目次

鋼船規則 CSR-B&T 編　ばら積貨物船及び油タンカーのための共通構造規則.....10
1編　共通要件.....10
1章　一般原則.....10
1節　適用.....10
1.　適用範囲.....10
2.　規則の適用.....12
3.　船級符号への付記.....15
4.　船級規則の適用.....16
2節　原則.....17
1.　一般.....17
2.　一般原則.....17
3.　設計基礎.....18
4.　設計の原則.....21
5.　規則設計手法.....22
3節　適合確認.....27
1.　一般.....27
2.　提出書類.....27
3.　承認の範囲.....31
4.　工事.....31
5.　構造詳細.....31
6.　同等効力に関する手順.....32
4節　記号及び定義.....33
1.　主要な記号及び単位.....33
2.　記号.....34
3.　定義.....38
5節　ローディングマニュアル及び積付計算機.....53
1.　一般要件.....53
2.　ローディングマニュアル.....53
3.　積付計算機.....55
4.　ばら積貨物船に対する積付.....56
2章　一般配置要件.....58
1節　一般.....58
1.　一般.....58
2節　隔壁配置.....59
1.　水密隔壁の配置.....59
2.　船首隔壁.....59
3.　船尾隔壁.....60

3節　区画配置 61
1. コファダム 61
2. 二重底 61
3. 二重船側 62
4. バラストタンク 62
4節　交通及び脱出設備 63
1. 閉鎖場所 63
2. 貨物エリア及び船首区域 63
3章　構造設計の原則 64
1節　材料 64
1. 一般 64
2. 船体構造用圧延鋼材 64
3. 鍛鋼品及び鋳鋼品 68
4. アルミニウム合金材 68
5. その他の材料及び製品 70
2節　ネット寸法手法 72
1. 一般 72
3節　腐食予備厚 77
1. 一般 77
4節　防食措置 80
1. 一般 80
2. 電気防食用アノード 80
5節　限界状態 81
1. 一般 81
2. 基準 82
3. 衝撃荷重に対する強度評価 84
6節　構造詳細の原則 85
1. 適用 85
2. 一般原則 85
3. 防撓材 87
4. 主要支持部材（PSM） 89
5. 防撓材と主要支持部材の交差部 92
6. 開口 99
7. 二重底構造 103
8. 二重船側構造 107
9. 甲板構造 108
10. 隔壁構造 108
11. 梁柱 112
7節　構造の理想化 113
1. 防撓材及び主要支持部材の構造の理想化 113

2. 板部材 127
3. 防撓材 132
4. 主要支持部材 133
4章 荷重 134
1節 序論 134
1. 一般 134
2節 動的荷重ケース 137
1. 一般 138
2. 強度評価に用いる動的荷重ケース 139
3. 疲労評価に用いる動的荷重ケース 145
3節 船体運動及び加速度 151
1. 一般 151
2. 船体運動及び加速度 151
3. 任意の位置における加速度 154
4節 ハルガーダ荷重 156
1. 適用 156
2. 静水中ハルガーダ荷重 156
3. 動的ハルガーダ荷重 159
5節 外圧 163
1. 海水圧 163
2. 暴露甲板における外圧 178
3. 船首部における衝撃圧 180
4. 船楼及び甲板室に対する外圧 183
5. ハッチカバーに対する外圧 184
6節 内圧 186
1. 液体による圧力 188
2. ばら積貨物による圧力及び力 191
3. 浸水状態におけるばら積貨物による圧力及び力 197
4. ばら積貨物船の貨物倉内におけるスチールコイルによる荷重 200
5. 暴露していない甲板及びプラットホームに作用する荷重 204
6. タンク内のスロッシング圧力 205
7. 水圧試験時の設計圧力 211
7節 設計荷重シナリオ 212
1. 一般 213
2. 強度評価に用いる設計荷重シナリオ 214
3. 疲労評価に用いる設計荷重シナリオ 216
8節 積付状態 217
1. 適用 217
2. 共通の設計積付状態 218
3. 油タンカー 219

4. ばら積貨物船 241
5. 疲労評価に用いる標準積付状態 276
付録 1 マスチャート 284
1. 一般 285
2. 各貨物倉の最大及び最小貨物質量 285
3. 隣接する 2 つの貨物倉の最大及び最小貨物質量 291
5 章 ハルガーダ強度 295
1 節 ハルガーダ降伏強度 295
1. 船体横断面の強度特性 296
2. ハルガーダ曲げ強度評価 299
3. ハルガーダせん断強度評価 303
2 節 縦曲げ最終強度評価 312
1. 適用 312
2. 評価基準 312
3 節 残存強度評価 315
1. 適用 315
2. 評価基準 315
付録 1 せん断流の直接計算 318
1. 計算式 318
2. 単船側構造の船体横断面に対する計算例 320
付録 2 縦曲げ最終強度 327
1. 一般 327
2. 増分反復法 328
3. 代替手法 337
6 章 船体局部寸法 338
1 節 一般 338
1. 適用 338
2 節 適用荷重 339
1. 荷重の組合せ 339
2. 設計荷重条件 339
3 節 最小板厚 342
1. 板部材 342
2. 防撓材及びトリッピングブラケット 343
3. 主要支持部材 343
4 節 板部材 344
1. 面外圧力を受ける板部材 344
2. 特別要件 346
5 節 防撓材 349
1. 面外圧力が作用する防撓材 349
6 節 主要支持部材及び梁柱 352

1. 一般 352
2. 貨物倉区域内の主要支持部材 352
3. 貨物倉区域外の主要支持部材 353
4. 梁柱 355
7章 直接強度評価 356
1節 強度評価 356
1. 一般 356
2. ネット寸法 357
3. 要素の種類 358
4. 検討結果の提出 358
5. コンピュータプログラム 359
2節 貨物倉の構造強度解析 360
1. 目的及び範囲 360
2. 構造モデル 361
3. 有限要素解析の荷重組合せ 374
4. 荷重の適用 374
5. 解析の評価基準 391
3節 局部構造強度解析 395
1. 目的及び範囲 395
2. 詳細メッシュ解析により評価する局部箇所 395
3. スクリーニング手順 399
4. 船体構造のモデル化 408
5. 有限要素解析の荷重組合せ 419
6. 解析の評価基準 419
8章 座屈 421
1節 一般 421
1. 序論 421
2. 適用 421
3. 定義 422
2節 細長比要件 424
1. 構造要素 424
2. 板部材 424
3. 防撓材 424
4. 主要支持部材 426
5. ブラケット 427
6. その他の構造 429
3節 規則算式による座屈要件 431
1. 一般 431
2. ハルガーダ応力 432
3. 座屈評価基準 433

4節　直接強度解析における座屈要件 435
1. 一般 435
2. 防撓パネル及び非防撓パネル 435
3. 波形隔壁 444
4. 単船側ばら積貨物船の垂直方向に防撓される船側外板 446
5. 支材，梁柱及びクロスタイ 446
5節　座屈強度 447
1. 一般 448
2. 板部材及び防撓材の座屈強度 449
3. その他の構造部材の座屈強度 464
付録 1　応力法による参照応力 468
1. 応力法 468
2. 参照応力 468
9章　疲労 471
1節　概論 471
1. 疲労要件の適用 471
2. 定義 472
3. 前提条件 472
4. 方法 473
5. 腐食モデル 473
6. 積付状態 474
7. 荷重ケース 475
2節　評価すべき構造詳細 476
1. 簡易応力解析 476
2. 有限要素解析 476
3節　疲労評価 495
1. 疲労解析法 495
2. 評価基準 496
3. 疲労評価のための参照応力 496
4. *S-N*線図 499
5. 疲労被害度の計算 504
6. 溶接改善法 505
7. 施工技術 507
4節　簡易応力解析 509
1. 一般 509
2. ホットスポット応力 510
3. ハルガーダ応力 510
4. 防撓材に発生する局部応力 512
5. 応力集中係数 517
5節　有限要素応力解析 530

1. 一般 530
2. 有限要素モデル 531
3. 桁等で支持された十字継手以外の構造詳細におけるホットスポット応力 541
4. 桁等に支持された十字継手のホットスポット応力 543
5. ホットスポット応力手法の制限 546
6. スクリーニング疲労評価 546
6節 詳細設計標準 549
1. 一般 549
2. 防撓材とフレームの結合部 549
3. ブロック継手のスカラップ 553
4. ホッパーナックルの結合部 553
5. ストリンガのヒール部 565
6. 下部及び上部スツールと隔壁との結合部 566
7. 内底板と隔壁との結合部 571
8. 倉内肋骨の上下端 571
9. ハッチコーナ 573
10章 その他の構造 574
1節 船首部 574
1. 一般 574
2. 構造配置 574
3. 衝撃荷重を受ける構造 576
4. 追加の部材寸法要件 581
2節 機関区域 582
1. 一般 582
2. 機関区域の配置 582
3. 機器の台座 583
3節 船尾部 585
1. 一般 585
2. 船尾倉 585
3. 船尾材 586
4. 外板構造に対する特別な部材寸法要件 588
4節 スロッシングを受けるタンク 589
1. 一般 589
2. 部材寸法要件 592
11章 船楼，甲板室及び艤装品 597
1節 船楼及び甲板室 597
1. 一般 597
2. 構造配置 598
3. 部材寸法 598
2節 ブルワーク及びガードレール 601

1. 一般 601
2. ブルワーク 601
3. ガードレール 602
3節 艤装 604
1. 一般 604
2. （削除） 604
3. （削除） 604
4節 甲板機器及び艤装品の支持構造 605
1. 一般 605
2. ウインドラス及びチェーンストッパ 605
3. （削除） 607
4. クレーン，デリック及びリフティングマスト及び救命設備 607
5. （削除） 609
6. その他の艤装品 609
5節 小倉口 611
1. 一般 611
2. 暴露甲板前方部分の小倉口 612
12章 建造 616
1節 建造及び組立て 616
1. 一般 616
2. 切欠き及び端部処理 617
3. 冷間加工 617
4. 熱間加工 617
5. 組立て及び精度 618
2節 溶接工事 619
1. 一般 619
2. 溶接施工方法，溶接材料及び溶接士 619
3. 溶接継手 619
4. 非破壊試験 620
3節 溶接継手の設計 621
1. 一般 621
2. T字継手又は十字継手 621
3. 突合せ継手 633
4. 他の種類の継手 633
5. 結合部の詳細 634
13章 就航後の船舶，切替え基準 638
1節 原則及び検査要件 638
1. 原則 638
2. 船体検査に関する要件 638
2節 許容基準 639

1. 一般 639
2. 切替基準 640

鋼船規則 CSR-B&T 編 ばら積貨物船及び油タンカーのための共通構造規則

1 編　共通要件

1 章　一般原則

1 節　適用

1.　適用範囲

1.1　一般

1.1.1

本規則は，以下の**(a)**から**(c)**に適合する船舶に適用する。

(a)　ばら積貨物船及び二重船殻油タンカー

(b)　航路制限のない自航する船舶

(c)　2015 年 7 月 1 日以降に建造契約が行われる船舶

（備考 1）「航路制限のない」とは，氷で覆われた氷域を航行する能力によって制限される場合を除き，海域，季節等のあらゆる地理的制約を受けないことをいう。

（備考 2）「建造契約」とは，予定される船主と建造者との間で船舶を建造する契約が調印された日をいう。「建造契約」の日に関する詳細については，*IACS Procedural Requirement No.29* を参照すること。

1.1.2

本規則は溶接鋼構造であって防撓板パネルで構成される船舶に適用する。船体構造は横隔壁及び桁部材を有する縦式構造又は横式構造としなければならない。

本規則において想定する典型的な構造配置には次のものを含んでいるものとする。

・　条約要件に適合する深さを持つ二重底

・　機関室が，貨物タンク区域の後方に位置する。

1.1.3

本規則を適用できない船舶については，本会の関連規則に適合しなければならない。

1.2　ばら積貨物船に対する適用範囲

1.2.1

本規則は，乾舷用長さ L_{LL} が 90*m* 以上で単船側構造及び二重船側構造のばら積貨物船の船体構造に適用する。

ばら積貨物船とは，主として乾貨物をばら積する船舶であって，一般に，貨物倉区域の範囲にわたり，一層の甲板，二重底，ビルジホッパタンク及びトップサイドタンクを有し，船側構造を単船側又は二重船側構造とするものをいう。ばら積貨物船における典型的な構造配置を図 1 に示す。

ハイブリッド型ばら積貨物船については，少なくとも 1 つの貨物倉において，図 1 に典型的な構造配置の例として示すようなビルジホッパタンク及びトップサイドタンクを有し，他の貨物倉において図 2 に横断面の例として示すようなビルジホッパタンク及び／又はトップサイドタンクを有さない場合，本規則に規定する強度基準を満足しなければならない。

本規則は以下の船種には適用しない。

・　鉱石運搬船

・　兼用船

・　チップ船

・ セメント船，飛散灰運搬船及び砂糖運搬船
ただし，積荷又は揚荷に 10 トンを超えるグラブ，パワーショベル，その他貨物倉の構造部材を損傷させる恐れがある機材を用いない場合に限る。
・ 自動揚荷装置が備えられた船底構造を有する船舶

図 1　　ばら積貨物船の典型的な構造配置

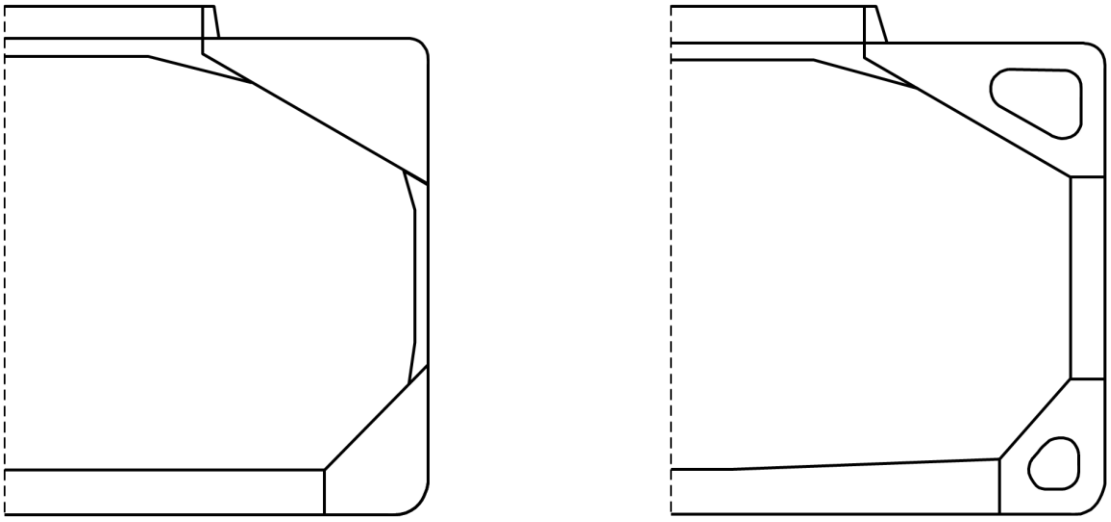
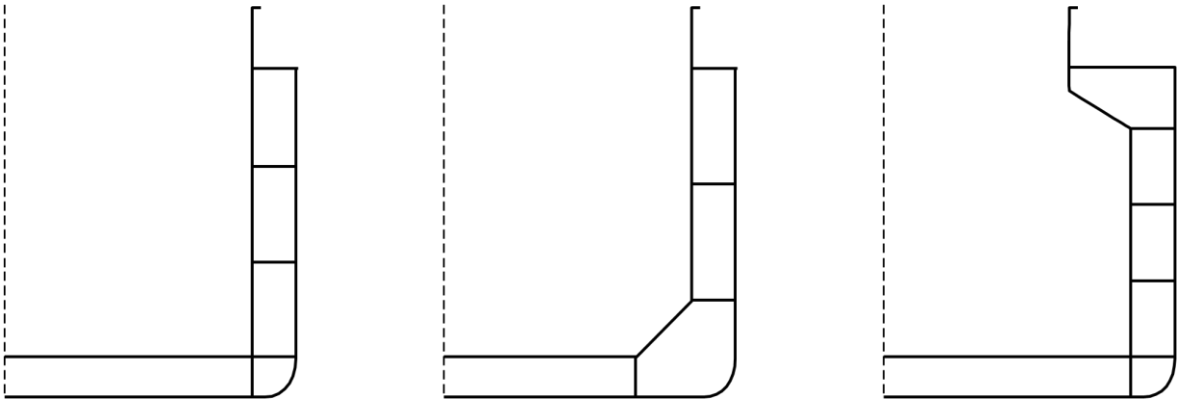


図 2　　ホッパタンク及び／又はトップサイドタンクを有さない場合の貨物倉横断面の例



1.3　　二重船殻油タンカーに対する適用範囲

1.3.1　　長さ及び構造配置

本規則は，乾舷用長さ L_{LL} が 150*m* 以上の二重船殻油タンカーに適用する。油タンカーの定義については *MARPOL 73/78 附属書 I* の規定によるものとする。

本規則において想定する典型的な構造配置を**図 3** に示す。また，構造配置には次のものを含んでいるものとする。

・ 条約要件に適合する幅を有する二重船側構造
・ 平板，波形又は二重構造の船側縦通隔壁，船体中心線上にある縦通隔壁又は横隔壁
・ 単甲板構造

図 3 に示す横断面図は典型的な一例であって，これ以外のクロスタイ及び横桁部材の配置も，適用対象となる。

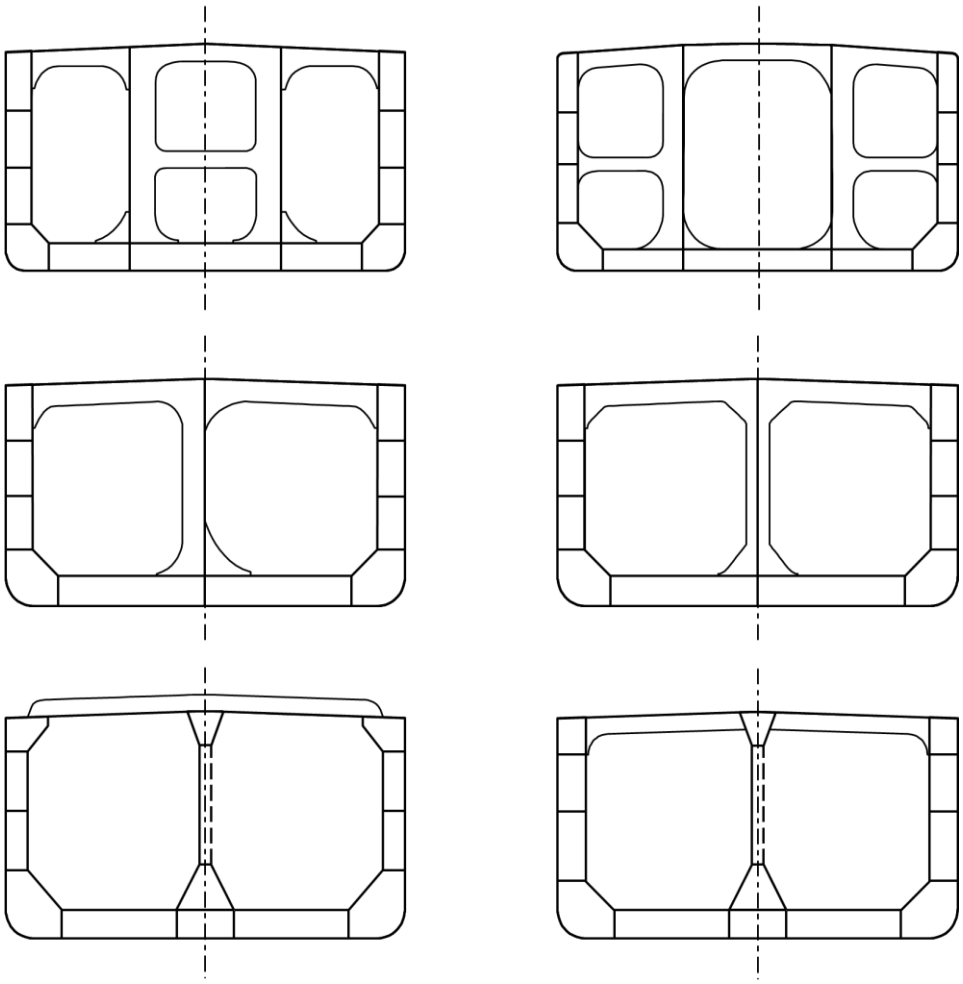
1.3.2　　貨物温度

本規則における貨物の設計温度は，次に示す通り。

(a)　最高貨物温度: 80°*C*

(b)　最低貨物温度: 0°*C*

図 3　　二重船殻油タンカーの典型的な構造配置



2.　規則の適用

2.1　規則の記載

2.1.1　本規則の構成

本規則は 2 編から成る。

・　1 編：共通要件

・　2 編：船種特有の要件

各編は，規則の目的を満足するための詳細な適用及び要件に対する指示事項を定めた「章」で構成する。

2.1.2　番号付け

番号付けは，**表 1** による。

表 1　　規則の番号付け及び略号

次数	レベル	例
1	編	1 編 共通要件
2	章	1 章 一般原則
3	節	1 節 適用
4	条	1. 適用範囲
5	項	1.1 一般
6	号	1.1.1 本規則は…に適用する。

2.2　　規則要件

2.2.1　1 編

1 編には，次に示す全ての船舶に共通な要件が規定されている。

- 1 章：一般原則
- 2 章：一般配置要件
- 3 章：構造設計の原則
- 4 章：荷重
- 5 章：ハルガーダ強度
- 6 章：船体局部寸法
- 7 章：直接強度評価
- 8 章：座屈
- 9 章：疲労
- 10 章：その他の構造
- 11 章：船楼，甲板室及び艤装品
- 12 章：建造
- 13 章：就航後の船舶，切替え基準

1，**2**，**3**，**4**，**5**，**6**，**8**，**12**，**13 章**及び**10 章 4 節**の規定は，船の長さ全長に亘って適用される。**7**，**9**，**10**，**11 章**については，各章において適用範囲を定義している。

2.2.2　2 編

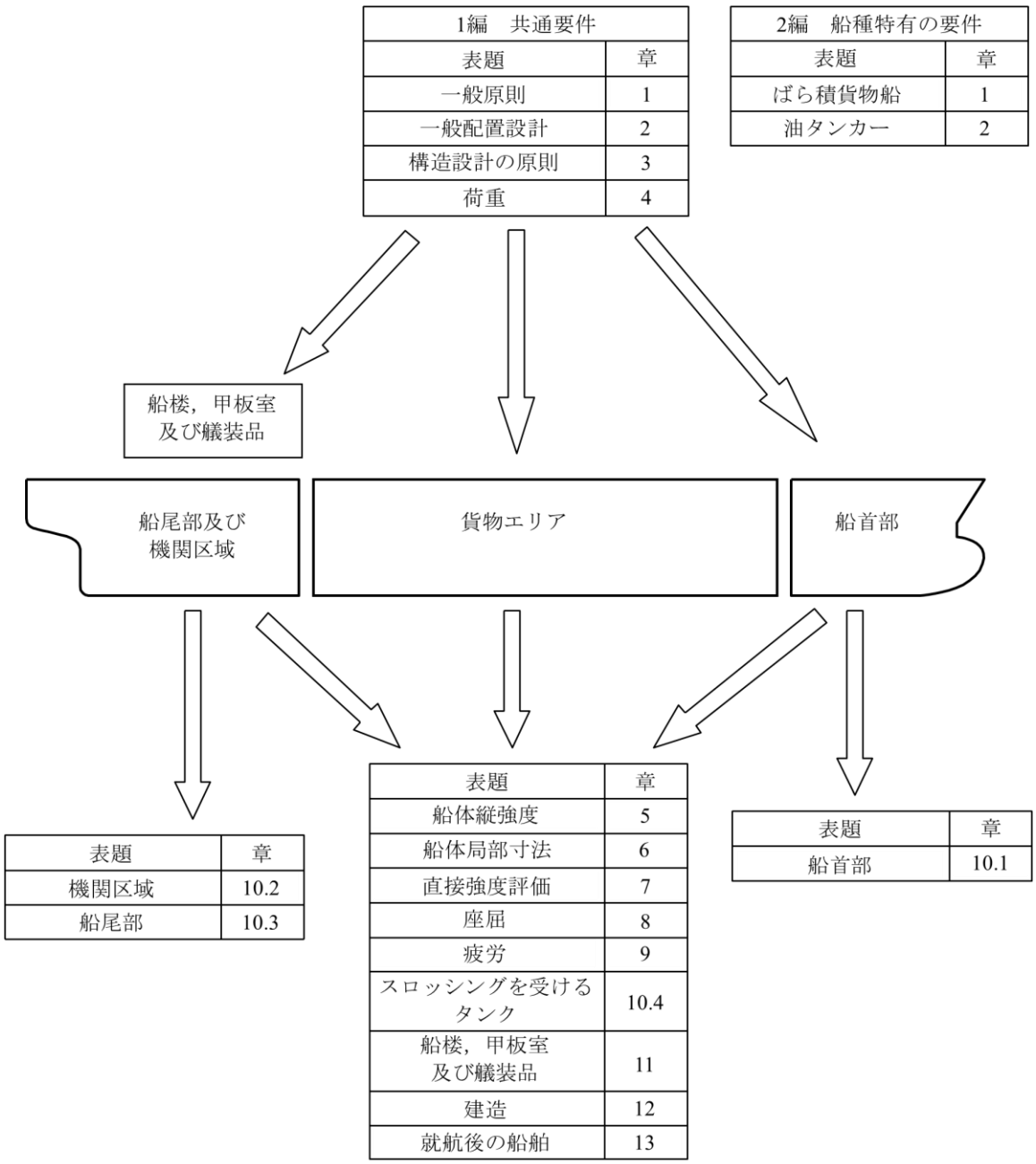
本規則の **2 編**には，**1 編**の要件に加えて適用する船種特有の要件を規定している。**2 編**の構成は次の通り。

- 1 章：ばら積貨物船
- 2 章：二重船殻油タンカー

2.2.3　規則の適用

船舶の構造配置及び寸法は，**図 4** に示す関連する本規則の編及び章によらなければならない。

図 4　　規則の適用



2.2.4　　一般基準

船体構造，設計詳細及びネット若しくはグロスの提案寸法は，本規則の要件及び最小寸法に従わなければならない。

2.2.5　　IACS 要件の反映

国際船級協会連合（*IACS*）にて採択された有効な緊急規則改正（*Urgent Rule Change Notice*）及び誤記修正（*Corrigenda*）がある場合には，それらによること。

2.3　　構造要件

2.3.1　　材料及び溶接

本規則は，**3 章 1 節**の規定を満足する特性を有する鋼で溶接により建造される船体構造に適用する。また，本規則は，船楼又は小さいハッチカバー等の船体構造の一部を **3 章 1 節**の規定を満足する鋼以外の材料で建造する溶接構造の船舶にも適用する。

上述の材料と異なる材料が用いられる船舶にあっては，本規則の原則及び基準を基にして，個々に検討しなければならない。

2.4 船舶の各部

2.4.1 一般

本規則の適用にあたっては，船舶を次の 5 つの部分に分けて取り扱う。

- 船首部
- 貨物倉区域
- 機関区域
- 船尾部
- 船楼及び甲板室

2.4.2 船首部

船首部とは，船首隔壁の前方に位置する次をいう。

- 船首倉構造
- 船首材

2.4.3 貨物倉区域

貨物倉区域とは，貨物倉，貨物タンク及びスロップタンクからなり，船の全幅及び全深さにわたる部分，船首隔壁並びに後方の横隔壁を含む。ただし，貨物ポンプ室を有する場合はこれを貨物倉区域に含まない。

2.4.4 機関区域

機関区域とは，船尾隔壁及び貨物倉区域後端の横隔壁の間の部分をいい，貨物ポンプ室を有する場合はこれを含む。

2.4.5 船尾部

船尾部とは，船尾隔壁の後方に位置する構造をいう。

2.4.6 船楼及び甲板室

船楼とは，乾舷甲板上に設けられた上部に甲板を有する構造物のうち，船側から船側に達するもの又はその側壁が船側外板から $0.04B$ を越えない位置にあるもの。

甲板室とは，乾舷又は船楼甲板上に設けられた上部に甲板を有する構造物のうち，船楼の定義にあてはまらないものをいう。

2.5 揚貨設備への適用制限

2.5.1 定義

船体と一体構造とみなされる揚貨設備の固定部分（例えば，クレーン本体，デリックブーム，ロープ，索具及び一般的に取り外し可能な部品を除くクレーンポスト脚部，マスト，キングポスト，デリック基部等）であって船殻構造に直接影響を及ぼす部分については，船体構造に恒久的に溶接固着される構造としなければならない。

2.5.2 揚貨設備への規則の適用

揚貨設備の固定部分及び船体構造への固着部については，当該設備を登録するか否かにかかわらず，**揚貨設備規則**の関連規定によらなければならない。

2.5.3 揚貨設備の固定部分に対する支持構造

揚貨設備の固定部分を支持する構造及び移動式の設備を支持するために取り付ける構造は，当該設備の操作及び環境条件によってそれらに生じる付加荷重を考慮して設計しなければならない。

2.6 特殊な設計

2.6.1

特殊な設計又は一般的でない船体設計の船舶については **1 章 3 節 6.2** を満足しなければならない。

3. 船級符号への付記

3.1 付記 CSR

3.1.1 適用

本規則の規定に適合する船舶については，**A 編 1.2** の規定による付記及び以下に掲げる付記に加え，船級符号に *CSR* を付記する。

3.2 ばら積貨物船への付記

3.2.1 追加の付記 *BC-A*，*BC-B* 及び *BC-C*

以下に示す規定は，**1.2.1** に定義する船舶であって乾舷用長さ L_{LL} が 150*m* 以上のものに適用する。

ばら積貨物船には，次に掲げる記号のいずれか 1 つを船級符号に付記しなければならない。

(a) *BC-A*

BC-B に関する条件に追加して，最大喫水状態において特定の貨物倉を空倉の状態として，貨物密度 1.0 t/m^3 以上の乾貨物をばら積み輸送するように設計されたばら積貨物船

(b) *BC-B*

BC-C に関する条件に追加して，全ての貨物倉に貨物密度 1.0t/m^3 以上の乾貨物をばら積みするように設計されたばら積貨物船

(c) *BC-C*

貨物密度が 1.0t/m^3 未満の乾貨物をばら積み輸送するように設計されたばら積貨物船

設計時に考慮する積付状態の検討結果によって，運航時に順守しなければならない詳細な制限が設けられる場合，次に掲げる事項を追加で付記しなければならない。

- *BC-A* 又は *BC-B* を付記する船舶において最大貨物密度を 3.0t/m^3 未満とする場合，“*Maximum cargo density in* t/m^3”を付記する。（**4 章 8 節 4.1** 参照）
- 船舶が **4 章 8 節 4.3.2** の条件に従って多港積荷又は揚貨状態に対する設計がされていない場合，“*no MP*”を付記する。
- *BC-A* を付記する船舶については，“*Holds a, b, … may be empty*”を付記する。（**4 章 8 節 4.1** 参照）
- *BC-A* を付記する船舶においてブロック積状態を計画する船舶については，“*Block loading*”を付記する。（**4 章 8 節 4.2.3(d)**参照）

3.2.2　追加の付記 *GRAB[X]*

3.2.1 により *BC-A* 又は *BC-B* を付記する船舶については，追加で *GRAB[X]*を船級符号に付記しなければならない。これらの船舶に対しては，**2 編 1 章 6 節**に規定する付記 *GRAB* に対する要件の適用において，積荷のない状態におけるグラブ重量[X]トンを以下の通りとしなければならない。

- $L_{CSR} \geq 250m$ の船舶について 35t
- $200m \leq L_{CSR} < 250m$ の船舶について 30t
- その他の場合は 20t

その他の船舶については，追加の付記は任意とする。

4.　船級規則の適用

4.1　本規則に規定の無い構造について

4.1.1

本規則に規定のない構造部位に関しては本会の関連要件に適合する必要があることに注意しなければならない。

2 節　　原則

1.　　一般

1.1　　規則の目的

1.1.1

本規則の目的は，人命の安全性並びに環境及び財産の保全性を向上させる一助となるよう構造損傷のリスクを軽減させ，また，設計寿命期間，船体構造の耐久性に寄与するために最低限の船級要件を定めることである。

1.1.2

本節では以下の事項を含む。

- 船の設計，建造及び運航に関する一般原則並びに本会，建造者，設計者及び船主の役割に関する情報
- 設計パラメータ及び船の運航上の想定事項に関し，本規則における前提事項を明記した設計基礎
- 荷重及び構造強度に関して，規則内の構造要件に用いられる基本原理を定義した設計の原則
- 設計の原則の適用方法及び **1.1.1** を考慮した基準を示した規則の設計方法

2.　　一般原則

2.1　　国際法及び国内法

2.1.1

船舶は，国際海事機関（*IMO*）によって規定され，各主官庁又は本会により施行される規制の枠組みに沿って，設計，建造及び運航されなければならない。建造者は，各主官庁又は本会により施行される国際労働機関（*ILO*）の関連規定が構造設計及び構造配置に与える影響を考慮しなければならない。

2.1.2

本規則は，適用される条約要件が満たされているという仮定に基づく。

2.2　　規則の適用及び施行

2.2.1

本会は，船体構造及び主要なエンジニアリングシステムに関する最小要件を含んだ船級規則を開発し公表する。本会は，船舶の設計，建造及び運航の各段階において，船級要件及び主管庁の認可に基づき適用される国際法への適合を確認する。

2.2.2

本規則は，船級登録する上での船体構造に関する要件を規定するものであり，建造及び運航段階における規則への適合を確認するための関連要件は含まない。本規則の目的とする安全レベルを満足するために，船舶の設計，建造及び運航に関連する規定は，規則の適用及び施行に関わる団体により守られるものと仮定する。次に本仮定の要約を示す。

(a)　一般

- 設計，建造及び運航に関わる情報及び書類は建造者と船主間の合意により，建造者，設計者，本会及び船主間で情報交換されるものとする。規則要件に基づく設計書類が提出されるものとする。
- 規則の要件順守を確かなものとするために，品質システムは，船主及び関連する団体により，設計，建造，運航及び保守活動に適用されるものとする。

(b)　設計面

- 船主は船舶の用途を明示し，船舶は規則に規定される構造要件並びに運航要件に従って設計されるものとする。
- 建造者は，運航上の制限内で船舶が安全及び効率的に運航されるよう，運航上の制限の確認及び文書化を行うものとする。
- 国内法及び国際法に加え，規則に含まれる規定への適合を確認するため，建造者により設計の確認がされるものとする。
- 設計は十分な資格及び技術を有し，熟練した者により行われるものとする。
- 本会は船級規則への適合を確認するため，船舶の設計図及び関連書類を技術的に評価するものとする。
- 照明及び通風装置を取り付けた区画において，*SOLAS* 条約，海事労働条約（*MLC*）2006 第 3.1 規則（居住設

備及び娯楽設備）及び船級規則において関連する規定があれば，建造者は構造設計及び構造配置への影響を考慮しなければならない。安全性と生産性の向上を含む人的要因の考慮は，勧告 No.132 又は本会が認める人間工学に関する規格に基づいて検討して差し支えない。

- 騒音を最小とすべき，常時乗組員が配置される区画については，建造者は，*SOLAS* 条約 II-1 章 3-12 規則及び船内騒音コード（決議 *MSC*.337(91)）の関連要件の構造設計及び構造配置への影響を考慮しなければならない。
- 振動を最小とすべき，常時乗組員が配置される区画については，建造者は，海事労働条約（*MLC*）2006 第 3.1 規則（居住設備及び娯楽設備）等の関連条約に基づく要件の構造設計及び構造配置への影響を考慮しなければならない。安全性と生産性の向上を含む人的要因の考慮は，勧告 No.132 又は本会が認める人間工学に関する規格に基づいて検討して差し支えない。

(c) 建造面

- 建造者は，建造中，十分な監視及び品質管理を行われるものとする。
- 建造は資格，経験を有する者によって行われるものとする。
- 目違い及び誤差を含む工作技術は，適当な建造基準に従うものとする。
- 本会は，建造及び品質管理が，承認された図面，手順のうち船級に関わる事項に従っていることを確認するために検査を行うものとする。

(d) 運航面

- 運航に関わる者は，船舶の運航上の制限を認識及び順守するものとする。
- 運航従事者は，構造に働く荷重及び内力を最小にするために，船舶を適切に運航できるよう十分に訓練を受けるものとする。
- 船舶は，良好な状態を維持するものとする。また，船舶は，船級検査スキーム並びに国際法及び国内法の要件に従うものとする。
- 本会は，船舶が船級検査スキームに従って，船級が維持されていることを確認することを目的として，検査を行うものとする。

3. 設計基礎

3.1 一般

3.1.1

本節は，本規則における設計の原則の基礎として用いる船舶の運航に関わる設計パラメータ及び前提条件について規定する。

3.1.2

船舶は，非損傷時において，適切な積付状態に対し，**5.3.2** 及び **5.3.3** で定義される設計寿命内の環境条件に耐えるよう設計されなければならない。最終強度の算定では，縦曲げ最終強度並びに板部材及び防撓材の最終強度を含むものでなければならない。

3.1.3 残存強度

乾舷用長さ L_{LL} が 150*m* 以上の船舶は，例えば衝突，座礁又は浸水シナリオ等の損傷状態における荷重に耐えるために十分な余剰強度を有するよう設計されなければならない。残存強度計算は，永久変形及び座屈後の挙動を考慮して，縦曲げ最終強度までの余裕を考慮しなければならない。**5 章 3 節**を参照すること。

3.1.4 有限要素法解析

乾舷用長さ L_{LL} が 150*m* 以上の船舶において，貨物倉区域内の構造部材の寸法は，**1 編 7 章**に規定する要件に従って評価しなければならない。

3.1.5 疲労寿命

乾舷用長さ L_{LL} が 150*m* 以上の船舶は，**1 編 9 章**に規定する構造詳細に対する設計疲労寿命に従って評価しなければならない。

3.1.6

本規則は，設計基礎に適合する船舶に適用する。この設計基礎から逸脱する場合，特別な考慮を払わなければならない。

3.1.7

建造者から船主に伝えられる各船の設計に使用する設計基礎は，文書化され，設計に関する審査及び承認の一部として

本会に提出しなければならない。設計基礎からの変更は，すべて本会及び船主に公式に通知し，承認を得なければならない。

3.2 船体形状に関する適用制限

3.2.1

本規則では，環境荷重に関連し，次に示す船体形状を有すると仮定する。

- $L_{CSR} < 500\ m$
- $C_B > 0.6$
- $L_{CSR}/B > 5$
- $B/D < 2.5$

船の長さが 350*m* を超える船舶にあっては，本会によって波浪荷重に対して特別な考慮が払わなければならない。

3.3 設計寿命

3.3.1

船舶の設計パラメータとして 25 年の設計寿命を仮定する。本規則で規定する設計寿命は，船舶が運航に従事した公称の期間である。

3.4 環境条件

3.4.1 北大西洋の波浪環境

本規則の要件は，船舶の設計寿命の間，北大西洋の波浪環境を航行する船舶に基づくものとする。

3.4.2 風及び潮流

構造強度に対する風及び潮流の影響は考慮しないものとする。

3.4.3 海氷

本規則において海氷及び着氷の影響は考慮しない。

3.4.4 設計温度

本規則の規定は，次に示す設計温度に対する船体強度部材の構造評価を有効とする。

- 日平均気温の統計平均の最低値は-10°*C*
- 日平均水温の統計平均の最低値は 0°*C*

日平均気温の統計平均がより低い海域，例えば冬季の北極海又は南極海を定期的に航行することが見込まれる船舶には，本会が適当と認める要件を適用する。

上記において，次の定義を適用する。

- 統計平均：少なくとも 20 年にわたる期間における平均
- 日平均：日中と夜間を通じた 1 日の平均
- 最低値：1 年間で最も低い値

運航時期に制限がある場合，運航期間のうち最低値を適用する。

3.4.5 熱による荷重

本規則において，熱による荷重及び残留応力の影響は考慮しない。

3.5 運航条件

3.5.1

本規則は，適合性を評価するために最小の積付状態を規定する。

本規則で要求する積付以外の積付に関する仕様は船主の責任とする。これらの積付状態についても文書化し，適合性を評価しなければならない。

3.5.2

本規則における仮定を次に示す。

- ばら積貨物船において，外洋航行中バラスト貨物倉は部分積載をしないものとする。
- ばら積貨物船において，悪天候中のバラスト貨物倉へのバラスト漲水及び排水作業を行わないものとする。

3.6 運航時の喫水

3.6.1

設計上の運航喫水は，船主の同意の下，建造者/設計者が指定し，適切な構造寸法を算出するために用いなければならない。ローディングマニュアルに記載する運航時のすべての積付状態は，設計上の運航喫水を満足するものでなければならない。最低限，次に示す設計上の運航喫水について考慮しなければならない。

- 構造評価のための最大構造喫水
- 構造評価のための船体中央部における最小バラスト喫水
- ばら積貨物船の構造評価のための船体中央部におけるヘビーバラスト状態の最小喫水
- バラストタンクに漲水する場合及び漲水しない場合におけるスラミング荷重 $T_{F\text{-}e}$ 又は $T_{F\text{-}f}$ を受ける船首船底構造評価のための船首最小喫水

  $T_{F\text{-}e}$ 及び $T_{F\text{-}f}$ については **4 章 5 節 3.2.1** を参照すること。
- 油タンカー：次の状態の船体中央部における最大喫水
  - 全貨物タンクが空倉の状態
  - 中央貨物タンクが空倉及び船側貨物タンクが満載の状態
  - 中央貨物タンクが満載及び船側貨物タンクが空倉の状態
- スチールコイルを積載するばら積貨物船：スチールコイルの積付状態の船体中央部における最大喫水

3.7 内部環境

3.7.1 強度評価における貨物油密度

比重 $1.025t/m^3$ 又は設計者がこれより高い値を設定している場合にはその値をタンク構造に対する強度評価における貨物油密度として用いなければならない。

3.7.2 疲労評価における貨物油密度

貨物タンク構造の疲労評価において，平均密度は $0.9t/m^3$ 又は設計者がこれより高い値を設定している場合にはその値を用いなければならない。

3.7.3 乾貨物密度

乾貨物密度は **4 章 6 節 2.3** の規定による。

3.7.4 バラスト水の密度

バラスト水の密度は $1.025t/m^3$ を用いなければならない。

3.8 建造及び検査

3.8.1

本規則に規定する構造要件は，建造及び補修が適切な関連基準並びに許容差に従って実施するという仮定に基づく。本会は建造時においては建造者に対して，引渡し後の修理時においては船主に対して，構造の重要箇所への追加の注意事項を要求する場合がある。

3.8.2

目的として，船舶は，必要に応じて承認された資料を使用する管理された品質基準に従って建造されなければならない。

3.8.3

本規則には，個々の構造部材に対する切替え基準を規定する。本規則に規定する構造要件は，航行中における船主による十分な監視並びに本会規則及び法規に基づく定期的検査を受けることを前提としている。

3.8.4

タンク強度試験及び水密試験は，*IACS* 統一規則 S14 の規定に基づく **B 編表 B2.7** 第 10 項の規定に従い検査計画の一部として実施しなければならない。

3.8.5

材料の製造，組立て，結合及び溶接手順，鋼材の表面処理並びに塗装に関する仕様は，船舶建造品質手順に含まれなければならない。船主はこれらの建造者による仕様を認めたものとみなす。

3.9 最大航海速力

3.9.1

最大航海速力は，設計に関する仕様書に記載しなければならない。船体構造の検証基準は航海速力を考慮しているが，このことは船舶を適切に運航するという船主及び運航者の義務を何ら緩和するものではない。**2.2.2(d)**を参照すること。

3.10 船主の追加要求

3.10.1

一般的な船級規則及び条約要件を上回る要求の船主仕様は，構造設計に影響する場合がある。船主の特別要件には，次に示す項目を含む場合がある。

- 振動解析
- 高張力鋼使用率の最大値

・ 規則要求値を上回る追加の構造寸法
・ 規則等で規定する荷重に関する追加の設計余裕
・ 設計疲労寿命の増加又はこれと等価な手法による疲労強度の向上

船主の特別要求については，本規則に規定しない。船主の特別要求がある場合，構造設計に影響を与える可能性があるものについては，設計図書に明確に記載しなければならない。

4. 設計の原則

4.1 全般的原則

4.1.1 序論

本節には，荷重，構造強度モデル及び評価基準並びに建造及び運航面で規則の基礎となる設計の原則を規定する。

4.1.2 一般

本規則は，次に示す全般的原則に基づく。

・ 構造の安全性は，運航荷重，環境荷重の影響下にある船舶の潜在的な構造崩壊モードについて検討することで評価することができる。
・ 設計は，設計基礎に適合している。**1 章 3 節**を参照すること。
・ 構造要件は，ばら積貨物船又は油タンカーが適切に運航されることを考慮した設計荷重に基づいている。

船体構造は，次のとおり設計する。

・ 船体構造は，本質的に冗長性を有するよう設計する。船体構造部材は，原則として階層の下方にある構造要素の損傷が，即時に階層の高い構造要素の損傷をもたらさないような階層的な挙動をとる。
・ 船体構造は，合理的に予想される損傷状態，例えば，衝突，座礁又は浸水シナリオにおいて波浪及び内部荷重に耐えるために十分な余剰強度を有するよう設計する。残存強度計算は，永久変形及び座屈後の挙動を考慮した縦曲げ最終強度までの余裕を考慮しなければならない。
・ 船体構造は，就航中の亀裂発生を最小とするよう設計する。特に，構造の健全性又は容器としての健全性に影響する箇所又は検査及び修理しにくい箇所における亀裂発生を最小とするよう設計すること。
・ 船体構造は，いずれかの区画が浸水するような軽微な衝突といった，不測の損傷が生じた場合にも耐えられる十分な構造的冗長性を有するよう設計する。

4.1.3 限界状態設計の原則

本規則は限界状態設計の原則に基づく。

限界状態設計は各構造要素が，特定の設計シナリオに関連する損傷モードを用いて評価する体系的な手法である。各損傷モードは，1 つ又は複数の限界状態が関係する。関係する全ての限界状態を考慮することにより，構造要素の最小限界荷重を得ることができる。

3 章 5 節で定義される限界状態を使用限界状態（*SLS*），最終限界状態（*ULS*），疲労限界状態（*FLS*）及び事故限界状態（*ALS*）の 4 つに分類する。

本規則は，様々な構造部材に対して関連する限界状態の要件を含む。

4.2 荷重

4.2.1 設計荷重シナリオ

構造評価は，船舶が遭遇する荷重シナリオに基づく。**4 章 7 節**参照

設計荷重シナリオは，次に示す静的及び動的荷重に基づく。

・ 静的荷重シナリオ（*S*）
  静的荷重を適用対象とする。一般的に港内，閉囲された水域，タンク試験における荷重シナリオを対象とする。
・ 静的及び動的組合せ荷重シナリオ（*S+D*）
  静的荷重及び同時に生じる動的荷重を適用対象とする。一般的に，外洋航行中に対する荷重シナリオを対象とする。
・ 衝撃荷重シナリオ（*I*）
  外洋航行中に遭遇する船底スラミング及び船首衝撃のような衝撃荷重を適用対象とする。
・ スロッシング荷重シナリオ（*SL*）
  外洋航行中に遭遇するスロッシング荷重を適用対象とする。
・ 疲労荷重シナリオ（*F*）

関連する動的荷重を適用対象とする。

・ 事故浸水設計荷重シナリオ（*A*）

通常の運行中には発生しない荷重を適用対象とする。

4.3 構造強度の評価

4.3.1 一般

構造設計の基本的な原則は，構造要求寸法を確認するために，設計荷重を適用し，妥当な崩壊モードを特定し，適切な強度モデルを用いることである。

4.3.2 最終限界状態（*ULS*），使用限界状態（*SLS*）及び事故限界状態（*ALS*）に対する強度モデル

強度評価手法は，問題となる崩壊モードについて，要求される精度で解析できるものでなければならない。

構造強度の評価手法は，規則計算又は有限要素法のようなより高度な計算法のいずれかによる。

応力，変形又は強度の決定に用いる算式は，選択された強度評価手法並びに設計荷重のタイプ及び大きさに対して適切なものであるとする。

4.3.3 疲労限界状態（*FLS*）に対する強度モデル

疲労損傷に対する構造詳細を評価するために疲労強度評価手法に関する規則要件を規定する。

疲労強度モデルは，設計 *S-N* 曲線，参照応力範囲及び仮定される長期応力頻度分布曲線を組合せた線形累積疲労被害度（*Palmgren-Miner's rule*）に基づく。

疲労強度評価モデルは，規則計算又は有限要素法のようなより高度な計算法いずれかによる。これらの手法では，全体及び局部的な動的荷重の組合せの影響を考慮する。

4.3.4 ネット寸法手法

ネット寸法手法の目的は，次に示す通り。

・ 新造段階における強度計算に用いられる板厚及び就航後に許容される最小板厚を関連づける。

・ 船舶の一生を通じて，腐食に関わる構造の状態を明確に確認可能にする。

ネット寸法手法において，局部腐食及び全体的な腐食は区別する。局部腐食は，板部材や防撓材のような局部構造部材の均一腐食と定義される。全体的な腐食は，主要支持部材やハルガーダのようなより広い範囲の全体的な平均腐食と定義される。局部腐食及び全体的な腐食の両方が新造船の審査の基礎として用いられ，また，船舶の運航中において確認されなければならない。

塗装又は同様の防食措置による利点は，構造強度の評価において考慮しない。

構造強度の評価におけるネット寸法手法の適用については，**3 章 2 節**に規定する。

4.3.5 非損傷時の構造

最終限界状態（*ULS*），使用限界状態（*SLS*）及び疲労限界状態（*FLS*）に対するすべての強度計算は，構造が損傷していないという仮定に基づく。船体構造が損傷した状態にある船舶の残存強度については事故限界状態（*ALS*）において考慮する。

5. 規則設計手法

5.1 一般

5.1.1 設計手法

寸法要件は，種々の構造部材に対して，必要に応じ関連する限界状態（*ULS*，*SLS*，*FLS* 及び *ALS*）を含んで規定されている。

寸法の評価基準は，次に示す設計手法のいずれかに基づく。

・ 許容応力度法（*WSD*）

・ 部分安全係数法（*PSF*）即ち，荷重抵抗係数設計法（*LRFD*）

許容応力度法（*WSD*）及び部分安全係数法（*PSF*）の両手法に対し，2 つの設計評価条件及びこれに対応する許容基準を規定する。これらの条件は，組合せ荷重（条件 A 及び B）の確率レベルに関連する。

・ 許容応力度法は，次による。

条件 A に関して $W_{stat} \leq \eta_1 R$

条件 B に関して $W_{stat} + W_{dyn} \leq \eta_2 R$

W_{stat}：同時に生じる静的荷重（又は応力に関する荷重効果）

W_{dyn}：同時に生じる動的荷重。動的荷重は，一般に局部荷重成分及び全体的荷重成分の組合せとなる。

R ： 特有の構造強度（例えば，最小降伏応力又は座屈強度）

η_i： 許容使用係数（抵抗係数）。使用係数は，荷重，構造強度及び崩壊に関する不確定性に対する考慮を含む。

・ 部分安全係数法（*PSF*）は，次による。

条件 A に関して $\gamma_{stat-1}W_{stat} + \gamma_{dyn-1}W_{dyn} \leq \frac{R}{\gamma_R}$

条件 B に関して $\gamma_{stat-2}W_{stat} + \gamma_{dyn-2}W_{dyn} \leq \frac{R}{\gamma_R}$

γ_{stat-i}：静的荷重に関連する不確定性を考慮した部分安全係数

γ_{dyn-i}：動的荷重に関連する不確定性を考慮した部分安全係数

γ_R： 構造強度に関連する不確定性を考慮した部分安全係数

許容応力度法（*WSD*）及び部分安全係数法（*PSF*）の両手法に対する許容基準は，静的及び動的荷重効果の全ての組合せに対して，一定の許容可能な安全レベルが達成されるよう，種々の要件に対応して調整される。

5.2 最低要件

5.2.1

他のすべての要件にかかわらず適用しなければならない最低要件として，最小寸法要件を規定する。従って，最小寸法要件未満の板厚は許容されない。

一般に最低要件は次に示す方法のいずれかとする。

・ 最小降伏応力によらない最小板厚

・ 座屈崩壊モードを考慮した最低限の剛性及び寸法比

5.3 荷重及び強度に基づく要件

5.3.1 一般

本規則においては，一般に許容応力度法（*WSD*）を適用するが，縦曲げ最終強度基準に対しては部分安全係数法（*PSF*）を適用する。部分安全係数法は，静的荷重，動的荷重及び強度算式に関連する不確定性をより適切に考慮するため，このような危険性の高い崩壊モードに対して適用する。

表 2 に示す通り，荷重シナリオは，設計荷重，設計算式及び許容基準の観点から規定している。ただし，この表には，概要のみを示している。

規則算式に基づく荷重により，全ての板部材，局部支持部材，殆どの主要支持部材及びハルガーダに対する寸法要件を規定し，甲板室，甲板装置の基部を含むすべての構造要素に適用する。

一般に，これらの規定は，ある特定の崩壊モードを対象としており，構造部材の評価を行う際は，複数の要件を適用する場合がある。

5.3.2 使用限界状態（*SLS*），最終限界状態（*ULS*）及び事故限界状態（*ALS*）に対する設計荷重

隔壁等の区画境界に対する構造評価は，船種及び船舶の運用による積付状態に基づく。

手法を統一させることを目的として，規則荷重値の計算においては，*GM*，R_{roll}，T_{sc} 及び C_B 等のパラメータに対する標準規則値を適用する。

全体及び局部的な動的荷重及び衝撃荷重（**表 1** 参照）に対する確率レベルは 10^{-8} とし，長期予測により導出する。

スロッシング荷重（**表 1** 参照）に対する確率レベルは 10^{-4} とする。

構造の検証に用いる設計荷重シナリオでは，同時に作用する局部及び全体的な荷重成分のうち，該当するものに対して用いる。関連する設計荷重シナリオは **4 章 7 節**に規定する。

同時に発生する動的荷重は，**4 章**に規定する動的荷重の値に動的荷重の組合せ係数をかけて算出する。動的荷重ケースを決定する動的荷重の組合せ係数は，**4 章 2 節**に規定する。

縦曲げ最終強度に対する設計荷重条件を **5 章 2 節**に規定する。

5.3.3 疲労限界状態（*FLS*）に対する設計荷重

9 章に規定する疲労要件における荷重については，想定される荷重履歴に基づき，平均化的な手法を用いて評価する。設計寿命で想定される荷重履歴は，10^{-2} 確率レベルの動的荷重値において特性を持ち，各構造部材に対する荷重履歴は，対応する応力の Weibull 確率分布で表されるものとする。

考慮する波浪荷重は，以下を含むものとする。

・ ハルガーダ荷重（垂直及び水平曲げモーメント）

・ 波浪変動圧

・ 貨物による動圧

荷重値は，積付状態に対応するパラメータ，例えば，GM，C_B 及び船体中央部における喫水に基づく。

同時に生じる動的荷重は，種々の動的荷重成分による応力の組合せとする。応力の組合せ手順は **9 章**による。

5.3.4 構造応答解析

原則として，設計荷重の組合せに対する構造応答は次の手法により求める。

(a) 梁理論

・ 規則算式を用いる。

(b) 有限要素解析

・ 貨物倉のモデルについてはコースメッシュ

・ 局部モデルについては詳細メッシュ

・ 疲労評価については極詳細メッシュ

表 1 荷重シナリオ及び対応する規則要件

運航状態	荷重タイプ	設計荷重シナリオ	許容基準
外洋航行			
航行中	荒天時の静的及び動的荷重	*S*+*D*	AC-SD
	荒天時の衝撃荷重	衝撃(*I*)	AC-I
	タンク内スロッシング荷重	スロッシング(*SL*)	AC-S
	繰り返し波浪荷重	疲労(*F*)	-
フロースルー法又はシーケンシャル法によるバラスト水交換	荒天時の静的及び動的荷重	*S*+*D*	AC-SD
港内及び閉囲された水域			
積荷，揚荷及びバラスト漲排水時	積荷，揚荷及びバラスト漲排水時の標準最大荷重	*S*	AC-S
タンク試験時	タンク試験時の標準最大荷重	*S*	AC-S
港内における特殊な状態	海上でのプロペラ検査，入渠状態等の港内における特殊な状態での標準最大荷重	*S*	AC-S
事故状態			
浸水状態	事故時の浸水により内部水密区画の構造にかかる標準最大荷重	*A*	AC-SD AC-S

5.4 許容基準

5.4.1 一般

許容基準は 3 種類に分類し，**表 2** 及び**表 3** に示す。規則要件で用いられる個々の許容基準は，組合せ荷重の確率レベルによる。

許容基準 AC-S は，静的設計荷重の組合せ及びスロッシング設計荷重に対して適用する。当該荷重に対する許容応力は，次に示す影響を考慮して，極限荷重に対するものよりも低くとる。

・ 繰り返し数

・ 動的荷重に対する余裕

・ 誤操作に対する余裕

許容基準 AC-SD は，発現確率の低い極限荷重を考慮する場合の静的及び動的組合せ設計荷重に対して適用する。

許容基準 AC-I は，一般に船底スラミング及び船首衝撃荷重等の衝撃荷重に対して適用する。

5.4.2　許容基準

作用応力設計の要件に適用すべき特定の許容基準は **1 編 5 章**から **8 章**，**10 章**及び **11 章**並びに **2 編 1 章**及び **2 章**における詳細要件による。

本規則に規定する降伏及び座屈崩壊モードに対する種々の設計荷重シナリオについて，許容基準の一般的な概要として**表 2** 及び**表 3** を参照すること。降伏基準における許容応力は材料の最小降伏応力に比例する。座屈崩壊モードにおける許容基準は剛性，寸法比及び座屈に関する使用係数に基づく。

表 2　　許容基準（規則要件）

許容基準	板パネル及び局部支持部材(1)		主要支持部材(1)		縦強度部材	
	降伏	座屈	降伏	座屈	降伏	座屈
AC-S AC-SD	許容応力： **6 章 4 節** **6 章 5 節**	剛性及び寸法比の管理： **8 章 2 節**	許容応力： **6 章 6 節** **2 編 1 章 4 節** **2 編 2 章 3 節**	剛性及び寸法比の管理： **8 章 1 節** **8 章 2 節** 柱座屈	許容応力： **5 章 1 節**	許容座屈使用係数： **8 章 1 節 3**
AC-I	塑性基準： **10 章 1 節 3**	剛性及び寸法比の管理： **8 章 2 節** **10 章 1 節 3**	塑性基準： **10 章 1 節 3**	剛性及び寸法比の管理： **8 章 2 節** **10 章 1 節 3**	非適用	非適用
(1)　その他の構造については **10 章**を，船楼，甲板室及び船体艤装については **11 章**を参照すること。						

表 3　　許容基準（有限要素解析）

許容基準	貨物倉解析		詳細メッシュ解析
	降伏	座屈	降伏
AC-S AC-SD	許容応力： **7 章 2 節 5**	許容座屈使用係数： **8 章 1 節 3**	許容ミーゼス応力： **7 章 3 節 6** スクリーニング基準 **7 章 3 節 3.3**

5.5　設計の検証

5.5.1　設計の検証 – 縦曲げ最終強度

縦曲げ最終強度に関する要件は部分安全係数法（*PSF*）に基づいている。安全係数は，静水中曲げモーメント，波浪中垂直曲げモーメント及び縦曲げ最終強度のそれぞれについて指定する。この安全係数は，構造信頼性評価法に基づいて設定しており，また，波浪中垂直曲げモーメントの長期荷重履歴分布は，極大波浪中垂直曲げモーメントを決定するのに適した船体運動解析技術により求めている。

縦曲げ最終強度検証の目的は，船舶の最も重大な崩壊モードを管理していることを立証することである。

5.5.2　設計の検証 – 全体有限要素解析

全体有限要素解析は，船の構造要素間の複雑な相互作用，複雑な局部構造の配置，板厚の変化及び部材各部の特性，さらに十分な精度を有する複雑な荷重状態をより詳細に考慮するため，荷重及び強度に基づく規則算式要件による寸法の検証に用いる。

貨物倉（有限要素モデルの長さは，3 ホールド長さとする）に対して，3 次元線形弾性有限要素解析を実施して，ハルガーダ及び主要支持部材の構造応答を検証し，主要支持部材の寸法要件を求める。有限要素解析の目的は，主要支持部材の応力及び座屈強度が，適用される設計荷重に対する許容範囲内であることを検証することである。

5.5.3　設計の検証 – 疲労の評価

重要な構造の細部の疲労寿命が十分であることを検証する目的で疲労の評価が要求される。簡易算式による疲労に関する要件は，実際の詳細部の形状に対応する応力集中係数（*SCF*）を用いることによって，縦通防撓材端部の結合部のような詳細部分に対して適用する。幾何学的詳細における実際のホットスポット疲労を決定する有限要素解析を用いた疲労評価は，選択された細部に対して適用する。両手法において，疲労評価法は，*Palmgren-Miner* の線形被害度に基づく。

5.5.4　規則算式による寸法要件及び有限要素解析の関係

特に記載のない限り，規則算式によって定められる寸法は，有限要素解析のような代替の計算手段を用いて減じてはならない。

3節　適合確認

1.　一般

1.1　船舶の新造

1.1.1

船舶の新造時において，本節 2 に示す承認用に提出される図面及び書類は，船舶に指定される船級符号及び付記又は船の長さに対応した関連基準を考慮し，本規則の規定を満足するものとしなければならない。

1.1.2

船舶が製造中登録検査を受ける場合，本会は次のことを行う。

- 規則で要求され，提出される図面及び書類の承認
- 船舶の建造中に使用される材料及び艤装品の設計の審査及び製造所における検査
- 承認図面に関して，検査を実施する又は寸法及び構造が規則要求に適合していることを確認するために適切な証拠を得る。
- 規則に規定される試験及び試運転に立会う。
- 船級符号を付与する。

1.1.3

製造中登録検査を受ける船舶の建造に使用される材料及び艤装品については，K 編及び L 編の規定による。これらの材料及び艤装品については，当該規則中の個々の事項によるものとし，原則として設計についての承認及び製造所における検査を受けること。

1.1.4

船舶建造中において本会の関与する部分として，本会検査員は，以下のことを行う。

- 規則に規定される船舶の部位の全体にわたり検査を実施する。
- 規則で規定される場合，製造方法及び製造手順について検査する。
- 規則に規定される事項について，本会が指示する事項について確認する。
- 適用される場合又は必要と判断される場合，試験及び試運転に立会う。

1.1.5

建造者は，建造のすべての段階を通して，承認済みの図面から変更又は追加をした時，本会にすみやかに通知しなければならない。建造者は，いかなる場合も規則の要求又は承認済みの図面からの逸脱に対して，本会から承認を得なければならない。

1.2　就航後の船舶

1.2.1

就航後の船舶については，13 章の規定を満足しなければならない。

2.　提出書類

2.1　書類及び資料に関する要件

2.1.1　積付資料

船舶には，船長が船舶を規定の運航制限内に維持できるために十分な情報を含む積付資料を備えなければならない。また，当該積付資料には，1 章 5 節に規定する承認されたローディングマニュアル及び積付計算機を含まなければならない。

2.1.2　計算データ及び結果

本規則に規定する手順に従って計算を行う場合，次のうち，該当するものの写し 1 部を提出しなければならない。

(a) 使用した計算手順及び技術プログラムの出典

(b) 構造モデルに関する記載

(c) 適用できる場合，直接解析における特性及び境界条件を含む解析パラメータの概要

(d) 適用できる場合，直接解析における積付状態の詳細及び適用した荷重

(e) 計算結果の総合的な概要

(f) 適当な計算例

仕様及びプログラムデータの入力並びにその結果の出力に対する責任は設計者による。

有限要素解析を行う場合の要件については，**7 章 1 節 4.1** を参照すること。

2.2 図面及び補足計算書の提出

2.2.1 承認用提出図面及び補足計算書

本規則を適用するにあたって，本会に提出すべき図面及び補足計算書を**表 1** に示す。

図面は電子媒体又は紙媒体で提出しなければならない。紙媒体で提出する際は，図面 3 部を本会に提出しなければならない。ただし，補足資料及び計算書については 1 部のみで差し支えない。加えて，本会は，設計審査に必要と認める追加の図面及び書類を要求することがある。

構造図面は，寸法及び各部位の結合部の詳細を示し，かつ，原則として，鋼材のグレード，製造方法，溶接方法及び熱処理を含む設計材料を示すものでなければならない。加えて，**13 章**に規定する切替板厚に関する事項を含むものでなければならない。

溶接に関する要件については，**12 章 2 節**及び**12 章 3 節**を参照すること。

設計基礎からの逸脱を有する場合，書類化し，本会に提出しなければならない。

表 1 承認用提出図面及び補足計算書

図面又は補足計算書	含むべき情報
中央横断面図 横断面図 外板展開図 甲板構造図及び中心線横断面図 二重底構造図 梁柱配置図 肋骨配置図 深水タンク及びバラストタンクの隔壁及び制水隔壁図 標準詳細構造	船級符号 主要目 最小バラスト喫水 フレーム心距 最大運航速度 貨物密度 甲板及び二重底の設計荷重 使用する材料のグレード 防食措置 甲板及び外板の開口並びにその補強 船底及び船側における平行部の境界 構造の補強部及び不連続部の詳細 ビルジキール（船体構造との結合詳細を含む） 溶接
水密隔壁及び水密トンネル	開口及び閉鎖装置がある場合，開口及び閉鎖装置を含む
船首構造図	-
船尾構造図	-
機関室構造 主機及びボイラの据付部	主機の種類，出力及び回転数 機関及びボイラの質量及び重心位置
船楼及び甲板室 機関室囲壁	アルミニウム合金を使用する場合，その範囲及びその機械的性質
ハッチカバー及びハッチコーミング	ハッチカバーの設計荷重 シール装置及び締付装置の配置，締付ボルトの種類及び位置 夏期満載喫水線及び船首端からハッチカバーまでの距離
サイドスラストがある場合，一般配置，トンネル構造並びにトンネル及び船体構造とスラ	-

スタの結合部	
ブルワーク及び放水口	乾舷甲板及び船楼甲板上のブルワーク及び放水口の配置及び寸法
窓及び舷窓の配置図並びに構造詳細	-
排水装置及び衛生装置	-
係留及び曳航設備図	-
係留及び曳航に関する船上設備のための支持構造及び台板	設計荷重及び荷重方向，ムアリングウインチの定格牽引力及び保持荷重 作用する力 台板と甲板の結合詳細（ウインドラスの取付けボルトの仕様を含む） 材料仕様及び溶接
ウインドラス及びチェーンストッパの支持構造及び台板	設計荷重及び荷重方向 作用する力 台板と甲板の結合詳細（ウインドラスの取付けボルトの仕様を含む） 材料仕様及び溶接
船尾材，船尾柱又は船尾管 プロペラボス及びシャフトブラケット(1)	-
水密戸の図面及び関連する閉鎖装置系統図	閉鎖装置 動力装置及び開閉指示回路に関する電気系統図
水密又は外側の扉及びハッチの図面	-
揚荷装置の支持構造	設計荷重（力及びモーメント） 安全使用荷重 *SWL* 及び揚荷装置の自重 もしあれば，洋上における使用制限（海象条件）船体構造との結合部
安全設備の支持構造	設計荷重（力及びモーメント） 安全使用荷重 *SWL* 及び揚荷装置の自重 船体構造との結合部
シーチェスト，スタビライザーリセス部等	-
区画への交通及び脱出設備図	-
通風筒及び通気口を含む通風装置図	各区画の用途及び通気口の位置及び高さ
タンク試験要領	各区画の試験方法 試験用パイプ高さ
艤装数計算書	計算のための幾何形状 艤装品リスト 鋼製ワイヤの構造 及び破断荷重 合成繊維ロープの材料，構造，破断荷重及び伸び

アンカー装置配置図	-
ホーズパイプ	-
ローディングマニュアル及び／又はトリム及び復原性資料	-
(1) 他の操舵装置又は推進装置（例えば，ノズル式操舵装置又は旋回式推進装置）を採用する場合，当該装置の配置及び構造寸法を示す図面を提出しなければならない。	

2.2.2　参考図面

2.2.1 の規定に加え，次の図面を補足として本会に提出しなければならない。

(a) 一般配置図

(b) 全てのタンク及び区画の容積及び重心位置を示す容量図

(c) 線図（本会が必要と認めたとき）

(d) 排水量曲線図

(e) 軽荷重量分布図

(f) 入渠要領書

(g) 揚荷装置の配置図

(h) マンホール配置図

2.2.3　船上に備え付ける図面及び図書

最低限，次に示す図面及び図書を船上に備え付けなければならない。

(a) 各構造部材における新造時板厚及び切替板厚を示す次に掲げる図面の写し 1 部を船上に備えなければならない。

- 中央横断面
- 鋼材配置図
- 外板展開図
- 横隔壁
- 船首及び船尾構造図
- 機関室構造図

各構造部材における新造時板厚を示す次に掲げる図面の写し1部を船上に備えなければならない。

- 船楼，甲板室及び甲板室囲壁構造図

(b) ローディングマニュアルの完成図（**2.1.1** 参照）

(c) 承認された積付計算機に関する図書（**2.1.1** 参照）

(d) 溶接に関する図面

(e) 高張力鋼の仕様の詳細及び機械的性質，使用範囲及び位置の詳細並びにその鋼の溶接，機能及び処理に対する全ての推奨事項

(f) 船体構造に使用される特殊材料（例えばアルミニウム合金）の使用に関する詳細及び情報

(g) 曳航及び係留設備図

(h) 点検設備に関する手引書

(i) 溶接後処理を適用する場合，その詳細及び適用箇所を記載した構造詳細

加えて，本会が必要と認めた場合，追加の図面及び図書を要求することがある。

3. 承認の範囲

3.1 一般

3.1.1

船主，設計者及び製造者は，船級要件に加え，船体構造要件に関する国際，国内，運河及びその他の機関の規定も対象としなければならない。

3.1.2

本節 2 に規定する書類，図面及び資料を本会に提出しなければならない。本会は，要件への適合を確認するために，その書類を審査する。

3.1.3

本会が定める手順に従って，図面，報告書又は書類の本規則への適合について審査したことを示す。

3.2 国際法及び国内法

3.2.1 責務

設計者は，該当する国内法及び国際法の要件を満たすよう設計を行わなければならない。

本会は，一般的な船級登録手順の一部として，国際法及び国内法への適合評価を行う責務を有さない。しかしながら，本会は，明文化された指示のもと，船舶が国内法及び国際法に適合していることを審査し，承認する協定を旗国と結ぶことがある。

4. 工事

4.1 製造者が満足すべき要件

4.1.1

建造工場は，材料，製造工程，船殻構造の構成部分を適切に取り扱うことができる適切な装置及び施設を備えなければならない。建造工場は，適切な資格のある人材を配置しなければならない。すべての監督者及び管理者の名前及び責任範囲を，本会に通知しなければならない。

4.2 品質管理

4.2.1

要求され，かつ，目的にかなう限り，製造者は，製造中及び完成後すべての船殻構造の構成部分を検査し，それらが完成していること，それらの寸法が正しく，かつ，製作技術が満足できるものであること並びに良好な造船技術の基準に適合していることを確認しなければならない。

船殻構造の構成部分は，製造工場による検査及び修正の完了後，適切な個所について，通常は塗装されておらず，かつ，検査のために適切な交通を備える状態で，本会検査員に示さなければならない。

検査員は，製造者によって適切に検査されていない構成部分を不合格とし，製造者による検査及び修正の完了後に再度検査を申請することを要求することがある。

5. 構造詳細

5.1 製造文書の詳細

5.1.1

構成部分の品質及び機能に関連するすべての重要な詳細は，製造文書（例えば，工作図）に記載しなければならない。当該文書には，寸法のみならず，表面状態（例えば，エッジや溶接線の仕上げ），製造者の特別な手法並びに検査及び許容基準に関する要件，許容誤差等の関連事項を含まなければならない。使用する基準（作業標準又は国際規格）を本会に提出しなければならない。溶接継手詳細については，12 章 2 節による。

製造文書の喪失又は不十分な記載により，構成部分の品質又は機能が疑わしい場合，本会は，製造者に対して適切な改善処置を提出するよう要求することがある。この処置には，図面承認時に要求されていなくても，補足又は追加の処置（例えば，補強）を含むことがある。

6. 同等効力に関する手順

6.1 規則の適用

6.1.1

本規則の規定は，一般的な形状，主要寸法比，速度及び構造配置の船舶に適用する。関連する設計パラメータについては，**1 章 2 節 3** の規定による。

6.1.2

1 章 2 節 3 に規定する設計基礎の範囲外となる設計パラメータ（例えば，疲労寿命の増加）を組み込む場合，規則の適用については，特別な考慮を払わなければならない。

6.2 特殊な設計

6.2.1

特殊な設計の船舶，すなわち，**1 章 2 節 3.2** の規定を満たさない特殊な形状，主要寸法比，速度及び構造配置の船舶については，**6.2.2** から **6.2.4** の規定に従って特別な考慮を払わなければならない。

6.2.2

特殊な設計の構造安全性が規則によるものと同等以上であることを証明する資料を本会に提出しなければならない。

6.2.3

特殊な設計を行う場合，設計の初期段階に規則の適用及び提出が必要となる追加資料を判断するために，本会と協議しなければならない。

6.2.4

本会が必要と認める場合には，本規則の規定と同等であることを書類で証明するために計画的な審査を要求することがある。

6.3 代替計算方法

6.3.1

本会は，寸法及び配置が規則の計算方法を使用して導き出すものと同等以上の強度であることを証明することを条件に，規則に規定する計算方法に代えて代替計算方法の適用を認めることがある。

4 節　　記号及び定義

1.　　主要な記号及び単位

1.1　　一般

1.1.1

特に規定がない場合，本規則で使用する一般的な記号及び単位は，**表 1** による。

表 1　　主要記号

記号	意味	単位
A	面積	m^2
	防撓材及び主要支持部材の断面積	cm^2
C	係数	-
F	力及び集中荷重	*kN*
I	船体横断面の断面二次モーメント	m^4
	防撓材及び主要支持部材の断面二次モーメント	cm^4
M	曲げモーメント	*kNm*
M	質量	*t*
P	圧力	kN/m^2
Q	せん断力	*kN*
T	船の喫水（**3.1.5** 参照）	*m*
Z	船体横断面の断面係数	m^3
	防撓材及び主要支持部材の断面係数	cm^3
a_i	運動“*i*”の加速度	m/s^2
b	防撓材付き板の幅	*mm*
	防撓材及び主要支持部材の面材の幅	*mm*
g	重力加速度で，$9.81 m/s^2$ とする。	m/s^2
h	高さ	*m*
	防撓材及び主要支持部材のウェブ高さ	*mm*
ℓ	防撓材及び主要支持部材の長さ／スパン	*m*
n	項目の数	-
r	半径	*mm*
	板部材の曲率又はビルジ半径	*mm*
t	板厚	*mm*

x	船長方向の軸に沿った X 座標（**3.6** 参照）	m
y	船幅方向の軸に沿った Y 座標（**3.6** 参照）	m
z	垂直方向の軸に沿った Z 座標（**3.6** 参照）	m
η	許容使用係数（判定値）	-
γ	安全係数	-
δ	撓み／変位	mm
θ	角度	deg
ρ	海水密度で，$1.025t/m^3$ とする	t/m^3
σ	直応力	N/mm^2
τ	せん断応力	N/mm^2

2. 記号

2.1 船舶の主要データ

2.1.1

特に規定がない場合，本規則で使用する船舶の主要データに関する記号及び単位は，**表 2** による。

表 2 船舶の主要データ

記号	意味	単位
L_{CSR}	規則長さ	m
L_{LL}	乾舷用長さ	m
L_{PP}	垂線間長さ	m
L_0	船の長さ L_{CSR}，ただし，$110m$ 未満の場合は $110m$ とする。	m
L_1	船の長さ L_{CSR}，ただし，$250m$ を超える場合は $250m$ とする。	m
L_2	船の長さ L_{CSR}，ただし，$300m$ を超える場合は $300m$ とする。	m
B	船の型幅	m
D	型深さ	m
T	船の型喫水	m
T_{SC}	構造用喫水	m
T_{BAL}	バラスト喫水（船体中央部における最小バラスト喫水）	m
$T_{BAL\text{-}H}$	船体中央におけるヘビーバラスト状態における喫水	m
$T_{BAL\text{-}E}$	船体中央における非常時又は荒天時におけるバラスト喫水	m
T_{LC}	考慮する積付状態での船体中央部における喫水	m
$T_{F\text{-}f}$, $T_{F\text{-}e}$	船底スラミング領域の全てのバラストタンクを満載又はいずれかのバラス	m

	トタンクを空とした場合の船首垂線における最小船底スラミング喫水	
Δ	喫水 T_{SC} における型排水量	*t*
C_B	喫水 T_{SC} での方形係数	-
V	最大速力	*knot*
x, *y*, *z*	参照座標系における *X*，*Y*，*Z* 座標	*m*

2.2 材料

2.2.1

特に規定がない場合，本規則で使用する材料に関する記号及び単位は，**表 3** による。

表 3 材料

記号	意味	単位
E	ヤング率（**3 章 1 節 2** 参照）	N/mm^2
G	せん断弾性係数で次による。 $G = \frac{E}{2(1+\nu)}$	N/mm^2
R_{eH}	規格最小降伏応力（**3 章 1 節 2** 参照）	N/mm^2
τ_{eH}	規格せん断降伏応力 $\tau_{eH} = \frac{R_{eH}}{\sqrt{3}}$	N/mm^2
ν	ポアソン比（**3 章 1 節 2** 参照）	-
k	材料係数（**3 章 1 節 2** 参照）	-
R_m	規格最小引張強さ（**3 章 1 節 2** 参照）	N/mm^2
R_Y	公称降伏応力で，235/*k* とする。	N/mm^2

2.3 荷重

2.3.1

特に規定がない場合，本規則で使用する荷重に関する記号及び単位は，**表 4** による。

表 4　　荷重

記号	意味	単位
C_w	波浪に関する係数	-
T_θ	ロール周期	*s*
θ	ロール角	*deg*
T_φ	ピッチ周期	*s*
φ	ピッチ角	*deg*
a_o	共通加速度パラメータ	-
a_z	上下方向の加速度	m/s^2
a_y	左右方向の加速度	m/s^2
a_x	前後方向の加速度	m/s^2
f_p	確率係数	-
k_r	ロール回転半径	*m*
GM	メタセンタ高さ	*m*
λ	波長	*m*
S	静的荷重状態	-
S+D	動的荷重状態	-
P_{ex}	外圧（**4 章 5 節 1.1** 参照）	kN/m^2
P_{in}	液体による内圧（**4 章 6 節 1** 参照）又はばら積貨物による内圧（**4 章 6 節 2.4.1**）	kN/m^2
P_s	静水圧	kN/m^2
P_{ls}	タンク内の液体による静圧	kN/m^2
P_w	波浪変動圧	kN/m^2
P_{ld}	タンク内の液体による動圧	kN/m^2
P_D	青波による甲板への圧力	kN/m^2
$P_{slh\text{-}j}$	スロッシング圧力（添え字 *j* は方向を意味する。）	kN/m^2
P_{dl}	甲板又はプラットフォーム上に積載される分布貨物による全圧	kN/m^2
P_{SL}	船底スラミング圧	kN/m^2
P_{FB}	船首衝撃圧	kN/m^2
P_{fs}	浸水状態における静圧	kN/m^2
P_{fd}	浸水状態における動圧	kN/m^2
P_{ST}	試験水圧（静圧）	kN/m^2
F_U	甲板又はプラットホーム上に積載される貨物による合力（**4 章 5 節 2.3** 又は **4 章 6 節 5.3** 参照）	*kN*

$M_{sw\text{-}j}$	静水中垂直曲げモーメント（添え字 j = h, s, p はそれぞれホギング状態，サギング状態，港内状態を意味する。）	kNm
Q_{sw}	静水中垂直せん断力	kN
$M_{wv\text{-}j}$	波浪中垂直曲げモーメント（添え字 j = h, s はそれぞれホギング状態，サギング状態を意味する。）	kNm
Q_{wv}	波浪中垂直せん断力	kN
M_{wt}	波浪中捩りモーメント	kNm
M_{wh}	波浪中水平曲げモーメント	kNm

2.4 寸法

2.4.1

特に規定がない場合，本規則で使用する寸法に関する記号及び単位は，**表 5** による。

表 5 寸法

記号	意味	単位
$I_{y\text{-}n50}$	船体横断面における水平中立軸まわりのネット断面二次モーメント	m^4
$I_{z\text{-}n50}$	船体横断面における垂直中立軸まわりのネット断面二次モーメント	m^4
$Z_{D\text{-}n50}$, $Z_{B\text{-}n50}$	船体横断面の甲板及び船底における断面係数	m^3
z_n	基線から水平中立軸までの垂直距離	m
a	**3 章 7 節 2.1.1** に規定する基本板パネルの長さ	mm
b	**3 章 7 節 2.1.1** に規定する基本板パネルの幅	mm
s	防撓材の心距（**3 章 7 節 1.2.1** 参照）	mm
S	主要支持部材の心距（**3 章 7 節 1.2.2** 参照）	m
ℓ	防撓材又は主要支持部材のスパン（**3 章 7 節 1** 参照）	m
ℓ_b	ブラケットの腕の長さ	m
t	腐食予備厚を差し引いた板厚	mm
t_{n50}	腐食予備厚の半分を差し引いた板厚	mm
t_c	腐食予備厚	mm
t_{gr}	グロス板厚	mm
t_{as_built}	建造板厚	mm
t_{gr_off}	申請グロス板厚	mm
t_{gr_req}	要求グロス板厚	mm
t_{off}	申請ネット板厚	mm
t_{req}	要求ネット板厚	mm
t_{vol_add}	任意追加板厚	mm

t_{res}	腐食余裕厚	*mm*
t_{c1}, t_{c2}	構造部材の片側に適用される腐食予備厚	*mm*
h_w	防撓材及び主要支持部材のウェブ高さ	*mm*
t_w	防撓材及び主要支持部材のウェブ厚さ	*mm*
b_f	防撓材及び主要支持部材の面材幅	*mm*
h_{stf}	面材を含む防撓材の高さ	*mm*
t_f	防撓材及び主要支持部材における面材／フランジの厚さ	*mm*
t_p	防撓材及び主要支持部材の付き板の厚さ	*mm*
b_{eff}	降伏及び疲労における曲げに対する防撓材の付き板の有効幅	*mm*
A_{eff} 又は $A_{eff\text{-}n50}$	幅 *s* の付き板を含む防撓材及び主要支持部材のネット断面積	cm^2
A_{shr} 又は $A_{shr\text{-}n50}$	防撓材及び主要支持部材のネットせん断面積	cm^2
I_p	防撓材の板部材との接続個所に関するネット断面極二次モーメント	cm^4
I	板に平行な中立軸周りの付き板を含む防撓材のネット断面二次モーメント	cm^4
Z 又は Z_{n50}	幅 b_{eff}の付き板を含む防撓材又は主要支持部材のネット断面係数	cm^3

3. 定義

3.1 主要目

3.1.1 L_{CSR}，規則長さ

規則長さ L_{CSR} は，構造用喫水 T_{SC} における船首材の前面から，舵頭材の中心までの距離（*m*）をいう。ただし，L_{CSR} は，構造用喫水 T_{SC} における全長の 96%以上としなければならないが，97%を超える必要はない。

舵頭材のない船舶（例えば，旋回式推進装置を備える船舶）にあっては，規則長さ L_{CSR} は，構造用喫水 T_{SC} における全長の 97%としなければならない。

一般的でない船首又は船尾配置の船舶の規則長さについては，その都度検討する。

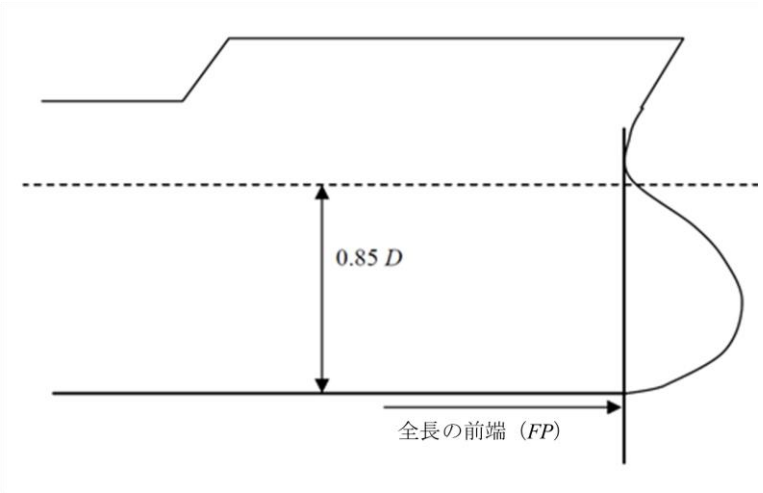
3.1.2 L_{LL}，乾舷用長さ

乾舷用長さ L_{LL} は，竜骨の上面から測った最小型深さの 85%の位置における喫水線の全長の 96%とする。ただし，同喫水線上で，船首材の前面から舵頭材の中心まで測った距離の方が大きければ，同喫水線上における船首材の前面から舵頭材の中心まで測った距離としなければならない。

舵頭材のない船舶にあっては，乾舷用長さ L_{LL} は，最小型深さの 85%の位置における喫水線の全長の 96%とする。

船首形状が，最小型深さの 85%の位置における喫水線より上方で凹入している場合，同喫水線における全長の前端及び船首材の前面のいずれも，当該喫水線より上部にある凹入部の最後端となる位置における船首材の前面から下ろした垂線と同喫水線との交点とする。（図 1 参照）

図 1　　凹入した船首形状



3.1.3　船の型幅

船の型幅 B（m）は，構造用喫水 T_{SC} における船体中央での最広部の型幅をいう。

3.1.4　型深さ

型深さ D（m）は，基線から最上層全通甲板の船側における甲板梁上面までの垂直距離をいい，船体中央断面において垂直に測る。ラウンドガンネルを有する船舶の場合，D は甲板の下面の延長した個所で計測する。

3.1.5　喫水

喫水 T（m）は，船体中央部における基線から夏期満載喫水線までの距離をいう。喫水は計画夏期最大満載喫水より小さな値として差し支えない。

T_{SC} は，構造用喫水（m）で，この喫水にて船体の強度要求寸法を算定するものであって，満載積付状態における喫水を表す。構造用喫水 T_{SC} は，指定乾舷に対応する喫水以上としなければならない。木材乾舷が指定される船舶の喫水においては木材の積付状態を考慮し，この喫水で要件を適用する。

T_{BAL} は，船体中央における設計最小ノーマルバラスト喫水（m）で，この喫水にて船体の強度要求寸法を算定する。ノーマルバラスト喫水は，ローディングマニュアルに記載する出入港時を含むあらゆるバラスト状態（バラスト水交換を実施する船舶の場合はバラスト水交換時を含む。）における最小喫水をいう。

$T_{BAL\text{-}H}$ は設計最小ヘビーバラスト喫水（m）で，この喫水にて船体の強度要求寸法を算定する。ヘビーバラスト喫水は，ヘビーバラスト状態をつくる船舶に対して考慮する。

3.1.6　型排水量

型排水量（t）は，海水の密度を $1.025t/m^3$ とした時の喫水における水面下の容積に対応するものとする。

3.1.7　最大航海速力

最大航海前進速力 V（$knot$）は，計画最大喫水において，最大プロペラ回転数（RPM）及びそれに対応する連続最大出力（MCR）で，航海中に維持できるよう設計された最大速力をいう。

3.1.8　方形係数

方形係数 C_B は，構造用喫水 T_{SC} におけるものをいい，次の式で定義される。

$$C_B = \frac{\Delta}{1.025 L_{CSR} B T_{SC}}$$

Δ：構造用喫水 T_{SC} における型排水量

3.1.9　軽荷重量

軽荷重量（t）は，貨物，消耗貯蔵品，乗組員並びにその持ち物，通常の運用状態での潤滑油，作動油等の機械類及びパイプ内の液体以外の船上の液体を除いた船舶の排水量をいう。

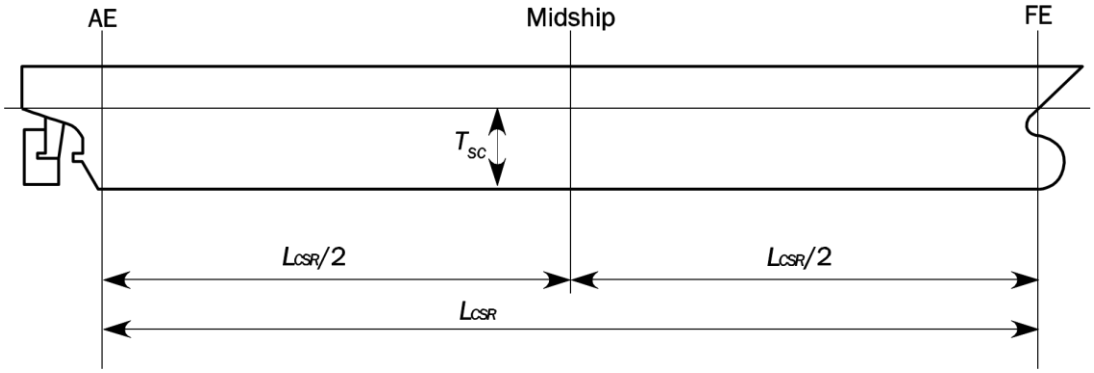
3.1.10　載貨重量

載貨重量（t）は，密度 $\rho = 1.025t/m^3$ の海水における夏期満載排水量と軽荷重量との差をいう。

3.1.11　前端

規則長さ L_{CSR} の前端（*FE*）は，**図 2** に示すように，構造用喫水線における船首材の前面を通る垂線面とする。

図 2　　船首尾端及び船体中央



3.1.12　後端

規則長さ L_{CSR} の後端（*AE*）は，**図 2** に示すように，構造用喫水線における前端から船尾方向に距離 L_{CSR} の点を通る垂線面とする。

3.1.13　船体中央

船体中央は，構造用喫水線における前端から船尾方向に距離 $0.5L_{CSR}$ の点を通る垂線面とする。

3.1.14　船の中央部

船の中央部は，特に規定する場合を除き，中央部 $0.4L_{CSR}$ 間をいう。

3.1.15　乾舷用船首垂線

乾舷用船首垂線 FP_{LL} は，L_{LL} の前端とし，L_{LL} を測定した喫水における船首材の前面を通る垂線をいう。

3.1.16　乾舷用船尾垂線

乾舷用船尾垂線 AP_{LL} は，L_{LL} の後端とする。

3.2　第 1 位置及び第 2 位置

3.2.1　第 1 位置

第 1 位置は，次の通り。

- 暴露している乾舷甲板及び低船尾楼甲板
- 暴露している船楼甲板であって，FP_{LL} から $0.25L_{LL}$ の位置より前方の場所

3.2.2　第 2 位置

第 2 位置は，次の通り。

- 乾舷甲板の上方に標準船楼高さ一層分以上高い暴露船楼甲板であって，FP_{LL} から $0.25L_{LL}$ の位置より後方の場所
- 乾舷甲板の上方に標準船楼高さ二層分以上高い暴露船楼甲板であって，FP_{LL} から $0.25L_{LL}$ の位置より前方の場所

3.3　船楼の標準高さ

3.3.1

船楼の標準高さは**表 6** による。

表 6　　船楼の標準高さ

乾舷用長さ L_{LL}（*m*）	標準高さ h_s（*m*）	
	低船尾楼	全ての他の船楼
$90 < L_{LL} \leq 125$	$0.3 + 0.012\ L_{LL}$	$1.05 + 0.01\ L_{LL}$
$L_{LL} > 125$	1.80	2.30

3.3.2

層は，甲板室の規模を表す基準とする。甲板室の層は，甲板及び外部隔壁からなる。原則として，乾舷甲板上に位置するものを第 1 層という。

3.4 A 型及び B 型乾舷船舶

3.4.1 A 型船舶

A 型船舶とは，次の通り。

- 液体貨物のみをばら積で輸送するために設計されたもの
- 暴露甲板に鋼又はこれと同等の材料のガスケット付き水密カバーによって閉鎖される小さな出入口のみを備える高度な水密保全性を有するもの
- 積付貨物区画の浸水率が低いもの

A 型船舶は，国際満載喫水線条約の規定に基づいて，乾舷を指定しなければならない。

3.4.2 B 型船舶

3.4.1 の A 型船舶に関する規定に該当しない全ての船舶は，B 型船舶とする。

B 型船舶は，国際満載喫水線条約の規定に基づいて，乾舷を指定しなければならない。

3.4.3 B-60 型船舶

B-60 型船舶とは，長さ 100*m* を超える B 型船舶であって，国際満載喫水線条約の規定に従い，当該船舶長さに対応する B 表の値と A 表の値との差の 60%まで乾舷を減じたものをいう。

3.4.4 B-100 型船舶

B-100 型船舶とは，長さ 100*m* を超える B 型船舶であって，国際満載喫水線条約の規定に従い，当該船舶長さに対応する B 表の値と A 表の値との差の最大 100%まで乾舷を減じたものをいう。

3.5 運航の定義

3.5.1 多港積み

多港積みとは，複数の港における貨物の荷役を行う短期航海を伴うもののことをいう。

3.5.2 閉囲された水域

閉囲された水域とは，ビューフォート風力階級で 6 を超えない風が生じた時でも通常平穏な状態にある領域のことをいい，例えば，港内，河口内，停泊地，入り江，ラグーンのことをいう。

3.6 参照座標系

3.6.1

船舶の形状，運動，加速度及び荷重は，次の右手座標系において規定する。（**図 3** 参照）

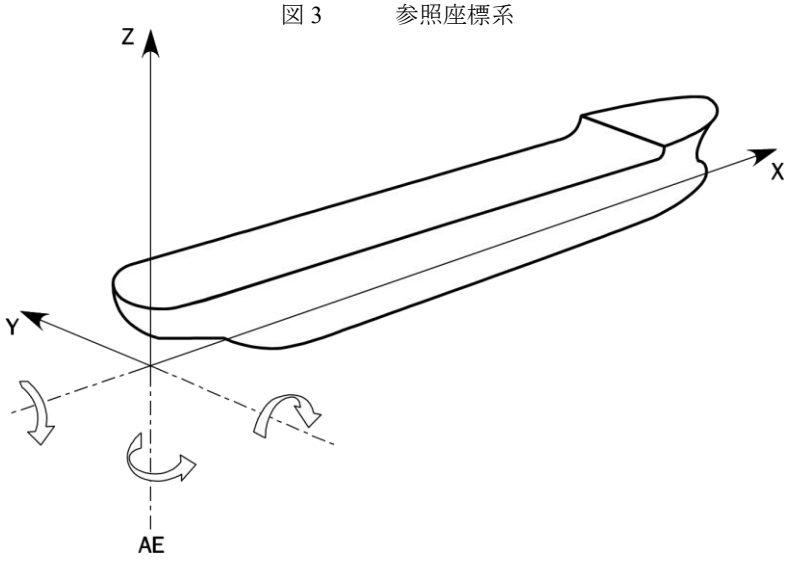
原点：船舶が対称となる縦通平面，L_{CSR} の後端及び基線の交点

X 軸：船首方向が正の縦軸

Y 軸：左舷方向が正の横軸

Z 軸：上方向が正の垂直軸

図 3 参照座標系



3.7 部材名称

3.7.1 構造に関する用語

図 4 から**図 8** に，本規則において用いられている一般的な構造に関する用語を示す。

図 4 二重船殻タンカーの波形隔壁

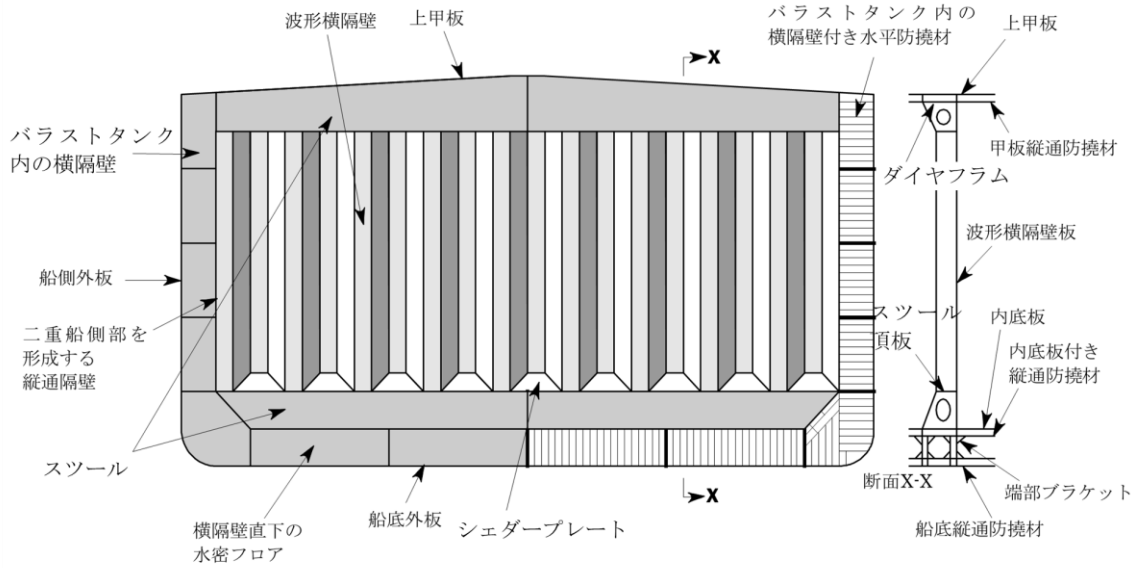


図 5 二重船殻タンカーの横隔壁

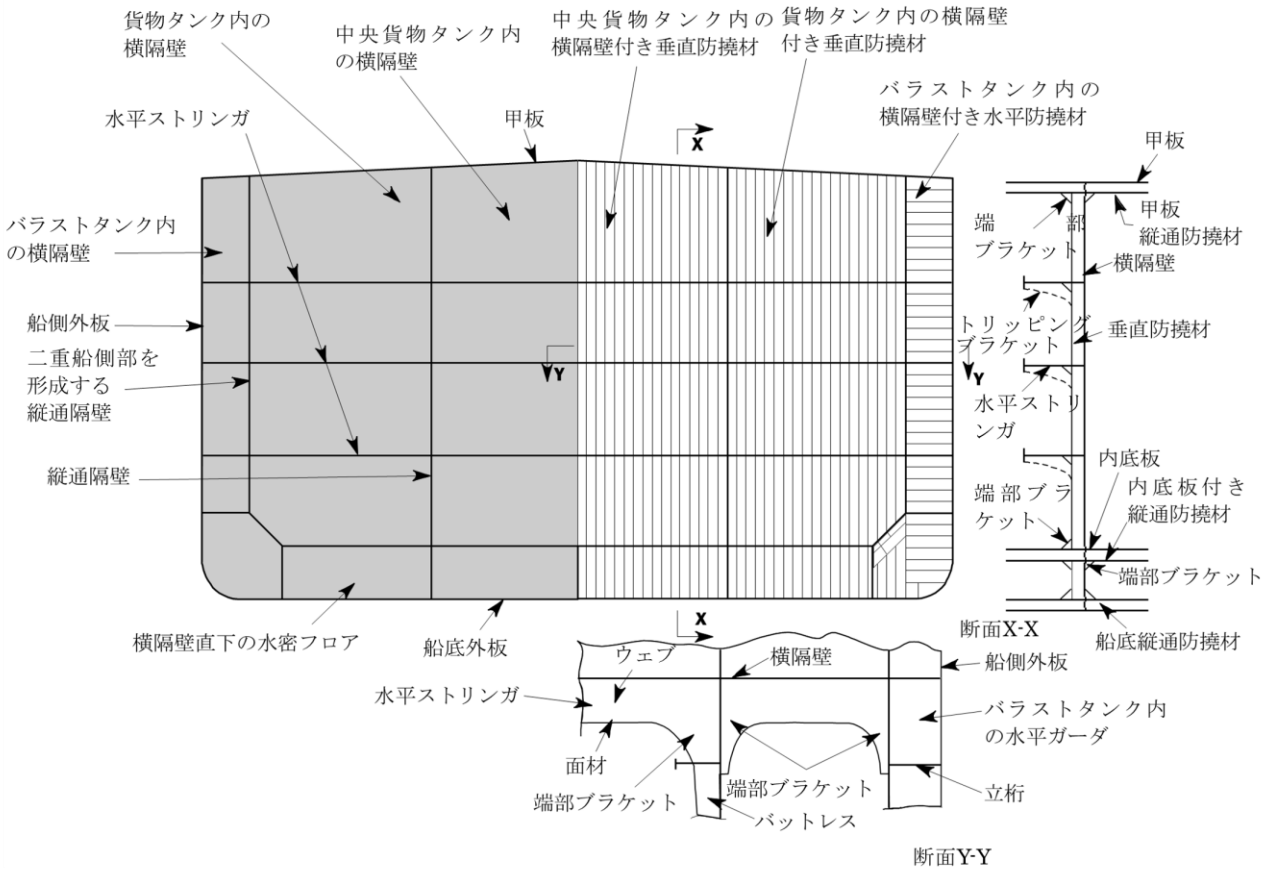


図 6　　二重船殻タンカーの中央部貨物タンクの横断面

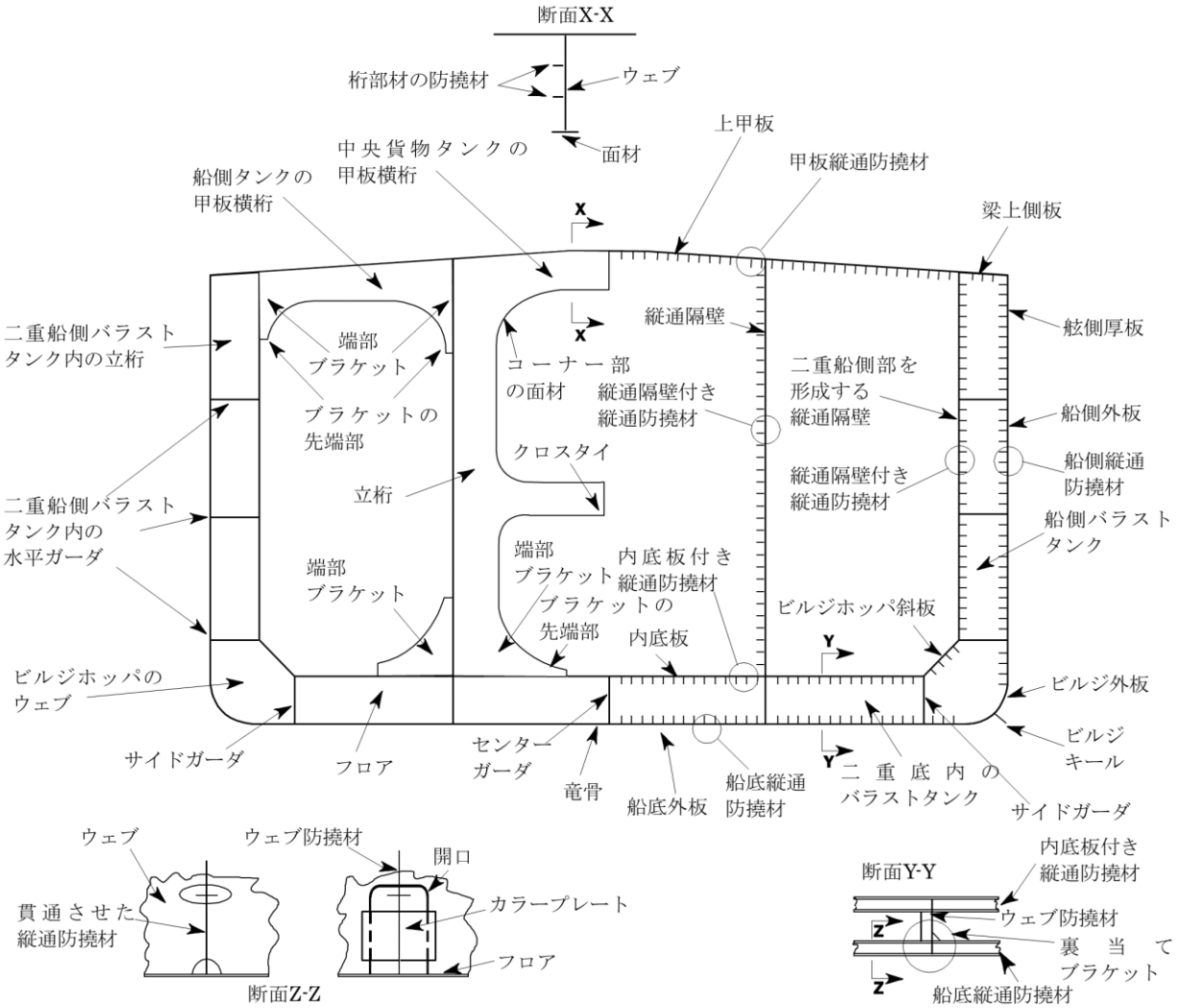


図 7　　単船側ばら積貨物船の中央部貨物倉の横断面

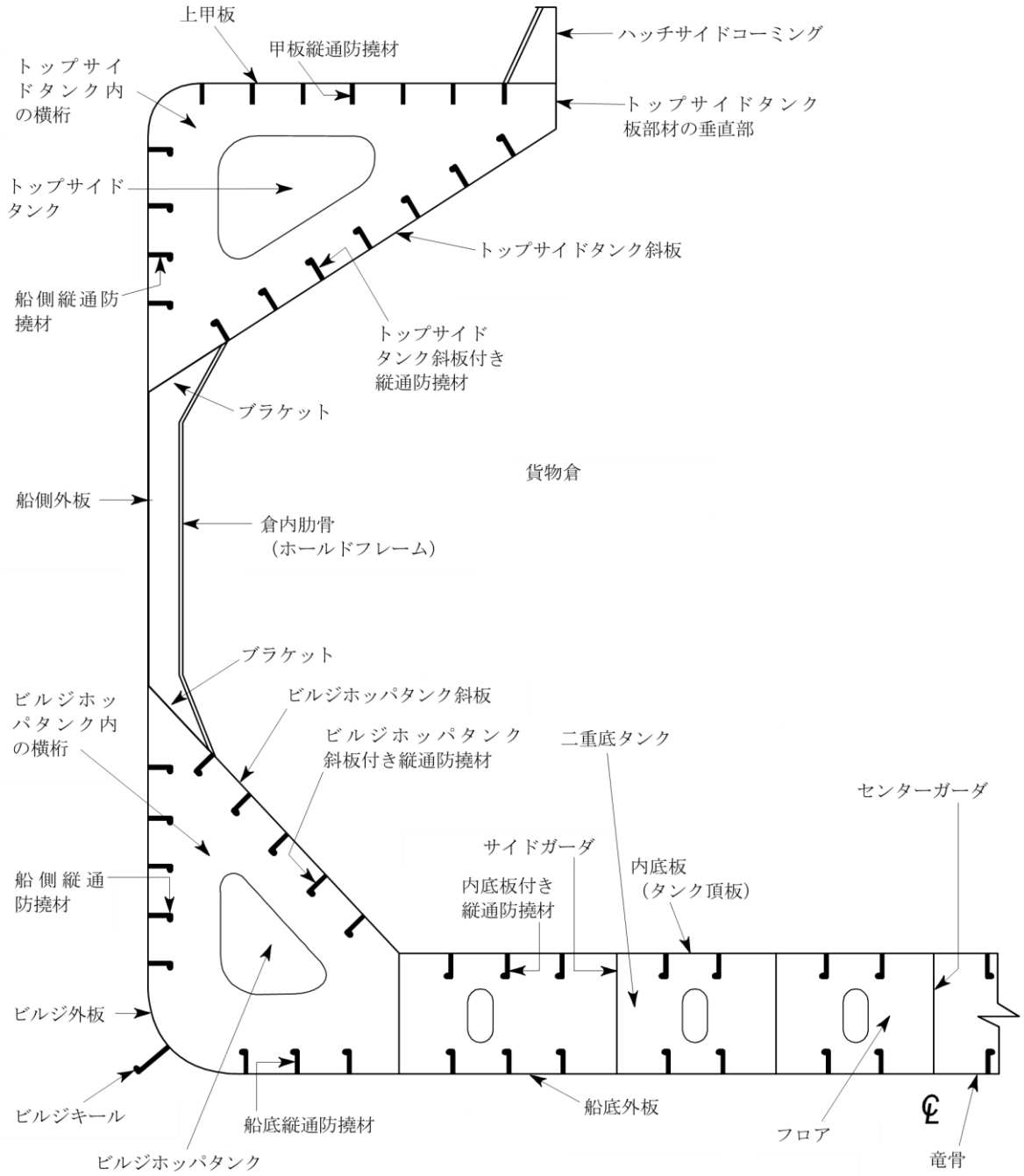
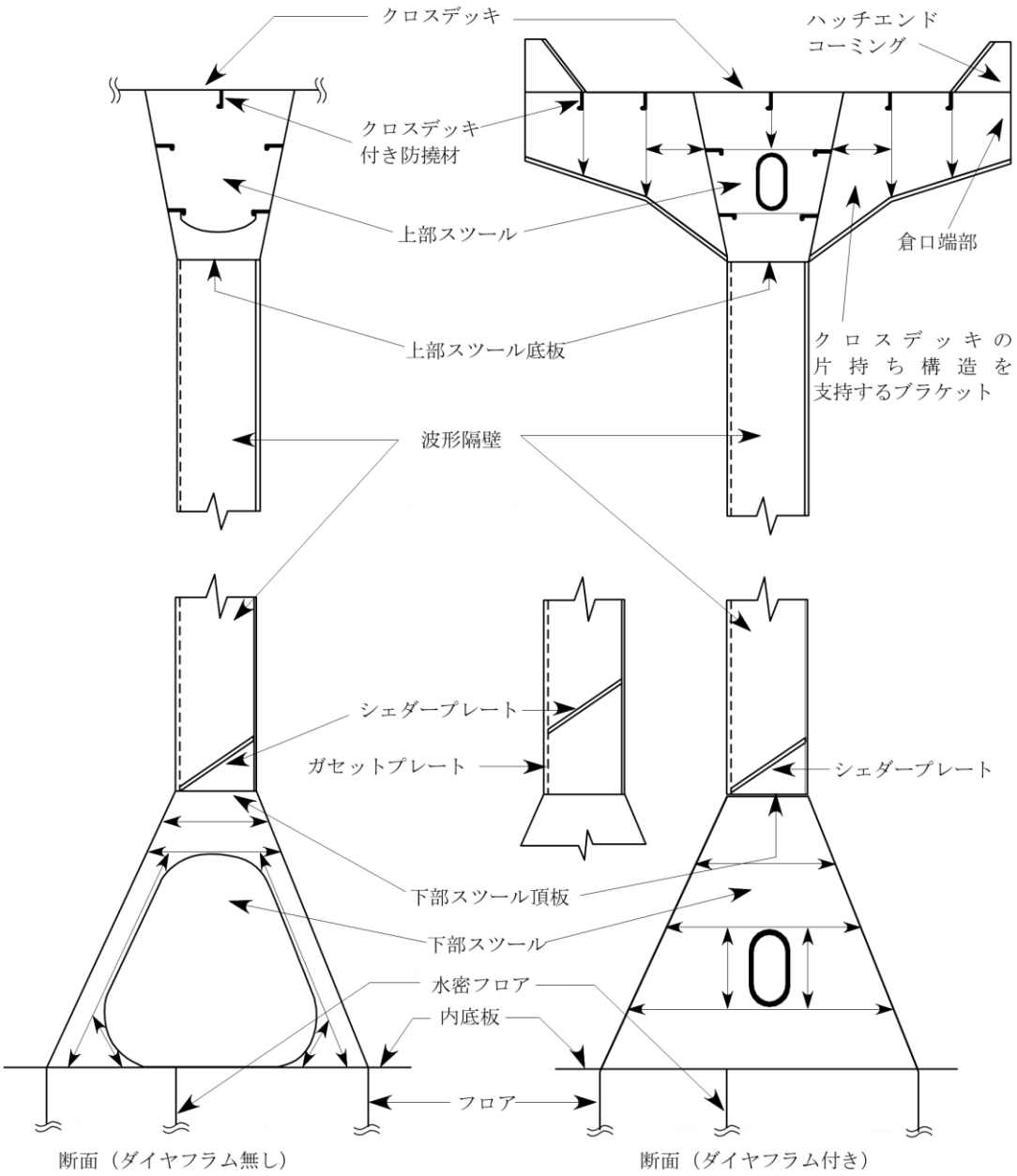


図 8　　ばら積貨物船の横隔壁



3.8　　用語

3.8.1　用語の定義

表 7　　用語の定義

用語	定義
居住区甲板	主として乗組員の居住のために用いられる甲板
舷梯	小型艇や岸壁からの乗員の搭乗のために船側に設けられる梯子設備
船尾部	船尾隔壁より後方の区域
船尾隔壁	船尾から前方に向かって最初に配置する主要な横水密隔壁
船尾タンク	船尾隔壁後方のやせた部分に位置する区画
アンカー	アンカーチェーンの端部に取り付け，船の位置保持のために海底に下ろす装置。風及

	び潮流の影響によって船が漂流しようとする際に海底に食い込むよう設計される。一般に鋳造にて製造される。
バラストタンク	バラスト水を積載するための区画
ベイ	隣接する横式構造部材又は横隔壁間の区域
ビルジホッパタンク	ばら積貨物船において，バラスト水の積載又は若干の貨物を輸送する際復原性のために用いられるタンク
ビルジキール	横揺れを軽減する目的で，船のビルジに沿って外板に垂直に設置する板材
ビルジ外板	船底外板と船側外板の間にある曲板であって，次の通り： 船の平行部：船底外板においてビルジ部下端の板が曲がり始める点から，船側外板においてビルジ部上端の板が曲がり終わる点までとする。 非平行部：船底外板におけるビルジ部下端の板が曲がり始める点から，次のうち近い方の点までとする。 ・基線上或いは当該断面の中央線上 0.2*D* 上方の点 ・ビルジ部上端の板が曲がり終わる点
ビルジストレーキ	ビルジ外板の最下方の一条
ボス	プロペラのボスは，プロペラの翼が取り付けられ，プロペラ軸の端部が貫通するプロペラの中心部分
船底外板	平板竜骨を含む船底の平坦部の大部分を構成する外板部材
船首	船の前端部の構造及び形状
船首アンカー	船の船首部に備えるアンカー
ブラケット	2 つの構造部材間の結合部を補強するために追加する構造部材
ブラケット先端部	テーパー加工したブラケットの細くなった先
ブレイクウォータ	船首を越えて打ち込んでくる海水の流れを止め，その方向を変えるために暴露甲板上に設けられる傾斜しかつ防撓された板構造
ブレストフック	船首部において右舷側と左舷側の構造部材を繋ぐ三角形のブラケット
船橋	前方及び左右への良好な視界を確保することが可能で，操船が行われる高所の上部構造
座屈パネル	座屈解析を考慮したパネル要素
建造者	船舶を保有しようとするものが，規則を含む契約書に従い船舶建造の発注契約を結ぶ相手団体
バルブプレート	フランジを設ける代わりにウェブの端部を増厚した防撓材
隔壁	船の内部を区画に分ける構造的な仕切り
隔壁甲板	水密横隔壁及び外板が達する最上層の全通甲板
隔壁スツール	波形隔壁の上部又は下部の支持構造
隔壁構造	防撓材及びガーダによって支持される横隔壁又は縦通隔壁
ブルワーク	船の暴露甲板周囲の船側上縁の直上に設ける垂直板

燃料油タンク	船の機関に用いる燃料油の貯蔵区画
アンカーケーブル	アンカーに取り付ける繊維ロープ又はチェーン
キャンバ	船の両舷から船体中心線に向けた暴露甲板の隆起
貨物倉区域	**1 章 1 節 2.4.3** 参照
貨物倉	一般に，液体又は乾貨物といった貨物を輸送するための区域
貨物タンク	貨物を輸送するためのタンク
貨物タンク隔壁	貨物タンクを分ける境界の隔壁
カーリング	一般的な防撓構造を補強するための補強材
囲壁	区画を保護するためのカバー又は隔壁
セル構造	小区画を形成するために境界を近接させ，内部の仕切り板を配置した構造配置
センターガーダ	船の中心線上に配置するガーダ
チェーン	アンカーの保持，木材貨物の固縛等に用いる金属製の繋ぎ合わされたリンク
チェーンロッカ	一般的に船首部に位置するアンカーチェーンを格納するための区画
チェーンパイプ	アンカーチェーンがチェーンロッカへ出入りする管の部分
チェーンストッパ	アンカーをホースパイプの収納位置への固定時に加えて，投錨時に，揚錨機への負荷を緩和した状態でチェーンケーブルを固縛するための装置
縁材	倉口や天窓の縁の垂直な構造
コファダム	**2 章 3 節 1** 参照
カラー	横桁に縦通部材を通すために空けた穴を部分的若しくは全体的に塞ぐための板材
船首隔壁	最前部に位置する主要な水密横隔壁
昇降口	船の甲板から下部の区画へと通じる風雨密の出入口
区画	隔壁又は板材によって区切られた内部空間
常時乗組員が配置される区画	通常航海時に乗組員が継続的又は長期的に配置される区画。 これは，通常航海時に 20 分間以上使用する区画を含む。
波形隔壁	波形構造の隔壁であり，一般に下部及び上部スツールと接続する。
波形構造	波状に配置した板部材（シェダープレート及びガセットプレートは含まない）
クロスデッキ	貨物倉口間の領域
クロスタイ	縦通隔壁同士を接合又は縦通隔壁と二重船側構造を接合し，静荷重及び動荷重に対して当該隔壁を支える大型の横構造部材
甲板	水平な構造部材で，区画の上部又は下部の境界を成すもの
甲板室	**1 章 1 節 2.4.6** 参照
甲板構造	甲板並びに甲板に取り付ける防撓材，ガーダ及び梁柱
甲板横桁	甲板における横式の主要支持部材

深水タンク	2 つの甲板間又は船底若しくは内底板から，甲板上若しくはそれより高い個所にわたるタンク
設計者	承認又は情報提供のため，書類を作成し，船級協会に提出する団体をいう。建造者又は建造者若しくは船主と当該書類作成の契約を結ぶ団体は設計者となり得る。
排水管	ビルジ，冷却水，下水等を排水するために船側まで導かれる管
ドッキングブラケット	入渠することを目的として，船底構造を局所的に補強するために二重底内に配置するブラケット
二重底構造	内底板上面より下方の外板及び外板付き防撓材並びに内底板を含むその他の部材
ダブラー	補強が求められる個所に取り付けられる小さな板部材。通常，防撓材の取り付け部に取り付ける。
二重船殻部材	二重船殻部材とは，ウェブ並びにウェブを取り付けた板により形成される頂部及び底部フランジからなる梁として理想化する構造部材
ダクトキール	箱状の板部材で形成されたキール。前方に通じるバラスト管及び他の管装置であって当該区画内を通さない場合は貨物タンク内やバラストタンク内に配置せざるを得ないものを配置するために使用する。
閉囲された船楼	風雨密の戸及び閉鎖装置を取り付けた前方隔壁又は後方隔壁を有する船楼
機関室隔壁	機関室前後端の横隔壁
EPP	基本板パネル（*Elementary plate panel*）のことであり，防撓材，主要支持部材，隔壁等の部材によって囲まれた最小の板要素。
面材	ウェブとともに板に取り付けられる防撓部材の一部であって，通常，板部材に平行である。
フランジ	防撓部材の一部であって，一般的に，ウェブに取り付けられるが，ウェブを曲げることにより形成するものもある。通常，板部材に平行である。
平鋼	ウェブでのみ構成する防撓材
フロア	船底に設けられる横部材
船首楼	船首部に位置する短い船楼
船首部	船首隔壁より前方の領域
船首部甲板	船の船首から後方に広がる短い隆起甲板
乾舷甲板	一般的に，風雨及び海に対して暴露している最上層の全通甲板であり，全ての暴露開口に常設の閉鎖装置を備える。
放水口	甲板上の水を船外に支障なく流すためのブルワークの開口
歩路	船首楼と船橋間又は船橋と船尾楼間のような船楼間に設ける高所歩路
ガーダ	主要支持部材の総称
ガジョン	舵のピントルを支えるために中心に穴がある軸受；船尾柱に位置し，舵が回転することを支持しかつ許容する。
ガンネル	船の両舷の上縁

ガセット	通常，2 つの構造部材間の強度上の接続部において力を分配するために取り付ける板
ハッチカバー	倉内への水の流入を防ぐことを目的としたハッチの蓋
倉口	下部の区画へ交通できる船舶の甲板にある一般的に長方形の開口
ホースパイプ	船首のいずれかの舷に位置する係船索又は錨索が通る鋼管で，錨鎖管という。
ホーサ	曳航又は係留に使用する大きな鋼線又は鋼繊維のロープ
ホッパ斜板	内底板と二重船側の縦通隔壁の垂直部の間の傾斜した板であって区画全長に及ぶもの
HP	オランダ規格のバルブプレート
IACS	国際船級協会連合
ICLL	1966 年の満載喫水線に関する国際条約（その後の改正を含む）
IMO	国際海事機関
独立タンク	自己支持タンク
内殻	船舶の船殻において二層目を形成する最も内側の板部材
半桁	防撓材又は主要支持部材間の縦通していない部材
JIS	日本産業規格
竜骨	船底の中心線に沿って縦に続く船舶の主要構造部材又は背骨。通常，外板内側の中心線上の平板であって垂直板により防撓する。
キール線	竜骨に対して平行な線であって，船体中央における竜骨の頂部を通るもの
ナックル	構造部材の不連続部
軽目孔	重量を軽減するために構造部材に開ける穴
ビルジ孔	水又は油がたまることを防ぐために肋骨又は板に開ける小排水口
局所支持部材	単一パネルの構造上の健全性にのみ寄与する局所的な防撓材。例えば，甲板梁。
船体中心線縦通隔壁	船舶の中心線上に設けられる縦通隔壁
船体縦強度部材	船体梁の縦強度に寄与する構造部材で，甲板，船側外板，船底外板，内底板，上部斜板がある場合それを含む内殻縦通隔壁，ホッパ斜板，ビルジ外板，縦通隔壁，ボトムガーダ及び船側タンク内の水平ガーダを含む。
船体せん断強度部材	船体梁のせん断強度に寄与する構造部材で，船側外板，内殻縦通隔壁，ホッパ斜板，ビルジ板，縦通隔壁，ボトムガーダを含む。
マンホール	交通を目的として甲板，タンク等に丸又は楕円形に開けた穴
縁板	内底板の船外側の板で，ビルジ部で下方に曲がる場合，縁板（又はガーダ）は，二重底の外側の境界を形成する。
MARPOL	1973 年の船舶による汚染の防止のための国際条約に関する 1978 年の議定書（その後の改正を含む）
中央ホールド	有限要素解析にあたり，3 ホールド長さの有限要素モデルにおける中央のホールドをいう。**1 編 7 章 2 節**を参照。

通常乗組員が配置されない区画	通常航海時に乗組員が配置されない（乗組員が継続的又は長期的に配置されない）区画。 これは，通常航海時に 20 分間以上使用しない区画を含む。
切欠き	溶接が原因で生じる構造部材の切れ目
燃料油タンク	燃料油の貯蔵に使用するタンク
外板	外板部材のことをいう。
船主	船舶の保有及び運航に関する全ての義務及び責任を負う団体をいい，船舶引渡し時において，船主による有効な証明書により建造者より全ての義務及び責任を引き継ぐことが同意されているものとする。
梁柱	甲板が外板又は隔壁により支持されない場合に甲板間に設けられる垂直支持材
パイプトンネル	船の中央部において前後に走る空所であって，機関室からタンクに通ずるビルジ管，バラスト管及びその他の管装置のための保護空間を形成する内底板と外板の間に位置するもの
板パネル	防撓材，主要支持部材，隔壁等の部材により囲まれた防撓されていない板。*EPP* を参照。
板部材	防撓材，主要支持部材，隔壁に支持された鋼性の板
船尾楼	船舶の最船尾端における閉囲された船楼下の区域
船尾楼甲板	船舶の船尾端における波除甲板上の一層目の甲板
主要支持部材 *PSM*	外殻及びタンク境界の全体的な構造健全性を供する梁，ガーダ又は縦通材（例えば，二重底のフロア及びガーダ，横式船側構造部材，甲板横桁，隔壁付き水平ガーダ並びに縦通隔壁付き立桁）
プロペラ柱	プロペラシャフトの孔が設けられた船尾材の前方の柱
ラダーポスト	舵が設置される箇所の船尾材の後方の柱
スカラップ	板の接続部において連続溶接を許容するために防撓部材に開けた穴
スカーフィングブラケット	2 つのオフセット配置した構造部材間に使用するブラケット
部材寸法	構造部材の物理的な寸法
排水口	直接又はパイプを通じて甲板から水を除くための開口
丸窓	甲板又は他の場所にある小開口であって，通常，カバー，蓋又は区画への交通のための戸を備える。
シェダープレート	波形隔壁に取り付ける貨物の残存個所を最小にするための斜板
舷側厚板	船側外板の最上方の一条の板
スツール頂板	隔壁スツールの頂部に取り付ける水平の板
外板部材	有効な船体梁を形成する外板部材。ただし強力甲板を除く。
倉内肋骨	ばら積貨物船の船側外板に取り付ける垂直部材
船側外板	ビルジ外板上方の外板側部を構成する外板部材

単船殻構造部材	単船殻構造部材とは，ウェブ並びにウェブに取り付けた板部材により形成される頂部フランジ及び面材により形成される底部フランジからなる梁として理想化する構造部材
天窓	ガラス窓を設置又は設置していない甲板口であって，機関室等の通風に供するもの
スロップタンク	油タンカーにおいて，タンク洗浄後の貨物タンクから排出する油と水の混合物を集めるために使用するタンク
SOLAS	1974 年の海上における人命の安全のための国際条約（その後の改正を含む）
区域	タンクを含む分割された区画
支柱	ブルワーク及びハッチコーミングのブラケット
船首材	船舶の船首端における棒材又は板部材
船尾	船の後端部
船尾材	船尾を形成するために船体の後端部に取り付けられる重強度の構造部材であって，ラダーポスト，プロペラポスト及びプロペラ孔を含む
船尾管	プロペラ軸（又は船尾管軸）が通る管で，軸の後部軸受（船尾軸受）として働き，（海）水又は油潤滑が行われる
防撓材	二次的な構造支持部材の総称
スツール	隔壁を支持する構造
ストレーキ	外板，甲板，隔壁又は他の板部材における一条
強力甲板	最上層の連続する甲板
ストリンガ	立桁に結合する水平ガーダ
梁上側板	甲板の（最も）船側よりの板（一条）
船楼	**1 章 1 節 2.4.6** 参照
SWL	安全使用荷重（*Safe Working Load*）
タンク	海水，清水，油，液体貨物，*FO*，*DO* 等の液体を輸送するための領域に対する一般的な用語
タンク頂板（内底板）	貨物タンクの底部を形成する水平な板部材
トーイングペナント	船舶の曳航に使用する長いロープ
トップサイドタンク	通常，ばら積貨物船の貨物倉の上部隅部に設けられ，船の長さ方向に広がるタンク
トランサム	船舶の船尾端における構造及び形状
トランスリング	フロア，縦通隔壁付立桁及び甲板横桁で，船体横断面に現れる全ての部分
横桁部材	船舶の長さ方向の構造（縦通部材）に結合する主要な横桁
トリッピングブラケット	圧縮力が作用する構造部材のねじり力に対する補強のために使用するブラケット
トランク	甲板室に似た甲板を備える乾舷甲板上の構造物であって，複数の甲板を持たないものをいう。

中間甲板	貨物タンク内の上甲板とタンク頂板（内底板）との間に配置する甲板
アレージ	タンク内の液体により占有されていない空間に相当する量
空所	船舶内の閉囲された空の区画
制水隔壁	タンク内に配置する開口を有する又は部分的な隔壁
水密	水密とは，周囲の構造が設計された水頭において，水が当該構造を通過することを防止し得ることをいう。
暴露甲板	風雨に曝される甲板又は甲板の一部であって，風雨密に閉鎖する手段を有するもの，（並びにそれに取り付けられる）全てのハッチ及び開口
風雨密	風雨密とは，いかなる海象条件においても船舶の内部に水が浸入しないことをいう。
ウェブ	防撓部材の一部であって板の表面に垂直に取り付けた部分
横桁	甲板横桁を含む横式の主要支持部材
バラスト喫水線と満載喫水線の間の船側外板	船舶の船側外板を構成する板であって，バラスト喫水線と満載喫水線の間のもの
ウインドラス	アンカーチェーンの巻き上げ及び繰り出しのためのウインチ
ウィングタンク	縦通隔壁及び船側外板によって囲まれている区画

5節　ローディングマニュアル及び積付計算機

1.　一般要件

1.1　適用

1.1.1

本節には，積付の指針となる情報に関する最低要件を規定する。

1.1.2

本会が承認したローディングマニュアル及び積付計算機を船上に備えつけなければならない。

1.1.3

ローディングマニュアルに記載する積付状態以外の積付をして航海する場合，船上に備え付けるローディングマニュアル及び積付計算機に定める縦強度及び局部強度に関する制限並びに適用すべき復原性の要件を満足しなければならない。

1.1.4

ローディングマニュアルに関する要件を本節 **2** に規定し，積付計算機に関する要件を本節 **3** に規定する。

1.2　年次検査及び定期検査

1.2.1

年次検査及び定期検査においては，承認されたローディングマニュアルが船上に備えられていることを確認する。

1.2.2

船長は，定期的に試験用積付状態を用いて積付計算機の精度を確認しなければならない。

1.2.3

定期検査においては，検査員の立会いの下に上記試験を行わなければならない。

2.　ローディングマニュアル

2.1　一般要件

2.1.1　定義

ローディングマニュアルは，船舶の完工時のデータに基づくものとしなければならない。

ローディングマニュアルには，次の事項を記載しなければならない。

- 外洋及び港内／閉囲された水域を航海する船舶の設計の前提となる積付状態並びに静水中曲げモーメント及びせん断力の許容値。また，バラスト交換手順及び入渠手順により規定される積付状態をローディングマニュアルに含めなければならない。
- それぞれの積付状態における静水中曲げモーメント，静水中せん断力及び該当する場合には面外荷重による制限
- 該当する場合には，例えばハッチカバー，甲板，二重底構造等に対する局部的な許容荷重
- 関連する運航制限

2.1.2　承認条件

ローディングマニュアルは，船舶の完工時のデータに基づくものとしなければならない。

船舶の主要数値の変更（例えば，軽荷重量，浮力分布，タンク容積，タンク使用法等）を伴う修正をする場合は，ローディングマニュアルに反映させ本会の再承認を受けるとともに，積付計算機も新しくし，再承認を受けなければならない。ただし，変更後の喫水及び静水中曲げモーメント並びにせん断力と以前に承認された値との差が 2%以下である場合は，新しいローディングマニュアルを再提出しなくて差し支えない。

ローディングマニュアルは，使用者が理解できる言語で作成しなければならない。その言語が英語でない場合，英語の翻訳を付さなければならない。

2.1.3　積付状態

ローディングマニュアルには，適切に出港状態及び入港状態を設定した設計積付状態（貨物積付状態及びバラスト状態）を記載しなければならない。船体の部材寸法は，これらの設計積付状態に基づくものとしなければならない。**4章 8節** を参照すること。

油タンカー及びばら積貨物船に共通する積付状態を **4 章 8 節 2** に示す。

2.1.4　運航制限

ローディングマニュアルには関連する運航制限を含まなければならない。

- 構造用喫水
- 船体中央部における設計最小バラスト喫水
- 船首の二重底タンクにバラストを満載した状態における設計最小スラミング船首喫水
- 船首の二重底タンクを空にした状態における設計最小スラミング船首喫水
- 満載状態での最大許容貨物密度
- ローディングマニュアルに記載するすべての積付状態における最大貨物密度
- 最大航海速力
- 静水中曲げモーメント及びせん断力並びにそれらの許容値

ローディングマニュアルには，ばら積貨物船はバラスト貨物倉を部分漲水した状態での運航はしてはならない旨を含まなければならない。

2.2　油タンカーに対する要件

2.2.1

ローディングマニュアルには，**4 章 8 節 3** に示す積付状態を含まなければならない。

2.1 の要件に加えて，本要件を適用する。

2.3　ばら積貨物船に対する要件

2.3.1

ローディングマニュアルには，**4 章 8 節 4** に示す積付状態を含まなければならない。

本要件に加えて，**2.1** の要件を適用する。

2.3.2

ローディングマニュアルには，次の事項を記載しなければならない。

- **4 章 4 節**に規定する浸水時の静水中曲げモーメント及びせん断力並びにそれらの許容値
- 満載喫水において空倉とすることが可能な貨物倉及びその組合せ。満載喫水において，いかなる貨物倉も空倉状態とすることが許容されない場合には，その旨を明確に記載しなければならない。
- **4 章 8 節 4.3** に規定する各貨物倉の中央での喫水の変化に応じた当該貨物倉及び二重底の最大許容及び必要最小積載質量
- 隣接する 2 つの貨物倉の喫水の平均の変化に応じたその互いに隣接する貨物倉及び二重底の最大許容及び必要最小積載量。この時，喫水の平均とは，**4 章 8 節 4.3** に規定する通り，それぞれの貨物倉の中央における喫水の平均値とする。
- ばら積貨物以外の貨物について，貨物の種類及びその最大許容積載質量
- 甲板及びハッチカバー上の最大許容積載質量。甲板及びハッチカバー上に貨物を積載することが認められていない場合には，その旨を明確に記載しなければならない。
- バラスト注排水の最大容量。なお，このバラスト注排水の許容能力に基づいて，荷役する港における積付計画に関する注意事項も記載しなければならない。

2.3.3

ローディングマニュアルには，加えて，出港及び入港時のそれぞれについて適切に次に掲げる積付状態を記載しなければならない。

- ばら積貨物密度が小さい貨物の場合及び大きい貨物の場合のそれぞれについて，最大喫水となる均等積状態
- 不均等積状態を計画する場合，ばら積貨物密度が小さい貨物の場合及び大きい貨物の場合のそれぞれについて，最大喫水となる不均等積状態
- バラスト状態。ただし，トップサイドタンク，ビルジホッパタンク及び二重底タンクに隣接するバラスト兼用倉を備える船舶にあっては，当該兼用倉に 100%漲水し，トップサイドタンク，ホッパタンク及び二重底内タンクを空とした状態においても，強度要件を満足するものとしなければならない。
- 適当な場合には，積載燃料を制限して最大喫水まで貨物を積載した短期航海積付状態
- 多港荷役及び多港荷揚げ積付状態
- 甲板上に貨物を積載する場合，当該積付状態

- 洋上でバラスト交換を行う場合，その標準的な手順
- 均等積付状態，部分積付状態及び不均等積付状態に対して，貨物の荷役開始から最大積載質量となるまでの荷役及び最大積載質量の貨物を積載した状態から空倉となるまでの荷揚げに関する標準手順。当該手順は，貨物の荷役速度，バラスト注排水の容量及び船体強度上の許容値にも配慮して作成しなければならない。指針として，荷役手順一覧の書式例を図 1 に示す。

3. 積付計算機

3.1 一般要件

3.1.1 定義

積付計算機は，アナログ又はデジタルの機器で，貨物積付状態及びバラスト積付状態のすべてについて，当該船舶の規定された算出点における静水中曲げモーメント，静水中せん断力及び面外荷重を容易に算出でき，かつ，規定された許容値を超えないことを迅速に確認できるものでなければならない。

積付計算機は，それぞれの船舶に専用で搭載する設備であり，計算結果は，当該積付計算機の承認の前提となった船舶にのみ適用することができる。

なお，積付計算機は，ローディングマニュアルを代替するものではない。

3.1.2 積付計算機の承認条件

積付計算機は，C 編 1 編 3.8.3 の規定に基づき本会の承認を受けなければならない。承認を行うにあたっては次の事項を確認する。

- 本会が必要と認める場合には，型式承認に対する検証
- 計算に使用される本船の完工時のデータ
- 算出点の数及び位置
- 算出点における許容値
- 同意された試験状態における積付計算機の船上への適切な設置及び操作の確認，また操作マニュアルのコピーが船上に備えつけられていることの確認

船舶の主要数値の変更（例えば，軽荷重量，浮力分布，タンク容積，タンク使用法等）を伴う修正をする場合は，ローディングマニュアルに反映させ本会の再承認を受けるとともに，積付計算機も新しくし，再承認を受けなければならない。ただし，変更後の喫水及び静水中曲げモーメント並びにせん断力と以前に承認された値との差が 2%未満である場合は，新しいローディングマニュアルを再提出しなくて差し支えない。

積付計算機には，常に操作マニュアルを備えなければならない。操作マニュアル及び積付計算機の出力は，使用者が理解できる言語で作成しなければならない。その言語が英語でない場合，英語の翻訳を付さなければならない。

積付計算機の動作は，船舶に搭載後検証されなければならない。この時，認められた試験用積付状態及び機器の操作マニュアルが船上に備えつけられていることを確認しなければならない。

3.2 ばら積貨物船に対する要件

3.2.1 一般

BC-A 船，*BC-B* 船及び *BC-C* 船に備える積付計算機は，次のことが許容値以内であることが確認できなければならない。

- 各貨物倉の中央部での喫水の変化に応じた当該貨物倉及び二重底の最大許容及び必要最小積載質量
- 隣接する 2 つの貨物倉の喫水の変化に応じた当該貨物倉及び二重底の最大許容及び必要最小積載質量
- 貨物倉浸水時の静水中垂直曲げモーメント及び静水中せん断力

3.2.2 承認条件

BC-A 船，*BC-B* 船及び *BC-C* 船に備える積付計算機は，承認を行うにあたって次の事項を確認する。

- すべての算出点における許容ハルガーダ垂直曲げモーメント
- すべての算出点における許容ハルガーダせん断力
- 各貨物倉の中央部での喫水の変化に応じた当該貨物倉及び二重底の最大許容及び必要最小積載質量
- 隣接する 2 つの貨物倉の喫水の変化に応じた隣接する貨物倉及び二重底の最大許容及び必要最小積載質量

4. ばら積貨物船に対する積付

4.1 荷役／荷揚げの手順

4.1.1 適用範囲

本節 **4** に規定する要件は，乾舷用長さ L_{LL} が 150*m* 以上のばら積貨物船に適用する。

4.1.2

標準荷役／荷揚げ手順は，荷役／荷揚げ速度，バラスト注排水の容量及び船体強度に関する許容値に配慮して作成しなければならない。

4.1.3

建造者は標準荷役／荷揚げ手順を本会に提出し，承認を受けなければならない。

4.1.4

標準荷役手順には，次の事項を含まなければならない。

- ばら積貨物密度が小さい貨物の場合及び大きい貨物の場合のそれぞれについて，最大喫水となる不均等積状態
- ばら積貨物密度が小さい貨物の場合及び大きい貨物の場合のそれぞれについて，最大喫水となる均等積状態
- 積載燃料を制限して最大喫水まで貨物を積載した短期航海積付状態
- 多港荷役及び多港荷揚げ積付状態
- 甲板上に貨物を積載する積付状態
- ブロック積状態

4.1.5

荷役／荷揚げ手順は，特定の港のもの又は標準的なものとして差し支えない。

4.1.6

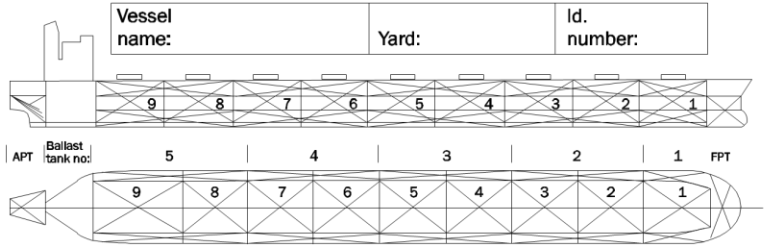
手順は，貨物の荷役開始から最大積載質量を積載した状態まで，ステップ毎に構築しなければならない。ここで，1 ステップとは，荷役設備が異なる貨物倉の荷役のために移動する時とする。各ステップに関する資料を作成し，本会に提出しなければならない。縦強度に加えて，各貨物倉の局部強度を考慮しなければならない。

4.1.7

各積付状態について，すべてのステップの一覧を含むものとしなければならない。一覧は，例えば，次に示す各ステップの主要な情報を含むものとしなければならない。

- 各ステップ間にそれぞれの貨物倉に積載する貨物質量
- 各ステップ間にそれぞれのバラストタンクから排出するバラスト質量
- 各ステップの終了時の最大静水中垂直曲げモーメント及び静水中せん断力
- 各ステップの終了時のトリム及び喫水

図 1　　標準荷役／荷揚げ手順一覧の書式例



Vessel name:	Yard:	Id. number:

Port (specific or typical):	Condition at commencement of loading/discharging:	
Total mass of cargo to be loaded/discharged:	Condition at end of loading/discharging:	
Dock water density (t/m³):	Maximum loading/discharging rate:	Average loading/discharging rate:
Number of loaders/dischargers:	Maximum ballasting/deballasting rate:	Average ballasting/deballasting rate:

Volume of Hold, Vh (m³)									
Height of hold, h (m)									

Note: During each pour it it has to be controlled that allowable limits for hull girder shear forces, bending moments and mass in holds are not exceeded. Loading/discharging operations may have to be paused to allow fo ballasting/deballasting in order to keep actual values within limits.

	Hold content at commencement of loading/discharging										Ballast content at commencement of loading/discharging									Commencement of loading/discharging (sea)				
										Wings or peaks	APT	Ball. no. 5	Ball. no. 4	Hold. no. 6	Ball. no. 3	Hold. no. 4	Ball. no. 2	Ball. no. 1	FPT	T aft (m)	T rim (m)	T fwd (m)	Maximum	
																							S.F. (%)	B.M. (%)
Cargo mass										Upper														
Density (t/m³)										Upper														
Grade										Lower/Peaks														

	CARGO OPERATIONS										BALLAST OPERATIONS									Values at end of pour (from harbour to sea)				
Pour no. /grade	Hold 9	Hold 8	Hold 7	Hold 6	Hold 5	Hold 4	Hold 3	Hold 2	Hold 1	Upper Lower/Peaks	APT	Ballast tank no. 5	Ballast tank no. 4	No.5 Ballast hold	Ballast tank no.3	No.4 Ballast hold	Balalst tank no. 2	Ballast tank no.1	FPT	T aft (m)	T rim (m)	T fwd (m)	Maximum	
																							S.F. (%)	B.M. (%)
1										Upper														
										Lower/Peaks														
2										Upper														
										Lower/Peaks														
3										Upper														
										Lower/Peaks														
4										Upper														
										Lower/Peaks														
5										Upper														
										Lower/Peaks														
6										Upper														
										Lower/Peaks														
7										Upper														
										Lower/Peaks														
8										Upper														
										Lower/Peaks														
										Upper														
										Lower/Peaks														
Draft Survey (for loading):	Total cargo onboard (t):				Remaining cargo to be loaded (t):					Total amount of bunkers onboard (t):														
n-1										Upper														
										Lower/Peaks														
n										Upper														
										Lower/Peaks														

	Hold content at end of loading/discharging										Ballast content at end of loading/discharging									Values at end of loading/discharging (sea)				
										Wings or peaks	APT	Ball. no. 5	Ball. no. 4	No. 6 hold	Ball. no. 3	No. 4 hold	Ball. no. 2	Ball. no. 1	FPT	T aft (m)	T rim (m)	T fwd (m)	Maximum	
																							S.F. (%)	B.M. (%)
Cargo mass:										Upper														
Total mass loaded/discharge (t):										Lower/Peaks														

	Maximum occuring values among all conditions above									
Net load on Double Bottom:										tons/m²
Net load in two adjacent holds:										tons

Net load on double bottom = (Mh/V) h-T (t/m²)
- where: Mh = Mass in hold + mass in DB (t)
V = Total volume of hold (m³)
h = height of hold from inner bottom to top of coaming (m)
T = draught (m)

Approved by:

Place, date, stamp and sign

2章　一般配置要件

1節　一般

1.　一般

1.1　一般

1.1.1

本章には，船舶の一般的な構造配置要件を規定する。

1.1.2

常時乗組員が配置される区画の配置は，本会が認める業界標準に基づいて，換気，照明，騒音及び身体の振動を考慮しなければならない。**4節 1.1.1** から **1.1.3** 参照。

1.1.3

通常乗組員が配置されない区画の配置には，本会が認める業界標準に基づいて，定期点検，検査及び保守のための照明及び換気を考慮しなければならない。**4節 1.1.1** から **1.1.5** 参照。

2 節　　隔壁配置

1.　　水密隔壁の配置

1.1　　水密隔壁の数及び配置

1.1.1

全ての船舶には，少なくとも次の横置水密隔壁を備えなければならない。

(a)　1 つの船首隔壁

(b)　1 つの船尾隔壁

(c)　機関室前後端隔壁。ただし，機関室後端隔壁にあっては船尾隔壁と同一としても差し支えない。

1.1.2

電気推進装置を備える船舶の場合，発電機室及び機関室の両区画は水密隔壁により閉囲されなければならない。

1.1.3

1.1.1 及び **1.1.2** の規定に加え，隔壁の数及び配置は，区画，浸水及び損傷時復原性に関する要件に適合するようにしなければならない。また，国内法にも適合しなければならない。

1.1.4

区画に関する要件に適合することが求められない乾舷用長さ L_{LL} が 150*m* 未満のばら積貨物船にあっては，**表 1** に示す数以上の隔壁を備えなければならない。

表 1　　乾舷用長さ L_{LL} が 150*m* 未満のばら積貨物船における隔壁の数

長さ（*m*）	機関を船尾に備える船舶における隔壁の数(1)
$90 \le L_{LL} < 105$	4
$105 \le L_{LL} < 120$	5
$120 \le L_{LL} < 145$	6
$145 \le L_{LL} < 150$	7
（1）船尾隔壁と機関室後端壁は，同じものと考える。	

1.1.5

貨物倉区域内の隔壁の間隔は，できる限り一定としなければならない。

2.　　船首隔壁

2.1　　船首隔壁の範囲及び位置

2.1.1

すべての船舶には乾舷甲板まで達する船首隔壁を設けなければならない。船首隔壁は基準点の後方 $0.05L_{LL}$ 又は 10*m* のどちらか小さい方の位置と，主管庁が認める場合を除き，基準点の後方 $0.08L_{LL}$ 又は $0.05L_{LL} + 3m$ のどちらか大きい方の位置の間に配置しなければならない。なお，ここでいう基準点とは，**2.1.2** に規定するものとする。

2.1.2

球状船首を有さない船舶については，基準点は L_{LL} を計測する水線上の L_{LL} の前端（船首材の前端）とする。球状船首を有する船舶については，L_{LL} の前端の *x* 前方から計測しなければならない。なお，ここでいう *x* とは，次のうち最も小さい値とする。

(a)　船首垂線 FP_{LL} から球状船首の最先端までの距離の半分

(b)　$0.015L_{LL}$

(c) 3.0*m*

2.2 船首隔壁の配置

2.2.1

原則として，船首隔壁は平面としなければならない。ただし，**2.1.1** 及び **2.1.2** に規定する制限内で収まる場合に限って，階段部又はリセスを設けてもよい。

2.2.2

ドア，マンホール，恒久的な交通口や換気ダクトは，乾舷甲板下の船首隔壁に配置してはならない。船首隔壁が乾舷甲板の上にまで延長する場合，延長部分の開口の数は，船の設計及び適切な運用を考慮した上で，最小限としなければならない。**1 章 2 節 2.1** を参照すること。

3. 船尾隔壁

3.1 一般

3.1.1

船尾管及びラダートランクを水密区画に配置するよう，船尾隔壁を設けなければならない。軸系の配置により船尾管を水密区画に取り付けることが困難な場合は，代替構造に関して特別な配慮を払わなければならない。

3.1.2

船尾隔壁は，区画に関する船舶の安全性に影響を及ぼさないことを条件に，乾舷甲板下でステップ形状にして差し支えない。

3.1.3

船尾管及び／又はラダートランクの設置が要求されない機器により動力を得る船舶及び／又は操舵される船舶における船尾隔壁の配置については，特別な考慮を払わなければならない。

3.1.4

船尾隔壁が最大喫水線より上方まである場合，船尾隔壁は乾舷甲板より低い位置にある水密甲板までとして差し支えない。当該水密甲板は，当該甲板より上方に対して舵頭材の水密性を確保しなければならない。

3 節　区画配置

1.　コファダム

1.1　定義

1.1.1

コファダムとは，両側の区画が境界を共有しないように配置される空所のことをいう。コファダムは，垂直又は水平に配置されることがある。原則として，コファダムは，適切に検査，保守及び安全な避難ができるよう，ガス密とし，適切に通風され，排水設備が配置され，かつ，十分な大きさを備えるものとしなければならない。

1.2　コファダム配置

1.2.1

液体状の炭化水素（燃料油，潤滑油を含む）用の区画と清水（推進機関及びボイラ用の水）用の区画及び泡消火装置用泡原液を積載するためのタンクとの間には，コファダムを設けなければならない。

1.2.2

飲料水のタンクと人体に影響を及ぼす物質を含むタンクはコファダム又は本会が認める他の手段によって分離されなければならない。

（備考 1）通常，清水及びバラスト水を積載するためのタンクは人体に影響を及ぼす物質を含まないものとする。

1.2.3

タンク間の線接触については，タンクが接しているとはみなされない。

1.2.4

1.2.1 に規定するコファダムは，これらのタンクの特性及び寸法を考慮し，実行不可能又は適切でないと本会が認める場合，省略して差し支えない。この場合，次によらなければならない。

- 隣接するタンクと共有する境界の板厚は，**6 章 4 節**により得られる板厚に対し，清水又はボイラ水を積載するタンクでは 2 *mm*，その他の場合では 1 *mm*，それぞれ加えなければならない。
- これらの境界を成す板の縁におけるすみ肉溶接ののど厚の合計は，当該境界の板厚以上としなければならない。
- 構造試験は，**1 章 2 節 3.8.4** の規定により要求される試験水頭に 1 *m* 増加させた水頭で実施しなければならない。

2.　二重底

2.1　一般

2.1.1

SOLAS 条約第 II-1 章 9 規則に基づき，液体を積載しない区画を含む水密区画であって，容積が過大でない箇所では，船底又は船側に損傷を受けても船舶の安全が損なわれないことを条件に，二重底を設けることを要しない。

2.2　二重底の範囲

2.2.1

ばら積貨物船は，実行可能で，かつ，船舶の設計及び固有の用途に矛盾しない限り，船首隔壁から船尾隔壁までの範囲には，二重底を設けなければならない。

油タンカーは，貨物倉区域及びポンプルームを保護するように二重底を設けなければならない。ただし，*MARPOL* 73/78 附属書 I 第 4 章第 22 規則の規定による場合，ポンプルームの下は，二重底を設けることを要しない。

2.2.2

ホッパ部又は二重船側部となっていない箇所において二重底の設置が要求される場合，内底板は，船底を湾曲部まで保護するように，船側まで達していなければならない。

2.3　二重底高さ

2.3.1

特に規定が無い場合，二重底高さは次に示す値のうち，小さい方の値未満としてはならない。

- 油タンカー：　*B*/15 又は 2 *m*。ただし，1.0 *m* 未満としてはならない。なお，二重底高さはいかなる横断面におい

ても外板の法線方向に測ること。

・ ばら積貨物船： $B/20$ 又は 2 m。ただし，0.76 m 未満としてはならない。なお，二重底高さはキール線と平行な面から内底板までを垂直に測ること。

2.4 二重底に設けるウェル

2.4.1

二重底に設ける小さなウェルは，必要以上に深いものであってはならない。ただし，船舶の軸路の後端については，船底外板まで達するウェルを設けることができる。その他のウェルについては，**2.1** の規定を満足する二重底による保護と同程度の保護を与える措置が取られていると本会が認める場合，船底外板に達するものとして差し支えない。

3. 二重船側

3.1 二重船側の幅

3.1.1 油タンカー

二重船側の最小幅 W_{ds}（m）は，次の 2 つの算式による値のうち，小さい方の値としなければならない。

$$W_{ds} = 0.5 + \frac{DWT}{20{,}000}$$ ただし，1.0 m 未満としてはならない。

$$W_{ds} = 2.0$$

3.1.2 ばら積貨物船

二重船側とは，船側外板及び二重底と甲板の間に設けられた縦通隔壁からなる構造配置を有する船側をいう。ビルジホッパタンク及びトップサイドタンクが備えられる場合，これらは二重船側の一部とみなす。

二重船側の最小幅 W_{ds}（m）は，船側外板からその法線方向に測って 1 m 未満としてはならない。

3.2 二重船側内の最小クリア幅

3.2.1 定義

最小クリア幅は，内殻及び外殻付き防撓材間の最小距離とする。

3.2.2 最小クリア幅の寸法

二重船側内部の防撓材間の最小クリア幅は次の値未満としてはならない。

・ 600 mm：内殻及び／又は外殻が横式構造の場合

・ 800 mm：内殻及び／又は外殻が縦式構造の場合

なお，貨物倉の平行部外においては，クリア幅を減じても差し支えない。ただし 600 mm 未満としてはならない。

4. バラストタンク

4.1 バラストタンクの容量及び配置

4.1.1

全ての船舶は，バラスト航海可能な容量のバラストタンクを備えなければならない。バラスト容量は，航海中のバラスト状態（軽荷状態においてバラストタンクのみにバラスト水を積載した状態を含む）において，少なくとも船舶の喫水及びトリムが，次の要件を満足するものでなければならない。

・ 油タンカーについては **4 章 8 節 3.1** を参照すること。

・ 上記に加え，油タンカーについてはホギング又はサギング修正を含まない船体中央部における型喫水 T_{mid}（m）を，次の算式による値以上としなければならない。

$$T_{mid} = 2.0 + 0.02\, L_{LL}$$

・ ばら積貨物船については **4 章 8 節 4.1** を参照すること。

4節　交通及び脱出設備

1.　閉鎖場所

1.1　一般

1.1.1　特別な考慮

安全性と生産性の向上を含む人的要因の考慮は，勧告 No.132 又は本会が認める人間工学に関する規格に基づいて検討して差し支えない。

区画への交通に関する特別な考慮及び要件（例えば，CO2 室での予期せぬ放出を防止するための安全制限等）を要する場合にあっては，本節の要件と併せて考慮し，交通に関する支障がある場合には，本会の検討のため実行可能な限り速やかに通知しなければならない。

1.1.2　閉鎖場所

全ての閉鎖場所は容易に点検，検査及び保守できるよう適切な配置がなされた上で，交通可能としなければならない。ここでいう交通とは，個人保護具を含む適切な衣服を着用し，必要なすべての道具及び試験器具を使用する検査員が，妨げられることなく検査対象物に到達できることをいう。

また，*SOLAS* 条約又はその他の関連する要件にかかわらず，検査員又は乗組員が非常時に容易に脱出するための適切な配置についても，本会が認める業界標準に基づいて検討しなければならない。

1.1.3　*SOLAS* 条約で明確に記載されていない区画

SOLAS 条約 II-1 章 3-6 規則に明確に記載されていない区画については，造船所は本会が認める業界標準に従って，容易に点検，検査及び保守できるよう適切な交通設備を備えなければならない。**1.1.5** 参照。

また，検査員又は乗組員が非常時に容易に脱出するための適切な配置についても，本会が認める業界標準に基づいて検討しなければならない。

設計により交通ができない狭い閉鎖場所にあっては，検査及び保守のために特別な措置を講じなければならない。

1.1.4　通常乗組員が配置されない区画の通風

本規則で特に明記されていない限り，通常乗組員が配置されない区画には，自然通風又は強制通風による通風能力を備えなければならない。通風装置は，マッシュルーム型通風装置，グースネック型通風装置，耐候性カバー等を備えた通風装置等によることで，本規定を満足しているものとみなす。交換空気は，常設又は一時的な機械式通風装置及び通風トランクシステム又はタンク開口部及び通風装置による適切な通風により供給して差し支えない。

1.1.5　通常乗組員が配置されない区画への常設の交通手段

本規則で特に明記されていない限り，通常乗組員が配置されない区画への常設の交通手段は，*SOLAS* 条約 II-1 章 3-6 規則に従って備えなければならない。

SOLAS 条約 II-1 章 3-6 規則に明確に記載されていない区画については，条約及び関連決議の要件を実行可能な限り適用しなければならない。通常進入しない区画，保守又は定期点検時に進入する区画への交通又は当該区画からの非常脱出のため，その区画の開口部の寸法は，原則として，楕円形状の場合，600 *mm*×400 *mm* 以上，円形の場合，本会が認める業界標準に基づき決定しなければならない。

2.　貨物エリア及び船首区域

2.1　一般

2.1.1　点検設備

各区画には，*SOLAS* 条約第 II-1 章第 3-6 規則に従い点検設備を備えなければならない。本要件は，次の船舶に適用する。

- 油タンカー
- 総トン数に関わらず船の長さが 150 *m* 以上のばら積貨物船

2.1.2

全てのタンクは容易に検査が実施できるよう交通可能としなければならない。

3章　構造設計の原則

1節　材料

1.　一般

1.1　材料規格

1.1.1

建造中に使用する材料は，**C編 1編 3.2** 及び **K編** によらなければならない。

1.1.2

1.1.1 と異なる規格の材料については，製造者，化学成分，機械的特性，溶接等の仕様書が承認のために提出される場合，本会はその使用を認めることがある。

1.2　材料の試験

1.2.1

材料は，**K編** の要件に適合する試験を受けたものでなければならない。

1.3　製造方法

1.3.1

本節の規定は，溶接及びその他の冷間加工又は熱間加工が，*IACS* 統一規則 W シリーズに基づく **M編** に規定される適切な作業手順により実施されることを前提とする。特に以下の事項を前提としている。

- 溶接施工が，母材に対して適切であること
- 溶接前に余熱が要求される場合があること
- 溶接及びその他の冷間加工又は熱間加工は，事前に適切な熱処理が必要とされる場合があること

2.　船体構造用圧延鋼材

2.1　一般

2.1.1　ヤング率とポアソン比

炭素鋼材のヤング率は 206,000N/mm^2，ポアソン比は 0.3 とすること。

2.1.2　鋼材のグレード及び機械的特性

最小降伏応力が 235N/mm^2 である鋼材は，一般的な強度の船体構造用圧延鋼材であり，軟鋼材として“MS”で示す。最小降伏応力が 235N/mm^2 より高い鋼材は，高強度の船体構造用圧延鋼材であり，高張力鋼材として“HT”で示す。

船体構造用圧延鋼材の鋼材のグレードは次のとおりとする。

(a)　軟鋼材のグレード：　*A*，*B*，*D* 及び *E*

(b)　高張力鋼材のグレード：　*AH*，*DH* 及び *EH*

船舶の建造に使用される一般的な鋼材の機械的特性を**表 1** に示す。

表 1　　船体用圧延鋼材の機械的特性

鋼材の種類 （板厚 t_{as_built} が 100*mm* 以下の鋼材）	最小降伏応力 R_{eH}（N/mm^2）	引張強度 R_m（N/mm^2）
A-B-D-E	235	400 – 520
AH32-DH32-EH32-FH32	315	440 – 570
AH36-DH36-EH36-FH36	355	490 – 630
AH40-DH40-EH40-FH40	390	510 – 660

2.1.3

表 1 に示す鋼材以外の高張力鋼材の使用については，本会の適当と認めるところによる。

2.1.4　　高張力鋼材

最小降伏応力 R_{eH} が $235N/mm^2$ と異なる鋼材を使用する場合，**2.2** に規定する材料係数 k を考慮してハルガーダ強度及び部材寸法を決定しなければならない。

2.1.5　　船上に保持すべき図面等

船体構造に使用された鋼材の種類及びグレードを示す図面を船上に備えなければならない。**表 1** に示す鋼材以外の鋼材を使用する場合，当該鋼材の機械的特性及び化学成分のほか，施工上の要求事項又は推奨事項を，当該図面とともに船上で利用できるようにしておかなければならない。

2.2　　材料係数 *k*

2.2.1

特に規定する場合を除き，軟鋼材及び高張力鋼材の材料係数 k は，最小降伏応力 R_{eH} に応じて**表 2** に規定する値としなければならない。

最小降伏応力 R_{eH} が**表 2** に規定する値の中間にある材料を使用する場合，材料係数 k は，線形補間により求めること。

最小降伏応力 R_{eH} が $390N/mm^2$ より高い鋼材については，本会の適当と認めるところによる。

表 2　　材料係数 *k*

最小降伏応力 R_{eH}（N/mm^2）	材料係数 k
235	1.00
315	0.78
355	0.72
390	0.68

2.3　　鋼材のグレード

2.3.1

各構造部材に使用する鋼材は，**表 3** から**表 7** に規定する鋼材のクラス及びグレードに応じた鋼材以上のものとしなければならない。一般要件は**表 3** による。船の長さが 150*m* を超える船舶，船の長さが 250*m* を超える船舶及び船の長さが 150*m* を超える単船側構造ばら積貨物船にあっては，それぞれ**表 4** から**表 6** の規定にもよらなければならない。板厚に応じた各鋼材のクラスに応じた鋼材のグレードは**表 7** による。

表 3　　鋼材のクラス及びグレード

構造部材		鋼材のクラス及びグレード
二次構造部材	A1：縦通隔壁板であって，一次構造部材に属さないもの A2：暴露甲板であって，一次構造部材又は特定構造部材に属さないもの A3：船側外板	-中央部 $0.4L_{CSR}$ 間はクラス I -上記以外は *A/AH*
一次構造部材	B1： 船底外板（平板竜骨を含む） B2： 強力甲板であって，特定構造部材に属さないもの B3： 強力甲板上にある連続した縦強度部材で，ハッチコーミングを除く B4： 縦通隔壁板の最上部一条 B5： ハッチサイドガーダ及びトップサイドタンク斜板の最上部一条	-中央部 $0.4L_{CSR}$ 間はクラス II -上記以外は *A/AH*
特定構造部材	C1： 強力甲板の舷側厚板(1) C2： 強力甲板の梁上側板(1) C3： 縦通隔壁に接する甲板一条（二重船側を形成する縦通隔壁に隣接する甲板を除く）(1)	-中央部 $0.4L_{CSR}$ 間はクラス III -上記を除く中央部 $0.6L_{CSR}$ 間はクラス II -上記以外はクラス I
	C4： コンテナ運搬船と同様の倉口配置をもつ船舶における強力甲板の船側倉口隅部	-中央部 $0.4L_{CSR}$ 間はクラス III -上記を除く中央部 $0.6L_{CSR}$ 間はクラス II -上記以外はクラス I -貨物倉区域はクラス III
	C5： 強力甲板の倉口隅部	-中央部 $0.6L_{CSR}$ 間はクラス III -上記を除く貨物倉区域はクラス II
	C6： 全幅にわたり二重底構造となっている L_{CSR} が 150*m* 未満の船舶におけるビルジ外板	-中央部 $0.6L_{CSR}$ 間はクラス II -上記以外はクラス I
	C7： その他の船舶におけるビルジ外板（C6 を除く）(1)	-中央部 $0.4L_{CSR}$ 間はクラス III -上記を除く中央部 $0.6L_{CSR}$ 間はクラス II -上記以外はクラス I
	C8： 長さが $0.15L_{CSR}$ より長いハッチサイドコーミング C9： ハッチサイドコーミングの端部ブラケット及びハッチサイドコーミングと甲板室との取り合い部	-中央部 $0.4L_{CSR}$ 間はクラス III -上記を除く中央部 $0.6L_{CSR}$ 間はクラス II -上記以外はクラス I -ただし，*D/DH* 以上としなければならない

(1)　クラス III が要求される中央部 $0.4L_{CSR}$ 間の一条は，船舶の設計の形状による制限がない場合，その幅を $800+5L_{CSR}$（*mm*）以上としなければならない。ただし，1,800*mm* を超える必要はない。

表 4　　L_{CSR} が 150*m* を超える船舶における鋼材のグレード

構造部材	鋼材のグレード
ハルガーダ強度に寄与する強力甲板	中央部 0.4L_{CSR} 間は *B/AH*
強力甲板上方にある連続した縦強度部材	中央部 0.4L_{CSR} 間は *B/AH*
船底と強力甲板の間に連続的な縦通隔壁を有しない船舶における 単船側外板	貨物倉区域は *B/AH*

表 5　　L_{CSR} が 250*m* を超える船舶における鋼材のグレード

構造部材(1)	鋼材のグレード
強力甲板の舷側厚板	中央部 0.4L_{CSR} 間は *E/EH*
強力甲板の梁上側板	中央部 0.4L_{CSR} 間は *E/EH*
ビルジ外板	中央部 0.4L_{CSR} 間は *D/DH*

(1)　上記の表に示す *D/DH* 又は *E/EH* が要求される板一条であって，中央部 0.4L_{CSR} 間にあるものは，船舶の設計の形状による制限がない場合，その幅を 800＋5L_{CSR}（*mm*）以上としなければならない。ただし，1,800*mm* を超える必要はない。

表 6　　L_{CSR} が 150*m* を超える単船側構造ばら積貨物船における鋼材のグレード

構造部材	鋼材のグレード
倉内肋骨の下部ブラケット(1), (2)	*D/DH*
船側外板とホッパタンク斜板又は内底板との交点から，上下にそれぞれ 0.125ℓ の範囲に，その一部又は全部が含まれる船側外板(2)	*D/DH*

(1)　「下部ブラケット」とは，船側外板とホッパタンク斜板又は内底板との交点から，0.125ℓ 上方の範囲にある，下部ブラケットのウェブ及び倉内肋骨のウェブをいう。

(2)　倉内肋骨のスパン ℓ は，支持構造間の距離とする。（**2 編 1 章 2 節図 2** 参照）

表 7　　クラス I，II 及び III に対する鋼材のグレード

クラス	I		II		III	
建造板厚（*mm*）	*MS*	*HT*	*MS*	*HT*	*MS*	*HT*
$t \le 15$	*A*	*AH*	*A*	*AH*	*A*	*AH*
$15 < t \le 20$	*A*	*AH*	*A*	*AH*	*B*	*AH*
$20 < t \le 25$	*A*	*AH*	*B*	*AH*	*D*	*DH*
$25 < t \le 30$	*A*	*AH*	*D*	*DH*	*D*	*DH*
$30 < t \le 35$	*B*	*AH*	*D*	*DH*	*E*	*EH*
$35 < t \le 40$	*B*	*AH*	*D*	*DH*	*E*	*EH*
$40 < t \le 50$	*D*	*DH*	*E*	*EH*	*E*	*EH*

2.3.2

表 3 から**表 6** に規定されていない構造部材については，本会が適当と認めるところにより *A/AH* 級鋼とすることができる。

2.3.3

船尾材及びシャフトブラケットに使用される板部材は，原則としてクラス II よりも低いグレードとしてはならない。

2.4 低温にさらされる構造

2.4.1

低温海域を航行する船舶にあっては，**1 章 2 節 3.4.4** によること。

2.5 板厚方向特性

2.5.1

T 字又は十字継手に部分又は完全溶込み溶接が使用される場合であって，圧延面に対し垂直方向の大きな引張り歪みを受ける板部材については，**K 編 3 章 3.11** に規定する板厚方向特性を有する材料の使用を考慮しなければならない。当該鋼材は，材料記号の末尾に“*Z*”を付し（例えば，*EH36Z*），承認図面に記載すること。

2.6 ステンレス鋼

2.6.1

ステンレス鋼の使用は本会が適当と認めるところによる。なお，温度の上昇に伴いステンレス鋼の強度が低下することを，材料係数 *k* の計算及びヤング率 *E* に対して考慮しなければならない。

3. 鍛鋼品及び鋳鋼品

3.1 一般

3.1.1

構造部材として使用する鍛鋼品及び鋳鋼品の機械的特性及び化学成分は，**K 編**の規定に適合したものでなければならない。

3.1.2

溶接される構造部材の鋼材は，本会が適当と認める機械的特性及び化学成分を有するものとしなければならない。

3.1.3

鋼材は，**K 編**の規定に従って試験しなければならない。

3.2 鍛鋼品

3.2.1

本会が適当と認める場合，鍛鋼品に代えて圧延棒鋼を使用することができる。

この場合，当該圧延棒鋼は，関連する品質及び試験について **K 編**の規定を満足することが要求される。

3.3 鋳鋼品

3.3.1

船首材及び船尾骨材の一部として使用する鋳鋼品は，原則として，**K 編**の規定に従い，最小引張強度 R_m が $400N/mm^2$ の溶接可能な炭素鋳鋼品及び炭素マンガン鋳鋼品とすること。

3.3.2

船体強度部材に寄与する主要な板部材への鋳鋼品の溶接については，本会の適当と認めるところによる。

これらの鋳鋼品に対して追加の機械的特性及び試験（特に，鋳鋼品が溶接される板部材に対し適切な衝撃特性を有すること及び非破壊試験の実施）を要求することがある。

4. アルミニウム合金材

4.1 一般

4.1.1

船楼，甲板室，ハッチカバー，ヘリコプタ甲板又はその他の局部構造へのアルミニウム合金材の使用は，特別な考慮を払わなければならず，使用するアルミニウム合金材の仕様及び製造方法を提出し，本会の承認を得なければならない。

材料及び部材寸法は，**K 編**の規定による。また，5000 系又は 6000 系のアルミニウム合金材を使用しなければならない。

4.1.2

低温環境又は特殊な箇所において使用されるアルミニウム合金材については，本会の適当と認めるところによる。

4.1.3

特に規定する場合を除き，アルミニウム合金材のヤング率は 70,000N/mm^2，ポアソン比は 0.33 とする。

4.1.4

アルミニウム合金材と鋼構造の接合方法は詳細を提出し，本会の承認を得なければならない。

4.2 押出形材

4.2.1

一体の板材及び防撓材として成形されたものを押出形材として使用することができる。

4.2.2

原則として，押出形材の使用は，甲板，隔壁，船楼及び甲板室に限定する。本会が認める場合，その他の箇所に使用することができる。

4.2.3

押出形材は，防撓材が主応力の方向と平行になるよう向きを合わせなければならない。

4.2.4

押出形材と主要構造との結合については，特別に配慮しなければならない。

4.3 溶接継手の機械的特性

4.3.1

溶接入熱は，加工硬化により硬化されたアルミニウム合金材（質別が *O* 又は *H*111 以外の 5000 系アルニウム合金材）又は熱処理により硬化されたアルミニウム合金材（6000 系アルミニウム合金材）の機械的特性を局所的に低下させる。

4.3.2

5000 系アルミニウム合金材の溶接特性は，原則として，*O* 又は *H*111 のものとする。より高い機械的特性を有することが証明されている場合，それを考慮することができる。

4.3.3

6000 系アルミニウム合金材の溶接特性は，本会の適当と認めるところによる。

4.4 材料係数 *k*

4.4.1

アルミニウム合金材の材料係数 *k* は，次によらなければならない。

$$k = \frac{235}{R'_{\mathrm{lim}}}$$

R'_{lim}： 溶接された状態における母材の最小降伏応力$R'_{p0.2}$（N/mm^2）。ただし，溶接された状態における母材の最小引張強さR'_m（N/mm^2）の 70%以下としなければならない。

$R'_{p0.2}$： 溶接された状態における材料の最小降伏応力（N/mm^2）

$$R'_{p0.2} = \eta_1 R_{p0.2}$$

R'_m： 溶接された状態における材料の最小引張強さ（N/mm^2）

$$R'_m = \eta_2 R_m$$

$R_{p0.2}$： 溶接されていない状態における母材の最小降伏応力（N/mm^2）

R_m： 溶接されていない状態における母材の最小引張強さ（N/mm^2）

η_1及びη_2： 表 8 による。

表 8　　溶接構造に使用されるアルミニウム合金材の使用係数

アルミニウム合金材	η_1	η_2
硬化処理されていないアルミニウム合金材（*O* 又は *H*111 の 5000 系アルミニウム合金材）	1	1
加工硬化されたアルミニウム合金材（*O* 又は *H*111 以外の 5000 系アルミニウム合金材）	$R'_{p0.2}$ / $R_{p0.2}$	R'_m / R_m
熱処理により硬化されたアルミニウム合金材（6000 系アルミニウム合金材）(1)	$R'_{p0.2}$ / $R_{p0.2}$	0.6
(1)　数値が得られない場合，係数はη_1，**表 9** に定義する金属効果係数βの値としなければならない。		

表 9　　アルミニウム合金材の金属効果係数β

アルミニウム合金材	質別	建造板厚（*mm*）	β
6005*A*（中実形材）	*T*5 又は *T*6	$t \leq 6$	0.45
		$t > 6$	0.40
6005*A*（中空形材）	*T*5 又は *T*6	All	0.50
6061（形材）	*T*6	All	0.53
6082（形材）	*T*6	All	0.45

4.4.2

二種類の異なるアルミニウム合金材を溶接する場合，部材寸法の決定において考慮するべき材料係数 *k* は，当該箇所のアルミニウム合金材のうち材料係数の大きい方の値とする。

4.5　　その他

4.5.1

油を運搬するタンク，コファダム及びポンプルーム内へのアルミニウム製の艤装品の設置は避けなければならない。また，当該区画内に設置する場合には，アルミニウム製の艤装品，装置及び支持材はアルミニウム製アノードに対する **2 編 2 章 2 節 1.2** の要件を満足しなければならない。

4.5.2

歩路等の重い可搬式のアルミ構造物の下側は，汚れの発生を避けるために，硬質プラスチック，木製カバー又は承認された方法により保護しなければならない。それらの保護は，恒久的かつ堅固に構造物へ取り付けなければならない。

5.　　その他の材料及び製品

5.1　　一般

5.1.1

鋳鉄（使用が認められる場合に限る）製の部品，銅及び銅合金製の製品，リベット，チェーン，クレーン，マスト，デリックポスト，デリック，付属品及びワイヤロープのようなその他の材料及び製品については，**K 編**及び **L 編**の規定によらなければならない。

5.1.2

プラスチック又はその他の材料であって本会の規則に規定されないものの使用及びその場合の要件については，本会の適当と認めるところによる。

5.2 鋳鉄品

5.2.1

フェライト／パーライトの混合組織のねずみ鋳鉄，可鍛鋳鉄又は球状黒鉛鋳鉄は，原則として，重要度が低く低応力箇所の製品にのみ使用して差し支えない。

5.2.2

一般的な鋳鉄品は，角窓及び丸窓に使用してはならない。ただし，適切な型式の高いグレードの鋳鉄品の使用については，本会の適当と認めるところによる。

2 節　ネット寸法手法

記号

本節に規定されない記号については，**1 章 4 節**による。

t :　ネット板厚（mm）

t_c :　腐食予備厚（mm）

t_{gr} :　グロス板厚（mm）

h_{stf} :　防撓材又は主要支持部材の高さ（mm）

h_w :　防撓材又は主要支持部材のウェブの高さ（mm）

t_w :　防撓材又は主要支持部材のウェブの板厚（mm）

b_f :　防撓材又は主要支持部材の面材の幅（mm）

t_f :　防撓材又は主要支持部材の面材の板厚（mm）

t_p :　防撓材又は主要支持部材が付く板（以下，「付き板」という。）の板厚（mm）

d_f :　$L2$-断面におけるフランジの短い方の突出部の距離（mm）（**図 3** 参照）

t_{as_built} :　建造板厚（mm）で，建造段階で使用される実際の板厚とする。

t_{gr_off} :申請グロス板厚（mm）で，**1.2.2** の規定による。

t_{gr_req} :要求グロス板厚（mm）で，**1.2.1** の規定による。

t_{off} :　申請ネット板厚（mm）で，**1.2.3** の規定による。

t_{dm} :　製造・設計における余裕厚（mm）で，設計又は建造状況に応じて設計者又は建造者が適用した寸法に基づいた，申請グロス板厚と要求グロス板厚の差とする。（申請ネット板厚と要求ネット板厚の差もこれと同等）この板厚差は追加の腐食余裕分とはみなさない。

t_{req} :　要求ネット板厚（mm）で，**1.3.1** の規定による。

t_{vol_add} :　任意追加板厚（mm）で，腐食衰耗に対する追加余裕分として船主又は建造者により任意で t_C に追加される板厚とする。

t_{res} :　腐食余裕厚（mm）で，$0.5mm$ とする。

t_{c1}，t_{c2} :構造部材の片側に適用する腐食予備厚（mm）で，**3 章 3 節表 1** の規定による。

1.　一般

1.1　適用

1.1.1　ネット寸法手法

各構造部材のネット板厚 t は，設計基準に従った構造強度のために必要な板厚である。また，各構造部材の腐食予備厚 t_c は，ネット寸法板厚の規定から独立した板厚である。（**図 1** 参照）本手法は，船舶の就航中に生じるであろう腐食に対して付加する板厚とネット板厚を明確に区別するとともに，腐食に対する構造の状態が，船舶の一生を通じて明確に確認されること可能にする。

1.1.2　局部腐食及び全体的な腐食

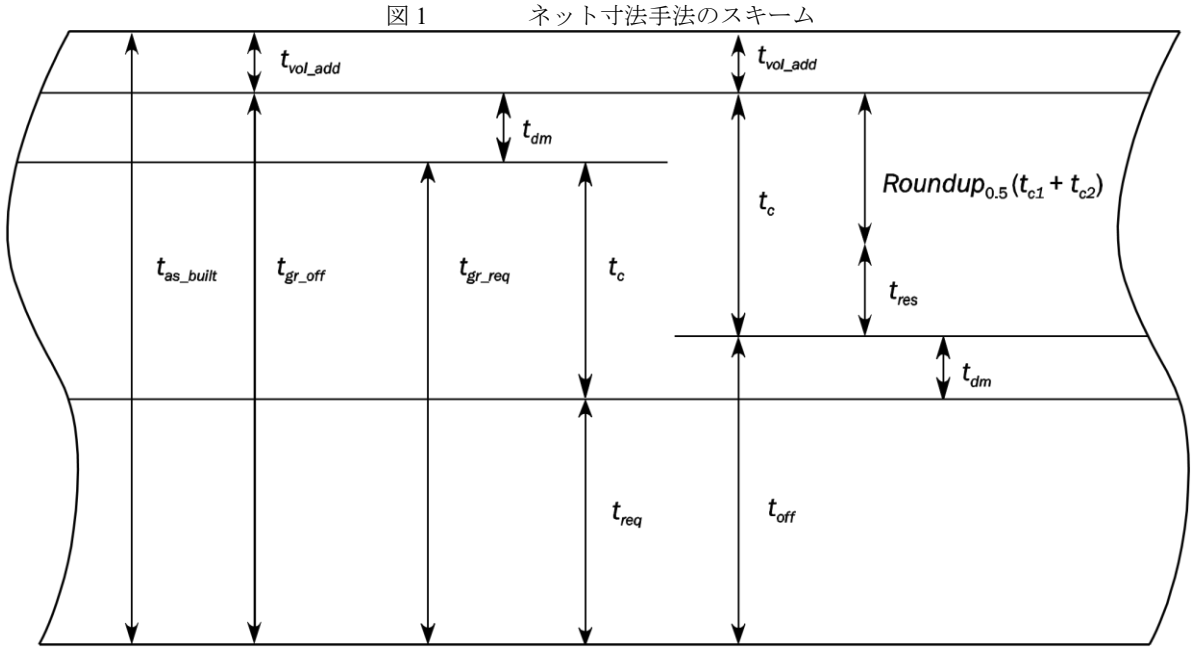
ネット寸法手法において，局部腐食と全体的な腐食は区別する。局部腐食は板部材や防撓材のような局部構造部材の一様腐食であり，全体的な腐食は主要支持部材やハルガーダのようなより広い範囲の平均腐食である。

1.1.3　グロス寸法の特例

グロス寸法により直接決定された寸法は，ネット寸法手法によらない。すなわち，グロス寸法には腐食予備厚は含むが，船主による追加余裕分は含まない。グロス寸法の規定は，添え字“gr”により見分けられ，例えば次の規定が該当する。

- 船楼及び甲板室の寸法で，**11 章 1 節**の規定による。
- 鍛鋼や鋳鋼により製造された大きな部材寸法

図 1　　ネット寸法手法のスキーム



1.2　　グロス寸法及びネット寸法の定義

1.2.1　　要求グロス板厚

要求グロス板厚t_{gr_req}は，次のとおり，要求ネット板厚に **3 章 3 節** の規定による腐食予備厚を加えた板厚とする。

$$t_{gr_req} = t_{req} + t_c$$

1.2.2　　申請グロス板厚

申請グロス板厚t_{gr_off}は，建造段階で使用されるグロス板厚で，次のとおり，建造板厚から任意追加板厚を差し引いた板厚とする。

$$t_{gr_off} = t_{as_built} - t_{vol_add}$$

1.2.3　　申請ネット板厚

申請ネット板厚 t_{off}は，次のとおり，申請グロス板厚から腐食予備厚を差し引いた板厚とする。

$$t_{off} = t_{gr_off} - t_c = t_{as_built} - t_{vol_add} - t_c$$

1.3　　規則で考慮すべき寸法

1.3.1

要求ネット板厚 t_{req}は，算出されたネット板厚について，最も近い 0.5mm 単位の値となるよう端数処理をして得られた板厚とする。

- 例えば，$10.75 \le t < 11.25mm$ の場合，要求ネット板厚は 11.0mm
- 例えば，$11.25 \le t < 11.75mm$ の場合，要求ネット板厚は 11.5mm

1.3.2

本規則において考慮すべき寸法は次による。

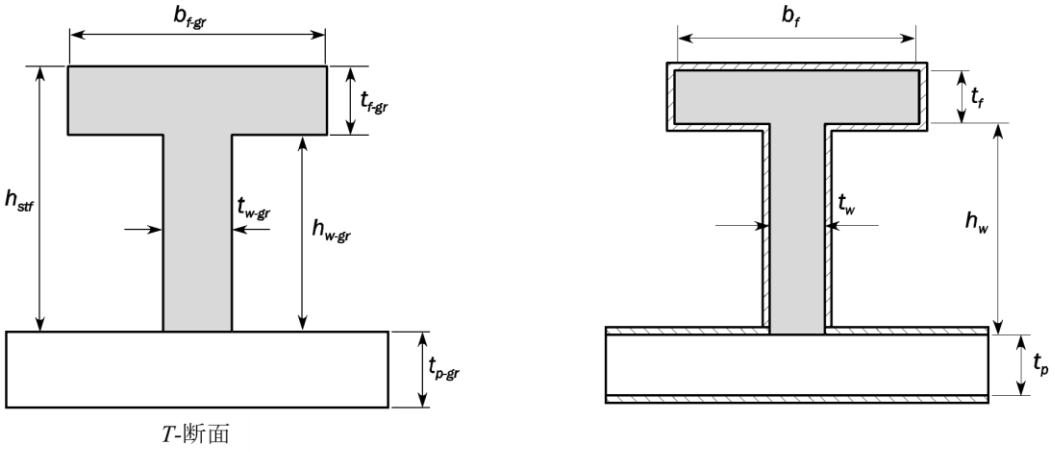
- 板部材の申請ネット板厚は要求ネット板厚以上としなければならない。
- 局部支持部材の要求ネット断面係数，要求断面二次モーメント及び要求せん断面積は，付き板，ウェブ及びフランジのネット板厚を用いて計算しなければならない。局部支持部材のネット断面寸法は**図 2** による。要求断面係数及びウェブの要求板厚は，端部ブラケットを除いた範囲に適用する。
- 主要支持部材及びハルガーダの申請ネット断面特性は，当該部材を構成する全ての構造部材において，申請グロス寸法から**表 1** に規定する腐食予備厚を差し引いた寸法に基づく要求ネット断面特性以上としなければならない。
- 本規則で規定されている強度評価手法においては，**表 1** に規定する腐食予備厚を申請グロス寸法から差し引いて評価を行わなければならない。この場合，**表 1** に規定する腐食予備厚の半分の値を，考慮する構造部材のそれぞれ片面から差し引かなければならない。
- 腐食予備厚は **3 章 3 節 1.2** に規定する値以上としなければならない。

規則への適合を検討する際，船主又は建造者による追加の板厚は含めてはならない。

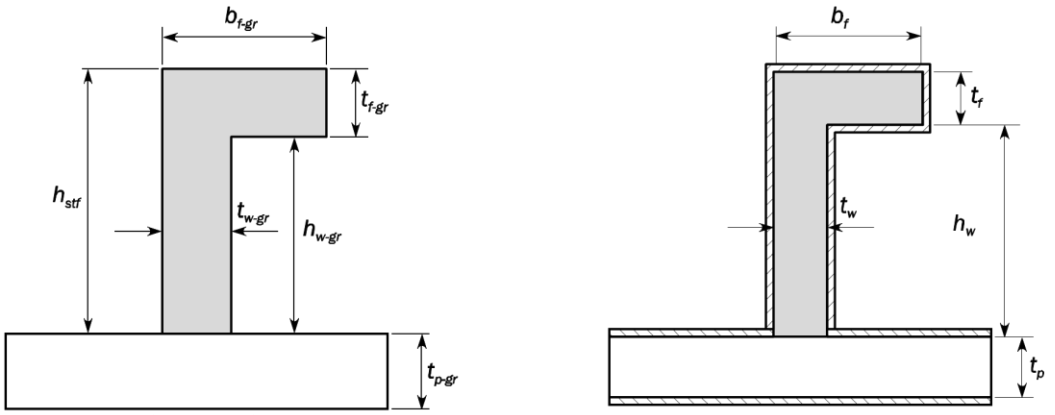
表 1　　グロス寸法に適用する腐食の評価

構造要件	特性／解析の種類	適用する腐食予備厚
最小板厚 （主要支持部材を含むすべての部材）	板厚	t_c
局部強度 （板部材，防撓材及び倉内肋骨）	板厚／断面特性	t_c
	剛性／寸法比／座屈強度	t_c
主要支持部材（規則算式）	断面特性	$0.5t_c$
	剛性／ウェブ及び面材の寸法比 ／座屈強度	t_c
FEM による強度評価	貨物タンク／貨物倉	$0.5t_c$
	座屈強度	t_c
	局部詳細メッシュ	$0.5t_c$
	詳細メッシュ領域	$0.5t_c$
ハルガーダ強度	断面特性	$0.5t_c$
	座屈強度	t_c
縦曲げ最終強度／残存強度	断面特性	$0.5t_c$
	座屈／崩壊強度	$0.5t_c$
疲労強度評価（簡易応力解析）	ハルガーダ断面特性 局部支持部材	$0.5t_c$
疲労強度評価（有限要素応力解析）	標準メッシュ有限要素モデル 極詳細メッシュ部	$0.5t_c$

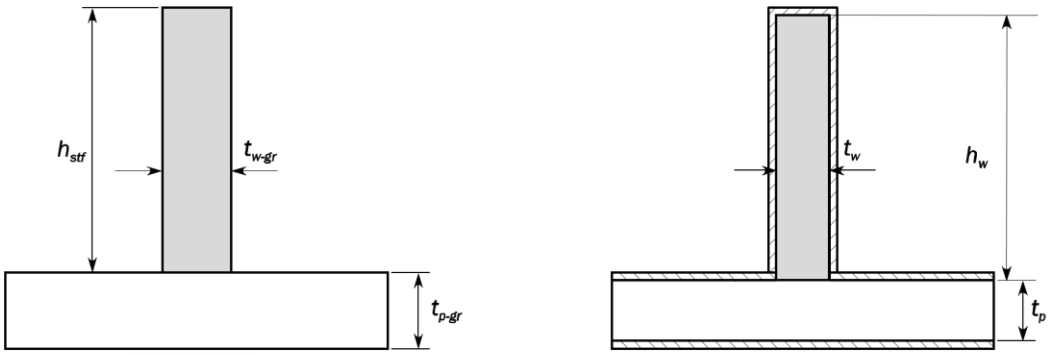
図 2　　局部支持部材のネット断面特性



T-断面

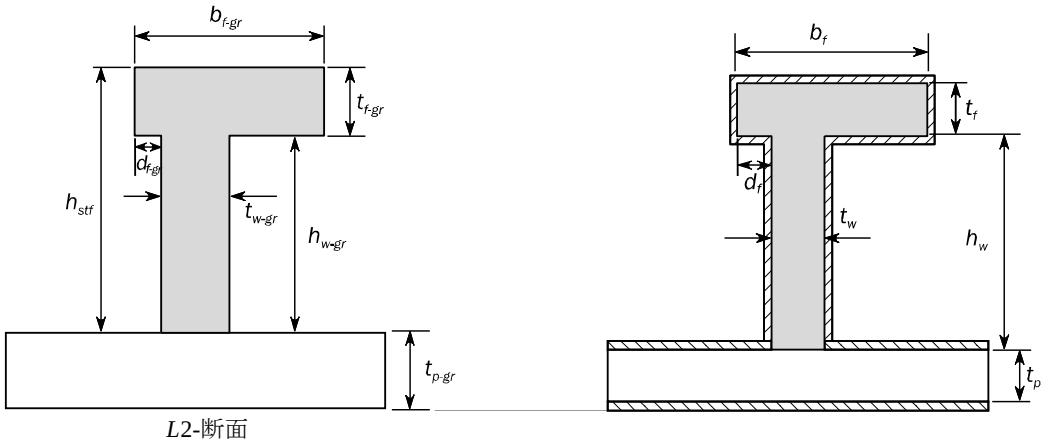


L-断面

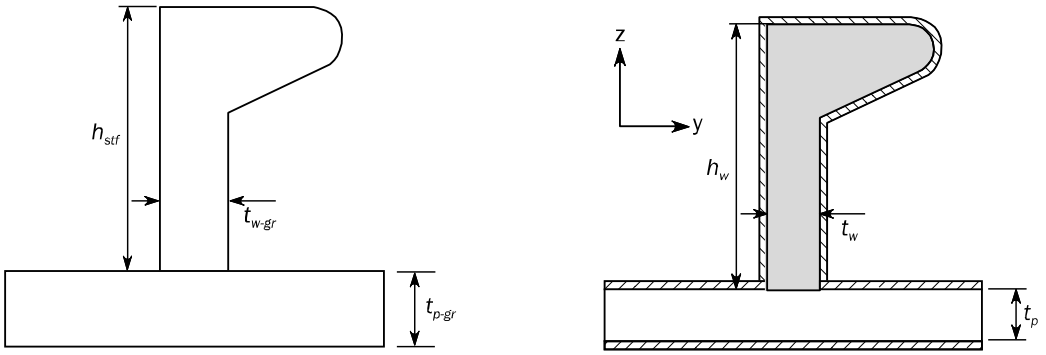


平鋼断面

図 3　　局部支持部材のネット断面特性（続き）



L2-断面



バルブ又は類似の断面

ネット横断面積，y 軸周りの断面二次モーメント及びその中立軸の位置は，横断面の表面から腐食量 $0.5t_c$ を差し引いて算出しなければならない。

3節　腐食予備厚

記号

t_c：　腐食予備厚（mm）

t_{c1}，t_{c2}：　構造部材の片側に適用する腐食予備厚（mm）で，**表 1** による

t_{res}：　腐食余裕厚で，$0.5mm$ とする

1.　一般

1.1　適用

1.1.1

本規則に規定する腐食予備厚は，炭素マンガン鋼，ステンレス鋼，ステンレスクラッド鋼及びアルミニウム合金に適用する。ステンレスクラッド鋼の炭素鋼側の暴露部に対する腐食予備厚は，区画に応じて**表 1** によらなければならない。

その他の鋼材の腐食予備厚にあっては，本会の適当と認めるところによる。

1.2　腐食予備厚の決定

1.2.1

構造部材の各片側の腐食予備厚 t_{c1} 又は t_{c2} は**表 1** による。

構造部材の両側の合計腐食予備厚は，次の算式による。

$$t_c = Roundup_{0.5}(t_{c1} + t_{c2}) + t_{res}$$

区画内の内部材にあっては，合計腐食予備厚は，次の算式による。

$$t_c = Roundup_{0.5}(2t_{c1}) + t_{res}$$

ここで，t_{c1} は，当該区画にさらされる片側の腐食予備厚で，**表 1** による。

$Roundup_{0.5}(t)$ とは，$0.5mm$ 単位の値となるよう切り上げることをいう。

ステンレス鋼又はアルミニウム合金によって建造された区画境界及び内部材の合計腐食予備厚 t_c（mm）は，次によらなければならない。

$$t_c = t_{res} = 0.5$$

ステンレスクラッド鋼を用いる場合，炭素鋼側の腐食予備厚 t_{c1} 及びステンレス鋼側の腐食予備厚 t_{c2} は，それぞれ次によらなければならない。

- t_{c1}：区画に応じ，**表 1** による。
- $t_{c2} = 0$

表 1　　構造部材の片側の腐食予備厚

区画の種類	構造部材		t_{c1} 又は t_{c2}（mm）		
			油タンカー	*BC-A* 又は *BC-B* を付記するばら積貨物船であって，乾舷用長さ L_{LL} が 150m 以上の船舶	左記以外のばら積貨物船
バラストタンク，ビルジタンク，排水貯蔵タンク，チェーンロッカ(1)	主要支持部材の面材	タンク頂板から下方 3m まで(4)	2.0		
		その他の箇所	1.5		
	上記以外の部材(2) (3)	タンク頂板から下方 3m まで(4)	1.7		
		その他の箇所	1.2		
貨物油タンク及びスロップタンク	主要支持部材の面材	タンク頂板から下方 3m まで(4)	1.7	N/A	
		その他の箇所	1.4		
	内底板及びタンクの底板		2.1		
	上記以外の部材	タンク頂板から下方 3m まで(4)	1.7		
		その他の箇所	1.0		
ばら積貨物倉(5)	横隔壁	上部(6)	N/A	2.4	1.0
		下部スツールの斜板，垂直板及び頂板(7)		5.2	2.6
		その他		3.0	1.5
	ホッパ斜板，内底板			3.7	2.4
	上記以外の部材	上部(6)		1.8	1.0
		単船側構造ばら積貨物船の倉内肋骨上部ブラケットのウェブ及び面材			
		単船側構造ばら積貨物船の倉内肋骨下部ブラケットのウェブ及び面材		2.2	1.2
		その他		2.0	1.2
大気暴露	暴露甲板の板部材		1.7		
	上記以外の部材		1.0		
海水暴露	設計最小バラスト喫水線と構造用喫水線の間の外板		1.5		
	その他の外板		1.0		

燃料油タンク及び潤滑油タンク		0.7
清水タンク		0.7
空所(8)	ボルト締めマンホールからのみ出入り可能な区画，パイプトンネル，貨物倉又はバラスト兼用倉の一部とならないスツールの内側等の通常は出入りしない区画	0.7
ドライスペース	機関区域，ポンプ室，貯蔵品室，操舵機室等の内部	0.5

(1) チェーンロッカの底板上面から上方 3*m* 以内にある板部材の表面には，1.0*mm* 追加しなければならない。

(2) 加熱される貨物油タンク／スロップタンクとバラストタンクの境界であって，バラストに接する板部材の表面には 0.5*mm* 追加しなければならない。加熱される貨物油タンク又は加熱される燃料油／潤滑油タンク／スロップタンクとバラストタンクの境界であって，バラストタンク内に付く防撓材のウェブ及び面材には，両表面に 0.3*mm* ずつ追加しなければならない。加熱される油タンクとは，加熱装置（最も一般的なものは加熱管）が設置されている油タンク／スロップタンクのことをいう。

(3) 加熱される燃料油タンク又は加熱される潤滑油タンクとバラストタンクの境界であって，バラストに接する板部材の表面には 0.7*mm* 追加しなければならない。

(4) タンク頂板が暴露甲板である貨物油タンク／スロップタンク及びバラストタンクに適用する。3*m* の距離はタンク頂部と平行に，タンク頂部から垂直に測る。

(5) ばら積貨物倉は，バラスト兼用倉を含む。

(6) 貨物倉の上部とは，トップサイドタンクと二重船側又は船側外板との交差部より上側をいう。トップサイドタンクが無い場合は，貨物倉の高さの上部 1/3 の範囲とする。(平板隔壁が貨物倉に配置される場合も，隔壁の上部は同様の定義とする。)

(7) 下部スツールがない場合（機関室隔壁又は船首隔壁等）又は平板隔壁の場合，腐食予備厚は当該貨物倉の向かい側にある隔壁のスツールの高さまで適用しなければならない。向かい側の隔壁にスツールがない場合は，内底板から隣接するビルジホッパ斜面の上端の高さまで適用しなければならない。ただし，3*m* より大きくする必要はない。

(8) 外板の腐食予備厚の決定において，パイプトンネルはバラストタンクとして考える。

1.2.2　合計腐食予備厚の最小値

合計腐食予備厚は，防撓材のウェブ及び面材並びに腐食予備厚として 1.5*mm* の適用を受けるドライスペースの内部材を除き，2*mm* 以上としなければならない。

ステンレス鋼，ステンレスクラッド鋼又はアルミニウム合金で建造される構造部材にあっては，本規定は適用しない。

1.2.3　防撓材

防撓材の腐食予備厚は，当該防撓材が板に取り付けられる位置により決定しなければならない。

1.2.4

該当する腐食予備厚の値が複数ある場合，最も厳しい腐食予備厚を条板全体に適用しなければならない。

ただし，油タンカーの垂直方向に板継ぎのある立て式波形隔壁にあっては，**表 1** で定義されるタンク頂板から下方 3 *m* の線の上下の腐食予備厚を，その上下の箇所に対する腐食予備厚の値として差し支えない。

4 節　防食措置

1.　一般

1.1　保護されるべき構造

1.1.1　海水バラストタンク

海水バラストタンクには有効な防食措置を施さなければならない。

1.1.2　貨物油タンク

貨物油タンクは，**2 編 2 章 2 節 1** の規定により保護しなければならない。

1.1.3　ばら積貨物船

ばら積貨物船の二重船側部にある空所及び貨物倉は，それぞれ **2 編 1 章 2 節 2.2** 及び **2 編 1 章 2 節 2.3** の規定により保護しなければならない。

1.1.4　狭隘区画

狭隘区画，特に，交通が困難であるため検査及び保守が容易に実施できない船首尾部の狭隘区画については，原則として，有効な防食性を有するものを充填させなければならない。

2.　電気防食用アノード

2.1　船体へのアノードの取り付け

2.1.1

アノードは，次の**(a)**又は**(b)**の方法により設置直後及び就航中に衰耗した場合においても船体構造にしっかりと固着されるように取り付けなければならない。

(a)　鋼製の芯材と船体構造を連続隅肉溶接により固着すること。

(b)　最低 2 組のボルト及びロックナットによるボルト締めにより，船体構造とは別の支持材への取り付けること。ただし，他の機械的な締付手段を認めることがある。

2.1.2

アノードは外板に取り付けてはならず，防撓材又は平面隔壁板の防撓材に沿って設置しなければならない。アノードの両端部は，別々の挙動が生じるような部材に取り付けてはならない。

2.1.3

芯材又支持材を局部支持部材又は主要支持部材に溶接する場合には，支持部材端部，ブラケット端部及び同様に応力が発生する箇所への溶接を避けなければならない。非対称部材に溶接する場合には，ウェブ端部から少なくとも 25*mm* 離して溶接しなければならない。面材が対称的な防撓材又は桁材の場合には，ウェブ又は面材の中心線に溶接して差し支えないが，自由端から十分に離さなければならない。原則として，アノードは高張力鋼の面材に取り付けてはならない。

2.1.4　貨物油タンク

貨物油タンクに電気防食システムを取り付ける場合には，**2 編 2 章 2 節 1** の規定に適合しなければならない。

5節　限界状態

1.　一般

1.1　限界状態

1.1.1　定義

限界状態とは，その状態を超えると構造が強度規定を満足しない状態をいう。構造に関連する限界状態の分類を次に示す。

- 使用限界状態（*SLS*）：その状態を超えると特定の強度規定を満足しない状態に対応するもの。
- 最終限界状態（*ULS*）：非損傷状態における，最大耐荷容量，場合によっては最大ひずみ又は変形に対応するもの。
- 疲労限界状態（*FLS*）：繰り返し荷重の影響による劣化に対応するもの。
- 事故限界状態（*ALS*）：事故に耐えることのできる構造強度に関連する

1.1.2　使用限界状態

使用限界状態は，通常の使用に関するもので，次を含む。

- 運航寿命を減少させる構造上の局部損傷が生じる状態，あるいは構造部材又は非構造部材の有効性又は外見に影響を及ぼす局部損傷が生じる状態
- 構造部材又は非構造部材の有効性又は外見，あるいは安全設備の機能に影響を及ぼす許容できない変形が生じる状態

使用限界状態でいう“外見”とは，見た目の美しさではなく，大きな撓みや広範囲にわたる亀裂等の基準に関連するものをいう。

1.1.3　最終限界状態

最終限界状態は，最大耐荷容量，場合によっては最大ひずみ又は変形に対応するもので，次を含む。

- 断裂，過度の変形又は不安定性（座屈）により断面，部材又は固着部が最大耐力に達する状態
- 構造全体又は一部が塑性域に転じる降伏点を超える状態

1.1.4　疲労限界状態

疲労限界状態は，繰り返し荷重による構造部材の疲労強度が，設計疲労寿命より大きいことを評価する。

1.1.5　事故限界状態

事故限界状態は，事故又は異常状態に耐えることのできる構造強度に関連するもので，他区画への浸水の進行は伴わない，任意の区画への浸水状態を考慮する。限界状態は，事故荷重又は異常荷重を考慮した非損傷状態，あるいは限定的な時間において船舶が遭遇する環境荷重を考慮した損傷状態について，次の事項を考慮したものである。

- 人命の安全
- 環境
- 財産（船舶及び貨物）

事故限界状態は次を含む

- 貨物喪失を考慮しない構造強度の喪失
- 構造強度の喪失及び貨物喪失

1.2　崩壊モード

1.2.1

多くの想定される崩壊モードは，船体構造の様々な部材に関連があり，各崩壊モードは，1つ以上の限界状態に関連がある。船体構造の安全性の評価のために考慮すべき崩壊モードと限界状態の関係を**表 1** に示す。

表 1　　考慮すべき崩壊モードと限界状態の関係

想定される考慮すべき崩壊モード	限界状態(1)			
	SLS	*ULS*	*FLS*	*ALS*
降伏	*Y*	*Y*	-	*Y*
塑性崩壊	-	*Y*	-	*Y*
座屈	*Y*	*Y*	-	*Y*
断裂	-	*Y*	-	*Y*
疲労亀裂	-	-	*Y*	-
脆性破壊(2)	-	-	-	-

(1)　“Y”は，構造強度評価を実施することを示す。
(2)　鋼材のグレードに関する規定による。

1.2.2　降伏

降伏崩壊モードは，面内応力と直応力との組合せ応力によって構造部材へ塑性ひずみが局部的に発生するモードをいう。局部的な塑性ひずみに対しては，*SLS*，*ULS* 及び *ALS* を想定した評価を行い，評価には構造部材に生じる応力が許容値を超えないことを確認する方法が用いられる。

1.2.3　塑性崩壊

塑性崩壊モードは，通常，大きな面外衝撃圧を受ける局部構造部材に生じる。本崩壊モードでは，局部構造部材に永久面外変形が生じるが，全体強度に影響を与えるものではない。本崩壊モードに対しては，*ULS* 及び *ALS* を想定した評価を行い，評価には従来の塑性設計法が用いられる。

1.2.4　座屈

座屈崩壊モードは，圧縮荷重を受ける構造部材の不安定現象である。構造部材の応力が弾性座屈応力に達すると，圧縮荷重を受けている間は弾性（可逆性）座屈が発生する。本座屈崩壊モードには *SLS* を想定した評価を行う。さらに圧縮荷重が増大した場合，最も弱い構造部材の座屈によって応力の再分布が起こり，一部の構造部材において応力が降伏応力に達する。大きな弾性撓みを伴う本座屈崩壊モードに対して，*ULS* 及び *ALS* を想定した評価を行う。圧縮荷重を除荷すると，座屈による崩壊の影響は見られない。

一方で，構造部材の応力が降伏応力を超える場合，塑性（非可逆性）座屈が発生する。結果として，塑性座屈により重大な永久撓みが生じる。この不可逆性座屈崩壊モードに対しては，全体ハルガーダ強度における *ULS* 又は *ALS* を想定した評価を行う。

1.2.5　破断

破断崩壊モードは，構造部材に降伏応力を超える大きな引張応力が発生する破壊モードである。本崩壊モードに対しては，*ULS* 又は *ALS* を想定した評価を行う。この評価は降伏崩壊モードの評価に含まれる。

1.2.6　脆性破壊

脆性破壊は，材料，温度及び板厚に依存する。従って，本モードは鋼材のグレードの規定による。

1.2.7　疲労亀裂

本崩壊モードは，前述のモードとは異なる崩壊モードであり，*FLS* を想定した評価を行う。

2.　基準

2.1　一般

2.1.1

本規則では，各構造部材に対して確認する限界状態の基準を規定する。本規則の強度評価は，**表 2** に示すとおり，降伏強度評価，座屈強度評価，最終強度評価及び疲労強度評価について規定している。

表 2　　構造強度評価

構造部材(1)		降伏強度評価	座屈強度評価	最終強度評価	疲労強度評価
局部構造	防撓材	*Y*	*Y*	Y (2)	*Y*
	板部材	*Y*	*Y*	Y (3)	-
主要支持部材		*Y*	*Y*	Y (2)	*Y*
ハルガーダ		*Y*	Y (4)	*Y*	-

(1) “Y”は，該当する構造強度評価を実施することを示す。
(2) 最終強度評価は座屈強度評価に含まれる。
(3) 板部材の最終強度評価は，板部材の降伏強度評価の算式に含まれる。
(4) ハルガーダ強度に寄与する防撓材及び板部材の座屈強度評価は，ハルガーダの曲げモーメント及び垂直せん断力による応力に対し実施される。

2.2　　使用限界状態

2.2.1　ハルガーダ

ハルガーダの降伏強度評価にあっては，応力は超過確率 10^{-8} レベルの荷重に対応する。

2.2.2　板部材

主要支持部材を構成する板部材の降伏強度評価及び座屈強度評価にあっては，応力は超過確率 10^{-8} レベルの荷重に対応する。

2.2.3　防撓材

防撓材の降伏強度評価にあっては，応力は超過確率 10^{-8} レベルの荷重に対応する。

2.3　　最終限界状態

2.3.1　ハルガーダ

縦曲げ最終強度は，部分安全係数を考慮して，超過確率 10^{-8} レベルの荷重に対して評価しなければならない。

2.3.2　板部材

防撓材及び主要支持部材間の板部材の最終強度は，超過確率 10^{-8} レベルの荷重に対して評価しなければならない。

2.3.3　防撓材

防撓材の最終強度評価は，超過確率 10^{-8} レベルの荷重に対して評価しなければならない。

2.4　　疲労限界状態

2.4.1　構造詳細

防撓材と主要支持部材の固着部のような代表的な溶接構造の構造詳細やばら積貨物船のハッチコーナ部における甲板の遊縁の疲労寿命は，ホイッピング-スプリンギングの影響を含めた超過確率 10^{-2} レベルの荷重に基づく長期分布荷重により評価しなければならない。

2.5　　事故限界状態

2.5.1　ハルガーダ

ばら積貨物船にあっては，**5 章 1 節**及び**5 章 2 節**に従って，貨物倉が浸水した状態及び損傷状態におけるハルガーダ降伏強度及び縦曲げ最終強度を評価しなければならない。

油タンカー及びばら積貨物船の残存強度は，衝突又は座礁による損傷に対して，**5 章 3 節**により評価しなければならない。

2.5.2　二重底構造

ばら積貨物船にあっては，**2 編 1 章 3 節**に従って，貨物倉が損傷した状態における二重底構造を評価しなければならない。

2.5.3　隔壁構造

ばら積貨物船にあっては，**2 編 1 章 3 節**及び**2 編 1 章 4 節**に従って，貨物倉が浸水した状態における隔壁構造を評価しなければならない。

2.5.4　板部材，防撓材及び主要支持部材

降伏強度については **6 章**，座屈強度については **8 章 3 節**に従って，浸水状態における板部材，防撓材及び主要支持部材を評価しなければならない。

3.　衝撃荷重に対する強度評価

3.1　一般

3.1.1

船首船底スラミング，船首衝撃及びグラブ落下のような衝撃荷重に対する構造応答は，荷重の作用範囲及び大きさ並びに構造様式に依存する。

3.1.2

防撓材及び主要支持部材間の板部材並びに板付き防撓材のような格子構造を形成する構造部材の最終強度は，それらに作用する最大衝撃荷重に対して評価しなければならない。

6 節　構造詳細の原則

記号

本節に規定されない記号については，**1 章 4 節**による。

1.　適用

1.1　一般

1.1.1

別に規定される場合を除き，本節の規定は船楼及び甲板室を除く船体構造に適用する。

2.　一般原則

2.1　構造の連続性

2.1.1　一般

特に次に掲げる箇所にあっては，構造の連続性に注意しなければならない。

- 構造様式の変化する箇所
- 主要支持部材又は防撓材の固着端部
- 貨物倉区域と船首尾部及び機関区域との取り合い箇所
- 船楼側部及び船楼端部の隔壁近傍

構造部材の端部においては，適切な支持構造の配置により構造の連続性を保持しなければならない。

縦通部材の横断面特性の急激な変化を避け，なめらかな勾配をつけなければならない。

2.1.2　縦通部材

縦通部材は，強度の連続性が保持されるよう配置しなければならない。

ハルガーダ強度に寄与する縦通部材は，可能な限り船首尾方向へ連続させなければならない。

特に，貨物倉区域の縦通隔壁の構造の連続性は，当該貨物倉区域の外側まで保持しなければならない。この構造の連続性は，縦通隔壁に沿って大きなブラケット（スカーフィングブラケット等）を設けることにより，保持しても差し支えない。

2.1.3　主要支持部材

主要支持部材は，強度の連続性を保持するよう配置しなければならない。

ウェブ高さ又は横断面の急激な変化は避けなければならない。

2.1.4　防撓材

防撓材は，強度の連続性を保持するよう配置しなければならない。

ハルガーダ強度に寄与する防撓材は，中央部 0.4 L_{CSR} 間，及び中央部 0.4 L_{CSR} 間より外側にあっては可能な限り，主要支持部材との交差箇所において連続させなければならない。

防撓材が，大開口，台座及び半桁板近傍で切れる場合には，固着端部における構造の連続性を保持するよう適切な補強を行わなければならない。

2.1.5　板部材

板厚に差のある板の突合せ継手では，荷重伝達方向において，建造板厚の板厚の差は，厚い方の板厚の 50%を超えてはならない。 当該規定は，局部的な補強（例えば，ボトムガーダ，フロア及び内底板へのインサートプレート）にも適用される。

2.1.6　溶接継手

溶接継手は，高い応力集中が生じる箇所への配置を避けなければならない。

2.2 局部補強

2.2.1 ナックル部の補強

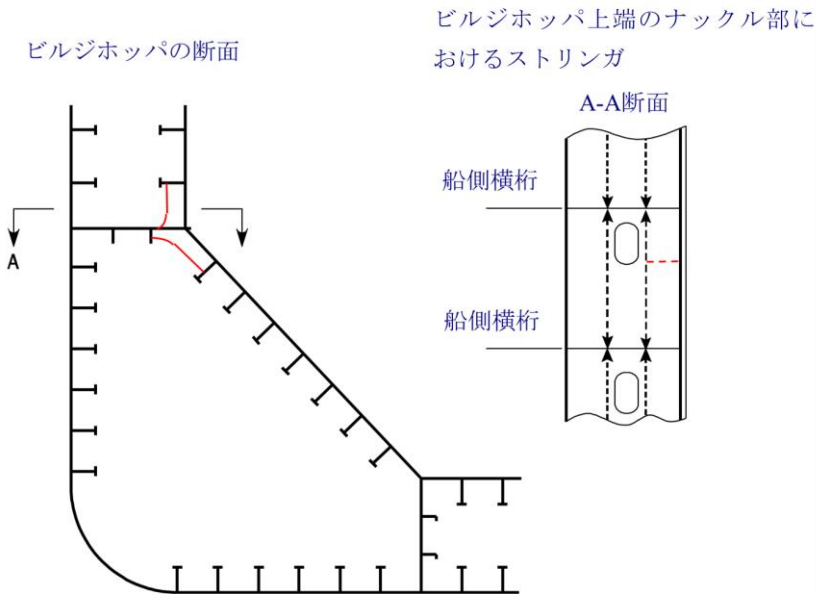
(a) ナックル部は，原則としてナックル部に沿って設けられた防撓材又は同等な方法により面外剛性を増すよう補強しなければならない。

(b) 主要部材（外板，縦通隔壁等）にナックル部がある場合，ウェブ，ブラケット又は型鋼形状の補強材を，補強材の荷重（せん断）が伝達するよう，部材に固着しなければならない。ビルジホッパ上端のナックル部の補強例を**図 1** に示す。

(c) 縦通している浅いナックル部には，ナックル部上下の縦通部材間に当該ナックル部と交差するカーリングを密な間隔で設けなければならない。甲板のキャンバーのように，高い面外荷重，高い面内荷重又はその両方を受けない浅いナックル部に対しては，カーリング又は他の形状の補強を設ける必要はない。

(d) 原則として，ナックル部とナックル部に沿った支持補強材との距離は 50*mm* を超えてはならない。その他の配置とする場合，設計者は **9 章**に規定する疲労解析結果を提出しなければならない。

図 1 ナックル部の補強例



2.2.2 固定点検設備のための補強

位置及び強度を考慮して，固定点検設備として船体構造に設置する設備近傍には局部補強を施さなければならない。

2.2.3 集中荷重に対する甲板構造の補強

甲板構造において，アンカーウインドラス，甲板機械，クレーン，マスト及びデリックポスト等の集中荷重を受けるような箇所は補強を行わなければならない。

2.2.4 インサートプレートによる補強

インサートプレートの材料は，少なくとも溶接される板と同じ最小降伏応力及び鋼材のグレードのものとしなければならない。また，**2.1.5** の規定も参照すること。

2.3 ハルガーダ強度に寄与しない縦通部材の固着

2.3.1

5 章 1 節 2.2.2 に規定する強力甲板又は船底のハルガーダ応力が，**5 章 1 節 2.2.1** に規定する軟鋼材の許容応力よりも高い場合，強力甲板，船底外板又はビルジ外板に溶接されるハルガーダ強度に寄与しない縦通部材（ハッチサイドコーミング，ガッターバー，甲板開口部の補強部材，ビルジキール等）の材料は，強力甲板又は船底と同じ最小降伏応力の鋼材としなければならない。

2.3.2

2.3.1 の規定は，ハルガーダ強度に寄与する主要支持部材（例えば，ハッチコーミング，ストリンガ及びガーダ等）のウェブ，又は内底板に溶接される連続していない縦通防撓材に対しても，ハルガーダ強度に寄与する主要支持部材のウェブ又は内底板に作用するハルガーダ応力が，**5 章 1 節 2.2.1** に規定する軟鋼材の許容応力よりも高い場合は適用となる。

3. 防撓材

3.1 一般

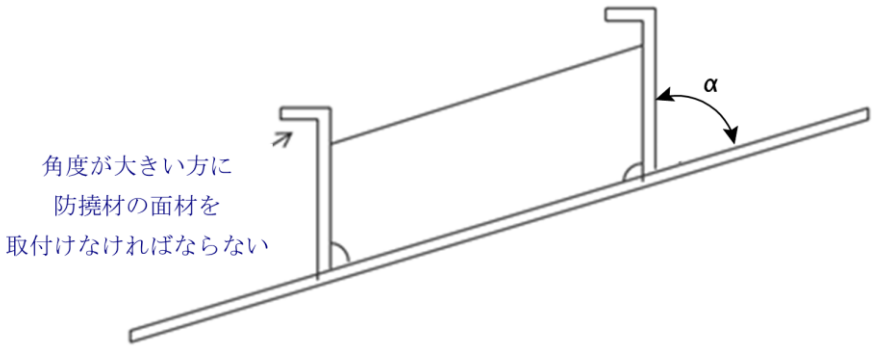
3.1.1

すべての防撓材（ウェブ防撓材を除く）はその端部を固着しなければならない。ただし，端部の固着が困難である例外的な箇所等では，特別にスニップ端を認める場合がある。各固着方法（ブラケット，ブラケットなし又はスニップ端）に対する要件は，**3.2** から **3.4** に規定する。

3.1.2

図 2 に示すように防撓材のウェブと付き板のなす角度が 50 度未満の場合は，トリッピングブラケットを設けなければならない。非対称の防撓材のウェブと付き板の角度が 50 度未満の場合にあっては，防撓材の面材は防撓材のウェブと付き板のなす角度が大きい方に設けなければならない。

図 2　　防撓材のウェブと付き板のなす角度が 50 度未満の場合



3.2 連続していない防撓材の端部ブラケット固着

3.2.1

縦通部材の強度の連続性をブラケットで保つ場合，主要支持部材の両側においてブラケットに目違いがあってはならない。また，ブラケット寸法は，防撓材とブラケットを組合せた断面係数及び有効断面積が，縦通部材の断面係数及び有効断面積以上となるようなものとしなければならない。

3.2.2

端部ブラケット固着は，防撓材とブラケットの固着部及びブラケットと支持部材の固着部において強度の連続性を保持しなければならない。

3.2.3

防撓材とブラケットの固着部は，いかなる点においてもその断面係数が防撓材の要求断面係数以上となるよう配置しなければならない。

3.2.4　ウェブのネット板厚

ブラケットのウェブのネット板厚 t_b（mm）は次の算式を満足しなければならない。ただし，13.5mm を超える必要はない。

$$t_b \geq \left(2 + f_{bkt}\sqrt{Z}\right)\sqrt{\frac{R_{eH-stf}}{R_{eH-bkt}}}$$

f_{bkt}：係数で次による。

$f_{bkt} = 0.2$：　遊縁に防撓材又は面材のあるブラケットの場合

$f_{bkt} = 0.3$：　遊縁に防撓材又は面材のないブラケットの場合

Z：　防撓材の要求ネット断面係数（cm^3）で，2 つの防撓材が固着されている場合，Z は 2 つの防撓材の要求ネット断面係数のうち小さい方の値とする。

R_{eH-stf}：　防撓材の最小降伏応力（N/mm^2）

R_{eH-bkt}：　ブラケットの最小降伏応力（N/mm^2）

3.2.5　連続していない防撓材の端部のブラケット

連続していない防撓材の端部に設けられるブラケットの腕の長さ ℓ_{bkt}（mm）は，次によらなければならない。

$$\ell_{bkt} = c_{bkt}\sqrt{\frac{Z}{t_b}}$$

ℓ_{bkt}は次の値以上としなければならない。

・ $\ell_{bkt} = 1.8h_{stf}$ 防撓材のウェブ端部が支持されており，ブラケットが防撓材のウェブ上に溶接されている場合（溶接のためにオフセットする場合を含む）（図 3(c)参照）

・ $\ell_{bkt} = 2.0h_{stf}$ その他の場合（図 3(a)，(b)及び(d)参照）

c_{bkt}： 係数で次による。

$c_{bkt} = 65$： 遊縁に防撓材又は面材のあるブラケットの場合

$c_{bkt} = 70$： 遊縁に防撓材又は面材のないブラケットの場合

Z： 防撓材の要求ネット断面係数（cm^3）で，3.2.4 の規定による。

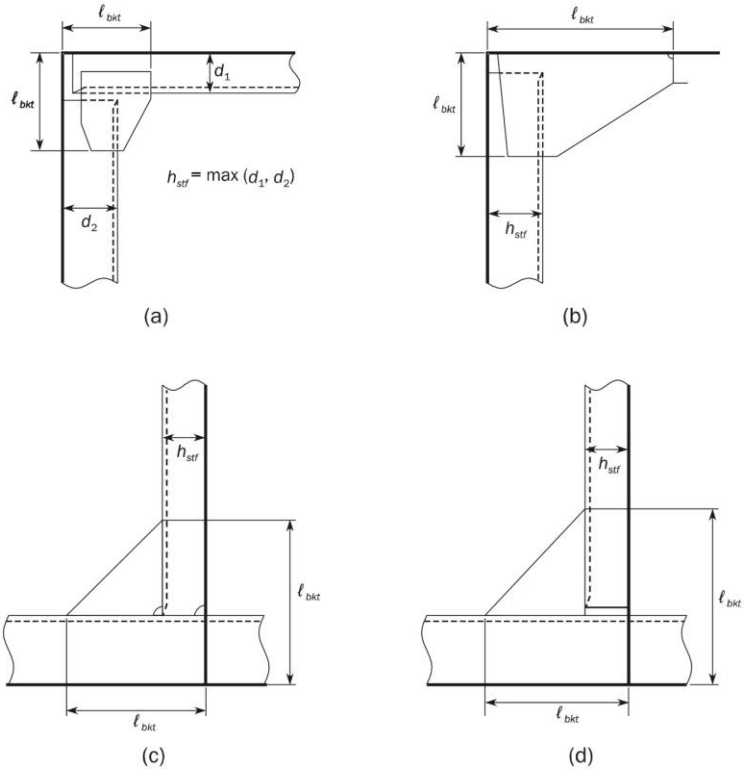
t_b： ブラケットの最小ネット板厚（mm）で，3.2.4 の規定による。

図 3(b)と同様の固着であって，ブラケットが防撓材と重っていない場合，ブラケットの腕の長さは次によらなければならない。

$$\ell_{bkt} \geq 2.0h_{stf}$$

図 3(c)及び(d)と同様の固着であって，小さな防撓材が主要支持部材又は隔壁に固着する場合，ブラケットの腕の長さは h_{stf}の 2 倍以上としなければならない。

図 3　　連続していない防撓材に付くブラケットの腕の長さ



3.2.6　腕の長さの異なるブラケット

腕の長さは，各腕の長さの合計が$2\ell_{bkt}$より大きいものとし，各腕の長さは$0.8\ell_{bkt}$未満としてはならない。ここで，腕の長さとは板部材からブラケット先端部までの距離であり，ℓ_{bkt}は 3.2.5 の規定による。

3.2.7　ブラケットの遊縁の防撓

遊縁に防撓材が要求される場合，防撓材のウェブ高さh_w（mm）は次による値以上としなければならない。ただし，50mm未満としてはならない。

$$h_w = 45\left(1 + \frac{Z}{2000}\right)$$

Z： 防撓材のネット断面係数（cm^3）で，3.2.4 の規定による。

3.3 ブラケットのない固着

3.3.1

ブラケットのない固着は，回転及び変位に対して十分な固着となるような設計としなければならない。

3.4 スニップ端

3.4.1

スニップ端は，動的荷重の小さい箇所であって，防撓材によって支持される板部材のネット板厚 t_p（mm）が次の算式による値以上の場合には，使用して差し支えない。

$$t_p = c_1\sqrt{\left(1000\ell - \frac{s}{2}\right)\frac{s\,P\,k}{10^6}}$$

P： 設計荷重条件における防撓材の設計圧力（kN/m^2）

c_1： 設計荷重条件に対する係数で，次による。

$c_1 = 1.2$： 許容基準が *AC-S* の場合

$c_1 = 1.1$： 許容基準が *AC-SD* の場合

機関室における主機や発電機の近傍の構造及び船尾付近のプロペラの振動の影響を受けるような区域の構造並びに外板には，スニップ端の防撓材を設けてはならない。

3.4.2

ブラケット先端及び防撓材のスニップ端は，端部を隣接部材の近くに設けなければならない。この距離は，ブラケット又はスニップ端が板部材の反対側の部材で支持されていない場合には，40*mm* を超えてはならない。スニップ端のテーパは 30 度を超えてはならない。ただし，本規定によることが困難な場合にあっては，代替構造について特別な配慮を払わなければならない。ブラケットの先端又はスニップ端の深さは，一般にそのブラケットの先端又はスニップ端の板厚を超えてはならない。ただし，15*mm* 未満とする必要はない。

4. 主要支持部材（PSM）

4.1 一般

4.1.1

主要支持部材のウェブ防撓材，トリッピングブラケット及び端部ブラケットは，**4.2** から **4.4** の規定を満足しなければならない。当該規定を満足できない構造配置の場合，設計者は適当な代替配置であることを証明しなければならない。

4.2 ウェブ防撓材の配置

4.2.1

主要支持部材のウェブ防撓材は，**8 章 2 節 4.2** の規定を満足しなければならない。

4.3 トリッピングブラケットの配置

4.3.1

トリッピングブラケットを，原則として，次に掲げる箇所に設けなければならない。（**図 4** 参照）

- 部材のスパンに沿った箇所で，トリッピングブラケット間隔及び面材の細長比に関する **8 章 2 節 5.1** の規定を満足する箇所
- 端部ブラケットの先端部
- 連続して曲がっている面材の端
- 集中荷重が作用する箇所
- 断面が変化する箇所の近傍

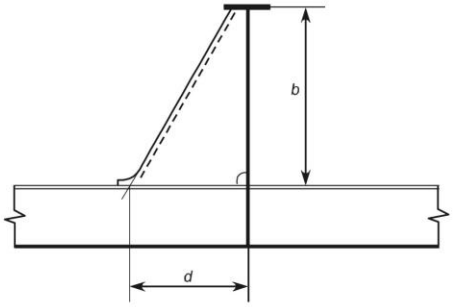
4.3.2

主要支持部材の面材が対称であって幅が 400*mm* より大きい場合，トリッピングブラケットの裏側にブラケットを設けなければならない。

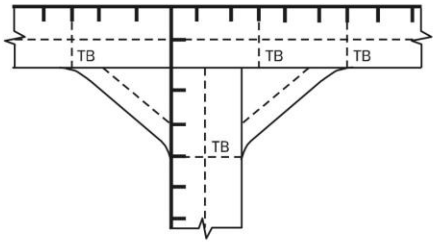
4.3.3

主要支持部材の面材の幅が片側で 180*mm* を超える場合，トリッピングブラケットは面材も支える構造でなければならない。

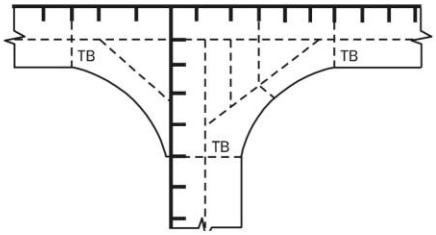
図 4　　主要支持部材：トリッピングブラケットの配置



防撓材近傍のトリッピングブラケット



端部ブラケット先端部のトリッピングブラケット



連続して曲がっている面材の端の
トリッピングブラケット

4.3.4　腕の長さ

トリッピングブラケットの腕の長さ（m）は，次の値のうち大きい方の値以上としなければならない。

$$d = 0.38b$$

$$d = 0.85b\sqrt{\frac{s_t}{t}}$$

b：　トリッピングブラケットの高さ（m）（図 4 参照）

s_t：　トリッピングブラケットの間隔（m）

t：　トリッピングブラケットのネット板厚（mm）

船楼又は甲板室のトリッピングブラケットの場合，$d = 0.38b$ を適用しなければならない。

4.4　　端部固着

4.4.1　一般

主要支持部材の端部には，ブラケット又は同等の構造を設けなければならない。

ブラケット先端部は，原則としてソフトトウとすること。

隣接する面材からの適当な支持があれば，ブラケットのない固着としても差し支えない。

4.4.2　端部ブラケットの寸法

原則として，主要支持部材を固着するブラケットの腕の長さは，主要支持部材のウェブの深さ以上としなければならない。ただし，ウェブの深さの 1.5 倍を超える必要はない。（図 5 参照）

貨物倉区域内のブラケットの板厚は，原則として隣接する主要支持部材のウェブの板厚以上としなければならない。貨物倉区域外のブラケットの板厚は，主要支持部材のウェブの板厚以上としなければならない。

端部ブラケットの寸法は，端部ブラケットを含む主要支持部材の断面係数（スニップの場合，面材は除く）が，主要支持部材中央部における断面係数以上としなければならない。

ブラケットの面材のネット断面積 $A_f\,(cm^2)$は，次の値以上としなければならない。

$$A_f = \ell_b t_b$$

ℓ_b：　ブラケットの遊縁の長さ（m）（図 5 参照）遊縁が曲線状のブラケットは，遊縁の中点における接線の長さとして差し支えない。

t_b：　ブラケットの最小ネット板厚（mm）で，3.2.4 の規定による

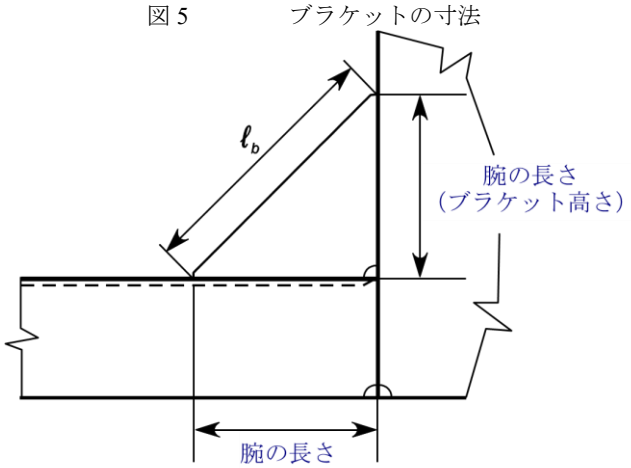
また，面材のネット板厚は，ブラケットのウェブの板厚以上としなければならない。

4.4.3　端部ブラケットの配置

ブラケットの遊縁の長さℓ_bが 1.5m より大きい場合，ブラケットのウェブは次に掲げる補強を行わなければならない。

- ウェブ防撓材のネット断面積（cm^2）は，16.5ℓ以上としなければならない。ここで，ℓは防撓材のスパン（m）とする。
- 倒れ止めの平鋼を設けなければならない。面材が対称であって幅が 400mm より大きい場合，平鋼の裏側に追加のブラケットを設けなければならない。

図 5　　ブラケットの寸法



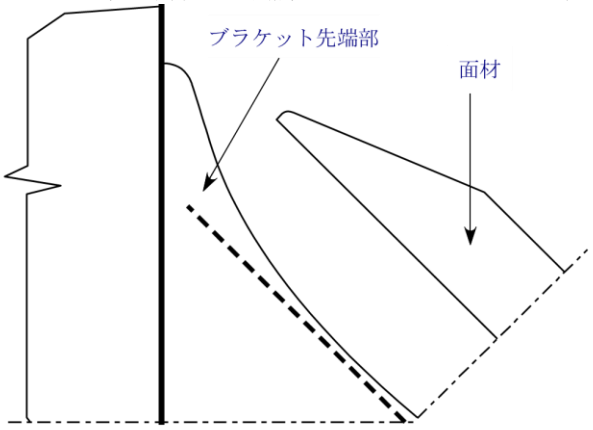
リング形式（端部ブラケットが部材のウェブと一体化し，面材が部材の端部とブラケットに沿って連続する場合）にあっては，最も大きい面材をブラケットの中点付近まで維持し，徐々に小さい方の面材へテーパさせる構造としなければならない。面材の継手はブラケット先端部から十分に離さなければならない。

幅の広い面材と幅の狭い面材を結合する場合，そのテーパは 1：4 を超えてはならない。

ブラケット先端部は，防撓していない板部材に配置してはならない。ブラケット先端部の高さは，ブラケット先端部の板厚以下としなければならない。ただし，15mm 未満とする必要はない。原則として，主要支持部材の端部ブラケットはソフトトウとしなければならない。主要支持部材に高張力鋼を用いる場合，端部ブラケットの先端部の設計は，応力集中が最小となるよう特に注意を払わなければならない。

端部ブラケットの遊縁又は遊縁に隣接した箇所に面材が溶接される場合（**図 6** 参照），面材はスニップとし，30 度を超えない角度でテーパしなければならない。

図 6　　遊縁に隣接した箇所に設けるブラケットの面材



本図に示す詳細は，関連規定の説明用であり，設計指針や推奨事項を示すものではない。

5.　防撓材と主要支持部材の交差部

5.1　スロット

5.1.1

防撓材を通すための主要支持部材のウェブのスロット及び関連するカラーの配置は，開口の周囲及びウェブ防撓材における応力集中が最小となるように設計しなければならない。

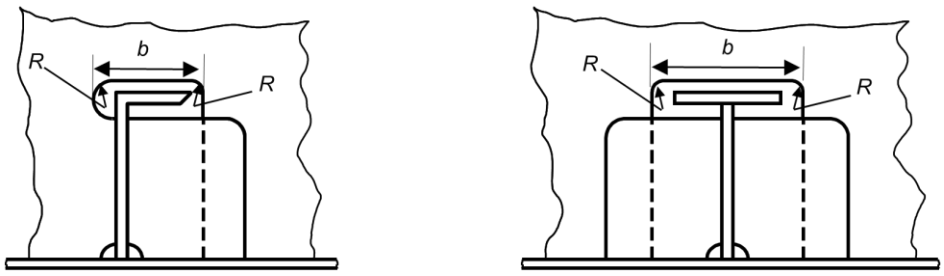
5.1.2

カラープレートのないスロットの合計深さは，主要支持部材の深さの 50%以下としなければならない。

5.1.3

クロスタイ端部や隔壁スツール下部のフロア又は高応力箇所のスロットには，フルカラープレートを設けなければならない。（図 7 参照）

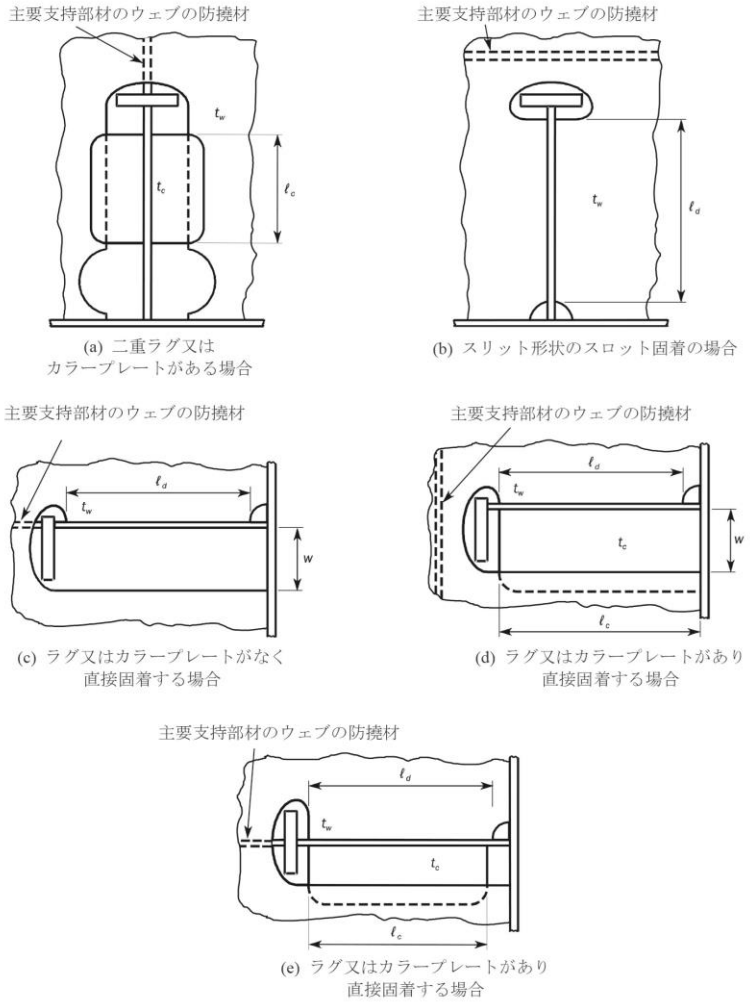
図 7　　フルカラープレート



$R \geqq 0.2b$ ただし，25*mm*未満としてはならない。

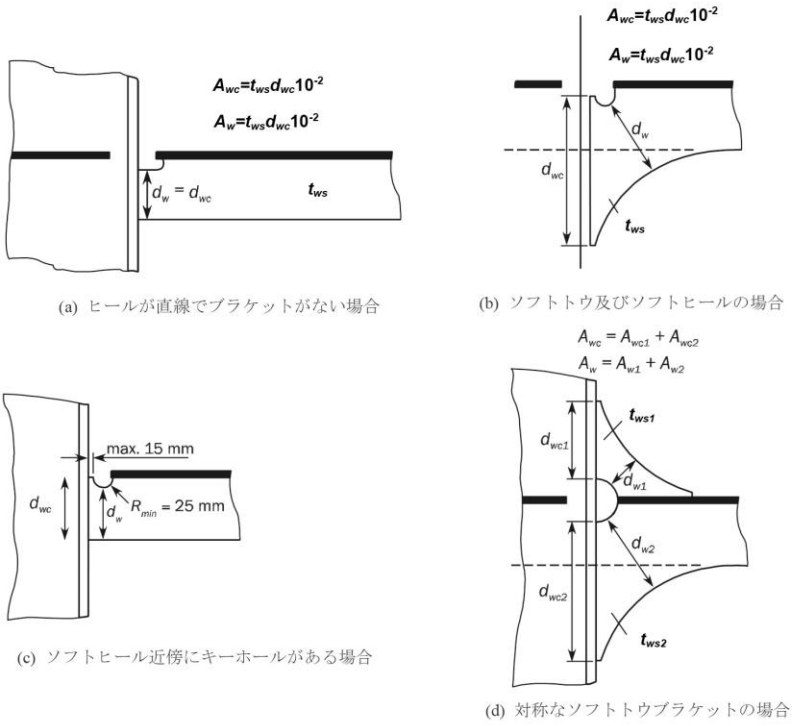
材

図 8　　対称形状及び非対称形状のスロット



本図に示す詳細は，記号と定義の説明用であり，設計指針や推奨事項を示すものではない。

図 9　　主要支持部材のウェブ防撓材の詳細



(a) ヒールが直線でブラケットがない場合　　(b) ソフトトウ及びソフトヒールの場合

(c) ソフトヒール近傍にキーホールがある場合

(d) 対称なソフトトウブラケットの場合

(e) 主要支持部材のウェブが防撓材の面材に直接溶接される場合

t_{ws},t_{ws1},t_{ws2}： 主要支持部材のウェブ防撓材及び裏側のブラケットのネット板厚（*mm*）

d_w,d_{w1},d_{w2}： 主要支持部材のウェブ防撓材及び裏側のブラケットの最小深さ（*mm*）

d_{wc},d_{wc1},d_{wc2}：主要支持部材のウェブ防撓材及び裏側のブラケットと防撓材の固着長さ（*mm*）

ソフトヒール近傍のキーホール詳細に関する寸法を除き，本図に示す詳細は，記号と定義の説明用であり，設計指針や推奨事項を示すものではない。

t_f： フランジのネット板厚（*mm*）。バルブプレートの場合は，**1 編 3 章 7 節 1.4.1** の規定による。

5.1.4

5.2 の規定に適合することが要求される箇所及び高応力が集中する箇所（例えば，主要支持部材先端部）のスロットには，ラグタイプのカラープレートを設けなければならない。典型的なラグの配置については**図 8** を参照のこと。

5.1.5

構造喫水 T_{sc} 下の船側及び船底縦通防撓材の固着部及び内底縦通防撓材の固着部にあっては，**5.2** の規定に従い計算した主要支持部材のウェブ防撓材の直応力σ_wが許容応力の 80%を超える場合，ソフトヒールを主要支持部材のウェブ防撓材に設けなければならない。ソフトヒールには**図 9(c)**と同様のキーホールを設けなければならない。

水密隔壁と主要支持部材の交差部においては，裏側にブラケットが設けられている場合又は主要支持部材のウェブが防撓材の面材に溶接されている場合は，ソフトヒールを設ける必要はない。

直応力σ_wの計算において，設計圧力として **4 章 5 節 3.2** 及び **3.3** に定義する船底スラミング及び船首衝撃荷重は適用する必要はない。

5.1.6

スロットのコーナーには丸みを付け，コーナー部の半径 R は可能な限り大きく，少なくともスロットの幅 b の 20%又は 25mm のうち大きい方の値以上としなければならない。ただし，50mm を超える必要はない。（**図 7** 参照）その他の形状を用いる場合にあっては，同等の強度を有し応力集中が最小となるよう配慮しなければならない。

5.2 主要支持部材への防撓材の固着

5.2.1 一般

主要支持部材への防撓材の固着について，面外圧力に対しては，**5.2.2** 及び **5.2.3** の規定によらなければならない。

固着部の横断面積は，適切な許容応力下で各部材へ伝達する荷重の割合を考慮して決定しなければならない。

5.2.2

防撓材からせん断固着部へ伝達する荷重 W_1（kN）は，次によらなければならない。

- 交差する防撓材にウェブ防撓材を固着する場合

$$W_1 = W\left(\alpha_a + \frac{A_1}{4f_cA_w + A_1}\right)$$

- 交差する防撓材にウェブ防撓材を固着しない場合

$$W_1 = W$$

W： 防撓材の固着部から主要支持部材に伝達する合計荷重（kN）で，次による。

$$W = \frac{P_1 s_1\left(S_1 - \frac{s_1}{2000}\right) + P_2 s_2\left(S_2 - \frac{s_2}{2000}\right)}{2sin\varphi_{w1}sin\varphi_{w2}}10^{-3}$$

P_1, P_2： 考慮する設計荷重条件において防撓材に作用する設計圧力（kN/m^2）で，固着部両側のそれぞれの値。船底スラミング又は船首衝撃荷重については，それぞれ **4 章 5 節 3.2** 及び **3.3** に規定する設計圧力によること。

S_1, S_2： 考慮する主要支持部材と隣接する主要支持部材の間隔（m）で，固着部両側のそれぞれの値

s_1, s_2： 防撓材の間隔（mm）で，固着部両側のそれぞれの値

φ_{w1}： 主要支持部材と付き板のなす角度（deg）で，**3 章 7 節記号**及び **10 章 1 節図 5** による。

φ_{w2}： 防撓材と付き板のなす角度（deg）で，**3 章 7 節記号**及び **3 章 7 節図 14** による。

α_a： 板部材のアスペクト比で，次による。ただし，0.25 以下としなければならない。

$$\alpha_a = \frac{s}{1000S}$$

$$S = \frac{S_1 + S_2}{2}$$

$$s = \frac{s_1 + s_2}{2}$$

A_1： 固着部の有効ネットせん断面積（cm^2）で，次による。

$$A_1 = A_{1d} + A_{1c}$$

スリット形状のスロット固着の場合：

$$A_1 = 2A_{1d}$$

典型的な二重ラグ又はカラープレート固着の場合：

$A_1 = 2A_{1c}$

A_{1d}： ラグ又はカラープレートを除くネットせん断固着面積（cm^2）で，次による。

$A_{1d} = \ell_d t_w 10^{-2}$

ℓ_d： 防撓材と主要支持部材のウェブを直接固着する長さ（mm）

t_w： 主要支持部材のウェブのネット板厚（mm）

A_{1c}： ラグ又はカラープレートを含むネットせん断固着面積（cm^2）で，次による。

$A_{1c} = f_1 \ell_c t_c 10^{-2}$

ℓ_c： ラグ又はカラープレートと主要支持部材の固着長さ（mm）

t_c： ラグ又はカラープレートのネット板厚（mm）。ただし，隣接する主要支持部材のウェブのネット板厚以下としなければならない。

f_1： せん断剛性係数で，次による。

$f_1 = 1.0$, 断面が対象の防撓材の場合

$f_1 = 140/w$, 断面が非対称の防撓材の場合。ただし，1.0 以下としなければならない。

w： 非対称の防撓材に対するスロットの幅（mm）で，防撓材のウェブのスロット側から測る。（図 8 参照）

A_w： 主要支持部材のウェブ防撓材の有効ネット断面積（cm^2）で，裏側にブラケットを設ける場合はその面積を含む。（図 9 参照） 主要支持部材のウェブ防撓材端部がソフトヒール又はソフトヒールとソフトトウの場合，A_wは固着部におけるのどの位置を測る。（図 9 参照）

f_c： カラー荷重係数で，次による。

交差している防撓材の断面が対称の場合：

$A_w \le 14$ の場合： $f_c = 1.85$

$14 < A_w \le 31$ の場合： $f_c = 1.85 - 0.0441(A_w - 14)$

$31 < A_w \le 58$ の場合： $f_c = 1.1 - 0.013(A_w - 31)$

$A_w > 58$ の場合： $f_c = 0.75$

交差している防撓材の断面が非対称の場合：

$$f_c = 0.68 + 0.0172\frac{\ell_s}{A_w}$$

ℓ_s： 固着長さ（mm）で，次による。：

ラグ又はカラープレートにより主要支持部材へ固着する場合：

$\ell_s = \ell_c$

片側を主要支持部材に直接固着する場合：

$\ell_s = \ell_d$

ラグ又はカラープレートかつ直接固着する場合：

$\ell_s = 0.5(\ell_c + \ell_d)$

5.2.3

防撓材から主要支持部材のウェブ防撓材へ伝達する荷重 W2 は，次によらなければならない。：

- 交差する防撓材にウェブ防撓材を固着する場合：

$$W_2 = W\left(1 - \alpha_a - \frac{A_1}{4f_c A_w + A_1}\right)$$

- 交差する防撓材にウェブ防撓材を固着しない場合：

$W_2 = 0$

A_w, A_{wc}及びA_1は，各応力が次の基準を満たす値となるようにしなければならない。

- 防撓材と主要支持部材のウェブ防撓材の固着部で，溶接部を除いた箇所：$\sigma_w \le \sigma_{perm}$
- 防撓材と主要支持部材のウェブ防撓材の溶接固着部：$\sigma_{wc} \le \sigma_{perm}$
- 主要支持部材のウェブとのせん断固着部：$\tau_w \le \tau_{perm}$

W： 荷重（kN）で，5.2.2 の規定による。

f_c： カラー荷重係数で，5.2.2 の規定による。

α_a： 板部材のアスペクト比で，5.2.2 の規定による。

A_1： 有効ネットせん断面積(cm^2)で，5.2.2 の規定による。

A_w： 有効ネット断面積(cm^2)で，**5.2.2** の規定による。

σ_w： 主要支持部材のウェブ防撓材の直応力（N/mm^2）で，溶接固着部を除く，ブラケットを含むウェブ防撓材の断面積が最小となる位置における値

$$\sigma_w = \frac{10W_2}{A_w}$$

σ_{wc}： 主要支持部材のウェブ防撓材の直応力（N/mm^2）で，溶接固着部における値

$$\sigma_{wc} = \frac{10W_2}{A_{wc}}$$

τ_w： 主要支持部材のウェブのせん断応力（N/mm^2）で，せん断固着部における値

$$\tau_w = \frac{10W_1}{A_1}$$

A_{wc}： 主要支持部材のウェブ防撓材の有効ネット断面積（cm^2）で，**図 9** に示す溶接部の値

σ_{perm}： 許容直応力（N/mm^2）で，**表 1** の *AC-S*，*AC-SD* 及び *AC-I* の規定による。

τ_{perm}： 許容せん断応力（N/mm^2）で，**表 1** の *AC-S*，*AC-SD* 及び *AC-I* の規定による。

5.2.4

主要支持部材のウェブ防撓材に加えて裏側にブラケットを設ける場合，ブラケットはウェブ防撓材と同一線上に配置しなければならない。裏側のブラケットの腕の長さは，ウェブ防撓材の深さ以上としなければならない。ブラケットののどの位置におけるネット断面積は，A_wの計算に含めなければならない。（**図 9** 参照）

5.2.5

貨物倉区域においては，主要支持部材のウェブ防撓材又はトリッピングブラケットと防撓材は重ね溶接してはならない。

5.2.6

ウェブの上面に面材が溶接されている組立式防撓材は，主要支持部材への固着と対称となるよう配置しなければならない。主要支持部材又は隔壁の裏側にブラケットを設ける場合は，本規定を満足しているものとみなす。貨物倉区域においては，主要支持部材のウェブ防撓材及び裏側のブラケットと交差する防撓材のウェブは突合せ溶接にしなければならない。

5.2.7

主要支持部材のウェブ防撓材が交差する防撓材と平行に配置されるが，固着されない場合，オフセットする主要支持部材のウェブ防撓材は，スロット縁の近くに配置しなければならない。（**図 10** 参照）このようなウェブ防撓材の端部は適切にテーパさせ，ソフトなものにしなければならない。

5.2.8

すみ肉溶接の脚長は，**表 2** の溶接係数に基づき，**12 章 3 節 2.5** の規定に従い計算しなければならない。せん断固着部の溶接脚長は，考慮する位置の主要支持部材のウェブに要求される脚長以上としなければならない。

表 1　　防撓材と主要支持部材の固着部に対する許容応力

項目	直応力σ_{perm}（N/mm^2）			せん断応力τ_{perm}（N/mm^2）		
	許容基準			許容基準		
	AC-S	*AC-SD*	*AC-I*	*AC-S*	*AC-SD*	*AC-I*
主要支持部材のウェブ防撓材	$0.83R_{eH}$(2)	R_{eH}	R_{eH}	-	-	-
主要支持部材のウェブ防撓材と交差する防撓材の溶接固着部						
・両側連続すみ肉溶接	$0.58R_{eH}$(2)	$0.70R_{eH}$(2)	R_{eH}	-	-	-
・部分溶込み溶接	$0.83R_{eH}$(1) (2)	R_{eH}(1)	R_{eH}	-	-	-
主要支持部材のウェブ防撓材と交差する防撓材のラップ溶接部	$0.50R_{eH}$	$0.60R_{eH}$	R_{eH}	-	-	-
ラグ又はカラープレートを含むせん断固着部						
・片側固着	-	-	-	$0.71\tau_{eH}$	$0.85\tau_{eH}$	τ_{eH}
・両側固着	-	-	-	$0.83\tau_{eH}$	τ_{eH}	τ_{eH}

(1)　ルート面は，主要支持部材の防撓材のグロス板厚の 1/3 以下としなければならない。
(2)　主要支持部材のウェブ防撓材のヒールをソフトヒールとする場合，許容応力を 5%増して差し支えない。

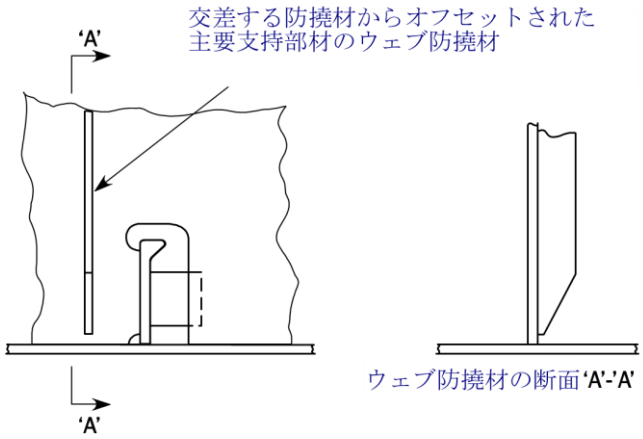
表 2　　防撓材と主要支持部材との固着部における溶接係数

項目	許容基準	溶接係数
主要支持部材の防撓材と交差する防撓材の固着部	*AC-S* *AC-SD* *AC-I*	$0.6\sigma_{wc}/\sigma_{perm}$ ただし，0.38 未満としてはならない。
ラグ又はカラープレートを含むせん断固着部	*AC-S* *AC-SD* *AC-I*	0.38
ラグ又はカラープレートを含むせん断固着部で，主要支持部材のウェブ防撓材が交差する防撓材に固着されない場合	*AC-S* *AC-SD* *AC-I*	$0.6\tau_{wc}/\tau_{perm}$ ただし，0.44 未満としてはならない。

備考 1：

τ_w：　せん断応力（N/mm^2）で，**5.2.3** の規定による。
σ_{wc}：　応力（N/mm^2）で，**5.2.3** の規定による。
τ_{perm}：　許容せん断応力（N/mm^2）（**表 1** 参照）
σ_{perm}：　許容直応力（N/mm^2）（**表 1** 参照）
W：　荷重（kN）で，**5.2.2** の規定による。
A_1：　有効ネットせん断面積（cm^2）で，**5.2.2** の規定による。
A_w：　有効ネット断面積（cm^2）で，**5.2.2** の規定による。

図 10　　オフセットされる主要支持部材のウェブ防撓材



6.　開口

6.1　防撓材の開口及びスカラップ

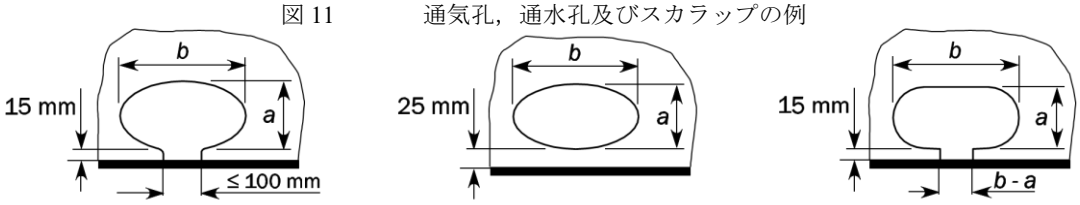
6.1.1

通気孔，通水孔及びスカラップの例を図 11 に示す。原則として，図 11 に規定する *a/b* の比率は，0.5 から 1.0 の間の値としなければならない。疲労強度が懸念される箇所については，開口及びスカラップの詳細及び配置に関する追加検討を要求することがある。

6.1.2

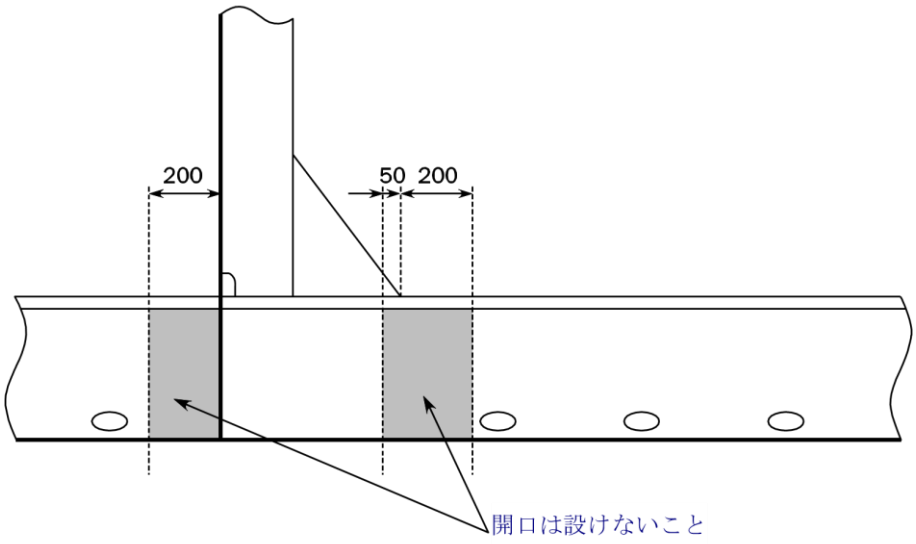
開口及びスカラップは，ブラケット先端部，端部固着部及び他の高応力が集中する箇所から，防撓材の長さに沿ってスパンの中央方向に少なくとも 200*mm* 及び反対方向に 50*mm* の範囲に設けてはならない。（図 12 参照）せん断応力が許容応力の 60%より小さい箇所においては，この限りではない。

図 11　　通気孔，通水孔及びスカラップの例



本図に示す詳細は，指針及び説明用である。

図 12　　通気孔及び通水孔の位置



6.1.3

縦強度に寄与する防撓材には，スカラップ又は通水孔を密に配置（例えば，距離が図 11 に示す幅 *b* の 2 倍未満であるような配置）してはならない。その他の防撓材にあっては，防撓材の端部から防撓材のスパンの 20%以内の箇所に，スカラップや通水孔を密に配置してはならない。通気孔又は通水孔は，応力集中を最小とする楕円形状かそれと同様な形状とし，溶接部を避ければ，適切な間隔で配置して差し支えない。

6.2 主要支持部材の開口

6.2.1 一般

マンホール，軽目孔及び他の類似の開口は，集中荷重が作用する箇所及び高いせん断力が発生する箇所を避けて配置しなければならない。特に，マンホール及び他の類似の開口は，板の応力及びパネルの座屈特性が計算により満足することが確認されている場合を除き，高応力箇所に配置してはならない。高応力箇所の例を以下に示す。

- 狭いコファダム及び二重構造の隔壁内に設けられる垂直又は水平のダイヤフラムで，各端部からその長さの 1/6 以内の箇所
- フロア又はボトムガーダのスパンの端部近傍
- 端部ブラケット先端部の主要支持部材のウェブ
- 梁柱が設けられる箇所の上部構造及び下部構造

開口が配置される場合，開口の形状は，応力集中が許容値を超えないようにしなければならない。

開口は，縁の面取りを行い，十分な丸みをつけなければならない。

6.2.2 マンホール及び軽目孔

次に掲げるウェブの開口には補強を要しない。

- 単船殻構造の断面において，深さがウェブ深さの 25%以下で，縁が面材からウェブ深さの 40%以上離れている開口
- 二重船殻構造の断面において，深さがウェブ深さの 50%以下で，縁が防撓材のスロットから十分に離れている開口

開口は次に掲げる長さ以下としなければならない。

- 主要支持部材のスパン中央に開口を設ける場合： 隣接する開口までの距離
- スパン端部に開口を設ける場合： 隣接する開口までの距離の 25%

単船殻構造の断面の開口にあっては，開口の長さは，ウェブの深さ又は防撓材の心距の 60%のうち大きい方の値を超えてはならない。

開口の縁は防撓材のスロットから等距離の位置に設けなければならない。

ブラケットに軽目孔を設ける場合，開口の縁からブラケットの遊縁までの距離は，軽目孔の直径以上としなければならない。

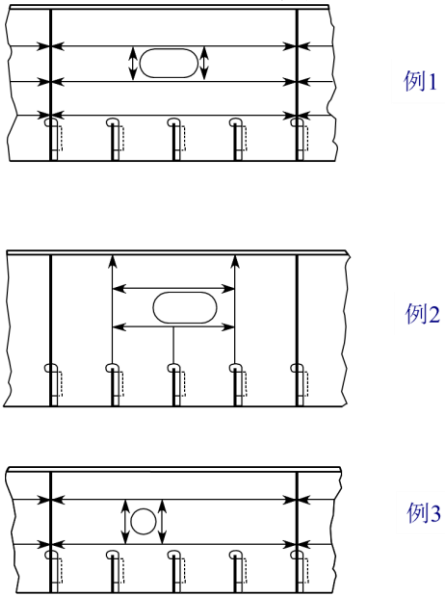
本規定を満足しない開口は，6.2.3 に規定する補強を行わなければならない。

6.2.3 開口周辺の補強

7 章に規定する解析手法に従って，代替配置が規定を満足することが示される場合を除き，マンホール及び軽目孔は本規定により補強を行わなければならない。

縦強度に寄与する部材の開口には，遊縁に沿って開口の垂直軸及び水平軸に対し平行となる防撓材を設けなければならない。開口の短軸が 400*mm* 未満の場合は一方向の防撓材，両軸の長さがともに 300*mm* 未満の場合は両方向の防撓材を省略して差し支えない。遊縁の防撓材に代えて，開口の縁を補強しても差し支えない。（図 13 参照）

図 13　　開口を有するウェブ



主要支持部材のウェブに大きな開口がある場合（例えば，二重底にパイプトンネルがある場合），主要支持部材に生じる二次応力を，開口の補強を検討する際に考慮しなければならない。

有限要素解析を実施しない場合にあっては，大きな開口のある主要支持部材が，次の算式による等価ネットせん断面積（cm^2）を有していることにより評価しても差し支えない。

$$A_{s-n50} = \frac{A_{1-n50}}{1+\frac{32\ell_{shr}^2 A_{1-n50}}{I_{1-n50}}} + \frac{A_{2-n50}}{1+\frac{32\ell_{shr}^2 A_{2-n50}}{I_{2-n50}}}$$

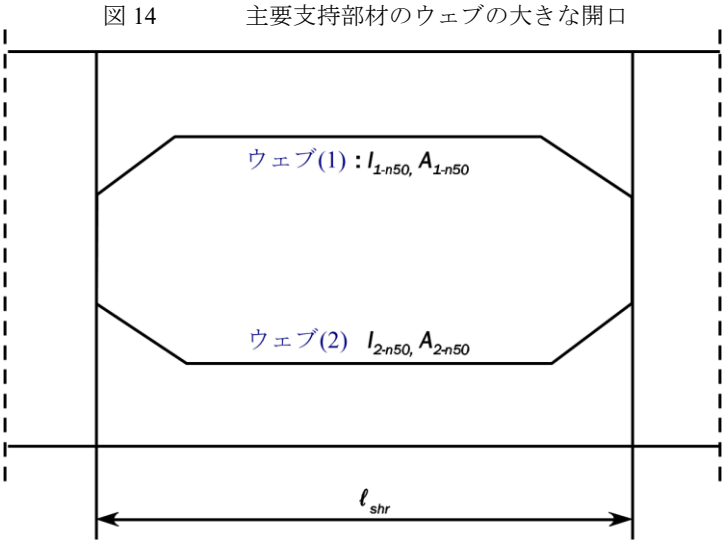
I_{1-n50}, I_{2-n50}：　深いウェブ**(1)**及び**(2)**の中性軸に平行な付き板まわりのネット断面二次モーメント（cm^4）で，付き板を含む。

A_{1-n50}, A_{2-n50}：深いウェブ**(1)**及び**(2)**のネットせん断断面積（cm^2）で，防撓材が交差する場合はスロットによりウェブ高さが減少することを考慮する。

ℓ_{shr}：　深いウェブ**(1)**及び**(2)**のせん断スパン（m）で，**3 章 7 節 1.1.2** の規定による。

深いウェブ**(1)**及び**(2)**は**図 14** による。

図 14　　主要支持部材のウェブの大きな開口



6.3 強力甲板の開口

6.3.1 一般

強力甲板上の開口は，最小限とし，実行可能な限り互いにまた船楼端部から離さなければならない。船側外板，ハッチコーナ及びハッチサイドコーミング等の高応力となる箇所から実行可能な限り離した配置としなければならない。

6.3.2 小開口の配置

開口は，原則として**図 15** の斜線範囲外に設けなければならない。斜線範囲は次による。

- 丸形ガンネルの場合は，曲げ加工された箇所及び船側外板
- 倉口側部から$e = 0.25(B - b)$の範囲
- $c = 0.07\ell + 0.1b$又は$0.25b$のうちどちらか大きい範囲

b： 倉口の幅（m）で，船幅方向に測る。（**図 15** 参照）

ℓ： ハッチコーナ部近傍の連続した倉口間のクロスデッキ幅（m）で，船長方向に測る。（**図 15** 参照）

図 15 に示す上記の範囲と開口との船幅方向の距離又は倉口と開口との船幅方向の距離は，次の値以上としなければならない。

- 円孔の場合： $g_2 = 2a_2$
- 楕円孔の場合：$g_1 = a_1$

図 16 に示す開口間の船幅方向の距離は，次の値以上としなければならない。

- 円孔の場合：$2(a_1 + a_2)$
- 楕円孔の場合：$1.5(a_1 + a_2)$

a_1： 楕円孔の船幅方向の長さ又は円孔の直径

a_2： 楕円孔の船幅方向の長さ又は円孔の直径

a_3： 楕円孔の船長方向の長さ又は円孔の直径

開口間の船長方向の距離は，次の値以上としなければならない。

- 円孔の場合：$a_1 + a_3$
- 楕円孔又は円孔と同一線上にある楕円孔の場合：$0.75(a_1 + a_3)$

開口配置が本規定を満足しない場合，ハルガーダ強度評価は，開口箇所を控除して行わなければならない。（**5 章 1 節 1.2.11 参照**）

図 15 強力甲板上の開口の位置

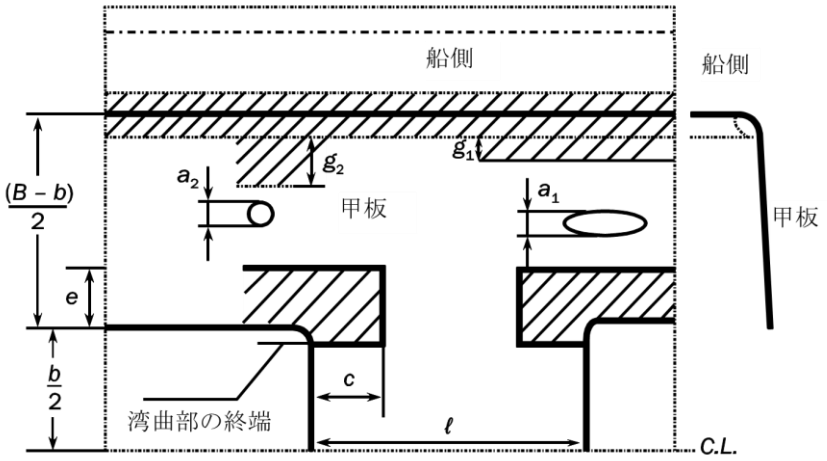
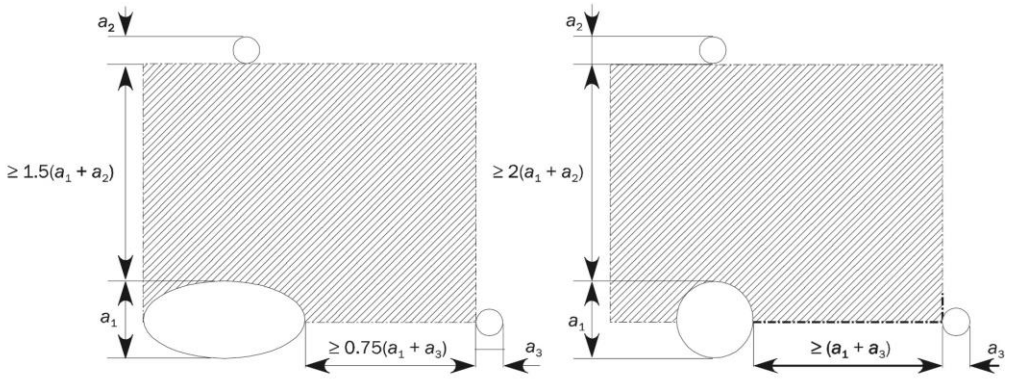


図 16　　強力甲板上の楕円孔及び円孔



7.　二重底構造

7.1　一般

7.1.1　構造様式

長さが 120*m* を超える船舶にあっては，貨物倉区域の船底外板，内底板及びホッパタンクの斜板は，縦式構造としなければならない。船体形状により貨物倉区域の船首尾部に縦式構造を用いることが困難な場合は，構造様式が変化する箇所において構造の連続性が保たれるよう適切なブラケット及び構造配置とすることで，横式構造を認めることがある。

7.1.2　二重底高さの変化

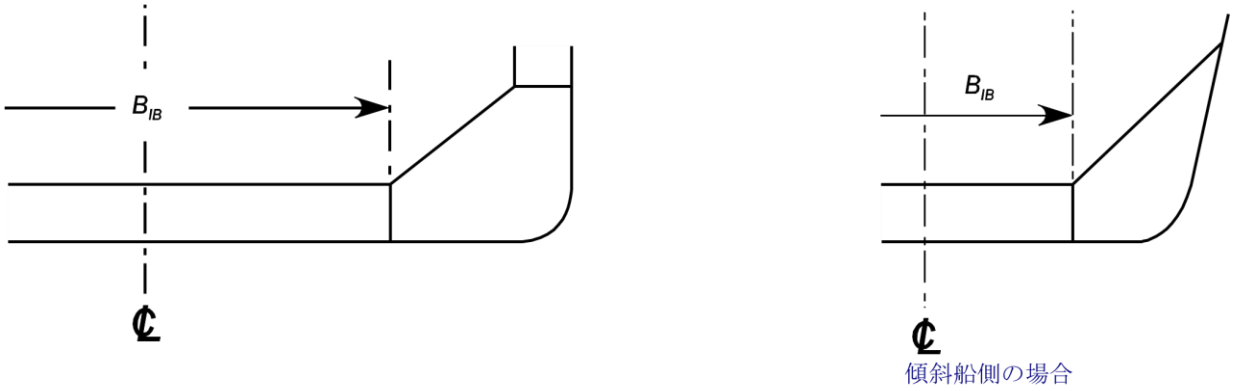
二重底高さの変化は，十分な長さをかけてゆるやかに行わなければならない。また，内底板のナックル部は，フロアと取り合うようにしなければならない。

これらの配置が不可能な場合，半桁板や縦通ブラケットをナックル部の前後にわたり設ける等，適切な縦通構造としなければならない。

7.1.3　内底板の幅

内底板の幅（*m*）は，各貨物倉の長さ方向の中央において測るものとする。（図 17 参照）

図 17　　内底板の幅



7.1.4　タンクトップの排水

固体貨物を運送するよう設計された船舶にあっては，タンクトップからの汚水を排除するため，適当な方法を講じなければならない。排水のためのウェルの深さは，二重底の高さの半分を超えるものとしてはならない。

7.1.5　当て板

測深管直下には適切な板厚の当て板を設けるか，又は他の同等な構造により測深棒による損傷を防止しなければならない。

7.1.6　ダクトキール

ダクトキールを設ける場合，センターガーダは，3*m* を超えない間隔で配置される二条のガーダに置き換えて差し支えない。二条のガーダの間隔が 3*m* を超える場合にあっては，隣接構造で支える構造とし，本会の承認を得なければならない。

フロア構造は，有効に連続性を保持するような構造としなければならない。

7.2　平板竜骨

7.2.1

平板竜骨は，船舶の全長を通じて扁平な船底にわたり延長しなければならない。

平板竜骨の幅（*m*）は，$0.8 + L_{CSR}/200$ 以上としなければならない。ただし，2.3*m* を超える必要はない。

7.3　ガーダ

7.3.1　センターガーダ

センターガーダを設ける場合は，センターガーダは貨物倉区域の全長，及び実行可能な限り船首尾まで延長しなければならない。センターガーダの構造の連続性は船の全長にわたり保持しなければならない。

二重底区画に燃料油，清水又はバラスト水が積載される場合，船首尾等の狭隘なタンク及び水密ガーダが船体中心線から 0.25*B* の範囲に設けられている場合を除き，センターガーダは水密構造としなければならない。

7.3.2　サイドガーダ

サイドガーダは，貨物倉区域の平行部の全長，及び実行可能な限り貨物倉区域の前後部まで延長しなければならない。

7.4　フロア

7.4.1　ウェブ防撓材

フロアには，各縦通防撓材の位置にウェブ防撓材を設けなければならない。ウェブ防撓材を縦通防撓材に溶接しない場合は，縦通防撓材のスロット及び固着部の疲労強度評価を実施するか，**9 章 6 節 2** に規定する設計標準を適用すること。

7.5　ビルジキール

7.5.1　材料

ビルジキール及びパッドプレートの材料は取付けるビルジ外板と同じ降伏応力の材料としなければならない。

ビルジキールが $0.15L_{CSR}$ より長い場合は，ビルジキール及びパッドプレートの材料は取付けるビルジ外板と同じ鋼材のグレードとしなければならない。

図 18　ビルジキール構造

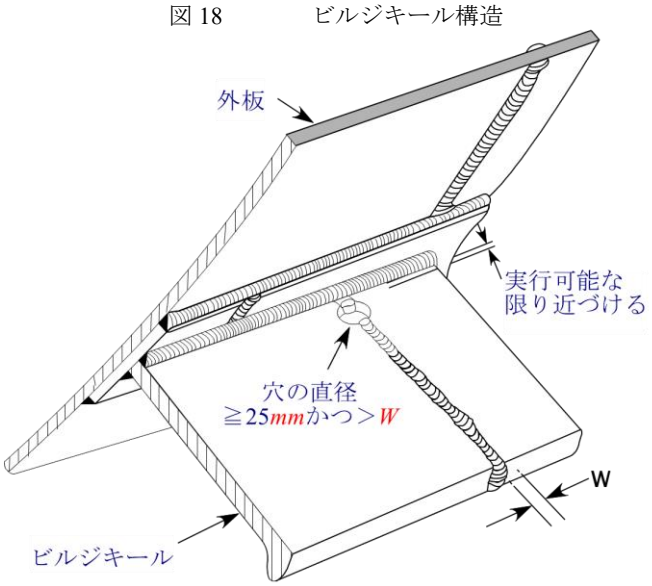


図 19　　ビルジキールの端部の設計

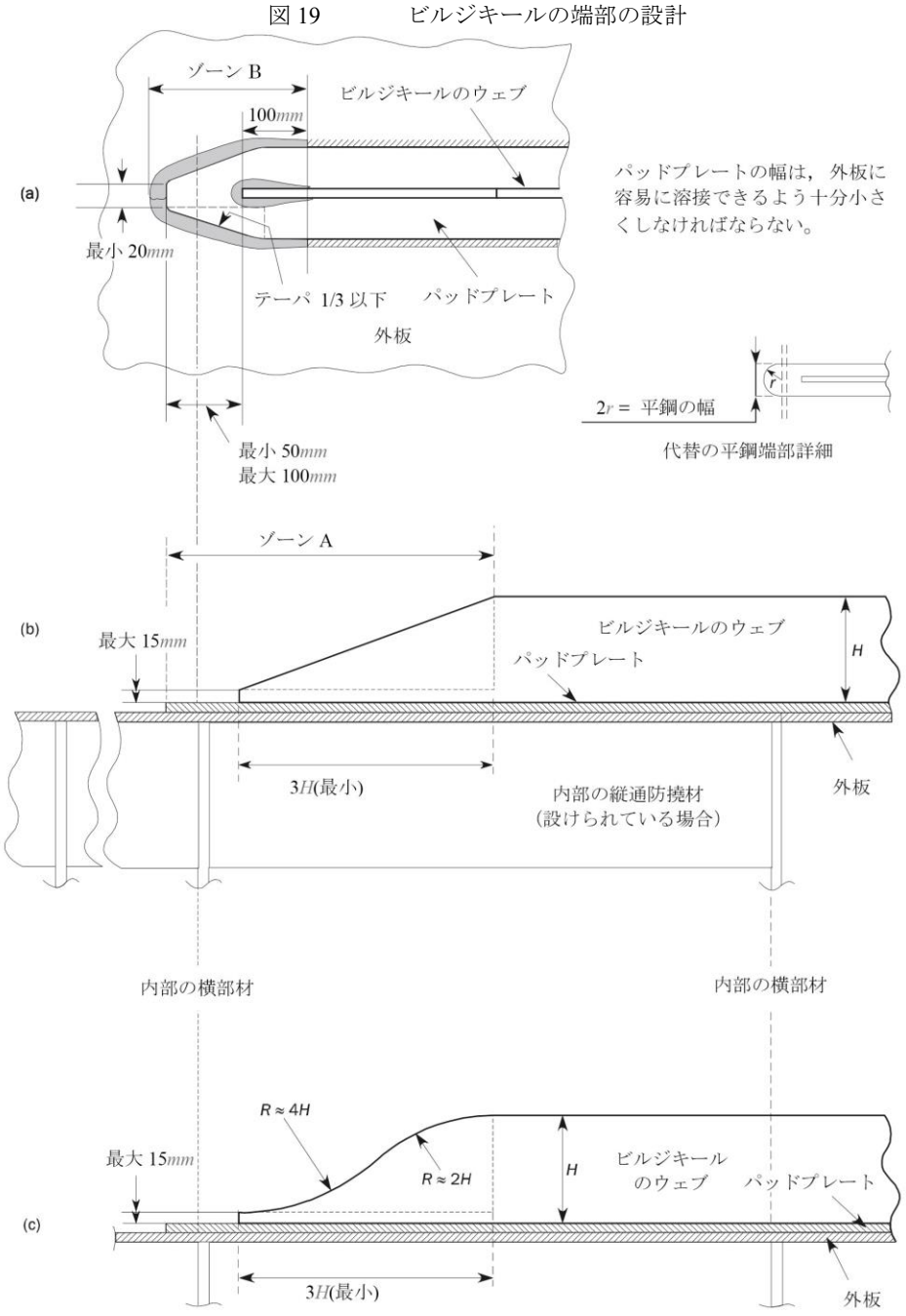
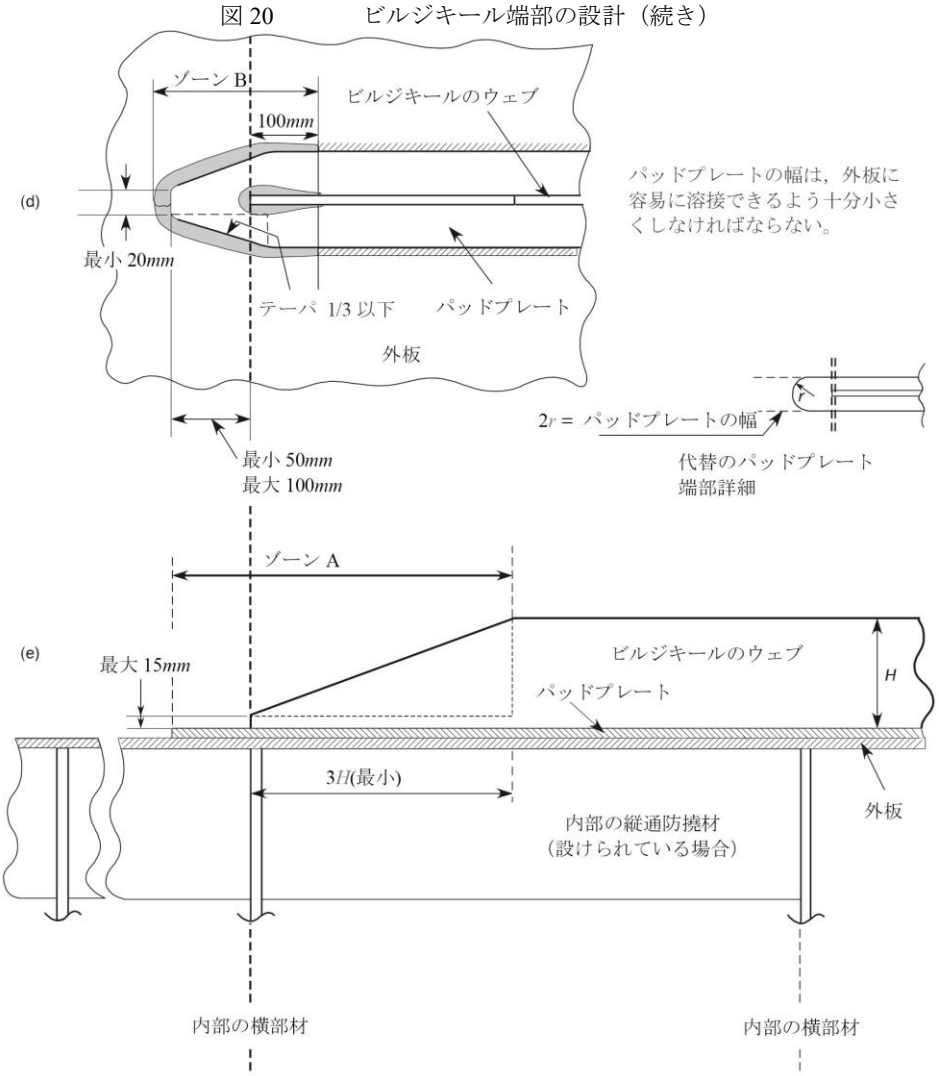


図 20　　ビルジキール端部の設計（続き）



7.5.2　　設計

単板ウェブのビルジキールは，パッドプレートが損傷する前にウェブが損傷するような設計としなければならない。本規定はビルジキールのウェブ板厚がパッドプレートの板厚を超えない設計とすれば満足しているものとみなす。

図 18 と異なる設計のビルジキールは，本会が適当と認めるところによる。

7.5.3　　パッドプレート

ビルジキールは外板に直接溶接してはならない。外板に平鋼又は二重張りを設けなければならない。（**図 18** 及び**図 19** 参照）　パッドプレートは，原則として連続構造としなければならない。

パッドプレートのグロス板厚は，ビルジ外板のグロス板厚又は 14*mm* のうち小さい方の板厚未満としてはならない。

7.5.4　　端部詳細

パッドプレート端部及びビルジキール端部はテーパさせるか，丸みをつけなければならない。端部をテーパさせる場合は，その勾配を 1/3 以下とし徐々に減じなければならない。（**図 19(a)(b)**及び**図 20(d)(e)**参照）端部を丸くする場合は，**図 19(c)**に示すようにしなければならない。**図 19(b)**及び**図 20(e)**に示すゾーン A においては，ビルジキールのウェブの切欠きは認められない。

ビルジキールのウェブ端部は，パッドプレートの端部から 50*mm* 以上 100*mm* 以下としなければならない。（**図 19(a)**及び**図 20(d)**参照）

ビルジキール及びパッドプレートの端部は船体内部の横部材又は縦通防撓材のどちらかで，次に示すとおり支持しなければならない。

- 横部材で支持する場合，ビルジキールのウェブの端部とパッドプレートの端部の中間に配置すること。（**図 19(a)(b)(c)**参照）
- 縦通防撓材で支持する場合，少なくともゾーン A の前後直近に配置される横部材まで，ビルジキールのウェブと

同一線上に設けること。（図 19(b)及び図 20(e)参照）

上記と同等と判断される場合は，他の端部配置も認めることがある。

7.6 入渠

7.6.1 一般

入渠配置に関しては，本規則ではカバーされない。

二重底構造は，船舶の入渠により作用する外力に耐えなければならない。

7.6.2 ドッキングブラケット

船底外板とセンターガーダに固着するドッキングブラケットは，隣接する船底縦通部材に固着しなければならない。

8. 二重船側構造

8.1 一般

8.1.1

船側外板及び二重船側部を形成する縦通隔壁は，原則として縦式構造としなければならない。船側外板が縦式構造の場合は，二重船側部を形成する縦通隔壁も縦式構造としなければならない。他の構造様式は，本会の適当と認めるところによる。

8.1.2

ばら積貨物船において二重船側内を空所とする場合，当該区画の境界となる構造部材は，構造上，バラストタンクとして設計しなければならない。この場合，空気管は，乾舷甲板の船側における上面から 0.76m 上方まで延びていると考えること。腐食予備厚については，空所として取扱うこと。

8.2 構造配置

8.2.1 主要支持部材

船側横桁は，ホッパタンク内の横桁と同一線上に配置しなければならない。また，船側横桁は，トップサイドタンク内の横桁又は大きなブラケットと同一線上に配置しなければならない。

垂直主要支持部材を，ばら積貨物船のハッチエンドビーム又は同様の甲板の大開口を支える横部材に設けなければならない。

原則として，水平なサイドストリンガを，船首隔壁の後方に船首端から 0.2L_{CSR} の位置まで，船首倉のストリンガに沿って設けなければならない。

8.2.2 横式防撓材

船側及び二重船側に横式防撓材を設ける場合は，二重船側の高さまで連続させるか，端部ブラケットを設けなければならない。横式防撓材は，ストリンガに有効に固着しなければならない。船側及び二重船側の防撓材は，上端及び下端において，ストリンガにブラケットにより固着しなければならない。

8.2.3 縦式防撓材

船側及び二重船側に縦式防撓材を設ける場合は，貨物倉区域の平行部にわたり連続させなければならない。縦式防撓材は，貨物倉の隔壁に沿った横隔壁にはソフトトウブラケットを設け，二重船側の横桁と有効に固着しなければならない。

船側の縦式構造は，実行可能な限り貨物倉区域の外側まで延長しなければならならい。

8.2.4 舷側厚板

舷側厚板の鋼板一条の幅は，0.8+L_{CSR} /200m（垂直に測る）以上としなければならない。ただし，1.8m を超える必要はない。

舷側厚板は，梁上側板に溶接されるもの又は丸型ガンネルのいずれとしても差し支えない。

丸型ガンネルとする場合，その半径は 17t_s (mm) 以上としなければならない。ここで，t_s は舷側厚板のネット板厚 (mm) とする。

溶接される舷側厚板の上縁は，面とりを行い，ノッチがないようにしなければならない。ブルワーク，アイプレートのような取り付け物は，船首尾を除き，舷側厚板の上縁に直接溶接してはならない。船長方向に滑らかな形状の通水孔は認めることがある。

丸型ガンネルのシーム溶接の位置は，湾曲部から舷側厚板の最大ネット板厚の 5 倍以上離さなければならない。

中央部 0.6L_{CSR} 間では，丸型ガンネルへの甲板艤装品の溶接を避けなければならない。

船楼の配置に伴い，丸型ガンネルより角のある舷側厚板へ変化する箇所は，いかなる構造の不連続も避けるよう設計し

なければならない。

8.2.5　板の継手

二重船側縦通隔壁と内底板との取り合いは，応力集中を避けるように設計しなければならない。

二重船側縦通隔壁及び内底板とビルジホッパタンクとの取り合いは，主要支持部材によって支持しなければならない。

9.　甲板構造

9.1　構造配置

9.1.1　構造様式

縦強度に寄与する甲板構造は，縦式構造としなければならない。

9.1.2　梁上側板

梁上側板の鋼板一条の幅は，$0.8+L_{CSR}/200m$（甲板に平行に測る）以上としなければならない。ただし，$1.8m$ を超える必要はない。

丸型ガンネルの場合は，**8.2.4** の規定による。

9.1.3　甲板室及び船楼の取り合い

甲板室及び船楼と強力甲板が取り合う箇所は，甲板下の支持構造へ荷重が伝達するよう設計しなければならない。

9.2　甲板部材寸法

9.2.1

甲板防撓材のウェブ深さは，$60mm$ 以上としなければならない。

主要支持部材のウェブ深さは，タンク内では曲げスパンの 10%，ドライスペース内では曲げスパンの 7%以上としなければならず，スロットにカラープレートが設けられない場合は，スロット深さの 2.5 倍以上としなければならない。曲げスパンは **3 章 7 節** の規定によるものとし，格子構造の場合は他の主要支持部材と取合う位置間の距離とする。

10.　隔壁構造

10.1　適用

10.1.1

本規定は，平板及び波形の縦通隔壁及び横隔壁に適用する。

10.2　一般

10.2.1

隔壁に付く垂直主要支持部材のウェブ高さは，底部から甲板まで徐々にテーパさせることができる。

10.2.2

隔壁は甲板桁近傍を補強しなければならない。

10.2.3

ガーダ又は梁柱を支える隔壁，又はガーダの代りに設けられる縦通隔壁は，同じ位置に設ける場合に必要とされる支柱又は梁柱と同等以上の支持が可能となるよう補強しなければならない。

10.2.4

貨物油管又はバラスト管が隔壁を貫通する場合，貫通部近傍の構造配置は，配管内の動水力によって隔壁に作用する荷重に対し適切なものとなければならない。

10.3　平板隔壁

10.3.1　一般

平板隔壁の防撓は，水平式又は立て式とすることができる。

水平式隔壁は，水平防撓材と，この水平防撓材を支持する立て主要支持部材で構成される。

立て式隔壁は，垂直防撓材と，この垂直防撓材を支持する水平ストリンガ（必要な場合）で構成される。

ビルジホッパタンク及びトップサイドタンクの水密隔壁の隔壁防撓材のウェブは，斜板の縦通防撓材のウェブと合わせなければならない。

フロアを平板横隔壁と同一平面に設けなければならない。

10.3.2　防撓材の端部固着

水密隔壁を貫通する防撓材の貫通部は，水密としなければならない。

防撓材の端部は，ブラケットにより固着しなければならない。船体形状によりブラケットによる端部固着が困難である例外的な箇所においては，スニップ端を含む他の配置を認めることがある。

10.3.3　防撓材のスニップ端

スニップ端の防撓材は，作用する水圧が **3.4** の規定を満足することを条件に，隔壁へ設けて差し支えない。

10.4　波形隔壁

10.4.1　一般

型深さが $18m$ 以上の船舶については，立て式波形構造とする水密横隔壁に，下部スツール及び原則として甲板下に設ける上部スツールを備えなければならない。型深さが $16m$ 以上の船舶については，タンク境界及びバラスト兼用倉等の液体による荷重を受ける立て式の波形水密横隔壁には，下部スツール及び原則として甲板下に設ける上部スツールを設けなければならない。その他の波形隔壁については，内底板から上甲板まで波形隔壁として差し支えない。

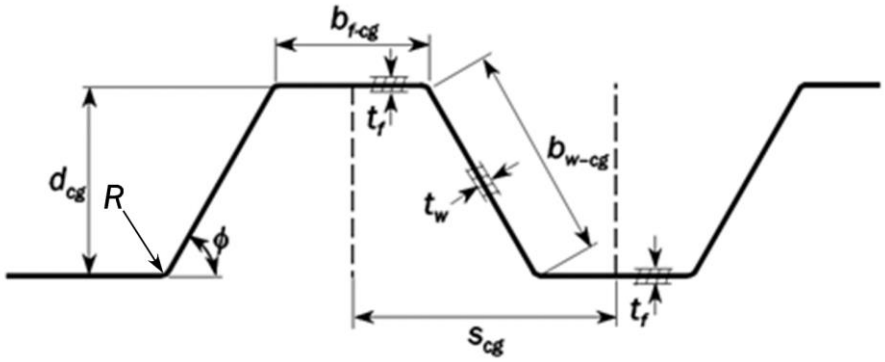
10.4.2　構造

波形隔壁の主要な寸法 $b_{f\text{-}cg}$, R, $b_{w\text{-}cg}$, d_{cg}, t_f, t_w, s_{cg} を，**図 21** に示す。

波形隔壁の波形の角度ϕは，55 度未満としてはならない。

波形隔壁の角部を，波形に沿って溶接施工する場合は，溶接手順を提出し本会の承認を受けなければならない。

図 21　　波形隔壁の寸法



10.4.3　波形隔壁の深さ

波形部の深さd_{cg}（mm）は，次に示す値以上としなければならない。

$$d_{cg} = \frac{1000\ell_c}{C}$$

ℓc　：　波形部の平均スパン（m)で，**10.4.5** の規定による。

C　：　係数で，次による。

タンク及びバラスト兼用倉の隔壁：$C = 15$

貨物倉の隔壁：$C = 18$

10.4.4　波形部の断面係数

波形部のネット断面係数（cm^3）は，次の算式による。

$$Z = \left[\frac{d_{cg}\left(3b_{f-cg}t_f + b_{w-cg}t_w\right)}{6}\right]10^{-3}$$

t_f, t_w：　波形部のネット板厚（mm）（**図 21** 参照）

d_{cg}, b_{f-cg}, b_{w-cg}：　波形部の寸法（mm）（**図 21** 参照）

隔壁端部においてウェブの連続性を保持できない場合，波形隔壁のネット断面係数（cm^3）は，次の算式によらなければならない。

$$Z = 0.5b_{f-cg}t_f d_{cg}10^{-3}$$

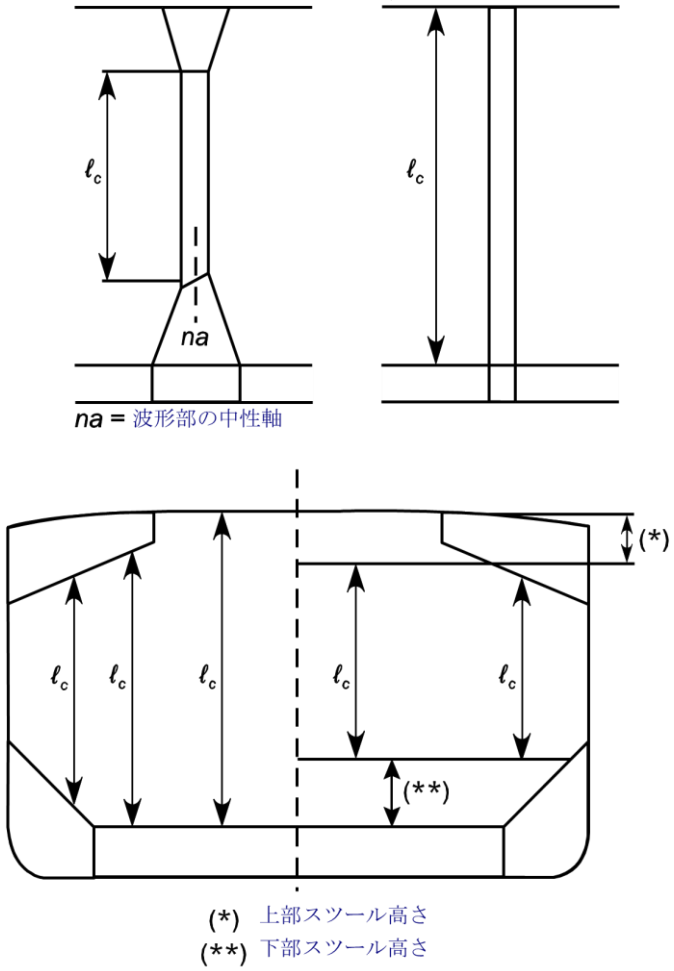
10.4.5　波形部のスパン

波形部のスパンℓcは，**図 22** に示す長さとしなければならない。

ℓcの定義において，船体中心線における上甲板から上部スツール底板までの距離は，次の値以下としなければならない。

- 台形スツールの場合，波形部の深さの 3 倍
- 方形スツールの場合，波形部の深さの 2 倍

図 22　波形部のスパン



10.4.6　構造配置

波形隔壁が主要支持部材と交差する場合，主要支持部材の両側で波形隔壁を同一線上に配置しなければならない。

10.4.7　隔壁の端部支持

波形隔壁の強度上の連続性は，波形隔壁の端部において保持されなければならない。

隔壁に下部スツールを設ける場合，フロア又はガーダを下部スツールの側板下に配置しなければない。隔壁に下部スツールを設けない場合，フロア又はガーダを立て式波形横隔壁のフランジ下に設けなければならない。

支持するフロア又はガーダは，せん断に対して適切に設計された板部材により，互いを結合しなければならない。

上部スツールを設けない場合，甲板には波形隔壁のフランジ上に横式又は縦式防撓材を設けなければならない。

隣接構造（例えば，二重船側縦通隔壁，船側外板，縦通隔壁，トランク等）に固着する波形隔壁のフランジが，代表的な波形隔壁のフランジの幅の 50%より小さい場合は，固着部の高度解析が要求される。

10.4.8　隔壁スツール

スツール側板は，波形隔壁のフランジと同一線上に配置しなければならない。

10.4.9　下部スツール

下部スツールを設ける場合，下部スツールの高さは，原則として次に示す値以上としなければならない。

- ばら積貨物船の場合：波形部の深さの 3 倍
- 油タンカーの場合：波形部の深さ

スツール側板に垂直防撓材を設ける場合，防撓材の端部は，スツールの上下端にブラケットを設け固着しなければなら

ない。下部スツール内の側板に付く垂直防撓材及びブラケットは，内底板の構造部材（縦通部材等）の同一線上に配置しなければならない。下部スツール側板は，内底板と下部スツール頂板の間にナックル部を設けてはならない。

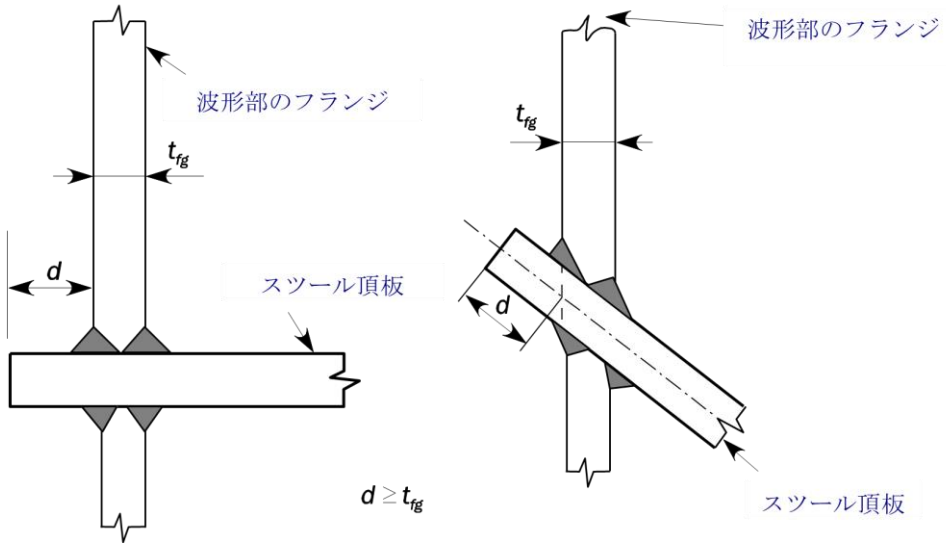
スツール頂板の端部から波形隔壁のフランジ表面までの距離 d は，図 23 による。

スツール側板の下部は，構造に応じて二重底のフロア又はガーダと取り合うように設け，スツール底部の幅は次に示す値以上としなければならない。

- ばら積貨物船の場合：波形部の 2.5 倍の深さ
- 油タンカーの場合：波形部の深さ

スツール内には，ボトムガーダ又はフロアの位置に，ダイヤフラムを設けなければならない。スツール内に設けるブラケット及びダイヤフラムには，スツール頂板との取り合い部においてスカラップを設けてはならない。

図 23　　スツール頂板の端部から波形隔壁のフランジ表面までの許容距離 d



スツール側板とスツール頂板及び内底板との固着は，完全溶込み溶接又は部分溶込み溶接としなければならない。スツール側板を支持するフロアと内底板との固着は，完全溶込み溶接又は部分溶込み溶接としなければならない。

10.4.10　上部スツール

上部スツールを設ける場合，上部スツールの高さは，次に示す値としなければならない。

- ばら積貨物船の場合：波形部の深さの 2 倍以上
- 油タンカーの場合：少なくとも波形部の深さ

方形スツールの場合，原則として，ハッチサイドガーダの位置における上甲板位置又は二重船側部における上甲板位置から測った高さは，波形部の深さの 2 倍の高さとしなければならない。上部スツールには，甲板横桁又はハッチエンドビームと取り合うよう，ブラケット又は深いウェブを設けなければならない。

横隔壁の上部スツールは，隣接するハッチエンドビームとの間にデッキガーダ又は深いブラケットを設け支持すること。上部スツール底板の幅は，原則として，下部スツール頂板の幅と等しくしなければならない。ばら積貨物船における台形スツール頂板の幅は，波形部の深さの 2 倍以上としなければならない。スツール側板に垂直防撓材を設ける場合は，防撓材の端部は，スツールの上下端にブラケットを設け固着しなければならない。

スツール内には，ハッチエンドビーム又は甲板横桁まで延長してあるデッキガーダの位置にダイヤフラムを設けなければならない。スツール内に設けるブラケット及びダイヤフラムには，スツール底板との取り合い部においてスカラップを設けてはならない。

10.5　非水密隔壁

10.5.1　一般

原則として，制水隔壁の開口は，大きな半径の開口とし，総面積は隔壁の面積の 10%未満としてはならない。非水密隔壁の面積はタンク境界を覆う一平面の全断面積とする。

10.5.2　梁柱を兼ねない非水密隔壁

原則として，梁柱を兼ねない非水密隔壁に付く防撓材の最大心距は，次に示す値としなければならない。

・ 横隔壁の場合：0.9m

・ 縦通隔壁の場合：肋骨心距の 2 倍。ただし，最大 1.5m とする。

隔壁に付く防撓材のネット板厚（mm）は，次に示す値以上としなければならない。

$$t = 3 + 0.015L_2$$

平鋼の場合，防撓材の深さは，原則として防撓材の長さの 1/12 以上としなければならない。**10 章 4 節 2.2** 及び **8 章**の規定を満足する場合は，防撓材の深さを防撓材長さの 1/12 未満として差し支えない。

10.5.3　梁柱を兼ねる非水密隔壁

梁柱を兼ねる非水密隔壁には防撓材を設け，その防撓材の最大心距は，次に示す値としなければならない。

・ 肋骨心距が 0.75m を超えない場合：肋骨心距の 2 倍

・ 肋骨心距が 0.75m を超える場合：肋骨心距

非水密隔壁が波形隔壁の場合，波形部の深さは 100mm 以上としなければならない。

垂直防撓材は，付き板のネット板厚の 35 倍，防撓材の長さの 1/12 又は防撓材の心距のうち最も小さい値を有効幅として，作用荷重に対し，**6 章**の規定を満足しなければならない。

10.6　トランク及びトンネルの水密隔壁

10.6.1

水密のトランク，トンネル，ダクトキール及び通風筒は，それぞれの対応する高さにおける水密隔壁と同一の強度としなければならない。これらを水密にする手段及び開口の閉鎖装置の配置は，本会の適当と認めるところによる。

11.　梁柱

11.1　一般

11.1.1

梁柱は，可能な限り，同一垂直線上に設けなければならない。これにより難い場合は，荷重を下部の支持構造に伝達するのに有効な方法を講じなければならない。梁柱の上下端の配置は，荷重を有効に分散できるようなものとすること。梁柱が偏心荷重を支持する場合は，偏心荷重による曲げモーメントに対して強度を増さなければならない。

11.1.2

梁柱は，ボトムガーダの線上又は実行可能な限りその近くに設け，その上下端固着部は，十分な強度を有し，荷重を有効に分散する構造としなければならない。

内底板に設ける梁柱がフロアとガーダの交差部に配置されない場合，必要に応じて，部分的なフロア若しくは部分的なガーダ又は同等の構造を設なければならない。

11.1.3

タンク内に設ける梁柱は，中実又は開断面のものとしなければならない。

流体圧力が梁柱に引張応力をもたらす場合，梁柱及びその端部固着部の引張応力は，材料の最小降伏応力の 45%を超えてはならない。

11.2　固着

11.2.1

梁柱の上下端は，必要に応じて，厚いダブリングプレート及びブラケットで固着しなければならない。本会が適当と認める場合，ダブリングプレートの設置について代替配置を認めることがある。引張荷重を受けることのある梁柱の上下端は，その荷重に耐えうるよう十分に固着し，ダブリングプレートに代えてインサートプレートを設けなければならない。

ダブリングプレートを設ける場合，そのネット板厚は，梁柱のネット板厚の 1.5 倍以上としなければならない。

梁柱の上下端は，連続溶接で固着しなければならない。

7節　構造の理想化

記号

本節に規定されない記号については，**1章4節**による。

φ_w：　防撓材又は主要支持部材のウェブと付き板のなす角度（*deg*）。（防撓材については**図14**及び主要支持部材については**10章1節図5**参照）　φ_wが75度以上105度以下の場合，90度とする。

ℓ_{bdg}：　有効曲げスパン（*m*）で，防撓材は**1.1.2**の規定，主要支持部材は**1.1.6**の規定による。

ℓ_{shr}：　有効せん断スパン（*m*）で，防撓材は**1.1.3**の規定，主要支持部材は**1.1.7**の規定による。

ℓ：　防撓材又は主要支持部材の全長（*m*）で，支点間距離とする。

s：　防撓材の心距（*mm*）で，**1.2**の規定による。

S：　主要支持部材の心距（*m*）で，**1.2**の規定による。

a：　*EPP*の長さ（*mm*）で，**2.1.1**の規定による。

b：　*EPP*の幅（*mm*）で，**2.1.1**の規定による。

h_{stf}：　面材を含む防撓材の高さ（*mm*）

t_p：　付き板のネット板厚（*mm*）

t_w：　ウェブのネット板厚（*mm*）。バルブ断面については**1.4.1**参照

b_f：　フランジの幅（*mm*）。（**3章2節図2**参照，バルブ断面については**1.4.1**参照）

t_f：　フランジのネット板厚（*mm*）

PSM：　主要支持部材

EPP：　基本板パネル

LCP：　荷重計算点

1.　防撓材及び主要支持部材の構造の理想化

1.1　有効スパン

1.1.1　一般

本節の定義と異なる配置の場合，スパンの定義は特別に考慮すること。

1.1.2　防撓材の有効曲げスパン

防撓材の有効曲げスパンℓ_{bdg}は，単船殻構造の場合は**図1**，二重船殻構造の場合は**図2**のとおり測ったものとしなければならない。

防撓材の有効曲げスパンは，ウェブ防撓材がスニップ端又は防撓材に固着しない場合，裏側にブラケットを設けない限り，主要支持部材間の全長としなければならない。（**図1**参照）

ブラケットが防撓材のフランジ又は遊縁に固着している場合は，有効曲げスパンを減じて差し支えない。防撓材の反対側（付き板側）に設けられるブラケットは，有効曲げスパンを減じるのに有効と考えてはならない。

単船殻構造において，主要支持部材のウェブの片側からブラケット又はウェブ防撓材により支持する防撓材の有効曲げスパンは，主要支持部材間を全スパンとしなければならない。（**図1(a)**参照）主要支持部材の両側にブラケットを設ける場合は，有効曲げスパンは**図1(b)**，**(c)**及び**(d)**に示すとおりとする。

図 1　　ウェブ防撓材に支持される防撓材の有効曲げスパン（単船殻構造）

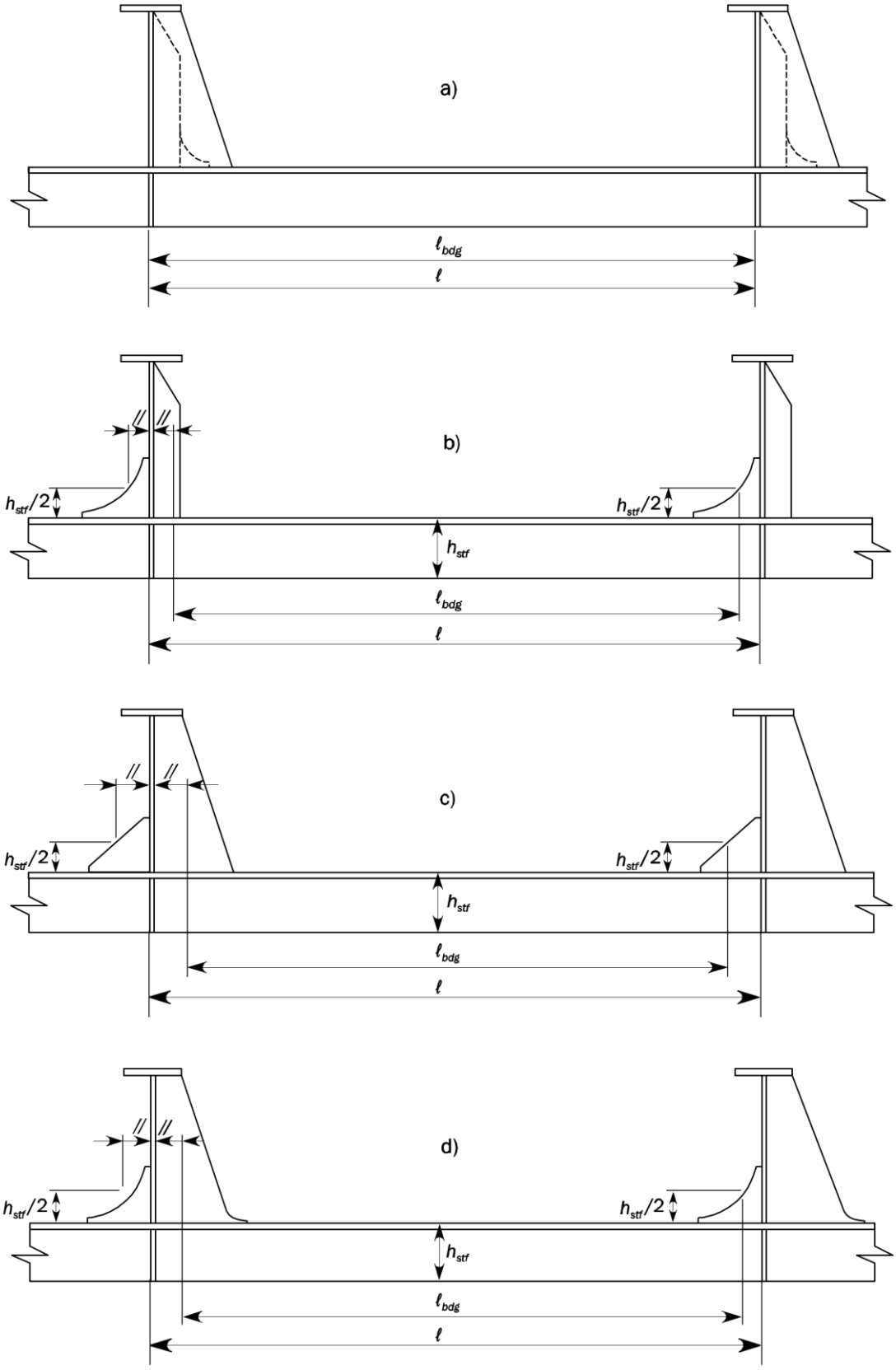
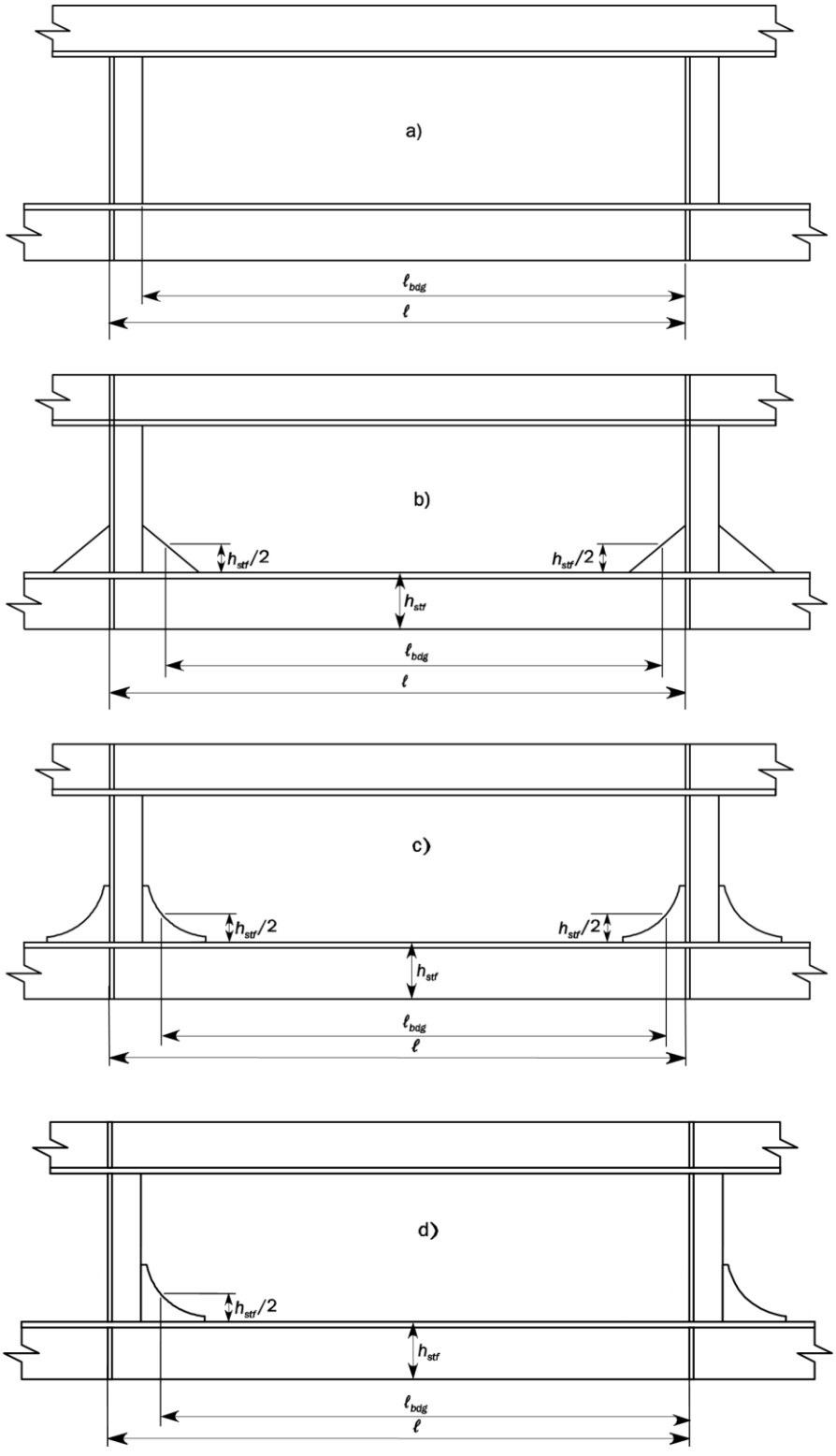
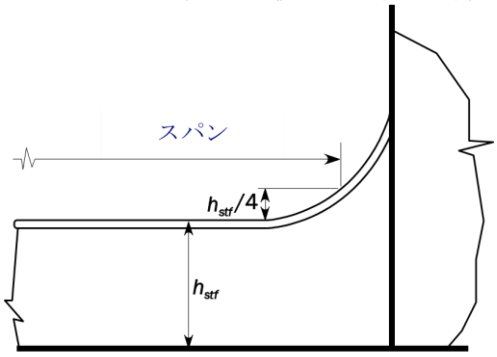


図 2　　ウェブ防撓材に支持される防撓材の有効曲げスパン（二重殻構造）



防撓材の面材がブラケットの縁に沿って連続している場合，有効曲げスパンは，ブラケットの深さが防撓材の深さの1/4となる位置までとしなければならない。（図 3 参照）

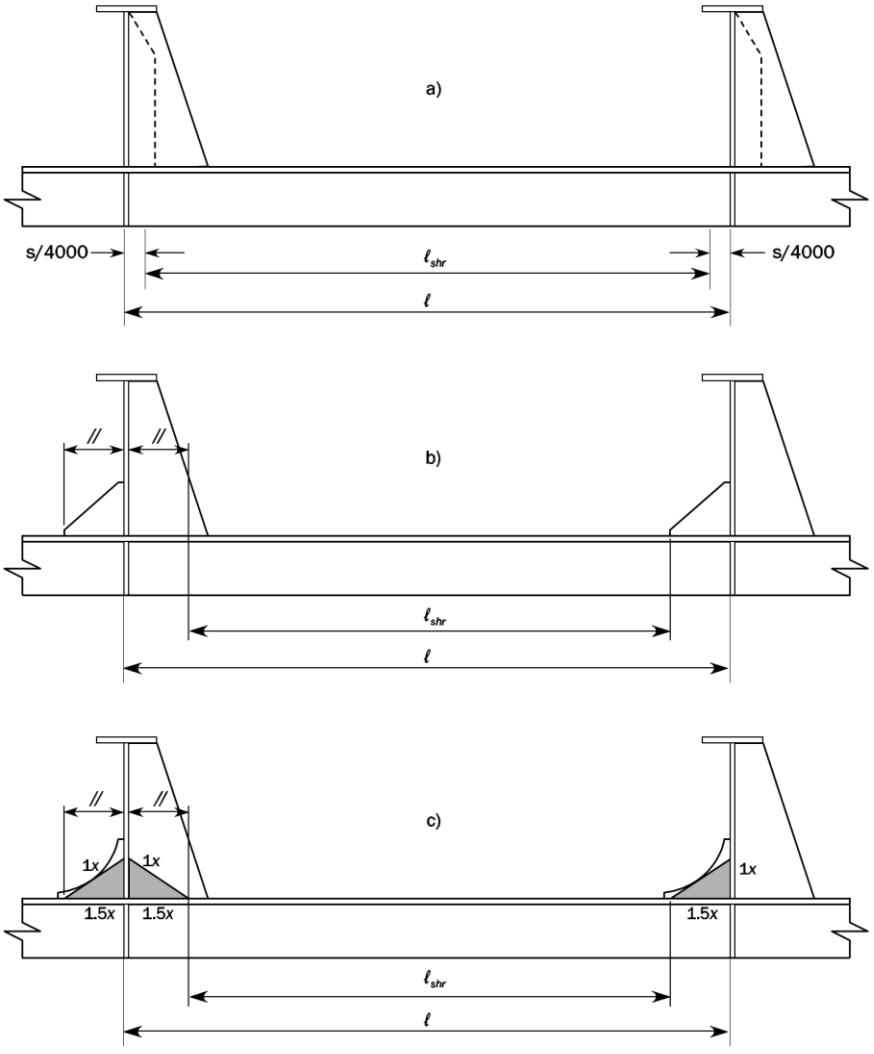
図 3　　面材がブラケットに沿って連続する局部支持部材の有効曲げスパン



1.1.3　防撓材の有効せん断スパン

防撓材の有効せん断スパンℓ_{shr}は，単船殻構造の場合は図 4，二重船殻構造の場合は図 5 のとおり測ったものとしなければならない。

図 4　　ウェブ防撓材に支持される防撓材有効せん断スパン（単船殻構造）



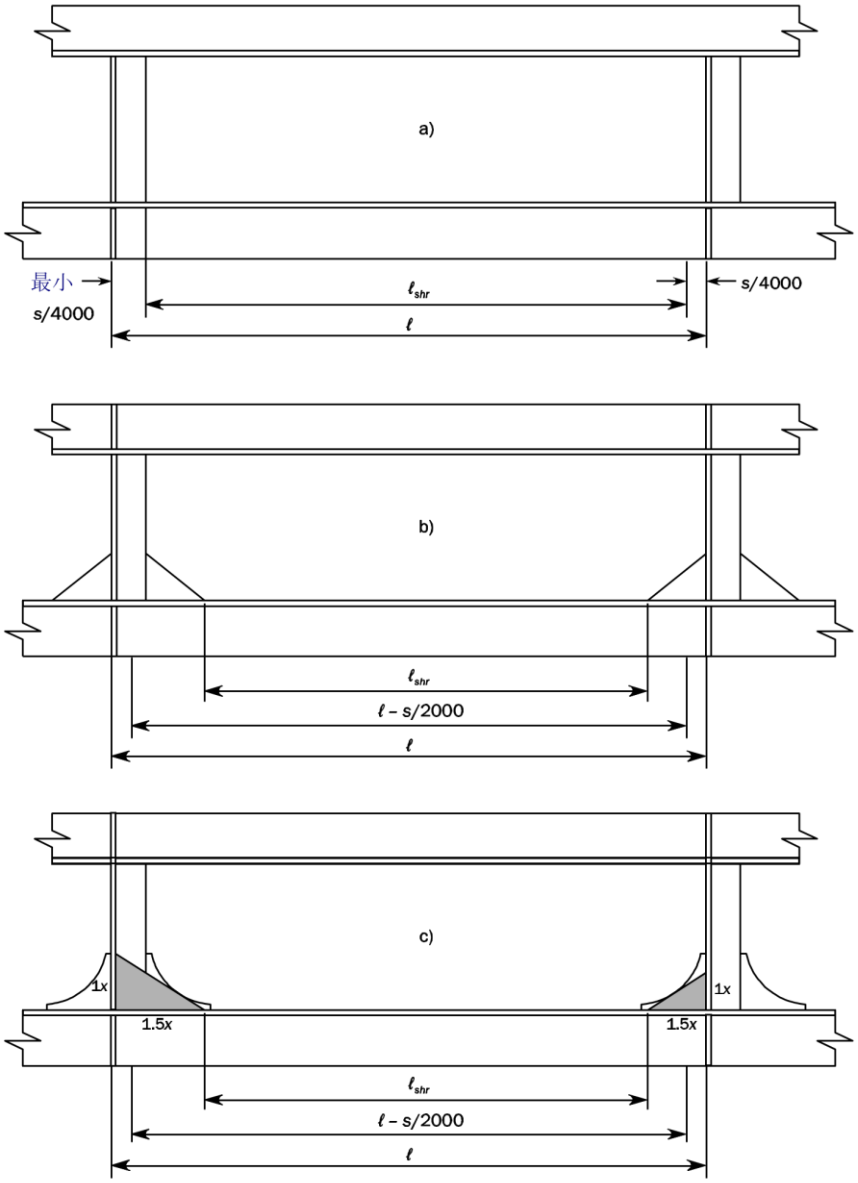
有効せん断スパンは，防撓材のフランジ又は遊縁，もしくは防撓材の反対側（付き板側）にブラケットを設けた場合は減じて差し支えない。

防撓材のフランジ又は遊縁，及び防撓材の反対側（付き板側）にブラケットを設ける場合，有効せん断スパンは，有効なブラケットの腕の長さのうち長い方を用いて減じて差し支えない。

支持構造の詳細に関わらず，防撓材の全長は各端部において最小 s/4000（m）減じることができる。すなわち，有効せん断スパンℓ_{shr}は，次に示す値を超えてはならない。

$$\ell_{shr} \leq \ell - \frac{s}{2000}$$

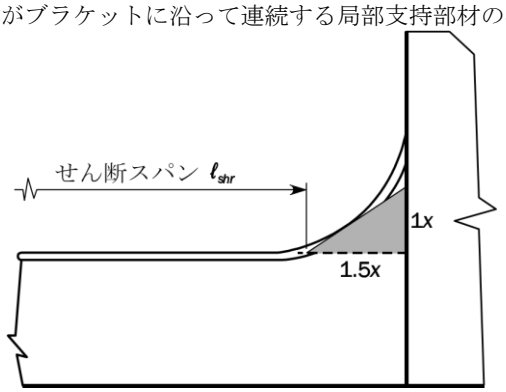
図 5　　ウェブ防撓材に支持される防撓材の有効せん断スパン（二重船殻構造）



湾曲したブラケット及び長いブラケット（長さ/高さの比が高いもの）にあっては，有効ブラケット長さは，ブラケットを 1：1.5 の比で内接する最大の直角三角形に置き換えて測らければならない。（図 4(c)及び図 5(c)参照）

防撓材の面材がブラケットの縁に沿って連続している場合，スパン算出の際に考慮するブラケット長さは，ブラケットの腕の長さの 1.5 倍以下としなければならない。（図 6 参照）

図 6　　面材がブラケットに沿って連続する局部支持部材の有効せん断スパン



1.1.4　防撓材のスパンに影響を与える船体形状

湾曲した防撓材の場合，スパンはスパンポイント間の弦の長さとし，防撓材のフランジ（フランジがある場合）及び防撓材の遊縁（平鋼の場合）の位置で測ったものとする。有効スパンの計算は，1.1.2 及び 1.1.3 の規定による。

1.1.5　支柱に支持される防撓材の有効スパン

長さが 120*m* を超える船舶については，防撓材を支柱で支持する配置は認められない。

主要支持部材間中央の 1 本の支柱に支持される防撓材のスパンℓは，$0.7\ell_2$としなければならない。

主要支持部材間の長さ 1/3 及び 2/3 の位置に 2 本の支柱が設けられる場合，防撓材スパンℓは$0.7\ell_2$としなければならない。

ここで，ℓ_1及びℓ_2は図 7 及び図 8 による。

図 7　　1 本の支柱に支持される防撓材のスパン

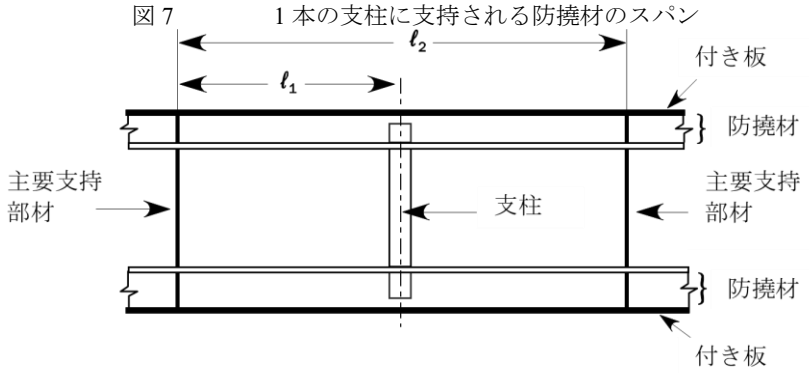


図 8　　2 本の支柱に支持される防撓材のスパン

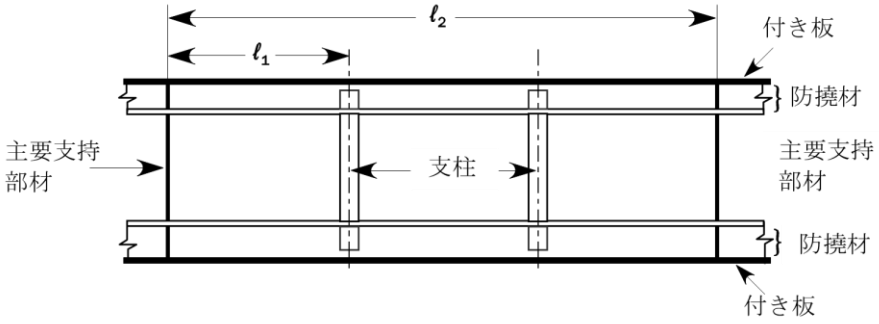


図 9　　主要支持部材の有効曲げスパン

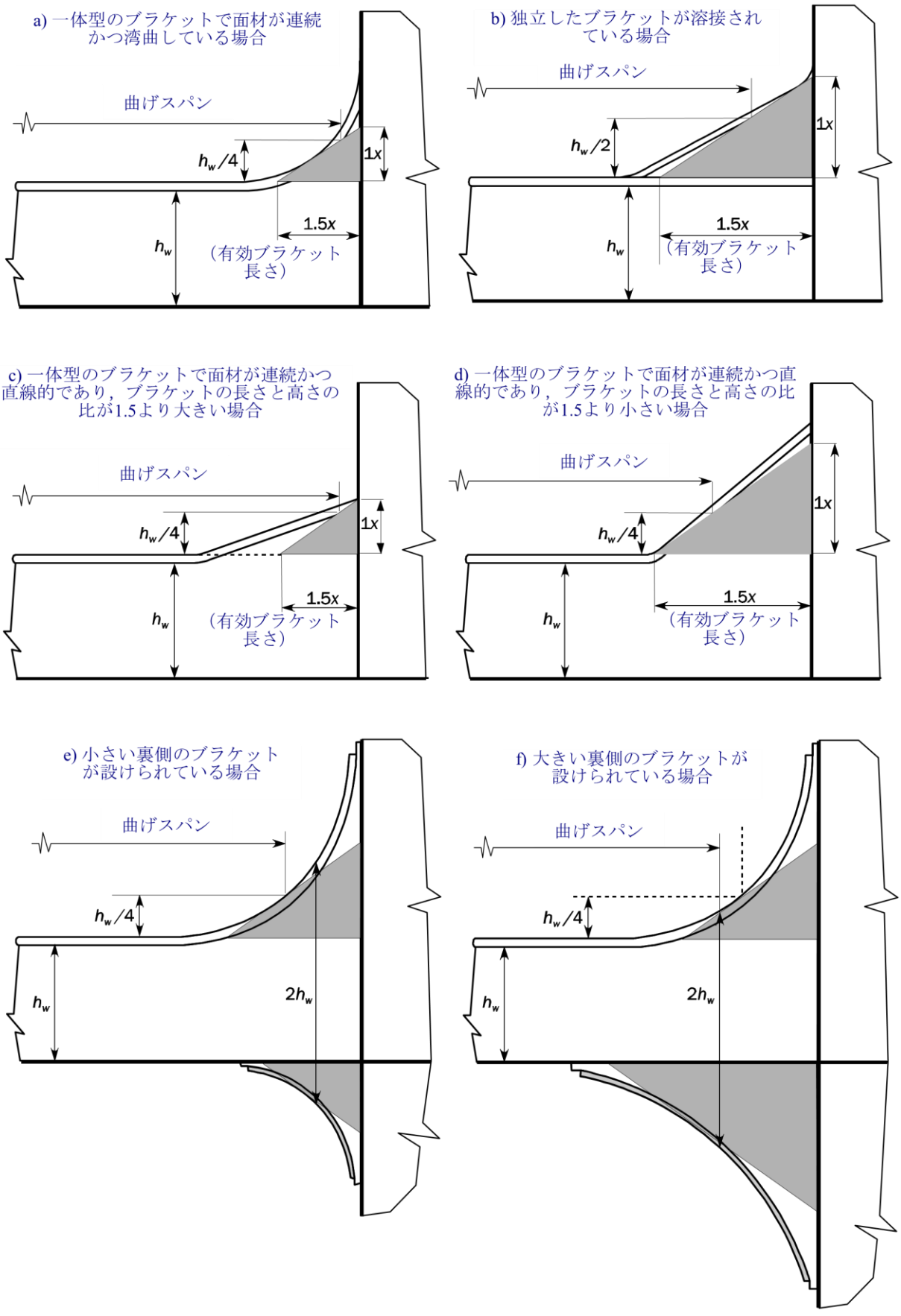
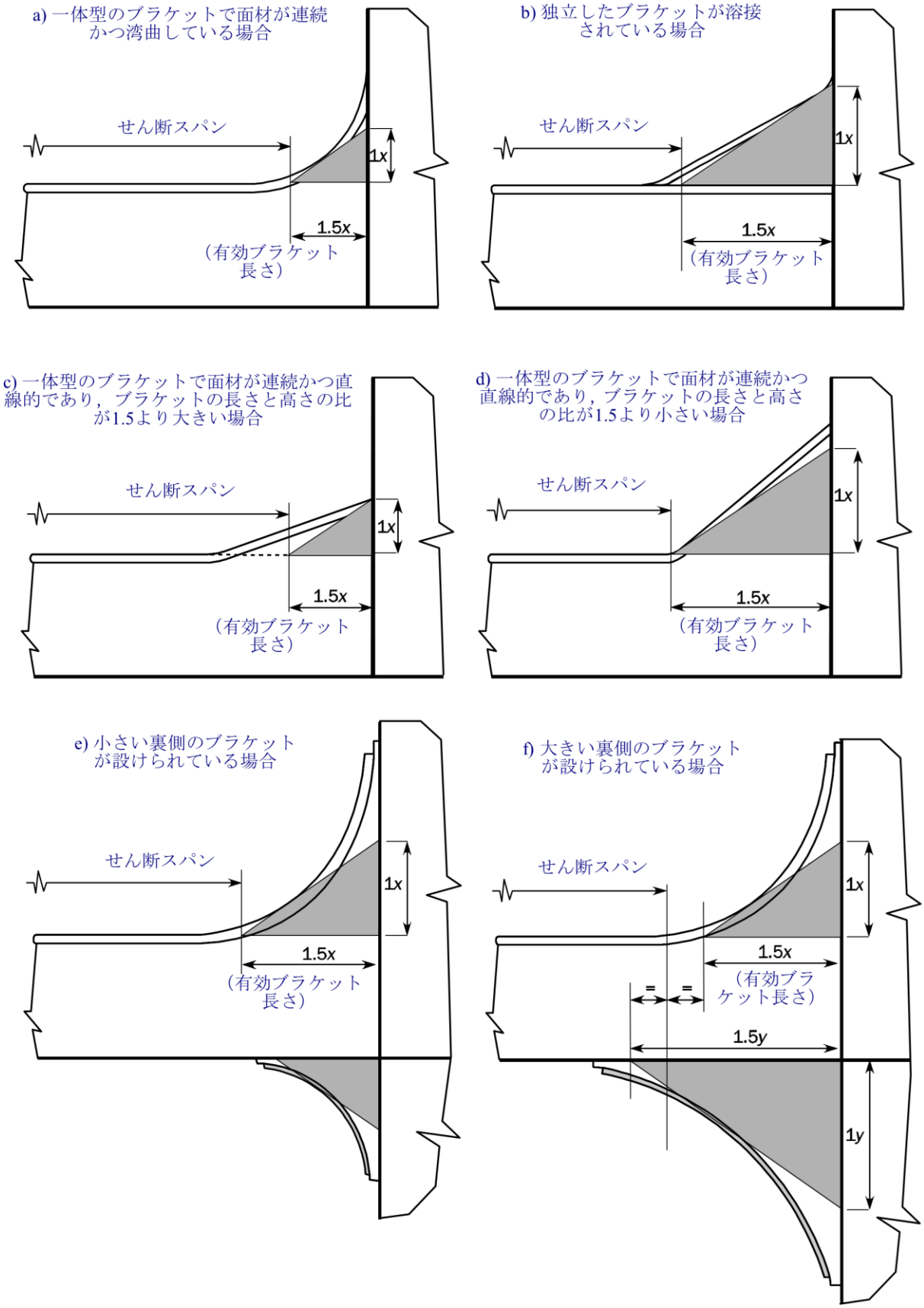


図 10　　主要支持部材の有効せん断スパン



1.1.6　主要支持部材の有効曲げスパン

端部にブラケットを設けない主要支持部材の有効曲げスパンℓ_{bdg}（m）は，支点間の長さとしなければならない。

主要支持部材の有効曲げスパンℓ_{bdg}は，適切な端部ブラケットが設けられた支点間では，全長より減じて差し支えない。

端部にブラケットが設けられた主要支持部材の有効曲げスパンℓ_{bdg}（m）は，ブラケット深さが主要支持部材のウェブ高さの半分となる位置までの長さとする。（**図 9(b)**参照）スパンポイントの定義に用いる有効ブラケットについては，**1.1.8** の規定による。

主要支持部材の面材がブラケットの面材に連続している場合（**図 9(a)**，**(c)**及び**(d)**参照）は，有効曲げスパンℓ_{bdg}（m）は，ブラケット深さが主要支持部材のウェブ高さの 1/4 となる位置（以下，「高さ h_w/4 の位置」という）までの長さとする。スパンポイントの定義に用いる有効ブラケットについては，**1.1.8** の規定による。

高さに対する長さの比が 1.5 を超える直線的なブラケットの場合は，有効曲げスパンは有効ブラケットにおける高さ h_w/4 の位置までとし，高さに対する長さの比が 1.5 より小さい直線的なブラケットの場合は，有効曲げスパンは設けるブラケットにおける高さ h_w/4 の位置までとしなければならない。

湾曲しているブラケットにあっては，設けるブラケットと有効ブラケットの接点が高さ h_w/4 の位置より上方にある場合，有効曲げスパンは設けるブラケットにおける高さ h_w/4 の位置までとし，設けるブラケットと有効ブラケットの接点が高さ h_w/4 の位置より下方にある場合は，有効曲げスパンは有効ブラケットにおける高さ h_w/4 の位置までとしなければならない。

主要支持部材の面材がブラケットと連続し，裏側にブラケットが付く構造配置の場合，有効曲げスパンは，合計深さが主要支持部材の深さの 2 倍に達する点より大きく取る必要はない。裏側のブラケットが大きい場合及び小さい場合の配置を**図 9(e)**及び**(f)**に示す。

主要支持部材の高さが十分に保たれ，面材の幅を支点方向に増している場合，有効曲げスパンは面材の幅が公称幅の 2 倍となる位置までとして差し支えない。

1.1.7　主要支持部材の有効せん断スパン

主要支持部材の有効せん断スパンは，有効曲げスパンに対し減じることができ，有効ブラケットの内端が**図 10** に示されるような場合，主要支持部材を支える有効ブラケットの内端間として差し支えない。内端の定義に用いる有効ブラケットは，**1.1.8** の規定による。

裏側の有効ブラケットが面材側の有効ブラケットより大きい場合，有効せん断スパンは，裏側の有効ブラケット内端と面材側の有効ブラケット内端の中間点までの長さとしなければならない。（**図 10(f)**参照）

1.1.8　有効ブラケットの定義

有効ブラケットは，設けるブラケット内部におさまる直角三角形のブラケットの最大サイズであり，その直角三角形の高さに対する長さの比は 1.5 とする。（例として，**図 9** 参照）

1.2　心距及び荷重支持幅

1.2.1　防撓材

防撓材の有効付き板を計算するための防撓材の心距 s（mm）は，次の算式のとおり隣接する防撓材との平均距離としなければならない。（**図 11** 参照）

$$s = \frac{b_1 + b_2 + b_3 + b_4}{4}$$

b_1, b_2, b_3, b_4：　防撓材の端部における，隣接する防撓材との距離（mm）

原則として，防撓材に支持される荷重幅は s としなければならない。

1.2.2　主要支持部材

主要支持部材の有効付き板を計算するための主要支持部材の心距 S は，次の算式のとおり隣接する主要支持部材との平均距離としなければならない。（**図 11** 参照）

$$S = \frac{b_1 + b_2 + b_3 + b_4}{4}$$

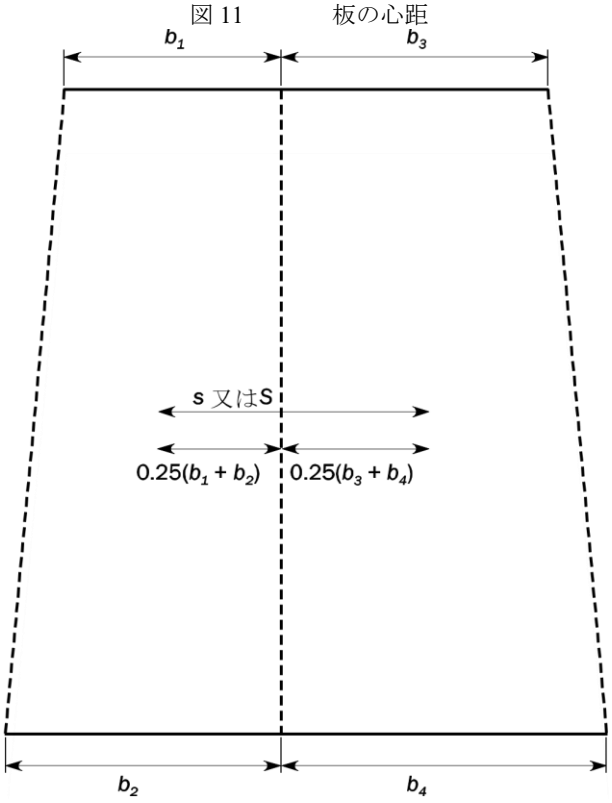
b_1, b_2, b_3, b_4：　主要支持部材の端部における，隣接する主要支持部材との距離

原則として，主要支持部材により支持される荷重幅は S としなければならない。

1.2.3　湾曲した板の心距

湾曲した板の場合，防撓材の心距又は主要支持部材の心距（s 又は S）は，隣接する部材間の弦の長さの平均としなければならない。

図 11　　板の心距



1.3　　有効幅

1.3.1　　防撓材

防撓材の降伏強度評価に用いる，防撓材の実際のネット断面係数の算出に使用する付き板の有効幅 b_{eff}（mm）は次によらなければならない。

- 付き板が防撓材の両側にある場合は，次の値のうちいずれか小さい方の値

$$b_{eff} = 200\ell$$

$$b_{eff} = s$$

- 付き板が防撓材の片側のみにある場合（例えば，開口周囲の防撓材）は，次の値のうちいずれか小さい方の値

$$b_{eff} = 100\ell$$

$$b_{eff} = 0.5s$$

ただし，付き板のネット板厚が $8mm$ より薄い場合は，有効幅は $600mm$ 以下としなければならない。

防撓材の座屈強度評価に用いる付き板の有効幅 b_{eff}（mm）は，**8 章 5 節 2.3.5** の規定による。

1.3.2　　主要支持部材

主要支持部材の断面係数及び断面二次モーメントの算出に使用する付き板の有効幅 b_{eff}（m）は，次によらなければならない。

$\left(\frac{\ell_{bdg}}{S\sqrt{3}}\right) \geq 1$の場合：$b_{eff} = S \cdot \min\left[\frac{1.12}{1+\frac{1.75}{\left(\frac{\ell_{bdg}}{S\sqrt{3}}\right)^{1.6}}}, 1.0\right]$

$\left(\frac{\ell_{bdg}}{S\sqrt{3}}\right) < 1$の場合：$b_{eff} = 0.407\frac{\ell_{bdg}}{\sqrt{3}}$

1.3.3　　主要支持部材の湾曲した面材及び付き板の有効面積

(a)及び**(b)**に規定する有効ネット面積は，主要支持部材の湾曲した面材及び付き板にのみ適用する。面材に平行なウェブ防撓材の面積には適用しない。

有効ネット面積は，次の計算における主要支持部材に適用する。

- **6 章**に規定する寸法要件と比較するために使用する実際のネット断面係数
- **7 章**においてビーム要素でモデル化する際の，湾曲する面材の実際の有効ネット面積

(a) 有効ネット面積 $A_{eff\text{-}n50}$（mm^2）は，次によらなければならない。

$A_{eff\text{-}n50} = C_f t_{f\text{-}n50} b_f$

C_f： フランジの有効係数で，次の算式による。ただし，1.0 を超えてはならない。

対称な面材の場合 $C_f = C_{f1}\frac{1.285}{\beta k_1}$

非対称な面材の場合 $C_f = 0.18 + \frac{0.08}{\beta^2}$

ボックスガーダの付き板の場合 $C_f = C_{f1}\frac{1.285}{\beta}$

C_{f1}： 係数で，次による。

・対称及び非対称の面材の場合： $C_{f1} = \frac{(\sinh k_1\beta\cosh k_1\beta + \sin k_1\beta\cos k_1\beta)}{(\cosh k_1\beta)^2 + (\cos k_1\beta)^2}$

・2 つのウェブを有するボックスガーダの付き板の場合： $C_{f1} = \frac{0.78(\sinh\beta + \sin\beta)(\cosh\beta - \cos\beta)}{(\sinh\beta)^2 + \sin^2\beta}$

・複数のウェブを有するボックスガーダの付き板の場合： $C_{f1} = \frac{1.56(\cosh\beta - \cos\beta)}{\sinh\beta + \sin\beta}$

k_1： 係数で，次による。

$\beta < 1.4$の場合： $k_1 = 1.4 + 1.25(1.4 - \beta)^3$

$\beta \geq 1.4$の場合： $k_1 = 1.4$

β： 係数で，次による。

$\beta = \frac{1.285 b_1}{\sqrt{r_f t_{f-n50}}}$（$rad$）

b_1： 幅（mm）で，次による。

- 対称な面材の場合： $b_1 = 0.5\,(b_f - t_{w\text{-}n50})$
- 非対称な面材の場合： $b_1 = b_f$
- ボックスガーダの付き板の場合： $b_1 = s_w - t_{w\text{-}n50}$

s_w： ボックスガーダのウェブの心距（mm）

$t_{f\text{-}n50}$： フランジのネット板厚（mm） 非対称な面材の C_f 及びβの計算では， $t_{f\text{-}n50}$ は $t_{w\text{-}n50}$ 以下としなければならない。

$t_{w\text{-}n50}$： ウェブのネット板厚（mm）

r_f ： 湾曲した面材又は付き板の半径（mm）で，板厚中心における値。（**図 12** 参照）

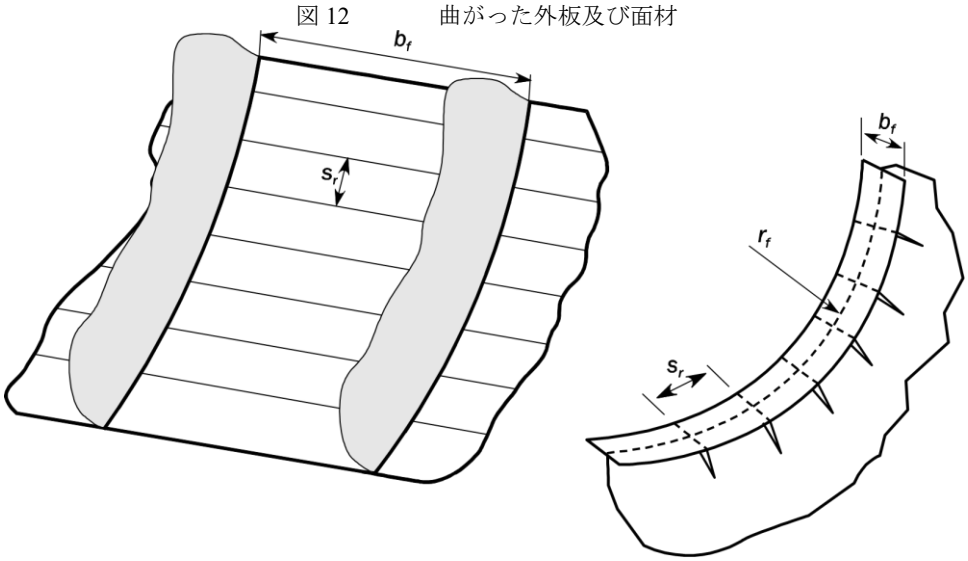
b_f ： 面材又は付き板の幅（mm）（**図 12** 参照）

(b) 放射状ブラケットに支持される湾曲した面材，又は円筒状防撓材に支持される付き板の有効ネット面積（mm^2）は，次による。

$A_{eff-n50} = \left(\frac{3r_f t_{f-n50} + C_f s_r^2}{3r_f t_{f-n50} + s_r^2}\right) t_{f-n50} b_f$

s_r： トリッピングブラケット，ウェブ防撓材又はウェブに垂直な防撓材の心距（mm）（**図 12** 参照）

図 12　　曲がった外板及び面材



1.4　　防撓材及び主要支持部材の幾何学的性能

1.4.1　　バルブ断面の防撓材形状

バルブ断面の性能は，直接計算により求めなければならない。

計算により求めることが困難な場合，バルブ断面は組立形鋼の断面と等価として差し支えない。等価な組立形鋼の断面のネット寸法（mm）は，次によらなければならない。

$$h_w = h'_w - \frac{h'_w}{9.2} + 2$$

$$b_f = \alpha\left(t'_w + \frac{h'_w}{6.7} - 2\right)$$

$$t_f = \frac{h'_w}{9.2} - 2$$

$$t_w = t'_w$$

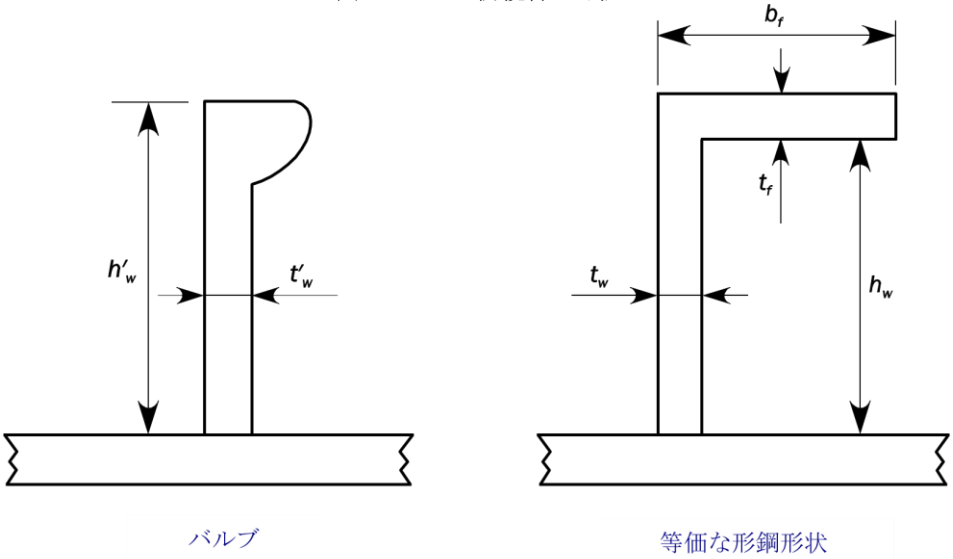
h'_w, t'_w：　バルブ断面のネット高さ及びネット板厚（mm）（図 13 参照）

α：係数で，次による。

$h'_w \leq 120$の場合：$\alpha = 1.1 + \frac{(120 - h'_w)^2}{3000}$

$h'_w > 120$の場合：$\alpha = 1.0$

図 13　　防撓材の寸法



1.4.2　防撓材の弾性ネットせん断面積

防撓材の弾性ネットせん断面積 A_{shr}（cm^2）は，次によらなければならない。

$$A_{shr} = d_{shr} t_w 10^{-2}$$

d_{shr}：　防撓材の有効せん断深さ（mm）で，**1.4.3** の規定による。

t_w：　防撓材のウェブのネット板厚（mm）で，**3 章 2 節図 2** による。

1.4.3　防撓材の有効せん断深さ

防撓材の有効せん断深さ d_{shr}（mm）は，次によらなければならない。

$$d_{shr} = \left(h_{stf} - 0.5t_{c-stf} + t_p + 0.5t_{c-pl}\right)\sin\varphi_w$$

h_{stf}：　防撓材の高さ（mm）で，**3 章 2 節図 2** による。

t_p：　防撓材の付き板のネット板厚（mm）で，**3 章 2 節図 2** による。

$t_{c\text{-}stf}$：　考慮する防撓材の腐食予備厚（mm）で，**3 章 3 節**による。

$t_{c\text{-}pl}$：　考慮する防撓材の付き板の腐食予備厚（mm）で，**3 章 3 節**による。

1.4.4　防撓材の弾性ネット断面係数及びネット断面二次モーメント

防撓材の弾性ネット断面係数 Z（cm^3）及びネット断面二次モーメント（cm^4）は，次によらなければならない。

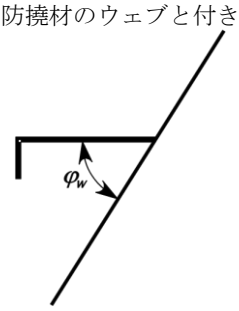
$$Z = Z_{stf}\sin\varphi_w$$

$$I = I_{st}\sin^2\varphi_w$$

Z_{stf}：　防撓材のネット断面係数（cm^3）で，付き板に対し垂直に配置される場合の値（すなわち，φ_w = 90 deg）

I_{st}：　防撓材のネット断面二次モーメント（cm^4）で，付き板に対し垂直に配置される場合の値（すなわち，φ_w = 90 deg）

図 14　　防撓材のウェブと付き板のなす角度



1.4.5　防撓材の有効塑性ネットせん断面積

衝撃荷重に対する評価に用いる防撓材の有効塑性ネットせん断面積 $A_{shr\text{-}pl}$（cm^2）は，次によらなければならない。

$$A_{shr\text{-}pl} = A_{shr}$$

A_{shr}：　弾性ネットせん断面積（cm^2）で，**1.4.2** の規定による。

1.4.6　防撓材の有効塑性ネット断面係数

衝撃荷重に対する評価に用いる防撓材の有効塑性ネット断面係数 Z_{pl}（cm^3）は，次によらなければならない。

75° ≤ φ_w ≤ 105°の場合：　$$Z_{pl} = \frac{f_w h_w^2 t_w}{2000} + \frac{(2\gamma-1)A_f h_{f-ctr}}{1000}$$

φ_w < 75°又はφ_w > 105°の場合：　$$Z_{pl} = \frac{f_w h_w^2 t_w \sin\varphi_w}{2000} + \frac{(2\gamma-1)A_f\left(h_{f-ctr}\sin\varphi_w - b_{f-ctr}|\cos\varphi_w|\right)}{1000}$$

f_w：ウェブのせん断応力係数で，次による。

・フランジのある防撓材で，n=1 又は 2 の場合：　f_w = 0.75

・フランジのある防撓材で，n=0 の場合：　f_w = 1.0

・平鋼の場合：　f_w = 1.0

n：　各部材の支持端部における塑性ヒンジの数で，0，1 又は 2 のいずれかとする。

次の場合，支持端部における塑性ヒンジと考えて差し支えない。

・　防撓材が支持点で連続である場合

・　防撓材が支持部材を貫通し，かつ，終端で隣接する防撓材へカーリング（又は同等構造）によって固着される場合

- 防撓材が曲げに対し有効な隣接防撓材（座屈防撓材ではない）に固着する場合
- 防撓材が曲げに対し有効なブラケットに固着する場合。ブラケットが他の防撓材（座屈防撓材ではない）に固着する場合，当該ブラケットは曲げに対し有効とみなす。

h_w：防撓材のウェブ深さで，次による。

- *T*，*L*（圧延及び組立）及び平鋼の場合：**3 章 2 節図 2** による。
- *L*2-断面の場合：**3 章 2 節図 3** による。
- バルブプレートの場合：**1.4.1** による。

γ： 係数で，次による。

$$\gamma = \frac{1+\sqrt{3+12\beta}}{4}$$

β：係数で，次による。

- $\beta = \frac{t_w^2 f_b \ell_{shr}^2}{80 b_f^2 t_f h_{f-ctr}} 10^6 + \frac{t_w}{2b_f}$：*L*-断面で，スパン中央にトリッピングブラケットがない場合。ただし，0.5 より大きい値としてはならない。
- $\beta = 0.5$：その他の場合

A_f：フランジのネット断面積（mm^2）

- 平鋼防撓材の場合： $A_f = 0$
- その他の防撓材の場合： $A_f = b_f t_f$

$b_{f\text{-}ctr}$：防撓材のウェブの板厚中心からフランジの中心までの距離（*mm*）

- 圧延アングル断面及びバルブプレートの場合： $b_{f\text{-}ctr} = 0.5(b_f - t_w)$
- *T*-断面の場合： $b_{f\text{-}ctr} = 0$

$h_{f\text{-}ctr}$：防撓材の高さで，フランジの板厚中心までの距離（*mm*）

- 直角形状のフランジの断面及びバルブプレートの場合： $h_{f\text{-}ctr} = h_w + 0.5\, t_f$

f_b： 係数で，次による。

- 端部ブラケットがあり，フランジが連続構造で主要支持部材を貫通している場合： $f_b = 0.8$
- 端部ブラケットがあり，フランジが主要支持部材の位置でスニップとなっている，又はフランジが支持部材で止まる場合で支持部材の反対側に構造がない場合： $f_b = 0.7$
- その他の防撓材の場合： $f_b = 1.0$

t_f： フランジのネット板厚（*mm*）

- 平鋼防撓材の場合： $t_f = 0$
- バルブプレートの場合： **1.4.1** による。

1.4.7 付き板に対し直角に配置されない主要支持部材のウェブ

付き板に対し直角に配置されない主要支持部材のウェブについては，実際のネットせん断面積（cm^2）及び実際のネット断面係数（cm^3）は，次の算式によることができる。

- 実際のネットせん断面積： $A_{sh-n50} = A_{sh-0-n50}\sin\varphi_w$
- 実際のネット断面係数： $Z_{n50} = Z_{perp-n50}\sin\varphi_w$

$A_{sh\text{–}0\text{–}n50}$： 付き板に対し直角に配置されると仮定した主要支持部材のネットせん断面積（cm^2）で，次による。

$$A_{sh-0-n50} = \left(h_{eff} + t_{f-n50} + t_{p-n50}\right) t_{w-n50} 10^{-2}$$

$Z_{perp\text{–}n50}$： 付き板に対し直角に配置されると仮定した場合の付き板を含む主要支持部材の断面係数（cm^3）。

1.4.8 ウェブに開口を有する主要支持部材のせん断面積

有効ネットせん断面積 $A_{sh\text{-}n50}$ の算出に用いる有効ウェブ高さ h_{eff}（*mm*）は，次の算式による値のうち最も小さい値としなければならない。なお，第三式は，開口が考慮している断面から $h_w/3$ 未満の距離にある場合のみ考慮する。

$h_{eff} = h_w$

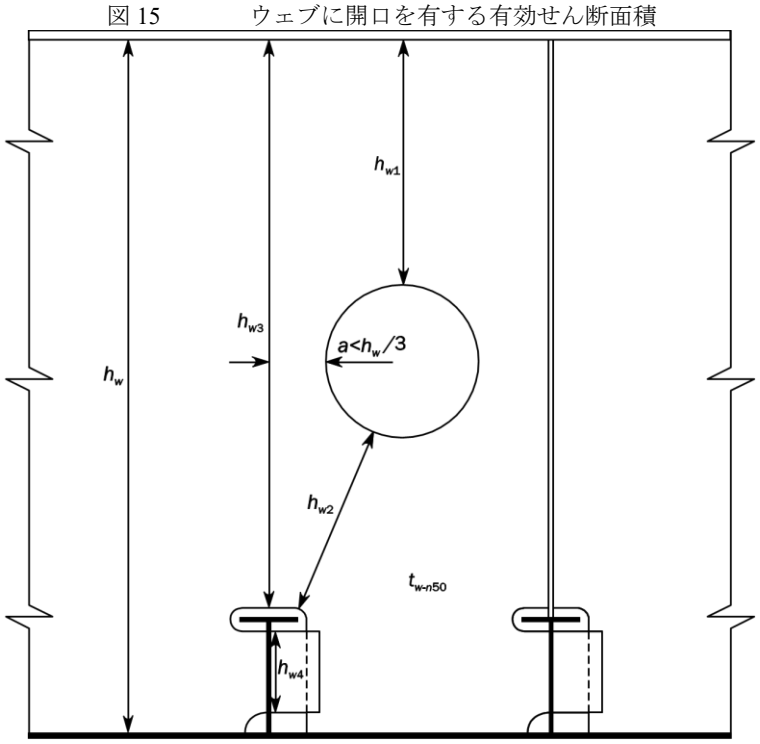
$h_{eff} = h_{w3} + h_{w4}$

$h_{eff} = h_{w1} + h_{w2} + h_{w4}$

h_w：主要支持部材のウェブ高さ（*mm*）

h_{w1}, h_{w2}, h_{w3}, h_{w4}： **図 15** に示す寸法

図 15　　ウェブに開口を有する有効せん断面積



1.4.9　　防撓材のフランジ幅

8 章 2 節 3.1.1(b)に規定する防撓材のフランジのネット板厚を満足しない場合，実際のネット断面係数の算定を含む強度評価で使用する有効なフランジ端部までの最大距離は，**8 章 2 節 3.1.1** に規定する$b_{f-out-max}$としなければならない。

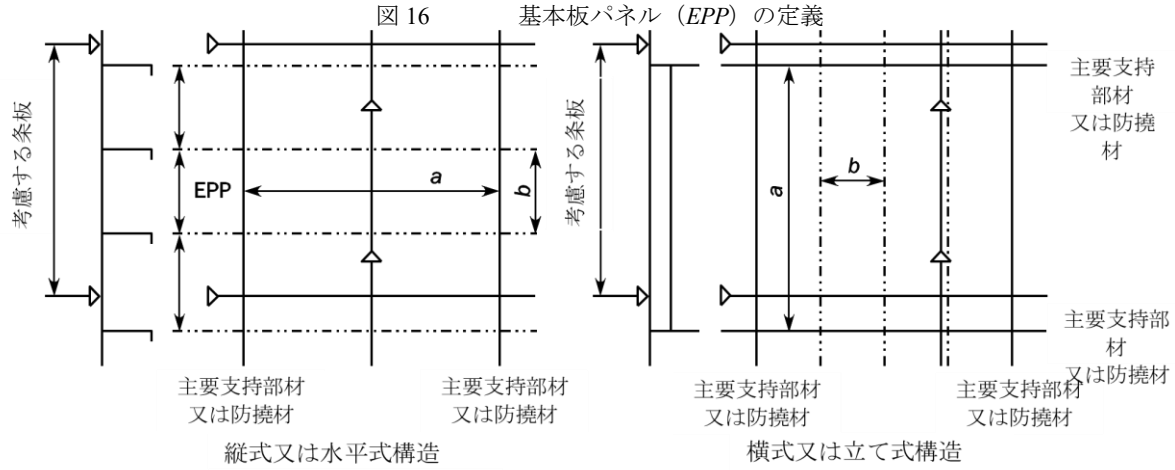
2.　　板部材

2.1　　*EPP* の理想化

2.1.1　　*EPP*

基本板パネル（*EPP*）とは，防撓材や主要支持部材間の防撓されていない部分の板部材をいう。*EPP* のパネル長さ *a* 及び幅 *b* は，それぞれ板の最も長い辺及び最も短い辺の長さとする。（**図 16** 参照）

図 16　　基本板パネル（*EPP*）の定義



2.1.2　条板の要求板厚

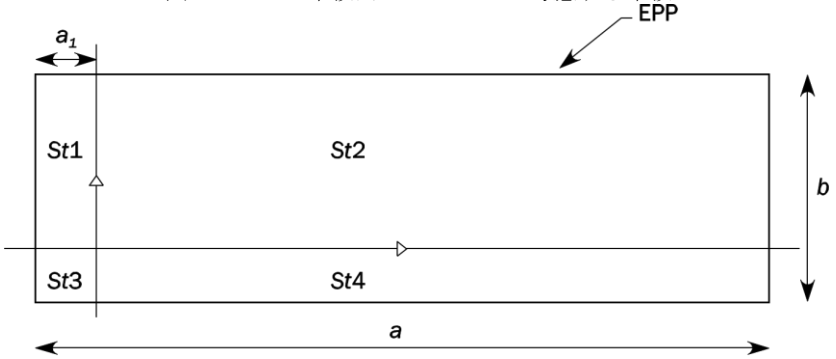
条板の要求板厚は，条板内の各 *EPP* の要求値のうち最大の値としなければならない。**表 1** に示す要件は，条板の選択に適用しなければならない。（**図 17** 参照）

条板内の最大腐食予備厚は，**3 章 3 節 1.2.4** の規定に従い適用しなければならない。

表 1　　*EPP* として考慮する条板

	$a/b > 2$	$a/b \le 2$
$a_1 > b/2$	全ての条板　（*St*1, *St*2, *St*3, *St*4）	全ての条板（*St*1, *St*2, *St*3, *St*4）
$a_1 \le b/2$	*St*2 及び *St*4 の条板	全ての条板（*St*1, *St*2, *St*3, *St*4）

図 17　　条板内の *EPP* として考慮する条板



a_1：条板境界の溶接シームと *EPP* 端部の間を，*EPP* の長辺方向に考慮する条板内側について測った距離（*mm*）

2.1.3

直接強度評価では，*EPP* は有限要素モデルのメッシュ配置により理想化される。

2.2　　荷重計算点

2.2.1　降伏

降伏強度評価では，局部部材寸法要件の計算に用いる局部圧力及びハルガーダ応力は，**表 2** に規定する *x*，*y* 及び *z* 座標の荷重計算点（*LCP*）における値としなければならない。

表 2　　降伏強度評価における *LCP* の座標系

LCP 座標	一般(1)		水平な板部材		立て横部材 及び横スツール板	
	縦式構造 （**図 18** 参照）	横式構造 （**図 19** 参照）	縦式構造	横式構造	水平防撓構造 （**図 20** 参照）	立て防撓構造 （**図 21** 参照）
x 座標	*EPP* の長さの中間		*EPP* の長さの中間		*y* 座標及び *z* 座標に対応	
y 座標	*x* 座標及び *z* 座標に対応		*EPP* の舷外側の *y* 座標		*z* 座標に対応した *EPP* の舷外側の *y* 座標(2)	
z 座標	*EPP* の下辺	*EPP* の下辺又は条板の下辺のうち大きい方の位置	*x* 座標及び *y* 座標に対応		*EPP* の下辺	*EPP* の下辺又は条板の下辺のうち大きい方の位置

(1)　水平な板部材又は立て横部材以外のすべての構造

(2)　トランサムの動的外圧の計算における荷重計算点の *y* 座標は，荷重計算点の *z* 座標に対応した船側外板の *y* 座標とする。

図 18　　縦式構造における荷重計算点（*LCP*）

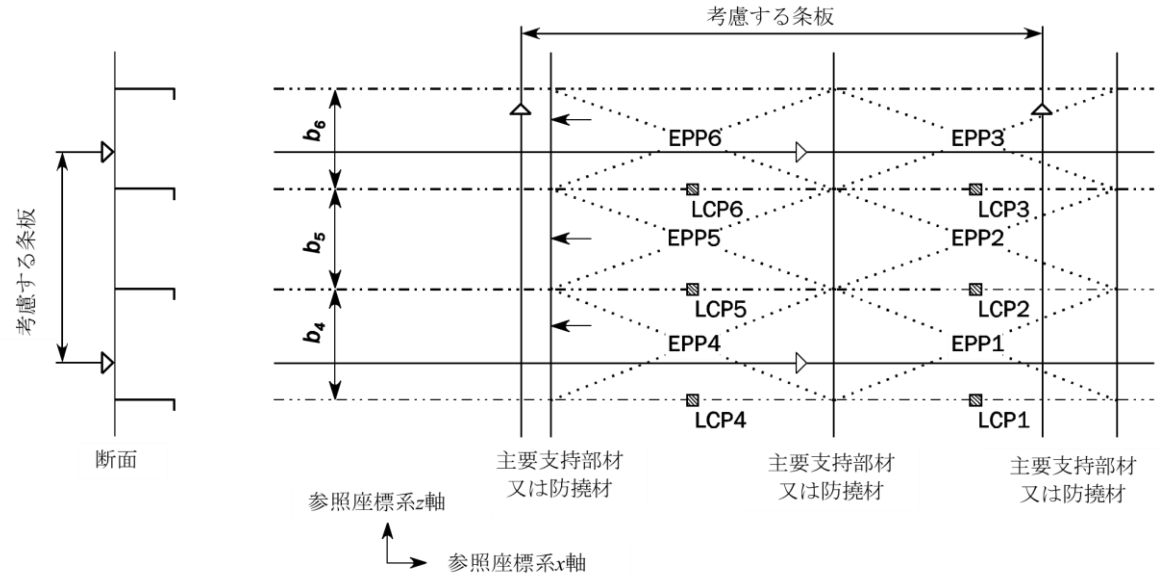


図 19　　横式構造における荷重計算点（*LCP*）

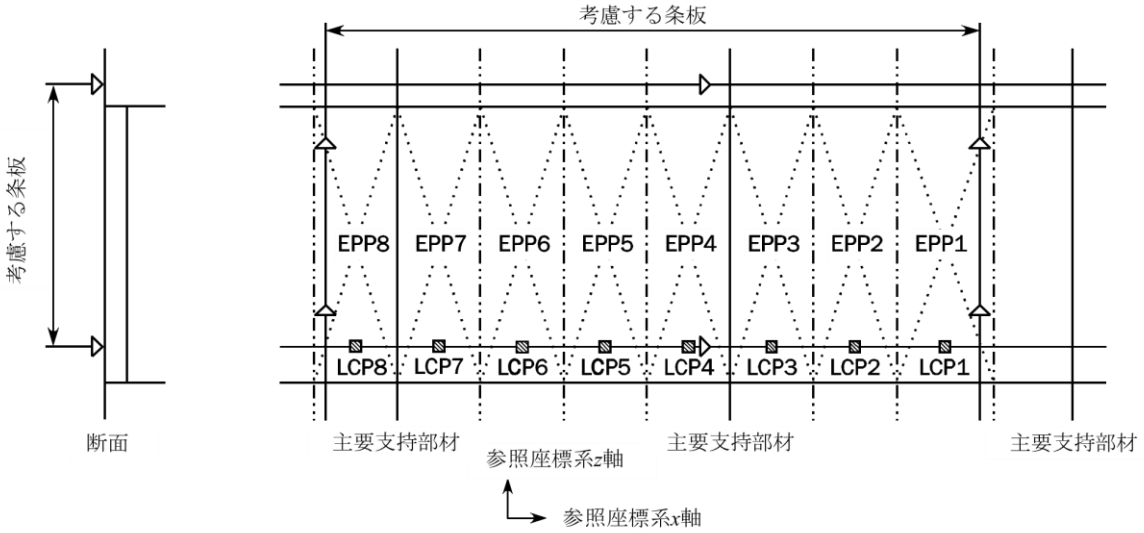


図 20　　水平防撓構造の立て横部材における荷重計算点

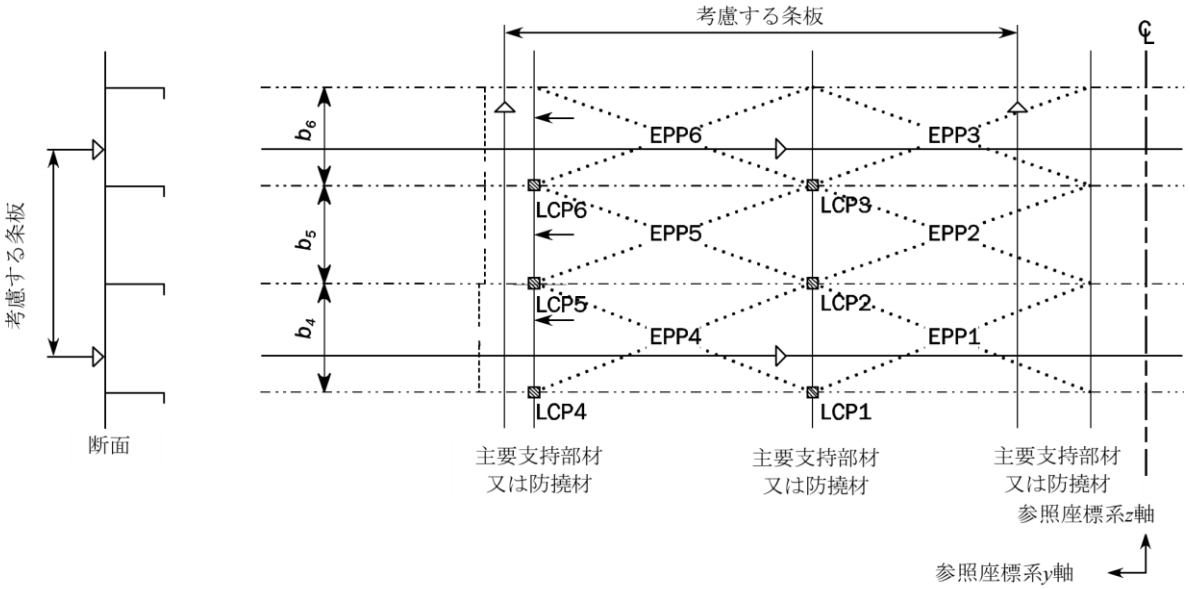
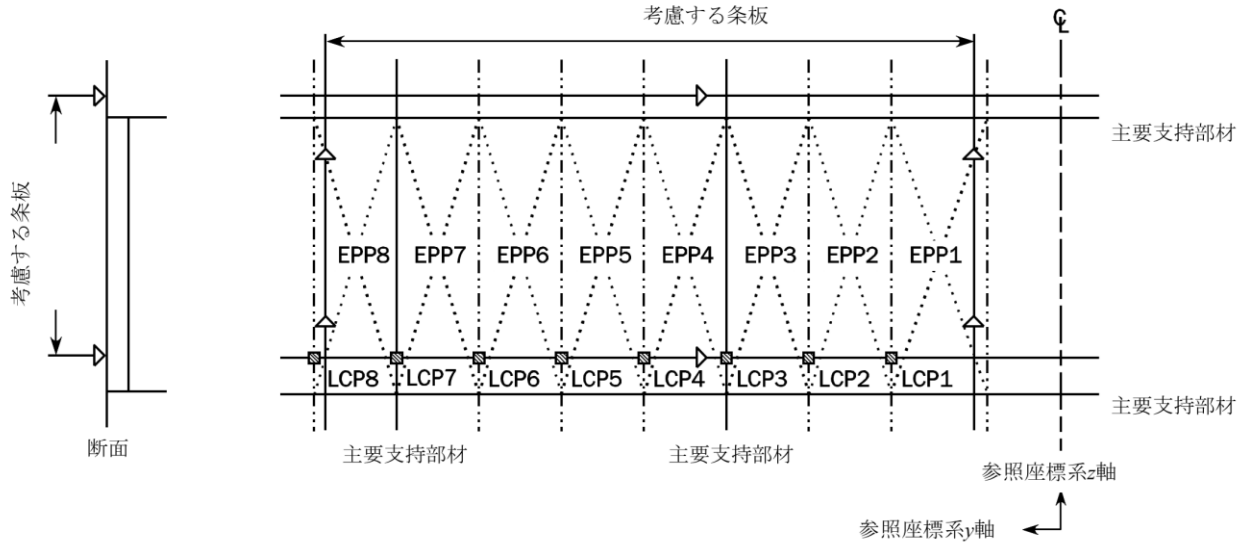


図 21　　立て防撓構造の立て横部材における荷重計算点



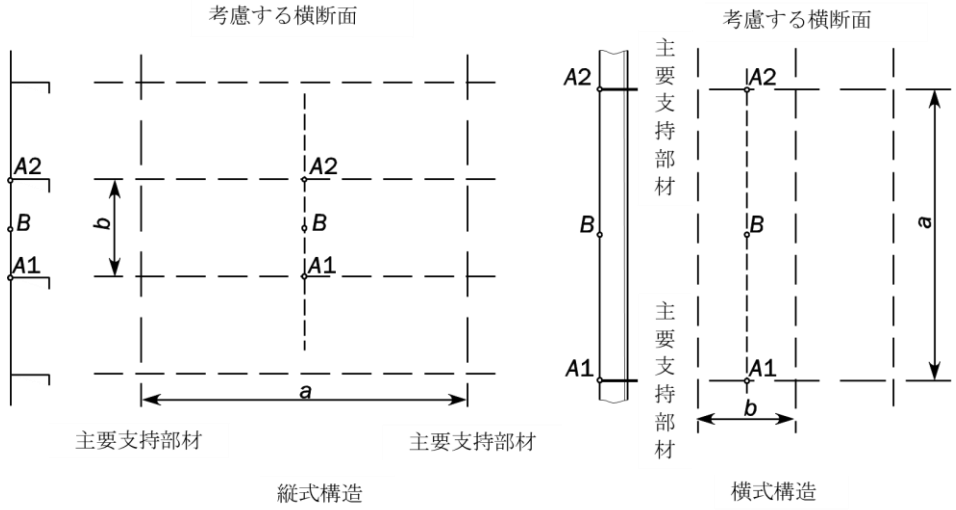
2.2.2　座屈

8 章 3 節による *EPP* の規則算式による座屈強度評価では，圧力及びハルガーダ応力の *LCP* は，**表 3** の規定による。有限要素解析による座屈強度評価にあっては，**8 章 4 節**を適用する。

表 3　　板の座屈に対する *LCP* 座標

LCP 座標	圧力に対する *LCP*	ハルガーダ応力に対する *LCP*（**図 22** 参照）		
		曲げ応力(1)		せん断応力
		水平板部材以外	水平板部材	
x 座標	降伏に対する *LCP* と同じ座標（**表 2** 参照）	*EPP* の長さの中間		
y 座標		*x* 座標及び *z* 座標	*EPP* の舷外側及び舷内側（点 *A*1 及び点 *A*2）	*EPP* の中点（点 *B*）
z 座標		*EPP* の上端及び下端 *P*（点 *A*1 及び点 *A*2）	*x* 座標及び *y* 座標に対応	
(1)　湾曲パネルの曲げ応力については，点 *A*1 及び *A*2 で計算した応力の平均値とする。				

図 22　　板の座屈に対する *LCP*–ハルガーダ応力



3. 防撓材

3.1 基準点

3.1.1

防撓材の断面係数の要件は，断面係数が最小となる基準点に対するものとする。代表的な防撓材断面の基準点は，原則として図 23 に示す位置とする。

3.2 荷重計算点

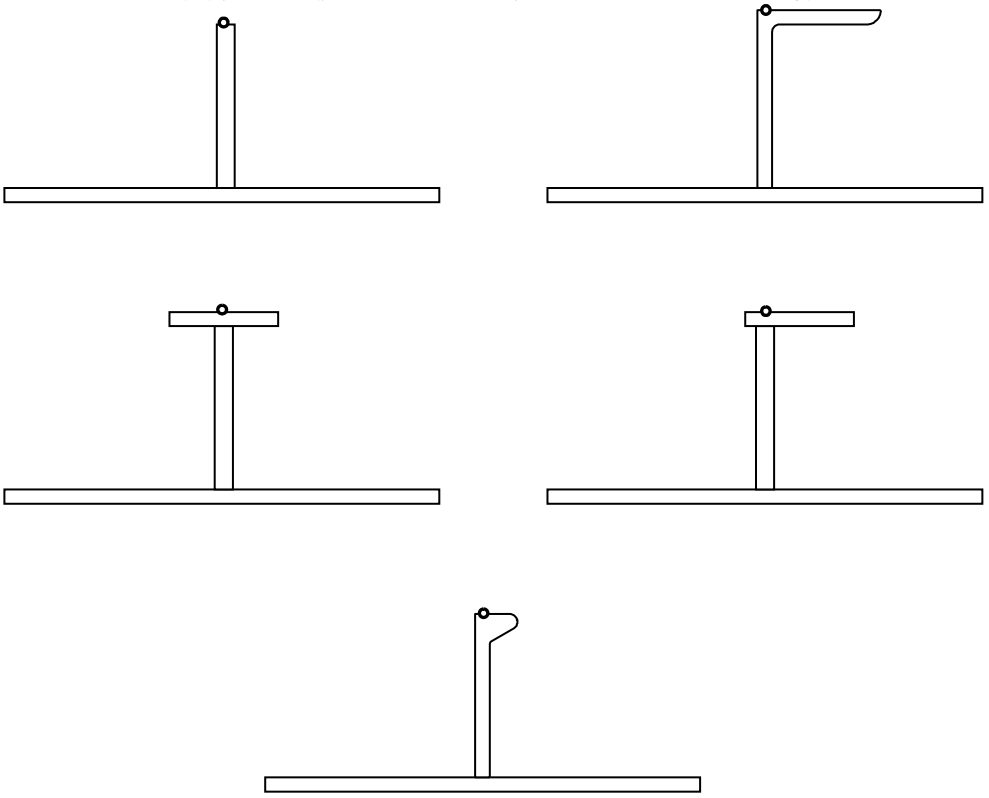
3.2.1 圧力に対する *LCP*

圧力に対する荷重計算点は，次の位置とする。

- 考慮する防撓材の全長ℓの中点
- 防撓材と付き板の交点

トランサムの防撓材にあっては，動的外圧の計算における荷重計算点の *y* 座標は，荷重計算点の *z* 座標に対応した船側外板の *y* 座標とする。

図 23 局部部材寸法評価のための断面係数及びハルガーダ応力の計算における基準点



3.2.2 ハルガーダ曲げ応力に対する *LCP*

ハルガーダ曲げ応力に対する荷重計算点は，次による。

- 6 章及び 10 章 4 節における規則算式による降伏強度評価の場合：
  - 考慮する防撓材の全長ℓの中点
  - 図 23 による基準点
- 8 章における規則算式による座屈強度評価の場合：
  - 考慮する防撓材の全長ℓの中点
  - 防撓材と付き板の交点

3.2.3 水平防撓材以外の防撓材

面外圧力 *P* は，全長ℓの中点における圧力と次の算式による圧力の最大値として計算されなければならない。

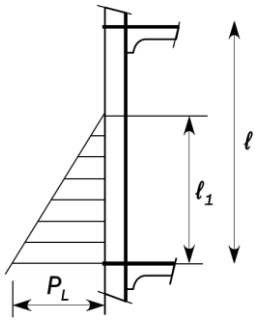
$P = \frac{p_U + p_L}{2}$ ： 垂直防撓材の上端が，圧力が 0 となる位置の中で最も低い位置よりも低い場合

$P = \frac{\ell_1}{\ell}\frac{p_L}{2}$: 垂直防撓材の上端が，圧力が 0 となる位置の中で最も低い位置以上の場合（**図 24** 参照）

ℓ_1 : 垂直防撓材の下端と圧力が 0 となる位置の中で最も低い位置の間の距離（m）

P_U, P_L : 垂直防撓材のスパンℓの上端及び下端におけるそれぞれの面外圧力

図 24 垂直防撓材に作用する面外圧力の定義



4. 主要支持部材

4.1 荷重計算点

4.1.1

荷重計算点は，主要支持部材の全長ℓの中点で，主要支持部材が付き板に固着する位置とする。ただし，貨物倉区域に設けられる主要支持部材にあっては，船の長さが 150 m 未満のばら積貨物船にあっては **2 編 1 章 4 節 4**，油タンカーにあっては **2 編 2 章 3 節 1** の要件も考慮しなければならない。

トランサムに付く主要支持部材にあっては，動的外圧の計算における荷重計算点の y 座標は，荷重計算点の z 座標に対応した船側外板の y 座標とする。

4章　荷重

1節　序論

記号

本節に規定されない記号については，**1章4節**による。

S：　静的荷重状態

S+*D*：　静的及び動的荷重組合せ状態

1.　一般

1.1　適用

1.1.1　範囲

強度評価及び疲労評価のために用いられる設計荷重は，本章による。

荷重組合せは，**4章7節**に規定される設計荷重シナリオを用いて求めなければならない。

本節では，ばら積貨物船又は油タンカーが適切に操船される場合の設計荷重条件を規定するために設計荷重シナリオの概念を用いている。

1.1.2　等価設計波（*EDW*）

動的荷重ケースにおける動的荷重は，等価設計波（*EDW*）の概念に基づいて求められる。等価設計波の概念では，船舶の波浪に対する応答の長期予測値と同等の荷重応答が得られる動的荷重を用いる。

1.1.3　強度評価及び疲労評価における超過確率レベル

本章において，各評価手法は以下の通りとする。

- 強度評価とは，超過確率 10^{-8} に対応する荷重，バラスト水の交換状態，港内状態及び浸水状態における強度評価のことをいう。ただし，疲労に関する評価を除く。
- 疲労評価とは，超過確率 10^{-2} に対応する荷重における疲労評価のことをいう。

1.1.4　動的荷重成分

各動的荷重ケースにおける動的荷重成分の算定では，全ての成分を同時に考慮しなければならない。

1.1.5　強度評価のための荷重

強度評価は，全ての設計荷重シナリオに対して行わなければならない。また，最終的な評価は，最も厳しい強度要件に基づいて行わなければならない。

強度評価における各設計荷重シナリオでは静的荷重（*S*）状態又は静的及び動的荷重組合せ（*S*+*D*）状態が考慮されている。ここで，静的及び動的荷重は，考慮する積付状態による。

静的荷重の定義は以下による。

- **4章4節**に規定する静水中ハルガーダ荷重
- **4章5節**に規定する外圧
- **4章6節**に規定する内圧

強度評価のための等価設計波及び動的荷重の組合せ係数は，**4章2節2**による。

動的荷重成分の定義は以下による。

- **4章4節**に規定する動的ハルガーダ荷重成分
- **4章5節**に規定する外圧
- **4章6節**に規定する内圧

1.1.6　疲労評価のための荷重

疲労評価における各設計荷重シナリオでは静的及び動的荷重組合せ（*S*+*D*）状態が考慮されている。ここで，静的及び

動的荷重は，考慮する積付状態による。

静的荷重の定義は以下による。

- **4 章 4 節**に規定する静水中ハルガーダ荷重
- **4 章 5 節**に規定する外圧
- **4 章 6 節**に規定する内圧

疲労評価のための等価設計波は，**4 章 2 節 3** による。

動的荷重成分の定義は以下による。

- **4 章 4 節**に規定する動的ハルガーダ荷重成分
- **4 章 5 節**に規定する外圧
- **4 章 6 節**に規定する内圧

1.2 定義

1.2.1 座標系

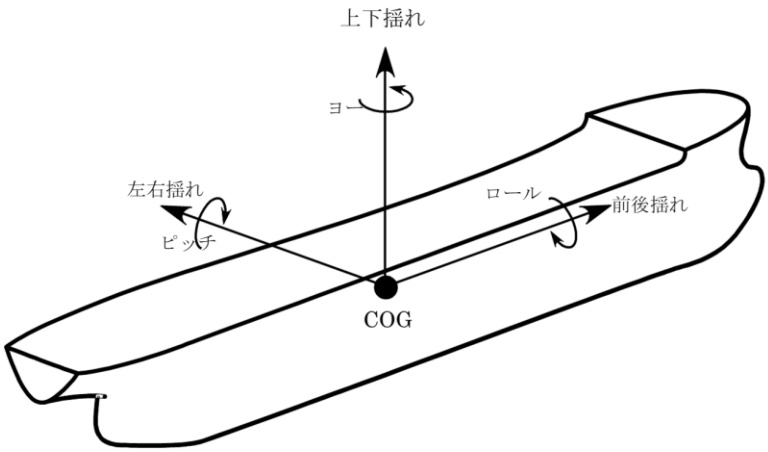
座標系の定義は，**1 章 4 節 3.6.1** による。

1.2.2 船体運動の符号の定義

船体運動は，重心（*COG*）に対して**図 1** の通り定義する。

- 前後揺れは，*x* 軸において船首方向を正とする。
- 左右揺れは，*y* 軸において左舷方向を正とする。
- 上下揺れは，*z* 軸において上方向を正とする。
- ロールは，重心を通る縦軸の正の方向（右舷下降，左舷上昇）への回転を正とする。
- ピッチは，重心を通る横軸の正の方向（船首下降，船尾上昇）への回転を正とする。
- ヨーは，重心を通る垂直軸の正の方向（船首が左舷方向に向き，船尾が右舷方向に向く）への回転を正とする。

図 1 船体運動の正方向の定義

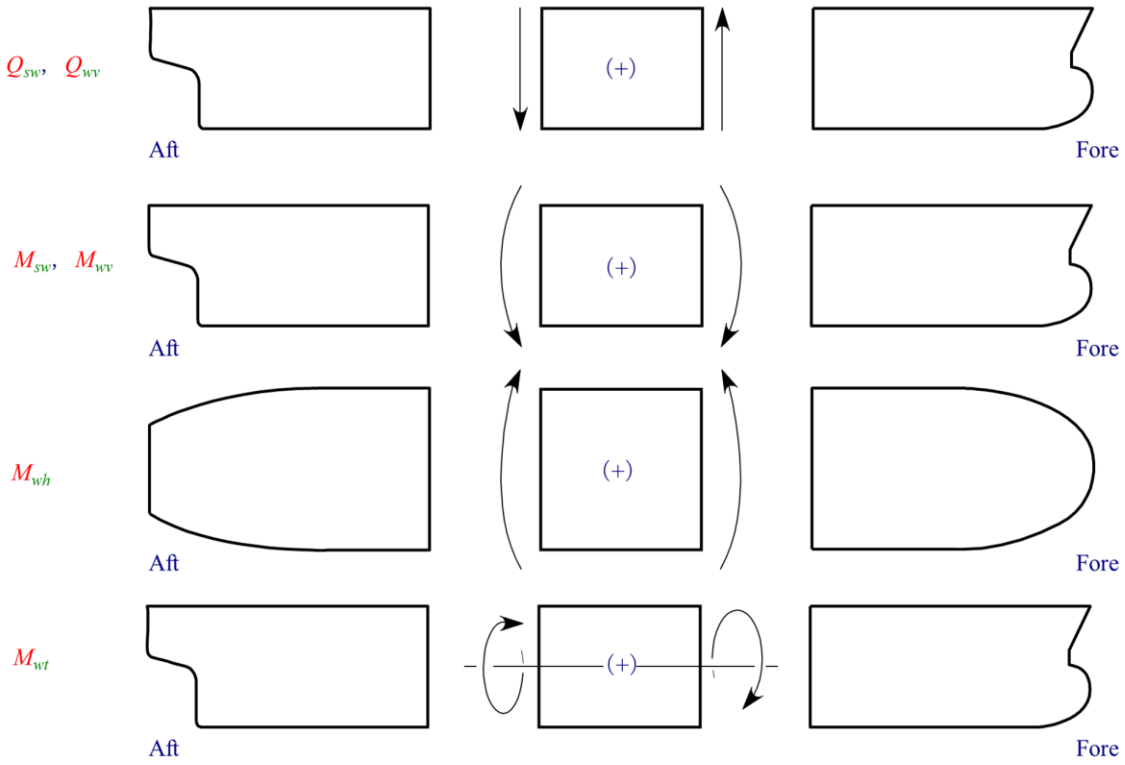


1.2.3 ハルガーダ荷重の符号の定義

船体の横断面における垂直曲げモーメント，垂直せん断力，水平曲げモーメント及び捩りモーメントの正の方向を以下の通り定義する（**図 2** 参照）。

- 垂直曲げモーメント M_{sw} 及び M_{wv} は，強力甲板が引張となる状態（ホギング曲げモーメント）を正とし，船底が引張となる状態（サギング曲げモーメント）を負とする。
- 垂直せん断力 Q_{sw} 及び Q_{wv} は，考慮する船体横断面の前に上向きの力が作用し，考慮する船体横断面の後ろに下向きの力が作用する場合を正とする。
- 水平曲げモーメント M_{wh} は，右舷側が引張となる状態，左舷側が圧縮となる状態を正とする。
- 捩りモーメント M_{wt} は，考慮する船体横断面の後ろが *x* 軸まわりで負の方向へ回転，考慮する船体横断面の前が *x* 軸まわりで正の方向へ回転する場合を正とする。

図 2　　せん断力 Q_{sw}，Q_{wv} 及び曲げモーメント M_{sw}，M_{wv}，M_{wh}，M_{wt} の符号の定義



2 節　動的荷重ケース

記号

本節に規定されない記号については，**1 章 4 節**による。

a_{surge}，$a_{pitch\text{-}x}$，a_{sway}，$a_{roll\text{-}y}$，a_{heave}，$a_{roll\text{-}z}$，$a_{pitch\text{-}z}$：**4 章 3 節**に規定する加速度成分

f_{xL}：　荷重点の x 座標と L_{CSR} の値の比で，次による。ただし，0.0 以上 1.0 以下としなければならない。

$$f_{xL} = \frac{x}{L_{CSR}}$$

f_T：　考慮する積付状態における喫水と構造用喫水との比で，**4 章 3 節**の規定による。

f_{lp}：　縦方向位置による係数で，次による。

$x/L_{CSR} \leq 0.5$の場合　$f_{lp} = 1.0$

$0.5 < x/L_{CSR}$の場合　$f_{lp} = -1.0$

$f_{lp\text{-}OST}$：　荷重ケース *OST* における捩りモーメントの縦方向分布係数で，次による。

$x/L_{CSR} < 0.2$の場合　$f_{lp-OST} = 5f_{xL}$

$0.2 \leq x/L_{CSR} < 0.4$の場合　$f_{lp-OST} = 1.0$

$0.4 \leq x/L_{CSR} < 0.65$の場合　$f_{lp-OST} = -7.6f_{xL} + 4.04$

$0.65 \leq x/L_{CSR} < 0.85$の場合　$f_{lp-OST} = -0.9$

$0.85 \leq x/L_{CSR}$の場合　$f_{lp-OST} = 6f_{xL} - 6$

$f_{lp\text{-}OSA}$：　荷重ケース *OSA* における捩りモーメントの縦方向分布係数で，次による。

$x/L_{CSR} < 0.4$の場合　$f_{lp-OSA} = -(0.2 + 0.3f_T)$

$0.4 \leq x/L_{CSR} < 0.6$の場合　$f_{lp-OSA} = -(0.2 + 0.3f_T)(5.6 - 11.5f_{xL})$

$0.6 \leq x/L_{CSR}$の場合　$f_{lp-OSA} = 1.3(0.2 + 0.3f_T)$

WS：　波上側，船体の波に曝されている側

LS：　波下側，船体の波から保護されている側

M_{WV}：　**4 章 4 節**に規定する波浪中垂直曲げモーメント（*kN-m*）

Q_{WV}：　**4 章 4 節**に規定する波浪中垂直せん断力（*kN*）

M_{WH}：　**4 章 4 節**に規定する波浪中水平曲げモーメント（*kN-m*）

M_{WT}：　**4 章 4 節**に規定する波浪中捩りモーメント（*kN-m*）

C_{WV}：　波浪中垂直曲げモーメントに対する荷重組合せ係数

C_{QW}：　波浪中垂直せん断力に対する荷重組合せ係数

C_{WH}：　波浪中水平曲げモーメントに対する荷重組合せ係数

C_{WT}：　波浪中捩りモーメントに対する荷重組合せ係数

C_{XS}：　前後揺れによる加速度に対する荷重組合せ係数

C_{XP}：　ピッチによる縦方向の加速度に対する荷重組合せ係数

C_{XG}：　ピッチ運動による縦方向の加速度に対する荷重組合せ係数

C_{YS}：　左右揺れによる加速度に対する荷重組合せ係数

C_{YR}：　ロールによる横方向の加速度に対する荷重組合せ係数

C_{YG}：　ロール運動による横方向の加速度に対する荷重組合せ係数

C_{ZH}：　上下揺れによる加速度に対する荷重組合せ係数

C_{ZR}：　ロールによる垂直方向の加速度に対する荷重組合せ係数

C_{ZP}：　ピッチによる垂直方向の加速度に対する荷重組合せ係数

θ　：　**4 章 3 節 2.1.1** に規定するロール角（*deg*）

φ　：　**4 章 3 節 2.1.2** に規定するピッチ角（*deg*）

1. 一般

1.1 動的荷重ケースの定義

1.1.1

構造強度評価に用いる動的荷重ケースは，それぞれ次の等価設計波（*EDW*）によること。

- 荷重ケース *HSM*：
  HSM-1 及び *HSM-2*： 向波状態で船体中央における波浪中垂直曲げモーメントが最大及び最小になる等価設計波
- 荷重ケース *HSA*：
  HSA-1 及び *HSA-2*： 向波状態で船首部（*FP*）における垂直方向加速度が最大及び最小になる等価設計波
- 荷重ケース *FSM*：
  FSM-1 及び *FSM-2*： 追波状態で船体中央における波浪中垂直曲げモーメントが最大及び最小になる等価設計波
- 荷重ケース *BSR*：
  BSR-1P 及び *BSR-2P*： 横波状態で左舷からの波によるロール運動（左舷側の下降及び上昇）が最大及び最小になる等価設計波
  BSR-1S 及び *BSR-2S*： 横波状態で右舷からの波によるロール運動（右舷側の下降及び上昇）が最大及び最小になる等価設計波
- 荷重ケース *BSP*
  BSP-1P 及び *BSP-2P*： 横波状態で船体中央における左舷側の水線での波浪変動圧が最大及び最小になる等価設計波
  BSP-1S 及び *BSP-2S*： 横波状態で船体中央における右舷側の水線での波浪変動圧が最大及び最小になる等価設計波
- 荷重ケース *OST*：
  OST-1P 及び *OST-2P*： 斜波状態で左舷側からの波により船尾（*AE*）から $0.25L_{CSR}$ の位置における捩りモーメントが最大及び最小になる等価設計波
  OST-1S 及び *OST-2S*： 斜波状態で右舷側からの波により船尾（*AE*）から $0.25L_{CSR}$ の位置における捩りモーメントが最大及び最小になる等価設計波
- 荷重ケース *OSA*
  OSA-1P 及び *OSA-2P*： 斜波状態で左舷側からの波によりピッチ加速度が最大及び最小になる等価設計波
  OSA-1S 及び *OSA-2S*： 斜波状態で右舷側からの波によりピッチ加速度が最大及び最小になる等価設計波

（備考 1）1 及び 2 はそれぞれ，各等価設計波において主要荷重成分が最大又は最小となる場合を表す。

（備考 2）*P* 及び *S* はそれぞれ，波上側が左舷及び右舷であることを表す。

荷重ケース *HSA* 及び *OSA* は疲労評価に用いてはならない。

1.2 適用

1.2.1.

4 章 7 節に規定する設計荷重シナリオに基づく動的荷重は，本節に規定する動的荷重ケースを用いて求めなければならない。動的荷重ケースは，次の構造強度評価に用いなければならない。

(a) 強度評価
- 算式による板材，防撓材及び主要支持部材の評価
- 直接強度計算（有限要素解析）による構造部材の評価

(b) 疲労評価
- 簡易応力解析による構造細部の評価
- 有限要素応力解析による構造細部の評価

2. 強度評価に用いる動的荷重ケース

2.1 動的荷重ケース

2.1.1.

強度評価において考慮する各荷重ケースにおける船体運動応答及び全体荷重を**表 1** から**表 3** に示す。

表 1 荷重ケース *HSM*，*HSA* 及び *FSM* における船体応答－強度評価

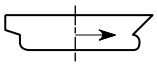
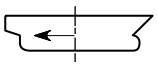
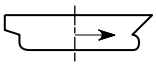
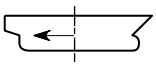
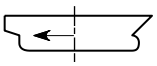
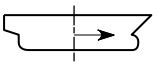
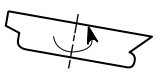
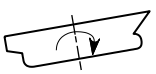
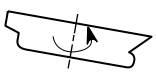
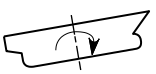
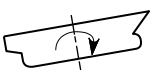
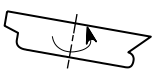
荷重ケース	*HSM-1*	*HSM-2*	*HSA-1*	*HSA-2*	*FSM-1*	*FSM-2*
等価設計波	*HSM*		*HSA*		*FSM*	
波向	向波		向波		追波	
特性	最大曲げモーメント		最大垂直加速度		最大曲げモーメント	
波浪中垂直曲げモーメント	サギング	ホギング	サギング	ホギング	サギング	ホギング
波浪中垂直せん断力	後方 – 負 前方 – 正	後方 – 正 前方 – 負	後方 – 負 前方 – 正	後方 – 正 前方 – 負	後方 – 負 前方 – 正	後方 – 正 前方 – 負
波浪中水平曲げモーメント	-	-	-	-	-	-
捩りモーメント	-	-	-	-	-	-
前後揺れ	船尾方向	船首方向	船尾方向	船首方向	船首方向	船尾方向
a_{surge}						
左右揺れ	-	-	-	-	-	-
a_{sway}	-	-	-	-	-	-
上下揺れ	下降	上昇	下降	上昇	-	-
a_{heave}					-	-
ロール	-	-	-	-	-	-
a_{roll}	-	-	-	-	-	-
ピッチ	船首下降	船首上昇	船首下降	船首上昇	船首上昇	船首下降
a_{pitch}						

表 2　　荷重ケース *BSR* 及び *BSP* における船体応答－強度評価

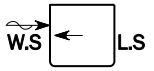
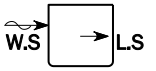
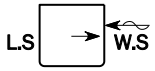
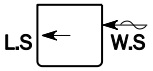
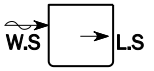
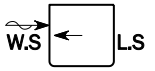
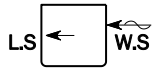
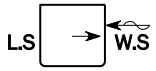
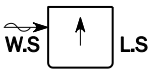
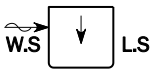
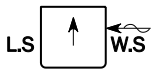
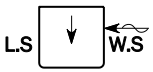
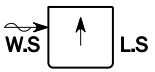
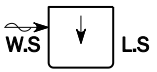
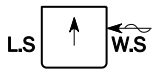
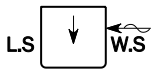
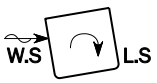
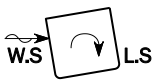
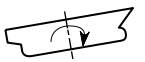
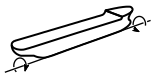
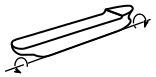
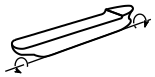
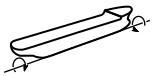
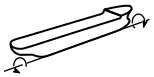
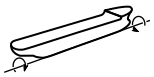
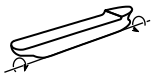
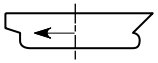
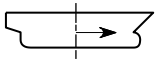
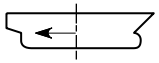
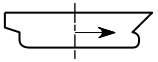
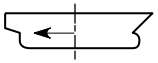
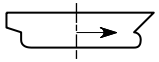
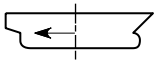
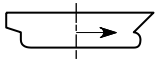
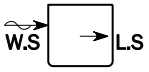
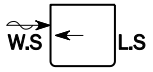
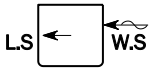
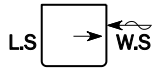
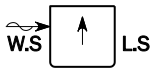
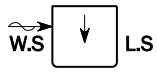
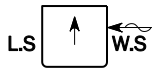
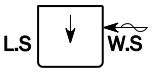
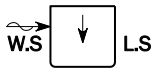
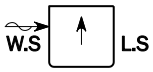
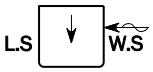
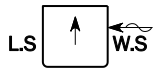
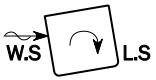
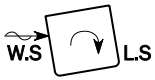
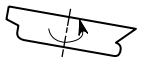
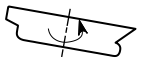
荷重ケース	*BSR-1P*	*BSR-2P*	*BSR-1S*	*BSR-2S*	*BSP-1P*	*BSP-2P*	*BSP-1S*	*BSP-2S*
等価設計波	*BSR*		*BSR*		*BSP*		*BSP*	
波向	横波				横波			
特性	最大ロール角				水線における最大波浪変動圧			
波浪中垂直曲げモーメント	サギング	ホギング	サギング	ホギング	サギング	ホギング	サギング	ホギング
波浪中垂直せん断力	後方 – 負 前方 – 正	後方 – 正 前方 – 負	後方 – 負 前方 – 正	後方 – 正 前方 – 負	後方 – 負 前方 – 正	後方 – 正 前方 – 負	後方 – 負 前方 – 正	後方 – 正 前方 – 負
波浪中水平曲げモーメント	右舷側引張	左舷側引張	左舷側引張	右舷側引張	右舷側引張	左舷側引張	左舷側引張	右舷側引張
捩りモーメント	-	-	-	-	-	-	-	-
前後揺れ	-	-	-	-	-	-	-	-
a_{surge}	-	-	-	-	-	-	-	-
左右揺れ	右舷方向	左舷方向	左舷方向	右舷方向	左舷方向	右舷方向	右舷方向	左舷方向
a_{sway}								
上下揺れ	下降	上昇	下降	上昇	下降	上昇	下降	上昇
a_{heave}								
ロール	左舷下降	左舷上昇	右舷下降	右舷上昇	左舷下降	左舷上昇	右舷下降	右舷上昇
a_{roll}								
ピッチ	-	-	-	-	船首下降	船首上昇	船首下降	船首上昇
a_{pitch}	-	-	-	-				

表 3　　荷重ケース *OST* 及び *OSA* における船体応答－強度評価

表 3　　荷重ケース *OST* 及び *OSA* における船体応答－強度評価

荷重ケース	*OST-1P*	*OST-2P*	*OST-1S*	*OST-2S*	*OSA-1P*	*OSA-2P*	*OSA-1S*	*OSA-2S*
等価設計波	*OST*				*OSA*			
波向	斜波				斜波			
特性	最大振りモーメント				最大ピッチ加速度			
波浪中垂直曲げモーメント	サギング	ホギング	サギング	ホギング	ホギング	サギング	ホギング	サギング
波浪中垂直せん断力	後方 – 負 前方 – 正	後方 – 正 前方 – 負	後方 – 負 前方 – 正	後方 – 正 前方 – 負	後方 – 正 前方 – 負	後方 – 負 前方 – 正	後方 – 正 前方 – 負	後方 – 負 前方 – 正
波浪中水平曲げモーメント	左舷側引張	右舷側引張	右舷側引張	左舷側引張	右舷側引張	左舷側引張	左舷側引張	右舷側引張
捩りモーメント								
前後揺れ	船首方向	船尾方向	船首方向	船尾方向	船首方向	船尾方向	船首方向	船尾方向
a_{surge}								
左右揺	-	-	-	-	左舷方向	右舷方向	右舷方向	左舷方向
a_{sway}	-	-	-	-				
上下揺	下降	上昇	下降	上昇	上昇	下降	上昇	下降
a_{heave}								
ロール	右舷下降	左舷上昇	右舷下降	右舷上昇	左舷下降	左舷上昇	右舷下降	右舷上昇
a_{roll}								
ピッチ	船首上昇	船首下降	船首上昇	船首下降	船首上昇	船首下降	船首上昇	船首下降
a_{pitch}								

2.2 荷重組合せ係数

2.2.1

強度評価に用いる全体荷重及び慣性荷重に対する荷重組合せ係数 *LCF* は，次による。

表 4：荷重ケース *HSM*，*HSA* 及び *FSM* における荷重組合せ係数

表 5：荷重ケース *BSR* 及び *BSP* における荷重組合せ係数

表 6：荷重ケース *OST* 及び *OSA* における荷重組合せ係数

表 4　荷重ケース *HSM*，*HSA* 及び *FSM* に対する荷重組合せ係数－強度評価

荷重要素		*LCF*	*HSM-1*	*HSM-2*	*HSA-1*	*HSA-2*	*FSM-1*	*FSM-2*
ハルガーダ荷重	M_{WV}	C_{WV}	-1	1	-0.7	0.7	$-0.4f_T - 0.6$	$0.4f_T + 0.6$
	Q_{WV}	C_{QW}	$-1.0f_{lp}$	$1.0f_{lp}$	$-0.6f_{lp}$	$0.6f_{lp}$	$-1.0f_{lp}$	$1.0f_{lp}$
	M_{WH}	C_{WH}	0	0	0	0	0	0
	M_{WT}	C_{WT}	0	0	0	0	0	0
縦方向加速度	a_{surge}	C_{XS}	$0.3 - 0.2f_T$	$0.2f_T - 0.3$	0.2	-0.2	$0.2 - 0.4f_T$	$0.4f_T - 0.2$
	$a_{pitch\text{-}x}$	C_{XP}	-0.7	0.7	$-0.4f_T - 0.4$	$0.4f_T + 0.4$	0.15	-0.15
	$g\sin\varphi$	C_{XG}	0.6	-0.6	$0.4f_T + 0.4$	$-0.4f_T - 0.4$	-0.2	0.2
横方向加速度	a_{sway}	C_{YS}	0	0	0	0	0	0
	$a_{roll\text{-}y}$	C_{YR}	0	0	0	0	0	0
	$g\sin\theta$	C_{YG}	0	0	0	0	0	0
垂直方向加速度	a_{heave}	C_{ZH}	$0.5f_T - 0.15$	$0.15 - 0.5f_T$	$0.4f_T - 0.1$	$0.1 - 0.4f_T$	0	0
	$a_{roll\text{-}z}$	C_{ZR}	0	0	0	0	0	0
	$a_{pitch\text{-}z}$	C_{ZP}	-0.7	0.7	$-0.4f_T - 0.4$	$0.4f_T + 0.4$	0.15	-0.15

表 5　　荷重ケース *BSR* 及び *BSP* に対する荷重組合せ係数 *LCF*－強度評価

荷重要素		*LCF*	*BSR-1P*	*BSR-2P*	*BSR-1S*	*BSR-2S*
ハルガーダ荷重	M_{WV}	C_{WV}	$0.1 - 0.2f_T$	$0.2f_T - 0.1$	$0.1 – 0.2f_T$	$0.2f_T - 0.1$
	Q_{WV}	C_{QW}	$(0.1 - 0.2f_T)\ f_{lp}$	$(0.2f_T - 0.1)\ f_{lp}$	$(0.1 - 0.2f_T)\ f_{lp}$	$(0.2f_T - 0.1)\ f_{lp}$
	M_{WH}	C_{WH}	$1.2 - 1.1f_T$	$1.1f_T - 1.2$	$1.1f_T - 1.2$	$1.2 - 1.1f_T$
	M_{WT}	C_{WT}	0	0	0	0
縦方向加速度	a_{surge}	C_{XS}	0	0	0	0
	$a_{pitch\text{-}x}$	C_{XP}	0	0	0	0
	$g\sin\varphi$	C_{XG}	0	0	0	0
横方向加速度	a_{sway}	C_{YS}	$0.2 - 0.2f_T$	$0.2f_T - 0.2$	$0.2f_T - 0.2$	$0.2 - 0.2f_T$
	$a_{roll\text{-}y}$	C_{YR}	1	-1	-1	1
	$g\sin\theta$	C_{YG}	-1	1	1	-1
垂直方向加速度	a_{heave}	C_{ZH}	$0.7 - 0.4f_T$	$0.4f_T - 0.7$	$0.7 - 0.4f_T$	$0.4f_T - 0.7$
	$a_{roll\text{-}z}$	C_{ZR}	1	-1	-1	1
	$a_{pitch\text{-}z}$	C_{ZP}	0	0	0	0

荷重要素		*LCF*	*BSP-1P*	*BSP-2P*	*BSP-1S*	*BSP-2S*
ハルガーダ荷重	M_{WV}	C_{WV}	$0.3 - 0.8f_T$	$0.8f_T - 0.3$	$0.3 - 0.8f_T$	$0.8f_T - 0.3$
	Q_{WV}	C_{QW}	$(0.3 - 0.8f_T)\ f_{lp}$	$(0.8f_T - 0.3)\ f_{lp}$	$(0.3 - 0.8f_T)\ f_{lp}$	$(0.8f_T - 0.3)\ f_{lp}$
	M_{WH}	C_{WH}	$0.7 - 0.7f_T$	$0.7f_T - 0.7$	$0.7f_T - 0.7$	$0.7 - 0.7f_T$
	M_{WT}	C_{WT}	0	0	0	0
縦方向加速度	a_{surge}	C_{XS}	0	0	0	0
	$a_{pitch\text{-}x}$	C_{XP}	$0.1 - 0.3f_T$	$0.3f_T - 0.1$	$0.1 - 0.3f_T$	$0.3f_T - 0.1$
	$g\sin\varphi$	C_{XG}	$0.3f_T - 0.1$	$0.1 - 0.3f_T$	$0.3f_T - 0.1$	$0.1 - 0.3f_T$
横方向加速度	a_{sway}	C_{YS}	-0.9	0.9	0.9	-0.9
	$a_{roll\text{-}y}$	C_{YR}	0.3	-0.3	-0.3	0.3
	$g\sin\theta$	C_{YG}	-0.2	0.2	0.2	-0.2
垂直方向加速度	a_{heave}	C_{ZH}	1	-1	1	-1
	$a_{roll\text{-}z}$	C_{ZR}	0.3	-0.3	-0.3	0.3
	$a_{pitch\text{-}z}$	C_{ZP}	$0.1 - 0.3f_T$	$0.3f_T - 0.1$	$0.1 - 0.3f_T$	$0.3f_T - 0.1$

表 6　　荷重ケース *OST* 及び *OSA* に対する荷重組合せ係数 *LCF*－強度評価

荷重要素		*LCF*	*OST-1P*	*OST-2P*	*OST-1S*	*OST-2S*
ハルガーダ荷重	M_{WV}	C_{WV}	$-0.3-0.2f_T$	$0.3+0.2f_T$	$-0.3-0.2f_T$	$0.3+0.2f_T$
	Q_{WV}	C_{QW}	$(-0.35-0.2f_T)\ f_{lp}$	$(0.35+0.2f_T)\ f_{lp}$	$(-0.35-0.2f_T)\ f_{lp}$	$(0.35+0.2f_T)\ f_{lp}$
	M_{WH}	C_{WH}	- 0.9	0.9	0.9	- 0.9
	M_{WT}	C_{WT}	$-f_{lp\text{-}OST}$	$f_{lp\text{-}OST}$	$f_{lp\text{-}OST}$	$-f_{lp\text{-}OST}$
縦方向加速度	a_{surge}	C_{XS}	$0.1f_T-0.15$	$0.15-0.1f_T$	$0.1f_T-0.15$	$0.15-0.1f_T$
	$a_{pitch\text{-}x}$	C_{XP}	$0.7-0.3f_T$	$0.3f_T-0.7$	$0.7-0.3f_T$	$0.3f_T-0.7$
	$g\sin\varphi$	C_{XG}	$0.2f_T-0.45$	$0.45-0.2f_T$	$0.2f_T-0.45$	$0.45-0.2f_T$
横方向加速度	a_{sway}	C_{YS}	0	0	0	0
	$a_{roll\text{-}y}$	C_{YR}	$0.4f_T-0.25$	$0.25-0.4f_T$	$0.25-0.4f_T$	$0.4f_T-0.25$
	$g\sin\theta$	C_{YG}	$0.1-0.2f_T$	$0.2f_T-0.1$	$0.2f_T-0.1$	$0.1-0.2f_T$
垂直方向加速度	a_{heave}	C_{ZH}	$0.2f_T-0.05$	$0.05-0.2f_T$	$0.2f_T-0.05$	$0.05-0.2f_T$
	$a_{roll\text{-}z}$	C_{ZR}	$0.4f_T-0.25$	$0.25-0.4f_T$	$0.25-0.4f_T$	$0.4f_T-0.25$
	$a_{pitch\text{-}z}$	C_{ZP}	$0.7-0.3f_T$	$0.3f_T-0.7$	$0.7-0.3f_T$	$0.3f_T-0.7$

荷重要素		*LCF*	*OSA-1P*	*OSA-2P*	*OSA-1S*	*OSA-2S*
ハルガーダ荷重	M_{WV}	C_{WV}	$0.75-0.5f_T$	$-0.75+0.5f_T$	$0.75-0.5f_T$	$-0.75+0.5f_T$
	Q_{WV}	C_{QW}	$(0.6-0.4f_T)\ f_{lp}$	$(-0.6+0.4f_T)\ f_{lp}$	$(0.6-0.4f_T)\ f_{lp}$	$(-0.6+0.4f_T)\ f_{lp}$
	M_{WH}	C_{WH}	$0.55+0.2f_T$	$-0.55-0.2f_T$	$-0.55-0.2f_T$	$0.55+0.2f_T$
	M_{WT}	C_{WT}	$-f_{lp\text{-}OSA}$	$f_{lp\text{-}OSA}$	$f_{lp\text{-}OSA}$	$-f_{lp\text{-}OSA}$
縦方向加速度	a_{surge}	C_{XS}	$0.1f_T-0.45$	$0.45-0.1f_T$	$-0.45+0.1f_T$	$0.45-0.1f_T$
	$a_{pitch\text{-}x}$	C_{XP}	1.0	- 1.0	1.0	- 1.0
	$g\sin\varphi$	C_{XG}	- 1.0	1.0	- 1.0	1.0
横方向加速度	a_{sway}	C_{YS}	$-0.2-0.1f_T$	$0.2+0.1f_T$	$0.2+0.1f_T$	$-0.2-0.1f_T$
	$a_{roll\text{-}y}$	C_{YR}	$0.3-0.2f_T$	$0.2f_T-0.3$	$0.2f_T-0.3$	$0.3-0.2f_T$
	$g\sin\theta$	C_{YG}	$0.1f_T-0.2$	$0.2-0.1f_T$	$0.2-0.1f_T$	$0.1f_T-0.2$
垂直方向加速度	a_{heave}	C_{ZH}	$-0.2f_T$	$0.2f_T$	$-0.2f_T$	$0.2f_T$
	$a_{roll\text{-}z}$	C_{ZR}	$0.3-0.2f_T$	$0.2f_T-0.3$	$0.2f_T-0.3$	$0.3-0.2f_T$
	$a_{pitch\text{-}z}$	C_{ZP}	1.0	- 1.0	1.0	- 1.0

3. 疲労評価に用いる動的荷重ケース

3.1 動的荷重ケース

3.1.1

疲労評価において考慮する各動的荷重ケースにおける船体運動応答及び全体荷重を**表 7** から**表 9** に示す。

表 7 荷重ケース *HSM* 及び *FSM* における船体応答－疲労評価

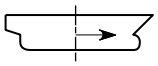
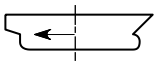
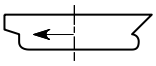
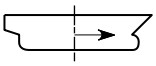
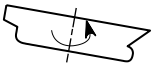
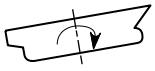
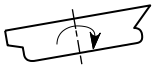
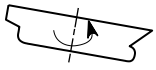
荷重ケース	*HSM-1*	*HSM-2*	*FSM-1*	*FSM-2*
等価設計波	*HSM*		*FSM*	
波向	向波		追波	
特性	最大曲げモーメント		最大曲げモーメント	
波浪中垂直曲げモーメント	サギング	ホギング	サギング	ホギング
波浪中垂直せん断力	後方 – 負 前方 – 正	後方 – 正 前方 – 負	後方 – 負 前方 – 正	後 – 正 前 – 負
波浪中水平曲げモーメント	-	-	-	-
捩りモーメント	-	-	-	-
前後揺れ	船尾方向	船首方向	船首方向	船尾方向
a_{surge}				
左右揺れ	-	-	-	-
a_{sway}	-	-	-	-
上下揺れ	下降	上昇	-	-
a_{heave}			-	-
ロール	-	-	-	-
a_{roll}	-	-	-	-
ピッチ	船首下降	船首上昇	船首上昇	船首下降
a_{pitch}				

表 8　　荷重ケース *BSR* 及び *BSP* における船体応答ー疲労評価

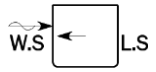
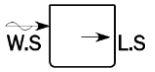
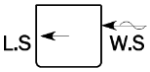
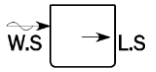
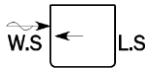
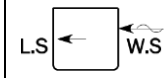
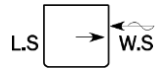
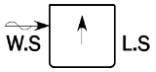
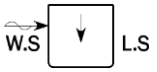
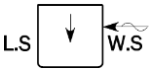
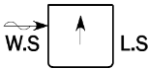
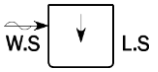
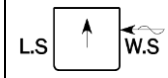
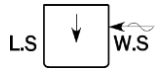
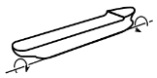
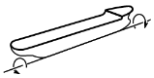
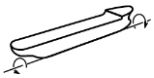
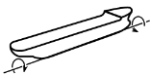
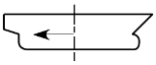
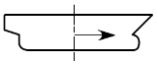
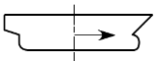
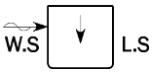
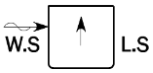
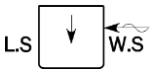
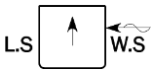
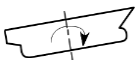
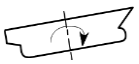
荷重ケース	*BSR-1P*	*BSR-2P*	*BSR-1S*	*BSR-2S*	*BSP-1P*	*BSP-2P*	*BSP-1S*	*BSP-2S*
等価設計波	*BSR*		*BSR*		*BSP*		*BSP*	
波向	横波				横波			
特性	最大ロール角				水線における最大波浪変動圧			
波浪中垂直曲げモーメント	サギング	ホギング	サギング	ホギング	サギング	ホギング	サギング	ホギング
波浪中垂直せん断力	後方 – 負 前方 – 正	後方 – 正 前方 – 負	後方 – 負 前方 – 正	後方 – 正 前方 – 負	後方 – 負 前方 – 正	後方 – 正 前方 – 負	後方 – 負 前方 – 正	後方 – 正 前方 – 負
波浪中水平曲げモーメント	右舷側引張	左舷側引張	左舷側引張	右舷側引張	右舷側引張	左舷側引張	左舷側引張	右舷側引張
捩りモーメント	-	-	-	-	-	-	-	-
前後揺れ	-	-	-	-	-	-	-	-
a_{surge}	-	-	-	-	-	-	-	-
左右揺れ	右舷方向	左舷方向	左舷方向	右舷方向	左舷方向	右舷方向	右舷方向	左舷方向
a_{sway}								
上下揺	下降	上昇	下降	上昇	下降	上昇	下降	上昇
a_{heave}								
ロール	左舷下降	左舷上昇	右舷下降	右舷上昇	左舷下降	左舷上昇	右舷下降	右舷上昇
a_{roll}								
ピッチ	-	-	-	-	-	-	-	-
a_{pitch}	-	-	-	-	-	-	-	-

表 9　　荷重ケース *OST* における船体応答－疲労評価

荷重ケース	*OST-1P*	*OST-2P*	*OST-1S*	*OST-2S*
等価設計波	*OST*			
波向	斜波			
特性	最大捩りモーメント			
波浪中垂直曲げモーメント	サギング	ホギング	サギング	ホギング
波浪中垂直せん断力	後方 – 負 前方 – 正	後方 – 正 前方 – 負	後方 – 負 前方 – 正	後方 – 正 前方 – 負
波浪中水平曲げモーメント	左舷側引張	右舷側引張	右舷側引張	左舷側引張
捩りモーメント				
前後揺れ	船首方向	船尾方向	船首方向	船尾方向
a_{surge}				
左右揺れ	-	-	-	-
a_{sway}	-	-	-	-
上下揺れ	上昇	下降	上昇	下降
a_{heave}				
ロール	左舷下降	左舷上昇	右舷下降	右舷上昇
a_{roll}				
ピッチ	船首上昇	船首下降	船首上昇	船首下降
a_{pitch}				

3.2 荷重組合せ係数

3.2.1

疲労評価に用いる全体荷重及び慣性荷重に対する荷重組合せ係数 *LCF* は，次による。

表 10：荷重ケース *HSM* 及び *FSM* における荷重組合せ係数

表 11：荷重ケース *BSR* 及び *BSP* における荷重組合せ係数

表 12：荷重ケース *OST* における荷重組合せ係数

表 10　荷重ケース *HSM* 及び *FSM* に対する荷重組合せ係数 *LCF*－疲労評価

荷重要素		*LCF*	*HSM-1*	*HSM-2*	*FSM-1*	*FSM-2*
ハルガーダ荷重	M_{WV}	C_{WV}	-1	1	$-0.75 - 0.2f_T$	$0.75 + 0.2f_T$
	Q_{WV}	C_{QW}	$-1.0\ f_{lp}$	$1.0\ f_{lp}$	$(-0.75-0.2f_T)\ f_{lp}$	$(0.75+0.2f_T)\ f_{lp}$
	M_{WH}	C_{WH}	0	0	0	0
	M_{WT}	C_{WT}	0	0	0	0
縦方向加速度	a_{surge}	C_{XS}	$0.3 - 0.2f_T$	$0.2f_T - 0.3$	$-0.4f_T + 0.2$	$0.4f_T - 0.2$
	$a_{pitch\text{-}x}$	C_{XP}	-0.9	0.9	0.1	-0.1
	$g\sin\varphi$	C_{XG}	$0.4f_T + 0.4$	$-0.4f_T - 0.4$	-0.15	0.15
横方向加速度	a_{sway}	C_{YS}	0	0	0	0
	$a_{roll\text{-}y}$	C_{YR}	0	0	0	0
	$g\sin\theta$	C_{YG}	0	0	0	0
垂直方向加速度	a_{heave}	C_{ZH}	$0.8f_T - 0.15$	$0.15 - 0.8f_T$	0	0
	$a_{roll\text{-}z}$	C_{ZR}	0	0	0	0
	$a_{pitch\text{-}z}$	C_{ZP}	-0.9	0.9	0.1	-0.1

表 11　　荷重ケース *BSR* 及び *BSP* に対する荷重組合せ係数 *LCF*－疲労評価

荷重要素		*LCF*	*BSR-1P*	*BSR-2P*	*BSR-1S*	*BSR-2S*
ハルガーダ荷重	M_{WV}	C_{WV}	$0.1 - 0.2f_T$	$0.2f_T - 0.1$	$0.1 - 0.2f_T$	$0.2f_T - 0.1$
	Q_{WV}	C_{QW}	$(0.1-0.2f_T)\ f_{lp}$	$(0.2f_T - 0.1)\ f_{lp}$	$(0.1-0.2f_T)\ f_{lp}$	$(0.2f_T - 0.1)\ f_{lp}$
	M_{WH}	C_{WH}	$1.1 - f_T$	$f_T - 1.1$	$f_T - 1.1$	$1.1 - f_T$
	M_{WT}	C_{WT}	0	0	0	0
縦方向加速度	a_{surge}	C_{XS}	0	0	0	0
	$a_{pitch\text{-}x}$	C_{XP}	0	0	0	0
	$g\sin\varphi$	C_{XG}	0	0	0	0
横方向加速度	a_{sway}	C_{YS}	$0.2 - 0.2f_T$	$0.2f_T - 0.2$	$0.2f_T - 0.2$	$0.2 - 0.2f_T$
	$a_{roll\text{-}y}$	C_{YR}	1	-1	-1	1
	$g\sin\theta$	C_{YG}	-1	1	1	-1
垂直方向加速度	a_{heave}	C_{ZH}	$0.7 - 0.4f_T$	$0.4f_T - 0.7$	$0.7 - 0.4f_T$	$0.4f_T - 0.7$
	$a_{roll\text{-}z}$	C_{ZR}	1	-1	-1	1
	$a_{pitch\text{-}z}$	C_{ZP}	0	0	0	0

荷重要素		*LCF*	*BSP-1P*	*BSP-2P*	*BSP-1S*	*BSP-2S*
ハルガーダ荷重	M_{WV}	C_{WV}	$0.3 - 0.8f_T$	$0.8f_T - 0.3$	$0.3 - 0.8f_T$	$0.8f_T - 0.3$
	Q_{WV}	C_{QW}	$(0.3-0.8f_T)\ f_{lp}$	$(0.8f_T - 0.3)\ f_{lp}$	$(0.3-0.8f_T)\ f_{lp}$	$(0.8f_T - 0.3)\ f_{lp}$
	M_{WH}	C_{WH}	$0.6 - 0.6f_T$	$0.6f_T - 0.6$	$0.6f_T - 0.6$	$0.6 - 0.6f_T$
	M_{WT}	C_{WT}	0	0	0	0
縦方向加速度	a_{surge}	C_{XS}	0	0	0	0
	$a_{pitch\text{-}x}$	C_{XP}	0	0	0	0
	$g\sin\varphi$	C_{XG}	0	0	0	0
横方向加速度	a_{sway}	C_{YS}	-0.95	0.95	0.95	-0.95
	$a_{roll\text{-}y}$	C_{YR}	0.3	-0.3	-0.3	0.3
	$g\sin\theta$	C_{YG}	-0.2	0.2	0.2	-0.2
垂直方向加速度	a_{heave}	C_{ZH}	1	-1	1	-1
	$a_{roll\text{-}z}$	C_{ZR}	0.3	-0.3	-0.3	0.3
	$a_{pitch\text{-}z}$	C_{ZP}	0	0	0	0

表 12　　荷重ケース *OST* に対する荷重組合せ係数 *LCF*－疲労評価

荷重要素		*LCF*	*OST-1P*	*OST-2P*	*OST-1S*	*OST-2S*
ハルガーダ荷重	M_{WV}	C_{WV}	-0.4	0.4	-0.4	0.4
	Q_{WV}	C_{QW}	-0.4 f_{lp}	0.4 f_{lp}	-0.4 f_{lp}	0.4 f_{lp}
	M_{WH}	C_{WH}	-0.9	0.9	0.9	-0.9
	M_{WT}	C_{WT}	- $f_{lp\text{-}OST}$	$f_{lp\text{-}OST}$	$f_{lp\text{-}OST}$	- $f_{lp\text{-}OST}$
縦方向加速度	a_{surge}	C_{XS}	-0.25 + 0.2f_T	0.25 - 0.2f_T	-0.25 + 0.2f_T	0.25 - 0.2f_T
	$a_{pitch\text{-}x}$	C_{XP}	0.4 - 0.2f_T	-0.4 + 0.2f_T	0.4 - 0.2f_T	-0.4 + 0.2f_T
	$g\sin\varphi$	C_{XG}	-0.4 + 0.2f_T	0.4 - 0.2f_T	-0.4 + 0.2f_T	0.4 - 0.2f_T
横方向加速度	a_{sway}	C_{YS}	0	0	0	0
	$a_{roll\text{-}y}$	C_{YR}	-0.4 + 0.6f_T	0.4 - 0.6f_T	0.4 - 0.6f_T	-0.4 + 0.6f_T
	$g\sin\theta$	C_{YG}	0.2 - 0.3f_T	-0.2 + 0.3f_T	-0.2 + 0.3f_T	0.2 - 0.3f_T
垂直方向加速度	a_{heave}	C_{ZH}	-0.05	0.05	-0.05	0.05
	$a_{roll\text{-}z}$	C_{ZR}	-0.4 + 0.6f_T	0.4 - 0.6f_T	0.4 - 0.6f_T	-0.4 + 0.6f_T
	$a_{pitch\text{-}z}$	C_{ZP}	0.4 - 0.2f_T	-0.4 + 0.2f_T	0.4 - 0.2f_T	-0.4 + 0.2f_T

3 節　船体運動及び加速度

記号

本節に規定されない記号については，**1 章 4 節**による。

a_0：　加速度の算定に用いるパラメータで，次による。

$$a_0 = (1.58 - 0.47C_B)\left(\frac{2.4}{\sqrt{L_{CSR}}} + \frac{34}{L_{CSR}} - \frac{600}{{L_{CSR}}^2}\right)$$

T_θ：　**2.1.1** に規定するロール周期（s）

θ：　**2.1.1** に規定するロール角（deg）

T_φ：　**2.1.2** に規定するピッチ周期（s）

φ：　**2.1.2** に規定するピッチ角（deg）

R：　船体の回転中心位置の鉛直座標（m）で，次による。

$$R = \min\left(\frac{D}{4} + \frac{T_{LC}}{2}, \frac{D}{2}\right)$$

C_{XG}，C_{XS}，C_{XP}，C_{YG}，C_{YS}，C_{YR}，C_{ZH}，C_{ZR} 及び C_{ZP}：**4 章 2 節**に規定する荷重組合せ係数

$a_{roll\text{-}y}$：　**3.3.2** に規定するロールによる横方向加速度（m/s^2）

$a_{pitch\text{-}x}$：　**3.3.1** に規定するピッチによる縦方向加速度（m/s^2）

$a_{roll\text{-}z}$：　**3.3.3** に規定するロールによる垂直方向加速度（m/s^2）

$a_{pitch\text{-}z}$：　**3.3.3** に規定するピッチによる垂直方向加速度（m/s^2）

f_T：　考慮する積付状態における喫水と構造用喫水との比で，次による。ただし，0.5 未満としてはならない。

$$f_T = \frac{T_{LC}}{T_{SC}}$$

T_{LC}：　考慮する積付状態における船体中央の喫水（m）

x，y，z：　**4 章 1 節 1.2.1** に規定する座標系において考慮する点の X，Y，Z 座標（m）

f_{ps}：　**4 章 7 節**に規定する設計荷重シナリオに基づく強度評価に用いる係数で，次による。

f_{ps} = 1.0　　極めて厳しい海象を想定した設計荷重シナリオ

f_{ps} = 0.8　　バラスト水の交換作業のための設計荷重シナリオ

f_{ps} = 0.8　　浸水時のための設計荷重シナリオ

f_{ps} = 0.4　　港内又は閉囲された水域のための設計荷重シナリオ

f_{fa}：　疲労評価に用いる係数で，次による。

f_{fa} = 0.9

1.　一般

1.1　定義

1.1.1

船体運動及び加速度は，正弦関数に従うとみなす。本節の算式で規定する船体運動及び加速度は，片振幅，即ち，振幅の山から谷までの半分の値とする。

2.　船体運動及び加速度

2.1　船体運動

2.1.1　ロール運動

ロール周期T_θ（s）は，次による。

$$T_\theta = \frac{2.3\pi\, k_r}{\sqrt{gGM}}$$

ロール角θ（*deg*）は次による。

$$\theta = \frac{9000(1.25 - 0.025T_\theta) f_p f_{BK}}{(B+75)\pi}$$

f_p： 係数で，次による。

強度評価用　　$f_p = f_{ps}$

疲労評価用　　$f_p = f_{fa}\,(0.23 - 4 f_T B \times 10^{-4})$

f_{BK}： 係数で，次による。

ビルジキールを有しない船舶　$f_{BK} = 1.2$

ビルジキールを有する船舶　　$f_{BK} = 1.0$

k_r： 考慮する積付状態でのロールの慣動半径（*m*）。**表 1** 又は**表 2** に示す値を用いなければならない。

GM：考慮する積付状態におけるメタセンタ高さ（*m*）。**表 1** 又は**表 2** に示す値を用いなければならない。

表 1　　油タンカー用の k_r 及び *GM*

積付状態(1)(2)	T_{LC}	k_r	*GM*
満載状態	T_{SC}	0.35*B*	0.12*B*
喫水が $0.9T_{SC}$ を超える任意の積付状態	実際の喫水 ただし，$0.9T_{SC}$ 以上とする。	0.35*B*	0.12*B*
部分積付状態	$0.6T_{SC}$ 以下	0.40*B*	0.24*B*
バラスト状態	T_{BAL}	0.45*B*	0.33*B*

(1) 任意の積付状態又は荒天／非常時のバラスト状態であって喫水が $0.6T_{SC}$ から $0.9T_{SC}$ の場合は，ローディングマニュアルで特に記載しない限り，k_r 及び *GM* の値は，実際の喫水を基準に任意の積付状態の $0.9T_{SC}$ 及び部分積付状態の $0.6T_{SC}$ における値を線形補間することによって求めなければならない。

(2) 浸水状態の場合は，ローディングマニュアルで特に記載しない限り，k_r 及び *GM* の値は，満載状態の値を用いるものとする。

表 2　　ばら積貨物船用の k_r 及び GM

積付状態[1][2][4]		適用	T_{LC}	k_r	GM
満載状態	均等積状態	全てのばら積貨物船	T_{SC}	0.35B	0.12B
	重貨物隔倉積状態	*BC-A* 船		0.40B	0.20B
	軽貨物隔倉積状態	*BC-A* 船		0.35B	0.12B
	重貨物均等積状態	*BC-B* 船，*BC-A* 船		0.42B	0.25B
スチールコイル積載状態[3]		鋼製品を積載する全てのばら積貨物船		0.42B	0.25B
ヘビーバラスト状態		全てのばら積貨物船	$T_{BAL\text{-}H}$	0.40B	0.25B
ノーマルバラスト状態		全てのばら積貨物船	T_{BAL}	0.45B	0.33B

(1) 多港積荷・揚荷状態であって喫水が $0.9T_{SC}$ 以上の場合は，ローディングマニュアルで特に記載しない限り，k_r 及び GM の値は，満載状態のうち最も適していると考えられる状態から選定しなければならない。
多港積荷・揚荷状態であって喫水が $T_{BAL\text{-}H}$ から $0.9T_{SC}$ の場合は，ローディングマニュアルで特に記載しない限り，k_r 及び GM の値は，喫水を基準にヘビーバラスト状態及び満載状態のうち最も適していると考えられる状態の値を線形補間することによって求めなければならない。
多港積荷・揚荷状態であって喫水が $T_{BAL\text{-}H}$ より小さい場合は，k_r 及び GM の値は，ヘビーバラスト状態の値を用いるものとする。
(2) 浸水状態の場合は，ローディングマニュアルで特に記載しない限り，k_r 及び GM の値は，満載状態の値を用いるものとする。
(3) **1 章 2 節 3.6** により，設計者によってローディングマニュアルにスチールコイル積載状態が記載されている場合は，k_r 及び GM の値は，本表によらなければならない。
(4) ブロック積状態の場合は，本表における重貨物均等積状態での喫水，k_r 及び GM の値を用いて評価しなければならない。

2.1.2　ピッチ

ピッチ周期T_φ（s）は，次による。

$$T_\varphi = \sqrt{\frac{2\pi\lambda_\varphi}{g}}$$

$$\lambda_\varphi = 0.6(1+f_T)L_{CSR}$$

ピッチ角φ（deg）は次による値とする。

$$\varphi = 1350 f_p L_{CSR}^{-0.94}\left\{1.0+\left(\frac{2.57}{\sqrt{g\,L_{CSR}}}\right)^{1.2}\right\}$$

f_p：係数で，次による。

強度評価用　　$f_p = f_{ps}$

疲労評価用　　$f_p = f_{fa}[(0.27-0.02f_T)-(13-5f_T)L_{CSR}\times 10^{-5}]$

2.2　重心位置における船体加速度

2.2.1　前後揺れ加速度

前後揺れによる縦方向の加速度 a_{surge}（m/s^2）は，次による。

$$a_{surge} = 0.2 f_p a_0 g$$

f_p：係数で，次による。

強度評価用　　$f_p = f_{ps}$

疲労評価用　　$f_p = f_{fa}[0.27-(15+4f_T)L_{CSR}\times 10^{-5}]$

2.2.2　左右揺れ加速度

左右揺れによる横方向の加速度 a_{sway}（m/s^2）は，次による。

$$a_{sway} = 0.3 f_p a_0 g$$

f_p： 係数で，次による。

強度評価用　　$f_p = f_{ps}$

疲労評価用　　$f_p = f_{fa}[0.24 - (6 - 2f_T)B \times 10^{-4}]$

2.2.3　上下揺れ加速度

上下揺れによる垂直方向の加速度 a_{heave}（m/s^2）は，次による。

$$a_{heave} = f_p a_0 g$$

f_p： 係数で，次による。

強度評価用　　$f_p = f_{ps}$

疲労評価用　　$f_p = f_{fa}[(0.27 + 0.02f_T) - 17L_{CSR} \times 10^{-5}]$

2.2.4　ロール加速度

ロール加速度 a_{roll}（rad/s^2）は，次による。

$$a_{roll} = f_p \theta \frac{\pi}{180}\left(\frac{2\pi}{T_\theta}\right)^2$$

θ： $f_p = 1.0$ とした場合のロール角

f_p： 係数で，次による。

強度評価用　　$f_p = f_{ps}$

疲労評価用　　$f_p = f_{fa}[0.23 - 4f_T B \times 10^{-4}]$

2.2.5　ピッチ加速度

ピッチ加速度 a_{pitch}（rad/s^2）は，次による。

$$a_{pitch} = f_p\left(\frac{3.1}{\sqrt{g\,L_{CSR}}} + 1.0\right)\varphi \frac{\pi}{180}\left(\frac{2\pi}{T_\varphi}\right)^2$$

φ： $f_p = 1.0$ としたピッチ角

f_p： 係数で，次による。

強度評価用　　$f_p = f_{ps}$

疲労評価用　　$f_p = f_{fa}[0.28 - (5 + 6f_T)L_{CSR} \times 10^{-5}]$

3.　任意の位置における加速度

3.1　一般

3.1.1

任意の位置における慣性荷重を算定するために用いる加速度は，船体固定座標系に基づいて定義される。従って，**3.2** 及び **3.3** に規定する加速度の値は，ロール及びピッチ角による重力加速度成分を含む。

3.1.2

4 章 2 節に規定する動的荷重ケースにおいて用いられる加速度は，**3.2** による。

3.1.3

3.3 に規定する包絡加速度は参考のために示されており，他の設計（クレーン及び機器の台座等）における最大設計加速度として用いても差し支えない。

3.2　動的荷重ケースにおける加速度

3.2.1　一般

4 章 2 節に規定する動的荷重ケースにおける加速度は，**3.2.2** から **3.2.4** による。

3.2.2　縦方向加速度

各動的荷重ケースにおける任意の位置での縦方向加速度 a_X（m/s^2）は，次による。

$$a_X = -C_{XG} g \sin\varphi + C_{XS} a_{surge} + C_{XP} a_{pitch}(z - R)$$

3.2.3　横方向加速度

各動的荷重ケースにおける任意の位置での横方向加速度 a_Y（m/s^2）は，次による。

$$a_Y = C_{YG} g \sin\theta + C_{YS} a_{sway} - C_{YR} a_{roll}(z - R)$$

3.2.4　垂直方向加速度

各動的荷重ケースにおける任意の位置での垂直方向加速度 a_Z（m/s^2）は，次による。

$$a_Z = C_{ZH}a_{heave} + C_{ZR}a_{roll}y - C_{ZP}a_{pitch}(x - 0.45L_{CSR})$$

3.3　包絡加速度

3.3.1　縦方向加速度

任意の位置での縦方向包絡加速度 $a_{x\text{-}env}$（m/s^2）は，次による。

$$a_{x-env} = 0.7\sqrt{{a_{surge}}^2 + \left[\frac{L_{CSR}}{325}(g\sin\varphi + a_{pitch-x})\right]^2}$$

$a_{pitch\text{-}x}$：ピッチによる縦方向加速度（m/s^2）

$$a_{pitch-x} = a_{pitch}(z - R)$$

3.3.2　横方向加速度

任意の位置での横方向包絡加速度 $a_{y\text{-}env}$（m/s^2）は，次による。

$$a_{y-env} = \sqrt{{a_{sway}}^2 + (g\sin\theta + a_{roll-y})^2}$$

$a_{roll\text{-}y}$：ロールによる横方向加速度（m/s^2）

$$a_{roll-y} = a_{roll}(z - R)$$

3.3.3　垂直方向加速度

任意の位置での垂直方向包絡加速度 $a_{z\text{-}env}$（m/s^2）は，次による。

$$a_{z-env} = \sqrt{{a_{heave}}^2 + \left(\left(0.3 + \frac{L_{CSR}}{325}\right)a_{pitch-z}\right)^2 + (1.2a_{roll-z})^2}$$

$a_{pitch\text{-}z}$：ピッチによる垂直方向加速度（m/s^2）

$$a_{pitch-z} = a_{pitch}(x - 0.45L_{CSR})$$

$a_{roll\text{-}z}$：ロールによる垂直方向加速度（m/s^2）

$$a_{roll-z} = a_{roll}\,y$$

4節　ハルガーダ荷重

記号

本節に規定されない記号については，**1章4節**による。

x：　**4章1節1.2.1**に規定する座標系において考慮する点のX座標（m）

C_w：　波浪係数で，次による。

$90m \le L_{CSR} \le 300m$の場合　$C_w = 10.75 - \left(\frac{300 - L_{CSR}}{100}\right)^{1.5}$

$300m < L_{CSR} \le 350m$の場合　$C_w = 10.75$

$350m < L_{CSR} \le 500m$の場合　$C_w = 10.75 - \left(\frac{L_{CSR} - 350}{150}\right)^{1.5}$

f_β：　船首方位修正係数で，次による。

・強度評価用

f_β= 1.05：　極めて厳しい海象を想定した設計荷重シナリオにおける荷重ケース*HSM*及び*FSM*

f_β= 0.8：　極めて厳しい海象を想定した設計荷重シナリオにおける荷重ケース*BSR*及び*BSP*

f_β= 1.0：　極めて厳しい海象を想定した設計荷重シナリオにおける荷重ケース*HSA*，*OST*及び*OSA*

f_β= 1.0：　洋上でのバラスト交換，港内及び閉囲された水域並びに浸水時のための設計荷重シナリオ

・疲労評価用

f_β= 1.0

f_{ps}：　**4章3節**に規定する係数

BSR，*BSP*，*HSM*，*HSA*，*FSM*，*OST*及び*OSA*：　**4章2節**に規定する動的荷重ケース

1.　適用

1.1　一般

1.1.1

静的（*S*）設計荷重シナリオにおけるハルガーダ荷重は**2**に規定する静水中荷重としなければならない。

1.1.2

各動的荷重ケースについて，静的及び動的（*S*+*D*）設計荷重シナリオにおけるハルガーダ荷重を算定しなければならない。ハルガーダ荷重は，**2**に規定する静水中荷重及び**3.5**に規定する動的荷重の合計とする。

2.　静水中ハルガーダ荷重

2.1　一般

2.1.1　航海中及び港内又は閉囲された水域での状態

設計者は，航海中及び港内又は閉囲された水域における許容静水中曲げモーメント及び許容静水中せん断力の許容値を準備しなければならない。

許容静水中ハルガーダ荷重は，貨物倉区域の各横隔壁，貨物区画の中央，船首隔壁，機関室前部隔壁並びに機関室前部及び後部隔壁の中間の位置における値を算出しなければならない。その他の位置における許容ハルガーダ曲げモーメント及び許容ハルガーダせん断力は，線形補間によって求めて差し支えない。

（備考 1）初期設計において，ホギング及びサギング状態での許容静水中ハルガーダ曲げモーメント及び許容静水中ハルガーダせん断力は，船舶の設計及び建造工程における増加を考慮して，設計での余剰分を確保するために，ローディングマニュアルに記載される積付状態から静水中ハルガーダ曲げモーメントを 5%，静水中ハルガーダせん断力を 10%，それぞれの最大値より大きくすることを推奨する。

2.1.2　浸水状態

設計者は，浸水状態における許容静水中曲げモーメント及び許容静水中せん断力の包絡線を準備しなければならない。

2.1.3　疲労評価における静水中荷重

疲労評価に用いる静水中曲げモーメント及び静水中せん断力の値及び分布は，船舶の生涯にわたり最も多く適用される積付状態における典型的な値としなければならない。一般的に，積付状態は，二重船殻油タンカーでは，ノーマルバラスト状態及び満載均等積状態となり，ばら積貨物船では，ノーマルバラスト状態，ヘビーバラスト状態，満載均等積状態及び満載隔倉積状態となる。なお，満載隔倉積状態は，*BC-A* 船のみに適用される。積付状態の定義は，**9 章**の規定による。

2.2　静水中垂直曲げモーメント

2.2.1　最小静水中曲げモーメント

ホギング及びサギング状態における最小静水中曲げモーメント $M_{sw\text{-}h\text{-}min}$ 及び $M_{sw\text{-}s\text{-}min}$ は，それぞれ次による。

ホギング状態：　$M_{sw-h-\min} = f_{sw}\left(171 C_w L_{CSR}{}^2 B (C_B + 0.7)\, 10^{-3} - M_{wv-h-mid}\right)$（*kNm*）

サギング状態：　$M_{sw-s-\min} = -0.85 f_{sw}\left(171 C_w L_{CSR}{}^2 B (C_B + 0.7)\, 10^{-3} + M_{wv-s-mid}\right)$（*kNm*）

$M_{wv-h-mid}$：強度評価に用いるホギング状態の波浪中垂直曲げモーメントで，**3.1.1** の規定による。なお，算定では，f_p 及び f_m を 1.0 とする。

$M_{wv-s-mid}$：強度評価に用いるサギング状態の波浪中垂直曲げモーメントで，**3.1.1** の規定による。なお，算定では，f_p 及び f_m を 1.0 とする。

f_{sw}：　船舶の長さに沿った分布係数で，次による。（**図 1** 参照）

$x \le 0$ の場合　　$f_{sw} = 0.0$

$x = 0.1 L_{CSR}$ の場合　　$f_{sw} = 0.15$

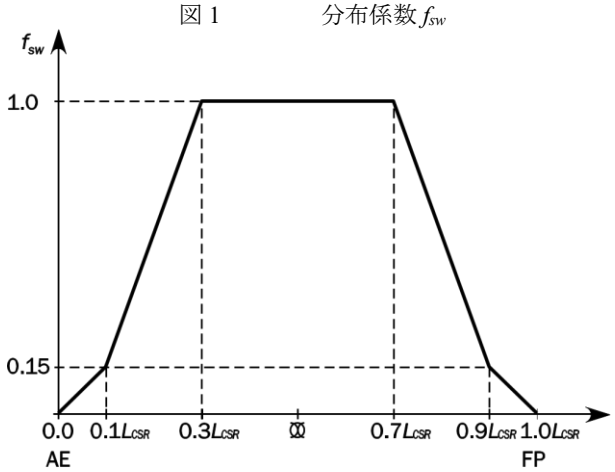
$0.3 L_{CSR} \le x \le 0.7 L_{CSR}$ の場合　　$f_{sw} = 1.0$

$x = 0.9 L_{CSR}$ の場合　　$f_{sw} = 0.15$

$x \ge L_{CSR}$ の場合　　$f_{sw} = 0.0$

f_{sw} の中間値については，線形補間を行って求めなければならない。

図 1　　分布係数 f_{sw}



2.2.2　航海中における許容静水中垂直曲げモーメント

縦方向の任意の位置における航海中の許容静水中垂直曲げモーメント $M_{sw\text{-}h}$ 及び $M_{sw\text{-}s}$ は，次を含まなければならない。

- **4 章 8 節**に規定する航海中の積付状態におけるホギング及びサギング状態それぞれでの最も厳しい静水中曲げモーメント
- ローディングマニュアルに記載される航海中の積付状態における最も厳しい静水中曲げモーメント
- **2.2.1** に規定する最小静水中曲げモーメント

2.2.3　港内又は閉囲された水域並びに水圧試験における許容静水中垂直曲げモーメント

縦方向の任意の位置における港内又は閉囲された水域並びに水圧試験の許容静水中垂直曲げモーメント $M_{sw\text{-}p\text{-}h}$ 及び $M_{sw\text{-}p\text{-}s}$ は，次を含まなければならない。

- **4 章 8 節**に規定する港内又は閉囲された水域での積付状態におけるホギング及びサギング状態それぞれでの最も厳しい静水中曲げモーメント
- ローディングマニュアルに記載される港内又は閉囲された水域における積付状態における最も厳しい静水中曲げモーメント

- **2.2.2** に規定する許容静水中曲げモーメント
- **2.2.1** に規定する最小静水中曲げモーメントの 1.25 倍

2.2.4　浸水状態における許容静水中垂直曲げモーメント

縦方向の任意の位置における浸水状態の許容静水中垂直曲げモーメント $M_{sw\text{-}f}$は，次を含まなければならない。

- **4 章 8 節**に規定する航海中の非損傷時及び浸水時の積付状態におけるホギング及びサギング状態それぞれでの最も厳しい静水中曲げモーメント。ただし，バラスト水交換中の積付状態に対しては，浸水状態を考慮する必要はない。
- ローディングマニュアルに記載される航海中の非損傷時及び浸水時の積付状態での最も厳しい静水中曲げモーメント
- **2.2.2** に規定する許容静水中曲げモーメントの 1.10 倍

2.3　静水中垂直せん断力

2.3.1　油タンカーの航海中における最小静水中せん断力

航海中に貨物タンク間に配置した横隔壁周りに作用する最小静水中垂直せん断力$Q_{sw-\min}$の正及び負の値は，次による。

(a) 船舶の幅方向に 3 つの貨物タンクを有する油タンカーの場合：

$$Q_{sw-\min} = \pm\max\begin{Bmatrix} 0.225\rho g\, B_{local}\, \ell_{tk}\, T_{SC} \\ 0.5\rho g[0.98(V_{CT}+2V_{ST}) - 0.7 B_{local}\, \ell_{tk}\, T_{SC}] \end{Bmatrix} \quad (kN)$$

なお，横隔壁を挟む貨物タンク又はバラストタンクにおいて算出する$Q_{sw-\min}$の最大値としなければならない。

(b) 船舶の幅方向に 2 つの貨物タンクを有する油タンカーの場合：

$$Q_{sw-\min} = \pm 0.4\rho g\, B_{local}\, \ell_{tk}\, T_{SC} \quad (kN)$$

なお，横隔壁を挟む貨物タンク又はバラストタンクにおいて算出する$Q_{sw-\min}$の最大値としなければならない。

B_{local}：　考慮するタンクの長さ中央における構造用喫水での喫水線における船の幅（m）

ℓ_{tk}：　考慮する横隔壁を挟む前後の貨物タンクのうち考慮する側の貨物タンクの長さ（m）

V_{CT}：　考慮する横隔壁を挟む前後の貨物タンクのうち考慮する側の中央貨物タンクの容積（m^3）

V_{ST}：　考慮する横隔壁を挟む前後の貨物タンクのうち考慮する側の船側貨物タンクの容積（m^3）

2.3.2　油タンカーの港内及び閉囲された水域における最小静水中せん断力

港内及び閉囲された水域において貨物タンク間に配置した横隔壁周りに作用する最小静水中垂直せん断力$Q_{sw-p-\min}$の正及び負の値は，次による。

(a) 船舶の幅方向に 3 つの貨物タンクを有する油タンカーの場合:

横隔壁を挟む貨物タンク又はバラストタンクにおいて算出する$Q_{sw-p-\min}$の最大値としなければならない。

$$Q_{sw-p-\min} = \pm\max\begin{Bmatrix} 0.275\rho g\, B_{local}\, \ell_{tk}\, T_{SC} \\ 0.5\rho g[0.98(V_{CT}+2V_{ST}) - 0.6 B_{local}\, \ell_{tk}\, T_{SC}] \end{Bmatrix} \quad (kN)$$

(b) 船舶の幅方向に 2 つの貨物タンクを有する油タンカーの場合:

横隔壁を挟む貨物タンク又はバラストタンクにおいて算出する$Q_{sw-p-\min}$の最大値としなければならない。

$$Q_{sw-p-\min} = \pm 0.45\rho g\, B_{local}\, \ell_{tk}\, T_{SC} \quad (kN)$$

2.3.3　航海中における許容静水中せん断力

縦方向の任意の位置における油タンカー及びばら積貨物船の航海中の許容静水中垂直せん断力Q_{sw}は，次を含まなければならない。

- **4 章 8 節**に規定する航海中の積付状態における最も厳しい静水中せん断力の正又は負の値で，ばら積貨物船にあっては，せん断修正を行ったもの。
- ローディングマニュアルに記載される航海中の積付状態における最も厳しい静水中せん断力で，ばら積貨物船にあってはせん断修正を行ったもの。
- 油タンカーにあっては，**2.3.1** に規定する最小静水中せん断力

2.3.4　港内又は閉囲された水域並びに水圧試験における許容静水中せん断力

縦方向の任意の位置における港内又は閉囲された水域並びに水圧試験の油タンカー及びばら積貨物船の許容静水中垂直せん断力Q_{sw-p}は，次を含まなければならない。

- **4 章 8 節**に規定する港内又は閉囲された水域での積付状態における正又は負の最も厳しい静水中せん断力で，ばら積貨物船にあっては，せん断修正を行ったもの。
- ローディングマニュアルに記載される港内又は閉囲された水域での積付状態における最も厳しい静水中せん断力で，ばら積貨物船にあってはせん断修正を行ったもの。

- **2.3.3** に規定する許容静水中垂直せん断力
- 油タンカーにあっては，**2.3.2** に規定する最小静水中垂直せん断力

初期設計段階においては，次による値を参考値として用いても差し支えない。

$Q_{sw-p} = Q_{sw} + 0.6Q_{wv}$

Q_{sw}： **2.3.3** に規定する許容静水中せん断力Q_{sw}

Q_{wv}： 強度評価に用いる波浪せん断力Q_{wv-pos}及びQ_{wv-neg}で，**3.2.1** の規定による。なお，算定ではf_pを 1.0 とする。

2.3.5　浸水状態における許容静水中せん断力

縦方向の任意の位置における油タンカー及びばら積貨物船の浸水状態の許容静水中垂直せん断力Q_{sw-f}は，次を含まなければならない。

- **4 章 8 節**に規定する航海中の浸水時の積付状態における正又は負の最も厳しい静水中せん断力で，ばら積貨物船にあっては，せん断修正を行ったもの。ただし，バラスト水交換中の積付状態に対しては，浸水状態を考慮する必要はない。
- ローディングマニュアルに記載される航海中の浸水時の積付状態における最も厳しい静水中せん断力で，ばら積貨物船にあっては，せん断修正を行ったもの。
- **2.3.3** に規定する許容静水中せん断力

3.　動的ハルガーダ荷重

3.1　波浪中垂直曲げモーメント

3.1.1

縦方向の任意の位置における波浪中垂直曲げモーメントは，次による。

ホギング状態：　$M_{wv-h} = 0.19 f_{nl-vh} f_m f_p C_w L_{CSR}{}^2 B C_B$（$kNm$）

サギング状態：　$M_{wv-s} = -0.19 f_{nl-vs} f_m f_p C_w L_{CSR}{}^2 B C_B$（$kNm$）

$f_{nl\text{-}vh}$： ホギング状態の非線形影響を考慮した係数で，次による。

強度評価及び疲労評価用　$f_{nl\text{-}vh} = 1.0$

$f_{nl\text{-}vs}$： サギング状態の非線形影響を考慮した係数で，次による。

強度評価用　$f_{nl-vs} = 0.58\left(\frac{C_B+0.7}{C_B}\right)$

疲労評価用　$f_{nl-vs} = 1.0$

f_p：　係数で，次による。

強度評価用　$f_p = f_{ps}$

疲労評価用　$f_p = 0.9\,[0.27 - (6 + 4f_T)L_{CSR} \times 10^{-5}]$

f_m：　波浪中垂直曲げモーメントの船舶の長さに沿った分布係数で，次による。

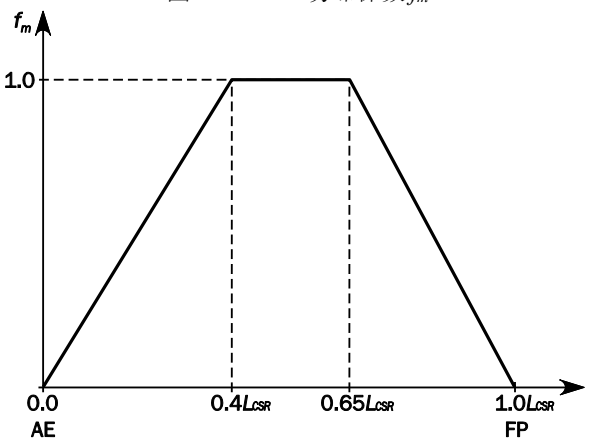
$x \leq 0$ の場合　$f_m = 0.0$

$0.4L_{CSR} \leq x \leq 0.65L_{CSR}$ の場合　$f_m = 1.0$

$x \geq L_{CSR}$ の場合　$f_m = 0.0$

f_m の中間値については，線形補間を行って求めなければならない。（**図 2** 参照）

図 2　　分布係数 f_m



3.2　　波浪中垂直せん断力

3.2.1

縦方向の任意の位置における波浪中垂直せん断力は，次による。

$Q_{wv-pos} = 0.52 f_{q-pos} f_p C_w L_{CSR} B C_B$ （kN）

$Q_{wv-neg} = -0.52 f_{q-neg} f_p C_w L_{CSR} B C_B$ （kN）

f_p：　係数で，次による。

強度評価用　　$f_p = f_{ps}$

疲労評価用　　$f_p = 0.9\,[0.27 - (17 - 8f_T)L_{CSR} \times 10^{-5}]$

$f_{q\text{-}pos}$：正の波浪中せん断力の船舶の長さに沿った分布係数で，次による。

$x \le 0$ の場合　　$f_{q\text{-}pos} = 0.0$

$0.2L_{CSR} \le x \le 0.3L_{CSR}$ の場合 $f_{q\text{-}pos} = 0.92\, f_{nl\text{-}vh}$

$0.4L_{CSR} \le x \le 0.6L_{CSR}$ の場合 $f_{q\text{-}pos} = 0.7$

$0.7L_{CSR} \le x \le 0.85L_{CSR}$ の場合　　$f_{q\text{-}pos} = 1.0\, f_{nl\text{-}vs}$

$x \ge L_{CSR}$ の場合　　$f_{q\text{-}pos} = 0.0$

$f_{q\text{-}pos}$ の中間値については，線形補間を行って求めなければならない。（**図 3** 参照）

f_{q-neg}：負の波浪中せん断力の船舶の長さに沿った分布係数で，次による。

$x \le 0$ の場合　　$f_{q-neg} = 0.0$

$0.2L_{CSR} \le x \le 0.3L_{CSR}$ の場合 $f_{q-neg} = 0.92\, f_{nl\text{-}vs}$

$0.4L_{CSR} \le x \le 0.6L_{CSR}$ の場合　　$f_{q-neg} = 0.7$

$0.7L_{CSR} \le x \le 0.85L_{CSR}$ の場合　　$f_{q-neg} = 1.0\, f_{nl\text{-}vh}$

$x \ge L_{CSR}$ の場合　　$f_{q-neg} = 0.0$

f_{q-neg}の中間値については，線形補間を行って求めなければならない。

$f_{nl\text{-}vh}$，$f_{nl\text{-}vs}$：**3.1.1** に規定する非線形影響を考慮した係数

図 3　　正の垂直せん断力の分布係数 $f_{q\text{-}pos}$

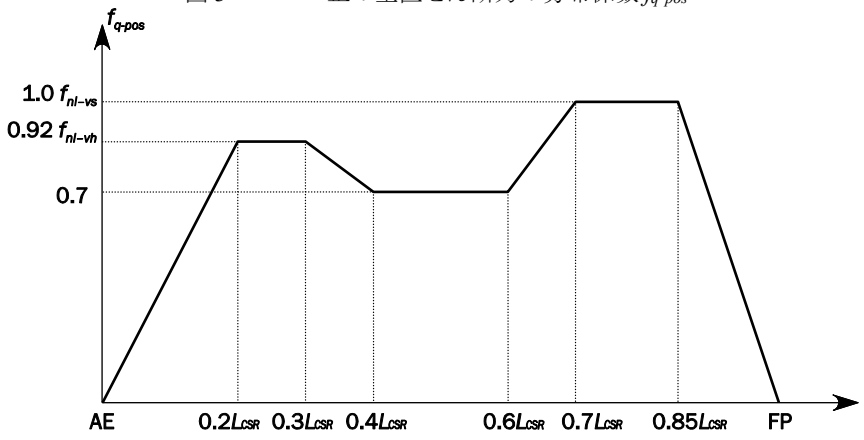
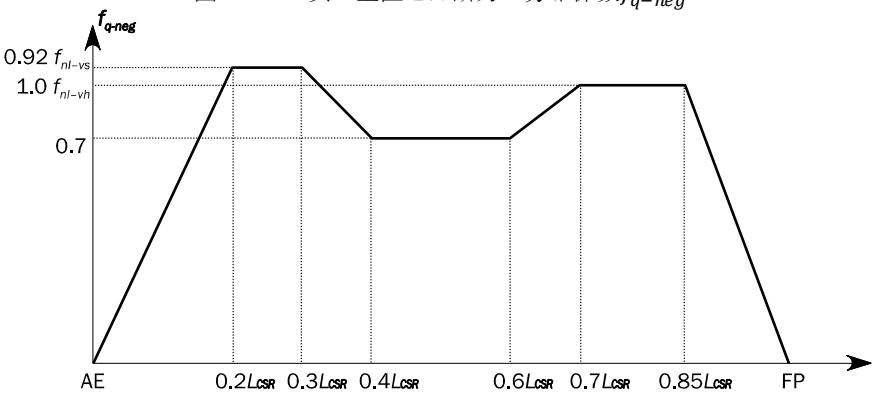


図 4　　負の垂直せん断力の分布係数f_{q-neg}



3.3　　波浪中水平曲げモーメント

3.3.1

縦方向の任意の位置における波浪中水平曲げモーメントは，次による。

$$M_{wh} = f_{nlh} f_p \left(0.31 + \frac{L_{CSR}}{2800}\right) f_m C_w {L_{CSR}}^2 T_{LC} C_B \quad (kNm)$$

f_{nlh}：　非線形影響を考慮した係数で，次による。

強度評価用　　$f_{nlh} = 0.9$

疲労評価用　　$f_{nlh} = 1.0$

f_p：　係数で，次による。

強度評価用　　$f_p = f_{ps}$

疲労評価用　　$f_p = 0.9\,[(0.2 + 0.04 f_T) + (11 - 8 f_T) L_{CSR} \times 10^{-5}]$

f_m：　3.1.1 に規定する分布係数

3.4　　波浪中振りモーメント

3.4.1

船の基線を基準とした縦方向の任意の位置における波浪中振りモーメントは，次による。

$$M_{wt} = f_p (M_{wt1} + M_{wt2}) \quad (kNm)$$

$$M_{wt1} = 0.4 f_{t1} C_w \sqrt{\frac{L_{CSR}}{T_{LC}}}\, B^2 D C_B$$

$$M_{wt2} = 0.22 f_{t2} C_w L_{CSR} B^2 C_B$$

f_{t1}，f_{t2}：　分布係数で，次による。

$x < 0$ の場合　　$f_{t1} = 0$

$0 \le x \le L_{CSR}$ の場合　　$f_{t1} = \left|\sin\left(\frac{2\pi x}{L_{CSR}}\right)\right|$

$x > L_{CSR}$ の場合　　$f_{t1} = 0$

$x < 0$ の場合　　$f_{t2} = 0$

$0 \le x \le L_{CSR}$ の場合　　$f_{t2} = \sin^2\left(\frac{\pi x}{L_{CSR}}\right)$

$x > L_{CSR}$ の場合　　$f_{t2} = 0$

f_p：　係数で，次による。

強度評価用　　$f_p = f_{ps}$

疲労評価用　　$f_p = 0.9\,[0.2 + (5 f_T - 4.25)\, B \times 10^{-4}]$

3.5　　動的荷重ケースにおけるハルガーダ荷重

3.5.1　　一般

4 章 2 節に規定する動的荷重ケースにおける動的ハルガーダ荷重は，3.5.2 から 3.5.5 の規定による。

3.5.2　　波浪中垂直曲げモーメント

4 章 2 節に規定する各動的荷重ケースにおける波浪中垂直曲げモーメント $M_{wv\text{-}LC}$（kNm）は，表 1 による。

表 1　　動的荷重ケースにおける波浪中垂直曲げモーメント

荷重組合せ係数	$M_{wv\text{-}LC}$
$C_{WV} \geq 0$	$f_\beta C_{WV} M_{wv-h}$
$C_{WV} < 0$	$f_\beta C_{WV} \lvert M_{wv-s} \rvert$

C_{WV}：波浪中垂直曲げモーメントに対する荷重組合せ係数で，**4 章 2 節**に規定する。

$M_{wv\text{-}h}$，$M_{wv\text{-}s}$：設計荷重シナリオにおけるホギング及びサギング状態での波浪中垂直曲げモーメントで，**3.1.1** に規定する。

3.5.3　波浪中垂直せん断力

4 章 2 節に規定する各動的荷重ケースにおける波浪中垂直せん断力Q_{wv-LC}（*kN*）は，**表 2** による。

表 2　　動的荷重ケースにおける波浪中垂直せん断力

荷重組合せ係数	Q_{wv-LC}
$C_{QW} \geq 0$	$f_\beta C_{QW} Q_{wv-pos}$
$C_{QW} < 0$	$f_\beta C_{QW} \lvert Q_{wv-neg} \rvert$

C_{QW}：波浪中垂直せん断力に対する荷重組合せ係数で，**4 章 2 節**に規定する。

Q_{wv-pos}，Q_{wv-neg}：設計荷重シナリオにおける波浪中垂直せん断力の正及び負の値で，**3.2.1** に規定する。

3.5.4　波浪中水平曲げモーメント

4 章 2 節に規定する各動的荷重ケースにおける波浪中水平曲げモーメント $M_{wh\text{-}LC}$（*kNm*）は，次による。

$$M_{wh-LC} = f_\beta C_{WH} M_{wh}$$

C_{WH}：波浪中水平曲げモーメントに対する荷重組合せ係数で，**4 章 2 節**に規定する。

M_{wh}：適切な設計荷重シナリオにおける波浪中水平曲げモーメントで，**3.3.1** に規定する。

3.5.5　波浪中捩りモーメント

4 章 2 節に規定する各動的荷重ケースにおける波浪中捩りモーメント $M_{wt\text{-}LC}$（*kNm*）は，次による。

$$M_{wt-LC} = f_\beta C_{WT} M_{wt}$$

C_{WT}：波浪中捩りモーメントに対する荷重組合せ係数で，**4 章 2 節**の規定による。

M_{wt}：適切な設計荷重シナリオにおける波浪中捩りモーメントで，**3.4.1** の規定による。

5 節　　外圧

記号

本節に規定されない記号については，**1 章 4 節**による。

λ ：　　波長（*m*）

B_x ：　　考慮する船体横断面での喫水位置における船の型幅（*m*）

x，y，z ：　　**4 章 1 節 1.2.1** に規定する座標系における荷重点の *X*，*Y* 及び *Z* 座標（*m*）

f_{xL} ：　　**4 章 2 節**に規定する比

f_{yB} ：　　荷重点の *Y* 座標と B_x の値の比で，次による。ただし，1.0 を超えてはならない。また，$B_x = 0$ の場合，$f_{yB} = 1.0$ とする。

$$f_{yB} = \frac{|2y|}{B_x}$$

f_{yB1} ：　　荷重点の *Y* 座標と *B* の値の比で，次による。ただし，1.0 を超えてはならない。

$$f_{yB1} = \frac{|2y|}{B}$$

C_w ：　　**4 章 4 節**に規定する波浪係数

f_T ：　　**4 章 3 節**に規定する比

$P_{W,WL}$ ：　　考慮する動的荷重ケースでの喫水線における波浪変動圧（kN/m^2）で，次による。

$y = B_x/2$及び$z = T_{LC}$の場合　　$P_{W,WL} = P_W$

h_W ：　　喫水線における圧力と同等の水頭（*m*）で，次による。

$$h_W = \frac{P_{W,WL}}{\rho g}$$

f_{ps} ：　　強度評価の係数で，**4 章 3 節**の規定による。

θ ：　　**4 章 3 節 2.1.1** に規定するロール角（*deg*）

T_θ ：　　**4 章 3 節 2.1.1** に規定するロール周期（*s*）

f_{fa} ：　　**4 章 3 節**に規定する係数

f_β ：　　**4 章 4 節**に規定する係数

z_{SD} ：　　防撓材のスパンの中点又は基本板パネルの中点の *z* 座標（*m*）

1.　　海水圧

1.1　　全圧

1.1.1

静的（*S*）設計荷重シナリオにおける船体の任意の荷重点での外圧 P_{ex}（kN/m^2）は，次によらなければならない。ただし，0 未満としてはならない。

$$P_{ex} = P_S$$

静的及び動的（*S*+*D*）設計荷重シナリオにおける船体の任意の荷重点での外圧 P_{ex} は，各動的荷重ケースにおいて，次によらなければならない。ただし，0 未満としてはならない。

$$P_{ex} = P_S + P_W$$

P_S　：**1.2** に規定する静水圧（kN/m^2）

P_W　：**1.3** に規定する波浪変動圧（kN/m^2）

1.2　　静水圧

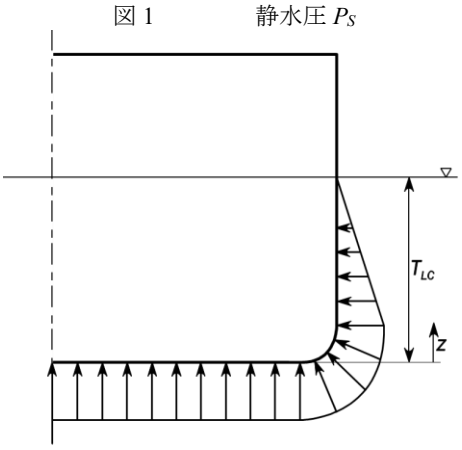
1.2.1

任意の荷重点における静水圧 P_S（kN/m^2）は，**表 1** による。（**図 1** 参照）

表 1　　静水圧 P_S

考慮する位置	静水圧 P_S（kN/m^2）
$z \leq T_{LC}$	$\rho g(T_{LC} - z)$
$z > T_{LC}$	0

図 1　　静水圧 P_S



1.3　　強度評価における動的外圧

1.3.1　　一般

4 章 2 節 2 に規定する各動的荷重ケースにおける波浪変動圧は，**1.3.2** から **1.3.8** の規定による。

1.3.2　　荷重ケース *HSM* における波浪変動圧

荷重ケース *HSM-1* 及び *HSM-2* における任意の荷重点での波浪変動圧 P_W（kN/m^2）は，**表 2** による。（**図 2** 及び**図 3** 参照）

表 2　　荷重ケース *HSM* における波浪変動圧

	波浪変動圧（kN/m^2）		
荷重ケース	$z \leq T_{LC}$	$T_{LC} < z \leq h_W + T_{LC}$	$z > h_W + T_{LC}$
HSM-1	$P_W = \max(-P_{HS}, \rho g(z - T_{LC}))$	$P_W = P_{W,WL} - \rho g(z - T_{LC})$	$P_W = 0.0$
HSM-2	$P_W = \max(P_{HS}, \rho g(z - T_{LC}))$		

$$P_{HS} = f_\beta f_{ps} f_{nl} f_h k_a k_p f_{yz} C_w \sqrt{\frac{L_0 + \lambda - 125}{L_{CSR}}}$$

f_{nl}：非線形影響を考慮した係数で，次による。

- 極めて厳しい海象を想定した設計荷重シナリオの場合：

  $f_{xL} = 0$の場合$f_{nl} = 0.7$

  $f_{xL} = 0.3$の場合　　$f_{nl} = 0.9$

  $f_{xL} = 0.7$の場合　　$f_{nl} = 0.9$

  $f_{xL} = 1$の場合$f_{nl} = 0.6$

- バラスト水の交換作業のための設計荷重シナリオの場合：

  $f_{xL} = 0$の場合$f_{nl} = 0.85$

  $f_{xL} = 0.3$の場合　　$f_{nl} = 0.95$

  $f_{xL} = 0.7$の場合　　$f_{nl} = 0.95$

  $f_{xL} = 1$の場合$f_{nl} = 0.80$

中間値については，線形補間により求めなければならない。

f_{yz}：外板に沿った分布係数で，次による。

$$f_{yz} = \frac{z}{T_{LC}} + f_{yB} + 1$$

f_h： 係数で，次による。

$$f_h = 3.0(1.21 - 0.66f_T)$$

k_a： 船の縦方向における振幅係数で，次による。

$f_{xL} < 0.15$の場合　　$k_a = (0.5 + f_T)\left\{\left(3 - 2\sqrt{f_{yB}}\right) - \frac{20}{9}f_{xL}\left(7 - 6\sqrt{f_{yB}}\right)\right\} + \frac{2}{3}(1 - f_T)$

$0.15 \le f_{xL} < 0.7$の場合　　$k_a = 1.0$

$f_{xL} \ge 0.7$の場合　　$k_a = 1 + (f_{xL} - 0.7)\left\{\left(\frac{40}{3}f_T - 5\right) + 2(1 - f_{yB})\left[\frac{18}{C_B}f_T(f_{xL} - 0.7) - 0.25(2 - f_T)\right]\right\}$

λ： 動的荷重ケースにおける波長（m）で，次による。

$$\lambda = 0.6(1 + f_T)L_{CSR}$$

k_p： 位相差に関する係数で，**表 3** による。中間値については，線形補間により求めなければならない。

表 3　　荷重ケース *HSM* における k_p の値

f_{xL}	0	0.3-0.1f_T	0.35-0.1f_T	0.8-0.2f_T	0.9-0.2f_T	1.0
k_p	-0.25f_T(1+f_{yB})	-1	1	1	-1	-1

図 2　　荷重ケース *HSM-1*，*HSA-1* 及び *FSM-1* における船体中央での動圧の横方向分布

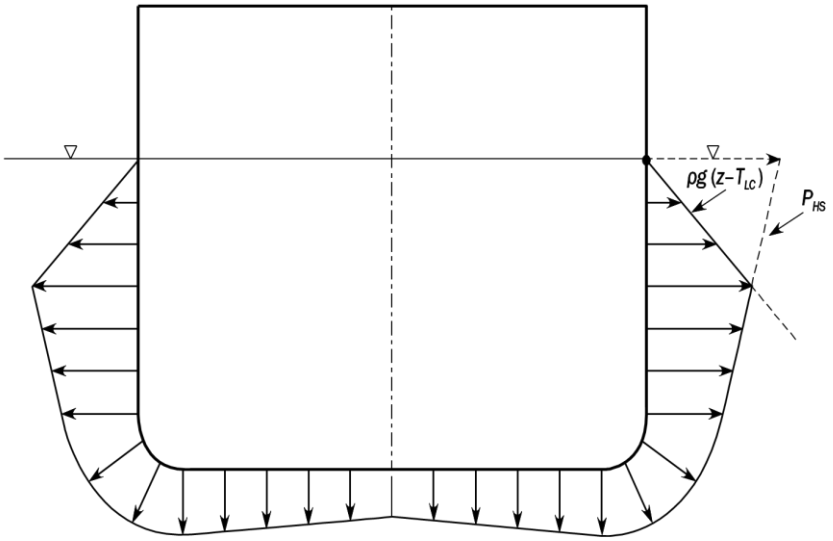
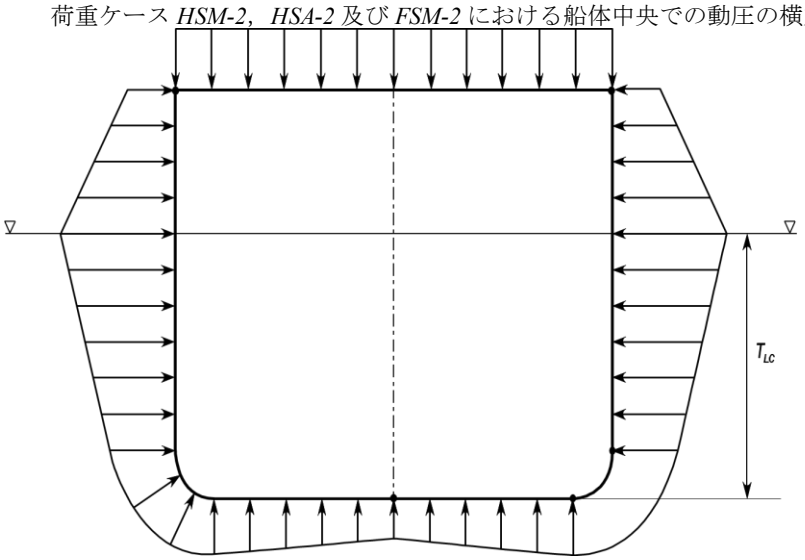


図 3　　荷重ケース *HSM-2*，*HSA-2* 及び *FSM-2* における船体中央での動圧の横方向分布



1.3.3　荷重ケース *HSA* における波浪変動圧

荷重ケース *HSA-1* 及び *HSA-2* における任意の荷重点での波浪変動圧 P_W（kN/m^2）は，**表 4** による。（**図 2** 及び**図 3** 参照）

表 4　荷重ケース *HSA* における波浪変動圧

	波浪変動圧（kN/m^2）		
荷重ケース	$z \le T_{LC}$	$T_{LC} < z \le h_W + T_{LC}$	$z > h_W + T_{LC}$
HSA-1	$P_W = \max(-P_{HS}, \rho g(z - T_{LC}))$	$P_W = P_{W,WL} - \rho g(z - T_{LC})$	$P_W = 0.0$
HSA-2	$P_W = \max(P_{HS}, \rho g(z - T_{LC}))$		

$$P_{HS} = f_{ps} f_{nl} f_h k_a k_p f_{yz} C_w \sqrt{\frac{L_0 + \lambda - 125}{L_{CSR}}}$$

f_{nl}：非線形影響を考慮した係数で，**1.3.2** の規定による。

f_{yz}：外板に沿った分布係数で，次による。

$$f_{yz} = \frac{z}{T_{LC}} + f_{yB} + 1$$

f_h：係数で，次による。

$$f_h = 2.4(1.21 - 0.66 f_T)$$

k_a：船の縦方向における振幅係数で，**1.3.2** の規定による。

λ：動的荷重ケースにおける波長（m）で，次による。

$$\lambda = 0.6(1 + f_T) L_{CSR}$$

k_p：位相差に関する係数で，**表 5** による。中間値については，線形補間により求めなければならない。

表 5　荷重ケース *HSA* における k_p の値

f_{xL}	0	0.3-0.1f_T	0.5-0.2f_T	0.8-0.2f_T	0.9-0.2f_T	1.0
k_p	1.5-f_T-0.5f_{yB}	-1	1	1	-1	-1

1.3.4　荷重ケース *FSM* における波浪変動圧

荷重ケース *FSM-1* 及び *FSM-2* における任意の荷重点での波浪変動圧 P_W（kN/m^2）は，**表 6** による。（**図 2** 及び**図 3** 参照）

表 6　荷重ケース *FSM* における波浪変動圧

	波浪変動圧（kN/m_2）		
荷重ケース	$z \le T_{LC}$	$T_{LC} < z \le h_W + T_{LC}$	$z > h_W + T_{LC}$
FSM-1	$P_W = \max(-P_{FS}, \rho g(z - T_{LC}))$	$P_W = P_{W,WL} - \rho g(z - T_{LC})$	$P_W = 0.0$
FSM-2	$P_W = \max(P_{FS}, \rho g(z - T_{LC}))$		

$$P_{FS} = f_\beta f_{ps} f_{nl} f_h k_a k_p f_{yz} C_w \sqrt{\frac{L_0 + \lambda - 125}{L_{CSR}}}$$

f_{nl}：非線形影響を考慮した係数で，次による。

$f_{nl} = 0.9$　　極めて厳しい海象を想定した設計荷重シナリオ

$f_{nl} = 0.95$　　バラスト水の交換作業時のための設計荷重シナリオ

f_{yz}：外板に沿った分布係数で，次による。

$$f_{yz} = \frac{z}{T_{LC}} + f_{yB} + 1$$

f_h：係数で，次による。

$f_h = 2.6$

k_a：船の縦方向における振幅係数で，次による。

$f_{xL} < 0.2$の場合　　$k_a = 1 + (3.75 - 2f_T)(1 - 5f_{xL})(1 - f_{yB})$

$0.2 \le f_{xL} < 0.9$の場合　　$k_a = 1.0$

$f_{xL} \ge 0.9$の場合　　$k_a = 1 + 20(1 - f_{yB})(f_{xL} - 0.9)$

λ： 動的荷重ケースにおける波長（m）で，次による。

$\lambda = 0.6(1 + 2/3\, f_T)L_{CSR}$

k_p： 位相差に関する係数で，**表 7** による。中間値については，線形補間により求めなければならない。

表 7　　荷重ケース *FSM* における k_p の値

f_{xL}	0	0.35-0.1f_T	0.5-0.2f_T	0.75	0.8	1.0
k_p	-0.75-0.25f_{yB}	-1	1	1	-1	-0.75-0.25f_{yB}

1.3.5　荷重ケース *BSR* における波浪変動圧

荷重ケース *BSR-1* 及び *BSR-2* における任意の荷重点での波浪変動圧 P_W（kN/m^2）は，**表 8** による。（**図 4** 及び**図 5** 参照）

表 8　　荷重ケース *BSR* における波浪変動圧

	波浪変動圧（kN/m^2）		
荷重ケース	$z \le T_{LC}$	$T_{LC} < z \le h_W + T_{LC}$	$z > h_W + T_{LC}$
BSR-1P	$P_W = \max(P_{BSR}, \rho g(z - T_{LC}))$	$P_W = P_{W,WL} - \rho g(z - T_{LC})$	$P_W = 0.0$
BSR-2P	$P_W = \max(-P_{BSR}, \rho g(z - T_{LC}))$		
BSR-1S	$P_W = \max(P_{BSR}, \rho g(z - T_{LC}))$		
BSR-2S	$P_W = \max(-P_{BSR}, \rho g(z - T_{LC}))$		

・　荷重ケース *BSR-1P* 及び *BSR-2P* の場合

$$P_{BSR} = f_\beta f_{nl}\left(10y\sin\theta + 0.88 f_{ps} C_w \sqrt{\frac{L_0 + \lambda - 125}{L_{CSR}}}(f_{yB1} + 1)\right)$$

・　荷重ケース *BSR-1S* 及び *BSR-2S* の場合

$$P_{BSR} = f_\beta f_{nl}\left(-10y\sin\theta + 0.88 f_{ps} C_w \sqrt{\frac{L_0 + \lambda - 125}{L_{CSR}}}(f_{yB1} + 1)\right)$$

f_{nl}： 非線形影響を考慮した係数で，次による。

$f_{nl} = 1$　　極めて厳しい海象を想定した設計荷重シナリオ

$f_{nl} = 1$　　バラスト水の交換作業のための設計荷重シナリオ

λ： 動的荷重ケースにおける波長（m）で，次による。

$\lambda = \dfrac{g}{2\pi} T_\theta^2$

図 4　　荷重ケース *BSR-1P*（左）及び *BSR-1S*（右）における船体中央での動圧の横方向分布

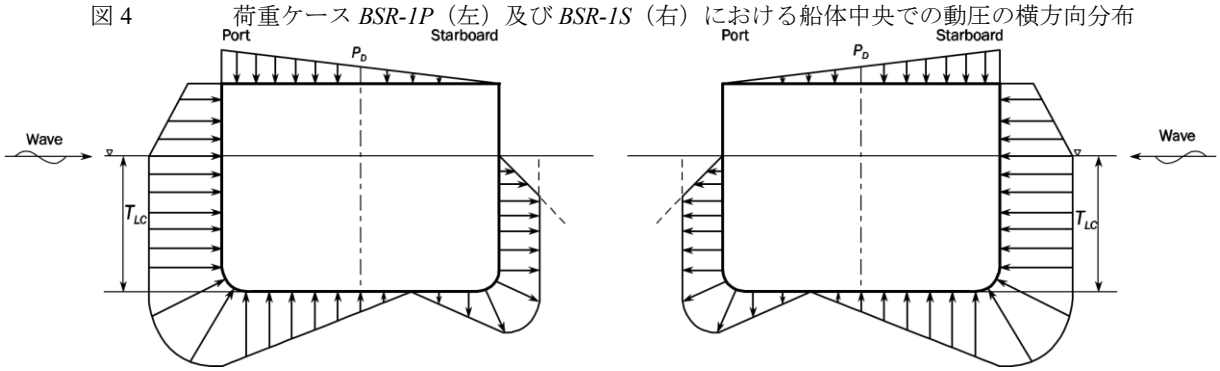
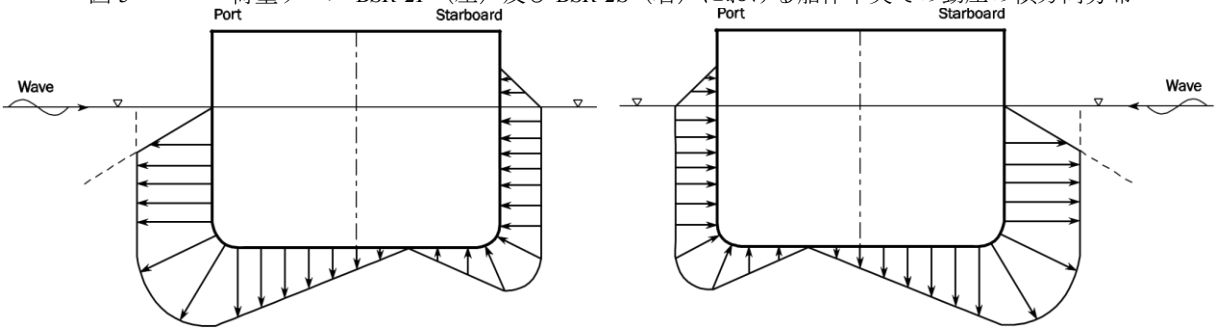


図 5　荷重ケース *BSR-2P*（左）及び *BSR-2S*（右）における船体中央での動圧の横方向分布



1.3.6　荷重ケース *BSP* における波浪変動圧

荷重ケース *BSP-1* 及び *BSP-2* における任意の荷重点での波浪変動圧 P_W (kN/m^2) は，**表 9** による。（**図 6** 及び**図 7** 参照）

表 9　荷重ケース *BSP* における波浪変動圧

	波浪変動圧（kN/m^2）		
荷重ケース	$z \le T_{LC}$	$T_{LC} < z \le h_W + T_{LC}$	$z > h_W + T_{LC}$
BSP-1P	$P_W = \max(P_{BSP}, \rho g(z - T_{LC}))$	$P_W = P_{W,WL} - \rho g(z - T_{LC})$	$P_W = 0.0$
BSP-2P	$P_W = \max(-P_{BSP}, \rho g(z - T_{LC}))$		
BSP-1S	$P_W = \max(P_{BSP}, \rho g(z - T_{LC}))$		
BSP-2S	$P_W = \max(-P_{BSP}, \rho g(z - T_{LC}))$		

$$P_{BSP} = 4.5 f_\beta f_{ps} f_{nl} f_{yz} C_w \sqrt{\frac{L_0 + \lambda - 125}{L_{CSR}}}$$

λ　：動的荷重ケースにおける波長（m）で，次による。

$$\lambda = 0.2(1 + 2f_T)L_{CSR}$$

f_{yz}　：外板に沿った分布係数で，**表 10** による。

表 10　荷重ケース *BSP* における外板に沿った分布係数 f_{yz} の値

横方向の位置	*BSP-1P - BSP-2P*	*BSP-1S - BSP-2S*
$y \ge 0$	$f_{yz} = 2\frac{z}{T_{LC}} + 2.5 f_{yB1} + 0.5$	$f_{yz} = \frac{2}{3}\frac{z}{T_{LC}} + \frac{1}{2} f_{yB1} + 0.5$
$y < 0$	$f_{yz} = \frac{2}{3}\frac{z}{T_{LC}} + \frac{1}{2} f_{yB1} + 0.5$	$f_{yz} = 2\frac{z}{T_{LC}} + 2.5 f_{yB1} + 0.5$

f_{nl}：非線形影響を考慮した係数で，次による。

- 極めて厳しい海象を想定した設計荷重シナリオの場合：
  $f_{xL} = 0$の場合$f_{nl} = 0.6$
  $f_{xL} = 0.3$の場合　　$f_{nl} = 0.8$
  $f_{xL} = 0.7$の場合　　$f_{nl} = 0.8$
  $f_{xL} = 1$の場合$f_{nl} = 0.6$
- バラスト水の交換作業のための設計荷重シナリオの場合：
  $f_{xL} = 0$の場合$f_{nl} = 0.6$
  $f_{xL} = 0.3$の場合　　$f_{nl} = 0.8$
  $f_{xL} = 0.7$の場合　　$f_{nl} = 0.8$
  $f_{xL} = 1$の場合$f_{nl} = 0.6$

中間値については，線形補間により求めなければならない。

図 6　荷重ケース *BSP-1P*（左）及び *BSP-1S*（右）における船体中央での動圧の横方向分布

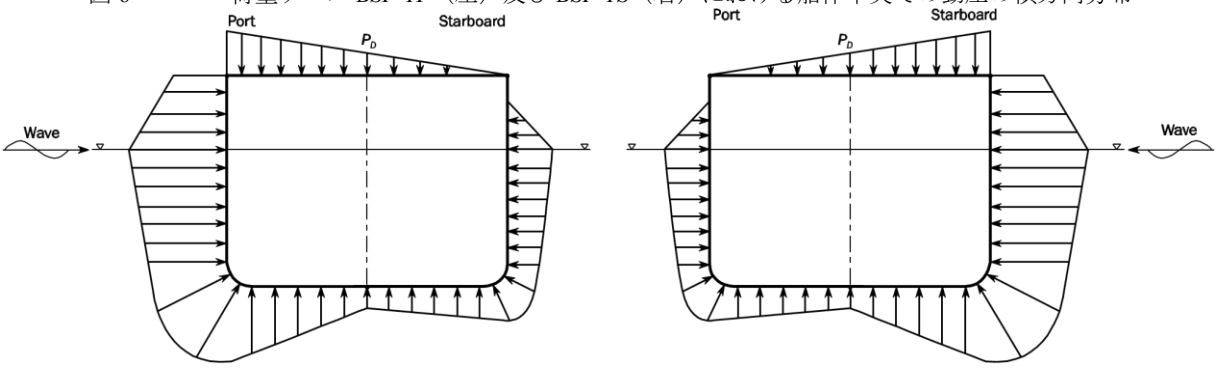
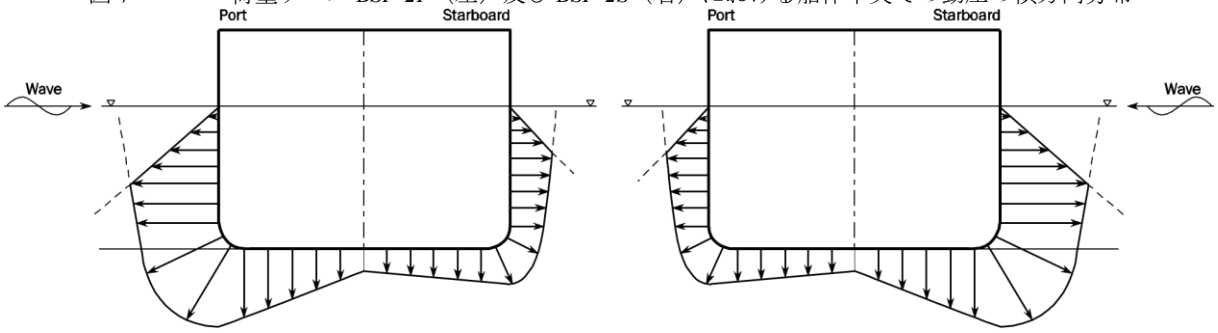


図 7　荷重ケース *BSP-2P*（左）及び *BSP-2S*（右）における船体中央での動圧の横方向分布



1.3.7　荷重ケース *OST* における波浪変動圧

荷重ケース *OST-1* 及び *OST-2* における任意の荷重点での波浪変動圧 P_W（kN/m^2）は，**表 11** による。（**図 8** 及び**図 9** 参照）

図 8　荷重ケース *OST-1P*（左）及び *OST-1S*（右）における船体中央での動圧の横方向分布

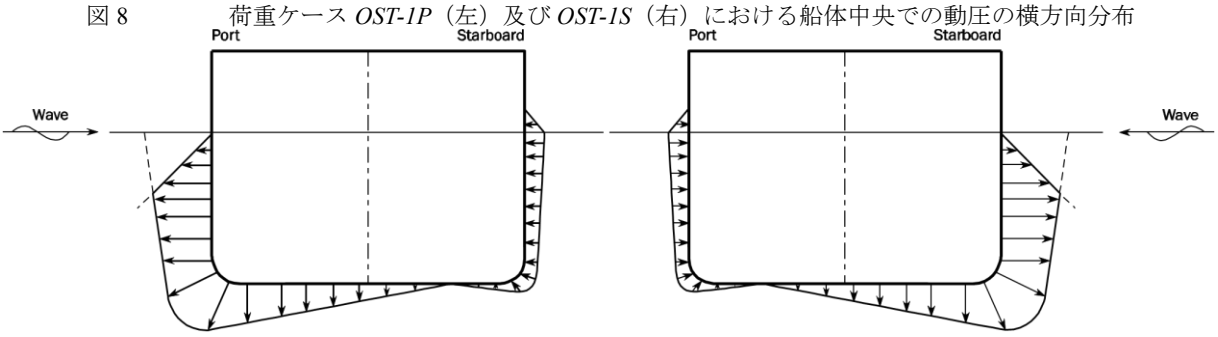


図 9　荷重ケース *OST-2P*（左）及び *OST-2S*（右）における船体中央での動圧の横方向分布

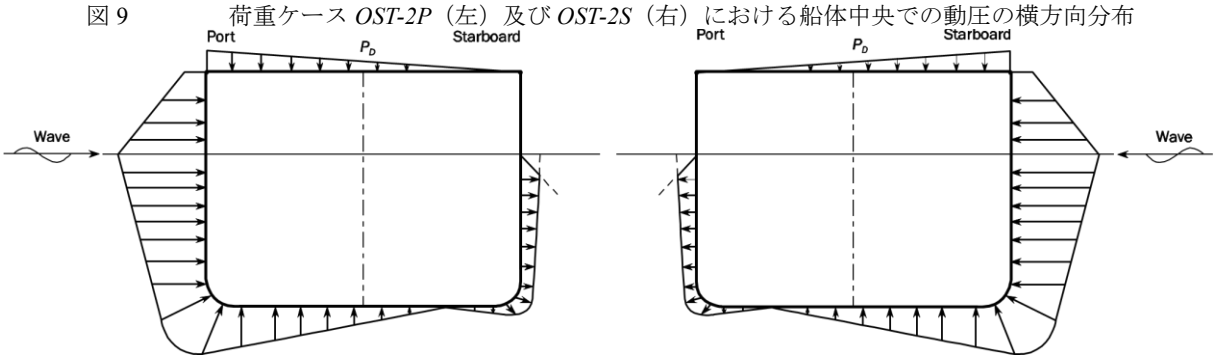


表 11　　荷重ケース *OST* における波浪変動圧

	波浪変動圧（kN/m^2）		
荷重ケース	$z \le T_{LC}$	$T_{LC} < z \le h_W + T_{LC}$	$z > h_W + T_{LC}$
OST-1P	$P_W = \max(P_{OST}, \rho g(z - T_{LC}))$	$P_W = P_{W,WL} - \rho g(z - T_{LC})$	$P_W = 0.0$
OST-2P	$P_W = \max(-P_{OST}, \rho g(z - T_{LC}))$		
OST-1S	$P_W = \max(P_{OST}, \rho g(z - T_{LC}))$		
OST-2S	$P_W = \max(-P_{OST}, \rho g(z - T_{LC}))$		

$$P_{OST} = 1.38 f_{ps} f_{nl} k_a k_p f_{yz} C_w \sqrt{\frac{L_0 + \lambda - 125}{L_{CSR}}}$$

f_{yz}：外板に沿った分布係数で，**表 12** による。

f_{nl}：非線形影響を考慮した係数で，次による。

$f_{nl} = 0.8$　　極めて厳しい海象を想定した設計荷重シナリオ

$f_{nl} = 0.9$　　バラスト水の交換作業のための設計荷重シナリオ

λ：動的荷重ケースにおける波長（m）で，次による。

$\lambda = 0.45 L_{CSR}$

k_a：船の縦方向における振幅係数で，**表 13** による。

k_p：位相差に関する係数で，**表 14** による。中間値については，線形補間により求めなければならない。

表 12　　荷重ケース *OST* における外板に沿った分布係数 f_{yz} の値

横方向の位置	*OST-1P - OST-2P*	*OST-1S - OST-2S*
$y \ge 0$	$5\frac{z}{T_{LC}} + 3.5 f_{yB} + 1.5$	$1.5\frac{z}{T_{LC}} + 1.5$
$y < 0$	$1.5\frac{z}{T_{LC}} + 1.5$	$5\frac{z}{T_{LC}} + 3.5 f_{yB} + 1.5$

表 13　　荷重ケース *OST* における k_a の値

横方向の位置	縦方向の位置	*OST-1P - OST-2P*	*OST-1S - OST-2S*
$y \ge 0$	$f_{xL} \le 0.2$	$1.0 + 3.5(1 - f_{yB})(1 - 5 f_{xL})$	$1.0 + [3.5 - (4 f_T - 0.5) f_{yB}](1 - 5 f_{xL})$
	$0.2 < f_{xL} \le 0.8$	1.0	1.0
	$f_{xL} > 0.8$	1.0	$1.0 + 4(1 - f_T)(5 f_{xL} - 4) f_{yB}$
$y < 0$	$f_{xL} \le 0.2$	$1.0 + [3.5 - (4 f_T - 0.5) f_{yB}](1 - 5 f_{xL})$	$1.0 + 3.5(1 - f_{yB})(1 - 5 f_{xL})$
	$0.2 < f_{xL} \le 0.8$	1.0	1.0
	$f_{xL} > 0.8$	$1.0 + 4(1 - f_T)(5 f_{xL} - 4) f_{yB}$	1.0

表 14　荷重ケース *OST* における k_p の値

横方向の位置	f_{xL}	*OST-1P - OST-2P*	*OST-1S - OST-2S*
$y \geq 0$	0.0	1.0	1.0
	0.2	1.0	$1.0 + (0.75 - 1.5f_T)f_{yB}$
	0.4	-1.0	$-1.0 + (1.75 - 0.5f_T)f_{yB}$
	0.5	-1.0	$-1.0 + (1.75 - 0.5f_T)f_{yB}$
	0.7	$-0.1 + (1.6f_T - 1.5)f_{yB}$	$-0.1 + (0.25 - 0.3f_T)f_{yB}$
	0.9	$0.8 + 0.2f_{yB}$	$0.8 - (0.9f_T + 0.85)f_{yB}$
	1.0	$-1.0 + f_{yB}$	$-1.0 + (0.5 - 0.5f_T)f_{yB}$
$y < 0$	0.0	1.0	1.0
	0.2	$1.0 + (0.75 - 1.5f_T)f_{yB}$	1.0
	0.4	$-1.0 + (1.75 - 0.5f_T)f_{yB}$	-1.0
	0.5	$-1.0 + (1.75 - 0.5f_T)f_{yB}$	-1.0
	0.7	$-0.1 + (0.25 - 0.3f_T)f_{yB}$	$-0.1 + (1.6f_T - 1.5)f_{yB}$
	0.9	$0.8 - (0.9f_T + 0.85)f_{yB}$	$0.8 + 0.2f_{yB}$
	1.0	$-1.0 + (0.5 - 0.5f_T)f_{yB}$	$-1.0 + f_{yB}$

1.3.8　荷重ケース *OSA* における波浪変動圧

荷重ケース *OSA-1* 及び *OSA-2* における任意の荷重点での波浪変動圧 P_W（kN/m^2）は，**表 15** による。（**図 10** 及び**図 11** 参照）

表 15　荷重ケース *OSA* における波浪変動圧

	波浪変動圧（kN/m^2）		
荷重ケース	$z \leq T_{LC}$	$T_{LC} < z \leq h_W + T_{LC}$	$z > h_W + T_{LC}$
OSA-1P	$P_W = \max(P_{OSA}, \rho g(z - T_{LC}))$	$P_W = P_{W,WL} - \rho g(z - T_{LC})$	$P_W = 0.0$
OSA-2P	$P_W = \max(-P_{OSA}, \rho g(z - T_{LC}))$		
OSA-1S	$P_W = \max(P_{OSA}, \rho g(z - T_{LC}))$		
OSA-2S	$P_W = \max(-P_{OSA}, \rho g(z - T_{LC}))$		

$$P_{OSA} = 0.81 f_{ps} f_{nl} k_a k_p f_{yz} C_w \sqrt{\frac{L_0 + \lambda - 125}{L_{CSR}}}(1 + 0.5 f_T)$$

λ：動的荷重ケースにおける波長（m）で，次による。

$\lambda = 0.70 L_{CSR}$

f_{nl}：非線形影響を考慮した係数で，次による。

- 極めて厳しい海象を想定した設計荷重シナリオの場合：

  $f_{xL} = 0$の場合$f_{nl} = 0.5$

  $f_{xL} = 0.3$の場合　　$f_{nl} = 0.8$

  $f_{xL} = 0.7$の場合　　$f_{nl} = 0.8$

$f_{xL} = 1$の場合$f_{nl} = 0.6$

・ バラスト水の交換作業のための設計荷重シナリオの場合：

$f_{xL} = 0$の場合$f_{nl} = 0.75$

$f_{xL} = 0.3$の場合　　$f_{nl} = 0.9$

$f_{xL} = 0.7$の場合　　$f_{nl} = 0.9$

$f_{xL} = 1$の場合$f_{nl} = 0.8$

中間値については，線形補間により求めなければならない。

f_{yz}：外板に沿った分布係数で，**表 16** による。

k_a：船の縦方向における振幅係数で，**表 17** による。

k_p：位相差に関する係数で，**表 18** による。中間値については，線形補間により求めなければならない。

表 16　　荷重ケース *OSA* における外板に沿った分布係数 f_{yz} の値

横方向の位置	*OSA-1P - OSA-2P*	*OSA-1S - OSA-2S*
$y \geq 0$	$5.5\frac{z}{T_{LC}} + 5.3f_{yB} + 2.2$	$0.9\frac{z}{T_{LC}} + 0.4f_{yB} + 2.2$
$y < 0$	$0.9\frac{z}{T_{LC}} + 0.4f_{yB} + 2.2$	$5.5\frac{z}{T_{LC}} + 5.3f_{yB} + 2.2$

表 17　　荷重ケース *OSA* における k_a の値

横方向の位置	縦方向の位置	*OSA-1P - OSA-2P*	*OSA-1S - OSA-2S*
$y \geq 0$	$f_{xL} \leq 0.2$	$1.0 + 3(2 - f_T)(1 - 5f_{xL})(1 - f_{yB})$	$1.0 + 3(2 - f_T)(1 - 5f_{xL})$ $+\{(28f_{xL} - 5) + 3f_T(1 - 5f_{xL})\}f_{yB}$
	$0.2 < f_{xL} \leq 0.5$	1.0	$1.0 + (1 - 2f_{xL})f_{yB}$
	$0.5 < f_{xL} \leq 0.8$	1.0	$1.0 + 1.5(2f_{xL} - 1)f_{yB}$
	$f_{xL} > 0.8$	$1.0 + (f_{xL} - 0.8)(1 - f_{yB})A$	$1.0 + \{1.5(2f_{xL} - 1) - (f_{xL} - 0.8)A\}f_{yB}$ $+(f_{xL} - 0.8)A$
$y < 0$	$f_{xL} \leq 0.2$	$1.0 + 3(2 - f_T)(1 - 5f_{xL})$ $+\{(28f_{xL} - 5) + 3f_T(1 - 5f_{xL})\}f_{yB}$	$1.0 + 3(2 - f_T)(1 - 5f_{xL})(1 - f_{yB})$
	$0.2 < f_{xL} \leq 0.5$	$1.0 + (1 - 2f_{xL})f_{yB}$	1.0
	$0.5 < f_{xL} \leq 0.8$	$1.0 + 1.5(2f_{xL} - 1)f_{yB}$	1.0
	$f_{xL} > 0.8$	$1.0 + \{1.5(2f_{xL} - 1) - (f_{xL} - 0.8)A\}f_{yB}$ $+(f_{xL} - 0.8)A$	$1.0 + (f_{xL} - 0.8)(1 - f_{yB})A$
$A = 22 - 15f_T + 3[22(f_{xL} - 0.8) - 0.25(2 - f_T)]$			

図 10　荷重ケース *OSA-1P*（左）及び *OSA-1S*（右）における船体中央での動圧の横方向分布

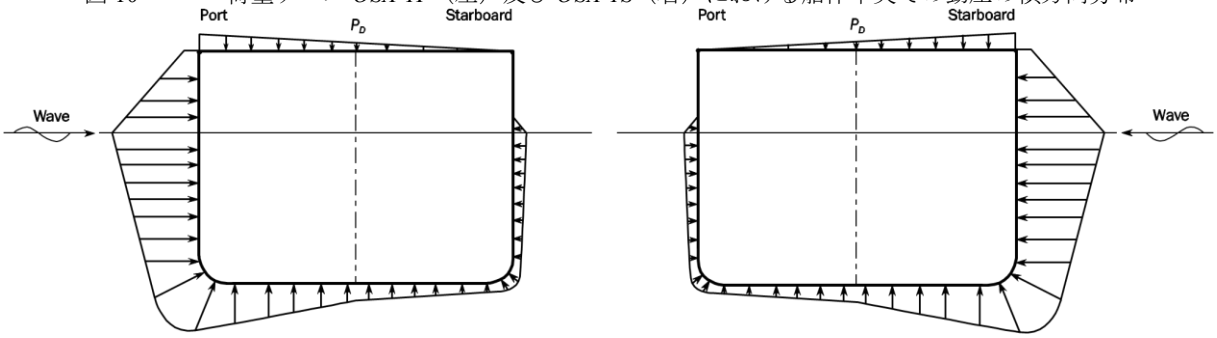


図 11　荷重ケース *OSA-2P*（左）及び *OSA-2S*（右）における船体中央での動圧の横方向分布

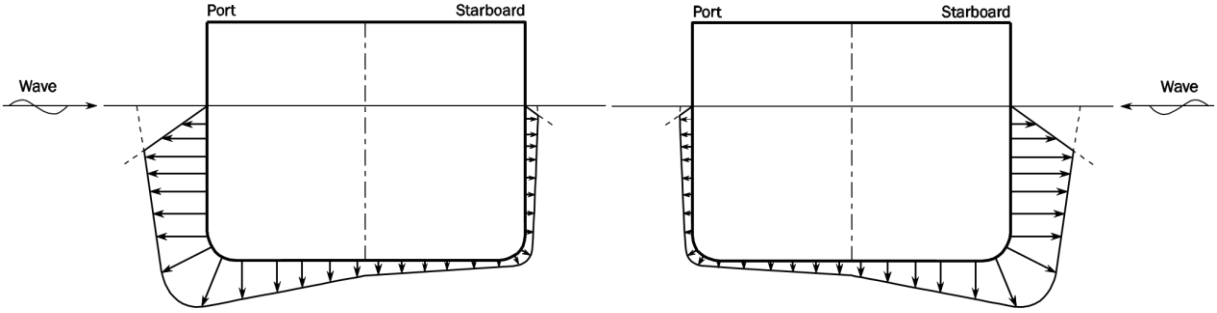


表 18　荷重ケース *OSA* における k_p の値

横方向の位置	f_{xL}	*OSA-1P - OSA-2P*	*OSA-1S - OSA-2S*
$y \geq 0$	0.0	$0.75 - 0.5f_{yB}$	0.75
	0.2	$f_T - 0.25 + (1.25 - f_T)f_{yB}$	$f_T - 0.25 + (0.35f_T - 0.47)f_{yB}$
	0.4	1.0	$1.0 + (2.7f_T - 3.2)f_{yB}$
	0.5	$1.25 - 0.5f_T + (0.5f_T - 0.25)f_{yB}$	$1.25 - 0.5f_T + (2.7f_T - 3.2)f_{yB}$
	0.6	$1.5 - f_T + (f_T - 1.07)f_{yB}$	$1.5 - f_T + (2.68f_T - 3.19)f_{yB}$
	0.85	$0.5f_T - 1.25 + (0.25 - 0.5f_T)f_{yB}$	$0.5f_T - 1.25 + (0.2 - 0.1f_T)f_{yB}$
	1.0	$0.5f_T - 1.25 + (0.25 - 0.5f_T)f_{yB}$	$0.5f_T - 1.25 + (0.2 - 0.1f_T)f_{yB}$
$y < 0$	0.0	0.75	$0.75 - 0.5f_{yB}$
	0.2	$f_T - 0.25 + (0.35f_T - 0.47)f_{yB}$	$f_T - 0.25 + (1.25 - f_T)f_{yB}$
	0.4	$1.0 + (2.7f_T - 3.2)f_{yB}$	1.0
	0.5	$1.25 - 0.5f_T + (2.7f_T - 3.2)f_{yB}$	$1.25 - 0.5f_T + (0.5f_T - 0.25)f_{yB}$
	0.6	$1.5 - f_T + (2.68f_T - 3.19)f_{yB}$	$1.5 - f_T + (f_T - 1.07)f_{yB}$
	0.85	$0.5f_T - 1.25 + (0.2 - 0.1f_T)f_{yB}$	$0.5f_T - 1.25 + (0.25 - 0.5f_T)f_{yB}$
	1.0	$0.5f_T - 1.25 + (0.2 - 0.1f_T)f_{yB}$	$0.5f_T - 1.25 + (0.25 - 0.5f_T)f_{yB}$

1.3.9　波浪変動圧の包絡値

任意の荷重点における波浪変動圧の包絡値 $P_{ex\text{-}max}$ は，**1.3.2** から **1.3.8** に規定する全ての荷重ケースにおける波浪変動圧のうち最大の値としなければならない。

1.4 疲労評価用の動的外圧

1.4.1 一般

疲労評価用の静的及び動的組合せ（*F:S+D*）設計荷重シナリオにおける任意の荷重点での動的外圧 P_{ex} は，各疲労評価用の動的荷重ケースにおいて，次によらなければならない。

$P_{ex} = P_S + P_W$　ただし，0 未満としてはならない。

P_S： **1.2** に規定する静水圧（kN/m^2）

P_W： **1.4.2** から **1.4.6** に規定する波浪変動圧（kN/m^2）

1.4.2 荷重ケース *HSM* における波浪変動圧

荷重ケース *HSM-1* 及び *HSM-2* における任意の荷重点での波浪変動圧 P_W（kN/m^2）は，**表 19** による。

表 19　荷重ケース *HSM* における波浪変動圧

	波浪変動圧（kN/m^2）		
荷重ケース	$z \le T_{LC}$	$T_{LC} < z \le 2h_W + T_{LC}$	$z > 2h_W + T_{LC}$
HSM-1	$P_W = \max(-P_{HS}, \rho g(z - T_{LC}))$	$P_W = P_{W,WL} - \frac{1}{2}\rho g(z - T_{LC})$	$P_W = 0.0$
HSM-2	$P_W = \max(P_{HS}, \rho g(z - T_{LC}))$		

$$P_{HS} = f_p f_h k_a k_p f_{yz} C_w \sqrt{\frac{L_0 + \lambda - 125}{L_{CSR}}}$$

f_{yz}：外板に沿った分布係数で，次による。

$$f_{yz} = \frac{z}{T_{LC}} + f_{yB} + 1$$

f_h：係数で，次による。

$$f_h = 2.75(1.21 - 0.66 f_T)$$

f_p：係数で，次による。

$$f_p = f_{fa}[(0.21 + 0.02 f_T) + (6 - 4 f_T) L_{CSR} \times 10^{-5}]$$

k_a：船の縦方向における振幅係数で，次による。

$f_{xL} < 0.2$の場合　$k_a = 1 + 3f_T - (1 + f_T) f_{yB} + [5(1 + f_T) f_{yB} - 15 f_T] f_{xL}$

$0.2 \le f_{xL} < 0.6$の場合　$k_a = 1.0$

$f_{xL} \ge 0.6$の場合　$k_a = 1 + (f_{xL} - 0.6)[(13.5 - 3.5 f_T) f_{yB} + (14.5 f_T - 17) + 40(1 - f_{yB})(f_{xL} - 0.6)]$

λ：動的荷重ケースにおける波長（*m*）で，次による。

$$\lambda = 0.6(1 + f_T) L_{CSR}$$

k_p：位相差に関する係数で，**表 20** による。中間値については，線形補間により求めなければならない。

表 20　荷重ケース *HSM* における k_p の値

f_{xL}	k_p
0	$(1.0 - f_T) + (0.5 - f_T) f_{yB}$
$0.3 - 0.1 f_T$	-1
$0.5 - 0.2 f_T$	1
$0.9 - 0.4 f_T$	1
$0.9 - 0.2 f_T$	-1
1.0	-1

1.4.3　荷重ケース *FSM* における波浪変動圧

荷重ケース *FSM-1* 及び *FSM-2* における任意の荷重点での波浪変動圧 P_W（kN/m^2）は，**表 21** による。

表 21　荷重ケース *FSM* における波浪変動圧

	波浪変動圧（kN/m^2）		
荷重ケース	$z \le T_{LC}$	$T_{LC} < z \le 2h_W + T_{LC}$	$z > 2h_W + T_{LC}$
FSM-1	$P_W = \max(-P_{FS}, \rho g(z - T_{LC}))$	$P_W = P_{W,WL} - \frac{1}{2}\rho g(z - T_{LC})$	$P_W = 0.0$
FSM-2	$P_W = \max(P_{FS}, \rho g(z - T_{LC}))$		

$$P_{FS} = f_p f_h k_a k_p f_{yz} C_w \sqrt{\frac{L_0 + \lambda - 125}{L_{CSR}}}$$

f_{yz}：外板に沿った分布係数で，次による。

$$f_{yz} = \frac{z}{T_{LC}} + f_{yB} + 1$$

f_h：係数で，次による。

$f_h = 2.6$

f_p：係数で，次による。

$$f_p = f_{fa}[(0.21 + 0.02f_T) + (6 - 4f_T)L_{CSR} \times 10^{-5}]$$

k_a：船の縦方向における振幅係数で，次による。

$f_{xL} < 0.2$の場合　　$k_a = 1 + (3.5 - 2f_T)(1 - 5f_{xL})(1 - f_{yB})$

$0.2 \le f_{xL} < 0.9$の場合　　$k_a = 1.0$

$f_{xL} \ge 0.9$の場合　　$k_a = 1 + 15(1 - f_{yB})(f_{xL} - 0.9)$

λ：動的荷重ケースにおける波長（m）で，次による。

$$\lambda = 0.6\left(1 + \frac{2}{3}f_T\right)L_{CSR}$$

k_p：位相差に関する係数で，**表 22** による。中間値については，線形補間により求めなければならない。

表 22　荷重ケース *FSM* における k_p の値

f_{xL}	k_p
0	$-0.75 - 0.25f_{yB}$
$0.35 - 0.1f_T$	-1
$0.5 - 0.2f_T$	1
0.75	1
$0.9 - 0.1f_T$	-1
1.0	$-0.5 - 0.5f_{yB}$

1.4.4　荷重ケース *BSR* における波浪変動圧

荷重ケース *BSR-1* 及び *BSR-2* における任意の荷重点での波浪変動圧 P_W（kN/m^2）は，**表 23** による。

表 23　　荷重ケース *BSR* における波浪変動圧

	波浪変動圧（kN/m^2）		
荷重ケース	$z \le T_{LC}$	$T_{LC} < z \le 2h_W + T_{LC}$	$z > 2h_W + T_{LC}$
BSR-1P	$P_W = \max(P_{BSR}, \rho g(z - T_{LC}))$	$P_W = P_{W,WL} - \frac{1}{2}\rho g(z - T_{LC})$	$P_W = 0.0$
BSR-2P	$P_W = \max(-P_{BSR}, \rho g(z - T_{LC}))$		
BSR-1S	$P_W = \max(P_{BSR}, \rho g(z - T_{LC}))$		
BSR-2S	$P_W = \max(-P_{BSR}, \rho g(z - T_{LC}))$		

・ 荷重ケース *BSR-1P* 及び *BSR-2P* の場合

$$P_{BSR} = 10y\sin\theta + 0.88 f_p C_w \sqrt{\frac{L_0 + \lambda - 125}{L_{CSR}}}(f_{yB1} + 1)$$

・ 荷重ケース *BSR-1S* 及び *BSR-2S* の場合

$$P_{BSR} = -10y\sin\theta + 0.88 f_p C_w \sqrt{\frac{L_0 + \lambda - 125}{L_{CSR}}}(f_{yB1} + 1)$$

f_p： 係数で，次による。

$$f_p = f_{fa}[(0.21 + 0.04 f_T) - (12 f_T - 2)B \times 10^{-4}]$$

λ　：動的荷重ケースにおける波長（m）で，次による。

$$\lambda = \frac{g}{2\pi} T_\theta^2$$

1.4.5　荷重ケース *BSP* における波浪変動圧

荷重ケース *BSP-1* 及び *BSP-2* における任意の荷重点での波浪変動圧 P_W（kN/m^2）は，**表 24** による。

表 24　　荷重ケース *BSP* における波浪変動圧

	波浪変動圧（kN/m^2）		
荷重ケース	$z \le T_{LC}$	$T_{LC} < z \le 2h_W + T_{LC}$	$z > 2h_W + T_{LC}$
BSP-1P	$P_W = \max(P_{BSP}, \rho g(z - T_{LC}))$	$P_W = P_{W,WL} - \frac{1}{2}\rho g(z - T_{LC})$	$P_W = 0.0$
BSP-2P	$P_W = \max(-P_{BSP}, \rho g(z - T_{LC}))$		
BSP-1S	$P_W = \max(P_{BSP}, \rho g(z - T_{LC}))$		
BSP-2S	$P_W = \max(-P_{BSP}, \rho g(z - T_{LC}))$		

$$P_{BSP} = 4.5 f_p f_{yz} C_w \sqrt{\frac{L_0 + \lambda - 125}{L_{CSR}}}$$

λ： 動的荷重ケースにおける波長（m）で，次による。

$$\lambda = 0.2(1 + 2f_T)L_{CSR}$$

f_p： 係数で，次による。

$$f_p = f_{fa}[0.2 + (8 + 16 f_T) \times 10^{-3}]$$

f_{yz}： 外板に沿った分布係数で，**表 25** による。

表 25　荷重ケース *BSP* における外板に沿った分布係数 f_{yz} の値

横方向の位置	*BSP-1P - BSP-2P*	*BSP-1S - BSP-2S*
$y \geq 0$	$f_{yz} = 2\frac{z}{T_{LC}} + 2.5f_{yB1} + 0.5$	$f_{yz} = \frac{2}{3}\frac{z}{T_{LC}} + \frac{1}{2}f_{yB1} + 0.5$
$y < 0$	$f_{yz} = \frac{2}{3}\frac{z}{T_{LC}} + \frac{1}{2}f_{yB1} + 0.5$	$f_{yz} = 2\frac{z}{T_{LC}} + 2.5f_{yB1} + 0.5$

1.4.6　荷重ケース *OST* における波浪変動圧

荷重ケース *OST-1* 及び *OST-2* における任意の荷重点での波浪変動圧 P_W（kN/m^2）は，**表 26** による。

表 26　荷重ケース *OST* における波浪変動圧

	波浪変動圧（kN/m^2）		
荷重ケース	$z \leq T_{LC}$	$T_{LC} < z \leq 2h_W + T_{LC}$	$z > 2h_W + T_{LC}$
OST-1P	$P_W = \max(P_{OST}, \rho g(z - T_{LC}))$	$P_W = P_{W,WL} - \frac{1}{2}\rho g(z - T_{LC})$	$P_W = 0.0$
OST-2P	$P_W = \max(-P_{OST}, \rho g(z - T_{LC}))$		
OST-1S	$P_W = \max(P_{OST}, \rho g(z - T_{LC}))$		
OST-2S	$P_W = \max(-P_{OST}, \rho g(z - T_{LC}))$		

$$P_{OST} = 1.38 f_p k_a k_p f_{yz} C_w \sqrt{\frac{L_0 + \lambda - 125}{L_{CSR}}}$$

f_{yz}：外板に沿った分布係数で，**表 27** による。

表 27　荷重ケース *OST* における外板に沿った分布係数 f_{yz} の値

横方向の位置	*OST-1P - OST-2P*	*OST-1S - OST-2S*
$y \geq 0$	$5\frac{z}{T_{LC}} + 3.3f_{yB} + 1.7$	$\frac{z}{T_{LC}} + 0.3f_{yB} + 1.7$
$y < 0$	$\frac{z}{T_{LC}} + 0.3f_{yB} + 1.7$	$5\frac{z}{T_{LC}} + 3.3f_{yB} + 1.7$

f_p：係数で，次による。

$f_p = f_{fa}[(0.25 - 0.02f_T) + (12f_T - 9)B \times 10^{-4}]$

λ：動的荷重ケースにおける波長（m）で，次による。

$\lambda = 0.45L_{CSR}$

k_a：船の縦方向における振幅係数で，**表 28** による。

k_p：位相差に関する係数で，**表 29** による。中間値については，線形補間により求めなければならない。

表 28　荷重ケース *OST* における k_a の値

横方向の位置	縦方向の位置	*OST-1P - OST-2P*	*OST-1S - OST-2S*
$y \geq 0$	$f_{xL} \leq 0.2$	$1.0 + \{(3.5 - 2f_T) + (10f_T - 17.5)f_{xL}\}(1 - f_{yB})$	$1.0 + (3.5 - 2f_T - 1.5f_{yB}) + (10f_T - 17.5 + 7.5f_{yB})f_{xL}$
	$0.2 < f_{xL} \leq 0.8$	1.0	1.0
	$f_{xL} > 0.8$	1.0	$1.0 + 2(1 - f_T)(5f_{xL} - 4)f_{yB}$
$y < 0$	$f_{xL} \leq 0.2$	$1.0 + (3.5 - 2f_T - 1.5f_{yB}) + (10f_T - 17.5 + 7.5f_{yB})f_{xL}$	$1.0 + \{(3.5 - 2f_T) + (10f_T - 17.5)f_{xL}\}(1 - f_{yB})$
	$0.2 < f_{xL} \leq 0.8$	1.0	1.0
	$f_{xL} > 0.8$	$1.0 + 2(1 - f_T)(5f_{xL} - 4)f_{yB}$	1.0

表 29　荷重ケース *OST* における k_p の値

横方向の位置	f_{xL}	*OST-1P - OST-2P*	*OST-1S - OST-2S*
$y \geq 0$	0.0	1.0	$1.0 + (0.5 - f_T)f_{yB}$
	0.2	1.0	$1.0 + 3(0.5 - f_T)f_{yB}$
	0.4	-1.0	$(2.7 - 2.4f_T)f_{yB} - 1$
	0.5	-1.0	$(2.8 - 2.6f_T)f_{yB} - 1$
	0.7	$(f_T - 0.62)f_{yB} - 0.38$	$(2.38 - 3f_T)f_{yB} - 0.38$
	0.9	$0.24 + 0.76f_{yB}$	$0.24 - (0.24 + f_T)f_{yB}$
	1.0	$-1.0 + 0.5f_{yB}$	-1.0
$y < 0$	0.0	$1.0 + (0.5 - f_T)f_{yB}$	1.0
	0.2	$1.0 + 3(0.5 - f_T)f_{yB}$	1.0
	0.4	$(2.7 - 2.4f_T)f_{yB} - 1$	-1.0
	0.5	$(2.8 - 2.6f_T)f_{yB} - 1$	-1.0
	0.7	$(2.38 - 3f_T)f_{yB} - 0.38$	$(f_T - 0.62)f_{yB} - 0.38$
	0.9	$0.24 - (0.24 + f_T)f_{yB}$	$0.24 + 0.76f_{yB}$
	1.0	-1.0	$-1.0 + 0.5f_{yB}$

2.　暴露甲板における外圧

2.1　適用

2.1.1

暴露甲板における外圧及び力は，強度評価においてのみ適用する。

2.1.2

2.2 に規定する暴露甲板に対する青波圧は，**2.3.1** 及び **2.3.2** にそれぞれ規定する貨物又は艤装品による分布荷重及び集中荷重とは独立して考慮しなければならない。

2.2 青波荷重

2.2.1 暴露甲板における外圧

静的及び動的（*S*+*D*）設計荷重シナリオにおける暴露甲板上の任意の位置での青波荷重による動的外圧 P_D（kN/m^2）は，各動的荷重ケースに対して，**2.2.3** 及び **2.2.4** の規定により求められなければならない。

静的（*S*）設計荷重シナリオにおける暴露甲板上の任意の位置での青波荷重による動的外圧 P_D は，0 とする。

2.2.2

暴露甲板上にブレイクウォータを設置する場合にあっても，暴露甲板上のブレイクウォータより後部の位置における青波圧を軽減してはならない。

2.2.3 荷重ケース *HSM*，*HSA* 及び *FSM*

荷重ケース *HSM*，*HSA* 及び *FSM* における暴露甲板上の任意の荷重点での外圧 P_D（kN/m^2）は，次によらなければならない。（**図 2** 及び**図 3** 参照）

$$P_D = \chi P_W$$

$P_W = P_{W,D}$　ただし，$P_{D\text{-}min}$ 未満としてはならない。

$P_{W,D}$：　**1.3** に規定する荷重ケース *HSM*，*HSA* 及び *FSM* における暴露甲板の船側位置での波浪変動圧（kN/m^2）

$P_{D\text{-}min}$：　暴露甲板上の外圧の最小値（kN/m^2）で，次による。

- **7 章**の規定による貨物倉解析の場合：　$P_{D\text{-}min} = 0$
- その他の場合：　$P_{D\text{-}min}$ は**表 30** による。

χ：　係数で，**表 31** による。

表 30　荷重ケース *HSM*，*HSA* 及び *FSM* における暴露甲板での外圧の最小値

位置	暴露甲板での外圧の最小値 $P_{D\text{-}min}$（kN/m^2）	
	$L_{LL} \geq 100m$	$L_{LL} < 100m$
$x_{LL}/L_{LL} \leq 0.75$	34.3	$14.9 + 0.195L_{LL}$
$x_{LL}/L_{LL} > 0.75$	$34.3 + (14.8 + a(L_{LL} - 100))\left(4\frac{x_{LL}}{L_{LL}} - 3\right)$	$12.2 + \frac{L_{LL}}{9}\left(5\frac{x_{LL}}{L_{LL}} - 2\right) + 3.6\frac{x_{LL}}{L_{LL}}$

a：　係数で，次による。

A 型，*B-60* 型及び *B-100* 型乾舷を有する船舶に対して：$a = 0.356$

B 型乾舷を有する船舶に対して：　$a = 0.0726$

x_{LL}：荷重点の *X* 座標で，乾舷長さ L_{LL} の後端を基点とする。

表 31　暴露甲板における圧力に関する係数

暴露甲板位置	χ
乾舷甲板	1.00
船首楼甲板を含む船楼甲板	0.75
甲板室の第 1 層目	0.56
甲板室の第 2 層目	0.42
甲板室の第 3 層目	0.32
甲板室の第 4 層目	0.25
甲板室の第 5 層目	0.20
甲板室の第 6 層目	0.15
甲板室の第 7 層目以上	0.10

2.2.4　荷重ケース *BSR*，*BSP*，*OST* 及び *OSA*

荷重ケース *BSR*，*BSP*，*OST* 及び *OSA* における暴露甲板上の任意の位置での外圧 P_D（kN/m^2）は，暴露甲板の舷側（左舷及び右舷）位置での波浪変動圧の値を線形補間で求めなければならない。（**図 4**，**図 6**，**図 9** 及び**図 10** 参照）

$$P_{D,stb} = \chi P_{W,D-stb}$$

$$P_{D,pt} = \chi P_{W,D-pt}$$

$P_{W,D-stb}$：**1.3** に規定する荷重ケース *BSR*，*BSP*，*OST* 及び *OSA* における暴露甲板の左舷側位置での波浪変動圧（kN/m^2）

$P_{W,D-pt}$：**1.3** に規定する荷重ケース *BSR*，*BSP*，*OST* 及び *OSA* における暴露甲板の右舷側位置での波浪変動圧（kN/m^2）

χ：　係数で，**表 31** による。

2.2.5　暴露甲板における波浪変動圧の包絡値

暴露甲板上の任意の位置における波浪変動圧の包絡値 P_{D-max} は，**2.2.3** 及び **2.2.4** に規定する全ての荷重ケースにおける波浪変動圧のうち最大の値としなければならない。

2.3　暴露甲板上の積載物による荷重

2.3.1　分布貨物による圧力

暴露甲板上に甲板貨物やその他の設備等の分布貨物を積載する場合，分布貨物による静的及び動的圧力を考慮しなければならない。

静的（*S*）設計荷重シナリオにおける分布貨物による全圧 P_{dl}（kN/m^2）は，次による。

$$P_{dl} = P_{dl-s}$$

静的及び動的（*S*+*D*）設計荷重シナリオにおける分布貨物による全圧 P_{dl}（kN/m^2）は，各動的荷重ケースにおいて，次による。

$$P_{dl} = P_{dl-s} + P_{dl-d}$$

P_{dl-s}：設計者によって定められる分布貨物による静圧（kN/m^2）で，原則として，$10kN/m^2$ 未満としてはならない。

P_{dl-d}：分布貨物による動圧（kN/m^2）で，次による。

$$P_{dl-d} = f_\beta \frac{a_z}{g} P_{dl-s}$$

a_Z：考慮する荷重ケースにおける分布貨物の重心位置の垂直方向加速度（m/s^2）で，**4 章 3 節 3.2.4** の規定による。

2.3.2　単位貨物による集中荷重

暴露甲板上に甲板貨物等の単位貨物を積載する場合，単位貨物による静的及び動的な力を考慮しなければならない。

静的（*S*）設計荷重シナリオにおける集中荷重による力 F_U（*kN*）は，次による。

$$F_U = F_{U-s}$$

静的及び動的（*S*+*D*）荷重シナリオにおける集中荷重による力 F_U（*kN*）は，各動的荷重ケースにつき次による。

$$F_U = F_{U-s} + F_{U-d}$$

F_{U-s}：単位貨物による静的な力（*kN*）で，次による。

$$F_{U-s} = m_U g$$

F_{U-d}：単位貨物による動的な力（*kN*）で，次による。

$$F_{U-d} = m_U f_\beta a_Z$$

m_U：単位貨物の質量（*t*）

a_Z：考慮する荷重ケースにおける単位貨物の重心位置の垂直方向加速度（m/s^2）で，**4 章 3 節 3.2.4** の規定による。

3.　船首部における衝撃圧

3.1　適用

3.1.1

船首部における衝撃圧は，強度評価においてのみ適用する。

3.2 船底スラミング圧

3.2.1

船底スラミング設計荷重シナリオにおける船底スラミング圧 P_{SL}（kN/m^2）は，次の 2 つのケースについて評価しなければならない。

ケース 1：船底外板付近のバラストタンクが空又はボイドスペースの場合

$L_{CSR} < 170m$ の場合　$P_{SL} = 10g\sqrt{L_{CSR}}\, f_{SL}\, c_{SL-et}$

$L_{CSR} \geq 170m$ の場合　$P_{SL} = 130g\, f_{SL}\, c_{SL-et}\, e^{c_1}$

ケース 2：船底外板付近のバラストタンクが満載の場合

$L_{CSR} < 170m$ の場合　$P_{SL} = 10g\sqrt{L_{CSR}}\, f_{SL}\, c_{SL-ft} - 1.25\rho g(z_{top} - z)$

$L_{CSR} \geq 170m$ の場合　$P_{SL} = 130g\, f_{SL}\, c_{SL-ft}\, e^{c_1} - 1.25\rho g(z_{top} - z)$

c_1：　係数で，次による。

$L_{CSR} \leq 180m$ の場合　$c_1 = 0$

$L_{CSR} > 180m$ の場合　$c_1 = -0.0125(L_{CSR} - 180)^{0.705}$

c_{SL-et}：　バラストタンクが空又はボイドスペースの場合のスラミング係数で，次による。

$$c_{SL-et} = 5.95 - 10.5\left(\frac{T_{F-e}}{L_{CSR}}\right)^{0.2}$$

c_{SL-ft}：　バラストタンクが満載の場合のスラミング係数で，次による。

$$c_{SL-ft} = 5.95 - 10.5\left(\frac{T_{F-f}}{L_{CSR}}\right)^{0.2}$$

f_{SL}：　縦方向におけるスラミング圧に関する分布係数で，次による。

$x/L_{CSR} \leq 0.5$の場合　$f_{SL} = 0$

$x/L_{CSR} = 0.5 + c_2$の場合　$f_{SL} = 1.0$

$x/L_{CSR} = 0.65 + c_2$の場合　$f_{SL} = 1.0$

$x/L_{CSR} \geq 1$の場合　$f_{SL} = 0.5$

f_{SL}の中間値については，線形補間により求めなければならない。

c_2：　係数で，次の算式による。ただし，0.35 を超えてはならない。

$$c_2 = 0.33C_B + \frac{L_{CSR}}{2500}$$

T_{F-e}：　設計者が定める *FP* における設計スラミング喫水。T_{F-e}は，ローディングマニュアルに記載される船底スラミング領域のいずれかのバラストタンクを空とするいかなる航海状態での *FP* における最小喫水を超えてはならない。シーケンシャル法によるバラスト水交換を実施する船舶の場合，当該航海状態には，船底スラミング領域のタンクにおいてシーケンシャル法によるバラスト水の交換を行うあらゆる積付状態を含む。

T_{F-f}：　設計者が定める *FP* における設計スラミング喫水。T_{F-f}は，ローディングマニュアルに記載される船底スラミング領域の全てのバラストタンクを満載とするいかなる航海状態での *FP* における最小喫水を超えてはならない。フロースルー法によるバラスト水交換を実施する船舶の場合，当該航海状態には，船底スラミング領域のタンクにおいてフロースルー法によるバラスト水の交換を行うあらゆる積付状態を含む。

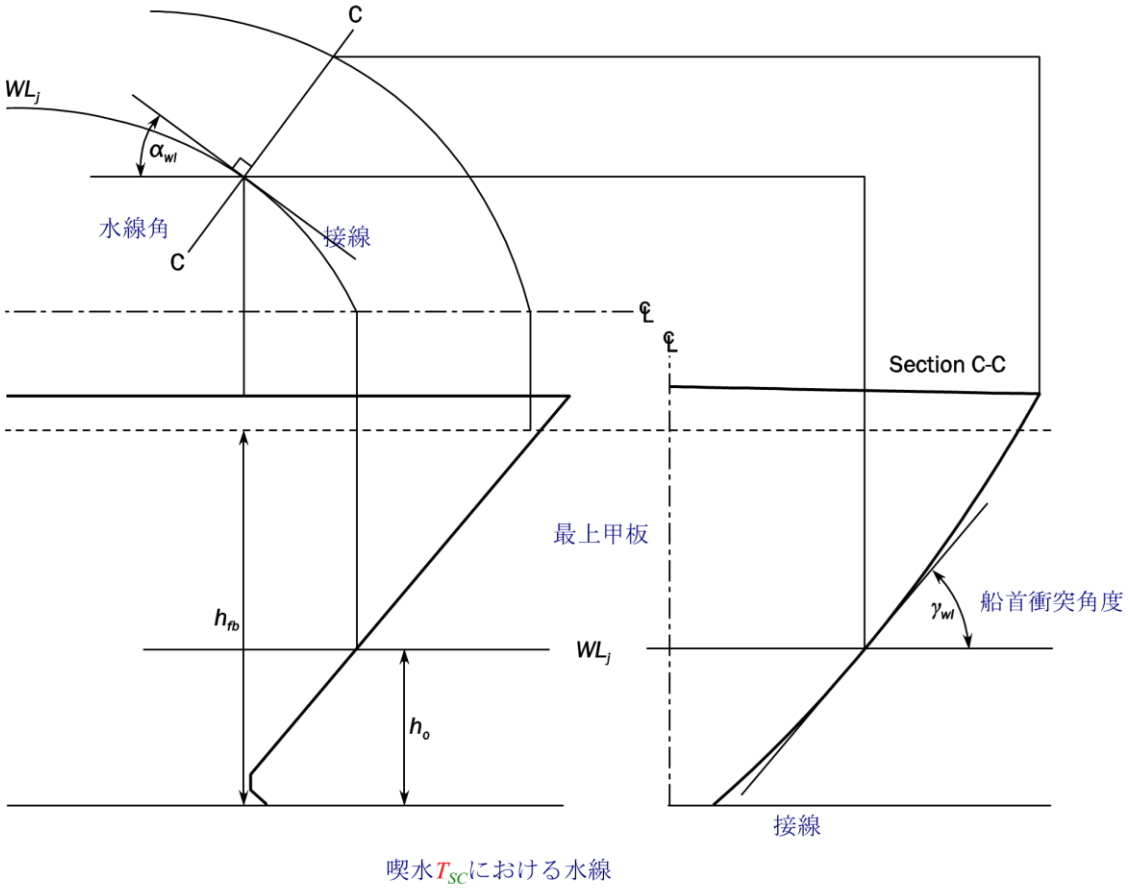
z_{top}：　小倉口を除く，タンクの最も高い位置の *Z* 座標（*m*）

二重底のフロア及びガーダの強度評価を行う場合，z_{top}は二重底の高さを超えてはならない。

3.2.2　ローディングマニュアルに記載する情報

積付指針情報として，各バラストタンクに用いる設計スラミング喫水及びバラスト水交換を実施する船舶の場合は，各タンクで使用するバラスト交換の方法を明記しなければならない。

図 12　　船首部傾斜角度等の定義



3.3　　船首衝撃圧

3.3.1　　設計圧

船首衝撃設計荷重シナリオにおいて考慮する船首衝撃圧 P_{FB}（kN/m^2）は，次の算式による。

$$P_{FB} = 1.025 f_{FB} c_{FB} V_{im}^2 \sin\gamma_{wl}$$

f_{FB}：　縦方向における船首衝撃圧の分布係数で，次による。

$x/L_{CSR} \le 0.9$の場合	$f_{FB} = 0.55$
$0.9 < x/L_{CSR} \le 0.9875$の場合	$f_{FB} = 4(x/L_{CSR} - 0.9) + 0.55$
$0.9875 < x/L_{CSR} \le 1.0$の場合	$f_{FB} = 8(x/L_{CSR} - 0.9875) + 0.9$
$x/L_{CSR} > 1.0$の場合	$f_{FB} = 1.0$

V_{im}：　衝突速度で，次による。

$$V_{im} = 0.514 V_{ref} \sin\alpha_{wl} + \sqrt{L_{CSR}} \quad (knots)$$

V_{ref}：　前進速力で，次による。ただし，10 未満としてはならない。

$$V_{ref} = 0.75V \quad (knots)$$

α_{wl}：　考慮する位置における局部水線角（deg）。ただし，$35deg$ 未満としてはならない。（**図 12** 参照）

γ_{wl}：　局部船首衝突角度（deg）で，考慮する位置での外板の法線が通る平面上において水平線と外板の接線が成す角度。ただし，$50deg$ 未満としてはならない。（**図 12** 参照）

ただし，この値が得られない場合には，次の算式による値として差し支えない。

$$\gamma_{wl} = \tan^{-1}\left(\frac{\tan\beta_{pl}}{\cos\alpha_{wl}}\right)$$

船首衝突角度が $50deg$ 未満の船舶の船首衝撃圧は，本会の適当と認めるところによる。ただし，いかなる場合も上記算式において局部船首衝突角度が $50deg$ の場合における要求寸法未満としてはならない。

β_{pl}：　考慮する位置における水平線と正面線図での外板の接線が成す角度（deg）。ただし，$35deg$ 未満とし

てはならない。

c_{FB}： 係数で，次による。

考慮する位置が喫水 T_{BAL} から T_{SC} の間の場合 $c_{FB} = 1.0$

考慮する位置が喫水 T_{SC} より上方の場合 $c_{FB} = \sqrt{1.0 + \cos^2\left[90\frac{(h_{fb} - 2h_0)}{h_{fb}}\right]}$

h_{fb}： 喫水 T_{SC} での水線から船側における最上甲板までの垂直距離（m）（**図 12** 参照）

h_0： 喫水 T_{SC} での水線から考慮する位置までの垂直距離（m）（**図 12** 参照）

4. 船楼及び甲板室に対する外圧

4.1 適用

4.1.1

船楼及び甲板室に対する外圧は，強度評価においてのみ適用する。

外圧は動圧として考慮し，静圧荷重成分は考慮されていないものとして適用しなければならない。

4.1.2

動的荷重ケースの概念は船楼及び甲板室に対する外圧に対して適用してはならない。

4.2 暴露した操舵室の頂板

4.2.1

暴露した操舵室の頂板における面外圧 P_D（kN/m^2）は，次による。

$$P_D = 12.5$$

4.3 船楼の側面

4.3.1

船楼の外側面の設計圧力 P_{SI}（kN/m^2）は，次による。

$$P_{SI} = 2.1 C_W c_F (C_B + 0.7)\frac{20}{10 + z_{SD} - T_{LC}}$$

c_F：分布係数で，**表 32** による。

表 32 分布係数 c_F

位置	c_F
$x/L_{CSR} < 0.2$	$1.0 + \frac{5}{C_B}\left(0.2 - \frac{x}{L_{CSR}}\right)$ ただし，x/L_{CSR} は 0.1 未満としてはならない。
$x/L_{CSR} \geq 0.2$	1.0

4.4 船楼端隔壁及び甲板室の周壁

4.4.1

船楼端隔壁及び甲板室の周壁に対する外圧（kN/m^2）は，次による。ただし，$P_{A\text{-}min}$ 未満としてはならない。

$$P_A = f_n f_c [f_b f_d - (z_{SD} - T_{SC})]$$

f_n： 係数で，**表 33** による。

f_c： 係数で，次による。ただし，0.475 未満としてはならない。

$$f_c = 0.3 + 0.7\frac{b_1}{B_1}$$

機関室囲壁の暴露部における f_c は，1.0 未満としてはならない。

f_d： 係数で，次による。

$L_{CSR} < 150m$ の場合 $f_d = \frac{L_{CSR}}{10} e^{-(L_{CSR}/300)} - \left(1 - \left(\frac{L_{CSR}}{150}\right)^2\right)$

$150m \leq L_{CSR} < 300m$ の場合　　$f_d = \frac{L_{CSR}}{10} e^{-(L_{CSR}/300)}$

$L_{CSR} \geq 300m$ の場合　　$f_d = 11.03$

b_1：　考慮する位置における甲板室の幅

B_1：　考慮する位置の暴露甲板における実幅

f_b：　係数で，**表 34** による。

$P_{A\text{-}min}$：　最小面外圧（kN/m^2）で，**表 35** による。

5.　ハッチカバーに対する外圧

5.1　適用

5.1.1

ハッチカバーに対する外圧は，強度評価においてのみ適用する。

5.2　青波荷重

5.2.1

ハッチカバーの任意荷重点における青波荷重 P_{HC}（kN/mm^2）は，次による。

- **7 章**の規定による貨物倉解析の場合：　$P_{HC} = P_D - \rho g (z_{HC} - D)$　ただし，0 未満としてはならない。
- その他の場合：　$P_{HC} = P_{D-min}$ で，**表 30** による。

P_D：　デッキ上でのハッチカバー付近における青波荷重による動的外圧（kN/mm^2）で，**2.2** の規定によらなければならない。なお，算定においては，χを 1.0 とする。

z_{HC}：　ハッチカバー頂部の Z 座標（m）

5.3　ハッチカバー上の積載物による荷重

5.3.1

分布貨物又は単位貨物をハッチカバーに積載する場合，その荷重による圧力は **2.3** の規定によらなければならない。

表 33　　係数 f_n

隔壁の種類	位置	f_n
保護されない前端隔壁(1)	最下層(2)	$20 + \frac{L_2}{12}$
	第 2 層目	$10 + \frac{L_2}{12}$
	第 3 層目及びそれより上方	$5 + \frac{L_2}{15}$
保護された前端隔壁(1)	全ての層	$5 + \frac{L_2}{15}$
側壁	全ての層	$5 + \frac{L_2}{15}$
後端隔壁	船体中央より後方	$7 + \frac{L_2}{100} - 8\frac{x}{L_2}$
	船体中央より前方	$5 + \frac{L_2}{100} - 4\frac{x}{L_2}$

(1) 前方の船楼又は甲板室より後方 B_x以内に位置する前端隔壁について，その前端隔壁の幅が前方の船楼又は甲板室の後端隔壁より小さい場合，その前端隔壁は保護された前端隔壁として差し支えない。このとき，B_xは考慮する前端隔壁の位置における船舶の幅とする。

(2) ここでいう最下層とは，通常，型深さ D の計測時に考慮する最上層の全通甲板の直上の層とする。ただし，$(D - T_{SC})$の値と国際満載喫水線条約による表定フリーボード（修正されていない値）の差が **1 章 4 節 3.3** に規定する船楼の標準高さを超える場合には，その層を第 2 層とし，その上の層を第 3 層として差し支えない。

表 34　　係数 f_b

隔壁位置(1)	f_b
$\frac{x}{L_{CSR}} < 0.45$	$1.0 + \left(\frac{x/L_{CSR} - 0.45}{C_{B1} + 0.2}\right)^2$
$\frac{x}{L_{CSR}} \geq 0.45$	$1.0 + 1.5\left(\frac{x/L_{CSR} - 0.45}{C_{B1} + 0.2}\right)^2$

C_{B1}：方形係数。ただし，0.60 以上 0.80 以下としなければならない。船体中央より前方に位置する甲板室の後端隔壁の場合は，C_{B1} を 0.80 として差し支えない。

(1) 甲板室の側壁については，甲板室を幾つかのほぼ等しい長さに分割して考慮しなければならない。ただし，それぞれの部分の長さは $0.15L_{CSR}$ を超えてはならない。また，x は考慮する分割部分の中心の X 座標としなければならない。

表 35　　最小面外圧 $P_{A\text{-}min}$

	$P_{A\text{-}min}(kN/m^2)$	
L_{CSR}	最下層の保護されない前端壁	その他(1)
$90 < L_{CSR} \leq 250$	$25 + \frac{L_{CSR}}{10}$	$12.5 + \frac{L_{CSR}}{20}$
$L_{CSR} > 250$	50	25

(1) 第 4 層目及びそれより上方に対しては，$P_{A\text{-}min}$ を $12.5kN/m^2$ としなければならない。

6 節　　内圧

記号

本節に規定されない記号については，**1 章 4 節**による。

a_X，a_Y，a_Z：　**4 章 3 節 3.2** に規定する x_G，y_G 及び z_G の位置おけるそれぞれ縦，横及び垂直方向の加速度（m/s^2）

B_H：　貨物倉の中央，かつ，ホッパタンク上部及びトップサイドタンク下部の中間の高さにおいて測った貨物倉の幅（m）（**図 1** 参照）

B_{IB}：　貨物倉の中央において測った内底板の幅（m）（**図 1** 参照）

D_1：　船体中央の船側における基線から乾舷甲板までの距離（m）

d_{sc}：　スチールコイルの直径（m）

f_{cd}：　設計寿命 25 年のうちに生じ得る液体貨物密度及び最も厳しい海象の結合確率に関する係数で，次による。

・液体貨物を積載する貨物タンクの有限要素解析による強度評価の場合

$\rho_L > 1.025 t/m^3$ の場合：　$f_{cd} = 1.0$

$\rho_L = 1.025 t/m^3$ の場合：　$f_{cd} = 0.88$

・その他の場合

$f_{cd} = 1.0$

f_{dc}：　乾貨物に関する係数で，次による。

・強度評価用

$f_{dc} = 1.0$

・疲労評価用

$f_{dc} = 0.5$

f_β：　**4 章 4 節**に規定する係数

h_{air}：　空気管又はオーバーフロー管のタンク頂部からの高さ（m）

h_C：　内底板からばら積貨物の上面までの高さ（m）で，**2.3.1** 又は **2.3.2** の規定による。

h_{DB}：　貨物倉の長さ中央において測ったセンターライン上における二重底の高さ（m）（**図 1** 参照）

h_{HPL}：　貨物倉の中央において測ったセンターライン上における内底板からホッパタンクと船側外板（二重船殻ばら積貨物船にあっては縦通隔壁）の上部交点までの垂直距離（m）（**図 1** 参照）

ホッパタンクがない場合は，$h_{HPL} = 0$ とする。

h_{HPU}：　貨物倉の中央において測ったセンターライン上における内底板からトップサイドタンクと船側外板（二重船殻ばら積貨物船にあっては縦通隔壁）の下部交点までの垂直距離（m）（**図 1** 参照）

h_{LS}：　内底板から測った下部スツールの平均高さ（m）

h_{max}：　最大許容液位（m）で，次による。

・バラストタンクの場合：最大タンク高さ

・ρ_Lと等しい貨物密度を想定した貨物タンクの場合：最大タンク高さ

・部分積付する貨物タンクに積載するρ_{part}と等しい重液体貨物密度を想定した貨物タンクの場合：**10 章 4 節 1.2.1** に規定する h_{part}

K_C：　係数で，次による。

$\alpha \leq 90°$の場合：$K_C = \cos^2\alpha + (1 - \sin\psi)\sin^2\alpha$

$90° < \alpha \leq 120°$の場合：$K_C = (1 - \sin\psi)\sin^2\alpha$

$\alpha > 120°$及び$\alpha + \psi < 180°$の場合：$K_C = 0.75(1 - \sin\psi)[1 - (\alpha - 120)/(60 - \psi)]$

$\alpha + \psi \geq 180°$の場合：$K_C = 0$

$K_{C\text{-}f}$：　係数で，次による。

$$K_{C-f} = \tan^2\left(45 - \frac{\psi}{2}\right)$$

ℓ：　フロア間の距離（m）

ℓ_H： 貨物倉の長さ（*m*）で，センターライン上における横隔壁間の長さとする。波形隔壁の場合にあっては，隔壁のウェブ深さの半分までの距離とする。

ℓ_{lp}： *x* 方向におけるパネル 1 枚毎の両端ダンネージ間の距離（*m*）（**図 10** 参照）

ℓ_{st}： スチールコイルの長さ（*m*）

M： 考慮するばら積貨物の質量（*t*）

M_{Full}： ハッチコーミング上端まで貨物を積載した場合の貨物質量（*t*）。このとき，貨物密度は M_H/V_{Full} 又は $1.0t/m^3$ のうち大きいほうとする。

$M_{Full} = 1.0\ V_{Full}$　ただし，M_{Full} は M_H 未満としてはならない。

M_H： 50%の消耗品を積載し，かつ，計画最大満載喫水まで貨物を積載する均等積付状態において，個々の貨物倉に積載される貨物質量（*t*）

M_{HD}： 貨物区域の全てのバラストタンクを空とし，50%の消耗品を積載し，かつ，計画最大満載喫水まで貨物を積載する積付状態で，特定の貨物倉が空となる場合において，個々の貨物倉に積載し得る最大貨物質量（*t*）

$M_{sc\text{-}ib}$： 内底板上のスチールコイルの等価質量（*t*）で，**4.3.1** の規定による。

$M_{sc\text{-}hs}$： ホッパ斜板のスチールコイルの等価質量（*t*）で，**4.3.2** の規定による。

n_1： スチールコイルの積付段数

n_2： パネル 1 枚あたりの荷重点の数で，**4.1.3** の規定による。

n_3： スチールコイル 1 列を支えるダンネージの条数

P_{drop}： 超過注水時又はフロースルー法でのバラスト水交換における注水時に生じる，空気管又はオーバーフロー管からの持続的な液体の流れによる超過圧（kN/m^2）で，設計者により定義されなければならない。ただし，$25kN/m^2$ 未満としてはならない。

P_{PV}： 設計蒸気圧（kN/m^2）で，$25kN/m^2$ 未満としてはならない。

$perm$： 貨物の浸水率で，次による。

鉄鉱石，石炭及びセメントの場合：　$perm = 0.3$

スチールコイル及び梱包されたスチール製品の場合：　$perm = 0$

R： 船体の回転中心位置の鉛直座標（*m*）で，**4 章 3 節** の規定による。

s_C： 波形隔壁の心距（*m*）で，**3 章 6 節 10.4.2** の規定による。

T_θ： ロール周期（*s*）で，**4 章 3 節 2.1.1** の規定による。

V_{Full}： ハッチコーミング上端までの貨物倉の容積（m^3）で，次による。

$$V_{Full} = V_H + V_{HC}$$

V_H： ハッチコーミングと主甲板の結合部までを上端とする貨物倉の容積（m^3）で，ハッチコーミングで囲まれた部分を除く。（**図 1** 参照）

V_{HC}： 船体中央に位置する貨物倉のハッチコーミング部の容積（m^3）で，主甲板とハッチサイドコーミングの結合部高さからハッチコーミング上端までとする。（**図 1** 参照）

V_{TS}： 貨物倉の長さℓ_H内であって，ホッパタンクより内側にある隔壁下部スツール部の合計容積（m^3）

W： スチールコイルの質量（*t*）

x，y，z： **4 章 1 節 1.2.1** に定義する座標系における荷重点の *X*，*Y* 及び *Z* 座標（*m*）

x_G，y_G，z_G： **4 章 1 節 1.2** に定義する座標系におけるタンク又は満載の貨物倉（V_{Full}）の容積重心位置の *X*，*Y* 及び *Z* 座標（*m*）

部分積付の貨物倉の場合，x_G，y_G，z_G は次による。

x_G，y_G：貨物倉の容積重心位置

$$z_G = h_{DB} + h_{C-cl}/2$$

z_{top}： 小倉口を除く，タンクの最も高い位置における *Z* 座標（*m*）

z_C： 荷重点付近における基線から貨物の上面までの高さ（*m*）で，次による。

$$z_C = h_{DB} + h_C$$

α： 考慮するパネルの水平面に対する傾斜角（*deg*）で，**図 1a** に示すように，貨物倉の外側の水平面から内側上向きに測定した 0 *deg* から 180 *deg* の間の値とする。

φ： **4 章 3 節 2.1.2** に規定するピッチ角（*deg*）

ψ： ばら積貨物中の液体が排出された状態における貨物の安息角（*deg*）で，次による。

一般：$\psi = 30^\circ$

鉄鉱石：$\psi = 35^\circ$

セメント：$\psi = 25^\circ$

ρ_C： ばら積貨物の密度（t/m^3）で，**2.3.3** の規定による。

ρ_L： タンク及びバラストホールド内における液体の密度（t/m^3）で，次による値以上としなければならない。

・強度評価用

貨物油を含む全ての液体：$\rho_L = 1.025$

98%積載されたタンクが $1.025 t/m^3$ より重い貨物油を積載する場合（$\rho_{\max-LM} > 1.025$），$\rho_L = \rho_{\max-LM}$とする。

・疲労評価用

液体貨物： $\rho_L = 0.9$

その他の液体： $\rho_L = 1.025$

$\rho_{\max-LM}$：98%積載された満載のタンクにおける最大液体貨物密度（t/m^3）で，ローディングマニュアルに記載される任意の積付状態による値又は設計者の示す値とする。

ρ_{part}： 部分積付の貨物タンクにおける最大許容液体貨物密度（t/m^3）で，強度評価用のρ_L未満としてはならない。

ρ_{slh}： スロッシング評価用の液体密度（t/m^3）で，次による。

部分積付の貨物タンクにおける重液体貨物の場合： $\rho_{slh} = \rho_{part}$

その他の場合： $\rho_{slh} = \rho_L$

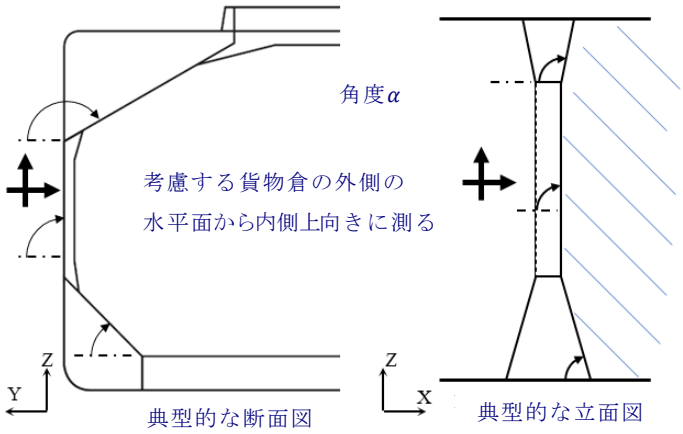
ρ_{ST}： 鋼材の密度（t/m^3）で，7.85 とする。

θ： **4 章 3 節 2.1.1** に規定するロール角（*deg*）

θ_h： 内底板とホッパ斜板がなす角度（*deg*）で，原則として，次による。

$$\tan\theta_h = \frac{2h_{HPL}}{B_H - B_{IB}}$$

図 1a　　角度の取り方



1.　液体による圧力

1.1　適用

1.1.1　非損傷状態の強度評価及び疲労評価における圧力

4 章 7 節に規定する静的（*S*）設計荷重シナリオにおいて，タンク及びバラストホールドの境界における任意の荷重点に作用する液体による内圧（kN/m^2）は，次による。ただし，0 未満としてはならない。

$$P_{in} = P_{ls}$$

4 章 7 節に規定する静的及び動的（*S*+*D*）設計荷重シナリオにおいて，タンク及びバラストホールドの境界における任意の荷重点に作用する液体による内圧（kN/m^2）は，各動的荷重ケースにおいて，次による。ただし，0 未満としてはならない。

$$P_{in} = P_{ls} + P_{ld}$$

P_{ls}：　タンク及びバラストホールド内の液体による静圧（kN/m^2）で，**1.2** の規定による。

P_{ld}： タンク及びバラストホールド内の液体の慣性力による動圧（kN/m^2）で，**1.3** の規定による。

1.1.2 浸水状態の強度評価における圧力

4 章 7 節に規定する浸水状態の静的（*S*）設計荷重シナリオにおいて，貨物倉，タンク又はその他の区域の境界における任意の位置での内圧（kN/m^2）は，次による。ただし，$\rho g d_0$未満としてはならない。

$$P_{in} = P_{fs}$$

浸水状態の静的及び動的（*S*+*D*）設計荷重シナリオにおいて，貨物倉，タンク又はその他の区域の境界における任意の位置での内圧（kN/m^2）は，各動的荷重ケースにおいて，次による。ただし，$\rho g d_0$未満としてはならない。

$$P_{in} = P_{fs} + P_{fd}$$

P_{fs}： ある区画の浸水状態における海水による静圧（kN/m^2）で，**1.4** の規定による。

P_{fd}： ある区画の浸水状態における海水の慣性力による動圧（kN/m^2）で，**1.5** の規定による。

d_0： 距離（m）で，次による。

$L_{CSR} < 120m$ の場合： $d_0 = 0.02L_{CSR}$

$L_{CSR} \geq 120m$ の場合： $d_0 = 2.4$

ばら積貨物船の貨物倉における立て式波形横隔壁の波形構造にあっては，**3** に規定するばら積貨物船の浸水状態における圧力及び力に関する要件を適用しなければならない。

1.2 液体による静圧

1.2.1 通常の航海

通常の運航状態におけるタンク及びバラストホールド内の液体による静圧 P_{ls}（kN/m^2）は，次による。

液体貨物を満載する貨物タンクの場合： $P_{ls} = f_{cd}\rho_L g(z_{top} - z) + P_{PV}$

その他の場合： $P_{ls} = \rho_L g(z_{top} - z + 0.5h_{air})$

1.2.2 港内及び閉囲された水域での航海

港内及び閉囲された水域での航海におけるタンク及びバラストホールド内の液体による静圧 P_{ls} (kN/m^2) は，次による。

バラストタンクの場合： $P_{ls} = \rho_L g(z_{top} - z + h_{air}) + P_{drop}$

液体貨物を満載する貨物タンクの場合： $P_{ls} = \rho_L g(z_{top} - z) + P_{PV}$

バラストホールド($h_{air} = 0$)又はその他の場合： $P_{ls} = \rho_L g(z_{top} - z + 0.5h_{air})$

1.2.3 シーケンシャル法によるバラスト水の交換

シーケンシャル法によるバラスト水の交換中におけるバラストタンク内の液体による静圧 P_{ls}（kN/m^2）は，次による。

$$P_{ls} = \rho_L g(z_{top} - z + 0.5h_{air})$$

1.2.4 フロースルー法によるバラスト水の交換

フロースルー法によるバラスト水の交換中におけるバラストタンク内の液体による静圧 P_{ls}（kN/m^2）は，次による。

$$P_{ls} = \rho_L g(z_{top} - z + h_{air}) + P_{drop}$$

1.2.5 バラスト水処理装置を用いたバラスト漲水

バラスト水処理装置を用いたバラスト漲水を行う場合，タンク及びバラストホールド内の液体による静圧 P_{ls} は，シーケンシャル法によるバラスト水の交換と同様に **1.2.3** の規定による。船舶の設計者は，バラスト水処理装置を用いることによって，**1.2.3** の規定に加え P_{drop} として考えられる圧力が負荷される場合，その旨を本会に通知しなければならない。

1.2.6 疲労評価における液体による静圧

疲労評価に用いるタンク及びバラストホールド内の液体による静圧 P_{ls}（kN/m^2）は，次による。

全てのタンクの場合（貨物及びバラストタンク，バラストホールド並びにその他タンク）

$$P_{ls} = \rho_L g(z_{top} - z)$$

1.3 液体による動圧

1.3.1

タンク及びバラストホールド内の液体による動圧 P_{ld}（kN/m^2）は，次による。

$$P_{ld} = f_\beta f_{cd}\rho_L[a_Z(z_0 - z) + f_{ull-l}\,a_X(x_0 - x) + f_{ull-t}\,a_Y(y_0 - y)]$$

f_{ull-l}： タンク及びバラストホールド内の液体よりも上方のアレージ空間を考慮した縦方向加速度の修正係数で，次による。

- 強度評価用

  バラスト水を含む任意の液体を満載する貨物タンクの場合： $f_{ull-l} = 0.62$

  その他の場合： $f_{ull-l} = 1.0$

・ 疲労評価用

貨物タンク及びバラストホールドの場合： $f_{ull-l} = 0.5 + \frac{|z_0 - z|}{\ell_{fs}} \frac{180}{\varphi\pi}$

その他の場合： $f_{ull-l} = 1.0$

ただし，f_{ull-l} は 0.0 以上 1.0 以下としなければならない。

ℓ_{fs}： 貨物タンクの頂部における貨物タンクの長さ又はバラストホールドのハッチコーミング長さ（*m*）

f_{ull-t}： タンク及びバラストホールド内の液体よりも上方のアレージ空間を考慮した横方向加速度の修正係数で，次による。

・ 強度評価用

バラスト水を含む任意の液体を満載する貨物タンクの場合： $f_{ull-t} = 0.67$

その他の場合： $f_{ull-t} = 1.0$

・ 疲労評価用

貨物タンク及びバラストホールドの場合： $f_{ull-t} = 0.5 + \frac{|z_0 - z|}{b_{top}} \frac{180}{\theta\pi}$

その他の場合： $f_{ull-t} = 1.0$

ただし，f_{ull-t} は 0.0 以上 1.0 以下としなければならない。

b_{top}： 貨物タンクの頂部における貨物タンクの幅又はバラストホールドのハッチコーミング幅（*m*）で，それぞれ貨物タンクの長さ中央又はバラストホールドのハッチコーミングの長さ中央の位置で求めなければならない。

x_0： 基準点における *X* 座標（*m*）

y_0： 基準点における *Y* 座標（*m*）

z_0： 基準点における *Z* 座標（*m*）

ここで，基準点とは，タンク又はバラストホールドの上部の境界を成す全ての点のうち，次の算式による V_j の値が最大になる点としなければならない。

$$V_j = a_X(x_j - x_G) + a_Y(y_j - y_G) + (a_Z + g)(z_j - z_G)$$

x_j： タンク又はバラストホールドの上部の境界における点 *j* の *X* 座標（*m*）

y_j： タンク又はバラストホールドの上部の境界における点 *j* の *Y* 座標（*m*）

z_j： タンク又はバラストホールドの上部の境界における点 *j* の *Z* 座標（*m*）

1.4 浸水状態における静圧

1.4.1 浸水区画における静圧

浸水区画における水密の境界に作用する静圧 P_{fs}（kN/m^2）は，次による。ただし，0 未満としてはならない。

$$P_{fs} = \rho g (z_{FD} - z)$$

z_{FD}： 考慮する横断面での船側における乾舷甲板又は損傷状態における最終平衡喫水線の *Z* 座標のうち，大きい方の値（*m*）

1.5 浸水状態における動圧

1.5.1 浸水区画における動圧

浸水区画における水密の境界に作用する動圧 P_{fd}（kN/m^2）は，次による。

$$P_{fd} = f_\beta \rho [a_Z(z_{0FD} - z) + f_{ull-l}\, a_X (x_0 - x) + f_{ull-t}\, a_Y (y_0 - y)]$$

z_{0FD}： 浸水区画の有効な基準点の *Z* 座標（*m*）で，次による。

$z_{FD} > z_0$の場合： $z_{0FD} = z_0$

$z_{FD} \leq z_0$の場合： $z_{0FD} = z_{FD}$

f_{ull-l}, f_{ull-t}： 縦方向及び横方向の加速度修正係数

$z_{FD} \leq z_0$の場合： f_{ull-l} 及び f_{ull-t} は **1.3.1** の規定による。

$z_{FD} > z_0$の場合： $f_{ull-l} = 1.0$及び$f_{ull-t} = 1.0$

2. ばら積貨物による圧力及び力

2.1 適用

2.1.1

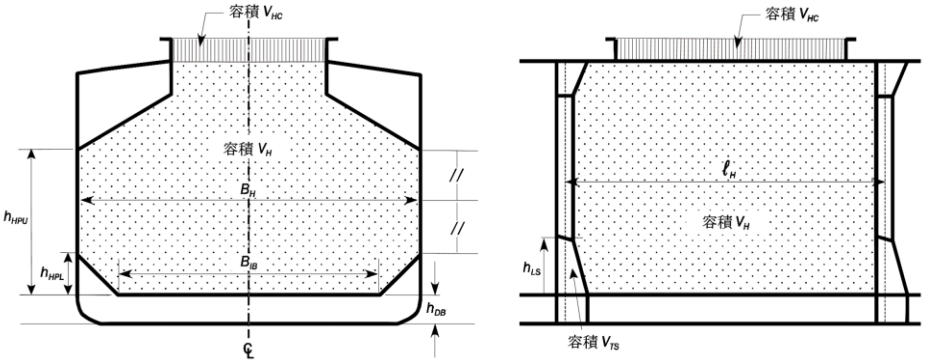
満載及び部分積付の貨物倉内におけるばら積貨物による圧力及び力は，**2.4** 及び **2.5** によらなければならない。

2.2 貨物倉の定義

2.2.1 形状特性

ばら積貨物船における貨物倉の主要な形状要素を**図 1** に示す。

図 1 ばら積貨物船における貨物倉のパラメータ



2.2.2 満載及び部分積付の貨物倉

満載及び部分積付の貨物倉の定義は，次による。

(a) 満載の貨物倉

ばら積貨物がハッチコーミングの上部まで密に積載されている状態（**図 2** 参照）

ばら積貨物の上面及び有効高さ h_C は，**2.3.1** の規定によらなければならない。

(b) 部分積付の貨物倉

ばら積貨物がハッチコーミングの上部まで密に積載されていない状態（**図 3** 又は**図 4** 参照）

ばら積貨物の上面及び有効高さ h_C は，**2.3.2** の規定によらなければならない。

2.3 乾貨物の特性

2.3.1 満載の貨物倉におけるばら積貨物の上面の定義

2.2.2 に規定する満載の貨物倉（非方形の貨物倉を含む。）におけるばら積貨物の有効上面は，センターライン上における内底板から h_C 上方の等価水平面とする。（**図 2** 参照）

h_C は，船体中央における貨物倉の中央での値とし，次によらなければならない。また，h_C の値は，貨物区域全域にわたり一定としなければならない。

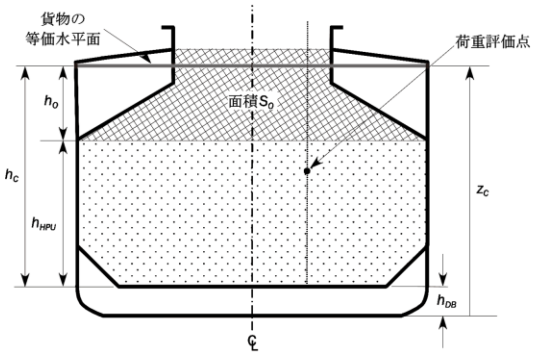
$$h_C = h_{HPU} + h_0$$

$$h_0 = \frac{S_A}{B_H}$$

$$S_A = S_0 + \frac{V_{HC}}{\ell_H}$$

S_0：船体中央の貨物倉におけるトップサイドタンクと船側外板又は縦通隔壁との下部交点から主甲板とハッチコーミングの交点高さまでの間の面積（m^2）で，**図 2** に網掛部として示す。

図 2　　満載の貨物倉における貨物の有効上面の定義



2.3.2　　部分積付の貨物倉におけるばら積貨物の上面の定義

2.2.2 に規定する部分積付を行うあらゆる貨物倉（非方形の貨物倉を含む。）におけるばら積貨物の有効上面は，次の 3 つの面で構成される。

- 内底板から $h_{C\text{-}CL}$（m）上方における幅 $B_H/2$（m）の中央水平面
- 中央水平面と船側外板又は内殻の間（**図 3** 参照），若しくは，中央水平面とホッパ斜板の間（**図 4** 参照）における，左右それぞれ角度 $\psi/2$（deg）の斜面

ばら積貨物の上面高さ h_C（m）は，考慮する貨物倉の中央において，次によらなければならない。また，h_Cの値は，貨物倉の長さ全体にわたって一定としなければならない。

$|y| \le \frac{B_H}{4}$の場合：　　$h_C = h_{C-CL}$

$\frac{B_H}{4} < |y| \le \frac{B_2}{2}$の場合：$h_C = h_{C-CL} - \left(|y| - \frac{B_H}{4}\right)\tan\frac{\psi}{2}$

$|y| > \frac{B_2}{2}$の場合：　　$h_C = 0$

h_1：高さ（m）で，次による。

$$h_1 = \frac{M}{\rho_C \cdot B_H \ell_H} - \left(\frac{B_H + B_{IB}}{2B_H}\right) h_{HPL} - \frac{3}{16} B_H \tan\frac{\psi}{2} + \frac{V_{TS}}{B_H \ell_H}$$

- $h_1 \ge 0$の場合（**図 3** 参照）

$$h_{C-CL} = h_{HPL} + h_1 + h_2$$

$$h_2 = \frac{B_H}{4}\tan\frac{\psi}{2}$$

$$B_2 = B_H$$

- $h_1 < 0$の場合（**図 4** 参照）

$$h_{C-CL} = h_{11} + h_{22}$$

$$h_{11} = h_{HPL}\left(\frac{B_2 - B_{IB}}{B_H - B_{IB}}\right)$$

$$h_{22} = \left(\frac{B_2}{2} - \frac{B_H}{4}\right)\tan\frac{\psi}{2}$$

$$B_2 = \sqrt{\frac{\frac{1}{\ell_H}\left(\frac{M}{\rho_C} + V_{TS}\right) + \frac{1}{2}\left(\frac{h_{HPL} \cdot B_{IB}^2}{B_H - B_{IB}}\right) + \frac{B_H^2}{16}\tan\frac{\psi}{2}}{\frac{1}{2}\left[\left(\frac{h_{HPL}}{B_H - B_{IB}}\right) + \frac{1}{2}\tan\frac{\psi}{2}\right]}}$$

$h_{C\text{-}CL}$：　センターライン上における貨物の上面高さ（m）（**図 3** 及び**図 4** 参照）

B_2：貨物の最大幅（m）（**図 3** 及び**図 4** 参照）

図 3　　部分積付の貨物倉における貨物の有効上面の定義（$h_1 \geq 0$ の場合）

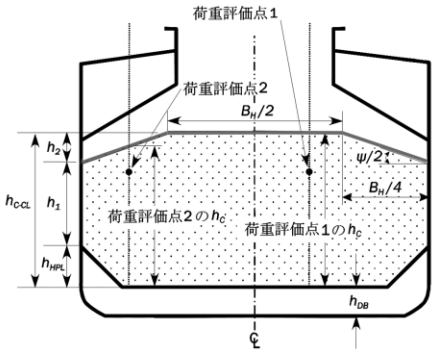
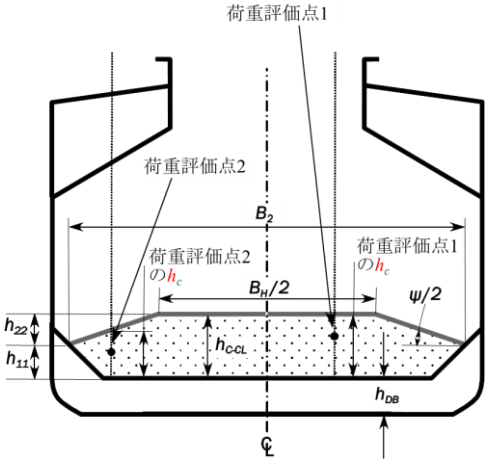


図 4　　部分積付の貨物倉における貨物の有効上面の定義（$h_1 < 0$ の場合）



2.3.3　　質量及び密度

乾貨物の質量及び密度は，次によらなければならない。

- 非損傷状態の強度評価用：**表 1** による値
- 疲労評価用：**表 2** による値
- 浸水状態の強度評価用：**表 3** による値

表 1　　非損傷状態の強度評価のためのばら積貨物の質量及び密度

船の種類	貨物質量 貨物密度	均等積状態		隔倉積状態	
		満載の貨物倉	部分積付の貨物倉	満載の貨物倉	部分積付の貨物倉
BC 符号なし	M	$M = M_{Full}$	*N/A*	*N/A*	
	ρ_C	ローディングマニュアルに記載される最大値			
BC-C 船	M	$M = M_{Full}$	*N/A*	*N/A*	
	ρ_C	$\rho_C = \left(\frac{M_{Full}}{V_{Full}}\right)$ ただし，1.0 未満としてはならない。			
BC-B 船	M	$M = M_{Full}$	$M = M_H$	*N/A*	
	ρ_C	$\rho_C = \left(\frac{M_{Full}}{V_{Full}}\right)$ ただし，1.0 未満としてはならない。	$\rho_C = 3.0$(1)		
BC-A 船	M	$M = M_{Full}$	$M = M_H$	$M = M_{HD} + 0.1M_H$	$M = M_{HD} + 0.1M_H$
	ρ_C	$\rho_C = \left(\frac{M_{Full}}{V_{Full}}\right)$ ただし，1.0 未満としてはならない。	$\rho_C = 3.0$(1)	$\rho_C = \frac{M_{HD} + 0.1M_H}{V_{Full}}$	$\rho_C = 3.0$(1)

(1)　最大許容貨物密度がローディングマニュアルに記載されている場合を除き，3.0 としなければならない。

表 2　　疲労評価用のばら積貨物の質量及び密度

船の種類	貨物質量 貨物密度	均等積状態 （満載の貨物倉）	隔倉積状態 （部分積付の貨物倉）
BC 符号なし	M	$M = M_H$	*N/A*
	ρ_C	ローディングマニュアルに記載される最大値	
BC-C 船	M	$M = M_H$	
	ρ_C	$\rho_C = \left(\frac{M_H}{V_{Full}}\right)$	
BC-B 船	M	$M = M_H$	
	ρ_C	$\rho_C = \left(\frac{M_H}{V_{Full}}\right)$	
BC-A 船	M	$M = M_H$	$M = M_{HD}$
	ρ_C	$\rho_C = \left(\frac{M_H}{V_{Full}}\right)$	$\rho_C = 3.0$(1)

(1)　最大許容貨物密度がローディングマニュアルに記載されている場合を除き，3.0 としなければならない。

表 3　　浸水状態の強度評価のためのばら積貨物の質量及び密度

船の種類	貨物質量 貨物密度	均等積状態		隔倉積状態		
		満載の貨物倉	部分積付の貨物倉	満載の貨物倉	部分積付の貨物倉	$\rho_C \leq 1.78 t/m^3$ の貨物を積載する貨物倉(2)
BC 符号なし	M	$M = M_H$	*N/A*	*N/A*		
	ρ_C	ローディングマニュアルに記載される最大値				
BC-C 船	M	$M = M_H$	*N/A*	*N/A*		
	ρ_C	$\rho_C = \left(\frac{M_H}{V_{Full}}\right)$				
BC-B 船	M	$M = M_H$	$M = M_H$	*N/A*		
	ρ_C	$\rho_C = \left(\frac{M_H}{V_{Full}}\right)$	$\rho_C = 3.0$(1)			
BC-A 船	M	$M = M_H$	$M = M_H$	$M = M_{HD}$	$M = M_{HD}$	$M = M_{HD}$
	ρ_C	$\rho_C = \left(\frac{M_H}{V_{Full}}\right)$	$\rho_C = 3.0$(1)	$\rho_C = \left(\frac{M_{HD}}{V_{Full}}\right)$	$\rho_C = 3.0$(1)	$\rho_C = 1.78$

(1)　最大許容貨物密度がローディングマニュアルに記載されている場合を除き，3.0 としなければならない。
(2)　貨物密度が 1.78 t/m^3 以下の貨物を積載するばら積貨物船に適用しなければならない。

2.3.4　有限要素解析の適用

有限要素解析に用いるばら積貨物による荷重は，次により算定しなければならない。

(a) 満載の貨物倉にあっては **2.3.1** の規定，また，部分積付の貨物倉にあっては **2.3.2** の規定により，h_C を決定する。

(b) ρ_C を用いて **2.4.2** に規定する静圧及び **2.5.2** に規定する静的せん断荷重を決定し，有限要素解析へ適用する。

(c) 貨物の実質量 M_{actual}（t）を算定する。

(d) 有効貨物密度（t/m^3）を次の算式により決定する。

$$\rho_{eff} = \frac{M}{M_{actual}}\rho_C$$

(e) ρ_C に代わり ρ_{eff} を用いて最終的な圧力分布及びせん断荷重を算定する。

2.4　ばら積貨物による圧力

2.4.1　全圧

貨物倉の境界における任意の荷重点でのばら積貨物による全圧（kN/m^2）は，次による。ただし，0 未満としてはならない。

4 章 7 節 に規定する非損傷状態における静的（*S*）設計荷重シナリオにおける非損傷状態での強度評価用

$$P_{in} = P_{bs}$$

4 章 7 節 に規定する静的及び動的（*S*+*D*）設計荷重シナリオにおける非損傷状態での強度評価及び疲労評価用

$$P_{in} = P_{bs} + P_{bd}$$

P_{bs}：　ばら積貨物による静圧（kN/m^2）で，**2.4.2** の規定による。

P_{bd}：　貨物倉内のばら積貨物の慣性力による動圧（kN/m^2）で，**2.4.3** の規定による。

有限要素解析のための静圧及び動圧は，**2.4.2** 及び **2.4.3** の規定によらなければならない。なお，算定においては ρ_C に代わり ρ_{eff} を用いなければならない。

2.4.2　静圧

ばら積貨物による静圧 P_{bs}（kN/m^2）は，次による。ただし，0 未満としてはならない。

$$P_{bs} = \rho_C\, g\, K_C\, (z_C - z)$$

2.4.3　動圧

各荷重ケースにおけるばら積貨物による動圧 P_{bd}（kN/m^2）は，次による。

$z \le z_C$ の場合：　$P_{bd} = f_\beta\, \rho_C[0.25a_X(x_G - x) + 0.25a_Y(y_G - y) + f_{dc}\, K_C\, a_Z(z_C - z)]$

$z > z_C$ の場合：　$P_{bd} = 0$

2.5　せん断荷重

2.5.1　適用

有限要素解析による強度評価及び疲労評価では，荷重点の高さ z が z_C 以下の場合，**2.4** に規定するばら積貨物による圧力に加え，以下のせん断荷重を考慮しなければならない。

- **4 章 7 節** に規定する静的（*S*）設計荷重シナリオ用：**2.5.2** に規定するホッパタンク及び下部スツール板に作用する重量による静的せん断荷重 $P_{bs\text{-}s}$
- **4 章 7 節** に規定する静的及び動的（*S*+*D*）設計荷重シナリオ用：以下の動的せん断荷重
  - **2.5.3** に規定するホッパタンク及び下部スツール板に作用する $P_{bs\text{-}s} + P_{bs\text{-}d}$
  - **2.5.4** に規定する内底板の縦方向に作用する $P_{bs\text{-}dx}$
  - **2.5.4** に規定する内底板の横方向に作用する $P_{bs\text{-}dy}$

有限要素解析のためのせん断荷重は，**2.5.2** から **2.5.4** の規定によらなければならない。なお，算定においては ρ_C に代わり ρ_{eff} を用いなければならない。

2.5.2　ホッパタンク及び下部スツールの板材における静的せん断荷重

ばら積貨物の重量によりホッパタンク及び下部スツール板に作用する静的せん断荷重 $P_{bs\text{-}s}$（kN/m^2）は，次による。ここで，静的せん断荷重は板に対して下方向に作用する荷重を正とする。

$$P_{bs-s} = \rho_C\, g\, \frac{(1 - K_C)(z_C - z)}{\tan\alpha}$$

2.5.3　ホッパタンク及び下部スツールの板材における動的せん断荷重

各動的荷重ケースにおけるばら積貨物によりホッパタンク及び下部スツール板に作用する動的せん断荷重 $P_{bs\text{-}d}$（kN/m^2）は，次による。ここで，動的せん断荷重は板に対して下方向に作用する荷重を正とする。

$$P_{bs-d} = f_\beta \rho_C a_Z \frac{(1-K_C)(z_C - z)}{\tan\alpha}$$

2.5.4　有限要素解析のための内底板に沿った動的せん断荷重

各動的荷重ケースにおけるばら積貨物により内底板に沿って作用する縦方向の動的せん断荷重 $P_{bs\text{-}dx}$（kN/m^2）は，次による。ここで，縦方向の動的せん断荷重は船首方向を正とする。

$$P_{bs-dx} = -0.75 f_\beta \rho_C a_X h_C$$

各動的荷重ケースにおけるばら積貨物により内底板に沿って作用する横方向の動的せん断荷重 $P_{bs\text{-}dy}$（kN/m^2）は，次による。ここで，横方向の動的せん断荷重は左舷方向を正とする。

$$P_{bs-dy} = -0.75 f_\beta \rho_C a_Y h_C$$

なお，動的せん断荷重 $P_{bs\text{-}dx}$ 及び $P_{bs\text{-}dy}$ は，有限要素法強度評価に限り用いる。

3.　浸水状態におけるばら積貨物による圧力及び力

3.1　立て式波形水密横隔壁

3.1.1　適用

本 **3.1** に規定する圧力は，浸水状態におけるばら積貨物船の貨物倉の立て式波形水密横隔壁の評価に用いる。

各貨物倉が，個別に浸水した状態を考慮しなければならない。（**図 5**，**図 6** 及び**図 7** 参照）

3.1.2　一般

各隔壁に作用する荷重は，貨物による荷重と隣接倉が浸水した場合の浸水による荷重の組合せとしなければならない。また，いかなる場合も，貨物を除いた浸水による圧力のみの場合についても考慮しなければならない。

波形隔壁の寸法確認にあたっては，ローディングマニュアルに含まれる次の積付状態において，積載倉及び空倉がそれぞれ個別に浸水した場合を考慮し，貨物による荷重と隣接倉が浸水した場合の浸水による荷重の最も厳しい組合せを用いなければならない。

- 均等積状態
- 不均等積状態

本 **3** は，次の規定による。

- 設計制限荷重
  貨物倉に対して特に設計制限荷重を設定する場合には，ローディングマニュアル中に記載される設計者が設定した積付状態に，設計制限荷重を明記しなければならない。
- 最大貨物質量
  不均等積状態で鉄鉱石又は貨物密度が $1.78t/m^3$ 以上の貨物を積載する船舶以外の船舶にあっては，最大貨物質量は，貨物をハッチコーミング頂部まで積載するものとして求めなければならない。
- 均等積状態
  均等積状態とは，貨物密度の違いを考慮した上で，貨物倉の積付高さが最も大きい貨物倉における値と最も小さい貨物倉における値の比が 1.2 を超えないように積付けた状態とする。
- 梱包された貨物
  梱包された貨物（スチールコイル等）を積載する貨物倉については，空倉とみなさなければならない。
- 考慮する必要のない積付状態
  最終的に均等積状態とする多港積付け又は均等積状態からの多港荷揚げの過程で生じる不均等の部分積付状態については，本要件において考慮する必要はない。

3.1.3　浸水水位

浸水水位 z_F（m）は，船体のトリム及び横傾斜がない状態における基線からの垂直距離で，**表 4** による。

表 4　　立て式波形横隔壁の浸水水位 z_F（m）

ばら積貨物船の種類	積付状態	立て式波形横隔壁の位置	
		最前端貨物倉の後部横隔壁	その他
載貨重量 50,000t 未満の B 型乾舷を有する船舶	不均等積状態で貨物密度が 1.78 t/m^3 より小さい貨物を積載する場合	$z_F = 0.9\ D_1$	$z_F = 0.8\ D_1$
	その他の場合	$z_F = 0.95\ D_1$	$z_F = 0.85\ D_1$
その他の船舶	不均等積状態で貨物密度が 1.78 t/m^3 より小さい貨物を積載する場合	$z_F = 0.95\ D_1$	$z_F = 0.85\ D_1$
	その他の場合	$z_F = D_1$	$z_F = 0.9\ D_1$

3.1.4　浸水パターン

次の異なる浸水パターンについて考慮しなければならない。

- 浸水水位が貨物の上面よりも低い状態（図 5 参照：$z_C > z_F$）
- 浸水水位が貨物の上面よりも高い状態（図 6 参照：$z_C \leq z_F$）
- 空倉が浸水した状態（図 7 参照：$z_C = h_{DB}$）

図 5　　浸水水位が貨物の上面よりも低い状態

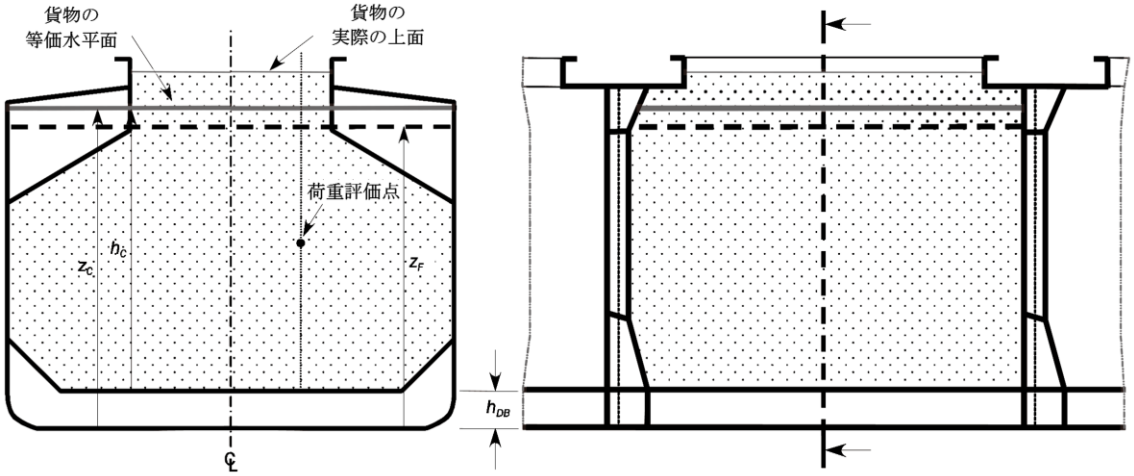


図 6　　浸水水位が貨物の上面よりも高い状態

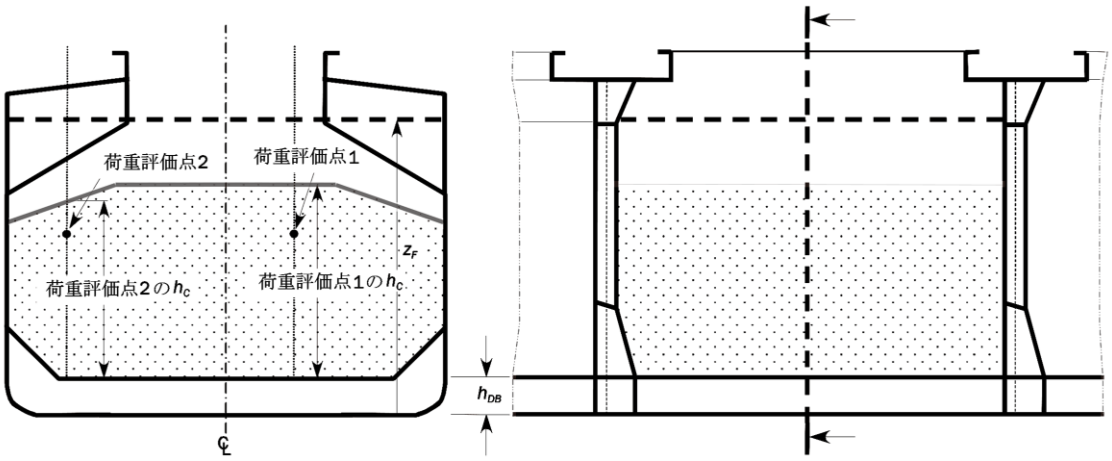
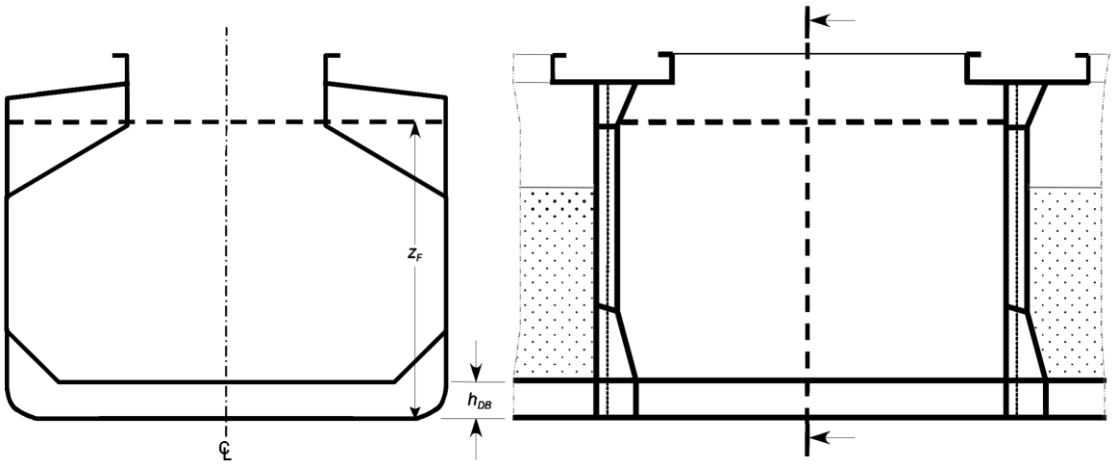


図 7　　空倉が浸水した状態



3.1.5　浸水状態における貨物倉の立て式波形横隔壁に作用する圧力及び力

基線から高さ z の任意の位置において立て式波形横隔壁に作用する静圧 $P_{bf\text{-}s}$（kN/m^2）を **3.1.4** に規定する浸水パターン毎に**表 5** に示す。

横隔壁の波形構造に作用する力 $F_{bf\text{-}s}$（kN）は，**3.1.4** に規定する浸水パターン毎に**表 6** に示す。

$P_{bf\text{-}s\text{-}LE}$： $z = h_{LS} + h_{DB}$ の場合につき**表 5** により算定する静圧

表 5　　浸水状態における貨物倉の立て式波形横隔壁に作用する静圧 $P_{bf\text{-}s}$

浸水ケース	荷重点の位置	静圧 $P_{bf\text{-}s}$（kN/m^2）
$z_C > z_F$	$z > z_C$	$P_{bf-s} = 0$
	$z_C \geq z \geq z_F$	$P_{bf-s} = \rho_C g(z_C - z)K_{C-f}$
	$z_F > z \geq h_{DB}$	$P_{bf-s} = \rho g(z_F - z) + [\rho_C(z_C - z) - \rho(1 - perm)(z_F - z)]gK_{C-f}$
$h_{DB} \leq z_C \leq z_F$	$z > z_F$	$P_{bf-s} = 0$
	$z_F \geq z \geq z_C$	$P_{bf-s} = \rho g(z_F - z)$
	$z_C > z \geq h_{DB}$	$P_{bf-s} = \rho g(z_F - z) + [\rho_C - \rho(1 - perm)]g(z_C - z)K_{C-f}$

表 6　　浸水状態における貨物倉の立て式波形横隔壁に作用する力 $F_{bf\text{-}s}$

浸水ケース	力 $F_{bf\text{-}s}$（kN）
$z_C > z_F$	$F_{bf-s} = s_C\left\{\rho_C g\frac{(z_C - z_F)^2}{2}K_{C-f} + \left[\frac{\rho_C g(z_C - z_F)K_{C-f} + P_{bf-s-LE}}{2}\right](z_F - h_{DB} - h_{LS})\right\}$
$z_F \geq z_C$	$F_{bf-s} = s_C\left\{\rho g\frac{(z_F - z_C)^2}{2} + \left[\frac{\rho g(z_F - z_C) + P_{bf-s-LE}}{2}\right](z_C - h_{DB} - h_{LS})\right\}$

3.1.6　非浸水状態における貨物倉の立て式波形横隔壁に作用する圧力及び力

立て式波形横隔壁を挟む前後の貨物倉のうち片側のみが浸水している状態において，非浸水状態の貨物倉に積載するばら積貨物により立て式波形横隔壁に作用する基線から高さ z の点での静圧 P_{bs}（kN/m^2）は，次による。ただし，0 未満としてはならない。

$$P_{bs} = \rho_C\, g\, K_{C-f}\,(z_C - z)$$

波形構造に作用する合力 F_{bs}（kN）は，次による。

$$F_{bs} = \rho_C \, g \, s_C \frac{(z_C - h_{DB} - h_{LS})^2}{2} K_{C-f}$$

3.1.7　浸水状態における貨物倉の立て式波形横隔壁に作用する全圧及び合力

浸水状態における立て式波形横隔壁の評価を行うにあたって，**表 7** に規定する隔壁の各点に作用する全圧 P_R（kN/m^2）及び波形構造に作用する合力 F_R（kN）を用いなければならない。

$P_{bf\text{-}s}$：　浸水状態の貨物倉での圧力（kN/m^2）で，**3.1.5** の規定による。

P_{bs}：　非浸水状態の貨物倉での圧力（kN/m^2）で，**3.1.6** の規定による。

$F_{bf\text{-}s}$：　浸水状態の貨物倉において波形構造に作用する力（kN）で，**3.1.5** の規定による。

F_{bs}：　非浸水状態の貨物倉において波形構造に作用する力（kN）で，**3.1.6** の規定による

表 7　浸水状態において立て式波形横隔壁に作用する全圧 P_R 及び合力 F_R

積付状態	全圧 P_R（kN/m^2）	合力 F_R（kN）	適用船舶
均等積	$P_R = P_{bf-s} - 0.8P_{bs}$	$F_R = F_{bf-s} - 0.8F_{bs}$	全てのばら積貨物船
隔倉積	$P_R = P_{bf-s}$	$F_R = F_{bf-s}$	*BC-A* 船

3.2　浸水状態におけるばら積貨物船の貨物倉区域内の二重底

3.2.1　適用

各貨物倉が，個別に浸水した状態を考慮しなければならない。

3.2.2　一般

二重底に作用する荷重は，外部海水圧及び貨物による荷重と当該二重底上の貨物倉の浸水による荷重の組合せを考慮しなければならない。

ローディングマニュアルに記載されている次の積付状態について，貨物による荷重と浸水による荷重の最も厳しい組合せを考慮しなければならない。

- 均等積状態
- 不均等積状態
- 梱包された貨物を積載する状態（スチールコイル等）

許容貨物積載重量の算出にあたっては，各積付状態における最大のばら積貨物密度を考慮しなければならない。

3.2.3　浸水水位

浸水水位 z_F（m）は，船体のトリム及び横傾斜がない状態における基線からの垂直距離で，**表 8** による。

表 8　ばら積貨物船の貨物倉区域内の二重底の浸水水位 z_F

ばら積貨物船の種類	貨物倉の位置	
	最前端	その他
載貨重量 50,000*t* 未満の *B* 型乾舷を有するばら積貨物船	$z_F = 0.95D_1$	$z_F = 0.85D_1$
その他のばら積貨物船	$z_F = D_1$	$z_F = 0.9D_1$

4.　ばら積貨物船の貨物倉内におけるスチールコイルによる荷重

4.1　一般

4.1.1　適用

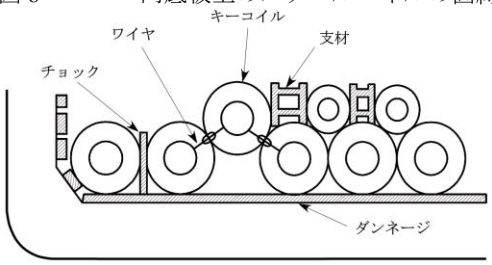
本 **4** の規定は，木製のダンネージ上に積付けるスチールコイルの標準的な固縛手段として**図 8** のような積載状態を想定している。

全てのスチールコイルは等しい特性を有している事を前提とする。

スチールコイルを二段以上積付ける場合，**4.1.3** 及び **4.2** の算式を適用して差し支えない。この場合，最下段のスチールコイルのみがホッパ斜板又は縦通隔壁に接していると想定する。

その他の場合にあっては，その都度検討しなければならない。

図 8　　内底板上のスチールコイルの固縛



4.1.2　　スチールコイルの内底板上の積付け

内底板上におけるスチールコイルの積付けは，次の 2 種類を考慮する。

- フロアの位置を考慮しないスチールコイルの内底板上の積付け（**図 9** 参照）
- フロアの位置を考慮するスチールコイルの内底板上の積付け（**図 10** 参照）

図 9　　フロアの位置を考慮しないスチールコイルの内底板上の積付け

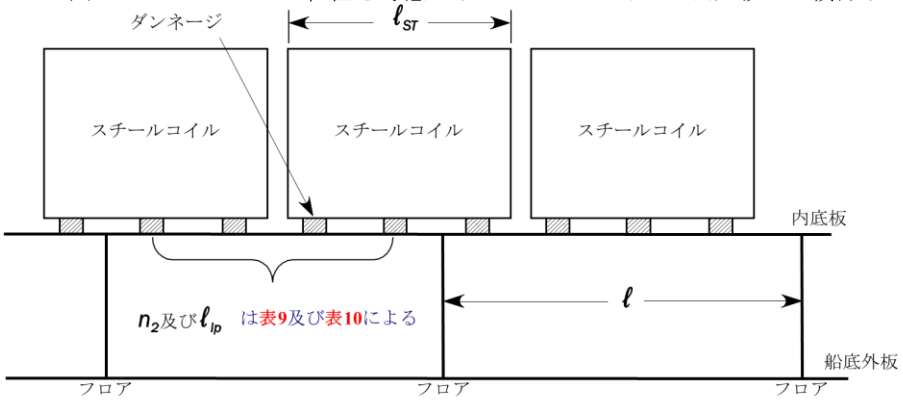
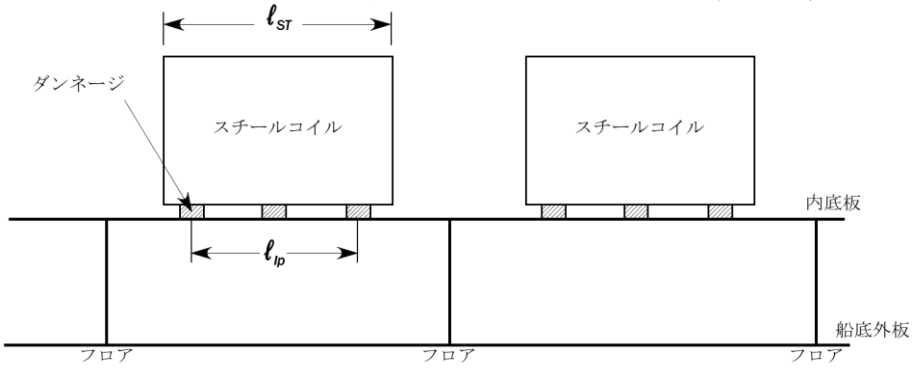


図 10　　フロア間におけるスチールコイルの内底板上の配置



4.1.3　　フロアの位置を考慮しないスチールコイルの内底板上の積付け

フロアの位置を考慮しないスチールコイルの内底板上の積付けを**図 9** に示す。

ダンネージによるパネル 1 枚あたりの荷重点の数 n_2 は，**表 9** による。

パネル 1 枚毎の両端ダンネージの荷重点間の距離ℓ_{lp}は，**表 10** による。

表 9　　ダンネージによるパネル 1 枚あたりの荷重点の数 n_2

n_2 (1) (2)	n_3 (3)				
	2	3	4	5	6
1	$0 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 0.5$	$0 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 0.33$	$0 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 0.25$	$0 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 0.2$	$0 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 0.17$
2	$0.5 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 1.2$	$0.33 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 0.67$	$0.25 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 0.5$	$0.2 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 0.4$	$0.17 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 0.33$
3	$1.2 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 1.7$	$0.67 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 1.2$	$0.5 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 0.75$	$0.4 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 0.6$	$0.33 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 0.5$
4	$1.7 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 2.4$	$1.2 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 1.53$	$0.75 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 1.2$	$0.6 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 0.8$	$0.5 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 0.67$
5	$2.4 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 2.9$	$1.53 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 1.87$	$1.2 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 1.45$	$0.8 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 1.2$	$0.67 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 0.83$
6	$2.9 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 3.6$	$1.87 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 2.4$	$1.45 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 1.7$	$1.2 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 1.4$	$0.83 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 1.2$
7	$3.6 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 4.1$	$2.4 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 2.73$	$1.7 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 1.95$	$1.4 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 1.6$	$1.2 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 1.37$
8	$4.1 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 4.8$	$2.73 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 3.07$	$1.95 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 2.4$	$1.6 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 1.8$	$1.37 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 1.53$
9	$4.8 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 5.3$	$3.07 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 3.6$	$2.4 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 2.65$	$1.8 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 2.0$	$1.53 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 1.7$
10	$5.3 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 6.0$	$3.6 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 3.93$	$2.65 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 2.9$	$2.0 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 2.4$	$1.7 < \frac{\ell}{\ell_{st}} \leq 1.87$

(1)　l/l_{st} が表 9 の範囲外の場合，n_2 は 10 より大きい値であると考えられる。

(2)　板部材の場合，n_2 は l に基づかなければならない。防撓材の場合，n_2 は l を l_{bdg} に置き換えて導出しなければならない。

(3)　設計段階で考慮されるダンネージの数 n_3 は，想定される積付条件に基づくものでなければならない。スチールコイルあたりのダンネージの数が 5 以上の特殊な配置は，設計者と船主によって慎重に検討されなければならない。

表 10　　パネル 1 枚毎の両端ダンネージの荷重点間の距離 ℓ_{lp}（m）

n_2 (1)	n_3				
	2	3	4	5	6
1	ダンネージの実幅				
2	$0.5\ell_{st}$	$0.33\ell_{st}$	$0.25\ell_{st}$	$0.2\ell_{st}$	$0.17\ell_{st}$
3	$1.2\ell_{st}$	$0.67\ell_{st}$	$0.50\ell_{st}$	$0.4\ell_{st}$	$0.33\ell_{st}$
4	$1.7\ell_{st}$	$1.20\ell_{st}$	$0.75\ell_{st}$	$0.6\ell_{st}$	$0.50\ell_{st}$
5	$2.4\ell_{st}$	$1.53\ell_{st}$	$1.20\ell_{st}$	$0.8\ell_{st}$	$0.67\ell_{st}$
6	$2.9\ell_{st}$	$1.87\ell_{st}$	$1.45\ell_{st}$	$1.2\ell_{st}$	$0.83\ell_{st}$
7	$3.6\ell_{st}$	$2.40\ell_{st}$	$1.70\ell_{st}$	$1.4\ell_{st}$	$1.2\ell_{st}$
8	$4.1\ell_{st}$	$2.73\ell_{st}$	$1.95\ell_{st}$	$1.6\ell_{st}$	$1.37\ell_{st}$
9	$4.8\ell_{st}$	$3.07\ell_{st}$	$2.40\ell_{st}$	$1.8\ell_{st}$	$1.53\ell_{st}$
10	$5.3\ell_{st}$	$3.60\ell_{st}$	$2.65\ell_{st}$	$2.0\ell_{st}$	$1.7\ell_{st}$

(3)　$n_2 > 10$ の場合，l_{lp} は l としなければならない。

4.1.4　フロア間へのスチールコイルの積付け

フロアの位置を考慮するスチールコイルの内底板上の配置を**図 10** に示す。

- ダンネージによるパネル 1 枚あたりの荷重点の数 n_2 は，$n_2 = n_3$としなければならない。
- パネル 1 枚毎の両端のダンネージの荷重点間の距離ℓ_{lp}は，1 列のスチールコイルを支持する両端のダンネージ間の距離としなければならない。

4.1.5　スチールコイル貨物の重心

考慮する貨物倉におけるスチールコイル貨物の重心位置は，次による。

(a) 縦方向位置

x_{Gsc} は，**4 章 1 節 1.2.1** に定義する座標系において，考慮する貨物倉の容積重心位置の X 座標（m）とする。

(b) 横方向位置

$$y_{Gsc} = \varepsilon \frac{B_H}{4}$$

(c) 垂直方向位置

$$z_{Gsc} = h_{DB} + \left[1 + (n_1 - 1)\frac{\sqrt{3}}{2}\right]\frac{d_{sc}}{2}$$

ε：係数で，次による。

左舷側の構造部材の評価用：　$\varepsilon = 1.0$

右舷側の構造部材の評価用：　$\varepsilon = -1.0$

4.2　合計荷重

4.2.1　内底板に作用する合計荷重

内底板に作用するスチールコイル貨物による合計荷重 $F_{sc\text{-}ib}$（kN）は，次による。ただし，0 未満としてはならない。

$$F_{sc-ib} = \cos(C_{XG}\varphi)\cos(C_{YG}\theta)F_{sc-ib-s} + F_{sc-ib-d}$$

$F_{sc\text{-}ib\text{-}s}$：　内底板に作用するスチールコイルによる静的荷重（kN）で，**4.3.1** の規定による。

$F_{sc\text{-}ib\text{-}d}$：　内底板に作用するスチールコイルによる動的荷重（kN）で，**4.4.2** の規定による。

C_{XG}，C_{YG}：荷重組合せ係数で，**4 章 2 節 2.2** の規定による。

4.2.2　ホッパ斜板に作用するスチールコイル貨物による合計荷重

ホッパ斜板に作用するスチールコイル貨物による合計荷重 $F_{sc\text{-}hs}$（kN）は，次による。ただし，0 未満とてはならない。

$$F_{sc-hs} = \frac{\cos(\theta_h + \varepsilon\, C_{YG}\theta)\cos(C_{XG}\varphi)}{\cos\theta_h}F_{sc-hs-s} + F_{sc-hs-d}$$

$F_{sc\text{-}hs\text{-}s}$：　ホッパ斜板に作用するスチールコイルによる静的荷重（kN）で，**4.3.2** の規定による。

$F_{sc\text{-}hs\text{-}d}$：　ホッパ斜板に作用するスチールコイルによる動的荷重（kN）で，**4.4.3** の規定による。

C_{XG}，C_{YG}：荷重組合せ係数で，**4 章 2 節 2.2** の規定による。

4.3　静的荷重

4.3.1　内底板に作用する静的荷重

内底板に作用するスチールコイルによる静的荷重 $F_{sc\text{-}ib\text{-}s}$（$kN$）は，次による。

$$F_{sc-ib-s} = M_{sc-ib}\, g$$

$M_{sc\text{-}ib}$：　スチールコイルの等価質量（t）で，次による。

$n_2 \leq 10$の場合：　$M_{sc-ib} = K_S\, W \frac{n_1\, n_2}{n_3}$

$n_2 > 10$であって，板部材の場合：　$M_{sc-ib} = K_S W\, n_1 \frac{\ell}{\ell_{st}}$

$n_2 > 10$であって，防撓材の場合：　$M_{sc-hs} = C_k\, W \frac{\ell_{bdg}}{\ell_{st}}$

K_S：　係数で，次による。

スチールコイル一段積みにし，キーコイルを用いて固縛する場合：　$K_S = 1.4$

その他の場合：　$K_S = 1.0$

4.3.2　ホッパ斜板に作用する静的荷重

ホッパ斜板に作用するスチールコイルによる静的荷重 $F_{sc\text{-}hs\text{-}s}$（$kN$）は，次の算式による。

$$F_{sc-hs-s} = \cos\theta_h\, M_{sc-hs}\, g$$

$M_{sc\text{-}hs}$： スチールコイルの等価質量（*t*）で，次による。

$n_2 \leq 10$の場合： $M_{sc-hs} = C_k W \frac{n_2}{n_3}$

$n_2 > 10$であって，板部材の場合： $M_{sc-hs} = C_k W \frac{\ell}{\ell_{st}}$

$n_2 > 10$であって，防撓材の場合： $M_{sc-hs} = C_k W \frac{\ell_{bdg}}{\ell_{st}}$

C_k： 係数で，次による。

スチールコイルを二段以上積むか，若しくは，一段積でキーコイルをビルジホッパ斜板又は内殻板部材から 2 つ目又は 3 つ目の位置に配置する場合： $C_k = 3.2$

その他の場合： $C_k = 2.0$

4.4 動的荷重

4.4.1 ロールによる接線方向の加速度

ロールによる接線方向の加速度 a_R（*m/s*^{2}）は，次による。

$$a_R = \theta \frac{\pi}{180}\left(\frac{2\pi}{T_\theta}\right)^2 \sqrt{y_{Gsc}^2 + (R - z_{Gsc})^2}$$

y_{Gsc}： 考慮する貨物倉におけるスチールコイル貨物の重心位置の *Y* 座標（*m*）で，**4.1.5** の規定による。

z_{Gsc}： 考慮する貨物倉におけるスチールコイル貨物の重心位置の *Z* 座標（*m*）で，**4.1.5** の規定による。

4.4.2 内底板に作用する動的荷重

内底板に作用するスチールコイルによる動的荷重 $F_{sc\text{-}ib\text{-}d}$（*kN*）は，次による。

$$F_{sc-ib-d} = M_{sc-ib} a_Z$$

a_Z：考慮する貨物倉におけるスチールコイル貨物の重心位置（**4.1.5** 参照）での垂直方向加速度で，**4 章 3 節 3.2.4** の規定による。

4.4.3 ホッパ斜板に作用する動的荷重

ホッパ斜板に作用するスチールコイルによる動的荷重 $F_{sc\text{-}hs\text{-}d}$（*kN*）は，次による。

$$F_{sc-hs-d} = \varepsilon M_{sc-hs}\left[C_{YR} a_R \sin\left(\tan^{-1}\left|\frac{y_{Gsc}}{R - z_{Gsc}}\right| - \theta_h\right) - C_{YS} a_{sway} \sin\theta_h\right]$$

C_{YS}，C_{YR}：荷重組合せ係数で，**4 章 2 節 2.2** の規定による。

a_{sway}：左右揺れ加速度（*m/s*^{2}）で，**4 章 3 節 2.2.2** の規定による。

a_R： ロールによる接線方向の加速度（*m/s*^{2}）で，**4.4.1** の規定による。

y_{Gsc}： 考慮する貨物倉のスチールコイル貨物の重心位置の *Y* 座標（*m*）で，**4.1.5** の規定による。

z_{Gsc}： 考慮する貨物倉のスチールコイル貨物の重心位置の *Z* 座標（*m*）で，**4.1.5** の規定による。

5. 暴露していない甲板及びプラットホームに作用する荷重

5.1 適用

5.1.1 一般

5.2 及び **5.3** に規定する荷重は，暴露していない甲板，居住区の甲板並びにプラットホームにのみ適用する。

5.2 分布貨物による圧力

5.2.1

甲板に分布貨物を積載する場合，分布貨物による静圧及び動圧を考慮しなければならない。

静的分布荷重は設計者によって定められる。ただし，居住区の甲板にあっては，3*kN/m*^{2} 未満としてはならない。また，その他の甲板及びプラットホームにあっては，10*kN/m*^{2} 未満としてはならない。

4 章 7 節に規定する静的（*S*）設計荷重シナリオにおける分布貨物による圧力 P_{dl}（*kN/m*^{2}）は，次による。

$$P_{dl} = P_{dl-s}$$

静的及び動的（*S*+*D*）設計荷重シナリオにおける分布貨物による圧力 P_{dl}（*kN/m*^{2}）は，動的荷重ケースに対して次による。ただし，0 未満としてはならない。

$$P_{dl} = P_{dl-s} + P_{dl-d}$$

$P_{dl\text{-}s}$： 分布貨物による静圧（*kN/m*^{2}）

$P_{dl\text{-}d}$： 分布貨物による動圧（kN/m^2）で，次による。

$$P_{dl-d} = f_\beta \frac{a_{z-env}}{g} P_{dl-s}$$

$a_{Z\text{-}env}$： 動的荷重ケースにおける考慮する貨物位置での垂直方向の包絡加速度で，**4 章 3 節 3.3.3** の規定による。

5.3 単位貨物による集中荷重

5.3.1

内部甲板に単位貨物を積載する場合，**6 章 5 節 1.2** 又は **6 章 6 節 3.3** に規定される直接解析を防撓材又は主要支持部材に適用する際には，単位貨物による静的及び動的な力を考慮しなければならない。

4 章 7 節の規定による静的（*S*）設計荷重シナリオにおける集中荷重による力 F_U（*kN*）は，次による。

$$F_U = F_{U-s}$$

静的及び動的（*S*+*D*）設計荷重シナリオにおける集中荷重による力 F_U（*kN*）は，動的荷重ケースに対して次による。ただし，0 未満としてはならない。

$$F_U = F_{U-s} + F_{U-d}$$

$F_{U\text{-}s}$： 単位貨物による静的な力（*kN*）で，次による。

$$F_{U-s} = m_U g$$

$F_{U\text{-}d}$： 単位貨物による動的な力（*kN*）で，次による。

$$F_{U-d} = m_U f_\beta a_{z-env}$$

m_U： 単位貨物の質量（*t*）

$a_{z\text{-}env}$： 動的荷重ケースにおける単位貨物の重心位置での垂直方向の包絡加速度で，**4 章 3 節 3.3.3** の規定による。

6. タンク内のスロッシング圧力

6.1 一般

6.1.1 適用

本 **6** の規定は，全ての液体貨物，バラストタンク及びその他の容積が $100m^3$ を超えるタンクに適用する。ただし，ばら積貨物船のバラストホールドには適用しない。

6.1.2

本 **6** に規定するスロッシング圧力は，タンクの境界又は内部構造と高速で衝突することによる衝撃圧力の効果は含まないものとする。最大有効スロッシング幅 b_{slh}（**6.4.2** 参照）が $0.56B$ を超えるタンク，又は，最大有効スロッシング長さ ℓ_{slh}（**6.3.2** 参照）が，$0.05h_{max}$ から $0.95h_{max}$ の任意の注水高さ（**6.3.3** 参照）において $0.13L_{CSR}$ を超えるタンクに対しては，本会が適当と認める衝撃評価を個別に行わなければならない。

6.1.3 タンクの境界及び内部の仕切りに作用するスロッシング圧力

4 章 7 節に規定するスロッシング設計荷重シナリオにおけるタンク境界又は内部仕切りの任意の荷重点に作用する液体によるスロッシング圧力 P_{slh}（kN/m^2）は，次による。ただし，**6.2** に規定する $P_{slh\text{-}min}$ の値未満としてはならない。

- **6.3.3** に規定する横隔壁用： $P_{slh} = P_{slh-lng}$
- **6.3.4** に規定する横桁及び横ストリンガ用： $P_{slh} = P_{slh-wf}$
- **6.4.3** に規定する縦通隔壁用： $P_{slh} = P_{slh-t}$
- **6.4.4** に規定するガーダ及び縦通ストリンガ用： $P_{slh} = P_{slh-grd}$

6.2 最小スロッシング圧力

6.2.1

液体動揺を抑制する内部構造を有する二重船側構造のように，セル構造のタンクにおける最小スロッシング圧力 $P_{slh\text{-}min}$ は，$12kN/m^2$ としなければならない。

貨物タンク及びその他のタンクにおける最小スロッシング圧力 $P_{slh\text{-}min}$ は，$20kN/m^2$ としなければならない。

6.3 縦方向の液体動揺によるスロッシング圧力

6.3.1 適用

縦方向の液体動揺によるスロッシング圧力$P_{slh-lng}$は，タンクの深さ方向にわたって一定の値とし，注水高さ $0.05h_{max}$ から $0.95h_{max}$ まで $0.05h_{max}$ 毎に計算したスロッシング圧力のうち最も大きい値とする。

6.3.2　有効スロッシング長さ

有効スロッシング長さℓ_{slh}（m）は，**表 11** による。

表 11　有効スロッシング長さℓ_{slh}

横隔壁の種類	ℓ_{slh}
横水密隔壁	$\ell_{slh} = \dfrac{(1+n_{WT}\,\alpha_{WT})(1+f_{wf}\,\alpha_{wf})\ell_{tk-h}}{(1+n_{WT})(1+f_{wf})}$
横制水隔壁	$\ell_{slh} = \dfrac{[1+(n_{WT}-1)\alpha_{WT}](1+f_{wf}\,\alpha_{wf})\ell_{tk-h}}{(1+n_{WT})(1+f_{wf})}$

n_{WT}：　タンク内の横制水隔壁の数

α_{WT}：　横制水隔壁に関する係数で，次による。（**図 11** 参照）

$$\alpha_{WT} = \frac{A_{OWT}}{A_{tk-t-h}}$$

船長方向に沿って形状が変化するタンク又は異なる形状の制水隔壁を配置するタンクにあっては，α_{WT}は，次の算式により当該タンクに配置する全制水隔壁の平均とすること。

$$\alpha_{WT} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{WT}} \frac{A_{OWT_i}}{A_{tk-t-h_i}}}{n_{WT}}$$

α_{wf}：　横桁部材に関する係数で，次による。（**図 12** 参照）

$$\alpha_{wf} = \frac{A_{O-wf-h}}{A_{tk-t-h}}$$

船長方向に沿って形状が変化するタンク又は異なる形状の横桁部材を配置するタンクにあっては，α_{wf}は，次の算式により当該タンクに配置する全横桁部材の平均とすること。

$$\alpha_{wf} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{wf}} \frac{A_{O-wf-h_i}}{A_{tk-t-h_i}}}{n_{wf}}$$

A_{OWT}：　考慮する注水高さより下方の制水隔壁の横断面の合計開口面積（m^2）

$A_{tk\text{-}t\text{-}h}$：　考慮する注水高さより下方のタンクの合計横断面積（m^2）

$A_{O\text{-}wf\text{-}h}$：　考慮する注水高さより下方の横桁の横断面の合計開口面積（m^2）

f_{wf}：　タンク内の横桁部材及び制水隔壁の数を考慮した係数で，次による。

$$f_{wf} = \frac{n_{wf}}{1+n_{WT}}$$

n_{wf}：　制水隔壁を除くタンク内の横桁部材の数

ℓ_{tk-h}：　考慮する注水高さにおけるタンク長さ（m）

図 11　横制水隔壁に関する係数

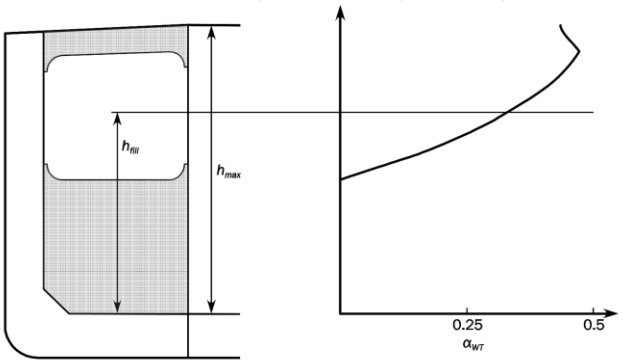
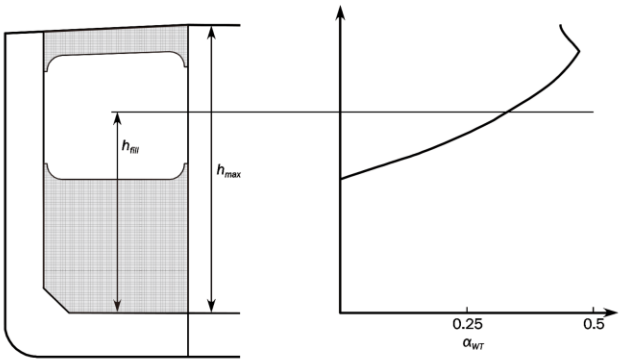


図 12　　横桁部材に関する係数



6.3.3　横隔壁に作用するスロッシング圧力

横制水隔壁を含む横隔壁に作用する縦方向の液体動揺によるスロッシング圧力$P_{slh-lng}$（kN/m^2）は，特定の注水高さに対して，次による。

$$P_{slh-lng} = \rho_{slh}\, g\, \ell_{slh}\, f_{slh} \left[0.4 - \left(0.39 - \frac{1.7\,\ell_{slh}}{L_{CSR}}\right)\frac{L_{CSR}}{350}\right]$$

ℓ_{slh}：　有効スロッシング長さ（m）で，**6.3.2** の規定による。

f_{slh}：　係数で，次による。

$$f_{slh} = 1 - 2\left(0.7 - \frac{h_{fill}}{h_{\max}}\right)^2$$

h_{fill}：　タンクの底面からの注水高さ（m）（**図 11** 参照）

6.3.4　横隔壁に隣接する横桁又は横ストリンガに作用するスロッシング圧力

内部に横桁を有するタンクにおいて，横隔壁又は横制水隔壁に隣接し，隔壁から $0.25\ell_{slh}$ 以内にある横桁又は横ストリンガに作用する縦方向の液体動揺によるスロッシング圧力 $P_{slh\text{-}wf}$（kN/m^2）は，次による。

$$P_{slh-wf} = P_{slh-lng}\left(1 - \frac{s_{wf}}{\ell_{slh}}\right)^2$$

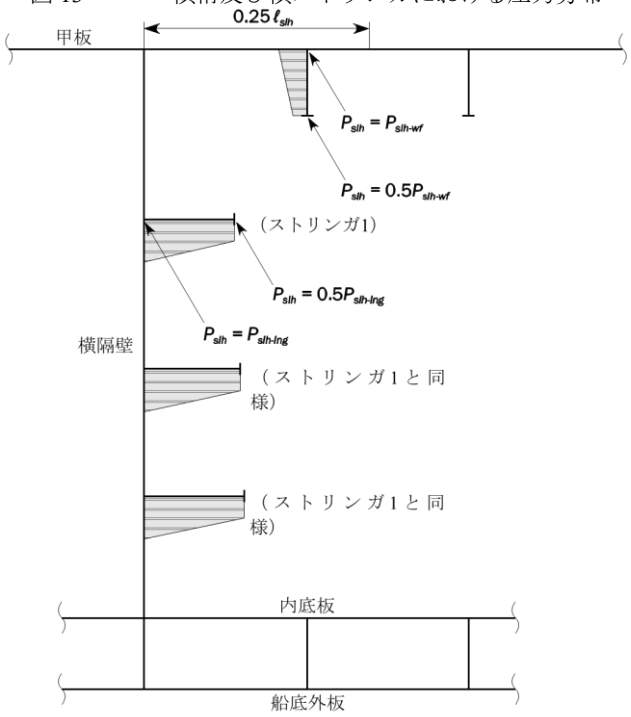
ℓ_{slh}：　有効スロッシング長さ（m）で，**6.3.2** の規定による。

$P_{slh-lng}$：横隔壁に作用する縦方向の液体動揺によるスロッシング圧力で，**6.3.3** の規定による。

s_{wf}：　横隔壁から考慮する横桁までの距離（m）

横桁及び横ストリンガにおける圧力分布は，**図 13** による。

図 13　　横桁及び横ストリンガにおける圧力分布



6.4　　横方向の液体動揺によるスロッシング圧力

6.4.1　　適用

横方向の液体動揺によるスロッシング圧力 $P_{slh\text{-}t}$ は，タンクの深さ方向にわたって一定の値とし，注水高さ $0.05h_{max}$ から $0.95h_{max}$ まで $0.05h_{max}$ 毎に計算したスロッシング圧力のうち最も大きい値とする。

6.4.2　　有効スロッシング幅

有効スロッシング幅 b_{slh}（m）は，**表 12** による。ただし，$0.3B$ 未満としてはならない。

表 12　　有効スロッシング幅 b_{slh}

縦通隔壁の種類	b_{slh}
縦通水密隔壁	$b_{slh} = \dfrac{(1 + n_{WL}\,\alpha_{WL})(1 + f_{grd}\alpha_{grd})b_{tk-h}}{(1 + n_{WL})(1 + f_{grd})}$
縦通制水隔壁	$b_{slh} = \dfrac{[1 + (n_{WL} - 1)\alpha_{WL}](1 + f_{grd}\,\alpha_{grd})b_{tk-h}}{(1 + n_{WL})(1 + f_{grd})}$

n_{WL}：　タンク内の縦通制水隔壁の数

α_{WL}：　縦通制水隔壁に関する係数で，次による。

$$\alpha_{WL} = \frac{A_{OWL}}{A_{tk-L-h}}$$

船幅方向に沿って形状が変化するタンク又は異なる形状の制水隔壁を配置するタンクにあっては，α_{WL} は，次の算式により当該タンクに配置する全制水隔壁の平均とすること。

$$\alpha_{WL} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{WL}} \frac{A_{OWL_i}}{A_{tk-L-h_i}}}{n_{WL}}$$

α_{grd}：　ガーダに関する係数で，次による。

$$\alpha_{grd} = \frac{A_{O-grd-h}}{A_{tk-L-h}}$$

船幅方向に沿って形状が変化するタンク又は異なる形状のガーダを配置するタンクにあっては，α_{grd} は，次の算式により当該タンクに配置する全ガーダの平均とすること。

$$\alpha_{grd} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{grd}} \frac{A_{O-grd-h_i}}{A_{tk-L-h_i}}}{n_{grd}}$$

A_{OWL}： 考慮する注水高さより下方の制水隔壁の縦断面の合計開口面積（m^2）

$A_{tk\text{-}L\text{-}h}$： 考慮する注水高さより下方のタンクの合計縦断面面積（m^2）

$A_{O-grd-h}$:考慮する注水高さより下方の横桁の縦断面の合計開口面積（m^2）

f_{grd}： タンク内のガーダ及び縦通制水隔壁の数を考慮した係数で，次による。

$$f_{grd} = \frac{n_{grd}}{1 + n_{WL}}$$

n_{grd}： 制水隔壁を除くタンク内のガーダの数

$b_{tk\text{-}h}$： 考慮する注水高さにおけるタンク幅

6.4.3 縦通隔壁に作用するスロッシング圧力

縦通制水隔壁を含む縦通隔壁に作用する横方向の液体動揺によるスロッシング圧力 $P_{slh\text{-}t}$（kN/m^2）は，特定の注水高さに対して，次による。

$$P_{slh-t} = 7\rho_{slh}\, g f_{slh} \left(\frac{b_{slh}}{B} - 0.3\right) GM^{0.75}$$

b_{slh}： 有効スロッシング幅（m）で，**6.4.2** の規定による。

GM： メタセンタ高さで，**4 章 3 節 2.1.1** の規定による。

バラストタンクにおけるスロッシング圧力の算定にあたっては，油タンカーの場合は「バラスト状態」とし，ばら積貨物船の場合は「ノーマルバラスト状態」を想定しなければならない。

油タンカーの貨物タンクにおけるスロッシング圧力の算定にあたっては，部分積付状態を想定しなければならない。

f_{slh}： 係数で，**6.3.3** の規定による。

6.4.4 縦通隔壁に隣接するガーダ又は縦通ストリンガに作用するスロッシング圧力

内部にガーダ又はストリンガを有するタンクにおいて，縦通水密隔壁及び縦通制水隔壁に隣接し，隔壁から $0.25b_{slh}$ 以内にあるガーダ及び横桁に作用するスロッシング圧力$P_{slh-grd}$（kN/m^2）は，次による。

$$P_{slh-grd} = P_{slh-t}\left(1 - \frac{s_{grd}}{b_{slh}}\right)^2$$

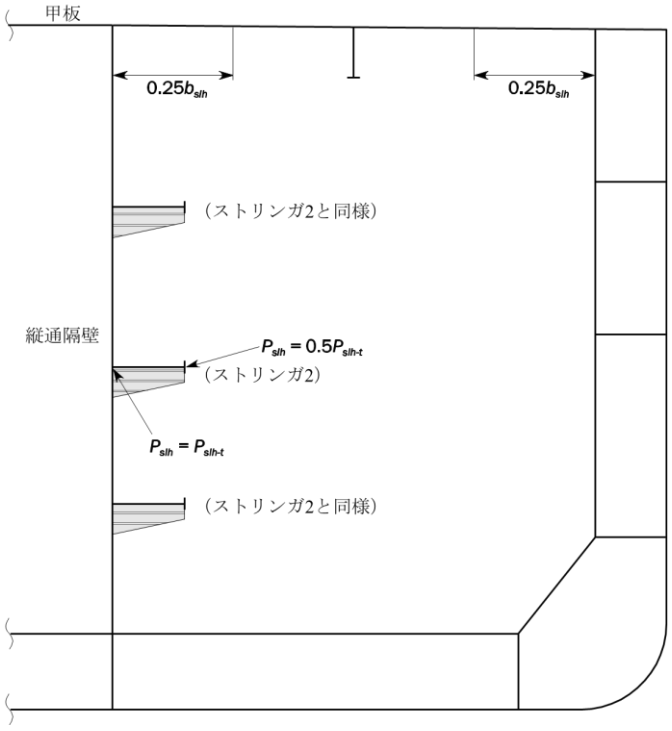
b_{slh}： 有効スロッシング幅（m）で，**6.4.2** の規定による。

$P_{slh\text{-}t}$： 縦通隔壁に作用する横方向の液体動揺によるスロッシング圧力で，**6.4.3** の規定による。

s_{grd}： 縦通隔壁から考慮するガーダまでの距離（m）

ストリンガにおける圧力分布は，**図 14** による。また，ガーダにおける圧力分布は，**図 13** に示す甲板横桁の圧力分布と同様とする。

図 14　　ガーダ及び縦通ストリンガにおけるスロッシング圧力分布



7. 水圧試験時の設計圧力

7.1 定義

7.1.1

実際の強度試験は，**1 章 2 節 3.8.4** の規定に従って行わなければならない。また，構造評価にあたっては，設計静圧を適用しなければならない。

水圧試験時の設計圧力 P_{ST}（kN/m^2）は，次による。

$$P_{ST} = 10\,(z_{ST} - z)$$

z_{ST} ： 設計試験水頭高さ（m）で，**表 13** による。

表 13 設計試験水頭高さ z_{ST}

区画	z_{ST}
二重底タンク(1)	次のうち，大きい方の値： $z_{ST} = z_{top} + h_{air}$ $z_{ST} = z_{bd}$
ホッパサイドタンク，トップサイドタンク，二重船側タンク，タンクとして使用する船首尾部	次のうち，大きい方の値 $z_{ST} = z_{top} + h_{air}$ $z_{ST} = z_{top} + 2.4$
タンク隔壁，深水タンク，燃料油タンク	次のうち，大きい方の値 $z_{ST} = z_{top} + h_{air}$ $z_{ST} = z_{top} + 2.4$ $z_{ST} = z_{top} + 0.1P_{PV}$
バラストホールド	$z_{ST} = z_h + 0.9$
チェーンロッカ	$z_{ST} = z_c$
独立タンク	次のうち，大きい方の値 $z_{ST} = z_{top} + h_{air}$ $z_{ST} = z_{top} + 0.9$
バラストダクト	バラストポンプの最大圧力に対応する試験水頭高さ

z_{bd}：隔壁甲板の Z 座標（m）

z_h：ハッチコーミング上端の Z 座標（m）

z_c：チェーンパイプ上端の Z 座標（m）

(1) ホッパサイドタンク，トップサイドタンク又は二重船側タンクと繋がっている二重底タンクについては，ホッパサイドタンク，トップサイドタンク，二重船側タンク，タンクとして使用する船首尾部及びコファダムに適用すべき z_{ST} の値を適用する。

7節　設計荷重シナリオ

記号

本節に規定されない記号については，**1章4節**による。

VBM：　設計垂直曲げモーメント（kNm）

M_{sw}：　航海中におけるホギング及びサギング状態での許容静水中曲げモーメント（kNm）で，**4章4節2.2.2**の規定による。

$M_{sw\text{-}p}$：　港内又は閉囲された水域におけるホギング及びサギング状態での許容静水中曲げモーメント（kNm）で，**4章4節2.2.3**の規定による。

$M_{sw\text{-}f}$：　浸水状態におけるホギング及びサギング状態での許容静水中曲げモーメント（kNm）で，**4章4節2.2.4**の規定による。

$M_{wv\text{-}LC}$：考慮する動的荷重ケースでの波浪中垂直曲げモーメント（kNm）で，**4章4節3.5.2**の規定による。

HBM：　設計水平曲げモーメント（kNm）

$M_{wh\text{-}LC}$：考慮する動的荷重ケースでの波浪中水平曲げモーメント（kNm）で，**4章4節3.5.4**の規定による。

TM：　設計捩りモーメント（kNm）

$M_{wt\text{-}LC}$：考慮する動的荷重ケースでの波浪中捩りモーメント（kNm）で，**4章4節3.5.5**の規定による。

VSF：　設計垂直せん断力（kN）

Q_{sw}：　航海中における正及び負の許容静水中ハルガーダ垂直せん断力（kN）で，**4章4節2.3.1**又は**4章4節2.3.3**の規定による。

Q_{sw-p}：港内又は閉囲された水域における正及び負の許容静水中ハルガーダ垂直せん断力（kN）で，**4章4節2.3.2**又は**4章4節2.3.4**の規定による。

Q_{sw-f}：浸水状態における正及び負の許容静水中ハルガーダ垂直せん断力（kN）で，**4章4節2.3.5**の規定による。

Q_{wv-LC}：考慮する動的荷重ケースでの波浪中垂直せん断力（kN）で，**4章4節3.5.3**の規定による。

P_{ex}：　設計外圧（kN/m^2）

P_S：　考慮する喫水での海水による静圧（kN/m^2）で，**4章5節1.2.1**の規定による。

P_W：　考慮する動的荷重ケースでの波浪変動圧で，**4章5節1.3.2**から**4章5節1.3.8**の規定による。

P_D：　考慮する動的荷重ケースでの青波荷重（kN/m^2）で，**4章5節2.2.3**及び**4章5節2.2.4**の規定による。

P_{in}：　設計内圧（kN/m^2）

P_{ST}：　水圧試験時の圧力（kN/m^2）で，**4章6節7.1.1**の規定による。

P_{ls}：　タンク内の液体による静圧（kN/m^2）で，**4章6節1.2**の規定による。

P_{ld}：　考慮する動的荷重ケースでのタンク内の液体による動圧（kN/m^2）で，**4章6節1.3**の規定による。

P_{bs}：　ばら積貨物による静圧（kN/m^2）で，**4章6節2.5.2**の規定による。

P_{bd}：　考慮する動的荷重ケースでのばら積貨物による動圧（kN/m^2）で，**4章6節2.5.3**の規定による。

P_{fs}：　浸水した区画及びタンクにおける静圧（kN/m^2）で，**4章6節1.4.1**の規定による。

P_{fd}：　浸水した区画及びタンクにおける動圧（kN/m^2）で，**4章6節1.5.1**の規定による。

$P_{dl\text{-}s}$：　暴露していない甲板及びプラットホームにおける静圧（kN/m^2）で，**4章6節5.2.1**の規定による。

$P_{dl\text{-}d}$：　考慮する動的荷重ケースでの暴露していない甲板及びプラットホームにおける動圧（kN/m^2）で，**4章6節5.2.1**の規定による。

$F_{U\text{-}s}$：　重量の大きい貨物，艤装品及び構造部材のための支持構造及び締付け装置に作用する静的荷重（kN）で，**4章5節2.3.2**の規定による。

$F_{U\text{-}d}$：　重量の大きい貨物，艤装品及び構造部材のための支持構造及び締付け装置に作用する動的荷重（kN）で，**4章5節2.3.2**の規定による。

P_{SL}：　船底スラミング圧（kN/m^2）で，**4章5節3.2**の規定による。

P_{FB}：　船首衝撃圧（kN/m^2）で，**4章5節3.3**の規定による。

P_{slh}：　スロッシング圧力（kN/m^2）で，**4章6節6**の規定による。

1. 一般

1.1 適用

1.1.1

次の評価に用いる設計荷重シナリオは，本節による。

・ 算式及び直接計算（有限要素法）による強度評価では，**2** に規定する設計荷重シナリオを用いる。

・ 算式及び直接計算（有限要素法）による疲労評価では，**3** に規定する設計荷重シナリオを用いる。

1.1.2

強度評価に用いる主要な設計荷重シナリオは静的（*S*）荷重又は静的及び動的（*S*+*D*）組合せ荷重のどちらかで構成される。いくつかのケースでは，*S* 又は *S*+*D* に事故浸水設計荷重シナリオを意味する略文字"*A*"をつける。また，衝撃荷重（*I*），スロッシング荷重（*SL*）及び疲労荷重（*F*）に関連する追加の設計荷重シナリオがある。

2. 強度評価に用いる設計荷重シナリオ

2.1 主要な設計荷重シナリオ

2.1.1

主要な設計荷重シナリオを**表 1** に示す。

表 1 主要な設計荷重シナリオ

設計荷重シナリオ			港内及び閉囲された水域及び水圧試験	極めて厳しい海象での航海	バラスト水の交換作業(4)	事故浸水(4)	
荷重成分			静的荷重 (*S*)	静的及び動的組合せ荷重 (*S*+*D*)	静的及び動的組合せ荷重 (*S*+*D*)	静的荷重 (*A*:*S*)	静的及び動的組合せ荷重 (*A*:*S*+*D*)
ハルガーダ	設計垂直曲げモーメント（*VBM*）		M_{sw-p}	$M_{sw}+M_{wv-LC}$	$M_{sw}+M_{wv-LC}$	M_{sw-f}(2)	$M_{sw-f}+M_{wv-LC}$(3)
	設計水平曲げモーメント（*HBM*）		-	M_{wh-LC}	M_{wh-LC}	-	M_{wh-LC}(3)
	設計垂直せん断力（*VSF*）		Q_{sw-p}	$Q_{sw}+Q_{wv-LC}$	$Q_{sw}+Q_{wv-LC}$	-	$Q_{sw-f}+Q_{wv-LC}$(3)
	設計捩りモーメント（*TM*）		-	M_{wt-LC}	M_{wt-LC}	-	-
局部荷重	P_{ex}	青波荷重が作用する甲板	-	P_D	-	-	-
		船殻	P_S	P_S+P_W	P_S+P_W	-	-
	P_{in}	バラストタンク(1)	$Max(P_{ls},P_{ST})$	$P_{ls}+P_{ld}$	$P_{ls}+P_{ld}$	-	-
		液体貨物タンク			-	-	
		その他のタンク			-	-	
		水密の境界	-	-	-	P_{fs}	$P_{fs}+P_{fd}$
		貨物倉	P_{bs}	$P_{bs}+P_{bd}$	-		
	P_{dk}	液体を積載しない区画内の甲板	P_{dl-s}	$P_{dl-s}+P_{dl-d}$	-	-	-
		分布貨物を積載する甲板	P_{dl-s}	$P_{dl-s}+P_{dl-d}$	-	-	-
		重量の大きい貨物等を積載する甲板	F_{U-s}	$F_{U-s}+F_{U-d}$	-	-	-

(1) バラストホールドは，バラスト水の交換作業のための設計荷重シナリオを除き，バラストタンクとして考慮する。

(2) 水密隔壁の局部寸法に用いる M_{sw-f} とする。

(3) 乾舷用長さ L_{LL} が 150*m* 以上のばら積貨物船のハルガーダの強度評価は，**5 章 1 節**の規定により行う。

(4) 算式による評価においてのみ適用する。

2.2 追加の設計荷重シナリオ

2.2.1

スロッシング，船底スラミング及び船首衝撃において考慮する設計荷重シナリオは，**表 2** による。

表 2　　衝撃及びスロッシング状態における設計荷重シナリオ

設計荷重シナリオ			船首衝撃	船底スラミング	スロッシング
荷重成分			衝撃（*I*）	衝撃（*I*）	スロッシング（*SL*）
ハルガーダ	設計垂直曲げモーメント（*VBM*）		-	-	M_{sw}
	設計水平曲げモーメント（*HBM*）		-	-	-
	設計垂直せん断力（*VSF*）		-	-	-
	設計捩りモーメント（*TM*）		-	-	-
局部荷重	P_{ex}	青波荷重が作用する甲板	-	-	-
		船殻	P_{FB}	P_{SL}	-
	P_{in}	バラストタンク	-	-	P_{slh}
		液体貨物タンク			
		その他のタンク			
		水密の境界		-	-
		貨物倉(1)	-	-	-
	P_{dk}	液体を積載しない区画内の甲板	-	-	-
		分布貨物を積載する甲板	-	-	-
		重量の大きい貨物等を積載する甲板	-	-	-

(1)　ばら積貨物船のバラストホールドに対して，スロッシングの評価は行わない。

3. 疲労評価に用いる設計荷重シナリオ

3.1 設計荷重シナリオ

3.1.1

疲労評価に用いる設計荷重シナリオは，**表 3** による。

表 3　　疲労評価に用いる設計荷重シナリオ

設計荷重シナリオ / 荷重成分			疲労：静的及び動的組合せ荷重 (*F*:*S*+*D*)
ハルガーダ	設計垂直曲げモーメント（*VBM*）		$M_{sw} + M_{wv-LC}$
	設計水平曲げモーメント（*HBM*）		M_{wh-LC}
	設計垂直せん断力（*VSF*）		$Q_{sw} + Q_{wv-LC}$
	設計捩りモーメント（*TM*）		M_{wt-LC}
局部荷重	P_{ex}	青波荷重が作用する甲板	-
		船殻	$P_S + P_W$
	P_{in}	バラストタンク(1)	$P_{ls} + P_{ld}$
		液体貨物タンク	
		その他のタンク	
		水密の境界	-
		貨物倉	$P_{bs} + P_{bd}$
	P_{dk}	液体を積載しない区画内の甲板	-
		分布貨物を積載する甲板	-
		重量の大きい貨物等を積載する甲板	-

(1)　バラストホールドは，バラスト水の交換作業のための設計荷重シナリオを除き，バラストタンクして考慮する。

8 節　積付状態

記号

本節に規定されない記号については，**1 章 4 節**による。

ℓ ：　プロペラの中心線から水線までの距離（*m*）

D_p：　プロペラの直径（*m*）

M_{Full}：　貨物質量（*t*）で，**4 章 6 節**の規定による。

M_H：　貨物質量（*t*）で，**4 章 6 節**の規定による。

M_{HD}：　貨物質量（*t*）で，**4 章 6 節**の規定による。

M_{BLK}：　ブロック積状態における貨物倉の最大貨物重量（*t*）で，**4 章付録 1** の規定による。

$C_{BM\text{-}LC}$：許容静水中垂直曲げモーメントの百分率とする係数で，**表 2** から**表 9** 及び**表 12** から**表 21** による。

$C_{SF\text{-}LC}$：許容静水中垂直せん断力の百分率とする係数で，**表 2** から**表 9** 及び**表 12** から**表 21** による。

$x_{b\text{-}aft}$，$x_{b\text{-}aft}$：　有限要素モデルにおける中央の貨物倉の後端隔壁及び前端隔壁の縦方向の位置（*m*）

EA：　隔倉積状態における空倉

FA：　隔倉積状態における満載の貨物倉

T_{H1}，T_{H2}，T_{H3}，T_{H4}：　港内状態での最小許容喫水（*m*）で，**4 章付録 1** の規定による。

1.　適用

1.1　乾舷用長さ L_{LL} が 150*m* 以上の船舶

1.1.1

乾舷用長さ L_{LL} が 150*m* 以上の船舶にあっては，**2** から **5** の規定を適用しなければならない。

1.1.2　強度評価に用いる設計積付状態

強度評価に用いる設計積付状態を，**2** から **4** に規定する。このうち，油タンカー及びばら積貨物船において共通の設計積付状態を **2** に規定する。また，油タンカー及びばら積貨物船それぞれに対する設計積付状態を **3** 及び **4** に規定する。

特に規定がない場合，各設計航海状態において，出港状態及び入港状態を考慮しなければならない。

1.1.3

2 から **4** に規定する要件は，ここに規定しない積付状態をローディングマニュアルに記載することを妨げるものではない。ただし，それらの積付状態については，計算書を別途提出しなければならない。また，要求されるローディングマニュアル及び積付計算機を代替するものではない。

1.1.4

2 から **4** に規定しない積付状態がローディングマニュアルに記載されている場合，これらの積付状態を別途考慮しなければならない。

1.1.5　疲労評価に用いる標準設計積付状態

疲労評価に用いる標準設計積付状態については，**5** に規定する。

1.2　乾舷用長さ L_{LL} が 150*m* 未満のばら積貨物船

1.2.1

5 章に規定する縦強度評価並びに **6 章**，**2 編 1 章 3 節**及び **2 編 1 章 4 節**に規定する板，防撓材及び主要支持部材の局部強度評価においては，ローディングマニュアル，中央横断面図又は設計者の指定するその他のものに記載されるもののうち最も厳しい積付状態を考慮しなければならない。

乾舷用長さ L_{LL} が 150*m* 未満の船舶にあっては，**2** の規定を適用しなければならない。

1.3　動的荷重ケース

1.3.1　航海状態

特に規定がない場合，各設計航海状態に対し，すべての動的荷重ケースを考慮しなければならない。

1.3.2　横波及び斜波における動的荷重ケース

有限要素荷重解析において，横波及び斜波による動的荷重ケースで算定する船舶の左舷側及び右舷側における荷重は，モデルの両舷に対してそれぞれ適用しなければならない。

センターラインに対して左右対称の船舶にあっては，左右の降伏及び座屈の評価結果が等しくなるという前提で，左舷側に対する横波及び斜波による動的荷重ケースで算定する荷重のみを適用して差し支えない。即ち，右舷側に対する波による動的荷重ケースで算定する荷重は省略して差し支えない。

2.　共通の設計積付状態

2.1　定義

2.1.1

原則として，静水中曲げモーメント及び静水中せん断力の計算においては，出港状態及び入港状態における燃料油，清水及び貯蔵物の積載量に基づき，設計貨物積付状態及び設計バラスト状態を考慮しなければならない。航海中の任意の中間状態において消耗品の積載量及び配置がより過酷な条件を与えると考えられる場合には，上記の出入港状態での積付状態に加え，中間状態における計算結果を本会に提出しなければならない。また，航海中にバラストの漲水又は排水を計画する場合には，当該タンクの漲水又は排水の直前及び直後の状態における計算結果を本会に提出すると共にローディングマニュアルに記載しなければならない。

2.1.2　出港状態

出港状態を考慮する場合，燃料油タンクの積載量を容量の 95%未満としてはならず，他の消耗品は容量の 100%とした状態に基づかなければならない。液化ガス燃料タンクの場合，積付高さは，*International Code of Safety for Ships Using Gases or other Low-Flashpoint Fuels*（*IGF* コード）*6.8* の規定によらなければならない。

2.1.3　入港状態

入港状態を考慮する場合，燃料，清水及び貯蔵物を最大容量の 10%とした状態に基づかなければならない。

2.2　部分漲水とするバラストタンク

2.2.1　バラスト状態に部分漲水するバラストタンク

出港状態，入港状態又は中間状態において，船首尾バラストタンク又はその他のバラストタンクを部分漲水するバラスト状態は，次の条件を満足しない限り，設計積付状態としてはならない。

- 出港状態，入港状態又は中間状態において，考慮するタンクが満載，空及び計画する液位での部分漲水とする積付状態のいずれにおいても **5 章 1 節**及び **8 章 3 節**に規定するハルガーダ強度を満足すること。
- 乾舷用長さ L_{LL} が 150*m* 以上のばら積貨物船にあっては，出港状態，入港状態又は中間状態において，考慮するタンクが満載，空及び計画する液位での部分漲水とする積付状態のいずれにおいても **5 章 1 節**に規定する浸水時のハルガーダ強度を満足すること。

タンクを満載，空及び部分漲水とする状態は，静水中曲げモーメント及び静水中せん断力の算定のための設計状態として考慮しなければならない。ただし，この場合は **2.3.1**，**3.1.1** 又は **4.1.1** に規定するプロペラの没水及びトリムに関する要件を満足する必要はない。

複数のタンクを部分漲水する場合，それらのタンクを満載，空及び計画する液位での部分漲水とする状態のすべての組合せを考慮しなければならない。シーケンシャル法を用いたバラスト水の交換に対しては，これらの要件を適用する必要はない。

2.2.2　貨物積載状態において部分漲水とするバラストタンク

貨物積載状態にあっては，**2.2** の規定を船首尾バラストタンクにのみ適用する。

2.3　航海状態

2.3.1

ローディングマニュアルには，少なくとも，次に示す航海中の積付状態を記載しなければならない。

(a) 構造用喫水に対応する状態を含む均等積状態。均等積状態には，出港時にバラストタンクへ漲水する状態を含んではならない。

(b) バラストタンクが満載，部分漲水又は空のバラスト状態。バラストタンクを部分漲水とする場合，**2.2.1** の要件を満たさなければならない。海上においてバラスト水を積載することのできる貨物タンク及び貨物倉を含むすべての貨物タンク及び貨物倉は空としなければならない。プロペラは完全に没水しなければならない。トリムは船尾トリ

ムとし，0.015L_{LL}を超えてはならない。

(c) バラスト水交換を実施する船舶にあっては，バラスト水交換作業中の状態。バラスト漲水又は排水の直前及び直後の中間状態における計算結果を提出しなければならない。

2.4 港内及び閉囲された水域における状態

2.4.1

ローディングマニュアルには，次に示す港内及び閉囲された水域における積付状態を記載しなければならない。

(a) 貨物の典型的な荷役作業時の状態

(b) 入渠直前の状態

(c) プロペラシャフトの中心の位置が水線上 $D_p/4$ 以上となるアフロート状態でのプロペラ検査時の状態。ポッド推進システムを有する船舶については，本会の適当と認めるところによる。

2.5 積付状態

2.5.1 代替設計

本節に規定されない構造配置にあっては，積付状態及びその積付パターン，対応する喫水，静水中曲げモーメント並びに静水中せん断力については，本会の適当と認めるところによる。

3. 油タンカー

3.1 油タンカー特有の設計積付状態

3.1.1 航海状態

ローディングマニュアルには，少なくとも，次に示す航海中の積付状態を記載しなければならない。

(a) バラストタンクが満載，部分漲水又は空のヘビーバラスト状態。バラストタンクを部分漲水とする場合，**2.2.1** の要件を満たさなければならない。船首バラストタンクが配置されている場合にあっては，当該タンクを満載としなければならない。船首バラストタンクが上下に配置されている場合にあっては，下部の船首バラストタンクは満載としなければならないが，上部の船首バラストタンクについては，満載，部分積載又は空として差し支えない。海上においてバラスト水を積載することのできる貨物タンクを含むすべての貨物タンクは空としなければならない。船首垂線における喫水は，ノーマルバラスト状態におけるものより浅くしてはならない。プロペラは完全に没水しなければならない。トリムは船尾トリムとし，0.015L_{LL}を超えてはならない。

(b) タンク洗浄時又はバラスト状態とは異なるその他の運用時の中間状態

(c) あらゆる不均等積状態

(d) 最大設計貨物密度を含む高比重貨物を積んだ状態

(e) 貨物タンク区域におけるすべての分離バラストタンクが満載で，燃料油及び清水タンクを含むその他のタンクがすべて空の設計バラスト状態。この設計状態は，船体強度評価のためのものであり，船舶の運航状態を想定したものではない。

3.1.2 追加の積付状態

船舶が次に示す追加の積付状態で設計され，本会に認められている場合，当該積付状態をローディングマニュアルに含まなければならない。

(a) *MARPOL 条約附属書 I 第 18 規則*によって認められている緊急時にバラストタンクとして使用する 1 つ以上の貨物タンクにバラスト水を積載する航海中のバラスト状態

(b) 二重底に作用する垂直上向きのネット静的荷重が，貨物タンクが空であって，かつ，平均喫水が 0.9T_{SC}の状態における当該荷重を超える航海中の積付状態

(c) 貨物タンクの積載量が容量の 25%未満，かつ，平均喫水が 0.9T_{SC}を超える航海中の積付状態

(d) 二重底に作用する垂直下向きのネット静的荷重が，貨物タンクが比重 1.025t/m^3 以上の貨物を満載し，かつ，平均喫水が 0.6T_{SC}の状態における当該荷重を超える航海中の積付状態

(e) 中央貨物タンクにクロスタイを有する船舶で，右舷及び左舷の船側貨物タンクの液位差が船側貨物タンクの液位の25%を超える左右非対称の積付パターンとなる航海中の積付状態

3.2 直接強度解析に用いる設計荷重の組合せ

3.2.1

有限要素解析のための設計荷重の組合せは，**表 1** による。

表 1　　油タンカーの設計荷重組合せ

	船体中央部の貨物タンク区域	船体中央部を除く貨物タンク区域	最前端の貨物タンク	最後端の貨物タンク
2 列の油密隔壁を有する油タンカー	**表 2**	**表 4**	**表 6**	**表 8**
船体中心線上に 1 列の油密隔壁を有する油タンカー	**表 3**	**表 5**	**表 7**	**表 9**
備考 1：船体中央部を除く貨物タンク区域とは，最前端の貨物タンク及び最後端の貨物タンクを除いた船体中央部の前後の貨物タンク区域のことをいう。				

3.2.2

2 列の縦通油密隔壁を有する油タンカーにあっては，貨物タンク長さが $0.15L_{CSR}$ 未満の場合，**表 2**，**表 4**，**表 6** 及び**表 8** に示す喫水は，本会の適当と認めるところによる。

3.2.3

1 列の縦通油密隔壁を有する油タンカーにあっては，貨物タンク長さが $0.11L_{CSR}$ 未満の場合，**表 3**，**表 5**，**表 7** 及び**表 9** に示す喫水は，本会の適当と認めるところによる。

3.2.4

航海状態における各積付パターンに対する動的荷重ケースを，**表 2** から**表 9** に示す。各動的荷重ケースは，**4 章 2 節**の規定による。

3.2.5　船体中心線において左右対称な構造を有する船舶

船体中心線において左右対称な構造を有する船舶にあっては，左右の降伏及び座屈の評価結果が等しくなることを条件として，船体中心線において対称となる積付パターンのうち一方の評価を省略して差し支えない。例えば，**表 2** の積付パターン A7b 及び A12b は，それぞれ**表 2** の積付パターン A7a 及び A12a の評価を行う場合は省略して差し支えない。

3.2.6　2 列の縦通油密隔壁を有する油タンカー（船側貨物タンクにクロスタイを配置するものを除く）

2 列の縦通油密隔壁を有する油タンカーにあっては，船側貨物タンクにクロスタイを配置するものを除き，左右一対の船側貨物タンクの非対称積付によってより厳しい応力応答が生じる可能性を考慮し，**表 2**，**表 4**，**表 6** 及び**表 8** の積付パターン A7 について検討しなければならない。ただし，当該非対称積付状態が航海状態としてローディングマニュアルに含まれる場合にのみ，積付パターン A7 の解析を要求する。有限要素解析においては，ローディングマニュアルに記載される実際の積付パターン，喫水，GM 及び k_r を用いる。GM 及び k_r の値がローディングマニュアルに記載されていない場合，GM 及び k_r の値は **4 章 3 節**の規定により算定しなければならない。

積付パターン A7 を考慮しない場合にあっては，ローディングマニュアルに左舷側及び右舷側の船側貨物タンクの液位差が船側貨物タンクの液位の 25%を超えてはならない旨の運航制限を追記しなければならない。

船側貨物タンクにクロスタイを配置する油タンカーにあっては，積付パターン A7 について検討しなくても差し支えない。

3.2.7

2 列の縦通油密隔壁を有する油タンカーについて，**表 2**，**表 4**，**表 6** 及び**表 8** の航海状態の積付パターン A3 及び港内状態の積付パターン A13 のように貨物タンクが幅方向に一列並んで空となる場合にあっては，喫水をそれぞれ $0.65T_{SC}$ 及び $0.7T_{SC}$ として解析を行わなければならない。より深い喫水での積付パターン A3 又は A13 がローディングマニュアルに記載される場合にあっては，ローディングマニュアルに記載される当該積付パターンの喫水のうち最も大きい値を用いなければならない。

3.2.8

2 列の縦通油密隔壁を有するタンカーについて，**表 2**，**表 4**，**表 6** 及び**表 8** の航海状態の積付パターン A5 及び港内状態の積付パターン A11 のように貨物タンクが幅方向に一列並んで満載となる場合にあっては，喫水をそれぞれ $0.65T_{SC}$ 及び $0.6T_{SC}$ として解析を行わなければならない。より浅い喫水での積付パターン A5 又は A11 がローディングマニュアルに記載される場合にあっては，ローディングマニュアルに記載される当該積付パターンの喫水のうち最も小さい値を用いなけ

ればならない。

3.2.9

表 2 から**表 9** の積付パターン A1，A2，B1，B2 及び B3 のように貨物タンクが空となる積付パターンにあっては，喫水を $0.9T_{SC}$ として解析を行わなければならない。より深い喫水での貨物タンクが空となる積付パターンがローディングマニュアルに記載される場合にあっては，ローディングマニュアルに記載される当該積付パターンの喫水のうち最も大きい値を用いなければならない。

3.2.10　バラスト状態

ローディングマニュアルにおいて，1 つ以上の貨物タンクにバラストを注水するバラスト状態を記載している場合にあっては，**表 2** 又は**表 3** の積付パターン A8 又は B7 について検討しなければならない。

ローディングマニュアルに記載される実際の積付けパターンが積付パターン A8 又は B7 と異なる場合は，次による。

(a) 積付パターン A8 又は B7 の代わりに，ローディングマニュアルに記載される実際の積付パターンについて，次に示す計算条件を用いて検討しなければならない。

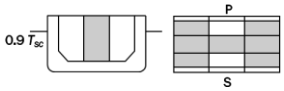
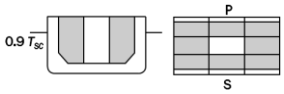
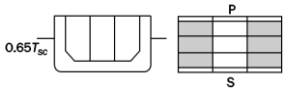
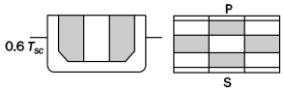
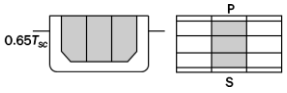
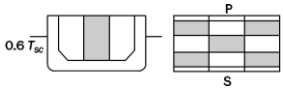
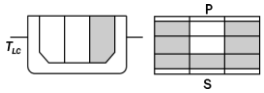
- 喫水は $T_{BAL\text{-}E}$ とする。
- $C_{BM-LC} = 100\%$（サギング状態）
- $C_{SF-LC} = 100\%$
- バラスト水を積載するタンクは積載量を容量の 100%とする。

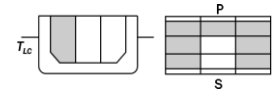
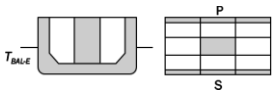
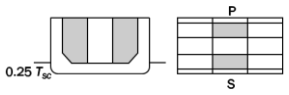
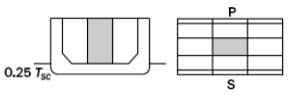
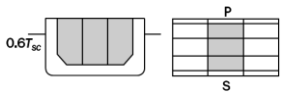
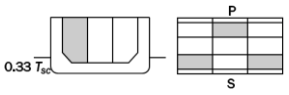
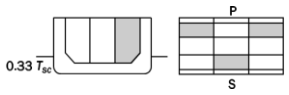
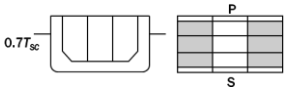
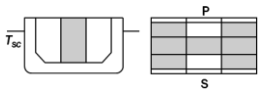
(b) **4 章 2 節**に規定するすべての動的荷重ケースについて強度評価を行わなければならない。

(c) 解析を行った積付状態に関する運航制限をローディングマニュアルに記載しなければならない。

有限要素解析では，ローディングマニュアルに記載される実際の積付パターン，喫水，*GM* 及び k_r を用いる。*GM* 及び k_r がローディングマニュアルに記載されていない場合，*GM* 及び k_r は **4 章 3 節**の規定により算定しなければならない。

表 2　　2 列の油密隔壁を有する油タンカーの船体中央部の貨物タンク区域の有限要素解析に用いる荷重組合せ

No.	積付パターン	静水荷重			動的荷重ケース		
		喫水	$C_{BM\text{-}LC}$：許容静水中曲げモーメントの割合（%）	$C_{SF\text{-}LC}$：許容静水中せん断力の割合（%）	船体中央部の貨物区域		
航海状態							
A1		$0.9T_{SC}$	100%（サギング）	100%	HSM-1	BSP-1P/S	N/A
			100%（ホギング）	100%	HSM-2 FSM-2	BSP-1P/S	OST-2P/S OSA-1P/S
A2		$0.9T_{SC}$	100%（サギング）	100%	HSM-1	BSR-1P/S BSP-1P/S	N/A
			100%（ホギング）	100%	HSM-2 FSM-2	BSR-1P/S BSP-1P/S	N/A
A3		$0.65T_{SC}$	100%（ホギング）	100% (4) Max SFLC	HSM-2	N/A	N/A
				100% (5) Max SFLC	HSM-2	N/A	N/A
				100%	N/A	BSP-1P/S	N/A
			0%	100% (6) Max SFLC	HSM-1	N/A	N/A
				100%	N/A	BSP-1P/S	N/A
A4		$0.6T_{SC}$	100%（サギング）	100%	HSM-1	BSR-1P/S BSP-1P/S	OSA-2P/S
A5		$0.65T_{SC}$	100%（サギング）	100% (4) Max SFLC	HSM-1	N/A	N/A
				100% (5) Max SFLC	HSM-1	N/A	N/A
				100%	N/A	BSP-1P/S	N/A
			0%	100% (6) Max SFLC	HSM-2	N/A	N/A
				100%	N/A	BSP-1P/S	N/A
A6		$0.6T_{SC}$	100%（ホギング）	100%	HSM-2	BSR-1P/S BSP-1P/S	OSA-1P/S
A7a		T_{LC}	100%（ホギング）	100%	HSM-2 FSM-2	BSR-1P/S BSP-1P/S	OST-2P/S OSA-1P/S OSA-2P/S

A7b		T_{LC}	100% （ホギング）	100%	HSM-2 FSM-2	BSR-1P/S BSP-1P/S	OST-2P/S OSA-1P/S OSA-2P/S
A8		T_{BAL-E}	100% （サギング）	100%	HSM-1	BSR-1P/S BSP-1P/S	OSA-2P/S
港内及び水圧試験状態							
A9		$0.25T_{SC}$	100% （サギング）	100%	N/A		
A10		$0.25T_{SC}$	100% （サギング）	100%	N/A		
A11		$0.6T_{SC}$	100% （サギング）	100% (2) Max SFLC	N/A		
				100% (3) Max SFLC	N/A		
A12a(1)		$0.33T_{SC}$	N/A	N/A	N/A		
A12b(1)		$0.33T_{SC}$	N/A	N/A	N/A		
A13		$0.7T_{SC}$	100% （ホギング）	100% (2) Max SFLC	N/A		
				100% (3) Max SFLC	N/A		
A14		T_{SC}	100% （ホギング）	100%	N/A		

(1) 有限要素モデルに局部荷重を負荷することで求める実際のせん断力及び曲げモーメントを用いなければならない。このとき，調整垂直荷重及び調整曲げモーメントは負荷してはならない。

(2) 中央貨物タンクの後端隔壁でのターゲット値までせん断力を調整しなければならない。

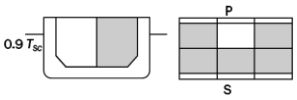
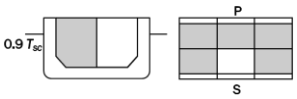
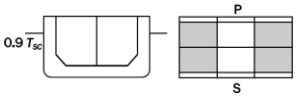
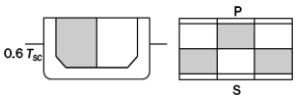
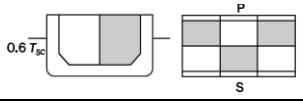
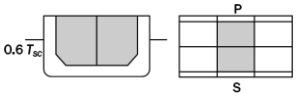
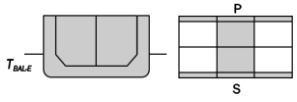
(3) 中央貨物タンクの前端隔壁でのターゲット値までせん断力を調整しなければならない。

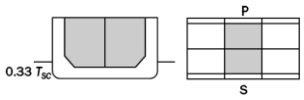
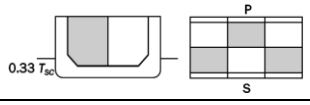
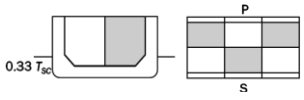
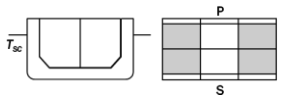
(4) 中央貨物タンクの位置が$x_{b-aft} \leq 0.5L_{CSR}$及び$x_{b-fwd} \geq 0.5L_{CSR}$の場合は，中央貨物タンクの後端隔壁でのターゲット値までせん断力を調整しなければならない。

(5) 中央貨物タンクの位置が$x_{b-aft} \leq 0.5L_{CSR}$及び$x_{b-fwd} \geq 0.5L_{CSR}$の場合は，中央貨物タンクの前端隔壁でのターゲット値までせん断力を調整しなければならない。

(6) 中央貨物タンクの位置が$x_{b-aft} > 0.5L_{CSR}$又は$x_{b-fwd} < 0.5L_{CSR}$の場合のみ，この荷重組合せを考慮しなければならない。

表 3　　船体中心線上に 1 列の油密隔壁を有する油タンカーの船体中央部の貨物タンク区域の有限要素解析に用いる荷重組合せ

No.	積付パターン	静水荷重			動的荷重ケース		
		喫水	$C_{BM\text{-}LC}$：許容静水中曲げモーメントの割合（%）	$C_{SF\text{-}LC}$：許容静水中せん断力の割合（%）	船体中央部の貨物区域		
航海状態							
B1		$0.9T_{SC}$	100%（サギング）	100%	HSM-1 HSA-1	BSP-1P/S	N/A
			100%（ホギング）	100%	HSM-2 FSM-2	BSR-1P BSP-1P	OST-2P
B2		$0.9T_{SC}$	100%（サギング）	100%	HSM-1 HSA-1	BSP-1P/S	N/A
			100%（ホギング）	100%	HSM-2 FSM-2	BSR-1S BSP-1S	OST-2S
B3		$0.9T_{SC}$	100%（ホギング）	100% (3) Max SFLC	HSM-2 FSM-2	N/A	N/A
				100% (4) Max SFLC	HSM-2 FSM-2	N/A	N/A
				100%	N/A	BSP-1P/S	N/A
			0%	100% (5) Max SFLC	HSM-1 FSM-1	N/A	N/A
B4		$0.6T_{SC}$	100%（サギング）	75%	HSM-1	BSP-1P	OSA-2P/S
B5		$0.6T_{SC}$	100%（サギング）	75%	HSM-1	BSP-1S	OSA-2P/S
B6		$0.6T_{SC}$	100%（サギング）	100% (3) Max SFLC	HSM-1	N/A	N/A
				100% (4) Max SFLC	HSM-1	N/A	N/A
				100%	N/A	BSP-1P/S	N/A
			0%	100% (5) Max SFLC	HSM-2	N/A	N/A
B7		$T_{BAL\text{-}E}$	100%（サギング）	100%	HSM-1	BSP-1P/S	N/A

港内及び水圧試験状態					
B8		0.33T_{SC}	100% （サギング）	100% (1) Max SFLC	N/A
				100% (2) Max SFLC	N/A
B9		0.33T_{SC}	100% （サギング）	75%	N/A
B10		0.33T_{SC}	100% （サギング）	75%	N/A
B11		T_{SC}	100% （ホギング）	100% (1) Max SFLC	N/A
				100% (2) Max SFLC	N/A

(1) 中央貨物タンクの後端隔壁でのターゲット値までせん断力を調整しなければならない。

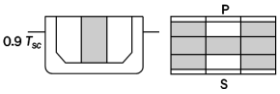
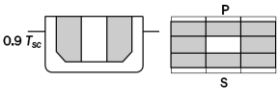
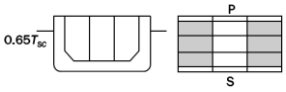
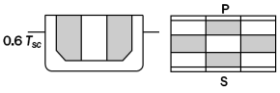
(2) 中央貨物タンクの前端隔壁でのターゲット値までせん断力を調整しなければならない。

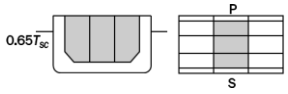
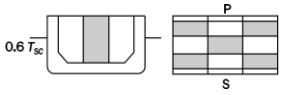
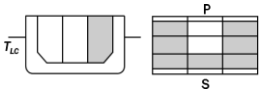
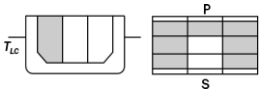
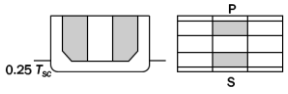
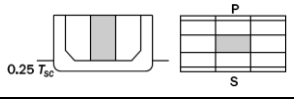
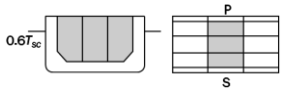
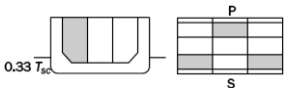
(3) 中央貨物タンクの位置が$x_{b-aft} \leq 0.5L_{CSR}$及び$x_{b-fwd} \geq 0.5L_{CSR}$の場合は，中央貨物倉の後端隔壁でのターゲット値までせん断力を調整しなければならない。

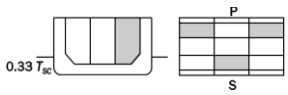
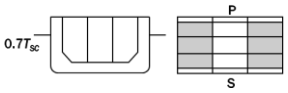
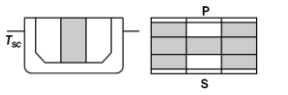
(4) 中央貨物タンクの位置が$x_{b-aft} \leq 0.5L_{CSR}$及び$x_{b-fwd} \geq 0.5L_{CSR}$の場合は，中央貨物倉の前端隔壁でのターゲット値までせん断力を調整しなければならない。

(5) 中央貨物タンクの位置が$x_{b-aft} > 0.5L_{CSR}$又は$x_{b-fwd} < 0.5L_{CSR}$の場合のみ，この荷重組合せを考慮しなければならない。

表 4　　2 列の油密隔壁を有する油タンカーの船体中央部以外の貨物タンク区域の有限要素解析に用いる荷重組合せ

No.	積付パターン	静水荷重			動的荷重ケース	
		喫水	$C_{BM\text{-}LC}$：許容静水中曲げモーメントの割合（%）	$C_{SF\text{-}LC}$：許容静水中せん断力の割合（%）	後部区域	前部区域
航海状態						
A1		$0.9T_{SC}$	100% （サギング）	100%	HSM-1 BSP-1P/S	HSM-1 BSP-1P/S
			100% （ホギング）	100%	HSM-2 FSM-2 BSP-1P/S OST-2P/S OSA-1P/S	HSM-2 FSM-2 BSP-1P/S
A2		$0.9T_{SC}$	100% （サギング）	100%	HSM-1 BSP-1P/S	HSM-1 FSM-1 BSP-1P/S OSA-2P/S
			100% （ホギング）	100%	HSM-2 FSM-2 BSP-1P/S	HSM-2 BSP-1P/S
A3		$0.65T_{SC}$	100% （ホギング）	100% Max SFLC	HSM-2	HSM-2 FSM-2
				100%	BSP-1P/S	BSP-1P/S OSA-2P/S
			0%	100% Max SFLC	HSM-1	HSM-1
				100%	N/A	BSP-1P/S OSA-2P/S
A4		$0.6T_{SC}$	100% （サギング）	100%	HSM-1 BSP-1P/S BSR-1P/S	HSM-1 BSP-1P/S BSR-1P/S OSA-2P/S

A5		0.65T_{SC}	100% （サギング）	100% Max SFLC	HSM-1 FSM-1	HSM-1
				100%	BSP-1P/S	BSP-1P/S OSA-2P/S
			0%	100% Max SFLC	HSM-2	HSM-2
				100%	BSP-1P/S	BSP-1P/S OSA-2P/S
A6		0.6T_{SC}	100% （ホギング）	100%	HSM-2 BSP-1P/S BSR-1P/S	HSM-2 BSP-1P/S BSR-1P/S OSA-2P/S
A7a		T_{LC}	100% （ホギング）	100%	HSM-2 FSM-2 BSP-1P/S BSR-1P BSR-2S OSA-1P/S OSA-2P/S OST-2P	HSM-2 FSM-2 BSP-1P/S BSR-1P BSR-2S OSA-2P/S
A7b		T_{LC}	100% （ホギング）	100%	HSM-2 FSM-2 BSP-1P/S BSR-2P BSR-1S OSA-1P/S OSA-2P/S OST-2S	HSM-2 FSM-2 BSP-1P/S BSR-2P BSR-1S OSA-2P/S
港内及び水圧試験状態						
A9		0.25T_{SC}	100% （サギング）	100%	N/A	
A10		0.25T_{SC}	100% （サギング）	100%	N/A	
A11		0.6T_{SC}	100% （サギング）	100% (2) Max SFLC	N/A	
				100% (3) Max SFLC	N/A	
A12a (1)		0.33T_{SC}	N/A	N/A	N/A	

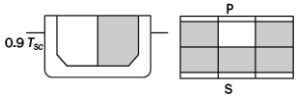
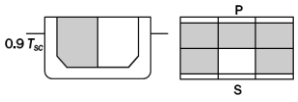
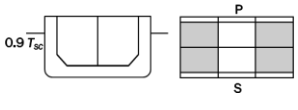
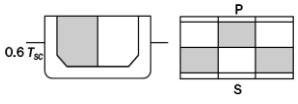
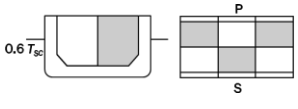
A12b (1)		$0.33T_{SC}$	N/A	N/A	N/A
A13		$0.7T_{SC}$	100% （ホギング）	100% (2) Max SFLC	N/A
				100% (3) Max SFLC	N/A
A14		T_{SC}	100% （ホギング）	100%	N/A

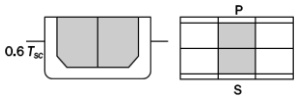
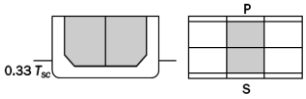
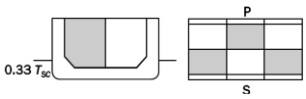
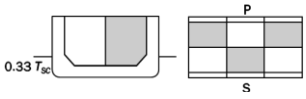
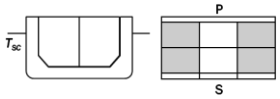
(1) 有限要素モデルに局部荷重を負荷することで求める実際のせん断力及び曲げモーメントを用いなければならない。このとき，調整垂直荷重及び調整曲げモーメントは負荷してはならない。

(2) 中央貨物タンクの後端隔壁でのターゲット値までせん断力を調整しなければならない。

(3) 中央貨物タンクの前端隔壁でのターゲット値までせん断力を調整しなければならない。

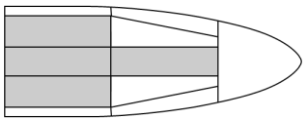
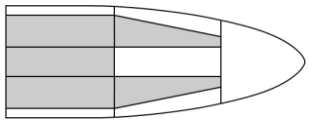
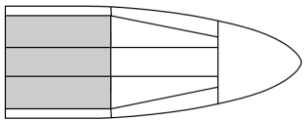
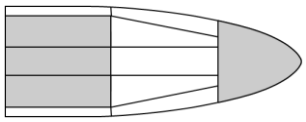
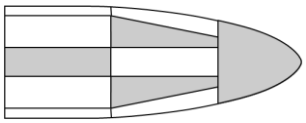
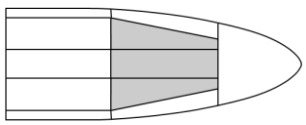
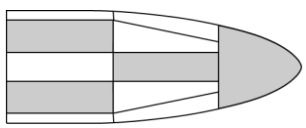
表 5　　船体中心線上に 1 列の油密隔壁を有する油タンカーの船体中央部以外の貨物タンク区域の有限要素解析に用いる荷重組合せ

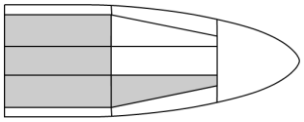
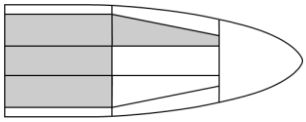
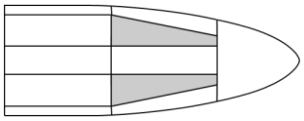
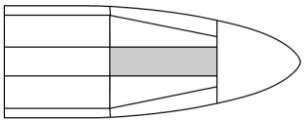
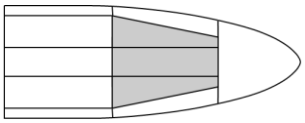
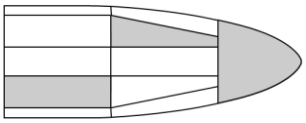
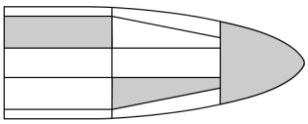
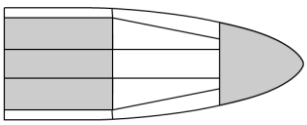
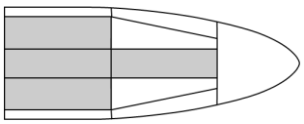
No.	積付パターン	静水荷重			動的荷重ケース	
		喫水	$C_{BM\text{-}LC}$：許容静水中曲げモーメントの割合（%）	$C_{SF\text{-}LC}$：許容静水中せん断力の割合（%）	後部区域	前部区域
航海状態						
B1		0.9T_{SC}	100% （サギング）	100%	HSM-1 FSM1 BSP-1P/S OSA-1S	HSM-1 BSP-1P/S OSA-2S
			100% （ホギング）	100%	HSM-2 FSM-2 BSP-1P/S OSA-1P OST-2P/S	HSM-2 FSM-2 BSP-1P/S OSA-2S
B2		0.9T_{SC}	100% （サギング）	100%	HSM-1 FSM-1 BSP-1P/S OSA-1P	HSM-1 BSP-1P/S OSA-2P
			100% （ホギング）	100%	HSM-2 FSM-2 BSP-1P/S OSA-1S OST-2P/S	HSM-2 FSM-2 BSP-1P/S OSA-2P
B3		0.9T_{SC}	100% （ホギング）	100% Max SFLC	HSM-2 FSM-2	HSM-2 FSM-2
				100%	BSP-1P/S BSR-1P/S	BSR-1P/S
			0%	100% Max SFLC	HSM-1 FSM-1	HSM-1 FSM-1
				100%	BSP-1P/S	BSP-1P/S
B4		0.6T_{SC}	100% （サギング）	75%	HSM-1 BSR-1P/S	HSM-1 BSP-1P/S OSA-2P/S
B5		0.6T_{SC}	100% （サギング）	75%	HSM-1 BSR-1P/S	HSM-1 BSP-1P/S OSA-2P/S

B6		$0.6T_{SC}$	100% （サギング）	100% Max SFLC	HSM-1 FSM-1	HSM-1 FSM-1
				100%	OST-1P/S	OSA-2P/S
			0%	100% Max SFLC	HSM-2 FSM-2	HSM-2 FSM-2
				100%	OSA-2P/S	OSA-2P/S
港内及び水圧試験状態						
B8		$0.33T_{SC}$	100% （サギング）	100% (1) Max SFLC	N/A	
				100% (2) Max SFLC	N/A	
B9		$0.33T_{SC}$	100% （サギング）	75%	N/A	
B10		$0.33T_{SC}$	100% （サギング）	75%	N/A	
B11		T_{SC}	100% （ホギング）	100% (1) Max SFLC	N/A	
				100% (2) Max SFLC	N/A	

(1) 中央貨物タンクの後端隔壁でのターゲット値までせん断力を調整しなければならない。
(2) 中央貨物タンクの前端隔壁でのターゲット値までせん断力を調整しなければならない。

表 6　　2 列の油密隔壁を有する油タンカーの最前端の貨物タンクの有限要素解析に用いる荷重組合せ

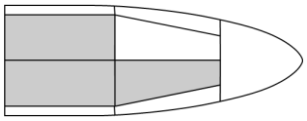
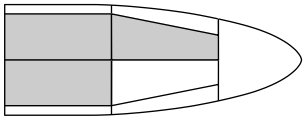
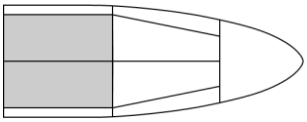
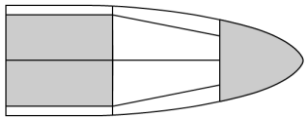
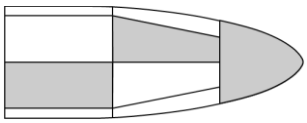
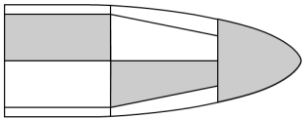
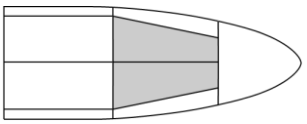
No.	積付パターン	静水荷重			動的荷重ケース
		喫水	$C_{BM\text{-}LC}$：許容静水中曲げモーメントの割合（%）	$C_{SF\text{-}LC}$：許容静水中せん断力の割合（%）	最前端の貨物タンク
航海状態					
A1		$0.9T_{SC}$	100% （サギング）	100%	HSM-1 FSM-1 BSP-1P/S BSR-1P/S OSA-2P/S OST-1P/S
A2		$0.9T_{SC}$	100% （サギング）	100%	HSM-1 OSA-2P/S
A3-1		$0.65T_{SC}$	100% （サギング）	100%	HSM-1 OSA-2P/S
A3-2 (1)		$0.65T_{SC}$	0%	100% Max SFLC	HSM-2
				100%	BSP-1P/S OSA-2P/S
			100% （サギング）	100% Max SFLC	HSM-1
				100%	OSA-2P/S
A4 (1)		$0.6T_{SC}$	50% （ホギング）	100%	FSM-1 BSP-1P/S OSA-2P/S
A5		$0.65T_{SC}$	0%	100% Max SFLC	HSM-1
			100% （ホギング）	100% Max SFLC	HSM-2
				100%	BSP-1P/S
A6 (1)		$0.6T_{SC}$	50% （ホギング）	100%	OSA-2P/S

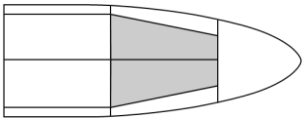
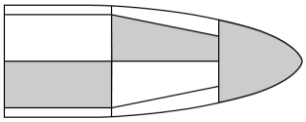
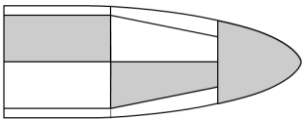
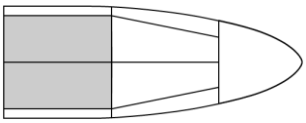
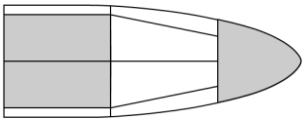
A7a		T_{LC}	100% （サギング）	100%	HSM-1 HSA-1 FSM-1 BSP-1P/S BSR-1P/S OST-1P/S OSA-2P/S
A7b		T_{LC}	100% （サギング）	100%	HSM-1 HSA-1 FSM-1 BSP-1P/S BSR-1P/S OST-1P/S OSA-2P/S
港内及び水圧試験状態					
A9		$0.25T_{SC}$	100% （ホギング）	100%	N/A
A10		$0.25T_{SC}$	100% （ホギング）	100%	N/A
A11		$0.6T_{SC}$	100% （ホギング）	100% (2) Max SFLC	N/A
				100% (3) Max SFLC	N/A
A12-a (1) (4)		$0.33T_{SC}$	N/A	N/A	N/A
A12-b (1) (4)		$0.33T_{SC}$	N/A	N/A	N/A
A13 (1)		$0.7T_{SC}$	100% （サギング）	100% (2) Max SFLC	N/A
				100% (3) Max SFLC	N/A
A14		T_{SC}	100% （サギング）	100%	N/A

(1) 船首バラストタンクはすべて 100%張水とする。
(2) 中央貨物タンクの後端隔壁でのターゲット値までせん断力を調整しなければならない。
(3) 中央貨物タンクの前端隔壁でのターゲット値までせん断力を調整しなければならない。

(4) 有限要素モデルに局部荷重を適用した結果から得られる実際のせん断力及び曲げモーメントを使用しなければならない。調整垂直荷重及び調整曲げモーメントは負荷してはならない。

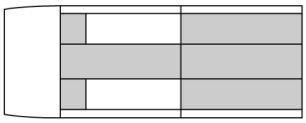
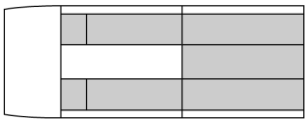
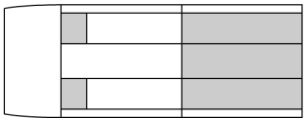
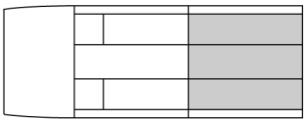
表 7　船体中心線上に 1 列の油密隔壁を有する油タンカーの最前端の貨物タンクの有限要素解析に用いる荷重組合せ

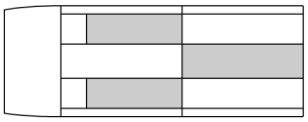
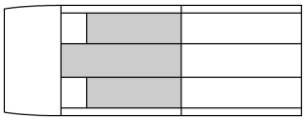
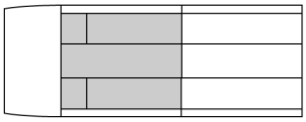
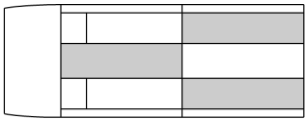
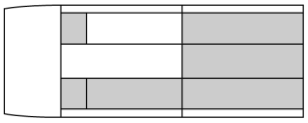
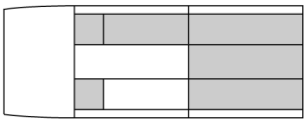
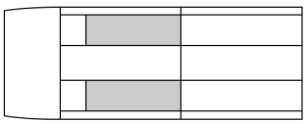
No.	積付パターン	静水荷重			動的荷重ケース
		喫水	$C_{BM\text{-}LC}$：許容静水中曲げモーメントの割合（%）	$C_{SF\text{-}LC}$：許容静水中せん断力の割合（%）	最前端の貨物タンク
航海状態					
B1		$0.9T_{SC}$	100% （サギング）	100%	HSM-1 BSP-1P/S OSA-2P/S
B2		$0.9T_{SC}$	100% （サギング）	100%	HSM-1 BSP-1P/S OSA-2P/S
B3-1		$0.9T_{SC}$	100% （サギング）	100%	BSP-1P/S OSA-2P/S HSM-1
B3-2 (1)		$0.9T_{SC}$	0%	100% Max SFLC	HSM-2
				100%	BSP-1P/S OSA-2P/S
			100% （サギング）	100% Max SFLC	HSM-1 FMS-1
				100%	BSP-1P/S OST-1P/S OSA-2P/S
B4 (1)		$0.6T_{SC}$	100% （ホギング）	75%	BSP-1P/S OSA-2P/S
B5 (1)		$0.6T_{SC}$	100% （ホギング）	75%	BSP-1P/S OSA-2P/S
B6		$0.6T_{SC}$	0%	100% Max SFLC	HSM-1
				100%	OSA-2P/S
			100% （ホギング）	100% Max SFLC	HSM-2 FSM-2
				100%	OSA-2P/S

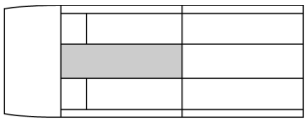
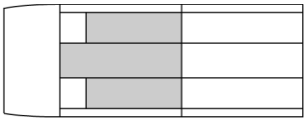
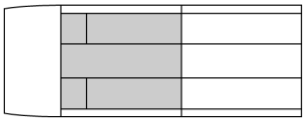
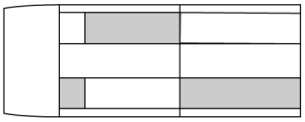
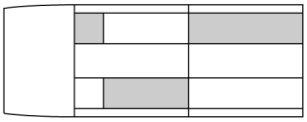
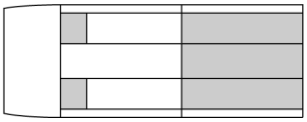
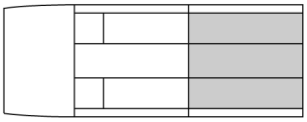
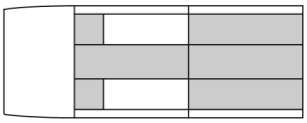
港内及び水圧試験状態					
B8		$0.33T_{SC}$	100% （ホギング）	100% (2) Max SFLC	N/A
				100% (3) Max SFLC	N/A
B9 (1)		$0.33T_{SC}$	100% （ホギング）	75%	N/A
B10 (1)		$0.33T_{SC}$	100% （ホギング）	75%	N/A
B11-1		T_{SC}	100% （サギング）	100%	N/A
B11-2 (1)		T_{SC}	100% （サギング）	100% (2) Max SFLC	N/A
				100% (3) Max SFLC	N/A

(1) 船首バラストタンクはすべて 100%漲水とする。
(2) 中央貨物タンクの後端隔壁でのターゲット値までせん断力を調整しなければならない。
(3) 中央貨物タンクの前端隔壁でのターゲット値までせん断力を調整しなければならない。

表 8　　2 列の油密隔壁を有する油タンカーの最後端の貨物タンクの有限要素解析に用いる荷重組合せ

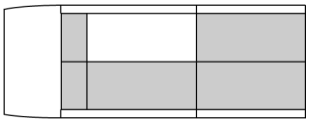
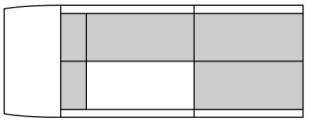
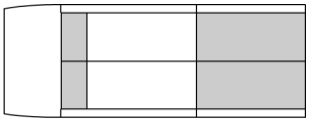
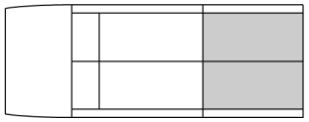
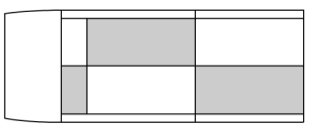
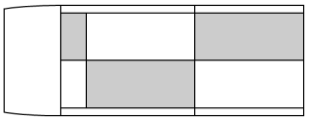
No.	積付パターン	静水荷重			動的荷重ケース
		喫水	$C_{BM\text{-}LC}$：許容静水中曲げモーメントの割合（%）	$C_{SF\text{-}LC}$：許容静水中せん断力の割合（%）	最後端の貨物タンク
航海状態					
A1		$0.9T_{SC}$	100% （サギング）	100%	HSM-1 FSM-1 BSP-1P/S
			100% （ホギング）	100%	HSM-2 BSP-1P/S BSR-1P/S OSA-1P/S
A2		$0.9T_{SC}$	100% （サギング）	100%	HSM-1 FSM-1 BSR-1P/S OST-1P/S
			100% （ホギング）	100%	HSM-2 FSM-1 FSM-2 OSA-1P/S
A3-1 (1)(2)		$0.65T_{SC}$	100% （ホギング）	100% Max SFLC	HSM-2 FSM-2
			100% （サギング）	100% Max SFLC	HSM-1 FSM-1
				100%	BSP-1P/S
A3-2 (1) (3)		$0.65T_{SC}$	100% （ホギング）	100% Max SFLC	HSM-2
				100%	BSP-1P/S OSA-1P/S
			100% （サギング）	100% Max SFLC	HSM-1 FSM-1
				100%	BSP-1P/S OST-1P/S

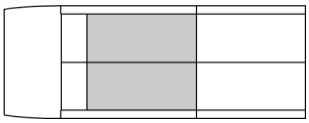
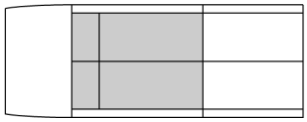
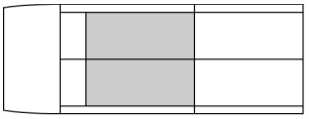
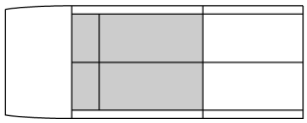
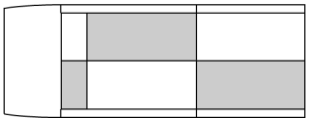
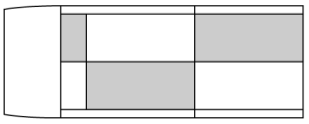
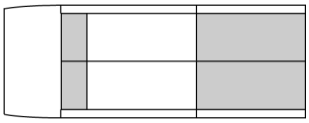
A4		$0.6T_{SC}$	100% （サギング）	100%	HSM-1 BSP-1P/S
			100% （ホギング）	100%	HSM-2 FSM-1 BSP-1P/S OSA-1P/S OSA-2P/S
A5-1 (2)		$0.65T_{SC}$	0%	100% Max SFLC	HSM-1 HSM-2 FSM-1
			100% （ホギング）	100% Max SFLC	HSM-2 FSM-1
				100%	BSP-1P/S
A5-2 (3)		$0.65T_{SC}$	0%	100% Max SFLC	HSM-1 HSM-2
				100%	BSP-1P/S BSR-1P/S
			100% （ホギング）	100% Max SFLC	HSM-2 FSM-2
A6		$0.6T_{SC}$	100% （ホギング）	100%	HSM-2 FSM-1 BSP-1P/S BSR-1P/S OSA-1P/S
A7a		T_{LC}	100% （ホギング）	100%	HSM-2 FSM-1 BSP-1P/S BSR-1P/S OSA-1P/S
A7b		T_{LC}	100% （ホギング）	100%	HSM-2 FSM-1 BSP-1P/S BSR-1P/S OSA-1P/S
港内及び水圧試験状態					
A9		$0.25T_{SC}$	100% （ホギング）	100%	N/A

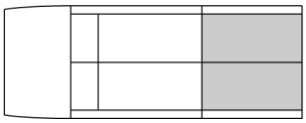
A10		$0.25T_{SC}$	100% （ホギング）	100%	N/A
A11-1 (2)		$0.6T_{SC}$	100% （ホギング）	100% (5) Max SFLC	N/A
A11-2 (3)		$0.6T_{SC}$	100% （ホギング）	100% (5) Max SFLC	N/A
				100% (6) Max SFLC	N/A
A12a (4)		$0.33T_{SC}$	N/A	N/A	N/A
A12b (4)		$0.33T_{SC}$	N/A	N/A	N/A
A13-1 (1)(2)		$0.7T_{SC}$	100% （ホギング）	100% (5) Max SFLC	N/A
A13-2 (1)(3)		$0.7T_{SC}$	100% （ホギング）	100% (5) Max SFLC	N/A
				100% (6) Max SFLC	N/A
			100% （サギング）	100% (5) Max SFLC	N/A
				100% (6) Max SFLC	N/A
A14		T_{SC}	100% （ホギング）	100%	N/A
			100% （サギング）	100%	N/A

(1) タンク境界が機関室前端隔壁にある機関室内の燃料及びバラストタンクは 100%張水とする。
(2) 考慮する貨物タンクの後端隔壁におけるせん断力の調整は，スロップタンク前端隔壁にて行わなければならない。
(3) 考慮する貨物タンクの後端隔壁におけるせん断力の調整は，機関室前端隔壁にて行わなければならない。
(4) 有限要素モデルに局部荷重を負荷することで求める実際のせん断力及び曲げモーメントを用いなければならない。このとき，調整垂直荷重及び調整曲げモーメントは負荷してはならない。
(5) 中央貨物タンクの後端隔壁でのターゲット値までせん断力を調整しなければならない。
(6) 中央貨物タンクの前端隔壁でのターゲット値までせん断力を調整しなければならない。

表 9　船体中心線上に 1 列の油密隔壁を有する油タンカーの最後端の貨物タンクの有限要素解析に用いる荷重組合せ

No.	積付パターン	静水荷重			動的荷重ケース
		喫水	$C_{BM\text{-}LC}$：許容静水中曲げモーメントの割合（%）	$C_{SF\text{-}LC}$：許容静水中せん断力の割合（%）	最後端の貨物タンク
航海状態					
B1		$0.9T_{SC}$	100% （サギング）	100%	HSM-1 FSM-1 BSP-1P/S BSR-1P/S
			100% （ホギング）	100%	HSM-2 BSP-1P/S OSA-1P/S
B2		$0.9T_{SC}$	100% （サギング）	100%	HSM-1 FSM-1 BSP-1P/S BSR-1P/S
			100% （ホギング）	100%	HSM-2 BSP-1P/S OSA-1P/S
B3-1 (1) (2)		$0.9T_{SC}$	100% （ホギング）	100% Max SFLC	HSM-2
				100%	BSP-1P/S
			100% （サギング）	100% Max SFLC	HSM-1 FSM-1
				100%	BSP-1P/S
B3-2 (1) (3)		$0.9T_{SC}$	100% （ホギング）	100% Max SFLC	HSM-2 FSM-2
				100%	BSP-1P/S OSA-1P/S
			100% （サギング）	100% Max SFLC	HSM-1 FSM-1
				100%	BSP-1P/S
B4		$0.6T_{SC}$	100% （ホギング）	75%	HSM-2 BSP-1P/S OSA-1P/S
B5		$0.6T_{SC}$	100% （ホギング）	75%	HSM-2 BSP-1P/S OSA-1P/S

B6-1 (2)		$0.6T_{SC}$	0%	100% Max SFLC	HSM-1
			100% （ホギング）	100% Max SFLC	HSM-2
B6-2 (3)		$0.6T_{SC}$	0%	100% Max SFLC	HSM-1
			100% （ホギング）	100% Max SFLC	HSM-2
				100%	HSA-2 BSR-1P/S
港内及び水圧試験状態					
B8-1 (2)		$0.33T_{SC}$	100% （ホギング）	100% (4) Max SFLC	N/A
B8-2 (3)		$0.33T_{SC}$	100% （ホギング）	100% (4) Max SFLC	N/A
				100% (5) Max SFLC	N/A
			100% （サギング）	100% (4) Max SFLC	N/A
				100% (5) Max SFLC	N/A
B9		$0.33T_{SC}$	100% （ホギング）	75%	N/A
B10		$0.33T_{SC}$	100% （ホギング）	75%	N/A
B11-1 (1) (2)		T_{SC}	100% （ホギング）	100% (4) Max SFLC	N/A
			100% （サギング）	100% (4) Max SFLC	N/A

B11-2 (1) (3)		T_{SC}	100% （ホギング）	100% (4) Max SFLC	N/A
				100% (5) Max SFLC	N/A
			100% （サギング）	100% (4) Max SFLC	N/A
				100% (5) Max SFLC	N/A

(1) タンク境界が機関室前端隔壁にある機関室内の燃料及びバラストタンクは 100%漲水とする。
(2) 考慮する貨物タンクの後端隔壁におけるせん断力の調整は，スロップタンク前端隔壁にて行わなければならない。
(3) 考慮する貨物タンクの後端隔壁におけるせん断力の調整は，機関室前端隔壁にて行わなければならない。
(4) 中央貨物タンクの後端隔壁でのターゲット値までせん断力を調整しなければならない。
(5) 中央貨物タンクの前端隔壁でのターゲット値までせん断力を調整しなければならない。

4. ばら積貨物船

4.1 ばら積貨物船特有の設計積付状態

4.1.1 航海状態

ローディングマニュアルには，少なくとも，次に示す航海中の積付状態を記載しなければならない。

(a) 4.1.2 から 4.1.4 に規定する積付状態

(b) バラストタンクが満載，部分漲水又は空のヘビーバラスト状態。バラストタンクを部分漲水とする場合，2.2.1 の要件を満足しなければならない。プロペラの没水率ℓ/D_pを少なくとも 60%としなければならない。トリムは船尾トリムとし，$0.015L_{LL}$を超えてはならない。船首における型喫水は，$0.03L_{LL}$又は$8m$の値のうち小さい方の値未満としてはならない。

4.1.2 *BC-C* 船の積付状態

構造用喫水となる状態であって，すべての貨物倉に倉口まで貨物を均等に積載し，かつ，すべてのバラストタンクを空とする均等積状態をローディングマニュアルに記載しなければならない。

4.1.3 *BC-B* 船の積付状態

BC-C 船に対する要件に加え，構造用喫水となる状態であって，すべての貨物倉に貨物密度が $3.0t/m^3$ の貨物を同じ積付率（貨物質量を貨物倉容積で除した値）で積載し，かつ，すべてのバラストタンクを空とする均等積状態をローディングマニュアルに記載しなければならない。

この設計積付状態において適用する貨物密度が $3.0t/m^3$ と異なる場合には，船舶への適用が許容される最大貨物密度をローディングマニュアルに記載しなければならない。さらに，最大貨物密度が $3.0t/m^3$ より小さい場合は，1 章 1 節 3.2.1 の規定に従い船級符号への付記に最大貨物密度を“*Maximum cargo density in t/m*^{3}”と注記しなければならない。

4.1.4 *BC-A* 船の積付状態

BC-B 船に対する要件に加え，構造用喫水となる状態であって，特定の貨物倉を空とし，その他のすべての積載倉に貨物密度が $3.0t/m^3$ の貨物を同じ積付率（貨物質量を貨物倉容積で除した値）で積載し，かつ，すべてのバラストタンクを空とする積付状態を，少なくとも一組は考慮しなければならない。

空となる貨物倉の組合せについては，船級符号への付記に“*Holds a, b, … may be empty*”と注記しなければならない。

この設計積付状態において適用する設計貨物密度が $3.0t/m^3$ と異なる場合には，船舶への適用が許容される最大貨物密度をローディングマニュアルに記載しなければならない。さらに，最大貨物密度が $3.0t/m^3$ より小さい場合は，1 章 1 節 3.2.1 の規定に従い船級符号への付記に最大貨物密度を“*Holds a, b, … may be empty with maximum cargo density in t/m*^{3}”と注記しなければならない。

4.1.5 追加のバラスト状態

次に示す縦強度評価に用いるバラスト状態をローディングマニュアルに記載しなければならない。

- すべてのバラストタンクが満載のバラスト状態
- すべてのバラストタンク及び，海上においてバラスト水を漲水することができる貨物倉を備える場合にはその 1 つを満載としたヘビーバラスト状態

  海上において 2 つ以上の貨物倉にバラスト水を漲水することができる場合は，縦強度評価において，2 つ以上の貨物倉が同時に満載であると想定する必要はない。ただし，ヘビーバラスト状態において 2 つ以上の貨物倉が同時に満載であると想定する場合にあってはこの限りではない。また，各貨物倉が個別に検討されない場合にあっては，指定するヘビーバラストホールド並びにその他のバラストホールドに関するすべての制限事項をローディングマニュアルに記載しなければならない。

4.1.6 スチールコイル又は重量物

ローディングマニュアルに次の注意事項を記載しなければならない。

「スチールコイル又は重量物等の二重底の局部強度に影響を及ぼすような貨物であって，ローディングマニュアルに記載されていないものを積載する場合には，最大許容貨物質量及び最小必要貨物質量については別途考慮する必要がある。」

4.2 直接強度解析に用いる設計荷重の組合せ

4.2.1 一般要件

直接強度解析には，次に示す積付パターンを適用しなければならない。

(a) 構造用喫水において，任意の貨物倉にM_{Full}の貨物質量を積載する状態。この時，当該貨物倉付近に燃料油タンクがある場合は満載とし，当該貨物倉下の二重底バラストタンクは空とする。

(b) 構造用喫水において，任意の貨物倉に少なくとも M_H の 50%の貨物質量を積載する状態。この時，当該貨物倉下のすべての二重底タンク及び当該貨物倉付近のすべての燃料油タンクは空とする。

(c) 最大バラスト喫水において，任意の貨物倉を空とする状態。この時，当該貨物倉下のすべての二重底タンク及び当該貨物倉付近のすべての燃料油タンクは空とする。なお，トップサイドタンクと二重底タンクが恒久的につながっている場合にあっては，次の状態を考慮すること。

- トップサイドタンク及び二重底タンクが空
- トップサイドタンク及び二重底タンクが満載

4.2.2 多港積荷・揚荷状態

次に示す多港積荷・揚荷状態は，“*no MP*”を付記する場合を除き，すべてのばら積貨物船に適用する。

(a) 構造用喫水の 67%にあたる喫水において，任意の貨物倉に M_{Full} の貨物質量を積載する状態。この時，当該貨物倉付近に燃料油タンクがある場合は満載とし，当該貨物倉下の二重底バラストタンクは空としなければならない。

(b) 構造用喫水の 83%にあたる喫水において，任意の貨物倉を空とする状態。この時，当該貨物倉下のすべての二重底タンク及び当該貨物倉付近のすべての燃料油タンクは空としなければならない。

(c) 構造用喫水の 67%にあたる喫水において，任意の隣接する 2 つの貨物倉に M_{Full} の貨物質量を積載し，当該貨物倉の隣接倉を空とする状態。この時，当該貨物倉付近に燃料油タンクがある場合は満載とし，当該貨物倉下の二重底バラストタンクは空としなければならない。なお，本積付状態における貨物質量及び燃料油タンクに関する要件は，当該貨物倉の隣接倉にバラストを積載する積付状態においても適用しなければならない。

(d) 構造用喫水の 75%にあたる喫水において，任意の隣接する 2 つの貨物倉を空とし，当該貨物倉の隣接倉を満載とする状態。この時，当該貨物倉下のすべての二重底タンク及び当該貨物倉付近の燃料油タンクは空としなければならない。

4.2.3 隔倉積状態

次に示す隔倉積状態は，*BC-A* 船のみに適用する。

(a) 構造用喫水において空とする貨物倉が空で，当該貨物倉下のすべての二重底タンク及び当該貨物倉付近の燃料油タンクも空の状態

(b) 構造用喫水において，密度の高い貨物を積載する貨物倉に対して，M_{HD}+0.1M_H の貨物質量を積載する部分積付状態。この時，**4 章 6 節表 1** による部分積付の貨物倉に対応する最も貨物密度の大きい貨物を積載しなければならない。この時，当該貨物倉付近に燃料油タンクがある場合は満載とし，当該貨物倉下の二重底バラストタンクは空としなければならない。

(c) 構造用喫水において，密度の高い貨物を積載する貨物倉に対して，M_{HD}+0.1M_H の貨物質量を積載する満載状態。この時，**4 章 6 節表 1** による満載積付の貨物倉に対応する最も貨物密度の小さい貨物を積載しなければならない。この時，当該貨物倉付近に燃料油タンクがある場合は満載とし，当該貨物倉下の二重底バラストタンクは空としなければならない。

(d) 隔倉ブロック積状態での航行を計画する場合にあっては，構造用喫水において，当該設計積付状態での最大貨物質量を 0.1M_H の分だけ増加した貨物質量を任意の隣接する 2 つの各貨物倉に積載し，当該貨物倉の隣接倉を空とする状態を考慮しなければならない。この時，当該貨物倉付近に燃料油タンクがある場合は満載とし，当該貨物倉下の二重底バラストタンクは空としなければならない。なお，実際の運航における最大許容貨物重量は，当該設計積付状態での最大貨物質量を超えてはならない。

4.2.4 ヘビーバラスト状態

次に示す積付状態は，バラストホールドのみに適用する。

- 任意のヘビーバラスト喫水において，バラストホールドとして設計される貨物倉にバラスト水を倉口まで漲水する状態。この時，当該貨物倉下の二重底タンク及び当該貨物倉付近の燃料油タンクは満載としなければならない。また，トップサイドタンク，ホッパタンク及び二重底タンクと隣接するバラストホールドに対しては，当該バラストホールドを満載まで漲水し，トップサイドタンク，ホッパタンク，スツール及び二重底タンクを空にした状態においても強度要件を満足しなければならない。

4.2.5 すべてのばら積貨物船の港内状態での追加の積付状態

次に示す港内状態での追加の積付状態は，すべてのばら積貨物船に適用する。

(a) 喫水が構造用喫水より浅くなる港内荷役状態における最大許容貨物質量は，構造用喫水における航海状態の最大許容貨物質量の 15%にあたる質量の分だけ増加して差し支えない。ただし，構造用喫水における航海状態の最大許

容貨物質量を越えてはならない。なお，最小必要貨物質量については，同量だけ減ずることができる。

(b) 港内状態での構造用喫水の 67%にあたる喫水において，任意の貨物倉に航海状態の最大許容貨物質量を積載する状態。この時，当該貨物倉付近に燃料油タンクがある場合は満載とし，当該貨物倉下の二重底バラストタンクは空としなければならない。

(c) 港内状態での構造用喫水の 67%にあたる喫水において，任意の隣接する 2 つの貨物倉に M_{Full} の貨物質量を積載し，当該貨物倉の隣接倉を空とする状態。この時，当該貨物倉付近に燃料油タンクがある場合は満載とし，当該貨物倉下の二重底バラストタンクは空としなければならない。

4.2.6 直接強度解析に用いる設計荷重の組合せ

ばら積貨物船の直接強度解析において考慮する積付パターンは，**表 10** による。積付パターン毎に用いる荷重組合せは，**表 12** から**表 21** による。

表 10 追加の付記毎に考慮する積付パターン

積付パターン	参照規定	BC-			BC- {no MP}		
		A	B	C	A	B	C
満載均等積状態	**4.2.1 (a)**	×	×	×	×	×	×
スラック積状態	**4.2.1 (b)**	×	×	×	×	×	×
最大バラスト状態	**4.2.1 (c)**	×	×	×	×	×	×
多港積荷・揚荷状態 1	**4.2.2 (a)**	×	×	×			
多港積荷・揚荷状態 2	**4.2.2 (b)**	×	×	×			
多港積荷・揚荷状態 3	**4.2.2 (c)**	×	×	×			
多港積荷・揚荷状態 4	**4.2.2 (d)**	×	×	×			
隔倉積状態（部分積付）	**4.2.3 (a), (b)**	×			×		
隔倉積状態（満載）	**4.2.3 (a), (c)**	×			×		
隔倉ブロック積状態	**4.2.3 (d)**	×			×		
ヘビーバラスト状態	**4.2.4**	×	×	×	×	×	×
港内状態	**4.2.5**	×	×	×	×	×	×

4.2.7

有限要素解析に用いる設計荷重の組合せは，次による。

表 11 ばら積貨物船の設計荷重の組合せ

	船体中央部の貨物倉区域	船体中央部を除く貨物倉区域	最後端貨物倉	最前端貨物倉
BC-A 船 – EA	**表 12**	**表 15**	N/A	N/A
BC-A 船 – FA	**表 13**	**表 16**	**表 18**	**表 20**
BC- B 船及び *BC-C* 船	**表 14**	**表 17**	**表 19**	**表 21**
備考 1： 船体中央部を除く貨物倉区域とは，最前端貨物倉及び最後端貨物倉を除いた船体中央部の前後の貨物倉区域のことをいう。				

4.3 マスチャート

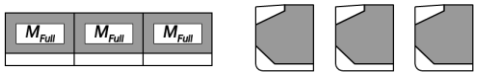
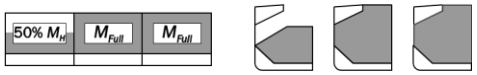
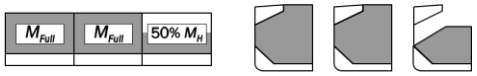
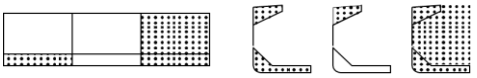
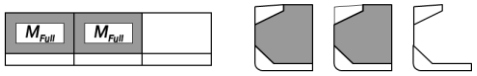
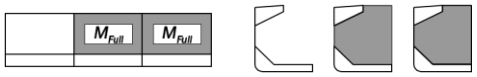
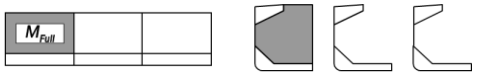
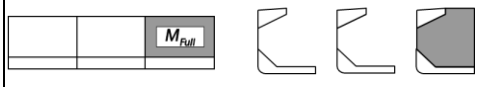
4.3.1

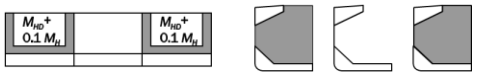
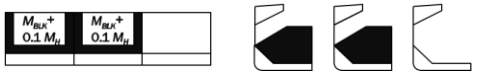
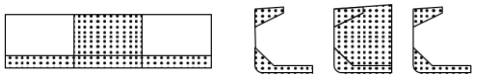
ローディングマニュアル及び積付計算機は，個々の貨物倉及び任意の隣接する 2 つの貨物倉に対するマスチャートを含まなければならない。これらのマスチャートは，**4.2.1** から **4.2.5**（**4.2.4** を除く）に規定する設計積付状態に基づいて作成しなければならない。任意の貨物倉又は任意の隣接する 2 つの貨物倉に対する最大許容貨物質量又は最小必要貨物質量は，二重底に作用する荷重差に関連する。二重底に働く荷重差は，喫水，貨物倉内の貨物質量並びに二重底タンク内の燃料及びバラスト水の質量による値とする。

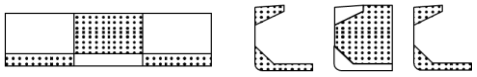
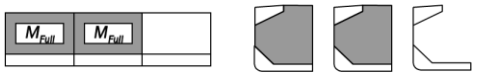
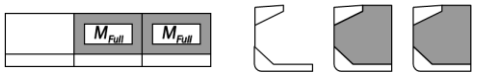
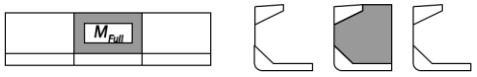
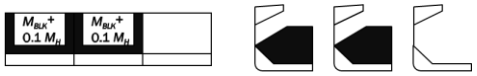
4.3.2 多港積荷・揚荷状態

マスチャートは，**4 章付録 1** に規定する航海状態及び港内荷役状態の喫水に応じた最大許容貨物重量及び最小必要貨物重量の値により算定しなければならない。

表 12　隔倉積状態にある *BC-A* 船（EA）の船体中央部の貨物倉区域における空倉の有限要素解析に用いる荷重組合せ

No.	積付状態 参照規定	積付パターン　後　中央　前	喫水	$C_{BM\text{-}LC}$：許容静水中曲げモーメントの割合（%）	$C_{SF\text{-}LC}$：許容静水中せん断力の割合（%）	動的荷重ケース
航海状態						
1(2)	満載状態 **4.1.3**		T_{SC}	50% （サギング）	100%	BSP-1P/S OST-1P/S
2(1)	満載状態 **4.2.1(a)**		T_{SC}	50% （サギング）	100%	BSP-1P/S
3	スラック積状態 **4.2.1(b)**		T_{SC}	0%	100%	BSP-1P/S
4	スラック積状態 **4.2.1(b)**		T_{SC}	0%	100%	BSP-1P/S
5(3)(4)	最大バラスト喫水状態 **4.2.1(c)**		$T_{Bal\text{-}H}$	100% （ホギング）	100%	FSM-2 BSR-1P/S OST-2P/S
				100% （サギング）	100%	BSP-1P/S BSR-1P/S OST-1P/S
6	多港積荷・揚荷状態 3 **4.2.2(c)**		$0.67T_{SC}$	100% （サギング）	100%	HSM-1 OST-1P/S
7	多港積荷・揚荷状態 3 **4.2.2(c)**		$0.67T_{SC}$	100% （サギング）	100%	HSM-1 OST-1P/S
8	多港積荷・揚荷状態 4 **4.2.2(d)**		$0.75T_{SC}$	100% （ホギング）	100%	HSM-2 OST-2P/S
				100% （サギング）	100%	BSP-1P/S BSR-1P/S OST-1P/S
9	多港積荷・揚荷状態 4 **4.2.2(d)**		$0.75T_{SC}$	100% （ホギング）	100%	HSM-2 OST-2P/S
				100% （サギング）	100%	BSP-1P/S BSR-1P/S OST-1P/S

10[2]	隔倉積状態 （部分積付） **4.2.3(a),(b)**		T_{SC}	100% （ホギング）	100%[8] Max SFLC	FSM-2
					100%[9] Max SFLC	FSM-2
					100%	OST-2P/S
				0%	100%	BSP-1P/S OST-1P/S
					100%[10] Max SFLC	HSM-1
11	隔倉積状態 （満載） **4.2.3 (a),(c)**		T_{SC}	100% （ホギング）	100%[8] Max SFLC	FSM-2 HSM-2
					100%[9] Max SFLC	FSM-2 HSM-2
					100%	OST-2P/S
				0%	100%	BSP-1P/S
					100%[10] Max SFLC	HSM-1
12[2] (5)(6) (13)	隔倉ブロック 積状態 **4.2.3 (d)**		T_{SC}	100% （ホギング）	100%	FSM-2 OST-2P/S
				100% （サギング）	100%	HSM-1 BSP-1P/S OST-1P/S
13[2] (5)(6) (13)	隔倉ブロック 積状態 **4.2.3 (d)**		T_{SC}	100% （ホギング）	100%	FSM-2 OST-2P/S
				100% （サギング）	100%	HSM-1 BSP-1P/S OST-1P/S
14[7]	ヘビーバラスト状態 **4.2.4**		T_{BAL-H}	0%	100%[10] Max SFLC	FSM-2 HSM-2
					100%	BSR-1P/S
				100% （サギング）	100%[8] Max SFLC	HSM-1
					100%[9] Max SFLC	HSM-1
					100%	BSR-1P/S

15(7)	ヘビーバラスト状態 4.2.4		T_{BAL-H}	0% 100% （サギング）	100% 100%	BSR-1P/S BSR-1P/S
港内状態						
16	港内状態 4.2.5(a),(c)		T_{H1}	100% （ホギング） 100% （サギング）	100% 100%	N/A N/A
17	港内状態 4.2.5(a),(c)		T_{H1}	100% （ホギング） 100% （サギング）	100% 100%	N/A N/A
18	港内状態 4.2.5(a),(b)		T_{H2}	100% （ホギング） 100% （サギング）	100%(11) Max SFLC 100%(12) Max SFLC 100%(11) Max SFLC 100%(12) Max SFLC	N/A N/A N/A N/A
19(13)	隔倉ブロック積状態（港内） 4.2.3(d)		T_{H3}	100% （ホギング） 100% （サギング）	100% 100%	N/A N/A
20(13)	隔倉ブロック積状態（港内） 4.2.3(d)		T_{H3}	100% （ホギング） 100% （サギング）	100% 100%	N/A N/A

(1) 当該積付パターンの代わりに，貨物質量 M_{Full} 及び 4.1.4 に規定する最大貨物密度の貨物を積載する積付パターン 1 を考慮して差し支えない。

(2) ばら積貨物による圧力を算定するにあたっては，4.1.4 に規定する最大貨物密度を用いなければならない。

(3) バラストホールドがない場合は，M_{SW}=100%（ホギング）と想定したノーマルバラスト状態を考慮しなければならない。

(4) バラストホールドの位置が適切となるよう調整しなければならない。

(5) この積付状態がローディングマニュアルに記載される場合のみ，当該積付状態を考慮しなければならない。

(6) 設計値の代わりに，ローディングマニュアルに記載される実際の静水中垂直曲げモーメントを用いて差し支えない。

(7) 空のバラストホールドがある場合は，当該貨物倉についてこの積付状態を考慮しなければならない。

(8) 中央貨物倉の位置が $x_{b-aft} \leq 0.5L_{CSR}$ 及び $x_{b-fwd} \geq 0.5L_{CSR}$ の場合は，中央貨物倉の後端隔壁でのターゲット値までせん断力を調整しなければならない。

(9) 中央貨物倉の位置が $x_{b-aft} \leq 0.5L_{CSR}$ 及び $x_{b-fwd} \geq 0.5L_{CSR}$ の場合は，中央貨物倉の前端隔壁でのターゲット値までせん断力

を調整しなければならない。

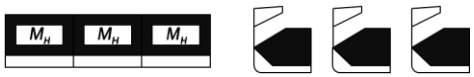
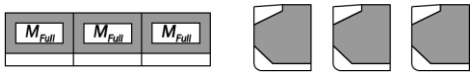
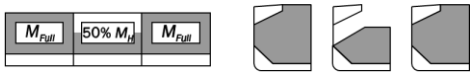
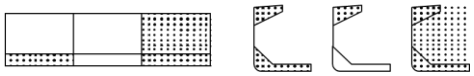
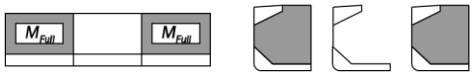
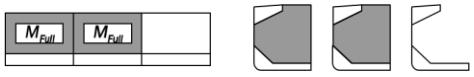
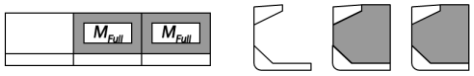
(10) 中央貨物倉の位置が$x_{b-aft} > 0.5L_{CSR}$又は$x_{b-fwd} < 0.5L_{CSR}$の場合のみ，この積付状態を考慮しなければならない。

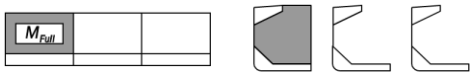
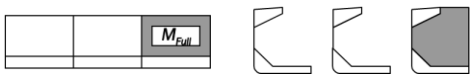
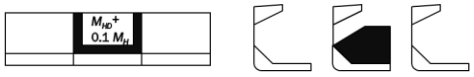
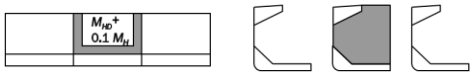
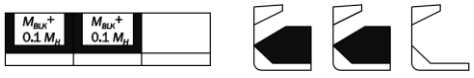
(11) 中央貨物倉の後端隔壁でのターゲット値までせん断力を調整しなければならない。

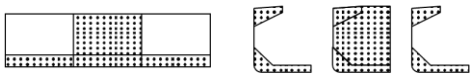
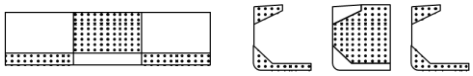
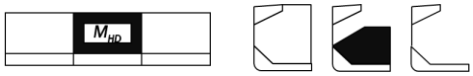
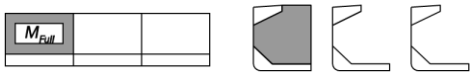
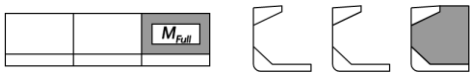
(12) 中央貨物倉の前端隔壁でのターゲット値までせん断力を調整しなければならない。

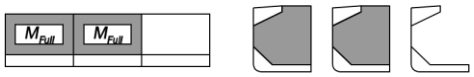
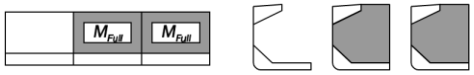
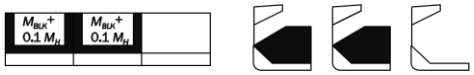
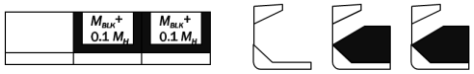
(13) ブロック積状態がローディングマニュアルに記載される場合のみ，この積付状態を考慮しなければならない。

表 13　隔倉積状態にある *BC-A* 船（FA）の船体中央部の貨物倉区域における積載倉の有限要素解析に用いる荷重組合せ

No.	積付状態 参照規定	積付パターン　　後　中央　前	喫水	$C_{BM\text{-}LC}$：許容静水中曲げモーメントの割合（%）	$C_{SF\text{-}LC}$：許容静水中せん断力の割合（%）	動的荷重ケース
航海状態						
1(2)	満載状態 **4.1.3**		T_{SC}	50% （サギング）	100%	BSP-1P/S OST-1P/S
2(1)	満載状態 **4.2.1(a)**		T_{SC}	50% （サギング）	100%	BSP-1P/S
3	スラック積状態 **4.2.1(b)**		T_{SC}	0%	100%	BSP-1P/S
4(3)(4)	最大バラスト喫水状態 **4.2.1(c)**		$T_{BAL\text{-}H}$	100% （ホギング）	100%	FSM-2 BSR-1P/S OST-2P/S
				100% （サギング）	100%	BSP-1P/S BSR-1P/S OST-1P/S
5	多港積荷・揚荷状態 2 **4.2.2(b)**		0.83T_{SC}	100% （ホギング）	100%(8) Max SFLC	FSM-2 HSM-2
					100%(9) Max SFLC	FSM-2 HSM-2
					100%	OST-2P/S
				100% （サギング）	100%(10) Max SFLC	HSM-1
					100%	BSP-1P/S OST-1P/S
6	多港積荷・揚荷状態 3 **4.2.2(c)**		0.67T_{SC}	100% （サギング）	100%	BSP-1P/S OST-1P/S
7	多港積荷・揚荷状態 3 **4.2.2(c)**		0.67T_{SC}	100% （サギング）	100%	BSP-1P/S OST-1P/S

8	多港積荷・揚荷状態 4 **4.2.2(d)**		$0.75T_{SC}$	100% （ホギング）	100%	FSM-2, HSM-2 BSR-1P/S OST-2P/S
				100% （サギング）	100%	BSP-1P/S BSR-1P/S OST-1P/S
9	多港積荷・揚荷状態 4 **4.2.2(d)**		$0.75T_{SC}$	100% （ホギング）	100%	FSM-2, HSM-2 BSR-1P/S OST-2P/S
				100% （サギング）	100%	BSP-1P/S BSR-1P/S OST-1P/S
10 (2)	隔倉積状態（部分積付） **4.2.3(a),(b)**		T_{SC}	100% （ホギング）	100% (10) Max SFLC	FSM-2 HSM-2
					100%	OST-2P/S
				0%	100% (8) Max SFLC	FSM-1 HSM-1
					100% (9) Max SFLC	FSM-1 HSM-1
					100%	BSP-1P/S OST-1P/S
11	隔倉積状態（満載） **4.2.3(a),(c)**		T_{SC}	100% （ホギング）	100% (10) Max SFLC	FSM-2 HSM-2
					100%	OST-2P/S
				0%	100% (8) Max SFLC	HSM-1
					100% (9) Max SFLC	HSM-1
					100%	BSP-1P/S
12 (2) (5) (6) (13)	隔倉ブロック積状態 **4.2.3(d)**		T_{SC}	100% （ホギング）	100%	FSM-2 HSM-2 OST-2P/S
				100% （サギング）	100%	HSM-1 BSP-1P/S OST-1P/S

13 (2) (5) (6) (13)	隔倉ブロック積状態 **4.2.3(d)**		T_{SC}	100%（ホギング）	100%	FSM-2 HSM-2 OST-2P/S
				100%（サギング）	100%	HSM-1 BSP-1P/S OST-1P/S
14 (7)	ヘビーバラスト状態 **4.2.4**		T_{BAL-H}	0%	100% (10) Max SFLC	FSM-2 HSM-2
					100%	BSR-1P/S
				100%（サギング）	100% (8) Max SFLC	HSM-1
					100% (9) Max SFLC	HSM-1
					100%	BSR-1P/S
15 (7)	ヘビーバラスト状態 **4.2.4**		T_{BAL-H}	0%	100%	BSR-1P/S
				100%（サギング）	100%	BSR-1P/S
港内状態						
16 (2)	港内状態 **4.2.5(a),(b)**		T_{H4}	100%（ホギング）	100% (11) Max SFLC	N/A
					100% (12) Max SFLC	N/A
				100%（サギング）	100% (11) Max SFLC	N/A
					100% (12) Max SFLC	N/A
17	港内状態 **4.2.5(a)**		$0.67T_{SC}$	100%（ホギング）	100%	N/A
				100%（サギング）	100%	N/A
18	港内状態 **4.2.5(a)**		$0.67T_{SC}$	100%（ホギング）	100%	N/A
				100%（サギング）	100%	N/A

19	港内状態 **4.2.5(a),(c)**		T_{H1}	100% （ホギング）	100%	N/A
				100% （サギング）	100%	N/A
20	港内状態 **4.2.5(a),(c)**		T_{H1}	100% （ホギング）	100%	N/A
				100% （サギング）	100%	N/A
21(13)	隔倉ブロック積状態（港内） **4.2.3(d)**		T_{H3}	100% （ホギング）	100%	N/A
				100% （サギング）	100%	N/A
22(13)	隔倉ブロック積状態（港内） **4.2.3(d)**		T_{H3}	100% （ホギング）	100%	N/A
				100% （サギング）	100%	N/A

(1) 当該積付パターンの代わりに，貨物質量 M_{Full} 及び **4.1.4** に規定する最大貨物密度の貨物を積載する積付パターン 1 を考慮して差し支えない。

(2) ばら積貨物による圧力を算定するにあたっては，**4.1.4** に規定する最大貨物密度を用いなければならない。

(3) バラストホールドがない場合は，M_{SW}=100%（ホギング）と想定したノーマルバラスト状態を考慮しなければならない。

(4) バラストホールドの位置が適切となるよう調整しなければならない。

(5) ブロック積状態がローディングマニュアルに記載される場合のみ，この積付状態を考慮しなければならない

(6) 設計値の代わりに，ローディングマニュアルに記載される実際の静水中垂直曲げモーメントを用いて差し支えない。

(7) 重貨物を積載するバラストホールドがある場合は，当該貨物倉についてこの積付状態を考慮しなければならない。

(8) 中央貨物倉の位置が$x_{b-aft} \leq 0.5L_{CSR}$及び$x_{b-fwd} \geq 0.5L_{CSR}$の場合は，中央貨物倉の後端隔壁でのターゲット値までせん断力を調整しなければならない。

(9) 中央貨物倉の位置が$x_{b-aft} \leq 0.5L_{CSR}$及び$x_{b-fwd} \geq 0.5L_{CSR}$の場合は，中央貨物倉の前端隔壁でのターゲット値までせん断力を調整しなければならない。

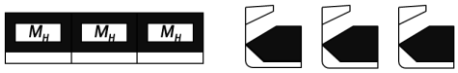
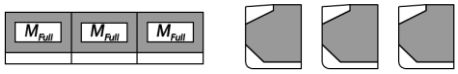
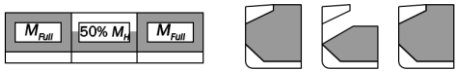
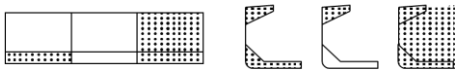
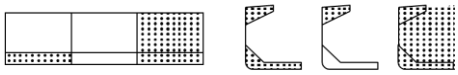
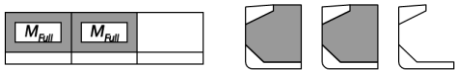
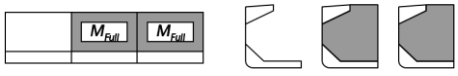
(10) 中央貨物倉の位置が$x_{b-aft} > 0.5L_{CSR}$又は$x_{b-fwd} < 0.5L_{CSR}$の場合のみ，この積付状態を考慮しなければならない。

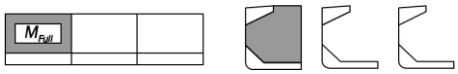
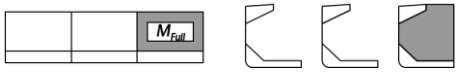
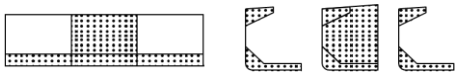
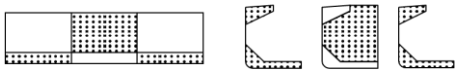
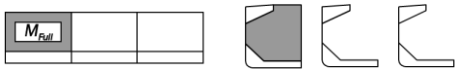
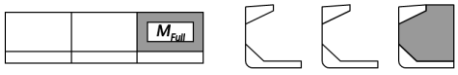
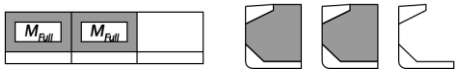
(11) 中央貨物倉の後端隔壁でのターゲット値までせん断力を調整しなければならない。

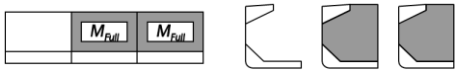
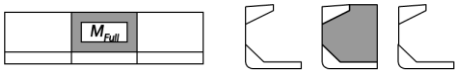
(12) 中央貨物倉の前端隔壁でのターゲット値までせん断力を調整しなければならない。

(13) ブロック積状態がローディングマニュアルに記載される場合のみ，この積付状態を考慮しなければならない。

表 14　　*BC-B* 船及び *BC-C* 船の船体中央部の貨物倉区域における貨物倉の有限要素解析に用いる荷重組合せ

No.	積付状態 参照規定	積付パターン　　後　中央　前	喫水	$C_{BM\text{-}LC}$：許容静水中曲げモーメントの割合（%）	$C_{SF\text{-}LC}$：許容静水中せん断力の割合（%）	動的荷重ケース
航海状態						
1(1)(3)	満載状態 **4.1.3**		T_{SC}	50% （サギング）	100%	BSP-1P/S OST-1P/S
2(2)	満載状態 **4.2.1(a)**		T_{SC}	50% （サギング）	100%	BSP-1P/S OST-1P/S
3	スラック積状態 **4.2.1(b)**		T_{SC}	0%	100%	BSP-1P/S
4(4)(5)	最大バラスト喫水状態 **4.2.1(c)**		$T_{BAL\text{-}H}$	100% （ホギング）	100%	FSM-2, BSR-1P/S OST-2P/S
				100% （サギング）	100%	BSP-1P/S BSR-1P/S OST-1P/S
5	多港積荷・揚荷状態 2 **4.2.2(b)**		0.83T_{SC}	100% （ホギング）	100%(7) Max SFLC	FSM-2 HSM-2
					100%(8) Max SFLC	FSM-2 HSM-2
					100%	OST-2P/S
				100% （サギング）	100%(9) Max SFLC	HSM-1
					100%	BSP-1P/S OST-1P/S
6	多港積荷・揚荷状態 3 **4.2.2(c)**		0.67T_{SC}	100% （サギング）	100%	BSP-1P/S OST-1P/S
7	多港積荷・揚荷状態 3 **4.2.2(c)**		0.67T_{SC}	100% （サギング）	100%	BSP-1P/S OST-1P/S

8	多港積荷・揚荷状態 4 **4.2.2(d)**		$0.75T_{SC}$	100% （ホギング）	100%	FSM-2 HSM-2 BSR-1P/S OST-2P/S
				100% （サギング）	100%	BSP-1P/S BSR-1P/S OST-1P/S
9	多港積荷・揚荷状態 4 **4.2.2(d)**		$0.75T_{SC}$	100% （ホギング）	100%	FSM-2 HSM-2 BSR-1P/S OST-2P/S
				100% （サギング）	100%	BSP-1P/S BSR-1P/S OST-1P/S
10[6]	ヘビーバラスト状態 **4.2.4**		T_{BAL-H}	0%	100%[9] Max SFLC	FSM-2 HSM-2
					100%	BSR-1P/S
				100% （サギング）	100%[7] Max SFLC	HSM-1
					100%[8] Max SFLC	HSM-1
					100%	BSR-1P/S
11[6]	ヘビーバラスト状態 **4.2.4**		T_{BAL-H}	0%	100%	BSR-1P/S
				100% （サギング）	100%	BSR-1P/S
港内状態						
12	港内状態 **4.2.5(a)**		$0.67T_{SC}$	100% （ホギング）	100%	N/A
				100% （サギング）	100%	N/A
13	港内状態 **4.2.5(a)**		$0.67T_{SC}$	100% （ホギング）	100%	N/A
				100% （サギング）	100%	N/A
14	港内状態 **4.2.5(a),(c)**		T_{H1}	100% （ホギング）	100%	N/A
				100% （サギング）	100%	N/A

15	港内状態 **4.2.5(a),(c)**		T_{H1}	100% （ホギング）	100%	N/A
				100% （サギング）	100%	N/A
16	港内状態 **4.2.5(a),(b)**		T_{H2}	100% （ホギング）	100%(10) Max SFLC	N/A
					100%(11) Max SFLC	N/A
				100% （サギング）	100%(10) Max SFLC	N/A
					100%(11) Max SFLC	N/A

(1) *BC-B* 船にのみ適用する。

(2) *BC-B* 船にあっては，当該積付パターンの代わりに，貨物質量 M_{Full} 及び **4.1.3** に規定する最大貨物密度の貨物を積載する積付パターン 1 を考慮して差し支えない。

(3) ばら積貨物による圧力を算定するにあたっては，**4.1.3** に規定する最大貨物密度を用いなければならない。

(4) バラストホールドがない場合は，M_{SW}=100%（ホギング）と想定したノーマルバラスト状態を考慮しなければならない。

(5) バラストホールドの位置が適切となるよう調整しなければならない。

(6) バラストホールドとする貨物倉がある場合は，当該貨物倉についてこの積付状態を考慮しなければならない。

(7) 中央貨物倉の位置が$x_{b-aft} \leq 0.5L_{CSR}$及び$x_{b-fwd} \geq 0.5L_{CSR}$の場合は，中央貨物倉の後端隔壁でのターゲット値までせん断力を調整しなければならない。

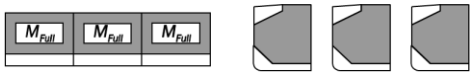
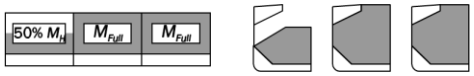
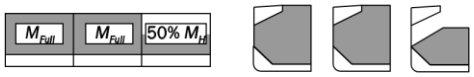
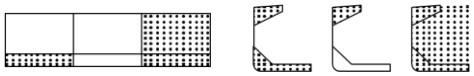
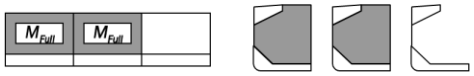
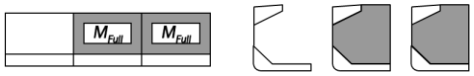
(8) 中央貨物倉の位置が$x_{b-aft} \leq 0.5L_{CSR}$及び$x_{b-fwd} \geq 0.5L_{CSR}$の場合は，中央貨物倉の前端隔壁でのターゲット値までせん断力を調整しなければならない。

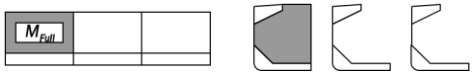
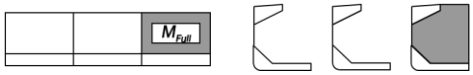
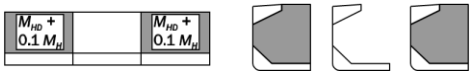
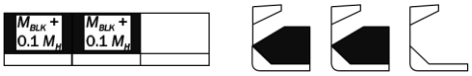
(9) 中央貨物倉の位置が$x_{b-aft} > 0.5L_{CSR}$又は$x_{b-fwd} < 0.5L_{CSR}$の場合のみ，この積付状態を考慮しなければならない。

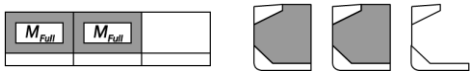
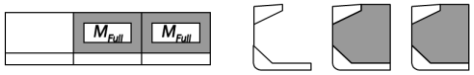
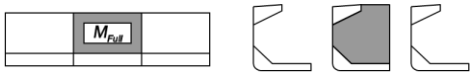
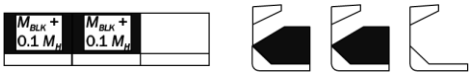
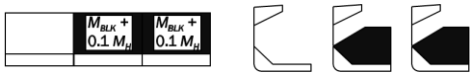
(10) 中央貨物倉の後端隔壁でのターゲット値までせん断力を調整しなければならない。

(11) 中央貨物倉の前端隔壁でのターゲット値までせん断力を調整しなければならない。

表 15　　隔倉積状態にある *BC-A* 船（EA）の船体中央部を除く貨物倉区域における空倉の有限要素解析に用いる荷重組合せ

No.	積付状態 参照規定	積付パターン　　後　中央　前	喫水	$C_{BM\text{-}LC}$：許容静水中曲げモーメントの割合(%)	$C_{SF\text{-}LC}$：許容静水中せん断力の割合(%)	動的荷重ケース	
						後部区域	前部区域
航海状態							
1(2)	満載状態 **4.1.3**		T_{SC}	50%（サギング）	100%	BSP-1P/S OST-1P/S OSA-1P/S	HSM-1 BSP-1P/S OST-1P/S OSA-2P/S
2(1)	満載状態 **4.2.1 (a)**		T_{SC}	50%（サギング）	100%	BSP-1P/S	BSP-1P/S
3	スラック積状態 **4.2.1 (b)**		T_{SC}	0%	100%	BSP-1P/S	BSP-1P/S
4	スラック積状態 **4.2.1 (b)**		T_{SC}	0%	100%	BSP1P/S	BSP-1P/S
5(3) (4)	最大バラスト喫水状態 **4.2.1 (c)**		$T_{BAL\text{-}H}$	100%（ホギング）	100%	HSM-2 HSA-2 BSR-1P/S OST-2P/S	FSM-2 BSP-1P/S BSR-1P/S OSA-2P/S
				100%（サギング）(10)	100%	HSM-1 BSP-1P/S	HSM-1 BSP-1P/S BSR-1P/S OSA-2P/S
6(5)	多港積荷・揚荷状態 3 **4.2.2 (c)**		0.67T_{SC}	100%（サギング）	100%	HSM-1 OST-1P/S	HSM-1 OST-1P/S
7(5)	多港積荷・揚荷状態 3 **4.2.2 (c)**		0.67T_{SC}	100%（サギング）	100%	HSM-1 OST-1P/S	BSP-1P/S OSA-2P/S

8[5]	多港積荷・揚荷状態 4 **4.2.2 (d)**		$0.75T_{SC}$	100%（ホギング）	100%	HSM-2 OST-2P/S	HSM-2 BSR-1P/S OST-2P/S
				100%（サギング）	100%	HSM-1 FSM-1 BSP-1P/S OST-1P/S	HSM-1 BSP-1P/S OST-1P/S
9[5]	多港積荷・揚荷状態 4 **4.2.2 (d)**		$0.75T_{SC}$	100%（ホギング）	100%	HSM-2 OST-2P/S	HSM-2 OST-2P/S
				100%（サギング）	100%	HSM-1 FSM-1 BSP-1P/S OST-1P/S	HSM-1 BSP-1P/S BSR-1P/S OST-1P/S
10[2]	隔倉積状態（部分積付） **4.2.3 (a),(b)**		T_{SC}	100%（ホギング）	100% Max SFLC	FSM-2 HSM-2	FSM-2 HSM-2
					100%	BSP-1P/S OST-2P/S OSA-1P/S	BSP-1P/S BSR-1P/S OST-2P/S OSA-2P/S
				0%	100%	BSP-1P/S OST-2P/S OSA-1P/S	BSP-1P/S OST-2P/S
					100% Max SFLC	HSM-1 FSM-1	HSM-1 FSM-1
11	隔倉積状態（満載） **4.2.3 (a),(c)**		T_{SC}	100%（ホギング）	100% Max SFLC	HSM-2 FSM-2	HSM-2 FSM-2
					100%	BSP-1P/S OST-2P/S	BSP-1P/S BSR-1P/S OST-2P/S OSA-2P/S
				0%	100%	BSP-1P/S	HSA-1 BSP-1P/S
					100% Max SFLC	HSM-1 FSM-1	HSM-1 FSM-1
12 [2][6][7][11]	隔倉ブロック積状態 **4.2.3 (d)**		T_{SC}	100%（ホギング）	100%	FSM-2 BSP-1P/S OST-2P/S	FSM-2 BSP-1P/S OSA-2P/S
				100%（サギング）	100%	HSM-1 BSP-1P/S OST-1P/S	HSM-1 BSP-1P/S OSA-2P/S

13 (2) (6)(7) (11)	隔倉ブロック積状態 **4.2.3 (d)**		T_{SC}	100%（ホギング）	100%	FSM-2 BSP-1P/S OSA-2P/S OST-2P/S	FSM-2 BSP-1P/S OSA-2P/S OST-1P/S
				100%（サギング）	100%	HSM-1 BSP-1P/S OST-1P/S	HSM-1 BSP-1P/S OSA-2P/S
港内状態							
14	港内状態 **4.2.5(a),(c)**		T_{H1}	100%（ホギング）	100%	N/A	N/A
				100%（サギング）	100%	N/A	N/A
15	港内状態 **4.2.5(a),(c)**		T_{H1}	100%（ホギング）	100%	N/A	N/A
				100%（サギング）	100%	N/A	N/A
16	港内状態 **4.2.5(a),(b)**		T_{H2}	100%（ホギング）	100% (8) Max SFLC	N/A	N/A
					100% (9) Max SFLC	N/A	N/A
				100%（サギング）	100% (8) Max SFLC	N/A	N/A
					100% (9) Max SFLC	N/A	N/A
17 (11)	隔倉ブロック積状態（港内） **4.2.3(d)**		T_{H3}	100%（ホギング）	100%	N/A	N/A
				100%（サギング）	100%	N/A	N/A
18 (11)	隔倉ブロック積状態（港内） **4.2.3(d)**		T_{H3}	100%（ホギング）	100%	N/A	N/A
				100%（サギング）	100%	N/A	N/A

(1) 当該積付パターンの代わりに，貨物質量 M_{Full} 及び **4.1.4** に規定する最大貨物密度の貨物を積載する積付パターン 1 を考慮して差し支えない。

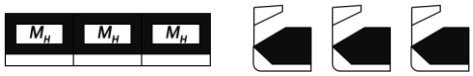
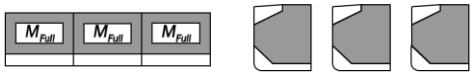
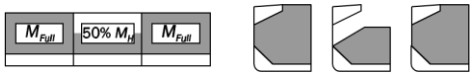
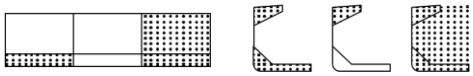
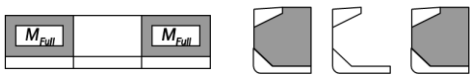
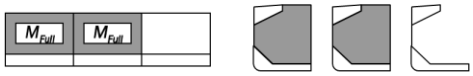
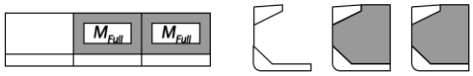
(2) ばら積貨物による圧力を算定するにあたっては，**4.1.4** に規定する最大貨物密度を用いなければならない。

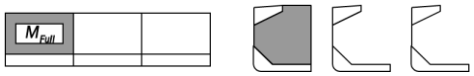
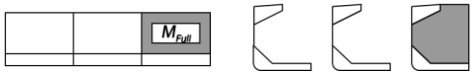
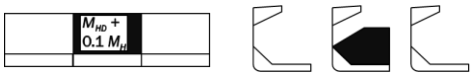
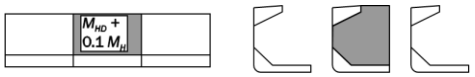
(3) バラストホールドがない場合は，M_{SW}=100%（ホギング）と想定したノーマルバラスト状態を考慮しなければならない。

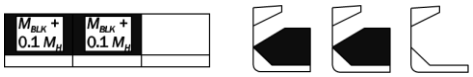
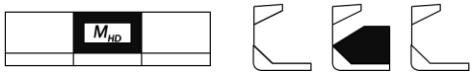
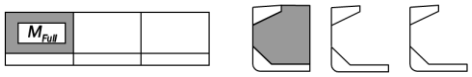
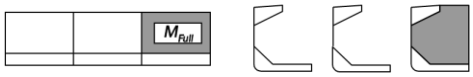
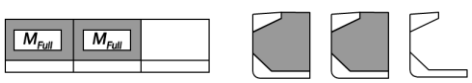
(4) バラストホールドの位置が適切となるよう調整しなければならない。

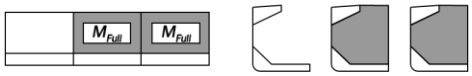
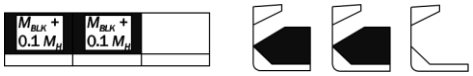
(5) “*no MP*”を付記する場合は，この積付状態を考慮する必要はない。
(6) この積付状態がローディングマニュアルに記載される場合のみ，当該積付状態を考慮しなければならない。
(7) 設計値の代わりに，ローディングマニュアルに記載される実際の静水中垂直曲げモーメントを用いて差し支えない。
(8) 中央貨物倉の後端隔壁でのターゲット値までせん断力を調整しなければならない。
(9) 中央貨物倉の前端隔壁でのターゲット値までせん断力を調整しなければならない。
(10) バラストホールドがホールドモデルに含まれる場合のみ，この積付状態を考慮しなければならない。
(11) ブロック積状態がローディングマニュアルに記載される場合のみ，この積付状態を考慮しなければならない。

表 16　　隔倉積状態にある *BC-A* 船（FA）の船体中央部を除く貨物倉区域における積載倉の有限要素解析に用いる荷重組合せ

No.	積付状態 参照規定	積付パターン　　後　中央　前	喫水	$C_{BM\text{-}LC}$：許容静水中曲げモーメントの割合(%)	$C_{SF\text{-}LC}$：許容静水中せん断力の割合(%)	動的荷重ケース	
						後部区域	前部区域
航海状態							
1(2)	満載状態 **4.1.3**		T_{SC}	50%（サギング）	100%	HSM-1 BSP-1P/S OSA-1P/S	HSM-1 HSA-1 BSP-1P/S OSA-2P/S
2(1)	満載状態 **4.2.1(a)**		T_{SC}	50%（サギング）	100%	N/A	BSP-1P/S OSA-2P/S
3	スラック積状態 **4.2.1(b)**		T_{SC}	0%	100%	HSM-2 HSA-1 BSP-1P/S OSA-1P/S	HSM-1 HSA-1 FSM-2 BSP-1P/S
4(3)(4)	最大バラスト喫水状態 **4.2.1(c)**		$T_{BAL\text{-}H}$	100%（ホギング）	100%	HSM-2 FSM-2 OST-2P/S	HSM-2
				100%（サギング）	100%	HSM-1 FSM-1 OST-1P/S OSA-2P/S	HSM-1 HSA-1 FSM-1 BSP-1P/S OSA-2P/S
5	多港積荷・揚荷状態 2 **4.2.2 (b)**		0.83T_{SC}	100%（ホギング）	100% Max SFLC	HSM-2	N/A
					100%	BSP-1P/S	BSP-1P/S
				100%（サギング）	100%	BSP-1P/S	HSA-1 BSR-1P/S
					100% Max SFLC	HSM-1	N/A
6	多港積荷・揚荷状態 3 **4.2.2 (c)**		0.67T_{SC}	100%（サギング）	100%	BSP-1P/S BSR-1P/S	HSM-1 HSA-1 BSP-1P/S OSA-2P/S
7	多港積荷・揚荷状態 3 **4.2.2 (c)**		0.67T_{SC}	100%（サギング）	100%	HSM-1 BSP-1P/S OST-1P/S	HSM-1

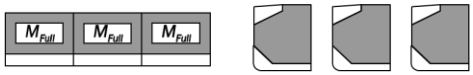
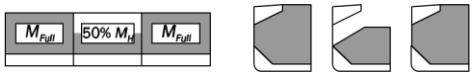
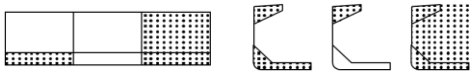
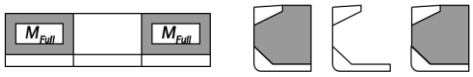
8	多港積荷・揚荷状態 4 **4.2.2 (d)**		$0.75T_{SC}$	100%（ホギング）	100%	HSM-2 FSM-2 BSR-1P/S BSP-1P/S OSA-1P/S OST-2P/S	FSM-2 OSA-2P/S
				100%（サギング）	100%	BSR-1P/S BSP-1P/S OST-1P/S	HSM-1 HSA-1 BSP-1P/S OSA-2P/S
9	多港積荷・揚荷状態 4 **4.2.2 (d)**		$0.75T_{SC}$	100%（ホギング）	100%	HSM-2 BSR-1P/S OST-2P/S	FSM-2 BSR-1P/S
				100%（サギング）	100%	HSM-1 FSM-1 BSP-1P/S BSR-1P/S OST-1P/S	HSM-1 HSA-1 BSP-1P/S OST-1P/S
10[(2)]	隔倉積状態（部分積付） **4.2.3 (a),(b)**		T_{SC}	100%（ホギング）	100%	HSA-2 BSP-1P/S OSA-1P/S OST-2P/S	BSP-1P/S OSA-2P/S OST-2P/S
					100% Max SFLC	HSM-2 FSM-2	FSM-2
				0%	100% Max SFLC	HSM-1 FSM-1	HSM-1
					100%	BSP-1P/S OSA-1P/S	BSP-1P/S OSA-1P/S OSA-2P/S
11	隔倉積状態（満載） **4.2.3 (a),(c)**		T_{SC}	100%（ホギング）	100%	HSA-2 BSP-1P/S OSA-1P/S	OSA-1P/S OSA-2P/S
					100% Max SFLC	HSM-2	FSM-2 HSM-2
				0%	100% Max SFLC	HSM-1	HSM-1
					100%	BSP-1P/S OSA-1P/S	OSA-1P/S OST-2P/S

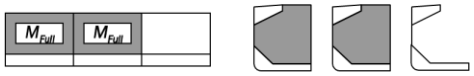
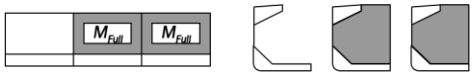
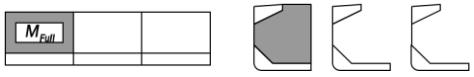
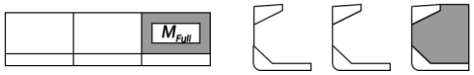
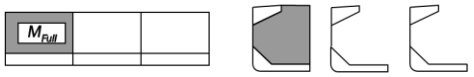
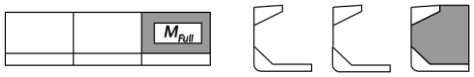
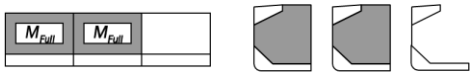
12(2)(5)(6)(9)	隔倉ブロック積状態 **4.2.3 (d)**		T_{SC}	100%（ホギング）	100%	HSA-2 FSM-2 BSP-1P/S OSA-1P/S OST-2P/S	HSM-2 FSM-2 BSP-1P/S OSA-2P/S
				100%（サギング）	100%	HSM-1 BSP-1P/S OSA-1P/S OST-1P/S	HSM-1 BSP-1P/S OSA-2P/S
13(2)(5)(6)(9)	隔倉ブロック積状態 **4.2.3 (d)**		T_{SC}	100%（ホギング）	100%	FSM-2 BSP-1P/S	HSM-2 FSM-2 BSP-1P/S OSA-2P/S OST-2P/S
				100%（サギング）	100%	HSM-1 HSA-1 FSM-1 BSP-1P/S OST-1P/S	HSM-1 HSA-1 BSP-1P/S OSA-2P/S
港内状態							
14(2)	港内状態 **4.2.5(a),(b)**		T_{H4}	100%（ホギング）	100%(7) Max SFLC	N/A	N/A
					100%(8) Max SFLC	N/A	N/A
				100%（サギング）	100%(7) Max SFLC	N/A	N/A
					100%(8) Max SFLC	N/A	N/A
15	港内状態 **4.2.5(a)**		0.67T_{SC}	100%（ホギング）	100%	N/A	N/A
				100%（サギング）	100%	N/A	N/A
16	港内状態 **4.2.5(a)**		0.67T_{SC}	100%（ホギング）	100%	N/A	N/A
				100%（サギング）	100%	N/A	N/A
17	港内状態 **4.2.5(a),(c)**		T_{H1}	100%（ホギング）	100%	N/A	N/A
				100%（サギング）	100%	N/A	N/A

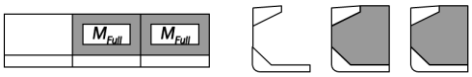
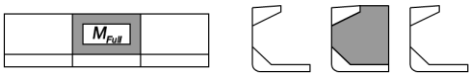
18	港内状態 **4.2.5(a),(c)**		T_{H1}	100%（ホギング）	100%	N/A	N/A
				100%（サギング）	100%	N/A	N/A
19 (9)	隔倉ブロック積状態（港内） **4.2.3(d)**		T_{H3}	100%（ホギング）	100%	N/A	N/A
				100%（サギング）	100%	N/A	N/A
20 (9)	隔倉ブロック積状態（港内） **4.2.3(d)**		T_{H3}	100%（ホギング）	100%	N/A	N/A
				100%（サギング）	100%	N/A	N/A

(1) 当該積付パターンの代わりに，貨物質量 M_{Full} 及び **4.1.4** に規定する最大貨物密度の貨物を積載する積付パターン 1 を考慮して差し支えない。
(2) ばら積貨物による圧力を算定するにあたっては，**4.1.4** に規定する最大貨物密度を用いなければならない。
(3) バラストホールドがない場合は，M_{SW}=100%（ホギング）と想定したノーマルバラスト状態を考慮しなければならない。
(4) バラストホールドの位置が適切となるよう調整しなければならない。
(5) この積付状態がローディングマニュアルに記載される場合のみ，当該積付状態を考慮しなければならない。
(6) 設計値の代わりに，ローディングマニュアルに記載される実際の静水中垂直曲げモーメントを用いて差し支えない。
(7) 中央貨物倉の後端隔壁でのターゲット値までせん断力を調整しなければならない。
(8) 中央貨物倉の前端隔壁でのターゲット値までせん断力を調整しなければならない。
(9) ブロック積状態がローディングマニュアルに記載される場合のみ，この積付状態を考慮しなければならない。

表 17　　*BC-B* 船及び *BC-C* 船の船体中央部を除く貨物倉区域における貨物倉の有限要素解析に用いる荷重組合せ

No.	積付状態 参照規定	積付パターン　　後　中央　前	喫水	$C_{BM\text{-}LC}$：許容静水中曲げモーメントの割合（%）	$C_{SF\text{-}LC}$：許容静水中せん断力の割合（%）	動的荷重ケース	
						後部区域	前部区域
航海状態							
1(1)(3)	満載状態 **4.1.3**		T_{SC}	50%（サギング）	100%	HSM-1 FSM-1 BSP-1P/S OSA-1P/S OST-1P/S OST-2P/S	HSM-1 HSA-1 BSP-1P/S OSA-2P/S
2(2)	満載状態 **4.2.1(a)**		T_{SC}	50%（サギング）	100%	HSM-1 FSM-1 BSP-1P/S OSA-1P/S OST-1P/S OST-2P/S	HSM-1 HSA-1 BSP-1P/S OSA-1P/S
3	スラック積状態 **4.2.1(b)**		T_{SC}	0%	100%	HSM-1 HSM-2 HSA-1 FSM-2 BSP-1P/S OSA-1P/S OST-2P/S	HSM-1 HSA-1 FSM-2 BSP-1P/S OST-2P/S
4(4)(5)	最大バラスト喫水状態 **4.2.1(c)**		$T_{BAL\text{-}H}$	100%（ホギング）	100%	HSM-2 FSM-2 OST-2P/S	HSM-2
				100%（サギング）	100%	HSM-1 FSM-1 OSA-2P/S OST-1P/S	HSM-1 HSA-1 FSM-1 BSP-1P/S OSA-2P/S
5	多港積荷・揚荷状態 2 **4.2.2(b)**		$0.83T_{SC}$	100%（ホギング）	100% Max SFLC	HSM-2	N/A
					100%	BSP-1P/S	BSP-1P/S
				100%（サギング）	100%	BSP-1P/S	HSA-1 BSR-1P/S
					100% Max SFLC	HSM-1	N/A

6	多港積荷・揚荷状態 3 **4.2.2(c)**		$0.67T_{SC}$	100%（サギング）	100%	BSP-1P/S BSR-1P/S	HSM-1 HSA-1 BSP-1P/S OSA-2P/S
7	多港積荷・揚荷状態 3 **4.2.2(c)**		$0.67T_{SC}$	100%（サギング）	100%	HSM-1 FSM-1 BSP-1P/S OST-1P/S	HSM-1 BSP-1P/S
8	多港積荷・揚荷状態 4 **4.2.2(d)**		$0.75T_{SC}$	100%（ホギング）	100%	HSM-2 FSM-2 BSP-1P/S BSR-1P/S OSA-1P/S OST-2P/S	HSM-2 FSM-2 OSA-2P/S
				100%（サギング）	100%	BSP-1P/S BSR-1P/S OST-1P/S	HSM-1 HSA-1 BSP-1P/S OSA-2P/S
9	多港積荷・揚荷状態 4 **4.2.2(d)**		$0.75T_{SC}$	100%（ホギング）	100%	HSM-2 BSR-1P/S OST-2P/S	FSM-2 BSR-1P/S
				100%（サギング）	100%	HSM-1 FSM-1 BSP-1P/S BSR-1P/S OST-1P/S	HSM-1 HSA-1 BSP-1P/S OST-1P/S
港内状態							
10	港内状態 **4.2.5(a)**		$0.67T_{SC}$	100%（ホギング）	100%	N/A	N/A
				100%（サギング）	100%	N/A	N/A
11	港内状態 **4.2.5(a)**		$0.67T_{SC}$	100%（ホギング）	100%	N/A	N/A
				100%（サギング）	100%	N/A	N/A
12	港内状態 **4.2.5(a),(c)**		T_{H1}	100%（ホギング）	100%	N/A	N/A
				100%（サギング）	100%	N/A	N/A

13	港内状態 **4.2.5(a),(c)**		T_{H1}	100%（ホギング）	100%	N/A	N/A
				100%（サギング）	100%	N/A	N/A
14	港内状態 **4.2.5(a),(b)**		T_{H2}	100%（ホギング）	100%(6) Max SFLC	N/A	N/A
					100%(7) Max SFLC	N/A	N/A
				100%（サギング）	100%(6) Max SFLC	N/A	N/A
					100%(7) Max SFLC	N/A	N/A

(1) *BC-B* 船にのみ適用する。

(2) *BC-B* 船にあっては，当該積付パターンの代わりに，貨物質量 M_{Full} 及び **4.1.3** に規定する最大貨物密度の貨物を積載する積付パターン 1 を考慮して差し支えない。

(3) ばら積貨物による圧力を算定するにあたっては，**4.1.3** に規定する最大貨物密度を用いなければならない

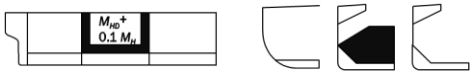
(4) バラストホールドがない場合は，M_{SW}=100%（ホギング）と想定したノーマルバラスト状態を考慮しなければならない。

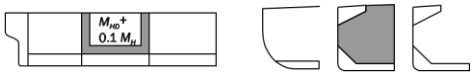
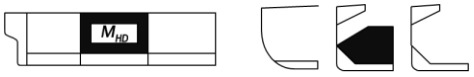
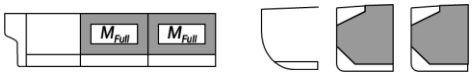
(5) バラストホールドの位置が適切となるよう調整しなければならない。

(6) 中央貨物倉の後端隔壁でのターゲット値までせん断力を調整しなければならない。

(7) 中央貨物倉の前端隔壁でのターゲット値までせん断力を調整しなければならない。

表 18　隔倉積状態にある *BC-A* 船（FA）の最後端の積載倉の有限要素解析に用いる荷重組合せ

No.	積付状態 参照規定	積付パターン　後　中央　前	喫水	$C_{BM\text{-}LC}$：許容静水中曲げモーメントの割合（%）	$C_{SF\text{-}LC}$：許容静水中せん断力の割合（%）	動的荷重ケース
航海状態						
1(2)	満載状態 **4.1.3**		T_{SC}	80% （サギング）	100%	FSM-1 BSP-1P/S OST-1P/S
2(1)	満載状態 **4.2.1(a)**		T_{SC}	80% （サギング）	100%	FSM-1
3	スラック積状態 **4.2.1(b)**		T_{SC}	100% （サギング）	100%	FSM-1 BSP-1P/S OST-1P/S
4(3)(4)	最大バラスト喫水状態 **4.2.1(c)**		$T_{BAL\text{-}H}$	100% （ホギング）	100%	HSM-2, FSM-1 BSP-1P/S BSR-1P/S OST-1P/S OST-2P/S OSA-1P/S
5	多港積荷・揚荷状態 2 **4.2.2(b)**		0.83T_{SC}	30% （ホギング）	100%	FSM-1 OSA-1P/S
				30% （サギング）	100%	FSM-1 BSP-1P/S
6	多港積荷・揚荷状態 3 **4.2.2(c)**		0.67T_{SC}	50% （サギング）	100%	BSP-1P/S OST-1P/S
7(2)	隔倉積状態（部分積付） **4.2.3(a),(b)**		T_{SC}	50% （ホギング）	100% Max SFLC	HSM-2
					100%	BSP-1P/S OSA-1P/S
				0%	100% Max SFLC	FSM-1
					100%	BSP-1P/S OST-1P/S OSA-1P/S

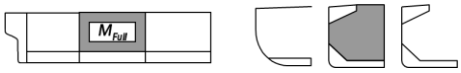
8	隔倉積状態 （満載） **4.2.3(a),(c)**		T_{SC}	50% （ホギング）	100% Max SFLC	HSM-2, FSM-2
					100%	BSP-1P/S OSA-1P/S
				0% （サギング）	100% Max SFLC	HSM-1
					100%	BSP-1P/S OST-1P/S OSA-1P/S
9(2)(5)(6)	隔倉ブロック積状態 **4.2.3(d)**		T_{SC}	50% （サギング）	100%	BSP-1P/S OST-1P/S
港内状態						
10(2)	港内状態 **4.2.5(a),(b)**		T_{H4}	100% （ホギング）	100%	N/A
				50% （ホギング）	100%(7) Max SFLC	N/A
					100%(8) Max SFLC	N/A
11	港内状態 **4.2.5(a)**		0.67T_{SC}	50% （ホギング）	100%	N/A
				100% （サギング）	100%	N/A
12	港内状態 **4.2.5(a),(c)**		T_{H1}	50% （ホギング）	100%	N/A
				50% （サギング）	100%	N/A
13(9)	隔倉ブロック積状態 （港内） **4.2.3(d)**		T_{H3}	50% （ホギング）	100%	N/A
				50% （サギング）	100%	N/A

(1) 当該積付パターンの代わりに，貨物質量 M_H 及び **4.1.4** に規定する最大貨物密度の貨物を積載する積付パターン 1 を考慮して差し支えない。
(2) ばら積貨物による圧力を算定するにあたっては，**4.1.4** に規定する最大貨物密度を用いなければならない。
(3) バラストホールドがない場合は，M_{SW}=100%（ホギング）と想定したノーマルバラスト状態を考慮しなければならない。
(4) バラストホールドの位置が適切となるよう調整しなければならない。
(5) この積付状態がローディングマニュアルに記載される場合のみ，当該積付状態を考慮しなければならない
(6) 設計値の代わりに，ローディングマニュアルに記載される実際の静水中垂直曲げモーメントを用いて差し支えない。
(7) 中央貨物倉の後端隔壁でのターゲット値までせん断力を調整しなければならない。

(8) 中央貨物倉の前端隔壁でのターゲット値までせん断力を調整しなければならない。
(9) ブロック積状態がローディングマニュアルに記載される場合のみ，この積付状態を考慮しなければならない。

表 19　　*BC-B* 船及び *BC-C* 船の最後端貨物倉の有限要素解析に用いる荷重組合せ

No.	積付状態 参照規定	積付パターン　　後　中央　前	喫水	$C_{BM\text{-}LC}$：許容静水中曲げモーメントの割合 (%)	$C_{SF\text{-}LC}$：許容静水中せん断力の割合 (%)	動的荷重ケース
航海状態						
1(1)(3)	満載状態 **4.1.3**		T_{SC}	80% （サギング）	100%	FSM-1 BSP-1P/S OST-1P/S OSA-1P/S
2(2)	満載状態 **4.2.1(a)**		T_{SC}	80% （サギング）	100%	FSM-1 BSP-1P/S OST-1P/S
3	スラック積状態 **4.2.1(b)**		T_{SC}	100% （サギング）	100%	FSM-1 BSP-1P/S OST-1P/S
4(4)(5)	最大バラスト喫水状態 **4.2.1(c)**		$T_{BAL\text{-}H}$	100% （ホギング）	100%	HSM-2 FSM-1 BSP-1P/S BSR-1P/S OST-1P/S OST-2P/S OSA-1P/S
5	多港積荷・揚荷状態 2 **4.2.2(b)**		0.83T_{SC}	30% （ホギング）	100%	FSM-1 BSR-1P/S OSA-1P/S
				30% （サギング）	100%	FSM-1 OST-1P/S
6	多港積荷・揚荷状態 3 **4.2.2(a)**		0.67T_{SC}	60% （ホギング）	100%	BSP-1P/S
					100% Max SFLC	HSM-2
				0%	100% Max SFLC	HSM-1
7	多港積荷・揚荷状態 3 **4.2.2(c)**		0.67T_{SC}	50% （サギング）	100%	BSP-1P/S OST-1P/S

港内状態						
8	港内状態 **4.2.5(a),(b)**		T_{H2}	100% （ホギング）	100%	N/A
				50% （ホギング）	100% (6) Max SFLC	N/A
					100% (7) Max SFLC	N/A
9	港内状態 **4.2.5(a)**		$0.67T_{SC}$	50% （ホギング）	100%	N/A
				100% （サギング）	100%	N/A
10	港内状態 **4.2.5 (a),(c)**		T_{H1}	50% （ホギング）	100%	N/A
				50% （サギング）	100%	N/A

(1) *BC-B* 船にのみ適用する。

(2) *BC-B* 船にあっては，当該積付パターンの代わりに，貨物質量 M_{Full} 及び **4.1.3** に規定する最大貨物密度の貨物を積載する積付パターン 1 を考慮して差し支えない。

(3) ばら積貨物による圧力を算定するにあたっては，**4.1.3** に規定する最大貨物密度を用いなければならない

(4) バラストホールドがない場合は，M_{SW}=100%（ホギング）と想定したノーマルバラスト状態を考慮しなければならない。

(5) バラストホールドの位置が適切となるよう調整しなければならない。

(6) 中央貨物倉の後端隔壁でのターゲット値までせん断力を調整しなければならない。

(7) 中央貨物倉の前端隔壁でのターゲット値までせん断力を調整しなければならない。

表 20　隔倉積状態にある *BC-A* 船（FA）の最前端の積載倉の有限要素解析に用いる荷重組合せ

No.	積付状態 参照規定	積付パターン　後　中央　前	喫水	$C_{BM\text{-}LC}$：許容静水中曲げモーメントの割合（%）	$C_{SF\text{-}LC}$：許容静水中せん断力の割合（%）	動的荷重ケース
航海状態						
1(2)	満載状態 **4.1.3**		T_{SC}	60% （サギング）	100%	HSM-1 BSP-1P/S OST-1P/S OSA-2P/S
2(1)	満載状態 **4.2.1 (a)**		T_{SC}	60% （サギング）	100%	HSM-1 BSP-1P/S OSA-2P/S
3	スラック積状態 **4.2.1 (b)**		T_{SC}	100% （サギング）	100%	HSM-1 BSP-1P/S OSA-2P/S
4(3)(4)	最大バラスト喫水状態 **4.2.1 (c)**		$T_{BAL\text{-}H}$	100% （ホギング）	100%	HSM-1, HSM-2 BSP-1P/S BSR-1P/S OSA-2P/S
5	多港積荷・揚荷状態 2 **4.2.2 (b)**		0.83T_{SC}	60% （サギング）	100%	HSM-1, FSM-1 BSP-1P/S OSA-2P/S
6	多港積荷・揚荷状態 3 **4.2.2 (c)**		0.67T_{SC}	50% （サギング）	100%	HSM-1 BSP-1P/S OSA-2P/S
7	多港積荷・揚荷状態 3 **4.2.2 (a)**		0.67T_{SC}	60% （ホギング）	100%	FSM-2
8(2)	隔倉積状態（部分積付） **4.2.3(a),(b)**		T_{SC}	60% （ホギング）	100%	BSP-1P/S OST-2P/S OSA-2P/S
					100% Max SFLC	HSM-2
				0%	100% Max SFLC	HSM-1
					100%	BSP-1P/S OSA-2P/S

9	隔倉積状態 （満載） **4.2.3 (a),(c)**		T_{SC}	60% （ホギング）	100%	BSP-1P/S OST-2P/S OSA-2P/S
					100% Max SFLC	HSM-2
				0%	100% Max SFLC	HSM-1
					100%	BSP-1P/S OSA-2P/S
10(2) (5)(6) (9)	隔倉ブロック積状態 **4.2.3 (d)**		T_{SC}	50% （サギング）	100%	HSM-1 BSP-1P/S OSA-2P/S
港内状態						
11(2)	港内状態 **4.2.5(a),(b)**		T_{H4}	100% （ホギング）	100%	N/A
				50% （ホギング）	100%(7) Max SFLC	N/A
					100%(8) Max SFLC	N/A
12	港内状態 **4.2.5 (a)**		0.67T_{SC}	100% （サギング）	100%	N/A
13	港内状態 **4.2.5 (a),(c)**		T_{H1}	50% （ホギング）	100%	N/A
14(9)	隔倉ブロック積状態 （港内） **4.2.3 (d)**		T_{H3}	50% （ホギング）	100%	N/A

(1) 当該積付パターンの代わりに，貨物質量 M_{Full} 及び **4.1.4** に規定する最大貨物密度の貨物を積載する積付パターン 1 を考慮して差し支えない。
(2) ばら積貨物による圧力を算定するにあたっては，**4.1.4** に規定する最大貨物密度を用いなければならない。
(3) バラストホールドがない場合は，M_{SW}=100%（ホギング）と想定したノーマルバラスト状態を考慮しなければならない。
(4) バラストホールドの位置が適切となるよう調整しなければならない。
(5) この積付状態がローディングマニュアルに記載される場合のみ，当該積付状態を考慮しなければならない
(6) 設計値の代わりに，ローディングマニュアルに記載される実際の静水中垂直曲げモーメントを用いて差し支えない。
(7) 中央貨物倉の後端隔壁でのターゲット値までせん断力を調整しなければならない。
(8) 中央貨物倉の前端隔壁でのターゲット値までせん断力を調整しなければならない。
(9) ブロック積状態がローディングマニュアルに記載される場合のみ，この積付状態を考慮しなければならない。

表 21　　*BC-B* 船及び *BC-C* 船の最前端貨物倉の有限要素解析に用いる荷重組合せ

No.	積付状態 参照規定	積付パターン　　後　中央　前	喫水	$C_{BM\text{-}LC}$：許容静水中曲げモーメントの割合（%）	$C_{SF\text{-}LC}$：許容静水中せん断力の割合（%）	動的荷重ケース
航海状態						
1(1)(3)	満載状態 **4.1.3**		T_{SC}	60% （サギング）	100%	HSM-1 BSP-1P/S OST-1P/S OSA-2P/S
2(2)	満載状態 **4.2.1 (a)**		T_{SC}	60% （サギング）	100%	HSM-1 BSP-1P/S OST-1P/S OSA-2P/S
3	スラック積状態 **4.2.1 (b)**		T_{SC}	100% （サギング）	100%	HSM-1 BSP-1P/S OSA-2P/S
4(4)(5)	最大バラスト喫水状態 **4.2.1 (c)**		$T_{BAL\text{-}H}$	100% （ホギング）	100%	HSM-1 HSM-2 BSP-1P/S BSR-1P/S OSA-2P/S
5	多港積荷・揚荷状態 2 **4.2.2 (b)**		$0.83T_{SC}$	60% （サギング）	100%	HSM-1 FSM-1 BSP-1P/S OSA-2P/S
6	多港積荷・揚荷状態 3 **4.2.2 (c)**		$0.67T_{SC}$	50% （サギング）	100%	HSM-1 BSP-1P/S OSA-2P/S
7	多港積荷・揚荷状態 3 **4.2.2 (a)**		$0.67T_{SC}$	60% （ホギング）	100%	BSP-1P/S OST-2P/S OSA-2P/S
					100% Max SFLC	HSM-2
				0%	100% Max SFLC	HSM-1

港内状態						
8	港内状態 **4.2.5(a),(b)**		T_{H2}	100% （ホギング）	100%	N/A
				50% （ホギング）	100% (6) Max SFLC	N/A
					100% (7) Max SFLC	N/A
9	港内状態 **4.2.5(a)**		$0.67T_{SC}$	100% （サギング）	100%	N/A
10	港内状態 **4.2.5 (a),(c)**		T_{H1}	50% （ホギング）	100%	N/A

(1) BC-B 船にのみ適用する。

(2) BC-B 船にあっては，当該積付パターンの代わりに，貨物質量 M_{Full} 及び **4.1.3** に規定する最大貨物密度の貨物を積載する積付パターン 1 を考慮して差し支えない。

(3) ばら積貨物による圧力を算定するにあたっては，**4.1.3** に規定する最大貨物密度を用いなければならない

(4) バラストホールドがない場合は，M_{SW}=100%（ホギング）と想定したノーマルバラスト状態を考慮しなければならない。

(5) バラストホールドの位置が適切となるよう調整しなければならない。

(6) 中央貨物倉の後端隔壁でのターゲット値までせん断力を調整しなければならない。

(7) 中央貨物倉の前端隔壁でのターゲット値までせん断力を調整しなければならない。

5. 疲労評価に用いる標準積付状態

5.1 油タンカー

5.1.1

9 章 1 節 6.2 に規定する油タンカーの疲労評価に用いる標準積付状態は，**表 22** から**表 24** による。燃料油タンク，その他の油タンク又は清水タンクが貨物倉区域に配置される場合，**9 章 4 節**に規定する簡易応力解析並びに **7 章**及び **9 章 5 節**に規定する直接強度解析において，その注水高さは満載としなければならない。

表 22　油タンカーの有限要素解析に用いる標準積付状態（最前端及び最後端の貨物タンクを除く）－疲労評価

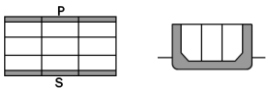
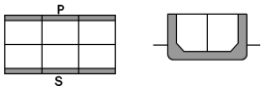
No.	積付状態	積付パターン	静水荷重			動的荷重ケース
			喫水	$C_{BM\text{-}LC}$：許容静水中曲げモーメントの割合（%）	$C_{SF\text{-}LC}$：許容静水中せん断力の割合（%）(1)	
2 列の油密隔壁を有する油タンカー						
A1-F	満載状態		T_{SC}	60%（サギング）		全ケース
A2-F	ノーマルバラスト状態		T_{BAL}	80%（ホギング）		全ケース
船体中心線上に 1 列の油密隔壁を有する油タンカー						
B1-F	満載状態		T_{SC}	60%（サギング）		全ケース
B2-F	ノーマルバラスト状態		T_{BAL}	80%（ホギング）		全ケース
(1)　有限要素モデルに静的及び動的な局部荷重を負荷することで求める実際のせん断力を用いなければならない。						

表 23　　油タンカーの最後端の貨物タンクの有限要素解析に用いる標準積付状態－疲労評価

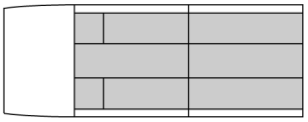
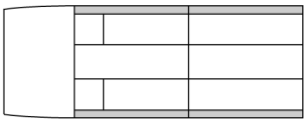
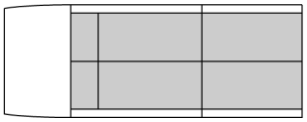
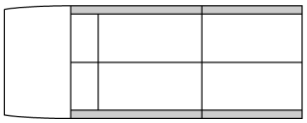
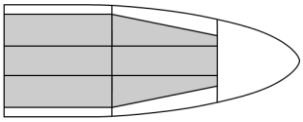
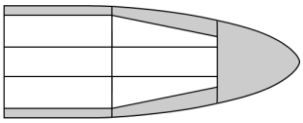
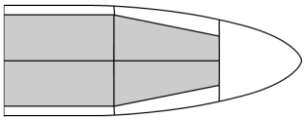
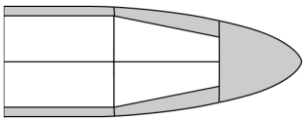
No.	積付状態	積付パターン	静水荷重			動的荷重ケース
			喫水	$C_{BM\text{-}LC}$：許容静水中曲げモーメントの割合（%）	$C_{SF\text{-}LC}$：許容静水中せん断力の割合（%）(1)	
2 列の油密隔壁を有する油タンカー						
A1-F	満載状態		T_{SC}	60%（サギング）		全ケース
A2-F	ノーマルバラスト状態		T_{BAL}	80%（ホギング）		全ケース
船体中心線上に 1 列の油密隔壁を有する油タンカー						
B1-F	満載状態		T_{SC}	60%（サギング）		全ケース
B2-F	ノーマルバラスト状態		T_{BAL}	80%（ホギング）		全ケース
(1)　有限要素モデルに静的及び動的な局部荷重を負荷することで求める実際のせん断力を用いなければならない。						

表 24　　油タンカーの最前端の貨物タンクの有限要素解析に用いる標準積付状態－疲労評価

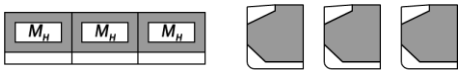
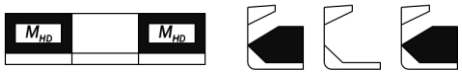
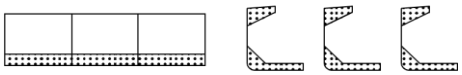
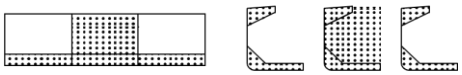
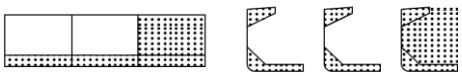
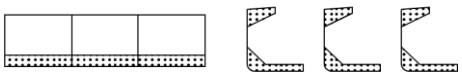
No.	積付状態	積付パターン	静水荷重			動的荷重ケース
			喫水	$C_{BM\text{-}LC}$：許容静水中曲げモーメントの割合（%）	$C_{SF\text{-}LC}$：許容静水中せん断力の割合（%）(1)	
2 列の油密隔壁を有する油タンカー						
A1-F	満載状態		T_{SC}	60%（サギング）		全ケース
A2-F	ノーマルバラスト状態		T_{BAL}	80%（ホギング）		全ケース
船体中心線上に 1 列の油密隔壁を有する油タンカー						
B1-F	満載状態		T_{SC}	60%（サギング）		全ケース
B2-F	ノーマルバラスト状態		T_{BAL}	80%（ホギング）		全ケース
(1)　有限要素モデルに静的及び動的な局部荷重を負荷することで求める実際のせん断力を用いなければならない。						

5.2 ばら積貨物船

5.2.1

9 章 1 節 6.3 に規定するばら積貨物船の疲労評価に用いる標準積付状態は，追加の付記及び評価対称の詳細位置に応じて**表 25** から**表 31** による。燃料油タンク，その他の油タンク又は清水タンクが貨物倉区域に配置される場合，**9 章 4 節**に規定する簡易応力解析並びに **7 章**及び **9 章 5 節**に規定する直接強度解析において，その注水高さは満載としなければならない。

表 25　隔倉積状態にある *BC-A* 船（EA）の空倉の有限要素解析に用いる標準積付状態（最前端及び最後端貨物倉を除く）－疲労評価

No.	積付状態	積付パターン　後　中央　前	喫水	$C_{BM\text{-}LC}$：許容静水中曲げモーメントの割合 (%)	$C_{SF\text{-}LC}$：許容静水中せん断力の割合 (%)	動的荷重ケース
1-F (1)	満載均等積状態		T_{SC}	40% (サギング)		全ケース
2-F (2)	満載隔倉積状態		T_{SC}	75% (ホギング)	100%	全ケース
3-F (1)	ノーマルバラスト状態		T_{BAL}	80% (ホギング)		全ケース
4-F (2) (3)	ヘビーバラスト状態		$T_{BAL\text{-}H}$	75% (サギング)	100%	全ケース
5-F (2) (4)			$T_{BAL\text{-}H}$	45% (ホギング)	100%	全ケース
6-F (1) (5)			$T_{BAL\text{-}H}$	45% (ホギング)		全ケース

(1) 有限要素モデルに静的及び動的な局部荷重を負荷することで求める実際のせん断力を用いなければならない。

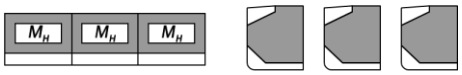
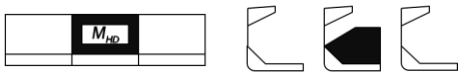
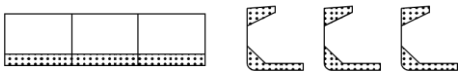
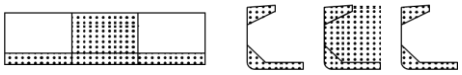
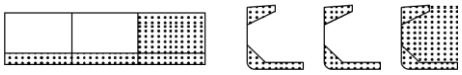
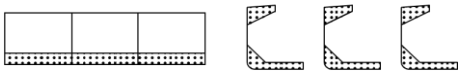
(2) 有限要素モデルに静的及び動的な局部荷重を負荷することで求める実際のせん断力を用いなければならない。このとき，せん断力がターゲット値を超える場合，せん断力をターゲット値まで下げるため，負荷する垂直荷重の修正により調整しなければならない。

(3) 空のバラストホールドがある場合は，当該貨物倉についてこの積付状態を考慮しなければならない。

(4) バラストホールドが 3 ホールドモデルのうち前後の貨物倉のいずれかに該当する場合は，この積付状態を考慮しなければならない。

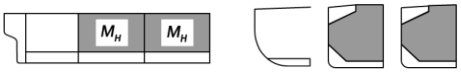
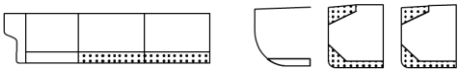
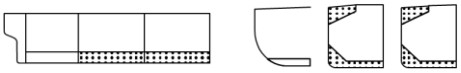
(5) バラストホールドが 3 ホールドモデルの範囲外に位置する場合は，この積付状態を考慮しなければならない。

表 26　　隔倉積状態にある *BC-A* 船（FA）の積載倉の有限要素解析に用いる標準積付状態（最前端及び最後端貨物倉を除く）－疲労評価

No.	積付状態	積付パターン　　後　中央　前	喫水	$C_{BM\text{-}LC}$：許容静水中曲げモーメントの割合（%）	$C_{SF\text{-}LC}$：許容静水中せん断力の割合（%）	動的荷重ケース
1-F (1)	満載均等積状態		T_{SC}	40%（サギング）		全ケース
2-F (2)	満載隔倉積状態		T_{SC}	75%（ホギング）	100%	全ケース
3-F (1)	ノーマルバラスト状態		T_{BAL}	80%（ホギング）		全ケース
4-F (2) (3)	ヘビーバラスト状態		$T_{BAL\text{-}H}$	75%（サギング）	100%	全ケース
5-F (2) (4)			$T_{BAL\text{-}H}$	45%（ホギング）	100%	全ケース
6-F (1) (5)			$T_{BAL\text{-}H}$	45%（ホギング）		全ケース

(1)　有限要素モデルに静的及び動的な局部荷重を負荷することで求める実際のせん断力を用いなければならない。
(2)　有限要素モデルに静的及び動的な局部荷重を負荷することで求める実際のせん断力を用いなければならない。このとき，せん断力がターゲット値を超える場合，せん断力をターゲット値まで下げるため，負荷する垂直荷重の修正により調整しなければならない。
(3)　バラストホールドとする積載倉がある場合は，当該貨物倉についてこの積付状態を考慮しなければならない。
(4)　バラストホールドが 3 ホールドモデルのうち前後の貨物倉のいずれかに該当する場合は，この積付状態を考慮しなければならない。
(5)　バラストホールドが 3 ホールドモデルの範囲外に位置する場合は，この積付状態を考慮しなければならない。

表 27　　隔倉積状態にある *BC-A* 船（FA）の最後端の積載倉の有限要素解析に用いる標準積付状態－疲労評価

No.	積付状態	積付パターン　　後　中央　前	喫水	$C_{BM\text{-}LC}$：許容静水中曲げモーメントの割合 (%)	$C_{SF\text{-}LC}$：許容静水中せん断力の割合 (%)	動的荷重ケース
1-F (1)	満載均等積状態		T_{SC}	40% (サギング)		全ケース
2-F (2)	満載隔倉積状態		T_{SC}	75% (ホギング)	100%	全ケース
3-F (1)	ノーマルバラスト状態		T_{BAL}	80% (ホギング)		全ケース
4-F (1) (3)	ヘビーバラスト状態		$T_{BAL\text{-}H}$	45% (ホギング)		全ケース

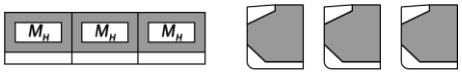
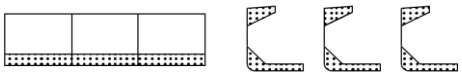
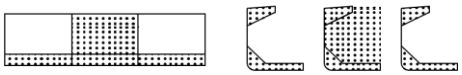
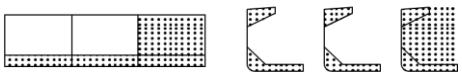
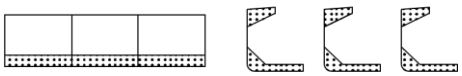
(1)　有限要素モデルに静的及び動的な局部荷重を負荷することで求める実際のせん断力を用いなければならない。
(2)　有限要素モデルに静的及び動的な局部荷重を負荷することで求める実際のせん断力を用いなければならない。このとき，せん断力がターゲット値を超える場合，せん断力をターゲット値まで下げるため，負荷する垂直荷重の修正により調整しなければならない。
(3)　バラストホールドが 3 ホールドモデルの範囲外に位置する場合は，この積付状態を考慮しなければならない。

表 28　　隔倉積状態にある *BC-A* 船（FA）の最前端の積載倉の有限要素解析に用いる標準積付状態－疲労評価

No.	積付状態	積付パターン　　後　中央　前	喫水	$C_{BM\text{-}LC}$：許容静水中曲げモーメントの割合 (%)	$C_{SF\text{-}LC}$：許容静水中せん断力の割合 (%)	動的荷重ケース
1-F (1)	満載均等積状態		T_{SC}	40% (サギング)		全ケース
2-F (2)	満載隔倉積状態		T_{SC}	75% (ホギング)	100%	全ケース
3-F (1)	ノーマルバラスト状態		T_{BAL}	80% (ホギング)		全ケース
4-F (1) (3)	ヘビーバラスト状態		$T_{BAL\text{-}H}$	45% (ホギング)		全ケース

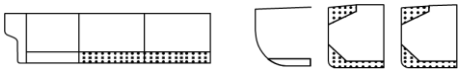
(1)　有限要素モデルに静的及び動的な局部荷重を負荷することで求める実際のせん断力を用いなければならない。
(2)　有限要素モデルに静的及び動的な局部荷重を負荷することで求める実際のせん断力を用いなければならない。このとき，せん断力がターゲット値を超える場合，せん断力をターゲット値まで下げるため，負荷する垂直荷重の修正により調整しなければならない。
(3)　バラストホールドが 3 ホールドモデルの範囲外に位置する場合は，この積付状態を考慮しなければならない。

表 29　*BC-B* 船及び *BC-C* 船の有限要素解析に用いる標準積付状態（最前端及び最後端貨物倉を除く）－疲労評価

No.	積付状態	積付パターン　後　中央　前	喫水	$C_{BM\text{-}LC}$：許容静水中曲げモーメントの割合 (%)	$C_{SF\text{-}LC}$：許容静水中せん断力の割合 (%)	動的荷重ケース
1-F (1)	満載均等積状態		T_{SC}	40% (サギング)		全ケース
2-F (1)	ノーマルバラスト状態		T_{BAL}	80% (ホギング)		全ケース
3-F (2) (3)	ヘビーバラスト状態		$T_{BAL\text{-}H}$	75% (サギング)	100%	全ケース
4-F (2) (4)			$T_{BAL\text{-}H}$	45% (ホギング)	100%	全ケース
5-F (1) (5)			$T_{BAL\text{-}H}$	45% (ホギング)		全ケース

(1)　有限要素モデルに静的及び動的な局部荷重を負荷することで求める実際のせん断力線図を用いなければならない。
(2)　有限要素モデルに静的及び動的な局部荷重を負荷することで求める実際のせん断力線図を用いなければならない。このとき，せん断力がターゲット値を超える場合，せん断力をターゲット値まで下げるため，負荷する垂直荷重の修正により調整しなければならない。
(3)　バラストホールドとする貨物倉がある場合は，当該貨物倉についてこの積付状態を考慮しなければならない。
(4)　バラストホールドが 3 ホールドモデルのうち前後の貨物倉のいずれかに該当する場合は，この積付状態を考慮しなければならない。
(5)　バラストホールドが 3 ホールドモデルの範囲外に位置する場合は，この積付状態を考慮しなければならない。

表 30　*BC-B* 船及び *BC-C* 船の最後端貨物倉の有限要素解析に用いる標準積付状態－疲労評価

No.	積付状態	積付パターン　後　中央　前	喫水	$C_{BM\text{-}LC}$：許容静水中曲げモーメントの割合 (%)	$C_{SF\text{-}LC}$：許容静水中せん断力の割合 (%)	動的荷重ケース
1-F (1)	満載均等積状態		T_{SC}	40% (サギング)		全ケース
2-F (1)	ノーマルバラスト状態		T_{BAL}	80% (ホギング)		全ケース
3-F (1)	ヘビーバラスト状態		$T_{BAL\text{-}H}$	45% (ホギング)		全ケース

(1)　有限要素モデルに静的及び動的な局部荷重を負荷することで求める実際のせん断力線図を用いなければならない。

表 31　　*BC-B* 船及び *BC-C* 船の最前端貨物倉の有限要素解析に用いる標準積付状態－疲労評価

No.	積付状態	積付パターン　　後　中央　前	喫水	$C_{BM\text{-}LC}$：許容静水中曲げモーメントの割合 (%)	$C_{SF\text{-}LC}$：許容静水中せん断力の割合 (%)	動的荷重ケース
1-F (1)	満載均等積状態		T_{SC}	40% (サギング)		全ケース
2-F (1)	ノーマルバラスト状態		T_{BAL}	80% (ホギング)		全ケース
3-F (1)	ヘビーバラスト状態		$T_{BAL\text{-}H}$	45% (ホギング)		全ケース

(1)　有限要素モデルに静的及び動的な局部荷重を負荷することで求める実際のせん断力線図を用いなければならない。

付録 1　　マスチャート

記号

h：　内底板の上面から上甲板の最下部までの船体中心線上での垂直距離（*m*）

h_a：　隣接する 2 つの貨物倉のうち後方の貨物倉での船体中心線上における内底板の上面から上甲板の最下部までの垂直距離（*m*）

h_f：　隣接する 2 つの貨物倉のうち前方の貨物倉での船体中心線上における内底板の上面から上甲板の最下部までの垂直距離（*m*）

M_H：　**4 章 6 節**に規定する貨物質量（*t*）

M_{Full}：　**4 章 6 節**に規定する貨物質量（*t*）

M_{HD}：　**4 章 6 節**に規定する貨物質量（*t*）

M_{BLK}：　ローディングマニュアルに記載するブロック積状態において，隣接する 2 つの貨物倉にそれぞれ積載する最大貨物質量（*t*）

T_i：　考慮する貨物倉の中央又は隣接する 2 つの貨物倉の中間点における積付状態 *i* での喫水（*m*）

T_{min}：　$0.75T_{SC}$ 又は隣接する 2 つの貨物倉を空とするバラスト状態での喫水のうち大きい方の値（*m*）

T_{H1}：　港内状態において隣接する 2 つの貨物倉に貨物をそれぞれ M_{Full} 積載する場合の最小必要喫水（*m*）で，次による。

・“*No MP*”を付記する船舶の場合

$$T_{H1} = \min\left(\begin{array}{c} 0.67T_{SC} \\ T_{SC} - \dfrac{0.15\sum M_{Full}}{1.025\left(\dfrac{V_f}{h_f} + \dfrac{V_a}{h_a}\right)} \end{array}\right.$$

・“*No MP*”を付記しない船舶の場合

$$T_{H1} = 0.67T_{SC} - \frac{0.15\sum M_{Full}}{1.025\left(\dfrac{V_f}{h_f} + \dfrac{V_a}{h_a}\right)}$$

T_{H2}：　港内状態において *BC-A* 船の *EA* ホールド又は *BC-B* 船及び *BC-C* 船の任意の貨物倉に貨物を M_{Full} 積載する場合の最小必要喫水（*m*）で，次による。

・“*No MP*”を付記する船舶の場合

$$T_{H2} = \min\left(\begin{array}{c} 0.67T_{SC} \\ T_{SC} - \dfrac{0.15M_{Full}}{1.025\dfrac{V_H}{h}} \end{array}\right.$$

・“*No MP*”を付記しない船舶の場合

$$T_{H2} = 0.67T_{SC} - \frac{0.15M_{Full}}{1.025\dfrac{V_H}{h}}$$

T_{H3}：　港内状態においてブロック積状態の *BC-A* 船の隣接する 2 つの貨物倉それぞれに貨物を M_{BLK} 積載する場合の最小必要喫水（*m*）で，次による。

$$T_{H3} = T_{SC} - \frac{\sum(0.15M_{BLK} + 0.1M_H)}{1.025\left(\dfrac{V_f}{h_f} + \dfrac{V_a}{h_a}\right)}$$

T_{H4}：　港内状態において *BC-A* 船の *FA* ホールドに貨物を M_{HD} 積載する場合の最小必要喫水（*m*）で，次による。

$$T_{H4} = \min\left(\begin{array}{c} 0.67T_{SC} \\ T_{SC} - \dfrac{0.15M_{HD} + 0.1M_H}{1.025\dfrac{V_H}{h}} \end{array}\right.$$

V_H： 4 章 6 節に規定する容積（m^3）
V_a： 隣接する 2 つの貨物倉のうち後方の貨物倉の容積（m^3）で，倉口部の体積を除く。
V_f: 隣接する 2 つの貨物倉のうち前方の貨物倉の容積（m^3）で，倉口部の体積を除く。
Σ ： 隣接する 2 つの貨物倉における質量の合計
EA： 隔倉積状態における空倉
FA： 隔倉積状態における満載の貨物倉

1. 一般

1.1 適用

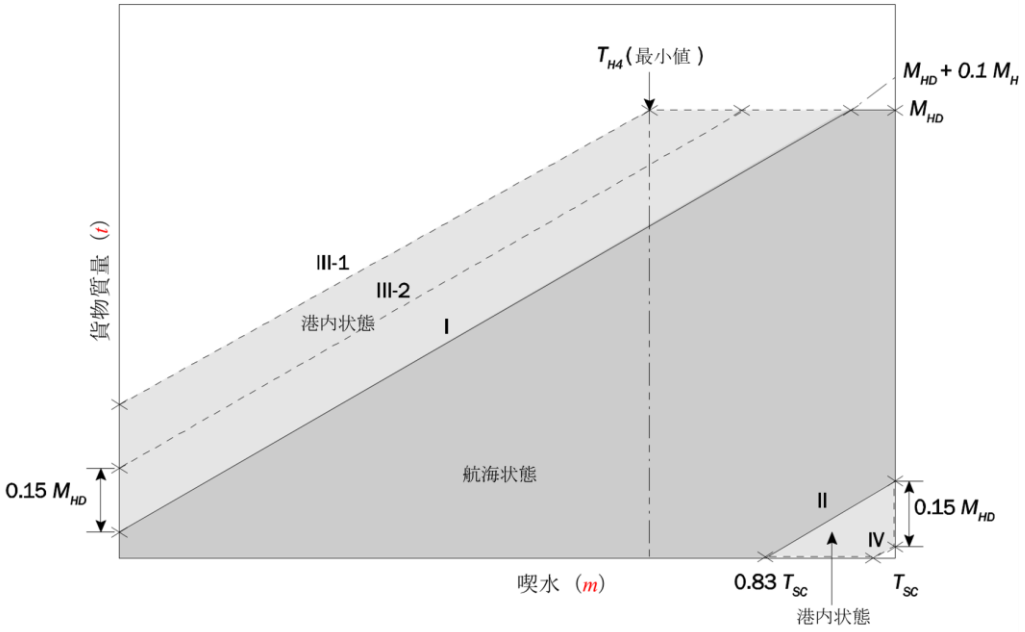
1.1.1
本付録の規定は，乾舷用長さ L_{LL} が 150*m* 以上の船舶に適用する。
1.1.2
本付録は，次の事項を決定するために用いる手順を示す。
・ 各貨物倉の中央での喫水に応じた当該貨物倉の最大貨物質量及び最小貨物質量
・ 隣接する 2 つの貨物倉の中間点での喫水に応じた当該貨物倉の最大貨物質量及び最小貨物質量
1.1.3 一般
2 及び 3 に規定する航海状態及び港内状態における単独の貨物倉又は隣接する 2 つの貨物倉のマスチャートは，4 章 8 節 4.2 に規定する積付状態に基づき求めなければならない。ただし，4 章 8 節 4.2.7 に規定する積付状態より厳しい積付状態を考慮して船体構造が検討された場合は，最大許容貨物質量及び最小必要貨物質量は当該積付状態に基づいて差し支えない。
1.1.4 港内荷役状態
すべてのばら積貨物船にあっては，港内荷役状態の各喫水に応じた単独の貨物倉又は隣接する 2 つの貨物倉の最大許容貨物質量及び最小必要貨物質量は，航海状態の最大喫水に応じた最大許容貨物質量の 15%にあたる質量の分をそれぞれ増加又は減少させた値として差し支えない。ただし，最大許容貨物質量は，いかなる場合も各貨物倉の計画満載喫水における最大許容貨物質量を超えてはならない。
1.1.5 最大許容及び最小必要貨物質量
航海状態の各喫水 T_i に応じた最大許容貨物質量 $W_{maxS}(T_i)$（*t*）及び最小必要貨物質量 $W_{minS}(T_i)$（*t*）並びに港内状態の各喫水 T_i に応じた最大許容貨物質量 $W_{maxH}(T_i)$（*t*）及び最小必要貨物質量 $W_{minH}(T_i)$（*t*）は，次に示す船舶につき 2 及び 3 の表による算式を用いて求めなければならない。
・“*No MP*”を付記しない *BC-A* 船
・“*No MP*”を付記する *BC-A* 船
・“*No MP*”を付記しない *BC-B* 船及び *BC-C* 船
・“*No MP*”を付記する *BC-B* 船及び *BC-C* 船
“*No MP*”を付記しない *BC-A* 船については，積載倉及び最大喫水において空とし得る貨物倉のマスチャートの例を上述の表に示す。

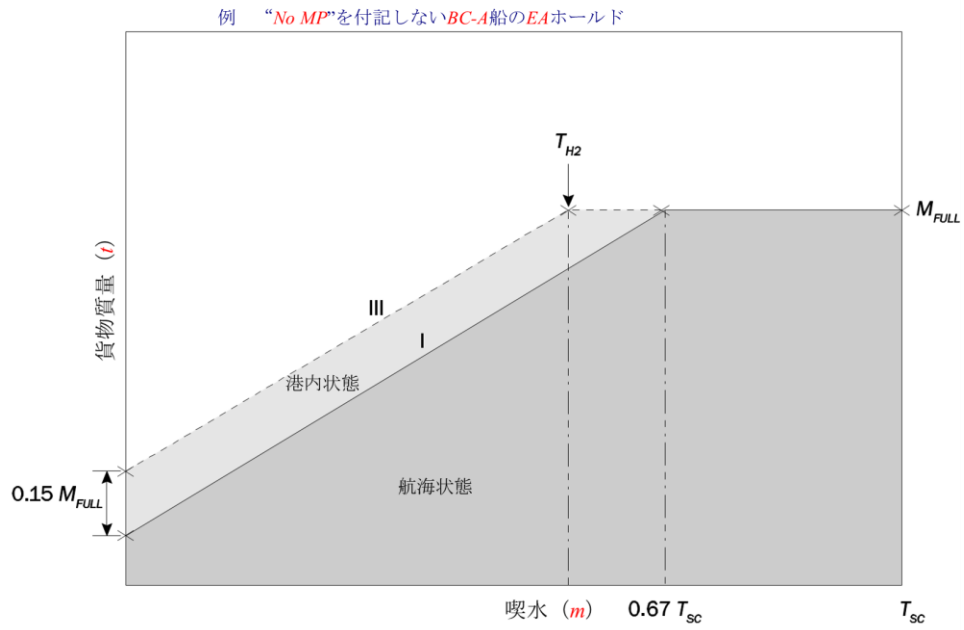
2. 各貨物倉の最大及び最小貨物質量

2.1 単独貨物倉の最大許容及び最小必要貨物質量

2.1.1 “*No MP*”を付記しない *BC-A* 船

表 1　　“*No MP*”を付記しない *BC-A* 船

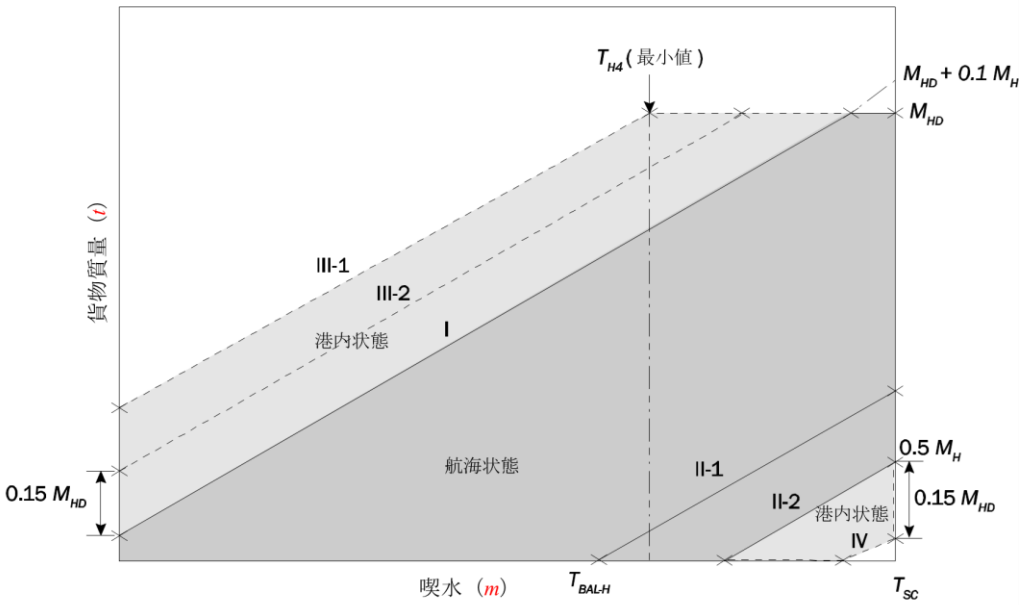
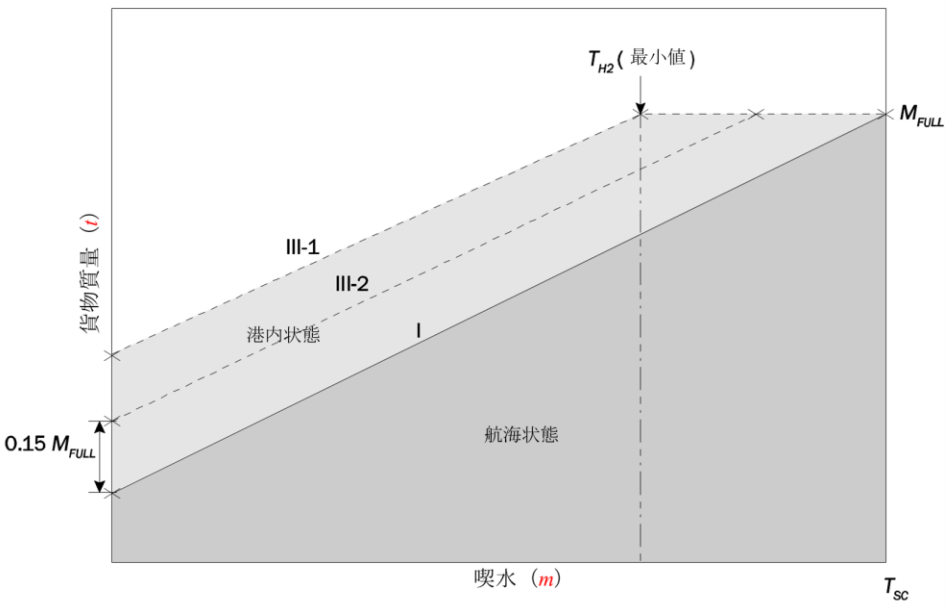
ホールド	積付状態	最大曲線/最小曲線	参照曲線	参照規定
FA	航海状態	最大曲線： $W_{maxS}(T_i) = M_{HD} + 0.1M_H - 1.025V_H\frac{(T_{SC} - T_i)}{h} \le M_{HD}$	I	**4 章 8 節 4.2.3(b)** 及び**(c)**
		最小曲線： $W_{minS}(T_i) = 1.025V_H\frac{(T_i - 0.83T_{SC})}{h} \ge 0$	II	**4 章 8 節 4.2.2(b)**
	港内状態	最大曲線： $W_{maxH}(T_i) = \max\begin{pmatrix} M_{HD} - 1.025V_H\frac{(0.67T_{SC} - T_i)}{h} \le M_{HD} \\ W_{maxS}(T_i) + 0.15M_{HD} \le M_{HD} \end{pmatrix}$	III-1 III-2	**4 章 8 節 4.2.6(a)** **4 章 8 節 4.2.5**
		最小曲線： $W_{minH}(T_i) = W_{minS}(T_i) - 0.15M_{HD} \ge 0$	IV	**4 章 8 節 4.2.5**
	例　“*No MP*”を付記しない*BC-A*船の*FA*ホールド  			
EA	航海状態	最大曲線： $W_{maxS}(T_i) = M_{Full} - 1.025V_H\frac{(0.67T_{SC} - T_i)}{h} \le M_{Full}$	I	**4 章 8 節 4.2.2(a)**
		最小曲線： $W_{minS}(T_i) = 1.025V_H\frac{(T_i - T_{SC})}{h} \ge 0$	II	**4 章 8 節 4.2.3(a)**
	港内状態	最大曲線： $W_{maxH}(T_i) = W_{maxS}(T_i) + 0.15M_{Full} \le M_{Full}$	III	**4 章 8 節 4.2.5**
		最小曲線： $W_{minH}(T_i) = W_{minS}(T_i) - 0.15M_{Full} \ge 0$	IV	**4 章 8 節 4.2.5**



2.1.2 “*No MP*”を付記する *BC-A* 船

表 2 “*No MP*”を付記する *BC-A* 船

ホールド	積付状態	最大曲線/最小曲線	参照曲線	参照規定
FA	航海状態	最大曲線： $W_{maxS}(T_i) = M_{HD} + 0.1M_H - 1.025V_H\frac{(T_{SC}-T_i)}{h} \le M_{HD}$	I	**4 章 8 節 4.2.3(b)** 及び**(c)**
		最小曲線： $W_{minS}(T_i) = \min\begin{pmatrix} 1.025V_H\frac{(T_i - T_{BAL-H})}{h} \ge 0 \\ 0.5M_H - 1.025V_H\frac{(T_{SC}-T_i)}{h} \ge 0 \end{pmatrix}$	II-1 II-2	**4 章 8 節 4.2.1(c)** **4 章 8 節 4.2.1(b)**
	港内状態	最大曲線： $W_{maxH}(T_i) = \max\begin{pmatrix} M_{HD} - 1.025V_H\frac{(0.67T_{SC}-T_i)}{h} \le M_{HD} \\ W_{maxS}(T_i) + 0.15M_{HD} \le M_{HD} \end{pmatrix}$	III-1 III-2	**4 章 8 節 4.2.6(a)** **4 章 8 節 4.2.5**
		最小曲線： $W_{minH}(T_i) = W_{minS}(T_i) - 0.15M_{HD} \ge 0$	IV	**4 章 8 節 4.2.5**

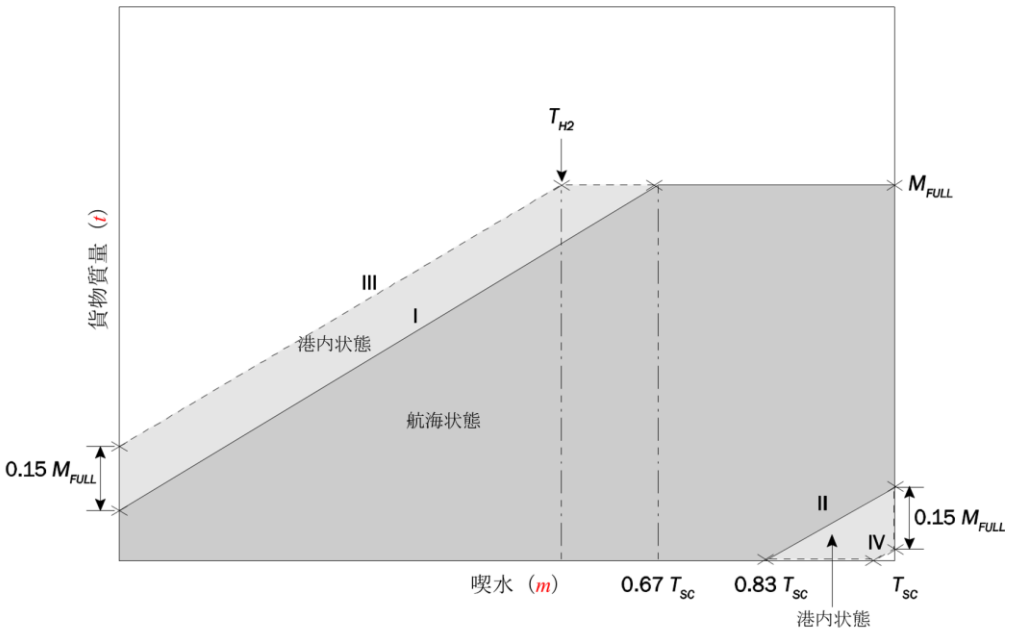
<table>
<tr><td></td><td colspan="4">例　“No MP”を付記するBC-A船のFAホールド
 
</td></tr>
<tr><td rowspan="4">EA</td><td rowspan="2">航海状態</td><td>最大曲線：
$W_{maxS}(T_i) = M_{Full} - 1.025V_H\dfrac{(T_{SC} - T_i)}{h} \leq M_{Full}$</td><td>I</td><td>4 章 8 節
4.2.1(a)</td></tr>
<tr><td>最小曲線：
$W_{minS}(T_i) = 1.025V_H\dfrac{(T_i - T_{SC})}{h} \geq 0$</td><td>II</td><td>4 章 8 節
4.2.3(a)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">港内状態</td><td>最大曲線：
$W_{maxH}(T_i) = \max\begin{pmatrix} M_{Full} - 1.025V_H\dfrac{(0.67T_{SC} - T_i)}{h} \leq M_{Full} \\ W_{maxS}(T_i) + 0.15M_{Full} \leq M_{Full} \end{pmatrix}$</td><td>III-1
III-2</td><td>4 章 8 節
4.2.6(a)
4 章 8 節
4.2.5</td></tr>
<tr><td>最小曲線：
$W_{minH}(T_i) = W_{minS}(T_i) - 0.15M_{Full} \geq 0$</td><td>IV</td><td>4 章 8 節
4.2.5</td></tr>
<tr><td colspan="4">例　“No MP”を付記するBC-A船のEAホールド
 
</td></tr>
</table>

2.1.3 “*No MP*”を付記しない *BC-B* 船及び *BC-C* 船

表 3 “*No MP*”を付記しない *BC-B* 船及び *BC-C* 船

積付状態	最大曲線/最小曲線	参照曲線	参照規定
航海状態	最大曲線： $W_{maxS}(T_i) = M_{Full} - 1.025V_H \frac{(0.67T_{SC} - T_i)}{h} \leq M_{Full}$	I	**4 章 8 節 4.2.2(a)**
	最小曲線： $W_{minS}(T_i) = 1.025V_H \frac{(T_i - 0.83T_{SC})}{h} \geq 0$	II	**4 章 8 節 4.2.2(b)**
港内状態	最大曲線： $W_{maxH}(T_i) = W_{maxS}(T_i) + 0.15M_{Full} \leq M_{Full}$	III	**4 章 8 節 4.2.5**
	最小曲線： $W_{minH}(T_i) = W_{minS}(T_i) - 0.15M_{Full} \geq 0$	IV	**4 章 8 節 4.2.5**

例 “*No MP*”を付記しない*BC-B*船及び*BC-C*船

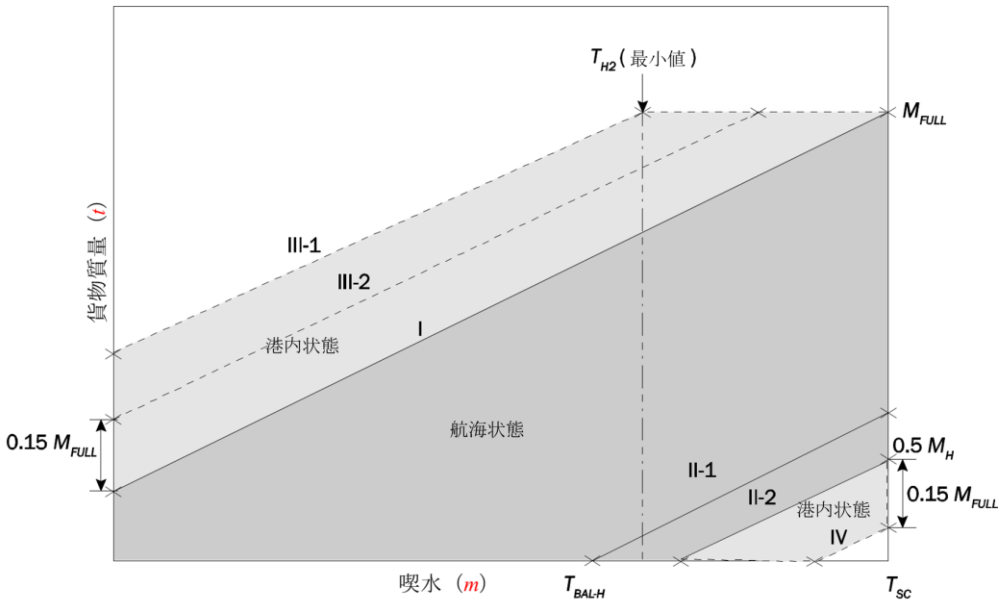


2.1.4 “*No MP*”を付記する *BC-B* 船及び *BC-C* 船

表 4 “*No MP*”を付記する *BC-B* 船及び *BC-C* 船

積付状態	最大曲線/最小曲線	参照曲線	参照規定
航海状態	最大曲線： $W_{maxS}(T_i) = M_{Full} - 1.025V_H \frac{(T_{SC} - T_i)}{h} \leq M_{Full}$	I	**4 章 8 節 4.2.1 (a)**
	最小曲線： $W_{minS}(T_i) = \min \begin{pmatrix} 1.025V_H \frac{(T_i - T_{BAL-H})}{h} \geq 0 \\ 0.5M_H - 1.025V_H \frac{(T_{SC} - T_i)}{h} \geq 0 \end{pmatrix}$	II-1 II-2	**4 章 8 節 4.2.1 (c)** **4 章 8 節 4.2.1 (b)**
港内状態	最大曲線： $W_{maxH}(T_i) = \max \begin{pmatrix} M_{Full} - 1.025V_H \frac{(0.67T_{SC} - T_i)}{h} \leq M_{Full} \\ W_{maxS}(T_i) + 0.15M_{Full} \leq M_{Full} \end{pmatrix}$	III-1 III-2	**4 章 8 節 4.2.6 (a)** **4 章 8 節 4.2.5**
	最小曲線： $W_{minH}(T_i) = W_{minS}(T_i) - 0.15M_{Full} \geq 0$	IV	**4 章 8 節 4.2.5**

例 “*No MP*”を付記する*BC-B*船及び*BC-C*船



3. 隣接する 2 つの貨物倉の最大及び最小貨物質量

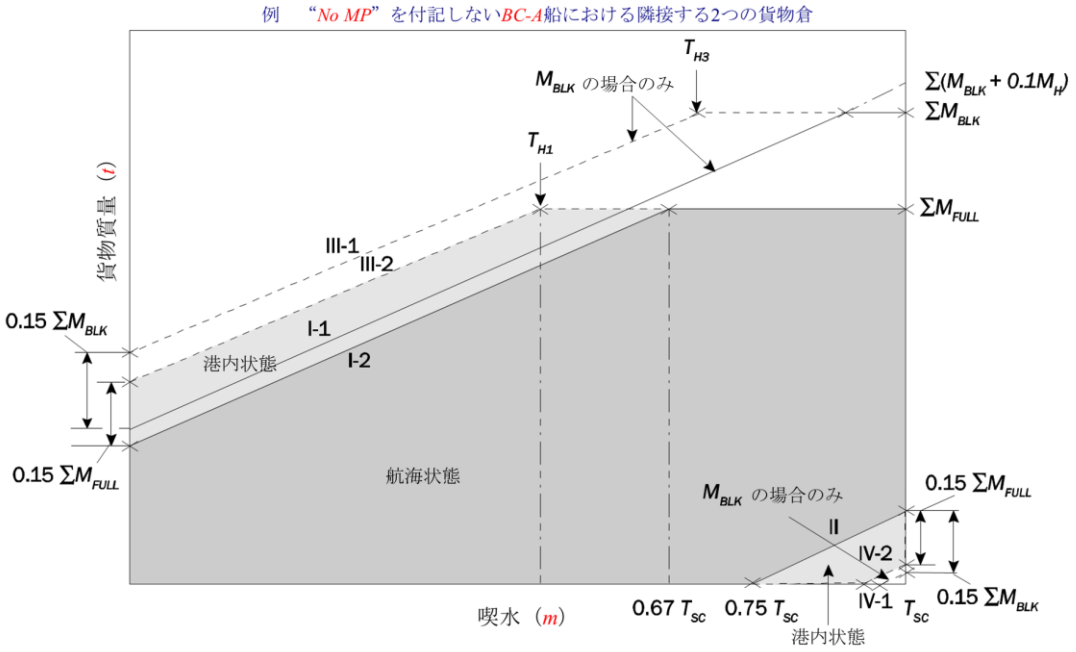
3.1 隣接する 2 つの貨物倉の最大許容及び最小必要貨物質量

3.1.1 “*No MP*”を付記しない *BC-A* 船

表 5 “*No MP*”を付記しない *BC-A* 船

積付状態	最大曲線/最小曲線	参照曲線	参照規定
航海状態	最大曲線： $W_{maxS}(T_i) = \max\begin{pmatrix} \sum(M_{BLK} + 0.1M_H) - 1.025\left(\frac{V_f}{h_f} + \frac{V_a}{h_a}\right)(T_{SC} - T_i) \le \sum M_{BLK} \\ \sum M_{Full} - 1.025\left(\frac{V_f}{h_f} + \frac{V_a}{h_a}\right)(0.67T_{SC} - T_i) \le \sum M_{Full} \end{pmatrix}$	I-1 (1) I-2	4 章 8 節 4.2.3 (d) 4 章 8 節 4.2.2 (c)
	最小曲線： $W_{minS}(T_i) = 1.025\left(\frac{V_f}{h_f} + \frac{V_a}{h_a}\right)(T_i - 0.75T_{SC}) \ge 0$	II	4 章 8 節 4.2.2 (d)
港内状態	最大曲線： $W_{maxH}(T_i) = \max\begin{pmatrix} W_{maxS}(T_i) + 0.15\sum M_{BLK} \le \sum M_{BLK} \\ W_{maxS}(T_i) + 0.15\sum M_{Full} \le \sum M_{Full} \end{pmatrix}$	III-1 (1) III-2	4 章 8 節 4.2.5 4 章 8 節 4.2.5
	最小曲線： $W_{minH}(T_i) = \min\begin{pmatrix} W_{minS}(T_i) - 0.15\sum M_{BLK} \ge 0 \\ W_{minS}(T_i) - 0.15\sum M_{Full} \ge 0 \end{pmatrix}$	IV-1 (1) IV-2	4 章 8 節 4.2.5 4 章 8 節 4.2.5
(1) ローディングマニュアルにブロック積状態が記載されている場合のみ，この曲線を考慮しなければならない。			

例 “*No MP*”を付記しない*BC-A*船における隣接する2つの貨物倉



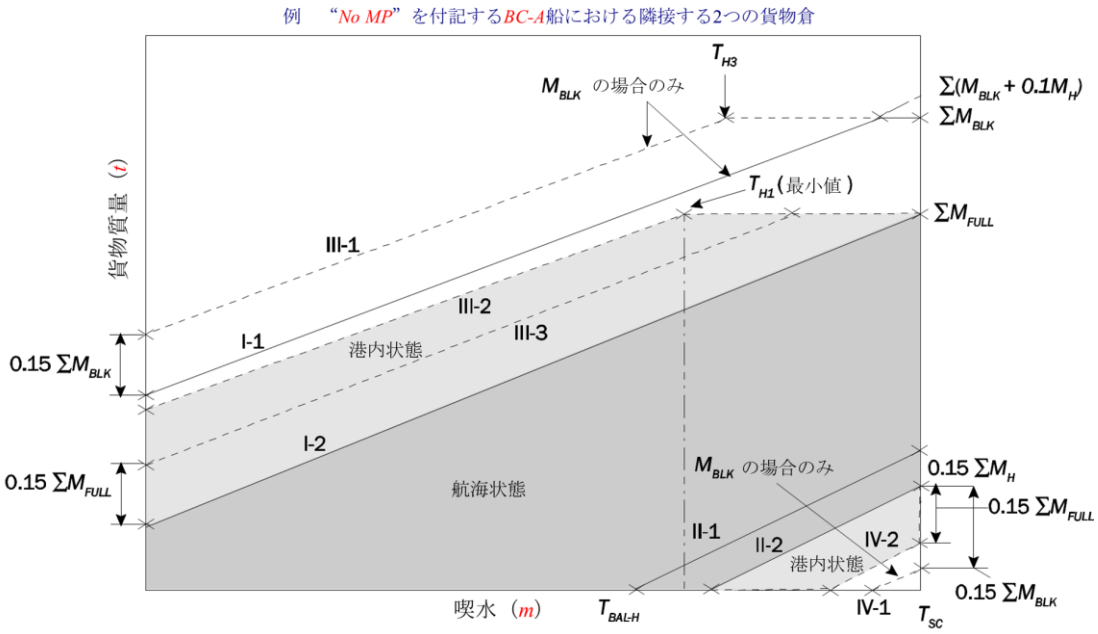
3.1.2 “*No MP*”を付記する *BC-A* 船

表 6 “*No MP*”を付記する *BC-A* 船

積付状態	最大曲線/最小曲線	参照曲線	参照規定
航海状態	最大曲線： $W_{maxS}(T_i) = \max \begin{pmatrix} \sum(M_{BLK} + 0.1M_H) - 1.025\left(\frac{V_f}{h_f} + \frac{V_a}{h_a}\right)(T_{SC} - T_i) \le \sum M_{BLK} \\ \sum M_{Full} - 1.025\left(\frac{V_f}{h_f} + \frac{V_a}{h_a}\right)(T_{SC} - T_i) \le \sum M_{Full} \end{pmatrix}$	I-1 (1) I-2	**4 章 8 節 4.2.3 (d)** **4 章 8 節 4.2.2 (a)**
	最小曲線： $W_{minS}(T_i) = \min \begin{pmatrix} 1.025\left(\frac{V_f}{h_f} + \frac{V_a}{h_a}\right)(T_i - T_{BAL-H}) \ge 0 \\ 0.5\sum M_H - 1.025\left(\frac{V_f}{h_f} + \frac{V_a}{h_a}\right)(T_{SC} - T_i) \ge 0 \end{pmatrix}$	II-1 II-2	**4 章 8 節 4.2.2 (c)** **4 章 8 節 4.2.2 (b)**
港内状態	最大曲線： $W_{maxH}(T_i) = \max \begin{pmatrix} W_{maxS}(T_i) + 0.15\sum M_{BLK} \le \sum M_{BLK} \\ \sum M_{Full} - 1.025\left(\frac{V_f}{h_f} + \frac{V_a}{h_a}\right)(0.67T_{SC} - T_i) \le \sum M_{Full} \\ W_{maxS}(T_i) + 0.15\sum M_{Full} \le \sum M_{Full} \end{pmatrix}$	III-1 (1) III-2 III-3	**4 章 8 節 4.2.5** **4 章 8 節 4.2.6 (b)** **4 章 8 節 4.2.5**
	最小曲線： $W_{minH}(T_i) = \min \begin{pmatrix} W_{minS}(T_i) - 0.15\sum M_{BLK} \ge 0 \\ W_{minS}(T_i) - 0.15\sum M_{Full} \ge 0 \end{pmatrix}$	IV-1 (1) IV-2	**4 章 8 節 4.2.5** **4 章 8 節 4.2.5**

(1) ローディングマニュアルにブロック積状態が記載されている場合のみ，この曲線を考慮しなければならない。

例 “*No MP*”を付記する*BC-A*船における隣接する2つの貨物倉

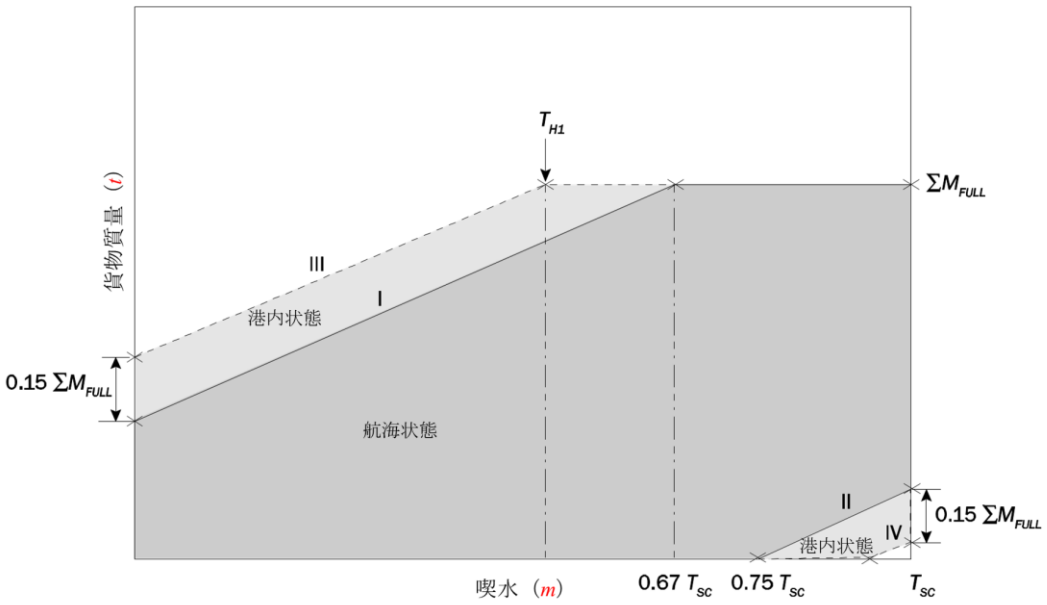


3.1.3 “*No MP*”を付記しない *BC-B* 船及び *BC-C* 船

表 7 “*No MP*”を付記しない *BC-B* 船及び *BC-C* 船

積付状態	最大曲線/最小曲線	参照曲線	参照規定
航海状態	最大曲線： $W_{maxS}(T_i) = \sum M_{Full} - 1.025\left(\frac{V_f}{h_f} + \frac{V_a}{h_a}\right)(0.67T_{SC} - T_i) \leq \sum M_{Full}$	I	**4 章 8 節 4.2.2 (c)**
	最小曲線： $W_{minS}(T_i) = 1.025\left(\frac{V_f}{h_f} + \frac{V_a}{h_a}\right)(T_i - 0.75T_{SC}) \geq 0$	II	**4 章 8 節 4.2.2 (d)**
港内状態	最大曲線： $W_{maxH}(T_i) = W_{maxS}(T_i) + 0.15\sum M_{Full} \leq \sum M_{Full}$	III	**4 章 8 節 4.2.5**
	最小曲線： $W_{minH}(T_i) = W_{minS}(T_i) - 0.15\sum M_{Full} \geq 0$	IV	**4 章 8 節 4.2.5**

例 “*No MP*”を付記しない*BC-B*船及び*BC-C*船における隣接する2つの貨物倉

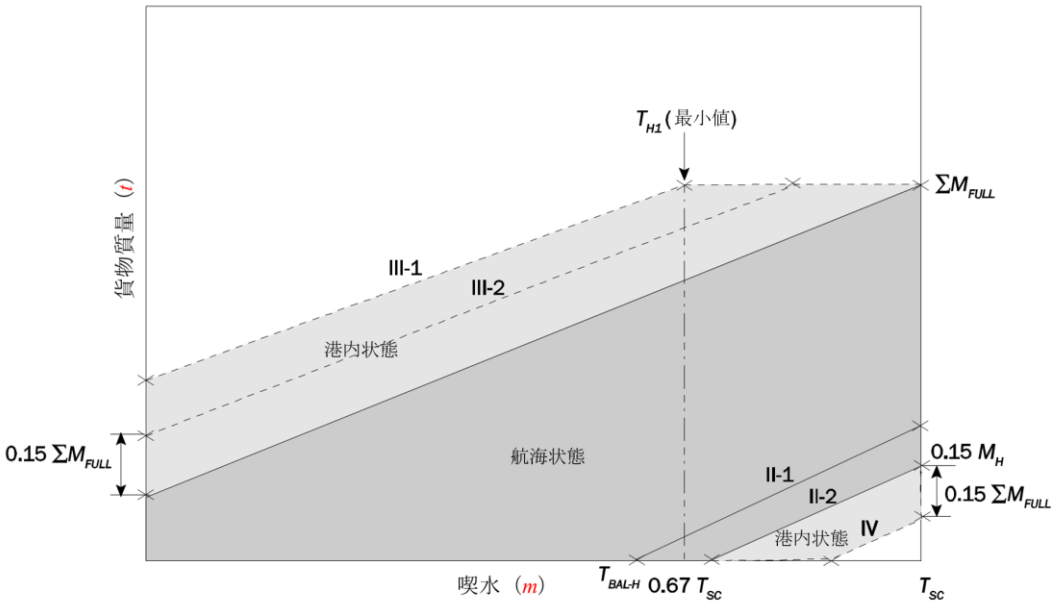


3.1.4 “*No MP*”を付記する *BC-B* 船及び *BC-C* 船

表 8 “*No MP*”を付記する *BC-B* 船及び *BC-C* 船

積付状態	最大曲線/最小曲線	参照曲線	参照規定
航海状態	最大曲線: $W_{maxS}(T_i) = \sum M_{Full} - 1.025\left(\frac{V_f}{h_f} + \frac{V_a}{h_a}\right)(T_{SC} - T_i) \le \sum M_{Full}$	I	**4 章 8 節 4.2.1 (a)**
	最小曲線: $W_{minS}(T_i) = \min\begin{pmatrix} 1.025\left(\frac{V_f}{h_f} + \frac{V_a}{h_a}\right)(T_i - T_{BAL-H}) \ge 0 \\ 0.5\sum M_H - 1.025\left(\frac{V_f}{h_f} + \frac{V_a}{h_a}\right)(T_{SC} - T_i) \ge 0 \end{pmatrix}$	II-1 II-2	**4 章 8 節 4.2.1 (c)** **4 章 8 節 4.2.1 (b)**
港内状態	最大曲線: $W_{maxH}(T_i) = \max\begin{pmatrix} \sum M_{Full} - 1.025\left(\frac{V_f}{h_f} + \frac{V_a}{h_a}\right)(0.67T_{SC} - T_i) \le \sum M_{Full} \\ W_{maxS}(T_i) + 0.15\sum M_{Full} \le \sum M_{Full} \end{pmatrix}$	III-1 III-2	**4 章 8 節 4.2.6 (a)** **4 章 8 節 4.2.5**
	最小曲線: $W_{minH}(T_i) = W_{minS}(T_i) - 0.15\sum M_{Full} \ge 0$	IV	**4 章 8 節 4.2.5**

例 “*No MP*”を付記する*BC-B*船及び*BC-C*船における隣接する2つの貨物倉



5章　ハルガーダ強度

1節　ハルガーダ降伏強度

記号

本節に規定されない記号については，**1章4節**による。

M_{sw}：　考慮する船体横断面の位置における非損傷状態での航海時のホギング及びサギング状態の許容静水中垂直曲げモーメント（*kNm*）で，**4章4節2.2.2**の規定による。

$M_{sw\text{-}p}$：　考慮する船体横断面の位置における港内又は閉囲された水域でのホギング及びサギング状態の許容静水中垂直曲げモーメント（*kNm*）で，**4章4節2.2.3**の規定による。

$M_{sw\text{-}f}$：　考慮する船体横断面の位置における浸水状態でのホギング及びサギング状態の許容静水中垂直曲げモーメント（*kNm*）で，**4章4節2.2.4**の規定による。

M_{wv}：　考慮する船体横断面の位置における非損傷状態又は浸水状態での航海時の波浪中垂直曲げモーメント（*kNm*）で，**4章4節3.1.1**の規定による。

M_{wh}：　考慮する船体横断面の位置における波浪中水平曲げモーメント（*kNm*）で，**4章4節3.3.1**の規定による。

Q_{sw}：　考慮する船体横断面の位置における航海時での正又は負の許容静水中せん断力（*kN*）で，**4章4節2.3.3**の規定による。

Q_{sw-p}：考慮する船体横断面の位置における港内又は閉囲された水域での正又は負の許容静水中せん断力（*kN*）で，**4章4節2.3.4**の規定による。

Q_{sw-f}：考慮する船体横断面の位置における浸水状態での正又は負の許容静水中せん断力（*kN*）で，**4章4節2.3.5**の規定による。

Q_{wv}：　考慮する船体横断面の位置における非損傷状態及び浸水状態での航海時の波浪中せん断力（*kN*）で，**4章4節3.2.1**の規定による。

Q_{sw-Lcd}：考慮する船体横断面の位置における航海時に考慮する積付状態での静水中垂直せん断力（*kN*）

$Q_{sw-Lcd-p}$：考慮する船体横断面の位置における港内又は閉囲された水域で考慮する積付状態での静水中垂直せん断力（*kN*）

$Q_{sw-Lcd-f}$：考慮する船体横断面の位置における航海時に考慮する浸水状態での静水中垂直せん断力（*kN*）

x：　**1章4節3.6**に定義する座標系における計算点の*X*座標（*m*）

V_D：　甲板の垂直距離（*m*）で，**1.4.3**の規定による。

z：　**1章4節3.6**に定義する座標系における計算点の*Z*座標（*m*）

z_n：　**1章4節3.6**に定義する座標系における，**1.2**に定義するネット寸法を用いた船体横断面の水平中性軸に対する*Z*座標（*m*）

$I_{y\text{-}n50}$：　考慮する船体横断面の水平中性軸に対する断面二次モーメント（m^4）で，**1.5**により算出する。

$I_{z\text{-}n50}$：　考慮する船体横断面の垂直中性軸に対する断面二次モーメント（m^4）で，**1.5**により算出する。

$Z_{A\text{-}n50}$：　考慮する船体横断面のネット断面係数（m^3）で，**1.4.1**により算出する。

$Z_{B\text{-}n50}$，$Z_{D\text{-}n50}$：　船底及び甲板におけるネット断面係数（m^3）で，**1.4.2**及び**1.4.3**により算出する。

Z_{VD}：　*Z*座標（*m*）で，V_D+z_nとする。

C_w：　波のパラメータで，**4章4節**の規定による。

ρ：　海水密度で，1.025t/m^3とする。

f_β：　船首方位修正係数で，次による。

f_β= 1.05：　航海状態

f_β= 1.0：　洋上でのバラスト交換，港内及び閉囲された水域並びに浸水時のための設計荷重シナリオ

1. 船体横断面の強度特性

1.1 一般

1.1.1

本節は，**4 章 4 節**に規定する荷重に関連して，**2** 及び **3** に規定する強度評価に使用される船体横断面の強度特性の算出に関する基準を規定する。

1.2 船体横断面

1.2.1 一般

船体横断面は，ハルガーダ強度に寄与する構造部材，即ち，**1.2.2** から **1.2.13** までの規定を考慮して，**1.3** に定義する強力甲板下の全ての縦通部材によって構成されるものとして考慮しなければならない。

1.2.2 ネット寸法

2 及び **3** によるハルガーダ降伏強度評価に使用するハルガーダ強度特性について，ハルガーダ強度に寄与する構造部材の寸法は，申請グロス寸法から $0.5t_c$ を差し引いた申請ネット寸法で考慮しなければならない。ここで，t_c は **3 章 3 節**の規定よる。

1.2.3 ハルガーダ断面積に寄与しない構造部材

次の構造部材は，ハルガーダ断面積に寄与しないため，計算において考慮してはならない。

- 強力甲板を形成しない船楼
- 甲板室
- 立て式波形隔壁（**1.2.7** 参照）
- ブルワーク及びガッタバー
- ビルジキール
- スニップ端又は不連続の縦通防撓材
- 不連続のハッチコーミング

1.2.4 連続したトランク及び連続したハッチサイドコーミング

連続したトランク及び連続したハッチサイドコーミングが，縦通隔壁又は主要支持部材により有効に支持される構造の場合には，縦通部材に含めることができる。

1.2.5 強力甲板上に溶接された縦通防撓材及びガーダ

強力甲板（**1.2.4** の規定により縦通部材に含めるトランクの頂部甲板を含む。）上に溶接される縦通防撓材及びガーダは，船体横断面に含めなければならない。

1.2.6 縦通隔壁に支持される倉口間ガーダ

縦通隔壁で有効に支持されるガーダが倉口間にある場合，これらのガーダの横断面は，船体横断面に含めなければならない。

1.2.7 立て式波形縦通隔壁

立て式波形縦通隔壁は船体横断面に含めてはならない。立て式波形縦通隔壁はハルガーダ曲げに対して有効ではないが，ハルガーダせん断力には有効である。

1.2.8 鋼以外の材料の構造部材

ハルガーダ強度に寄与する部材をヤング率 2.06×10^5（N/mm^2）の鋼以外の材料とする場合，船体横断面に含めることができる鋼と等価な断面積（m^2）は，次の算式による。

$$A_{SE-n50}=\frac{E}{2.06\times10^5}A_{M-n50}$$

$A_{M\text{-}n50}$： 考慮する部材の断面積（m^2）

1.2.9 開口の定義

開口の定義は次による。

(a) 大開口とは，次をいう。

- 長さ $2.5m$ 又は幅 $1.2m$ を超える楕円形の開口
- 直径 $0.9m$ を超える円形の開口

(b) 小開口とは，ビルジ孔等の大開口では無い開口をいう。

(c) マンホール

(d) 単独の開口とは，開口間の距離が船の水平方向又は垂直方向に $1m$ 以上離れたものをいう。

1.2.10 大開口，マンホール及び周辺の小開口

大開口及びマンホールはハルガーダ断面二次モーメントと断面係数の計算に用いる断面積から控除しなければならない。小開口が大開口又はマンホールから水平方向又は垂直方向に $1m$ を超えない距離に位置する場合，それら開口の幅の総和を断面積から控除しなければならない。

上記に加え，**3 章 6 節 6.3.2** に規定する配置要件を満足していない単独の小開口は，船体横断面から控除しなければならない。

1.2.11 単独の小開口

強力甲板又は船底部の同一断面にある単独の小開口は，次の算式を満足する場合，船体横断面に含む断面積から控除する必要はない。

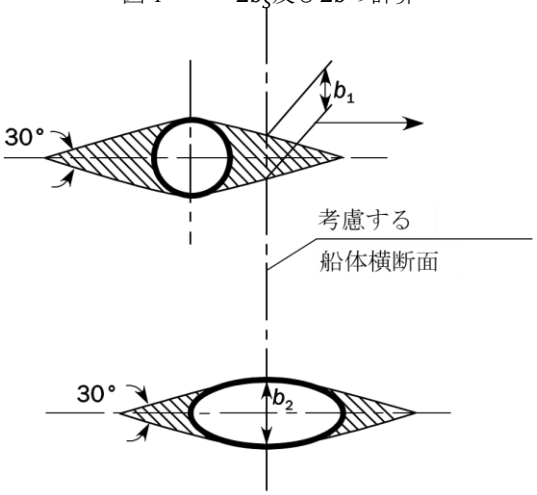
$$\Sigma b_S \leq 0.06(B - \Sigma b)$$

Σb_S： 考慮する横断面における強力甲板又は船底部にある単独の小開口の幅の総和（m）で，**図 1** に示すように決定する。ただし，**1.2.10** の規定による断面積からの控除は考慮しないこと。

Σb： 考慮する横断面における大開口の幅の総和（m）で，**図 1** に示すように決定する。ただし，**1.2.10** の規定により断面積から控除すること。

単独の小開口の幅の総和Σb_Sが上記の条件を満足しない場合，上記を超過する幅の分については，船体横断面から控除しなければならない。

図 1 Σb_S及びΣbの計算



Σb_S及び Σbに含むb_1及びb_2

1.2.12 軽目孔，排水口及び単独のスカラップ

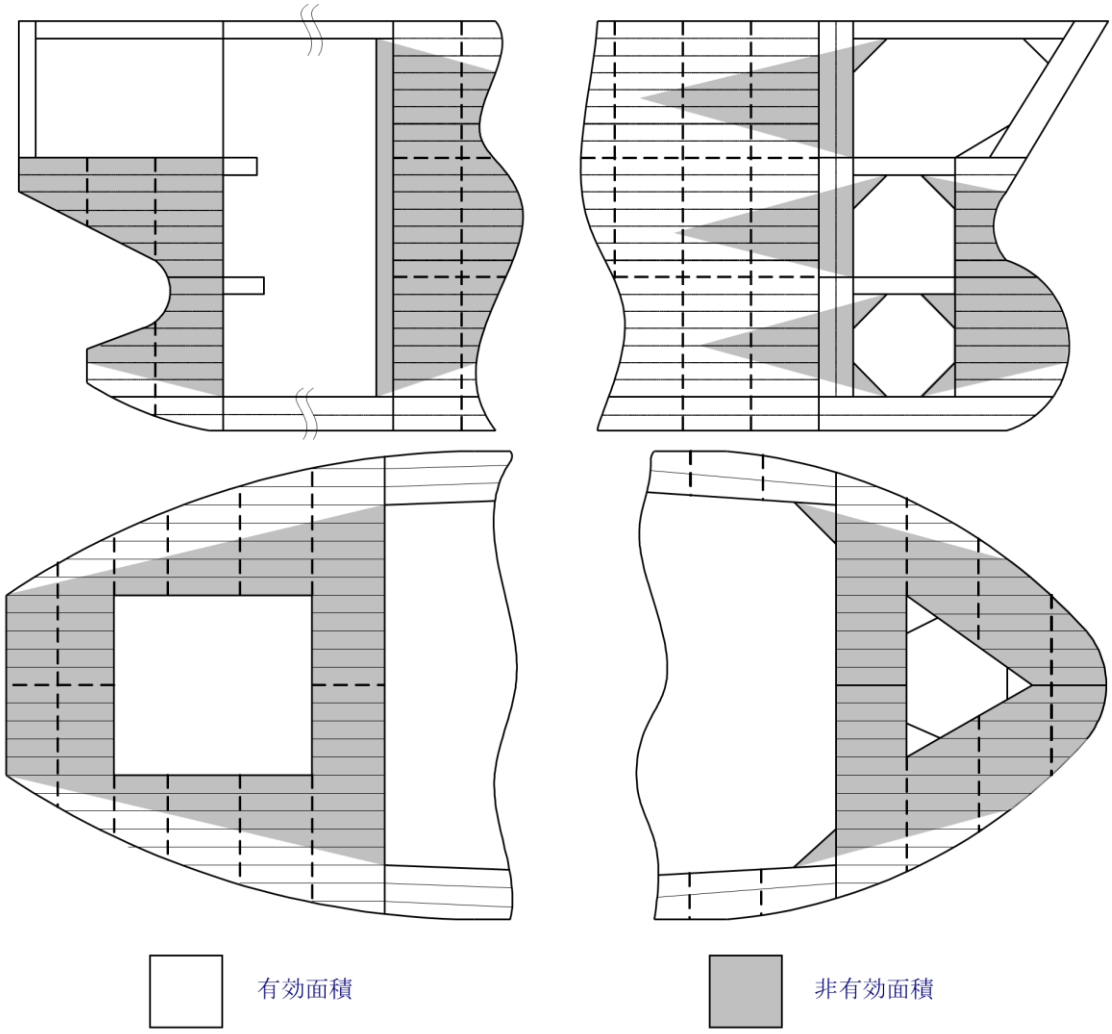
縦通材にある軽目孔，排水口及び単独のスカラップは，それらの高さが $0.25h_w$ 未満の場合には，その高さ分を控除する必要はない。ここで，h_w はウェブ高さ（mm）とする。

その他の場合，上記を超過する分を断面積から控除するか，又は，これに見合った補強をしなければならない。

1.2.13 不連続の甲板及び縦通隔壁

不連続の甲板及び縦通隔壁の有効面積を算定する場合，有効面積は**図 2** によらなければならない。非有効面積を示すシャドウエリアは，船の縦軸に対して 15 度の角度で 2 本の接線を引くことにより求める。

図 2　　不連続の甲板及び縦通隔壁の有効面積



1.3　　強力甲板

1.3.1

強力甲板とは，一般に，最上層全通甲板とする。船楼又は甲板室がハルガーダ強度に寄与する場合，強力甲板は，船楼甲板又は甲板室の最上層の甲板とする。

1.4　　断面係数

1.4.1　任意点における断面係数

任意点における船体横断面の断面係数（m^3）は，次の算式による。

$$Z_{A-n50} = \frac{I_{y-n50}}{|z - z_n|}$$

1.4.2　船底における断面係数

船底における断面係数（m^3）は，次の算式による。

$$Z_{B-n50} = \frac{I_{y-n50}}{z_n}$$

1.4.3　甲板における断面係数

甲板における断面係数（m^3）は，次の算式による。

$$Z_{D-n50} = \frac{I_{y-n50}}{V_D}$$

V_D：　甲板の垂直距離（m）で，次による。

船側における強力甲板の位置から，船体中心線上の中性軸位置から$(z_D–z_n)/0.9$ の位置まで引いた線よりも上方に，**1.2.4** 及び **1.2.5** に規定する有効な縦通部材がない場合

$$V_D = z_D - z_n$$

船側における強力甲板の位置から，船体中心線上の中性軸位置から$(z_D–z_n)/0.9$の位置まで引いた線よりも上方に，1.2.4及び1.2.5に規定する有効な縦通部材を有する場合

$$V_D = (z_T - z_n)(0.9 + 0.2\frac{y_T}{B}) \geq z_D - z_n$$

z_D： 船側における強力甲板のZ座標（m）で，1.3の規定による。

y_T，z_T： 連続するトランク，ハッチコーミング，縦通防撓材又はガーダの頂部のY座標（m）及びZ座標（m）で，V_Dの値を最大にする点について測らなければならない。

1.5 断面二次モーメント

1.5.1

断面二次モーメント$I_{y\text{-}n50}$及び$I_{z\text{-}n50}$（m^4）は，1.2に規定する船体横断面の各水平中性軸及び垂直中性軸に対して算出すること。

2. ハルガーダ曲げ強度評価

2.1 一般

2.1.1

中央部$0.4L_{CSR}$間においては，2.3に規定する断面二次モーメント及び断面係数に基づくハルガーダの全ての縦通部材の寸法を維持しなければならない。

2.1.2

材料係数kは，1に規定するハルガーダ強度に寄与する船底構造部材及び甲板構造部材に使用される材料について決定しなければならない。高張力鋼に対する材料係数を使用する場合，2.4の規定を適用すること。

2.2 直応力

2.2.1

垂直曲げモーメントにより生じる直応力σ_Lは，船尾垂線から船首垂線までの船の全長に対して，ホギング状態及びサギング状態の両方について評価しなければならない。

z_{VD}より下方の船体横断面の任意点の直応力σ_Lは，次の算式を満足しなければならない。

$$\sigma_L \leq \sigma_{perm}$$

σ_L： 直応力（N/mm^2）で，2.2.2の規定による。

σ_{perm}： 許容ハルガーダ曲げ応力（N/mm^2）で，表 1による。

2.2.2

垂直曲げモーメントにより生じる直応力σ_L（N/mm^2）は表 2による。

2.2.3

1.2.8の規定による船体横断面に含める構造部材のうち，ヤング率Eが2.06×10^5（N/mm^2）である鋼以外の材料を用いる部材における直応力は，次の算式による。

$$\sigma_L = \frac{E}{2.06\times10^5}\sigma_{LS}$$

σ_{LS}： 考慮する構造部材の直応力（N/mm^2）で，1.2.8に規定する等価な断面積A_{SE}を有する構造部材を考慮し，2.2.2により算定する。

表 1　　許容ハルガーダ曲げ応力σ_{perm}

状態	設計荷重	許容ハルガーダ曲げ応力σ_{perm}				
		$\frac{x}{L_{CSR}} \leq 0.1$	$0.1 < \frac{x}{L_{CSR}} < 0.3$	$0.3 \leq \frac{x}{L_{CSR}} \leq 0.7$	$0.7 < \frac{x}{L_{CSR}} < 0.9$	$\frac{x}{L_{CSR}} \geq 0.9$
航海状態	(*S*+*D*)	140/*k*	線形補間	190/*k*	線形補間	140/*k*
港内又は閉囲された水域での航行状態	(*S*)	105/*k*	線形補間	143/*k*	線形補間	105/*k*
浸水状態（乾舷用長さ L_{LL} が 150*m* 以上のばら積貨物船）	(*A*:*S*+*D*)	140/*k*	線形補間	190/*k*	線形補間	140/*k*

表 2　　直応力σ_L

状態	直応力σ_L		
	Z_{VD} より下方の任意点	船底(1)	甲板(1)
航海状態	$\sigma_L = \frac{M_{SW} + f_\beta M_{WV}}{Z_{A-n50}} 10^{-3}$	$\sigma_L = \frac{M_{SW} + f_\beta M_{WV}}{Z_{B-n50}} 10^{-3}$	$\sigma_L = \frac{M_{SW} + f_\beta M_{WV}}{Z_{D-n50}} 10^{-3}$
港内又は閉囲された水域での航行状態	$\sigma_L = \frac{M_{SW-p}}{Z_{A-n50}} 10^{-3}$	$\sigma_L = \frac{M_{SW-p}}{Z_{B-n50}} 10^{-3}$	$\sigma_L = \frac{M_{SW-p}}{Z_{D-n50}} 10^{-3}$
浸水状態（乾舷用長さ L_{LL} が 150*m* 以上のばら積貨物船）	$\sigma_L = \frac{M_{SW-f} + M_{WV}}{Z_{A-n50}} 10^{-3}$	$\sigma_L = \frac{M_{SW-f} + M_{WV}}{Z_{B-n50}} 10^{-3}$	$\sigma_L = \frac{M_{SW-f} + M_{WV}}{Z_{D-n50}} 10^{-3}$
(1)　任意点で与えられる算式の適用に応じて，船底及び甲板のσ_Lの値は基線及び甲板位置でそれぞれ計算する。			

2.3　船体中央部における最小ネット断面二次モーメント及びネット断面係数

2.3.1

船体中央断面では，水平軸周りのネット断面二次モーメント $I_{y\text{-}n50}$（m^4）は次の算式による値以上としなければならない。

$$I_{yR} = 2.7 C_W L_{CSR}{}^3 B (C_B + 0.7) 10^{-8}$$

2.3.2

船体中央断面では，甲板及び船底の位置におけるネットハルガーダ断面係数 $Z_{D\text{-}n50}$ 及び $Z_{B\text{-}n50}$（m^3）は，次の算式による値以上としなければならない。

$$Z_R = 0.9 k C_W L_{CSR}{}^2 B (C_B + 0.7) 10^{-6}$$

2.4　高張力鋼の使用範囲

2.4.1　垂直方向範囲

高張力鋼を甲板又は船底に使用する場合，船側における甲板又は基線からの高張力鋼の垂直方向使用範囲 $Z_{hts,i}$（m）は，次の算式による値以上としなければならない。（**図 3** 参照）

$$Z_{hts,i} = z_1 \left(1 - \frac{\sigma_{perm,i}}{\sigma_L}\right)$$

z_1：　水平中性軸から甲板又は基線までの距離（m）

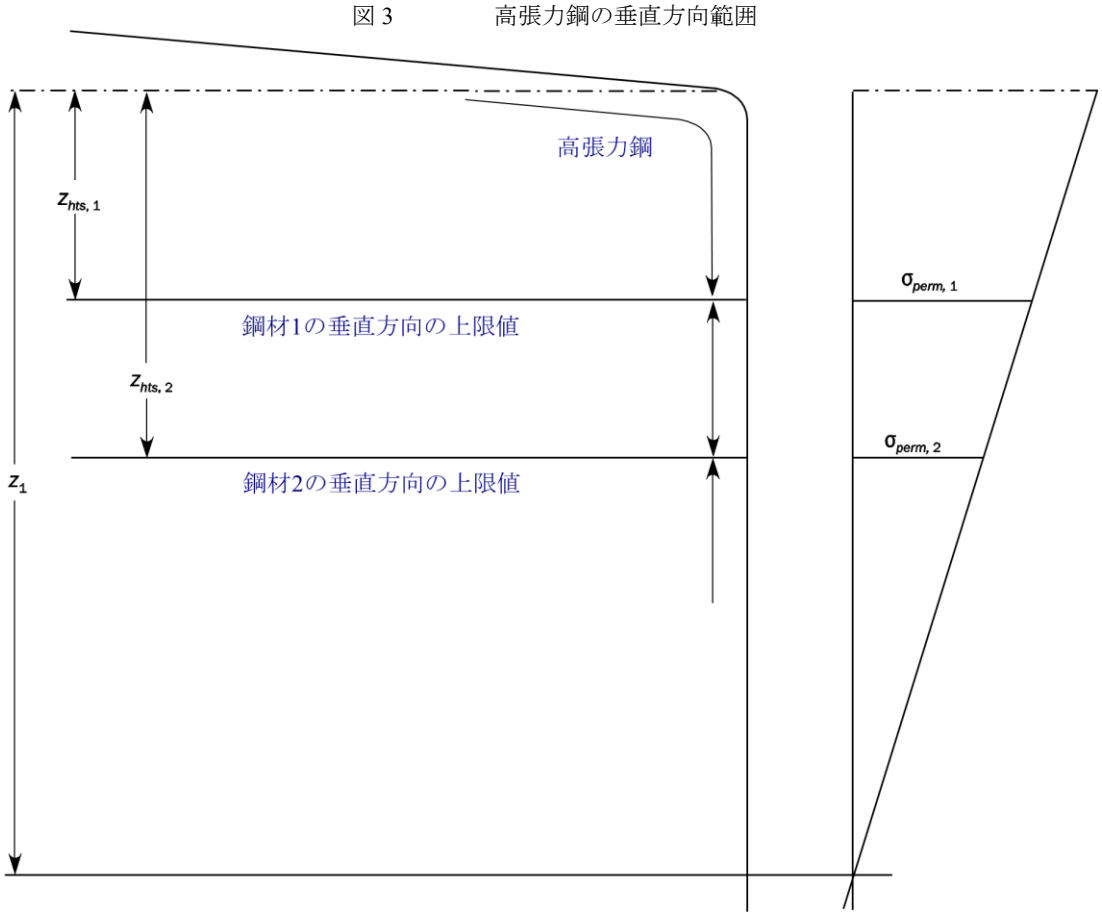
$\sigma_{perm,i}$：考慮する鋼材の許容ハルガーダ曲げ応力（N/mm^2）で，**表 1** 及び**図 3** による。

σ_L：　甲板におけるハルガーダ曲げ応力σ_{dk}（N/mm^2）又は基線におけるハルガーダ曲げ応力σ_{dl}（N/mm^2）で，**表 3** による。

表 3　　基線及び甲板におけるハルガーダ応力

状態	基線	甲板
航海状態	$\sigma_{bl} = \dfrac{\lvert M_{SW} + f_{\beta} M_{WV} \rvert}{I_{y-n50}} z_n 10^{-3}$	$\sigma_{dk} = \dfrac{\lvert M_{SW} + f_{\beta} M_{WV} \rvert}{I_{y-n50}} (z_{dk-S} - z_n) 10^{-3}$
港内又は閉囲された水域での航行状態	$\sigma_{bl} = \dfrac{\lvert M_{SW-p} \rvert}{I_{y-n50}} z_n 10^{-3}$	$\sigma_{dk} = \dfrac{\lvert M_{SW-p} \rvert}{I_{y-n50}} (z_{dk-S} - z_n) 10^{-3}$
浸水状態（乾舷用長さ L_{LL} が 150m 以上のばら積貨物船）	$\sigma_{bl} = \dfrac{\lvert M_{SW-f} + M_{WV} \rvert}{I_{y-n50}} z_n 10^{-3}$	$\sigma_{dk} = \dfrac{\lvert M_{SW-f} + M_{WV} \rvert}{I_{y-n50}} (z_{dk-S} - z_n) 10^{-3}$
z_{dk-s}　：船側における基線から甲板までの距離（m）		

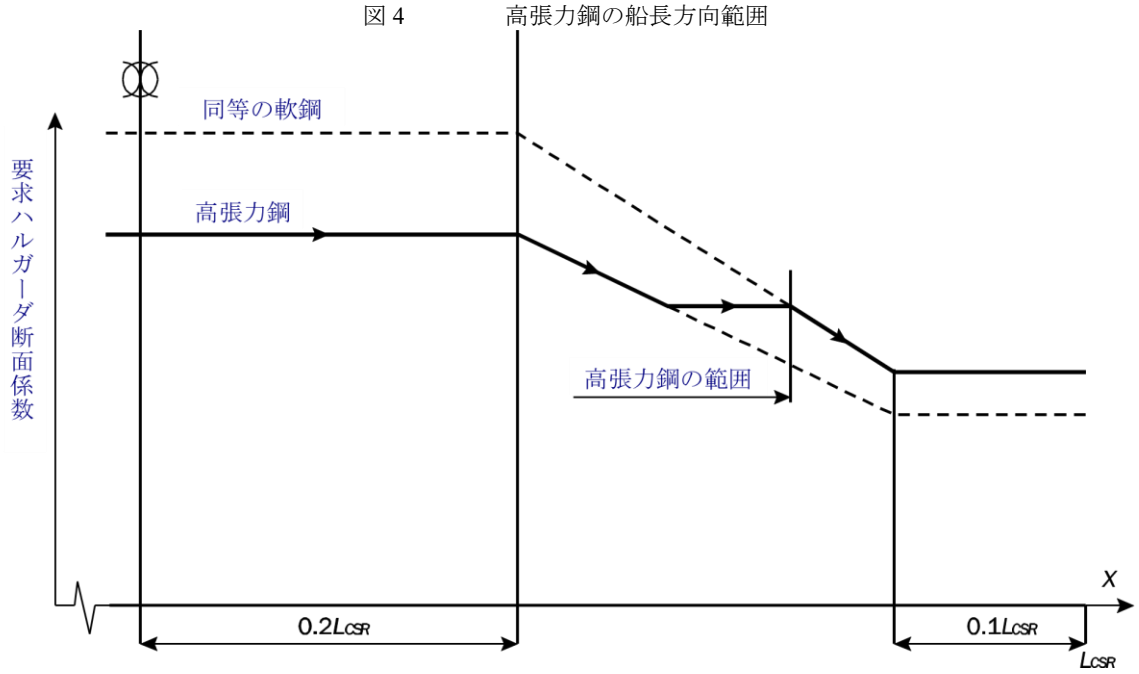
図 3　　高張力鋼の垂直方向範囲



2.4.2　　船長方向範囲

高張力鋼を使用する場合，その適用範囲は，縦応力レベルが軟鋼構造での許容範囲内であるところまで連続しなければならない。（図 4 参照）

図 4　　高張力鋼の船長方向範囲



3. ハルガーダせん断強度評価

3.1 一般

3.1.1

ハルガーダせん断強度要件は船尾垂線から船首垂線までの船の全長にわたって適用する。

3.2 ハルガーダせん断強度

3.2.1

全ハルガーダせん断強度Q_R（*kN*）は，考慮する横断面のハルガーダせん断に寄与する全ての板要素 *i* について算出される最小値であり，次の算式によらなければならない。

$$Q_R = \min_i \left(\frac{\tau_{i-perm} t_{i-n50}}{q_{vi}} 10^{-3} \right)$$

$t_{i\text{-}n50}$： 板要素 *i* のネット板厚（*mm*）。油タンカーの貨物タンク間の縦通隔壁の場合，$t_{sfi\text{-}n50}$（**3.4.1** 参照）又は$t_{sti\text{-}k\text{-}n50}$（**3.5.1** 参照）の該当する値とする。

q_{vi}： $0.5t_c$ を差し引いたネット寸法に基づく板要素 *i* における単位厚さ（*mm*）あたりのハルガーダせん断力の寄与率（mm^{-1}）で，単位厚さ（*mm*）あたりのせん断流（*N/mm*）と等しく，**5 章付録 1** による薄肉梁理論に基づく数値計算から得られる。

τ_{i-perm}： 板要素 *i* の許容せん断応力（N/mm^2）で，**表 4** による。

表 4 許容ハルガーダせん断応力

状態	設計荷重	許容ハルガーダせん断応力τ_{i-perm}
航海状態	(*S*+*D*)	120/*k*
港内又は閉囲された水域での航行状態	(*S*)	105/*k*
浸水状態（乾舷用長さ L_{LL} が 150*m* 以上のばら積貨物船）	(*A*:*S*+*D*)	120/*k*

3.3 許容基準

3.3.1 許容垂直せん断力

正及び負の許容垂直せん断力は次の基準を満足しなければならない。

- 航海状態：

$$|Q_{SW}| \le Q_R - |f_\beta Q_{WV}|$$

- 港内又は閉囲された水域での航行状態：

$$|Q_{SW-p}| \le Q_R$$

- 浸水状態（乾舷用長さ L_{LL} が 150*m* 以上のばら積貨物船）：

$$|Q_{SW-f}| \le Q_R - |Q_{WV}|$$

Q_R： 全ハルガーダせん断強度（*kN*）で，**3.2.1** の規定による。

上記の 2 つの条件に用いられるせん断力Q_{wv}は，考慮するそれぞれのせん断力Q_{sw}及びQ_{sw-f}と符号を同じにしなければならない。

3.3.2 静水中垂直せん断力

静水中垂直せん断力（*kN*）は,すべての積付状態について次の基準を満足しなければならない。

- 航海状態：

$$|Q_{SW-Lcd} - \Delta Q_{mdf}| \le |Q_{SW}|$$

- 港内又は閉囲された水域での航行状態：

$$|Q_{SW-Lcd-p} - \Delta Q_{mdf}| \le |Q_{SW-p}|$$

- 浸水状態（乾舷用長さ L_{LL} が 150*m* 以上のばら積貨物船）：

$$|Q_{SW-Lcd-f} - \Delta Q_{mdf}| \le |Q_{SW-f}|$$

ΔQ_{mdf}： 考慮する横断面におけるせん断力修正（*kN*）で，次による。

・ ばら積貨物船： **3.6.1** の規定による。

・ 油タンカー： $\Delta Q_{mdf} = 0$

許容せん断力Q_{sw}，Q_{sw-p}及びQ_{sw-f}は，考慮するそれぞれのせん断力Q_{sw-Lcd}，$Q_{sw-Lcd-p}$及び$Q_{sw-Lcd-f}$と符号を同じにしなければならない。

3.4 油タンカーの貨物タンク間の縦通隔壁の有効ネット板厚

3.4.1

内底板より上方にある貨物タンク間の縦通隔壁の板要素 *i* に対する有効ネット板厚 $t_{sfi\text{-}n50}$（*mm*）は，次の算式による値とする。

$$t_{sfi-n50} = t_{i-n50} - t_{\Delta i}$$

$t_{\Delta i}$： 板要素 *i* に対する板厚の控除量（*mm*）で，**3.4.2** の規定による。

3.4.2

垂直せん断力修正における板厚控除量の垂直方向分布は，**図 5** に示すような三角形としなければならない。板要素 *i* に対するせん断力修正における板厚控除量（*mm*）は次の算式による値としなければならない。

$$t_{\Delta i} = \frac{\delta Q_3}{h_{blk}\tau_{i-perm}}\left(1 - \frac{x_{blk}}{0.5\ell_{tk}}\right)\left(2 - \frac{2(z_p - h_{db})}{h_{blk}}\right)$$

δQ_3： 一列又は二列の縦通隔壁を有する船舶に対する縦通隔壁のせん断力修正値（*kN*）で，それぞれ **3.4.3** 及び **3.4.4** の規定による。

ℓ_{tk}： 貨物タンク長さ（*m*）

h_{blk}： 縦通隔壁の高さ（*m*）で，内底板から隔壁上端の甲板までの距離とする。（**図 5** 参照）

x_{blk}： 考慮する断面から貨物タンク内の直近の横隔壁までの船長方向の最小距離（*m*）で，値は正とし，$0.5\ell_{tk}$を超えてはならない。

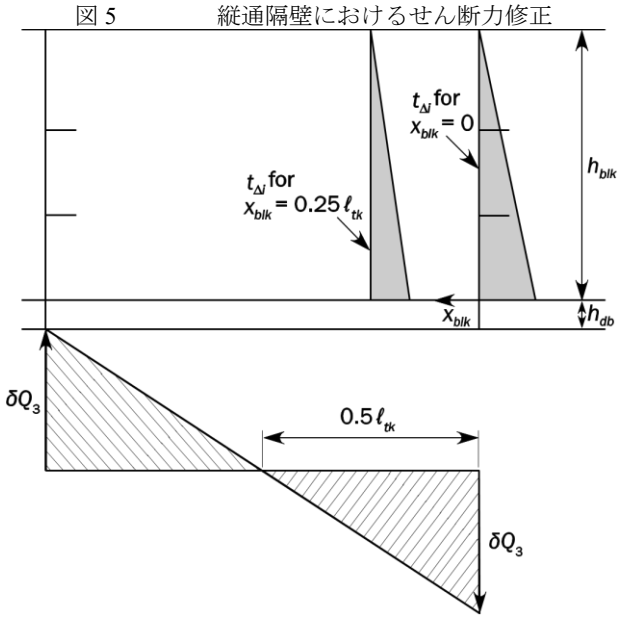
z_p： 板要素 *i* の最下端から基線までの垂直距離（*m*）で，h_{db} 未満としてはならない。

h_{db}： 二重底高さ（*m*）で，**図 5** による。

τ_{i-perm}： 板要素 *i* に対する許容ハルガーダせん断応力τ_{perm}（N/mm^2）で，次による。

$$\tau_{i-perm} \leq 120/k$$

図 5 縦通隔壁におけるせん断力修正



3.4.3 船体中心線上に縦通隔壁を有する船舶のせん断力修正

船体中心線上に縦通隔壁を有する船舶に対する横隔壁のせん断力修正値δQ_3（*kN*）は，次の算式による値としなければならない。

$$\delta Q_3 = 0.5K_3F_{db}$$

F_{db}：タンクの二重底に作用する最大合力（*kN*）で，**3.4.5** の規定による。

K_3：修正係数で，次の算式による。

$$K_3 = 0.4\left(1 - \frac{1}{1+n}\right) - f_3$$

n： 横隔壁間のフロアの数

f_3： せん断力分布係数で，**表 7** による。

3.4.4　貨物タンク間に二列の縦通隔壁を有する船舶のせん断力修正

貨物タンク間に二列の縦通隔壁を有する船舶のせん断力修正値δQ_3 (kN) は，次の算式による値としなければならない。

$$\delta Q_3 = 0.5 K_3 F_{db}$$

F_{db}：タンクの二重底に作用する最大合力（kN）で，**3.4.5** の規定による。

K_3：修正係数で，次の算式による。

$$K_3 = 0.5\left(1 - \frac{1}{1+n}\right)\left(\frac{1}{r+1}\right) - f_3$$

n： 横隔壁間のフロアの数

r： 制水隔壁とフロアによって縦通隔壁から二重船側板へ伝達される局部荷重比で，次の算式による。

$$r = \frac{1}{\left[\frac{A_{3-n50}}{A_{1-n50} + A_{2-n50}} + \frac{2 \times 10^4 b_{80}(n_S + 1)A_{3-n50}}{\ell_{tk}(n_S A_{T-n50} + R)}\right]}$$

ℓ_{tk}： 貨物タンクの長さで，船側貨物タンク内の横隔壁間距離とする（m）

b_{80}： タンク中央部における縦通隔壁から二重船側部を形成する縦通隔壁までの距離の 80%の幅（m）

$A_{T\text{-}n50}$： 船側貨物タンク内の直下のフロアを含む制水横隔壁のネットせん断面積（cm^2）で，垂直断面の最小面積とする。

$A_{1\text{-}n50}$，$A_{2\text{-}n50}$，$A_{3\text{-}n50}$： ネット面積（m^2）で，**表 7** による。

f_3： せん断力分布係数で，**表 7** による。

n_S： 船側貨物タンク内の制水隔壁の数

R： 船側貨物タンク内の横方向主要支持部材の全効率（cm^2）

$$R = \left(\frac{n - n_S}{2} - 1\right)\frac{A_{Q-n50}}{\gamma}$$

$$\gamma = 1 + \frac{300 {b_{80}}^2 A_{Q-n50}}{I_{psm-n50}}$$

A_{Q-n50}： 船側貨物タンク内の横方向主要支持部材のネットせん断面積（cm^2）で，フロア，クロスタイ，甲板横桁のネットせん断面積の合計。ネットせん断面積は，部材の中央位置で求めること。

$I_{psm\text{-}n50}$： 船側貨物タンク内の横方向主要支持部材のネット断面二次モーメント（cm^4）で，横部材及びクロスタイのネット断面二次モーメントの合計。ネット断面二次モーメントは，主要支持部材間距離と等しい幅の付き板を含み，部材の中央位置で求めること。

3.4.5　二重底に作用する垂直力

タンク内の二重底に作用する最大合力 F_{db} は，**表 5** による最小状態における値未満としてはならない。

タンク内の二重底に作用する最大合力 F_{db}（kN）は，次の算式による値としなければならない。

$$F_{db} = g|W_{CT} + W_{CTBT} - \rho b_2 \ell_{tk} T_{mean}|$$

W_{CT}： 貨物重量（t）で，**表 6** による。

W_{CWBT}： バラスト重量（t）で，**表 6** による。

b_2： 幅（m）で，**表 6** による。

ℓ_{tk}： 貨物タンク長さ（m）

T_{mean}： 考慮する積付状態におけるタンク長さの中央部での喫水（m）。

表 5　　二重底の最小状態

構造形状	正負の修正力 F_{db}	最小状態
船体中心線上に縦通隔壁を有する船舶	正の最大ネット垂直修正力 F_{db+}	喫水 $0.9T_{sc}$ で貨物タンク及びバラストタンクが空
	負の最大ネット垂直修正力 F_{db-}	喫水 $0.6T_{sc}$ で貨物タンクが満載でバラストタンクが空
二列の縦通隔壁を有する船舶	正の最大ネット垂直修正力 F_{db+}	喫水 $0.9T_{sc}$ で貨物タンク及びバラストタンクが空
	負の最大ネット垂直修正力 F_{db-}	喫水 $0.6T_{sc}$ で中央貨物タンクが満載でバラストタンクが空

表 6　　二重底の設計状態

構造形状	W_{CT}	W_{CWBT}	b_2
船体中心線上に縦通隔壁を有する船舶	貨物重量（t） ただし，最小密度として 1.025（t/m^3）を用いること	左舷と右舷の二重船側間のバラスト重量（t）	タンク長さの中央部での左舷と右舷の二重船側間の最大幅（m） （図 6 参照）
二列の縦通隔壁を有する船舶	中央貨物タンクの貨物重量（t） ただし最小密度として 1.025（t/m^3）を用いること	中央貨物タンク下のバラスト重量（t）	中央貨物タンクのタンク長さの中央部での最大幅（m） （図 6 参照）

図 6　　タンク幅 b_2

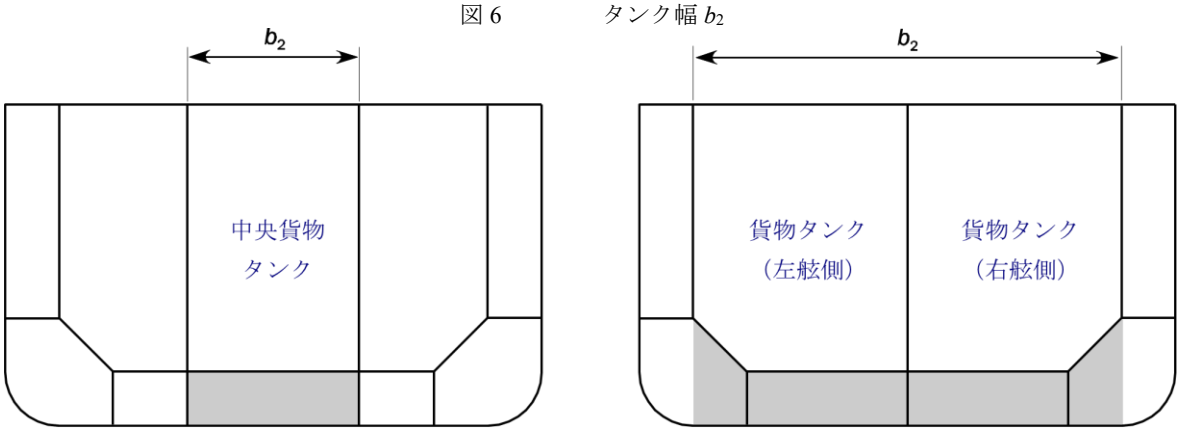
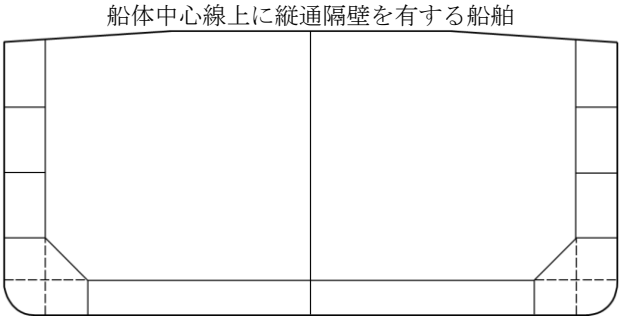
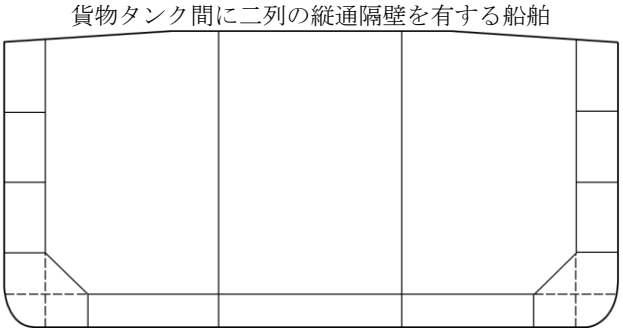


表 7　　油タンカーのせん断力分布係数

船体形状	係数 f_3
船体中心線上に縦通隔壁を有する船舶 	$f_3 = 0.504 - 0.076\frac{A_{1-n50}}{A_{2-n50}} - 0.156\frac{A_{2-n50}}{A_{3-n50}}$
貨物タンク間に二列の縦通隔壁を有する船舶 	$f_3 = 0.353 - 0.049\frac{A_{1-n50}}{A_{2-n50}} - 0.095\frac{A_{2-n50}}{A_{3-n50}}$
$A_{1\text{-}n50}$，$A_{2\text{-}n50}$，$A_{3\text{-}n50}$： 考慮する面の片側における船側外板，内殻又は縦通隔壁それぞれのネット板厚 t_{n50} に基づく垂直断面のネット投影面積 面積 $A_{1\text{-}n50}$ は，ビルジを含む船側外板のネット面積 面積 $A_{2\text{-}n50}$ は，ホッパ斜板及び桁部材を含む内殻のネット面積 面積 $A_{3\text{-}n50}$ は，縦通隔壁の同一線上のボトムガーダを含む縦通隔壁のネット面積。船体中心線上の縦通隔壁の面積 $A_{3\text{-}n50}$ は，船体中心線の周りに対称に減じてはならない。波形縦通隔壁の場合，$A_{3\text{-}n50}$ は **3.4.6** に規定する波形隔壁の有効ネット板厚を考慮しなければならない。	

3.4.6　　波形部の等価ネット板厚

表 7 に規定する $A_{3\text{-}n50}$ の有効ネットせん断面積及びせん断流の計算に用いる立て式及び水平波形隔壁の波形部の等価ネット板厚 $t_{cor\text{-}n50}$（mm）は，次の算式による値とする。

$$t_{cor-n50} = \frac{t_{W-gr} + t_{f-gr}}{2}\frac{s_C}{c+a} - 0.5t_C$$

t_{w-gr}：　波形ウェブのグロス板厚（mm）

t_{f-gr}：　波形フランジのグロス板厚（mm）

s_c：　単一の波形部の投影長さ（mm）で，**3 章 6 節 図 21** による。

c：　波形ウェブの幅（mm）で，**3 章 6 節 図 21** による。

a：　波形フランジの幅（mm）で，**3 章 6 節 図 21** による。

3.5　油タンカーの貨物タンク間の縦通隔壁の有効ネット板厚-横隔壁付ストリンガからの荷重による修正

3.5.1

図 8 に示す範囲内の横隔壁付ストリンガの結合部では，板部材のネット板厚 $t_{sti\text{-}k\text{-}n50}$（添字 k は k 番目のストリンガを示す）は次の算式による値以下としなければならない。

$$t_{sti-k-n50} = t_{sfi-n50}\left(1 - \frac{\tau_{sti-k}}{\tau_{i-perm}}\right)$$

τ_{sti-k}：　ストリンガ k 付近のストリンガからの荷重による縦通隔壁における板要素 i のせん断応力（N/mm^2）で，次の算式による。

$$\tau_{sti-k} = \frac{Q_{st-k}}{l_{st-k} t_{sfi-k-n50}}$$

$t_{sfi-k-n50}$：**3.4.1** の規定による有効ネット板厚（*mm*）で，ストリンガ位置に相当する高さの横隔壁において算出する。

$t_{sfi-n50}$：**3.4.1** の規定による有効ネット板厚（*mm*）で，ストリンガに結合する板要素 *i* の最下端において算出する。

τ_{t-perm}：板要素 *i* に対する許容ハルガーダせん断応力（N/mm^2）

$$\tau_{i-perm} = 120/k$$

ℓ_{st-k}：ストリンガの結合部の長さ（*m*）で，**図 7** による。

Q_{st-k}：左右に隣接するタンクが共に満載状態である場合におけるストリンガから縦通隔壁へ伝達されるせん断力（*kN*）で，次の算式による。

$$Q_{st-k} = 0.8 F_{st-k}\left(1 - \frac{Z_{st-k} - h_{db}}{h_{blk}}\right)$$

F_{st-k}：縦通隔壁に隣接するストリンガの総支持力（*kN*）で，次の算式による。

$$F_{st-k} = \frac{P_{st-k} b_{st-k} (h_k + h_{k-1})}{2}$$

h_{db}：二重底高さ（*m*）

h_{blk}：隔壁の高さ（*m*）で，内底板から隔壁上端の甲板までの距離とする。

z_{st-k}：ストリンガ *k* の *Z* 座標（*m*）

P_{st-k}：ストリンガ *k* に作用する圧力（kN/m^2）で，次の算式による。

$$P_{st-k} = g\rho_L h_{tt-k}$$

ρ_L：貨物タンクの液体密度（t/m^3）で，**4 章 6 節** の規定による。

h_{tt-k}：タンク頂板からストリンガ *k* の下 $h_k/2$ の位置とストリンガ *k* 上 $h_{k-1}/2$ の位置の間の荷重負荷範囲の中間点までの高さ（*m*）

h_k：考慮するストリンガ *k* から，その下のストリンガ *k*+1 までの垂直距離（*m*）。最下端のストリンガに対しては，内底板までの平均垂直距離の 80%とする。

h_{k-1}：考慮するストリンガ *k* から，その上のストリンガ *k*-1 までの垂直距離（*m*）。最上端のストリンガに対しては，上甲板までの平均垂直距離の 80%とする。

b_{st-k}：ストリンガに作用する荷重幅（*m*）で，**図 9** 及び**図 10** による。

図 7　　ストリンガの結合部の有効長さ

ストリンガの結合部の有効長さ

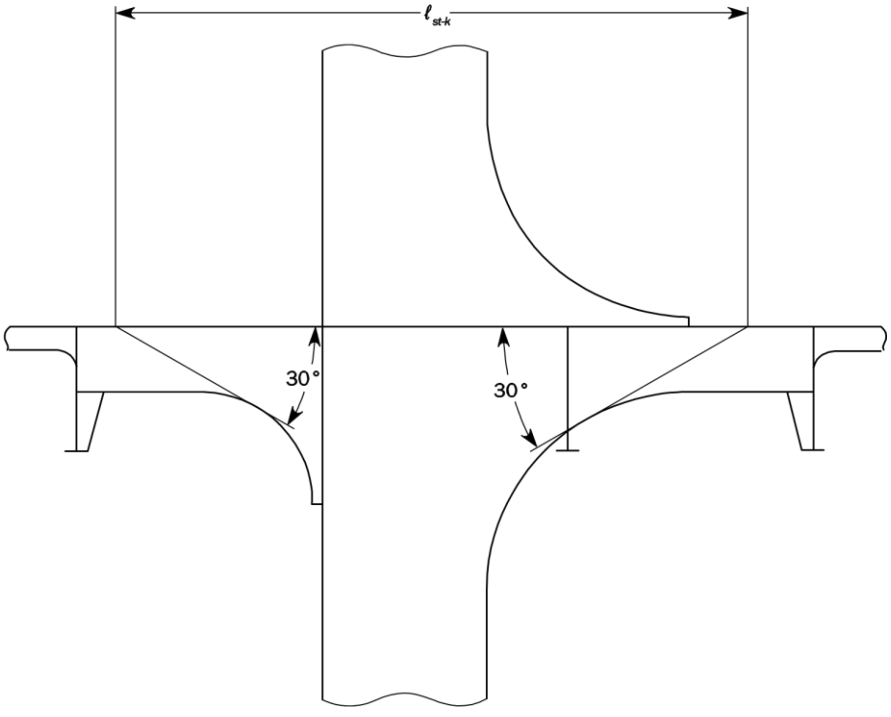


図 8　　3 本のストリンガを有するタンクにおけるストリンガ修正 t_i の適用範囲

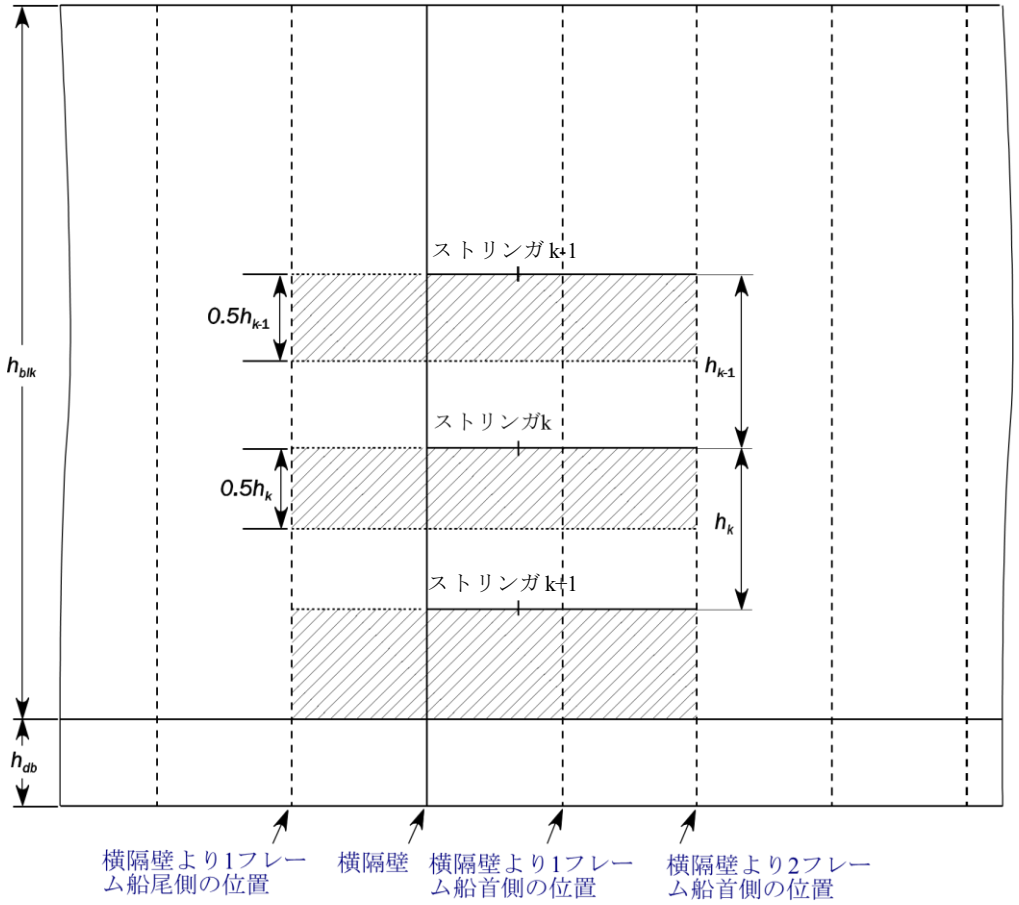


図 9　　船体中心線上に縦通隔壁を有する船舶に対するストリンガの荷重幅

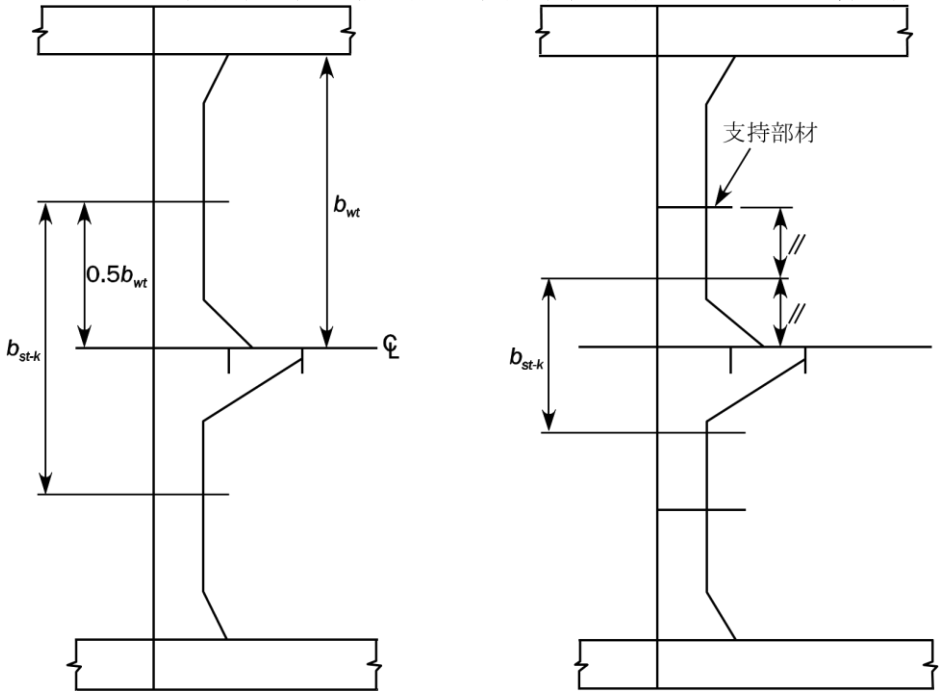
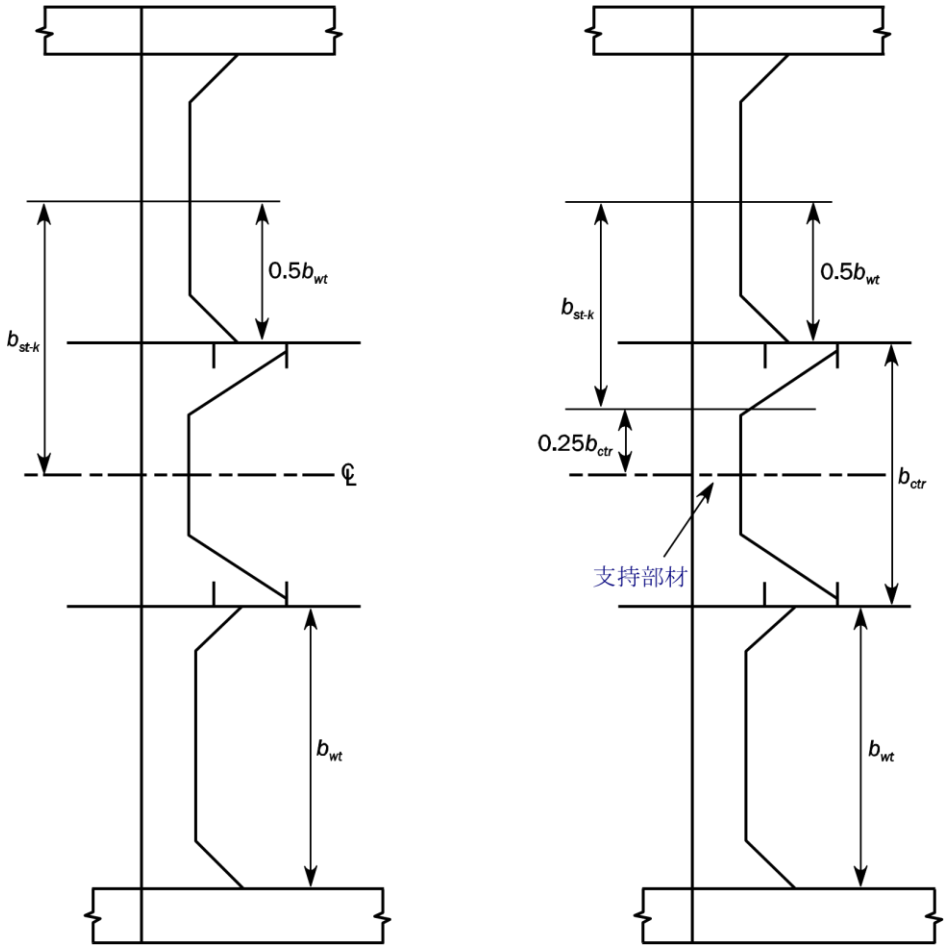


図 10　　二列の縦通隔壁を有する船舶に対するストリンガの荷重幅



（備考）

b_{wt} は船側貨物タンクの幅（m）

b_{ctr} は中央貨物タンクの幅（m）

3.5.2

上記規定を満足するために補強が必要な場合，$t_{sti\text{-}k\text{-}n50}$ の最大値に基づく船長方向の補強範囲は，ストリンガ結合部の全長としなければならず，少なくとも隔壁前後において隔壁から肋骨心距以上の範囲としなければならない。垂直方向の補強範囲は，ストリンガの位置から 0.5h_k 下までとしなければならない。ここで，h_k は考慮するストリンガから 1 つ下のストリンガまでの垂直距離で，**3.5.1** の規定による。最下端のストリンガの場合，最大板厚要求値 $t_{sti\text{-}k\text{-}n50}$ は内底板まで含めなければならない。（**図 8** 参照）

3.6　　ばら積貨物船のせん断力修正

3.6.1

3 に従ってハルガーダせん断強度評価を行う場合，ボトムガーダにより横隔壁に伝達される荷重の割合を考慮してせん断力修正を考慮しなければならない。

考慮する貨物倉において，考慮する横断面のせん断力修正（kN）は，次の算式による値としなければならない。

$$\Delta Q_{mdf} = C_d \alpha \left(\frac{M}{B_H \ell_H} - \rho T_{LC,mh} \right)$$

C_d：分布係数で，次による。

- C_d =-1　　考慮する貨物倉の後端（最後端貨物倉を除く）
- C_d = 1　　考慮する貨物倉の前端（最前端貨物倉を除く）
- C_d = 0　　貨物倉の中央
- C_d = 0　　最後端貨物倉の後端壁

- $C_d = 0$　　最前端貨物倉の前端壁
- C_d：　　その他の位置については線形分布

α：　　係数で，次の算式による。

$$\alpha = g\frac{\ell_0 b_0}{2 + \varphi\frac{\ell_0}{b_0}}$$

M：考慮する積付状態において考慮している横断面の貨物倉の質量（t）。質量は，隔壁スツール下部を除く，内底板の水平部分の直下に位置するバラスト及び燃料油の質量を含まなければならない。

B_H：　　貨物倉の幅（m）で，**4 章 6 節**の規定による。

ℓ_H：　　貨物倉の長さ（m）で，**4 章 6 節**の規定による。

ℓ_0, b_0：　考慮する貨物倉内の二重底の面部の長さ及び幅（m）で，b_0は貨物倉中央部の船体横断面での値とする。

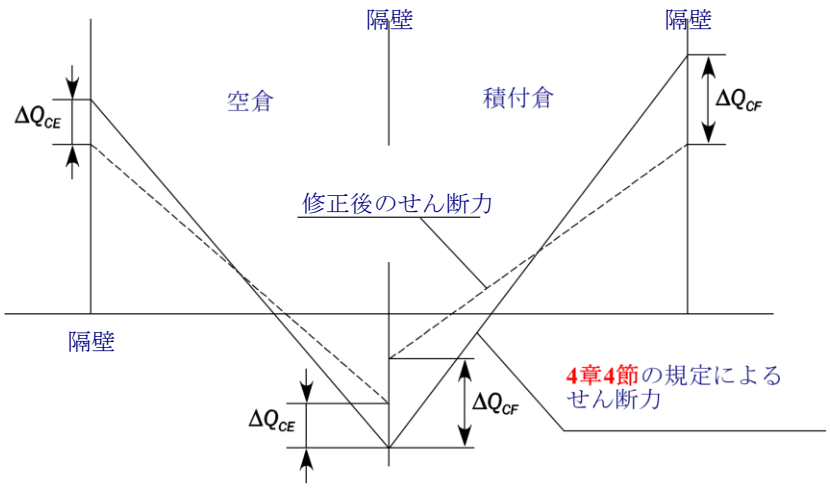
$\varphi = 1.38 + 1.55\frac{\ell_0}{b_0}$　　ただし，3.7 を超える場合，3.7 とすること。

$T_{LC,mh}$：　喫水（m）で，考慮する貨物倉中央部の船体横断面において，基線から考慮している積付状態における喫水線までの垂直距離とする。

ΔQ_{CF}：　積付倉のせん断力修正

ΔQ_{CE}：　空倉のせん断力修正

図 11　　せん断力修正ΔQ_C



2 節　縦曲げ最終強度評価

記号

本節に規定されない記号については，**1 章 4 節**による。

$M_{sw\text{-}h}$，$M_{sw\text{-}s}$：　考慮する船体横断面の位置における非損傷状態での航海時のホギング及びサギング状態の許容静水中垂直曲げモーメント（*kNm*）で，**4 章 4 節 2.2.2** の規定による。

$M_{sw\text{-}p\text{-}h}$，$M_{sw\text{-}p\text{-}s}$：考慮する船体横断面の位置における港内又は閉囲された水域でのホギング及びサギング状態の許容静水中垂直曲げモーメント（*kNm*）で，**4 章 4 節 2.2.3** の規定による。

$M_{sw\text{-}f}$：　考慮する船体横断面の位置における浸水状態でのホギング及びサギング状態の許容静水中垂直曲げモーメント（*kNm*）で，**4 章 4 節 2.2.4** の規定による。

1.　適用

1.1　一般

1.1.1

本節の規定は，乾舷用長さ L_{LL} が 150*m* 以上の船舶に適用する。

1.1.2

縦曲げ最終強度は，貨物区域及び機関区域において評価しなければならない。

1.1.3

縦曲げ最終強度は，**2** に規定する評価基準に満足していることを確認しなければならない。本評価基準は，次の状態における非損傷時の船体構造に対して適用する。

- ばら積貨物船：航海状態，港内又は閉囲された水域での航行状態及び浸水状態
- 油タンカー：　航海状態及び港内又は閉囲された水域での航行状態

2.　評価基準

2.1　一般

2.1.1

縦曲げ最終強度は，ホギング及びサギング状態において，次に示す設計荷重シナリオで評価しなければならない。（**表 1** 参照）

- ばら積貨物船：航海状態，港内又は閉囲された水域での航行状態及び浸水状態における設計荷重シナリオ *A*
- 油タンカー：　航海状態，港内又は閉囲された水域での航行状態における設計荷重シナリオ *A*
  満載均等積付状態での航海状態における設計荷重シナリオ *B*

表 1　　設計荷重シナリオ

設計荷重シナリオ		許容静水中曲げモーメント $M_{sw\text{-}U}$
A	*S+D*	$M_{sw\text{-}h}$ 又は $M_{sw\text{-}s}$
	S	$M_{sw\text{-}p\text{-}h}$ 又は $M_{sw\text{-}p\text{-}s}$
	A: *S+D*	$M_{sw\text{-}f}$
B	*S+D*	満載均等積付状態での航海状態におけるサギング状態での最大静水中曲げモーメント(1)
(1) 最大静水中曲げモーメントは，最大喫水における均等積付状態での出港時，入港時及びいかなる運航時の中間状態から算出しなければならない。		

2.1.2

任意の船体横断面位置の縦曲げ最終強度は，次の基準を満足しなければならない。

$$M \leq \frac{M_U}{\gamma_R}$$

M :　垂直曲げモーメント（*kNm*）で，**2.2.1** の規定による。

M_U :　縦曲げ最終強度（*kNm*）で，**2.3** の規定による。

γ_R :　縦曲げ最終強度に対する部分安全係数で，次による。

$$\gamma_R = \gamma_M \gamma_{DB}$$

γ_M :　材料，幾何学及び強度の不確定性を考慮した縦曲げ最終強度に対する部分安全係数で，原則として，次による。

$$\gamma_M = 1.1$$

γ_{DB} :　二重底曲げの影響を考慮した縦曲げ最終強度に対する部分安全係数で，次による。

- ホギング状態（浸水状態は除く）:
  - *BC-A* 船で隔倉積状態において空倉となる貨物倉の場合

    $\gamma_{DB} = 1.25$
  - *BC-A* 船で隔倉積状態において積付倉となる貨物倉及び油タンカー，*BC-B* 船，*BC-C* 船の場合

    $\gamma_{DB} = 1.10$
- サギング状態（浸水状態は除く）:　$\gamma_{DB} = 1.0$
- 浸水状態におけるホギング状態及びサギング状態:　$\gamma_{DB} = 1.0$

2.2　縦曲げ最終強度評価に用いる垂直曲げモーメント

2.2.1

縦曲げ最終強度評価に用いるホギング及びサギング状態の垂直曲げモーメント M は，次の算式によらなければならない。

$$M = \gamma_S M_{sw-U} + \gamma_W f_\beta M_{wv}$$

$M_{sw\text{-}U}$:　考慮する船体横断面位置におけるホギング及びサギング状態での許容静水中曲げモーメント（*kNm*）で，**表 1** による。

M_{wv} :　考慮する船体横断面位置におけるホギング及びサギング状態での波浪中垂直曲げモーメント（*kNm*）で，**4 章 4 節 3.1** の規定による。

γ_S :　静水中曲げモーメントに対する部分安全係数で，**表 2** による。

γ_W :　波浪中垂直曲げモーメントに対する部分安全係数で，**表 2** による。

f_β :　船首方位修正係数で，**1 節記号**による。

表 2　　部分安全係数

設計荷重シナリオ	γ_S	γ_W
A	1.0	1.2
B	1.0	1.3

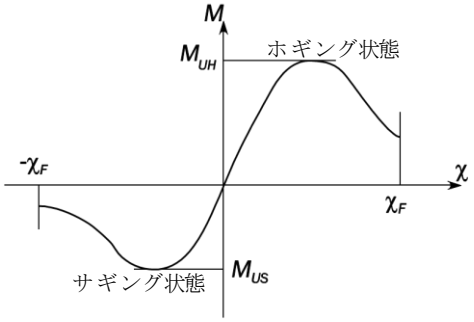
2.3　　縦曲げ最終強度

2.3.1

ホギング及びサギング状態での船体横断面の縦曲げ最終強度については，考慮する船体横断面の曲率χに対する曲げモーメントを示す曲線の最大値とする。（**図 1** 参照）

曲率χはホギング状態で正，サギング状態で負とする。

図 1　　曲率χに対する曲げモーメント



縦曲げ最終強度 M_Uは，**5 章付録 2** の規定により算出しなければならない。

2.3.2

縦曲げ最終強度評価のための有効面積は，**5 章付録 2** の規定による。

3節　残存強度評価

1.　適用

1.1　一般

1.1.1

本節の規定は，乾舷用長さ L_{LL} が 150*m* 以上の船舶に適用する。

1.1.2

損傷状態における縦曲げ最終強度は，航海状態において 2 に規定する残存強度に対する評価基準に満足していることを確認しなければならない。

1.1.3

残存強度は，貨物区域及び機関区域において評価しなければならない。

2.　評価基準

2.1　一般

2.1.1

損傷状態における縦曲げ最終強度は，ホギング及びサギング状態において，2.2 に規定する損傷状態で評価しなければならない。2.2 に規定する損傷状態に対する設計荷重シナリオ *A* は，表 1 による。

表 1　設計荷重シナリオ

	設計荷重シナリオ	損傷状態における許容静水中曲げモーメント，$M_{sw\text{-}D}$
衝突	*A*: *S*+*D*	$M_{sw\text{-}h}$ 又は $M_{sw\text{-}s}$
座礁	*A*: *S*+*D*	$M_{sw\text{-}h}$ 又は $M_{sw\text{-}s}$

2.1.2

任意の船体横断面位置の損傷状態における縦曲げ最終強度は，次の基準を満足しなければならない。

$$M_D \leq \frac{M_{UD}}{\gamma_{RD} C_{NA}}$$

M_D：　損傷状態における垂直曲げモーメント（*kNm*）で，2.3 の規定による。

M_{UD}：　損傷状態における縦曲げ最終強度（*kNm*）で，2.4 の規定による。

γ_{RD}：　損傷状態における縦曲げ最終強度に対する部分安全係数で，次による。

$\gamma_{RD} = 1.0$

C_{NA}：　中性軸係数で，次による。

- 座礁　$C_{NA} = 1.0$
- 衝突　$C_{NA} = 1.1$

2.2　損傷状態

2.2.1　一般

2.2.2 に規定する衝突及び 2.2.3 に規定する座礁による損傷状態を考慮しなければならない。2.2.2 及び 2.2.3 に規定する損傷範囲は，船体の外面から計測しなければならない。

防撓材と付き板の結合部が損傷範囲に含まれない限り，防撓材要素は非損傷としなければならない。

損傷範囲が内底板及び船側縦通隔壁のそれぞれから外板の外面までの距離を超えない限り，内底板及び船側縦通隔壁の板部材及び防撓材は非損傷としなければならない。

2.2.2　衝突

衝突により損傷した横断面の評価においては，乾舷甲板を含めた片舷の損傷を考慮しなければならない。

衝突による損傷範囲は，甲板と船側の外面における交点から

・ 垂直方向は，直下に距離 *h* とする。（直上には無制限）

・ 水平方向は，船内に向かって距離 *d* とする。（船外方向には無制限）

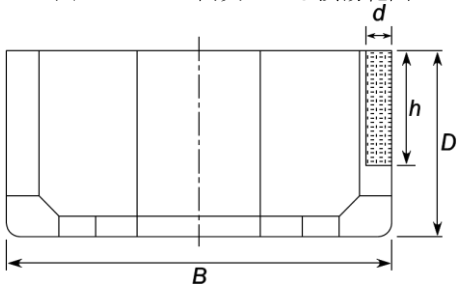
h 及び *d* は，考慮する損傷した横断面の船側構造に応じて，**表 2** による。

丸型ガンネルを有する船舶にあっては，甲板及び船側の外面の延長線上の交点を基点としなければならない。

表 2　　衝突による損傷範囲

損傷範囲（*m*）	船側構造	
	単船側	二重船側
高さ，*h*	0.75*D*	0.60*D*
深さ，*d*	*B*/16	*B*/16

図 1　　衝突による損傷範囲



損傷した横断面の強度は，片舷の損傷範囲において，船体のトリム及び横傾斜がない状態で算出すること。

2.2.3　　座礁

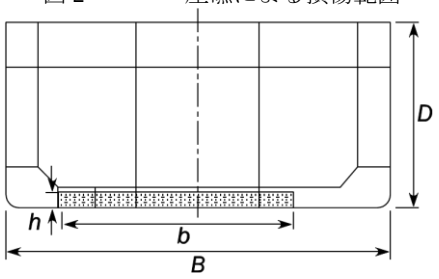
座礁により損傷した横断面の座礁の評価は，船底において構造上最も厳しい状態となる横方向位置での損傷を考慮しなければならない。

座礁による損傷範囲は，**表 3** による。

表 3　　座礁による損傷範囲

損傷範囲（*m*）	ばら積貨物船	油タンカー
高さ *h*	*B*/20 又は 2*m* のどちらか小さい方	*B*/15 又は 2*m* のどちらか小さい方
幅 *b*	0.60*B*	*B*

図 2　　座礁による損傷範囲



2.3 残存強度評価に用いる垂直曲げモーメント

2.3.1

残存強度評価に用いるホギング及びサギング状態の垂直曲げモーメント M_D は，次の算式によらなければならない。

$$M_D = \gamma_{SD} M_{sw-D} + \gamma_{WD} M_{wv}$$

$M_{sw\text{-}D}$： 考慮する船体横断面におけるホギング及びサギング状態での許容静水中曲げモーメント（*kNm*）で，**表 1** による。

M_{wv}： 考慮する船体横断面におけるホギング及びサギング状態での波浪中縦曲げモーメント（*kNm*）で，**4 章 4 節 3.1** の規定による。

γ_{SD}： 損傷状態における静水中曲げモーメントに対する部分安全係数で，次による。

$\gamma_{SD} = 1.1$

γ_{WD}： 損傷状態における波浪中垂直曲げモーメントに対する部分安全係数で，次による。

$\gamma_{WD} = 0.67$

2.4 損傷状態における縦曲げ最終強度

2.4.1

損傷状態における縦曲げ最終強度は，損傷箇所はハルガーダ強度に寄与しないと仮定して，**5 章付録 2** の規定により算出しなければならない。損傷断面の縦曲げ最終強度 M_{UD} を評価する場合，**2.2** に規定する損傷箇所は，貨物は積載せず，強度モデルから除外しなければならない。

2.4.2

縦曲げ最終強度評価のための非損傷箇所の有効面積は，**5 章付録 2** の規定による。

付録 1　　せん断流の直接計算

記号

本節に規定されない記号については，**1 章 4 節**による。

1.　　計算式

1.1　　一般

1.1.1

本付録は，ハルガーダ垂直せん断力によって船体横断面に作用するせん断流の直接計算の手順を規定する。船体横断面の各位置におけるせん断流 q_v は，考慮する船体横断面において深さ方向に 1*N* の単位垂直せん断力が作用するものとして算出する。

1*mm* 当たりの単位せん断流 q_v（*N*/*mm*）は，次による。

$$q_v = q_D + q_I$$

q_D：静定せん断流で，**1.2** の規定による。

q_I：閉じたセル周りの不静定せん断流で，**1.3** の規定による。

単位せん断流 q_v の算出において，縦通防撓材を考慮しなければならない。

1.2　　静定せん断流

1.2.1

船体横断面の各位置における静定せん断流 q_D（*N*/*mm*）は，次の算式による。

$$q_D(s) = -\frac{1}{10^6 I_{y-n50}} \int_0^s (z - z_n) t_{n50} ds$$

s：　船体横断面に沿った曲線座標系の座標値（*m*）

$I_{y\text{-}n50}$：　船体横断面の断面二次モーメント（m^4）

t_{n50}：　板部材のネット板厚（*mm*）又は **5 章 1 節 3.4.6** に規定する波形の板部材の等価ネット板厚（*mm*）

1.2.2

船体横断面が**図 1** による線分で構成される場合，静定せん断流は次の算式による。

$$q_{Dk} = q_D(\ell) = -\frac{t_{n50}\ell}{2 \times 10^6 I_{y-n50}}(z_k + z_i - 2z_n) + q_{Di}$$

q_{Dk}，q_{Di}：節点 *k* 及び節点 *i* における静定せん断流（*N*/*mm*）

ℓ：　線分の長さ（*m*）

z_k，z_i：　線分の端部の *Z* 座標（*m*）で，**図 1** による。

1.2.3

船体横断面が閉じたセルを含む場合，静定せん断流を求めるため，**図 2** に示すように閉じたセルを仮想スリットによって分割しなければならない。

ただし，他の閉じたセルの境界にもなっている共有壁には，仮想スリットを入れてはならない。

1.2.4

分岐点における静定せん断流は，**図 2** に示すように水流の性質と同様の考え方に基づき算出する。

図 1　　線分の定義

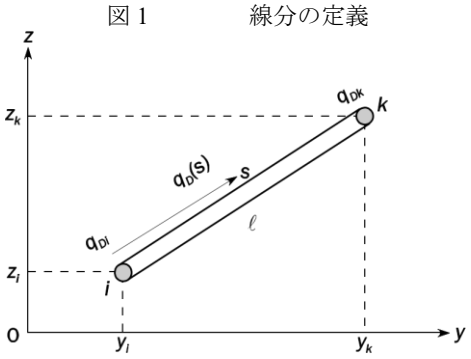
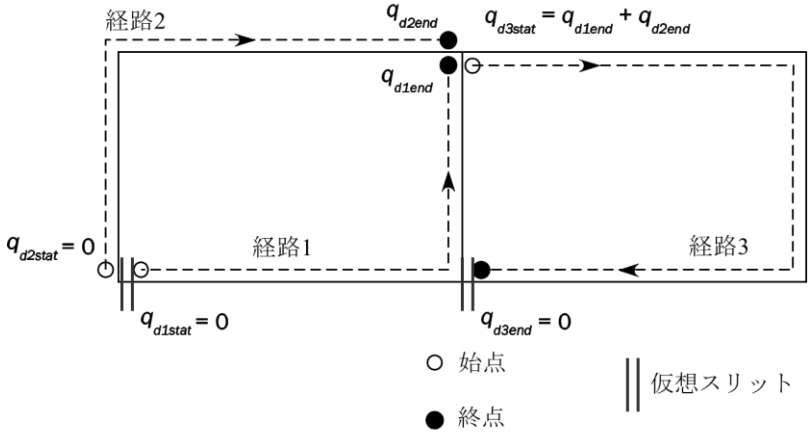


図 2　　分岐点における静定せん断流の計算



1.3　　不静定せん断流

1.3.1

不静定せん断流は閉じたセル周りに作用し，同一のセル内において一定値であると考慮する。不静定せん断流を求める連立方程式は次による。本方程式において，あらゆる閉じたセルについて閉曲線積分を行う。

$$q_{Ik}\oint_k \frac{1}{t_{n50}}ds - \sum_i q_{Ii}\oint_{k,i}\frac{1}{t_{n50}}ds = -\oint_k \frac{q_D}{t_{n50}}ds$$

q_{Ik}，q_{Ii}：　閉じたセル k 及び i 周りの不静定せん断流（N/mm）

1.3.2

閉じたセルを図 1 に示す線分の集合体であると仮定すると，1.3.1 の方程式は次のようになる。

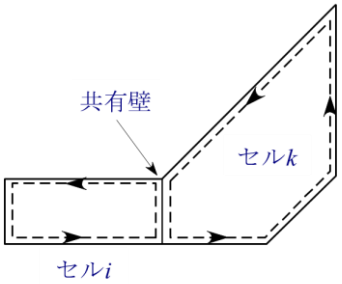
$$q_{Ik}\sum_{\text{cell k}}\frac{\ell}{t_{n50}} - \sum_i q_{Ii}\left(\frac{\ell}{t_{n50}}\right)\Big|_{\text{common wall with cell k}} = -\sum_{\text{cell k}}\phi$$

$$\phi = \int_0^{\ell}\frac{q_{D(S)}}{t_{n50}}ds = -\frac{\ell^2}{6\times 10^3 I_{y-n50}}(z_k + 2z_i - 3z_n) + \frac{\ell}{t_{n50}}q_{Di}$$

q_{Di}：　静定せん断流（N/mm）で，1.2.2 の規定により算出する。

1.2 及び本 1.3 に規定するせん断流の曲線座標系の方向の違いを考慮しなければならない。

図 3　　閉じたセル及び共有壁



1.4 船体横断面の断面特性の計算

1.4.1

船体横断面を線分の集合体であると仮定すると，船体横断面の断面特性は次の算式による。

$$\ell = \sqrt{(y_k - y_i)^2 + (z_k - z_i)^2}$$

$$a_{n50} = 10^{-3}\ell t_{n50} \qquad A_{n50} = \sum a_{n50}$$

$$s_{y-n50} = \frac{a_{n50}}{2}(z_k + z_i) \qquad S_{y-n50} = \sum s_{y-n50}$$

$$i_{y0-n50} = \frac{a_{n50}}{3}\left(z_k^2 + z_k z_i + z_i^2\right) \qquad I_{y0-n50} = \sum i_{y0-n50}$$

a_{n50}， A_{n50}： 線分及び船体横断面の面積（m^2）

$s_{y\text{-}n50}$， $S_{y\text{-}n50}$： 基線に対する線分及び船体横断面の断面一次モーメント（m^3）

$I_{y0\text{-}n50}$， $I_{y0\text{-}n50}$： 基線に対する線分及び船体横断面の断面二次モーメント（m^4）

1.4.2

水平中性軸の高さ z_n（m）は次による。

$$z_n = \frac{S_{y-n50}}{A_{n50}}$$

1.4.3

水平中性軸に対する断面二次モーメント（m^4）は次による。

$$I_{y-n50} = I_{y0-n50} - z_n^2 A_{n50}$$

2. 単船側構造の船体横断面に対する計算例

2.1 横断面データ

2.1.1

船体横断面を図 4 に示す。図 4 において黒塗りされた節点の座標は表 1 による。板厚及び図 4 において丸数字で示された線分は表 2 による。

計算例は船体横断面の対称性を用いて行ったものである。

表 1　　横断面における節点座標

節点番号	*Y* 座標 (*m*)	*Z* 座標 (*m*)
0	0.00	0.00
1	5.80	0.00
2	11.70	0.00
3	14.42	0.00
4	16.13	1.72
5	16.13	6.11
6	11.70	1.68
7	5.80	1.68
8	0.00	1.68
9	16.13	14.15
10	16.13	19.60
11	7.50	20.25
12	7.50	19.63

表 2　　断面特性の計算

線分番号	節点 i	節点 k	板厚 (mm)	長さ (m)	a_{n50} (m^2)	$s_{y\text{-}n50}$ (m^3)	$i_{y0\text{-}n50}$ (m^4)
1	0	1	17.0	5.80	0.099	0.000	0.00
2	1	2	17.0	5.90	0.100	0.000	0.00
3	2	3	17.0	2.72	0.046	0.000	0.00
4	3	4	17.0	2.43	0.041	0.035	0.04
5	4	5	18.0	4.39	0.079	0.309	1.34
6	5	6	19.0	6.26	0.119	0.464	2.00
7	6	7	21.0	5.90	0.124	0.208	0.35
8	7	8	21.0	5.80	0.122	0.205	0.34
9	5	9	18.0	8.04	0.145	1.466	15.63
10	9	10	21.0	5.45	0.114	1.931	32.87
11	10	11	24.0	8.65	0.208	4.139	82.47
12	11	12	24.0	0.62	0.015	0.297	5.92
13	12	9	15.0	10.22	0.153	2.590	44.13
14	2	6	15.0	1.68	0.025	0.021	0.02
15	1	7	15.0	1.68	0.025	0.021	0.02
				合計	1.416	11.686	185.138

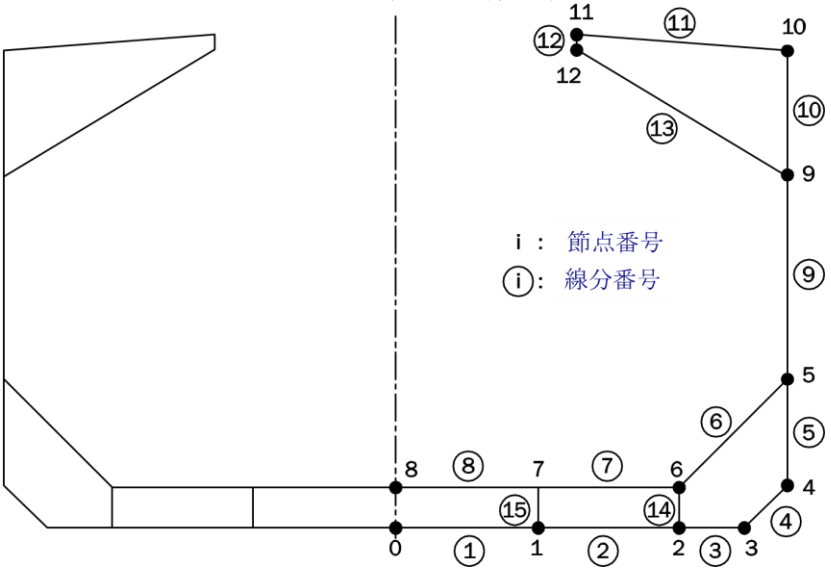
2.1.2

水平中性軸の Z 座標及び中性軸に対する断面二次モーメントは次による。

$$z_n = \frac{\sum S_{y-n50}}{\sum a_{n50}} = \frac{11.686}{1.416} = 8.255$$

$$I_{y-n50} = 2(\sum i_{y0-n50} - z_n^2 \sum a_{n50}) = 2(185.138 - 8.255^2 \times 1.416) = 177.34$$

図 4　　節点及び線分の番号



2.2 静定せん断流の計算

2.2.1

図 5 に示すように閉じたセルの壁を仮想スリットによって分割し，静定せん断流 q_D を算出するために **1.2.2** に規定する線積分を行う。計算結果を**表 3** に示す。**図 5** に示す仮想スリットの位置及び線積分の経路は一例である。これらの定義は計算の簡便性を考慮し適宜決定する。

図 5 線積分の範囲及び経路の方向

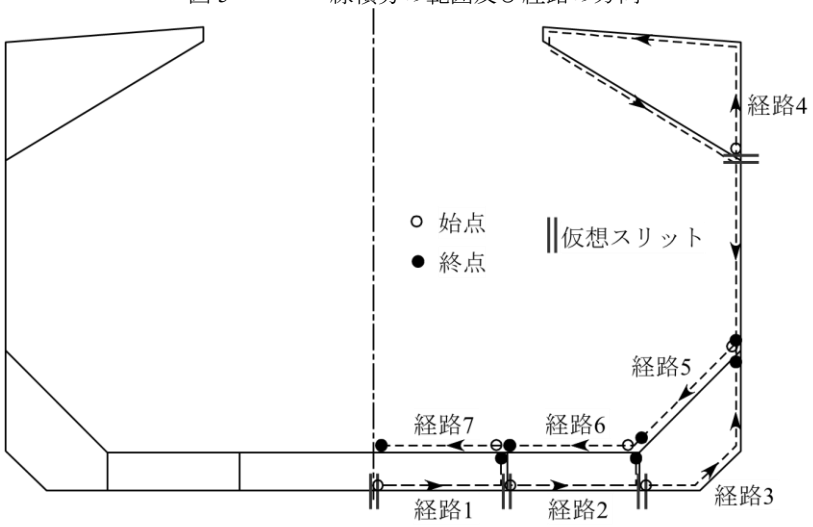


表 3　　静定せん断流の計算

経路番号	線分番号	節点 i	節点 k	$q_{Di}\times10^{-6}(N/mm)$	$q_{Dk}\times10^{-6}(N/mm)$	備考
1	1	0	1	0.0	4.6	仮想スリットから開始
	15	1	7	4.6	5.6	-
2	2	1	2	0.0	4.7	仮想スリットから開始
	14	2	6	4.7	5.7	-
3	3	2	3	0.0	2.2	仮想スリットから開始
	4	3	4	2.2	3.9	-
	5	4	5	3.9	5.8	-
4	10	9	10	0.0	-5.6	仮想スリットから開始
	11	10	11	-5.6	-19.2	-
	12	11	12	-19.2	-20.2	-
	13	12	9	-20.2	-27.7	-
	9	9	5	-27.7	-29.2	-
5	6	5	6	-23.4	-20.5	経路 3 及び 4 の終点における q_{Dk} の合計から開始
6	7	6	7	-14.8	-10.2	経路 2 及び 5 の終点における q_{Dk} の合計から開始
7	8	7	8	-4.5	0.0	経路 1 及び 6 の終点における q_{Dk} の合計から開始

2.3 不静定せん断流の計算

2.3.1

不静定せん断流の連立方程式を求めるために，図 6 に示す 3 つの閉じたセルについて閉曲線積分を行う。二重底の中心に位置する閉じたセルは，横断面の対称性を考慮して開いた形状とする。閉じたセルに対する閉曲線積分の計算結果を表 4 から表 6 に示す。

表 4　セル 1 に対するℓ/t_{n50}及びϕの閉曲線積分

線分番号	節点 i	節点 k	$q_{Di}\times10^{-6}(N/mm)$	ℓ/t_{n50}	$\phi\times10^{-3}(N/mm)$	備考
2	1	2	0.0	347.1	0.81	-
14	2	6	4.7	112.0	0.58	セル 2 の共有壁
7	6	7	-14.8	281.0	-3.50	-
15	7	1	-5.6	112.0	-0.58	-
			合計	852.0	-2.68	-

表 5　セル 2 に対するℓ/t_{n50}及びϕの閉曲線積分

線分番号	節点 i	節点 k	$q_{Di}\times10^{-6}(N/mm)$	ℓ/t_{n50}	$\phi\times10^{-3}(N/mm)$	備考
3	2	3	0.0	160.0	0.17	-
4	3	4	2.2	142.7	0.43	-
5	4	5	3.9	243.9	1.22	-
6	5	6	-23.4	329.7	-7.32	-
14	6	2	-5.7	112.0	-0.58	セル 1 の共有壁
			合計	988.3	-6.07	-

表 6　セル 3 に対するℓ/t_{n50}及びϕの閉曲線積分

線分番号	節点 i	節点 k	$q_{Di}\times10^{-6}(N/mm)$	ℓ/t_{n50}	$\phi\times10^{-3}(N/mm)$	備考
10	9	10	0.0	259.5	-0.65	-
11	10	11	-5.6	360.6	-4.45	-
12	11	12	-19.2	25.8	-0.51	-
13	12	9	-20.2	681.5	-16.59	-
			合計	1327.5	-22.19	-

2.3.2

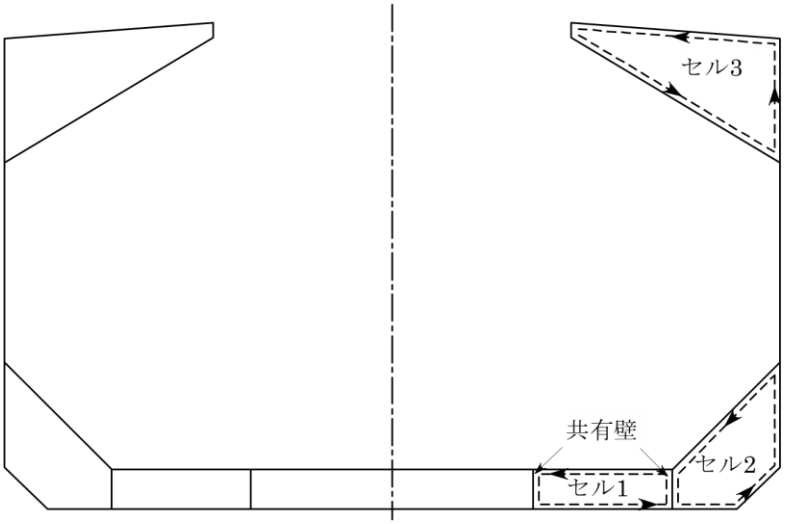
それぞれの閉じたセルに対する閉曲線積分の結果より，連立方程式は次のように与えられる。

- セル 1：　$852.0q_{I1}-112.0q_{I2}=2.68\times10^{-3}$
- セル 2：　$-112.0q_{I1}+988.3q_{I2}=6.07\times10^{-3}$
- セル 3：　$1327.5q_{I3}=2.219\times10^{-2}$

本連立方程式より，閉じたセル 1 から 3 の不静定せん断流が求められる。

$q_{I1} = 4.01 \times 10^{-6}$，$q_{I2} = 6.60 \times 10^{-6}$，$q_{I3} = 1.67 \times 10^{-5}$

図 6　閉じたセルの番号

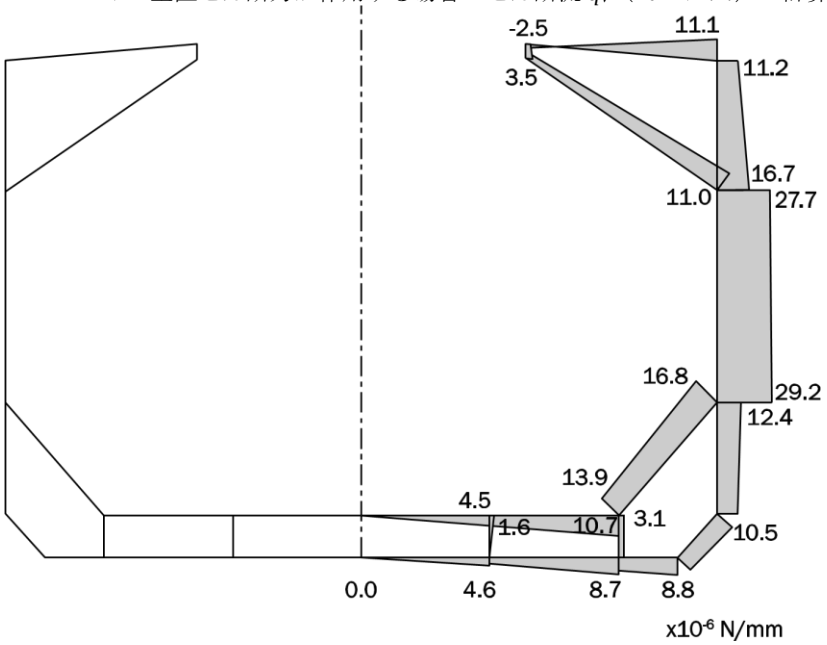


2.4　総和

2.4.1

船体横断面のあらゆる位置におけるせん断流 q_V は，静定せん断流 q_D 及び不静定せん断流 q_I の総和により算出される。（図 7 参照）

図 7　1*N* の垂直せん断力が作用する場合のせん断流 q_V（10^{-6} *N/mm*）の計算結果



付録 2 縦曲げ最終強度

記号

本節に規定されない記号については，**1 章 4 節**による。

$I_{y\text{-}n50}$： 考慮する船体横断面の水平中性軸に対する断面二次モーメント（m^4）で，**5 章 1 節**により算出する。

$Z_{B\text{-}n50}$, $Z_{D\text{-}n50}$：船底及び甲板における断面係数（m^3）で，**5 章 1 節**の規定による。

R_{eHs}： 考慮する防撓材の材料の最小降伏応力（N/mm^2）

R_{eHp}： 考慮する板の材料の最小降伏応力（N/mm^2）

$A_{s\text{-}n50}$： 付き板を除く防撓材のネット断面積（cm^2）

$A_{p\text{-}n50}$： 付き板のネット断面積（cm^2）

z_i： i 番目の要素の重心の z 座標（m）

1. 一般

1.1 適用

1.1.1

本付録は，次の縦曲げ最終強度を算出するための基準を示す。

- **5 章 2 節**による縦曲げ最終強度評価で使用する縦曲げ最終強度 M_U
- **5 章 3 節**による残存強度評価で使用する縦曲げ最終強度 M_{UD}

1.1.2

縦曲げ最終強度 M_U 又は M_{UD} は，船体が崩壊に至る場合に受ける最大曲げモーメントと定義する。ハルガーダの崩壊は，縦強度部材の座屈，最終強度及び降伏に依存する。

1.2 手法

1.2.1 増分反復法

縦曲げ最終強度は **2** に規定する増分反復法で評価しなければならない。

1.2.2 代替手法

非線形有限要素法等を縦曲げ最終強度計算の代替手法として適用する場合の原則について，**3** に規定する。

代替手法を適用する場合には，事前に本会の同意を得なければならない。解析手法に関する資料及び代替手法による結果の詳細比較を本会に提出し承認を得なければならない。代替手法を用いた場合，部分安全係数の再検討を要求することがある。

1.3 前提条件

1.3.1

縦曲げ最終強度の計算方法においては，全ての主要な縦強度部材の主要な崩壊モードを特定しなければならない。

1.3.2

座屈限界を超えて圧縮を受ける構造の耐荷能力は減少する。横式部材間の最小崩壊モードを特定するため，個々の構造要素に関連する全ての崩壊モード，例えば，板の座屈，防撓材のねじり座屈，防撓材のウェブの座屈，防撓材の曲げ座屈，防撓材の全体座屈及びこれらが連成したモードを考慮しなければならない。

1.3.3

縦曲げのみを考慮する。垂直せん断力，ねじり荷重，水平曲げモーメント及び面外荷重の影響は無視して差し支えない。

1.3.4

5 章 3 節の残存強度評価に使用する縦曲げ最終強度 M_{UD} の計算において，損傷箇所の構造部材は，考慮する船体横断面の強度に寄与する部材から除外しなければならない。

2. 増分反復法

2.1 前提条件

2.1.1

2.2 に規定する手順を適用する場合，一般に，次に示す条件を前提としなければならない。

- 縦曲げ最終強度は，隣り合う 2 つ横桁間における船体横断面について計算する。
- 各ステップにおいて曲率が増加しても，船体横断面は平面保持される。
- 船体横断面を構成する構造部材は，弾塑性挙動を示すものとして取り扱う。
- 船体横断面は一組の要素に分割され，互いに独立した挙動を示す。

これらの要素は次による。

- 横式の防撓パネル又はパネルに付く防撓材で，その挙動は 2.3.1 の規定による。
- 板部材が交差することによりできるハードコーナーで，その挙動は 2.3.2 の規定による。
- 反復法では，各曲率χ_iにおける船体横断面位置での曲げモーメント M_iは，各要素に作用する応力σによる寄与を足し合わせることにより算出される。応力σは，要素のひずみεに対応しており，各要素について応力-ひずみ曲線から得られる曲率の増分毎に求めなければならない。

応力-ひずみ曲線は，要素の崩壊挙動を考慮し，2.2 に規定する算式により求めなければならない。応力σは，考慮する各応力-ひずみ曲線から求められる値のうち，最小値のものとする。

ホギング及びサギング状態において，要求される曲率が次の算式により得られるχ_F（m^{-1}）の値まで繰り返し計算を行わなければならない。

$$\chi_F = \pm 0.003 \frac{M_Y}{EI_{y-n50}}$$

M_Y： 次の M_{Y1} 及び M_{Y2} のうちの小さい方の値（*kN-m*）

$$M_{Y1} = 10^3 R_{eH} Z_{B-n50}$$

$$M_{Y2} = 10^3 R_{eH} Z_{D-n50}$$

χ_Fの値が，$M-\chi$曲線のピークを評価するのに十分でない場合には，要求曲率が縦曲げモーメントの最大値を評価できるようになるまで，各ステップを繰り返して計算を行わなければならない。

2.2 手順

2.2.1 一般

$M-\chi$曲線は，増分反復法による簡易計算で求めなければならない。評価手順の概要を図 1 に示す。

この手順において，縦曲げ最終強度 M_U は，船体横断面の曲率χに対する垂直曲げモーメント M を示す曲線の最大値とする。（図 1 参照）この曲線は，増分反復法により求めなければならない。

増分法の各ステップにおいては，負荷された曲率χ_iの影響として船体横断面に作用する曲げモーメント M_i を求める。

各ステップにおけるχ_iの値は，前ステップχ_{i-1}の値に曲率の増加分$\Delta\chi$を加えることにより求めなければならない。この曲率の増加は，水平中性軸に対する船体横断面の回転角の増加に対応する。

この回転角の増加は，各構造部材の位置に応じたひずみεを生じさせる。ホギング状態において中性軸より上方の部材については引張り，下方の部材については圧縮となる。サギング状態はその反対となる。

ひずみεにより各部材に生じる応力σは，各部材の非線形弾塑性領域を考慮した応力-ひずみ曲線により求めなければならない。

応力-ひずみ関係は非線形であるため，船体横断面を構成する全ての部材に生じる応力分布が各ステップに対し中性軸位置を決定する。船体横断面の全ての部材に作用する応力が平衡状態となるように繰り返し計算することで，考慮しているステップにおける中性軸の位置が求められる。

中性軸の位置が決定され船体横断面の各部材に作用する応力分布が求まれば，各要素に応力の増加分を加えることにより，考慮しているステップにおいて曲率χ_iに関して求められた新たな中性軸に対する船体横断面の曲げモーメント M_i を求めなければならない。

増分反復法の手順の概要を次に示す。（図 1 も参照すること）

(a) Step 1： 船体横断面を構成する全ての縦強度部材を各種の要素に分割する。

(b) Step 2： 全ての要素に対して，応力-ひずみ関係を表 1 により決定する。

(c) Step 3： 第 1 ステップにおける曲率χ及び中性軸の初期値を，曲率の増分を用いて次の算式により定める（曲率は

強力甲板において降伏応力の 1%に相当する応力を生じさせるものとする)。

$$\chi_1 = \Delta\chi = 0.01\frac{R_{eH}}{E}\frac{1}{z_D - z_n}$$

z_D： **1 章 4 節 3.6** に規定する座標系における，強力甲板の船側位置での z 座標（m）

(d) Step 4： 各要素について，相当ひずみ$\varepsilon_i = \chi(z_i - z_n)$及び相当応力$\sigma_i$を求める。

(e) Step 5： 各船体横断面で作用している応力が平衡状態となるようにすることで，各増分ステップでの中性軸位置 Z_{NA_cur} を決定する。

$\sum A_{i-n50}\sigma_i = \sum A_{j-n50}\sigma_j$ (i 番目の要素は圧縮状態，j 番目の要素は引張状態とする)

(f) Step 6： 次の算式により，全ての要素の寄与分を加えた相当モーメントを求める。

$$M_U = \sum \sigma_{Ui} A_{i-n50} \left| (z_i - z_{NA_cur}) \right|$$

(g) Step 7： 新たに求めたモーメントと，前ステップでのモーメントを比較する。$M - \chi$関係における傾きが負の固定値より小さい値であれば繰返し計算を終了し，最大値 M_U を決定する。傾きが正である場合には曲率を$\Delta\chi$だけ増加して Step 4 の手順に戻り計算を繰返す。

2.2.2 船体横断面のモデル化

船体横断面は，縦曲げ最終強度に寄与する構造部材によって構成されるものとして考慮しなければならない。

スニップ端の防撓材については，ハルガーダ強度に寄与しないことを考慮した上で，モデル化しなければならない。

構造部材は防撓材要素，横式防撓パネル要素又はハードコーナー要素に分類される。

ガーダ又はサイドストリンガのウェブを含むパネルは，横式防撓パネル要素，防撓材要素の付き板又はハードコーナー要素に分類される。

パネルは次の 2 種類に分類される。

- 長辺が縦方向にある，縦式の防撓パネル
- 長辺が縦方向と垂直な方向にある，横式の防撓パネル

(a) ハードコーナー要素

ハードコーナー要素は，船体横断面を構成するより強固な要素であり，通常，弾塑性の損傷モード（材料の降伏）により崩壊する。ハードコーナー要素は一般に，同一平面に無い 2 つの板により構成される。板の交差点からハードコーナー要素の範囲は，横式防撓パネルの場合 $20t_{n50}$，縦式防撓パネルの場合 $0.5s$ とする。（**図 2** 参照）

t_{n50}： パネルの申請ネット板厚（mm）

s： 隣接する縦式防撓材の心距（m）

ビルジ要素，舷側厚板及び梁上側板からなる要素，ガーダと甲板の結合部及び大型ガーダにおける面材とウェブの結合部などが典型的なハードコーナーである。固定点検設備（*PMA*）として用いられる幅広の防撓材にあっては，取付け板とウェブの接合部のみがハードコーナーとなることから，ウェブ防撓材が設けられるか否かにかかわらず，大型ガーダとして考慮してはならない。

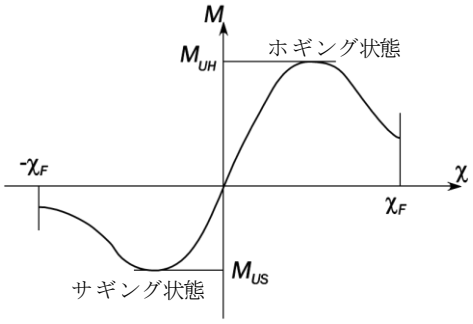
(b) 防撓材要素

防撓材要素は防撓材と付き板から構成される。

付き板の幅は原則として次のとおりとする。

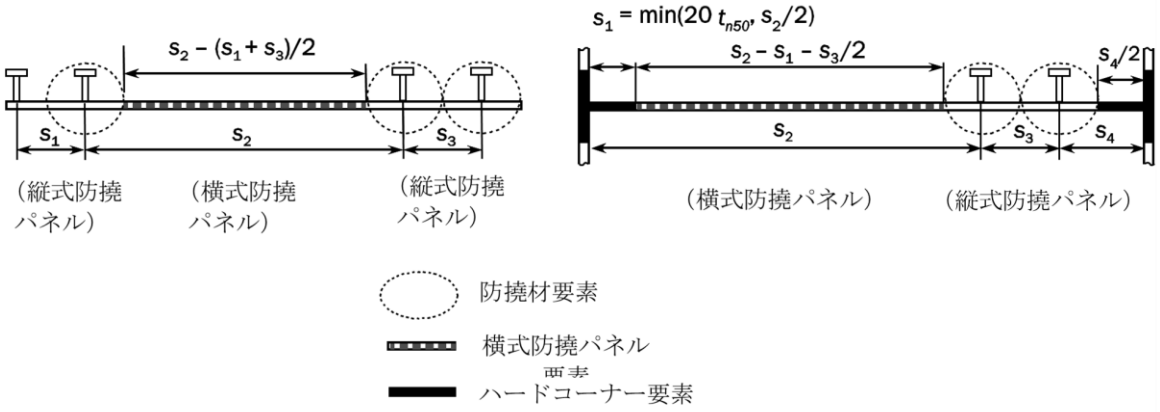
- 防撓材の両側が縦式防撓パネルである場合，防撓材の平均心距とする。
- 防撓材の片側が縦式防撓パネルで，他方が横式防撓パネルである場合，縦式防撓パネルの幅とする。（**図 2** 参照）

図 1　　曲率χに対する曲げモーメント



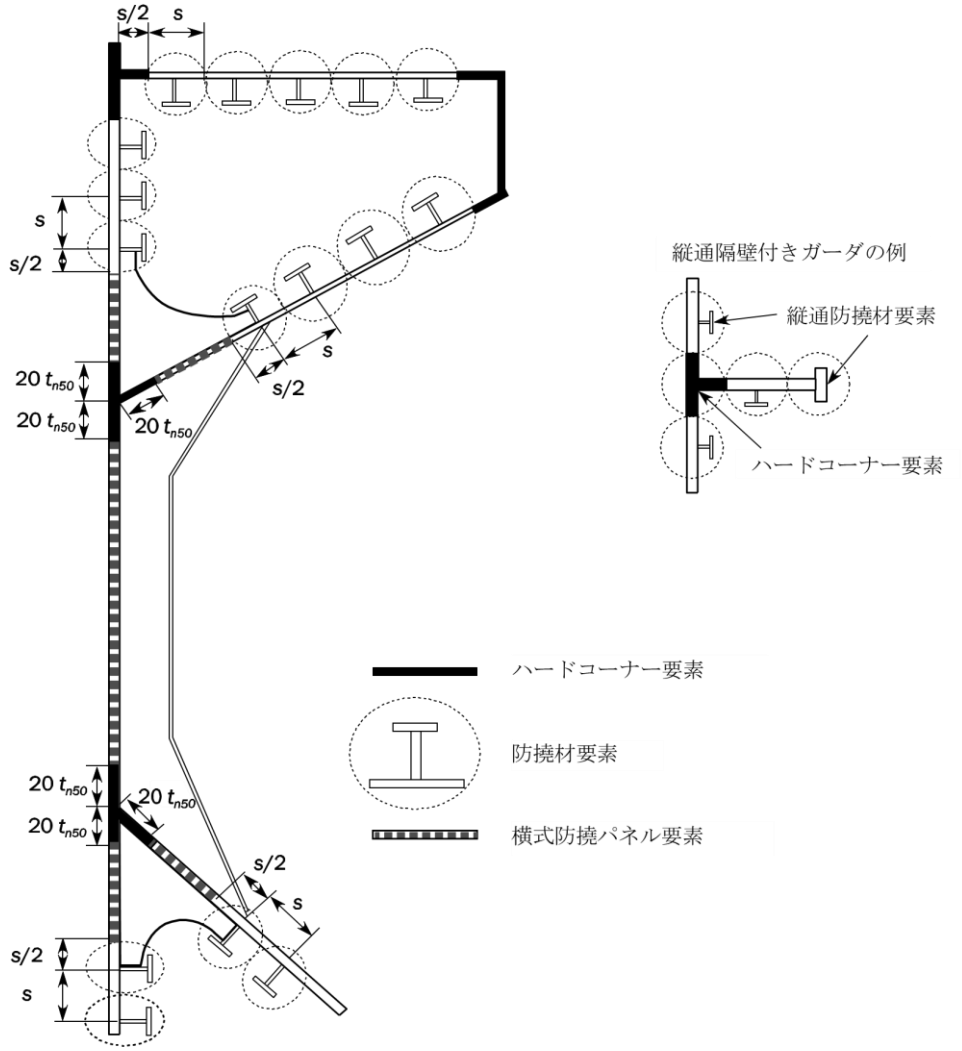
縦曲げ最終強度 M_U は，**5 章付録 2** の規定により算出しなければならない。

図 2　　付き板及びハードコーナー要素の幅



船体横断面のモデル化の典型的な例を**図 3** 及び**図 4** に図示する。
前述の原則に関わらず，上甲板，舷側厚板及び甲板口側桁のモデル化には，本図を適用しなければならない。

図 3　　船体横断面の横式防撓パネル要素，防撓材要素及びハードコーナー要素の配置例



- **図 5** に示すようなナックル部の場合，30 度より大きい角度を持つナックル部に隣接するパネルはハードコーナーとして定義する。ハードコーナー片側の範囲は，ナックル部より，横式パネルの場合 $20t_{n50}$，縦式パネルの場合 $0.5s$ とする。
- 板部材が不連続な縦式防撓材により防撓される場合，不連続な防撓材は板部材を異なるパネル要素に分割するものとしてのみ考慮する。
- 防撓パネル要素に開口が設けられた場合，開口は **5 章 1 節 1.2.9** の規定に基づき取り扱う。
- 付き板が異なる板厚又は最小降伏応力の鋼材から成る場合，次の算式により平均化された板厚又は最小降伏応力を用いて計算しなければならない。

$$t_{n50} = \frac{t_{1-n50}s_1 + t_{2-n50}s_2}{s} \qquad R_{eHp} = \frac{R_{eHp1}t_{1-n50}s_1 + R_{eHp2}t_{2-n50}s_2}{t_{n50}s}$$

R_{eHp1}，R_{eHp2}，$t_{1\text{-}n50}$，$t_{2\text{-}n50}$，s_1，s_2 及び s は**図 6** による。

図 4　　付き板の幅及びハードコーナー要素の範囲

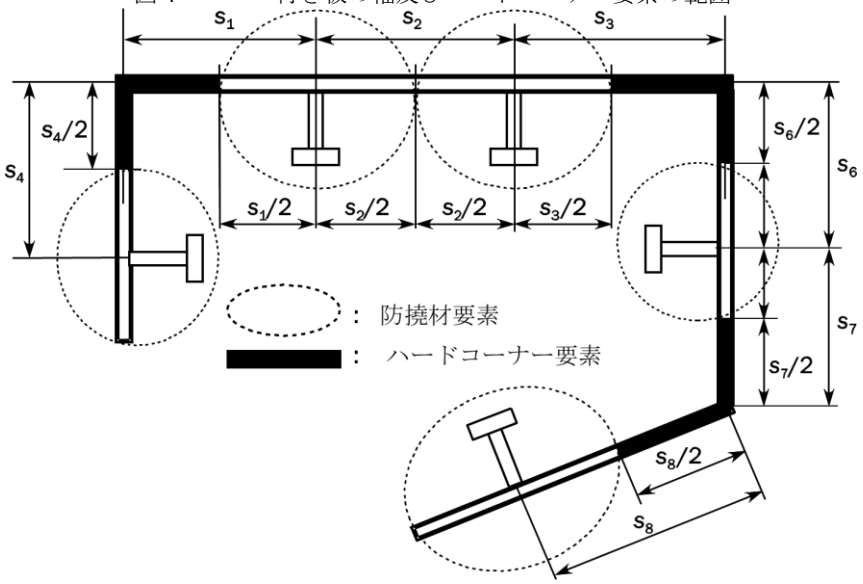


図 5　　ナックル部を有する板

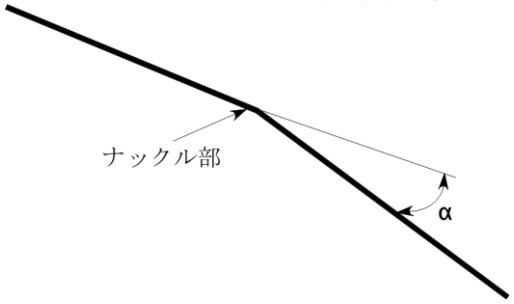
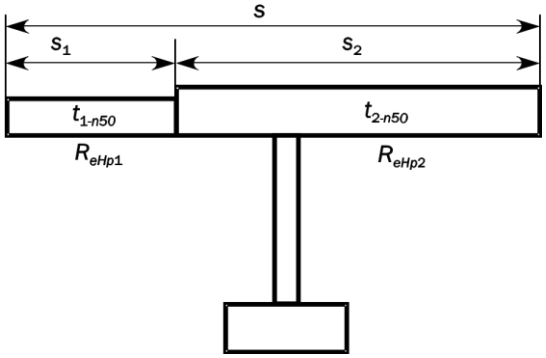


図 6　　異なる板厚及び異なる最小降伏応力を持つ要素



2.3 応力-ひずみ曲線

2.3.1 横式防撓パネル要素及び防撓材要素

船体横断面を構成する横式防撓パネル要素及び防撓材要素は，**表 1** に規定する崩壊モードのいずれか一つに従い崩壊する。

- 板部材が不連続な縦式防撓材によって防撓される場合，要素の応力は，不連続な縦式防撓材を考慮して **2.3.3** から **2.3.8** の規定により求めなければならない。縦曲げ最終強度を評価するための全荷重の計算において，不連続な縦式防撓材の面積は 0 として評価しなければならない。
- 横式防撓パネル要素に開口が設けられる場合，縦曲げ最終強度を評価するための全荷重の計算において，考慮する横式防撓パネル要素の面積は，パネルから開口面積を控除して求めなければならない。開口の考慮は，**5 章 1 節 1.2.9** から **1.2.13** の規定による。
- 横式防撓パネル要素において，応力-ひずみ曲線の圧縮荷重を受ける場合のパネルの有効幅は，パネル全幅として取り扱う。すなわち，パネルの有効幅は他の板との交差部又は縦式防撓材までであり，ハードコーナー要素端部又は防撓材要素の付き板からではない。縦曲げ最終強度を評価するための全荷重の計算においては，横式防撓パネル要素の面積は防撓材要素とハードコーナー要素の間又はハードコーナー要素間とする。

表 1 横式防撓パネル要素及び防撓材要素の崩壊モード

要素	崩壊モード	応力-ひずみ曲線
引張荷重を受ける横式防撓パネル要素又は防撓材要素	弾塑性崩壊	**2.3.3**
圧縮荷重を受ける防撓材要素	梁柱座屈 捩れ座屈 フランジタイプの防撓材ウェブの局部座屈 平鋼タイプの防撓材ウェブの局部座屈	**2.3.4** **2.3.5** **2.3.6** **2.3.7**
圧縮荷重を受ける横式防撓パネル要素	板の座屈	**2.3.8**

2.3.2 ハードコーナー要素

引張荷重及び圧縮荷重を受けるハードコーナーに対して，応力－ひずみ曲線$\sigma - \varepsilon$は **2.3.3** の規定によらなければならない。

2.3.3 構造部材の弾塑性崩壊

船体横断面を構成する構造部材の弾塑性崩壊に対する応力-ひずみ曲線$\sigma - \varepsilon$は，次の算式によらなければならない。このとき，正のひずみ（圧縮）及び負のひずみ（引張）のどちらも考慮すること。（**図 7** 参照）

$$\sigma = \Phi R_{eHA}$$

R_{eHA}： 考慮する要素の等価最小降伏応力（N/mm^2）で，次による。

$$R_{eHA} = \frac{R_{eHp}A_{p-n50} + R_{eHs}A_{s-n50}}{A_{p-n50} + A_{s-n50}}$$

Φ： 端部関数で，次による。

$\Phi = -1$（$\varepsilon < -1$の場合）

$\Phi = \varepsilon$（$-1 \le \varepsilon \le 1$の場合）

$\Phi = 1$（$\varepsilon > 1$の場合）

ε： 相対ひずみで，次による。

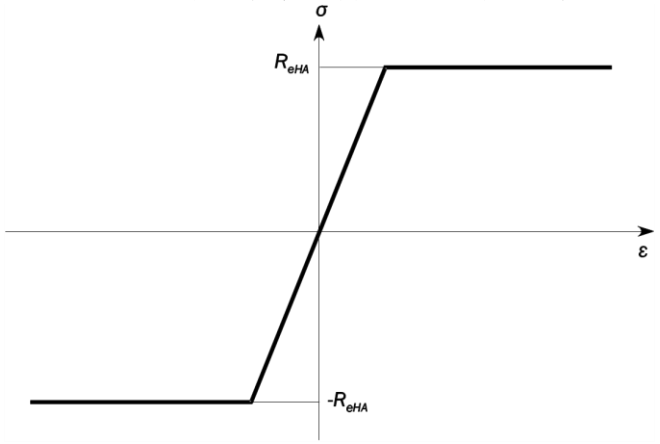
$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_E}{\varepsilon_Y}$$

ε_E：考慮する要素のひずみ

ε_Y：降伏応力における要素のひずみで，次による。

$$\varepsilon_Y = \frac{R_{eHA}}{E}$$

図 7　　弾塑性崩壊に対する応力-ひずみ曲線$\sigma - \varepsilon$



2.3.4　梁柱座屈

船体横断面を構成する縦式防撓材の梁柱座屈に対する応力-ひずみ曲線$\sigma_{CR1} - \varepsilon$は，次の算式によらなければならない。（**図 8** 参照）

$$\sigma_{CR1} = \Phi\sigma_{C1}\frac{A_{S-n50} + A_{pE-n50}}{A_{S-n50} + A_{p-n50}}$$

Φ： 端部関数で，**2.3.3** の規定による。

σ_{C1}： 限界応力（N/mm^2）で，次による。

$\sigma_{E1} \leq \frac{R_{eHB}}{2}\varepsilon$の場合　　$\sigma_{C1} = \frac{\sigma_{E1}}{\varepsilon}$

$\sigma_{E1} > \frac{R_{eHB}}{2}\varepsilon$の場合　　$\sigma_{C1} = R_{eHB}\left(1 - \frac{R_{eHB}\varepsilon}{4\sigma_{E1}}\right)$

R_{eHB}： 考慮する要素の等価最小降伏応力（N/mm^2）で，次による。

$$R_{eHB} = \frac{R_{eHp}A_{pE1-n50}\ell_{pE} + R_{eHs}A_{s-n50}\ell_{sE}}{A_{pE1-n50}\ell_{pE} + A_{s-n50}\ell_{sE}}$$

$A_{pE1-n50}$： 有効面積（cm^2）で，次による。

$$A_{pE1-n50} = 10b_{E1}t_{n50}$$

ℓ_{pE}： 付き板の幅 b_{E1} を含む，防撓材の中性軸から，付き板底部までの距離（mm）

ℓ_{sE}： 付き板の幅 b_{E1} を含む，防撓材の中性軸から，防撓材頂部までの距離（mm）

ε： 相対ひずみで，**2.3.3** の規定による。

σ_{E1}： オイラーの座屈応力（N/mm^2）で，次による。

$$\sigma_{E1} = \pi^2 E\frac{I_{E-n50}}{A_{E-n50}\ell^2}10^{-4}$$

$I_{E\text{-}n50}$： 防撓材のネット断面二次モーメント（cm^4）で，防撓材の付き板の幅は b_{E1} とする。

$A_{E\text{-}n50}$： 有効幅 b_E の付き板を含む防撓材のネット断面積（cm^2）

b_{E1}： 防撓材の付き板の相対ひずみに対する補正有効幅（m）で，次による。

$\beta_E > 1.0$の場合　　$b_{E1} = \frac{s}{\beta_E}$

$\beta_E \leq 1.0$の場合　　$b_{E1} = s$

β_E：　　$\beta_E = 10^3\frac{s}{t_{n50}}\sqrt{\frac{\varepsilon R_{eHp}}{E}}$

$A_{pE\text{-}n50}$： 有効幅 b_E の付き板のネット断面積（cm^2）で，次による。

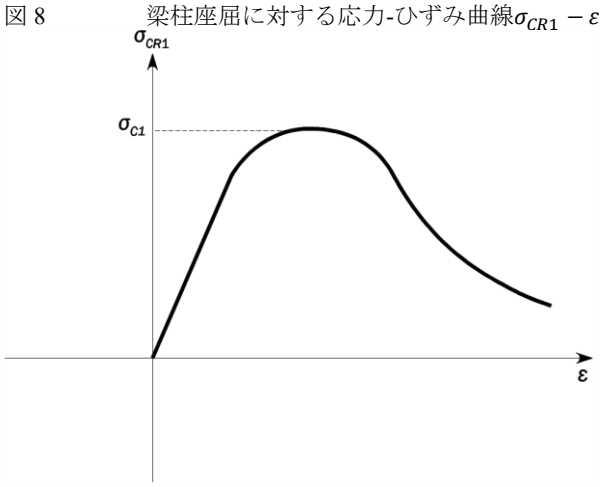
$$A_{pE-n50} = 10b_E t_{n50}$$

b_E：　　防撓材の付き板の有効幅（m）で，次による。

$\beta_E > 1.25$の場合　　$b_E = \left(\frac{2.25}{\beta_E} - \frac{1.25}{\beta_E^2}\right)s$

$\beta_E \leq 1.25$の場合　　$b_E = s$

図 8　　梁柱座屈に対する応力-ひずみ曲線$\sigma_{CR1} - \varepsilon$



2.3.5　　捩れ座屈

船体横断面を構成する防撓材の捩れ座屈に対する応力-ひずみ曲線$\sigma_{CR2} - \varepsilon$は，次の算式によらなければならない。（図 9 参照）

$$\sigma_{CR2} = \Phi \frac{A_{s-n50}\sigma_{C2} + A_{p-n50}\sigma_{CP}}{A_{s-n50} + A_{p-n50}}$$

Φ：　端部関数で，2.3.3 の規定による。

σ_{C2}：　限界応力（N/mm^2）で，次による。

$\sigma_{E2} \leq \frac{R_{eHs}}{2}$の場合　　$\sigma_{C2} = \frac{\sigma_{E2}}{\varepsilon}$

$\sigma_{E2} > \frac{R_{eHs}}{2}$の場合　　$\sigma_{C2} = R_{eHs}\left(1 - \frac{R_{eHs}\varepsilon}{4\sigma_{E2}}\right)$

σ_{E2}：　オイラーの捩り座屈応力（N/mm^2）で，8 章 5 節 2.3.4 の規定による。

ε：　相対ひずみで，2.3.3 の規定による。

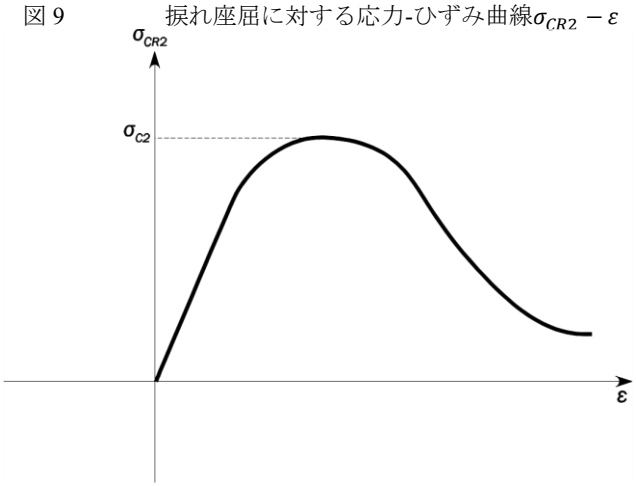
σ_{CP}：　防撓材の付き板における付き板単独の座屈応力（N/mm^2）で，次による。

$\beta_E > 1.25$の場合　　$\sigma_{CP} = \left(\frac{2.25}{\beta_E} - \frac{1.25}{\beta_E^2}\right) R_{eHp}$

$\beta_E \leq 1.25$の場合　　$\sigma_{CP} = R_{eHp}$

β_E：　係数で，2.3.4 の規定による。

図 9　　捩れ座屈に対する応力-ひずみ曲線$\sigma_{CR2} - \varepsilon$



2.3.6　　フランジのある防撓材ウェブの局部座屈

船体横断面を構成するフランジのある防撓材ウェブの局部座屈に対する応力-ひずみ曲線$\sigma_{CR3} - \varepsilon$は，次の算式によらなければならない。

$$\sigma_{CR3} = \Phi \frac{10^3 b_E t_{n50} R_{eHp} + (h_{we} t_{w-n50} + b_f t_{f-n50}) R_{eHs}}{10^3 s t_{n50} + h_w t_{w-n50} + b_f t_{f-n50}}$$

Φ： 端部関数で，**2.3.3** の規定による。

b_E： 防撓材の付き板の有効幅（m）で，**2.3.4** の規定による。

h_{we}： ウェブの有効高さ（mm）で，次による。

$\beta_w > 1.25$の場合　　$h_{we} = \left(\frac{2.25}{\beta_w} - \frac{1.25}{\beta_w^2}\right) h_w$

$\beta_w \leq 1.25$の場合　　$h_{we} = h_w$

β_w： $\beta_w = \frac{h_w}{t_{w-n50}} \sqrt{\frac{\varepsilon R_{eHs}}{E}}$

ε： 相対ひずみで，**2.3.3** の規定による。

2.3.7　平鋼タイプの防撓材ウェブの局部座屈

船体横断面を構成する平鋼タイプの防撓材ウェブの局部座屈に対する応力-ひずみ曲線$\sigma_{CR4} - \varepsilon$は，次の算式によらなければならない。（**図 10** 参照）

$$\sigma_{CR4} = \Phi \frac{A_{p-n50}\sigma_{CP} + A_{s-n50}\sigma_{C4}}{A_{p-n50} + A_{s-n50}}$$

Φ： 端部関数で，**2.3.3** の規定による。

σ_{CP}： 防撓材の付き板における付き板単独の座屈応力（N/mm^2）で，**2.3.5** の規定による。

σ_{C4}： 限界応力（N/mm^2）で，次による。

$\sigma_{E4} \leq \frac{R_{eHs}}{2}\varepsilon$の場合　　$\sigma_{C4} = \frac{\sigma_{E4}}{\varepsilon}$

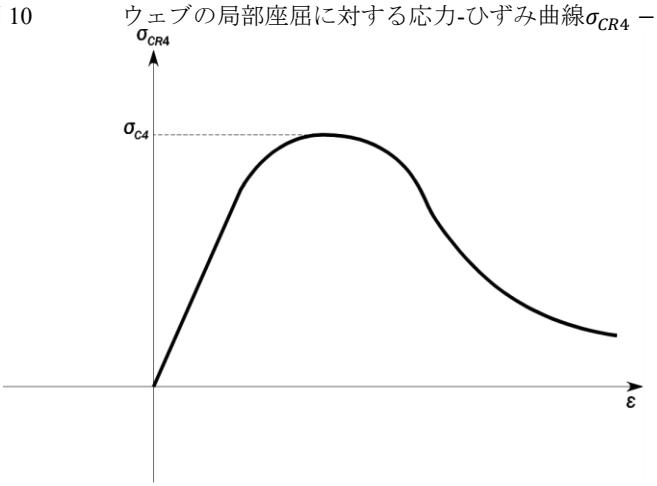
$\sigma_{E4} > \frac{R_{eHs}}{2}\varepsilon$の場合　　$\sigma_{C4} = R_{eHs}\left(1 - \frac{R_{eHs}\varepsilon}{4\sigma_{E4}}\right)$

σ_{E4}： オイラーの局部座屈応力（N/mm^2）で，次による。

$$\sigma_{E4} = 160000\left(\frac{t_{w-n50}}{h_w}\right)^2$$

ε： 相対ひずみで，**2.3.3** の規定による。

図 10　　ウェブの局部座屈に対する応力-ひずみ曲線$\sigma_{CR4} - \varepsilon$



2.3.8　板の座屈

船体横断面を構成する横方向に防撓された板の座屈に対する応力-ひずみ曲線$\sigma_{CR5} - \varepsilon$は，次の算式によらなければならない。

$$\sigma_{CR5} = \min\left\{ \begin{array}{c} R_{eHp}\Phi \\ \Phi R_{eHp}\left[\frac{s}{\ell}\left(\frac{2.25}{\beta_E}-\frac{1.25}{\beta_E^2}\right)+0.1\left(1-\frac{s}{\ell}\right)\left(1+\frac{1}{\beta_E^2}\right)^2\right] \end{array} \right.$$

Φ： 端部関数で，**2.3.3** の規定による。

β_E： $\beta_E = 10^3\frac{s}{t_{n50}}\sqrt{\frac{\varepsilon R_{eHp}}{E}}$

s： 板の幅（m）で，防撓材の心距とする。

ℓ： 板の長辺方向の長さ（m）

3. 代替手法

3.1 一般

3.1.1

曲率χに対する縦曲げモーメントの関係（$M-\chi$曲線）は，代替手法により導いて差し支えない。モデル化にあたっては，次に示す非線形構造応答において重要な影響因子を考慮しなければならない。

(a) 幾何学的非線形挙動

(b) 材料の非弾性挙動

(c) 初期不整及び残留応力（板及び防撓材の初期たわみ量）

(d) 組合せ荷重

- 二軸圧縮
- 二軸引張
- せん断及び面外荷重

(e) 境界条件

(f) 座屈モード間の相関

(g) 板，防撓材，桁等の構造要素間の相関

(h) 座屈後の耐荷能力

(i) 二重底効果又は類似の影響によって局所的に恒久的な変形又は座屈損傷を生じる可能性のある船体横断面において，過大な圧縮応力が生じる板，防撓材等の要素

3.2 非線形有限要素解析

3.2.1

高度な非線形有限要素解析モデルを縦曲げ最終強度の評価に使用して差し支えない。モデル化にあたっては，**3.1.1** に示す非線形構造応答において重要な影響因子を考慮しなければならない。

3.2.2

初期不整の形状及び大きさのモデル化には，特別な注意を払わなければならない。初期不整の形状及び大きさが最も支配的な崩壊モードの要因であることを確認しなければならない。

6章　船体局部寸法

1節　一般

1.　適用

1.1　適用

1.1.1

本章は，船首部，貨物倉区域，機関区域，船尾部，乾舷甲板より上の外板，機関室囲壁，暴露された船楼甲板，内部甲板を含む船舶の全長に亘る船体構造に対して適用する。ただし，船楼及び甲板室の内部構造は除く。

1.1.2

本章では，面外圧力，局部荷重及びハルガーダ荷重を受ける板部材，防撓材及び主要支持部材（PSM）の評価方法に対する要件を規定する。各要件が規定されている箇所を以下に示す。

- 適用荷重：**6章2節**
- 板部材，防撓材，主要支持部材の最小板厚：**6章3節**
- 板部材：**6章4節**
- 防撓材：**6章5節**
- 主要支持部材及び梁柱：**6章6節**

上記に加え，定義された設計荷重条件に関連しない要件も規定している。

1.1.3　要求寸法

申請ネット寸法は本章に規定される要求寸法以上でなければならない。

1.1.4　追加の局部強度要件

本章の規定に加え，**10章**に規定する船首衝撃荷重，船底スラミング荷重及びスロッシング荷重並びに船首部，機関区域，船尾部に対する局部強度要件にもよること。

1.2　許容基準

1.2.1

許容基準条件は，設計荷重に基づき次のとおり選定しなければならない。

- 静的荷重による設計荷重 S：AC-S
- 静的荷重と動的荷重の組合せによる設計荷重 $S+D$：AC-SD

2 節　適用荷重

記号

本節に規定されない記号については，**1 章 4 節**による。

1.　荷重の組合せ

1.1　ハルガーダ曲げ

1.1.1　直応力

考慮する位置に作用する垂直曲げモーメント及び水平曲げモーメントによる直応力$\sigma_{hg}(N/mm^2)$は，次の算式による。直応力は，**4 章**に規定する全ての動的荷重ケースを考慮して，**2** に規定する各設計荷重条件に対して，ホギング状態及びサギング状態の M_{sw} を組合せることにより算出しなければならない。

$$\sigma_{hg} = \left(\frac{M_{sw} + M_{wv-LC}}{I_{y-n50}} (z - z_n) - \frac{M_{wh-LC}}{I_{z-n50}} y \right) 10^{-3}$$

M_{sw}：　静水中曲げモーメント(kNm)で，**4 章 7 節表 1** の設計荷重シナリオに基づき **4 章 4 節 2.2** の規定による。

$M_{wv\text{-}LC}$：考慮する船長方向位置における考慮する動的荷重ケースの波浪中垂直曲げモーメント(kNm)で，**4 章 7 節表 1** の設計荷重シナリオに基づき **4 章 4 節 3.5.2** の規定により算出する。

$M_{wh\text{-}LC}$：考慮する船長方向位置における考慮する動的荷重ケースの波浪中水平曲げモーメント(kNm)で，**4 章 7 節表 1** の設計荷重シナリオに基づき **4 章 4 節 3.5.4** の規定により算出する。

$I_{y\text{-}n50}$：考慮する船長方向位置でのネットハルガーダ断面二次モーメント(m^4)

$I_{z\text{-}n50}$：考慮する船長方向位置でのネット水平ハルガーダ断面二次モーメント(m^4)

y：　荷重計算点の水平座標(m)

z：　考慮する荷重計算点の垂直座標(m)

z_n：　基線から水平中性軸までの距離(m)

1.2　面外圧力

1.2.1　非損傷状態の静的圧力及び動的圧力

海水及び多種の貨物，バラスト水，その他の液体による，非損傷状態における静的面外圧力及び動的面外圧力を考慮しなければならない。適用される荷重は考慮する要素の位置及び隣り合う区画の種類による。

1.2.2　浸水状態の面外圧力

液体を運ぶことを計画しない水密区画の境界は，船底外板及び船側外板を除き，浸水状態における面外荷重を考慮しなければならない。

1.3　圧力の組合せ

1.3.1　外板の要素

外板に接する区画に液体を積載する場合，考慮する静的面外圧力及び動的面外圧力は，考慮する喫水での内圧と海水圧の差とする。外板に接する区画に液体を積載しない場合は，内圧及び海水圧をそれぞれ考慮しなければならない。

1.3.2　外板の要素以外の要素

1.3.1 の規定を除き，隣接する区画を隔てる要素に作用する静的面外圧力及び動的面外圧力は，各区画それぞれに作用する荷重を考慮すること。

2.　設計荷重条件

2.1　荷重成分の適用

2.1.1　適用

本規定は次の部材に適用する。

・　船舶の全長に亘る板部材及び防撓材

・ 貨物倉区域外の主要支持部材

2.1.2 荷重成分

静的荷重成分及び動的荷重成分は **4 章 7 節表 1** に従って決定しなければならない。

環動半径 k_r 及びメタセンタ高さ GM は，**表 1** の設計荷重条件における考慮する積付状態に応じて **4 章 3 節表 1** 及び **4 章 3 節表 2** によらなければならない。

2.1.3 板部材，防撓材及び主要支持部材に対する設計荷重条件

板部材，防撓材及び主要支持部材に対する設計荷重条件は**表 1** による。乾舷用長さ L_{LL} が 150*m* 未満のばら積貨物船の主要支持部材及び油タンカーの貨物倉区域における主要支持部材に対する設計荷重条件は，それぞれ **2 編 1 章 4 節 4.2** 及び **2 編 2 章 3 節 1.2** によること。

表 1 設計荷重条件

対象部材／区画	設計荷重条件	荷重成分	喫水	設計荷重	積付状態
外板及び暴露甲板	SEA-1	P_{ex}, P_D	T_{SC}	S+D	満載状態(1)
	SEA-2	P_{ex}	T_{SC}	S	港内状態(2)
バラストタンク（油タンカー及びばら積貨物船）	WB-1	$P_{in} - P_{ex}$ (3)	T_{BAL}	S+D	ノーマルバラスト状態
	WB-2	$P_{in} - P_{ex}$ (3)	T_{BAL}	S+D	ノーマルバラスト状態 バラスト水交換
	WB-3	$P_{in} - P_{ex}$ (3)	0.25 T_{SC}	S	港内/試験状態
バラストタンク（ばら積貨物船）及びバラスト兼用層として指定されるばら積貨物倉	WB-4	$P_{in} - P_{ex}$ (3)	T_{BAL-H} (7)	S+D	ヘビーバラスト状態
	WB-5 (4)	$P_{in} - P_{ex}$ (3)	T_{BAL-H} (7)	S+D	ヘビーバラスト状態 バラスト水交換
	WB-6 (5)	P_{in}	-	S	港内/試験状態
貨物油タンク	OT-1	P_{in}	T_{SC}	S+D	満載状態
	OT-2	P_{in}	0.6 T_{SC}	S+D	部分積付状態
	OT-3	P_{in}	-	S	港内/試験状態
ばら積貨物倉	BC-1	P_{in}	T_{SC}	S+D	貨物を満載する場合の均等積状態
	BC-2	P_{in}	-	S	
	BC-3	P_{in}	T_{SC}	S+D	ばら積貨物密度の大きい貨物を部分積載する場合の均等積状態（*BC-A* 船, *BC-B* 船）
	BC-4	P_{in}	-	S	
	BC-5	P_{in}	T_{SC}	S+D	ばら積貨物密度の小さい貨物を満載する場合の隔倉積状態，（*BC-A* 船）
	BC-6	P_{in}	-	S	
	BC-7	P_{in}	T_{SC}	S+D	ばら積貨物密度の大きい貨物を部分積載する場合の隔倉積状態（*BC-A* 船）
	BC-8	P_{in}	-	S	
その他のタンク（燃料タン	TK-1	$P_{in} - P_{ex}$ (3)	T_{BAL}	S+D	ノーマルバラスト状態

ク，清水タンク）	TK-2	$P_{in} - P_{ex}$ (3)	0.25 T_{SC}	*S*	港内/試験状態
液体を積載しない区画	FD-1 (6)	P_{in}	T_{SC}	*S*+*D*	浸水状態
	FD-2 (6)	P_{in}	-	*S*	浸水状態
暴露甲板，内部甲板又はプラットホーム	DL-1 (8)	P_{dl}, F_U	T_{SC}	*S*+*D*	満載状態
	DL-2 (8)	P_{dl}, F_U	-	*S*	港内状態

(1) *BC-A* 及び *BC-B* のばら積貨物船については，満載状態をばら積貨物密度の大きい貨物を積載する場合の均等積状態として考える。
(2) 外板に対してのみ適用する。
(3) P_{ex} は外板に対してのみ考慮する。
(4) バラスト兼用倉として指定されるばら積貨物倉には適用しない。
(5) ばら積貨物倉に対してのみ適用する。
(6) FD-1 及び FD-2 は外板及び貨物倉を隔てる立て式波形横隔壁の波形部には適用しない。浸水状態の波形横隔壁については **2 編 1 章 3 節 3** によること。FD-1 及び FD-2 は，強力甲板に適用する。
(7) ヘビーバラスト状態での最小喫水を用いなければならない。
(8) 分布荷重又は集中荷重のみを適用する。同時に作用する青波荷重を組合せる必要はない。

3 節　　最小板厚

記号

本節に規定されない記号については，**1 章 4 節**による。

1.　　板部材

1.1　　最小板厚要件

1.1.1

板部材のネット板厚（*mm*）は，**表 1** による最小板厚を満足しなければならない。

表 1　　板部材の最小ネット板厚

要素	位置	区域	ネット板厚
外板	キール	-	$7.5 + 0.03L_2$
	船底外板 船側外板 ビルジ外板	船首部	$6.5 + 0.03L_2$
		機関区域 船尾部	$7.0 + 0.03L_2$
		上記以外	$5.5 + 0.03L_2$
ブレストフック		船首部	6.5
甲板	暴露甲板，強力甲板，内部タンクの境界	-	$4.5 + 0.02L_2$
	プラットホーム甲板	機関区域	$2.8 + 0.0067s$
		上記以外	6.5
内底板(1)	-	機関区域	$6.6 + 0.024L_2$
		上記以外	$5.5 + 0.03L_2$
ばら積貨物船の縦通隔壁	内殻板，ビルジホッパタンク頂板，トップサイドタンク斜板	貨物倉区域	$0.7{L_2}^{1/2}$
隔壁	内部のタンク境界，水密横隔壁，水密縦通隔壁	-	$4.5 + 0.02L_2$
	非水密隔壁，制水隔壁，空所間の隔壁	-	$4.5 + 0.01L_2$
	船首尾端における梁柱隔壁	-	7.5
その他の部材	下部スツール及び上部スツールの桁板	-	$5.0 + 0.015L_2$
	（貨物倉区域内の）機関室囲壁	貨物倉区域	5.5
	（居住区域に隣接する）機関室囲壁	居住区域	4.0
	一般的な板部材	-	$4.5 + 0.01L_2$
(1)　水密及び非水密の両方に適用			

2. 防撓材及びトリッピングブラケット

2.1 最小板厚要件

2.1.1

防撓材及びトリッピングブラケットのウェブ及び面材のネット板厚（*mm*）は，**表 2** による最小ネット板厚を満足しなければならない。

上記に加え，防撓材及びトリッピングブラケットのウェブのネット板厚は，次によらなければならない。

- **6 章 4 節**に従って決定される付き板のネット要求板厚の 40%以上としなければならない。
- 付き板のネット申請板厚の 2 倍未満としなければならない。

表 2 防撓材及びトリッピングブラケットの最小ネット板厚

要素	位置	ネット板厚
防撓材及び端部ブラケット	水密の境界	$3.5 + 0.015L_2$
	上記以外の構造	$3.0 + 0.015L_2$
単船側構造ばら積貨物船の倉内肋骨	最前端貨物倉(1)	$6.0 + 0.026L_{CSR}$
	上記以外の貨物倉(1)	$5.2 + 0.023L_{CSR}$
トリッピングブラケット		$5.0 + 0.015L_2$
(1) L_{CSR} は 200m を越える必要はない。		

3. 主要支持部材

3.1 最小板厚要件

3.1.1

主要支持部材のウェブ板及びフランジのネット板厚（*mm*）は，**表 3** による最小ネット板厚を満足しなければならない。

表 3 主要支持部材の最小ネット板厚

要素	位置		ネット板厚
センターガーダ	機関区域		$1.55{L_2}^{1/3} + 3.5$
	上記以外		$5.5 + 0.025L_2$
その他のボトムガーダ	機関区域		$1.7{L_2}^{1/3} + 1.0$
	船の長さが 150m 以上の船舶の船首部		$0.7{L_2}^{1/2}$
	上記以外及び船の長さが 150m 未満の船舶の船首部		$5.5 + 0.02L_2$
ダクトキールを構成するガーダ	機関区域		$0.8{L_2}^{1/2} + 2.5$
船底フロア	機関区域		$1.7{L_2}^{1/3} + 1.0$
	船首部		$0.7{L_2}^{1/2}$
	上記以外		$0.6{L_2}^{1/2}$
船尾部区域のフロア	-		$0.7{L_2}^{1/2}$
その他の主要支持部材	船尾部/船首部		$0.7{L_2}^{1/2}$
	上記以外	貨物油タンク	$5.5 + 0.015L_2$
		その他の場合	$0.6{L_2}^{1/2}$

4 節　　板部材

記号

本節に規定されない記号については，**1 章 4 節**による。

α_p：　板のアスペクト比による補正係数で，次の算式による。ただし，1.0 を超えてはならない。

$$\alpha_p = 1.2 - \frac{b}{2.1a}$$

a：　板パネルの長さ（mm）で，**3 章 7 節 2.2.2** の規定による。

b：　板パネルの幅（mm）で，**3 章 7 節 2.2.2** の規定による。

P：　**6 章 2 節 2** に規定する設計荷重条件における設計圧力（kN/m^2）で，**3 章 7 節 2.2** に規定する荷重計算点で計算する。

σ_{hg}：　ハルガーダ縦曲げ応力（kN/m^2）で，**6 章 2 節 1.1** の規定による。**3 章 7 節 2.2** に規定する荷重計算点で計算する。

χ：　係数で次による。

- 非損傷状態：
  - ばら積貨物船の貨物倉内の内底板及びビルジホッパタンク斜板：　$\chi = 0.70$
  - 上記以外：　$\chi = 1.00$
- 浸水状態：
  - 許容基準条件 AC-S に対する船首隔壁：　$\chi = 1.00$
  - 許容基準条件 AC-SD に対する船首隔壁：　$\chi = 0.95$
  - その他の水密隔壁：　$\chi = 1.15$

1.　面外圧力を受ける板部材

1.1　降伏強度評価

1.1.1　板部材

板部材のネット板厚 t（mm）は，**6 章 2 節 2.1.3** に規定する適用すべき全ての設計荷重条件において，次の算式により計算した値のうち，最も大きい値以上としなければならない。

$$t = 0.0158\alpha_p b\sqrt{\frac{|P|}{\chi C_a R_{eH}}}$$

C_a：　板の許容曲げ応力係数で，次による。ただし，$C_{a-\max}$を超えてはならない。

$$C_a = \beta - \alpha\frac{|\sigma_{hg}|}{R_{eH}}$$

β：　係数で，**表 1** による。

α：　係数で，**表 1** による。

$C_{a-\max}$：　最大許容曲げ応力係数で，**表 1** による。

表 1　　β，α及び$C_{a-\max}$の定義

評価基準条件	構造部材		β	α	$C_{a-\max}$
AC-S	縦強度部材	縦式構造板部材	0.9	0.5	0.8
		横式構造板部材	0.9	1.0	0.8
	上記以外の部材		0.8	0	0.8
AC-SD	縦強度部材	縦式構造板部材	1.05	0.5	0.95
		横式構造板部材	1.05	1.0	0.95
	上記以外の部材		1.0	0	1.0

1.2　　波形隔壁の板部材

1.2.1　　冷間加工及び熱間加工の波形隔壁並びに溶接構造の波形隔壁

波形隔壁のウェブ及びフランジのネット板厚 t（mm）は，**6 章 2 節 2.1.3** に規定する適用すべき全ての設計荷重条件において，次の算式により計算した値のうち，最も大きい値以上としなければならない。

$$t = 0.0158 b_p \sqrt{\frac{|P|}{C_{CB} R_{eH}}}$$

b_p：　平面の波形板の幅：

3 章 6 節図 21 に示すフランジ：　$b_p = b_{f-cg}$（mm）

3 章 6 節図 21 に示すウェブ：　$b_p = b_{w-cg}$（mm）

C_{CB}：　波形隔壁に対する許容曲げ応力係数で，次による。

- 許容基準条件 AC-S に対する波形横隔壁及び立て式波形縦通隔壁：$C_{CB} = 0.75$
- 許容基準条件 AC-SD に対する波形横隔壁及び立て式波形縦通隔壁：$C_{CB} = 0.90$
- $C_{CB-\max}$を超えない水平波形縦通隔壁：$C_{CB} = \beta_{CB} - \alpha_{CB} \dfrac{|\sigma_{hg}|}{R_{eH}}$

β_{CB}：　係数で，**表 2** による。

α_{CB}：　係数で，**表 2** による。

$C_{CB-\max}$：　最大許容曲げ応力係数で，**表 2** による。

表 2　　β_{CB},α_{CB}及び$C_{CB-\max}$の定義

評価基準条件	構造部材	β_{CB}	α_{CB}	$C_{CB-\max}$
AC-S	水平波形隔壁の縦通隔壁	0.90	0.50	0.75
AC-SD	水平波形隔壁の縦通隔壁	1.05	0.50	0.90

1.2.2　　溶接構造の波形隔壁

溶接構造の波形隔壁でフランジ及びウェブの板厚が異なる場合，ネット板厚 t_1（mm）は，**6 章 2 節 2.1.3** に規定する適用すべき全ての設計荷重条件において，次の算式により計算した値のうち，最も大きい値としなければならない。

$$t_1 = \sqrt{\frac{0.0005 b_p^2 |P|}{C_{CB} R_{eH}} - t_2^2}$$

t_1：　フランジとウェブの厚い方のネット板厚（mm）

t_2：　フランジとウェブの薄い方のネット板厚（mm）

b_P：　フランジとウェブの厚い方の板幅（mm）

C_{CB}：　許容曲げ応力係数で，**1.2.1** の規定による。

2. 特別要件

2.1 平板竜骨の最小板厚

2.1.1

平板竜骨のネット板厚は，竜骨条板の端部から隣接する $2m$ の範囲の船底外板の申請ネット板厚以上としなければならない。

竜骨の幅は，**3 章 6 節 7.2.1** の規定による。

2.2 ビルジ外板

2.2.1 ビルジ外板の定義

ビルジ外板の定義は，**1 章 4 節 3.8.1** の規定による。

2.2.2 ビルジ外板の板厚

(a) 横式構造のビルジ外板のネット板厚は，**6 章**，**8 章 2 節**及び**8 章 3 節**により求まる隣接する船底外板及び船側外板のどちらか大きいほうの要求ネット板厚以上としなければならない。ビルジ外板が 2 つ以上の板に分割されている場合，上部及び下部の板のネット板厚は，本要件に従い，それぞれ隣接する船底外板及び船側外板ネット要求板厚との比較により決定されなければならない。

(b) 曲がっているビルジ外板のネット板厚 t（mm）は，次による値以上としなければならない。

$$t = 6.45 \times 10^{-4}(P_{ex}s_b)^{0.4}R^{0.6}$$

P_{ex}： **6 章 2 節 2.1.3** に規定する設計荷重条件 SEA-1 に対する設計外圧（kN/m^2）で，ビルジ部の湾曲部の下端で計算する。

R： 有効ビルジ半径（mm）

$$R = R_0 + 0.5(\Delta s_1 + \Delta s_2)$$

R_0： 曲率半径（mm）。**図 1** 参照。

Δs_1： ビルジ部の湾曲部の下端とその端点に最も近い船底縦通防撓材までの距離（mm）（**図 1** 参照）。ただし，最も近い船底縦通防撓材がビルジ部の湾曲部内にある場合，この距離は 0 としなければならない。

Δs_2： ビルジ部の湾曲部の上端とその端点に最も近い船側縦通防撓材までの距離（mm）（**図 1** 参照）。ただし，最も近い船側縦通防撓材がビルジ部の湾曲部内にある場合，この距離は 0 としなければならない。

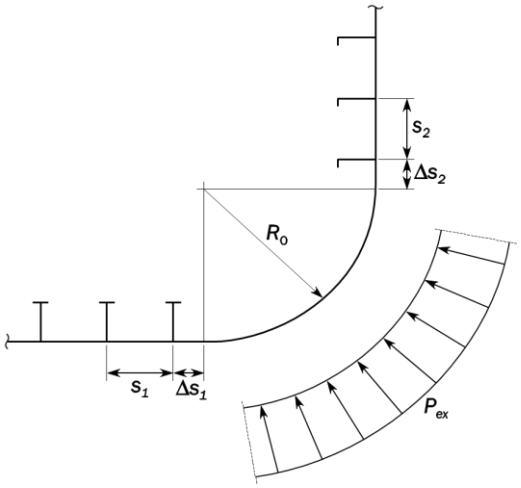
s_b： 横式防撓材，ウェブ又はビルジブラケット間の距離（mm）

(c) 縦式構造のビルジ外板は，規則的に防撓された板部材として評価しなければならない。ビルジ部の板厚は，**1.1.1** 及び **2.2.2(b)**により計算した値のうち，小さい方の値未満としてはならない。ビルジキールは，有効な縦通防撓材とみなしてはならない。

2.2.3 ビルジ外板の最小板厚の拡張

最下部船側縦通防撓材とビルジ湾曲部の間の直線部分に板継ぎがある場合であって，当該板継ぎ位置と最下部船側縦通防撓材との距離が $s_2/4$ を超えない場合には，隣接する船側外板にビルジ外板の要求板厚を適用する必要はない。同様に，隣接する船底外板の水平部分において，最も外側の船底縦通防撓材と板継ぎまでの距離が $s_1/4$ を超えない場合には，隣接する船底外板にビルジ外板の要求板厚を適用する必要はない。s_1 及び s_2 の定義については**図 1** 参照。

図 1　　横式構造のビルジ外板



2.2.4　ビルジ部の船体外板付肋骨

横式構造のビルジ外板の場合，ビルジ外板の湾曲部が始まる位置の近くの船底及び船側には縦通防撓材を設けなければならない。これらの縦通防撓材の寸法は，最も近い隣接の防撓材の寸法未満としてはならない。ビルジ部の湾曲部の下端とその端点に最も近い船底縦通防撓材との距離Δs_1は，原則として，ビルジ部の湾曲部の下端から近い 2 本の船底縦通防撓材間の距離 s_1 の 1/3 を超えてはならない。同様に，ビルジ部の湾曲部の上端とその端点に最も近い船側縦通防撓材との距離Δs_2は，原則として，ビルジ部の湾曲部の上端から近い 2 本の船側縦通防撓材間の距離 s_2 の 1/3 を超えてはならない。（図 1 参照）

2.3　　船側外板

2.3.1　フェンダー接触範囲

2.3.2 に規定するフェンダー接触範囲内の船側外板のネット板厚 t（mm），は次の算式による値以上としなければならない。

$$t = 26\left(\frac{b}{1000} + 0.7\right)\left(\frac{BT_{SC}}{R_{eH}^2}\right)^{0.25}$$

2.3.2　フェンダー接触範囲要件の適用

フェンダー接触範囲は，バラスト喫水 T_{BAL} から構造用喫水 T_{SC} より上方 $0.25T_{SC}$（ただし，$2.2m$ 以上とする）までの 1 章 1 節 2.4.3 に規定する貨物倉区域内とする。

2.4　　舷側厚板

2.4.1　一般

舷側厚板の最小幅は，3 章 6 節 8.2.4 の規定による。

2.4.2　溶接構造による舷側厚板

溶接構造による舷側厚板に隣接する船側外板がトップサイドタンク又は二重船側タンクに全て含まれている場合，舷側厚板のネット板厚は，当該船側外板の申請ネット板厚以上としなければならない。

2.4.3　丸型ガンネル

曲げ加工による舷側厚板のネット板厚は，次のいずれか大きい方の値以上としなければならない。

・　隣接する $2m$ の範囲の甲板の申請ネット板厚
・　隣接する $2m$ の範囲の船側外板の申請ネット板厚

2.5　　梁上側板

2.5.1

梁上側板の最小幅は，3 章 6 節 9.1.2 の規定による。

2.5.2

船体中央部 $0.6L_{CSR}$ 間における梁上側板のネット板厚は，隣接する甲板の申請ネット板厚以上としなければならない。

2.6　　波形隔壁の支持構造

2.6.1　一般

3 章 6 節 10.4 に規定する隔壁の配置要件は，2.6.2 から 2.6.4 の規定と併せて考慮しなければならない。

2.6.2　下部スツール

(a) スツール頂板のネット板厚は，隣接する波形隔壁のフランジ及びウェブの要求ネット板厚以上としなければならず，その材料は隣接する波形隔壁の材料の降伏強度以上のものでなければならない。また，スツール頂板の板耳の幅は，波形フランジの建造板厚未満としてはならない。

(b) スツール頂板から波形部の深さの範囲内にあるスツール側板のネット板厚は，波形隔壁下端の波形フランジの要求ネット板厚以上としなければならず，その材料は波形隔壁下端の波形フランジの材料の降伏強度以上のものでなければならない。**(c)**に規定するように，波形ウェブと下部スツール内の支持ブラケットの連続性が確保されている場合，スツール側板のネット板厚は，波形フランジの板厚の 90%まで減じて差し支えない。

(c) 油タンカーにあっては，波形ウェブと下部スツール内の支持ブラケットは連続性を確保しなければならない。又は，下部スツール内の支持ブラケットを波形ウェブの全てのナックル部の同一線上に配置しなければならない。

(d) 支持ブラケットのネット板厚は，波形ウェブの要求ネット板厚の 80%以上としなければならず，その材料は，波形ウェブの材料の降伏強度以上のものでなければならない。

(e) スツールを支持するフロアのネット板厚は，内底板に結合するスツール側板の要求ネット板厚以上としなければならない。（ただし，**2 編 1 章 6 節**に規定する *GRAB* 要件を適用する場合を除く）スツールを支持するフロアの材料は，スツール側板の材料の降伏強度以上のものでなければならない。降伏強度が異なる材料を用いる場合，要求板厚は，**3 章 1 節 2.2.1** に規定する材料係数 k の比によって調整しなければならない。

(f) 下部スツールを設ける場合，スツールと内底板の結合部において板厚方向特性及び強度の連続性に特別な考慮を払わなければならない。板厚方向特性に関する板の要件については，**3 章 1 節 2.5** を参照のこと。

2.6.3　上部スツール

(a) スツール底板のネット板厚は，隣接する波形隔壁のフランジ及びウェブの要求板厚以上としなければならず，その材料は，隣接する波形隔壁の材料の降伏強度以上のものでなければならない。スツール底板の板耳の幅は，波形フランジの建造板厚未満としてはならない。

(b) スツール側板の下部のネット板厚は，次のうち，大きい方の値以上としなければならない。

- **1.1** の規定によるネット板厚
- 次の規定による隔壁板の上部の要求板厚の 80%の板厚
  - **1.2** の規定によるネット板厚
  - 隣接する隔壁板と同じ材料を使用する場合，**2 編 1 章 3 節 3.1** 又は **2 編 2 章 3 節 2.2.1** の規定によるネット板厚

降伏強度が異なる材料を用いる場合，要求板厚については，**3 章 1 節 2.2.1** に規定する材料係数 k の比によって調整しなければならない。

2.6.4　下部スツールが無い場合の波形隔壁の局部支持構造

(a) 波形隔壁を支持するフロア及びパイプトンネルの梁のネット板厚は，波形フランジの要求ネット板厚以上としなければならず，その材料は，波形フランジの材料の降伏強度以上のものでなければならない。波形部に隣接する内底板及びビルジホッパタンク斜板の材料は，隣接する波形隔壁の材料の降伏強度以上のものとし，**3 章 1 節 2.5.1** に規定する *Z* 級鋼を用いなければならない。ただし，板厚方向特性に関する資料を提出し，本会の承認を得る場合にあってはこの限りでない。

(b) 波形ウェブの同一線上に配置するブラケット又はカーリングは，波形深さの 0.5 倍未満としてはならず，ネット板厚は，波形ウェブのネット板厚の 80%以上としなければならない。また，これらの材料は，波形ウェブの材料の降伏強度以上のものでなければならない。ブラケット又はカーリングの代わりにシェダープレートを有するガセットを支持構造として設置している場合，**2 編 1 章 3 節図 5** に示すガセットプレートの高さ h_G は，波形深さ以上としなければならない。ガセットプレートは，波形フランジと同一線上，かつ，波形フランジ間に設置しなければならない。ガセットプレートのネット板厚は，波形フランジのネット板厚以上としなければならず，シェダープレートのネット板厚は，波形フランジのネット板厚の 80%以上としなければならない。また，これらの材料は，波形部のフランジの材料の降伏強度以上のものでなければならない。

2.7　船尾隔壁

2.7.1

スタンチューブ貫通部の船尾隔壁板のネット板厚は，当該隔壁板の要求板厚の 1.6 倍以上としなければならない。

5 節　防撓材

記号

本節に規定されない記号については，**1 章 4 節**による。

d_{shr}：　有効せん断深さ（mm）で，**3 章 7 節 1.4.3** の規定による。

ℓ_{bdg}：　有効曲げスパン（m）で，**3 章 7 節 1.1.2** の規定による。

ℓ_{shr}：　有効せん断スパン（m）で，**3 章 7 節 1.1.3** の規定による。

P：　**6 章 2 節**に規定する設計荷重条件に対する設計圧力（kN/m^2）で，**3 章 7 節 3.2** に規定する荷重計算点で計算する。

χ：　係数で，次による。

- 非損傷状態：
  - ばら積貨物船の貨物倉内の内底板及びビルジホッパタンク斜板に取り付けられる防撓材：$\chi = 0.90$
  - 上記以外：$\chi = 1.00$
- 浸水状態：**6 章 4 節**に規定する浸水状態の値による。

1.　面外圧力が作用する防撓材

1.1　降伏強度評価

1.1.1　ウェブ

最小ネットウェブ板厚 t_w（mm）は，**6 章 2 節 2** に規定する適用すべき全ての設計荷重条件において，次の算式により計算した値のうち，最も大きい値以上としなければならない。ただし，χC_tは 1.0 を超えてはならない。

$$t_w = \frac{f_{shr}|P|s\ell_{shr}}{d_{shr}\chi C_t \tau_{eH}}$$

f_{shr}：せん断力分布係数で，次による。

- 端部固定の連続した防撓材において，f_{shr}は次の値未満としてはならない。
  - 水平防撓材及び垂直防撓材の上端：　$f_{shr} = 0.5$
  - 垂直防撓材の下端：　$f_{shr} = 0.7$
- 端部の固着度が低い防撓材，スパン方向に変化する荷重を受ける防撓材，格子構造の一部となる防撓材に対しては **1.2** の要件によること。

C_t：　考慮する設計荷重条件における許容せん断応力係数で，次による。

- 許容基準条件 AC-S の場合：　$C_t = 0.75$
- 許容基準条件 AC-SD の場合：　$C_t = 0.90$

1.1.2　断面係数

最小ネット断面係数 Z（cm^3）は，**6 章 2 節 2.1.3** に規定する適用すべき全ての設計荷重条件において，次の算式により計算した値のうち，最も大きい値以上としなければならない。ただし，χC_sは 1.0 を超えてはならない。

$$Z = \frac{|P|s\ell_{bdg}^2}{f_{bdg}\chi C_s R_{eH}}$$

f_{bdg}：曲げモーメント係数で，次による。

- 端部固定の連続した防撓材において，f_{bdg}は次の値より大きくしてはならない。
  - 水平防撓材及び垂直防撓材の上端：　f_{bdg} = 12
  - 垂直防撓材の下端：　f_{bdg} = 10
- 端部の固着度が低い防撓材，スパン方向に変化する荷重を受ける防撓材，格子構造の一部となる防撓材に対しては **1.2** の要件によること。

C_s：　考慮する設計荷重条件に対する許容曲げ応力係数で，**表 1** による。

σ_{hg}：　ハルガーダ縦曲げ応力（N/mm^2）で，**6 章 2 節 1.1** の規定による。**3 章 7 節 3.2** に規定する荷重計算点で計

算する。

β_s： 係数で，**表 2** による。

α_s： 係数で，**表 2** による。

$C_{s-\max}$： 係数で，**表 2** による。

表 1 C_sの定義

ハルガーダ曲げ応力σ_{hg}の符号	面外荷重の作用面	係数C_s
引張（＋方向）	防撓材側	$C_s = \beta_s - \alpha_s \dfrac{\lvert\sigma_{hg}\rvert}{R_{eH}}$ ただし，$C_{s-\max}$より大きくしてはならない。
圧縮（－方向）	板側	
引張（＋方向）	板側	$C_s = C_{s-\max}$
圧縮（－方向）	防撓材側	

表 2 β_s，α_s及び$C_{s-\max}$の定義

許容基準条件	構造部材	β_s	α_s	$C_{s-\max}$
AC-S	縦強度部材	0.85	1.0	0.75
	横強度部材又は立て（垂直）部材	0.75	0	0.75
AC-SD	縦強度部材	1.0	1.0	0.9
	横強度部材又は立て（垂直）部材	0.9	0	0.9

1.1.3 防撓材のグループ

1.1.1 及び **1.1.2** の規定に基づく防撓材の寸法は，主要支持部材間の単一の防撓パネルに連続して配置された等しい寸法の防撓材をグループとする考えに基づいて求めて差し支えない。当該グループの防撓材の寸法は，次のうちいずれか大きい方の値としなければならない。

- グループ内の個々の防撓材に要求される寸法の平均値
- グループ内の個々の防撓材に要求される寸法の最大値の 90%

1.1.4 異なる材料の板部材及び防撓材

防撓材の最小降伏応力が付き板の最小降伏応力に比べて 35%以上大きい場合，次の基準を満足しなければならない。

$$R_{eH-S} \leq \left(R_{eH-P} - \frac{\alpha_s|\sigma_{hg}|}{\beta_S}\right)\frac{Z_P}{Z} + \frac{\alpha_s|\sigma_{hg}|}{\beta_S}$$

$R_{eH\text{-}S}$：防撓材の最小降伏応力（N/mm^2）

$R_{eH\text{-}P}$：付き板の最小降伏応力（N/mm^2）

σ_{hg}： ハルガーダ縦曲げ応力（N/mm^2），**6 章 2 節 1.1** の規定による。ただし，$|\sigma_{hg}|$は $0.4R_{eH\text{-}P}$未満としてはならない。

Z： 防撓材の面材又は遊辺のネット断面係数（cm^3）

Z_P： 付き板のネット断面係数（cm^3）

α_s，β_s： 係数で，**表 2** による。

1.2 梁解析

1.2.1 直接解析

端部の固着度が低い防撓材，スパン方向に変化する荷重を受ける防撓材又は格子構造の一部となる防撓材の最大曲げ応力σ及び最大せん断応力τは，ネット寸法を用いて，次を考慮して直接計算により決定しなければならない。

- 静的及び動的圧力並びに力の分布
- 中間支持部材（甲板，ガーダ等）の数及び位置

・ 防撓材端部及び中間支持部材端部の固着条件

・ スパン間における防撓材の形状特性

1.2.2 応力基準

応力は，次の基準を満足しなければならない。ここで，係数 C_t 及び C_s は **1.1.1** 及び **1.1.2** の規定による。

・ $\tau \leq \chi C_t \tau_{eH}$

・ $\sigma \leq \chi C_s R_{eH}$

6節　主要支持部材及び梁柱

記号

本節に規定されない記号については，**1章4節**による。

P：　**6章2節**に規定する考慮する設計荷重条件に対する設計圧力（kN/m^2）で，**3章7節4.1.1**に規定する荷重計算点で計算する

ℓ_{bdg}：　有効曲げスパン（m）で，**3章7節1.1.6**の規定による。

ℓ_{shr}：　有効せん断スパン（m）で，**3章7節1.1.7**の規定による。

χ：　係数で，次による。

- 非損傷状態：
  - ばら積貨物船の貨物倉内の内底板及びビルジホッパタンク斜板に取り付けられる主要支持部材：$\chi = 0.90$
  - 上記以外：$\chi = 1.00$
- 浸水状態：**6章4節**に規定する浸水状態の値による。

1.　一般

1.1　適用

1.1.1

本節の要件は，面外圧力及び集中荷重を受ける主要支持部材並びに圧縮軸荷重を受ける梁柱に適用する。

特定の荷重を受けるこれらの部材に対しては降伏強度評価を行われなければならない。

2.　貨物倉区域内の主要支持部材

2.1　浸水状態

2.1.1

本**2.1**の規定は，浸水状態において面外圧力を受ける水密隔壁（外板又はタンク境界を除く）の主要支持部材に適用する。

2.1.2

浸水状態における検証は，**6章2節**に規定する適切な設計荷重条件に対する圧力及びハルガーダ荷重を用いて行われなければならない。また，寸法要件は**3.2**の規定による。

2.2　ばら積貨物船

2.2.1　乾舷用長さ L_{LL} が 150m 以上のばら積貨物船

貨物倉区域内の主要支持部材の寸法は，**7章**に規定する有限要素構造解析によって確認しなければならない。

2.2.2　乾舷用長さ L_{LL} が 150m 未満のばら積貨物船

貨物倉区域内の主要支持部材の寸法は，**2編1章4節4**に規定する要件を満足しなければならない。又は，本会が適当と認める直接強度解析によって確認しても差し支えない。

2.3　油タンカー

2.3.1

貨物倉区域内の主要支持部材の寸法は，**2編2章3節1**に規定する要件を満足しなければならない。また，**7章**に規定する有限要素構造解析によって確認しなければならない。

3. 貨物倉区域外の主要支持部材

3.1 適用

3.1.1

本規定は，船首尾部及び機関区域内の面外圧力を受ける主要支持部材に適用する。

3.2 寸法要件

3.2.1 ネット断面係数

面外圧力を受ける主要支持部材のネット断面係数 Z_{n50}（cm^3）は，**6 章 2 節 2** に規定する適用すべき全ての設計荷重条件において，次の算式により計算した値のうち，最も大きい値以上としなければならない。

$$Z_{n50} = 1000\frac{|P|S\ell_{bdg}^2}{\chi f_{bdg} C_s R_{eH}}$$

f_{bdg}： 曲げモーメント分布係数で，**表 2** による。

C_s ： 許容基準条件に対する許容曲げ応力係数で，**表 1** による。

3.2.2 ネットせん断面積

面外圧力を受ける主要支持部材のネットせん断面積 $A_{shr\text{-}n50}$（cm^2）は，**6 章 2 節 2** に規定する適用すべき全ての設計荷重条件において，次の算式により計算した値のうち，最も大きい値以上としなければならない。

$$A_{shr-n50} = 10\frac{f_{shr}|P|S\ell_{shr}}{\chi C_t \tau_{eH}}$$

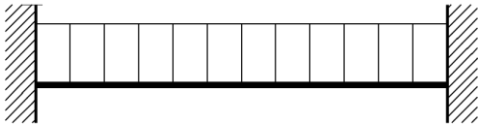
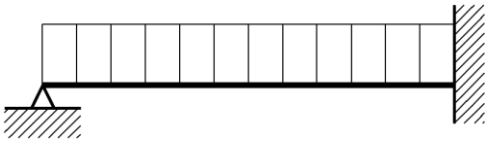
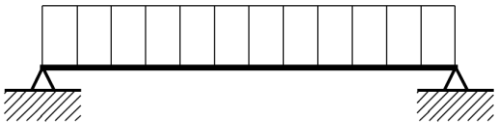
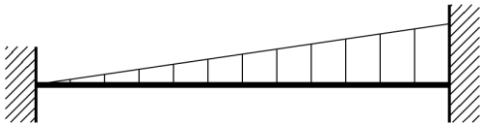
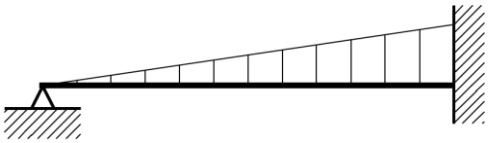
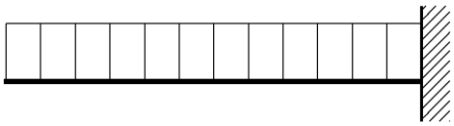
f_{shr} ： せん断力分布係数で，**表 2** による。

C_t : 考慮する許容基準条件に対する許容せん断応力係数で，**表 1** による。

表 1 主要支持部材に対する許容曲げ応力係数及び許容せん断応力係数

許容基準条件	主要支持部材に隣接する構造	C_s 及び C_t
AC-S	甲板，フラットを含むすべての隔壁	0.70
AC-SD	甲板，フラットを含むすべての隔壁	0.85

表 2　　曲げモーメント分布係数f_{bdg}及びせん断応力分布係数f_{shr}

荷重及び境界条件				曲げモーメント分布係数及びせん断応力分布係数（荷重が変化する場合，中間点の荷重に基づく）		
位置				1 f_{bdg1} f_{shr1}	2 f_{bdg2} -	3 f_{bdg3} f_{shr3}
荷重モデル	1 支持点	2 中間部	3 支持点			
A				12.0 0.50	24.0 -	12.0 0.50
B				- 0.38	14.2 -	8.0 0.63
C				- 0.50	8.0 -	- 0.50
D				15.0 0.30	23.3 -	10.0 0.70
E				- 0.20	16.8 -	7.5 0.80
F				- -	- -	2.0 1.0

備考 1：支持点の曲げモーメント分布係数f_{bdg}は，主要支持部材の有効曲げスパンの端部から$0.2\ell_{bdg}$の距離範囲に適用する。

備考 2：支持点のせん断応力分布係数f_{shr}は，主要支持部材の有効せん断スパンの端部から$0.2\ell_{shr}$の距離の範囲に適用する。

備考 3：f_{bdg}及びf_{shr}の適用上：

有効スパンの端部から$0.2\ell_{bdg}$までの範囲の要求断面係数は，f_{bdg1}又はf_{bdg3}を用いて決定しなければならない。ただし，f_{bdg}は 12 を超えてはならない。

スパン中央部の断面係数は，f_{bdg}=24 又は本表によるf_{bdg2}の値のいずれか小さい方の値を用いて決定しなければならない。

有効スパンの端部から$0.2\ell_{shr}$までの範囲の端部結合部の要求せん断面積は，f_{shr}=0.5 又はf_{shr1}もしくはf_{shr3}の値のいずれか大きい方の値を用いて決定しなければならない。

荷重モデル A から F において，f_{shr}の値は，有効スパンの端部から$0.2\ell_{shr}$の範囲の外側においてスパン中央で$0.5f_{shr}$となるよう漸減して差し支えない。ここで，f_{shr}はf_{shr1}及びf_{shr3}の値の大きい方の値とする。

3.3 高度な計算手法

3.3.1 直接計算

複雑な骨組み構造となる場合又はクロスタイが船側主要支持部材に設けられる場合，寸法は，次を考慮して直接計算により決定しなければならない。

- 静水圧及び波浪変動圧並びに力の分布
- 中間支持部材（甲板，ガーダ等）の数及び位置
- 主要支持部材端部及び中間支持部材端部の固着条件
- スパン間における主要支持部材の形状特性

3.3.2 強度基準

算出された応力は，次の基準を満足しなければならない。ここで，C_t及びC_sは **3.2** の規定による。

- $\sigma \leq \chi C_s R_{eH}$
- $\tau \leq \chi C_t \tau_{eH}$

τ： t_{n50}に基づく部材のせん断応力（N/mm^2）

σ： t_{n50}に基づく部材の直応力（N/mm^2）

4. 梁柱

4.1 圧縮軸荷重を受ける梁柱

4.1.1 基準

梁柱に作用する最大圧縮軸荷重F_{pill}（kN）は，**6 章 2 節 2** に規定する適用すべき全ての設計荷重条件において，次の算式により計算した値のうち，最も大きい値より小さくしてはならない。

$$F_{pill} = Pb_{a-\sup}\ell_{a-\sup} + F_{pill-upr}$$

$b_{a\text{-}sup}$： 支持範囲の有効幅（m）

$\ell_{a-\sup}$： 支持範囲の有効長さ（m）

$F_{pill\text{-}upr}$： 梁柱からの軸荷重（kN）（梁柱上面からの軸荷重も含む）

$A_{pill\text{-}n50}$： 梁柱のネット断面積（cm^2）

梁柱の座屈強度評価は，**8 章 5 節 3.1** に規定するσ_{av}（N/mm^2）を次の算式による値として，**8 章 4 節 5.1** に従い実施しなければならない。

$$\sigma_{ac} = 10\frac{F_{pill}}{A_{pill-n50}}$$

4.2 引張軸荷重を受ける梁柱

4.2.1 基準

引張軸荷重を受ける梁柱及び主要支持部材は，**3.3.2** の規定を満足しなければならない。

7章　直接強度評価

1節　強度評価

1.　一般

1.1　適用

1.1.1

本章の規定は，有限要素解析を用いた船体構造の寸法評価について定めたものであり，乾舷用長さ L_{LL} が 150*m* 以上の船舶に適用する。

1.1.2

有限要素解析とは次の 3 つの解析とする。

(a)　縦強度部材及び主要支持部材並びに隔壁の強度を評価するための貨物倉解析

(b)　局部構造の詳細な応力状態を評価するための詳細メッシュ解析

(c)　**9章**に従って構造詳細の疲労強度を評価するための極詳細メッシュ解析

1.1.3

有限要素解析を用いた強度評価は，部材寸法が本章に規定する次の許容基準に適合していることを確認しなければならない。

- **7章2節**に従って実施する貨物倉構造解析
- **7章3節**に従って実施する局部構造解析

1.1.4

有限要素解析に基づく強度評価は，貨物倉区域全体に適用する。

1.1.5

解析では次に挙げる項目を確認しなければならない。

(a)　応力状態が降伏に対する許容基準内であること

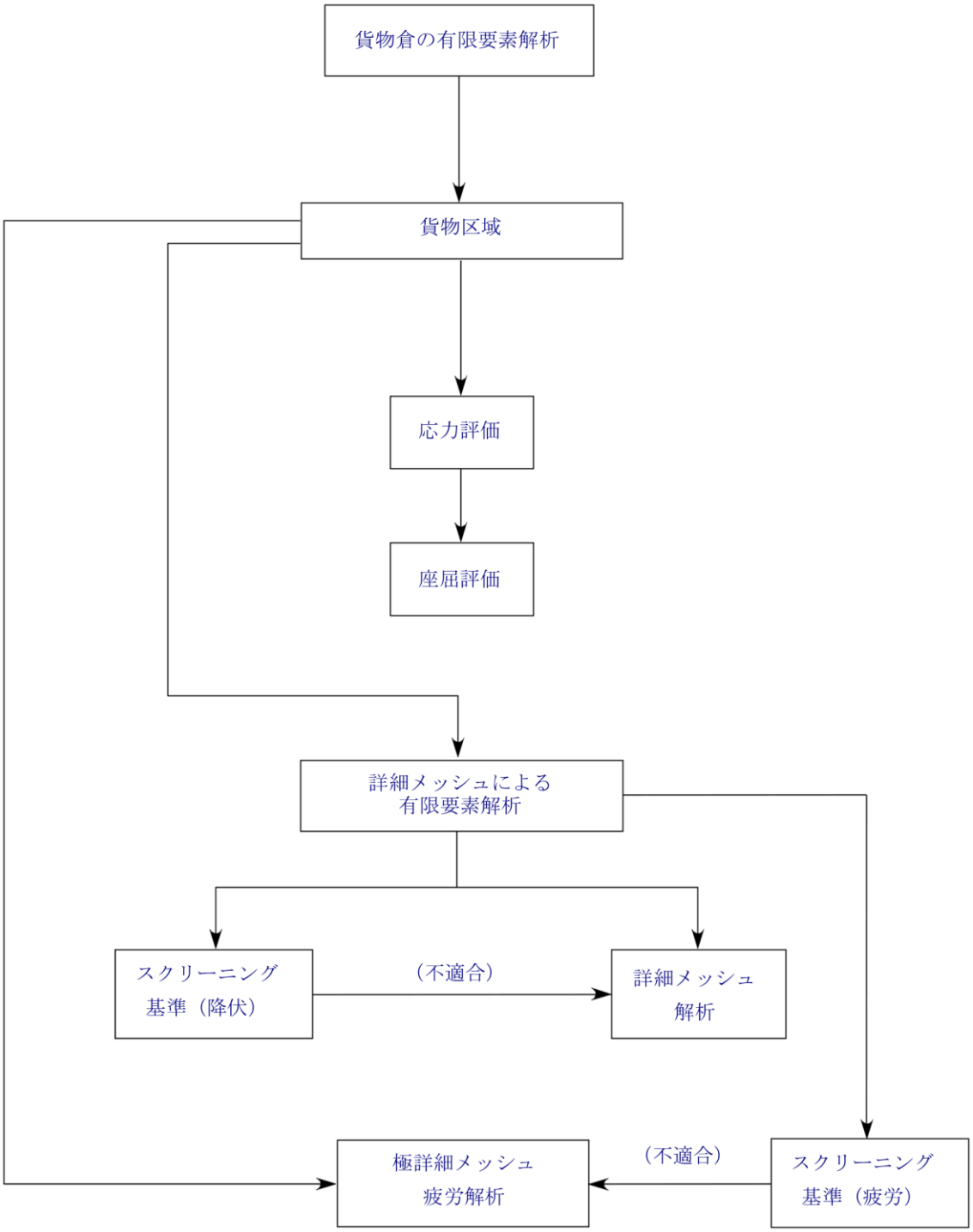
(b)　板及び防撓パネルの座屈強度が **8章**に規定する座屈に対する許容基準内であること

(c)　構造詳細の疲労強度が **9章**に規定する許容基準内であること

1.1.6

有限要素解析の最低限の要求事項を**図 1** に示す。

図 1　　有限要素解析のフロー図



2.　　ネット寸法

2.1　　ネット寸法の適用

2.1.1

貨物倉の有限要素解析及び詳細メッシュ解析並びに極詳細メッシュ解析に用いる有限要素モデルは，**3 章 2 節表 1** に規定する腐食予備厚を適用するネット寸法手法によらなければならない。

全ての座屈強度評価では，**3 章 2 節表 1** に規定する腐食予備厚を適用しなければならない。

3. 要素の種類

3.1 使用する要素の種類

3.1.1

構造評価は，3 次元構造モデルの線形有限要素解析によらなければならない。有限要素法で用いる一般的な要素の種類を**表 1** に示す。

表 1 要素の種類

要素の種類	特性
ロッド（又はトラス）要素	軸方向の剛性のみを有し，要素の長さ方向に一様な断面積を持つ一次元要素
ビーム要素	軸，捩り及び二軸方向のせん断及び曲げに対する剛性を有し，要素の長さ方向に一様な断面形状を持つ一次元要素
シェル（又は平面）要素	面内及び面外方向の曲げ剛性を有する一様な厚さのシェル要素

3.1.2

船体構造のモデル化にあっては，原則として，2 節点の一次元要素並びに 4 節点のシェル要素を用いて十分に考慮すること。本章のメッシュに関する規定は，当該要素を有限要素モデルに対して使用することを想定している。また，高度な要素を使用しても差し支えない。

4. 検討結果の提出

4.1 詳細な報告書

4.1.1

設計者又は建造者は，規定の構造設計基準に適合していることを示すために，構造解析の詳細な報告書を本会に提出しなければならない。この報告書は，次に示す情報を含まなければならない。

(a) 使用した図面リスト。日付及び改正番号を含むこと。
(b) モデル化で考慮した全ての仮定を含む構造モデルの詳細記述及び図面と比較した場合の構造モデルの全ての幾何的及び配置的偏差
(c) 最終的に用いた構造モデル及び割り当てた特性を説明する図表
(d) モデルに使用する材料特性及び板厚並びにビーム要素の特性の詳細
(e) 境界条件の詳細
(f) 算出したせん断力及び曲げモーメント並びに捩りモーメント分布の検討に用いたすべての荷重状態の詳細
(g) 適用荷重の詳細と個別及び全適用荷重が適正であるということが確認できる資料
(h) 適用した荷重下での構造モデルの挙動が適正であることを示す図表及び検討結果
(i) 全体及び局部たわみのまとめ及び図表
(j) すべての部材で応力が設計基準を超えていないことを示すまとめと十分な図表
(k) 板及び防撓板の座屈解析及び結果
(l) 設計基準への適合の可否を示す結果のまとめ
(m) 必要な場合，構造変更提案。提案には応力及び座屈並びに疲労特性の設計基準への適合の可否に関する改正を含むこと。
(n) 有限要素計算プログラムの名称。バージョンと日付を含むこと。

5. コンピュータプログラム

5.1 コンピュータプログラムの使用

5.1.1

1章3節に適合するすべての有限要素法計算プログラムは，曲げ，せん断，軸及び捩れのそれぞれの変形の組合せ影響が十分に考慮されている場合，船体構造の応力及び撓みを決定するのに用いることができる。

2 節　貨物倉の構造強度解析

記号

本節に規定されない記号については，**1 章 4 節**による。

M_{sw}：　許容静水中垂直曲げモーメント（*kNm*）で，**4 章 4 節**の規定による。

M_{wv}：　ホギング及びサギング状態における波浪中垂直曲げモーメント（*kNm*）で，**4 章 4 節**の規定による。

M_{wh}：　波浪中水平曲げモーメント（*kNm*）で，**4 章 4 節**の規定による。

M_{wt}：　航海状態における波浪中捩りモーメント（*kNm*）で，**4 章 4 節**の規定による。

Q_{sw}：　考慮する隔壁位置における許容静水中せん断力（*kN*）で，**4 章 4 節**の規定による。

Q_{wv}：　波浪中垂直せん断力（*kN*）で，**4 章 4 節**の規定による。

$x_{b\text{-}aft}$, $x_{b\text{-}fwd}$：中央ホールドの後部隔壁及び前部隔壁の位置の *x* 座標（*m*）

x_{aft}：　有限要素モデル後端の支持位置の *x* 座標（*m*）

x_{fore}：　有限要素モデル前端の支持位置の *x* 座標（*m*）

x_i：　*i* 番目のフレーム位置の *x* 座標（*m*）

Q_{aft}：　中央ホールド後部隔壁位置における垂直せん断力（*kN*）で，**4.4.6** の規定による。

Q_{fwd}：　中央ホールド前部隔壁位置における垂直せん断力（*kN*）で，**4.4.6** の規定による。

$Q_{targ\text{-}aft}$：中央ホールド後部隔壁位置におけるせん断力のターゲット値（*kN*）で，**4.3.3** の規定による。

$Q_{targ\text{-}fwd}$：中央ホールド前部隔壁位置におけるせん断力のターゲット値（*kN*）で，**4.3.3** の規定による。

1.　目的及び範囲

1.1　一般

1.1.1

貨物倉の構造強度解析は，貨物倉区域内の縦強度部材及び主要支持部材並びに隔壁に対する寸法を評価するために用いる。本節では，貨物倉の構造強度解析について規定する。

1.1.2

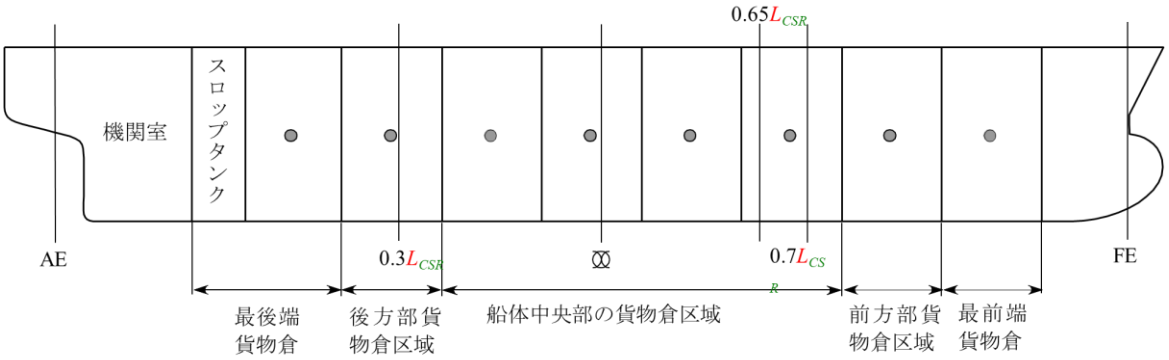
貨物倉の構造強度解析は，最後端貨物倉後部隔壁から船首隔壁までに亘る貨物倉区域内に対して行わなければならない。評価範囲は **5.1** の規定による。

1.1.3

有限要素による構造評価及び荷重の適用にあたり，貨物倉区域とは，次を含む区域を指す。貨物倉区域は，**図 1** に示すとおり，船の長さ及び貨物倉の配置により変化する。

- 船体中央部の貨物倉区域
- 前方部貨物倉区域
- 後方部貨物倉区域
- 最前端貨物倉
- 最後端貨物倉

図 1　　有限要素による構造評価のための貨物倉区域の定義



前方部貨物倉区域の貨物倉とは，最前端貨物倉を除いて，船長方向の重心位置が AE から 0.7L_{CSR} より前方にある貨物倉をいう。

船体中央部の貨物倉区域の貨物倉とは，船長方向の重心位置が AE から 0.3L_{CSR} より前方で，かつ，AE から 0.7L_{CSR} より後方にある貨物倉をいう。

後方部貨物倉区域の貨物倉とは，最後端貨物倉を除いて，船長方向の重心位置が AE から 0.3L_{CSR} より後方にある貨物倉をいう。

最前端貨物倉とは，貨物倉区域の最前端に位置する貨物倉をいう。

最後端貨物倉とは，貨物倉区域の最後端に位置する貨物倉をいう。

1.2　　貨物倉の構造強度解析の手順

1.2.1　　手順の概要

有限要素構造解析は，次に従って行わなければならない。

- モデル：3 ホールドモデルで，次による。
  - **2.2** に規定するモデル化範囲
  - **2.3** に規定する要素の種類
  - **2.4** に規定する構造のモデル化
- **2.5** に規定する境界条件
- **3** に規定する有限要素解析の荷重組合せ
- **4** に規定する荷重の適用
- **5.1** に規定する評価範囲
- **5.2** 及び **5.3** に規定する強度評価

1.2.2　　中央ホールドの定義

有限要素解析にあたり，中央ホールドとは，3 ホールド長さの有限要素モデルにおける中央のホールドをいう。

最前端貨物倉及び最後端貨物倉を評価する場合にあっては，それらを中央ホールドとする。また，スロップタンクが存在する場合は，スロップタンクは中央ホールドに含める。

1.2.3　　寸法評価

寸法評価は，考慮する貨物倉に適用される有限要素解析の荷重組合せ（**4 章 8 節** 参照）を用いて，個々の貨物倉に対して **7 章 1 節** に従って行う。考慮する貨物倉における有限要素解析の結果は，**5.1.1** に規定する評価範囲に適用する。

板，防撓材及びストリンガを含む個々の横隔壁の構造要素は，考慮する横隔壁の前後に位置する 2 つの貨物倉における有限要素解析を考慮して評価しなければならない。

2.　　構造モデル

2.1　　モデル化する部材

2.1.1

次の部材を含む全ての主な縦通構造要素及び横構造要素をモデル化しなければならない。

- 内殻及び外殻
- 甲板
- 二重底のフロア及びガーダ
- 横桁及び立桁

- ハッチコーミング
- ストリンガ
- 横隔壁構造及び縦通隔壁構造
- その他の主要支持部材
- ハルガーダ強度に寄与するその他の構造部材

ウェブ防撓材を含む全ての板及び防撓材をモデル化しなければならない。ブラケットの内，主要支持部材の強度に寄与し，2.4.2 に規定する典型的なメッシュサイズ（$s \times s$）以上の大きさを持つものは，モデル化しなければならない。

2.2 モデル化範囲

2.2.1 船長方向の範囲

最前端貨物倉及び最後端貨物倉のモデルを除いて，貨物倉有限要素モデルの船長方向の範囲は，3 ホールド長さの範囲としなければならない。モデル前後端の横隔壁を，モデル化しなければならない。波形横隔壁の場合にあっては，モデル端部におけるタンク又はホールドの前後端の隔壁スツール構造を含めてモデル化しなければならない。モデル端部のウェブフレームを，モデル化しなければならない。各船種及び形状を有する船体中央部の貨物倉区域の代表的な有限要素モデルを図 3 及び図 4 に示す。

最前端貨物倉及び最後端貨物倉は，次の有限要素モデルの中央の位置にモデル化する。

- 最前端貨物倉：No.2 貨物倉後部隔壁から船の最前端の横断面まで。船の最前端の横断面とは，補強されたトランスリング又はウェブフレームが基線から強力甲板まで連続して設けられる箇所とする。
- 最後端貨物倉：機関室後部隔壁から No.N-1 貨物倉前部隔壁まで。N は，船の前方から後方に向かって番号が付けられた貨物倉の数（貨物倉が複数列存在する場合，1 列あたりの数）とする。

各船種及び形状を有する最前端貨物倉及び最後端貨物倉の有限要素モデルの例を図 5 及び図 6 に示す。

2.2.2 船体形状のモデル化

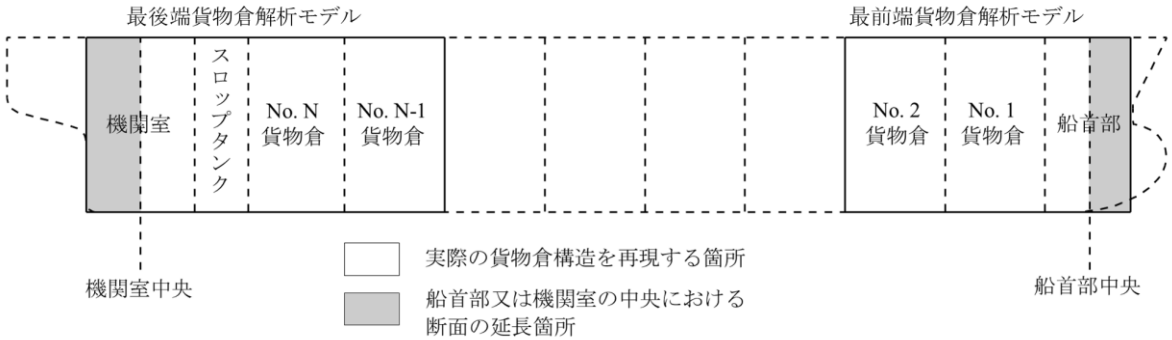
有限要素モデルは，原則として船体形状を再現しなければならない。船体中央部の貨物倉区域では，中央ホールドが角柱形状を有する場合，有限要素モデルは角柱のようになる。

最前端貨物倉モデルでは，2.2.1 に規定するモデル前端からモデル前部タンクの中央横断面までの船体形状は，簡略化した形状を用いてモデル化して差し支えない。図 2 に示すとおり，モデル前部タンクの中央横断面をモデル前端まで延長してモデル化して差し支えない。

最後端貨物倉モデルでは，機関区域中央より後部の船体形状は，簡略化した形状を用いてモデル化して差し支えない。図 2 に示すとおり，機関区域の中央横断面を機関区域後部隔壁まで延長してモデル化して差し支えない。

断面の延長により船体形状をモデル化する場合，考慮する領域（船首部又は機関区域）の中央横断面の形状特性を，簡略化したモデルに沿ってコピーする。当該延長箇所の横桁は，船首部又は機関区域の横桁と同じ特性を有するよう考慮しなければならない。

図 2 最前端及び最後端貨物倉モデルに対する船体形状の簡略化



2.2.3 船幅方向の範囲

船の両舷をモデル化しなければならない。

2.2.4 垂直方向の範囲

トランク，船首楼，ハッチコーミング等の上甲板上の主要支持部材を含めた船の深さ方向全体をモデル化しなければならない。

ブルワーク及び機関室周辺の船楼又は甲板室は，モデルに含める必要はない。

2.3 要素の種類

2.3.1

板は，シェル要素を用いてモデル化しなければならない。

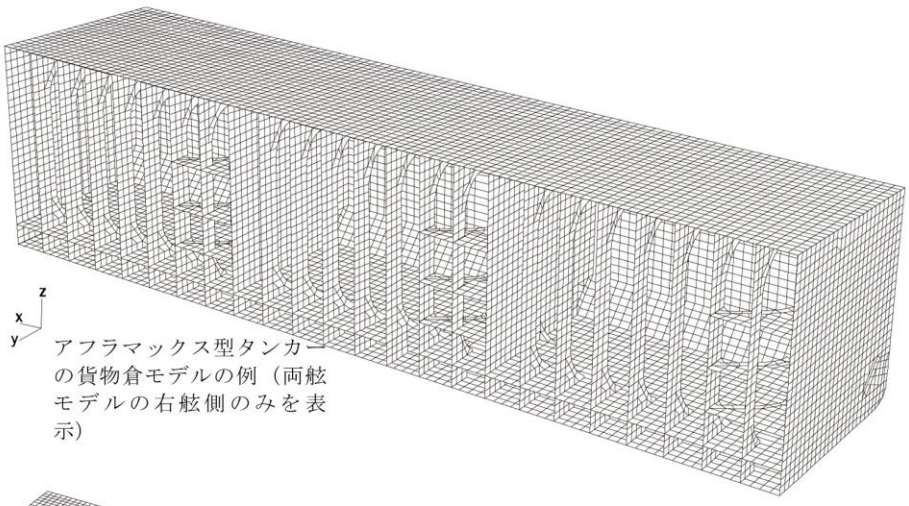
2.3.2

全ての防撓材は，軸，捩り及び二軸方向のせん断及び曲げに対する剛性を有するビーム要素を用いてモデル化しなければならない。中性軸の偏心をモデル化しなければならない。

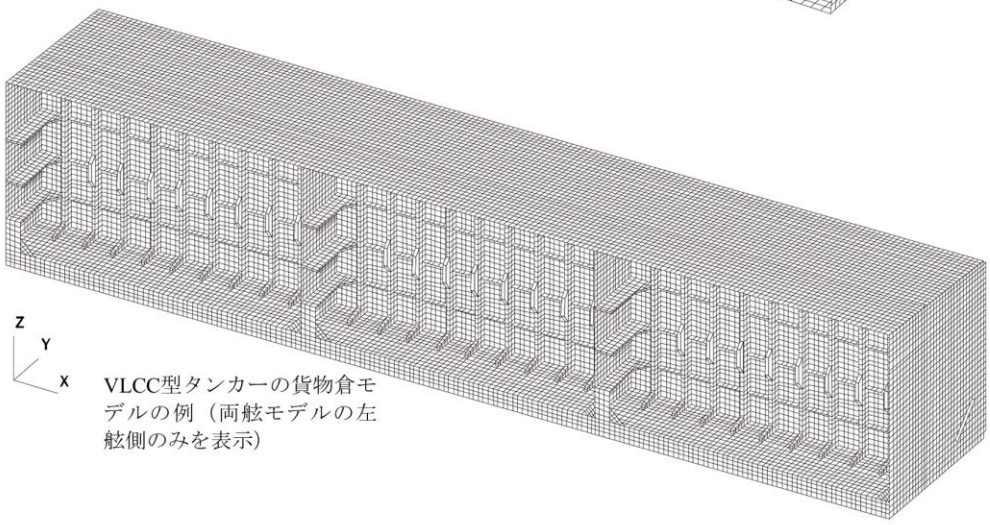
2.3.3

主要支持部材及びブラケットの面材は，ロッド又はビーム要素を用いてモデル化しなければならない。

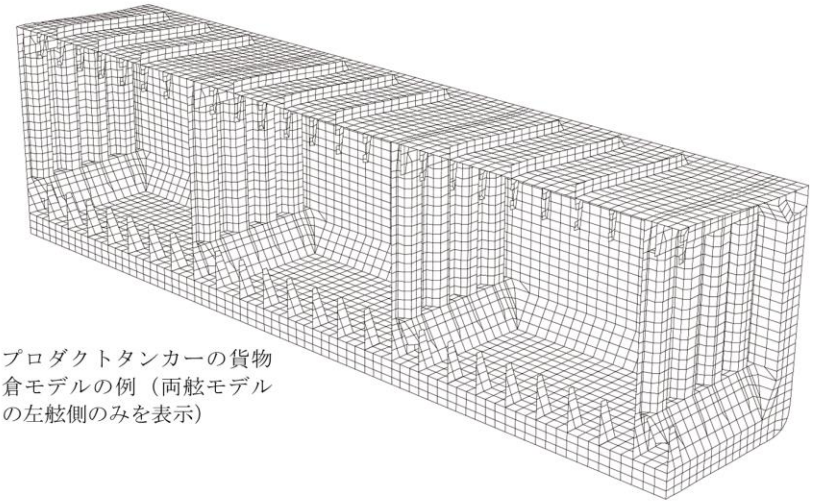
図 3　　油タンカーの中央部区域内における 3 ホールドモデルの例



アフラマックス型タンカーの貨物倉モデルの例（両舷モデルの右舷側のみを表示）

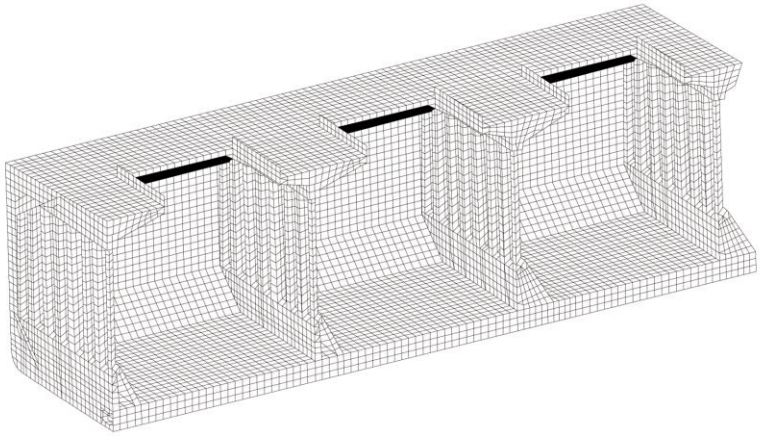


VLCC型タンカーの貨物倉モデルの例（両舷モデルの左舷側のみを表示）



プロダクトタンカーの貨物倉モデルの例（両舷モデルの左舷側のみを表示）

図 4　　ばら積貨物船の中央部区域内における 3 ホールドモデルの例



ばら積貨物船の貨物倉モデルの例（両舷モデルの左舷側のみを表示）

図 5　　油タンカーの最前端貨物倉構造に対する有限要素モデルの例

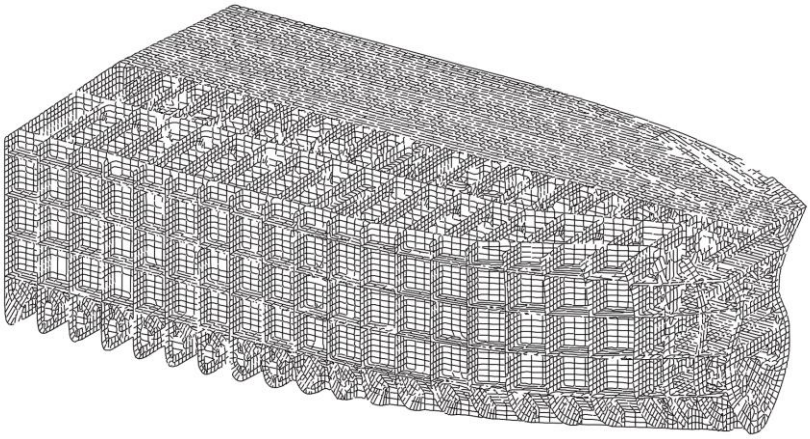


図 6　　ばら積貨物船の最後端貨物倉構造に対する有限要素モデルの例

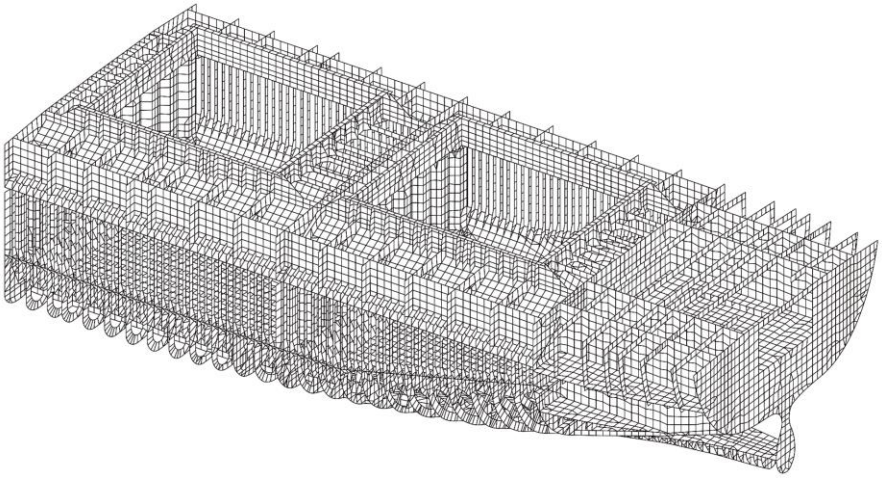


図 7　　横桁の標準的な有限要素メッシュ

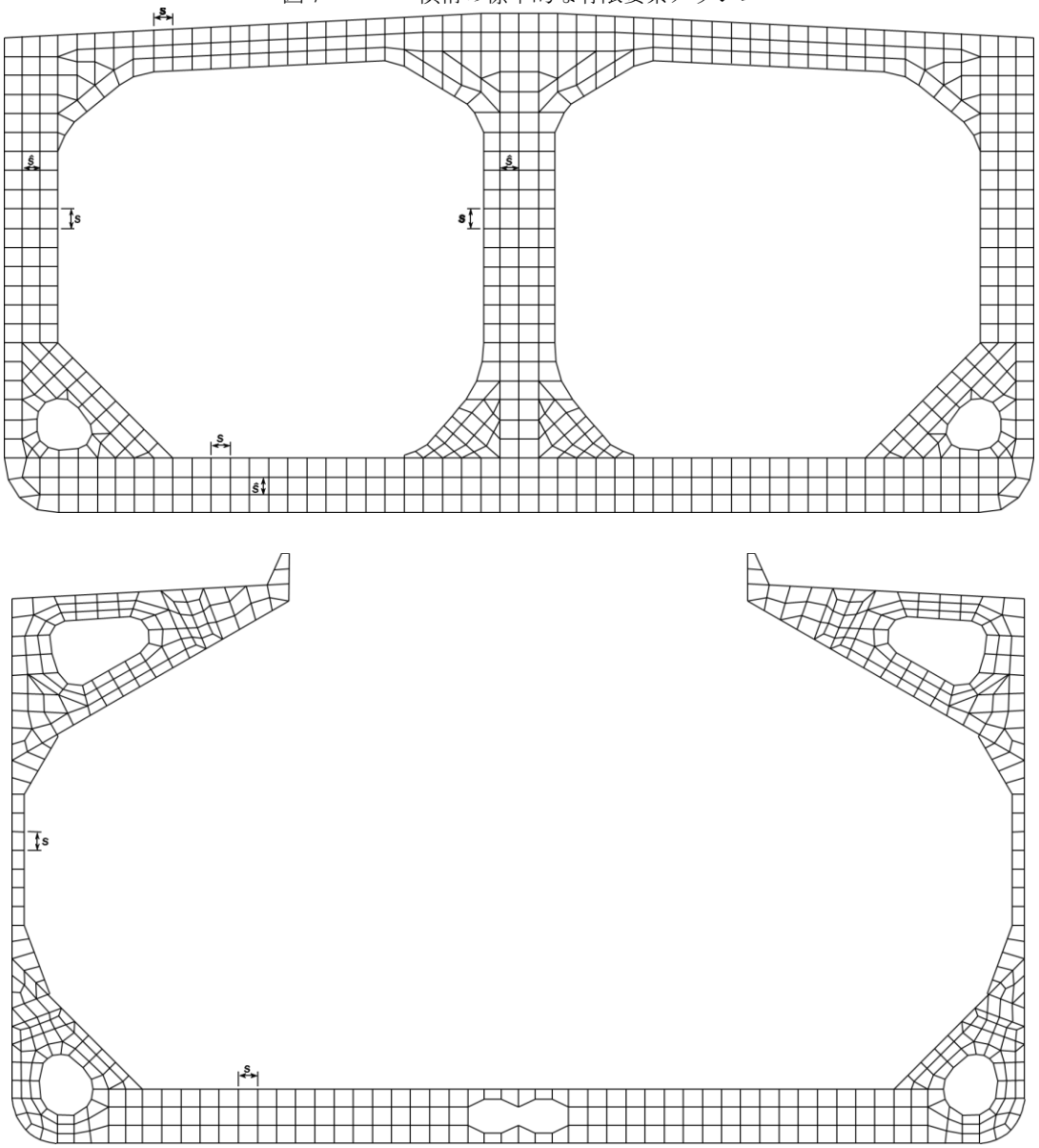
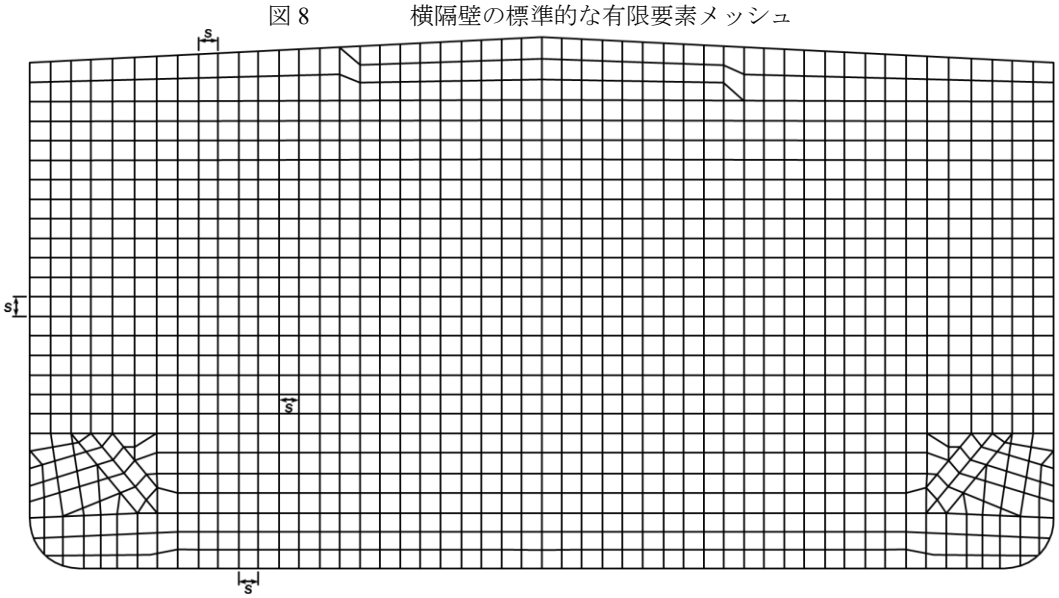


図 8　　横隔壁の標準的な有限要素メッシュ



s = 防撓材心距

2.4 構造のモデル化

2.4.1 アスペクト比

シェル要素のアスペクト比は，原則として 3 以下としなければならない。三角形要素の使用は最小限に留めなければならない。高応力部および急激な応力勾配が予想される箇所にあっては，可能な限りシェル要素のアスペクト比は 1 に近づけ，三角形要素の使用は避けなければならない。

2.4.2 メッシュサイズ

シェル要素のメッシュサイズは，防撓材間の実際の板部材のパネルを再現するために可能な限り次に示す防撓構造の配置に従わなければならない。シェル要素のメッシュサイズは，原則として，次の規定を満足しなければならない。

(a) 各縦通防撓材間で 1 要素とする（**図 7** 参照）。縦通方向にあっては，主要支持部材間に 3 要素以上とし，要素長さは 2 縦通防撓材心距以下としなければならない。

(b) 横隔壁の各防撓材間で 1 要素とする（**図 8** 参照）。

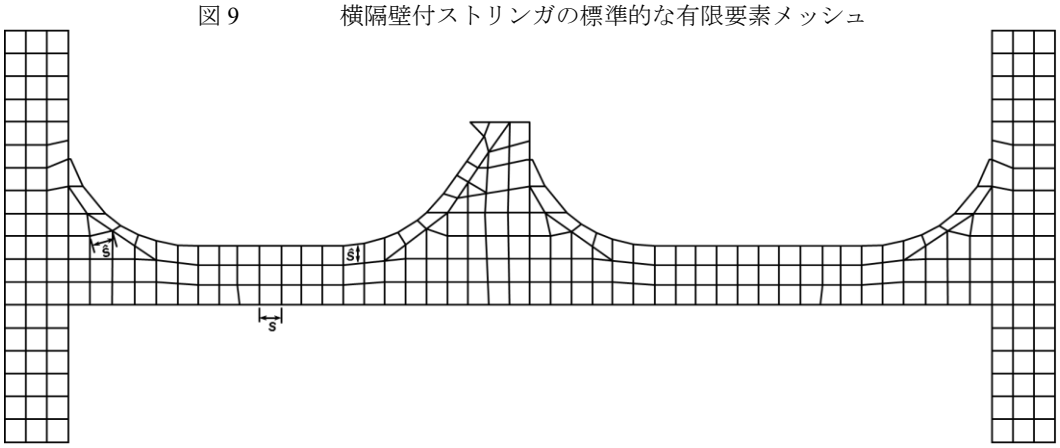
(c) 横桁及び立桁，クロスタイ並びにストリンガの防撓材間で 1 要素とする。（**図 7** 及び**図 9** 参照）

(d) ボトムガーダ及びフロア，横桁及び立桁，並びに横隔壁付ストリンガは，その深さ方向に 3 要素以上に分割する。ウェブ深さの浅いクロスタイ，甲板横桁並びに制水隔壁付及び縦通隔壁付のストリンガにあっては，少なくとも各防撓材間に 1 要素であることを条件に，その深さ方向に 2 要素に分割することでもよい。単船側ばら積貨物船の倉内肋骨は，深さ方向に 1 要素とする。隣接するメッシュサイズは適当に調整しなければならない。

(e) ビルジホッパタンク及びトップサイドタンク内トランスリングのメッシュサイズは，ウェブ開口部の形状を表すために十分な大きさとしなければならない。（**図 7** 参照）

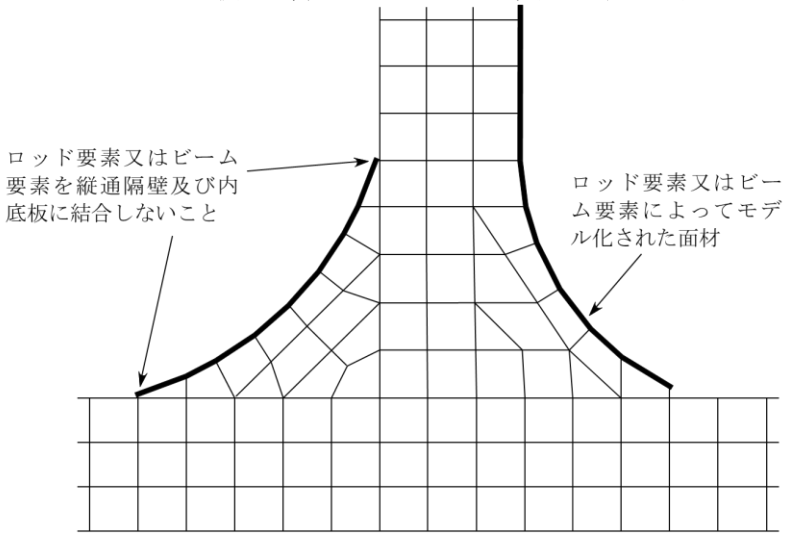
(f) 主要構造部材の一部を形成する大きなブラケットの自由辺の形状は，幾何学的不連続に起因して非現実的な高応力が算出されることを避けるためモデル化しなければならない。原則として，防撓材心距と同じメッシュサイズとすること。ブラケットの終端部は，それが到達する板部材の最も近い節点に結合させること。ただし，モデル化されたブラケットの腕の長さは実際のブラケットの腕の長さ以下とすること。また，ブラケットのフランジは，ブラケットが到達する板部材に結合してはならない（**図 10** 参照）。フランジのテーパ部のモデル化にあっては，**2.4.8** によらなければならない。メッシュ分割の一例を**図 10** に示す。ブラケット終端部の詳細な応力を求める場合にあっては，より詳細なメッシュを用いなければならない。（**7 章 3 節**参照）

図 9 横隔壁付ストリンガの標準的な有限要素メッシュ



s = 防撓材心距

図 10　　横桁の裏当てブラケットの標準的な有限要素メッシュ



2.4.3　　標準より詳細なメッシュ

貨物倉モデル内で形状が適切に再現できない箇所あるいは応力が貨物倉解析における許容基準を超える箇所にあっては，当該箇所の寸法が十分であることを示すため，当該箇所に対して，より詳細なメッシュを用いて差し支えない。この解析で要求されるメッシュサイズは，当該箇所の形状に応じて調整する。より詳細なメッシュにより解析を実施する場合，**2.4** に規定する範囲と等価な範囲内における平均応力は，**5.2** の規定に適合しなければならない。

2.4.4　　波形隔壁

波形隔壁構造を支えるスツール内のダイヤフラム，内部防撓材及びスツール付垂直防撓材については，モデル化しなければならない。モデル化については，次によらなければならない。

(a)　波形隔壁はその幾何学形状をモデル化しなければならない。

(b)　波形隔壁のフランジ及びウェブのメッシュサイズは，原則として隔壁スツール内の防撓材心距によらなければならない。

(c)　波形縦通隔壁のメッシュサイズは，垂直せん断力に対する修正が **4.4.7** に従って適用されるウェブフレームの船長方向位置によらなければならない。

(d)　波形隔壁のメッシュは，アスペクト比を 2 以下とし，フランジ幅及びウェブ高さに対して 2 要素以上に分割しなければならない。

(e)　波形隔壁とスツール間でメッシュが一致しない場合にあっては，波形隔壁のメッシュに結合するスツールのメッシュ形状を調整して差し支えない。

(f)　上部スツール及び下部スツールを持たない波形隔壁にあっては，必要であればモデル内の形状を調整して差し支えない。当該調整は波形隔壁及び主要支持部材の形状及び位置関係が維持されるようにしなければならない。必要に応じて防撓材及び板部材の継手を調整することによりモデル化を行わなければならない。

(g)　波形隔壁が液体貨物又はバラストによる荷重を受ける場合にあっては，波形隔壁のフランジとウェブの間のナックル部において，断面積 $1mm^2$ のダミーロッド要素をモデル化しなければならない。ダミーロッド要素は，以下の構造間の交差部から直近の少なくとも 2 つの波形隔壁ナックル部において使用しなければならない。

- 横隔壁と縦通隔壁
- 横隔壁と内殻板
- 横隔壁と船側外板

(h)　ダイヤフラム内の開口は，**2.4.9** に従ってモデル化しなければならない。

2.4.5

貨物倉構造に対するメッシュの配置例を**図 11** から**図 14** に示す。

図 11　　ばら積貨物船の貨物倉構造の有限要素メッシュ配置の例

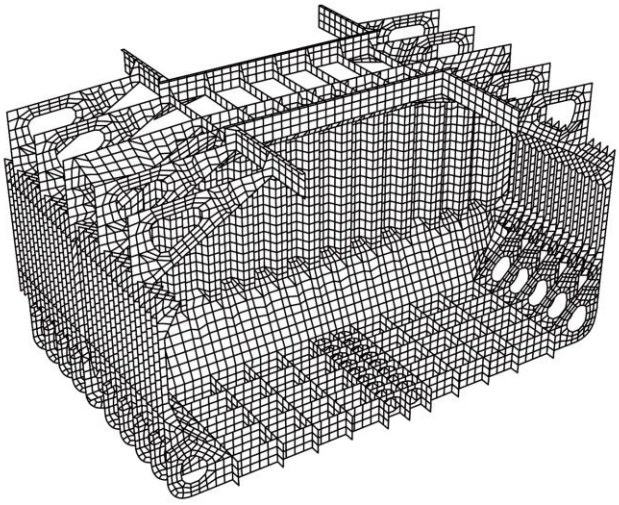


図 12　　プロダクトタンカーの波形横隔壁構造の有限要素メッシュの例

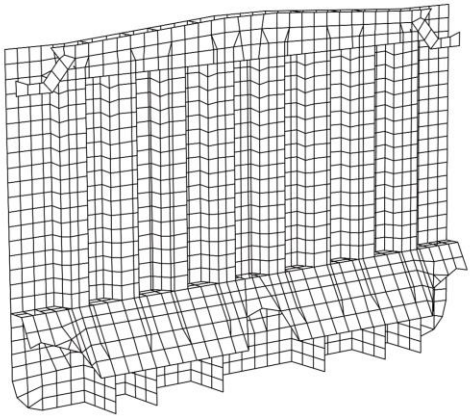


図 13　　アフラマックス型タンカーの貨物タンク構造の有限要素メッシュ配置の例

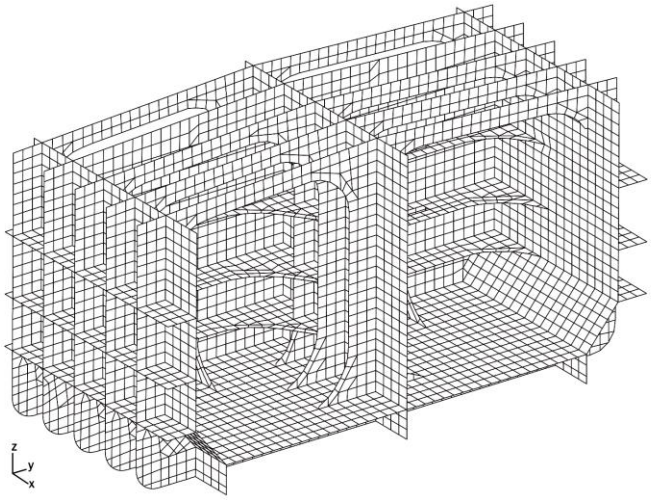
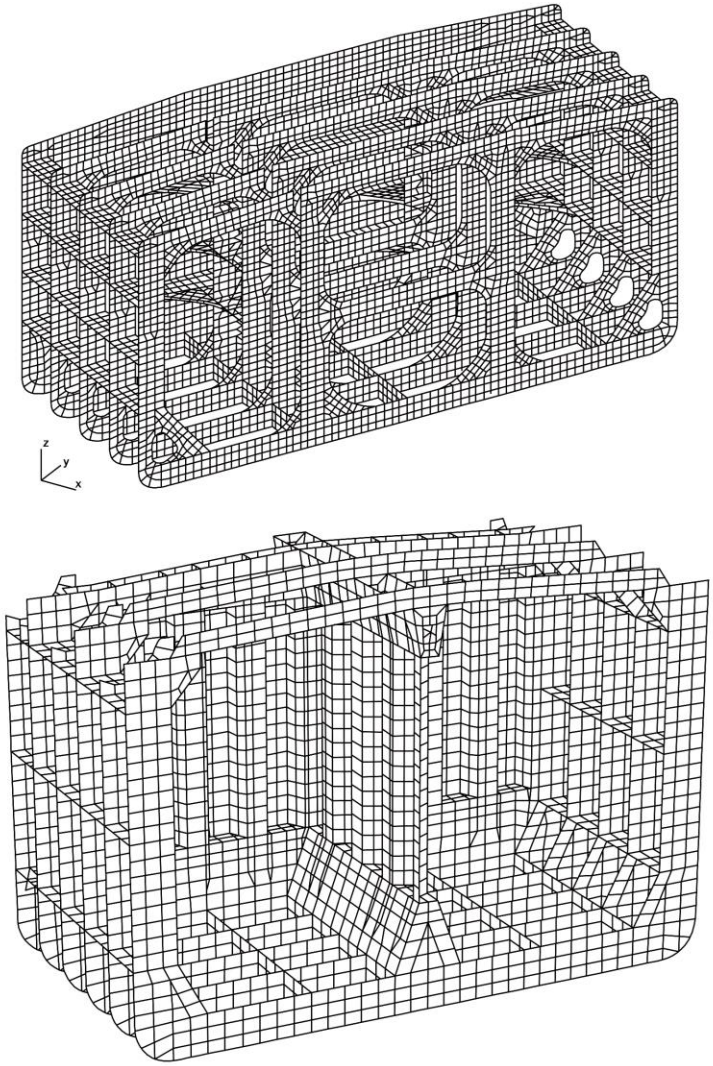


図 14　　VLCC 型タンカー及びプロダクトタンカーの貨物タンク構造の有限要素メッシュ配置の例



2.4.6　スニップ端の防撓材

不連続防撓材は，スニップ端周辺におけるウェブ高さの減少はモデル化せず，連続した防撓材としてモデル化しなければならない。

2.4.7　主要支持部材のウェブ防撓材

主要支持部材のウェブ防撓材を，モデル化しなければならない。この防撓材が有限要素のメッシュ線上に配置できない場合にあっては，防撓材間隔の 0.2 倍を超えないように距離を調整し，近接の要素点を結ぶ一次元要素とすること。応力及び座屈の使用係数については，当該調整による修正を必要としない。大きなブラケット，甲板横桁及びフランジに平行なストリンガに付く座屈防撓材は，モデル化しなければならない。これらの防撓材は，ロッド要素を用いてモデル化すること。

2.4.8　主要支持部材の面材

主要支持部材及びブラケットの湾曲部に沿って取り付けられる面材の有効断面積は，**3 章 7 節**に従って計算しなければならない。面材のテーパ構造をモデル化しているロッド又はビーム要素の断面積は，その要素長さにおける平均断面積としなければならない。

2.4.9　開口

主要支持部材のウェブに設けられる開口部及びマンホールのモデル化にあっては，**表 1** によらなければならない。大きさに関わらず，マンホールは適切な要素を除去することによりモデル化しなければならない。

表 1　　主要支持部材の開口部のモデル化手法

基準	モデル化手法	解析
h_o/h<0.5 及び g_o <2.0	開口部をモデル化する必要はない。	**7 章 3 節 3.1.1** に規定するスクリーニング手順により評価しなければならない。
マンホール	開口部は適切な要素を除去することにより幾何学的にモデル化しなければならない。	**7 章 3 節 3.1.1** に規定するスクリーニング手順により評価しなければならない。
h_o/h≥0.5 又は g_o ≥2.0	開口部は幾何学的にモデル化しなければならない。	**7 章 3 節 2.1.1** に規定する詳細メッシュ解析により評価しなければならない。

$$g_o = \left(1 + \frac{{\ell_o}^2}{2.6(h-h_o)^2}\right)$$

ℓ_o :　主要支持部材の長さ方向に沿った開口部長さ（m）（**図 15** 参照）
開口部の間隔 d_o が $0.25h$ より狭い連続した開口の場合，開口部長さℓ_oは**図 16** に示すとおり開口を横切る全長としなければならない。

h_o :　主要支持部材の深さ方向に沿った開口部高さ（m）（**図 15** 及び**図 16** 参照）

h :　開口部の位置における主要支持部材のウェブ深さ（m）（**図 15** 及び**図 16** 参照）

図 15　　ウェブの開口部

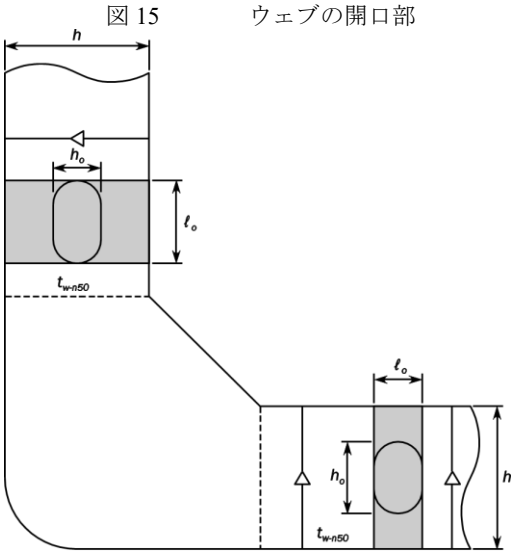
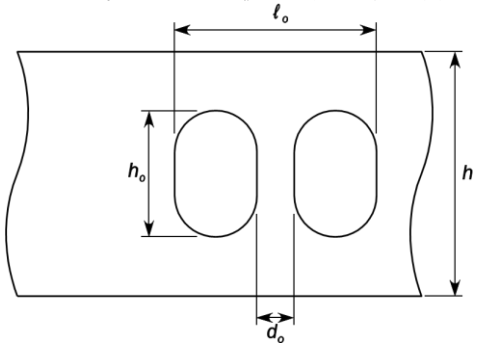


図 16　　d_o ＜ h/4 の連続した開口部に対する長さ



2.5 境界条件

2.5.1 一般

本節に規定する全ての境界条件は，**4 章 1 節**に規定する全体座標系によらなければならない。

2.5.2 適用

2.5.3 に規定する境界条件は，貨物倉区域内の貨物倉有限要素モデル解析に適用する。

2.5.3 境界条件

境界条件は，モデル両端の剛体結合及び点拘束並びに端部ビーム要素で構成される。剛体結合は，モデル端部の断面に位置する縦通部材上の節点と中心線上の中性軸における独立点を結ぶものとする。最前端貨物倉を除く貨物倉有限要素モデルの端部に適用する境界条件を**表 2** に示す。最前端貨物倉解析の貨物倉有限要素モデルの端部に適用する境界条件については**表 3** に示す。

表 2 最前端貨物倉モデルを除くモデル端部における拘束条件

位置	並進			回転		
	δ_x	δ_y	δ_z	θ_x	θ_y	θ_z
後端						
独立点	-	固定	固定	$M_{T\text{-}end}$	-	-
断面	-	剛体結合	剛体結合	剛体結合	-	-
	端部ビーム要素（**2.5.4** 参照）					
前端						
独立点	-	固定	固定	固定	-	-
中心線と内底板の交差点	固定	-	-	-	-	-
断面	-	剛体結合	剛体結合	剛体結合	-	-
	端部ビーム要素（**2.5.4** 参照）					

備考 1：[-]は拘束なし（自由）を意味する。

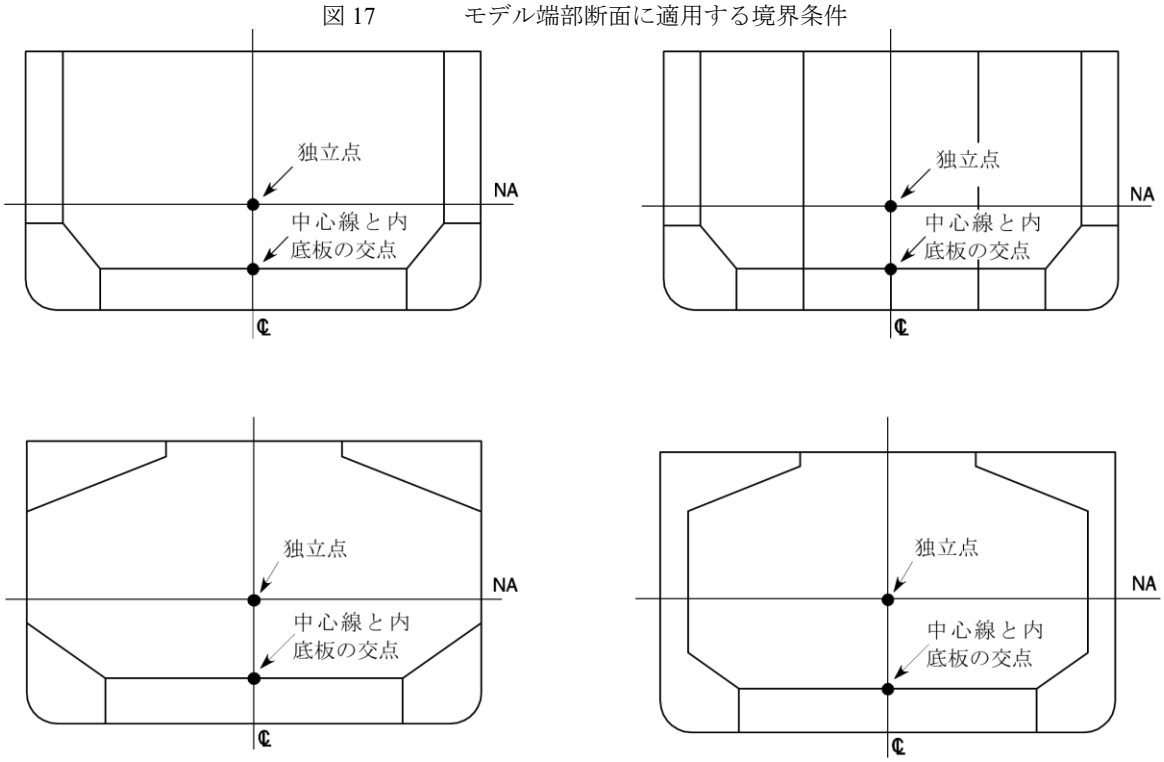
備考 2：**図 17** 参照

表 3　　最前端貨物倉モデルのモデル端部における拘束条件

位置	並進			回転		
	δ_x	δ_y	δ_z	θ_x	θ_y	θ_z
後端						
独立点	-	固定	固定	固定	-	-
中心線と内底板の交差点	固定	-	-	-	-	-
断面	-	剛体結合	剛体結合	剛体結合	-	-
	端部ビーム要素（2.5.4 参照）					
前端						
独立点	-	固定	固定	$M_{T\text{-}end}$	-	-
断面	-	剛体結合	剛体結合	剛体結合	-	-

備考 1：[-]は拘束なし（自由）を意味する。
備考 2：図 17 参照
備考 3：前端の拘束条件は，補強されたトランスリング又はウェブフレームが基線から強力甲板まで連続して設けられる最前端の断面位置に設定しなければならない。

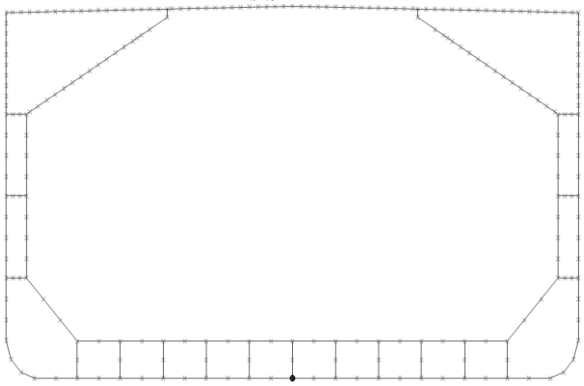
図 17　　モデル端部断面に適用する境界条件



2.5.4　　端部ビーム要素

端部ビーム要素は，モデル両端断面位置において連続する全ての縦通部材，及びばら積貨物船の場合は，それらに加えてモデル両端断面位置におけるクロスデッキに沿って，モデル化しなければならない。二重船側ばら積貨物船の端部における端部ビーム要素の例を図 18 に示す。

図 18　　ばら積貨物船の端部ビーム要素



ビーム要素の特性は，前端及び後端断面においてそれぞれ計算し，各端部断面内におけるビーム要素は次のように全て同一の特性を持つものとする。

- ネット断面二次モーメント：$I_{yy\text{-}n50} = I_{zz\text{-}n50} = I_{xx\text{-}n50}$ *(J)* = ネット有限要素モデルに基づく前端又は後端断面のハルガーダ垂直曲げモーメントに対する断面二次モーメントの 1/25
- ネット断面積：$A_{y\text{-}n50}$ 及び $A_{z\text{-}n50}$ = ネット有限要素モデルに基づく前端又は後端断面の断面積の 1/80

$I_{yy\text{-}n50}$：　ビーム要素の局部座標における *Y* 軸に対する断面二次モーメント（m^4）

$I_{zz\text{-}n50}$：　ビーム要素の局部座標における *Z* 軸に対する断面二次モーメント（m^4）

$I_{xx\text{-}n50}$ *(J)*：　断面二次極モーメント（m^4）

$A_{y\text{-}n50}$：　ビーム要素の局部座標における *Y* 軸方向のせん断面積（m^2）

$A_{z\text{-}n50}$：　ビーム要素の局部座標における *Z* 軸方向のせん断面積（m^2）

3.　有限要素解析の荷重組合せ

3.1　設計荷重組合せ

3.1.1　有限要素解析の荷重組合せの定義

有限要素解析の荷重組合せは，規定の動的荷重ケースと関連して，積付パターン，喫水，静水中曲げモーメント及び静水中せん断力の値により定義される。

3.1.2　必須となる荷重組合せ

貨物倉構造強度解析にあっては，**4 章 8 節**に規定する設計荷重組合せは，考慮する船種及び貨物倉区域に応じて用いなければならない。

4 章 8 節に規定する各設計荷重組合せは，**4 章 2 節**に規定する積付パターン及び動的荷重ケースで構成される。各荷重組合せでは，構造モデルの自重，内圧及び外圧，ハルガーダ荷重を適用する必要がある。航海状態では，静的荷重成分及び動的荷重成分の両方（*S*+*D*）を適用する。港内状態及び水圧試験状態では，静的荷重成分（*S*）のみを適用する。

3.1.3　追加の積付状態

設計者が指定する積付状態が **4 章 8 節**に規定する荷重組合せに含まれていない場合，当該積付状態を追加の積付状態として，**4** に規定する手順に従って検討しなければならない。

4.　荷重の適用

4.1　一般

4.1.1　構造モデルの自重

構造モデルの自重の影響は，静的荷重において考慮しなければならないが，動的荷重においては考慮しないものとする。鋼材の密度は **4 章 6 節**に規定する値としなければならない。

4.1.2　符号

本節で特に記載がない限り，モーメント及びせん断力の符号は，**4 章 1 節**に規定する符号によらなければならない。

4.2 外圧及び内圧

4.2.1 外圧

外圧は，**4 章 5 節**に規定する各荷重ケースに対して計算しなければならない。外圧とは，海水による静圧，波浪外圧及び青波荷重をいう。

青波荷重を受けるハッチカバーに与える外力は，ハッチコーミングの頂板に沿って分布させなければならない。ハッチカバーに作用する外力の総和は，**4 章 5 節 5** に規定するハッチカバーに対する青波荷重を積分することにより決定する。この外力の総和の平均を，等分布荷重としてハッチコーミングの全長に亘って分布させなければならない。船体構造に与える荷重において，ハッチカバーの自重の影響は無視しなければならない。

4.2.2 内圧

内圧は，**4 章 7 節表 1** に規定する設計荷重シナリオ及び**4 章 6 節**に規定する各荷重ケースに対して計算しなければならない。内圧とは，粒状貨物，液体貨物，バラスト及びその他の液体による静的な圧力，安全弁の設計圧力，粒状貨物，液体貨物，バラスト及びその他液体の運動加速度による動的な圧力をいう。

4.2.3 有限要素に対する圧力の適用

要素中心で計算する一様荷重は，荷重を受ける面（外圧については外板及び甲板，内圧についてはタンク又はホールドの境界）のシェル要素に与える。また，その代わりに要素節点間で要素内に線形分布荷重を与えて差し支えない。

4.3 ハルガーダ荷重

4.3.1 一般

各積付状態は，せん断力及び曲げモーメントについては **4.4** に規定する手順，捩りモーメントについては **4.5** に規定する手順に従って，モデルに適用するハルガーダ荷重と関連付けなければならない。ハルガーダ荷重は，**4 章 8 節**に規定する静水中ハルガーダ荷重と波浪中ハルガーダ荷重の組合せとする。規定の有限要素解析の各荷重組合せに対する波浪中ハルガーダ荷重は，**4 章 2 節**に規定する荷重組合せ係数（*LCF*）を用いて算出しなければならない。

4.3.2 ハルガーダ垂直曲げモーメントのターゲット値

規定の有限要素解析の荷重組合せに対して，各船長方向位置におけるハルガーダ垂直曲げモーメントのターゲット値 M_{v-targ}（*kNm*）は，次による。

$$M_{v-targ} = C_{BM-LC} M_{sw} + M_{wv-LC}$$

C_{BM-LC}： 考慮する荷重組合せにおいて与えられる許容静水中曲げモーメントの割合で，**4 章 8 節**の規定による。

M_{sw}： 航海状態及び港内状態における考慮する船長方向位置での許容静水中曲げモーメント（*kNm*）で，それぞれ **4 章 4 節 2.2.2** 及び **4 章 4 節 2.2.3** の規定による。

M_{wv-LC}： 考慮する動的荷重ケースにおける波浪中垂直曲げモーメント（*kNm*）で，**4 章 4 節 3.5.2** に従って計算する。

M_{v-targ}の値は，次による。

- 船体中央部の貨物倉区域の場合：**4 章 8 節**に規定する有限要素解析の各荷重組合せにおける各貨物倉の中央ホールド内の最大ハルガーダ曲げモーメント
- 船体中央部の貨物倉区域以外の場合：考慮する有限要素モデルの全てのフレーム及び横隔壁の位置における値

C_{BM-LC}，M_{sw} 及び M_{wv-LC} は，**4 章 8 節**の表に規定する有限要素解析の荷重組合せに応じて，サギング状態又はホギング状態のいずれかとなる。

4.3.3 ハルガーダせん断力のターゲット値

規定の有限要素解析の荷重組合せに対して，中央ホールド前後横隔壁位置におけるハルガーダ垂直せん断力のターゲット値$Q_{targ-aft}$及び$Q_{targ-fwd}$（*kN*）は，次による。

- $Q_{fwd} \geq Q_{aft}$ の場合：

$$Q_{targ-aft} = C_{SF-LC} \cdot Q_{sw-neg} - \Delta Q_{swa} + f_\beta |C_{QW}| Q_{wv-neg}$$

$$Q_{targ-fwd} = C_{SF-LC} \cdot Q_{sw-pos} + \Delta Q_{swf} + f_\beta |C_{QW}| Q_{wv-pos}$$

- $Q_{fwd} < Q_{aft}$ の場合：

$$Q_{targ-aft} = C_{SF-LC} \cdot Q_{sw-pos} + \Delta Q_{swa} + f_\beta |C_{QW}| Q_{wv-pos}$$

$$Q_{targ-fwd} = C_{SF-LC} \cdot Q_{sw-neg} - \Delta Q_{swf} + f_\beta |C_{QW}| Q_{wv-neg}$$

Q_{fwd}, Q_{aft}： 中央ホールド前後隔壁位置における局部荷重による垂直せん断力（*kN*）で，**4.4.6** の規定による。

$C_{SF\text{-}LC}$： 考慮する有限要素解析の荷重組合せにおける許容静水中せん断力の割合で，**4 章 8 節**の規定による。

Q_{sw-pos}, Q_{sw-neg}： 航海状態及び港内状態におけるあらゆる船長方向位置での正及び負の許容静水中せん断力（*kN*）で，それぞれ **4 章 4 節 2.3.3** 及び **4 章 4 節 2.3.4** の規定による。

ΔQ_{swf}： 考慮する有限要素解析の積付パターンにおける前部隔壁位置でのせん断力修正量（*kN*）で，次による。

- ばら積貨物船の場合：
  5 章 1 節 3.6.1 に規定するΔQ_{mdf}で，中央ホールド前部隔壁位置及び前方ホールド後部隔壁位置においてそれぞれ計算される値の内，絶対値が小さい方の値で，次による。
  $$\Delta Q_{swf} = Min\left(\left|\Delta Q_{mdf}\right|_{Mid}, \left|\Delta Q_{mdf}\right|_{Fwd}\right)$$
- 油タンカーの場合：
  $$\Delta Q_{swf} = 0$$

ΔQ_{swa}： 考慮する有限要素解析の積付パターンにおける後部隔壁位置でのせん断力修正量（*kN*）で，次による。

- ばら積貨物船の場合：
  5 章 1 節 3.6.1 に規定するΔQ_{mdf}で，中央ホールド後部隔壁位置及び後方ホールド前部隔壁位置においてそれぞれ計算される値の内，絶対値が小さい方の値で，次による。
  $$\Delta Q_{swa} = Min\left(\left|\Delta Q_{mdf}\right|_{Mid}, \left|\Delta Q_{mdf}\right|_{Aft}\right)$$
- 油タンカーの場合：
  $$\Delta Q_{swa} = 0$$

f_{β}： 波向き係数で，**4 章 4 節**の規定による。

C_{QW}： 波浪中垂直せん断力に対する荷重組合せ係数で，**4 章 2 節**の規定による。

Q_{wv-pos}, Q_{wv-neg}： 正及び負の波浪中垂直せん断力（*kN*）で，**4 章 4 節 3.2.1** の規定による。

$Q_{targ-aft}$及び$Q_{targ-fwd}$の値は，考慮する中央ホールドの後部及び前部の隔壁位置において計算しなければならない。

4.3.4 ハルガーダ水平曲げモーメントのターゲット値

規定の有限要素解析の荷重組合せに対して，ハルガーダ水平曲げモーメントのターゲット値 M_{h-targ}（*kNm*）は，次による。

$$M_{h-targ} = M_{wh-LC}$$

$M_{wh\text{-}LC}$： 考慮する動的荷重ケースにおける波浪中水平曲げモーメント（*kNm*）で，**4 章 4 節 3.5.4** に従って計算する。

$M_{wh\text{-}LC}$の値は，次による。

- 船体中央部の貨物倉区域の場合：考慮する貨物倉において，中央ホールドの中央における値
- 船体中央部の貨物倉区域以外の場合：考慮する有限要素モデルの全てのフレーム及び横隔壁の位置における値

4.3.5 ハルガーダ捩りモーメントのターゲット値

ばら積貨物船において，動的荷重ケース *OST* 及び *OSA* に対して，ハルガーダ捩りモーメントのターゲット値 $M_{wt-targ}$（*kNm*）は，次のターゲット位置における値とする。

$$M_{wt-targ} = M_{wt-LC}(x_{targ})$$

$M_{wt\text{-}LC}(x)$： 動的荷重ケース *OST* 及び *OSA* における *X* 位置での波浪中捩りモーメント（*kNm*）で，**4 章 4 節 3.5.5** の規定による。

x_{targ}： ハルガーダ捩りモーメントのターゲット位置で，次による。

- 船体中央部の貨物倉区域の場合：
  - $x_{mid} \leq 0.531L_{CSR}$ 場合，中央ホールド後部隔壁
  - $x_{mid} > 0.531L_{CSR}$ の場合，中央ホールド前部隔壁
- 船体中央部の貨物倉区域以外の場合：
  中央ホールドの横隔壁の内，次の算式による値が小さい方の隔壁

$$\frac{M_{wt-LC}(x_{bhd})}{|M_{wt-LC}(x_{bhd})|}\cdot[M_{wt-LC}(x_{bhd})-M_{T-FEM}(x_{bhd})]$$

x_{mid}： 中央ホールドの中央位置の x 座標（m）

x_{bhd}： 中央ホールド前後隔壁位置の x 座標（m）

OST 及び *OSA* 以外のばら積貨物船の動的荷重ケース及び油タンカーの全ての動的荷重ケースにあっては，中央ホールドの中央位置におけるハルガーダ捩りモーメント$M_{wt-targ}$を 0 に調整しなければならない。

4.4 ハルガーダせん断力及び曲げモーメントの調整手順

4.4.1 一般

本 4.4 で規定する手順は，規定の位置において規定のターゲット値を満足するために，3 ホールドモデルに与えるハルガーダ水平曲げモーメント，垂直せん断力及び垂直曲げモーメントの分布を調整する手順について規定する。ハルガーダ荷重のターゲット値は，4.3 の規定による。

ハルガーダせん断力のターゲット位置は，中央ホールドの横隔壁位置とする。ターゲット位置において調整した最終的なハルガーダせん断力は，ハルガーダせん断力のターゲット値を超えてはならない。

ハルガーダ曲げモーメントのターゲット位置は，原則として中央ホールドの中央位置とする。曲げモーメントの最大値が中央ホールドの中央位置ではない場合，中央ホールド内において調整した最終的な最大曲げモーメントは，ハルガーダ曲げモーメントのターゲット値を超えてはならない。

4.4.2 局部荷重の分布

ハルガーダせん断力及び曲げモーメントの算定に対して，次の局部荷重を適用しなければならない。

(a) 貨物倉モデル長さ全体の船体構造重量分布（静的荷重）。構造重量は，貨物倉有限要素モデルで用いる $0.5t_c$ を減じたネット板厚の有限要素モデルに基づいて計算しなければならない。

(b) 貨物及びバラストの重量（静的荷重）。

(c) 静水圧，波浪変動圧及び（適用する場合）青波荷重。港内及び水圧試験状態の荷重ケースについては，静水圧のみを考慮すること。

(d) 航海状態の荷重ケースに対する貨物及びバラストの変動荷重

局部荷重を有限要素モデルに与えることで，有限要素の節点力が得られる。この 3 次元の節点力から，1 次元の局部荷重分布を算出するため，各船長方向位置において節点力を足し合わせる。船長方向位置は，横隔壁又はフレーム及び貨物倉モデルのメッシュサイズの要件に従って船長方向に配置するフレーム間の標準的な節点位置とする。構造詳細のモデル化の際に作成する全ての中間節点は，局部荷重分布を得るための船長方向位置としては扱わない。規定の船長方向位置の前後で，船長方向位置間心距の半分の範囲内に存在する節点力は，当該船長方向位置における節点力に足し合わせる。上記手順に従って，船長方向位置 i における各節点の垂直方向の力及び水平方向の力をそれぞれ足し合わせることにより，船長方向位置 i における垂直方向の局部荷重 f_{vi} 及び水平方向の局部荷重 f_{hi} が得られる。

4.4.3 局部荷重によるハルガーダせん断力及び曲げモーメント

ハルガーダ荷重の船長方向分布は，モデルがモデル端部において単純支持されていると仮定した上で，局部荷重分布を用いて算出する。モデル両端における反力，あらゆる船長方向位置における局部荷重によるハルガーダせん断力及び曲げモーメントの船長方向分布は，次の算式による。

$$R_{V_fore}=-\frac{\sum_i(x_i-x_{aft})f_{vi}}{x_{fore}-x_{aft}}\qquad R_{V_aft}=\sum_i f_{vi}+R_{V_fore}$$

$$R_{H_fore}=\frac{\sum_i(x_i-x_{aft})f_{hi}}{x_{fore}-x_{aft}}\qquad R_{H_aft}=-\sum_i f_{hi}+R_{H_fore}$$

$$F_l=\sum_i f_{li}$$

$x_i<x_j$ の場合，$Q_{V_FEM}(x_j)=R_{V_aft}-\sum_i f_{vi}$

$x_i<x_j$ の場合，$Q_{H_FEM}(x_j)=R_{H_aft}+\sum_i f_{hi}$

$x_i<x_j$ の場合，$M_{V_FEM}(x_j)=(x_j-x_{aft})R_{V_aft}-\sum_i(x_j-x_i)f_{vi}$

$x_i < x_j$ の場合，$M_{H_FEM}(x_j) = (x_j - x_{aft})R_{H_aft} + \sum_i (x_j - x_i) f_{hi}$

R_{V_aft}, R_{V_fore}, R_{H_aft}, R_{H_fore}： 前後端における垂直及び水平方向の反力（*kN*）

x_{aft}： 後端支持位置の *x* 座標（*m*）

x_{fore}： 前端支持位置の *x* 座標（*m*）

f_{vi}： 船長方向位置 *i* において足し合わせた垂直局部荷重（*kN*）で，**4.4.2** の規定による。

f_{hi}： 船長方向位置 *i* において足し合わせた水平局部荷重（*kN*）で，**4.4.2** の規定による。

F_l： モデル内の船長方向の力の総和（*kN*）

f_{li}： 船長方向位置 *i* において足し合わせた船長方向局部荷重（*kN*）で，**4.4.2** の規定による。

x_j： 考慮する船長方向位置 *j* の *x* 座標（*m*）

x_i： 船長方向位置 *i* の *x* 座標（*m*）

$Q_{V_FEM}(x_j)$, $Q_{H_FEM}(x_j)$, $M_{V_FEM}(x_j)$, $M_{H_FEM}(x_j)$： 有限要素モデルに与える局部荷重により作成される船長方向位置 x_j における垂直及び水平方向のせん断力（*kN*）及び曲げモーメント（*kNm*）。反力の符号は，せん断力の正の方向を正とする。

4.4.4 船長方向の不平衡力

モデル内の船長方向の力の総和 F_l が 0 とならない場合は，*x* 方向変位δxを固定するモデル端部において，ハルガーダ強度に寄与する縦通部材に対して船長方向の軸力を分布させることにより，不平衡力$(F_x)_j$を与えなければならない。$(F_x)_j$は次の算式による。

$$(F_x)_j = \frac{F_l}{A_{x-n50}} \frac{A_{j-n50}}{n_j}$$

$(F_x)_j$： *j* 番目要素の節点に与える軸力（*kN*）

F_l： モデル内の船長方向の力の総和（*kN*）で，**4.4.3** の規定による。

$A_{j\text{-}n50}$： *j* 番目要素のネット断面積（m^2）

$A_{x\text{-}n50}$： 前端断面のネット断面積（m^2）

$$A_{x-n50} = \sum_j A_{j-n50}$$

n_j： 端部断面内に含まれる *j* 番目要素の節点の数で，ビーム要素では $n_j = 1$，4 節点シェル要素では $n_j = 2$ とする。

4.4.5 ハルガーダせん断力の調整手順

本規定におけるハルガーダせん断力の調整手順は，**4 章 8 節**に規定する全ての有限要素解析の荷重組合せに適用する。**4 章 8 節**の表に含まれない有限要素解析の荷重組合せは，個々の場合に応じて考慮しなければならない。

せん断力の調整には，次の 2 つの手法を用いなければならない。

- 手法 1(M1)：中央ホールドの片方の隔壁位置におけるせん断力の調整手法で，**4.4.6** の規定による。
- 手法 2(M2)：中央ホールドの両方の隔壁位置におけるせん断力の調整手法で，**4.4.7** の規定による。

考慮する有限要素解析の荷重組合せに応じて，次のとおり適用する手法を選択しなければならない。

- 最大せん断力の荷重組合せ（Max SFLC）の場合，手法 1 を**表 4** に規定する隔壁位置に適用する。ただし，もう一方の隔壁位置において，手法 1 による調整後のせん断力がターゲット値を超えない場合に限り，適用できる。それ以外の場合は，手法 2 を適用する。
- その他のせん断力の荷重組合せの場合：
  - せん断力の調整は，両方の隔壁位置におけるせん断力がターゲット値以下の場合は要求されない。本規定は，最後端及び最前端貨物倉を除く全貨物エリアの貨物倉解析に適用する。
    最後端及び最前端貨物倉の解析においては，せん断力の調整は，手法 1 を適用する。前後端横隔壁におけるハルガーダ垂直せん断力のターゲット値 $Q_{targ\text{-}aft}$ 及び $Q_{targ\text{-}fwd}$ は，局所荷重 Q_{aft} 及び Q_{fwd} による垂直せん断力の値により設定しなければならない。
    $Q_{targ\text{-}fwd} = Q_{fwd}$
    $Q_{targ\text{-}aft} = Q_{aft}$
  - 片方の隔壁位置におけるせん断力がターゲット値を超え，もう一方の隔壁位置において手法 1 による調整後のせん断力がターゲット値を超えない場合，手法 1 を適用する。それ以外の場合は，手法 2 を適用する。
  - 両方の隔壁位置におけるせん断力がターゲット値を超える場合は，手法 2 を適用する。

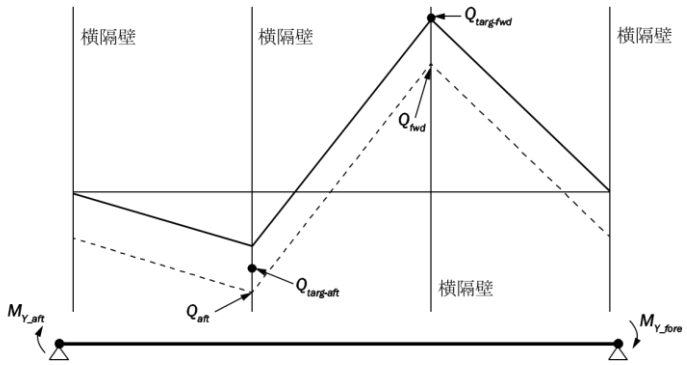
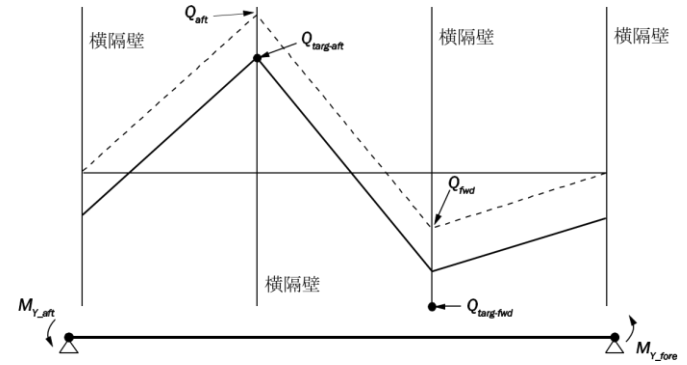
「最大せん断力の荷重組合せ」とは，**4 章 8 節**の荷重組合せの表において「Max SFLC」と特記されているものをいう。「その他のせん断力の荷重組合せ」とは，最大せん断力の荷重組合せ以外のものであって，**4 章 8 節**の荷重組合せの表において特記のないものをいう。

表 4　　せん断力の調整を行う中央ホールドの隔壁位置

設計積付状態	隔壁位置	$M_{wv\text{-}LC}$	Q_{fwd} の状態	せん断力の調整を行う中央ホールドの隔壁
航海状態	$x_{b\text{-}aft}>0.5L_{CSR}$	<0 (サギング)	$Q_{fwd}>Q_{aft}$	前部
			$Q_{fwd}\leq Q_{aft}$	後部
		>0 (ホギング)	$Q_{fwd}>Q_{aft}$	後部
			$Q_{fwd}\leq Q_{aft}$	前部
	$x_{b\text{-}fwd}<0.5L_{CSR}$	<0 (サギング)	$Q_{fwd}>Q_{aft}$	後部
			$Q_{fwd}\leq Q_{aft}$	前部
		>0 (ホギング)	$Q_{fwd}>Q_{aft}$	前部
			$Q_{fwd}\leq Q_{aft}$	後部
	$x_{b\text{-}aft}\leq 0.5L_{CSR}$ 及び $x_{b\text{-}fwd}\geq 0.5L_{CSR}$	-	-	(1)
港内状態及び水圧試験状態	全ての位置	-	-	(1)

(1)　**4 章 8 節**の荷重組合せの表に含まれない有限要素解析の荷重組合せについて，せん断力調整を行う隔壁は，本表によること。

表 5　　手法 1 の垂直曲げモーメント M_{Y_aft} 及び M_{Y_fore} の適用による垂直せん断力の調整

垂直せん断力の図	中央ホールドのターゲット位置
	前部隔壁
	後部隔壁
———— 調整後の垂直せん断力 - - - - - - - - 局部荷重による垂直せん断力	

4.4.6　片方の隔壁位置におけるせん断力の調整を行う手法 1

中央ホールドの前後端横隔壁位置におけるせん断力の調整は，モデル端部の垂直曲げモーメント M_{Y_aft}，M_{Y_fore} を適用して行わなければならない。最前端及び最後端貨物倉モデルにあっては，**表 7** に示すフレーム位置に次の垂直荷重を付加しなければならない。

- 最後端貨物倉モデル：$\delta w'_1$
- 最前端貨物倉モデル：$\delta w'_3$

中央ホールドの横隔壁位置におけるせん断力の調整は，次によらなければならない。

- 後部隔壁：

$$M_{Y_aft} = M_{Y_fore} = \frac{(x_{fore} - x_{aft})}{2}\left(Q_{\mathrm{targ}-aft} - Q_{aft}\right) - M'_{1-aft}$$

$$\Delta Q_{aft} = \Delta Q_{fwd} = 0$$

最後端貨物倉モデルの場合：$\delta w'_1 = \frac{Q_{targ-aft} - Q_{aft} + R_{v_aft}}{(n_1 - 1)}$

最前端貨物倉モデルの場合：$\delta w'_3 = \frac{Q_{targ-aft} - Q_{aft} + R_{v_aft}}{(n_3 - 1)}$

- 前部隔壁：

$$M_{Y_aft} = M_{Y_fore} = \frac{(x_{fore} - x_{aft})}{2}\left(Q_{\mathrm{targ}-fwd} - Q_{fwd}\right) - M'_{1-fwd}$$

$$\Delta Q_{aft} = \Delta Q_{fwd} = 0$$

最後端貨物倉モデルの場合：$\delta w'_1 = \frac{Q_{targ-fwd} - Q_{fwd} + R_{v_aft}}{(n_1 - 1)}$

最前端貨物倉モデルの場合：$\delta w'_3 = \frac{Q_{targ-fwd} - Q_{fwd} + R_{v_fore}}{(n_3 - 1)}$

M_{Y_aft}, M_{Y_fore}：**表 5** に示すハルガーダ垂直せん断力の調整を行うため，**4.4.10** に従って前後端に与える垂直曲げモーメント（*kNm*）。 符号は有限要素モデル上の軸方向と同じとする。

Q_{aft}：**4.4.3** に従って計算した中央ホールド後部隔壁位置 x_{b_aft} における局部荷重による垂直せん断力（*kN*）。垂直せん断力は横隔壁位置において不連続となるため，Q_{aft}は，中央ホールド後部隔壁直近の前方位置及び後方位置におけるせん断力の内，絶対値が大きい方の値とする。

Q_{fwd}：**4.4.3** に従って計算した中央ホールドの前部隔壁位置 x_{b_fwd} における局部荷重による垂直せん断力（*kN*）。垂直せん断力は横隔壁位置において不連続となるため，Q_{fwd}は，中央ホールド前部隔壁直近の前方位置及び後方位置におけるせん断力の内，絶対値が大きい方の値とする。

$M'_{1\text{-}aft}$, $M'_{1\text{-}fwd}$：付加垂直曲げモーメント（*kNm*）で，次による。最後端及び最前端貨物倉解析にのみ適用する。

- 最後端貨物倉モデル

$$M'_{1-aft} = \frac{\ell_1}{4}\left(Q_{targ-aft} - Q_{aft} + R_{v_aft}\right)$$

$$M'_{1-fwd} = \frac{\ell_1}{4}\left(Q_{targ-fwd} - Q_{fwd} + R_{v_aft}\right)$$

- 最前端貨物倉モデル

$$M'_{1-aft} = \frac{\ell_3}{4}\left(Q_{targ-aft} - Q_{aft} + R_{v_fore}\right)$$

$$M'_{1-fwd} = \frac{\ell_3}{4}\left(Q_{targ-fwd} - Q_{fwd} + R_{v_fore}\right)$$

$\delta w'_1$：最後端貨物倉モデルの機関室モデルのフレーム位置における分布荷重（*kN*）（**表 8** 参照）

$\delta w'_3$：最前端貨物倉モデルの船首モデルのフレーム位置における分布荷重（*kN*）（**表 8** 参照）

ΔQ_{aft}, ΔQ_{fwd}：せん断力の調整量で，**表 8** による。

R_{v_aft}, R_{v_fore}：前後端位置における反力（*kN*）で，**4.4.3** による。

ℓ_1：最後端貨物倉モデルの機関室モデルの長さ（*m*）（**表 8** 参照）

ℓ_3：最前端貨物倉モデルの船首モデルの長さ（*m*）（**表 8** 参照）

n_1, n_3：フレームスペースの数（**表 8** 参照）

4.4.7　両方の隔壁位置における垂直せん断力の調整を行う手法 2

中央ホールドの両方の横隔壁位置における垂直せん断力の調整は，次を適用することにより行わなければならない。

- モデル端部における垂直曲げモーメント M_{Y_aft}, M_{Y_fore}

- 隔壁位置における垂直せん断力ΔQ_{aft}及びΔQ_{fwd}を算出するためのフレーム位置における垂直荷重（**表 7** 参照）
- 最後端及び最前端貨物倉モデルにおいて，**表 7** に示すフレーム位置において，次の垂直荷重を付加しなければならない。
  - 最後端貨物倉モデル：$\delta w'_1$
  - 最前端貨物倉モデル：$\delta w'_3$

垂直曲げモーメント及び垂直荷重によるせん断力の調整の適用例を**表 6** に示す。

$$M_{Y_fore} = M_{Y_aft} = \frac{x_{fore} - x_{aft}}{2} \cdot \frac{Q_{\mathrm{targ}-fwd} - Q_{fwd} + Q_{\mathrm{targ}-aft} - Q_{aft}}{2} - M'_2$$

$$\Delta Q_{fwd} = \frac{Q_{\mathrm{targ}-fwd} - Q_{fwd} - (Q_{\mathrm{targ}-aft} - Q_{aft})}{2}$$

$$\Delta Q_{aft} = -\Delta Q_{fwd}$$

- 最後端貨物倉モデル：

$$\delta w'_1 = \left(\frac{(Q_{targ-aft} - Q_{aft})(\ell - \ell_2 - \ell_1) + (Q_{targ-fwd} - Q_{fwd})(\ell - \ell_2 - \ell_3)}{2\ell - \ell_1 - 2\ell_2 - \ell_3} + R_{v_aft} \right) \frac{1}{(n_1 - 1)}$$

- 最前端貨物倉モデル：

$$\delta w'_3 = \left(\frac{(Q_{targ-fwd} - Q_{fwd})(\ell - \ell_2 - \ell_3) + (Q_{targ-aft} - Q_{aft})(\ell - \ell_2 - \ell_1)}{2\ell - \ell_1 - 2\ell_2 - \ell_3} + R_{v_fore} \right) \frac{1}{(n_3 - 1)}$$

M_{Y_aft}, M_{Y_fore}： ハルガーダ垂直せん断力の調整を行うために，**4.4.10** に従って前後端に与える垂直曲げモーメント（*kNm*）。符号は有限要素モデル上の軸方向と同じとする。

ΔQ_{aft}： 中央ホールド後部隔壁位置におけるせん断力の調整量（*kN*）

ΔQ_{fwd}： 中央ホールド前部隔壁位置におけるせん断力の調整量（*kN*）

M'_2： 最後端及び最前端貨物倉解析にのみ適用する付加垂直曲げモーメント（*kNm*）で，次による。

- 最後端貨物倉モデル： $M'_2 = \frac{\ell_1 (n_1 - 1) \delta w'_1}{4}$
- 最前端貨物倉モデル： $M'_2 = \frac{\ell_3 (n_3 - 1) \delta w'_3}{4}$

$\delta w'_1$：最後端貨物倉モデルの機関室モデル内のフレーム位置における分布荷重（*kN*）（**表 8** 参照）

$\delta w'_3$：最前端貨物倉モデルの船首モデル内のフレーム位置における分布荷重（*kN*）（**表 8** 参照）

R_{v_aft}, R_{v_fore}：前後端位置における反力（*kN*）で，**4.4.3** による。

ℓ_1：最後端貨物倉モデルの機関室モデルの長さ（*m*）（**表 8** 参照）

ℓ_3：最前端貨物倉モデルの船首モデルの長さ（*m*）（**表 8** 参照）

n_1, n_3：フレームスペースの数（**表 8** 参照）

横隔壁位置におけるせん断力の調整量ΔQ_{aft}及びΔQ_{fwd}は，**表 7** に示すフレーム位置における垂直荷重を与えることにより得なければならない。ばら積貨物船の場合，フレーム位置はフロア位置と一致する。調整垂直荷重は，有限要素モデルの水密横隔壁，前部貨物倉の前方及び後部貨物倉の後方のフレームに与えてはならない。

隔壁位置におけるせん断力を増加又は減少させるため，各フレームに与える垂直荷重は，**表 7** に示すとおり算出すること。フレームスペースが等間隔の場合，各フレームに分布する垂直荷重の値は，**表 8** に従って算出すること。

表 6　　垂直荷重適用の際のせん断力のターゲット値及び調整せん断力の要求値

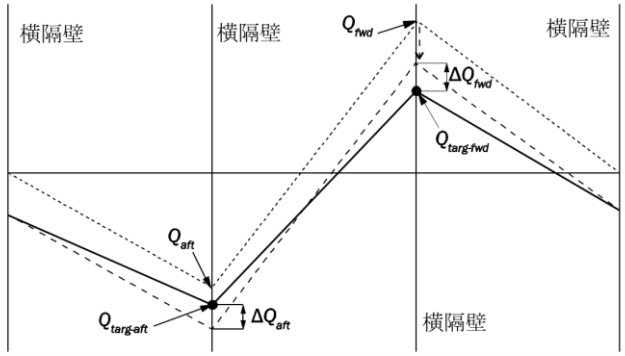
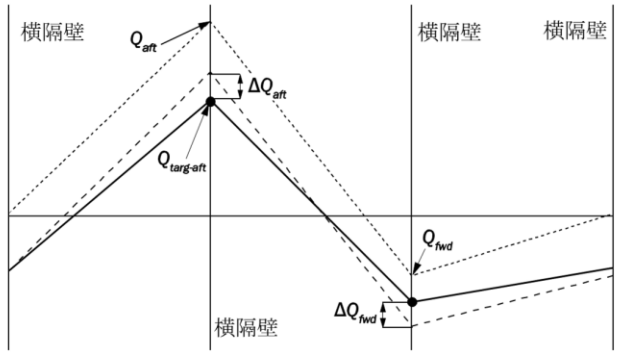
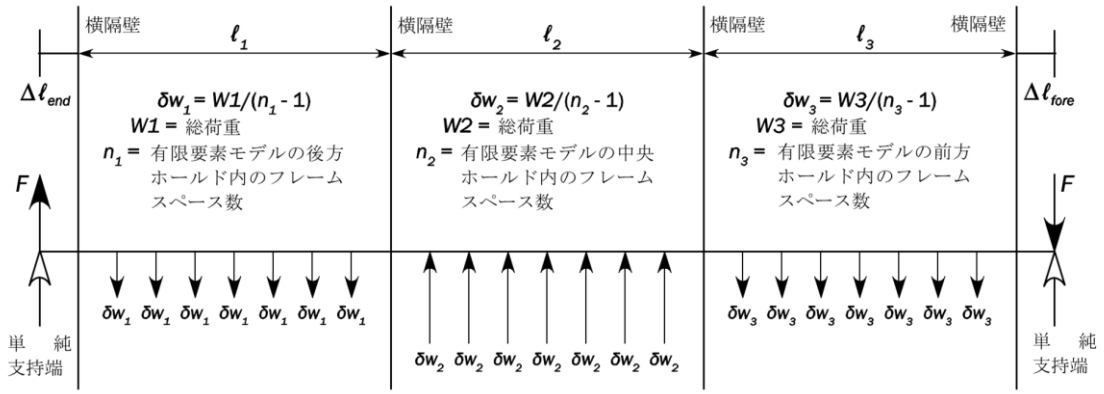
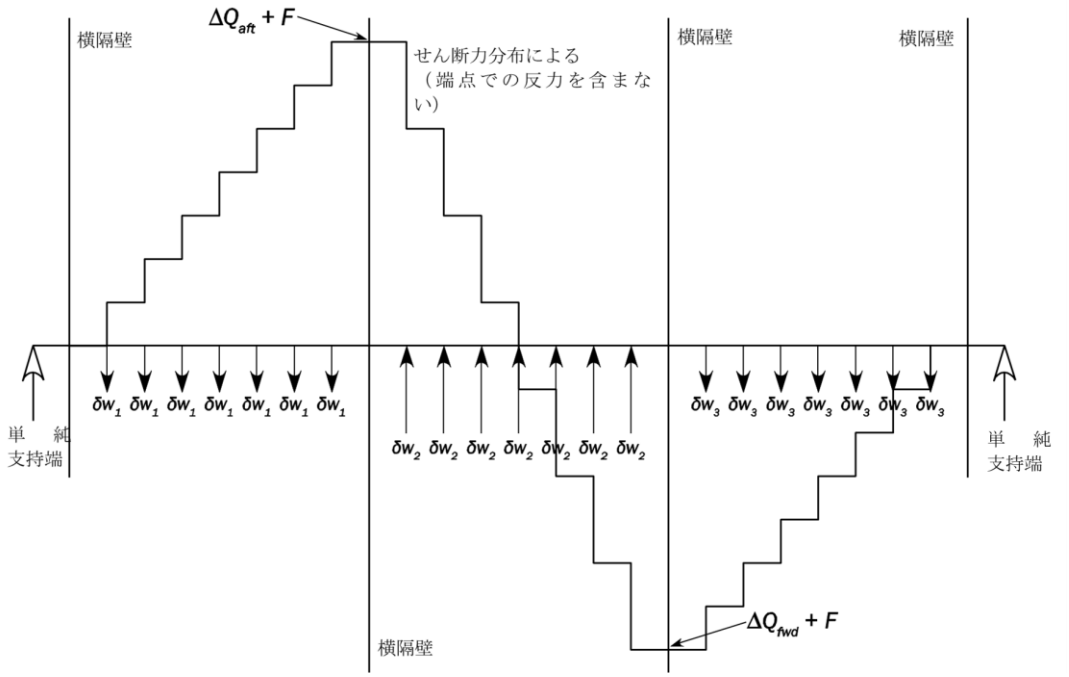
垂直せん断力の図	後部隔壁 せん断力の ターゲット値	前部隔壁 せん断力の ターゲット値
	$Q_{targ-aft}(-ve)$	$Q_{targ-fwd}(+ve)$
	$Q_{targ-aft}(+ve)$	$Q_{targ-fwd}(-ve)$
——————　両方の隔壁位置において調整した後の垂直せん断力 - - - - - - - -　$M_{Y\ aft}$ 及び $M_{Y\ fore}$ により調整した後の垂直せん断力 ----------　局部荷重による垂直せん断力		
備考 1：　-ve は負を示す。 備考 2：　+ve は正を示す。		

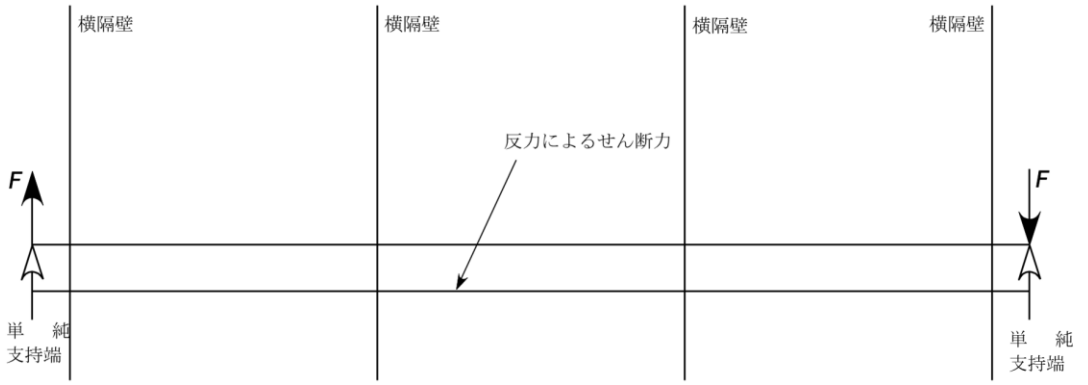
表 7　　フレーム位置における調整垂直力分布及び合成せん断力分布



（備考）：横隔壁位置には付加しないこと
前後端の隔壁には付加しないこと
F = 支持端による反力



フレーム位置における調整垂直力によるせん断力分布



（備考）：かつ でモデル中央で対称な荷重であるならば $F = 0$

備考 1：　記号の定義については，**表 8** を参照のこと。

表 8　　垂直せん断力を調整するための垂直分布荷重算定式

$$\delta w_1 = \frac{\Delta Q_{aft}(2\ell - \ell_2 - \ell_3) + \Delta Q_{fwd}(\ell_2 + \ell_3)}{(n_1 - 1)(2\ell - \ell_1 - 2\ell_2 - \ell_3)} + \delta w'_1$$

$$\delta w_2 = \frac{(W1 + W3)}{(n_2 - 1)} = \frac{(\Delta Q_{aft} - \Delta Q_{fwd})}{(n_2 - 1)}$$

$$\delta w_3 = \frac{-\Delta Q_{fwd}(2\ell - \ell_1 - \ell_2) - \Delta Q_{aft}(\ell_1 + \ell_2)}{(n_3 - 1)(2\ell - \ell_1 - 2\ell_2 - \ell_3)} - \delta w'_3$$

原則として，

$$F = F_{aft} = F_{fwd} = 0.5\left(\frac{W1(\ell_2 + \ell_1) - W3(\ell_2 + \ell_3)}{\ell}\right)$$

最後端及び最前端貨物倉モデルについては，次による。

$$F = F_{aft} = \left(\frac{W1(\Delta\ell_{fore} + \ell_3 + \ell_2 + 0.5\ell_1) + W2(\Delta\ell_{fore} + \ell_3 + 0.5\ell_2) + W3(\Delta\ell_{fore} + 0.5\ell_3)}{\ell}\right)$$

ℓ_1：　モデルの後方ホールドの長さ（m）

ℓ_2：　モデルの中央ホールドの長さ（m）

ℓ_3：　モデルの前方ホールドの長さ（m）

ΔQ_{aft}：　中央ホールド後部隔壁位置におけるせん断力の調整量（kN）（**4.4.7** 参照）

ΔQ_{fwd}：　中央ホールド前部隔壁位置におけるせん断力の調整量（kN）（**4.4.7** 参照）

F：　各フレームへ垂直荷重の適用により発生するモデル端点における反力（kN）

$W1$：　有限要素モデルの後方ホールドに均等分配した垂直荷重の総量（kN）で，次の算式による値

$(n_1 - 1)\delta w_1$

$W2$：　有限要素モデルの中央ホールドに均等分配した垂直荷重の総量（kN）で，次の算式による値

$(n_2 - 1)\delta w_2$

$W3$：　有限要素モデルの前方ホールドに均等分配した垂直荷重の総量（kN）で，次の算式による値

$(n_3 - 1)\delta w_3$

n_1：　有限要素モデルの後方ホールド内のフレームスペース数

n_2：　有限要素モデルの中央ホールド内のフレームスペース数

n_3：　有限要素モデルの前方ホールド内のフレームスペース数

δw_1：　有限要素モデルの後方ホールド内のフレーム位置における分布荷重（kN）

δw_2：　有限要素モデルの中央ホールド内のフレーム位置における分布荷重（kN）

δw_3：　有限要素モデルの前方ホールド内のフレーム位置における分布荷重（kN）

$\delta w'_1$：　最後端貨物倉モデルの機関室モデル内のフレーム位置における付加分布荷重（kN）。$\delta w'_1$の算定は，せん断力の調整手法 1 及び手法 2 について，それぞれ **4.4.6** 及び **4.4.7** による。

$\delta w'_3$：　最前端貨物倉モデルの船首モデル内のフレーム位置における付加分布荷重（kN）。$\delta w'_3$の算定は，せん断力の調整手法 1 及び手法 2 について，それぞれ **4.4.6** 及び **4.4.7** による。

$\Delta\ell_{end}$：　後方ホールド後部隔壁から有限要素モデル後端までの距離（m）

最後端貨物ホールドモデルの場合　$\Delta\ell_{end} = 0$

$\Delta\ell_{fore}$：　前方ホールド前部隔壁から有限要素モデル前端までの距離（m）

最前端貨物ホールドモデルの場合　$\Delta\ell_{fore} = 0$

ℓ：　前後端の隔壁を超えた部分を含めた有限要素モデルの全長（m）で，次の算式による値

$= \ell_1 + \ell_2 + \ell_3 + \Delta\ell_{end} + \Delta\ell_{fore}$

備考 1：算式における荷重，せん断力及び調整垂直力の正方向は，**表 6** 及び**表 7** によること。

備考 2：$W1 + W3 = W2$（ただし，最後端及び最前端貨物倉モデルには適用しない。）

備考 3：各ホールド内においてフレームスペースが等間隔である場合のみ上記算式を適用すること。個々のホールドの長さ及びフレームスペースは異なっていることがある。

各ホールド内においてフレームスペースが等間隔でない場合，**表 8** に従って分布荷重の平均値δw_{av-i}を計算するため，フレームスペースの平均値ℓ_{av-i}を用いる。（i=1, 2, 3）

δw_{av-i}を次のとおり等間隔でないフレームに再分布する。

貨物倉 i（i=1, 2, 3）のフレーム k（k=1, 2, …, n_i-1）に対して，$\delta w_i^k = \delta w_{av-i} \frac{\ell^k{}_{av-i}}{\ell_{av-i}}$

ℓ_{av-i}： フレームスペースの平均値で，貨物倉 i（i = 1, 2, 3）においてℓ_i / n_iとして計算する。

ℓ_i： 貨物倉 i（i = 1, 2, 3）のホールド長さで，**表 8** の規定による。

n_i： 貨物倉 i（i = 1, 2, 3）内のフレームスペースの数で，**表 8** の規定による。

δw_{av-i}：等間隔のフレームスペースとした分布荷重（m）で，貨物倉 i（i = 1, 2, 3）内のフレームスペースの平均値ℓ_{av-i}を用いて**表 8** により計算する。

δw_i^k： 貨物倉 i の等間隔でないフレーム k（k = 1, 2,..., n_i - 1）に対する分布荷重（kN）

$\ell^k{}_{av-i}$： 貨物倉 i のフレーム k（k = 1, 2,..., n_i - 1）に対する等価なフレームスペース（m）で，次による。

貨物倉 i の 1 番目のフレームに対して， $\ell^k{}_{av-i} = \ell_i{}^1 - \frac{\ell_{av-i}\,\ell_i{}^1}{\ell_i{}^1 + \ell_i{}^{n_i}} + \frac{\ell_i{}^2}{2}$

貨物倉 i の k 番目（k=2, 3, …, n_i - 2）のフレームに対して， $\ell^k{}_{av-i} = \frac{\ell_i{}^k}{2} + \frac{\ell_i{}^{k+1}}{2}$

貨物倉 i の n_i - 1 番目のフレームに対して， $\ell^k{}_{av-i} = \ell_i{}^{n_i} - \frac{\ell_{av-i}\,\ell_i{}^{n_i}}{\ell_i{}^1 + \ell_i{}^{n_i}} + \frac{\ell_i{}^{n_i-1}}{2}$

$\ell_i{}^k$： 貨物倉 i における k-1 番目及び k 番目のフレームの間のスペース（m）

等間隔なフレームスペースに対する規定の垂直荷重δw_i又は等間隔でないフレームスペースに対する規定の垂直荷重δw_i^kは，**5 章付録 1** の規定のとおり，考慮する断面におけるせん断流分布により与えられなければならない。垂直荷重δw_iを受けるフレーム断面において，要素の中心点におけるせん断流 q_fは，次のとおり算定される。

$$q_{f-k} = \frac{\delta w_i}{I_{y-n50}} Q_{k-n50}$$

$q_{f\text{-}k}$： フレーム内の k 番目要素の中心におけるせん断流（N/mm）

δw_i： 貨物倉 i（i = 1, 2, 3）の各フレーム位置における分布荷重（N）で，**表 8** の規定による。

$I_{y\text{-}n50}$： ハルガーダ断面二次モーメント（mm^4）

Q_{k-n50}：断面の開放端（せん断力を受けない端部）からせん断流 $q_{f\text{-}k}$ を受ける点 s_k までの区間において積分した断面積における中性軸周りの断面一次モーメント（mm^3）で，次の算式による値

$$Q_{k-n50} = \int_0^{s_k} z_{neu}\, t_{n50}\, ds$$

z_{neu}： 積分点 s から垂直中性軸までの垂直距離

t_{n50}： 断面の積分点における板のネット板厚（mm）

フレーム内の j 番目の有限要素格子における分布せん断力 $F_{j\text{-}grid}$は，その格子に接する要素のせん断流を用いて次のとおり計算する。

$$F_{j-gird} = \sum_{k=1}^{n} q_{f-k} \frac{\ell_k}{2}$$

ℓ_k： 格子 j に接するフレーム内の k 番目要素の長さ（mm）

n： 格子 j に接する要素の総数

せん断流は断面に沿った方向であるため，分布荷重 $F_{j\text{-}grid}$はベクトル量となる。ハルガーダ垂直せん断力の調整を行うため，前述のせん断流の方法により算定した力の垂直及び水平成分を断面に与える必要がある。

4.4.8 船体中央部の貨物倉区域における縦曲げ及び水平曲げモーメントの調整手順

垂直曲げモーメントのターゲット値を満足する必要がある場合，貨物倉有限要素モデルの中央ホールド内にこのターゲット値を算出するために，付加垂直曲げモーメントを当該モデルの両端に与えなければならない。当該端部付加垂直曲げモーメントは次の算式によること。

$$M_{v-end} = M_{v-targ} - M_{v-peak}$$

$M_{v\text{-}end}$： 有限要素モデルの両端部に与える付加垂直曲げモーメント（kNm）で，**4.4.10** の規定による。

M_{v-targ}：ホギング状態（＋方向）又はサギング状態（－方向）を考慮した垂直曲げモーメント（kNm）で，**4.3.2**

の規定による。

$M_{v\text{-}peak}$： **4.4.3** に規定する局部荷重及び **4.4.5** に規定するせん断力の調整により生じる中央ホールドにおける最大又は最小曲げモーメント（*kNm*）

$M_{v\text{-}peak}$ は，$M_{v\text{-}peak}$ がホギング状態（＋方向）の場合にあっては最大モーメントとし，サギング状態（－方向）の場合にあっては最小モーメントとしなければならない。$M_{v\text{-}peak}$ は単純支持の梁モデルに基づき，次のとおり計算しなければならない。

$$M_{v-peak} = Extremum\left\{M_{V_FEM}(x) + M_{lineload} + M_{Y_aft}\left(2\frac{x - x_{aft}}{x_{fore} - x_{aft}} - 1\right)\right\}$$

$M_{V_FEM}(x)$： **4.4.3** に規定する局部荷重により生じる x 位置における垂直曲げモーメント（*kNm*）

M_{Y_aft}： 端部曲げモーメント（*kNm*）で，次による。

- 手法 1 を適用する場合：**4.4.6** に規定する値
- 手法 2 を適用する場合：**4.4.7** に規定する値
- それ以外の場合：$M_{Y_aft} = 0$

$M_{lineload}$： 手法 2 に従った各フレーム位置に与える垂直荷重により生じる x 位置における垂直曲げモーメント（*kNm*）で，次の算式による値

x_i が x より小さいとき，$M_{lineload} = -(x - x_{aft})F - \sum_i (x - x_i)\delta w_i$

F： **表 7** に規定する各フレームに与える垂直荷重により生じる端部反力（*kN*）

x： 中央ホールド内のフレームの x 座標（*m*）

δw_i： 規定のせん断力を算出するためにフレーム位置 i に与える垂直荷重（*kN*）

$\delta w_i = -\delta w_1$： フレーム位置 i が後方ホールドにある場合

$\delta w_i = \delta w_2$： フレーム位置 i が中央ホールドにある場合

$\delta w_i = -\delta w_3$： フレーム位置 i が前方ホールドにある場合

水平曲げモーメントのターゲット値を満足する必要がある場合，貨物倉有限要素モデルの中央ホールド内にこのターゲット値を算出するために，付加水平曲げモーメントを当該モデルの両端に与えなければならない。当該端部付加水平曲げモーメントは，次の算式によること。

$$M_{h-end} = M_{h-targ} - M_{h-peak}$$

$M_{h\text{-}end}$： 有限要素モデルの両端部に与える付加水平曲げモーメント（*kNm*）で，**4.4.10** の規定による。

M_{h-targ}：**4.3.4** に規定する水平曲げモーメント

$M_{h\text{-}peak}$： **4.4.3** に規定する局部荷重により生じる中央ホールドにおける最大又は最小水平曲げモーメント（*kNm*）

$M_{h\text{-}peak}$ は，M_{h-targ} が正の場合にあっては（右舷側に引張応力），最大水平曲げモーメントとし，負の場合にあっては（左舷側に引張応力），最小水平曲げモーメントとしなければならない。

$M_{h\text{-}peak}$ は，単純支持の梁モデルに基づき，次のとおり計算しなければならない。

$$M_{h-peak} = Extremum\{M_{H_FEM}(x)\}$$

$M_{H_FEM}(x)$：**4.4.3** に規定する局部荷重により生じる x 位置における水平曲げモーメント

縦曲げ及び水平曲げモーメントは，最大又は最小曲げモーメントの位置及び値が確認できるように中央ホールド長さの範囲全体の計算を行わなければならない。

4.4.9　船体中央部の貨物倉区域以外における縦曲げ及び水平曲げモーメントの調整手順

4.3.2 に規定する各フレーム及び各横隔壁の位置におけるハルガーダ垂直曲げモーメントのターゲット値を満足するため，調整垂直曲げモーメント m_{vi} を**図 19** に示すように有限要素モデルのフレーム及び横隔壁の位置に与えなければならない。各船長方向位置 i における調整垂直曲げモーメントは，次の算式によること。

$$f(i) = M_{v-targ}(i) - M_{V-FEM}(i) - M_{lineload}(i) - M_{Y-aft} \cdot \left(2 \cdot \frac{x_i - x_{aft}}{x_{fore} - x_{aft}} - 1\right)$$

$$m_{vi} = \frac{f(i) + f(i+1)}{2} - \sum_{j=0}^{i-1} m_{vj}$$

$$m_{v_end} = -\sum_{j=0}^{n_t} m_{vj}$$

i： 各位置に割り振る添え字（後端の断面位置を i=1 として，i=1 から n_t まで）

n_t： 調整垂直曲げモーメント m_{vi} を与える船長方向位置の総数

m_{vi}： i 番目のフレーム又は横隔壁の位置に与える調整垂直曲げモーメント（*kNm*）

m_{v_end}： 前端断面（n_t+1 番目の位置）に与える調整垂直曲げモーメント（*kNm*）

m_{vj}： 総和の前提で，次による。

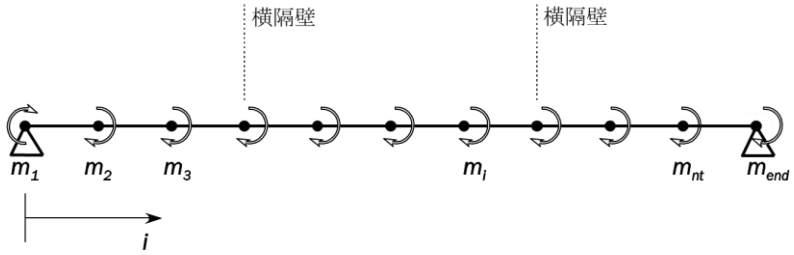
- j=0 の場合，m_{vo}= 0
- j=i の場合，m_{vj} = m_{vi}

$M_{v-targ}(i)$：位置 i における規定の垂直曲げモーメントのターゲット値（*kNm*）で，**4.3.2** の規定による。

$M_{V\text{-}FEM}(i)$： 位置 i における局部荷重による垂直曲げモーメント分布（*kNm*）で，**4.4.3** の規定による。

$M_{lineload}(i)$： 位置 i における垂直せん断力の修正のための荷重による垂直曲げモーメント（*kNm*）で，**4.4.8** の規定による。

図 19　船体中央部の貨物倉区域以外における曲げモーメントの調整



m_{hi}は，本図では m_{vi}に置き換えることができる。また，m_iは FE 座標系における正方向の曲げモーメントとする。

4.3.4 に規定する各フレーム及び各横隔壁の位置におけるハルガーダ水平曲げモーメントのターゲット値を満足するため，調整水平曲げモーメント m_{hi} を**図 19** に示すように有限要素モデルのフレーム及び横隔壁の位置に与えなければならない。各船長方向位置 i における調整水平曲げモーメントは，次の算式によること。

$$f(i) = M_{h-targ}(i) - M_{H-FEM}(i)$$

$$m_{hi} = \frac{f(i) + f(i+1)}{2} - \sum_{j=0}^{i-1} m_{hj}$$

$$m_{h_end} = -\sum_{j=0}^{n_t} m_{hj}$$

i： 調整曲げモーメント m_{hi} を与える船長方向位置

n_t： 調整水平曲げモーメント m_{hi} を与える船長方向位置の総数

m_{hi}： i 番目のフレーム又は横隔壁の位置に与える調整水平曲げモーメント（*kNm*）

m_{h_end}： 前端断面（n_t+1 番目の位置）に与える調整水平曲げモーメント（*kNm*）

m_{hj}： 総和の前提で，次による。

- j=0 の場合，m_{ho} = 0
- j=i の場合，m_{hj} = m_{hi}

$M_{h-targ}(i)$：位置 i における規定の水平曲げモーメントのターゲット値（*kNm*）で，**4.3.4** の規定による。

$M_{H\text{-}FEM}(i)$： 位置 i における局部荷重による水平曲げモーメント分布（*kNm*）で，**4.4.3** の規定による。

調整垂直曲げモーメント m_{vi} 及び調整水平曲げモーメント m_{hi} は，有限要素モデルの全てのフレーム及び横隔壁の位置に与えなければならない。当該調整モーメントは，**4.4.10** に従ってハルガーダ強度に寄与する全ての縦通部材に対して船長方向の軸力を分布させることにより，有限要素モデルに与えなければならない。

4.4.10　有限要素モデルに対する調整曲げモーメントの適用

規定の調整垂直曲げモーメント及び調整水平曲げモーメントは，次のように，**5 章 1 節 1.2** に従って，考慮する断面の全てのハルガーダ強度に寄与する縦通部材に対して船長方向の軸力を分布させることにより，貨物倉モデルの断面に与えなければならない。

- 垂直曲げモーメントの場合：

$$(F_x)_i = \frac{M_v}{I_{y-n50}} \frac{A_{i-n50}}{n_i} z_i$$

・ 水平曲げモーメントの場合：

$$(F_x)_i = \frac{M_h}{I_{z-n50}} \frac{A_{i-n50}}{n_i} y_i$$

M_v： モデルで考慮する断面に与える調整垂直曲げモーメント（*kNm*）

M_h： モデルで考慮する断面に与える調整水平曲げモーメント（*kNm*）

$(F_x)_i$： *i* 番目要素の節点に与える軸力（*kN*）

$I_{y\text{-}n50}$： 考慮する断面の水平中性軸に対する断面二次モーメント（m^4）

$I_{z\text{-}n50}$： 考慮する断面の垂直中性軸に対する断面二次モーメント（m^4）

Z_i： 中性軸から *i* 番目要素の断面中心までの垂直方向の距離（*m*）

Y_i： 中性軸から *i* 番目要素の断面中心までの水平方向の距離（*m*）

$A_{i\text{-}n50}$： *i* 番目要素の断面積（m^2）

n_i： 断面内に含まれる *i* 番目要素の節点の数で，ビーム要素の場合は $n_i = 1$，4 節点シェル要素の場合は $n_i = 2$ となる。

モデル端部位置以外の断面にあっては，考慮する断面の前後に位置する *i* 番目要素の平均断面積を用いなければならない。

4.5 ハルガーダ捩りモーメントの調整手順

4.5.1 一般

本条の規定では，ターゲット位置において捩りモーメントのターゲット値を満足するため，貨物倉有限要素モデルにおけるハルガーダ捩りモーメントの分布を調整する手順について定める。ハルガーダ捩りモーメントのターゲット値は，**4.3.5** の規定による。

4.5.2 局部荷重による捩りモーメント

船長方向位置 *i* における局部荷重による捩りモーメント $M_{T\text{-}FEMi}$（*kN*）は，次の算式により定める。（**図 20** 参照）

$$M_{T-FEMi} = \sum_k [f_{hik}(z_{ik} - z_r)] - \sum_k (f_{vik}\, y_{ik})$$

$M_{T\text{-}FEMi}$： 船長方向位置 *i* における局部荷重による足し合わせ捩りモーメント（*kNm*）

z_r： 捩り基準点の垂直座標（*m*）

ばら積貨物船に対して，$z_r = 0$

油タンカーに対して，$z_r = z_{sc}$（中央ホールドの中央位置におけるせん断中心）

f_{hik}： 船長方向位置 *i* における節点 *k* での水平方向の力（*kN*）

f_{vik}： 船長方向位置 *i* における節点 *k* での垂直方向の力（*kN*）

y_{ik}： 船長方向位置 *i* における節点 *k* の *Y* 座標（*m*）

z_{ik}： 船長方向位置 *i* における節点 *k* の *Z* 座標（*m*）

$M_{T\text{-}FEM0}$： 有限要素モデルの後端（最前端貨物倉モデルにおいては前端）における局部荷重による捩りモーメント（*kNm*）で，次による。

最前端貨物倉モデル： $M_{T-FEM0} = -\sum_k [f_{h0k}(z_{0k} - z_r)] + \sum_k (f_{v0k}\, y_{0k}) + R_{H_fwd} \cdot (z_{ind} - z_r)$

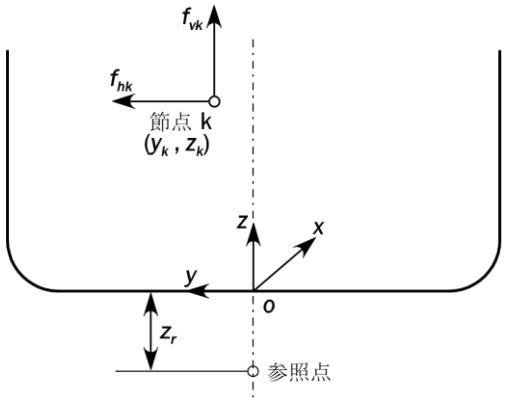
その他の貨物倉モデル： $M_{T-FEM0} = \sum_k [f_{h0k}(z_{0k} - z_r)] - \sum_k (f_{v0k}\, y_{0k}) + R_{H_aft} \cdot (z_{ind} - z_r)$

R_{H_fwd}： 前端における水平方向反力（*kN*）で，**4.4.3** の規定による。

R_{H_aft}： 後端における水平方向反力（*kN*）で，**4.4.3** の規定による。

z_{ind}： **2.5.3** に規定する独立点の垂直座標（*m*）

図 20　　断面内に作用する力及び振りモーメントの位置



4.5.3　　ハルガーダ捩りモーメント

ハルガーダ捩りモーメント $M_{T\text{-}FEM}(x_j)$（*kNm*）は，次のように後端断面（最前端貨物倉においては前端）から各位置における捩りモーメントを足し合わせることにより得られる。

$$M_{T-FEM}(x_j) = \sum_i M_{T-FEMi}$$

- 最前端貨物倉モデルの場合，$x_i \geq x_j$ のとき
- その他の場合，$x_i < x_j$ のとき

$M_{T\text{-}FEM}(x_j)$：船長方向位置 x_j におけるハルガーダ捩りモーメント（*kNm*）

x_j：　　考慮する船長方向位置 j の x 座標（*m*）

4.5.2 に規定する捩りモーメントの分布は，各船長方向位置において階段状となる。

4.5.4　　ハルガーダ捩りモーメントのターゲット値への調整方法

モデル後端（最前端貨物倉モデルにおいては前端）の断面の独立点に対して，次の算式に規定するハルガーダ捩りモーメント $M_{T\text{-}end}$（*kNm*）を与えることにより，捩りモーメントを調整しなければならない。

$$M_{T-end} = M_{wt-targ} - M_{T-FEM}(x_{targ})$$

x_{targ}：　　ハルガーダ捩りモーメントのターゲット位置の x 座標（*m*）で，**4.3.5** の規定による。

$M_{wt-targ}$：　　ターゲット位置において満足するためのハルガーダ捩りモーメントのターゲット値（*kNm*）で，**4.3.5** の規定による。

$M_{T\text{-}FEM}(x_{targ})$：ターゲット位置における局部荷重によるハルガーダ捩りモーメント（*kNm*）

各船長方向位置におけるハルガーダ捩りモーメントは不連続であるため，ハルガーダ捩りモーメントは，ターゲット位置の前後の値の内，捩りモーメントが正の場合にあってはその最大値，捩りモーメントが負の場合にあってはその最小値としなければならない。

4.6　　ハルガーダ荷重の調整の概要

4.6.1

それぞれの貨物倉区域におけるハルガーダ荷重の調整について要求される手順を**表 9** に示す。

表 9　　有限要素解析におけるハルガーダ荷重の調整の概要

	船体中央部の貨物倉区域	後部及び前部貨物倉区域	最後端貨物倉	最前端貨物倉
垂直せん断力の調整	**4.4.5** 参照			
曲げモーメントの調整	**4.4.8** 参照	**4.4.9** 参照		
捩りモーメントの調整	**4.5.4** 参照			

5. 解析の評価基準

5.1 一般

5.1.1 評価範囲

図 21 及び図 22 に示すように，中央ホールドの船長方向の範囲内について，許容基準に対する解析結果の検証を行わなければならない。

図 21 油タンカーの船長方向の評価範囲

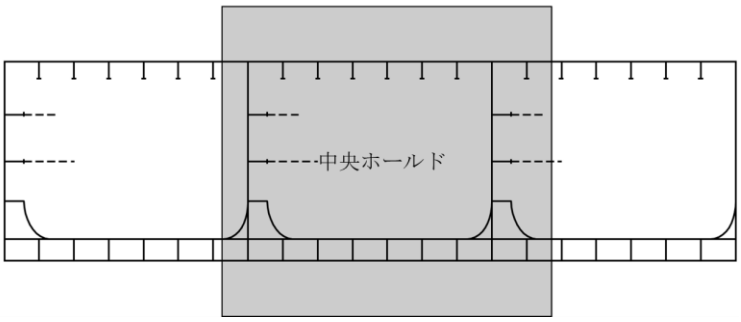
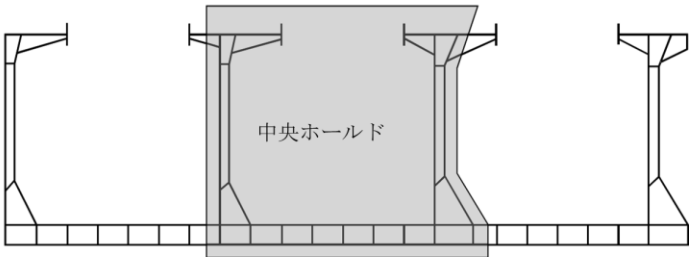


図 22 ばら積貨物船の船長方向の評価範囲



5.1.2 構造部材

次に示す評価範囲内の構造要素は，5.2 及び 5.3 に規定する評価基準により強度を検証しなければならない。

- 全てのハルガーダの縦通部材
- 中央ホールド内の全ての主要支持構造部材及び隔壁
- 横隔壁を構成する全ての構造部材で，次による。
  - 油タンカーの場合：隔壁に付くストリンガ，バットレス，スツールタンク及び部分的な桁
  - ばら積貨物船の場合：ガーダ及びフロアと接するスツールタンク
- 船首隔壁を構成する全ての構造部材，及び船首隔壁からその前方 1 ウェブフレームスペース分の範囲内における部材を構成する全ての構造部材
- 機関区域前部隔壁を構成する全ての構造部材及び機関区域前部隔壁からその後方で，スロップタンクを除く最後端貨物倉長さの 15%までの範囲内における全てのハルガーダの縦通部材

5.2 降伏強度評価

5.2.1 ミーゼス応力

5.1.2 に規定する構造部材の全ての板部材にあっては，ミーゼス応力σ_{vm}（N/mm^2）はシェル要素の膜応力及びせん断応力に基づいて計算しなければならない。次のように，板厚中心かつ要素中心の位置の応力を評価しなければならない。

$$\sigma_{vm} = \sqrt{{\sigma_x}^2 - \sigma_x \sigma_y + {\sigma_y}^2 + 3{\tau_{xy}}^2}$$

σ_x,σ_y： 要素の膜応力（N/mm^2）

τ_{xy}： 要素のせん断応力（N/mm^2）

5.2.2 ビーム及びロッド要素の軸応力

ビーム及びロッド要素の軸応力σ_{axial}（N/mm^2）は，軸力のみに基づいて計算されなければならない。要素長さの中央位置の軸応力を評価しなければならない。

5.2.3 コースメッシュ解析における許容降伏使用係数

表 10 に規定するコースメッシュ解析における許容降伏使用係数λ_{yperm}は，2.3 及び 2.4 に規定するメッシュサイズ及び

要素の種類によらなければならない。

各構造部材の要素応力から得られる降伏使用係数は，**表 10** に規定する許容値を超えてはならない。

表 10　　コースメッシュ解析における許容降伏使用係数

構造部材	コースメッシュ解析における 許容降伏使用係数λ_{yperm}
全ての縦強度部材，主要支持部材及び隔壁の板部材 シェル又はロッド要素を用いてモデル化した主要支持部材の面材 波形隔壁のダミーロッド	1.0 (荷重組合せ *S*+*D*) 0.8 (荷重組合せ *S*)
液体荷重による面外圧力を受ける水平波形隔壁及び液体荷重による面外圧力を受け，下部スツールを持つ垂直波形隔壁の波形部（シェル要素のみ） 下部スツールを持たない波形隔壁の下端周辺の支持構造(1)	0.90 (荷重組合せ *S*+*D*) 0.72 (荷重組合せ *S*)
液体荷重による面外圧力を受け，下部スツールを持たない垂直波形隔壁の波形部（シェル要素のみ）	0.81 (荷重組合せ *S*+*D*) 0.65 (荷重組合せ *S*)
(1)　波形横隔壁の支持構造とは，船長方向には隔壁の前後それぞれ 0.5 横桁間隔分の範囲かつ垂直方向には波形深さの範囲における構造をいう。 波形縦通隔壁の支持構造とは，船幅方向には隔壁の両側それぞれ 3 縦通防撓材心距の範囲かつ垂直方向には波形深さの範囲における構造をいう。	

5.2.4　　降伏強度に対する評価基準

5.1.2 に規定する構造要素は，次の評価基準に適合しなければならない。

$\lambda_y \leq \lambda_{yperm}$

λ_y：　降伏使用係数

一般に，シェル要素に対して，$\lambda_y = \frac{\sigma_{vm}}{R_y}$

一般に，ロッド又はビーム要素に対して，$\lambda_y = \frac{|\sigma_{axial}|}{R_y}$

σ_{vm}：　ミーゼス応力（N/mm^2）

σ_{axial}：　ロッド又はビーム要素の軸応力（N/mm^2）

λ_{yperm}：　**表 10** に規定するコースメッシュ解析における許容降伏使用係数

降伏強度に対する基準は，次の部材では，軸応力によらなければならない。

- 主要支持部材のフランジ
- **5.2.5** に従った波形部のフランジ及びウェブの交差部

詳細メッシュによる検討箇所周辺のミーゼス応力が降伏強度に対する基準を超える箇所にあっては，詳細メッシュ解析により得たミーゼス応力をコースメッシュモデルのメッシュサイズと等価な範囲において平均化し，その値は，降伏強度に対する基準を満足しなければならない。

切欠き周辺では，降伏使用係数は，**5.2.6** に規定するせん断応力修正を用いて得なければならない。

5.2.5　　波形隔壁の波形部

波形隔壁の波形部の応力は次に基づいて評価しなければならない。

(a)　波形部のフランジ及びウェブのシェル要素におけるミーゼス応力σ_{vm}

(b)　波形部のフランジ及びウェブの交差部にモデル化された単位断面特性を持つダミーロッド要素における軸応力σ_{axial}

5.2.6　切欠きに対するせん断応力の修正

5.2.7 に示す場合を除き，ウェブの切欠き周辺の要素のせん断応力は，せん断面積の減少を考慮して，次の算式に従って修正しなければならない。降伏に対する基準の検証にあっては，当該修正要素せん断応力を要素のミーゼス応力の計算に用いなければならない。

$$\tau_{cor} = \frac{h\, t_{\mathrm{mod}-n50}}{A_{shr-n50}} \tau_{elem}$$

τ_{cor}：　要素の修正せん断応力（N/mm^2）

h：　開口部の桁板の高さ（mm）（**表 1** 参照）。開口がモデル化されている場合にあっては，h はモデル化された開口の高さを減じた高さとしなければならない。

$t_{mod-n50}$：開口部におけるモデルの桁板の板厚（mm）

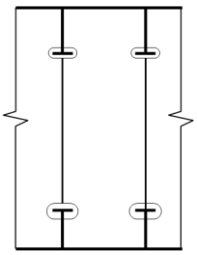
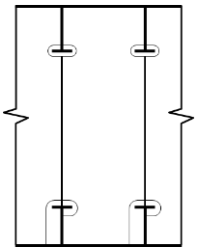
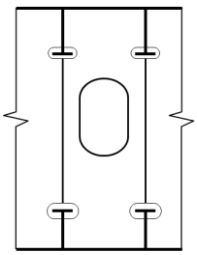
$A_{shr-n50}$：**3 章 7 節 1.4.8** に従って計算する防撓材貫通用スロットを含む全ての開口による面積減少を考慮した桁板の有効ネットせん断面積（mm^2）

τ_{elem}：　修正前の要素のせん断応力（N/mm^2）

5.2.7　開口部におけるせん断応力の修正の例外

表 11 に示すケースであって，λ_y/C_r が **5.2.4** に規定する評価基準に適合する場合は，切欠きの存在による要素のせん断応力の修正を行う必要はない。

表 11　　せん断応力の修正の例外

ケース	図	モデル化したせん断面積とネット有効せん断面積の差をモデル化したせん断面積で除した割合（%） $\frac{A_{FEM-n50} - A_{shr-n50}}{A_{FEM-n50}} \cdot 100\%$	降伏に対する評価基準の軽減係数 C_r
局部支持防撓材の上部及び下部のスロットにおいて，ラグ固着又はカラープレートを設ける場合		<15%	0.85
局部支持防撓材の上部又は下部のスロットにおいて，ラグ固着又はカラープレートを設ける場合		<20%	0.80
開口部周辺において： 局部支持防撓材の上部及び下部のスロットにおいて，カラープレートを設ける場合		<40%	0.60
$A_{shr-n50}$：　**3 章 7 節 1.4.8** に従って全ての開口範囲及び防撓材のスロットを除いた桁板の有効ネットせん断面積（mm^2）			

5.3 座屈強度評価

5.3.1

本節に従って実施する有限要素解析の全ての構造要素は，**8 章 4 節**に規定する座屈要件に対して個々に評価しなければならない。

3 節　局部構造強度解析

1.　目的及び範囲

1.1　一般

1.1.1

構造詳細の局部強度解析は，本節の規定によらなければならない。

1.1.2

詳細メッシュ解析の対象となる構造部材の重要部位の選択は，本節によらなければならない。

1.1.3　詳細メッシュ解析手順

詳細メッシュ解析により評価する詳細部は，4 の規定に従ってモデル化し，5 に規定する有限要素解析の荷重組合せを適用し，6 に規定する基準に適合しなければならない。

1.1.4　局部構造強度の評価範囲

詳細メッシュによる評価は，次によらなければならない。

- 2 に規定する構造詳細に対する詳細メッシュ解析
- 3 に規定するスクリーニング手順

2.　詳細メッシュ解析により評価する局部箇所

2.1　評価が必須となる構造詳細のリスト

2.1.1　構造詳細のリスト

船体中央部の貨物倉区域において，次の構造詳細は，1.1.3 に規定する詳細メッシュ解析手順に従って評価しなければならない。

(a)　二重船側を有する船のホッパナックル部（2.1.2 参照）

(b)　単船側ばら積貨物船の倉内肋骨の端部ブラケット及び下部ホッパナックル部（2.1.3 参照）

(c)　大開口（2.1.4 参照）

(d)　上甲板及び二重底の縦通防撓材と横隔壁との結合部（2.1.5 参照）

(e)　波形隔壁と隣接構造との結合部（2.1.6 参照）

(f)　水平ストリンガのヒール部のブラケット（2.1.7 参照）

上記の各構造詳細につき 1 箇所を詳細メッシュで再現した詳細メッシュモデルを準備する必要がある。なお，詳細メッシュモデルは，船体中央部の貨物倉区域内の評価対象貨物倉ごとに準備すること。この詳細メッシュモデルの位置は，2.1.2 から 2.1.7 の規定に基づいて船体中央部の貨物倉区域内の全ての貨物倉解析の内から選択されなければならない。

2.1.2　二重船側を有する船のホッパナックル部

図 1 に示すとおり，典型的な横桁の位置において，溶接又は曲げタイプの下部及び上部ホッパナックル部に対して詳細メッシュ解析を行わなければならない。

ホッパ斜板がない二重船側配置（すなわち，二重船側縦通隔壁が内底板に直接設けられる配置）にあっては，横桁のヒール部に対して詳細メッシュ解析を行わなければならない。

詳細メッシュ解析を行う箇所は，貨物倉解析においてナックル部の降伏使用係数λ_yが最大となる箇所の横桁を選択しなければならない。

2.1.3　単船側ばら積貨物船の倉内肋骨の端部ブラケット及び下部ホッパナックル部

図 2 に示すとおり，溶接又は曲げタイプの下部ホッパナックル部，倉内肋骨の下部及び上部の端部ブラケットにあっては，詳細メッシュ解析を行わなければならない。

詳細メッシュ解析を行う箇所は，貨物倉解析において端部ブラケット結合部の降伏使用係数λ_yが最大となる箇所の倉内肋骨を選択しなければならない。

図 1　　二重船側を有する船のホッパナックル部における必須評価箇所

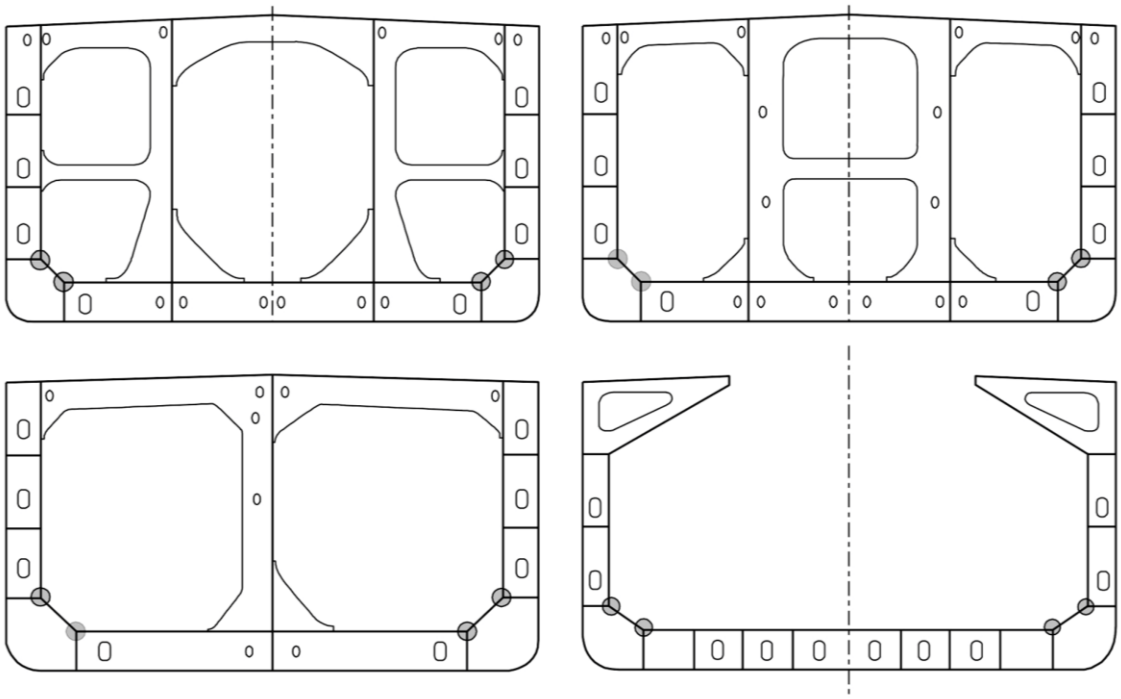
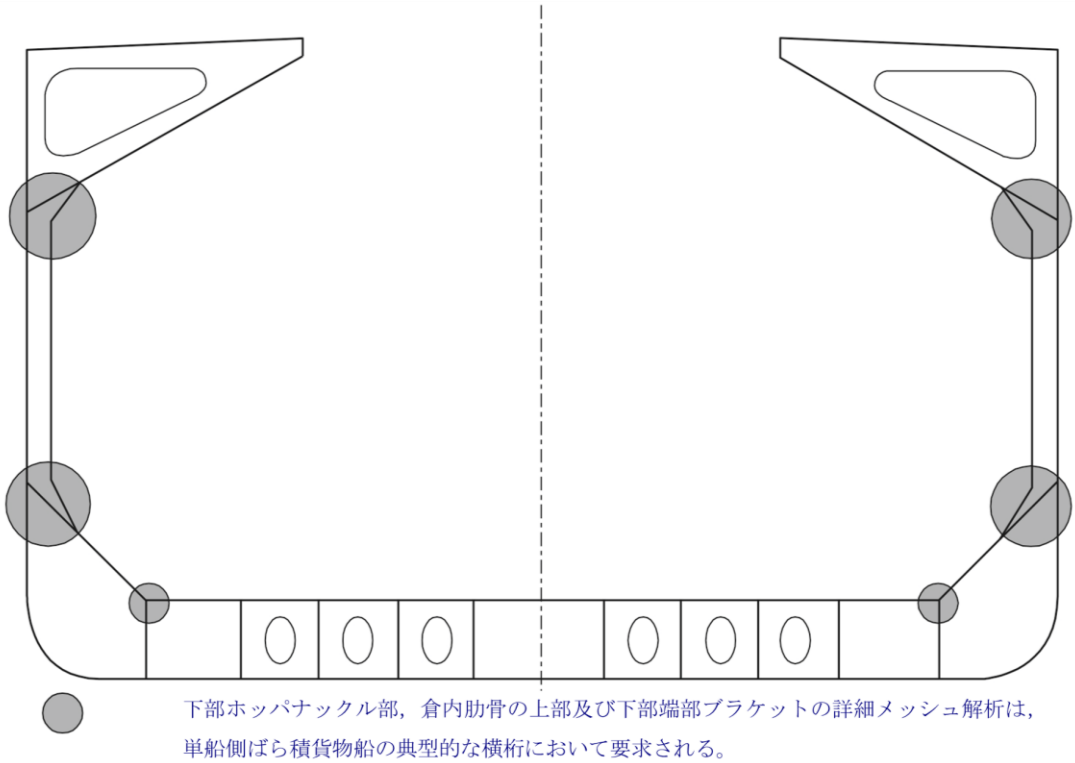


図 2　　単船側ばら積貨物船の上部ナックル部，倉内肋骨の上部及び下部端部ブラケットにおける必須評価箇所



2.1.4　大開口

7 章 2 節 2.4.9 に従って貨物倉モデルに形状のモデル化が要求される主要支持部材の大開口にあっては，詳細メッシュ解析により評価しなければならない。

詳細メッシュ解析を行う箇所は，貨物倉解析において大開口周辺の構造部材の降伏使用係数λ_yが最大となる箇所を選択しなければならない。

2.1.5　上甲板及び二重底の縦通防撓材と横隔壁構造との結合部

上甲板及び二重底の縦通防撓材と横隔壁構造（平板隔壁又は波形隔壁のいずれにおいても）との結合部にあっては，詳細メッシュ解析を行わなければならない。横隔壁構造とは，部分的なデッキガーダ及び部分的なボトムガーダといった横隔壁周辺の構造部材を含むものとする。

例として，次の構造部材を評価しなければならない。（**図 3** 参照）

- 内底板及び船底外板の縦通防撓材と横隔壁構造との結合部の内，少なくとも 1 組
- 内底板及び船底外板の縦通防撓材と横隔壁と隣り合うフロア周辺構造との結合部の内，少なくとも 1 組
- 上甲板の縦通防撓材（甲板の上方又は下方）と油密横隔壁の垂直構造との結合部の内，少なくとも 1 箇所
- 油密横隔壁上部の部分的なデッキガーダと油密横隔壁の垂直構造との結合部
- 油密横隔壁周辺の部分的なボトムガーダ及び油密横隔壁の垂直構造との結合部

解析対象とする縦通防撓材と垂直防撓材との結合部は，フロア及び横隔壁の間又は甲板横桁及び横隔壁の間に設けられる支持部材の最大相対変位に基づき選択しなければならない。防撓材の端部固着条件又は寸法につき著しい変更がある場合は，追加で結合部の解析を要求することがある。

船体中央部以外の貨物倉区域において，上記に示す結合部の寸法は，詳細メッシュ解析で同等の強度であることが証明されない限り，船体中央部の貨物倉区域に対して得られる要求寸法以上としなければならない。

2.1.6　波形隔壁と下部構造との結合部

波形隔壁と下部支持構造との結合部にあっては，詳細メッシュ解析を行わなければならない。例として，次の構造部材を評価しなければならない。（**図 4** 参照）

- 波形隔壁と下部スツールの棚板周辺の支持構造との結合部
- 下部スツールを設けない場合，波形隔壁と内底板を含む下部支持構造との結合部
- ガセットプレートを有するシェダープレートを下部スツール頂板に設ける場合，波形隔壁とガセットプレート上部コーナとの結合部

詳細メッシュ解析を行う箇所は，　貨物倉解析において波形隔壁結合部周辺で降伏使用係数λ_yが最大となる波形部（**8 章 4 節 3.3.2** 参照）を選択しなければならない。

波形隔壁の支持構造の配置につき著しい変更がある場合は，追加の解析を要求することがある。

波形縦通隔壁及び波形横隔壁の両方を持つ船にあっては，波形縦通隔壁と波形横隔壁との交差部であって，波形隔壁と下部スツール棚板（下部スツールを設けない船は内底板）周辺の支持構造との結合部に対して，詳細メッシュ解析を行わなければならない。

2.1.7　水平ストリンガのヒール部のブラケット

水平ストリンガのヒール部のブラケットは詳細メッシュ解析により評価しなければならない。二重船側，縦通隔壁及び横隔壁を含む当該ヒール部に隣接するすべての構造部材は許容基準を満足しなければならない。詳細メッシュ解析を行う箇所は，貨物倉解析において降伏使用係数λ_yが最大となる箇所の水平ストリンガのヒール部を選択しなければならない。ヒール部のブラケットと水平ストリンガの配置につき著しい変更がある場合は，追加の箇所の解析を要求することがある。

図 3　　二重底又は上甲板の縦通防撓材と横隔壁周辺構造との結合部における評価必須箇所の例

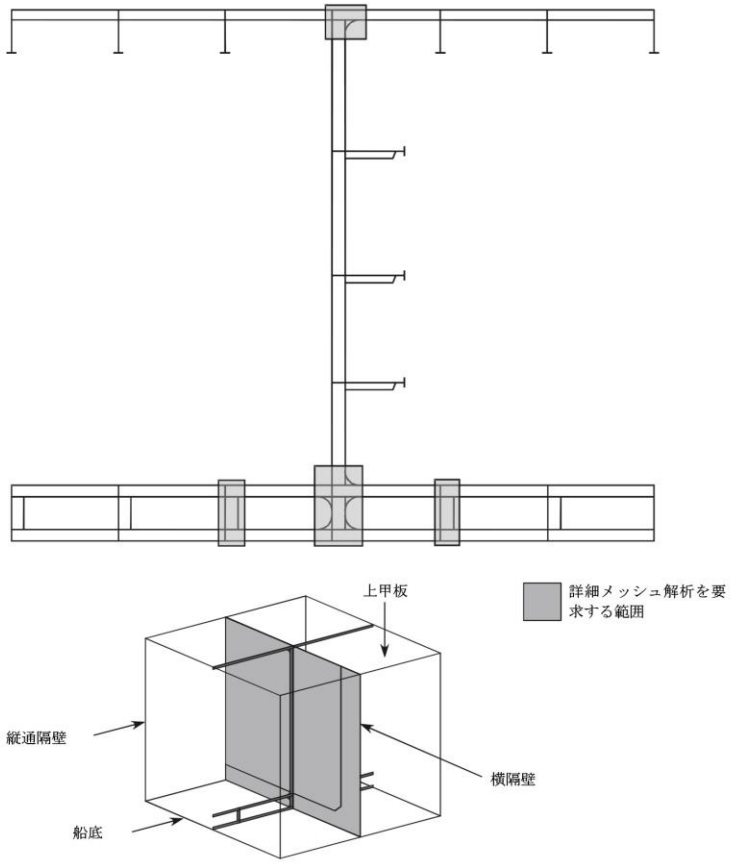
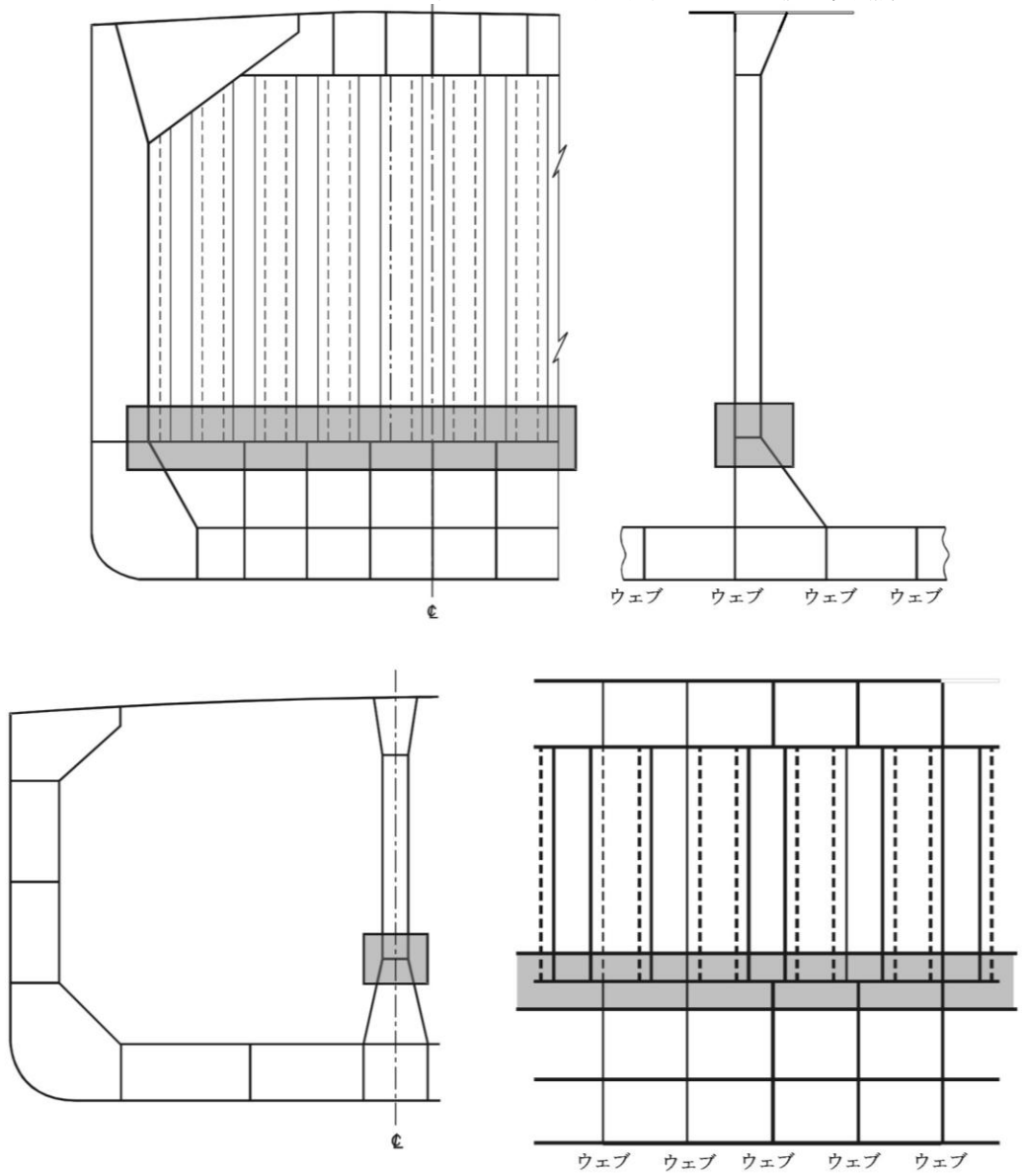


図 4　　波形隔壁と下部スツールとの結合部における評価必須箇所



3.　　スクリーニング手順

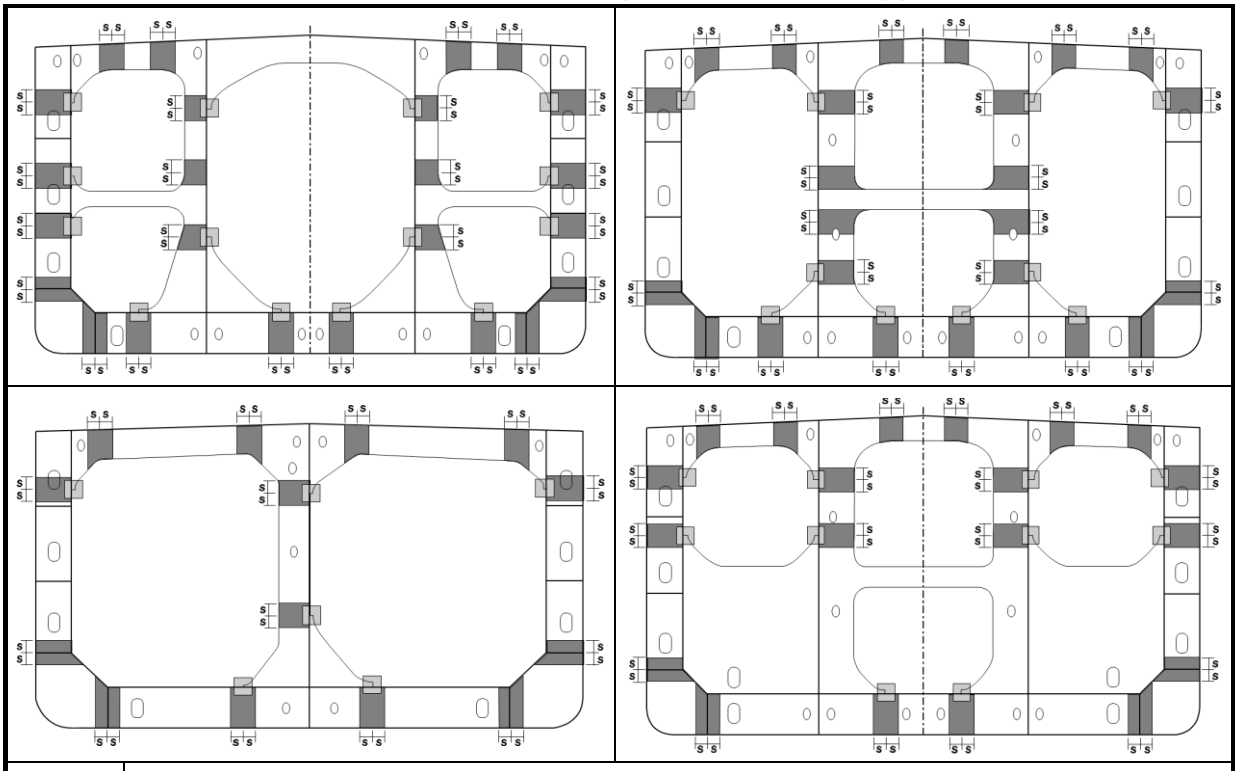
3.1　　スクリーニング範囲

3.1.1

スクリーニング手順の対象となる構造詳細は，次の範囲とする。

- **3.2.1** に規定する詳細部にあっては，全ての貨物倉区域内
- **3.2.2** に規定する詳細部にあっては，船体中央部の貨物倉区域以外の詳細部

表 1　　油タンカーの横桁のスクリーニング箇所



	ブラケット端部	
	開口部及びマンホール（影付き）	
	開口部及びマンホール（影無し）	下記の場合を除いて，開口部にスクリーニング評価を実施する。 ・ $h_o/h < 0.35$ かつ $g_o < 1.2$ ・ 半円を形成する開口部の各端部（すなわち，開口部の半径が $b/2$ の開口部の各端部）本基準はその大きさにかかわらず，スクリーニング評価を実施するマンホールには適用しない。 ここで，h_0，h 及び g_0 は，**7 章 2 節 2.4.9** の規定による。 b は，開口部の最小の長さ又は幅とする。

3.2　　構造詳細のリスト

3.2.1　　貨物倉区域

貨物倉区域内にあっては，次の構造詳細及び箇所に対して，スクリーニング評価を行わなければならない。

(a) 横桁（**表 1** 及び**表 2** 参照），水平ストリンガ（**表 3** 参照），二重底内のフロア及びガーダ等の主要支持部材のウェブに設けるマンホール及びモデル化する必要のない開口（**7 章 2 節 2.4.9** 参照）

(b) 横桁（**表 1** 及び**表 2** 参照），水平ストリンガ，二重底又はバットレスに結合する平板横隔壁（**表 3** 参照）に付くブラケット端部

(c) 横隔壁付ストリンガのヒール部（**表 3** 参照）

(d) 横隔壁下部スツールとボトムガーダとの結合部，縦通隔壁下部スツールとフロアとの結合部（**図 5** 参照）

(e) 下部ホッパ斜板と横隔壁下部スツール構造との結合部（**図 5** 参照）

(f) トップサイドタンク斜板と内側板との結合部（**図 6** 参照）

(g) 波形隔壁と上部スツールを含む上部支持構造との結合部（**図 7** 参照）

(h) ハッチコーミングの端部ブラケット，ハッチコーナ，ハッチエンドビームの結合部等のハッチコーナ周辺箇所（**図 8** 参照）

貨物区域内で同様の形状及び同様の位置関係にある各構造詳細の内，降伏使用係数λ_yが最大となる詳細部に対してスクリーニング評価を実施して差し支えない。

表 2　　ばら積貨物船の横桁におけるスクリーニング箇所

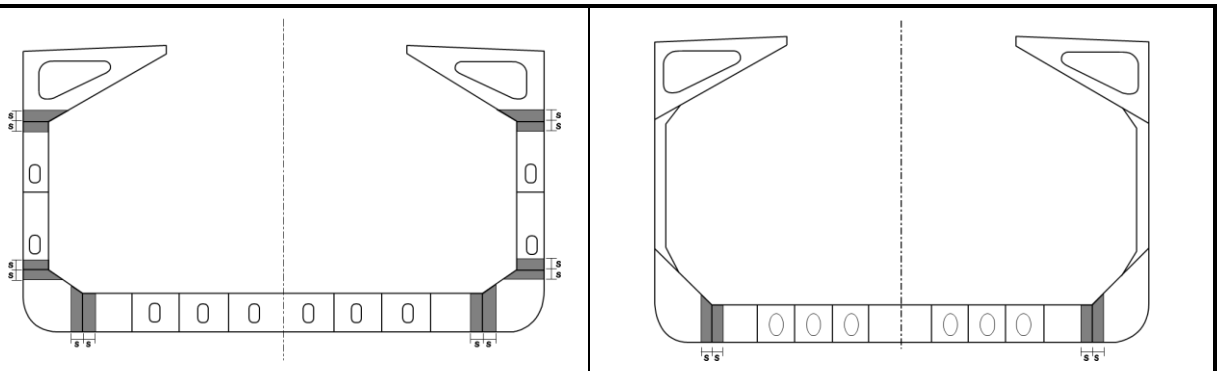
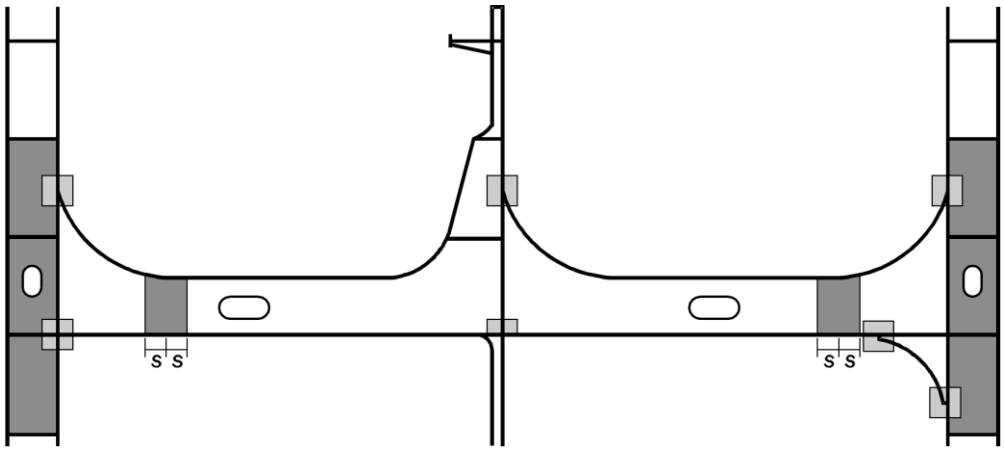
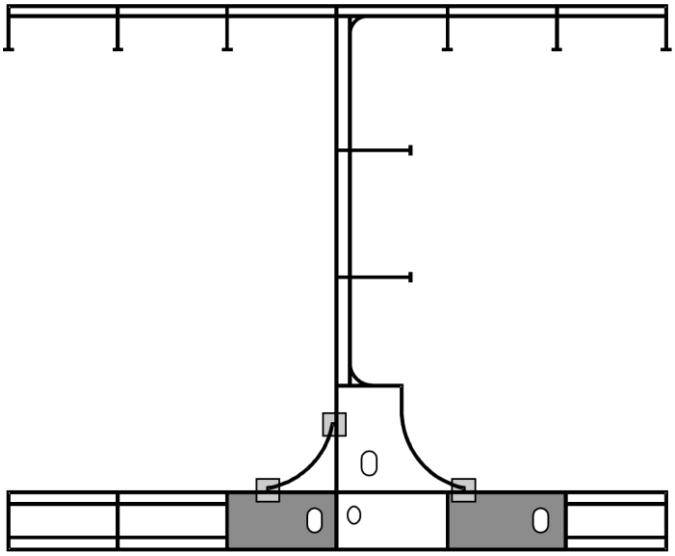
<table>
<tr><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">ブラケット端部</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">開口部及びマンホール（影付き）</td></tr>
<tr><td></td><td>開口部及びマンホール（影無し）</td><td>下記の場合を除いて，開口部にスクリーニング評価を実施する。
・ $h_o/h < 0.35$ かつ $g_o < 1.2$
・ 半円を形成する開口部の各端部（すなわち，開口部の半径が $b/2$ の開口部の各端部）本基準はその大きさにかかわらず，スクリーニング評価を実施するマンホールには適用しない。
ここで，h_0，h 及び g_0 は，7 章 2 節 2.4.9 の規定による。b は，開口部の最小の長さ又は幅とする。</td></tr>
</table>

表 3　　油タンカーの水平ストリンガ及び横隔壁と二重底との結合部におけるスクリーニング箇所





	ブラケット端部及びヒール部	
	開口部及びマンホール（影付き）	
	開口部及びマンホール（影無し）	下記の場合を除いて，開口部にスクリーニング評価を実施する。 ・ $h_o/h < 0.35$ かつ $g_o < 1.2$ ・ 半円を形成する開口部の各端部（すなわち，開口部の半径が $b/2$ の開口部の各端部）本基準はその大きさにかかわらず，スクリーニング評価を実施するマンホールには適用しない。 ここで，h_0，h 及び g_0 は，**7 章 2 節 2.4.9** の規定による。b は，開口部の最小の長さ又は幅とする。

図 5　　下部スツールと内底板及びホッパタンク斜板との結合部におけるスクリーニング箇所

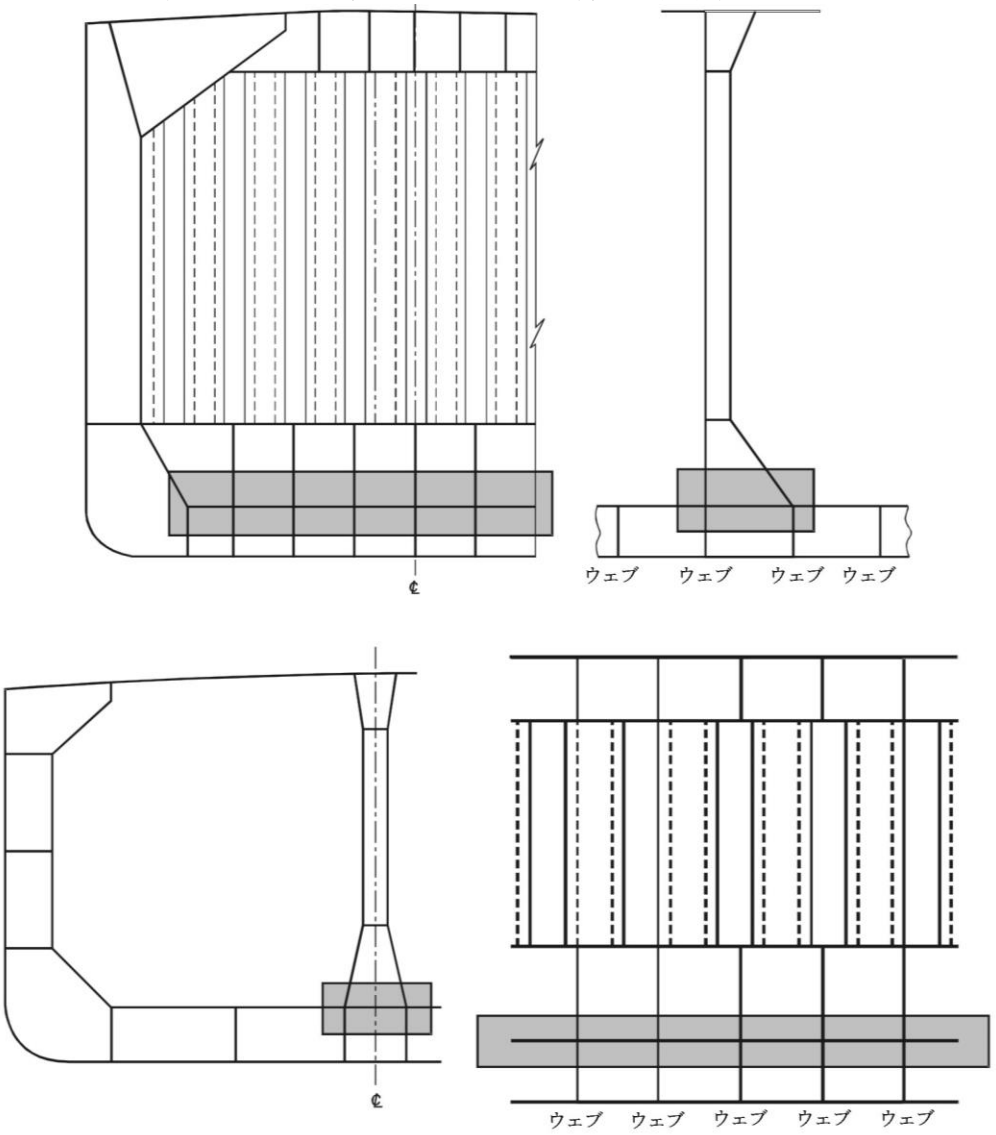


図 6　　トップサイドタンクと二重船側の結合部におけるスクリーニング箇所

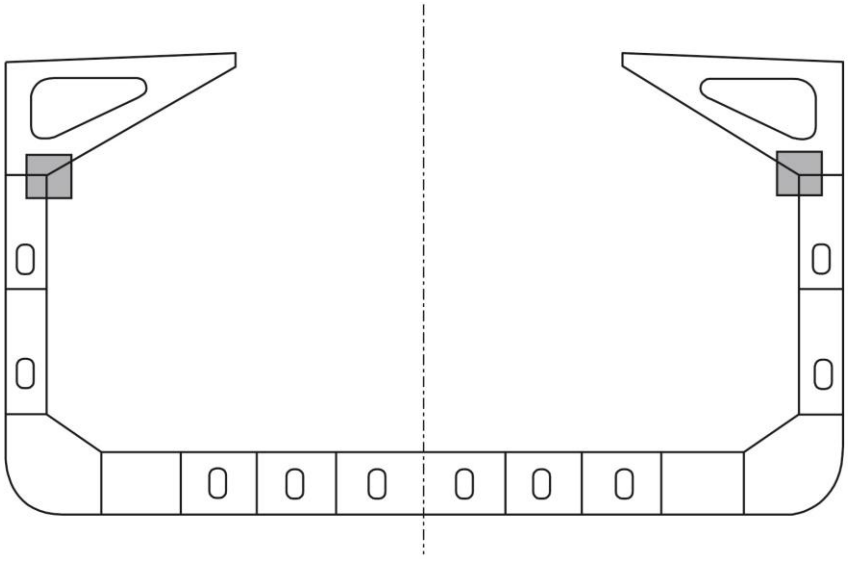


図 7　　波形隔壁と上部スツールを含む上部支持構造との結合部におけるスクリーニング箇所

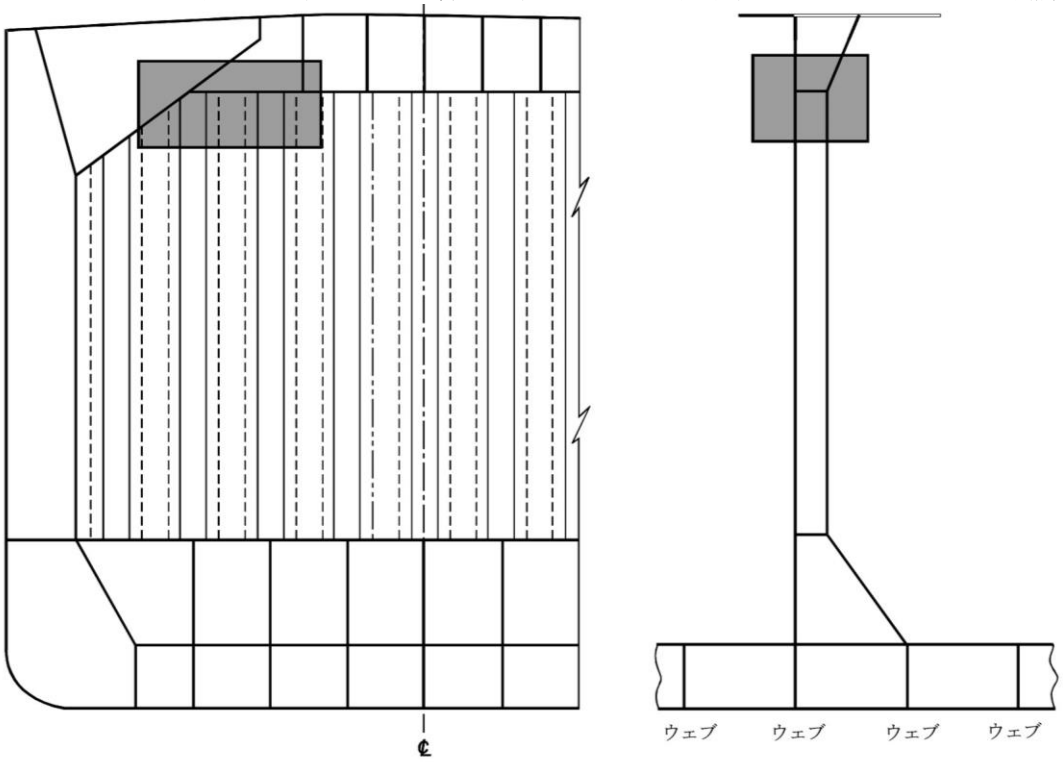
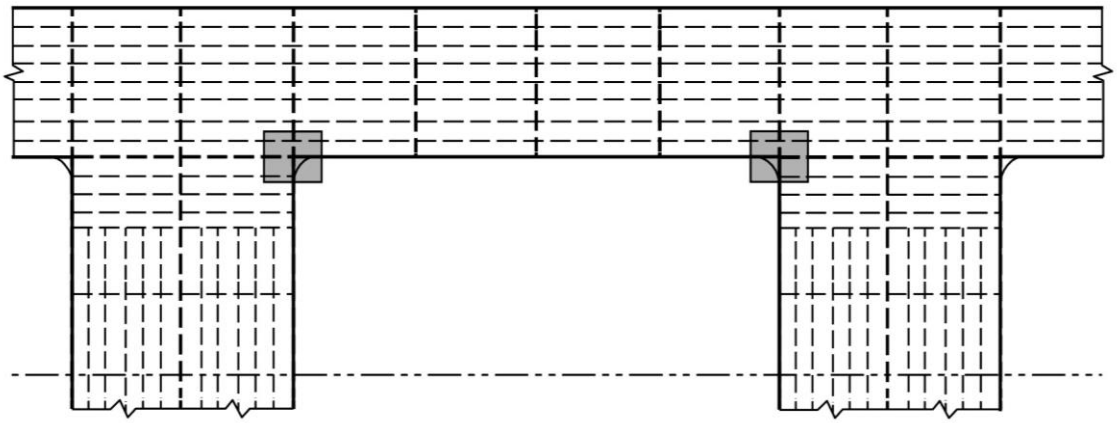


図 8　　ばら積貨物船のハッチコーナにおけるスクリーニング箇所



3.2.2　船体中央部の貨物倉区域以外

船体中央部の貨物倉区域以外にあっては，次の構造詳細に対して，スクリーニング評価を行わなければならない。

(a)　ホッパナックル部（**2.1.2** 及び **2.1.3** 参照）

(b)　倉内肋骨の端部ブラケット（**2.1.3** 参照）

(c)　大開口（**2.1.4** 参照）

(d)　波形隔壁と隣接構造との結合部（**2.1.6** 参照）

(e)　水平ストリンガのヒール部のブラケット（**2.1.7** 参照）

スクリーニング評価を行う隣接構造と波形隔壁との結合部及び水平ストリンガのヒール部のブラケットは，船体中央部の貨物倉区域内の詳細メッシュモデルにおける詳細部の形状及び位置関係を類似させなければならない。

船体中央部の貨物倉区域以外における隣接構造と波形隔壁との結合部及び水平ストリンガのヒール部のブラケットは，船体中央部の貨物倉区域内の詳細メッシュモデルにおいて対応する詳細部と異なる場合は，同じ形状及び位置関係を持ち，降伏使用係数λ_yが最大となる箇所に位置する詳細部に対して，詳細メッシュ解析を行わなければならない。

本会が必要と認める場合，**1.1.3** に従った詳細メッシュ解析を要求することがある。

3.3 スクリーニング基準

3.3.1 スクリーニング係数及び許容スクリーニング係数

スクリーニング係数λ_{sc}及び許容スクリーニング係数λ_{scperm}は，**3.1** に規定するスクリーニング箇所に対して，**表 4** のとおり与えられる。

表 4 スクリーニング係数及び許容スクリーニング係数

詳細部の種類	スクリーニング係数λ_{sc}	許容スクリーニング係数λ_{scperm}	
貨物倉区域内全体		*S*+*D*	*S*
横桁（**表 1** 及び**表 2** 参照），ストリンガ，二重底内のフロア及びガーダ（**表 3** 参照）等の主要支持部材のウェブに設ける，**7 章 2 節 2.4.9** の規定により貨物倉モデルにモデル化する必要のない開口	**表 5**	1.70	1.36
マンホール(2)	λ_y	$0.85\lambda_{yperm}$	
横桁（**表 1** 及び**表 2** 参照），水平ストリンガ，二重底又はバットレスに結合する平板横隔壁（**表 3** 参照）に付くブラケット端部	**表 6**	1.50	1.20
横隔壁付ストリンガのヒール部（**表 3** 参照）	**表 7**	1.50	1.20
横隔壁下部スツールとボトムガーダとの結合部，縦通隔壁下部スツールとフロアとの結合部（**図 5** 参照） 下部ホッパ斜板と横隔壁下部スツール構造との交差部（**図 5** 参照） トップサイドタンク斜板と内側板との結合部（**図 6** 参照） 波形隔壁と上部スツールを含む上部支持構造との結合部（**図 7** 参照）	λ_y	$0.75\lambda_{yperm}$	
ハッチコーナ周辺箇所	λ_y	$0.95\lambda_{yperm}$	
船体中央部の貨物倉区域以外			
ホッパナックル部	λ_y	$0.65\lambda_{yperm}$	
倉内肋骨の端部ブラケット		$0.85\lambda_{yperm}$	
大開口(2)		$0.85\lambda_{yperm}$	
波形隔壁と隣接構造との結合部及び水平ストリンガのヒール部のブラケット	$\lambda_{sc}=\frac{K_{sc}\cdot\sigma_c}{R_y}$ (1)	1.50 f_f	1.20f_f

λ_y： コースメッシュ解析における降伏使用係数（**7 章 2 節 5.2.4** 参照）

λ_{yperm}：コースメッシュ解析における許容降伏使用係数（**7 章 2 節 5.2.4** 参照）

K_{sc}： スクリーニングの応力集中係数で，次による。

$$K_{sc}=\frac{\sigma_{FM}}{\sigma_{CM}}$$

σ_{FM}： **2** に従って船体中央部の貨物倉区域内で計算した，考慮する詳細部における詳細メッシュ要素のミーゼス応力（N/mm^2）

σ_{CM}： **7 章 2 節**に従って船体中央部の貨物倉区域内で計算した，考慮する詳細部におけるコースメッシュ要素のミーゼス応力（N/mm^2）

σ_C： 考慮する詳細部におけるコースメッシュ要素のミーゼス応力（N/mm^2）

f_f ： 疲労に対する係数（**6.2.1** 参照）

(1) 各スクリーニング箇所について，σ_{FM}及びσ_{CM}は同一平面内の対応する要素から求めなければならない。

(2) マンホール及び大開口周りの降伏使用係数が最大となる代表的な要素は，基準に対して検証しなければならない。

表 5　　主要支持部材の開口部に対するスクリーニング係数

λ_{sc} ：　スクリーニング係数で，次による。

$$\lambda_{sc} = 0.85C_h\left(|\sigma_x + \sigma_y| + \left(2 + \left(\frac{\ell_0}{2r}\right)^{0.74} + \left(\frac{h_0}{2r}\right)^{0.74}\right)|\tau_{xy}|\right)\frac{k}{235}$$

C_h：　係数で，次による。(2)

・　主要支持部材のウェブの開口部に対して

$$C_h = 1.0 - 0.23\left(\frac{h_0}{h}\right) + 2.12\left(\frac{h_0}{h}\right)^2$$

・　主要ブラケット及びバットレスの開口部に対して（下図参照）

$C_h = 1.0$

r：　開口部半径（mm）

h_0：　開口部高さ（mm）

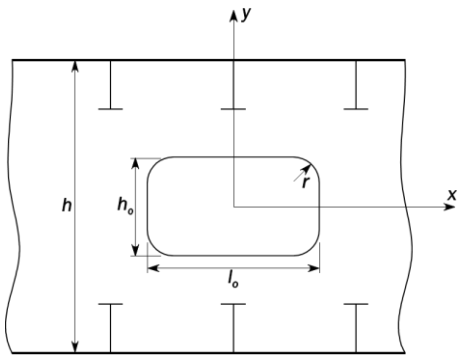
ℓ_0：　開口部長さ（mm）

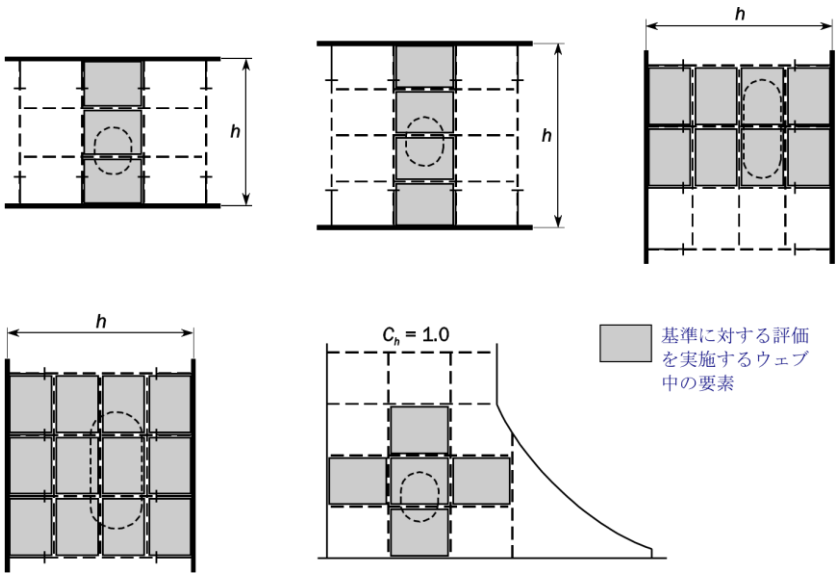
h　：　開口部のあるガーダのウェブ高さ（mm）

σ_x ：　貨物倉有限要素解析から得られる，下図に示す座標系の X 方向の要素軸応力（N/mm^2）

σ_y：　貨物倉有限要素解析から得られる，下図に示す座標系の Y 方向の要素軸応力（N/mm^2）

τ_{xy}：　貨物倉有限要素解析から得られる要素せん断応力(1)（N/mm^2）





(1)　降伏使用係数を用いたスクリーニング評価に先立ち，要素せん断応力は **7 章 2 節 5.2.6** の算式により調整しなければならない。

(2)　**7 章 2 節 2.4.9** に従って開口の形状をモデル化することが要求される場合，応力レベルを評価するために詳細メッシュ有限要素解析を行わなければならない。この場合，スクリーニング基準は適用されない。

表 6　　主要支持部材のブラケット端部に対するスクリーニング係数

λ_{sc}：　スクリーニング係数で，次による。

$$\lambda_{sc} = C_a\left(0.68\left(\frac{b_2}{b_1}\right)^{0.5}\sigma_{vm} + 0.50\left(\frac{A_{beam-n50}}{b_1 t_{n50}}\right)^{0.5}|\sigma_{beam}|\right)\frac{k}{235}$$

C_a：　係数で，次による。

$$C_a = 1.0 - 0.2\left(\frac{R_a}{1400}\right)^2$$

b_1, b_2：　貨物倉有限要素モデルにおけるブラケット端部のシェル要素の高さ（mm）

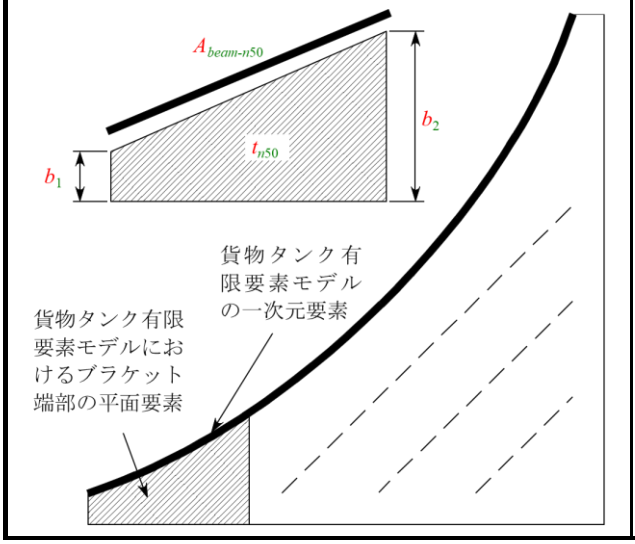
$A_{beam\text{-}n50}$：貨物倉有限要素モデルにおいて，ブラケットの面材をモデル化したビーム又はロッド要素の断面積（mm^2）

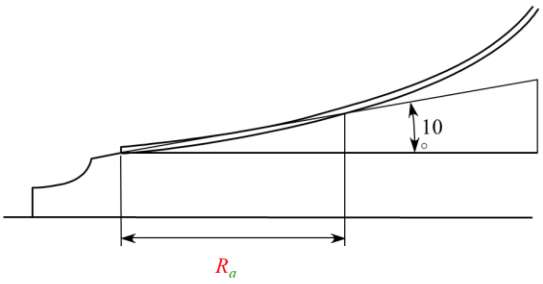
σ_{beam}：　貨物倉有限要素解析から得られるビーム又はロッド要素の軸応力（N/mm^2）

σ_{vm}：　貨物倉有限要素解析から得られるブラケット端部のシェル要素のミーゼス応力（N/mm^2）

t_{n50}：　ブラケット端部におけるシェル要素のネット板厚（mm）

R_a：　下図に示すブラケット端部の長さ（mm）。ただし，1400mm を超えてはならない。





3.3.2　　スクリーニング基準

3.1 に規定する箇所において，**5** で適用される全ての有限要素解析の荷重組合せに対して計算する応力は，次のスクリーニング基準により評価しなければならない。

$\lambda_{sc} \leq \lambda_{scperm}$

λ_{sc}：　**3.3.1** に規定するスクリーニング係数

λ_{scperm}：　**3.3.1** に規定する許容スクリーニング係数

スクリーニング基準を満足しない箇所については，当該構造詳細の詳細メッシュ解析が要求され，**1.1.3** に従って行わなければならない。

表 7　　横隔壁付ストリンガのヒール部に対するスクリーニング係数

λ_{sc}：　スクリーニング係数で，次による。

・　船側水平ガーダ及び横隔壁付ストリンガのヒール部に対して（下図の 1，2，3 の箇所）

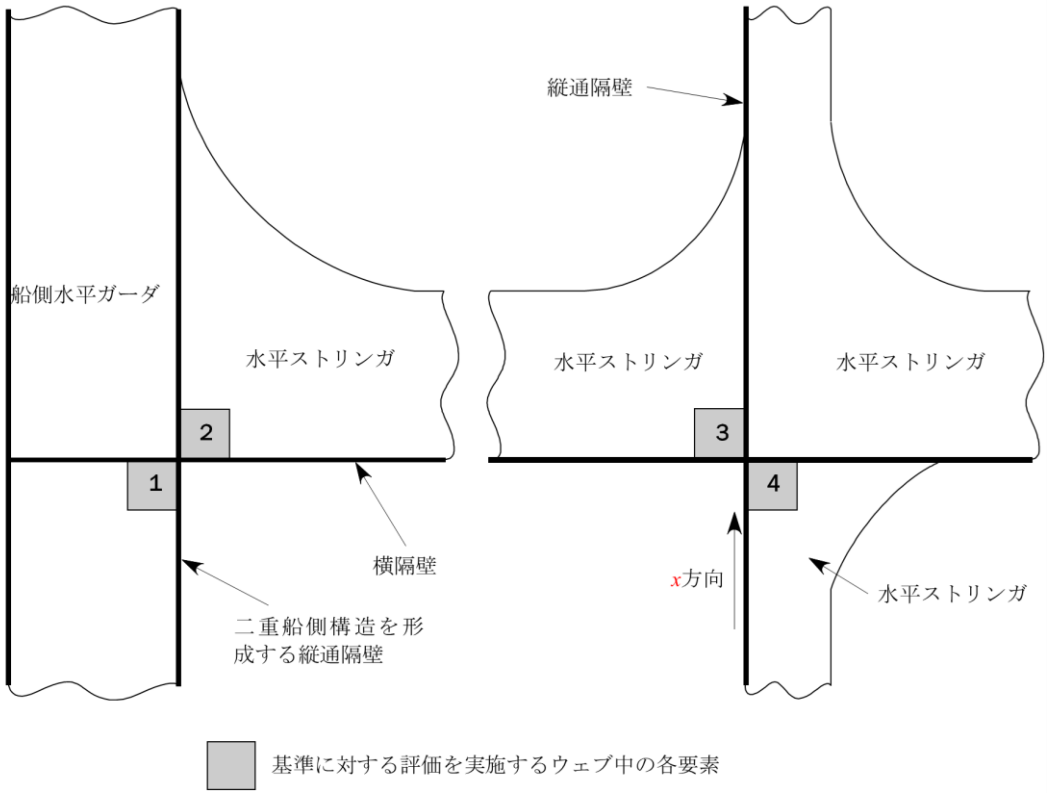
$$\lambda_{sc} = 1.67\sigma_{vm}\frac{k}{235}$$

・　縦通隔壁付ストリンガのヒール部に対して（下図の 4 の箇所）

$$\lambda_{sc} = 3.2|\sigma_x|\frac{k}{235}$$

σ_x：　貨物倉有限要素法解析から得られる，下図に示す座標系の x 方向の要素軸応力（N/mm^2）

σ_{vm}：　貨物倉有限要素解析から得られる，ストリンガのヒール部におけるシェル要素のミーゼス応力（N/mm^2）



	基準に対する評価を実施するウェブ中の各要素

4.　船体構造のモデル化

4.1　一般

4.1.1

詳細応力を評価する場合にあっては，高応力部に対して詳細有限要素メッシュを用いる必要がある。当該詳細メッシュ解析は，貨物倉モデルに詳細メッシュを埋め込んだモデルにより行うことができる。また，貨物倉モデルから得られる境界条件を適用し，詳細メッシュを用いた個別の有限要素モデルを用いても差し支えない。

4.2　モデル化範囲

4.2.1

個別の局部有限要素モデルを用いる場合，そのモデル化範囲は，検討対象領域にて算定した応力が境界条件によって著しく影響を受けないように考慮して決定しなければならない。詳細メッシュモデルの境界は，貨物倉モデルの横桁，ガーダ，ストリンガ及びフロア等の主要支持部材と一致させなければならない。

4.3 メッシュサイズ

4.3.1

詳細メッシュ領域におけるメッシュサイズは，50*mm*×50*mm* 以下としなければならない。

4.3.2

詳細メッシュ領域は検討箇所から全方位に 10 要素以上広げなければならない。詳細メッシュ領域から詳細メッシュモデルの境界へのメッシュサイズの移行は滑らかに変化するよう考慮しなければならない。

4.4 要素

4.4.1

詳細メッシュ領域内の全ての板構造は，シェル要素によりモデル化しなければならない。詳細メッシュ領域内の要素のアスペクト比は，できる限り 1 に近くなるようにしなければならない。詳細メッシュ領域内のメッシュサイズのばらつき及び三角形要素の使用は避けなければならない。いかなる場合においても，詳細メッシュモデル内の要素のアスペクト比は 3 以下としなければならない。要素の角度が 45 度より小さい又は 135 度より大きい要素は使用してはならない。詳細メッシュ領域内の防撓材はシェル要素を用いてモデル化しなければならない。詳細メッシュ領域外の防撓材にあっては，ビーム要素を用いてモデル化して差し支えない。

4.4.2

詳細メッシュ解析を，単船側ばら積貨物船の倉内肋骨の端部結合部を含む，主要ブラケット端部結合部に適用する場合，詳細メッシュ領域は評価対象箇所から全方位に少なくとも 10 要素広げなければならない。（**図 9** 参照）

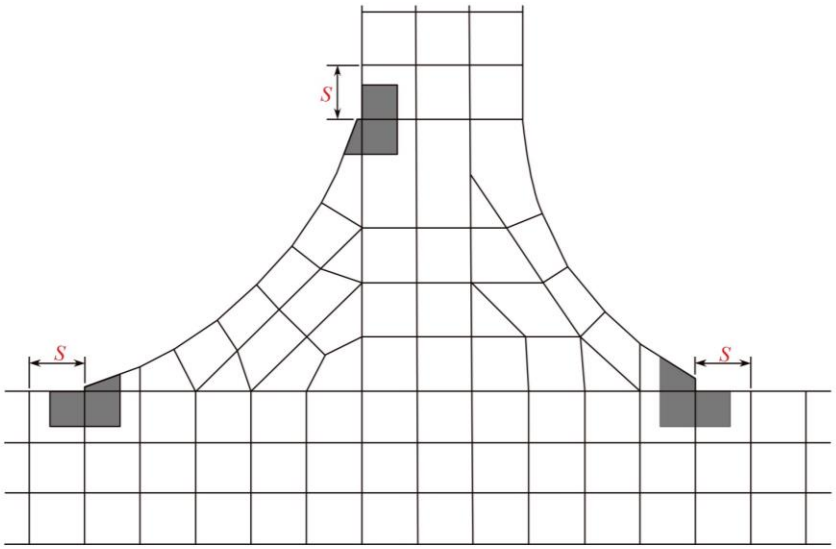
4.4.3

詳細メッシュ解析を開口部に適用する場合，開口に沿った要素で自由端から二層目まではメッシュサイズを 50*mm*×50*mm* 以下としなければならない。詳細メッシュから通常のメッシュサイズへの移行は滑らかに変化するよう考慮しなければならない。開口の自由端に直接溶接された防撓材はシェル要素でモデル化しなければならない。開口に隣接するウェブ防撓材は，開口の自由端から少なくとも 50*mm* 離れた位置であればロッド又はビーム要素を用いてモデル化してもよい。開口周りの詳細メッシュ領域の例を**図 10** に示す。

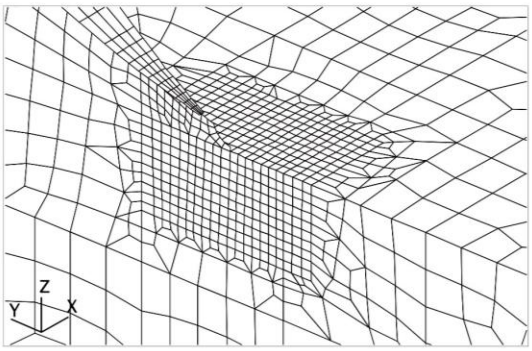
4.4.4

開口部，主要支持部材及びそのブラケットに付く面材は，少なくとも面材の片幅で 2 要素に分割してモデル化しなければならない。

図 9　　ブラケット端部における詳細メッシュ領域



詳細メッシュ領域
要素サイズ　≤50*mm*×50*mm*
範囲―全方向に少なくとも 10 要素分
面材は平面要素でモデル化すること。



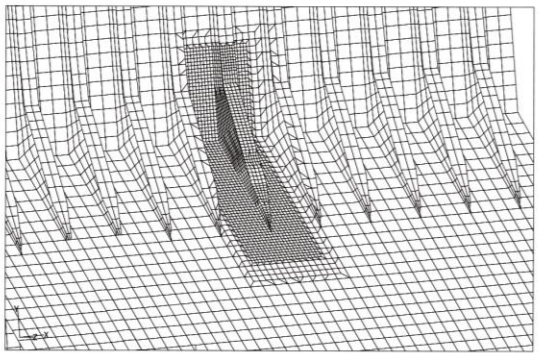
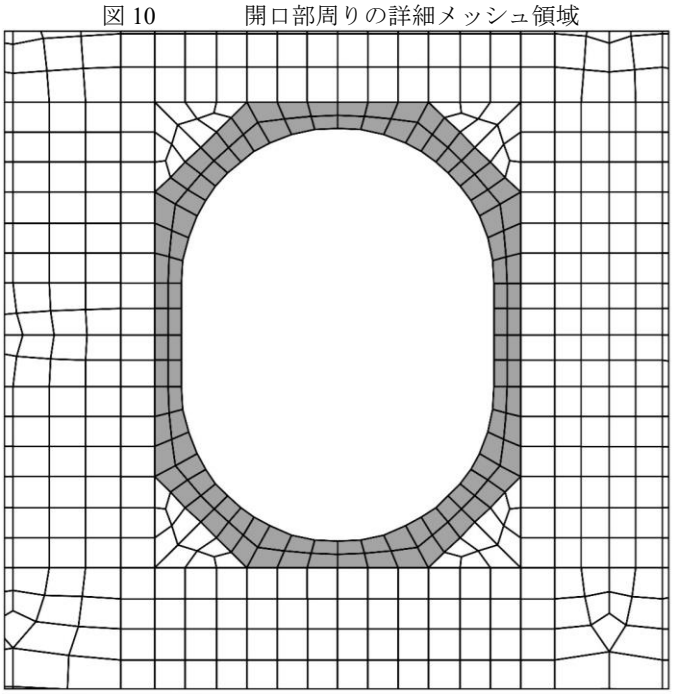


図 10　　開口部周りの詳細メッシュ領域



詳細メッシュ領域
要素サイズ　≤50*mm*×50*mm*

4.5 横桁

4.5.1

4.2 から 4.4 の規定に加えて，本節のモデル化の要件にあっては，典型的な横桁の詳細メッシュ解析に適用する。

4.5.2

有限要素サブモデルを用いる場合，モデル化の範囲は少なくとも 1+1 横桁間隔分とすること。すなわち，検討対象とする横桁の前後にそれぞれ 1 横桁間隔分拡張すること。ばら積貨物船にあっては，横桁間隔はトップサイドタンク及びホッパタンクの横桁間隔の内，大きい方とする。検討箇所の前後の横桁は，当該サブモデルに含める必要はない。

4.5.3

船の全深さ及び全幅にわたって，モデル化しなければならない。（図 11 参照）

図 12 に垂直桁板下部及びその裏当てブラケットの有限要素メッシュの拡大図を示す。

図 11　横桁結合部及び開口部の詳細メッシュ解析に用いる局部モデルの範囲の例

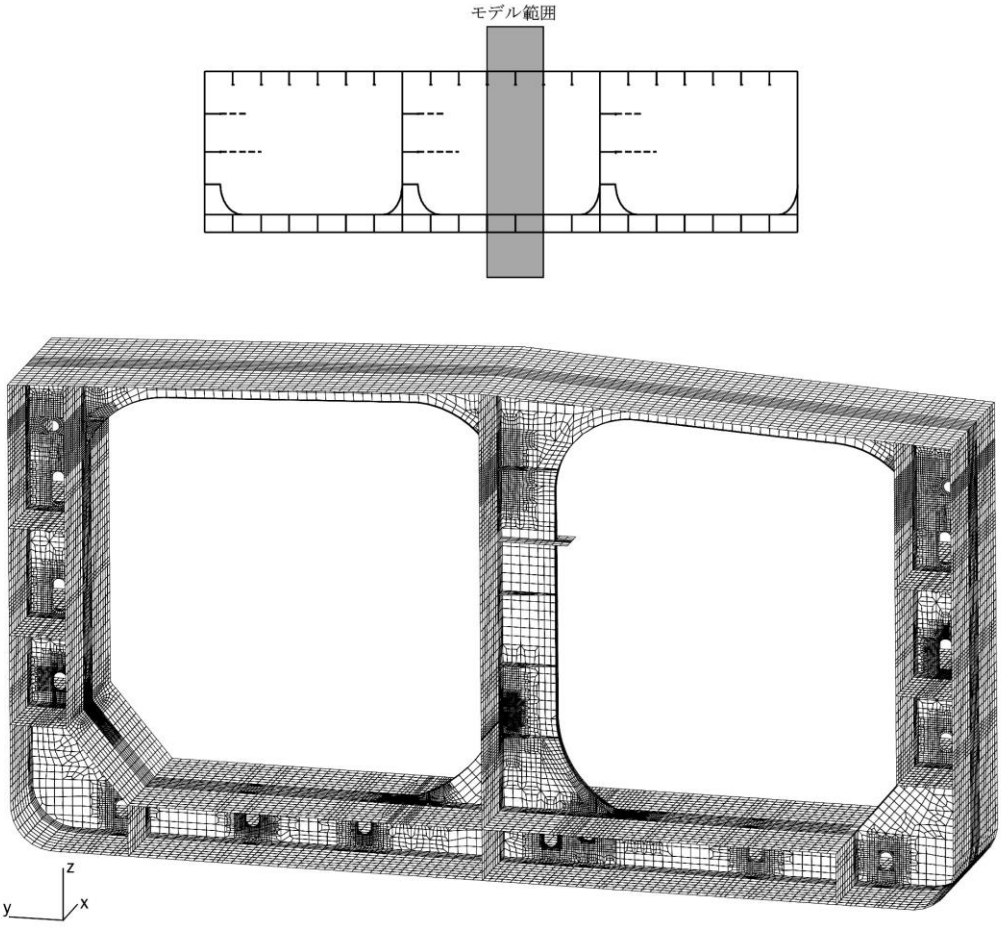
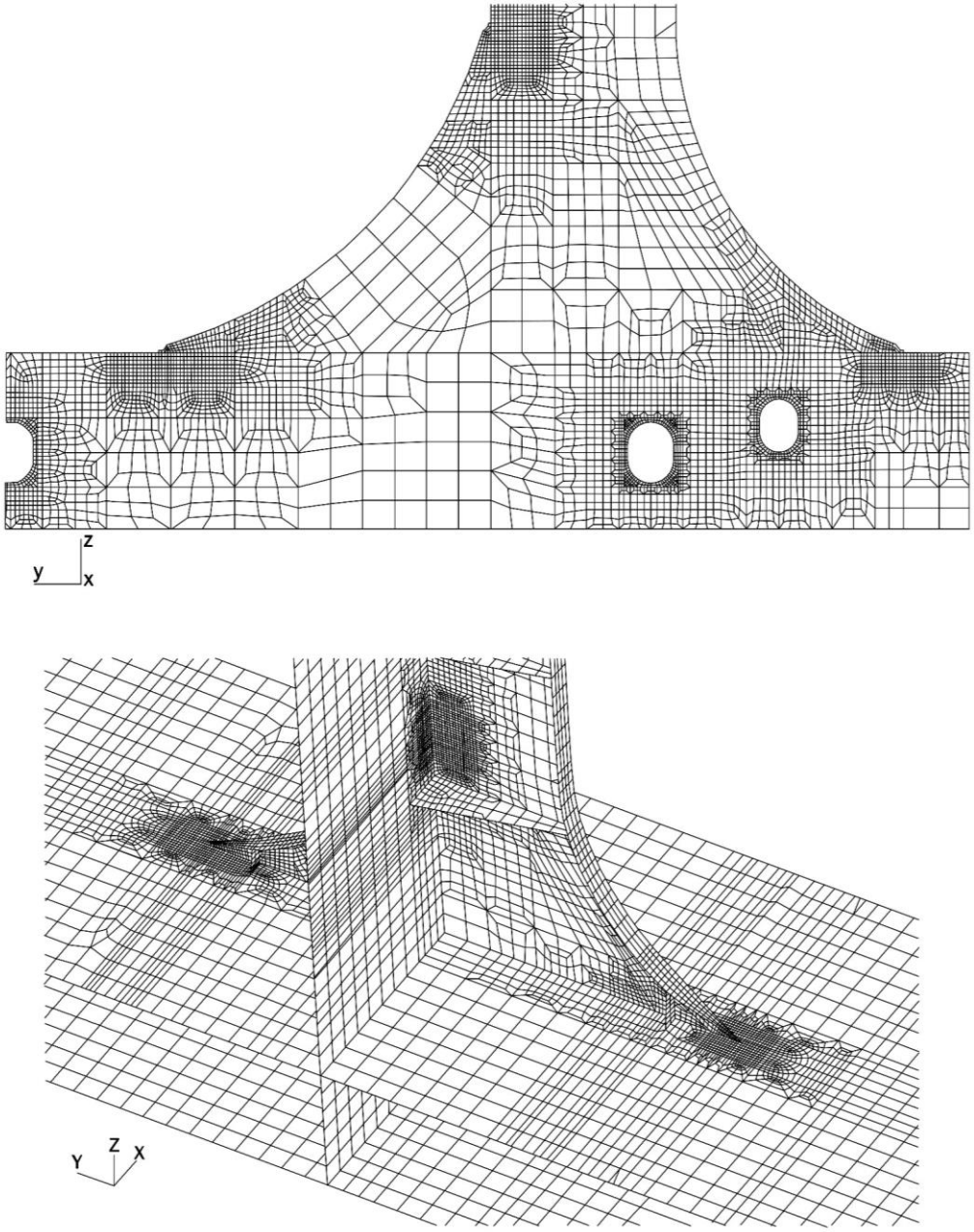


図 12　　横桁下部における有限要素メッシュの拡大図



4.6　　横隔壁付ストリンガ，バットレス及び隣接する横桁

4.6.1

4.2 から 4.4 の規定に加えて，本節のモデル化の要件にあっては，横隔壁構造及びそれに隣接して配置する横桁の詳細メッシュ解析に適用する。

4.6.2

横隔壁，水平ストリンガ，横桁，上甲板及び二重底構造の構造的な相互作用を考慮して，有限要素局部モデルは全船体横断面をモデル化することが望ましい。当該モデルの端部は，少なくとも検討対象部から長さ方向前後に 1 横桁間隔分をモデル化すること。（図 13 参照）

4.6.3

それぞれの構造部材を別々に解析するため，図 14 に示すように複数の局部モデルを使用して差し支えない。横隔壁付ストリンガの解析にあっては，船の全幅をモデル化しなければならない。バットレスの解析にあっては，局部モデルの範囲は少なくとも 4+4 縦通防撓材心距分とすること。すなわち，バットレスの両側それぞれ 4 縦通防撓材心距分をモデル化すること。

図 13　　横隔壁及び隣接構造の詳細メッシュ解析に用いる局部モデルの例

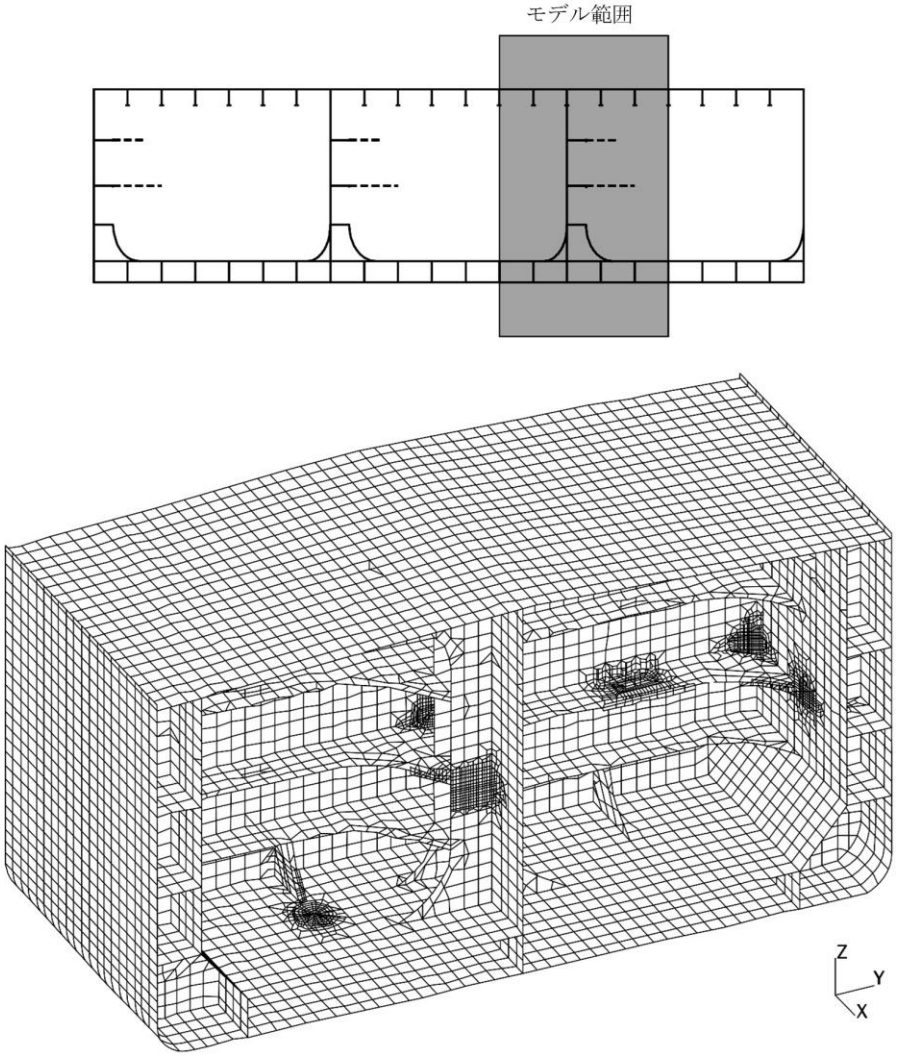
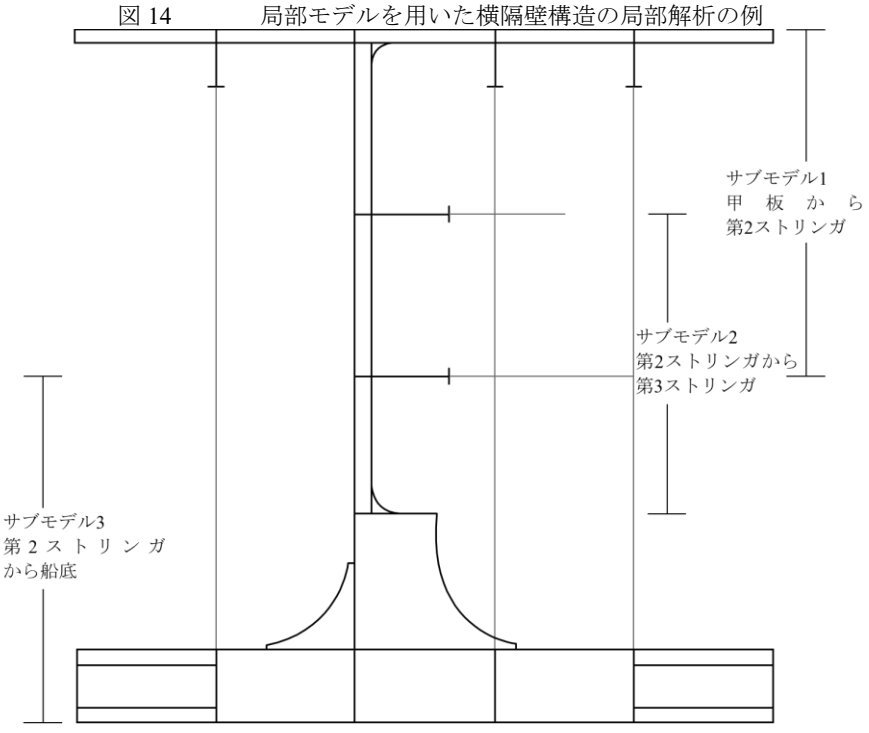


図 14　　局部モデルを用いた横隔壁構造の局部解析の例



4.6.4

図 15 に横隔壁付ストリンガの有限要素メッシュ図を示す。また，**図 16** に横隔壁と二重底のバットレス結合部及び開口部に対する詳細メッシュ解析用の局部モデルを示す。

図 15　　横隔壁付ストリンガの有限要素メッシュの例

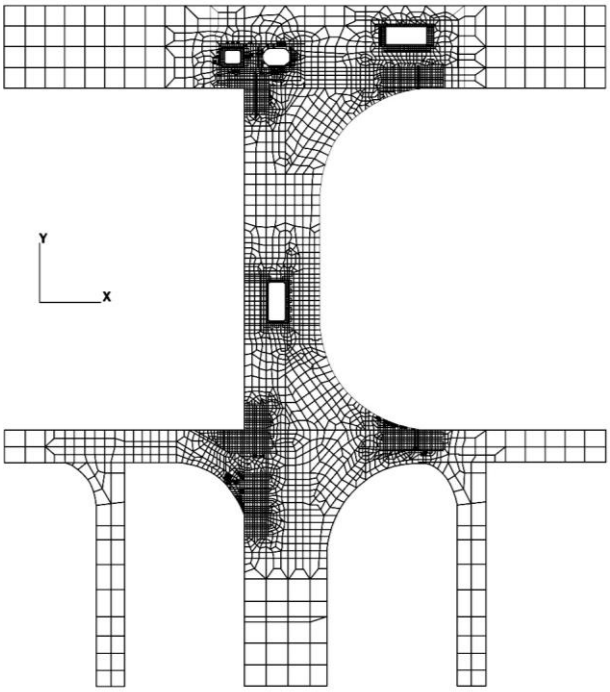
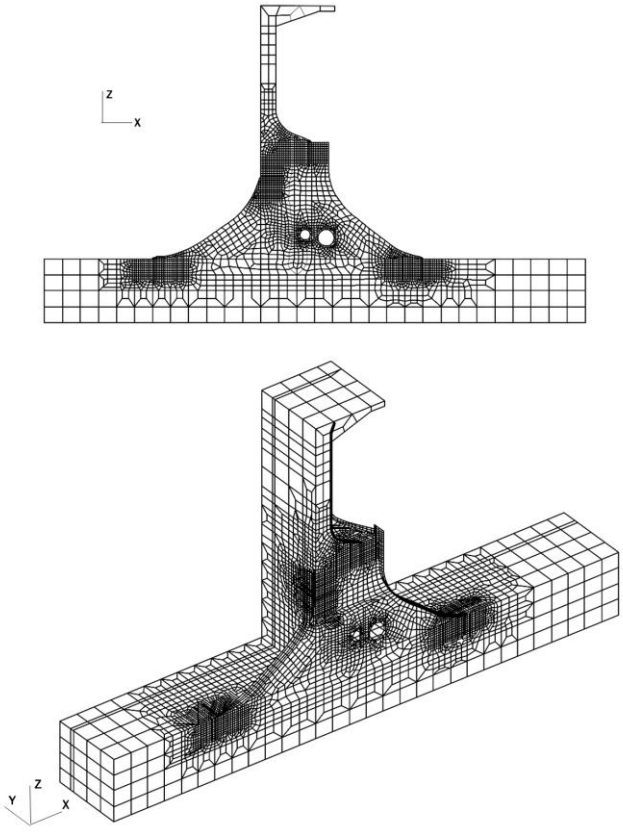


図 16　　隔壁と二重底構造間のバットレス結合部の解析に用いる局部モデルの例
（左舷側半分を図示する）



4.7 上甲板及び二重底の縦通防撓材並びに横隔壁付垂直防撓材

4.7.1

4.2 から 4.4 の規定に加えて，本節のモデル化の要件にあっては，縦通防撓材と垂直防撓材との端部結合部及びそれに付く防撓材の詳細メッシュ解析に適用する。

4.7.2

局部有限要素モデルを用いる場合にあっては，当該モデルの端部は，少なくとも検討箇所から長さ方向前後に 2 横桁間隔分をモデル化しなければならない。また，幅方向には，少なくとも 2+2 縦通防撓材心距分をモデル化しなければならない。図 17 に上甲板及び二重底の縦通防撓材並びに横隔壁付垂直防撓材の長さ方向の詳細メッシュ解析用局部モデルの範囲を示す。

4.7.3

詳細メッシュ領域の外側の縦通防撓材のウェブは，少なくともその深さ方向に 3 要素に分割すること。また，同様のサイズの要素を船底外板及び内底板に用いること。縦通防撓材のフランジ及びブラケットの面材は少なくとも面材の片幅で 2 要素に分割してモデル化すること。

4.7.4

メッシュサイズ及び詳細メッシュ領域の範囲は，4.3.1 の規定によらなければならない。（図 17 参照）

4.8 波形隔壁

4.8.1

4.2 から 4.4 の規定に加えて，本節のモデル化の要件にあっては，波形隔壁と下部スツールとの結合部及び下部スツールと内底板との結合部の詳細メッシュ解析に適用する。

4.8.2

局部モデルの最小モデル化範囲は，次の規定による。（図 18 参照）

(a) 垂直方向に対し，局部モデルは船底から隔壁と下部スツール上面との結合部から上方に少なくとも $2m$ の位置までモデル化しなければならない。局部モデルの上部境界は，境界上に変位を与えるため，貨物倉有限要素モデルの水平メッシュ線と一致させなければならない。（4.2 参照）

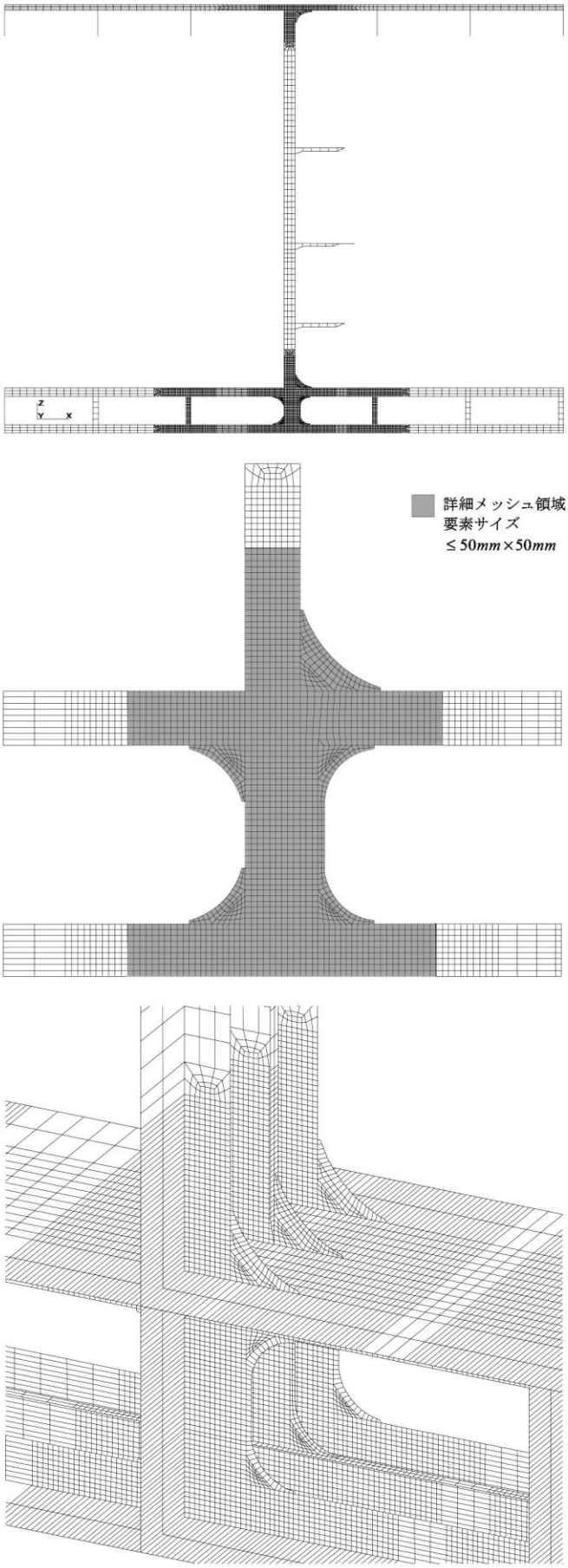
(b) 波形横隔壁に対して，局部モデルは詳細メッシュ領域の両側に隣接する下部スツールのダイヤフラム板までモデル化しなければならない（すなわち，局部モデルは下部スツールの 2 ウェブ／2 ダイヤフラム間隔を含むこと）。また，モデル両端のダイヤフラム板はモデル化する必要はない。

(c) 波形縦通隔壁に対して，局部モデルは詳細メッシュ領域の両側の隣接する横桁までモデル化しなければならない（すなわち，サブモデルは 2 フレームスペースを含むこと）。また，モデル両端の横桁はモデル化する必要はない。

(d) 波形隔壁と下部スツールとの結合部が横隔壁と縦通隔壁との交差部に近接した位置にある場合，局部モデルはダイヤフラム板（船幅方向）及び横桁（船長方向）の範囲内にある構造部材について関連の有無にかかわらず詳細にモデル化しなければならない。また，局部モデルは横隔壁スツールと縦通隔壁スツールとの交差部から外側に少なくとも 1 ダイヤフラム板及び 1 横桁までモデル化しなければならない。

(e) 下部スツールと内底板との結合部に対して，内底板，下部スツール側板，ダイヤフラム板及びボトムガーダのそれぞれの結合部は，可能な限り詳細メッシュ領域の中央にモデル化すること。

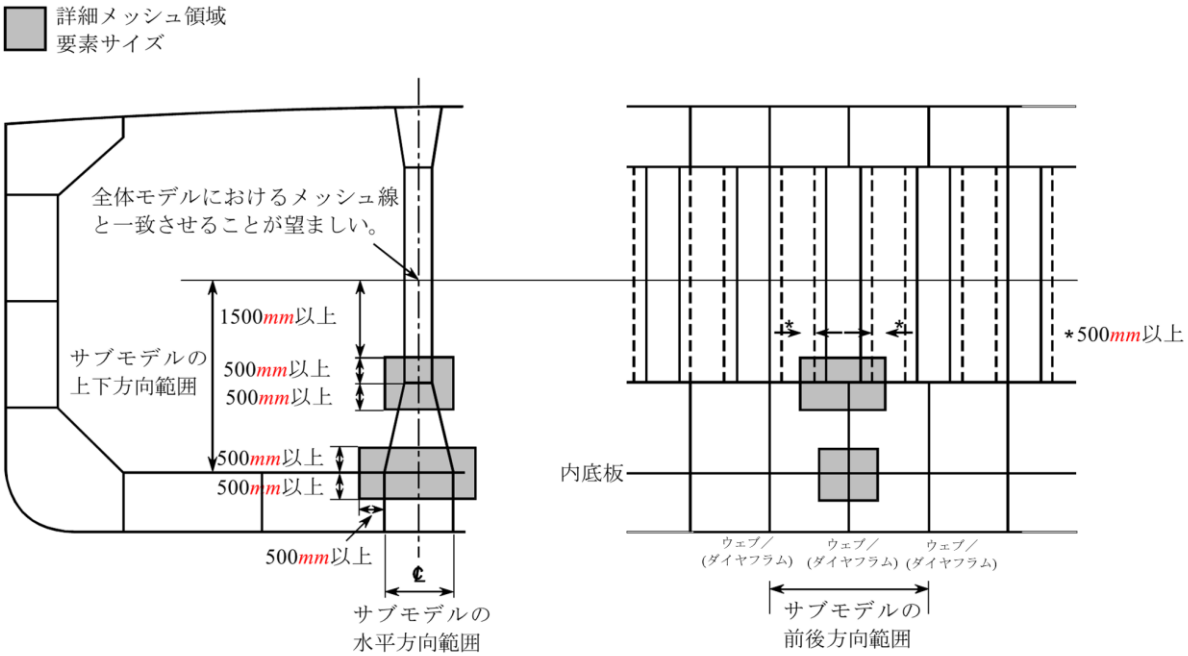
図 17　上甲板及び二重底の縦通防撓材と横隔壁付垂直防撓材の端部結合部の詳細メッシュ解析に用いる局部モデルの例



4.8.3

波形隔壁の結合部に対して，詳細メッシュ領域は少なくとも検討対象となる波形板のフランジ部を含み，フランジの両側に付く波形板のウェブ及びその両端から 500*mm* の位置までとしなければならない（すなわち，詳細メッシュ領域は波形板の 4 ナックルポイントを含む）（図 18 及び図 19 参照）。詳細メッシュ領域におけるメッシュサイズは 50*mm*×50*mm* 以下としなければならない。

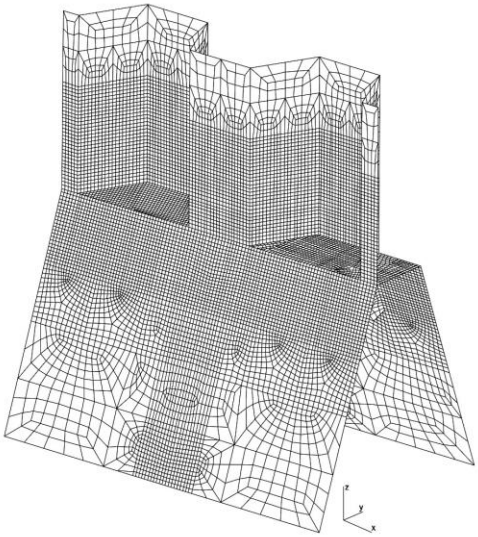
図 18　　波形隔壁と下部スツールとの結合部の解析に用いる局部モデルの範囲及び詳細メッシュ領域



上図は，波形縦通隔壁と下部スツールとの結合部における局部モデルの範囲及び詳細メッシュ領域を示している。波形横隔壁に対しても同様の範囲とする。

上図では，最小モデル化範囲を示している。

図 19　　波形隔壁と下部スツールとの結合部の解析に用いる部分的な局部モデルの例



4.8.4

ダイヤフラム板，下部スツール内のブラケット及びスツール板及びダイヤフラム付の全ての防撓材にあっては，局部モデル範囲内において，実際の配置に従ってモデル化しなければならない。ダイヤフラム板，垂直に配置された防撓材のウェブ及びフランジ並びに詳細メッシュ領域内のブラケットはシェル要素を用いてモデル化しなければならない。

4.8.5

詳細メッシュ領域内の水平に配置された防撓材は，シェル要素又はビーム要素でモデル化しなければならない。

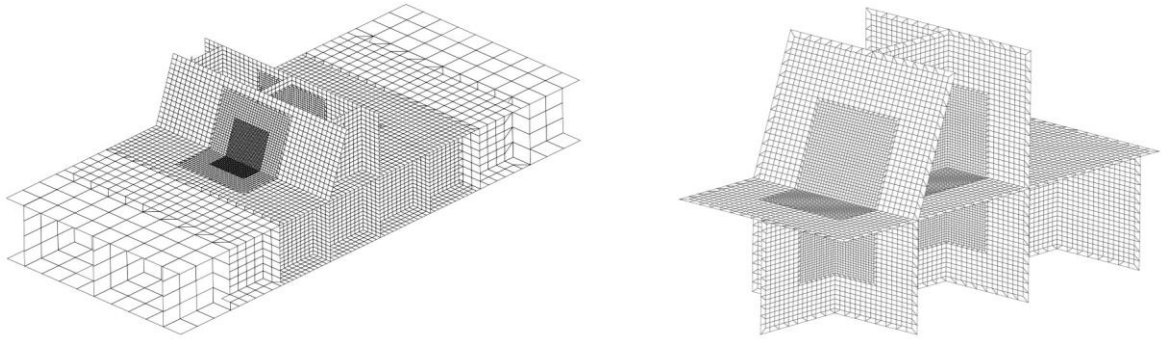
4.8.6

図 19 に縦通隔壁と下部スツールとの結合部の詳細メッシュ解析に用いる有限要素局部モデルの詳細を示す。

4.8.7

図 20 に下部スツールと内底板との結合部の詳細メッシュ解析に用いる有限要素局部モデルの詳細を示す。

図 20　　下部スツールと内底板との結合部の解析に用いる部分的な局部モデルの例



4.9　　ハッチコーナ構造

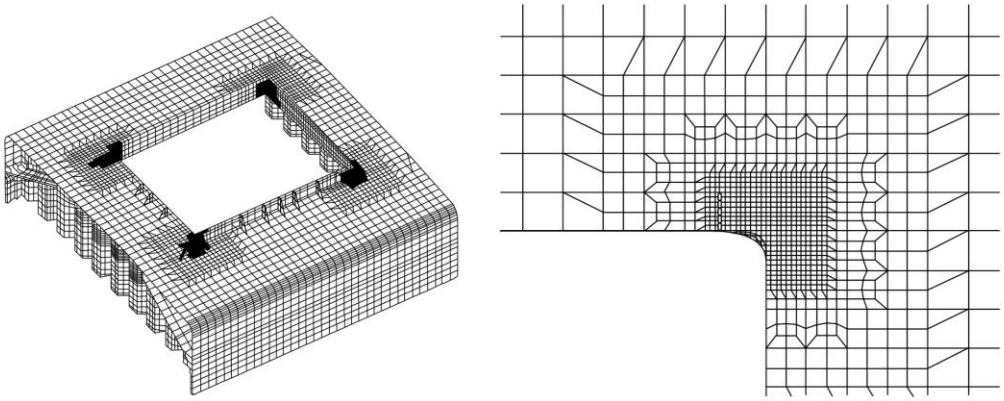
4.9.1

4.2 から **4.4** の規定に加えて，本節のモデル化の要件にあっては，ハッチコーナ構造の詳細メッシュ解析に適用する。

4.9.2

ハッチコーミングの端部ブラケット，ハッチコーナ及びハッチエンドビームの結合部等の高応力部にあっては，詳細メッシュモデルによる解析を行う必要がある。詳細メッシュ領域にあっては，**図 21** に示す箇所を含むこと。

図 21　　ハッチ開口部周辺構造の解析に用いる局部モデルの例



5. 有限要素解析の荷重組合せ

5.1 一般

5.1.1

詳細メッシュによる詳細応力解析は，対応する貨物倉解析に適用する全ての有限要素解析の荷重組合せに対して行わなければならない。

5.2 荷重及び境界条件の適用

5.2.1 一般

個々の局部有限要素モデルを用いて詳細メッシュによる詳細応力解析を行う場合，貨物タンクモデルより算定する節点変位を局部モデルの対応する節点に与えなければならない。また，貨物タンクモデルの解析結果から得られる相当節点荷重を局部モデルの境界節点に与えて差し支えない。

貨物タンクモデルの節点と局部モデルの境界節点が一致しない場合，多点拘束を用いてこれらの節点に強制変位を与えてもよい。また，2 つの隣り合う節点に対する線形多点拘束関係式の使用を考慮して差し支えない。

全ての局部荷重は，ハルガーダ曲げモーメント及び／又はせん断力の調整を適用するいかなる荷重を含め，個々の局部有限要素モデル全体に適用しなければならない。

6. 解析の評価基準

6.1 応力評価

6.1.1 一般

詳細メッシュ解析の応力評価は，**4 章 8 節**に規定する有限要素解析の荷重組合せに対して行わなければならない。

6.1.2 参照応力

参照応力はミーゼス応力σ_{vm}とし，シェル要素の要素中心における膜応力及びせん断応力から計算しなければならない。この応力は要素の板厚中心で評価しなければならない。

6.1.3 許容応力

最大許容応力値は，**4.1** から **4.4** に規定するメッシュサイズ（50*mm*×50*mm*）に基づくこと。より細かいメッシュを使用する場合，規定のメッシュサイズの配置と同等の領域における平均ミーゼス応力と許容応力を比較して差し支えない。ただし，対象とする領域内に位置する全境界を有する要素に対してのみ，応力の平均化を行わなければならない。平均応力は要素中心の応力を基に計算しなければならない。内挿法又は外挿法によって得られる応力値は使用してはならない。応力の平均化は不連続部及び交差する部材間では行ってはならない。

6.2 許容基準

6.2.1

許容基準に対する応力評価は，**6.1** によらなければならない。

構造評価においては，応力が次の基準に適合することを確認しなければならない。

$$\lambda_f \leq \lambda_{fperm}$$

λ_f： 詳細メッシュ解析における降伏使用係数

一般に，シェル要素に対して $\lambda_f = \frac{\sigma_{vm}}{R_Y}$

一般に，ロッド又はビーム要素に対して $\lambda_f = \frac{|\sigma_{axial}|}{R_Y}$

σ_{vm}： ミーゼス応力（N/mm^2）

σ_{axial}： ロッド要素の軸応力（N/mm^2）

λ_{fperm}： 詳細メッシュ解析における許容使用係数で，次による。

- 溶接に接しない要素
  - *S*+*D* に対してλ_{fperm} = 1.70 f_f
  - *S* に対してλ_{fperm} = 1.36 f_f
- 溶接に接する要素
  - *S*+*D* に対してλ_{fperm} = 1.50 f_f

・ S に対してλ_{fperm} = 1.20f_f

f_f： 疲労に対する係数で，次による。

・ 一般に（母材の自由端を含む），f_f = 1.0

・ **9 章 2 節**の規定による疲労評価基準に適合した，極詳細メッシュ解析により評価された構造詳細に対して，f_f = 1.2

（備考 1）最大許容応力は，50*mm*×50*mm* のメッシュサイズに基づく。より細かいメッシュを使用する場合，規定のメッシュサイズと同等の領域における **6.1** により算出する平均ミーゼス応力と許容応力を比較すること。

（備考 2）平均ミーゼス応力は要素領域に対する加重平均に基づいて算出しなければならない。

$$\sigma_{vm-av} = \frac{\sum_1^n A_i \sigma_{vm-i}}{\sum_1^n A_i}$$

σ_{vm-av}： 平均ミーゼス応力

（備考 3）応力の平均化は，不連続構造又は境界となる構造にわたって平均化してはならない。

6.2.2 下部スツールを持たない波形横隔壁又は波形縦通隔壁

下部スツールを波形横隔壁又は波形縦通隔壁に設けない場合は，**6.2.1** に規定する許容応力は詳細メッシュ解析により検討している面積を 10%減じなければならない。

8章　座屈

1節　一般

1.　序論

1.1　原則

1.1.1

本章には，局部支持部材，主要支持部材及び梁柱，波形隔壁及びブラケット等のその他の構造の座屈及び最終強度の強度評価基準を規定する。これらの評価基準は，船体局部寸法に関する **6章**の規定及び直接強度解析に関する **7章**の規定に適用しなければならない。

1.1.2

それぞれの構造部材に対して，強度上最も支配的な座屈モードを想定して，座屈強度の特性値を検討しなければならない。

1.1.3

特に規定する場合を除き，本章における構造部材の寸法要件は，申請グロス板厚から t_c を控除したネット寸法により評価しなければならない。ここで，t_c は **3章 3節**の規定による。

1.1.4

本章では，圧縮応力及びせん断応力を正とし，引張応力を負とする。

2.　適用

2.1　範囲

2.1.1

次の規定に従って，座屈強度評価を行わなければならない。

- 板部材，縦通防撓材及び横式防撓材，主要支持部材及びブラケットの細長比要件に関する **8章 2節**の規定
- 板部材，縦通防撓材及び横式防撓材，主要支持部材及びその他の構造の規則算式による座屈要件に関する **8章 3節**の規定
- 板部材，防撓パネル及びその他の構造の有限要素解析による座屈要件に関する **8章 4節**の規定
- 規則算式及び有限要素解析による座屈要件における座屈強度に関する **8章 5節**の規定

2.1.2　防撓材

本章に規定する防撓材の座屈強度評価は，座屈パネルの長辺に沿った防撓材に適用する。

2.1.3　幅広の防撓材

固定点検設備（*PMA*）として用いられる幅広の防撓材にあって，ウェブのネット高さが 700　*mm* より大きく，ネット断面係数が，PMA として使用されない隣接する防撓材のうち小さいものの 3 倍を超えるのものは，次の要件を満足しなければならない。

(a)　次に示す主要支持部材に対する細長比要件

- 幅広の防撓材のウェブに対して，**8章 2節 4.1.1(a)**の規定
- 幅広の防撓材の面材に対して，**8章 2節 4.1.1(b)**及び **8章 2節 5.1** の規定
- 幅広の防撓材のウェブ防撓材に対して，**8章 2節 3.1.1** 及び **8章 2節 3.1.3** の規定

(b)　次に示す規則算式による座屈強度

- 幅広の防撓材のウェブに対して，**8章 3節 3.2** の規定
- 幅広の防撓材のウェブ防撓材に対して，**8章 3節 3.1** 及び **8章 3節 3.3** の規定

(c)　**8章 4節**の有限要素解析の座屈要件が適用される場合，*PMA* に用いる全ての構造部材は，当該要件を満足しなけ

ればならない。

(d) 幅広の防撓材にウェブ防撓材が設けられない縦通する *PMA* の足場の座屈強度は，**8 章 3 節 3.1** 及び **8 章 3 節 3.3** の局部支持部材に対する評価基準を用いて評価しなければならない。

3. 定義

3.1 一般

3.1.1 座屈の定義

「座屈」とは，通常，面内圧縮力及び／又はせん断力及び面外荷重下における構造強度を指す一般的用語である。座屈強度は，荷重状態，細長比及び構造様式に応じて，内部荷重の再配分を評価することができる。

3.1.2 座屈強度

本章による座屈強度は，各構造部材の最終強度の下限値であり，パネルが大きな永久変形を起こさずに受け持つことができる最大荷重に相当するものである。

座屈強度評価は，板の弾性座屈後の影響を考慮し，板及び防撓材で囲まれるような構造要素に荷重が再配分されるものとして評価する。本手法を用いて計算した細長構造の強度は，一般に，理想化した弾性座屈応力（最小固有値）より高い値となる。細長い防撓パネルの構造要素が弾性座屈するのを許容することは，座屈使用係数が高い箇所において，大きな弾性変形が生じ，面内剛性が低下することを意味する。

3.1.3 評価手法

座屈評価は，境界条件の種類を考慮して，次の 2 つの手法の内のいずれかに従って実施する。

- 手法 A：基本板パネルの端部全てが，周辺構造や隣接する板により直線保持されていることを想定して評価する。（ただし，面内変位は自由）
- 手法 B：基本板パネルの端部が，端部の面内剛性が低いこと或いは周辺構造や隣接する板が存在しないことにより，直線保持されないと想定して評価する。

3.2 座屈使用係数

3.2.1

使用係数ηは，作用荷重とこの作用荷重に対応した最終強度又は座屈強度との比とする。

3.2.2

組合せ荷重下において，使用係数η_{act}は，等価作用応力とこの等価作用応力に対応した座屈強度との比とし，次の算式によらなければならない。（**図 1** 参照）

$$\eta_{act} = \frac{W_{act}}{W_u} = \frac{1}{\gamma_c}$$

W_{act}：等価作用応力（N/mm^2）で，規則算式及び直接強度解析による座屈評価において，それぞれ **3 節**及び **4 節**による。

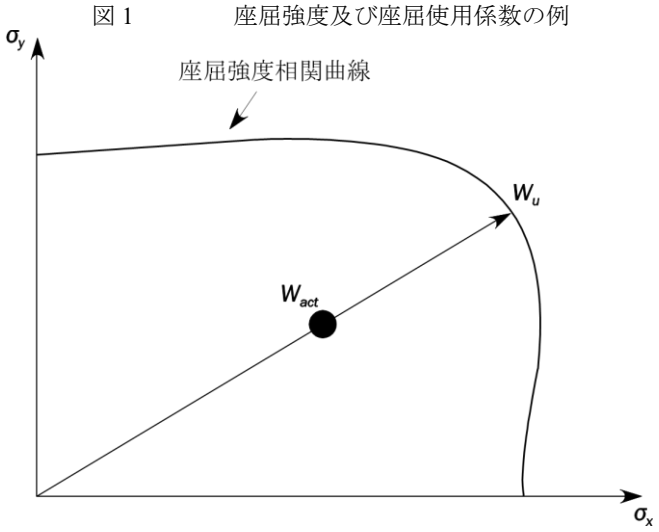
W_u：板部材及び防撓材に対する等価座屈強度（N/mm^2）で，**5 節**に規定する座屈強度又は最終強度とする。

γ_c：崩壊時の応力の乗数

一般的な各崩壊モードに対して，パネルの対応する強度は，実際の応力組合せを適用した上で，崩壊に至るまで応力を比例的に増加又は減少させることにより計算する。

σ_x及びσ_yの応力を受ける構造部材の座屈強度及び座屈使用係数を**図 1** に示す。

図 1　　座屈強度及び座屈使用係数の例



3.3　　許容座屈使用係数

3.3.1　　一般的な構造要素

許容座屈使用係数は，**表 1** による。

表 1　　許容座屈使用係数

構造要素	許容座屈使用係数η_{all}
板及び防撓材 防撓パネル及び非防撓パネル 垂直方向に防撓される単船側ばら積貨物船の船側外板 開口を有するウェブ	荷重組合せ *S*+*D* に対して，1.00 荷重組合せ *S* に対して，0.80
支材，梁柱及びクロスタイ	荷重組合せ *S*+*D* に対して，0.75 荷重組合せ *S* に対して，0.65
液体荷重による面外圧力を受ける，水平波形隔壁及び下部スツールを持つ垂直波形隔壁の波形部（シェル要素のみ） 下部スツールを持たない波形隔壁の下端周辺の支持構造	荷重組合せ *S*+*D* に対して，0.90 荷重組合せ *S* に対して，0.72
液体荷重による面外圧力を受ける，下部スツールを持たない垂直波形隔壁の波形部（シェル要素のみ）	荷重組合せ *S*+*D* に対して，0.81 荷重組合せ *S* に対して，0.65
備考 1：波形横隔壁の支持構造とは，船長方向には隔壁の前後それぞれ 0.5 横桁間隔分の範囲かつ垂直方向には波形深さの範囲における構造をいう。 備考 2：波形縦通隔壁の支持構造とは，船幅方向には隔壁の両側それぞれ 3 縦通防撓材心距の範囲かつ垂直方向には波形深さの範囲における構造をいう。	

3.4　　座屈に対する許容基準

3.4.1

構造部材は，次の評価基準を満足する座屈強度を有していなければならない。

$\eta_{act} \leq \eta_{all}$

η_{act}：　作用応力に基づく座屈使用係数で，**3.2.2** の規定による。

η_{all}：　許容座屈使用係数で，**3.3** の規定による。

2 節　細長比要件

記号

本節に規定されない記号については，**1 章 4 節**による。

$b_{f\text{-}out}$：　ウェブの板厚中心からフランジ端部までの最大距離（mm）（**図 1** 参照）

h_w：　防撓材のウェブ深さ（mm）（**図 1** 参照）

ℓ_b：　ブラケットの遊辺の有効長さ（mm）（**表 3** 参照）

s_{eff}：　防撓材の付き板の有効幅（mm）で，次による。

$$s_{eff} = 0.8s$$

t_f：　フランジのネット板厚（mm）

t_p：　板部材のネット板厚（mm）

t_w：　ウェブのネット板厚（mm）

1.　構造要素

1.1　一般

1.1.1

次の構造要素を除き，全ての構造要素は，**2** から **6** に規定する細長比及び寸法の要件に適合しなければならない。

- 船体平行部のビルジ外板及び丸型ガンネル
- 波形構造
- 縦強度に寄与しない船楼及び甲板室の構造部材

ただし，船楼及び甲板室の梁柱は，**6.1** に規定する細長比及び寸法の要件に適合しなければならない。

2.　板部材

2.1　板部材のネット板厚

2.1.1

板部材のネット板厚は，次に示す評価基準を満足しなければならない。

$$t_p \geq \frac{b}{C}\sqrt{\frac{R_{eH}}{235}}$$

C：　細長係数で，次による。

$C = 100$　　甲板，外板，貨物倉周壁及びタンク周壁に対して

$C = 125$　　その他の構造部材に対して

R_{eH}：　板部材の材料の最小降伏応力（N/mm^2）。

小さな最小降伏応力を用いると仮定した上で **3 節**及び **4 節**の規定を満足する板部材は，上記の細長比の評価基準において小さな最小降伏応力を用いて差支えない。

3.　防撓材

3.1　防撓材の寸法

3.1.1　全ての形状の防撓材のネット板厚

防撓材のネット板厚は，次に示す評価基準を満足しなければならない。

(a)　防撓材のウェブプレート

$$t_w \geq \frac{h_w}{C_w}\sqrt{\frac{R_{eH}}{235}}$$

(b) フランジ

$$t_f \geq \frac{b_{f-out}}{C_f}\sqrt{\frac{R_{eH}}{235}}$$

C_w, C_f： **表 1** に示す細長係数

(b)の要件を満たさない場合，実際のネット断面係数の算定を含む強度評価に使用する有効なフランジ端部までの最大距離は，次の算式による値としなければならない。

$$b_{f-out-max} = C_f t_f \sqrt{\frac{235}{R_{eH}}}$$

遊縁に補強材を有する組立形鋼において，遊縁に補強材がないものとみなした組立形鋼のウェブが **6 章**及び **7 章**に規定する関連する降伏強度評価を満足する場合，当該ウェブは，**8 章 2 節表 1** に規定するアングル材及び L2 材のウェブの細長係数に従って評価し，当該遊縁補強材は，平鋼として **3.1.1** に従って評価して差し支えない。ただし，**3.1.2** に規定するフランジに対する要件は適用しなければならない。

図 1　　防撓材の寸法パラメータ

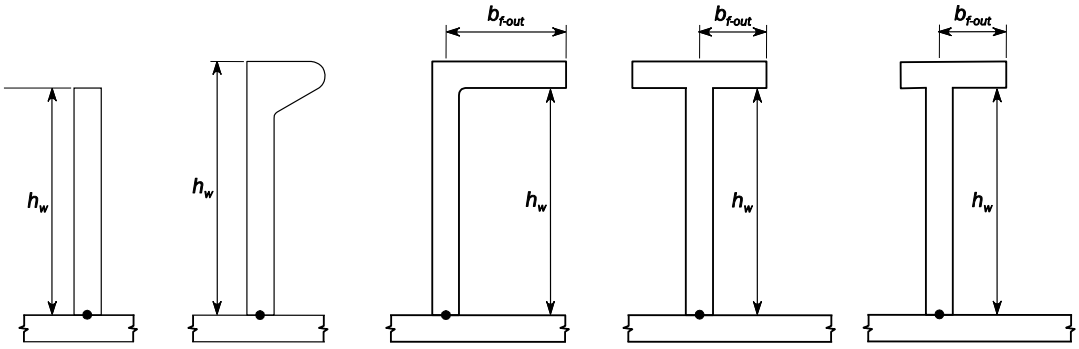


表 1　　細長係数

防撓材の形状	C_w	C_f
アングル材及び L2 材	75	12
T 形鋼	75	12
バルブプレート	45	-
平鋼	22	-

3.1.2　アングル材，L2 材及び T 形鋼のネット寸法

アングル材，L2 材及び T 形鋼のフランジの全幅 b_f（mm）は，次の評価基準を満足しなければならない。

$$b_f \geq 0.2h_w$$

3.1.3　防撓材の曲げ剛性

付き板に平行な中性軸回りの付き板の有効幅 s_{eff}を含めた防撓材のネット断面二次モーメント（cm^4）は，次の算式による最小値以上としなければならない。

$$I_{st} \geq C\ell^2 A_{eff}\frac{R_{eH}}{235}$$

A_{eff}：有効幅 s_{eff}の付き板を含む防撓材のネット断面積（cm^2）

R_{eH}：付き板の材料の最小降伏応力（N/mm^2）

C： 細長係数で，次による。

$C = 1.43$　　スニップ端の防撓材を含む縦通防撓材に対して

$C = 0.72$　　その他の防撓材に対して

4. 主要支持部材

4.1 寸法及び剛性

4.1.1 ウェブプレートとフランジの寸法

主要支持部材のウェブプレートとフランジのネット板厚は，次の評価基準を満足しなければならない。

(a) ウェブプレート

$$t_w \geq \frac{s_w}{C_w}\sqrt{\frac{R_{eH}}{235}}$$

(b) フランジ

$$t_f \geq \frac{b_{f-out}}{C_f}\sqrt{\frac{R_{eH}}{235}}$$

s_w：板幅（mm）で，ウェブ防撓材の心距とする。

C_w：ウェブプレートの細長係数で，次による。

$$C_w = 100$$

C_f：フランジの細長係数で，次による。

$$C_f = 12$$

R_{eH}：板部材の材料の最小降伏応力（N/mm^2）。

小さな最小降伏応力を用いると仮定した上で **3 節**及び **4 節**の規定を満足する板部材は，上記の細長比の評価基準において小さな最小降伏応力を用いて差支えない。

(b)の要件を満たさない場合，実際のネット断面係数の算定を含む強度評価に使用する有効なフランジ端部までの最大距離は，次の算式による値としなければならない。

$$b_{f-out-max} = C_f t_f \sqrt{\frac{235}{R_{eH}}}$$

4.1.2 甲板横桁

軸圧縮のハルガーダ応力を受ける甲板縦通防撓材を支持する甲板横桁のネット断面二次モーメント $I_{psm\text{-}n50}$（cm^4）は，曲げスパン中央から半分の位置において，次の基準を満足しなければならない。

$$I_{psm-n50} \geq 300\frac{\ell_{bdg}^4}{S^3 s} I_{st}$$

$I_{psm\text{-}n50}$： 有効幅 $0.8S$ の付き板を含む甲板横桁のネット断面二次モーメント（cm^4）

ℓ_{bdg}： 甲板横桁の有効曲げスパン（m）で，**3 章 7 節**の規定による。

S： 甲板横桁の心距（m）で，**3 章 7 節**の規定による。

I_{st}： 曲げスパン中央から半分の位置にある甲板防撓材の断面二次モーメント（cm^4）で，**3.1.3** の規定による。

4.2 主要支持部材のウェブ防撓材

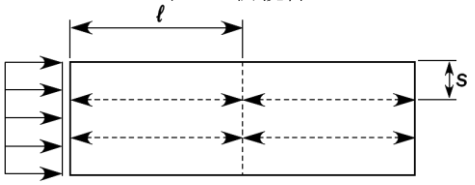
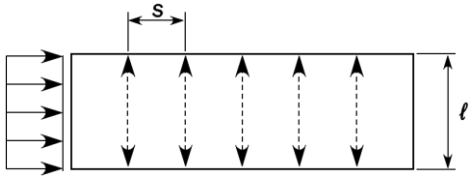
4.2.1 ウェブ防撓材の寸法

主要支持部材に付くウェブ防撓材のウェブ及びフランジのネット板厚は，**3.1.1** 及び **3.1.2** の規定を満足しなければならない。

4.2.2 ウェブ防撓材の曲げ剛性

有効幅 s_{eff} の付き板を含む，主要支持部材に付くウェブ防撓材のネット断面二次モーメント I_{st}（cm^4）は，**表 2** に示す最小断面二次モーメント以上としなければならない。

表 2　　ウェブ防撓材の剛性評価基準

防撓材の配置		ウェブ防撓材の最小断面二次モーメント（cm^4）
A	主要支持部材のスパンに沿って付くウェブ防撓材 	$I_{st} \geq C\ell^2 A_{eff} \frac{R_{eH}}{235}$
B	主要支持部材のスパンに直角に付くウェブ防撓材 	$I_{st} \geq 1.14\ell s^2 t_w \left(2.5\frac{1000\ell}{s} - 2\frac{s}{1000\ell}\right)\frac{R_{eH}}{235}10^{-5}$

C：　細長係数で，次による。

$C = 1.43$　　スニップ端の防撓材を含む縦通防撓材に対して

$C = 0.72$　　その他の防撓材に対して

ℓ ：　ウェブ防撓材の長さ（m）

局部支持部材に溶接されたウェブ防撓材において，長さは局部支持部材のフランジ間の距離としなければならない。

スニップ端のウェブ防撓材において，長さは側面支持間の距離としなければならない。例えば，防撓材の配置 B に示すように主要支持部材のフランジ間の総長さ。

A_{eff}：　有効幅 s_{eff} の付き板を含むウェブ防撓材のネット断面積（cm^2）

t_w：　主要支持部材のウェブのネット板厚（mm）

R_{eH}：　主要支持部材のウェブプレートの材料の最小降伏応力（N/mm^2）

5.　ブラケット

5.1　トリッピングブラケット

5.1.1　支持されないフランジの長さ

主要支持部材の支持されないフランジの長さ，すなわちトリッピングブラケット間の距離（m）は，次の算式による値以下としなければならない。

$$S_b = b_f C \sqrt{\frac{A_{f-n50}}{\left(A_{f-n50} + \frac{A_{w-n50}}{3}\right)}\left(\frac{235}{R_{eH}}\right)}$$ ただし，$S_{b\text{-}min}$ 未満とする必要はない。

b_f：主要支持部材のフランジの幅（mm）

C：細長係数で，次による。

$C = 0.022$　　対称のフランジに対して

$C = 0.033$　　非対称のフランジに対して

$A_{f\text{-}n50}$：　フランジのネット断面積（cm^2）

$A_{w\text{-}n50}$：　ウェブプレートのネット断面積（cm^2）

R_{eH}：　主要支持部材の材料の最小降伏応力（N/mm^2）

$S_{b\text{-}min}$：　支持されないフランジの最小長さで，次による。

$S_{b-\min} = 3.0m$　　タンク境界，貨物倉境界又は暴露甲板を含む船体外板に設ける主要支持部材に対して

$S_{b-\min} = 4.0m$　　上記以外の箇所に設ける主要支持部材に対して

5.1.2　遊辺の補強

表 3 に示す遊辺の有効長さℓ_b（mm）が次に示す算式による値を超える場合，主要支持部材のトリッピングブラケットは，フランジ又は遊辺に防撓材を設置することにより補強しなければならない。

$$\ell_b = 75t_b$$

t_b：ブラケットのウェブのネット板厚（mm）

5.2　端部ブラケット

5.2.1　寸法

圧縮応力を受ける端部ブラケットのウェブのネット板厚（mm）は，次の算式による値以上としなければならない。

$$t_b = \frac{d_b}{C}\sqrt{\frac{R_{eH}}{235}}$$

d_b：ブラケットの深さ（mm）で，**表 3** による。

C：細長係数で，**表 3** による。

R_{eH}：端部ブラケットの材料の最小降伏応力（N/mm^2）

5.3　遊辺の補強

5.3.1　ブラケットの遊辺の補強

ブラケットに設ける遊辺補強材のウェブ深さ h_w（mm）は，次の算式による値以上としなければならない。

$$h_w = \frac{C\ell_b}{1000}\sqrt{\frac{R_{eH}}{235}}$$　　又は 50mm のどちらか大きい値

C：細長係数で，次による。

$C = 75$ 端部ブラケットに対して

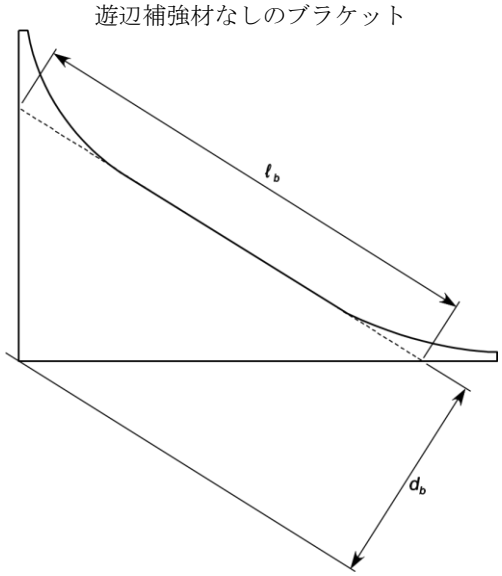
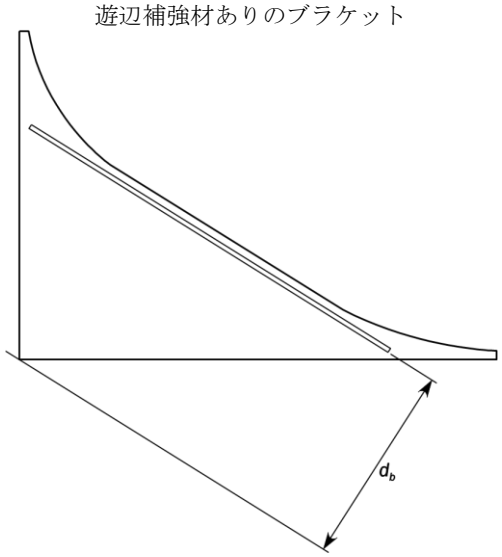
$C = 50$ トリッピングブラケットに対して

R_{eH}：補強材の材料の最小降伏応力（N/mm^2）

5.3.2　遊辺補強材の寸法

遊辺補強材のウェブプレート及びフランジのネット板厚は，**3.1.1** 及び **3.1.2** の規定を満足しなければならない。

表 3　　ブラケットの寸法に対する座屈係数 C

モード	C
遊辺補強材なしのブラケット 	$C = 20\left(\frac{d_b}{\ell_b}\right) + 16$ ただし，$0.25 \leq \frac{d_b}{\ell_b} \leq 1.0$
遊辺補強材ありのブラケット 	$C = 70$

6.　その他の構造

6.1　梁柱

6.1.1　I 型断面の梁柱の寸法

I 型断面の場合，ウェブプレート及びフランジの板厚は，**3.1.1** 及び **3.1.2** の規定に適合しなければならない。

6.1.2　ボックス型断面の梁柱の寸法

薄板で囲まれたボックス型断面の板厚は，**3.1.1(a)**の規定に適合しなければならない。

6.1.3　円筒型断面の梁柱の寸法

円筒型断面の梁柱のネット板厚 t（mm）は，次の評価基準に適合しなければならない。

$$t \geq \frac{r}{50}$$

r：　円筒型断面の板厚中心半径（mm）

6.2 開口部の補強

6.2.1 遊辺補強材の深さ

遊辺補強材を図 2 のように設ける場合，開口部の遊辺補強材のウェブ深さ h_w（mm）は，次の算式による値以上としなければならない。

$$h_w = C\ell\sqrt{\frac{R_{eH}}{235}} \qquad \text{又は } 50mm \text{ のどちらか大きい方}$$

C： 細長係数で，次による。

$$C = 50$$

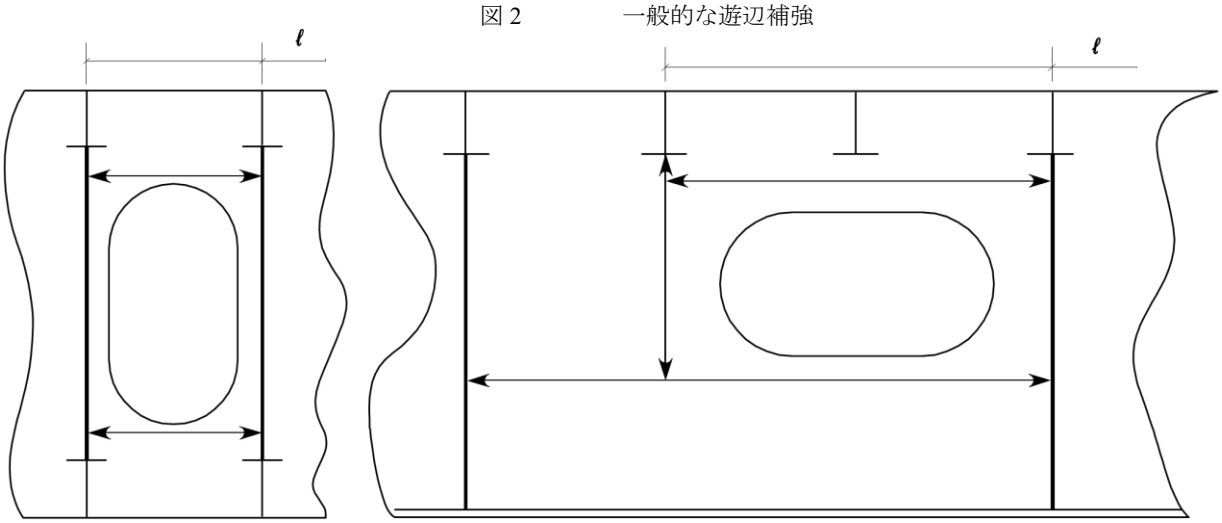
R_{eH}：遊辺補強材の材料の最小降伏応力（N/mm^2）

ℓ： 開口部の遊辺補強材の長さ（m）で，図 2 による。

6.2.2 遊辺補強材の寸法

遊辺補強材のウェブプレートとフランジのネット板厚は，3.1.1 及び 3.1.2 の規定を満足しなければならない。

図 2 一般的な遊辺補強



3 節　規則算式による座屈要件

記号

η_{all}：　許容座屈使用係数で，**8 章 1 節 3.3** の規定による。
EPP：　基本板パネルで，**3 章 7 節 2.1** の規定による。
LCP：　荷重計算点で，**3 章 7 節 2.2.2** 及び **3 章 7 節 3.2** の規定による。

1.　一般

1.1　範囲

1.1.1

本節は，ハルガーダ圧縮応力及びハルガーダせん断応力を受ける湾曲パネルを含む板部材と防撓材に適用する。さらに，圧縮応力を受ける次の構造部材を評価しなければならない。

- 波形縦通隔壁の波形部
- 支材
- 梁柱
- クロスタイ

1.1.2

ハルガーダ座屈強度要件は，船の全長にわたって適用する。

1.1.3　設計荷重条件

6 章 2 節 2 に規定する非損傷状態及び浸水状態の両方の全ての設計荷重条件について，**6 章 2 節 1.3** に規定する圧力組合せを用いて座屈強度評価を行わなければならない。

各設計荷重条件の全ての動的荷重ケースについて，面外圧力は，**3 章 7 節**に規定する荷重計算点に対し，**4 章**に従って決定され，**2.2** に規定するハルガーダ応力の組合せと同時に適用しなければならない。

1.2　等価パネル

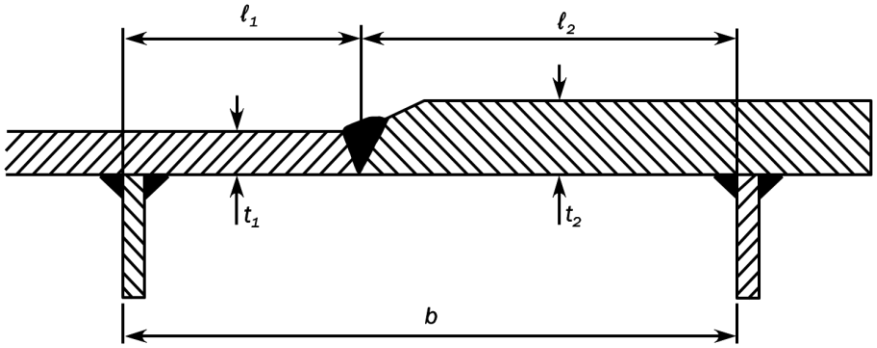
1.2.1

縦式構造において，パネル幅 b の範囲内で板厚が変化する場合，板厚を薄い方の板厚 t_1 とする等価パネルを用いて座屈評価を行わなければならない。等価パネルの幅 b_{eq} は，次の算式により求まる値とする。

$$b_{eq} = \ell_1 + \ell_2 \left(\frac{t_1}{t_2}\right)^{1.5}$$

ℓ_1：　薄い方のネット板厚 t_1 の箇所のパネル幅（mm）（**図 1** 参照）
ℓ_2：　厚い方のネット板厚 t_2 の箇所のパネル幅（mm）（**図 1** 参照）

図 1　パネル幅の範囲内での板厚の変化



1.2.2

横式構造において，*EPP* 内で板厚が変化する場合，*EPP* の板厚を *EPP* 内に存在するある板厚で一定と仮定した上で，*EPP* の *LCP* において算出した応力と圧力を適用して，板部材及び防撓材の座屈評価を行わなければならない。評価については，*EPP* 内に存在する板厚毎に実施する。

1.2.3　材料

パネル内で材料が異なる場合，座屈強度評価においては，最小の降伏強度を用いなければならない。

2.　ハルガーダ応力

2.1　一般

2.1.1

ハルガーダ曲げ応力σ_{hg}（N/mm^2）は，**6 章 2 節**の規定による。

2.1.2

パネル *i* におけるハルガーダせん断応力τ_{hg}（N/mm^2）は，次の算式による。

$$\tau_{hg} = \frac{Q_{Tot}(x) q_{vi}}{t_{i-n50}} 10^3$$

$Q_{Tot}(x)$：船長方向位置 *x* における垂直せん断力の総和（*kN*）で，次の算式による。

- 設計荷重組合せ *S+D* に対して
  - 航海状態に対して

    $Q_{Tot}(x) = |Q_{sw} + Q_{wv-LC}|$
  - 乾舷用長さ L_{LL} が 150*m* 以上のばら積貨物船の浸水状態に対して

    $Q_{Tot}(x) = |Q_{sw-f} + Q_{wv-LC}|$
- 設計荷重組合せ *S* に対して
  - 港内又は閉囲された水域での航行状態に対して

    $Q_{Tot}(x) = |Q_{sw-p}|$

q_{vi}：　パネル *i* における寄与率で，**5 章 1 節 3.2.1** の規定による。

t_{i-n50}：　せん断応力計算に用いられるパネル *i* のネット板厚（*mm*）で，**5 章 1 節 3.2.1** の規定による。

Q_{sw}：　考慮する船体横断面の位置における航海状態での正又は負の許容静水中垂直せん断力（*kN*）で，**4 章 4 節 2.3.3** の規定による。

Q_{sw-p}：　考慮する船体横断面の位置における港内又は閉囲された水域での正又は負の許容静水中垂直せん断力（*kN*）で，**4 章 4 節 2.3.4** の規定による。

Q_{sw-f}：　考慮する船体横断面の位置における浸水状態での正又は負の許容静水中垂直せん断力（*kN*）で，**4 章 4 節 2.3.5** の規定による。

Q_{wv-LC}：　考慮する船体横断面の位置における考慮する動的荷重ケースの非損傷状態又は浸水状態での航海時の波浪中垂直せん断力（*kN*）で，**4 章 4 節 3.5.3** の規定による。

2.2　応力組合せ

2.2.1

基本板パネル及び防撓材は，次の応力組合せを用いて，**3** に示す評価基準を満足しなければならない。

(a)　縦式構造の場合

・応力組合せ 1

$\sigma_x = \sigma_{hg}$

$\sigma_y = 0$

$\tau = 0.7\tau_{hg}$

・応力組合せ 2

$\sigma_x = 0.7\sigma_{hg}$

$\sigma_y = 0$

$\tau = \tau_{hg}$

(b)　横式構造の場合

・応力組合せ 1

$\sigma_x = 0$

$\sigma_y = \sigma_{hg}$

$\tau = 0.7\tau_{hg}$

・ 応力組合せ 2

$\sigma_x = 0$

$\sigma_y = 0.7\sigma_{hg}$

$\tau = \tau_{hg}$

σ_{hg}： 基本板パネル又は防撓材におけるハルガーダ曲げ応力（N/mm^2）で，**2.1.1** の規定による。

τ_{hg}： 基本板パネル又は防撓材の付き板におけるハルガーダせん断応力（N/mm^2）で，**2.1.2** の規定による。

3. 座屈評価基準

3.1 防撓パネル全体

3.1.1

防撓パネル全体の座屈強度は，次の評価基準を満足しなければならない。

$\eta_{Overall} \leq \eta_{all}$

$\eta_{Overall}$： 最大使用係数で，**8 章 5 節 2.1** の規定による。

3.2 板部材

3.2.1

基本板パネルの座屈強度は，次の評価基準を満足しなければならない。

$\eta_{Plate} \leq \eta_{all}$

η_{Plate}： SP-A に従って計算された板部材に対する最大使用係数で，**8 章 5 節 2.2** の規定による。

単船側ばら積貨物船のホッパタンクとトップサイドタンクとの間で垂直方向に防撓された船側外板に対するη_{Plate}にあっては，**8 章 5 節表 3** のパネルの短辺固定に対応するケース 12 及び 16 において，σ_yを平均化し$\psi_y = 1$と見なして，決定しなければならない。

3.3 防撓材

3.3.1

防撓材又は単船側ばら積貨物船の倉内肋骨の座屈強度は，次の評価基準を満足しなければならない。

$\eta_{Stiffener} \leq \eta_{all}$

$\eta_{Stiffener}$： 防撓材に対する最大使用係数で，**8 章 5 節 2.3** の規定による。

（備考 1）**3.1.1** に示す防撓パネル全体の強度を満足する場合にのみ，本強度評価を満足することができる。

3.4 垂直波形縦通隔壁

3.4.1

垂直波形縦通隔壁のせん断座屈強度は，次の評価基準を満足しなければならない。

$\eta_{Shear} \leq \eta_{all}$

η_{Shear}： 波形隔壁に対する最大せん断使用係数

$$\eta_{Shear} = \frac{\tau_{bhd}}{\tau_c}$$

τ_{bhd}： **2.1.2** に規定する縦通隔壁のハルガーダせん断応力（N/mm^2）

τ_c：限界せん断応力（N/mm^2）で，**8 章 5 節 2.2.3** の規定による。

3.5 水平波形縦通隔壁

3.5.1

各波形部（1/2 フランジ＋1 ウェブ＋1/2 フランジの範囲）は，次の評価基準を満足しなければならない。

$\eta \leq \eta_{all}$

η： 柱としてみた単位波形部全体に対する使用係数で，**8 章 5 節 3.1** の規定による。

3.6 支材，梁柱及びクロスタイ

3.6.1

支材，梁柱及びクロスタイの圧縮座屈強度は，次の評価基準を満足しなければならない。

$$\eta \leq \eta_{all}$$

η： 支材，梁柱又はクロスタイの最大座屈使用係数で，**8章 5節 3.1** の規定による。

4 節　直接強度解析における座屈要件

記号

η_{all}：　許容座屈使用係数で，**8 章 1 節 3.3** の規定による。
α：　パネルのアスペクト比で，**8 章 5 節**の規定による。

1.　一般

1.1　範囲

1.1.1
本節の規定は，圧縮応力，せん断応力及び面外圧力に対する直接強度解析の座屈評価に適用する。
1.1.2
7 章に従って実施する有限要素解析における全ての構造要素に対して，個々に評価を行わなければならない。座屈評価を行う構造要素は，次によらなければならない。-

- 防撓パネル及び非防撓パネル（湾曲パネルを含む）
- 開口を有するウェブ
- 波形隔壁
- 単船側ばら積貨物船の垂直方向に防撓される船側外板
- 支材，梁柱及びクロスタイ

2.　防撓パネル及び非防撓パネル

2.1　一般

2.1.1
船体構造におけるパネルは，防撓パネル又は非防撓パネルとしてモデル化しなければならない。**表 1** 及び**図 1** から**図 9** に従って，**8 章 1 節 3** に規定する手法 A 及び手法 B を用いなければならない。
2.1.2　パネルの平均板厚
パネル内で板厚が一定でない場合には，座屈評価に用いるパネルは，次に示す加重平均板厚を用いて，**7 章**に従いモデル化しなければならない。

$$t_{avr} = \frac{\sum_1^n A_i t_i}{\sum_1^n A_i}$$

A_i：i 番目の板要素の面積
t_i：i 番目の板要素のネット板厚
n：座屈パネルを構成する有限要素の数

表 1　　構造部材

構造要素	評価法	標準的なパネルの定義
縦強度部材（図 1，図 5 及び図 7 参照）		
縦式防撓パネル 外板 甲板 内殻 ホッパタンク斜板 縦通隔壁	SP-A	長さ方向：ウェブフレーム間 幅方向：主要支持部材間
縦通隔壁直下又はホッパタンク斜板と交差するボトムガーダ	SP-A	長さ方向：ウェブフレーム間 幅方向：全ウェブ深さ
縦通隔壁直下にない又はホッパタンク斜板と交差しないボトムガーダのウェブ	SP-B	長さ方向：ウェブフレーム間 幅方向：全ウェブ深さ
ホッパタンク斜板と交差する二重船側内の縦桁のウェブ	SP-A	長さ方向：ウェブフレーム間 幅方向： 全ウェブ深さ
ホッパタンク斜板と交差しない二重船側内の縦桁のウェブ	SP-B	長さ方向：ウェブフレーム間 幅方向： 全ウェブ深さ
単船殻のガーダ又はストリンガのウェブ	UP-B	局部防撓材／面材／主要支持部材間の板
横強度部材（図 2，図 6 及び図 8 参照）		
甲板横部材のウェブ（ブラケットを含む）	UP-B	局部防撓材／面材／主要支持部材間の板
二重船側内の横桁	SP-B	長さ方向：全ウェブ深さ 幅方向：主要支持部材間
不規則に防撓されたパネル，例えばホッパタンクやビルジ部のウェブのパネル	UP-B	局部防撓材／面材／主要支持部材間の板
フロア	SP-B	長さ方向：全ウェブ深さ 幅方向：主要支持部材間
横桁（ブラケットを含む）	UP-B	ウェブ防撓材／面材／主要支持部材間の板
クロスタイのウェブ	UP-B	ウェブ防撓材／面材／主要支持部材間の板
油密及び水密横隔壁（図 3 参照），制水横隔壁（図 4 参照）		
規則的に防撓された隔壁パネルで，規則的に配置された防撓材に対して直角に付く座屈防止のための二次防撓材（カーリング等）を含む	SP-A	長さ方向：主要支持部材間 幅方向：主要支持部材間
不規則に防撓された隔壁パネル（例えばホッパタンクやビルジ部のウェブのパネル）	UP-B	局部防撓材／面材間の板
隔壁付きストリンガのウェブ（ブラケットを含む）	UP-B	ウェブ防撓材／面材間の板

波形横隔壁及びクロスデッキ（図 9 参照）		
上部／下部スツール（防撓材を含む）	SP-A	長さ方向：スツール内のダイアフラムのウェブ間 幅方向：スツール側板の長さ
スツール内のダイアフラムのウェブ	UP-B	局部防撓材／面材／主要支持部材間の板
クロスデッキ	SP-A	局部防撓材／主要支持部材間の板
備考 1：SP 及び UP は，それぞれ防撓パネル及び非防撓パネルを表す。 備考 2：A 及び B は，それぞれ手法 A 及び手法 B を表す。		

2.1.3　パネルの降伏応力

パネルの降伏応力 R_{eH_P} は，パネル内の要素の降伏応力の最小値とする。

2.2　防撓パネル

2.2.1

座屈の全体挙動を表現するため，表 1 に示す範囲の防撓パネルでは，各防撓材（付き板を有する）をモデル化しなければならない。

2.2.2

防撓材寸法又は防撓材心距が防撓パネル内で変化する場合，パネル内の全ての配置（すなわち，防撓材及び防撓材間の板のそれぞれ）について個々に計算しなければならない。考慮する箇所の板厚，防撓材寸法及び防撓材心距がパネル全体で同一と仮定して計算を行う。

図 1　油タンカーの縦通板部材

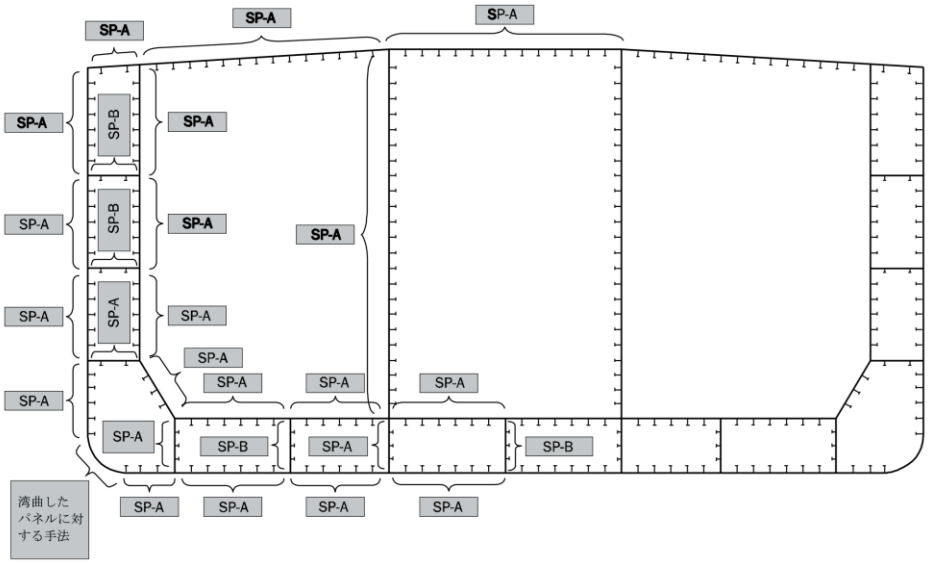


図 2　　油タンカーの横部材

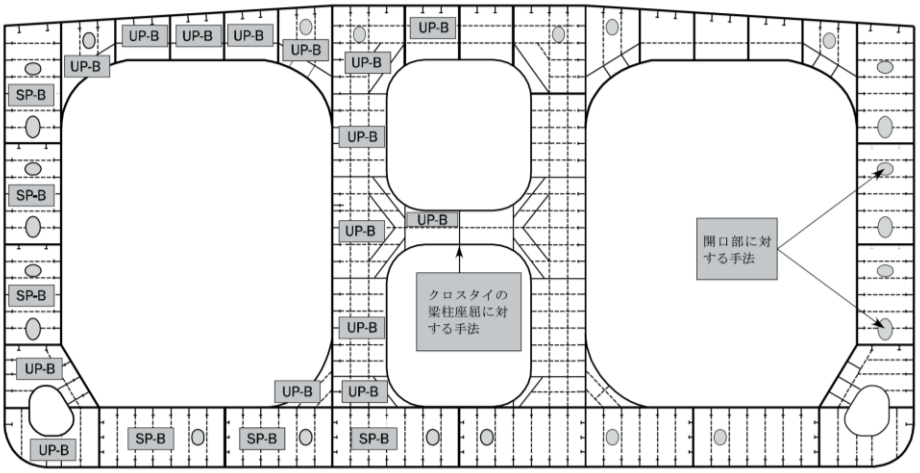


図 3　　油タンカーの横隔壁

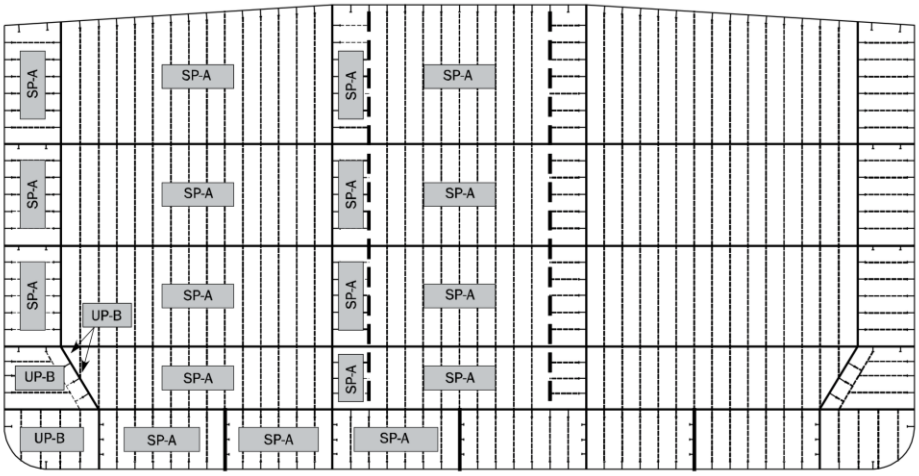


図 4　　クロスタイ

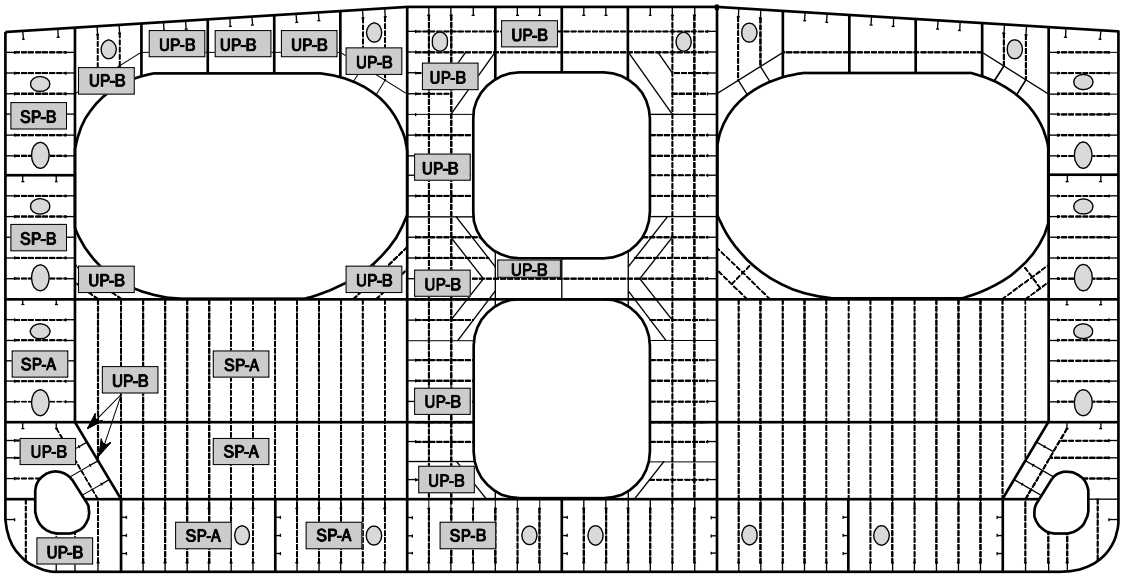


図 5　　単船側ばら積貨物船の縦通板部材

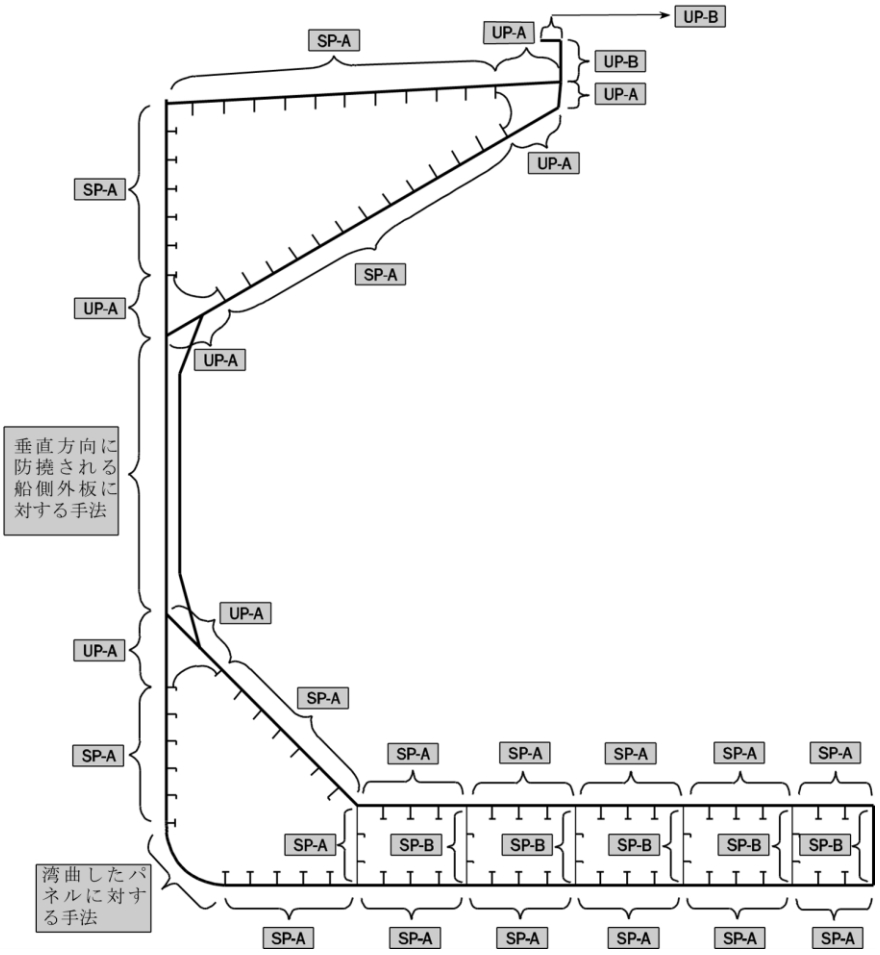


図 6　　単船側ばら積貨物船の横部材

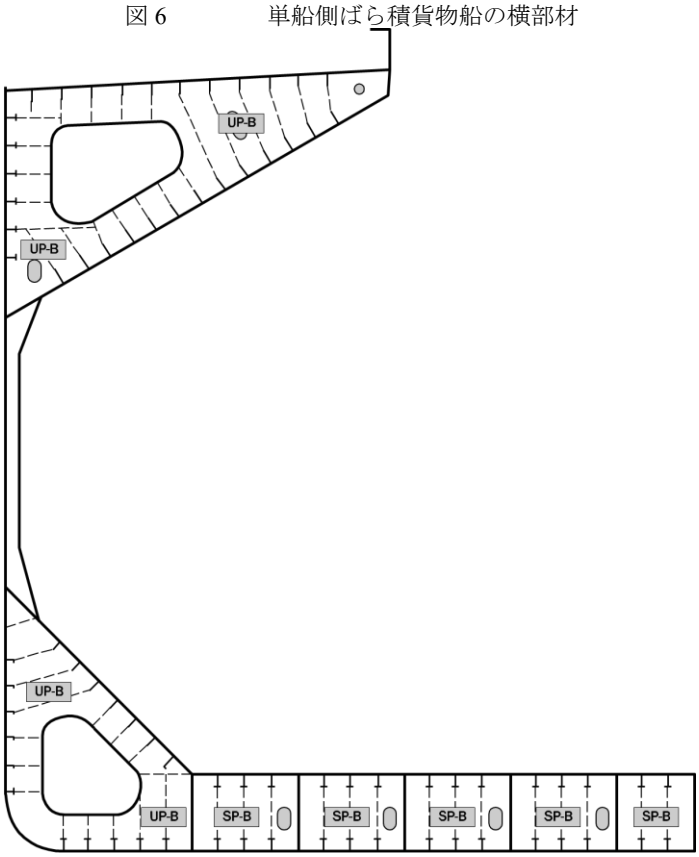


図 7　　二重船側ばら積貨物船の縦通板部材

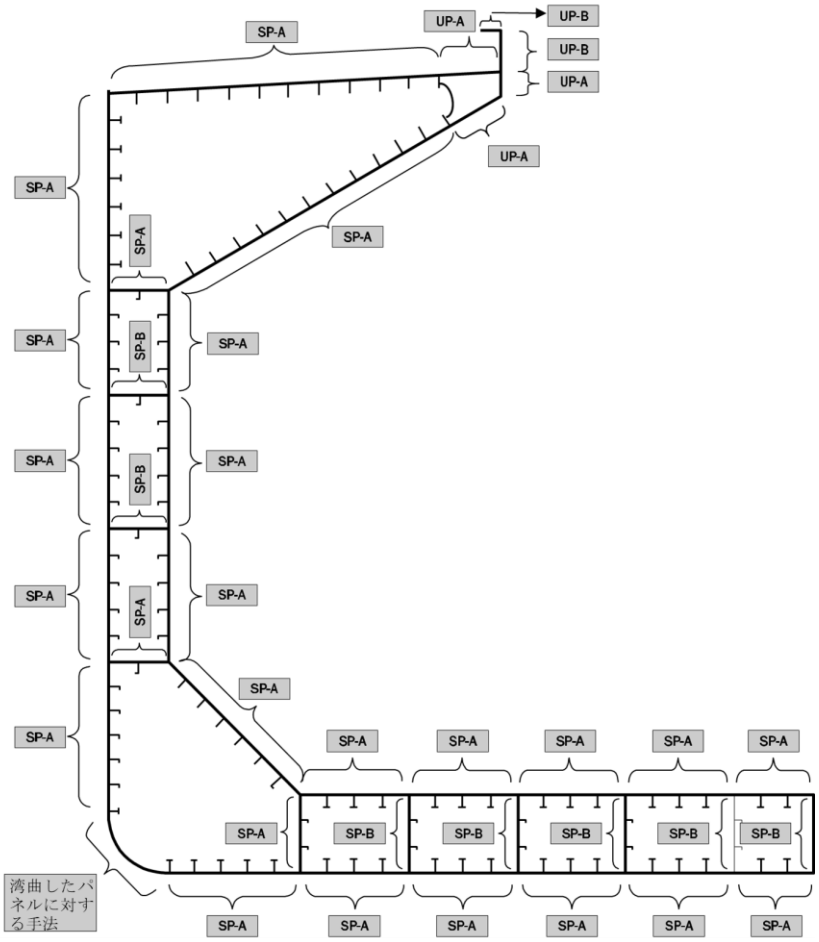


図 8　　二重船側ばら積貨物船の横部材

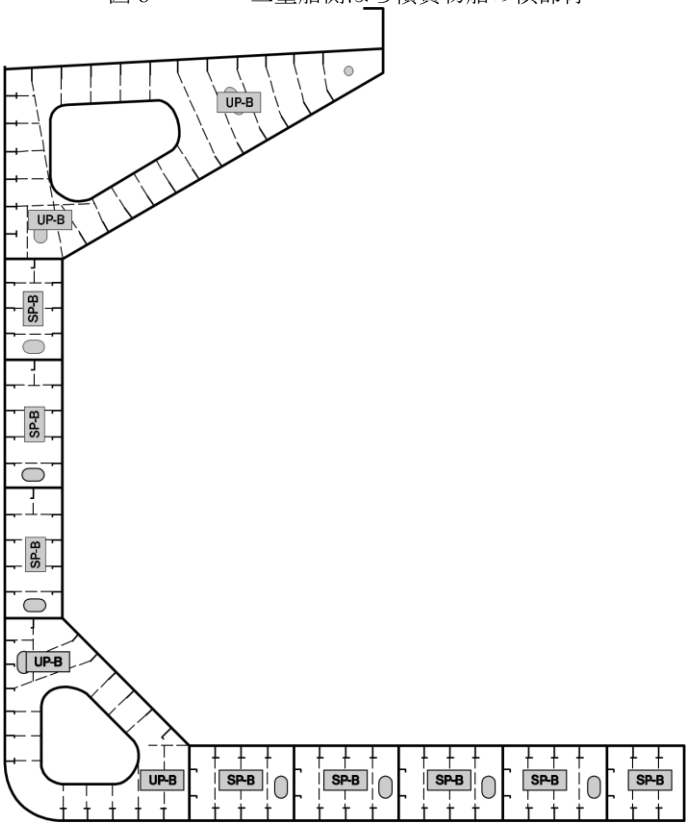
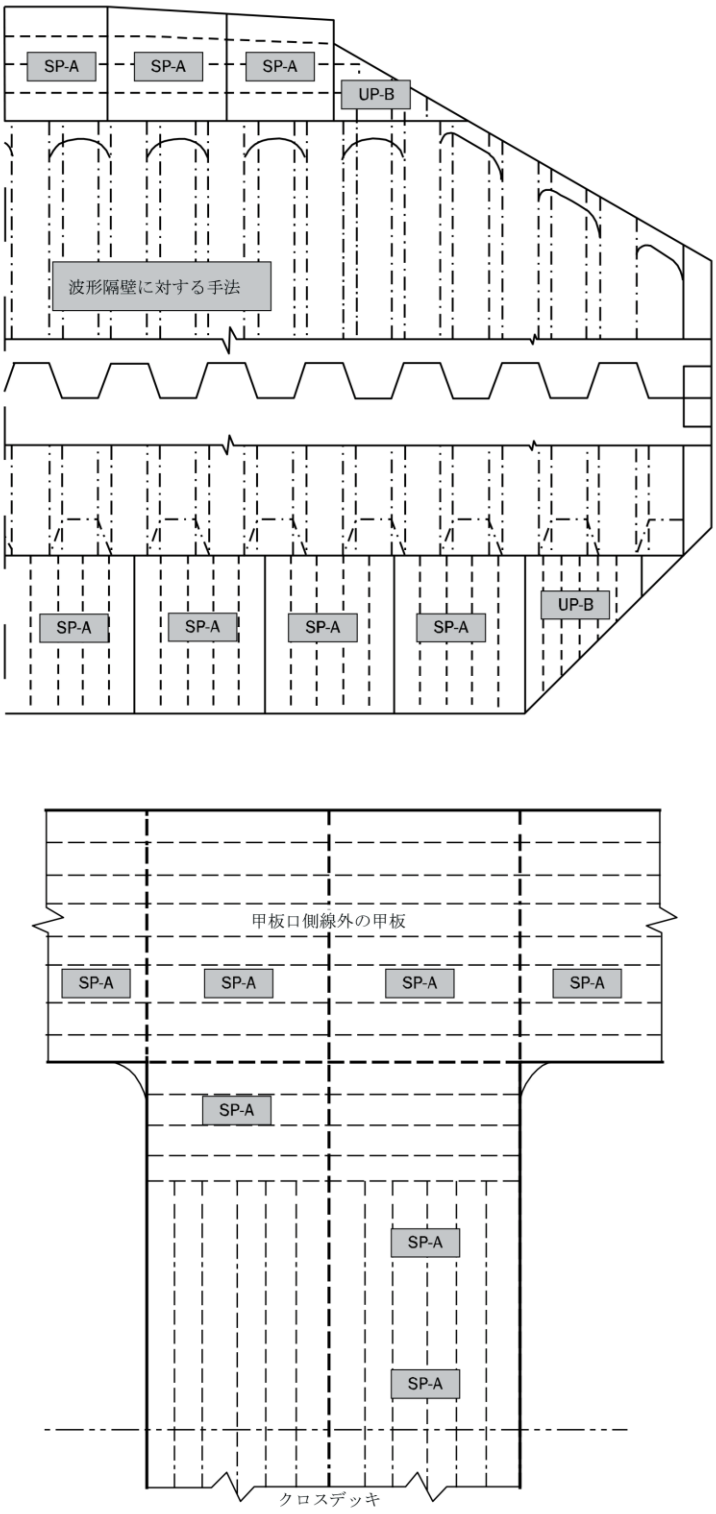


図 9　　ばら積貨物船の波形隔壁及びクロスデッキ



2.3 非防撓パネル

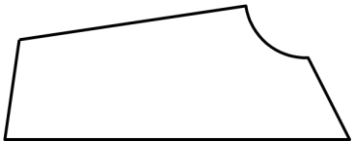
2.3.1 不規則パネル

ウェブフレーム，ストリンガ及びブラケットにあっては，パネルの形状（ウェブ防撓材／面材に囲まれたパネル）は矩形でない場合がある。この場合，不規則な形状に対しては **2.3.2**，三角形形状に対しては **2.3.3** に従って，当該パネルを等価な矩形パネルと考え，座屈評価を満足しなければならない。

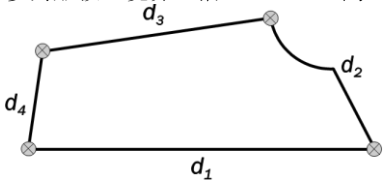
2.3.2 不規則な形状を有する非防撓パネルのモデル化

不規則な形状を有する非防撓パネルは，板の座屈評価を行うため，次の手順に従って等価なパネルに理想化しなければならない。

(a) 多角形板において，最も 90 度に近い 4 つのコーナを特定する。

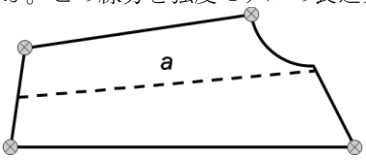


(b) 多角形板の境界に沿ったコーナ間の距離，すなわち，コーナ間の各直線部分の合計距離を計算する。



(c) 向かい合う辺の長さの合計 d_1+d_3 及び d_2+d_4 のうち，小さい方を特定する。

(d) 選んだ向かい合う辺のそれぞれ中間の点（すなわち，境界に沿ったコーナ間の距離の半分における点）を直線で結ぶ。この線分を強度モデルの長辺方向と定義する。この線分の長さを強度モデルの長さ a として定義する。

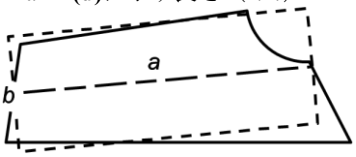


(e) 短辺方向の長さ b（mm）は，次の算式による。

$$b = A/a$$

A： 板の面積（mm^2）

a： **(d)**に示す長さ（mm）

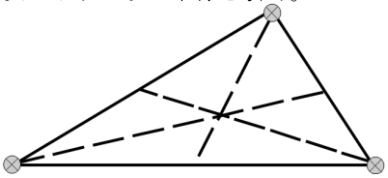


(f) 直接強度解析から求まる応力は，等価な矩形パネルの座標系における値に変換しなければならない。これらの応力は，座屈評価において用いなければならない。

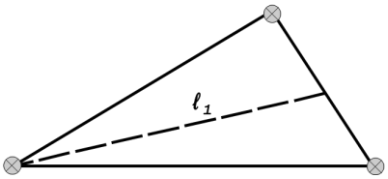
2.3.3 三角形形状を有する非防撓パネルのモデル化

三角形形状を有する非防撓パネルは，板の座屈評価を行うため，次の手順に従って等価なパネルに理想化しなければならない。

(a) 次に示すように中線を引く。



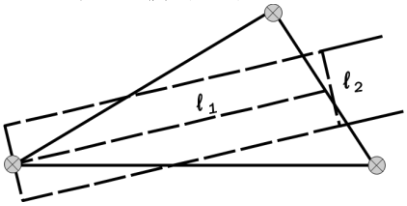
(b) 中線の内，最長のものを特定する。この中線の長さをℓ_1（mm）とし，この中線を強度モデルの長辺方向と定義する。



(c) モデルの幅ℓ_2（mm）は，次の算式による。

$$\ell_2 = A/\ell_1$$

A： 板の面積（mm^2）



(d) 等価な矩形パネルの短辺方向の長さ b 及び長辺方向の長さ a（mm）は，次の算式による。

$$b = \frac{\ell_2}{C_{tri}}$$

$$a = \ell_1 \cdot C_{tri}$$

$$C_{tri} = 0.4\frac{\ell_2}{\ell_1} + 0.6$$

(e) 直接強度解析から求まる応力は，等価な矩形パネルの座標系における値に変換し，等価な矩形パネルの座屈評価において用いなければならない。

2.4 参照応力

2.4.1

座屈モデルに適用する応力分布は，直接強度解析により求めなければならない。

2.4.2

参照応力は，**付録 1** に規定する参照応力に基づく応力を用いて計算しなければならない。

2.5 面外圧力

2.5.1

直接強度解析に適用する面外圧力は，座屈評価においても適用しなければならない。

2.5.2

座屈パネルが多数の有限板要素から構成されていて，座屈パネル内の面外圧力が一定でない場合，平均面外圧力（N/mm^2）は，次の算式を用いて計算しなければならない。

$$P_{avr} = \frac{\sum_1^n A_i P_i}{\sum_1^n A_i}$$

A_i： i 番目の板要素の面積（mm^2）

P_i： i 番目の板要素の面外圧力（N/mm^2）

n： 座屈パネル内の有限要素の数

2.6 座屈評価基準

2.6.1 UP-A

UP-A の圧縮座屈強度は，次に示す評価基準を満足しなければならない。

$$\eta_{UP-A} \leq \eta_{all}$$

η_{UP-A}：板に対する最大使用係数で，**8 章 5 節 2.2** に規定する手法 A に従って計算する。

2.6.2 UP-B

UP-B の圧縮座屈強度は，次に示す評価基準を満足しなければならない。

$$\eta_{UP-B} \leq \eta_{all}$$

η_{UP-B}：板に対する最大使用係数で，**8 章 5 節 2.2** に規定する手法 B に従って計算する。

2.6.3 SP-A

SP-A の圧縮座屈強度は，次に示す評価基準を満足しなければならない。

$\eta_{SP-A} \leq \eta_{all}$

η_{SP-A}： 防撓パネルに対する最大使用係数で，次のうちの最大値とする。

- **8 章 5 節 2.1** に規定する防撓パネル全体の強度
- **8 章 5 節 2.2** に規定する手法 A に従って計算する板部材の強度
- **8 章 5 節 2.3** に規定する防撓材の座屈強度で，形状（板厚，寸法），圧力（**2.5.2** 参照）及び防撓材の両側の各 EPP における参照応力を別々に考慮するものとする。

（備考 1）防撓材の座屈強度評価は，**8 章 5 節 2.1** に示す防撓パネル全体の強度を満たす場合にのみ，満足する。

2.6.4 SP-B

SP-B の圧縮座屈強度は，次に示す評価基準を満足しなければならない。

$\eta_{SP-B} \leq \eta_{all}$

η_{SP-B}： 防撓パネルに対する最大使用係数で，次のうちの最大値とする。

- **8 章 5 節 2.1** に規定する防撓パネル全体の強度
- **8 章 5 節 2.2** に規定する手法 B に従って計算する板部材の強度
- **8 章 5 節 2.3** に規定する防撓材の座屈強度で，形状（板厚，寸法），圧力（**2.5.2** 参照）及び防撓材の両側の各 EPP における参照応力を別々に考慮するものとする。

（備考 1）**8 章 5 節 2.1** に示す防撓パネル全体の強度を満足する場合にのみ，防撓材の強度評価を実施することができる。

2.6.5 開口を有するウェブ

開口を有する主要支持部材のウェブは，次の評価基準を満足しなければならない。

$\eta_{opening} \leq \eta_{all}$

$\eta_{opening}$：開口を有するウェブに対する最大使用係数で，**8 章 5 節 2.4** の規定による。

3. 波形隔壁

3.1 一般

3.1.1

波形隔壁においては，次の 3 つの座屈崩壊モードに対して評価を行わなければならない。

- 波形部の全体コラム座屈
- 波形部のフランジにおけるパネルの座屈
- 波形部のウェブにおけるパネルの座屈

3.2 参照応力

3.2.1

波形部のフランジ及びウェブの各パネルを評価しなければならない。

3.2.2

要素中心の膜応力を用いなければならない。

3.2.3

波形部に平行な方向の最大直応力σ_xは，次の 2 つの応力の最大値とする。

- 波形部に平行な方向の直応力のうち，波形部の端部から *b*/2 における応力
- 波形部に平行な方向の直応力のうち，波形部のスパン中央における応力

波形部の端部にシェダープレートを設ける場合，波形部の端部における直応力は，構造に応じて，シェダープレートとフランジ又はウェブの幅中央の交点から *b*/2 における値としなければならない。

最大せん断応力は，波形部に平行な方向の直応力に対する上記の規定と同様に，端部から *b*/2 の点における波形部のフランジ又はウェブの最大のせん断応力とする。

平面応力σ_x，σ_y及びせん断応力τは，考慮する位置に該当する部材（フランジ又はウェブ）の幅にわたって平均化した要素応力としなければならない。

端部から *b*/2 における応力値を有限要素から直接得ることができない場合，当該位置における応力は補間法により求めなければならない。この場合，波形部の端部（又はシェダープレートを設ける場合，シェダープレートとフランジ又はウ

ェブの幅中央との交点）から *b*/2 に位置する点における応力値を求めるためには，波形部の端部（又はシェダープレートを設ける場合，シェダープレートとフランジ又はウェブの幅中央との交点）から *b*/2 に位置する点より 3*b* の距離に含まれる要素の応力を用いて補間を行わなければならない。平面応力σ_x及びσ_yの補間は，**8 章付録 1** の **2.1** に従って行わなければならない。

b/2 の位置のせん断応力は *b*/2 に最も近い要素間の線形補間により求めること。

本要件の適用にあたり，*b* は次による。

b： 考慮する波形部の部材（フランジ又はウェブ）の幅

3.2.4

フランジ又はウェブのパネル内で板厚が一定でない場合，各板厚に対して，最大応力を算出し座屈評価を実施しなければならない。

3.3 全体コラム座屈

3.3.1

軸圧縮を受ける波形隔壁の全体座屈崩壊モードとして，コラム座屈を考慮しなければならない。（例えば，水平波形隔壁及び局所的上下荷重を受ける立て式波形隔壁では考慮すること）

表 2 波形隔壁に対する全体コラム座屈の適用

隔壁の形式	波形隔壁の形式	
	水平式	立て式
縦通隔壁	要求	局部的上下荷重（クレーン荷重等）を受ける場合，要求
横隔壁	要求	

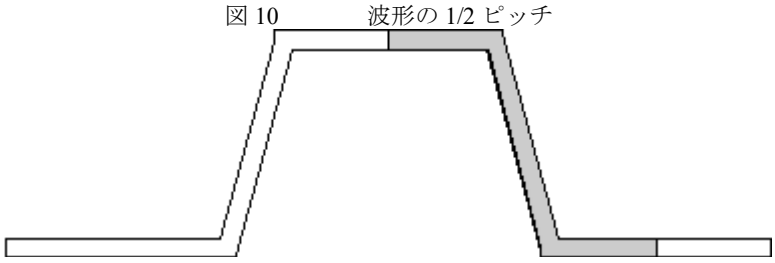
3.3.2

1/2 フランジ＋ウェブ＋1/2 フランジの範囲内の各波形部（**図 10** においてグレーで示す波形の 1/2 ピッチ）は，次の評価基準を満足しなければならない。

$\eta_{Overall} \leq \eta_{all}$

$\eta_{Overall}$：**8 章 5 節 3.1.1** 及び **8 章 5 節 3.1.2** に規定する全体コラム座屈に対する最大使用係数で，支持されない長さが波形部の長さであるピラーとして考慮したものとする。

図 10 波形の 1/2 ピッチ



3.3.3

端部拘束係数 f_{end} は，波形深さの 2 倍を超える幅のスツールを有する場合の端部支持条件は固定とし，それ以外は単純支持とする。

3.4 局部座屈

3.4.1

波形隔壁の単一のフランジ及び単一のウェブに対する圧縮座屈強度は，次の評価基準を満足しなければならない。

$\eta_{Corr} \leq \eta_{all}$

η_{Corr}：単一のフランジ又は単一のウェブに対する最大使用係数で，**8 章 5 節 3.2.1** の規定による。

上記の評価基準の適用にあたっては，次の 2 つの応力組合せを考慮しなければならない。

・ 波形部に平行な方向の直応力の最大値σ_xと，波形部に平行な方向の直応力が最大となる箇所における波形部に垂

直な方向の応力σ_y及びせん断応力τとの組合せ

・ せん断応力の最大値τと，せん断応力が最大となる箇所における波形部に平行な方向の直応力σ_x及び波形部に垂直な方向の応力σ_yとの組合せ

座屈評価は，アスペクト比 α を 2 とし，最大圧縮／せん断応力が発生する箇所の板厚を用いて実施しなければならない。（3.2.4 参照）

4. 単船側ばら積貨物船の垂直方向に防撓される船側外板

4.1 座屈評価基準

4.1.1 船側外板

単船側ばら積貨物船の垂直方向に防撓される船側外板に対する圧縮座屈強度は，次に示す評価基準を満足しなければならない。

$\eta_{vss} \leq \eta_{all}$

η_{vss}： 垂直方向に防撓される船側外板に対する最大使用係数で，8 章 5 節 2.2.1 に規定する手法 A に従って計算する。パネルの短辺固定に対応する次の境界条件及び応力の組合せを考慮すること。

・ 4 辺単純支持（8 章 5 節表 3 のケース 1, 2 及び 15）
  ・ 垂直方向の応力のみ
    ・ $\alpha = 1$及び$\psi_x = 1$として，垂直方向の最大応力を用いる。
  ・ 垂直方向の最大応力と縦通方向及びせん断応力との組合せ
    ・ $\alpha = 2$及び$\psi_x = \psi_y = 1$として，座屈パネル内の垂直方向の最大応力と，垂直方向の応力が最大となる箇所におけるせん断及び縦通方向の応力との組合せを用いる。
    ・ 座屈強度評価において考慮する板厚は，垂直方向の応力が最大となる箇所における板厚とする。
  ・ 最大せん断応力と縦通方向及び垂直方向の応力との組合せ
    ・ $\alpha = 2$及び$\psi_x = \psi_y = 1$として，座屈パネル内の最大せん断応力と，せん断応力が最大となる箇所における縦通方向及び垂直方向の応力との組合せを用いる。
    ・ 座屈強度評価において考慮する板厚は，せん断応力が最大となる箇所における板厚とする。
・ 短辺固定（8 章 5 節表 3 のケース 11, 12 及び 16）
  ・ 縦通方向の分布応力と垂直方向及びせん断応力との組合せ
    ・ 座屈パネルの実サイズを用いてαを決定する。
    ・ 縦通方向の応力，垂直方向の応力及びせん断応力は，それぞれ平均値を用いる。
    ・ $\psi_x = \psi_y = 1$とする。
    ・ 座屈強度評価において考慮する板厚は，座屈パネル内の板厚の最小値とする。

4.1.2 倉内肋骨

単船側ばら積貨物船の倉内肋骨に対する圧縮座屈強度は，次に示す評価基準を満足しなければならない。

$\eta_{Stiffener} \leq \eta_{all}$

$\eta_{Stiffener}$： 防撓材に対する最大使用係数で，8 章 5 節 2.3 の規定による。

5. 支材，梁柱及びクロスタイ

5.1 座屈評価基準

5.1.1

支材，梁柱及びクロスタイに対する圧縮座屈強度は，次に示す評価基準を満足しなければならない。

$\eta_{Pillar} \leq \eta_{all}$

クロスタイの基本板パネルに対する座屈強度は，次に示す評価基準を満足しなければならない。

$\eta_{Plate} \leq \eta_{all}$

η_{Pillar}： 支材，梁柱及びクロスタイに対する最大使用係数で，8 章 5 節 3.1 の規定による。

η_{Plate}： UP-B により計算された最大使用係数で，8 章 5 節 2.2 の規定による。

5節　座屈強度

記号

本節に規定されない記号については，**1章4節**による。

A_p：　付き板のネット断面積（mm^2）で，次による。

$$A_p = st_p$$

A_s：　付き板を含まない防撓材のネット断面積（mm^2）

a：　パネルの長辺方向の長さ（mm）

b：　パネルの短辺方向の長さ（mm）

b_{eff}：　防撓材の付き板の有効幅（mm）で，**2.3.5**の規定による。

b_{eff1}：　せん断遅れによる影響を無視した防撓材の付き板の有効幅（mm）で，次による。

- $\sigma_x > 0$の場合
  - 規則計算による評価に対して：

    $$b_{eff1} = \frac{C_{x1}b_1 + C_{x2}b_2}{2}$$

  - 有限要素解析に対して：

    $$b_{eff1} = C_x b$$

- $\sigma_x \leq 0$の場合

  $$b_{eff1} = b$$

b_f：　防撓材のフランジの幅（mm）

b_1, b_2：考慮する防撓材の両側のパネルの幅（mm）

C_{x1}, C_{x2}：**表3**に規定する軽減係数で，ケース1に従い考慮する防撓材の両側のEPP1及びEPP2に使用する。

d：　**表4**に示す湾曲パネルに対応する円柱軸に平行な辺の長さ（mm）

d_f：　*L2*-断面におけるフランジの短い方の突出部の距離（mm）で，**3章2節図3**による。

e_f：　付き板からフランジ中央までの距離（mm）（**図1**参照）で，次による。

平鋼の場合：　$e_f = h_w$

バルブプレートの場合：　$e_f = h_w - 0.5t_f$

山型鋼，L2材及びT型鋼の場合：$e_f = h_w + 0.5t_f$

F_{long}：係数で，**2.2.4**の規定による。

F_{tran}：　係数で，**2.2.5**の規定による。

h_w：　防撓材のウェブ深さ（mm）（**図1**参照）

ℓ：　防撓材のスパンで主要支持部材間の心距に等しい。又は倉内肋骨のスパンでホッパタンクとトップサイドタンク間の距離に等しい。（mm）（**2編1章2節図2**参照）

R：　湾曲パネルの半径（mm）

R_{eH_P}：板の最小降伏応力（N/mm^2）

R_{eH_S}：防撓材の最小降伏応力（N/mm^2）

S：　部分安全係数で，次による。

- $S = 1.1$　：　ハッチカバーや据付台に対するコンテナ荷重のように局部集中荷重を受ける構造部材の場合
- $S = 1.15$：　ばら積貨物船のハッチコーミング，トップサイドタンク斜板，ホッパタンク斜板，内底板，内殻板，単船側構造の船側外板並びに横隔壁の上部及び下部スツールの防撓材の場合
- $S = 1.0$　：　上記以外の全ての場合

t_p：　パネルのネット板厚（mm）

t_w：　防撓材のウェブのネット板厚（mm）

t_f：　フランジのネット板厚（mm）

x axis：　矩形座屈パネルの長辺に平行な局部座標軸

y axis： 矩形座屈パネルの長辺に垂直な局部座標軸

α： パネルのアスペクト比（**表 3** 参照）で，次による。

$$\alpha = \frac{a}{b}$$

β： 係数で，次による。

$$\beta = \frac{1-\psi}{\alpha}$$

ω： 係数で，次による。

$$\omega = \min(3;\alpha)$$

σ_x： 座屈パネルの辺上に作用する x 軸方向の応力（N/mm^2）

σ_y： 座屈パネルの辺上に作用する y 軸方向の応力（N/mm^2）

σ_1： 最大応力（N/mm^2）

σ_2： 最小応力（N/mm^2）

σ_E： 弾性座屈参照応力（N/mm^2）で，次による。

- **2.2.1** による板部材の限界状態を適用する場合

$$\sigma_E = \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)}\left(\frac{t_p}{b}\right)^2$$

- **2.2.6** による湾曲パネルを適用する場合

$$\sigma_E = \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)}\left(\frac{t_p}{d}\right)^2$$

τ： 作用するせん断応力（N/mm^2）

τ_c： せん断座屈強度（N/mm^2）で，**2.2.3** の規定による。

ψ： 端部応力比で，次による。

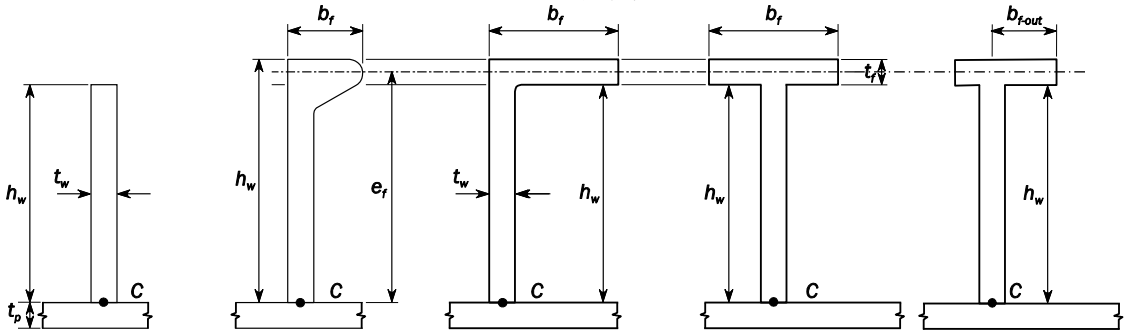
$$\psi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}$$

γ： 荷重に掛ける応力の乗数。作用荷重が相関式に達する場合，$\gamma = \gamma_c$となる。

γ_c： 崩壊時の応力の乗数

γ_{GEB}： 全体弾性座屈強度の応力の乗数

図 1　　防撓材の断面



1.　一般

1.1　範囲

1.1.1

本節では，板部材，防撓材，主要支持部材，支材，梁柱，クロスタイ及び波形隔壁の座屈強度の決定手法について規定する。

1.1.2

本節の適用にあたり，構造部材に作用する応力σ_x，σ_y，τは，次による。

- 規則計算による要件については，**8 章 3 節**の規定
- 有限要素解析要件については，**8 章 4 節**の規定

1.1.3　座屈･最終強度

座屈･最終強度は，実際の応力組合せを適用した上で，**2.1.1**，**2.2.1** 及び **2.3.4** に規定する相関式が 1 に等しくなるまで応力を比例的に増加及び減少させることにより計算する。

1.1.4　座屈使用係数

構造部材の座屈使用係数は，異なる座屈モードにおいて得られる使用係数の最大値に等しい。

1.1.5　面外圧

面外圧は，座屈強度評価において一定値として考慮しなければならない。

2.　板部材及び防撓材の座屈強度

2.1　防撓パネル全体の耐荷力

2.1.1

弾性防撓パネルの限界状態は，次の相関式による。これは，**2.3.4** による防撓材の座屈評価の前提条件となる。

$$\frac{\gamma}{\gamma_{GEB}} = 1$$

全体弾性座屈強度の応力の乗数γ_{GEB}は，次の算式に基づき計算しなければならない。

$\tau \neq 0$ かつ $(\sigma_x > 0$ 又は $\sigma_y > 0)$の場合，$\gamma_{GEB} = \gamma_{GEB,bi+\tau}$

$\tau = 0$ かつ $(\sigma_x > 0$ 又は $\sigma_y > 0)$の場合，$\gamma_{GEB} = \gamma_{GEB,bi}$

$\tau \neq 0$ かつ $(\sigma_x \leq 0$ かつ $\sigma_y \leq 0)$の場合，$\gamma_{GEB} = \gamma_{GEB,\tau}$

$\gamma_{GEB,bi}$，$\gamma_{GEB,\tau}$ 及び$\gamma_{GEB,bi+\tau}$は，それぞれ **2.1.2**，**2.1.3** 及び **2.1.4** による異なる荷重組合せに対する応力の乗数とする。ただし，$\gamma_{GEB,bi}$，$\gamma_{GEB,\tau}$ 及び$\gamma_{GEB,bi+\tau}$の計算において，σ_x及 び σ_yは 0 未満としてはならない。

σ_x, σ_y：　板部材に作用する直応力（N/mm^2）で，**2.2.7** の規定による。

τ：作用するせん断応力（N/mm^2）で，**2.2.7** の規定による。

2.1.2

二軸荷重を受ける防撓パネルの応力の乗数$\gamma_{GEB,bi}$は，次による。

$$\gamma_{GEB,bi} = \frac{\pi^2}{L_{B1}^2 L_{B2}^2} \frac{[D_{11}L_{B2}^4 + 2(D_{12} + D_{33})n^2 L_{B1}^2 L_{B2}^2 + n^4 D_{22} L_{B1}^4]}{L_{B2}^2 N_x + n^2 L_{B1}^2 N_y}$$

N_x：防撓パネルの辺上に作用する x 軸方向の単位長さ当たりの荷重（N/mm）で，次による。

$$N_x = \sigma_{x,av}(A_p + A_s)/s$$

U 型防撓材の防撓パネルにあっては，防撓材の心距 s は次による。

$$s = b_1 + b_2$$

ここで，b_1 及び b_2 は，**2 編 1 章 5 節図 1** による。

N_y：防撓パネルの辺上に作用する y 軸方向の単位長さ当たりの荷重（N/mm）で，次による。

$$N_y = c\sigma_y t_p$$

L_{B1}：防撓材のスパン（mm）で，主要支持部材間の心距ℓに等しい。単船側ばら積貨物船の垂直方向に防撓される船側外板にあっては，$L_{B1} = 0.8\ell$とする。

L_{B2}：防撓パネルの幅（mm）で，防撓材の心距の 6 倍（$6s$）とする。

n：防撓材に垂直な方向に沿った半波の数。乗数$\gamma_{GEB,bi}$は波のパラメータ n について最小，すなわち，ゼロより大きい最小値としなければならない。

c：防撓材に垂直な方向に作用する付き板内の応力を考慮するための係数

$0 \leq \Psi \leq 1$の場合：$c = 0.5(1 + \Psi)$

$\Psi < 0$の場合：　$c = \frac{1}{2(1-\Psi)}$

Ψ：**表 3** によるケース 2 の端部応力比

$\sigma_{x,av}$：　ポアソン修正による板及び防撓材の平均応力で，次の算式による。

$\sigma_x > 0$ 及び $\sigma_y > 0$ の場合：　$\sigma_{x,av} = \sigma_x - vc\sigma_y A_s/(A_p + A_s) \geq 0$

$\sigma_x \leq 0$ 又は $\sigma_y \leq 0$ の場合：　$\sigma_{x,av} = \sigma_x$

$D_{11}, D_{12}, D_{22}, D_{33}$：防撓パネルの曲げ剛性係数（*Nmm*）で，原則として次による。

$$\left.\begin{aligned} D_{11} &= \frac{EI_{eff}10^4}{s} \\ D_{12} &= \frac{E\,t_p^3\nu}{12(1-\nu^2)} \\ D_{22} &= \frac{E\,t_p^3}{12(1-\nu^2)} \\ D_{33} &= \frac{Et_p^3}{12(1+\nu)} \end{aligned}\right\}$$

U 型防撓材の防撓パネルにあっては，D_{12} 及び D_{22} は次による。

$$D_{22} = \frac{E\,t_p^3}{12(1-\nu^2)}\left[1.2 + 4.8 \times Min\left(1.0, \frac{b_1^2}{h_w(b_1+b_2)}\right) \times Min\left(1.0, \left(\frac{t_w}{t_p}\right)^3\right)\right]$$

$$D_{12} = \nu D_{22}$$

h_w：U 型防撓材のウェブの幅（*mm*）で，**2 編 1 章 5 節図 1** による。

I_{eff}：付き板の有効幅を含む防撓材の断面二次モーメント（cm^4）で，**2.3.4** に規定する I と同じものとする。

2.1.3

純せん断荷重を受ける防撓パネルの応力の乗数$\gamma_{GEB,\tau}$は，次による。

$D_{11}D_{22} \geq (D_{12}+D_{33})^2$ の場合：$\gamma_{GEB,\tau} = \frac{\sqrt[4]{D_{11}^3 D_{22}}}{(L_{B1}/2)^2 N_{xy}}\left[8.125 + 5.64\sqrt{\frac{(D_{12}+D_{33})^2}{D_{11}D_{22}}} - 0.6\frac{(D_{12}+D_{33})^2}{D_{11}D_{22}}\right]$

$D_{11}D_{22} < (D_{12}+D_{33})^2$ の場合：$\gamma_{GEB,\tau} = \frac{\sqrt{2D_{11}(D_{12}+D_{33})}}{(L_{B1}/2)^2 N_{xy}}\left[8.3 + 1.525\frac{D_{11}D_{22}}{(D_{12}+D_{33})^2} - 0.493\frac{D_{11}^2 D_{22}^2}{(D_{12}+D_{33})^4}\right]$

$N_{xy} = \tau t_p$

2.1.4

組合せ荷重を受ける防撓パネルの応力の乗数$\gamma_{GEB,bi+\tau}$は，次による。

$$\gamma_{GEB,bi+\tau} = \frac{1}{2}\gamma_{GEB,\tau}{}^2\left[-\frac{1}{\gamma_{GEB,bi}} + \sqrt{\frac{1}{\gamma_{GEB,bi}{}^2} + 4\frac{1}{\gamma_{GEB,\tau}{}^2}}\right]$$

$\gamma_{GEB,bi}$及び $\gamma_{GEB,\tau}$は，それぞれ **2.1.2** 及び **2.1.3** による。

2.2 板部材の耐荷力

2.2.1 板部材の限界状態

板部材の限界状態は，次の相関式による。

$$\left(\frac{\gamma_{c1}\sigma_x S}{\sigma_{cx}{}'}\right)^{e_0} - B\left(\frac{\gamma_{c1}\sigma_x S}{\sigma_{cx}{}'}\right)^{e_0/2}\left(\frac{\gamma_{c1}\sigma_y S}{\sigma_{cy}{}'}\right)^{e_0/2} + \left(\frac{\gamma_{c1}\sigma_y S}{\sigma_{cy}{}'}\right)^{e_0} + \left(\frac{\gamma_{c1}|\tau| S}{\tau_c{}'}\right)^{e_0} = 1$$

$\sigma_x \geq 0$の場合：$\left(\frac{\gamma_{c2}\sigma_x S}{\sigma_{cx}{}'}\right)^{2/\beta_p^{0.25}} + \left(\frac{\gamma_{c2}|\tau| S}{\tau_c{}'}\right)^{2/\beta_p^{0.25}} = 1$

$\sigma_y \geq 0$の場合：$\left(\frac{\gamma_{c3}\sigma_y S}{\sigma_{cy}{}'}\right)^{2/\beta_p^{0.25}} + \left(\frac{\gamma_{c3}|\tau| S}{\tau_c{}'}\right)^{2/\beta_p^{0.25}} = 1$

$\frac{\gamma_{c4}|\tau| S}{\tau_c{}'} = 1$

$\gamma_c = \min(\gamma_{c1}, \gamma_{c2}, \gamma_{c3}, \gamma_{c4})$

σ_x, σ_y： 板部材に作用する直応力（N/mm^2）で，**2.2.7** の規定による。

τ： 板部材に作用するせん断応力（N/mm^2）

$\sigma_{cx}{}'$： 座屈パネルの長辺に平行な方向の最終座屈応力（N/mm^2）で，**2.2.3** の規定による。

$\sigma_{cy}{}'$： 座屈パネルの短辺に平行な方向の最終座屈応力（N/mm^2）で，**2.2.3** の規定による。

$\tau_c{}'$： 最終座屈せん断応力（N/mm^2）で，**2.2.3** の規定による。

$\gamma_{c1}, \gamma_{c2}, \gamma_{c3}, \gamma_{c4}$： 上記の異なる限界状態における崩壊時の応力の乗数。γ_{c2}及びγ_{c3}は，それぞれ$\sigma_x \geq 0$及び $\sigma_y \geq 0$の場合のみ考慮しなければならない。

B： 係数で**表 1** による。

e_0： 係数で**表 1** による。

β_p： 板部材の細長パラメータで，次による。

$$\beta_p = \frac{b}{t_p}\sqrt{\frac{R_{eH_P}}{E}}$$

表 1　　係数 B 及び e_0 の定義

作用応力	B	e_0
$\sigma_x \geq 0$ 及び $\sigma_y \geq 0$	$0.7 - 0.3\,\beta_p/\alpha^2$	$2/\beta_p^{0.25}$
$\sigma_x < 0$ 又は $\sigma_y < 0$	1.0	2.0

2.2.2　参照細長比

参照細長比は，次によらなければならない。

$$\lambda = \sqrt{\frac{R_{eH_P}}{K\sigma_E}}$$

K： **表 3** 及び**表 4** に示す座屈係数

2.2.3　最終座屈応力

板部材の最終座屈応力（N/mm^2）は，次によらなければならない。

$$\sigma_{cx}' = C_x R_{eH_P}$$
$$\sigma_{cy}' = C_y R_{eH_P}$$

せん断力を受ける板部材の最終座屈応力（N/mm^2）は，次によらなければならない。

$$\tau_c' = C_\tau \frac{R_{eH_P}}{\sqrt{3}}$$

C_x, C_y, C_τ：**表 3** に示す軽減係数

- **2.2.1** の第 1 算式において，$\sigma_x < 0$又は $\sigma_y < 0$の場合，軽減係数は次による。

  $C_x = C_y = C_\tau = 1$

- その他の場合
  - SP-A 及び UP-A の場合，**表 3** に従って C_y を計算する際には次を用いる。

    $c_1 = \left(1 - \frac{1}{\alpha}\right) \geq 0$

  - SP-B 及び UP-B の場合，**表 3** に従って C_y を計算する際には次を用いる。

    $c_1 = 1$

  - ばら積貨物船の垂直方向に防撓される単船側部の場合，**表 3** に従って C_y を計算する際には次を用いる。

    $c_1 = \left(1 - \frac{1}{\alpha}\right) \geq 0$

  - 波形隔壁の波形部の場合，**表 3** に従って C_y を計算する際には次を用いる。

    $c_1 = \left(1 - \frac{1}{\alpha}\right) \geq 0$

板の境界条件は，**表 3** のケース 1，2 及び 15 に示すように，単純支持として考慮しなければならない。境界条件が単純支持と大きく異なる場合は，本会の同意を条件として，**表 3** の別のケースに従って，より適切な境界条件を適用して差し支えない。

2.2.4　修正係数F_{long}

座屈パネルの長辺方向の端部防撓材のタイプにより決定される修正係数F_{long}は，**表 2** による。異なる端部防撓材を持つ板部材に対しては，F_{long}の平均値を用いなければならない。防撓材のタイプが**表 2** に示すもの以外の場合は，c の値は本会の同意を得た値としなければならない。また，非線形有限要素解析を用いたパネルの座屈強度評価により c の値を検証し，かつ，本会が適当と認める場合にあっては，**表 2** に示す c の値より大きい値を用いて差し支えない。

表 2　　修正係数F_{long}

構造要素のタイプ			F_{long}	c
非防撓パネル			1.0	N/A
防撓パネル	両端固定以外の防撓材		1.0	N/A
	両端固定の防撓材	平鋼 (1)	$\frac{t_w}{t_p} > 1$の場合　$F_{long} = c + 1$ $\frac{t_w}{t_p} \leq 1$の場合　$F_{long} = c\left(\frac{t_w}{t_p}\right)^3 + 1$	0.10
		バルブプレート		0.30
		山型鋼及び L2 材		0.40
		T 型鋼		0.30
		剛性の高い桁部材（船底横桁等）	1.4	N/A
		ハッチカバーに設ける U 型鋼(2)	・U 型鋼を設けた板部材で，EPP b_1及び EPP b_2を含む ・$b_2 < b_1$の場合$F_{long} = 1$ ・$b_2 \geq b_1$の場合 $F_{long} = \left(1.55 - 0.55\frac{b_1}{b_2}\right)\left[1 + c\left(\frac{t_w}{t_p}\right)^3\right]$ ・その他の U 型鋼：$F_{long} = 1$	0.2

(1) t_wは，**2.3.2** に規定する修正を含まないウェブのネット板厚（*mm*）とする。
(2) b_1及びb_2は **2 編 1 章 5 節図 1** の規定による。

2.2.5　　修正係数 F_{tran}

修正係数 F_{tran}は，次によらなければならない。

- 単船側ばら積貨物船のホッパタンク及びトップサイドタンク間の横式に防撓された EPP の場合：
  - F_{tran}=1.25：　2 つの隣接する肋骨が，隣接する板部材の箇所において 1 つのトリッピングブラケットにより支持される場合
  - F_{tran}=1.33：　2 つの隣接する肋骨が，隣接する板部材の箇所において 2 つのトリッピングブラケットにより支持される場合
  - F_{tran}=1.15：　上記以外の場合
- ハッチカバーにおける U 型防撓材の防撓パネルの場合：

  $F_{tran} = Max(3 - 0.08(F_{tran0} - 6)^2, 1.0) \leq 2.25$

  ここで，

  EPP b_2に対して，$F_{tran0} = Min\left(\frac{b_2}{b_1} + \frac{6b_2^2}{\pi^2 h_w(b_1+b_2)}\left(\frac{t_w}{t_p}\right)^3, 6\right)$

  EPP b_1に対して，$F_{tran0} = Min\left(\frac{b_1}{b_2} + \frac{6b_1^2}{\pi^2 h_w(b_2+b_1)}\left(\frac{t_w}{t_p}\right)^3, 6\right)$

  b_1，b_2及びh_wは，**2 編 1 章 5 節図 1** による。

  表 3 のケース 2 に定義される係数 F は，次の算式に置き換えること。

  $F = \left[1 - \left(\frac{K_y}{0.91F_{tran}} - 1\right)/\lambda_p^2\right]c_1 \geq 0$
- 上記以外の場合：F_{tran} =1

2.2.6　　湾曲パネル

本規定は，$R/t_p \leq 2500$の湾曲パネルに適用する。その他の湾曲パネルについては，**2.2.1** の規定による限界状態の規定

を適用する。

湾曲パネルの限界状態は，次の相関式による。

$$\left(\frac{\gamma_c\sigma_{ax}S}{C_{ax}R_{eH_P}}\right)^{1.25} - 0.5\cdot\left(\frac{\gamma_c\sigma_{ax}S}{C_{ax}R_{eH_P}}\right)\left(\frac{\gamma_c\sigma_{tg}S}{C_{tg}R_{eH_P}}\right) + \left(\frac{\gamma_c\sigma_{tg}S}{C_{tg}R_{eH_P}}\right)^{1.25} + \left(\frac{\gamma_c\tau\sqrt{3}S}{C_{\tau}R_{eH_P}}\right)^{2} = 1.0$$

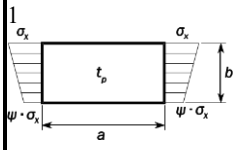
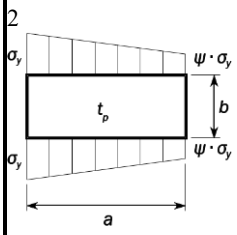
σ_{ax}: 湾曲パネルの作用軸応力（N/mm^2）。引張の場合，0 とする。

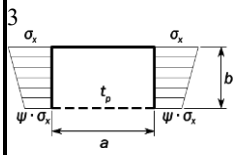
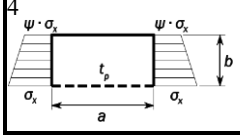
σ_{tg}: 湾曲パネルの作用接線応力（N/mm^2）。引張の場合，0 とする。

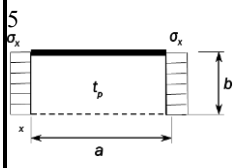
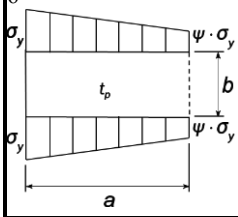
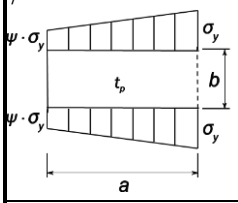
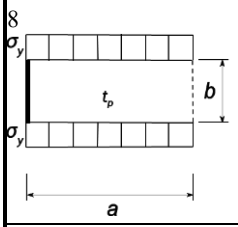
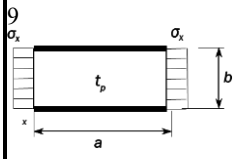
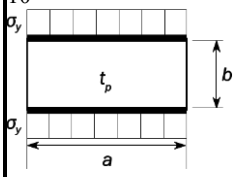
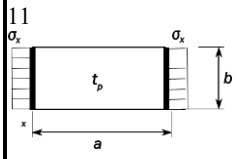
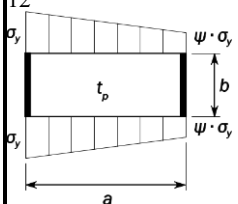
C_{ax}, C_{tg}, C_{τ}:　湾曲パネルの座屈軽減係数で，**表 4** による。

湾曲パネルの応力の乗数γ_cは，**2.2.1** により展開した平板パネルに対する応力の乗数γ_cより小さくする必要はない。

表 3　　平板パネルの座屈係数及び軽減係数

ケース	応力比 ψ	アスペクト比 α	座屈係数 K	軽減係数 C
1  	$1 \geq \psi \geq 0$		$K_x = F_{long}\dfrac{8.4}{\psi + 1.1}$	$\sigma_x \leq 0$の場合： $C_x = 1$ $\sigma_x > 0$の場合： $\lambda \leq \lambda_c$の場合 $C_x = 1$ $\lambda > \lambda_c$の場合 $C_x = c\left(\dfrac{1}{\lambda} - \dfrac{0.22}{\lambda^2}\right)$ $c = (1.25 - 0.12\psi) \leq 1.25$ $\lambda_c = \dfrac{c}{2}\left(1 + \sqrt{1 - \dfrac{0.88}{c}}\right)$
	$0 > \psi > -1$		$K_x = F_{long}[7.63 - \psi(6.26 - 10\psi)]$	
	$\psi \leq -1$		$K_x = F_{long}[5.975(1-\psi)^2]$	
2  	$1 \geq \psi \geq 0$		$K_y = F_{tran}\dfrac{2\left(1+\frac{1}{\alpha^2}\right)^2}{1+\psi+\frac{(1-\psi)}{100}\left(\frac{2.4}{\alpha^2}+6.9f_1\right)}$	$\sigma_y \leq 0$の場合： $C_y = 1$ $\sigma_y > 0$の場合： $C_y = c\left(\dfrac{1}{\lambda} - \dfrac{R + F^2(H-R)}{\lambda^2}\right)$ $c = (1.25 - 0.12\psi)$ ただし，1.25 以下としなければならない。 $\lambda < \lambda_c$の場合 $R = \lambda(1 - \lambda/c)$ $\lambda \geq \lambda_c$の場合 $R = 0.22$
		$\alpha \leq 6$	$f_1 = (1-\psi)(\alpha - 1)$	
		$\alpha > 6$	$f_1 = 0.6(1 - \dfrac{6\psi}{\alpha})(\alpha + \dfrac{14}{\alpha})$ ただし，$14.5 - \dfrac{0.35}{\alpha^2}$を超える値としてはならない。	
	$0 \geq \psi \geq 1 - \dfrac{4\alpha}{3}$		$K_y = \dfrac{200F_{tran}(1+\beta^2)^2}{(1-f_3)(100 + 2.4\beta^2 + 6.9f_1 + 23f_2)}$	
		$\alpha > 6(1-\psi)$	$f_1 = 0.6(\dfrac{1}{\beta} + 14\beta)$ ただし，$14.5 - 0.35\beta^2$を超える値としてはならない。 $f_2 = f_3 = 0$	

		$3(1-\psi) \le \alpha \le 6(1-\psi)$	$f_1 = \frac{1}{\beta} - 1$ $f_2 = f_3 = 0$	$\lambda_c = 0.5c\left(1+\sqrt{1-0.88/c}\right)$ $F = \left[1-\left(\frac{K}{0.91}-1\right)/\lambda_p^2\right]c_1$ ただし, 0 以上としなければならない。 $\lambda_p^2 = \lambda^2 - 0.5$ ただし，λ_p^2は 1 以上 3 以下の値とすること。 c_1は **2.2.3** の規定による。 $H = \lambda - \frac{2\lambda}{c(T+\sqrt{T^2-4})}$ ただし, R 以上としなければならない。 $T = \lambda + \frac{14}{15\lambda} + \frac{1}{3}$
		$1.5(1-\psi) \le \alpha < 3(1-\psi)$	$f_1 = \frac{1}{\beta} - (2-\omega\beta)^4 - 9(\omega\beta-1)\left(\frac{2}{3}-\beta\right)$ $f_2 = f_3 = 0$	
		$1-\psi \le \alpha < 1.5(1-\psi)$	・ α> 1.5 の場合 $f_1 = 2\left(\frac{1}{\beta} - 16(1-\frac{\omega}{3})^4\right)\left(\frac{1}{\beta}-1\right)$ $f_2 = 3\beta - 2$ $f_3 = 0$ ・ α ≤1.5 の場合 $f_1 = 2\left(\frac{1.5}{1-\psi}-1\right)\left(\frac{1}{\beta}-1\right)$ $f_2 = \frac{\psi(1-16f_4^2)}{1-\alpha}$ $f_3 = 0$ $f_4 = (1.5 - Min(1.5;\alpha))^2$	
		$0.75(1-\psi) \le \alpha < 1-\psi$	$f_1 = 0$ $f_2 = 1 + 2.31(\beta-1) - 48\left(\frac{4}{3}-\beta\right)f_4^2$ $f_3 = 3f_4(\beta-1)\left(\frac{f_4}{1.81} - \frac{\alpha-1}{1.31}\right)$ $f_4 = (1.5 - Min(1.5;\alpha))^2$	
	$\psi < 1 - \frac{4\alpha}{3}$		$K_y = 5.972F_{tran}\frac{\beta^2}{1-f_3}$ $f_3 = f_5\left(\frac{f_5}{1.81} + \frac{1+3\psi}{5.24}\right)$ $f_5 = \frac{9}{16}(1 + Max(-1;\psi))^2$	
3  	$1 \ge \psi \ge 0$		$K_x = \frac{4(0.425 + 1/\alpha^2)}{3\psi + 1}$	UP-A $\lambda \le 0.75$の場合 $C_x = 1$ $\lambda > 0.75$の場合 $C_x = \frac{0.75}{\lambda}$
	$0 > \psi \ge -1$		$K_x = 4(0.425 + 1/\alpha^2)(1+\psi) - 5\psi(1-3.42\psi)$	
4  	$1 \ge \psi \ge -1$		$K_x = \left(0.425 + \frac{1}{\alpha^2}\right)\frac{3-\psi}{2}$	UP-B $\lambda \le 0.7$の場合

5 	–	$\alpha \geq 1.64$	$K_x = 1.28$	$C_x = 1$ $\lambda > 0.7$の場合 $C_x = \frac{1}{\lambda^2 + 0.51}$
		$\alpha < 1.64$	$K_x = \frac{1}{\alpha^2} + 0.56 + 0.13\alpha^2$	
6 	$1 \geq \psi \geq 0$		$K_y = \frac{4(0.425 + \alpha^2)}{(3\psi + 1)\alpha^2}$	UP-A $\lambda \leq 0.75$の場合 $C_x = 1$ $\lambda > 0.75$の場合 $C_x = \frac{0.75}{\lambda}$
	$0 > \psi \geq -1$		$K_y = 4(0.425 + \alpha^2)(1 + \psi)\frac{1}{\alpha^2}$ $-5\psi(1 - 3.42\psi)\frac{1}{\alpha^2}$	
7 	$1 \geq \psi \geq -1$		$K_y = 4(0.425 + \alpha^2)\frac{(3 - \psi)}{2\alpha^2}$	UP-B $\lambda \leq 0.7$の場合 $C_y = 1$ $\lambda > 0.7$の場合 $C_y = (\frac{1}{\lambda^2 + 0.51})$
8 	–		$K_y = 1 + \frac{0.56}{\alpha^2} + \frac{0.13}{\alpha^4}$	
9 	–		$K_x = 6.97$	$\lambda \leq 0.83$の場合 $C_x = 1$ $\lambda > 0.83$の場合 $C_x = 1.13\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{0.22}{\lambda^2}\right)$
10 	–		$K_y = 4 + \frac{2.07}{\alpha^2} + \frac{0.67}{\alpha^4}$	$\lambda \leq 0.83$の場合 $C_y = 1$ $\lambda > 0.83$の場合 $C_y = 1.13\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{0.22}{\lambda^2}\right)$
11 	–	$\alpha \geq 4$	$K_x = 4$	$\lambda \leq 0.83$の場合 $C_x = 1$ $\lambda > 0.83$の場合 $C_x = 1.13\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{0.22}{\lambda^2}\right)$
		$\alpha < 4$	$K_x = 4 + 2.74\left[\frac{4 - \alpha}{3}\right]^4$	
12 	–		K_y はケース 2 において決定される K_y	$\alpha < 2$の場合 $C_y = C_{y2}$ $\alpha \geq 2$の場合 $C_y = \left(1.06 + \frac{1}{10\alpha}\right)C_{y2}$ C_{y2}：ケース 2 において決定される C_y

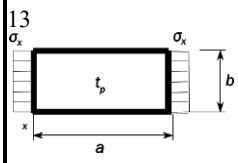
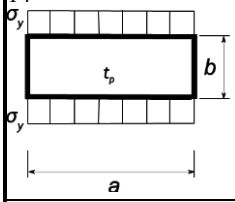
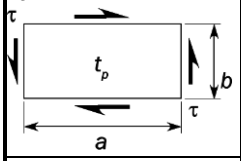
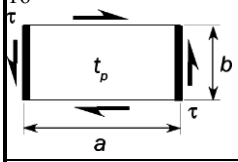
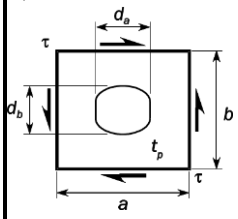
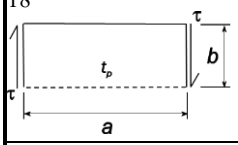
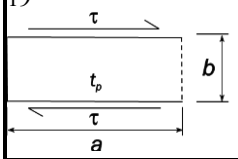
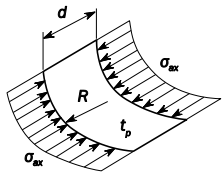
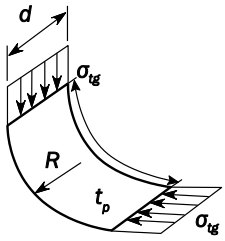
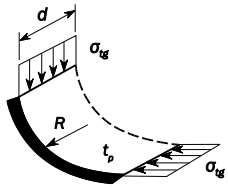
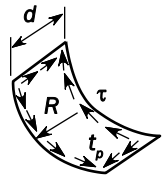
13 	–	$\alpha \geq 4$	$K_x = 6.97$	$\lambda \leq 0.83$の場合 $C_x = 1$ $\lambda > 0.83$の場合 $C_x = 1.13\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{0.22}{\lambda^2}\right)$
		$\alpha < 4$	$K_x = 6.97 + 3.1\left[\frac{4-\alpha}{3}\right]^4$	
14 	–	$K_y = \frac{6.97}{\alpha^2} + \frac{3.1}{\alpha^2}\left[\frac{4-1/\alpha}{3}\right]^4$		$\lambda \leq 0.83$の場合 $C_y = 1$ $\lambda > 0.83$の場合 $C_y = 1.13\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{0.22}{\lambda^2}\right)$
15 	–	$K_\tau = \sqrt{3}\left[5.34 + \frac{4}{\alpha^2}\right]$		$\lambda \leq 0.84$の場合 $C_\tau = 1$ $\lambda > 0.84$の場合 $C_\tau = \frac{0.84}{\lambda}$
16 	–	$K_\tau = \sqrt{3}\left\{5.34 + Max\left[\frac{4}{\alpha^2}; \frac{7.15}{\alpha^{2.5}}\right]\right\}$		
17 	–	$K_\tau = K_{\tau case15} r$ $K_{\tau case15}$：ケース 15 でのK_τ r：開口による軽減係数で，次による。 $\frac{d_a}{a} \leq 0.7$かつ$\frac{d_b}{b} \leq 0.7$の場合 $r = \left(1 - \frac{d_a}{a}\right)\left(1 - \frac{d_b}{b}\right)$		
18 	–	$K_\tau = \sqrt{3}(0.6 + 4/\alpha^2)$		$\lambda \leq 0.84$の場合 $C_\tau = 1$ $\lambda > 0.84$の場合 $C_\tau = \frac{0.84}{\lambda}$
19 	–	$K_\tau = 8$		
板部材周縁の境界条件： ---------- 自由端 ———— 単純支持 ▬▬▬ 固定端				
備考 1：明記されているケースは一般的なものを示す。各応力成分（σ_x,σ_y）は局部座標系によらなければならない。				

表 4　　$R/t_p \leq 2500$の湾曲パネルの座屈係数及び軽減係数

ケース	アスペクト比	座屈係数 K	軽減係数 C
1  	$\frac{d}{R} \leq 0.5\sqrt{\frac{R}{t_p}}$	$K = 1 + \frac{2}{3}\frac{d^2}{Rt_p}$	一般的な場合： $\lambda \leq 0.25$の場合　$C_{ax} = 1$ $0.25 < \lambda \leq 1$の場合 $C_{ax} = 1.233 - 0.933\lambda$ $1 < \lambda \leq 1.5$の場合　$C_{ax} = {}^{0.3}/_{\lambda^3}$ $\lambda > 1.5$の場合　$C_{ax} = {}^{0.2}/_{\lambda^2}$ 平面パネルと境界を成す湾曲パネル（ビルジ外板等）の場合（**6 章 4 節図 1** 参照）： $C_{ax} = \frac{0.65}{\lambda^2} \leq 1.0$
	$\frac{d}{R} > 0.5\sqrt{\frac{R}{t_p}}$	$K = 0.267\frac{d^2}{Rt_p}\left[3 - \frac{d}{R}\sqrt{\frac{t_p}{R}}\right] \geq 0.4\frac{d^2}{Rt_p}$	
2  	$\frac{d}{R} \leq 1.63\sqrt{\frac{R}{t_p}}$	$K = \frac{d}{\sqrt{Rt_p}} + 3\frac{(Rt_p)^{0.175}}{d^{0.35}}$	一般的な場合： $\lambda \leq 0.4$の場合　$C_{tg} = 1$ $0.4 < \lambda \leq 1.2$の場合 $C_{tg} = 1.274 - 0.686\lambda$ $\lambda > 1.2$の場合　$C_{tg} = \frac{0.65}{\lambda^2}$ 平面パネルと境界を成す湾曲パネル（ビルジ外板等）の場合（**6 章 4 節図 1** 参照）： $C_{ax} = \frac{0.8}{\lambda^2} \leq 1.0$
	$\frac{d}{R} > 1.63\sqrt{\frac{R}{t_p}}$	$K = 0.3\frac{d^2}{R^2} + 2.25\left(\frac{R^2}{dt_p}\right)^2$	
3  	$\frac{d}{R} \leq \sqrt{\frac{R}{t_p}}$	$K = \frac{0.6d}{\sqrt{Rt_p}} + \frac{\sqrt{Rt_p}}{d} - 0.3\frac{Rt_p}{d^2}$	応力状態 2a による
	$\frac{d}{R} > \sqrt{\frac{R}{t_p}}$	$K = 0.3\frac{d^2}{R^2} + 0.291\left(\frac{R^2}{dt_p}\right)^2$	
4  	$\frac{d}{R} \leq 8.7\sqrt{\frac{R}{t_p}}$	$K = \sqrt{3}\sqrt{28.3 + \frac{0.67d^3}{R^{1.5}{t_p}^{1.5}}}$	$\lambda \leq 0.4$の場合　$C_\tau = 1$ $0.4 < \lambda \leq 1.2$の場合 $C_\tau = 1.274 - 0.686\lambda$ $\lambda > 1.2$の場合　$C_\tau = \frac{0.65}{\lambda^2}$
	$\frac{d}{R} > 8.7\sqrt{\frac{R}{t_p}}$	$K = \sqrt{3}\frac{0.28d^2}{R\sqrt{Rt_p}}$	
境界条件： - - - - - - - - - - 自由端 ——————— 単純支持 ▬▬▬▬▬▬▬ 固定端			

2.2.7　板部材に適用する直応力及びせん断応力

2.1.1 及び **2.2.1** にそれぞれ規定する防撓パネル全体の耐荷力及び板部材の耐荷力の計算において適用する直応力σ_x及びσ_y（N/mm^2）は，次によらなければならない。

- 有限要素解析にあっては，**8 章 4 節 2.4** に規定する参照応力
- 防撓パネル全体の耐荷力及び板部材の耐荷力の規則計算による評価にあっては，考慮する基本板パネル又は考慮する防撓材の荷重計算点（それぞれ **3 章 7 節 2** 及び **3** 参照）において **8 章 3 節 2.2.1** の規定に従って計算される軸方向及び横方向の圧縮応力。ただし，横式構造の場合，防撓パネル全体の耐荷力の評価に使用する横方向の圧縮応力は，**3 章 7 節 2** に規定する防撓材の付き板の荷重計算点で計算された圧縮応力とすること。
- 応力を梁理論に基づき算出する骨組構造解析にあっては，応力は次による。

$$\sigma_x = \frac{\sigma_{xb} + \nu\sigma_{yb}}{1-\nu^2}$$

$$\sigma_y = \frac{\sigma_{yb} + \nu\sigma_{xb}}{1-\nu^2}$$

σ_{xb}，σ_{yb}：骨組構造梁解析から得られた主要支持部材の付き板の x 軸又は y 軸方向の応力（N/mm^2）

2.1.1 及び **2.2.1** にそれぞれ規定する防撓パネル全体の耐荷力及び板部材の耐荷力の計算において適用するせん断応力τ（N/mm^2）は，次によらなければならない。

- 有限要素解析にあっては，**8 章 4 節 2.4** に規定する参照せん断応力
- 板部材の耐荷力の規則計算による評価にあっては，考慮する基本板パネルの荷重計算点（**3 章 7 節 2** 参照）において **8 章 3 節 2.2.1** の規定に従って計算されるせん断応力
- 防撓パネル全体の耐荷力の規則計算による評価にあっては，次の荷重計算点において **8 章 3 節 2.2.1** の規定に従って計算されるせん断応力
  - 考慮する防撓材のスパンℓの中央部
  - 考慮する防撓材と付き板の交点
- 骨組構造梁解析にあっては，主要支持部材の付き板において$\tau = 0$とする。

2.3　防撓材

2.3.1　座屈モード

次の座屈モードを評価しなければならない。

- 防撓材に起因する崩壊（*SI*）
- 板に起因する崩壊（*PI*）

2.3.2　平鋼のウェブの板厚

2.1 及び **2.3.4** の規定を適用する際，局部的な面外変形による剛性の低下を考慮するため，防撓材のネット断面積 A_s，ネット断面係数 Z 及び断面二次モーメント I の計算において，次に示す平鋼防撓材の有効ウェブ板厚（mm）を用いなければならない。

$$t_{w_red} = t_w\left(1 - \frac{2\pi^2}{3}\left(\frac{h_w}{s}\right)^2\left(1 - \frac{b_{eff1}}{s}\right)\right)$$

2.3.3　バルブプレートの理想化

バルブプレートの断面形状は，**3 章 7 節 1.4.1** に規定するように等価な山型鋼の断面形状として考慮しなければならない。

2.3.4　座屈･最終強度

$\gamma = 1$としたときに$\sigma_a + \sigma_b + \sigma_w > 0$となる場合，防撓材の座屈･最終強度は，次の相関式に従って評価しなければならない。

$$\frac{\gamma_c\sigma_a + \sigma_b + \sigma_w}{R_{eH}}S = 1$$

σ_a：　付き板を有する防撓材に作用する防撓材のスパン中央における有効軸応力（N/mm^2）

$$\sigma_a = \sigma_x\frac{st_p + A_s}{b_{eff1}t_p + A_s}$$

σ_x：　付き板を有する防撓材に作用する公称軸応力（N/mm^2）

- 有限要素解析にあっては，防撓材に平行な方向の付き板内の有限要素修正応力（**2.3.6** 参照）をσ_xと

する。

- 規則計算による評価にあっては，防撓材の荷重計算点（**3 章 7 節 3** 参照）において **8 章 3 節 2.2.1** の規定に従って計算される軸応力をσ_xとする。
- 骨組構造梁解析にあっては，座屈パネルの x 軸方向に作用する応力をσ_xとする。

R_{eH}： 材料の最小降伏応力（N/mm^2）

$R_{eH} = R_{eH_S}$　防撓材に起因する崩壊（*SI*）の場合

$R_{eH} = R_{eH_P}$　板に起因する崩壊（*PI*）の場合

σ_b：防撓材の曲げ応力（N/mm^2）

$$\sigma_b = \frac{M_0 + M_1 + M_2}{1000Z}$$

Z： **2.3.5** の規定による板の有効幅を含む防撓材のネット断面係数（cm^3）で，次による。

- 防撓材に起因する崩壊（*SI*）の場合，防撓材のフランジの頂部側で計算される断面係数
- 板に起因する崩壊（*PI*）の場合，付き板側において計算される断面係数

C_{PI}：板に起因する崩壊における圧力に関する係数

C_{PI} = 1　面外圧が防撓材の逆側から作用する場合

C_{PI} = -1 面外圧が防撓材と同じ側から作用する場合

C_{SI}：防撓材に起因する崩壊における圧力に関する係数

C_{SI} = -1 面外圧が防撓材の逆側から作用する場合

C_{SI} = 1　面外圧が防撓材と同じ側から作用する場合

M_1：面外荷重 P による曲げモーメント（Nmm）

連続する防撓材の場合：　$M_1 = C_i \dfrac{|P|s\ell^2}{24\times10^3}$

スニップ端の防撓材の場合：$M_1 = C_i \dfrac{|P|s\ell^2}{8\times10^3}$

片側がスニップ端，反対側が連続する防撓材の場合：$M_1 = C_i \dfrac{|P|s\ell^2}{14.2\times10^3}$

P： 面外荷重（kN/m^2）

- 有限要素解析にあっては，付き板内の平均圧力（**8 章 4 節 2.5.2** 参照）を P とする。
- 規則計算による評価にあっては，防撓材の荷重計算点（**3 章 7 節 3** 参照）において計算される圧力を P とする。

C_i：圧力に関する係数

防撓材に起因する崩壊（*SI*）の場合：　$C_i = C_{SI}$

板に起因する崩壊（*PI*）の場合：　$C_i = C_{PI}$

M_2：スニップ端防撓材の偏心による曲げモーメント（Nmm）で，次による。

連続する防撓材の場合：　$M_2 = 0$

両端又は片端スニップの防撓材の場合：　$M_2 = C_{snip} w_{na} \gamma \sigma_x (A_p + A_s)$

C_{snip}：両端又は片端スニップの防撓材の端部影響を考慮した係数で，次による。

防撓材に起因する崩壊（*SI*）を考慮する場合：　$C_{snip} = -1.2$

板に起因する崩壊（*PI*）を考慮する場合：　$C_{snip} = 1.2$

M_0：防撓材の面外変形 w による曲げモーメント（Nmm）

$\gamma_{GEB} - \gamma > 0$を前提として，$M_0 = F_E C_{sl} \left(\dfrac{\gamma}{\gamma_{GEB} - \gamma}\right) w_0$

γ_{GEB}は，**2.1** に規定する全体弾性座屈強度の応力の乗数。

C_{sl}：全体細長比を考慮した変形軽減係数で，次による。

$\lambda_G \leq 1.56$ の場合：　$C_{sl} = 1 - \frac{1}{12}\lambda_G^4$

$\lambda_G > 1.56$ の場合：　$C_{sl} = 3 \,/\, \lambda_G^4$

λ_G：防撓パネルの参照全体細長比で，次による。

$$\lambda_G = \sqrt{\frac{\gamma_{ReH}}{\gamma_{GEB}}}$$

$$\gamma_{ReH} = \frac{\min\left(R_{eH_P}, R_{eH_S}\right)}{\sqrt{\sigma_{x,av}^2 + \sigma_y^2 - \sigma_{x,av}\sigma_y + 3\tau_{xy}^2}}$$

F_E：防撓材の理想弾性座屈力（*N*）

$$F_E = \left(\frac{\pi}{\ell}\right)^2 EI\,10^4$$

I： **2.3.5** の規定による付き板の有効幅を含む防撓材の断面二次モーメント（cm^4）。I は次の規定を満足しなければならない。

$$I \geq \frac{st_p^3}{12 \times 10^4}$$

t_p： 板のネット板厚（mm）で，次による。

- 規則計算による要件の場合：2 つのパネルの平均板厚
- 有限要素解析の場合：防撓材の片側において考慮する EPP の板厚

w_0：仮想初期不整量（mm）で，次による。

$$w_0 = \ell/1000$$

w_{na}：付き板の板厚中心から **2.3.5** の規定による付き板の有効幅を含めて計算した防撓材の中性軸までの距離

σ_w：捩り変形による応力（N/mm^2）で，次による。

- 防撓材に起因する崩壊（*SI*）の場合：
  - $\sigma_a > 0$の場合

    $\sigma_{ET} - \gamma\sigma_a > 0$ を前提として，$\sigma_w = Ey_w e_f \Phi_0 \left(\frac{m_{tor}\pi}{l_{tor}}\right)^2 \left(\frac{1}{1-\frac{\gamma\sigma_a}{\sigma_{ET}}} - 1\right)$
  - $\sigma_a \leq 0$の場合

    $\sigma_w = 0$
- 板に起因する崩壊（*PI*）の場合： $\sigma_w = 0$

ℓ_{tor}：防撓材のスパンで，主要支持部材間の心距ℓに等しい。防撓材がトリッピングブラケットにより支持される場合，ℓ_{tor}は当該トリッピングブラケットと隣接する主要支持部材との間の最大心距とする。

y_w：防撓材の断面中心から防撓材のフランジの自由端までの距離（mm）で，次による。

平鋼の場合： $y_w = \frac{t_w}{2}$

山型鋼及びバルブプレートの場合： $y_w = b_f - \frac{h_w t_w^2 + t_f b_f^2}{2A_s}$

L2 材の場合： $y_w = b_{f-out} + 0.5t_w - \frac{h_w t_w^2 + t_f\left(b_f^2 - 2b_f d_f\right)}{2A_s}$

T 型鋼の場合： $y_w = \frac{b_f}{2}$

Φ_0：係数で，次による。

$$\Phi_0 = \frac{\ell_{tor}}{m_{tor} h_w} 10^{-4}$$

σ_{ET}：捩り座屈に対する参照応力（N/mm^2）

$$\sigma_{ET} = \frac{E}{I_p}\left[\left(\frac{m_{tor}\pi}{\ell_{tor}}\right)^2 I_w \cdot 10^2 + \frac{1}{2(1+\nu)} I_T + \left(\frac{\ell_{tor}}{m_{tor}\pi}\right)^2 \varepsilon \cdot 10^{-4}\right]$$

I_P： **図 1** に示す *C* 点に対する防撓材のネット断面極二次モーメント（cm^4）（**表 5** 参照）

I_T： 防撓材のサンブナンのネット捩り抵抗モーメント（cm^4）（**表 5** 参照）

I_ω：**図 1** に示す *C* 点に対する防撓材のネット曲げ捩り抵抗モーメント（cm^6）（**表 5** 参照）

m_{tor}：ℓ_{tor}内の半波の数で，捩り座屈の参照応力が最小となる正の整数とする。

ε： 固着率（mm^2）で，次による。

バルブプレート，山型鋼，L2 材，L3 材及び T 型鋼の場合：$\varepsilon = \left(\frac{3b}{t_p^3} + \frac{2h_w}{t_w^3}\right)^{-1}$

平鋼の場合： $\varepsilon = \left(\frac{t_p^3}{3b}\right)$

A_w：ウェブのネット断面積（mm^2）

A_f：フランジのネット断面積（mm^2）

表 5　　慣性モーメント

	平鋼(1)	バルブプレート，山型鋼，L2 材及び T 型鋼
I_P	$\frac{h_w^3 t_w}{3\times 10^4}$	$\left(\frac{A_w(e_f - 0.5t_f)^2}{3} + A_f e_f^2\right)10^{-4}$
I_T	$\frac{h_w t_w^3}{3\times 10^4}\left(1 - 0.63\frac{t_w}{h_w}\right)$	$\frac{(e_f - 0.5t_f)t_w^3}{3\times 10^4}\left(1 - 0.63\frac{t_w}{e_f - 0.5t_f}\right) + \frac{b_f t_f^3}{3\times 10^4}\left(1 - 0.63\frac{t_f}{b_f}\right)$
I_ω	$\frac{h_w^3 t_w^3}{36\times 10^6}$	バルブプレート，山型鋼及び L2 材の場合(2) $\frac{A_f^3 + A_w^3}{36\times 10^6} + \frac{e_f^2}{10^6}\left(\frac{A_f b_f^2 + A_w t_w^2}{3} - \frac{\left(A_f(b_f - 2d_f) + A_w t_w\right)^2}{4(A_f + A_w)} - A_f d_f(b_f - d_f)\right)$ T 型鋼の場合 $\frac{b_f^3 t_f e_f^2}{12\times 10^6}$

(1) t_wは，ウェブのネット板厚（mm）を示す。**2.3.2** に規定する t_{w_red}は，本表において用いてはならない。

(2) バルブプレート及び山型鋼の場合，d_fは 0 とする。

2.3.5　付き板の有効幅

防撓材の付き板の有効幅 b_{eff}（mm）は，次によらなければならない。

- $\sigma_x > 0$の場合
  - 有限要素解析の場合
    $b_{eff} = \min(C_x b, \chi_s s)$
  - 規則計算による評価の場合
    $b_{eff} = \min(\frac{C_{x1}b_1 + C_{x2}b_2}{2}, \chi_s s)$
- $\sigma_x \leq 0$の場合
  - $b_{eff} = \chi_s s$

χ_s：有効幅に関する係数で，次による。

$\frac{\ell_{eff}}{s} \geq 1$の場合：　$\chi_s = \min\left[\frac{1.12}{1+\frac{1.75}{\left(\frac{\ell_{eff}}{s}\right)^{1.6}}}; 1.0\right]$

$\frac{\ell_{eff}}{s} < 1$の場合：　$\chi_s = 0.407\frac{\ell_{eff}}{s}$

ℓ_{eff}：　防撓材の有効長さ（mm）で，次による。

両端固定の防撓材の場合：　$\ell_{eff} = \frac{\ell}{\sqrt{3}}$

一端単純支持，他端固定の防撓材の場合：$\ell_{eff} = 0.75\ell$

両端単純支持の防撓材の場合：　$\ell_{eff} = \ell$

2.3.6　防撓材の座屈強度に対する有限要素修正応力

8 章 4 節 2.4 の規定に従って有限要素解析により得られる参照応力σ_x及びσ_yが共に圧縮の場合，σ_xは次の算式により修正しなければならない。

- $\sigma_x < \nu\sigma_y$の場合：

  $\sigma_{xcor} = 0$
- $\sigma_x \geq \nu\sigma_y$の場合：

  $\sigma_{xcor} = \sigma_x - \nu\sigma_y$

2.4 主要支持部材

2.4.1 開口を有するウェブ

開口を有する主要支持部材のウェブは，軸圧縮応力とせん断応力の組合せに基づき座屈評価を行わなければならない。開口部に位置するウェブは，**表 6** に示すようにそれぞれ単独の非防撓パネルとして考慮しなければならない。**2.2.1** に規定する相関式においては，次の応力を用いなければならない。

- $\sigma_x = \sigma_{av}$
- $\sigma_y = 0$
- $\tau = \tau_{av}$

σ_{av}： 考慮するウェブ領域（**表 6** に示す *P*1, *P*2 又は *P*3）の加重平均圧縮応力（N/mm^2）

表 6 の適用にあたり，加重平均せん断応力は次によらなければならない。

- 主要支持部材に開口をモデル化する場合：

  τ_{av}： 考慮するウェブ領域（**表 6** に示す *P*1, *P*2 又は *P*3）の加重平均せん断応力（N/mm^2）
- 主要支持部材に開口をモデル化しない場合

  τ_{av}： 加重平均せん断応力（N/mm^2）で，**表 6** による。

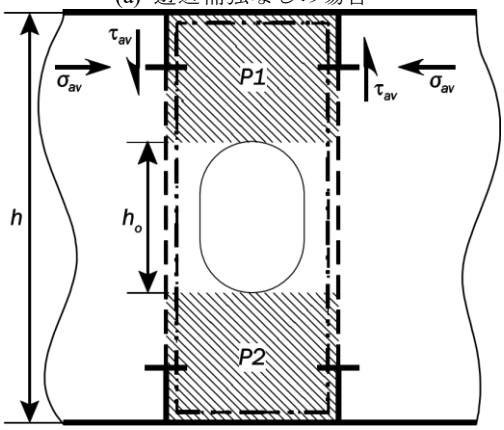
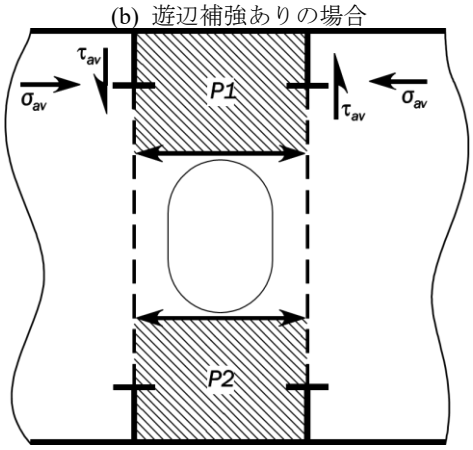
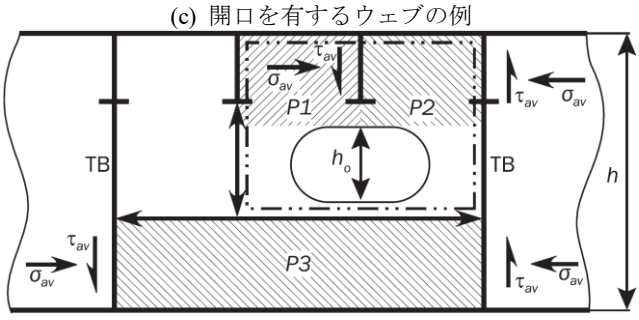
2.4.2 開口を有するウェブの軽減係数

開口部に位置するウェブパネルの軽減係数C_τ（C_x 又は C_y と組合せる）は，**表 6** によらなければならない。

2.4.3

防撓材が貫通する主要支持部材のウェブのパネルは，**図 2** に示すような等価パネルとして理想化されなければならない。

表 6　　軽減係数

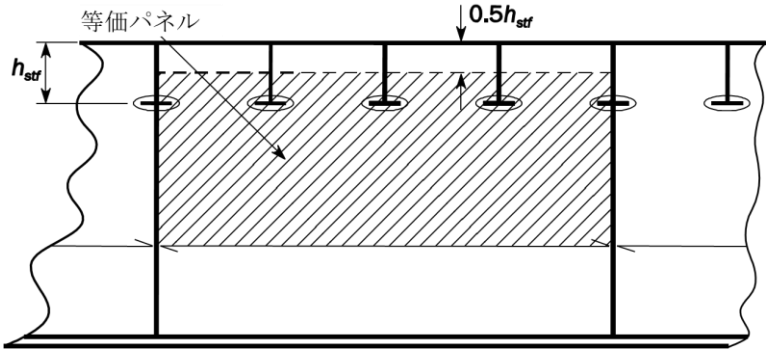
配置(1)	C_x, C_y	C_τ	
		PSM にモデル化された開口	PSM にモデル化されない開口
(a) 遊辺補強なしの場合(2) 	*P*1 領域及び *P*2 領域に対し，応力比 $\psi = 1.0$ として**表 3** のケース 3 又はケース 6 を適用し軽減係数を個別に求める。	*P*1 領域及び *P*2 領域に対し，**表 3** のケース 18 又は 19 を適用し軽減係数を個別に求める。	**表 3** のケース 17 を適用する場合: **表 3** のケース 17 を適用して得られる共通の軽減係数を *P*1 領域及び *P*2 領域に用いる。この場合， $\tau_{av} = \tau_{av}(web)$ とする。 **表 3** のケース 17 を適用しない場合: *P1* 領域及び *P2* 領域に対し，**表 3** のケース 18 又は 19 を適用し軽減係数を個別に求める。この場合， $\tau_{av} = \tau_{av}\ (web)\ h/(h\text{-}h_0)$ とする。
(b) 遊辺補強ありの場合 	*P*1 領域及び *P*2 領域に対し，応力比 $\psi = 1.0$ として，**表 3** を適用し軽減係数を個別に求める。ケース 1 に対しては C_x を，ケース 2 に対しては C_y を使用する。	*P*1 領域及び *P*2 領域に対し，**表 3** のケース 15 を適用し軽減係数を個別に求める。	*P*1 領域及び *P*2 領域に対し，**表 3** のケース 15 を適用し軽減係数を個別に求める。この場合， $\tau_{av} = \tau_{av}\ (web)h/(h\text{-}h_0)$ とする。
(c) 開口を有するウェブの例 		パネル *P*1 及びパネル *P*2 は，**(a)**に従って評価されなければならない。パネル *P*3 は，**(b)**に従って評価されなければならない。	

備考(1)：　開口部の座屈において考慮を払わなければならないウェブのパネルは，影付きで *P*1，*P*2 等で示す。

備考(2)：　(a)の配置のような開口を有する主要支持部材であって遊辺補強がないウェブパネルの場合，適用すべき座屈評価手法は特定の境界条件による。面材又は付き板に沿った長辺のひとつが「直線保持」しない場合，すなわち，長辺が引き込まれる場合，手法 B を用いなければならない。その他，短辺に沿って付き板がある場合は，手法 A を用いて差し支えない。

h：	開口のある主要支持部材のウェブの高さ（m）
h_0:	ウェブの深さ方向に対する開口の高さ（m）
τ_{av} *(web)*:	主要支持部材のウェブの高さ h における加重平均せん断応力（N/mm^2）

図 2　　ウェブの理想化



ウェブ又はカラープレートが貫通する防撓材の少なくとも片側に取り付けられる場合，その他のスロット形状に対してもパネル幅の修正を適用する。

3.　その他の構造部材の座屈強度

3.1　支材，梁柱及びクロスタイ

3.1.1　座屈使用係数

軸圧縮を受ける支材，梁柱及びクロスタイに対する座屈使用係数ηは，次によらなければならない。

$$\eta = \frac{\sigma_{av}}{\sigma_{cr}}$$

σ_{av}：部材内の平均軸圧縮応力（N/mm^2）

σ_{cr}：最小限界座屈応力（N/mm^2）で，次による。

$\sigma_E \leq 0.5R_{eH_S}$の場合：　　$\sigma_{cr} = \sigma_E$

$\sigma_E > 0.5R_{eH_S}$の場合：　　$\sigma_{cr} = \left(1 - \frac{R_{eH_S}}{4\sigma_E}\right) R_{eH_S}$

σ_E：　最小弾性圧縮座屈応力（N/mm^2）で，3.1.2 から 3.1.4 の規定による。

R_{eH_S}：考慮する部材の最小降伏応力（N/mm^2）。組立式の部材については，最小降伏応力の最小値を用いなければならない。

3.1.2　弾性コラム座屈応力

軸圧縮を受ける部材の弾性圧縮コラム座屈応力σ_{EC}（N/mm^2）は，次によらなければならない。

$$\sigma_{EC} = \pi^2 E f_{end} \frac{I}{A\ell_{pill}^2} 10^{-4}$$

I：　断面の弱軸に対するネット断面二次モーメント（cm^4）

A：　部材のネット断面積（cm^2）

ℓ_{pill}：　部材の長さ（m）で，次による。

- 梁柱及び支材の場合：部材の支持されない長さ
- クロスタイの場合：
  - 中央タンクにおいて：クロスタイの水平桁が取り付けられる左舷及び右舷の縦通隔壁付縦通防撓材のフランジ間の距離
  - 船側タンクにおいて：クロスタイの水平桁が取り付けられる縦通隔壁付縦通防撓材のフランジから内殻板までの距離

f_{end}：　端部拘束係数で，次による。

- 梁柱及び支材の場合：
  - 両端単純支持の場合：　　$f_{end} = 1.0$

- 一端単純支持，他端固定の場合： $f_{end} = 2.0$
- 両端固定の場合： $f_{end} = 4.0$

- クロスタイの場合：
  - $f_{end} = 2.0$

梁柱の端部は，適切な大きさのブラケットを設置する場合，固定と考えて差し支えない。これらのブラケットは，梁柱より大きい曲げ剛性を有する構造部材により支持されなければならない。

3.1.3　弾性捩り座屈応力

部材の軸圧縮に対する弾性捩り座屈応力σ_{ET}（N/mm^2）は，次によらなければならない。

$$\sigma_{ET} = \frac{GI_{sv}}{I_{pol}} + \frac{\pi^2 f_{end} E c_{warp}}{I_{pol} \ell_{pill}^2} 10^{-4}$$

I_{sv}：サンブナンのネット捩り抵抗モーメント（cm^4）で，断面図の例を**表 7** に示す。

I_{pol}：断面のせん断中心に対するネット断面極二次モーメント（cm^4）

$$I_{pol} = I_y + I_z + A(y_o^2 + z_o^2)$$

c_{warp}：　捩り定数（cm^6）で，断面図の例を**表 7** に示す。

ℓ_{pill}：　部材の長さ（m）で，**3.1.2** の規定による。

y_0：断面中心に対するせん断中心の横方向の相対的位置（cm）で，断面図の例を**表 7** に示す。

z_0：断面中心に対するせん断中心の垂直方向の相対的位置（cm）で，断面図の例を**表 7** に示す。

A：ネット断面積（cm^2）で，**3.1.2** の規定による。

I_y：y 軸に対するネット断面二次モーメント（cm^4）

I_z：z 軸に対するネット断面二次モーメント（cm^4）

3.1.4　弾性捩り／コラム座屈応力

断面中心とせん断中心が一致しない断面にあっては，捩り座屈モードとコラム座屈モードとの相互作用を考慮しなければならない。軸圧縮に対する弾性捩り／コラム座屈応力σ_{ETF}は，次によらなければならない。

$$\sigma_{ETF} = \frac{1}{2\zeta}\left[(\sigma_{EC} + \sigma_{ET}) - \sqrt{(\sigma_{EC} + \sigma_{ET})^2 - 4\zeta\sigma_{EC}\sigma_{ET}}\right]$$

ζ：係数で，次による。

$$\zeta = 1 - \frac{(y_0^2 + z_0^2)A}{I_{pol}}$$

y_0：断面中心に対するせん断中心の横方向の相対的位置（cm）で，**3.1.3** の規定による。

z_0：断面中心に対するせん断中心の垂直方向の相対的位置（cm）で，**3.1.3** の規定による。

A：ネット断面積（cm^2）で，**3.1.2** の規定による。

I_{pol}：　断面のせん断中心に対するネット断面極二次モーメント（cm^4）で，**3.1.3** の規定による。

σ_{EC}：　弾性コラム圧縮座屈応力で，**3.1.2** の規定による。

σ_{ET}：　弾性捩り座屈応力で，**3.1.2** の規定による。

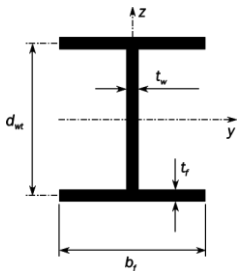
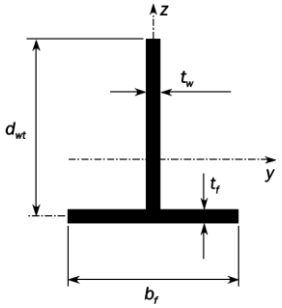
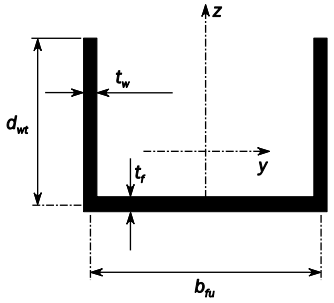
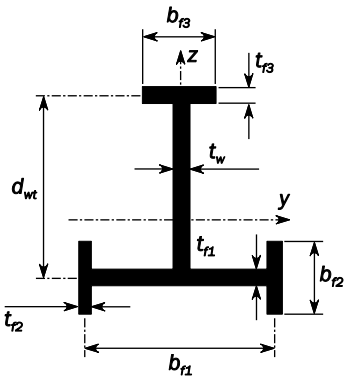
3.2　波形隔壁

3.2.1

波形隔壁の波形部のフランジ及びウェブに対する座屈使用係数は，面内応力及びせん断応力の組合せに基づく。**2.2.1** に規定する相関曲線においては，次の係数を用いなければならない。

- $\alpha = 2$
- $\psi_x = \psi_y = 1$

表 7　　断面性能

	$I_{sv} = \frac{1}{3}(2b_f t_f^3 + d_{wt} t_w^3)10^{-4}$	cm^4
	$c_{warp} = \frac{d_{wt}^2 b_f^3 t_f}{24} 10^{-6}$	cm^6
	$I_{sv} = \frac{1}{3}(b_f t_f^3 + d_{wt} t_w^3)10^{-4}$	cm^4
	$y_0 = 0$	cm
	$z_0 = -\frac{0.5 d_{wt}^2 t_w}{d_{wt} t_w + b_f t_f} 10^{-1}$	cm
	$c_{warp} = \frac{b_f^3 t_f^3 + 4 d_{wt}^3 t_w^3}{144} 10^{-6}$	cm^6
	$I_{sv} = \frac{1}{3}(b_{fu} t_f^3 + 2 d_{wt} t_w^3)10^{-4}$	cm^4
	$y_0 = 0$	cm
	$z_0 = -\frac{d_{wt}^2 t_w 10^{-1}}{2 d_{wt} t_w + b_{fu} t_f} - \frac{0.5 d_{wt}^2 t_w 10^{-1}}{d_{wt} t_w + b_{fu} t_f / 6}$	cm
	$c_{warp} = \frac{b_{fu}^2 d_{wt}^3 t_w (3 d_{wt} t_w + 2 b_{fu} t_f)}{12(6 d_{wt} t_w + b_{fu} t_f)} 10^{-6}$	cm^6
	$I_{sv} = \frac{1}{3}(b_{f1} t_{f1}^3 + 2 b_{f2} t_{f2}^3 + b_{f3} t_{f3}^3 + d_{wt} t_w^3)10^{-4}$	cm^4
	$y_0 = 0$	cm
	$z_0 = z_s - \frac{(b_{f3} d_{wt} t_{f3} + 0.5 d_{wt}^2 t_w)10^{-1}}{d_{wt} t_w + b_{f1} t_{f_1} + 2 b_{f2} t_{f_2} + b_{f3} t_{f_3}}$	cm
	$c_{warp} = \left(I_{f1} z_s^2 + \frac{I_{f2} b_{f1}^2}{200} + I_{f3} \left(\frac{d_{wt}}{10} - z_s \right)^2 \right)$	cm^6
	$I_{f1} = \left(\frac{(b_{f1} - t_{f2})^3 t_{f1}}{12} + \frac{b_{f2} t_{f2} b_{f1}^2}{2} \right) 10^{-4}$	cm^4
	$I_{f2} = \frac{b_{f2}^3 t_{f2}}{12} 10^{-4}$	cm^4
	$I_{f3} = \frac{b_{f3}^3 t_{f3}}{12} 10^{-4}$	cm^4
	$z_s = \frac{I_{f3} d_{wt}}{I_{f1} + I_{f3}} 10^{-1}$	cm

備考 1：全ての寸法の単位は（*mm*）とする。

備考 2：本表の断面性能は一般的な断面について示している。その他の断面に対する断面性能は，直接計算によって決定しなければならない。

付録 1 応力法による参照応力

記号

本付録に規定されない記号については，**1 章 4 節**による。

a： パネルの長辺方向の長さ（mm）で，**5 節**の規定による。

b： パネルの短辺方向の長さ（mm）で，**5 節**の規定による。

A_i： 座屈パネルの i 番目平面要素の面積（mm^2）

n： 座屈パネル内の平面要素の数

σ_{xi}： 座屈パネルの短辺上に作用する，i 番目平面要素の要素中心における x 方向の実応力（N/mm^2）

σ_{yi}： 座屈パネルの長辺上に作用する，i 番目平面要素の要素中心における y 方向の実応力（N/mm^2）

ψ： 端部応力比で，**5 節**の規定による。

τ_i： 座屈パネルの i 番目平面要素の要素中心における実せん断膜応力（N/mm^2）

1. 応力法

1.1 序論

1.1.1

本節では，二次多項式曲線，最小二乗法を用いた線形分布及び加重平均手法によって，考慮する座屈パネルの辺上における応力分布を決定する方法について規定する。この方法を応力法と呼ぶ。

参照応力は，考慮する座屈パネルの局部座標系に変換した平面要素の要素中心における応力成分とする。

1.1.2 定義

規則パネルは矩形形状のパネルとする。不規則パネルを規則パネル以外のパネルとする。（詳細は **8 章 4 節 2.3.1** 参照）

1.2 応力の適用

1.2.1 規則パネル

次の条件を満足する場合，規則パネルの参照応力は，**2.1** の規定によらなければならない。

- 規則パネルを長辺方向に 3 分割した範囲のそれぞれにおいて，平面要素の要素中心が少なくとも一つは位置していること。
- その隣接する範囲のそれぞれに含まれる少なくとも一つの要素中心が，パネルの局部座標系の x 方向について $a/4$ より離れて位置していること。

それ以外の場合，参照応力は，不規則パネルに対する **2.2** の規定によらなければならない。

1.2.2 不規則パネル及び湾曲パネル

不規則パネル又は湾曲パネルの参照応力は，**2.2** の規定によらなければならない。

2. 参照応力

2.1 規則パネル

2.1.1 長辺方向の応力

座屈パネルの短辺上に作用する長辺方向の応力σ_xは，次のように計算しなければならない。

- 板部材の座屈評価にあっては，$\sigma_x(x)$の分布を次の二次多項式曲線と仮定する。

  $$\sigma_x(x) = Cx^2 + Dx + E$$

  最適曲線$\sigma_x(x)$は，重み付け係数として各要素の面積を考慮して平方誤差Πを最小化することにより求めなければならない。

  $$\Pi = \sum_{i=1}^{n} A_i\left[\sigma_{xi} - (Cx_i{}^2 + Dx_i + E)\right]^2$$

  未知係数 C，D 及び E は，C，D 及び E のそれぞれに関する一次偏導関数$\partial\Pi$が 0 と等しくなるように決定しなけ

ればならない。

$$\begin{cases} \dfrac{\partial \Pi}{\partial C} = 2\sum_{i=1}^{n} A_i x_i^2 \left[\sigma_{xi} - (C{x_i}^2 + Dx_i + E)\right] = 0 \\ \dfrac{\partial \Pi}{\partial D} = 2\sum_{i=1}^{n} A_i x_i \left[\sigma_{xi} - (C{x_i}^2 + Dx_i + E)\right] = 0 \\ \dfrac{\partial \Pi}{\partial E} = 2\sum_{i=1}^{n} A_i \left[\sigma_{xi} - (C{x_i}^2 + Dx_i + E)\right] = 0 \end{cases}$$

未知係数 *C*，*D* 及び *E* は，上記の 3 つの算式を解くことにより得られる。

$$\sigma_{x1}(x) = \frac{1}{b}\int_0^b \sigma_x(x)dx = \frac{b^2}{3}C + \frac{b}{2}D + E$$

$$\sigma_{x2}(x) = \frac{1}{b}\int_{a-b}^{a} \sigma_x(x)dx = (a^2 - ab + \frac{b^2}{3})C + (a - \frac{b}{2})D + E$$

-D/2*C* < *b*/2 又は*-D*/2*C* > *a-b*/2 の場合，σ_{x3}は無視しなければならない。それ以外の場合，σ_{x3}は次による。

$$\sigma_{x3}(x) = \frac{1}{b}\int_{x\min}^{x\max} \sigma_x(x)dx = \frac{b^2}{12}C - \frac{D^2}{4C} + E$$

$$x_{\min}(x) = -\frac{b}{2} - \frac{D}{2C}$$

$$x_{\max}(x) = \frac{b}{2} - \frac{D}{2C}$$

長辺方向の応力は，次によらなければならない。

$$\sigma_x = \max(\sigma_{x1}; \sigma_{x2}; \sigma_{x3})$$

端部応力比は，次によらなければならない。

$$\psi_x = 1$$

・ 防撓パネル全体及び防撓材の座屈評価にあっては，付き板の短辺上に作用する$\sigma_x(x)$は，次によらなければならない。

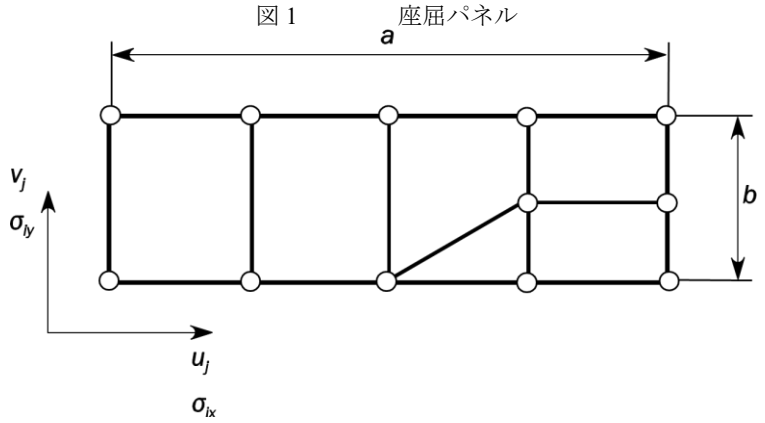
$$\sigma_x = \frac{\sum_1^n A_i \sigma_{xi}}{\sum_1^n A_i}$$

応力σ_xに対する端部応力比ψ_xは，1 とする。

2.1.2　短辺方向の応力

座屈パネルの長辺上に作用する短辺方向の応力σ_yは，考慮する座屈パネルの短辺間におけるすべての要素の短辺方向の応力を外挿することにより計算しなければならない。

図 1　　座屈パネル



$\sigma_y(x)$の分布は直線状と仮定する。従って，

$$\sigma_y(x) = A + Bx$$

最適曲線$\sigma_y(x)$は，重み付け係数として各要素の面積を考慮して平方誤差Πを最小とする最小二乗法により求めなけ

ればならない。

$$\Pi = \sum_{i=1}^{n} A_i\left[\sigma_{yi} - (A + Bx_i)\right]^2$$

未知係数 *A* 及び *B* は, *A* 及び *B* のそれぞれに関する一次偏導関数∂Πが 0 と等しくなるように決定しなければならない。

$$\begin{cases} \dfrac{\partial \Pi}{\partial A} = 2\sum_{i=1}^{n} A_i\left[\sigma_{yi} - (A + Bx_i)\right] = 0 \\ \dfrac{\partial \Pi}{\partial B} = 2\sum_{i=1}^{n} A_i x_i\left[\sigma_{yi} - (A + Bx_i)\right] = 0 \end{cases}$$

未知係数 *A* 及び *B* は，上記の 2 つの算式を解くことにより得られ，次のとおり与えられる。

$$\begin{cases} A = \dfrac{(\sum_{i=1}^{n} A_i\sigma_{yi})\,(\sum_{i=1}^{n} A_i x_i^2) - (\sum_{i=1}^{n} A_i x_i)(\sum_{i=1}^{n} A_i x_i \sigma_{yi})}{(\sum_{i=1}^{n} A_i)(\sum_{i=1}^{n} A_i x_i^2) - \left(\sum_{i=1}^{n} A_i x_i\right)^2} \\ B = \dfrac{(\sum_{i=1}^{n} A_i)\,(\sum_{i=1}^{n} A_i x_i \sigma_{yi}) - (\sum_{i=1}^{n} A_i x_i)(\sum_{i=1}^{n} A_i \sigma_{yi})}{(\sum_{i=1}^{n} A_i)(\sum_{i=1}^{n} A_i x_i^2) - (\sum_{i=1}^{n} A_i x_i)^2} \end{cases}$$

$\sigma_y = \max(A, A + Ba)$

$\sigma_y \geq 0$の場合： $\psi_y = \dfrac{\min(A, A+Ba)}{\max(A, A+Ba)}$

$\sigma_y < 0$の場合： $\psi_y = 1$

2.1.3 せん断応力

せん断応力τは，加重平均手法を用いて計算し，次によらなければならない。

$$\tau = \frac{\sum_1^n A_i \tau_i}{\sum_1^n A_i}$$

2.2 不規則パネル及び湾曲パネル

2.2.1 参照応力

長辺方向の応力，短辺方向の応力及びせん断応力は，加重平均手法を用いて計算し，次によらなければならない。

$$\sigma_x = \frac{\sum_1^n A_i \sigma_{xi}}{\sum_1^n A_i}$$

$$\sigma_y = \frac{\sum_1^n A_i \sigma_{yi}}{\sum_1^n A_i}$$

$$\tau = \frac{\sum_1^n A_i \tau_i}{\sum_1^n A_i}$$

端部応力比は，次によらなければならない。

$\psi_x = 1$

$\psi_y = 1$

9章　疲労

1節　概論

記号

本節に規定されない記号については，**1章4節**による。

T_{DF}：　設計者によって定められる設計疲労寿命（年）。ただし，25年以上としなければならない。

1.　疲労要件の適用

1.1　適用

1.1.1　一般

本章では，乾舷用長さ L_{LL} が $150m$ 以上 $500m$ 以下の船舶に対して，設計疲労寿命 T_{DF} と等しい北大西洋環境における運航期間を考慮して，構造詳細の疲労強度を評価するための要件を規定している。

1.1.2　評価領域

疲労評価は，次の2種類の疲労損傷を防止するために船舶の貨物倉区域の構造詳細に対して行わなければならない。

・　溶接止端部から発生して板部材に進展する疲労亀裂
・　非溶接部の自由端から発生する疲労亀裂

1.1.3　評価すべき構造詳細

疲労評価が要求される構造詳細は，**9章2節**による。

・　**9章4節**に規定する簡易応力解析によって評価すべき構造詳細は，**9章2節1**による。
・　**9章5節**に規定する有限要素応力解析によって評価すべき構造詳細は，**9章2節2**による。
・　スクリーニング疲労評価によって評価すべき構造詳細は，**9章2節表2**による。

なお，本会が必要と認めた場合は，適宜，評価する構造詳細を追加することがある。

1.1.4　詳細設計標準

重要な構造詳細の溶接要件は，次の損傷を防止するため，詳細設計標準ごとに**9章6節**に規定している。

・　溶接止端部から発生し，母材に進展する疲労亀裂
・　溶接ルート部から発生し，溶接下部の母材内部に進展する疲労亀裂
・　溶接ルート部から発生し，のど厚部を進展する疲労亀裂
・　不連続な表面又は自由端のノッチから発生し，母材に進展する疲労亀裂

1.1.5　材料

疲労評価は最小規格降伏応力が $390N/mm^2$ 以下の鋼材に適用できる。最小規格降伏応力が $390N/mm^2$ より大きい材料及び疲労強度を改善する処理を行った材料に対する S-N 線図は，本会の適当と認めるところによる。

1.1.6　波浪荷重

疲労評価は準静的な波浪荷重に基づいて行う。

1.1.7　波浪荷重以外の荷重

半載タンクにおけるスロッシング等の衝撃荷重又は複数種類の貨物積載等による低サイクル荷重に起因する疲労は本章では考慮しない。

2. 定義

2.1 ホットスポット

2.1.1

ホットスポットとは，公称構造応力の変動影響と，溶接形状又は母材のノッチによる応力上昇影響との組合せにより疲労き裂が発生する恐れのある箇所をいう。

ホットスポットは次の箇所に発生する可能性がある。

- 溶接止端部
- 部分溶込み溶接又はすみ肉溶接の溶接ルート部
- 母材の自由端

2.2 公称応力

2.2.1

公称応力とは，構造体の幾何学的形状の影響を考慮した構造要素内の応力で，構造的不連続部と溶接部の存在による応力集中を無視した応力をいう。

公称応力は，**9 章 5 節**に規定するコースメッシュもしくは詳細メッシュの有限要素解析，又は，**9 章 4 節**に規定する梁理論に基づいた解析計算により算出しなければならない。

2.3 ホットスポット応力

2.3.1

ホットスポット応力とは，構造不連続及び溶接付加物の存在による応力集中を考慮した溶接止端部の応力で，溶接止端部のノッチによる非線形のピーク応力を無視した応力をいう。考慮するホットスポット応力には，溶接止端部の板表面で発生する 2 種類の主応力がある。1 つは，溶接線と垂直な方向から±45 度の範囲内に作用する応力で，もう 1 つは±45 度の範囲外に作用する応力である。

ホットスポット応力は，**9 章 4 節 5** に従って公称応力に応力集中係数（*SCF*）を乗じて算出するか，**9 章 5 節 3** 及び **9 章 5 節 4** に従って極詳細メッシュ有限要素解析を用いて直接算出しなければならない。

2.4 自由端における局部応力

2.4.1

自由端における局部応力とは，**9 章 5 節 3.2** に規定する有限要素解析によって算出する板の自由端の応力をいう。

2.5 疲労応力

2.5.1

疲労応力とは，次に規定する疲労評価に関連する応力をいう。

- 平均応力影響及び板厚影響による修正を含む溶接止端部の 2 つのホットスポット主応力の最大値
- 母材の表面処理，平均応力影響，板厚影響，材料強度による修正を含む自由端の局部応力

3. 前提条件

3.1 一般

3.1.1

疲労評価は，次の条件を前提とする。

(a) **9 章 3 節 5** に規定する線形累積被害モデル（Palmgren-Miner 則）は，**9 章 3 節 4** に規定する設計 *S-N* 曲線に関連して使用する。

(b) 設計疲労寿命 T_{DF} は 25 年以上とする。

(c) 準静的波浪荷重は北大西洋波浪環境に基づく。荷重は，超過確率レベル 10^{-2} に対応する等価設計波（*EDW*）によって決定する。

(d) **5** の規定に従って，t_{n50} のネット寸法手法を用いる。

(e) 溶接止端部において発生する亀裂に対しては，ホットスポット応力を用いる。非溶接部の自由端において発生する亀裂に対しては，自由端における局部応力を用いる。

(f) 疲労応力範囲$\Delta\sigma_{FS}$は，簡易応力解析を用いて計算する。より複雑な形状に対しては，有限要素応力解析を用いて計算する。

(g) 構造詳細の応力範囲の長期分布は 2 母数のワイブル分布に従い評価する。ワイブル形状係数ξは 1 とし，疲労応力範囲$\Delta\sigma_{FS}$は参照超過確率レベル 10^{-2} に対応する値とする。

(h) 疲労評価の許容基準は，**9 章 3 節 2** に規定する通り，疲労被害度 D の総計が設計疲労寿命に対する疲労被害度 1 より小さいこととする。

4. 方法

4.1 原則

4.1.1 一般

構造詳細の適切な疲労強度は次の方法で確認すること。

- **9 章 6 節**に規定する特定の設計要件に基づく詳細設計標準
- 3 つの異なるホットスポット応力計算手法（簡易応力解析，極詳細メッシュ有限要素応力解析，疲労スクリーニング評価）に基づく疲労寿命計算による疲労強度評価

4.2 簡易応力解析

4.2.1

9 章 4 節に規定する簡易応力解析の手順は，**9 章 2 節 1.1** に規定する縦通防撓材の端部結合部の溶接止端部のホットスポット応力を算出するために用いる。

公称応力は，**9 章 4 節 3** 及び **9 章 4 節 4** に従って梁理論に基づく解析手法により計算する。ホットスポット応力は，**9 章 4 節 5.2** に従って，公称応力に考慮する構造詳細の応力集中係数（*SCF*）を乗じることで算出する。

4.3 有限要素応力解析

4.3.1

9 章 5 節に規定する有限要素応力解析の手順は，極詳細メッシュモデルから特定の構造詳細の溶接止端部のホットスポット応力を算出するために用いる。

ホットスポット応力は，一般的に構造をモデル化した有限要素モデルに大きく依存する。

桁等に支持された十字継手以外のすべての溶接詳細の溶接止端部におけるホットスポット応力の一般的な計算手順は，**9 章 5 節 3.1** による。桁等に支持された十字継手のフランジ結合部のホットスポット応力の計算手順は，**9 章 5 節 4** による。非溶接部の局部応力の計算方法は，**9 章 5 節 3.2** による。

極詳細メッシュ有限要素解析により必ず疲労評価を行わなければならない構造詳細の一覧を **9 章 2 節表 1** に示す。また，極詳細メッシュ有限要素解析を省略する場合，**9 章 6 節**に規定する設計標準に適合することにより疲労評価を行う構造詳細の一覧を **9 章 2 節表 3** に示す。

4.4 疲労スクリーニング評価

4.4.1

疲労スクリーニング評価手順は，**9 章 2 節 2.1.3** により，特定の構造詳細の疲労強度を評価するために用いる。スクリーニング評価手順は，特定の構造詳細の溶接止端部のスクリーニングホットスポット応力に基づく。当該ホットスポット応力は，**7 章 3 節**に規定する局部詳細メッシュ有限要素モデルを用いて算出する応力に，**9 章 5 節表 2** に規定する応力拡大係数ηを乗じることで算出する。

4.5 疲労設計標準

4.5.1

重要な構造詳細の疲労強度を向上させるための詳細設計標準は，**9 章 6 節**による。十分な疲労強度を有すると証明する場合は，代替の詳細設計として差し支えない。

5. 腐食モデル

5.1 ネット板厚

5.1.1 一般

疲労評価は，**3 章 2 節**に規定するネット板厚に基づき実施しなければならない。

5.1.2 応力修正

簡易応力解析におけるハルガーダ応力及び FE 解析により算出する応力は，算出した応力に次の修正係数 f_c を乗じて修

正しなければならない。

$$f_c = 0.95$$

6. 積付状態

6.1 説明

6.1.1

疲労解析は，**6.2** 及び **6.3** に規定する船舶の運航計画に基づき，代表的な積付状態に対して実施しなければならない。

6.2 油タンカーの積付状態

6.2.1

油タンカーに対して考慮する積付状態及び各積付状態の時間比$\alpha_{(j)}$は，**表 1** による。油タンカーの疲労評価のための標準的な積付状態は，**4 章 8 節 5.1** の規定による。

表 1 油タンカーの各積付状態の時間比

積付状態	$\alpha_{(j)}$
満載状態（均等積状態）	0.5
ノーマルバラスト状態	0.5

6.3 ばら積貨物船の積付状態

6.3.1

ばら積貨物船に対して考慮する積付状態及び各積付状態の時間比$\alpha_{(j)}$は，船舶の種類（*BC-A*, *BC-B*, *BC-C*）に応じて，それぞれ**表 2** 及び**表 3** による。ばら積貨物船の疲労評価のための標準的な積付状態は，**4 章 8 節 5.2** による。

表 2 ばら積貨物船の積付状態

船の種類	満載積付状態		バラスト状態	
	均等積状態	隔倉積状態	ノーマルバラスト状態	ヘビーバラスト状態
BC-A	X	X	X	X
BC-B	X	-	X	X
BC-C	X	-	X	X

表 3　　ばら積貨物船の各積付状態の時間比

船の長さ	積付状態	$\alpha_{(j)}$	
		BC-A	*BC-B, BC-C*
$L_{CSR} < 200\ m$	均等積状態	0.60	0.70
	隔倉積状態	0.10	-
	ノーマルバラスト状態(1)	0.15	0.05
	ヘビーバラスト状態(1)	0.15	0.25
$L_{CSR} \geq 200\ m$	均等積状態	0.25	0.50
	隔倉積状態	0.25	-
	ノーマルバラスト状態	0.20	0.20
	ヘビーバラスト状態	0.30	0.30

(1) バラスト兼用倉のない *BC-B* 及び *BC-C* にあっては，時間比$\alpha_{(j)}$はノーマルバラスト状態を *0.30*，ヘビーバラスト状態を *0* とする。

7.　荷重ケース

7.1　前提条件

7.1.1

疲労評価において考慮する荷重ケースは，**4 章 2 節 3** の規定による。

疲労評価において考慮する設計荷重シナリオは，**4 章 7 節表 3** による。

6 に規定する各積付状態において，疲労評価に対する変動荷重の組合せを検討するためにすべての疲労荷重ケースを考慮しなければならない。

7.1.2　支配的な荷重ケース

各積付状態(*j*)における支配的な荷重ケースとは，重要な位置における疲労応力範囲がすべての疲労荷重ケースの中で最大となる荷重ケースをいう。

2 節　評価すべき構造詳細

記号

本節で規定されない記号については，**1 章 4 節**による。

EA：　隔倉積状態における空倉

FA：　隔倉積状態における満載貨物倉

1.　簡易応力解析

1.1　評価すべき構造詳細

1.1.1

9 章 1 節に従って，簡易応力解析による疲労評価において貨物区域のすべての範囲に亘り確認しなければならない重要な構造詳細は，次による。

- 縦通防撓材端部と横隔壁（制水隔壁を含む）との結合部
- 縦通防撓材端部とフロア及び横桁との結合部

2.　有限要素解析

2.1　評価すべき構造詳細

2.1.1　一般

9 章 5 節に従って有限要素解析により疲労評価すべき重要な構造詳細は，**2.1.2** から **2.1.4** の規定による。

構造詳細におけるホットスポットは，**表 4** から**表 19** による。

2.1.2　極詳細メッシュ解析により評価すべき構造詳細

9 章 6 節に規定する設計標準に適合しているかどうかに関わらず，**9 章 5 節 1** から **4** に従って極詳細メッシュ解析により疲労評価すべき重要な構造詳細は，**表 1** による。

2.1.3　スクリーニング疲労評価により評価すべき構造詳細

7 章 3 節に規定する降伏強度要件に従って解析を行った詳細メッシュ有限要素モデルにおいて，**表 2** の構造詳細については，**9 章 5 節 6** に規定するスクリーニング疲労手順又は **9 章 5 節 1** から **4** による極詳細メッシュ解析によって評価しなければならない。

2.1.4　詳細設計標準による構造詳細

表 3 に示す重要な構造詳細は，**9 章 6 節**に規定する詳細設計標準による場合，極詳細メッシュ解析による疲労評価は省略して差し支えない。

表 1　　極詳細メッシュ解析により評価すべき構造詳細

No	重要な構造詳細	適用条件	
		油タンカー	ばら積貨物船
1	最も重要なフレーム位置におけるビルジホッパ下部の溶接型ナックル結合部(1)（ビルジホッパ斜板，内底板，ガーダ，フロア及び横桁の交差部）	一つの貨物タンク(4)	バラストホールド
2	最も重要なフレーム位置におけるビルジホッパ下部の曲げ加工型ナックル結合部(1)（ナックル部のある内底板，ガーダ，フロア及び横桁の交差部）	一つの貨物タンク(4)	バラストホールド
3	ビルジホッパ斜板と二重船側縦通隔壁の成す角度が 130°未満の場合，最も重要なフレーム位置におけるビルジホッパ上部の溶接型ナックル結合部(1)（ビルジホッパ斜板，二重船側縦通隔壁，横桁及びサイドストリンガの交差部）	一つの貨物タンク(4)	二重船側ばら積貨物船のバラストホールド
4	ボトムガーダ近傍の横隔壁の下部スツールと内底板との結合部(2) (3)	一つの貨物タンク(4)	バラストホールド
5	トップサイドタンク底板が平板の場合，倉内肋骨上部ブラケットの先端部(1)	N/A	*FA* ホールド(4)，*EA* ホールド(4)及び単船側ばら積貨物船のバラストホールド
6	甲板及びハッチサイドコーミングの端部ブラケットの先端部	N/A	最前端の 2 つの貨物倉，中央の貨物倉，最後端の 2 つの貨物倉

(1) 最も重要なフレーム位置は，一般的に（必ずではない），貨物倉の長さの中間点に最も近い位置とする。制水隔壁がある場合は，制水隔壁と油密隔壁の間の長さの中間点に最も近い位置とする。
(2) 貨物倉両端のスツール結合部は，中央ホールドで対称でない限り，評価しなければならない。
(3) 最も大きい貨物倉の幅の中間点
(4) 船体中央部に最も近い貨物倉

表 2　　スクリーニング疲労評価のための構造詳細

No	重要な構造詳細	適用条件	
		油タンカー	ばら積貨物船
1	横桁のブラケットの先端部	適用可能(1)	N/A
2	水平ストリンガの先端部	適用可能(1)	N/A
3	バラストホールドでない *EA* ホールド(2)及びバラストホールドでない *FA* ホールド(2)のビルジホッパ下部のナックル結合部	N/A	適用可能(1)
4	バラストホールドを持たない船舶における *EA* ホールド(2)及びバラストホールドを持たない船舶における *FA* ホールド(2)の横隔壁の下部スツールと内底板との結合部	N/A	適用可能(1)

(1)　**7 章 3 節 3.2** に従って詳細メッシュ解析により評価する構造詳細
(2)　船体中央部に最も近い貨物倉

表 3　　詳細設計標準に従って設計されない場合に極詳細メッシュ解析により評価すべき構造詳細

No	重要な構造詳細	対応する詳細設計標準	適用条件	
			油タンカー	ばら積貨物船
1	最も重要なフレームの位置におけるビルジホッパ上部の曲げ加工型ナックル結合部(1)（ナックル部のある二重船側縦通隔壁板，サイドガーダ及び横桁の交差部）	**9 章 6 節 4**	一つの貨物タンク(4)	二重船側ばら積貨物船のバラストホールド
2	隔壁の波形部と下部スツール又は内底板との結合部(2) (3)	**9 章 6 節 6** 及び **9 章 6 節 7**	一つの貨物タンク(4)	バラストホールド
3	横隔壁の波形部と上部スツールとの結合部(2) (3)	**9 章 6 節 6**	N/A	バラストホールド
4	深さ方向の中間点に最も近いストリンガ及び最上層のストリンガに対して，二重船側内のサイドストリンガと横隔壁付き水平ストリンガの十字継手のヒール部	**9 章 6 節 5**	一つの貨物タンク(4)	N/A
5	最も重要なフレーム位置における倉内肋骨下部及び上部ブラケットの先端部(1)	**9 章 6 節 8**	N/A	*FA* ホールド(4)，*EA* ホールド(4)及び単船側ばら積貨物船のバラストホールド
6	縦通防撓材とウェブ防撓材が結合しない場合の横桁の縦通防撓材のスロット部	**9 章 6 節 2.1**	一つの貨物タンク(4)	*FA* ホールド(4)，*EA* ホールド(4)及びバラストホールド
7	ホールド中央部（かつ，デッキのコーナ部から 0.1*D* 下方）に近い強力甲板のブロック継手近傍のスカラップ	**9 章 6 節 3**	一つの貨物タンク(4)	*FA* ホールド(4)，*EA* ホールド(4)及びバラストホールド

(1)　最も重要なフレーム位置は，一般的に（必ずではない），貨物倉の長さの中間点に最も近い位置とする。制水隔壁がある場合は，制水隔壁と油密隔壁の間の長さの中間点に最も近い位置とする。
(2)　貨物倉両端のスツール結合部は，中央ホールドで対称でない限り，評価しなければならない。
(3)　考慮する横断面又は縦断面で最も大きい貨物倉の幅又は長さの中間点
(4)　船体中央部に最も近い貨物倉

表 4　　ビルジホッパ下部の溶接型ナックル結合部のホットスポット

ホットスポット位置	ホットスポット応力の計算手順
ホットスポット 1：貨物タンク側の内底板 ホットスポット 2：貨物タンク側のビルジホッパ斜板	**9 章 5 節 4.2**
ホットスポット 3：サイドガーダ外側のビルジホッパウェブ ホットスポット 4：サイドガーダ内側のフロア ホットスポット 5：サイドガーダ	**9 章 5 節 4.3**
ホットスポット 6：スカーフィングブラケットと内底板との結合部	**9 章 5 節 3.1** タイプ *b*

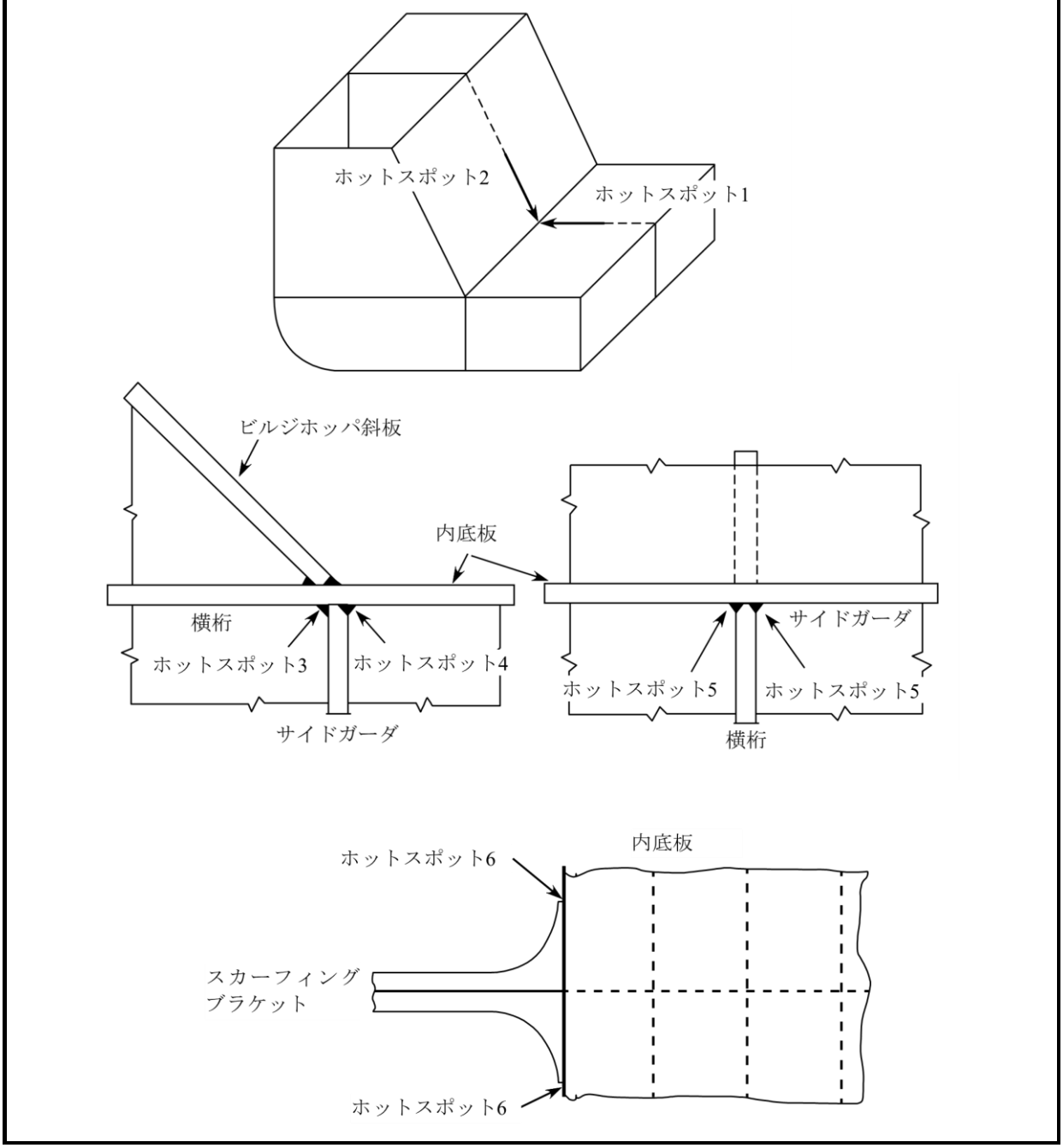
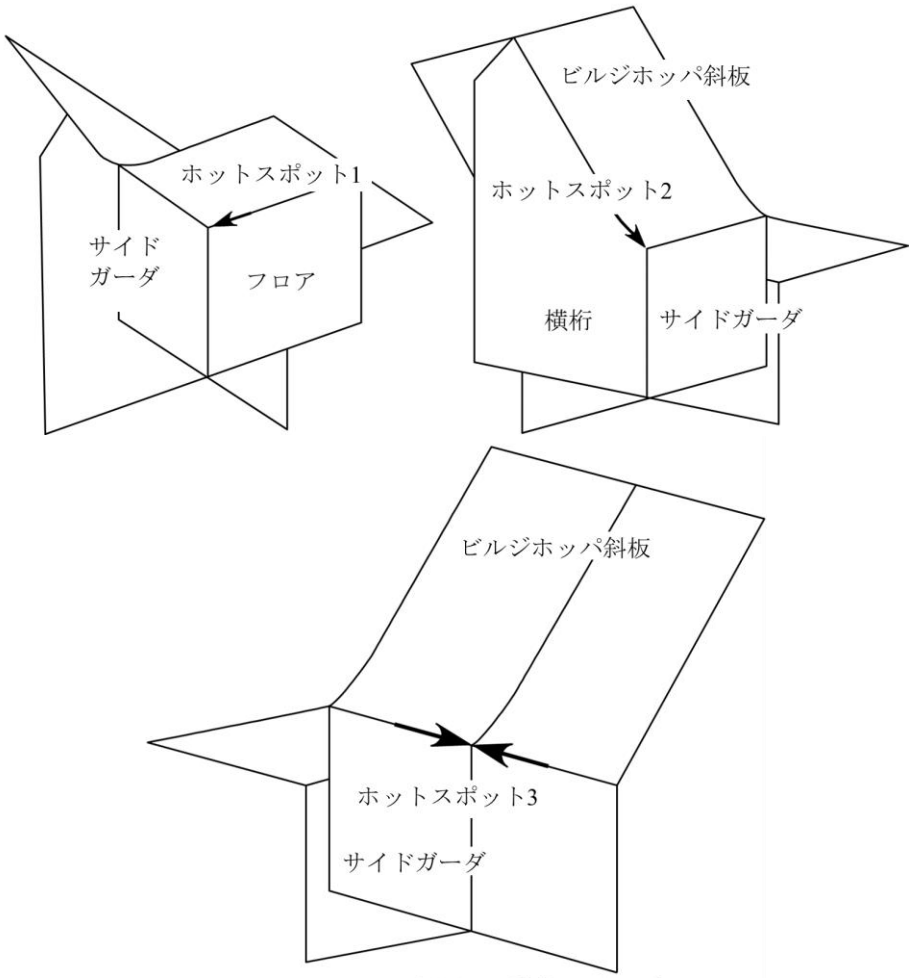


表 5　　ビルジホッパ下部の曲げ加工型ナックル結合部のホットスポット

ホットスポット位置	ホットスポット応力の計算手順
ホットスポット 1：サイドガーダ内側のバラストタンク側の内底板 ホットスポット 2：サイドガーダ外側のバラストタンク側の曲げ加工型ビルジホッパ斜板 ホットスポット 3：サイドガーダ外側のバラストタンク側の曲げ加工型ビルジホッパ斜板の横桁近傍 ホットスポット 4：サイドガーダ外側のビルジホッパウェブ ホットスポット 5：サイドガーダの内側のフロア ホットスポット 6：サイドガーダ	**9 章 5 節 3.3**



（外側の横桁は取り除いている）

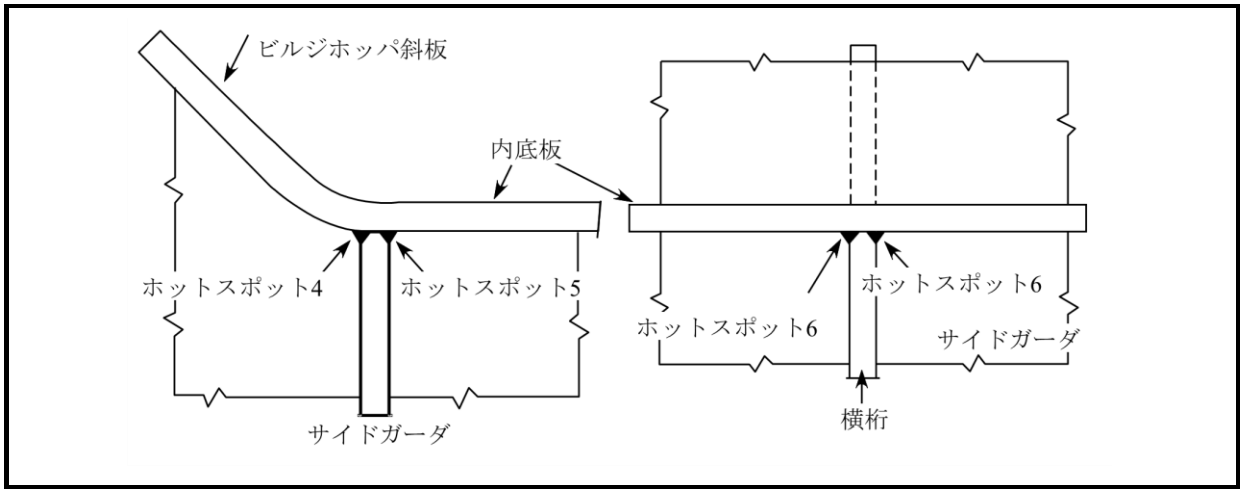

ビルジホッパ斜板
内底板
ホットスポット4
ホットスポット5
サイドガーダ
ホットスポット6
ホットスポット6
サイドガーダ
横桁

表 6　　ビルジホッパ上部の溶接型ナックル結合部のホットスポット

ホットスポット位置	ホットスポット応力の計算手順
ホットスポット 1：バラストタンク側のサイドストリンガ ホットスポット 2：バラストタンク側のビルジホッパ斜板	**9 章 5 節 4.2**
ホットスポット 3：ストリンガ下部の横桁 ホットスポット 4：ストリンガ上部の横桁 ホットスポット 5：バラストタンク側の二重船側縦通隔壁	**9 章 5 節 4.3**

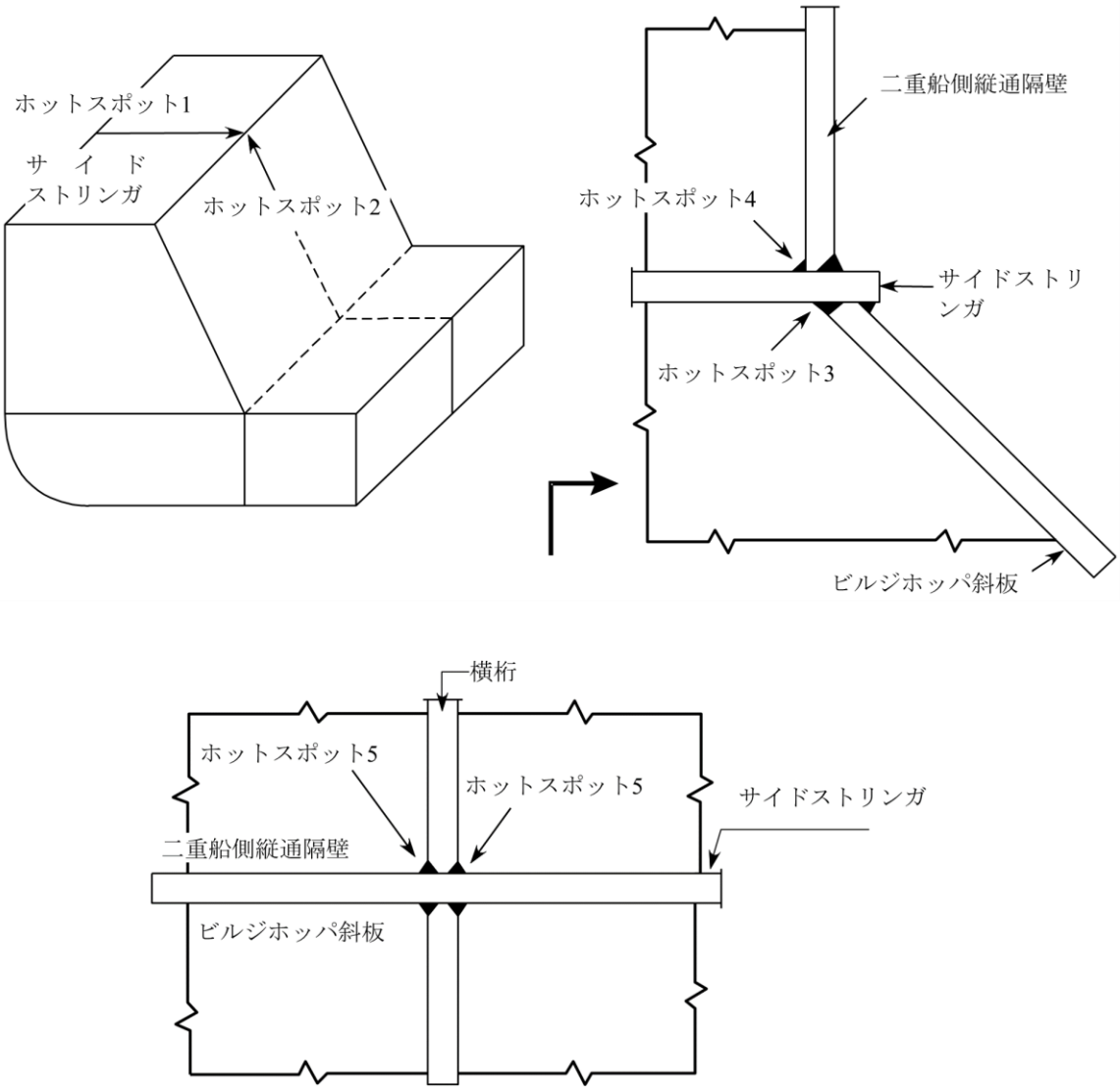


表 7　　ボトムガーダ近傍の横隔壁の下部スツールと内底板との結合部のホットスポット

ホットスポット位置	ホットスポット応力の計算手順
ホットスポット 1：貨物倉側の内底板 ホットスポット 2：貨物倉側のスツール斜板	**9 章 5 節 4.2**
ホットスポット 3：スツールプレートと同一線上にあるフロアと取合う貨物倉下のガーダ ホットスポット 4：スツールプレートと同一線上にあるフロアと取合うスツールの下のガーダ ホットスポット 5：スツールプレートと同一線上にあるフロア	**9 章 5 節 4.3**

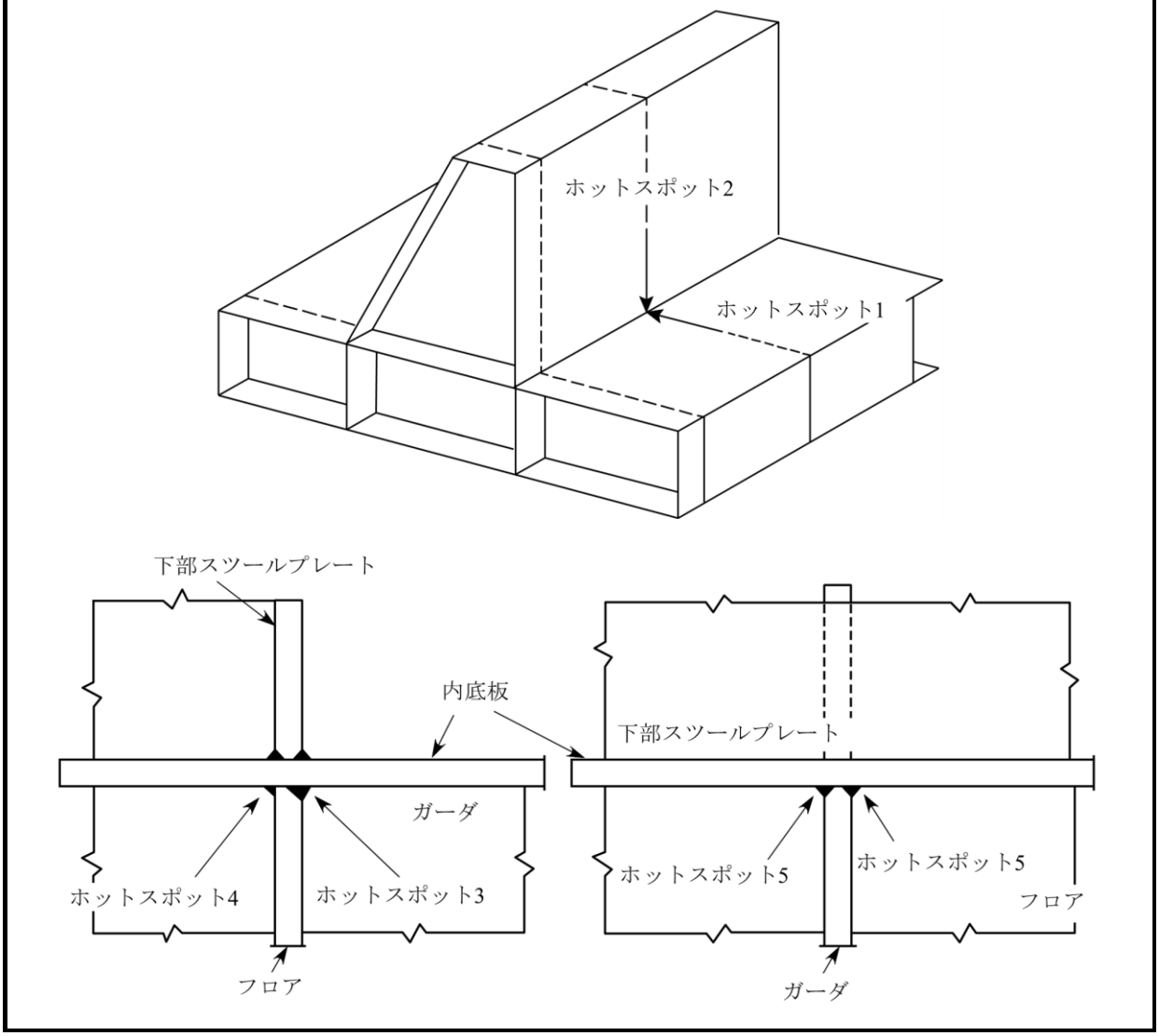


表 8　　波形隔壁と下部スツールとの結合部のホットスポット

ホットスポット位置	ホットスポット応力の計算手順	
	冷間/熱間加工の波形隔壁 (曲げタイプ)	溶接構造の波形隔壁
ホットスポット 1 及び 3：シェダープレートの上側の波形隔壁のウェブ ホットスポット 4：シェダープレートの下側の波形隔壁のウェブ	**9 章 5 節 3.1** タイプ *a*	**9 章 5 節 4.3**
ホットスポット 2：シェダープレートの下側の波形隔壁のウェブ	**9 章 5 節 4.3**	
ホットスポット 5：波形隔壁のフランジ	**9 章 5 節 3.1** タイプ *a*	
ホットスポット 8：波形隔壁のフランジ	**9 章 5 節 3.1** タイプ *a*	**9 章 5 節 4.3**
ホットスポット 6：溶接型のガセットプレート/シェダープレートのガセットプレート	**9 章 5 節 4.3**	
ホットスポット 6：曲げ加工型のガセットプレート/シェダープレートのガセットプレート	**9 章 5 節 3.1** タイプ *a*	
ホットスポット 7：シェダープレート	**9 章 5 節 4.3**	
ホットスポット 9：下部スツール側板とスツール頂板との結合部の下部スツール側板	**9 章 5 節 3.1** タイプ *a*	
ホットスポット 10:波形隔壁コーナー部とスツール頂板との結合部の波形隔壁コーナー部 ホットスポット 11：波形隔壁コーナー部近傍のガセットプレート	**9 章 5 節 4.3**	

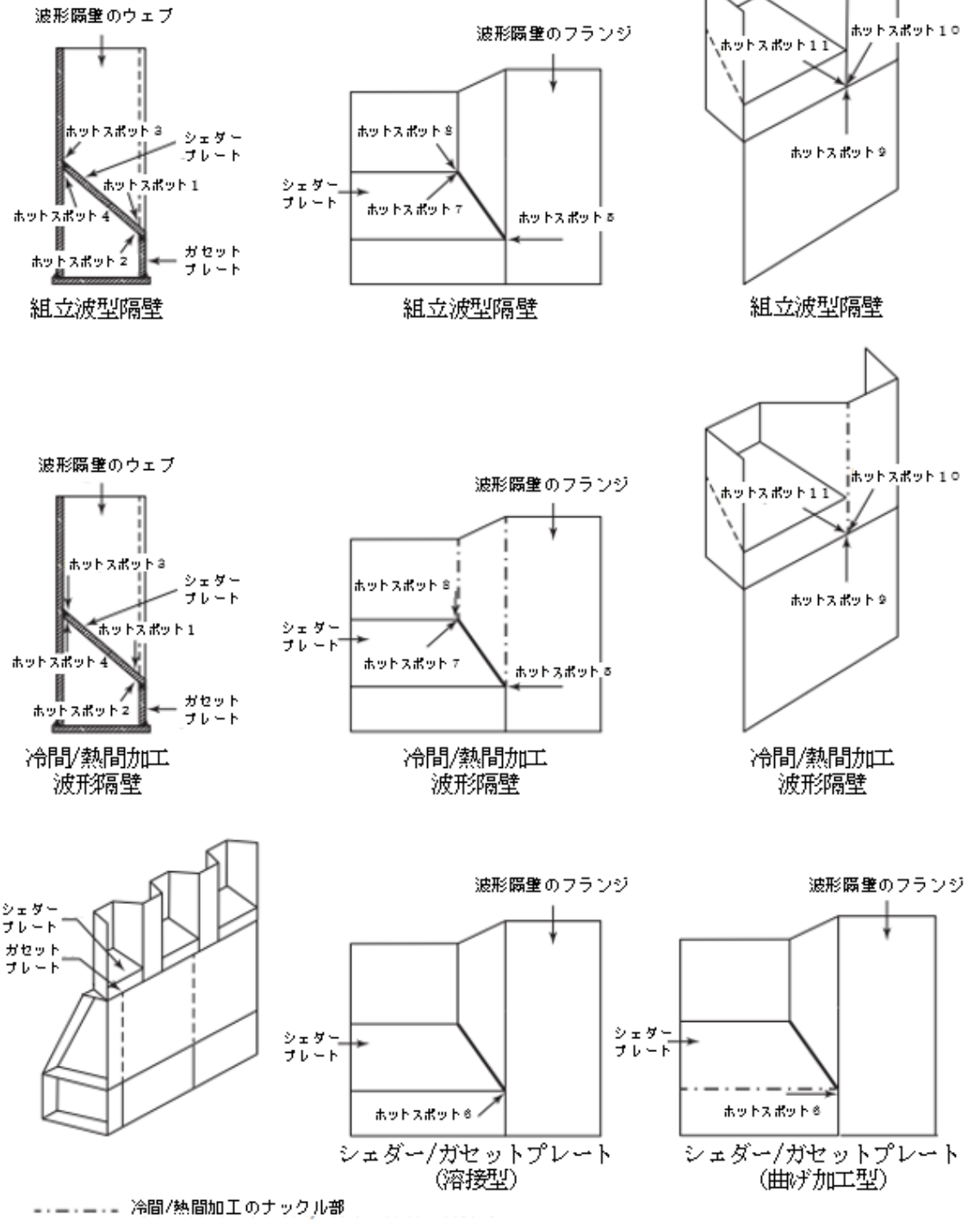

波形隔壁のウェブ
ホットスポット３
シェダープレート
ホットスポット１
ホットスポット４
ホットスポット２
ガセットプレート
組立波型隔壁
波形隔壁のフランジ
ホットスポット９
シェダープレート
ホットスポット７
ホットスポット５
組立波型隔壁
ホットスポット１１
ホットスポット１０
ホットスポット９
組立波型隔壁
波形隔壁のウェブ
ホットスポット３
シェダープレート
ホットスポット１
ホットスポット４
ホットスポット２
ガセットプレート
冷間/熱間加工
波形隔壁
波形隔壁のフランジ
ホットスポット９
シェダープレート
ホットスポット７
ホットスポット５
冷間/熱間加工
波形隔壁
ホットスポット１１
ホットスポット１０
ホットスポット９
冷間/熱間加工
波形隔壁
シェダープレート
ガセットプレート
波形隔壁のフランジ
シェダープレート
ホットスポット８
シェダー/ガセットプレート
(溶接型)
波形隔壁のフランジ
シェダープレート
ホットスポット８
シェダー/ガセットプレート
(曲げ加工型)
冷間/熱間加工のナックル部

表 9　　波形隔壁と下部スツールとの結合部のホットスポット
（交差するシェダープレート及び片側のみのシェダープレート）

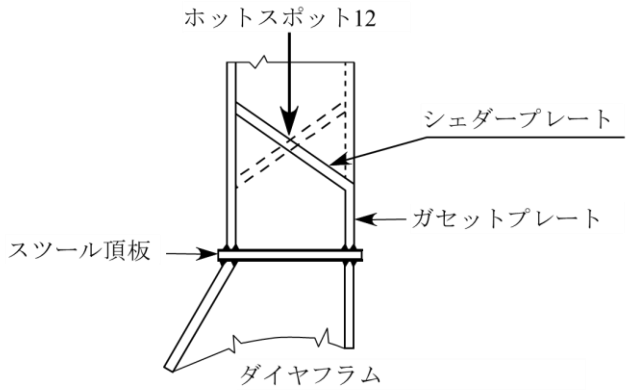
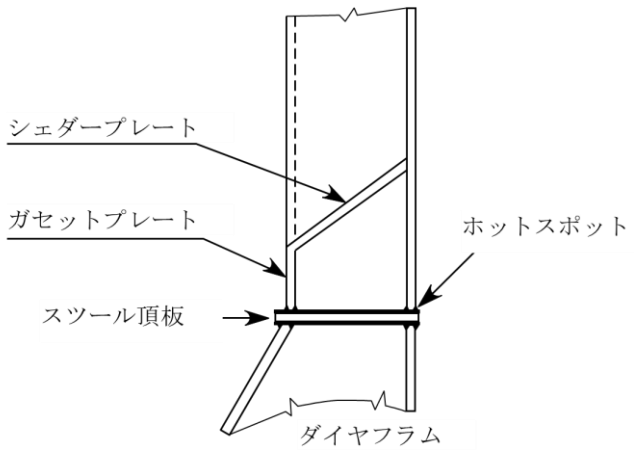
ホットスポット位置	ホットスポット応力の計算手順
交差するシェダープレート	
ホットスポット 12：シェダープレートの交差部	**9 章 5 節 3.1** タイプ *a*
	
片側のみのシェダープレート	
波形隔壁のウェブ及びフフランジと下部スツール頂板の溶接結合部 ホットスポットの詳細については，**表 10** のホットスポット 1 から 3 を参照 支持ブラケットがある場合は，**表 10** のホットスポット 4 を参照	**9 章 5 節 3.1** タイプ *a*
	

表 10　　波形隔壁と下部スツール又は内底板との結合部のホットスポット

ホットスポット位置	ホットスポット応力の計算手順
ホットスポット 1：内底板／下部スツール頂板 ホットスポット 2：内底板／下部スツール頂板の波形隔壁のフランジのコーナー部 ホットスポット 3：内底板／下部スツール頂板の波形隔壁のウェブのコーナー部 ホットスポット 4：波形隔壁のウェブの支持ブラケットの内底板／下部スツール頂板	**9 章 5 節 3.1** タイプ *a*
ホットスポット 5：支持ブラケットの遊縁	**9 章 5 節 3.2**

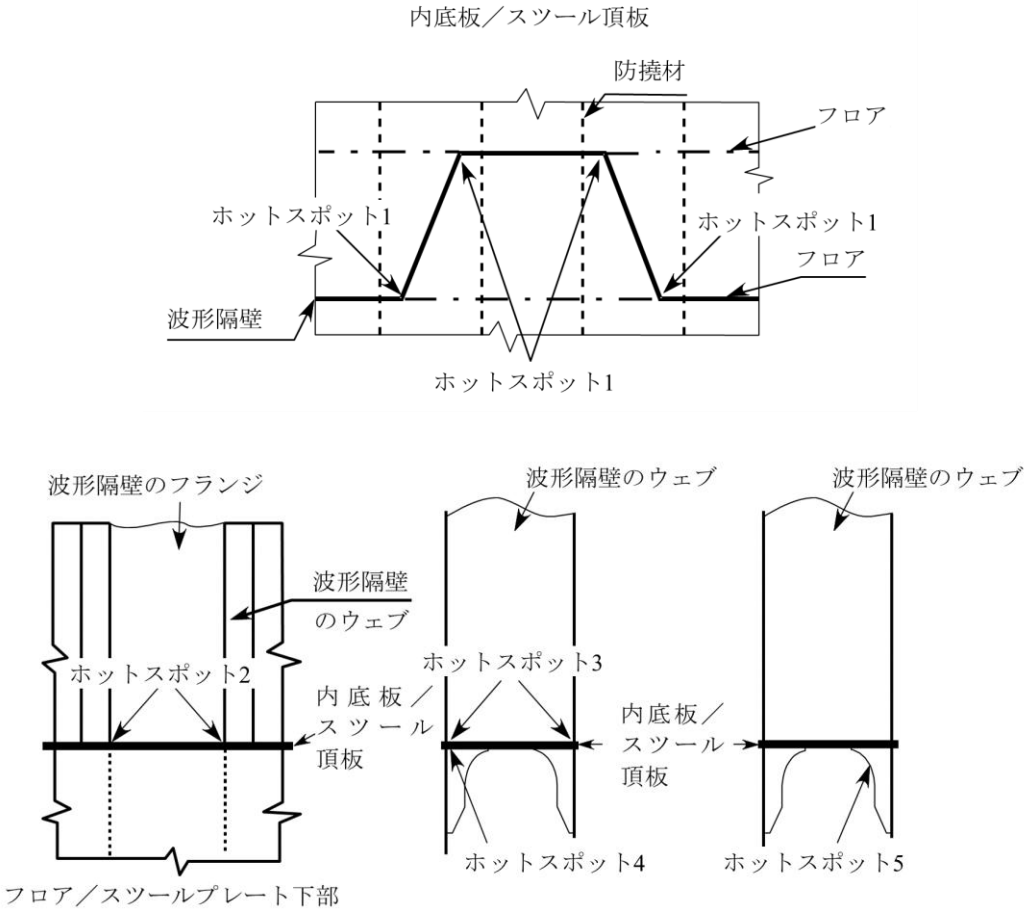


表 11　　波形縦通隔壁と下部スツール頂板との結合部のホットスポット

ホットスポット位置	ホットスポット応力の計算手順
表 9 参照	**9 章 5 節 3.1** タイプ *a*

表 12　　波形横隔壁と上部スツール底板又は上部スツールがないタンカーの甲板との結合部のホットスポット

ホットスポット位置	ホットスポット応力の計算手順
表 8 及び**表 9** 参照 波形隔壁のフランジ近傍の甲板付防撓材において隔壁による追加の曲げ応力を考慮しなければならない。	

表 13　　ストリンガのヒール部に裏当てブラケットがない横隔壁付き水平ストリンガ及びサイドストリンガ近傍の横隔壁と二重船側縦通隔壁との結合部のホットスポット

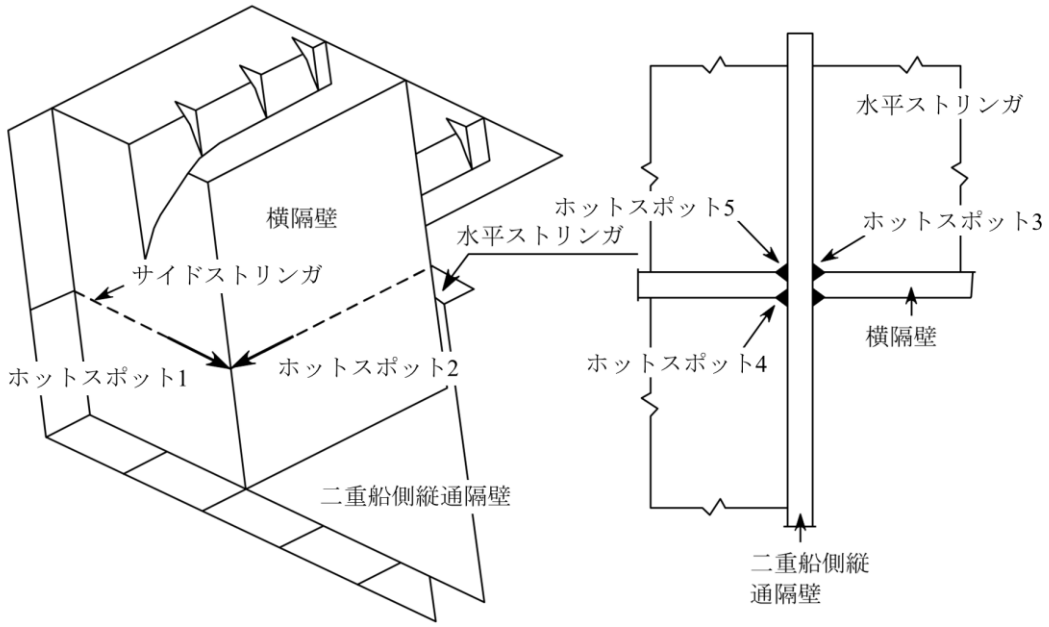
ホットスポット位置	ホットスポット応力の計算手順
ホットスポット 1：横隔壁の水平ストリンガのヒール部における貨物タンク側の二重船側縦通隔壁板と横隔壁との結合部（防撓材が取り付けれていない側） ホットスポット 2：横隔壁の水平ストリンガのヒール部における防撓材が取り付けられていない側の横隔壁板	**9 章 5 節 4.2**
ホットスポット 3：横隔壁の水平ストリンガのヒール部 ホットスポット 4：水平ストリンガの対角線上の二重船側内のサイドストリンガ ホットスポット 5：水平ストリンガと同一線の二重船側内のサイドストリンガ	**9 章 5 節 4.3**
	

表 14　　横隔壁付き水平ストリンガとサイドストリンガ近傍で，ストリンガのヒール部に裏当てブラケットが取り付けられた横隔壁と二重船側縦通隔壁との結合部のホットスポット

ホットスポット位置	ホットスポット応力の計算手順
ホットスポット 1：面材が取り付けられていないブラケット端部 ホットスポット 4：ブラケット先端部の R 部	**9 章 5 節 3.2**
ホットスポット 2：ブラケット先端部における二重船側縦通隔壁 ホットスポット 3：ブラケット先端部における横隔壁 ホットスポット 6：ブラケット先端付近のサイドストリンガ ホットスポット 7：ブラケット先端付近の水平ストリンガ	**9 章 5 節 3.1** タイプ *a*
ホットスポット 5：ブラケットに面材に取り付けられている場合，面材端部における面材とブラケットとの溶接結合部	**9 章 5 節 3.1** タイプ *b*

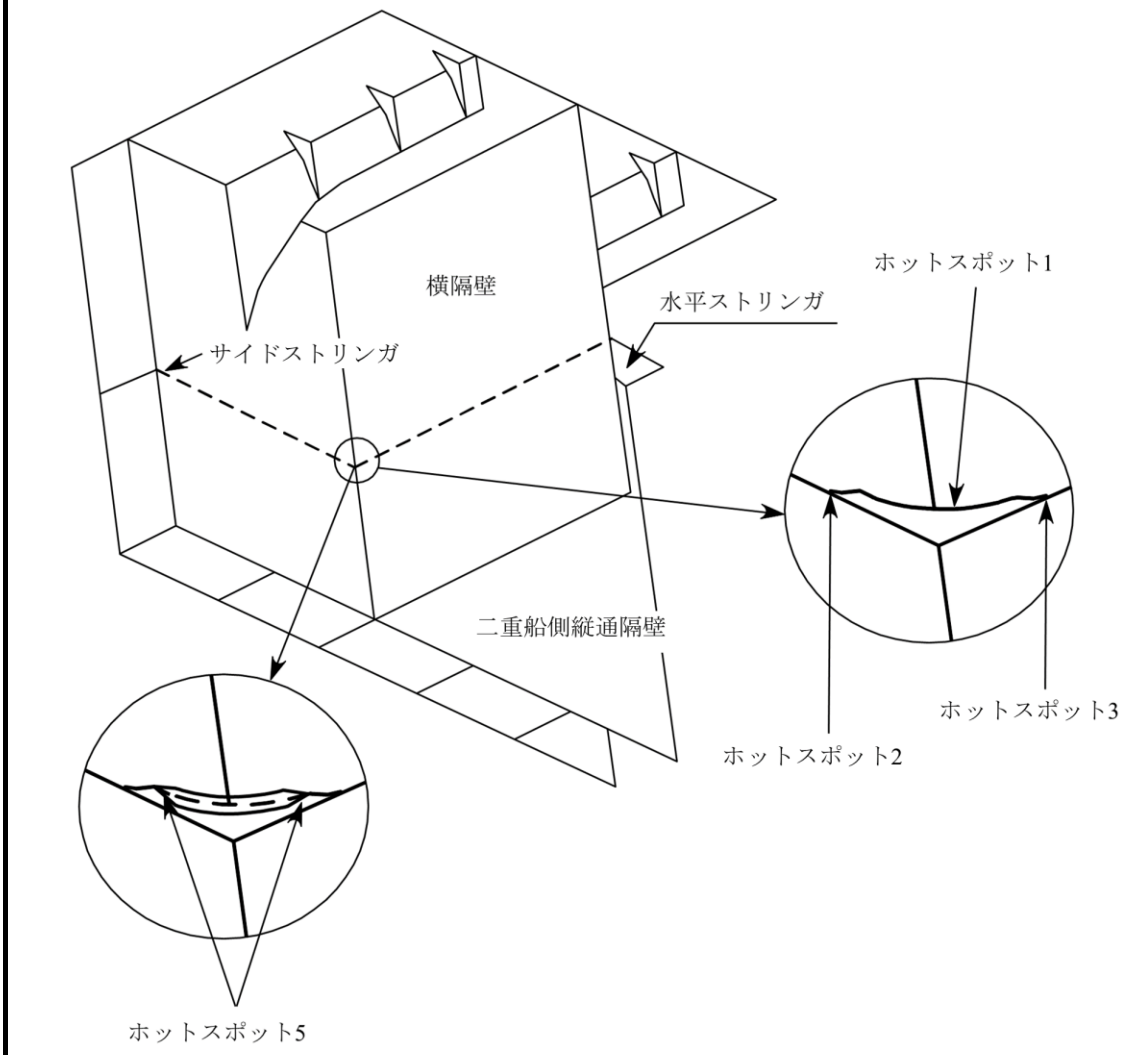


表 15　　倉内肋骨の下部ブラケット先端のホットスポット

ホットスポット位置	ホットスポット応力の計算手順
ホットスポット 1：倉内肋骨の先端近傍のビルジホッパ斜板	**9 章 5 節 3.1** タイプ *a*
ホットスポット 2：面材端部近傍の倉内肋骨の先端部	**9 章 5 節 3.1** タイプ *b*

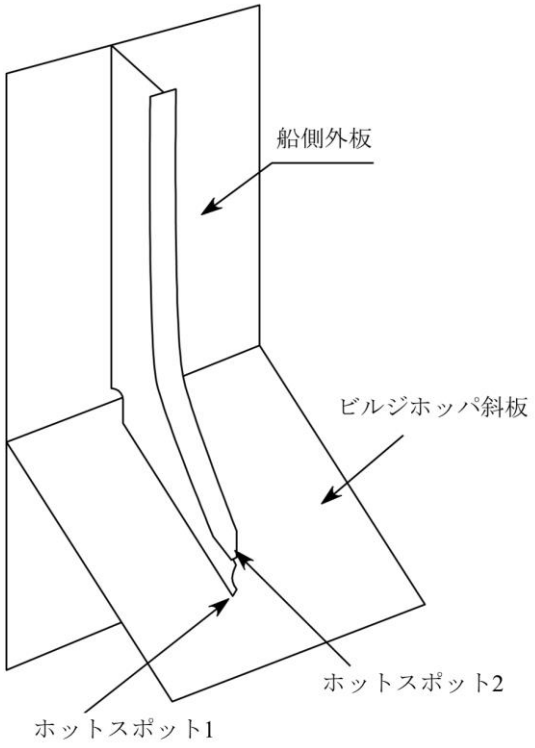


表 16　　スロット及びラグプレートを含む縦通防撓材及び横桁との結合部のホットスポット

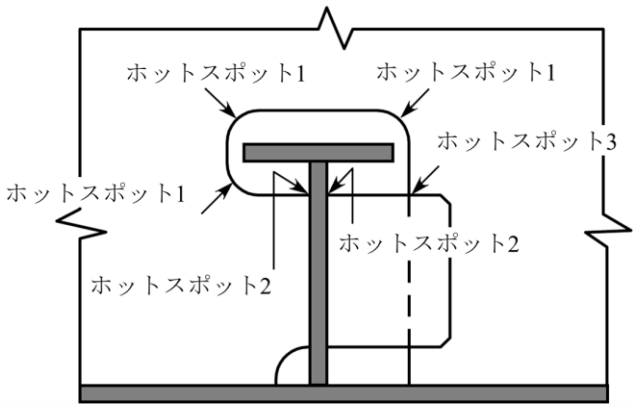
ホットスポット位置	ホットスポット応力の計算手順
重要なホットスポットは各設計に対して決定し，本会の了承を得なければならない。一般的には，次の 3 つのホットスポットを考慮しなければならない。	
ホットスポット 1：スロット端部のコーナー部	**9 章 5 節 3.2**
ホットスポット 2：スロット近傍における横桁/ラグプレートと縦通防撓材のウェブとの結合部 ホットスポット 3：横桁とラグプレートの重ね継手部	**9 章 5 節 3.1** タイプ *b*
	

表 17　　甲板のブロック継手近傍のスカラップのホットスポット

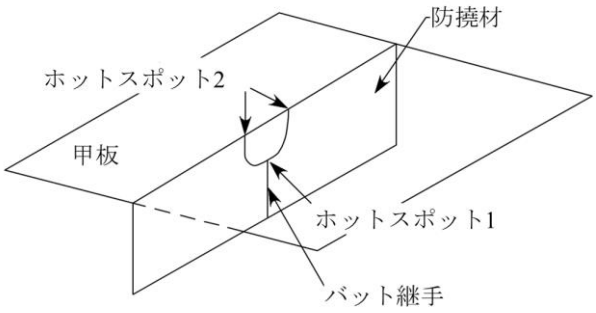
ホットスポット位置	ホットスポット応力の計算手順
ホットスポット 1：スカラップ近傍の縦通防撓材のウェブのバット継手 ホットスポット 2：スカラップ近傍の甲板	**9 章 5 節 3.1** タイプ *a*
	

表 18　　甲板及びハッチサイドコーミング端部のブラケット先端部のホットスポット

ホットスポット位置	ホットスポット応力の計算手順
ホットスポット 1：ハッチコーナの R 部 ホットスポット 3：ハッチコーミングのブラケット先端部の R 部	**9 章 5 節 3.2**
ホットスポット 2：ハッチコーミングのブラケット先端部近傍の甲板	**9 章 5 節 3.1** タイプ *a*
ホットスポット 4：ブラケットに面材がある場合，面材の端部における面材とブラケットの溶接結合部	**9 章 5 節 3.1** タイプ *b*

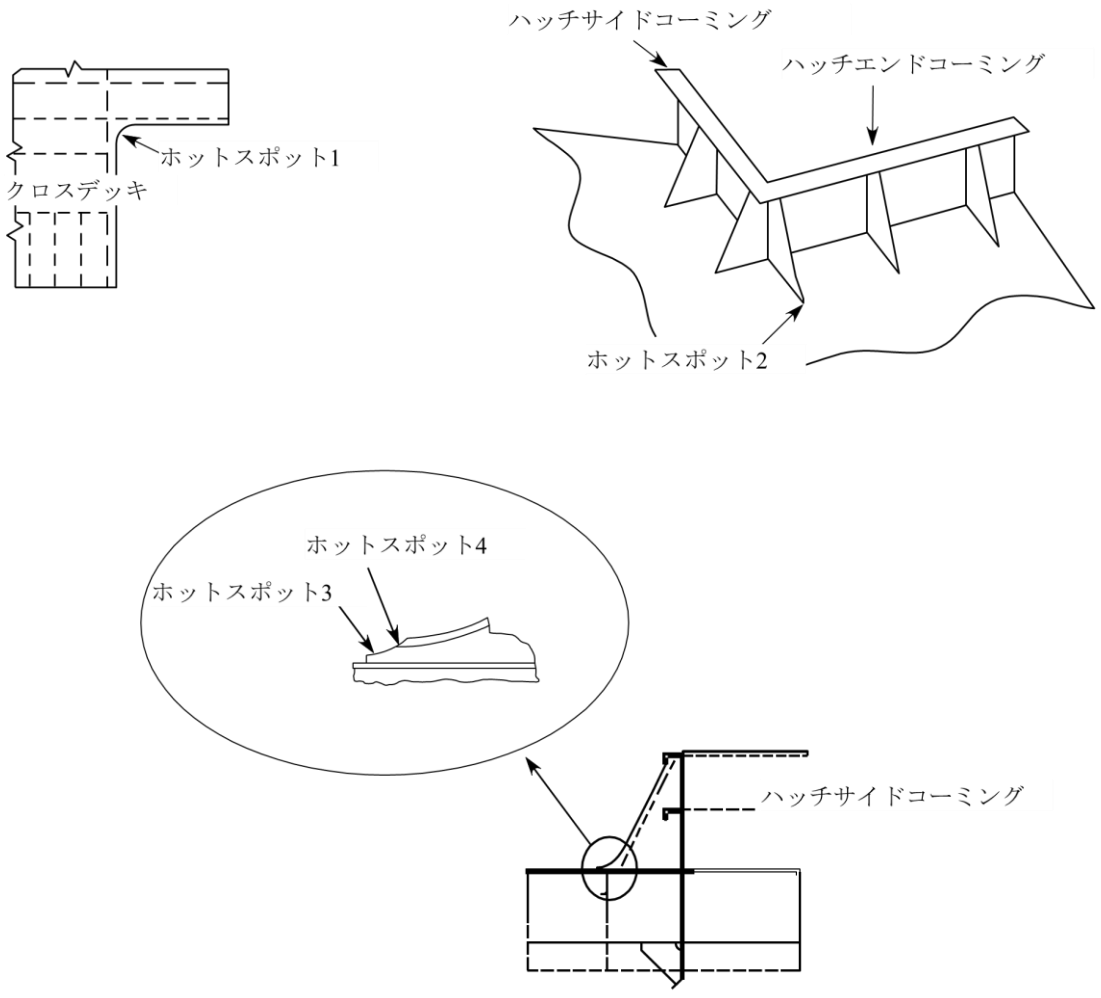
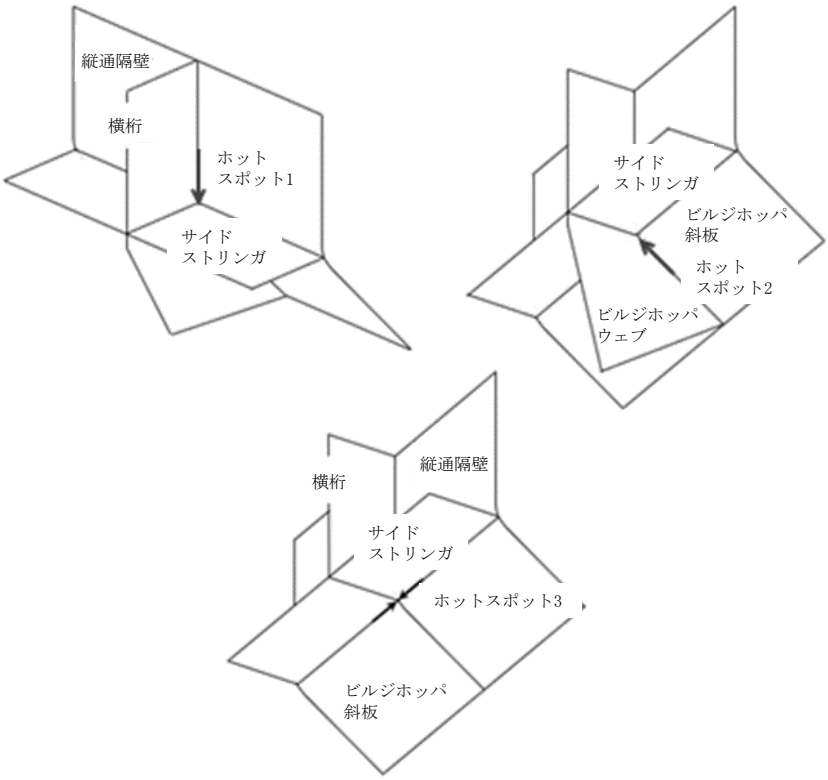
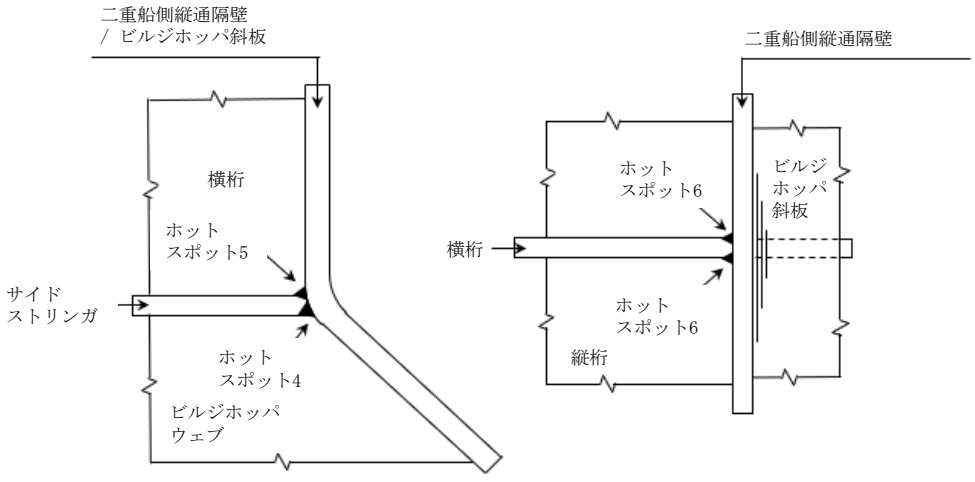


表 19　　ビルジホッパ上部の曲げ加工型ナックル結合部のホットスポット

ホットスポット位置	ホットスポット応力の計算手順
ホットスポット 1：サイドストリンガ上部のバラストタンク側の二重船側縦通隔壁 ホットスポット 2：サイドストリンガ下部のバラストタンク側の曲げ加工型ビルジホッパ斜板 ホットスポット 3：サイドストリンガ下部のバラストタンク側の曲げ加工型ビルジホッパ斜板の横桁近傍 ホットスポット 4：サイドストリンガ下部のビルジホッパウェブ ホットスポット 5：サイドストリンガ上部の横桁 ホットスポット 6：サイドストリンガと横桁の結合部のサイドストリンガ	**9 章 5 節 3.3**



（外側のビルジホッパウェブは取り除いている）



3 節　疲労評価

記号

本節で規定されない記号については，**1 章 4 節**による。

（*i*）：　**4 章 2 節 3.1** に規定する荷重ケース“*HSM*”，“*FSM*”，“*BSR-P*”，“*BSR-S*”，“*BSP-P*”，“*BSP-S*”，“*OST-P*”及び“*OST-S*”を表す添字で，次による。

“*i*1”は荷重ケース“*HSM*-1”，“*FSM*-1”，“*BSR*-1*P*”，“*BSR*-1*S*”，“*BSP*-1*P*”，“*BSP*-1*S*”，“*OST*-1*P*”及び“*OST*-1*S*”を表す。

“*i*2”は荷重ケース“*HSM*-2”，“*FSM*-2”，“*BSR*-2*P*”，“*BSR*-2*S*”，“*BSP*-2*P*”，“*BSP*-2*S*”，“*OST*-2*P*”及び“*OST*-2*S*”を表す。

（*j*）：　積付状態を表す添字で，次による。

油タンカー：　**9 章 1 節 6.2** の規定による“*Full load*”又は”*Normal ballast*”

ばら積貨物船：**9 章 1 節 6.3** の規定による”*Full load homogeneous*”,”*Full load alternate*”，“*Normal ballast*”又は”*Heavy ballast*”

T_C：　腐食環境下にさらされる期間（年）で，**表 5** による。

T_D：　設計寿命（年）で，25 年とする。

T_{DF}：　設計疲労寿命（年）で，**9 章 1 節**による。

T_F：　疲労寿命（年）で，**5** により算出する。

m：　設計 *S-N* 線図の傾きで，大気中及び腐食環境下に対してそれぞれ**表 2** 及び**表 3** による。

大気中の *S-N* 線図の傾きは N=10^7 において m から m+2 に変化する。

n_{LC}：　適用する積付状態の数で，**9 章 1 節 6.2** 及び **6.3** による。

f_c：　修正係数で，**9 章 1 節 5.1.2** による。

f_{thick}：　板厚影響に対する修正係数で，**3.3** による。

$f_{mean,\ i(j)}$：平均応力に対する修正係数で，**3.2** による。

1.　疲労解析法

1.1　累積被害度

1.1.1

構造部材の疲労強度評価は，次の *Palmgren-Miner* の累積被害度 D を用いることを前提としている。

$$D = \sum_{i=1}^{n_{tot}} \frac{n_i}{N_i}$$

n_i：　応力範囲$\Delta\sigma_i$における応力繰返し数

N_i：　応力範囲$\Delta\sigma_i$における疲労に至るまでの繰返し数

n_{tot}：応力範囲のブロックの総数

i：　応力範囲のブロックを示す添字

1.1.2

構造詳細の応力範囲の長期分布は **9 章 1 節 3.1.1** に規定するとおり 2 母数のワイブル分布により表されるため，疲労被害度は **5** に規定する閉形式を用いて算出できる。

1.2　疲労強度評価

1.2.1

2 に規定する構造部材の疲労強度評価は次の 3 つの手順で構成される。

(a)　**3** の規定により応力範囲を計算する。

(b)　**4** の規定により設計 *S-N* 線図を選択する。

(c)　**5** の規定により累積被害度及び疲労寿命を計算する。

2. 評価基準

2.1 疲労寿命及び評価基準

2.1.1

疲労寿命 T_F は次の算式を満足しなければならない。

$T_F \geq T_{DF}$

3. 疲労評価のための参照応力

3.1 疲労応力範囲

3.1.1

溶接継手及び母材の自由端に対する各積付状態の各荷重ケースにおける疲労応力範囲は，それぞれ **3.1.2** 及び **3.1.3** による。

考慮する各積付状態(*j*)の応力範囲は，**9 章 1 節 7.1.2** に規定する支配的な荷重ケースから得られる応力範囲とする。

$\Delta\sigma_{FS,(j)} = \max_i\left(\Delta\sigma_{FS,i(j)}\right)$

$\Delta\sigma_{FS,\,i(j)}$： 積付状態(*j*)の荷重ケース(*i*)における疲労応力範囲（N/mm^2）で，溶接継手及び母材の自由端に対する疲労応力範囲はそれぞれ **3.1.2** 及び **3.1.3** の規定による。

3.1.2 溶接継手

平均応力影響，板厚影響及びそり影響により修正を考慮した溶接継手に対する疲労応力範囲$\Delta\sigma_{FS,\,i(j)}$（N/mm^2）は，次による。

- 簡易応力解析の場合

$\Delta\sigma_{FS,i(j)} = f_{mean,i(j)} \cdot f_{thick} \cdot f_{warp} \cdot \Delta\sigma_{HS,i(j)}$

- 有限要素解析の場合
  - 桁等で支持された十字継手

$\Delta\sigma_{FS,i(j)} = f_w \cdot f_s \cdot \max\left(\Delta\sigma_{FS1,i(j)}, \Delta\sigma_{FS2,i(j)}\right)$

  - その他の継手

$\Delta\sigma_{FS,i(j)} = \max_{(SideL,SideR)}\left[\max\left(\Delta\sigma_{FS1,i(j)}, \Delta\sigma_{FS2,i(j)}\right)\right]$

f_w： 溶接線に沿った応力勾配の影響による修正係数で，0.96 とする。

f_s： 支持部材の影響による修正係数で，0.95 とする。

$\Delta\sigma_{HS,i(j)}$： 積付状態（*j*）の荷重ケース（*i*）における動的荷重によるホットスポット応力範囲（N/mm^2）で，**9 章 4 節 2.1.1** の規定による。

$\Delta\sigma_{FS1,i(j)}$： ホットスポット主応力範囲$\Delta\sigma_{HS1,i(j)}$による疲労応力範囲（N/mm^2）

$\Delta\sigma_{FS1,i(j)} = f_{mean1,i(j)} \cdot f_{thick} \cdot f_c \cdot \Delta\sigma_{HS1,i(j)}$

$\Delta\sigma_{FS2,i(j)}$： ホットスポット主応力範囲$\Delta\sigma_{HS2,i(j)}$による疲労応力範囲（N/mm^2）

$\Delta\sigma_{FS2,i(j)} = 0.9 \cdot f_{mean2,i(j)} \cdot f_{thick} \cdot f_c \cdot \Delta\sigma_{HS2,i(j)}$

SideL，*SideR*： **9 章 5 節図 15** 及び **9 章 5 節図 16** における線 A-A の左側及び右側。

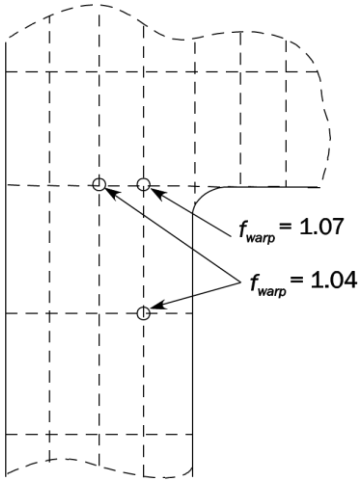
$f_{mean1,i(j)}$： 平均応力影響に対する修正係数で，**3.2** の規定による。

$f_{mean2,i(j)}$： 平均応力影響に対する修正係数で，**3.2** の規定による。

f_{warp}： そり影響による修正係数で，次による。

- ばら積貨物船のハッチコーナ近傍のハッチサイドコーミングに最も近い甲板付縦通防撓材（**図 1** 参照）に対して，f_{warp} = 1.07。全ての積付状態において，*OST* が支配的でない荷重ケースに対しては，f_{warp} = 1.0 とする。
- ばら積貨物船の次の甲板付縦通防撓材に対して，f_{warp} = 1.04。全ての積付状態において *OST* が支配的でない荷重ケースに対しては，f_{warp} = 1.0 とする。
  - ハッチ近傍で，ハッチコーナから 1 ウェブフレーム分離れた場所のハッチサイドコーミングに最も近い防撓材（**図 1** 参照）
  - ハッチコーナ近傍のハッチサイドコーミングから 2 番目に近い防撓材（**図 1** 参照）
- それ以外の場合 f_{warp} = 1.0

図 1　　ばら積貨物船の甲板付縦通防撓材のそり影響



$\Delta\sigma_{HS1,i(j)}$：積付状態（j）の荷重ケース（i）における動的荷重のうち，溶接止端部の垂線に対して±45 度以内に作用する動的荷重のホットスポット主応力範囲（N/mm^2）で，2 種類のシェル要素（4 節点又は 8 節点）に対して **9 章 5 節 3.1.2**，**3.3.2** 及び **4.2.3** により決定する。

$\Delta\sigma_{HS2,i(j)}$：積付状態（j）の荷重ケース（i）における動的荷重のうち，溶接止端部の垂線に対して±45 度より外側に作用する動的荷重によるホットスポット主応力範囲（N/mm^2）で，2 種類のシェル要素（4 節点又は 8 節点）に対して **9 章 5 節 3.1.2**，**3.3.2** 及び **4.2.3** により決定する。

3.1.3　母材の自由端

母材の自由端に対する疲労応力範囲$\Delta\sigma_{FS,i(j)}$（N/mm^2）は，**9 章 1 節 2.4** に規定する自由端における局部応力範囲$\Delta\sigma_{BS,i(j)}$に修正係数をかけたものとして次による。

$$\Delta\sigma_{FS,i(j)} = K_{sf} \cdot f_{material} \cdot f_{mean,i(j)} \cdot f_{thick} \cdot f_c \cdot \Delta\sigma_{BS,i(j)}$$

K_{sf}：　母材の表面処理係数で，**4.2.3** の規定による。

$f_{material}$：　材料強さに対する修正係数で，次による。

$$f_{material} = \frac{1200}{965 + R_{eH}}$$

$\Delta\sigma_{BS,i(j)}$：積付状態（j）の荷重ケース（i）における動的荷重による局部応力範囲（N/mm^2）で，次による。

$$\Delta\sigma_{BS,i(j)} = \left|\sigma_{BS,i1(j)} - \sigma_{BS,i2(j)}\right|$$

$\sigma_{BS,i1(j)}$,$\sigma_{BS,i2(j)}$：　積付状態（j）の荷重ケース"$i1$"及び"$i2$"における局部応力（N/mm^2）で，**9 章 5 節**に規定する極詳細メッシュ有限要素解析により算出する。

3.2　平均応力影響

3.2.1　平均応力影響に対する修正係数

溶接継手の各ホットスポット主応力範囲$\Delta\sigma_{HS,i(j)}$及び自由端における局部応力範囲$\Delta\sigma_{BS,i(j)}$に対して考慮する平均応力修正係数は，次による。

(a)　溶接継手の場合

$\sigma_{mCor,i(j)} \geq 0$の場合，$f_{mean,i(j)} = \min\left[1.0, 0.9 + 0.2\frac{\sigma_{mCor,i(j)}}{2\Delta\sigma_{HS,i(j)}}\right]$

$\sigma_{mCor,i(j)} < 0$の場合，$f_{mean,i(j)} = \max\left[0.3, 0.9 + 0.8\frac{\sigma_{mCor,i(j)}}{2\Delta\sigma_{HS,i(j)}}\right]$

(b)　母材の場合

$\sigma_{mCor,i(j)} \geq 0$の場合，$f_{mean,i(j)} = \min\left[1.0, 0.8 + 0.4\frac{\sigma_{mCor,i(j)}}{2\Delta\sigma_{BS,i(j)}}\right]$

$\sigma_{mCor,i(j)} < 0$の場合，$f_{mean,i(j)} = \max\left[0.3, 0.8 + \frac{\sigma_{mCor,i(j)}}{2\Delta\sigma_{BS,i(j)}}\right]$

$\sigma_{\max} \leq R_{eEq}$の場合，$\sigma_{mCor,i(j)} = \sigma_{mean,i(j)}$

$\sigma_{\max} > R_{eEq}$の場合，$\sigma_{mCor,i(j)} = R_{eEq} - \sigma_{\max} + \sigma_{mean,i(j)}$

溶接継手の場合，$\sigma_{\max} = \max_{i,(j)}(\Delta\sigma_{HS,i(j)} + \sigma_{mean,i(j)})$

母材の場合，$\sigma_{\max} = \max_{i,(j)}(\Delta\sigma_{BS,i(j)} + \sigma_{mean,i(j)})$

$R_{eEq} = \max(315; R_{eH})$

$\sigma_{mean,i(j)}$: 疲労平均応力（N/mm^2）で，母材については **3.2.2**，溶接継手については **3.2.3** 又は **3.2.4** の規定による。

3.2.2 母材の自由端に対する平均応力

積付状態（j）の静的及び動的荷重ケース"$i1$"及び"$i2$"による母材の自由端に対する疲労平均応力$\sigma_{mean,i(j)}$（N/mm^2）は，局部応力に基づき次の算式により計算する。

$$\sigma_{mean,i(j)} = \frac{\sigma_{BS,i1(j)} + \sigma_{BS,i2(j)}}{2}$$

3.2.3 簡易法のための平均応力

簡易応力解析により評価する溶接継手に対して考慮すべき疲労平均応力は，**9 章 4 節 2.2** により算出する。

3.2.4 有限要素解析のための平均応力

積付状態（j）の荷重ケース"$i1$"及び"$i2$"における静的及び動的荷重によるホットスポット主応力範囲の方向 pX 及び pY の溶接継手に対する疲労平均応力$\sigma_{mean,i(j)pX}$及び$\sigma_{mean,i(j)pY}$（N/mm^2）は，**9 章 5 節 3.1.2**，**9 章 5 節 3.3.2** 及び **9 章 5 節 4.2.3** に規定するホットスポット応力成分に基づき，次の算式により計算する。

$$\sigma_{mean,i(j)pX} = \frac{(\sigma_{HS,i1(j)})_{xx} + (\sigma_{HS,i2(j)})_{xx} + (\sigma_{HS,i1(j)})_{yy} + (\sigma_{HS,i2(j)})_{yy}}{4} +$$
$$\left(\frac{(\sigma_{HS,i1(j)})_{xx} + (\sigma_{HS,i2(j)})_{xx} - (\sigma_{HS,i1(j)})_{yy} - (\sigma_{HS,i2(j)})_{yy}}{4}\right) \cdot \cos 2\theta + \left(\frac{(\sigma_{HS,i1(j)})_{xy} + (\sigma_{HS,i2(j)})_{xy}}{2}\right) \cdot \sin 2\theta$$

$$\sigma_{mean,i(j)pY} = \frac{(\sigma_{HS,i1(j)})_{xx} + (\sigma_{HS,i2(j)})_{xx} + (\sigma_{HS,i1(j)})_{yy} + (\sigma_{HS,i2(j)})_{yy}}{4} -$$
$$\frac{(\sigma_{HS,i1(j)})_{xx} + (\sigma_{HS,i2(j)})_{xx} - (\sigma_{HS,i1(j)})_{yy} - (\sigma_{HS,i2(j)})_{yy}}{4} \cdot \cos 2\theta - \left(\frac{(\sigma_{HS,i1(j)})_{xy} + (\sigma_{HS,i2(j)})_{xy}}{2}\right) \cdot \sin 2\theta$$

θ： 要素座標系の x 方向とホットスポット主応力方向座標系の主応力方向 pX との成す角度（**9 章 5 節 3.1.2** 及び **4.2.3** 参照）。ここで，要素座標系の x 座標は溶接止端部の法線方向とする。

2 つの平均応力$\sigma_{mean,i(j)pX}$及び$\sigma_{mean,i(j)pY}$のうち，±45 度以内の主応力方向を持つ平均応力を$\Delta\sigma_{HS1,i(j)}$に関連させて$\sigma_{mean1,i(j)}$とする。もう一つの平均応力を$\Delta\sigma_{HS2,i(j)}$に関連させて$\sigma_{mean2,i(j)}$とする。

3.3 板厚影響

3.3.1

板厚は，形状の影響により主に溶接継手の疲労強度に影響を与え，板厚方向応力分布に影響を与える。板厚影響に対する修正係数 f_{thick} は，次による。

- $t_{n50} \leq 22mm$ の場合，$f_{thick} = 1.0$
- $t_{n50} > 22mm$ の場合，$f_{thick} = (t_{n50}/22)^n$

t_{n50}： 溶接継手又は母材の自由端のホットスポット近傍の考慮する部材のネット板厚（mm）

- 簡易応力解析の場合，防撓材に対して考慮すべきネット板厚は，次による。
  - 平鋼及びバルブプレートの場合：修正なし
  - アングル材及び T 形鋼の場合：フランジのネット板厚
- 有限要素解析の場合，考慮すべきネット板厚は，き裂が発生し進展しやすい部材のネット板厚とする。十字継手，T 字継手及び横部材付き板等，90 度の角度で取り付けられた継手の場合，考慮すべきネット板厚は次による。

$$t_{n50} = \min\left(\frac{d}{2}, t_{1n50}\right)$$

n： 溶接継手及び非溶接継手に対する板厚指数で，それぞれ**表 1** 及び**表 4** による。

n は考慮する応力方向により決定しなければならない。ここで，$\Delta\sigma_{HS1}$は溶接線に対して垂直とし，$\Delta\sigma_{HS2}$は溶接線に対して平行とする。

d： 止端部の距離(mm)で，次による。（**図 2** 参照）

$$d = t_{2n50} + 2\ell_{leg}$$

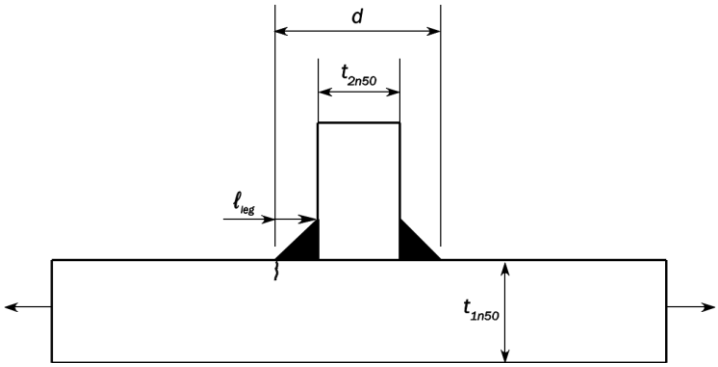
t_{1n50}： 連続板のネット板厚(*mm*)で，**図 2** による。

t_{2n50}： ホットスポットを評価する横方向の付加物のネット板厚(*mm*)で，**図 2** による。

ℓ_{leg}： すみ肉脚長の長さ（*mm*）

考慮する溶接継手の疲労寿命を改善させるために，溶接後処理法を適用する場合の板厚指数は，**6** の規定による。

図 2　　十字継手，*T* 字継手及び横方向の付加物継手の溶接止端部の距離



4.　*S-N* 線図

4.1　標準 *S-N* 線図

4.1.1　耐力

鋼材の溶接継手及び鋼材の母材の疲労強度に関する耐力は，構造詳細に対して適用する応力範囲と損傷までの一定振幅荷重の繰返し数の関係を表した *S-N* 線図による。

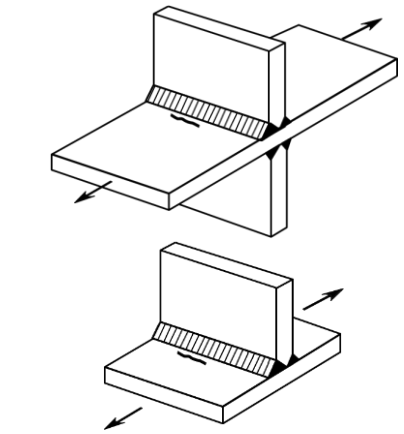
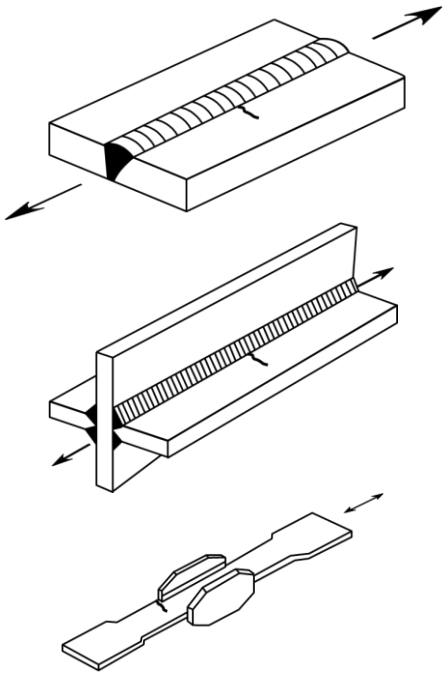
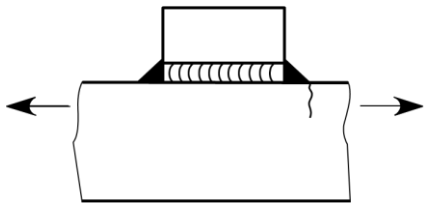
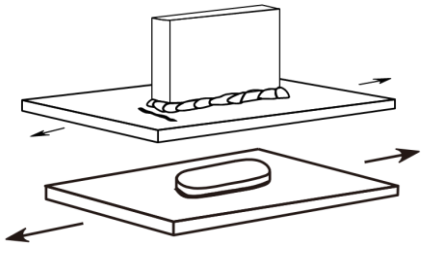
4.1.2　設計 *S-N* 線図

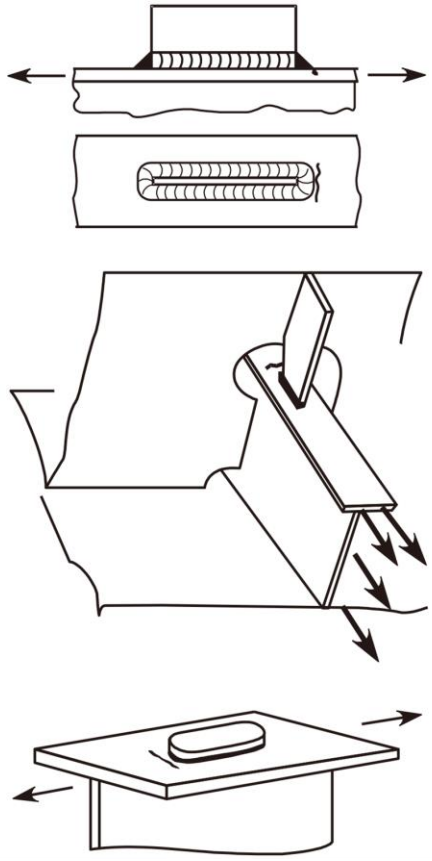
疲労評価は，疲労試験によって得られる *S-N* 線図に基づく。設計 *S-N* 線図は関連する試験データにおける非破壊確率 50%に相当する平均 *S-N* 線図から 2 標準偏差を差し引いたものである。**表 2** 及び**表 3** に示す設計 *S-N* 線図は非破壊確率 97.7%に相当する。

4.1.3　*S-N* 線図の適用範囲

S-N 線図は軟鋼及び最小規格降伏応力が 390（N/mm^2）までの高張力鋼に適用できる。

表 1　　溶接継手及び板厚指数

No	継手の分類	形状	状態	*n*
1	十字継手，*T* 型継手，横方向の付加物		溶接まま	0.25
			溶接後処理を行った溶接止端部	0.2
2	横突合せ溶接		溶接まま	0.2
			フラッシングもしくは溶接後処理を行った溶接止端部	0.1
3	縦方向の溶接又は縦方向の板端部の付加物		すべて	0.1
			溶接後処理を行った溶接止端部	0.1
4	平鋼又はバルブプレートへの縦方向の付加物		すべて	0
			溶接後処理を行った溶接止端部(1)	0
5	縦方向の付加物及び二重張板		溶接まま	0.2
			溶接後処理を行った溶接止端部	0.1

6	縦方向に支持された縦方向の付加物及び二重張板		溶接まま	0.1
			溶接後処理を行った溶接止端部(1)	0
(1) 縦通防撓材端部結合部の溶接後処理は考慮しない。				

4.1.4 大気環境

図 3 に示す大気中の標準設計 *S-N* 線図は，次のとおり log (*Δσ*)及び log (*N*)の比例関係で表される。

$$\log(N) = \log(K_2) - m \cdot \log(\Delta\sigma)$$

$$\log(K_2) = \log(K_1) - 2 \cdot \log(\delta)$$

K_1： 平均 *S-N* 線図に関する定数で，**表 2** による。

K_2： 設計 *S-N* 線図に関する定数で，**表 2** による。

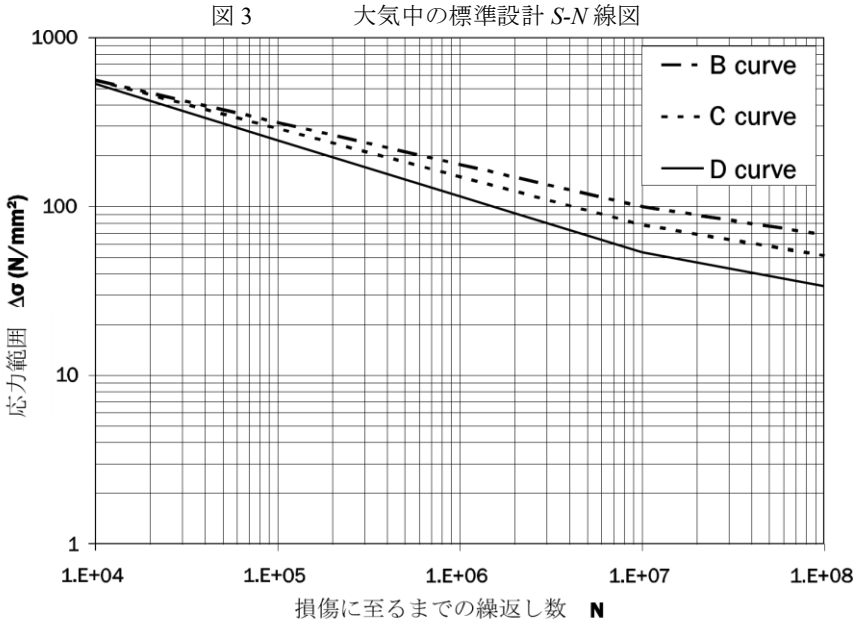
δ： log(*N*)の標準偏差で，**表 2** による。

$\Delta\sigma_q$：設計 *S-N* 線図における *N*=10^7 での応力範囲（*N*/*mm*^{2}）で，**表 2** による。

表 2 大気中の標準 *S-N* 線図のデータ

級	K_1		m	標準偏差δ	K_2	10^7回における設計応力範囲	2×10^6回における応力範囲
	K_1	$\log_{10}K_1$		$\log_{10}\delta$	K_2	$\Delta\sigma_q$ (*N*/*mm*^{2})	*N*/*mm*^{2}
B	2.343*E*15	15.3697	4.0	0.1821	1.01*E*15	100.2	149.9
C	1.082*E*14	14.0342	3.5	0.2041	4.23*E*13	78.2	123.9
D	3.988*E*12	12.6007	3.0	0.2095	1.52*E*12	53.4	91.3

図 3　　大気中の標準設計 *S-N* 線図



4.1.5　腐食環境

図 4 に示す腐食環境下の標準設計 *S-N* 線図は，次のとおり log(*Δσ*)及び log(*N*)の比例関係で表される。

$$\log(N) = \log(K_2) - m \cdot \log(\Delta\sigma)$$

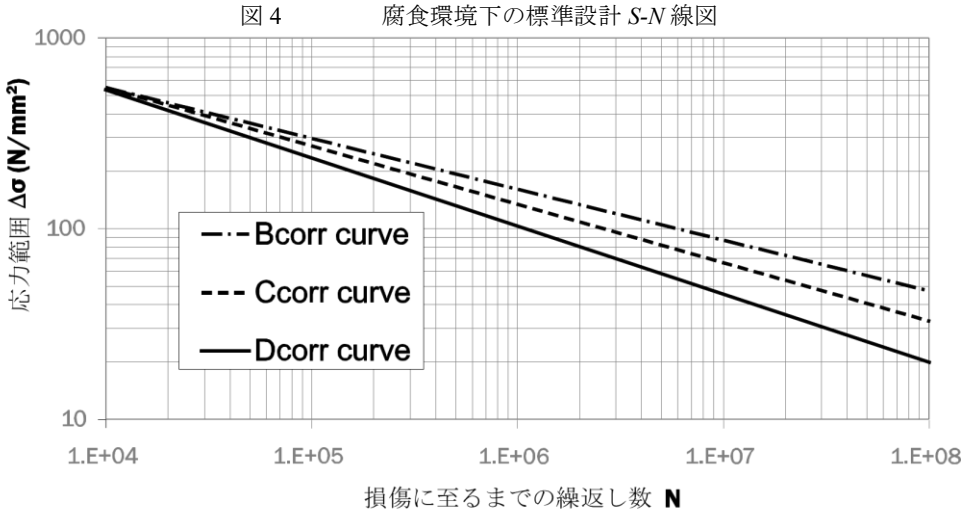
N： 応力範囲*Δσ*以下における損傷に至るまでの予測繰返し数

K_2： 設計 *S-N* 線図に関する定数で，**表 3** による。

表 3　　腐食環境下における標準 *S-N* 線図データ

級	K_2	*m*	繰返し数 2×10^6 回における設計応力範囲（N/mm^2）
B_{corr}	5.05×10^{14}	4.0	126.1
C_{corr}	2.12×10^{13}	3.5	101.6
D_{corr}	7.60×10^{11}	3.0	72.4

図 4　　腐食環境下の標準設計 *S-N* 線図



4.2　*S-N* 線図の選択

4.2.1　溶接継手

大気中の溶接継手の疲労評価を行う場合は，**表 2** に示す *D* 級の *S-N* 線図を用いなければならない。腐食環境下の溶接

継手の疲労評価を行う場合は，**表 3** に示す D_{corr} 級の *S-N* 線図を用いなければならない。

4.2.2　母材の自由端

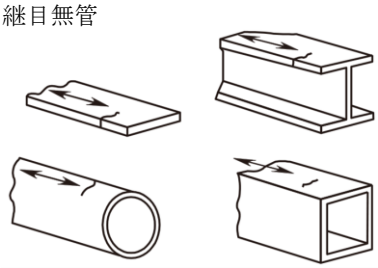
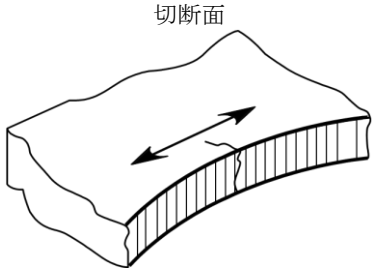
大気中の母材の自由端の疲労評価を行う場合は，**表 2** に示す *B* 級又は *C* 級の *S-N* 線図を用いなければならない。腐食環境下の母材の自由端の疲労評価を行う場合は，**表 3** に示す B_{corr} 級又は C_{corr} 級の *S-N* 線図を用いなければならない。

4.2.3　表面処理係数

非溶接箇所の多くは，就航時の腐食，摩耗及び傷などに起因する切欠きが生じる可能性を考慮して，**表 4** に規定する表面処理係数を考慮の上，*C* 級の *S-N* 線図を適用することができる。

摩耗，傷及び腐食に対する適切な保護手段を講じる等の高品質な表面処理を行い，**5 節 2.**に規定する有限要素解析を行う場合，**表 4** に示すとおり，*B* 級の *S-N* 線図を適用することができる。

表 4　　非溶接継手に対する板厚指数及び表面処理係数

	継手形状，疲労亀裂の位置，応力の方向	端部切断工程	端部処理	表面処理	*n*	K_{sf}	*S-N* 線図
1	表面欠陥及び圧延欠陥のない圧延又は成形された板及び形鋼並びに継目無管 	*N/A*	*N/A*	表面欠陥及び圧延欠陥なし (1),(2)	0	0.94	*B*
2	切断面 	機械切断（例えば熱間工程によるもの）又はせん断	グラインダによるラウンドエッジ又は面取りした切断面，開先方向と荷重方向は平行とする	表面に亀裂や切欠きがない (1),(2)	0.1	1.00	*B*
			破断又はラウンドエッジした切断面	表面に亀裂や切欠きがない (1),(2)	0.1	1.07	*B*
			端部処理なし	表面に亀裂や深い切欠きがない（検査過程） (1),(2)	0.1	1.0	*C*
		手作業による熱切断（例えばガス切断によるもの）	端部処理なし	表面に亀裂や深い切欠きがない（検査過程） (1),(2)	0.1	1.24	*C*

備考 1：　切り口の形状による応力の増加を考慮
備考 2：　**5 節 2.**に規定する詳細メッシュ解析

5. 疲労被害度の計算

5.1 一般

5.1.1

設計疲労寿命は，様々な積付状態及び防食措置の程度によりいくつかの期間に分割される。

防食措置（塗装等）は，構造詳細が保護されている状態（大気中）で限られた年数の期間のみ有効とし，**表 5** に規定する設計寿命の残りの期間は保護されていないもの（腐食環境下）として考慮する。

5.1.2

5.2 に規定する要素疲労被害度とは，保護された状態（大気中）又は保護されない状態（腐食環境下）のどちらか特定の環境条件での特定の積付状態（j）における累積被害度をいう。

5.3 に規定する結合疲労被害度とは，大気中及び腐食環境下の期間の特定の積付状態（j）における累積被害度を足し合わせたものをいう。

5.4 に規定する全疲労被害度とは，全ての積付状態における結合疲労被害度を合計したものをいう。

5.2 要素疲労被害度

5.2.1

各積付状態(j)における要素疲労被害度は，支配的な荷重ケースに対して得られる応力範囲に基づき，大気中及び腐食環境下の両方に対して，次の算式により別々に計算しなければならない。

$$D_{E(j)} = \frac{\alpha_{(j)} \cdot N_D}{K_2} \frac{\Delta\sigma_{FS,(j)}^m}{(\ln N_R)^{m/\xi}} \cdot \mu_{(j)} \cdot \Gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}\right)$$

N_D： 設計疲労寿命中に出会う全波数で，次による。

$$N_D = 31.557 \times 10^6 (f_0 T_D)/(4\log L_{CSR})$$

f_0： 荷役や修理等の期間を除いた航行状態の期間を考慮した係数で，次による。

$f_0 = 0.85$

$\alpha_{(j)}$： 各積付状態の時間比で，油タンカーについては **9 章 1 節表 1** に，ばら積貨物船については **9 章 1 節表 3** による。

$\Delta\sigma_{FS,(j)}$：参照超過確率 10^{-2} における疲労応力範囲（N/mm^2）

N_R： 参照超過確率 10^{-2} に相当する繰返し数で，$N_R = 100$とする。

ξ： ワイブル形状係数で，ξ=1 とする。

$\Gamma(x)$： 完全ガンマ関数

K_2： 設計 *S-N* 線図の定数で，大気中の場合は**表 2** に，腐食環境下の場合は**表 3** による。

$\mu_{(j)}$： *S-N* 線図の傾きの変化 m を考慮した係数で，次による。

- 大気中に対して，

$$\mu_{(j)} = 1 - \frac{\left\{\gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}, \nu_{(j)}\right) - \nu_{(j)}^{-\Delta m/\xi} \cdot \gamma\left(1 + \left(\frac{m + \Delta m}{\xi}\right), \nu_{(j)}\right)\right\}}{\Gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}\right)}$$

$$\nu_{(j)} = \left(\frac{\Delta\sigma_q}{\Delta\sigma_{FS,(j)}}\right)^{\xi} \ln N_R$$

- 腐食環境下に対して，

$\mu_{(j)}$=1.0

$\gamma(\mathrm{a}, x)$：不完全ガンマ関数

$\Delta\sigma_q$： 設計 *S-N* 線図の N=10^7 回の繰返し数に対応する応力範囲（N/mm^2）で，**表 2** による。

Δm： N=10^7 回の *S-N* 線図の傾きの変化で，Δm=2 とする。

5.3 結合疲労被害度

5.3.1

各積付状態(j)における大気中及び腐食環境下の結合疲労被害度は，次の算式により計算しなければならない。

$$D_{(j)} = D_{E,air(j)} \cdot \frac{T_D - T_C}{T_D} + D_{E,corr(j)} \cdot \frac{T_C}{T_D}$$

$D_{E,air(j)}$： 積付状態(*j*)における大気中の要素疲労被害度で，**5.2.1** による。

$D_{E,corr(j)}$： 積付状態(*j*)における腐食環境下の要素疲労被害度で，**5.2.1** による。

表 5 腐食環境下にある期間 T_C

溶接継手及び構造詳細の位置	腐食環境下にある期間 T_C（年）
バラストタンク	10
貨物油タンク	
ばら積貨物倉及びバラスト兼用倉の下部(1)	
ばら積貨物倉及びバラスト兼用倉の下部(1)以外の箇所	5
空所及びその他	

(1) 下部とは，単船殻構造の場合，倉内肋骨の端部ブラケットから下方 300*mm* の水平位置より下の貨物倉部分，二重船殻構造の場合，ビルジホッパタンク上端部から下方 300*mm* の水平位置より下の貨物倉部分をいう。（**2 編 1 章 2 節図 1 参照**）

5.4 全疲労被害度

5.4.1

全ての積付状態における全疲労被害度は，次による。

$$D = \sum_{j=1}^{n_{LC}} D_{(j)}$$

$D_{(j)}$： 適用する各積付状態に対する結合疲労被害度で，**5.3** の規定による。

5.5 疲労寿命の計算

5.5.1

疲労寿命 T_F は次による。

$\frac{T_D}{D_{air}} \leq (T_D - T_C)$の場合，$T_F = \frac{T_D}{D_{air}}$

上記以外の場合，$T_F = T_D - T_C + \left(\frac{T_D}{D_{air}} - T_D + T_C\right)\frac{D_{air}}{D_{corr}}$

D_{air}： 大気中での全ての積付状態における全疲労被害度で，次による。

$$D_{air} = \sum_{j=1}^{n_{LC}} D_{E,air(j)}$$

D_{corr}： 腐食環境下での全ての積付状態における全疲労被害度で，次による。

$$D_{corr} = \sum_{j=1}^{n_{LC}} D_{E,corr(j)}$$

6. 溶接改善法

6.1 一般

6.1.1

溶接後処理による疲労強度改善法は，要求される疲労寿命を満足することを補う方法とみなし，品質管理手順及び **1 編 3 章 4 節**による防食措置に従わなければならない。

6.1.2 溶接後処理効果の制限

溶接後処理の効果を考慮できる構造詳細について，設計段階で計算する疲労寿命は，溶接後処理による影響を考慮しな

い状態で T_{DF}/1.47 以上としなければならない。

ただし，ばら積貨物倉内部の構造詳細にあっては，設計段階で計算する疲労寿命は，溶接後処理による影響を考慮しない状態で 25 年以上としなければならない。

（備考 1）T_{DF}が 25 年の場合，設計段階で計算する考慮する構造詳細の疲労寿命は，溶接後処理による影響を考慮しない状態で 17 年以上としなければならない。

6.1.3　建造段階での溶接後処理

建造段階で疲労強度を改善させるために本規則内で考慮している基本的な溶接後処理法の一つとして，溶接形状の管理及びグラインディングによる溶接欠陥の除去がある。

6.1.4　溶接止端部

疲労強度改善法は溶接止端部に適用する。これは，溶接止端部で疲労損傷が発生する可能性があることを考慮し，溶接部の疲労寿命を増加させることを意図している。その他の箇所の損傷発生の可能性は常に考慮しなければならない。溶接後処理により損傷が溶接止端部からルート部に移行する場合，継手部の全体的な疲労耐性に大きな向上は見込めないと考えられる。溶接後処置を溶接止端部に適用する場合でも，溶接ルート部の疲労強度改善は期待できない。

疲労強度改善法に関する簡潔な記述及び疲労強度改善法による改善の程度は **6.2** による。

6.1.5　溶接後処理のための溶接の種類

溶接部の疲労強度改善を計画する場合，溶接ルート部におけるき裂発生の可能性を軽減又は排除するために，**12 章 3 節 2.4** の規定による最小ルート面とした完全溶込み溶接又は部分溶込み溶接を用いなければならない。

6.2　溶接止端部のグラインディング

6.2.1

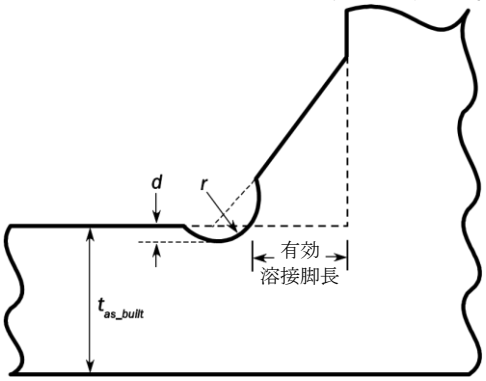
溶接部は，応力集中を減少させるような好ましい形状とし，溶接止端部における欠陥を除去するためにグラインダを用いて機械加工しても差し支えない。（**図 5** 参照）スラグ巻込み，アンダカット，コールドラップなどの欠陥を除去するために，溶接止端部の材料は除去しなければならない。グラインディングの深さはアンダカットの底辺から下に少なくとも 0.5 *mm* としなければならない。グラインディングの全深さは 2*mm* もしくは機械加工される板の局部グロス板厚の 7%のいずれか小さい方以下としなければならない。この要件を満足しない全てのアンダカットは，本会が適当と認める方法により修復しなければならない。

6.2.2

小さい半径のグラインダ溝による有害なノッチ影響の発生を避けるため，グラインディング先端器具の直径はグラインディングする溶接止端部の板厚を考慮して決定しなければならない。10*mm* から 50*mm* の板厚の溶接継手に適用する場合，直径は 10*mm* から 25*mm* にしなければならない。最終的なグラインダ溝のルート半径は $0.25t_{as\text{-}built}$ 以上としなければならない。グラインディング後の溶接のど厚及び脚長は，規則要件又は承認図面に記載された溶接サイズに適合しなければならない。

検査手順には，溶接止端部の半径，グラインディングの深さの確認及び溶接止端部のアンダカットが完全に除去されていることの確認を含めなければならない。

図 5　グラインダ処理された溶接止端部の形状の詳細



6.3 疲労改善係数

6.3.1

グラインディングの効果により，疲労強度が 1.3 倍に増加（すなわち有効応力範囲が 1/1.3 に減少）し，大気中の被害度が D_{air}/2.2 に減少することとなる。

D_{air}： 大気中の疲労被害度で，**9 章 3 節 5.3.1** による。

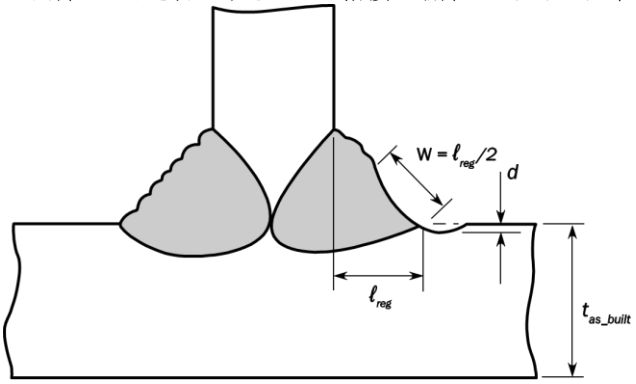
6.4 適用条件

6.4.1

本節に規定する溶接後処理法及び疲労改善係数を適用する場合，次の条件を満足しなければならない。

- 溶接の種類は **6.1.5** の規定に適合する。
- 溶接部の疲労強度改善は，高サイクル疲労状態下での構造詳細の疲労強度改善に有効であるため，疲労改善係数は，$N \leq 5\times10^4$ である低サイクル疲労に適用しない。
- 特に規定されている場合を除き，疲労改善係数は 6*mm* から 50*mm* の板厚の板を結合する溶接継手に対して用いなければならない。
- 疲労改善係数は溶接ままの横突合せ溶接，溶接ままの *T* 字継手及び十字継手，縦通防撓材の端部結合部以外の溶接ままの縦通方向の付加物の溶接に対して適用しなければならない。
- 機械損傷が生じやすい箇所では，疲労改善はその箇所が適切に保護されている場合にのみ認められる。
- **図 6** に示す通り，大きな多層盛溶接には，内部ビードの処理が要求される。
- 建造者は構造詳細の一覧及び溶接後処理を適用した箇所の一覧を提出しなければならない。

図 6 内部ビードを除去するための溶接止端部のグラインディングの範囲



ℓ_{leg}： 溶接脚長

w： 開先の幅

d： グラインディングの深さ

7. 施工技術

7.1 適用

7.1.1

構造詳細の疲労耐性は，原則，工作精度及び溶接管理等に関する施工技術基準を厳格化することにより向上させることができる。

7.2 構造詳細に対する施工管理

7.2.1 工作精度及び許容誤差の管理

工作精度が許容誤差を超える場合，構造詳細の応力集中が増加し，疲労耐性が減少する恐れがある。そのため建造者は，**12 章 1 節**に規定する建造要件を満足しなければならない。

7.2.2 溶接形状の管理

溶接形状の工作精度が悪い場合，応力集中が増加するため，溶接止端部を適切かつ滑らかな形状にするなどの特別な注意を払わなければならない。本会は，重要な溶接止端部の位置に対し，溶接形状の管理（すなわち，施工技術の厳格化）を要求する場合がある。

溶接ノッチの応力集中は溶接フランク角及び溶接止端部の半径に直接的に関係する。

前述の *S-N* 線図の有効性は，最大平均値 50 度の溶接フランク角及び最小平均値 0.5*mm* の溶接止端部の半径に基づいている。本会は，計算された疲労寿命を考慮して重要箇所を承認するために，溶接の詳細の提出を要求することがある。

7.2.3　溶接後処理法

溶接後処理法は，**6** に規定する通り，構造詳細の耐疲労性を改善するために用いても差し支えない。

設計段階で計算する疲労寿命には，原則として，溶接後処理よって得られる効果を考慮に入れてはならない。切断面の形状の改善，ソフトブラケットトウ，板厚の局部的な増加，その他の構造詳細の形状の変化等，代替の設計方法を適用しても疲労寿命を満足できない例外的な場合にのみ，溶接後処理効果を考慮することができる。本要件については，本会の適当と認めるところによる。

7.2.4　詳細設計標準

疲労強度改善が行われた構造詳細の要件は，**9 章 6 節**による。詳細設計標準は施工基準及び溶接の要件も含まれる。

4 節　簡易応力解析

記号

本節に規定されない記号については，**1 章 4 節**による。

(*i*)　**4 章 2 節 3.1** に規定する荷重ケース“*HSM*”，“*FSM*”，“*BSR-P*”，“*BSR-S*”，“*BSP-P*”，“*BSP-S*”，“*OST-P*”及び“*OST-S*”を表す添字で，次による。

“*i*1”は荷重ケース“*HSM*-1”，“*FSM*-1”，“*BSR*-1*P*”，“*BSR*-1*S*”，“*BSP*-1*P*”，“*BSP*-1*S*”，“*OST*-1*P*”及び“*OST*-1*S*”を表す。

“*i*2”は荷重ケース“*HSM*-2”，“*FSM*-2”，“*BSR*-2*P*”，“*BSR*-2*S*”，“*BSP*-2*P*”，“*BSP*-2*S*”，“*OST*-2*P*”及び“*OST*-2*S*”を表す。

(*j*)　積付状態を表す添字で，次による。

油タンカー：　**9 章 1 節 6.2** の規定による“*Full load*”又は“*Normal ballast*”

ばら積貨物船：　**9 章 1 節 6.3** の規定による“*Full load homogeneous*”，“*Full load alternate*”，“*Normal ballast*”又は“*Heavy ballast*”

ℓ_{bdg}：　防撓材の有効曲げスパン（*m*）で，**3 章 7 節**の規定による。

$I_{y\text{-}n50}$：　考慮する船長方向位置でのネットハルガーダ断面二次モーメント(m^4)

$I_{z\text{-}n50}$：　考慮する船長方向位置でのネット水平ハルガーダ断面二次モーメント(m^4)

y：　考慮する荷重計算点の水平座標（*m*）

z：　考慮する荷重計算点の垂直座標（*m*）

z_n：　基線から水平中性軸までの距離（*m*）

f_c：　修正係数で，**9 章 1 節 5.1.2** の規定による。

f_{NA}：　修正係数で，次による。

- ばら積貨物船：
  - $0 < z \leq D/2$の場合：$f_{NA} = 1.0$
  - $z = D$の場合：$f_{NA} = 0.95$
  - f_{NA}：z の値が上記以外の場合，線形補間により求める。
- 油タンカー：$f_{NA} = 1.0$

K_a：　軸荷重による応力に対する幾何学的な応力集中係数で，**5.2** の規定による。

K_b：　面外圧力による応力に対する幾何学的な応力集中係数で，**5.2** の規定による。

K_n：　非対称な防撓材の形状による応力集中係数で，**5.1** の規定による。

1.　一般

1.1　適用

1.1.1

本節では，縦通防撓材端部結合部の疲労強度評価に用いなければならない簡易応力評価の手順を規定する。

1.1.2

図 2 に示す縦通防撓材の各端部結合部のホットスポット応力範囲及びホットスポット平均応力は，次の場所における縦通防撓材のフランジ位置で評価しなければならない。

(a)　次の場所にない横桁又はフロアは，相対変位による追加のホットスポット応力を考慮してはならない。

- 貨物倉の制水隔壁を含む横隔壁又は，
- スツール部

(b)　次の位置にある横桁又はフロアは，相対変位による追加のホットスポット応力を考慮しなければならない。

- 貨物倉の制水隔壁を含む横隔壁又は，
- スツール部

5.1 の規定による非対称な防撓材の形状による応力集中係数及び 5.2 の規定による *A* 点及び *B* 点の防撓材端部結合部の形状による応力集中係数を適用しなければならない。

1.2 前提条件

1.2.1

縦通防撓材端部結合部の疲労強度評価は，次の前提条件による。

(a) ホットスポット応力は次に基づく。

- 公称応力
- 5 の規定による応力集中係数
- 9 章 1 節 6 の規定による積付条件

(b) 縦通防撓材端部結合部の種類は，5.2 の規定による。

1.2.2

5.2 に規定する端部結合部は，軸荷重及び面外荷重下における典型的な結合様式に基づいている。構造詳細が表 4 に示すものと異なる場合，5.3 の規定に従い，疲労強度に関して当該詳細の妥当性を示すために有限要素法解析を行わなければならない。

2. ホットスポット応力

2.1 ホットスポット応力範囲

2.1.1

積付状態(*j*)の荷重ケース(*i*)における動的荷重によるホットスポット応力範囲（N/mm^2）は，次の算式による。

$$\Delta\sigma_{HS,i(j)} = \left|\left(\sigma_{GD,i1(j)} + \sigma_{LD,i1(j)} + \sigma_{dD,i1(j)}\right) - \left(\sigma_{GD,i2(j)} + \sigma_{LD,i2(j)} + \sigma_{dD,i2(j)}\right)\right|$$

$\sigma_{GD,i1(j)}$,$\sigma_{GD,i2(j)}$： 全波浪中ハルガーダ曲げモーメントによる応力（N/mm^2）で，3.1.1 の規定による。

$\sigma_{LD,i1(j)}$,$\sigma_{LD,i2(j)}$： 局部動的圧力による応力（N/mm^2）で，4.1.1 の規定による。

$\sigma_{dD,i1(j)}$,$\sigma_{dD,i2(j)}$： 波浪中における相対変位による応力（N/mm^2）で，4.2.4 及び 4.2.5 の規定による。

2.2 ホットスポット平均応力

2.2.1

積付状態（*j*）の荷重ケース（*i*）における静的荷重及び動的荷重によるホットスポット平均応力（N/mm^2）は，次の算式による。

$$\sigma_{mean,i(j)} = \sigma_{GS,(j)} + \sigma_{LS,(j)} + \sigma_{dS,(j)} + \sigma_{mLD,i(j)} + \sigma_{mGD,i(j)}$$

積付状態（*j*）の荷重ケース（*i*）において：

$\sigma_{GS,(j)}$： 静水中ハルガーダ曲げモーメントによる応力（N/mm^2）で，3.2.1 の規定による。

$\sigma_{LS,(j)}$： 局部静的圧力による応力（N/mm^2）で，4.1.2 の規定による。

$\sigma_{dS,(j)}$： 静水中における相対変位による応力（N/mm^2）で，4.2.7 の規定による。

$\sigma_{mLD,i(j)}$： 局部動的圧力による平均応力（N/mm^2）で，次の算式による。

$$\sigma_{mLD,i(j)} = \frac{\sigma_{LD,i1(j)} + \sigma_{LD,i2(j)}}{2}$$

$\sigma_{LD,i1(j)}$,$\sigma_{LD,i2(j)}$： 局部動的圧力による応力（N/mm^2）で，4.1.1 の規定による。

$\sigma_{mGD,i(j)}$： 全波浪中曲げモーメントによる平均応力（N/mm^2）で，次の算式による。

$$\sigma_{mGD,i(j)} = \frac{\sigma_{GD,i1(j)} + \sigma_{GD,i2(j)}}{2}$$

$\sigma_{GD,i1(j)}$,$\sigma_{GD,i2(j)}$： 全波浪中曲げモーメントによる応力（N/mm^2）で，3.1.1 の規定による。

3. ハルガーダ応力

3.1 波浪中曲げモーメントによる応力

3.1.1

積付状態（*j*）の荷重ケース“*i*1”及び荷重ケース“*i*2”におけるハルガーダホットスポット応力（N/mm^2）は，次の算式による。

$$\sigma_{GD,ik(j)} = f_c \cdot K_a \left(\frac{M_{wv-LC,ik}}{I_{y-n50}} (z - z_n) \cdot f_{NA} - \frac{M_{wh-LC,ik}}{I_{z-n50}} y \right) 10^{-3}$$

$M_{wv\text{-}LC,ik}$： **4 章 4 節**の規定による考慮する動的荷重ケースにおける波浪中垂直曲げモーメント（*kNm*）で，積付状態（*j*）の荷重ケース“*i*1”及び荷重ケース“*i*2”における考慮する船長方向位置でのハルガーダ荷重計算点で計算する。

$M_{wh\text{-}LC,ik}$： **4 章 4 節**の規定による考慮する動的荷重ケースにおける波浪中水平曲げモーメント（*kNm*）で，積付状態（*j*）の荷重ケース“*i*1”及び荷重ケース“*i*2”における考慮する船長方向位置でのハルガーダ荷重計算点で計算する。

3.2 静水中曲げモーメントによる応力

3.2.1

積付状態（*j*）における静水中曲げモーメントによるハルガーダホットスポット応力（N/mm^2）は，次の算式による。

$$\sigma_{GS,(j)} = \frac{f_c \cdot f_{NA} \cdot K_a \cdot \beta_{(j)} \cdot M_{sw} \cdot (z - z_n)}{I_{y-n50}} 10^{-3}$$

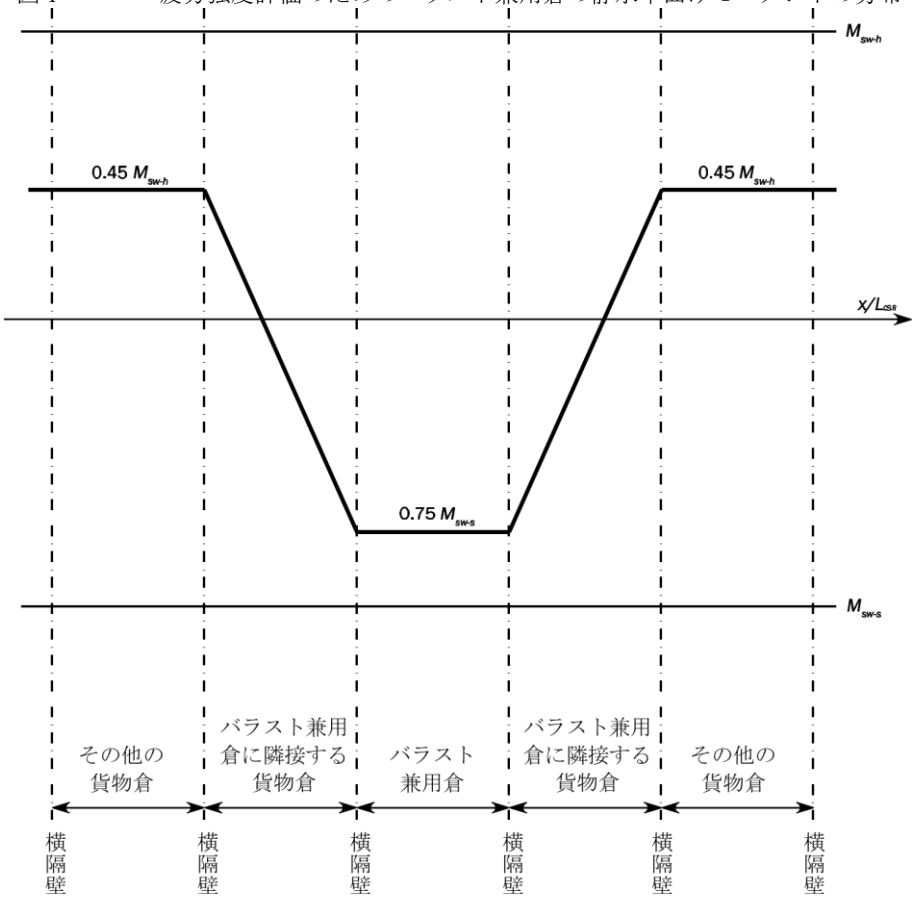
M_{sw}： 考慮する船長方向位置におけるハルガーダ荷重計算点での許容静水中垂直曲げモーメント（*kNm*）で，**4 章 4** 節の規定による。

$\beta_{(j)}$： 許容静水中垂直曲げモーメントの比率で，**表 1** による。

表 1　　許容静水中垂直曲げモーメントの比率$\beta_{(j)}$

船の種類	積付状態	考慮する断面の船長方向位置	$\beta_{(j)}$
油タンカー	均等積状態	*N/A*	0.60（サギング状態）
	ノーマルバラスト状態		0.80（ホギング状態）
ばら積貨物船	均等積状態		0.40（サギング状態）
	隔倉積状態		0.75（ホギング状態）
	ノーマルバラスト状態		0.80（ホギング状態）
	ヘビーバラスト状態（**図 1** 参照）	バラスト兼用倉	0.75（サギング状態）
		バラスト兼用倉に隣接する貨物倉	0.75（サギング状態）と 0.45（ホギング状態）との線形補間で求める。
		その他の貨物倉	0.45（ホギング状態）

図 1　　疲労強度評価のためのバラスト兼用倉の静水中曲げモーメントの分布



4.　　防撓材に発生する局部応力

4.1　　防撓材の曲げによる応力

4.1.1　　動的圧力による応力

積付状態（j）の荷重ケース“$i1$”及び荷重ケース“$i2$”における局部動的圧力によるホットスポット応力（N/mm^2）は，次の算式による。

$$\sigma_{LD,ik(j)} = \frac{K_b K_n s \ell_{bdg}^2 \left(\eta_W f_{NL} P_{W,ik(j)} + \eta_{Id} P_{Id,ik(j)} + \eta_{bd} P_{bd,ik(j)}\right)\left(1 - \frac{6x_e}{\ell_{bdg}} + \frac{6x_e^2}{\ell_{bdg}^2}\right)}{12 Z_{eff-n50}}$$

$P_{W,\,ik(j)}$：　積付状態(j)の荷重ケース“$i1$”及び荷重ケース“$i2$”でのスパン中央における波浪変動圧（kN/m^2）で，**4 章 5 節 1.4** の規定による。

$P_{Id,\,ik(j)}$：　積付状態（j）の荷重ケース“$i1$”及び荷重ケース“$i2$”でのスパン中央におけるタンク内液体による動圧（kN/m^2）で，**4 章 6 節 1.1.1** の規定による。

防撓材の両側，すなわち，付き板の防撓材側及びその反対側に作用する圧力は，積付状態に応じて同時に考慮して差し支えない。

ばら積貨物船の甲板付縦通防撓材については，トップサイドタンクの内圧は考慮しない。

$P_{bd,\,ik(j)}$：　積付状態（j）の荷重ケース“$i1$”及び荷重ケース“$i2$”でのスパン中央におけるばら積貨物による動圧（kN/m^2）で，**4 章 6 節 2.4.1** の規定による。

$\eta_W, \eta_{Id}, \eta_{bd}$：　圧力標準係数で，次による

考慮する圧力が防撓材側に作用する場合：η=1

上記以外：η= -1

f_{NL}：　波浪変動圧の非線形性による修正係数で，次による。

$z > T_{LC} + 2h_w$の場合：$f_{NL} = 1$

$T_{LC} + 1.8h_w < z \leq T_{LC} + 2h_w$の場合：$f_{NL} = 2.5\frac{z-T_{LC}}{h_w} - 4$

$T_{LC} + 1.6h_w < z \leq T_{LC} + 1.8h_w$の場合：$f_{NL} = 0.5\frac{z-T_{LC}}{h_w} - 0.4$

$T_{LC} + 1.2h_w < z \leq T_{LC} + 1.6h_w$の場合：$f_{NL} = 0.4$

$T_{LC} + 0.6h_w < z \leq T_{LC} + 1.2h_w$の場合：$f_{NL} = 0.7 - 0.25\frac{z-T_{LC}}{h_w}$

$T_{LC} - 0.2h_w < z \leq T_{LC} + 0.6h_w$の場合：$f_{NL} = 1 - 0.75\frac{z-T_{LC}}{h_w}$

$T_{LC} - h_w < z \leq T_{LC} - 0.2h_w$の場合：$f_{NL} = 0.1875\frac{z-T_{LC}}{h_w} + 1.1875$

$z \leq T_{LC} - h_w$の場合：$f_{NL} = 1$

h_w：　水線位置での圧力と等しい水頭（m）で，**4 章 5 節**の規定による。

x_e：　スパンℓ_{bdg}の端部からホットスポットまでの最小距離（m）で，**図 2** による。

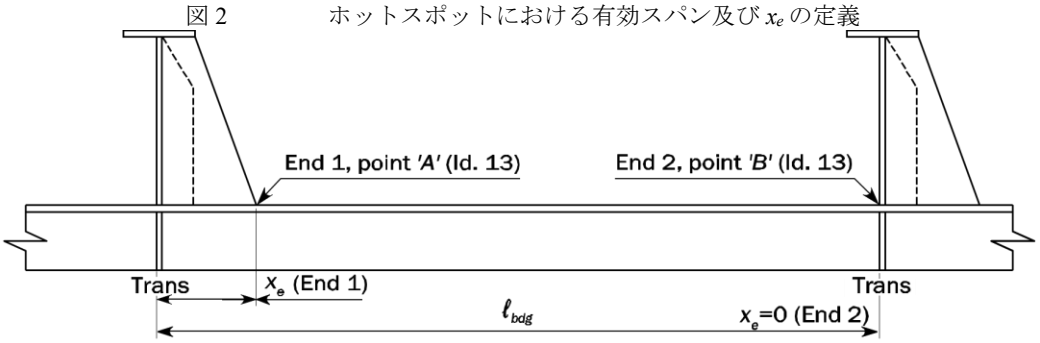
$Z_{eff\text{-}n50}$：　考慮する防撓材のネット断面係数（cm^3）で，防撓材の付き板の有効幅 b_{eff}を含む。

b_{eff}：　スパン並びにブラケット及び支持部材から求められる付き板有効幅で，次の算式による。

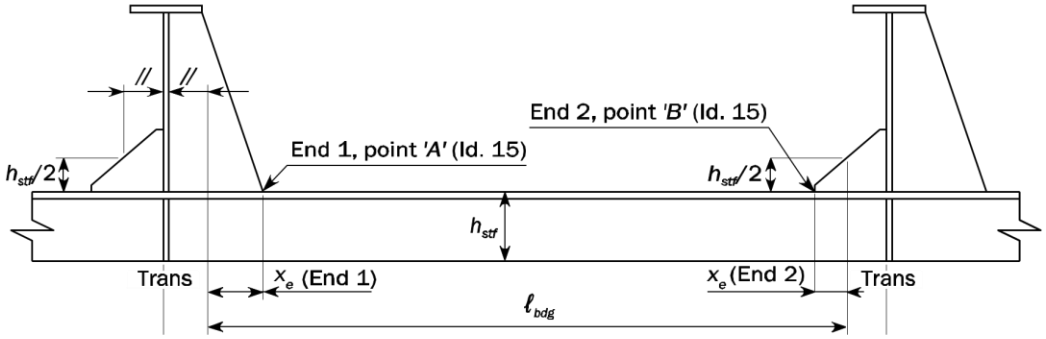
$\frac{\ell_{bdg}}{s}\left(1-\frac{1}{\sqrt{3}}\right)\times 10^3 \geq 1$の場合：$b_{eff} = s\cdot\min\left(\frac{1.04}{1+\frac{3}{\left(\frac{\ell_{bdg}}{s}\left(1-\frac{1}{\sqrt{3}}\right)\cdot 10^3\right)^{1.35}}};\ 1.0\right)$

$\frac{\ell_{bdg}}{s}\left(1-\frac{1}{\sqrt{3}}\right)\times 10^3 < 1$の場合：$b_{eff} = 0.26\ell_{bdg}\left(1-\frac{1}{\sqrt{3}}\right)\times 10^3$

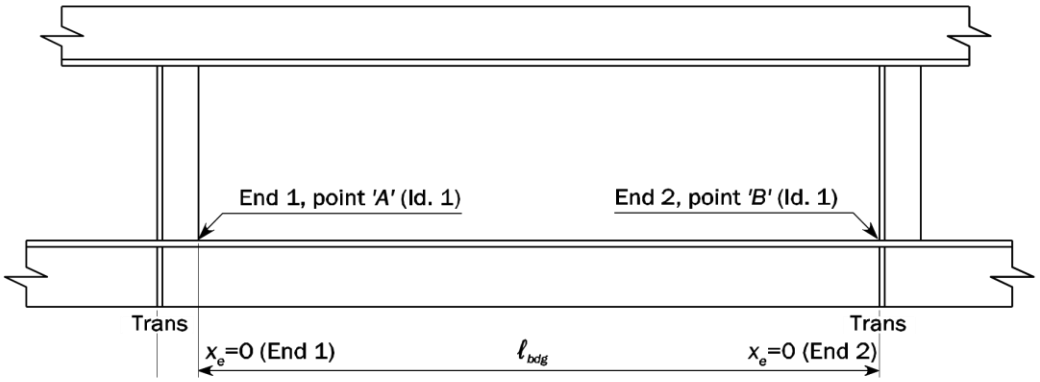
図 2　　ホットスポットにおける有効スパン及び x_e の定義



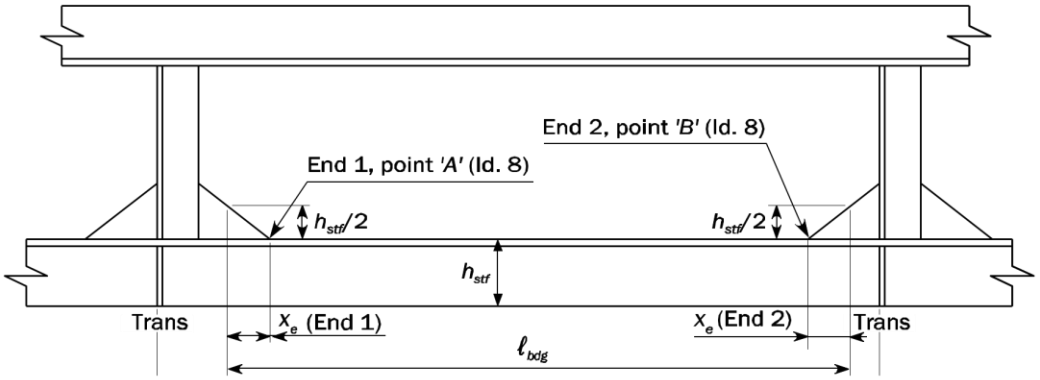
横方向の自由端フランジによる支持



横方向の自由端フランジによる支持



二重船側/横隔壁による支持



二重船側/横隔壁による支持

4.1.2　静的圧力による応力

積付状態(*j*)における局部静的圧力によるホットスポット応力（N/mm^2）は，次の算式による。

$$\sigma_{LS,(j)} = \frac{K_b K_n s \ell_{bdg}^2 \left(\eta_S P_{S,(j)} + \eta_{Is} P_{Is,(j)} + \eta_{bs} P_{bs,(j)}\right)\left(1 - \frac{6x_e}{\ell_{bdg}} + \frac{6x_e^2}{\ell_{bdg}^2}\right)}{12 Z_{eff-n50}}$$

$P_{S,(j)}$：　積付状態（*j*）における静水圧（kN/m^2）で，**4 章 5 節 1.2** の規定による。

$P_{ls,(j)}$：　積付状態（*j*）におけるタンク内液体による静圧（kN/m^2）で，**4 章 6 節 1.1.1** の規定による。防撓材の両側に作用する圧力は，積付状態に応じて同時に考慮して差し支えない。

$P_{bs,(j)}$：　積付状態（*j*）におけるばら積貨物による静圧（kN/m^2）で，**4 章 6 節 2.4.1** の規定による。

$\eta_S, \eta_{Is}, \eta_{bs}$：　圧力標準係数で，次による

考慮する圧力が防撓材側に作用する場合：　η=1

上記以外の場合：　η= -1

4.2　相対変位による応力

4.2.1　一般

次の位置にある横桁又はフロアに取り付ける縦通防撓材については，その端部において相対変位による追加のホットスポット応力を考慮しなければならない。

- 貨物倉の制水隔壁を含む横隔壁又は，
- スツール部

4.2.2　相対変位の定義

相対変位は，次による。

- スツール部のフロアを貫通する防撓材の場合，相対変位は，スツール部のフロア位置での縦通防撓材に対するスツール前方（F_{wd}）及び後方（A_{fi}）にあるフロア位置での縦通防撓材の変位とする。
- その他の縦通防撓材の場合，相対変位は，制水隔壁を含む横隔壁位置での縦通防撓材に対する横隔壁前方（F_{wd}）及び後方（A_{fi}）にある横桁（又はフロア）位置での縦通防撓材の変位とする。

4.2.3　符号

ホットスポット位置，すなわち縦通防撓材のフランジ位置における相対変位による応力が引張となる場合，相対変位の符号を正とする。

4.2.4　油タンカー

油タンカーにあっては，積付状態（*j*）の荷重ケース“*i*1”及び荷重ケース“*i*2”における相対変位による追加のホットスポット応力は，**4.2.6** に規定する有限要素法又は次に示す局部変動応力要素に対する応力係数を用いることにより算出しなければならない。

$$\sigma_{dD,ik(j)} = (K_d - 1) \cdot \sigma_{LD,ik(j)}$$

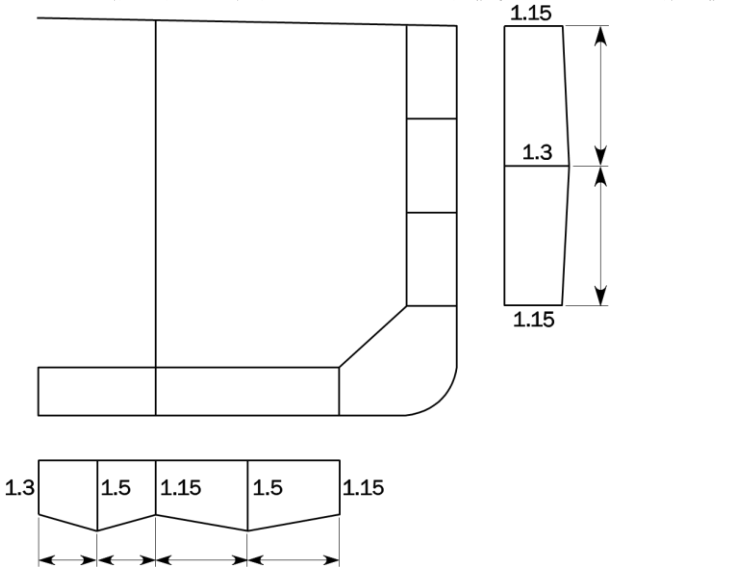
$\sigma_{LD,ik(j)}$：　局部動的応力で，**4.1.1** の規定による。

K_d：　支持部間の相対変位による縦通防撓材の曲げ応力係数で，**表 2** 及び**図 3** による。

表 2　　横隔壁（制水隔壁を含む）と隣接する横桁（フロア）間の相対変位により縦通防撓材に発生する曲げ応力に対する係数

場所		係数 K_d	
		満載状態	バラスト状態
船底縦通防撓材	縦通隔壁間，ボトムガーダ間又は端部ブラケット構造間の中間	1.50	
	縦通隔壁，ボトムガーダ（センターガーダを除く）又はバットレス	1.15	
	センターガーダ	1.30	
	船底において上記の中間に位置する場合	線形補間	
船側縦通防撓材	船側における最下部のサイドストリンガと甲板の中間	1.30	1.15
	船側における最下部のサイドストリンガと甲板	1.15	1.15
	上記の中間に位置する場合	線形補間	1.15
その他の縦通防撓材		1.15	

図 3　　2 列の縦通隔壁を有する油タンカーの満載状態における係数 K_d



4.2.5　ばら積貨物船

ばら積貨物船にあっては，積付状態（*j*）の荷重ケース“*i*1”及び荷重ケース“*i*2”における相対変位による追加のホットスポット応力は，**4.2.6** に規定する有限要素法により算出しなければならない。

4.2.6　有限要素法を用いて求めた相対変位による応力

相対変位による応力を計算するための次に示す手順は，**7 章 2 節 2** の規定に適合した貨物倉モデルに基づいている。

積付状態（*j*）の荷重ケース“*i*1”及び荷重ケース“*i*2”における位置“*a*”及び“*f*”の相対変位による応力（N/mm^2）は，次の算式により直接算出しなければならない。

$$\sigma_{dD,ik(j)} = \begin{cases} K_b\sigma_{dFwd-a,ik(j)} + K_b\sigma_{dAft-a,ik(j)} & \text{位置"}a\text{"の場合} \\ K_b\sigma_{dFwd-f,ik(j)} + K_b\sigma_{dAft-f,ik(j)} & \text{位置"}f\text{" の場合} \end{cases} \qquad (k = 1,2)$$

a，*f*：　検討位置を示す添字。（**図 4** 参照）

Aft，*Fwd*：　横隔壁の後方（“*Aft*”）及び前方（“*Fwd*”）を示す添字。（**図 4** 参照）

K_b：　**表 4** による“点 *A* “又は”点 *B* “に対応する位置”*a* “及び”*f* “での曲げによる応力集中係数

$\sigma_{dFwd-a,ik(j)}$，$\sigma_{dAft-a,ik(j)}$，$\sigma_{dFwd-f,ik(j)}$，$\sigma_{dAft-f,ik(j)}$：

積付状態（*j*）の荷重ケース“*i*1”及び荷重ケース“*i*2”における，制水隔壁を含む横隔壁とその前方（“*Fwd*”）及び後方（“*Aft*”）の横桁との間又はスツール部のフロアとその前方（“*Fwd*”）及び後方

（“*Aft*”）のフロアとの間の相対変位による位置“*a*”及び“*f*”の付加応力（N/mm^2）で，次の算式による。

$$\sigma_{dFwd-a,ik(j)} = \frac{3.9\delta_{Fwd,ik(j)}EI_{Aft-n50}I_{Fwd-n50}}{Z_{Aft-n50}\ell_{Fwd}\left(\ell_{Aft}I_{Fwd-n50}+\ell_{Fwd}I_{Aft-n50}\right)}\left(1-1.15\frac{|x_{eAft}|}{\ell_{Aft}}\right)10^{-5}$$

$$\sigma_{dAft-a,ik(j)} = \left[\frac{3.9\delta_{Aft,ik(j)}EI_{Aft-n50}I_{Fwd-n50}}{Z_{Aft-n50}\ell_{Aft}\left(\ell_{Aft}I_{Fwd-n50}+\ell_{Fwd}I_{Aft-n50}\right)}\left(1-1.15\frac{|x_{eAft}|}{\ell_{Aft}}\right)-\frac{0.9\delta_{Aft,ik(j)}EI_{Aft-n50}|x_{eAft}|}{Z_{Aft-n50}\ell_{Aft}^3}\right]10^{-5}$$

$$\sigma_{dFwd-f,ik(j)} = \left[\frac{3.9\delta_{Fwd,ik(j)}EI_{Aft-n50}I_{Fwd-n50}}{Z_{Fwd-n50}\ell_{Fwd}\left(\ell_{Aft}I_{Fwd-n50}+\ell_{Fwd}I_{Aft-n50}\right)}\left(1-1.15\frac{|x_{eFwd}|}{\ell_{Fwd}}\right)-\frac{0.9\delta_{Fwd,ik(j)}EI_{Fwd-n50}|x_{eFwd}|}{Z_{Fwd-n50}\ell_{Fwd}^3}\right]10^{-5}$$

$$\sigma_{dAft-f,ik(j)} = \frac{3.9\delta_{Aft,ik(j)}EI_{Aft-n50}I_{Fwd-n50}}{Z_{Fwd-n50}\ell_{Aft}\left(\ell_{Aft}I_{Fwd-n50}+\ell_{Fwd}I_{Aft-n50}\right)}\left(1-1.15\frac{|x_{eFwd}|}{\ell_{Fwd}}\right)10^{-5}$$

$I_{Fwd\text{-}n50}$，$I_{Aft\text{-}n50}$：　前方（“*Fwd*”）及び後方（“*Aft*”）の縦通防撓材のネット断面二次モーメント（cm^4）

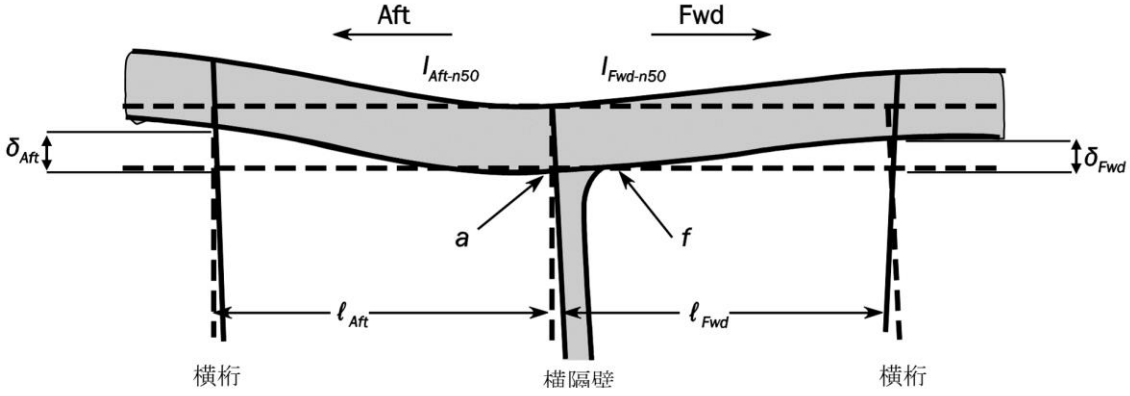
$Z_{Fwd\text{-}n50}$，$Z_{Aft\text{-}n50}$：前方（“*Fwd*”）及び後方（“*Aft*”）の防撓材のネット断面係数（cm^3）

ℓ_{Fwd}，ℓ_{Aft}：　前方（“*Fwd*”）及び後方（“*Aft*”）の縦通防撓材のスパン（*m*）で，**図 4** による。

x_{eFwd}，x_{eAft}：　ℓ_{Fwd}及びℓ_{Aft}それぞれの端部から位置“*a*”及び“*f*”のホットスポットまでの最小距離（*m*）で，**図 2** による。

$\delta_{Fwd,ik(j)}$，$\delta_{Aft,ik(j)}$：　制水隔壁を含む横隔壁（又はスツール部のフロア）とその前方（“*Fwd*”）又は後方（“*Aft*”）の横桁（又はフロア）との間の付き板に垂直な相対変位（*mm*）で，**図 4** による。

図 4　　相対変位の定義（船側縦通防撓材の例）



4.2.7　　静水中の相対変位による応力

制水隔壁を含む横隔壁又はスツール部のフロアと隣接する横桁又はフロアとの間の付き板に垂直な方向の相対変位による静水中の追加のホットスポット応力は，油タンカーにおいては **4.2.4** 及びばら積貨物船においては **4.2.5** の手順に従って，局部動的応力σ_{LD}及び変動圧を局部静的応力σ_{LS}及び静圧に置き換えて算出しなければならない。

5.　応力集中係数

5.1　非対称な防撓材

5.1.1

面外荷重を受ける組立型鋼及び圧延形鋼の非対称なフランジを持つ防撓材のウェブの板厚中心で計算される応力集中係数 K_n は，次の算式による。（**図 5** 参照）

$$K_n = \frac{1+\lambda\beta^2}{1+\lambda\beta^2\psi_z}$$

$$\lambda = \frac{3\left(1+\frac{\eta}{280}\right)}{1+\frac{\eta}{40}}$$

$$\eta = \frac{\ell_{bdg}^4 10^{12}}{b_{f-n50}^3 \cdot t_{f-n50} \cdot h_{stf-n50}^2 \left(\frac{4 \cdot h_{stf-n50}}{t_{w-n50}^3} + \frac{s}{t_{p-n50}^3}\right)}$$

$\beta = 1 - \frac{2b_{g-n50}}{b_{f-n50}}$（組立形鋼）

$\beta = 1 - \frac{t_{w-n50}}{b_{f-n50}}$（圧延形鋼）

b_{g-n50}： 防撓材の偏心（mm）で，フランジの端部からウェブの中心線までの距離。（図 6 参照）

$b_{f\text{-}n50}$： フランジのネット幅（mm）（図 6 参照）

$t_{f\text{-}n50}$： フランジのネット板厚（mm）（図 6 参照）

$h_{stf\text{-}n50}$： 面材を含む防撓材のネット高さ（mm）（図 6 参照）

$t_{w\text{-}n50}$： ウェブのネット板厚（mm）（図 6 参照）

$h_{w\text{-}n50}$： ウェブのネット高さ（mm）（図 6 参照）

$t_{p\text{-}n50}$： 付き板のネット板厚（mm）（図 6 参照）

ψ_z： 係数で，次の算式による

$$\psi_z = \frac{h_{w-n50}^2 t_{w-n50}}{4Z_{n50}} 10^{-3}$$

Z_{n50}： 防撓材の心距と等しい幅の付き板を含む防撓材のネット断面係数（cm^3）

図 5　　対称及び非対称フランジを持つ防撓材の曲げ応力

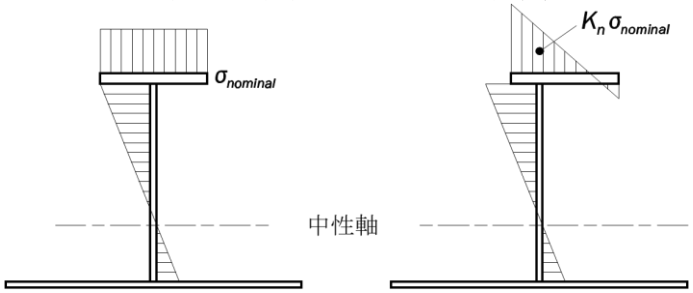
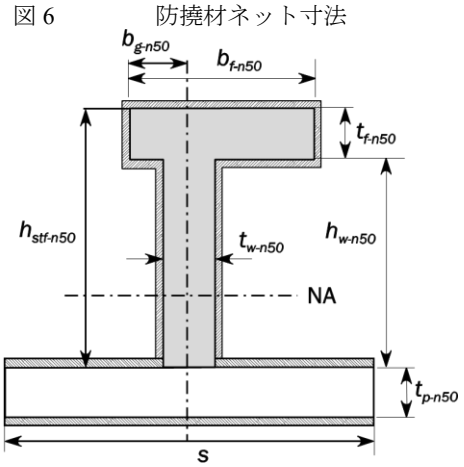


図 6　　防撓材ネット寸法



5.1.2　　バルブプレート

バルブプレートの場合，係数 K_n は，図 7 に示す等価な組立形鋼を用いて算出しなければならない。等価な組立形鋼のフランジは，垂直軸及び中性軸に対する断面積及び断面二次モーメントがバルブフランジの性能と同等でなければならない。

HP 型バルブプレートと等価な組立形鋼の寸法の例を表 3 に示す。

図 7　　バルブプレート及び等価な組立形鋼

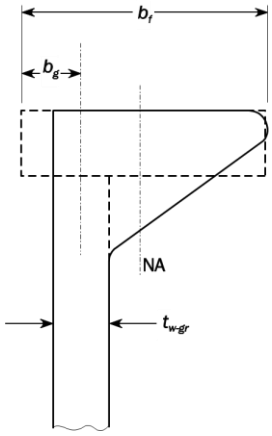


表 3　　*HP* 型バルブプレートと等価な組立形鋼の寸法

HP 型バルブプレート		等価な組立形鋼フランジ（グロス板厚）		
高さ（*mm*）	ウェブのグロス板厚 $t_{w\text{-}gr}$（*mm*）	b_f（*mm*）	$t_{f\text{-}gr}$（*mm*）	b_g（*mm*）
200	9 – 13	$t_{w\text{-}gr}$ + 24.5	22.9	（$t_{w\text{-}gr}$ + 0.9）/2
220	9 – 13	$t_{w\text{-}gr}$ + 27.6	25.4	（$t_{w\text{-}gr}$ + 1.0）/2
240	10 – 14	$t_{w\text{-}gr}$ + 30.3	28.0	（$t_{w\text{-}gr}$ + 1.1）/2
260	10 – 14	$t_{w\text{-}gr}$ + 33.0	30.6	（$t_{w\text{-}gr}$ + 1.3）/2
280	10 – 14	$t_{w\text{-}gr}$ + 35.4	33.3	（$t_{w\text{-}gr}$ + 1.4）/2
300	11 – 16	$t_{w\text{-}gr}$ + 38.4	35.9	（$t_{w\text{-}gr}$ + 1.5）/2
320	11 – 16	$t_{w\text{-}gr}$ + 41.0	38.5	（$t_{w\text{-}gr}$ + 1.6）/2
340	12 – 17	$t_{w\text{-}gr}$ + 43.3	41.3	（$t_{w\text{-}gr}$ + 1.7）/2
370	13 – 19	$t_{w\text{-}gr}$ + 47.5	45.2	（$t_{w\text{-}gr}$ + 1.9）/2
400	14 – 19	$t_{w\text{-}gr}$ + 51.7	49.1	（$t_{w\text{-}gr}$ + 2.1）/2
430	15 – 21	$t_{w\text{-}gr}$ + 55.8	53.1	（$t_{w\text{-}gr}$ + 2.3）/2

5.2　縦通防撓材の端部結合

5.2.1

軸荷重及び面外荷重を受ける防撓材の端部結合部における応力集中係数 K_a 及び K_b は，**表 4** による。ソフトトウに対する**表 4** の値は，**5.2.5** の規定に適合したトウ形状に対して有効である。面外荷重に対する応力集中係数 K_b は，相対変位による応力にも用いなければならない。

5.2.2　その他の結合形式

表 4 に規定する以外の結合形式を提案する場合，提案された結合形式の疲労強度は，ホットスポット応力を直接算出するための **9 章 5 節**の規定による超詳細メッシュ有限要素解析，又は，応力集中係数を算出するための **5.3** の規定による有限要素解析のいずれかの方法により評価しなければならない。

5.2.3　重ね継手

縦通防撓材の重ね継手，すなわち，縦通防撓材のウェブ同士の溶接は，貨物倉区域に採用してはならない。

5.2.4　ウェブ防撓材と結合していない防撓材の端部

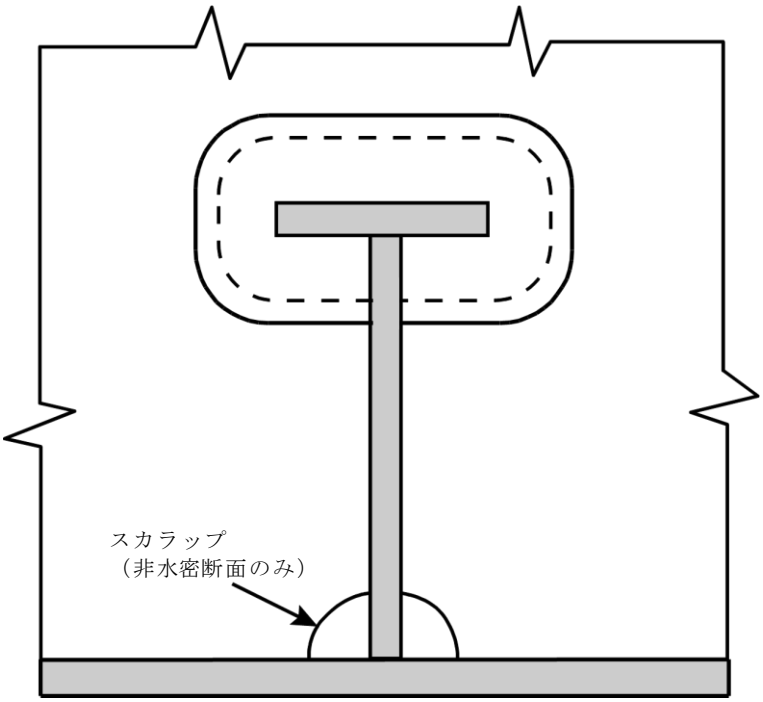
次の箇所においてウェブ防撓材が省略又は縦通防撓材のフランジに結合していない場合，**図 8** に示す水密のカラープレートを取付ける（**表 4** の *ID*31 の結合形式）か，**9 章 6 節 2.1** の規定によるスロット部の詳細設計としなければならない。

- 1.1T_{sc} より下方の船側外板
- 船底

- $1.1T_{sc}$ より下方の縦通隔壁
- ビルジホッパ部
- $1.1T_{sc}$ より下方のトップサイドタンク斜板
- 内底板

9 章 6 節 2.2 の規定により，カラープレートを含めた主要支持部材のウェブのスロット周りのホットスポット応力に基づく有限要素解析による比較解析により疲労強度を評価する場合，**9 章 6 節 2.1** で規定するスロットと同等とみなして差し支えない。

図 8　　水密のカラープレート



5.2.5　ウェブ防撓材及び裏当てブラケットのソフトトウ

ウェブ防撓材端部及び裏当てブラケットのトウの形状は，次を満足しなければならない。

$\theta \leq 20$

$h_{toe} \leq max（t_{bkt\text{-}gr}；15）$

θ：　トウの角度（*deg*）（**図 9** 参照）

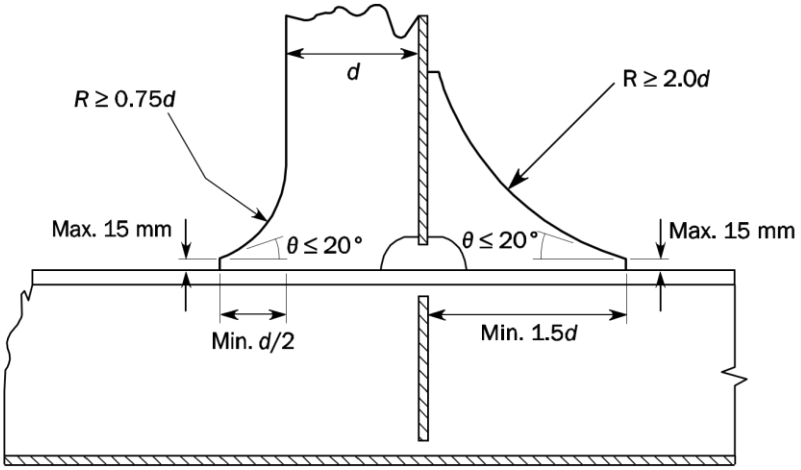
h_{toe}：　トウの高さ（*mm*）（**図 9** 参照）

$t_{bkt\text{-}gr}$：　ブラケットのグロス板厚（*mm*）

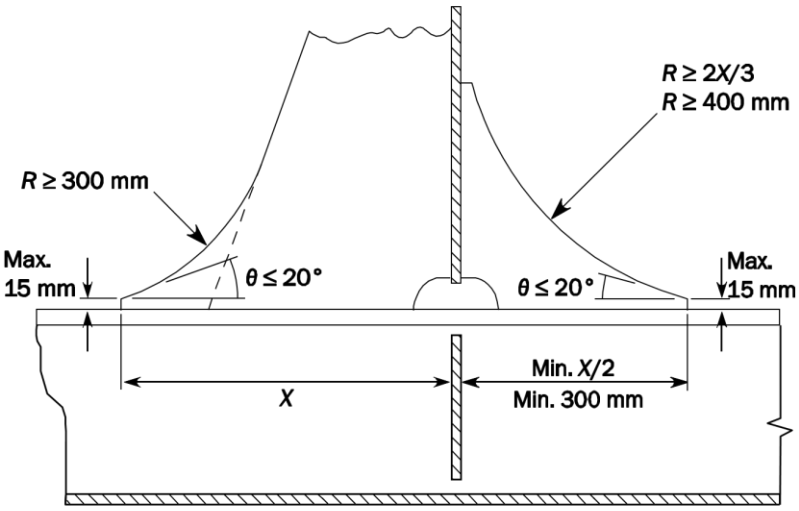
5.2.6　推奨される詳細設計

ソフトトウ及び裏当てブラケットを有する縦通防撓材端部の推奨される詳細設計を**図 9** に規定する。

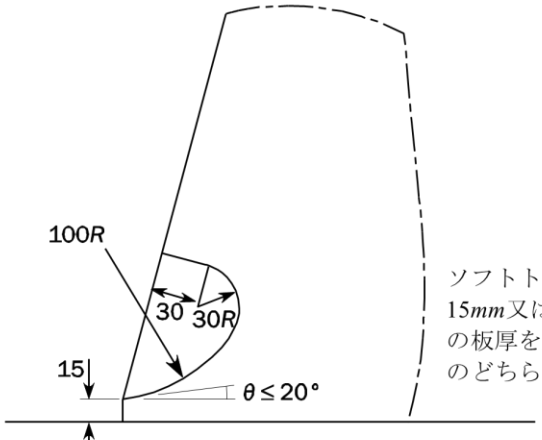
図 9　　ソフトトウ及び裏当てブラケットの詳細設計



梁柱防撓材のソフトトウ及び裏当てブラケットの推奨設計

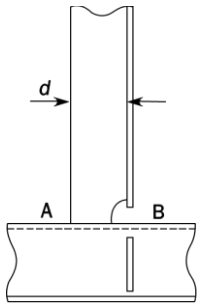
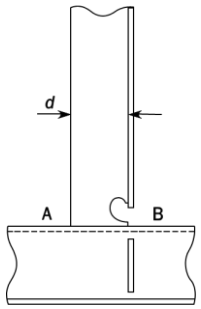
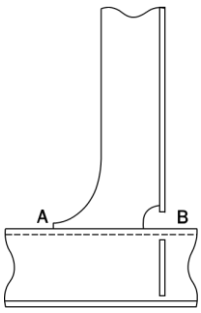
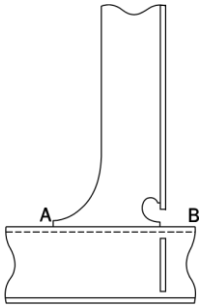
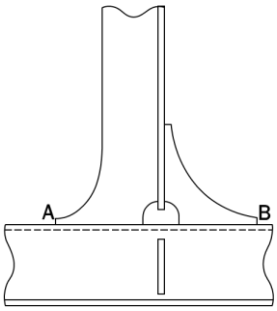


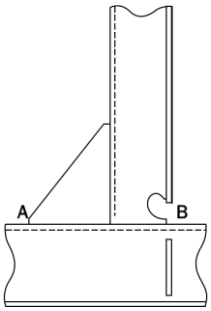
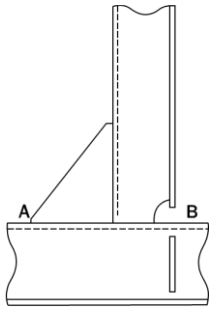
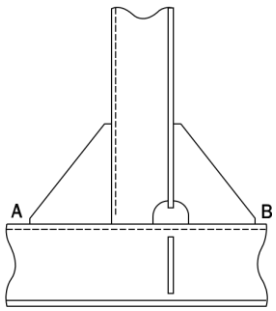
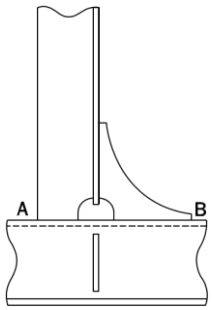
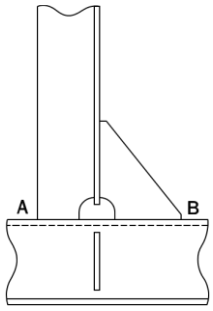
トリッピングブラケットのソフトトウ及び裏当てブラケットの推奨設計

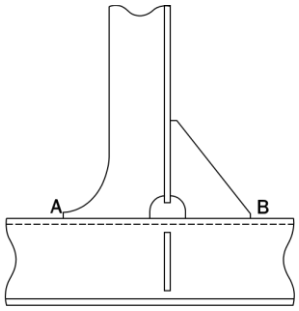
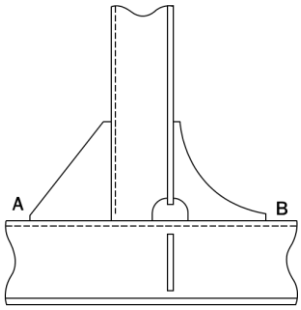
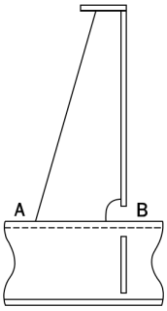
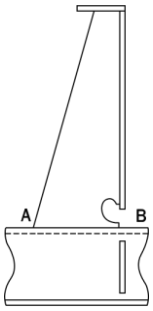
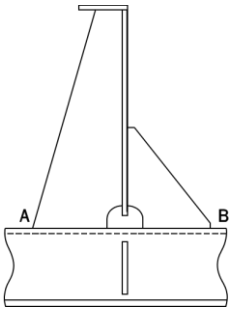


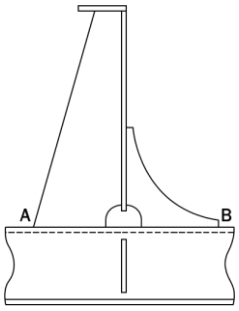
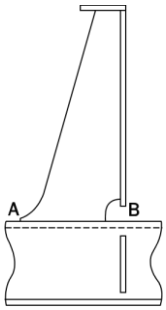
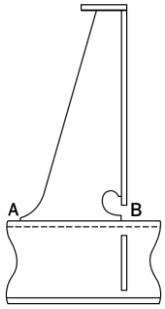
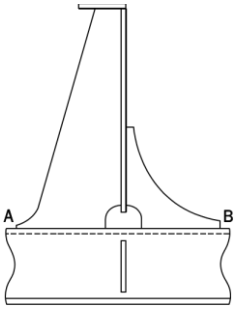
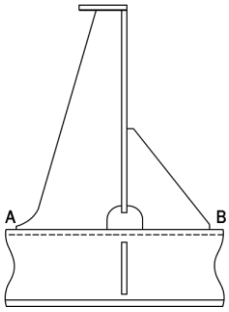
トリッピングブラケットのソフトトウの推奨代替設計

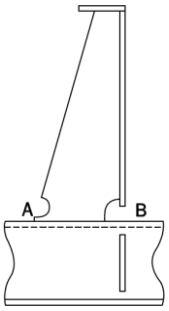
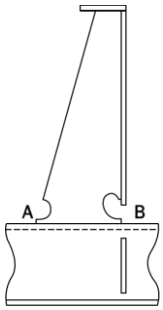
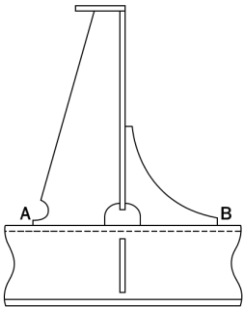
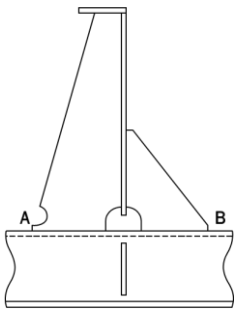
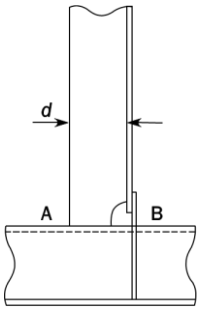
表 4　　応力集中係数

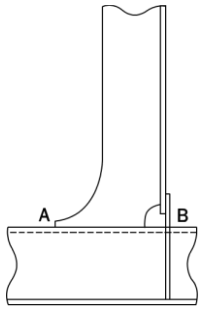
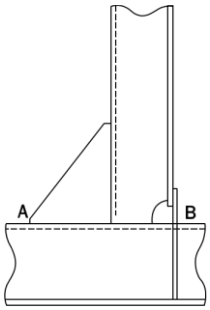
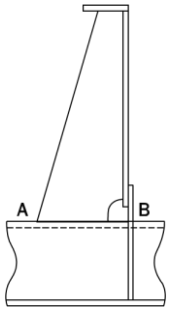
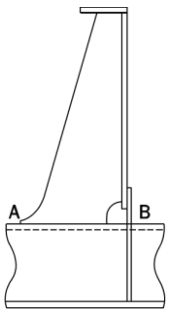
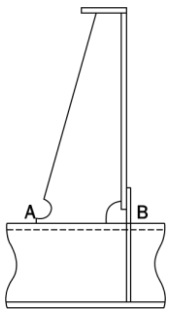
ID	継手の種類 (2)(3)	点 *A*		点 *B*	
		K_a	K_b	K_a	K_b
1 (1)		1.28 $d \leq 150$ 1.36 $150 < d \leq 250$ 1.45 $d > 250$	1.40 $d \leq 150$ 1.50 $150 < d \leq 250$ 1.60 $d > 250$	1.28 $d \leq 150$ 1.36 $150 < d \leq 250$ 1.45 $d > 250$	1.60
2 (1)		1.28 $d \leq 150$ 1.36 $150 < d \leq 250$ 1.45 $d > 250$	1.40 $d \leq 150$ 1.50 $150 < d \leq 250$ 1.60 $d > 250$	1.14 $d \leq 150$ 1.24 $150 < d \leq 250$ 1.34 $d > 250$	1.27
3		1.28	1.34	1.52	1.67
4		1.28	1.34	1.34	1.34
5		1.28	1.34	1.28	1.34

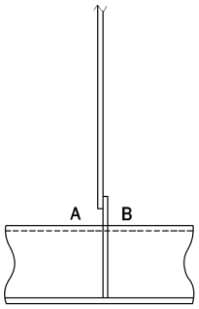
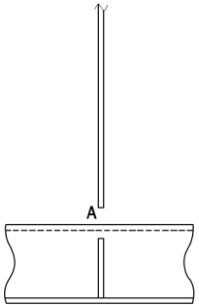
6		1.52	1.67	1.34	1.34
7		1.52	1.67	1.52	1.67
8		1.52	1.67	1.52	1.67
9		1.52	1.67	1.28	1.34
10		1.52	1.67	1.52	1.67

11		1.28	1.34	1.52	1.67
12		1.52	1.67	1.28	1.34
13		1.52	1.67	1.52	1.67
14		1.52	1.67	1.34	1.34
15		1.52	1.67	1.52	1.67

16		1.52	1.67	1.28	1.34
17		1.28	1.34	1.52	1.67
18		1.28	1.34	1.34	1.34
19		1.28	1.34	1.28	1.34
20		1.28	1.34	1.52	1.67

21		1.28	1.34	1.52	1.67
22		1.28	1.34	1.34	1.34
23		1.28	1.34	1.28	1.34
24		1.28	1.34	1.52	1.67
25 (1)		1.28 $d \leq 150$ 1.36 $150 < d \leq 250$ 1.45 $d > 250$	1.40 $d \leq 150$ 1.50 $150 < d \leq 250$ 1.60 $d > 250$	1.14 $d \leq 150$ 1.24 $150 < d \leq 250$ 1.34 $d > 250$	1.25 $d \leq 150$ 1.36 $150 < d \leq 250$ 1.47 $d > 250$

26		1.28	1.34	1.34	1.47
27		1.52	1.67	1.34	1.47
28		1.52	1.67	1.34	1.47
29		1.28	1.34	1.34	1.47
30		1.28	1.34	1.34	1.47

31 (4)		1.13	1.20	1.13	1.20
32 (4) (5) (6)		1.13	1.14	*N/A*	*N/A*

(1) 結合部の長さ *d*（*mm*）は，スカラップを差し引かない縦通防撓材のフランジの溶接継手部の長さとする。

(2) 縦通防撓材が平鋼であって，当該防撓材にウェブ防撓材又はブラケットが溶接され，当該ウェブ防撓材又はブラケットの板厚が平鋼防撓材の板厚の 0.7 倍より大きい場合，表中に規定する応力集中係数は 1.12 倍しなければならない。本規定は，バルブプレート及びアングル材等のように防撓材フランジ端部とウェブ防撓材又はブラケットとの結合部の最小間隔が 8*mm* 未満の非対称部材にも適用する。

(3) 重ね継手については，**5.2.3** 参照。

(4) ウェブ防撓材が省略又は縦通防撓材のフランジに結合していない場合の詳細は *ID*31 及び *ID*32 による。（**5.2.4** 参照）

(5) カラー又はウェブがフランジに溶接されてない継手の種類（*ID*32）の場合，スロットの形状に関わらず表中に規定する応力集中係数を用いて差し支えない。

(6) 疲労評価点 *A* は，防撓材のウェブと横桁又はラグプレートとの結合部とする。

5.3 代替設計

5.3.1 代替応力集中係数の導出

本会の了承を得た上で，**9 章 5 節**の規定に従って，極詳細メッシュ有限要素解析により代替設計に対する幾何学的な応力集中係数を計算しなければならない。極詳細メッシュ有限要素解析による防撓材端部結合部に対する幾何学的な応力集中係数の導出に関する追加要件は次による。

(a) 有限要素モデル範囲：有限要素モデルは，考慮する箇所をモデルの中央とし，少なくとも縦通防撓材方向に 4 横桁間隔分をモデル化しなければならない。（**図 10** 参照）同じ種類の継手を全てのウェブフレームにモデル化しなければならない。横方向においては，防撓材心距 1 つ分として差し支えない。

(b) 適用荷重：原則として，2 つの荷重ケースを考慮しなければならない。

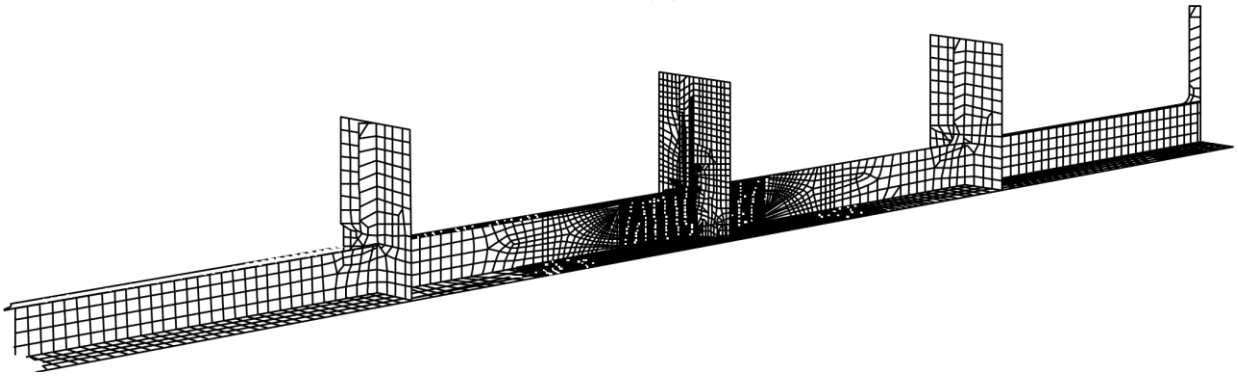
- 強制変位による軸荷重をモデル端部に適用する。
- 単位圧力荷重による横荷重を外板に適用する。

(c) 境界条件

- 付き板の縦方向端部の切断面，ウェブフレームの横方向端部及び垂直方向端部の切断面並びにウェブ防撓材の上部において対称条件を与えること。
- 面外荷重の場合：解析モデルは，前後両端で全ての自由度を固定しなければならない。
- 軸荷重の場合：解析モデルの後端部で縦方向の変位を固定し，前端部に強制軸変位を与えなければならない。（前後端を入れ替えても差し支えない。）

(d) 有限要素メッシュ密度：考慮するホットスポット位置において，要素サイズは防撓材のフランジの板厚と同程度又は防撓材の種類に応じて 10*mm* としなければならない。解析モデルの残りの部分においては，要素サイズを *s*/10 程度としなければならない。ここで，*s* は防撓材の心距とする。

図 10　　幾何学的な応力集中係数導出のための極詳細メッシュ有限要素モデル
（フランジ付防撓材の例）



上記に示した 2 つの荷重ケースにおいて，応力集中係数は次により決定する。

・ 軸荷重の場合

$$K_a = \frac{\sigma_{HSAx}}{\sigma_{NomAx}}$$

・ 曲げ荷重の場合

$$K_b = \frac{\sigma_{HSBd}}{\sigma_{NomBd}}$$

σ_{HSAx}：　軸荷重下における防撓材のフランジでのホットスポット応力（N/mm^2）

σ_{NomAx}：　有限要素解析に適用する軸荷重下での防撓材のフランジの公称軸応力（N/mm^2）で，**3.1** の規定による。

σ_{HSBd}：　単位圧力荷重下における防撓材のフランジでのホットスポット応力（N/mm^2）

σ_{NomBd}：　有限要素解析に適用する単位圧力荷重下でのホットスポット付近の防撓材のフランジの公称曲げ応力（N/mm^2）で，**4.1** の規定による。

代替設計における幾何学的な応力集中係数の導出方法については，文書化し本会に提出しなければならない。

5節　有限要素応力解析

1.　一般

1.1　適用条件

1.1.1

本節は有限要素応力解析による疲労評価に適用する。この方法はホットスポット応力手法に基づいており，溶接部及び非溶接部のホットスポットに対する要件が規定されている。ホットスポット応力は溶接継手の構造詳細による構造の不連続を考慮に入れなければならないが，溶接止端部のノッチによる影響は考慮しなくてもよい。

1.1.2

ホットスポット応力は一般的に構造をモデル化する有限要素モデルとホットスポット応力を計算するための手順に大きく依存する。本節に規定する方法以外の方法を有限要素ベースのホットスポット応力の計算に用いてはならない。

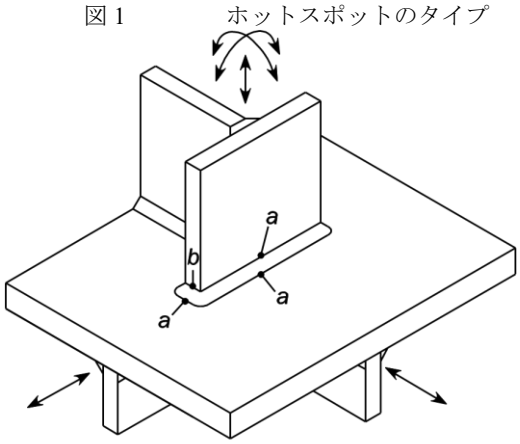
1.1.3

2種類のホットスポット *a* 及び *b* を**表 1** に示す。これらは，**図 1** に示すとおり，板及び溶接止端部の位置に応じて定義される。

表 1　ホットスポットの種類

種類	説明
a	板表面の溶接止端部におけるホットスポット
b	板縁周りの溶接止端部におけるホットスポット

図 1　ホットスポットのタイプ



1.1.4

桁等で支持された十字継手以外の溶接構造詳細に対する溶接止端部のホットスポット応力の計算方法は**3.1** の規定による。非溶接部の局部応力の計算方法は **3.2** の規定による。

1.1.5

ビルジホッパのナックル結合部，横隔壁の下部スツールと内底板との結合部，水平ストリンガのヒール部等の桁等で支持された十字継手のホットスポット応力の計算方法は **4** の規定による。

1.1.6

5 に規定する簡潔な結合部に対するホットスポット応力手法の制限に注意しなければならない。

2. 有限要素モデル

2.1 一般

2.1.1

疲労評価のためのホットスポット応力の評価には，高応力集中部に対する極詳細有限要素メッシュを用いなければならない。これらの極詳細メッシュ領域は，**図 2** に示すように，全体モデルに組み込んでもよい。貨物倉のコースメッシュモデルは，**7 章 2 節 2.4** に従って作成しなければならない。本極詳細メッシュ解析の代替手法として，貨物倉の全体モデルから得られる境界条件を与えた極詳細メッシュ領域を持つ局部有限要素モデルを用いて解析を行って差し支えない。ビルジホッパ結合部の典型的な局部極詳細メッシュ有限要素モデルを**図 3**，**図 4** 及び**図 5** に示す。

2.1.2 腐食モデル

疲労評価に用いる極詳細メッシュ有限要素モデルは，**9 章 1 節 5.1** に従って，ネット板厚t_{n50}を用いて作成しなければならない。

2.1.3 局部有限要素モデル

局部有限要素モデルを用いる場合，得られる応力が適用した境界条件や荷重によって著しく影響を受けないように局部モデルのモデル化範囲に注意を払わなければならない。詳細メッシュモデルの境界は，可能な限り貨物倉モデルのガーダ，ストリンガ，フロア等の近接する主要支持部材としなければならない。局部モデルの境界の横桁，ストリンガプレート及びガーダは局部モデルでモデル化する必要はない。

2.1.4

タイプ a のホットスポットにおけるホットスポット応力の評価は，メッシュサイズが$t_{n50} \times t_{n50}$のシェル要素に基づくものでなければならない。ここで，t_{n50}は考慮するホットスポット近傍の板部材のネット板厚とする。タイプ b のホットスポットにおけるホットスポット応力の評価は，メッシュサイズが $10 \times 10mm$ のシェル要素に基づくものでなければならない。当該メッシュサイズは，極詳細メッシュ領域において，疲労ホットスポット位置から全方向に少なくとも 10 要素分配置しなければならない。コースメッシュから極詳細メッシュ領域へ移行する箇所のメッシュサイズは除々に変化させ，許容可能なメッシュの品質を維持しなければならない。移行する箇所のメッシュは，規則的な形状の均一なメッシュが，小さい要素から大きい要素に徐々に移行するようなものとしなければならない。倉内肋骨のブラケット先端のメッシュサイズの移行の例を**図 6** に示す。

2.1.5

極詳細メッシュ領域にあっては，曲げ及び膜応力特性を有する 4 節点のシェル要素を使用しなければならない。要素の純面内曲げを正確に表すことができるよう，4 節点要素は面内応力が完全な線形領域としなければならない。急な応力勾配の場合にあっては，実用性に応じて 8 節点の薄いシェル要素を使用しなければならない。シェル要素は板の板厚中心でモデル化しなければならない。実用上，隣接する異なる板厚の板部材は，板厚中心に沿っていると仮定する（すなわち，板厚の変化によって互い違いに配置しないこと）。溶接形状及び目違いはモデル化しなくてもよい。

2.1.6

極詳細メッシュ領域に近接した構造は全てシェル要素によって明確にモデル化しなければならない。可能な限り三角形要素は避けなければならない。極端なアスペクト比（例えば 3 を越えるアスペクト比）及び歪んだ要素（例えば要素の一角の角度が 60 度未満の要素又は 120 度より大きい要素）の使用は避けなければならない。

2.1.7

横桁のスロット部，板の端部及びハッチコーナ部等の自由端において応力評価を行わなければならない場合，局部端部応力値を算定するために，隣接する板の板厚と同じ深さであって，無視できるほど小さい幅のビーム要素を使用しなければならない。

2.2 ビルジホッパナックルの溶接結合部

2.2.1

2.1 の一般要件に加えて，ビルジホッパの下部ナックル及び上部ナックルの溶接結合部のモデル化については，本 **2.2** の要件を適用する。

2.2.2

局部有限要素モデルを用いる場合，局部モデルの最小範囲は次によらなければならない。

(a) 船長方向に対して，2 ウェブフレームスペース分（すなわち，考慮するウェブフレームから両側に 1 ウェブフレーム分モデル化すること）モデル化しなければならない。局部モデルの端部におけるウェブフレームはモデル化する

必要はない。

(b) 垂直方向に対して，タンカー及び二重船殻ばら積貨物船については，基線から二重船側バラストタンク内の下部ストリンガまでモデル化しなければならない。単船殻ばら積貨物船については，基線からビルジホッパバラストタンクの頂部までモデル化しなければならない。上部ナックル結合部に対して疲労強度評価を行う場合，二重船側バラストタンク内の下部ストリンガより上方 4 縦通防撓材心距分までモデル化しなければならない。

(c) 船幅方向に対して，ビルジホッパの下部ナックル部については，船側から二重底サイドガーダより船体中心方向に 4 縦通防撓材心距分までモデル化しなければならない。上部ナックル部については，船側から二重底サイドガーダまでモデル化しなければならない。

2.2.3

内底板に隣接する横桁付スカーフィングブラケット，ナックル部のホットスポットから 1 本目の縦通防撓材は，桁板付カーリング及びブラケットと同様に，シェル要素を用いて明確にモデル化しなければならない。ナックル部から離れた縦通防撓材にあっては，ビーム要素を用いてモデル化して差し支えない。ビルジホッパタンク内の内底板（オーバーハング部）は，スカーフィングブラケットの範囲までシェル要素を用いてモデル化しなければならない。船長方向におけるスカーフィングブラケットの範囲外の内底板（オーバーハング部）にあっては，相当する断面積を有する線要素を用いてモデル化して差し支えない。ナックル部から 1 防撓材間に設けられるケーブル貫通口，パイプ貫通口及び交通口等の開口は，明確にモデル化しなければならない。

2.2.4

図 3，図 4 及び図 5 にビルジホッパのナックル結合部の典型的な局部有限要素モデル及び$t_{n50} \times t_{n50}$メッシュ領域の拡大図を示す。

2.3 水平ストリンガのヒール結合部

2.3.1

2.1 の一般要件に加えて，水平ストリンガのヒール結合部のモデル化については，本 2.3 の要件を適用する。

2.3.2

局部有限要素モデルを用いる場合，局部モデルの最小範囲は次によらなければならない。

(a) 船長方向に対して，ストリンガのヒール部から少なくとも 1 ウェブフレームスペース分前方のストリンガ先端部までモデル化しなければならない。局部モデルの端部におけるウェブフレームはモデル化する必要はない。

(b) 垂直方向に対して，少なくとも考慮するストリンガのヒール位置の一つ上及び一つ下のストリンガ位置までをモデル化しなければならない。

(c) 船幅方向に対して，ストリンガのヒール部が二重船側縦通隔壁に位置する場合，船側からタンク幅の半分の位置までモデル化しなければならない。ストリンガのヒール部が二重船側縦通隔壁以外の縦通隔壁に位置する場合，考慮するストリンガのヒール部の両側のタンク幅の半分までモデル化しなければならない。

2.3.3

ストリンガのヒール結合部及び隣接する防撓材のモデル化にはシェル要素を用いなければならない。ヒール部のホットスポットから一つ目の縦通防撓材及び垂直防撓材はシェル要素を用いて明確にモデル化しなければならない。$t_{n50} \times t_{n50}$のメッシュサイズを用いた極詳細メッシュ領域のストリンガのヒール結合部の典型的な有限要素モデルを図 7 に示す。

2.4 下部スツールと内底板との結合部

2.4.1

2.1 の一般要件に加えて，下部スツール斜板と内底板との結合部の評価には本 2.4 の要件を適用する。

2.4.2

局部モデルの最小範囲は次による。

(a) 垂直方向に対して，船底外板から内底板の上方に少なくとも $2m$ の位置又は波形隔壁と下部スツール頂板との結合部のどちらか高いほうまで

(b) 船幅方向に対して，詳細メッシュ領域の両側に最も近い下部スツール内のダイヤフラムまで（すなわち隣接するボトムガーダまで）モデル化しなければならない。モデル両端のダイヤフラムはモデル化する必要はない。

(c) 船長方向に対して，後方下部スツールと内底板との結合部から後方に 1 フロア心距分及び前方下部スツールと内底板との結合部から 1 フロア心距分をモデル化しなければならない。

2.4.3

ダイヤフラム，下部スツール内のブラケット及びスツール板の防撓材は，局部モデルの範囲内において実際の位置でモデル化しなければならない。ダイヤフラム及びブラケットをモデル化する場合，シェル要素を用いなければならない。下部スツール板の一つ目の垂直防撓材又は水平防撓材及び内底板の一つ目の縦通防撓材はシェル要素を用いてモデル化しなければならない。その他の防撓材はビーム要素を用いてモデル化して差し支えない。$t_{n50} \times t_{n50}$のメッシュサイズを用いた極詳細メッシュ領域の下部スツールと内底板との結合部の典型的な有限要素モデルを図 8 に示す。

2.5 下部スツールと波形隔壁との結合部

2.5.1

2.1 の一般要件に加えて，下部スツール斜板と波形隔壁との結合部の評価には本 2.5 の要件を適用する。

2.5.2

局部モデルの最小範囲は次による。

(a) 垂直方向に対して，下部スツールの底板から下部スツールの頂板の上方に少なくとも $2m$ の位置まで

(b) 船幅方向に対して，詳細メッシュ領域の両側に最も近い下部スツール内のダイヤフラムまで（すなわち隣接するボトムガーダまで）モデル化しなければならない。モデル両端のダイヤフラムはモデル化する必要はない。

(c) 船長方向に対して，後方下部スツールと内底板との結合部から後方に 1 フロア心距分及び前方下部スツールと内底板との結合部から前方に 1 フロア心距分をモデル化しなければならない。

2.5.3

ダイヤフラム，下部スツール内のブラケット及びスツール板の防撓材は，局部モデルの範囲内において実際の位置でモデル化しなければならない。ダイヤフラム及びブラケットをモデル化する場合，シェル要素を用いなければならない。下部スツール板の一つ目の垂直防撓材又は水平防撓材はシェル要素を用いてモデル化しなければならない。その他の防撓材はビーム要素を用いてモデル化して差し支えない。$t_{n50} \times t_{n50}$のメッシュサイズを用いた極詳細メッシュ領域の下部スツールと波形隔壁との結合部の典型的な有限要素モデルを図 9 に示す。

2.6 倉内肋骨のブラケットとビルジホッパ斜板との結合部

2.6.1

2.1 の一般要件に加えて，倉内肋骨とビルジホッパ斜板のブラケットとの結合部のモデル化については，本 2.6 の要件を適用する。

2.6.2

倉内肋骨のブラケット，ビルジホッパ斜板及び隣接する防撓材をモデル化する場合，シェル要素を用いなければならない。$t_{n50} \times t_{n50}$のメッシュサイズを用いた極詳細メッシュ領域の倉内肋骨のブラケットとビルジホッパ斜板との結合部の典型的な有限要素モデルを図 10 に示す。

2.6.3

局部有限要素モデルを用いる場合，局部モデルの最小範囲は次によらなければならない。

(a) 船長方向に対して，2 ウェブフレームスペース分（すなわち，考慮するブラケット結合部から両側に 1 ウェブフレーム分）モデル化しなければならない。局部モデルの端部におけるウェブフレームはモデル化する必要はない。

(b) 垂直方向に対して，基線からトップサイドタンク斜板の底部までモデル化しなければならない。

(c) 船幅方向に対して，船側から隣接する二重底サイドガーダまでモデル化しなければならない。

2.7 倉内肋骨のブラケットとトップサイド斜板/底板との結合部

2.7.1

2.1 の一般要件に加えて，倉内肋骨のブラケットとトップサイド斜板/底板との結合部のモデル化については，本 2.7 の要件を適用する。

2.7.2

倉内肋骨のブラケット，トップサイド斜板又は底板及び隣接する防撓材をモデル化する場合，シェル要素を用いなければならない。$t_{n50} \times t_{n50}$のメッシュサイズを用いた極詳細メッシュ領域の倉内肋骨のブラケットとトップサイド斜板との結合部の典型的な有限要素モデルを図 11 に示す。

2.7.3

局部有限要素モデルを用いる場合，局部モデルの最小範囲は次によらなければならない。

(a) 船長方向に対して，2 ウェブフレームスペース分（すなわち，考慮するブラケット結合部から両側に 1 ウェブフレームスペース分）モデル化しなければならない。局部モデルの端部におけるウェブフレームはモデル化する必要は

ない。

(b) 垂直方向に対して，甲板の位置からビルジホッパ斜板の頂部までモデル化しなければならない。

(c) 船幅方向に対して，船側からトップサイド斜板/底板の端部までモデル化しなければならない。

2.8 ハッチコーナ及びハッチコーミング端部ブラケット

2.8.1

2.1 の一般要件に加えて，ハッチコーナ/ハッチコーミング端部ブラケットのモデル化については，本 2.8 の要件を適用する。疲労評価を行うハッチコーナ/ハッチコーミング端部ブラケットは，貨物倉の有限要素解析により求まる応力レベルに基づいて決定しなければならない。

2.8.2

局部有限要素モデルを用いる場合，モデル化の最小範囲は次による。

(a) 船幅方向に対して，船の半幅以上

(b) 船長方向に対して，考慮するハッチコーナ/ハッチコーミング端部ブラケットが位置する貨物倉の中点から隣接する貨物倉までを，考慮するハッチコーナ/ハッチコーミング端部ブラケットに最も近いクロスデッキの全幅を含めてモデル化しなければならない。

(c) 垂直方向に対して，コーミングの頂板からトップサイドタンク斜板と船側外板又は二重船側縦通隔壁の交差部までをモデル化しなければならない。

2.8.3

主要支持部材及びコーミングステイは，膜応力及び曲げ応力特性の両方の特性を持つシェル有限要素でモデル化しなければならない。$t_{n50} \times t_{n50}$のメッシュサイズを用いた極詳細メッシュ領域のハッチサイドコーミング端部ブラケットの先端と甲板との結合部の典型的な有限要素モデルを図 12 に示す。

2.8.4

有限要素モデルのメッシュサイズは，ハッチコーナ形状による応力集中の増加をホットスポット応力で評価できる程度のものでなければならない。甲板及びクロスデッキの位置のハッチコーナの端部を評価しなければならない。ハッチコーミング端部ブラケットの自由端及びブラケットの先端と甲板との溶接結合部も評価しなければならない。ハッチコーナの自由端又はハッチコーミング端部ブラケットの自由端は，2.1.7 に規定する局部端部応力値を算定するために，隣接する板の板厚と同じ深さであって，無視できるほど小さい幅のビーム要素を用いなければならない。

2.8.5

特に考慮する箇所では，局部構造の形状をモデル化しなければならない。ハッチコーナ部は，端部における局部応力を評価できるくらい十分小さいサイズの要素を用いてモデル化しなければならない。原則として，円形ハッチコーナの場合，ハッチの曲率を描くために 90 度の範囲において少なくとも 15 要素を用いてモデル化しなければならない（図 13 参照）。楕円形又は放射線状のハッチコーナの場合，船体中心線側の円端部から長半径の縦方向の距離の半分の位置の端部まで少なくとも 15 要素を用いてモデル化しなければならない。楕円形のハッチコーナを描くためには，合計 20 要素を用いてモデル化しなければならない（図 14 参照）。ただし，円弧状の自由端に沿った要素端部の寸法は，モデル化した板の板厚以上 5 倍以下としなければならない。実用的なメッシュ分割を考慮することの必要性を除き，この理想化のレベルは，ブラケットまで維持するとともに，ストリンガ，甲板，コーミングまで延長しなければならない。ブラケット先端付近でメッシュサイズの移行を行ってはならない。

2.9 境界条件

2.9.1 貨物倉モデル

貨物倉モデルの端部に適用する境界条件は，7 章 2 節 2.5 による。

2.9.2 局部有限要素モデル

局部有限要素モデルをホットスポット応力範囲の評価に用いる場合，境界条件及び適用荷重は，7 章 3 節 4.2 による。

図 2　　貨物倉モデルに直接組み込まれた極詳細メッシュ領域

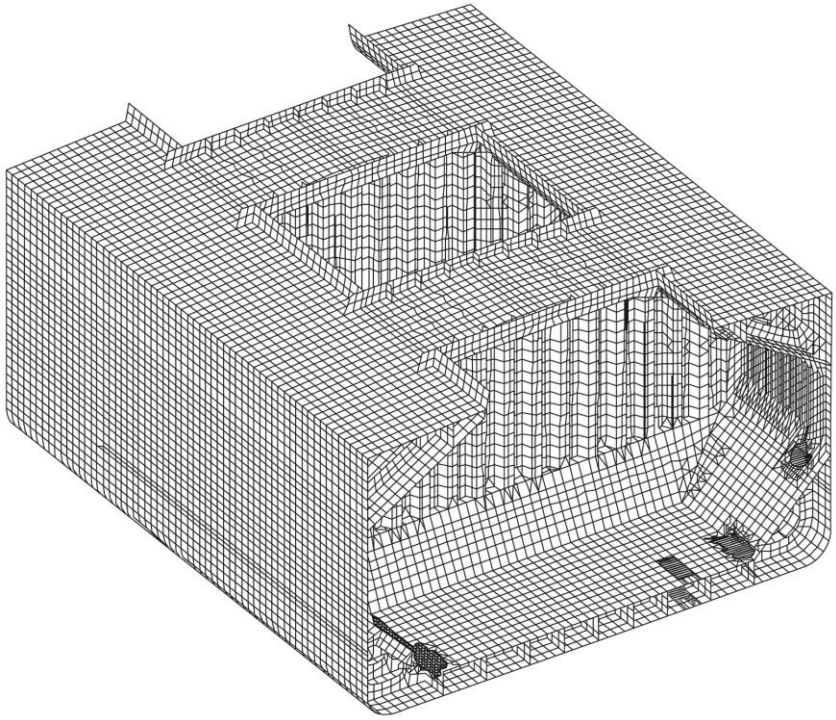


図 3　　内底板とビルジホッパ斜板とのナックル結合部の局部極詳細メッシュモデル($t_{n50} \times t_{n50}$)

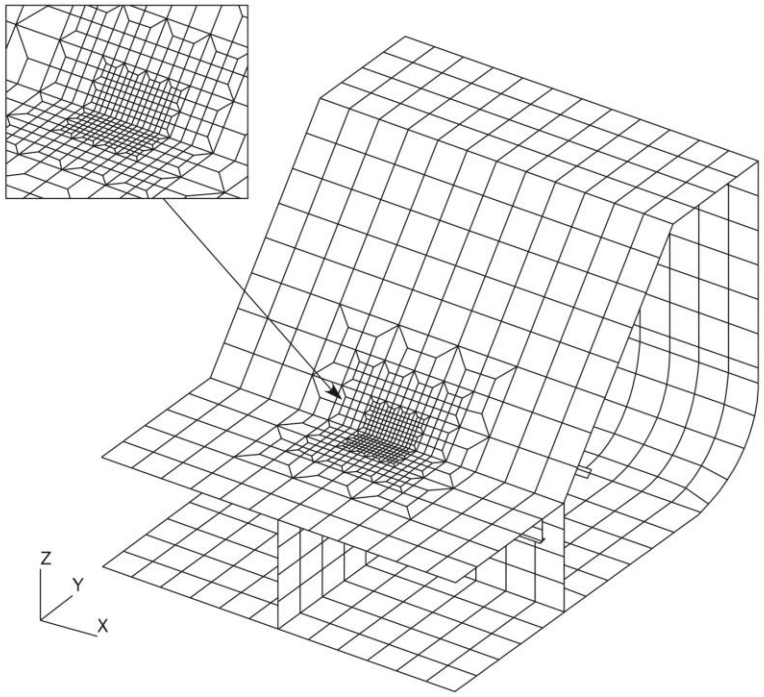


図 4　内底板，ビルジホッパ斜板，ウェブフレーム，ガーダ及びブラケット間のナックル結合部の局部極詳細メッシュモデル($t_{n50} \times t_{n50}$)

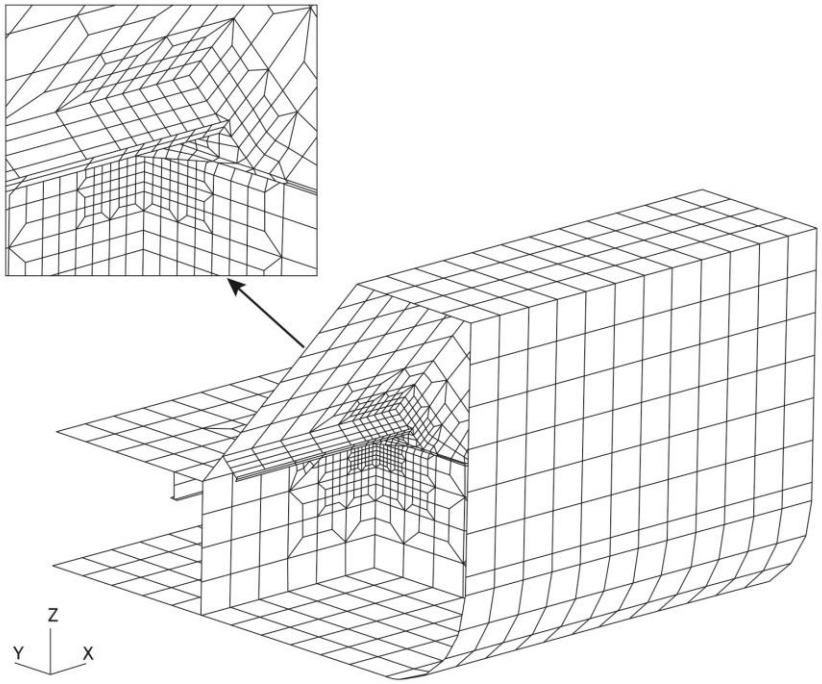


図 5　二重船殻縦通隔壁とビルジホッパ斜板との上部ナックル結合部の局部極詳細メッシュモデル($t_{n50} \times t_{n50}$)

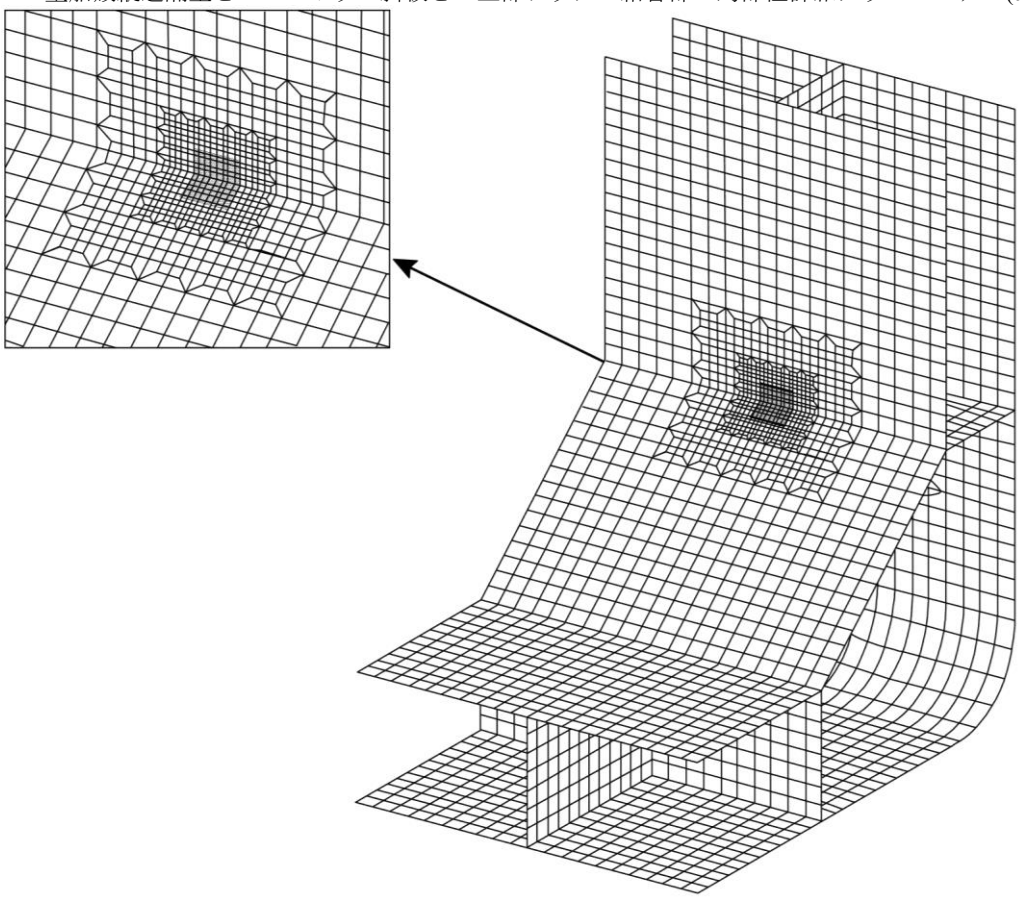


図 6　　コースメッシュと極詳細メッシュの移行領域

図 7　　ストリンガのヒール結合部の有限要素モデル

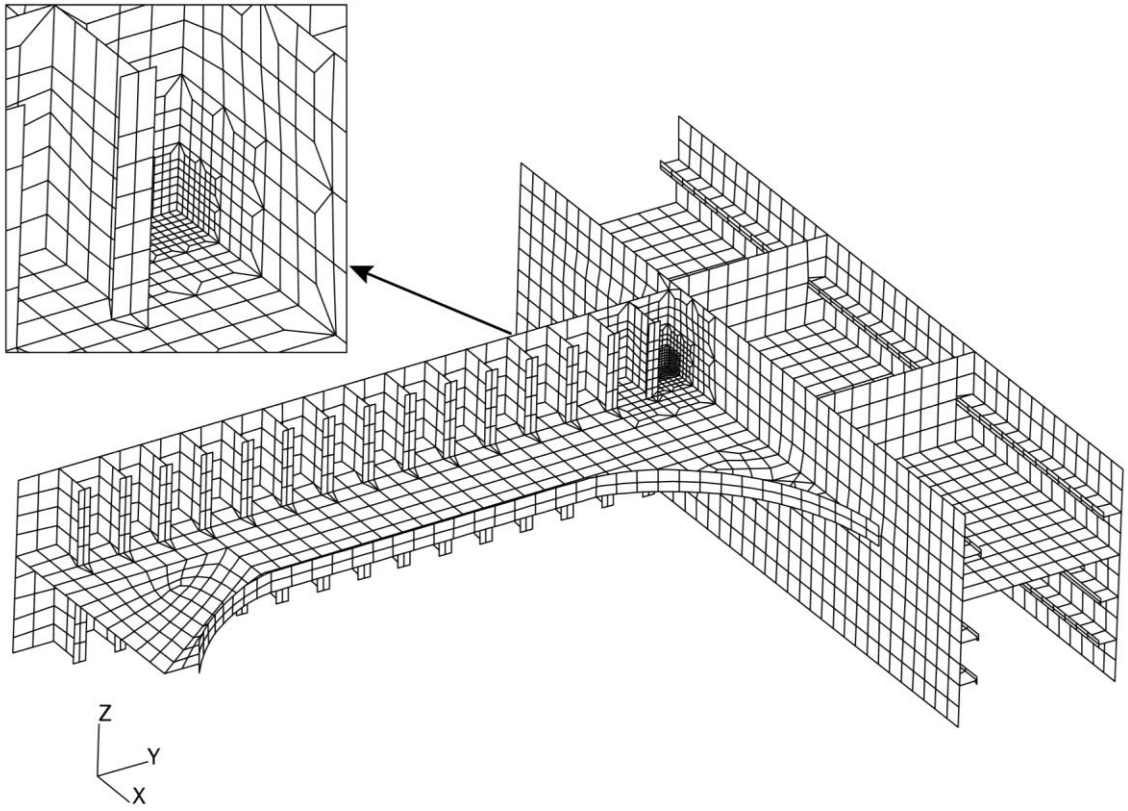


図 8　　内底板と下部スツール斜板との結合部の局部有限要素モデル，$t_{n50} \times t_{n50}$メッシュ

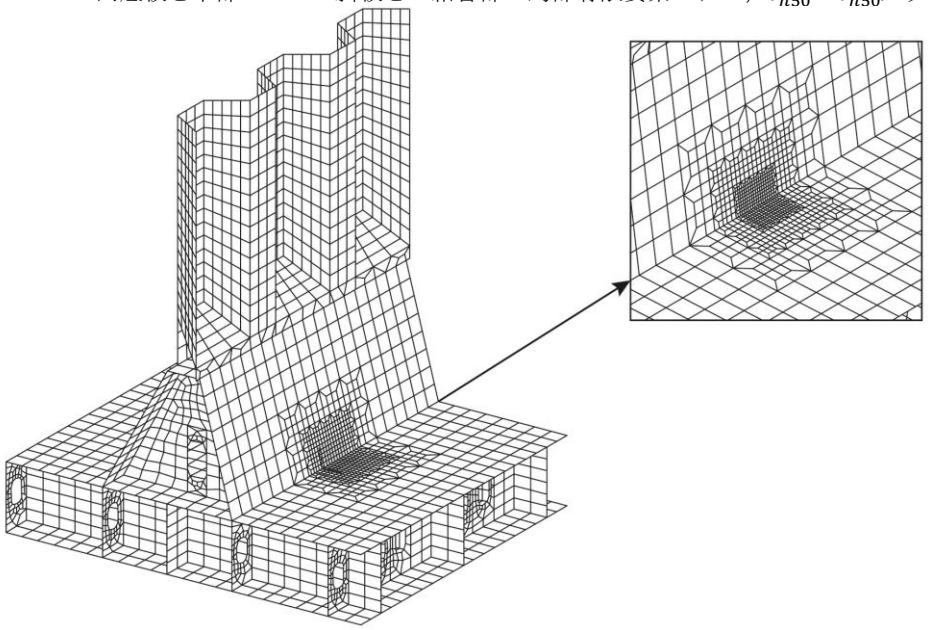


図 9　　波形隔壁と下部スツール板との結合部の局部有限要素モデル，$t_{n50} \times t_{n50}$メッシュ

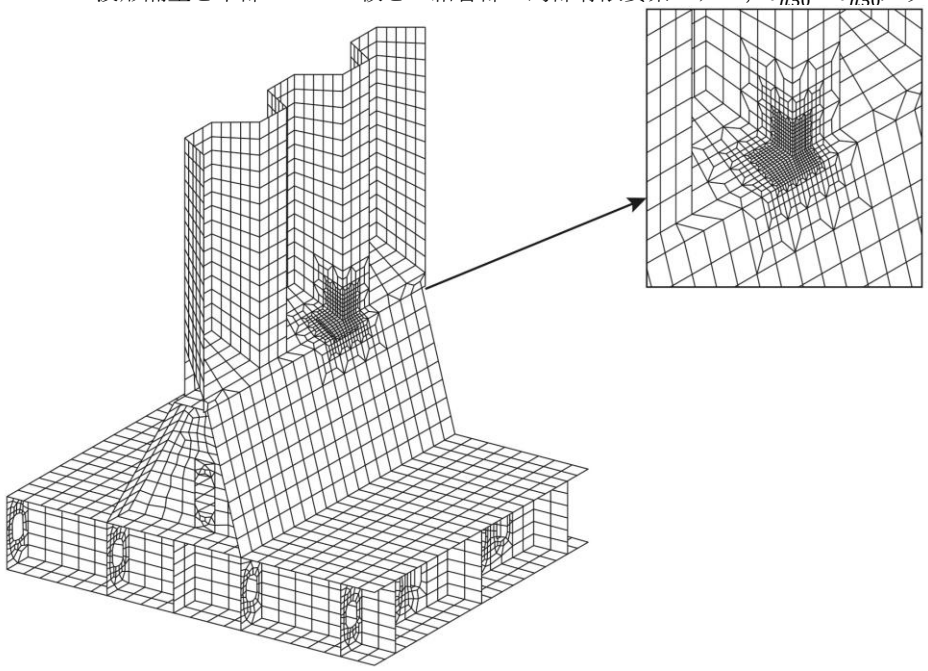


図 10　　倉内肋骨のブラケットの局部有限要素モデル，$t_{n50} \times t_{n50}$メッシュ

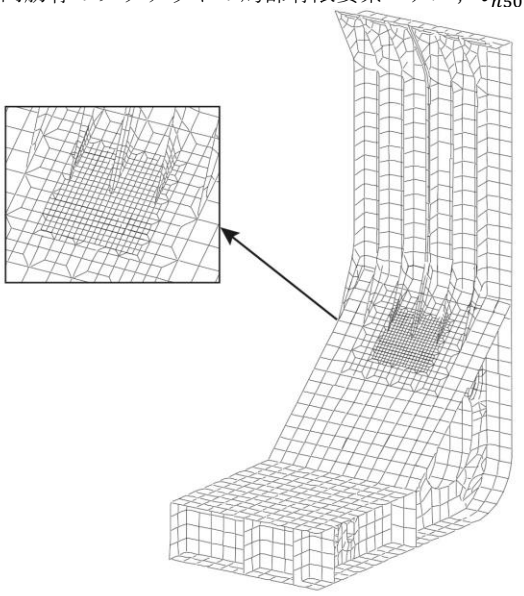


図 11　　倉内肋骨の上部ブラケットの局部有限要素モデル，$t_{n50} \times t_{n50}$メッシュ

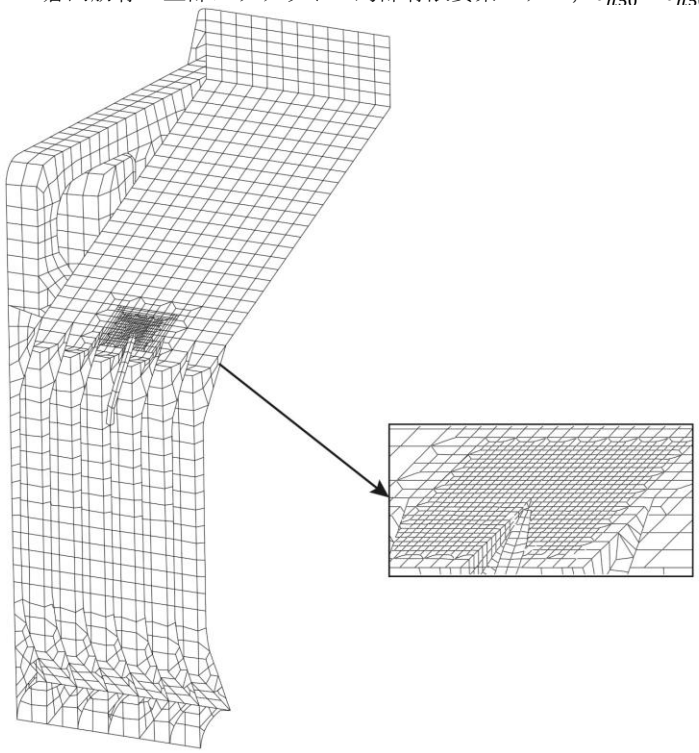


図 12　　ハッチサイドコーミング端部ブラケットと甲板との結合部の極詳細メッシュ局部有限要素モデル，$t_{n50} \times t_{n50}$メッシュ

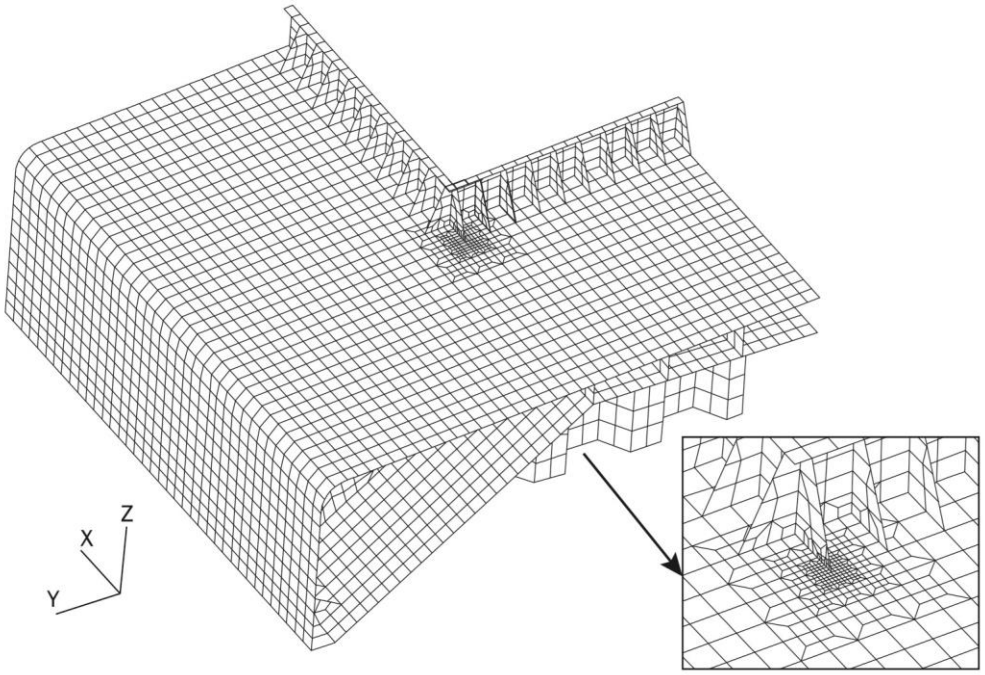


図 13　　円形ハッチコーナのメッシュ密度

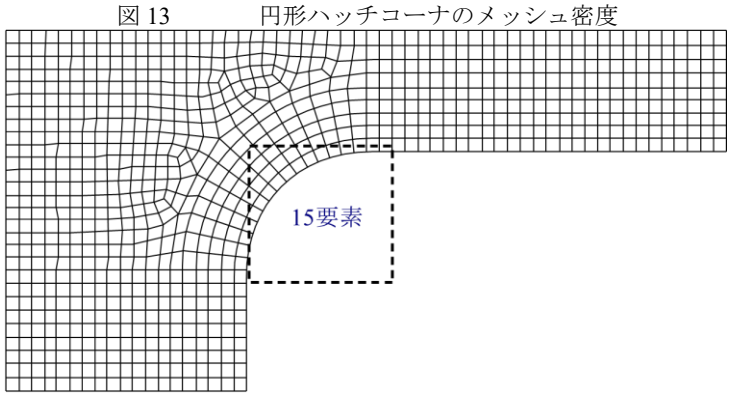
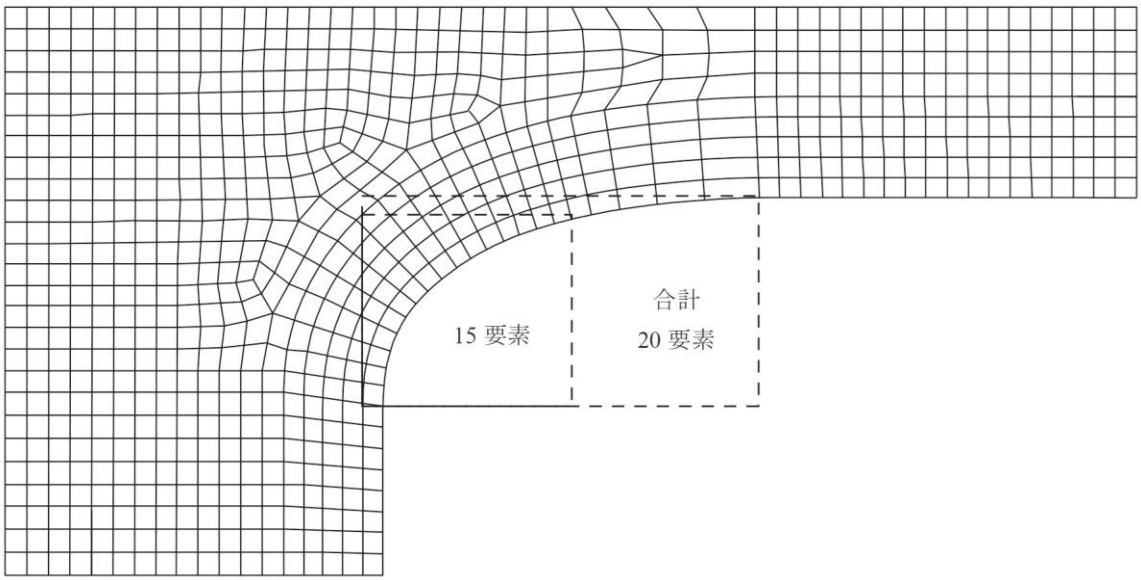


図 14　　楕円形ハッチコーナのメッシュ密度



3. 桁等で支持された十字継手以外の構造詳細におけるホットスポット応力

3.1 溶接詳細

3.1.1

タイプ *a* のホットスポットにおいて，ホットスポット応力σ_{HS}は，$t_{n50} \times t_{n50}$のメッシュ密度を用いた有限要素解析により，次の算式で求める。

$$\sigma_{HS} = 1.12 \cdot \sigma$$

σ： 交線から$t_{n50}/2$の距離の位置における表面主応力（N/mm^2）

t_{n50} ： 溶接止端部の板のネット板厚（mm）

タイプ *a* のホットスポットが桁等に支持された十字継手として分類される構造詳細の場合，**4.2** に規定する応力読み取り手順を適用しなければならない。

ホットスポット *b* において，応力分布は板厚に依存しないため，ホットスポット応力σ_{HS}は，10×10mm のメッシュ密度を用いた有限要素解析により，次の算式で求める。

$$\sigma_{HS} = 1.12 \cdot \sigma$$

σ ： 交線から 5mm の絶対距離の位置における表面主応力（N/mm^2）

3.1.2 応力読み取り方法

要素タイプに応じて，次の応力読み取り方法のうち，どちらかを用いなければならない。

- 4 節点シェル要素

  タイプ *a* のホットスポットに対しては，交線から$t_{n50}/2$の距離の応力読み取り点における荷重ケース“*i*1”及び“*i*2”の応力成分を求めるために，**図 15** に示すように，要素中心における要素表面応力成分を線 A-A まで線形外挿する。2 つのホットスポット主応力範囲は，線 A-A の両側（L 側，R 側）で計算される応力テンソル成分の差（荷重ケース“*i*1”と“*i*2”の差）から応力読み取り点において求められる。要素座標系の *x* 方向とホットスポット主応力方向座標系の主応力方向 *pX* との間の角度θを求めなければならない。

- 8 節点シェル要素

  8 節点要素タイプの$t_{n50} \times t_{n50}$要素メッシュの場合，要素中間節点は，タイプ *a* のホットスポットから$t_{n50}/2$の距離の線 A-A 上に位置する。この節点は，応力読み取り点と一致する。荷重ケース“*i*1”及び“*i*2”の要素表面応力成分は，**図 16** に示される通り，線 A-A の両側（L 側，R 側）の隣接する要素から外挿せずに直接用いることができる。2 つのホットスポット主応力範囲は，線 A-A の両側で計算される応力テンソル成分の差（荷重ケース“*i*1”と“*i*2”の差）から応力読み取り点において求められる。要素座標系の *x* 方向とホットスポット主応力方向座標系の主応力方向 *pX* との間の角度θを求めなければならない。

タイプ *b* のホットスポットの疲労評価において，疲労応力範囲を求めるためにビーム要素を用いなければならない。応力範囲はビーム要素の軸応力及び曲げ応力に基づかなければならない。ビーム要素の深さは，取り付け板の板厚と同じとし，幅は影響が無視できるほど小さくしなければならない。

図 15　　4 節点要素の応力読み取り点及びホットスポット応力の定義

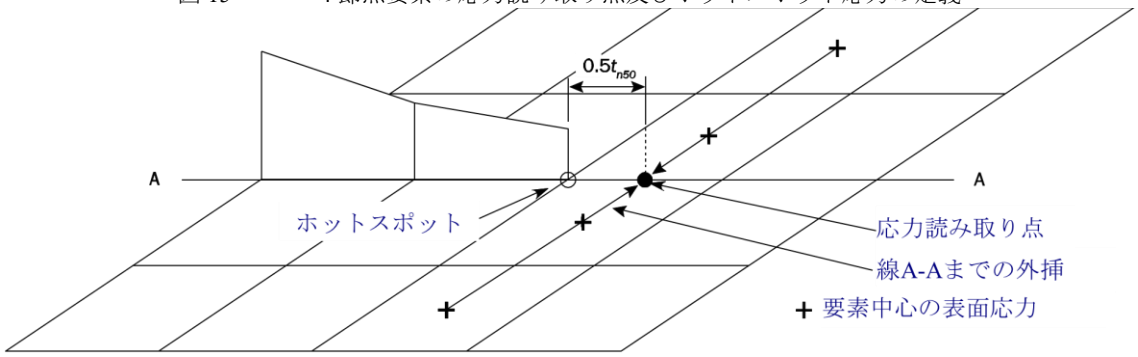
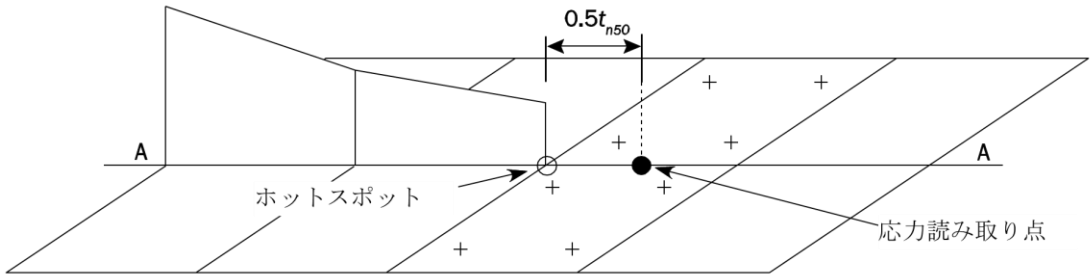


図 16　　8 節点要素の応力読み取り点及びホットスポット応力の定義



＋ 要素表面の算出点

3.1.3

前項の読み取り手順は要素表面応力に基づく。一般に，有限要素ソフトウェアでは，要素応力は要素内部のガウス積分点で計算される。有限要素ソフトウェアに取り入れられている要素タイプに応じて，要素中心又は要素端部の表面において考慮する応力読み取り点での実応力を決定するためにいくつかの補間を行う必要がある。

3.2　　母材

3.2.1

板の自由端の疲労評価には，疲労応力範囲を求めるためにビーム要素を用いなければならない。ビーム要素の深さは，取り付け板の板厚と同じとし，幅は影響が無視できるほど小さくしなければならない。

3.3　　曲げ加工型ビルジホッパナックル

3.3.1

曲げ加工型ビルジホッパナックル部の横方向，上下方向及び船長方向の内底板/ビルジホッパ斜板及び二重船側縦通隔壁/ビルジホッパ斜板のホットスポット応力（**9 章 2 節表 5** 及び**表 19** のホットスポット 1，2 及び 3）は，考慮する部材と隣接する部材の間の交線から溶接脚長分シフトした位置で読み取る表面主応力としなければならない。

ホットスポット応力（*N/mm*^{2}）は，次の算式による。

$\sigma_{HS} = \sigma_{shift}$

σ_{shift}： **4.2.1** の規定によるシフトした読み取り位置における表面主応力（*N/mm*^{2}）で，次による。

$$\sigma_{shift} = \sigma_{membrane}(x_{shift}) + \sigma_{bending}(x_{shift})$$

$\sigma_{bending}(x_{shift})$：　x_{shift}の位置における曲げ応力（*N/mm*^{2}）

$\sigma_{membrane}(x_{shift})$：$x_{shift}$の位置における膜応力（*N/mm*^{2}）

3.3.2

内底板/ビルジホッパ斜板及び二重船側縦通隔壁/ビルジホッパ斜板のようなフランジのホットスポット応力の計算手順は，**4.2.1** に規定する桁等に支持された十字継手に対する計算手順と同じである。曲げ加工型ビルジホッパナックル近傍の内底板/ビルジホッパ斜板及び二重船側縦通隔壁/ビルジホッパ斜板のバラストタンク側のホットスポットに適用する計算手順は，原則として，**図 18** 及び**図 19** に示す溶接加工型ナックル部の内底板の貨物タンク側に適用する計算手順と同じである。交線は隣接する板が板厚中心合わせと仮定して，継手の板厚中心位置とする。**4.2.2** の規定により桁等で支持された十字継手に適用する板の角度の修正係数及び曲げ応力の軽減は，曲げ加工型ビルジホッパナックルには適用し

てはならない。

3.3.3

曲げ加工型ビルジホッパナックル部における横桁，サイドストリンガ及びサイドガーダ等の桁のホットスポット応力（**9 章 2 節表 5** 及び**表 19** に示すホットスポット 4，5 及び 6）は，**4.3.1** に規定する桁等に支持された十字継手に対するものとして求めなければならない。

4. 桁等に支持された十字継手のホットスポット応力

4.1 適用条件

4.1.1

9 章 2 節表 3 に示す評価すべき構造詳細のうち，次の構造詳細は桁等に支持された十字継手として考慮する。

(a) **図 17** に示す溶接型ビルジホッパナックル結合部

(b) **図 17** に示す水平ストリンガのヒール部

(c) 下部スツールと内底板との結合部

桁等に支持された十字継手に関する次の 2 種類のホットスポットを評価しなければならない。

- 桁等に支持された十字継手のフランジのホットスポット
- 桁等に支持された十字継手のウェブのホットスポット

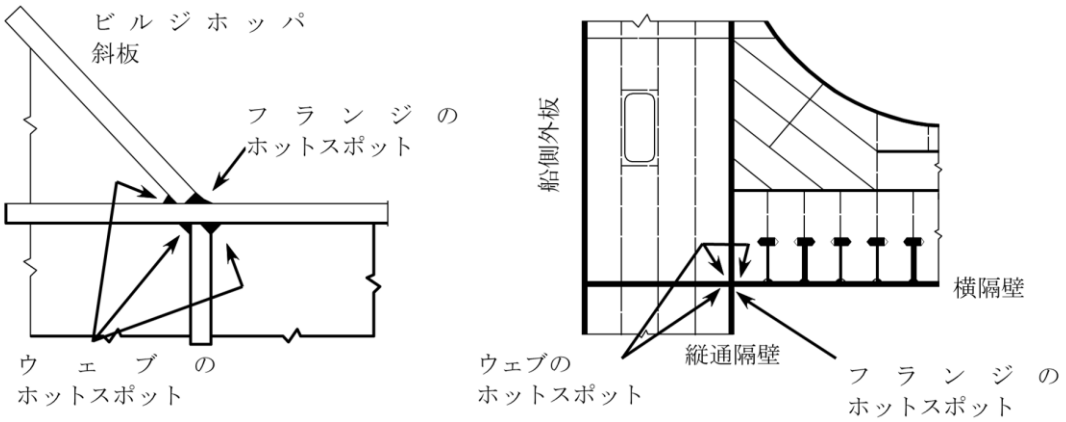
4.1.2

桁等に支持された十字継手のフランジのホットスポット応力の計算手順は，**4.2** による。

4.1.3

桁等に支持された十字継手のウェブのホットスポット応力の計算手順は，**4.3** による。

図 17 桁等に支持された十字継手



4.2 フランジにおけるホットスポット応力の算出

4.2.1

桁等で支持された十字継手のフランジのホットスポットにおいて，表面主応力は，考慮する部材と実際の溶接止端部の位置の隣接する部材の交線からシフトした点で読み取らなければならない。交線は隣接する板が板厚中心合わせと仮定して，十字継手の板厚中心位置とする。

ホットスポット応力（N/mm^2）は，表面主応力に 1.12 を乗じることで求められる。

$$\sigma_{HS} = 1.12\sigma_{shift}$$

σ_{shift}： シフトした応力読み取り点における表面主応力（N/mm^2）

交線からシフトした応力読み取り点は次による。

$$x_{shift} = \frac{t_{1-n50}}{2} + x_{wt}$$

t_{1-n50}： 板部材 1 のネット板厚（mm）で，**図 18** による。

x_{wt}： すみ肉脚長（mm）で，**図 18** による。ただし，t_{1-n50}以下とする。

4.2.2

シフトした位置における応力は次の算式及び**図 19** による。

$$\sigma_{shift} = \left[\sigma_{membrane}(x_{shift}) + 0.60 \cdot \sigma_{bending}(x_{shift})\right] \cdot \beta$$

$\sigma_{bending}(x_{shift})$： シフトした位置における曲げ応力（$N/mm^2$）で，次による。

$$\sigma_{bending}(x_{shift}) = \sigma_{surface}(x_{shift}) - \sigma_{membrane}(x_{shift})$$

$\sigma_{surface}(x_{shift})$： x_{shift}の位置における全表面応力（N/mm^2）（曲げ応力及び膜応力を含んだもの）

$\sigma_{membrane}(x_{shift})$：$x_{shift}$の位置における膜応力（$N/mm^2$）

β： 板部材の角度によるホットスポット応力修正係数で，次による。

$\alpha = 135°$の場合 $\quad \beta = 0.96 - 0.13\frac{x_{wt}}{t_{1-n50}} + 0.20\left(\frac{x_{wt}}{t_{1-n50}}\right)^2$

$\alpha = 120°$の場合 $\quad \beta = 0.97 - 0.14\frac{x_{wt}}{t_{1-n50}} + 0.32\left(\frac{x_{wt}}{t_{1-n50}}\right)^2$

$\alpha = 90°$の場合 $\quad \beta = 0.96 + 0.031\frac{x_{wt}}{t_{1-n50}} + 0.24\left(\frac{x_{wt}}{t_{1-n50}}\right)^2$

α： **図 19** に示す桁等に支持された十字継手を構成する板部材間の角度（度）

βについて，上記以外の板部材の角度に対する修正係数は，線形補間により求める。算出されたホットスポット応力は，**9 章 3 節 4.2** の規定に従い，溶接止端部に対するホットスポットの *S-N* 曲線と合わせて用いなければならない。

図 18 桁等で支持された十字継手の板厚等の定義

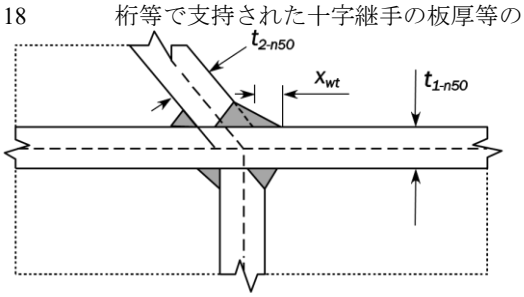


図 19 桁等で支持された十字継手のホットスポット応力の算出手順

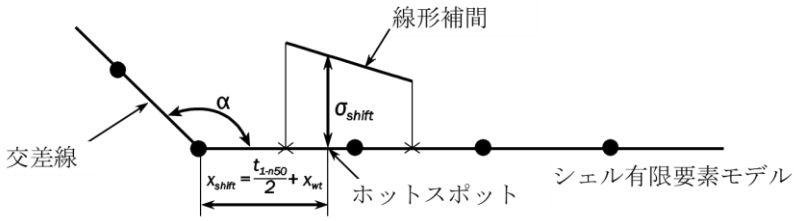
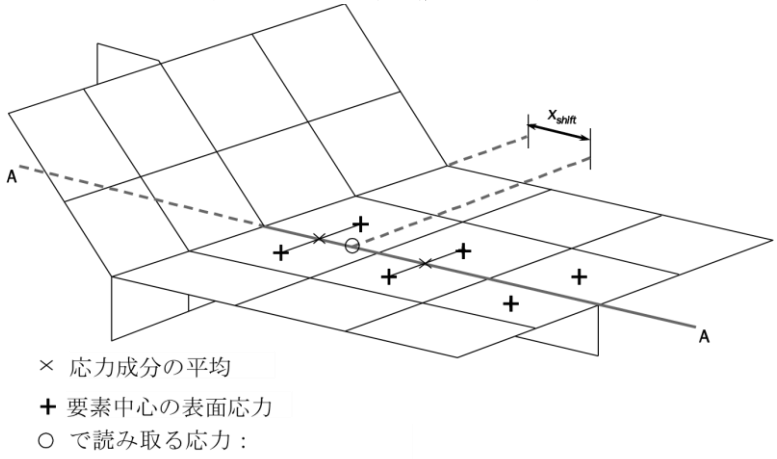


図 20　　桁等で支持された十字継手の応力読み取り点の求め方



4.2.3

線 A-A の左側及び右側の一つ目の 2 つの要素中心における表面主応力を平均して，ウェブ位置（線 A-A）での表面主応力とする。荷重ケース“*i*1”及び“*i*2”における表面主応力は，**図 20** に示すように，線 A-A に沿ってx_{shift}の位置における応力読み取り点でのホットスポット主応力を線形補間により求める。2 つのホットスポット主応力範囲は，荷重ケース“*i*1”及び“*i*2”の間の応力読み取り点で求める。

4.3　　ウェブにおけるホットスポット応力の計算

4.3.1

ウェブのホットスポットは，**図 21** に示すように，垂直部材及び水平部材の要素交線からx_{shift}の距離離れた交線での最大表面主応力により定義されるホットスポット応力で評価しなければならない。交線は隣接する板が板厚中心合わせと仮定して，十字継手の板厚中心位置とする。

$\sigma_{HS} = \sigma_{shift}$

σ_{shift}：　x_{shift}の距離離れた交線における最大表面主応力（N/mm^2）

交線のオフセットにおける応力読み取り点は次による。

$$x_{shift} = \frac{t_{3-n50}}{2} + x_{wt}$$

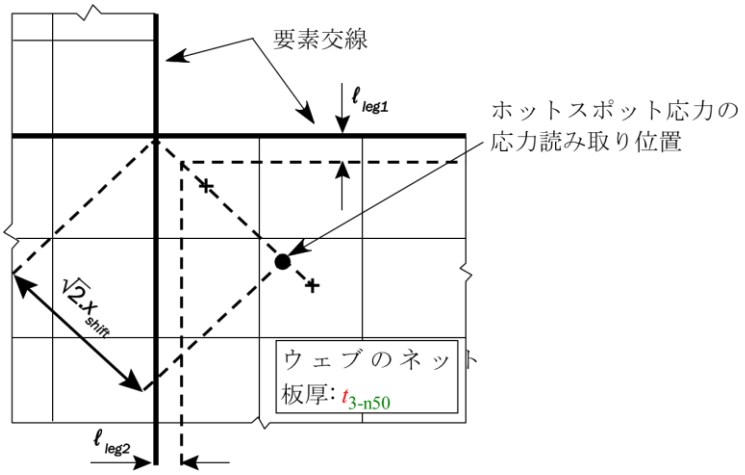
t_{3-n50}：ウェブのネット板厚（mm）で，**図 21** による。

x_{wt}：　すみ肉脚長（mm）で，次による。

$x_{wt} = \min(\ell_{leg1}, \ell_{leg2})$

ℓ_{leg1}, ℓ_{leg2}：垂直方向及び水平方向の溶接線の脚長（mm）で，**図 21** による。

図 21　　ウェブのホットスポット



5. ホットスポット応力手法の制限

5.1 ホットスポット応力手法の適用範囲

5.1.1

応力が，図 22 に示す方向 I に流れる場合，9 章 1 節 2.3.1 に規定するホットスポット応力手法は，簡易十字継手及び簡易 T 字継手には適用できない。ホットスポット位置 *c*（方向 I）における溶接線の法線方向の応力に対しては，シェルモデルの一平面によってのみモデル化されるため，横方向の板への応力の流れはない。ただし，ホットスポット位置 *a* では面内方向（方向 II）に応力を引き付ける。

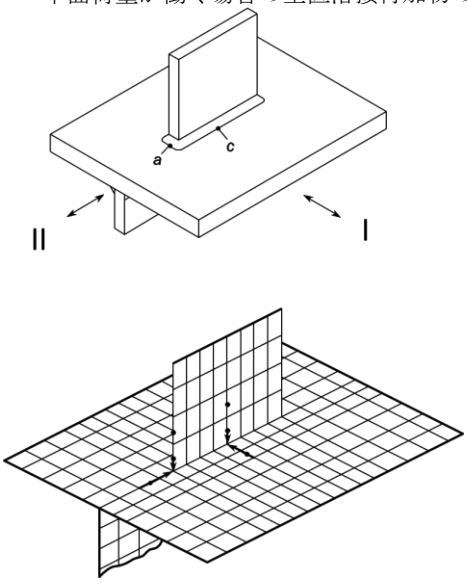
図 1 のように横方向の板の裏側にブラケットがある場合，横方向の板に垂直な方向の剛性に作用するため，応力は横方向の板にも流れる。従って，ホットスポット応力手法は適用できるものとみなす。

5.1.2

簡易十字継手及び簡易 T 字継手の位置 *c* におけるホットスポット応力は，3.1 に規定する応力読み取り手順に従って求められ，次の算式のとおり，形状応力集中係数 1.3 を乗じることにより求める。

$$\sigma_{HS} = 1.3 \cdot 1.12\sigma$$

図 22 平面荷重が働く場合の垂直溶接付加物の評価箇所



6. スクリーニング疲労評価

6.1 スクリーニング手順

6.1.1 前提条件

スクリーニング疲労評価手順は次に基づく。

- スクリーニングホットスポット応力は，7 章 3 節の規定に従って詳細メッシュ解析により求めた応力に，考慮する構造詳細の応力拡大係数を乗じることにより求める。
- 平均応力影響及び板厚影響は，9 章 3 節 3.2 及び 9 章 3 節 3.3 に従って使用する。

6.1.2 手順

スクリーニング疲労評価手順は次の 3 段階とする。

(a) 第 1 段階： 疲労応力の計算

- 応力は，9 章 1 節 7 に規定するすべての疲労荷重ケース及びすべての積付状態に対して，7 章 3 節に従って，50×50*mm* の要素サイズで詳細メッシュ要素解析により応力読み取り点で計算する。使用する応力は 6.2.3 に規定する要素平均膜応力とする。
- ホットスポット表面応力成分は，各荷重ケース“*i*1”及び“*i*2”に対して，次の通り，応力に応力拡大係数ηを乗じることにより計算する。
  - $\sigma_{HS,i1(j)} = \eta\sigma_{s,i1(j)}$

- $\sigma_{HS,i2(j)} = \eta\sigma_{s,i2(j)}$
- ホットスポット表面主応力範囲は，各荷重ケース“*i1*”及び“*i2*”に対して求められるホットスポット応力成分の差とする。
- 溶接継手に対する疲労応力範囲は，ホットスポット表面主応力範囲に平均応力及び板厚影響による修正を考慮して算出する。

$\sigma_{s,i1(j)}$： 積付状態 (*j*) の荷重ケース“*i1*”において詳細メッシュ解析により求める応力で，**6.2** の規定による。
$\sigma_{s,i2(j)}$： 積付状態 (*j*) の荷重ケース“*i2*”において詳細メッシュ解析により求める応力で，**6.2** の規定による。
η： 応力拡大係数で，**表 2** による。

(b) 第 2 段階： *S-N* 線図の選択

9 章 3 節 4 に規定する D 級の *S-N* 線図は，スクリーニング疲労手順における溶接止端部の疲労応力範囲に対して用いなければならない。

(c) 第 3 段階： **6.1.3** による疲労被害度及び疲労寿命の計算

表 2 応力拡大係数

船種	構造詳細の分類		ばら積貨物倉	応力拡大係数
油タンカー	ストリンガ先端部		-	2.45
	横桁のブラケット先端部		-	1.65
ばら積貨物船	ビルジホッパ下部の溶接型ナックル部		*FA* (1)	2.28
			EA 又は *C* (1)	2.00
	下部スツールと内底板の接合部	垂直でない場合（ナックル角 ＞90°）	*FA* (1)	1.81
			EA 又は *C* (1)	1.47
		垂直の場合（ナックル角 ＝90°）	*FA* (1)	2.09
			EA 又は *C* (1)	2.75

(1) *FA* 及び *EA* とは，それぞれ“隔倉積状態における満載の貨物倉”及び“隔倉積状態における空の貨物倉”を示す。また，*C* は *BC-B* 船及び *BC-C* 船の貨物倉を示す。

6.1.3 スクリーニング疲労評価基準

スクリーニングによる全疲労被害度及び疲労寿命は，**9 章 3 節 2** に規定する基準を満足しなければならない。

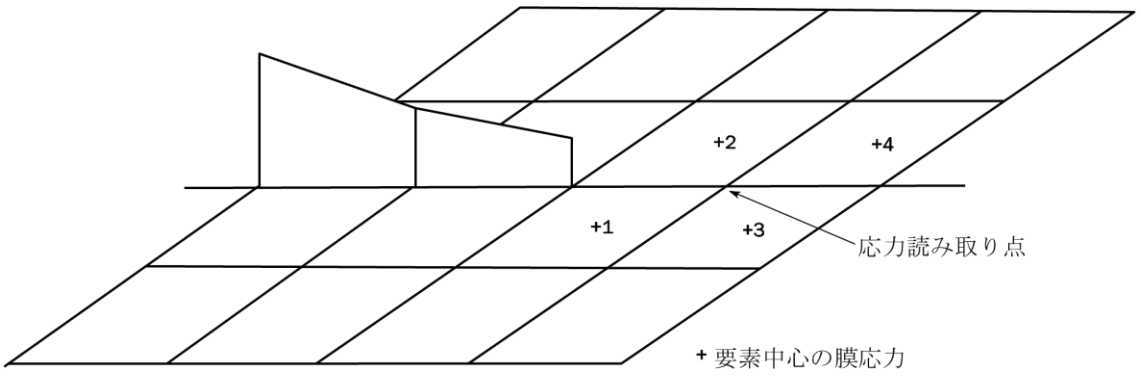
許容基準を満足しない構造詳細は，**9 章 5 節**に規定する極詳細メッシュ有限要素解析を用いた疲労強度評価を行わなければならない。

6.2 応力読み取り手順

6.2.1 ブラケット先端部

ブラケット先端部に対する応力読み取り点は，**図 23** に示すようにブラケット先端部から 50*mm* 離れた位置とする。

図 23 ブラケット先端部における応力読み取り点

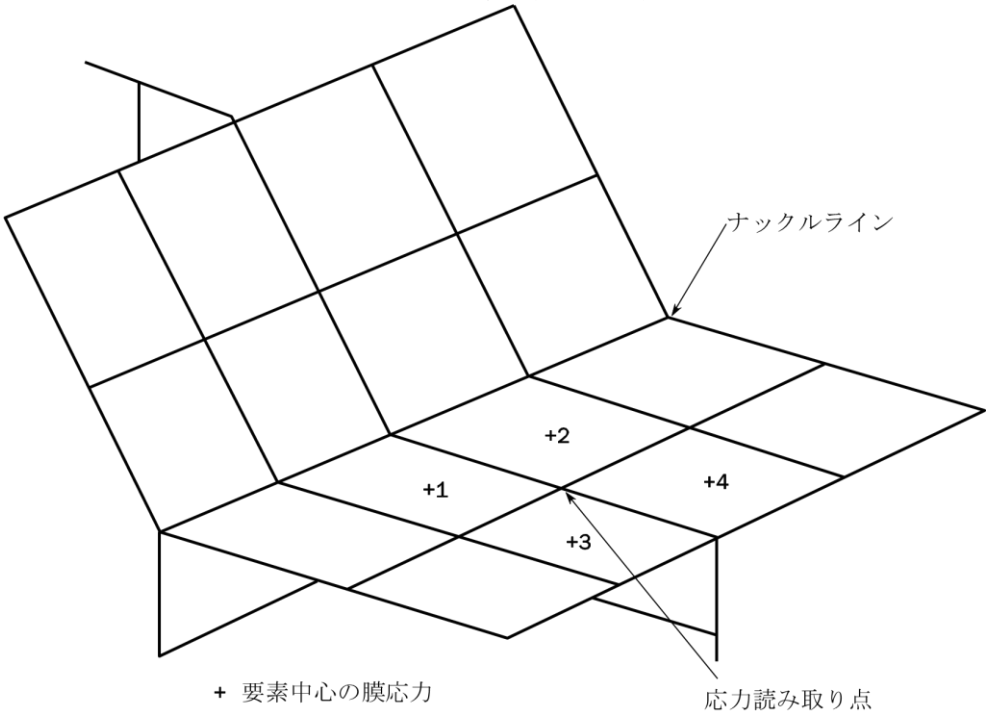


6.2.2 ナックル部の詳細

横隔壁の下部スツールと内底板との結合部及びビルジホッパ下部のナックル部に対する応力読み取り点は，**図 24** に示

すようにナックルライン（モデルの交線）から 50*mm* 離れた位置とする。

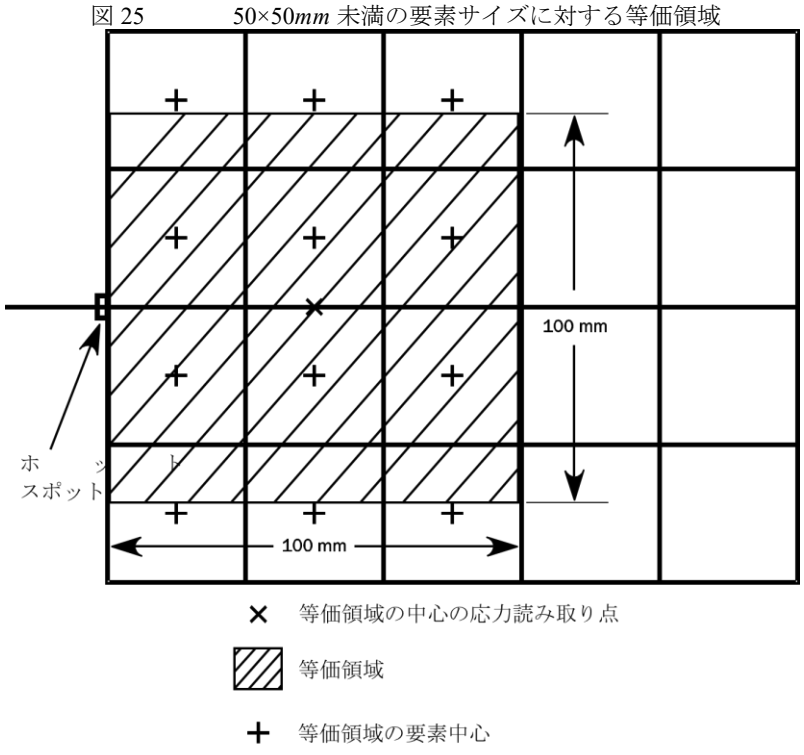
図 24　　ナックル部の詳細の応力読み取り点



6.2.3　　読み取り点の応力

応力読み取り点（又は節点）に隣接する 50×50*mm* の要素サイズでモデル化される 4 節点要素の中心の膜応力成分の平均は，読み取り点の応力として使用して差し支えない。要素サイズが 50×50*mm* 未満の場合，読み取り点の応力は図 25 に示す等価領域の要素を用いて算出して差し支えない。

図 25　　50×50*mm* 未満の要素サイズに対する等価領域



6 節　詳細設計標準

記号

本節に規定されない記号については，**1 章 4 節**による。

1.　一般

1.1　目的

1.1.1

設計標準は，次の点を考慮することにより，構造設計の初期段階において疲労詳細設計を可能とする。

- 疲労設計の原則の適用
- 工作誤差及びその他工作上の配慮
- 運航実績及び疲労強度

1.1.2

次の手段により，船体構造の詳細設計に設計標準を適用しなければならない。

- 船体構造上厳しくなり得る箇所の抽出
- 重要な構造詳細ごとのホットスポット位置の特定
- 適切な選択肢がある場合の改善された代替形状についての要求
- 幾何学形状，部材寸法，溶接要件及び工作誤差に関する要求
- 溶接止端部の表面処理等の疲労寿命を向上させる溶接後処理法

1.2　適用

1.2.1

構造詳細は，本節に規定する設計標準に従って設計しなければならない。ただし，十分な疲労強度を有すると証明する場合は，代替の詳細設計配置としても差し支えない。

9 章 2 節表 3 に規定する構造詳細について，本節に規定する設計標準に従って設計する場合，極詳細メッシュ有限要素解析による疲労強度評価を省略することができる。

2.　防撓材とフレームの結合部

2.1　設計標準 A

2.1.1

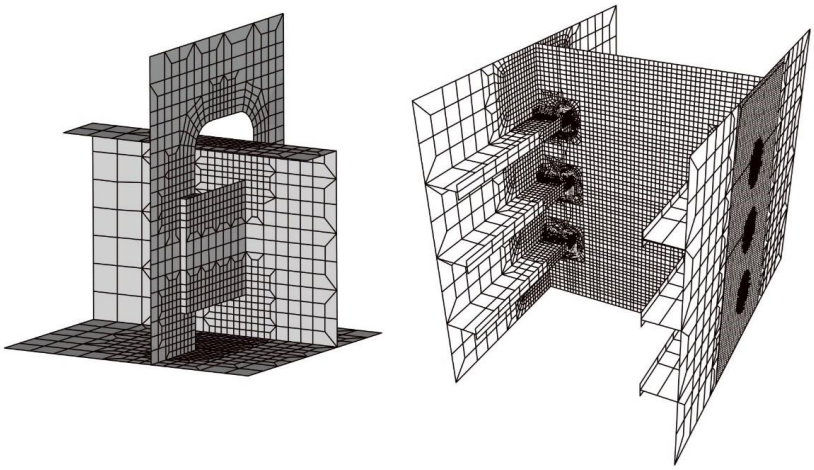
次の部材において，ウェブ防撓材を省略する場合又はウェブ防撓材が縦通部材と結合しない場合，スロット部の設計は堅固なカラーを設けるか，**表 1** に示す設計標準 A 又はそれと同等の詳細設計としなければならない。

- 1.1T_{sc} より下方の船側外板
- 船底外板
- 1.1T_{sc} より下方の二重船側部を形成する縦通隔壁
- 1.1T_{sc} より下方のトップサイドタンク斜板
- ビルジホッパ部
- 内底板

2.1.2

表 1 に示す設計と異なる場合，有限要素法を用いた比較解析等により，疲労強度を満足することを実証しなければならない。有限要素法を用いた比較解析は，**図 1** に示すモデル化の指針に従って実施しなければならない。

図 1　　等価設計の検証に用いる有限要素モデル



2.2　　防撓材とフレームとの結合部の等価設計

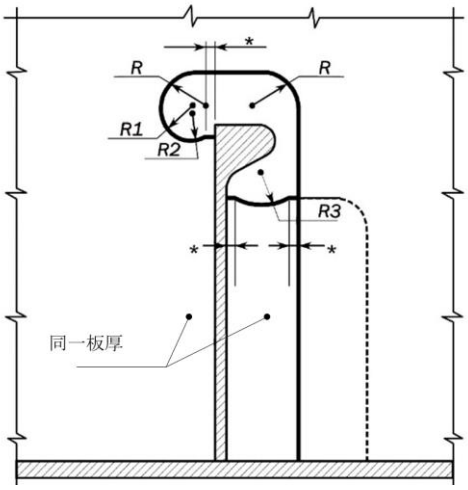
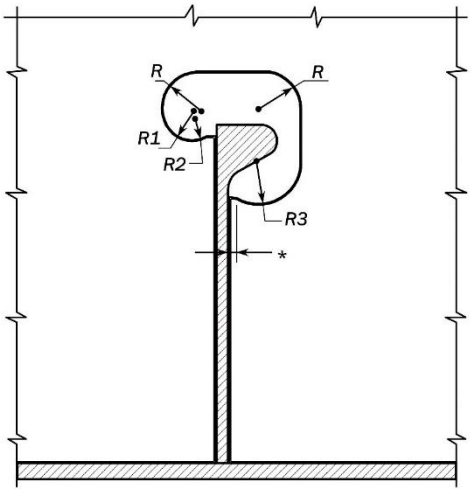
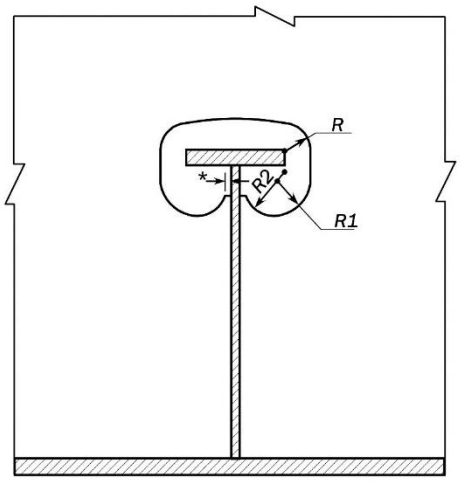
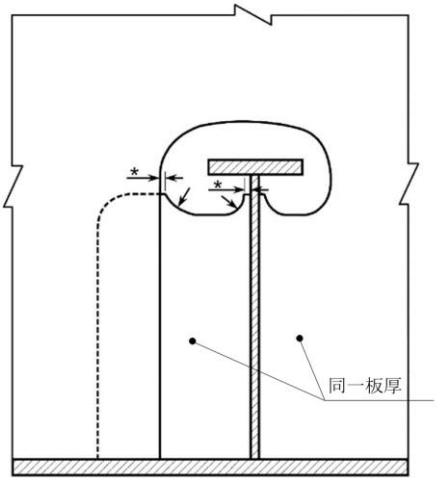
2.2.1

2.1 に規定する防撓材とフレームとの結合部の設計要件によらない場合，その代替設計は，設計標準 A と等価な疲労強度を有すること又は十分な疲労強度を有することを検証しなければならない。代替設計は，**2.2.2** から **2.2.5** に規定する手順により検証を行い，その結果を本会に提出しなければならない。

2.2.2

代替設計が，二重底及び二重船側におけるトランスリングのいかなる位置においても，等価な疲労強度を有することを検証するための手順を，**2.2.3** 及び **2.2.4** に示す。代替設計及び設計要件による設計のホットスポット応力は，スロット近傍の重要なホットスポットにおいて比較しなければならない。重要なホットスポットは詳細設計によるものとし，本会の了承を得て選択しなければならない。ホットスポット応力は **9 章 5 節 3.1** 及び **9 章 5 節 3.2** の規定により算出しなければならない。遊縁の溶接止端部のホットスポットはホットスポットタイプ b に分類される。典型的なホットスポットの例は **9 章 2 節 2** 参照。

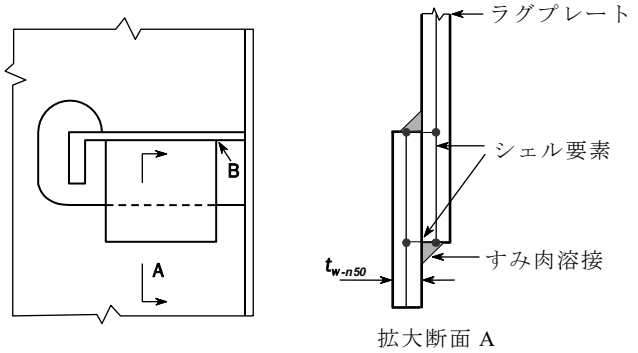
表 1　　設計標準 A - 防撓材とフレームとの結合部

ウェブ防撓材を省略する場合又はウェブ防撓材を縦通防撓材のフランジに結合しない場合の縦通防撓材スロット部	
設計標準 A	
1	2
	
3	4
	
備考 1:　'*'印部のソフトトウは溶接部から曲がり部になめらかに移行するように，溶接脚長に合う寸法としなければならない。最大寸法は，横桁／カラープレート／ラグプレートの板厚のいずれか大きい値又は 15*mm* のうち大きい方とする。 備考 2:　形状 1 及び 4 にラグプレートを使用する場合の例を示す。	
重要部位	スロット近傍の高応力集中箇所及び溶接止端部
詳細設計標準	溶接結合部からのせん断荷重及び局部応力荷重による横桁における高応力集中を避けるようにしたスロット形状
建造許容差	すべての結合部材のアライメント及びスロットの正確な寸法管理は *IACS* 勧告 No.47 によること。
溶接要件	縦通防撓材のウェブに結合する横桁は，回し溶接とし，アンダーカット又はノッチがないこと。

2.2.3

極詳細メッシュ有限要素モデルを作成し，二重船側又は二重底において挙動解析を実施すること。横断面のモデル範囲は防撓材を 3 個含むもの，すなわち 4 防撓材心距分を含むものとし，船長方向範囲は前後方向に 1/2 フレームスペースを含まなければならない。典型的なモデルを**図 1** に示す。モデルは交通口を含んではならない。ラグプレート又は特設肋骨と縦通防撓材ウェブとの結合部，ラグプレートの遊縁と特設肋骨との結合部並びに特設肋骨のスロットは，ネット板厚のメッシュサイズ（$t_{n50}\times t_{n50}$）の要素を用いてモデル化しなければならない。メッシュは全方向に対して少なくとも 5 要素の範囲においてモデル化すること。その範囲外においては，**9 章 5 節 2** の要件に従ってメッシュサイズを徐々に大きくして差し支えない。モデルにはラグプレートによる偏心を含めなければならない。横桁及びラグプレートの結合部は，偏心要素（トランスプレート要素）によりモデル化しなければならない。偏心要素は，高さをラグプレートと横桁の中間層間の距離とし，厚さを特設肋骨のネット板厚 $t_{w\text{-}n50}$ の 2 倍としなければならない。すみ肉溶接による偏心要素を**図 2** に示す。

図 2　　シェル要素による偏心ラグプレートのモデル化



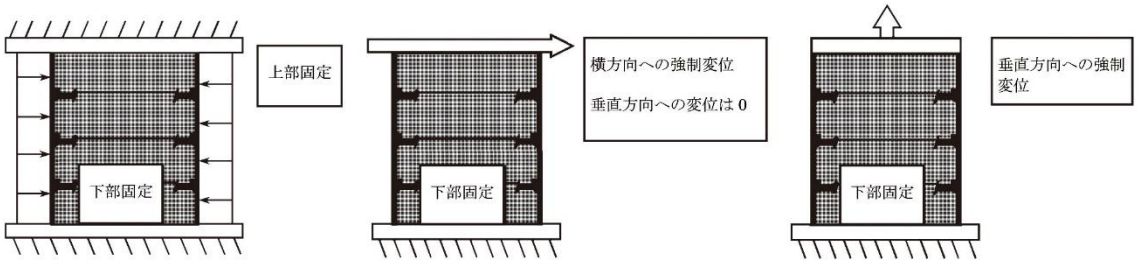
2.2.4

設計標準及び代替設計のモデルに対して次の 3 つの荷重ケースを適用しなければならない。

- モデル上下部の固定境界条件における単位あたりの外圧
- モデル上部の単位あたりの強制変位及びモデル下部の固定境界条件によるせん断応力
- モデル上部の単位あたりの強制変位及びモデル下部の固定境界条件による軸荷重

モデルの前後部は二重船殻構造の挙動を表すよう対称条件とすること。荷重の適用及び境界条件を**図 3** に示す。

図 3　　荷重の適用及び境界条件－代替設計の検証のための有限要素モデル



2.2.5

代替設計は，防撓材とフレームとの結合部の実際の配置に対する極詳細メッシュモデルを用いて解析を行うサブモデリング手法により疲労強度を満足することを確認して差し支えない。代替設計は，**9 章 1 節**に規定する疲労強度許容基準を満足すること。疲労強度許容基準は，**9 章 1 節**，**9 章 3 節**及び**9 章 5 節**に規定する手法を用いて確認すること。代替設計は，解析を実施した特定の箇所のみを認めることとする。

3. ブロック継手のスカラップ

3.1 設計標準 B

3.1.1

貨物タンク区域又は貨物倉区域における強力甲板上及び基線から 0.9*D* より上方の船側にある防撓材におけるブロック継手部のスカラップは，**表 2** に示す設計標準 B に従って設計しなければならない。

4. ホッパーナックルの結合部

4.1 設計標準 C から H

4.1.1

二重船殻油タンカーにおけるビルジホッパ斜板と内底板間の溶接型ナックル部は，**表 3** に示す設計標準 C に従って設計しなければならない。**表 4** に示す設計標準 D は，ビルジホッパ結合部の疲労強度の強化のための代替設計として使用して差し支えない。

4.1.2

ばら積貨物船におけるビルジホッパ斜板と内底板間の溶接型ナックル部は，**表 5** に示す設計標準 E に従って設計しなければならない。

4.1.3

二重船殻油タンカーにおけるビルジホッパ斜板と内底板間の曲げ加工型ナックル部は，**表 6** に示す設計標準 F に従って設計しなければならない。

9 章 5 節 3.3 に従って検証を行う場合にあって，代替設計を用いても差し支えない。

4.1.4

ばら積貨物船におけるビルジホッパ斜板と内底板間の曲げ加工型ナックル部は，**表 7** に示す設計標準 G に従って設計しなければならない。

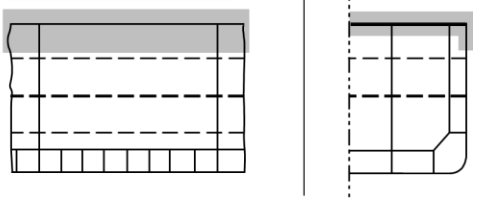
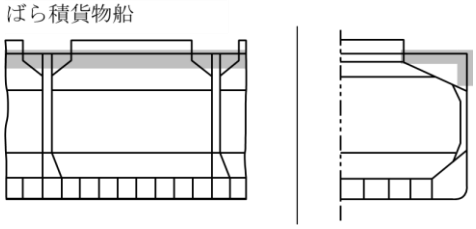
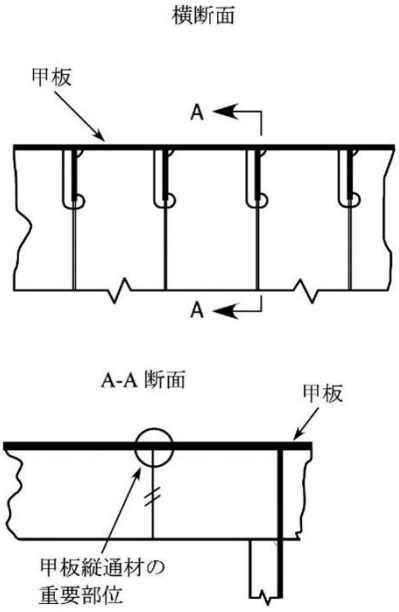
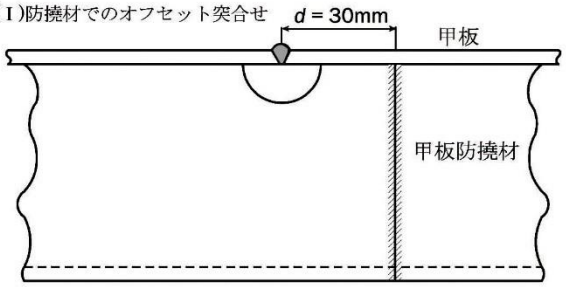
4.1.5

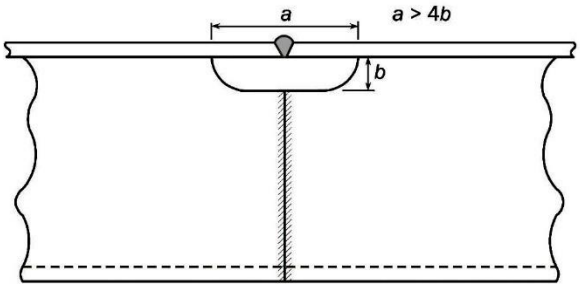
油タンカー及び二重船側構造のばら積貨物船におけるホッパ斜板と二重船側縦通隔壁板間の曲げ加工型ナックル部は，**表 8** に示す設計標準 H に従って設計しなければならない。

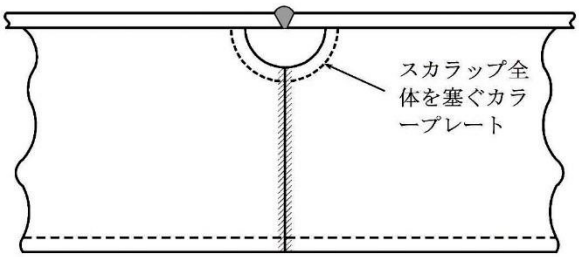
4.1.6

原則として，**表 3** から**表 8** に示す溶接，ドレッシング及び建造許容差の最低要件に従わなければならない。疲労寿命を満足することが実証される場合，船長方向又は船幅方向のブラケット等の支持部材の免除及び/又は代替設計を認めることがある。ホットスポット疲労解析の結果により，インサートプレート及び/又はドレッシングを要求することがある。

表 2　　設計標準 B - ブロック継手のスカラップ

<table>
<tr><td colspan="2">ブロック継手における甲板防撓材の溶接</td></tr>
<tr><td>評価箇所</td><td>設計標準 B</td></tr>
<tr><td>二重船殻油タンカー
 
ばら積貨物船
 
重要部位
 
</td><td>(Ⅰ)防撓材でのオフセット突合せ
 

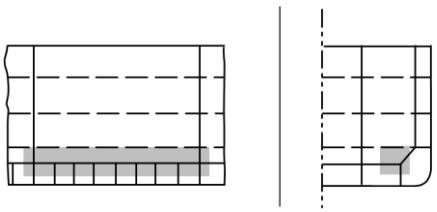
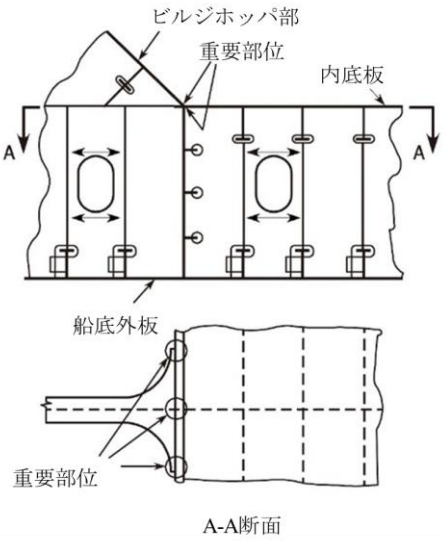
(Ⅱ)防撓材での延長スカラップ
 

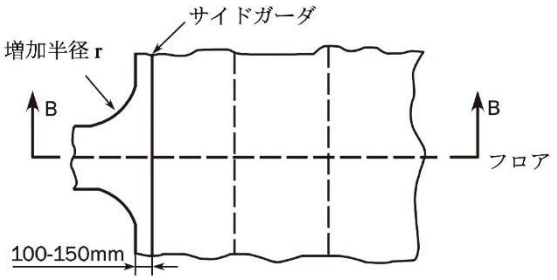
(Ⅲ)カラープレートによる閉鎖スカラップ
 

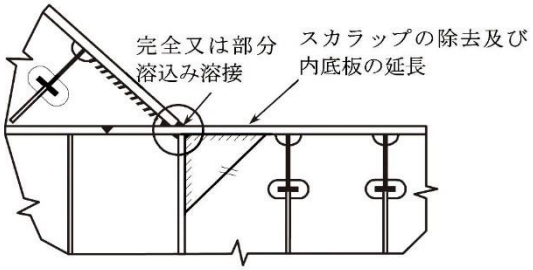
備考 1：溶接箇所の追加の応力集中係数を考慮したハルガーダ荷重に基づき，疲労寿命を満足することが実証される場合，上記(Ⅱ)に示すスカラップ形状の代替設計を認めることがある。</td></tr>
</table>

重要部位	貨物タンク区域における強力甲板上及び基線から 0.9*D* より上方の船側にあるブロック継手における防撓材の溶接
詳細設計標準	全てのスカラップは詳細設計標準 B に従って設置しなければならない。
建造許容差	すべての構造部材のアライメントは *IACS* 勧告 No.47 によること。
溶接要件	ブロック継手における縦通防撓材のウェブ及びフランジ，特に上記(II)のスカラップにおける溶接止端部は，完全溶込み突合せ溶接とし，アンダーカット又はノッチがないこと。

表 3　　設計標準 C - 二重船殻油タンカーにおけるブラケットを有さないビルジホッパナックル結合部の詳細

<table>
<tr><td colspan="2">二重底タンクとビルジホッパタンクにおけるフロアの結合部
内底板とビルジホッパ斜板との溶接結合部</td></tr>
<tr><td>評価箇所</td><td>設計標準 C</td></tr>
<tr><td> 
重要部位
 

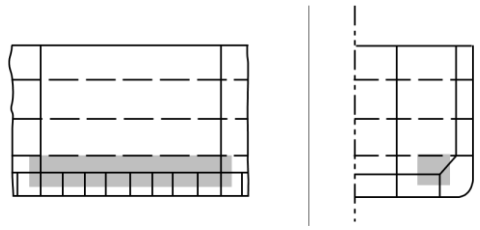
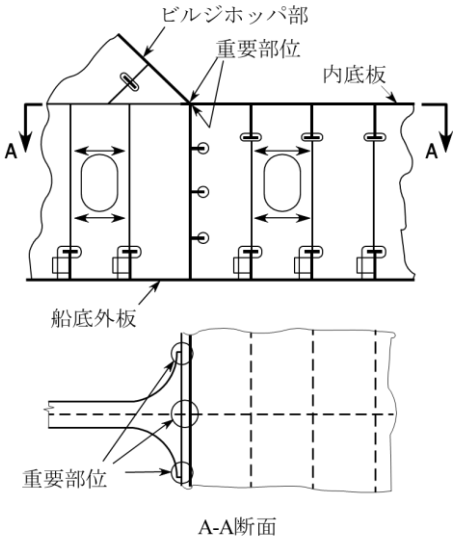
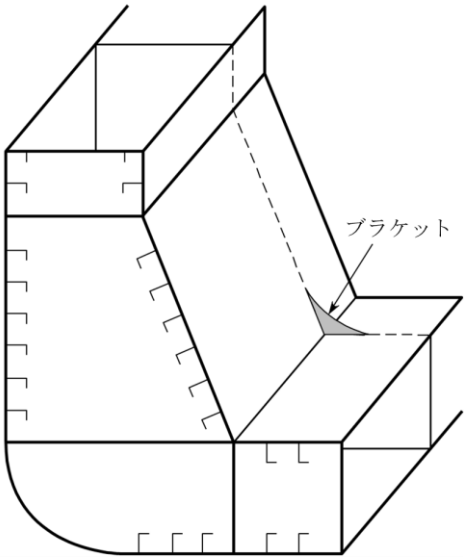
A-A断面</td><td> 

B-B 断面</td></tr>
<tr><td>最低要件</td><td>詳細設計標準 C 又は D とすることを最低要件とする。貨物タンクのビルジホッパ下部のナックル部が塗装されていない場合，床表面は適切な塗料によるストライプ塗装により保護しなければならない。</td></tr>
<tr><td>重要部位</td><td>フロア近傍の内底板とビルジホッパ斜板との結合部。ビルジホッパ端部近傍の内底板及びサイドガーダとフロアとの結合部</td></tr>
<tr><td>詳細設計標準</td><td>ビルジホッパ端部近傍のスカラップを除去すること。また，繰返し波浪変動荷重，貨物慣性圧力及びハルガーダ荷重による合応力のレベルを低減するために内底板を延長すること。スカーフィングブラケットの板厚は，ナックル部における内底板の板厚と同等としなければならない。</td></tr>
<tr><td>建造許容差</td><td>ビルジホッパ斜板の板厚中心線は，$t_{as\text{-}built}/3$ 又は $5mm$ の小さい方の値の許容誤差で，ガーダの板厚中心線と一致させなければならない。ここで，$t_{as\text{-}built}$ はサイドガーダの建造板厚とする。許容誤差は，内底板に平行に計測しなければならない。</td></tr>
<tr><td>溶接要件</td><td>ビルジホッパ斜板と内底板との結合部は完全又は部分溶込み溶接としなければならない。サイドガーダと内底板との結合部，フロアと内底板及びサイドガーダとの結合部，ビルジホッパナックル部におけるビルジホッパトランスウェブとビルジホッパ斜板，内底板及びサイドガーダとの結合部は部分溶込み溶接としなければならない。完全及び部分溶込み溶接の定義及びその適用範囲は 12 章 3 節の規定による。
ホッパ斜板と内底板との溶接部はビードを増し，グラインダにより滑らかにすること。明らかなアンダーカットは除去すること。（9 章 3 節 6 参照）</td></tr>
</table>

	増し溶接及びグラインディングは，少なくともフロアの両側 200*mm* の範囲に適用すること。

表 4　　設計標準 D - 二重船殻油タンカーにおけるブラケットを有するビルジホッパナックル結合部の詳細

<table>
<tr><td colspan="2">二重底タンクとビルジホッパタンクにおけるフロアの結合部
内底板とビルジホッパ斜板との溶接結合部</td></tr>
<tr><td>評価箇所</td><td>設計標準 D</td></tr>
<tr><td> 
重要部位
 
</td><td> 

備考 1：ブラケットを貨物タンク内に設けること。
備考 2：ブラケットの幅及び高さは，おおよそ当該結合部から 1 本目の縦通防撓材までとすること。
備考 3：ブラケットの先端はソフトトウとすること。
備考 4：ブラケットの材料は内底板と等しくすること。
備考 5：ブラケットの細長比は 8 章 5 節 2.2.2 によること。</td></tr>
<tr><td>最低要件</td><td>詳細設計標準 C 又は D とすることを最低要件とする。</td></tr>
<tr><td>重要部位</td><td>フロア近傍の内底板とビルジホッパ斜板との結合部。ビルジホッパ端部近傍の内底板及びサイドガーダとフロアとの結合部。内底板及びビルジホッパ斜板とブラケットの結合部</td></tr>
<tr><td>詳細設計標準</td><td>ビルジホッパ端部近傍のスカラップを除去すること。また，繰返し波浪変動荷重，貨物慣性圧力及びハルガーダ荷重による合応力のレベルを低減するために内底板を延長すること。スカーフィングブラケットの板厚は，ナックル部における内底板の板厚と同等としなければならない。</td></tr>
<tr><td>建造許容差</td><td>ビルジホッパ斜板の板厚中心線は，$t_{as\text{-}built}$ /3 又は 5mm の小さい方の値の許容誤差で，ガーダの板厚中心線と一致させなければならない。ここで，$t_{as\text{-}built}$ はサイドガーダの建造板厚とする。</td></tr>
<tr><td>溶接要件</td><td>ビルジホッパ斜板と内底板との結合部，サイドガーダと内底板の結合部，フロアと内底板及びサイドガーダとの結合部，ビルジホッパナックル部におけるビルジホッパトランスウェブとビルジホッパ斜板，内底板及びサイドガーダとの結合部は部分溶込み溶接としなければならない。
ブラケットと内底板及びビルジホッパ斜板との結合部は部分溶込み溶接としなければならない。ただし，ブラケットトウについては，完全溶込み溶接としなければならない。完全及び部分溶込み溶接の定義及びその適用範囲は 12 章 3 節の規定による。</td></tr>
</table>

表 5　　設計標準 E - ばら積貨物船における溶接型ビルジホッパナックル結合部の詳細

二重底タンクとビルジホッパタンクにおけるフロアの結合部

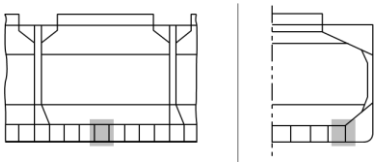
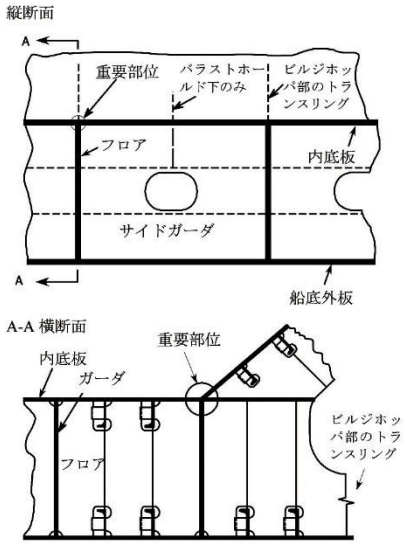
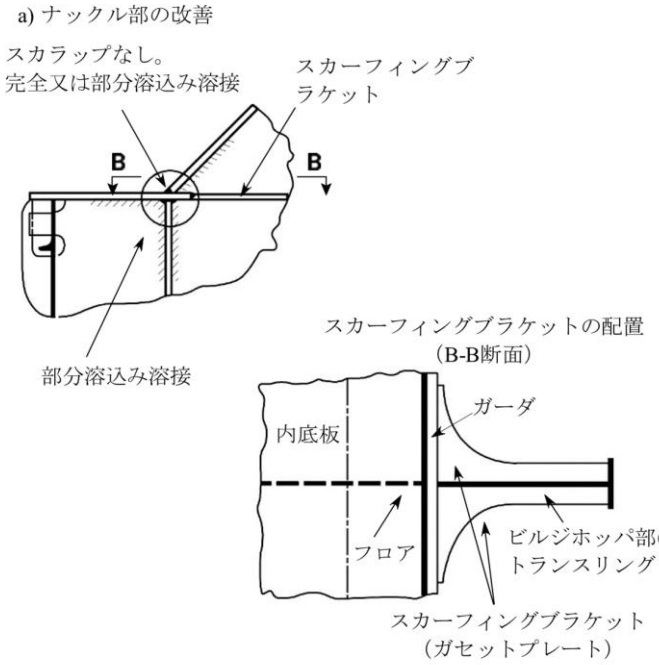
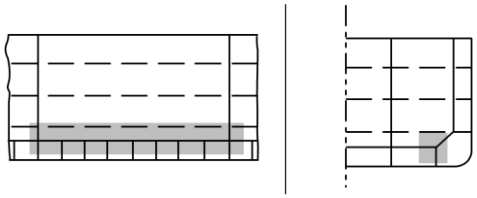
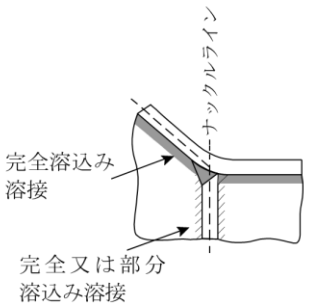
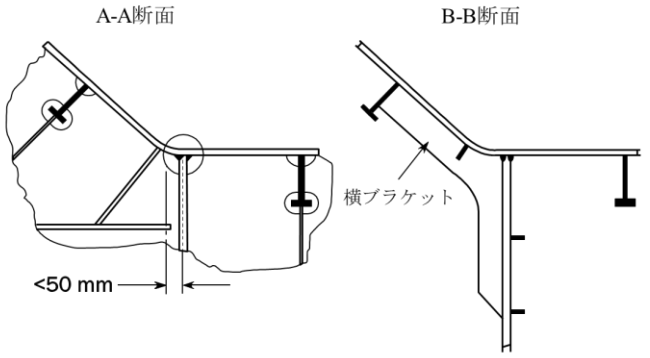
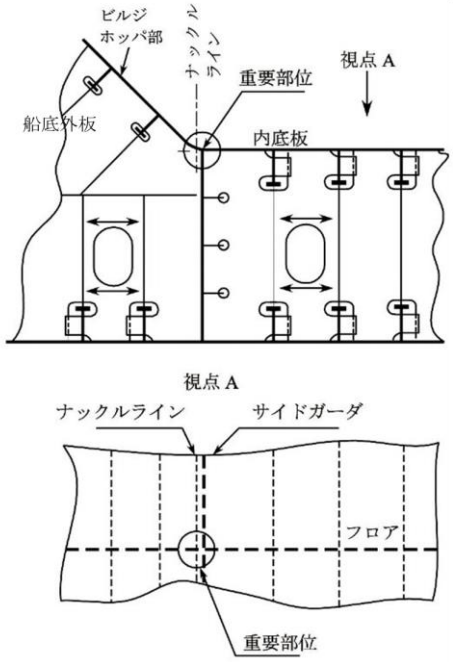
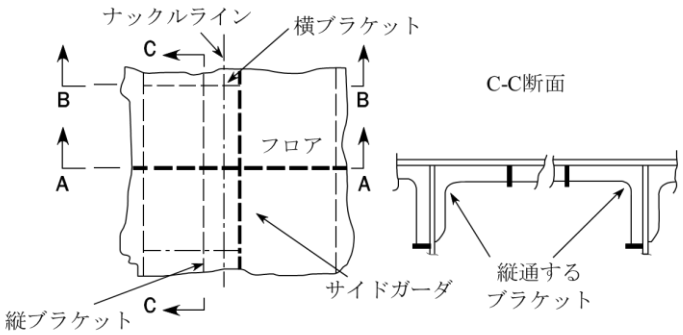
<table>
<tr><td colspan="2">ビルジホッパタンク斜板と内底板との溶接型ナックル結合部</td></tr>
<tr><td>評価箇所</td><td>設計標準 E</td></tr>
<tr><td> 
重要部位
 
</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>最低要件</td><td>詳細設計標準 E とすることを最低要件とする。
バラスト兼用倉: スカラップなし又はカラープレートによりスカラップを塞ぐこと。スカーフィングブラケットを設けること。フロアの心距が 2.5m より大きい場合，中間ブラケットを設けること。
乾貨物倉: スカラップなし又はカラープレートによりスカラップを塞ぐこと。スカーフィングブラケットを設けること。</td></tr>
<tr><td>重要部位</td><td>フロア近傍の内底板とビルジホッパ斜板との結合部。ビルジホッパナックル部近傍の内底板及びサイドガーダとフロアとの結合部</td></tr>
<tr><td>詳細設計標準</td><td>ビルジホッパナックル部近傍のスカラップを除去すること。また，繰返し波浪変動荷重，貨物慣性圧力及びハルガーダ荷重による合応力のレベルを低減するために内底板を延長すること。スカーフィングブラケットのネット板厚は，ナックル部における内底板の板厚の 80%以上とし，その鋼材は内底板と同じ降伏強度のものでなければならない。</td></tr>
<tr><td>建造許容差</td><td>ビルジホッパ斜板の板厚中心線は，$t_{as\text{-}built}$ /3 又は 5mm の小さい方の値の許容誤差で，ガーダの板厚中心線と一致させなければならない。ここで，$t_{as\text{-}built}$ はサイドガーダの建造板厚とする。</td></tr>
<tr><td>溶接要件</td><td>貨物倉内において，ビルジホッパ斜板と内底板との結合部は完全又は部分溶込み溶接としなければならない。サイドガーダと内底板との結合部，フロアと内底板及びサイドガーダとの結合部，ビルジホッパナックル部におけるビルジホッパトランスウェブとビルジホッパ斜板，内底板及びサイドガーダとの結合部は部分溶込み溶接としなければならない。
ホッパ斜板と内底板との溶接部はビードを増し，グラインダにより滑らかにすること。明らかなアンダーカットは除去すること。増し溶接及びグラインディングは，少なくともフロアの両側 200mm の範囲に適用すること。完全及び部分溶込み溶接の定義及びその適用範囲は 12 章 3 節の規定による。</td></tr>
</table>

表 6　　設計標準 F - 二重船殻油タンカーにおける曲げ加工型ビルジホッパナックル結合部の詳細

二重底タンクとビルジホッパタンクにおけるフロアの結合部
ビルジホッパタンク斜板と内底板との間の曲げ加工型ナックル結合部

評価箇所	設計標準 F
	
重要部位	
	

備考 1：サイドガーダからナックル中心までの距離は，できる限り小さくし，50*mm* を超えてはならない。

備考 2：ナックル部の半径は，4.5 $t_{as\text{-}built}$ 又は 100*mm* のうち，いずれか大きい方の値以上としなければならない。ここで，$t_{as\text{-}built}$ はナックル部の建造板厚とする。

備考 3：追加の横ブラケットは，フロアとビルジホッパの結合部の両側に，適切な距離で配置すること。

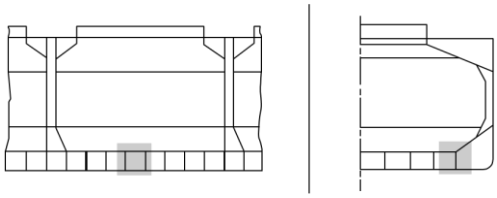
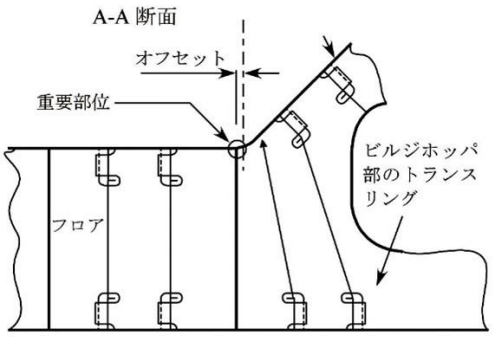
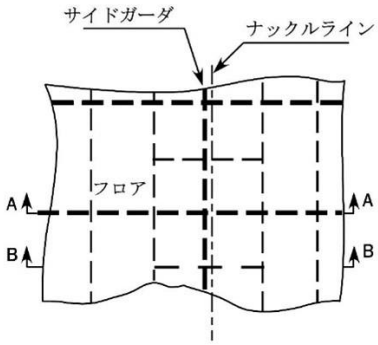
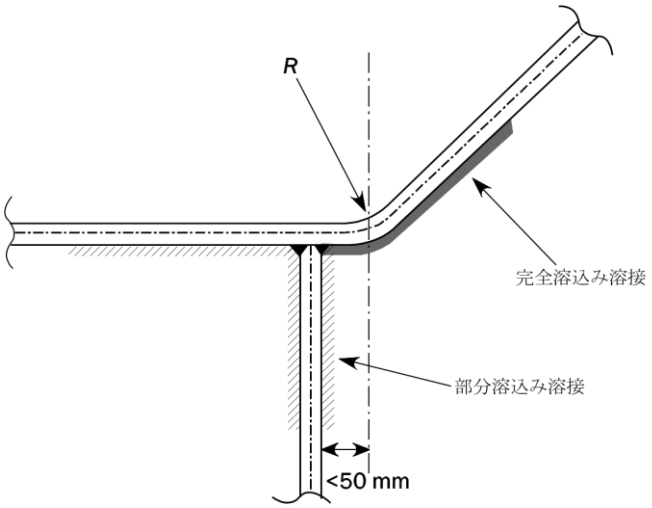
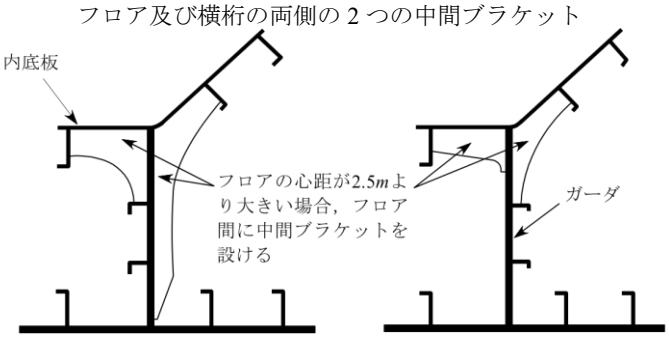
備考 4：追加の縦ブラケットは，ホッパ斜板に設けること。

備考 5：**9 章 5 節**による疲労強度評価要件及び**7 章 3 節**による局部強度評価要件を満足することにより，ガーダがナックルラインにおいて十分に支持していることを確認できる場合，縦及び/又は横ブラケットを省略して差し支えない。

重要部位	ビルジホッパナックル部近傍のサイドガーダとフロア及びホッパタンク内の横桁との結合部並びに内底板及びビルジホッパ斜板とフロア及びホッパタンク内の横桁とのそれぞれの結合部。フロア近傍のサイドガーダと内底板の結合部

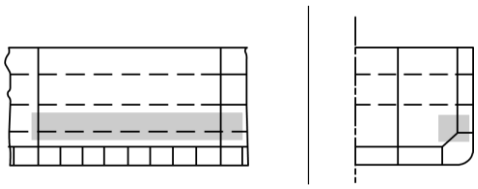
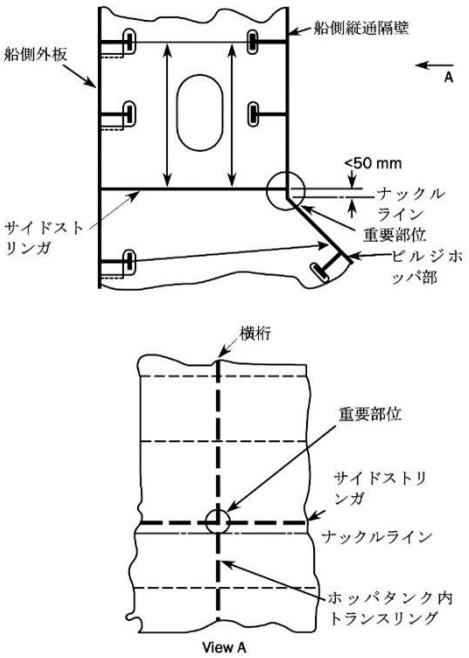
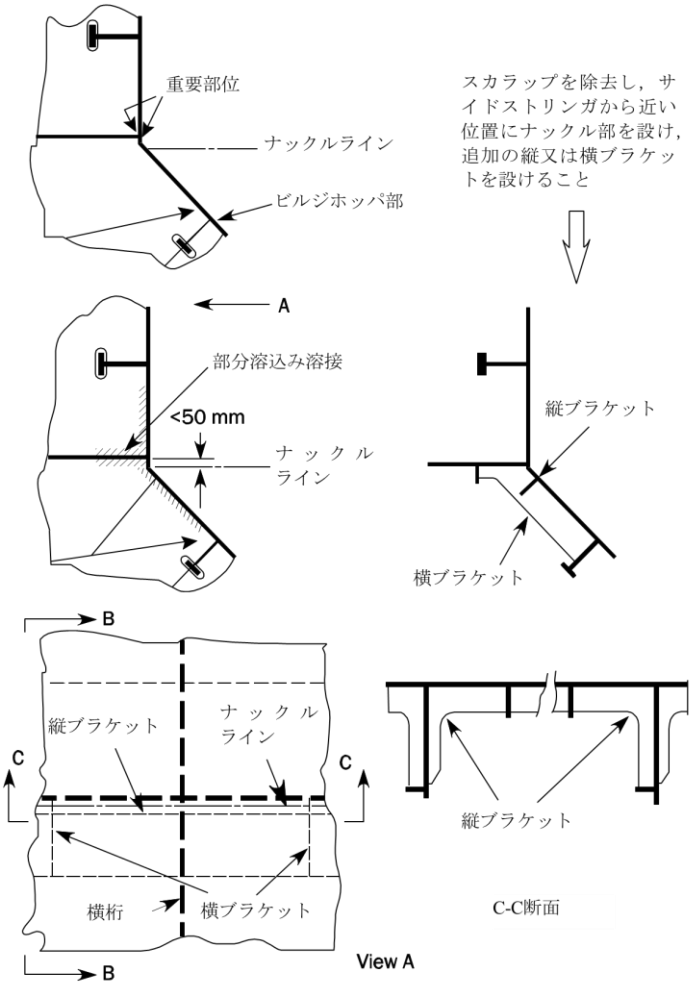
詳細設計標準	ビルジホッパ部とガーダとの結合部近傍のスカラップを除去すること。また，繰返し波浪変動荷重，貨物慣性圧力及びハルガーダ荷重による合応力の範囲及び最大値を低減させるために追加の縦又は横ブラケットを設けること。さらに，ビルジホッパ斜板に追加の支持部材を設けること。
建造許容差	隣接する 2 つの部材（フロア，ビルジホッパ部のトランスウェブ等）の板厚中心の誤差は，サイドガーダの建造板厚の 1/3 を超えてはならない。
溶接要件	曲げ加工型ビルジホッパナックル部近傍のフロアとビルジホッパ斜板及び内底板との結合部は，完全溶込み溶接としなければならない。ビルジホッパ端部におけるサイドガーダとフロア及びホッパタンク内の横桁との結合部，サイドガーダとビルジホッパ斜板及び内底板との結合部は，部分溶込み溶接としなければならない。完全及び部分溶込み溶接の定義並びにその適用範囲は，**12 章 3 節**の規定による。疲労強度を改善するため，曲げ加工型ナックル部，フロア及びサイドガーダ間の交差部から少なくとも 300*mm* の範囲にある完全及び部分溶込み溶接部は，ビードを増し，グラインダにより滑らかにすること。

表 7　　設計標準 G - ばら積貨物船における曲げ加工型ビルジホッパナックル結合部の詳細

<table>
<tr><td colspan="2">二重底タンクとビルジホッパタンクにおけるフロアの結合部
ビルジホッパタンク斜板と内底板との間の曲げ加工型ナックル結合部</td></tr>
<tr><td>評価箇所</td><td>設計標準 G</td></tr>
<tr><td> 
重要部位
 
  </td><td> 
中間ブラケットの配置（B-B 断面）
フロア及び横桁の両側の 2 つの中間ブラケット
 
備考 1：サイドガーダからナックル中心までの距離はできる限り小さくし，50 mm を超えてはならない。
備考 2：ナックル部の半径は，4.5 $t_{as\text{-}built}$ 又は 100mm のうち，いずれか大きい方の値以上としなければならない。ここで，$t_{as\text{-}built}$ はナックル部の建造板厚とする。
備考 3：追加の横ブラケットは，フロアとビルジホッパ斜板との結合部の両側に設けること。
備考 4：9 章 5 節による疲労強度評価要件及び 7 章 3 節による局部強度評価要件を満足することにより，ガーダがナックルラインにおいて十分に支持していることを確認できる場合，横ブラケットを省略して差し支えない。</td></tr>
<tr><td>重要部位</td><td>フロア近傍の内底板とサイドガーダとの結合部。内底板及びビルジホッパ斜板とフロア及びホッパタンク内の横桁とのそれぞれの結合部</td></tr>
<tr><td>詳細設計標準</td><td>ビルジホッパ部とガーダとの結合部近傍のスカラップを除去すること。
バラスト倉 : フロア及びビルジホッパ部の横桁からフロアの心距のほぼ中間の位置に中間ブラケットを設けること。
乾貨物倉：フロアの心距が 2.5m 以上の場合，フロア及びビルジホッパ部の横桁からフロアの心距の中間の位置に中間ブラケットを設けること。</td></tr>
</table>

建造許容差	隣接する 2 つの部材（フロア，ビルジホッパ部のトランスウェブ及び追加の支持ブラケット等）の板厚中心の誤差は，サイドガーダの建造板厚の 1/3 を超えてはならない。
溶接要件	曲げ加工型ビルジホッパナックル部近傍のビルジホッパ斜板及び内底板とフロアとの結合部は，完全溶込み溶接としなければならない。ビルジホッパ端部近傍のサイドガーダとフロア及びビルジホッパ部の横桁との結合部，ホッパ斜板及び内底板とサイドガーダとの結合部は，部分溶込み溶接としなければならない。完全及び部分溶込み溶接の定義並びにその適用範囲は，**12 章 3 節**の規定による。

表 8　　設計標準 H - 油タンカー及び二重船側構造ばら積貨物船におけるビルジホッパ上部の曲げ加工型ビルジホッパナックル結合部の詳細

<table>
<tr><td colspan="2">二重底タンクとビルジホッパタンクにおける横桁の結合部
船側縦通隔壁とビルジホッパ斜板との間の曲げ加工型ナックル結合部</td></tr>
<tr><td>評価箇所</td><td>設計標準 H</td></tr>
<tr><td> 
重要部位
  </td><td> 
備考 1： サイドストリンガからナックル中心までの距離は，できる限り小さくし，50 mm を超えてはならない。
備考 2： 12 章 1 節 3 及び 4 に従い，ナックル部の半径は，4.5 $t_{as\text{-}built}$ 又は 100mm のうち，いずれか大きい方の値以上としなければならない。ここで，$t_{as\text{-}built}$ はナックル部の建造板厚とする。
備考 3： 追加の横ブラケットは，フロアとビルジホッパ斜板との結合部の両側に適切な距離で配置すること。
備考 4： 追加の縦ブラケットは，ホッパ斜板に設けること。
備考 5： 9 章 5 節による疲労強度評価要件及び7 章 3 節による局部強度評価要件を満足することにより，ガーダがナックルラインにおいて十分に支持していることを確認できる場合，縦及び/又は横ブラケットを省略して差し支えない。</td></tr>
<tr><td>重要部位</td><td>横桁における船側縦通隔壁とサイドストリンガとの結合部
ビルジホッパ端部近傍の船側縦通隔壁及びサイドストリンガと二重船側タンク内の横桁及びホッパタンク内の横桁とのそれぞれの結合部</td></tr>
</table>

詳細設計標準	ビルジホッパ端部近傍のスカラップを除去し，ナックル部とサイドストリンガとの距離を近くすること。 繰返し波浪変動圧力及び貨物慣性応力から生じる合応力の範囲及び最大値を低減させるために追加の縦及び又は横ブラケットを設けること。
建造許容差	隣接する 2 つの部材の板厚中心の誤差は，サイドストリンガの建造板厚の 1/3 を超えてはならない。
溶接要件	サイドストリンガと船側縦通隔壁との結合部，二重船側タンク内の横桁と船側縦通隔壁及びサイドストリンガとの結合部，ビルジホッパ端部におけるホッパタンク内の横桁と船側縦通隔壁斜板及びサイドストリンガとの結合部は，部分溶込み溶接とすること。スカラップを除去する箇所にあっては，サイドストリンガと縦通隔壁との連続溶接のために設けるスカラップは，溶接施工後に溶接により閉鎖される適切な形状の小さなスカラップとしなければならない。完全及び部分溶込み溶接の定義並びにその適用範囲は，**12 章 3 節**の規定による。

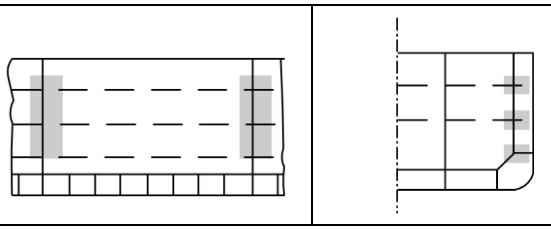
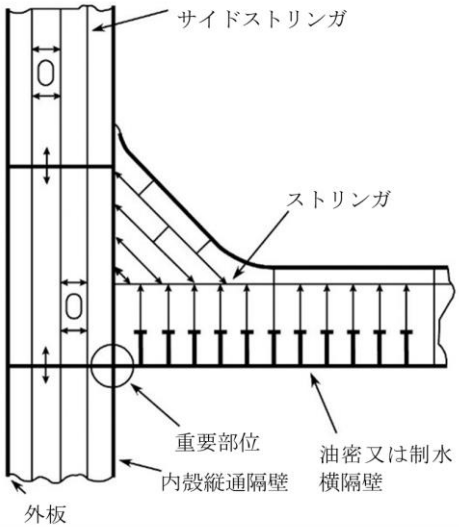
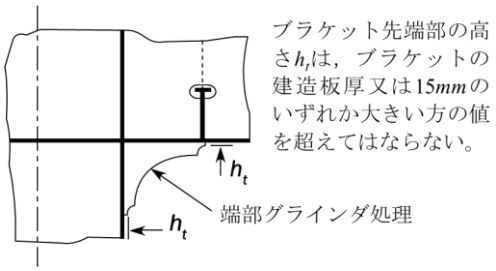
5. ストリンガのヒール部

5.1 設計標準 I

5.1.1

二重船殻油タンカーの油密及び制水横隔壁板と内殻縦通隔壁板との間のストリンガのヒール部は，**表 9** に示す設計標準 I に従って設計しなければならない。

表 9 設計標準 I - 横隔壁付ストリンガのヒール部

<table>
<tr><td colspan="2">内殻縦通隔壁と油密横隔壁板付ストリンガ又は制水隔壁板付ストリンガとの結合部</td></tr>
<tr><td>評価箇所</td><td>設計標準 I</td></tr>
<tr><td> 
重要部位
 
</td><td> 

備考 1： 面材が必要な場合, 面材の継手位置において応力集中を軽減するような設計（例 : テーパやソフト形状等）とすることを推奨する。継手位置におけるブラケット端部の溶接部の疲労寿命を確認しなければならない。
備考 2： 上図のようにブラケット先端部近傍のスロットは，スリット形状としなければならない。はめ込み型のカラープレートを使用しても差し支えない。スカラップは除去しなければならない。</td></tr>
<tr><td>重要部位</td><td>横隔壁付ストリンガのウェブと二重船側タンク内の四角形の角部を形成するサイドストリンガとの交差部</td></tr>
<tr><td>詳細設計標準</td><td>ソフトトウの裏当てブラケットを設けなければならない。ブラケットの寸法は次を推奨する。
VLCC: 800×800×30, R600（上図に示すソフトトウとする）
その他のタンカー: 800×600×25, R550 （ブラケットの長腕が内部材に達している場合，上図に示すソフトトウとする）
ブラケットの最小降伏応力は 315N/mm^2 以上としなければならない。遊辺はグラインダ処理し，角部を丸くしなければならない。</td></tr>
<tr><td>建造許容差</td><td>隣接する 2 つの部材の板厚中心の誤差は，船側縦通隔壁の建造板厚の 1/3 を超えてはならない。</td></tr>
<tr><td>溶接要件</td><td>縦通隔壁板と横隔壁板の垂直溶接部は，最小溶接係数を 0.44 としたすみ肉溶接とすること。
裏当てブラケットとそれに隣接する板部材との溶接部は，ブラケット先端部を除き最小溶接係数を 0.44 とした両面すみ肉溶接とすること。ブラケット先端部と船側縦通隔壁板及び横隔壁板との結合部は，先端部から 200mm の範囲において完全溶込み溶接とし，溶接止端部はグラインダ処理すること。</td></tr>
</table>

6. 下部及び上部スツールと隔壁との結合部

6.1 設計標準 J, K 及び L

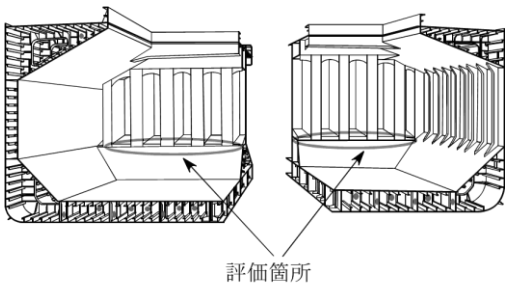
6.1.1

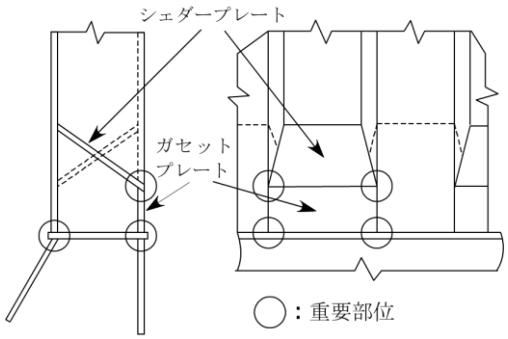
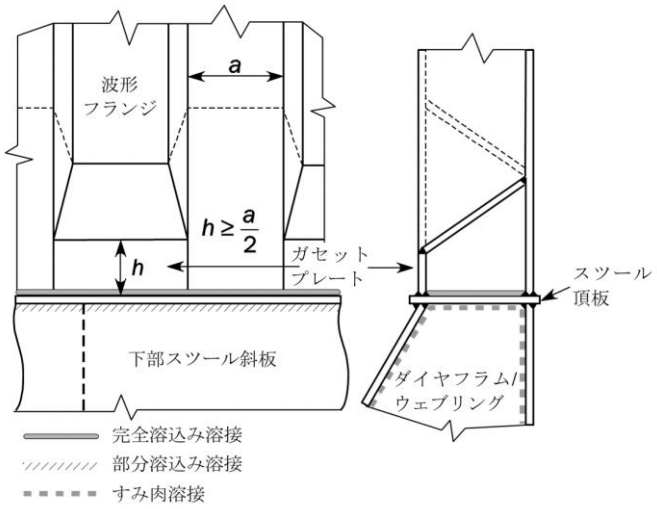
ばら積貨物船及び油タンカーの下部スツールと隔壁との溶接結合部は，それぞれ**表 10** 及び**表 11** に示す設計標準 J 及び K に従って設計しなければならない。

6.1.2

ばら積貨物船の上部スツールと隔壁との溶接結合部は，**表 12** に示す設計標準 L に従って設計しなければならない。

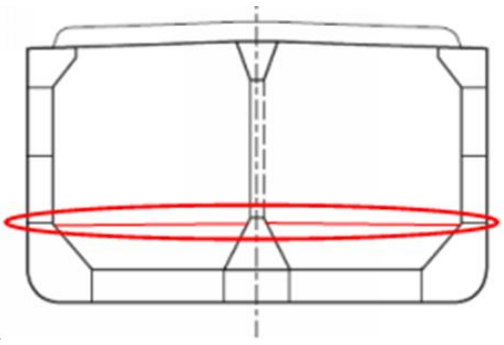
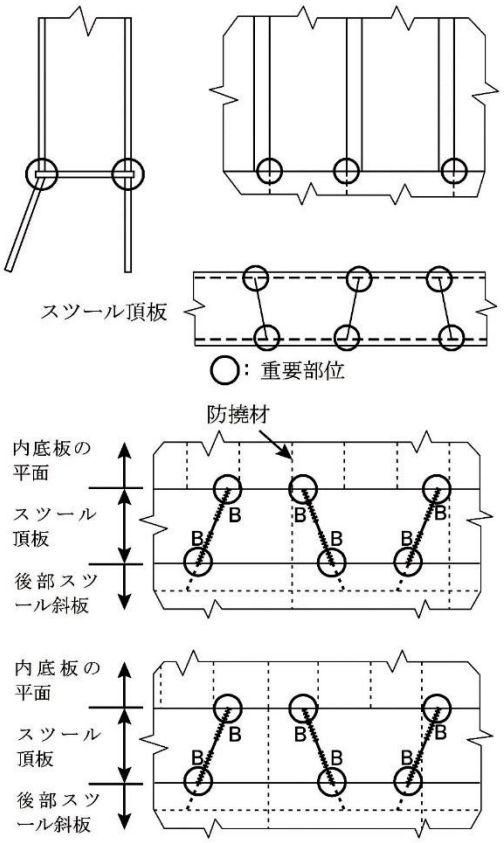
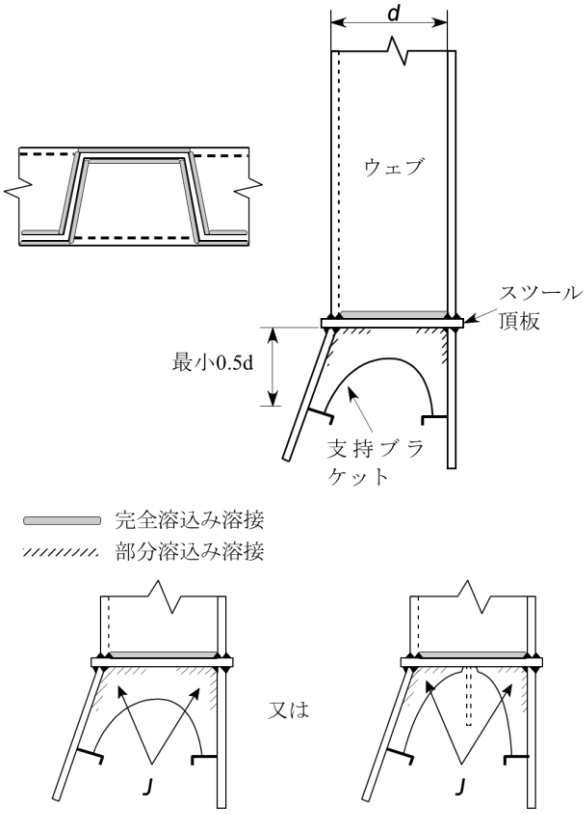
表 10　　設計標準 J - ばら積貨物船における横隔壁結合部の詳細（バラストホールド）

<table>
<tr><td colspan="2">下部スツールと横隔壁との結合部</td></tr>
<tr><td>評価箇所</td><td>設計標準 J</td></tr>
<tr><td> 

重要部位
 
</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>重要部位</td><td>下部スツール頂板と下部スツール及び波形横隔壁との結合部
シェダープレートと波形横隔壁との結合部</td></tr>
<tr><td>詳細設計標準</td><td>下部スツール頂板位置におけるダイヤフラム及びウェブにはスカラップを設けてはならない。
波形隔壁にはガセットプレートを設けなければならない。
ガセットプレートは，波形隔壁と同一の材料とし，波形隔壁の建造板厚と等しくしなければならない。また，ガセットプレートの高さは，波形フランジの半幅よりも大きくしなければならない。
シェダープレートの交差部の応力集中を低減するために，図に示すように，非対称なシェダープレートとしなければならない。バラスト兼用倉に面するシェダープレート下部の交差部に支持防撓材を設けることとしても差し支えない。</td></tr>
<tr><td>建造許容差</td><td>下部スツール斜板と波形フランジとのアライメントは IACS 勧告 No.47 によること。</td></tr>
<tr><td>溶接要件</td><td>下部スツール頂板と下部スツールの側板及び波形隔壁との結合部は，完全溶込み溶接としなければならない。
ガセットプレートの周囲は部分溶込み溶接としなければならない。ただし，下部スツール頂板とガ</td></tr>
</table>

	セットプレートとの結合部は完全溶込み溶接としなければならない。 溶接始端部及び溶接止端部は重要部位からできる限り離すこと。

表 11　　設計標準 K - 油タンカーにおける波形横隔壁又は波形縦通隔壁の結合部の詳細

<table>
<tr><td colspan="2">下部スツールと横隔壁又は縦通隔壁との結合部</td></tr>
<tr><td>評価箇所</td><td>設計標準 K</td></tr>
<tr><td> 
重要部位
 
</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>重要部位</td><td colspan="2">下部スツール頂板と波形横隔壁又は波形縦通隔壁との結合部</td></tr>
<tr><td>詳細設計標準</td><td colspan="2">下部スツール頂板位置におけるダイヤフラム及びウェブにスカラップを設けてはならない。
6 章 4 節 2.6.2 の規定により波形ウェブと同一線上に支持ブラケットを設けなければならない。支持ブラケットにはスカラップを設けてはならない。</td></tr>
<tr><td>建造許容差</td><td colspan="2">下部スツール側板と波形フランジとのアライメントは IACS 勧告 No.47 によること。</td></tr>
<tr><td>溶接要件</td><td colspan="2">下部スツール頂板と下部スツール側板との結合部は，完全又は部分溶込み溶接としなければならない。
下部スツール頂板と立て式波形隔壁との結合部は，完全溶込み溶接としなければならない。
下部スツール頂板と支持ブラケットとの結合部は，完全又は部分溶込み溶接としなければならない。
溶接始端部及び溶接止端部は重要部位からできる限り離すこと。</td></tr>
</table>

	上図に示す支持ブラケットと下部スツール頂板及び下部スツール側板との結合部 J は，角部から少なくとも 300*mm* の範囲において完全又は部分溶込み溶接としなければならない。

表 12　　設計標準 L - ばら積貨物船における横隔壁結合部の詳細（バラストホールド）

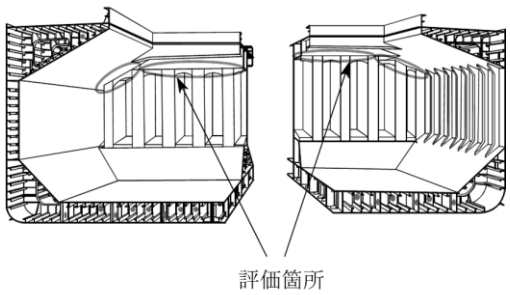
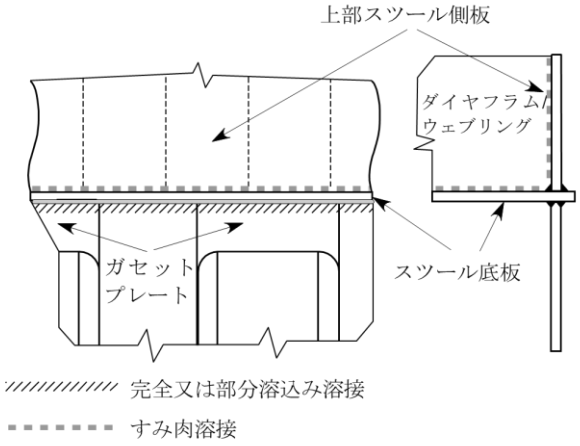
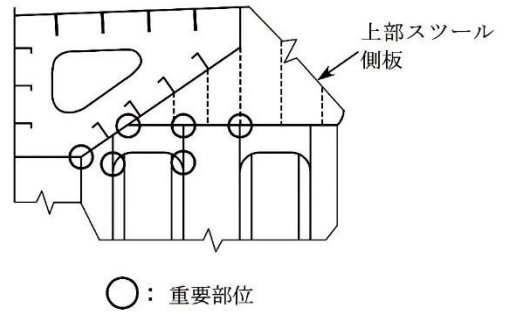
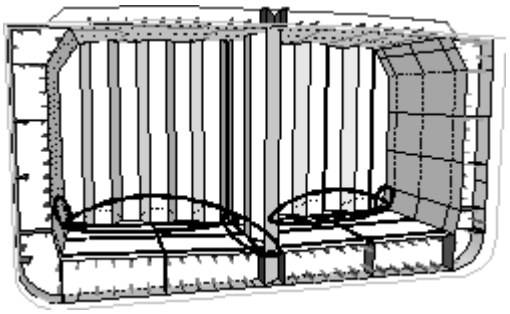
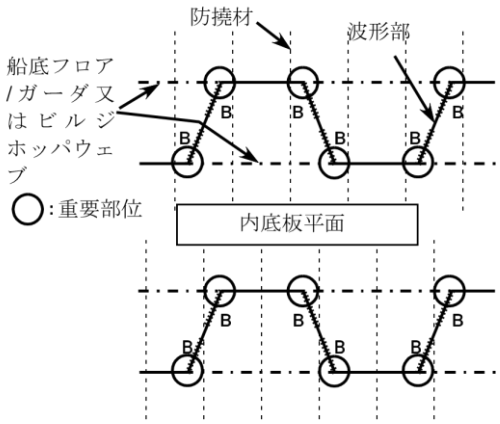
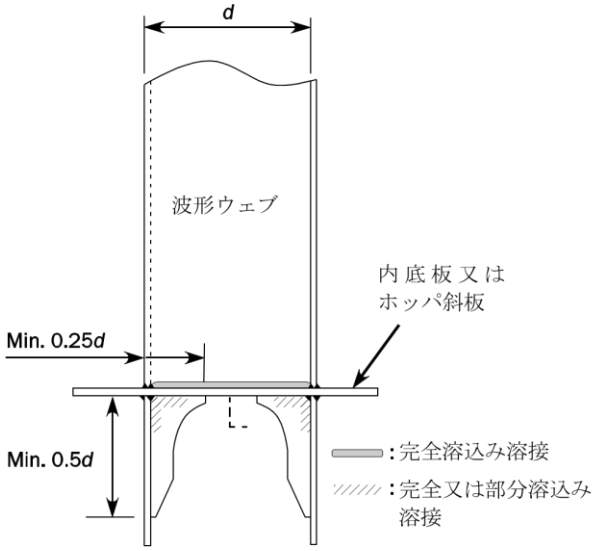
<table>
<tr><td colspan="2">上部スツール斜板と横隔壁との結合部</td></tr>
<tr><td>評価箇所</td><td>設計標準 L</td></tr>
<tr><td> 
</td><td rowspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td>重要部位</td></tr>
<tr><td> 
</td></tr>
<tr><td>重要部位</td><td>トップサイドタンク斜板及び上部スツールと波形横隔壁との結合部</td></tr>
<tr><td>詳細設計標準</td><td>上部スツール底板位置におけるダイヤフラム及びウェブにスカラップを設けてはならない。
バラスト兼用倉の波形隔壁の面材にはガセットプレートを設けなければならない。
バラスト兼用倉には，荷重が有効に分散できるようトップサイドタンクに波形隔壁の面材に沿ってトップサイドタンクに深い横桁又は十分補強された裏当て防撓材を設けなければならない。
ガセットプレートは，波形フランジに要求される板厚及び材料特性以上としなければならない。</td></tr>
<tr><td>建造許容差</td><td>トップサイドタンクの水密隔壁及び深い横桁（又は十分補強された裏当てブラケット）及びスツール側板と波形隔壁の面材とのアライメントは IACS 勧告 No.47 によること。</td></tr>
<tr><td>溶接要件</td><td>・ 波形隔壁と上部スツール底板との結合部は，完全又は部分溶込み溶接としなければならない。
・ 上部スツール側板と上部スツール底板との結合部は，最小溶接係数を 0.44 としたすみ肉溶接としなければならない。
・ ダイヤフラム/ウェブリングと上部スツール底板との結合部は，最小溶接係数を 0.44 としたすみ肉溶接としなければならない。
溶接始端部及び溶接止端部は，すべてのホールドの重要部位からできる限り離すこと。</td></tr>
</table>

表 13　　設計標準 M - 貨物タンク及びバラスト兼用倉の立て式波形隔壁の結合部の詳細

<table>
<tr><td colspan="2">スツールを有さない立て式波形隔壁と内底板及びビルジホッパ斜板との結合部</td></tr>
<tr><td>評価箇所</td><td>設計標準 M</td></tr>
<tr><td> 
重要部位
 
</td><td>ブラケットの詳細
 

備考 1： 波形ウェブに沿って内底板及びビルジホッパ斜板の下にブラケットを配置しなければならない。
備考 2： 6 章 4 節 2.6.4 の規定に従いシェダープレート及びガセットプレートを設ける場合，ガセットプレート側はブラケットを省略しても差し支えない。</td></tr>
<tr><td>重要部位</td><td>-</td></tr>
<tr><td>材料及び寸法要件</td><td>波形部の内底板及びビルジホッパ斜板は 6 章 4 節 2.6.4 の規定によらなければならない。
波形フランジを支持するフロア/ガーダ及びホッパウェブは，6 章 4 節 2.6.4 の規定によらなければならない。
波形ウェブに沿った支持ブラケットは 8 章 2 節 5.2 及び 6 章 4 節 2.6.4 の規定によらなければならない。</td></tr>
<tr><td>詳細設計標準</td><td>6 章 4 節 2.6.2 の規定により波形ウェブに沿って支持ブラケットを設けなければならない。支持ブラケットにはスカラップを設けてはならない。</td></tr>
<tr><td>建造許容差</td><td>波形部の板厚中心線は，$t_{as\text{-}built}$/3 又は 5mm の小さい方の値の許容誤差で，支持部材の板厚中心線と一致させなければならない。ここで，$t_{as\text{-}built}$ は内底板の建造板厚とする。</td></tr>
<tr><td>溶接要件</td><td>立て式波形隔壁と内底板/ビルジホッパ斜板との結合部は，12 章 3 節 2.4 の規定に従って完全溶込み溶接としなければならない。
支持部材と内底板/ビルジホッパ斜板との結合部は，12 章 3 節 2.4 の規定に従って完全又は部分溶込み溶接としなければならない。
t の規定による波形ウェブに沿ったブラケットの結合部は，角部から少なくとも 300mm の範囲において完全又は部分溶込み溶接としなければならない。</td></tr>
</table>

7. 内底板と隔壁との結合部

7.1 設計標準 M

7.1.1

貨物タンク及びバラスト兼用倉の立て式波形隔壁と内底板/ビルジホッパ斜板との結合部は，**表 13** に示す設計標準 M に従って設計しなければならない。

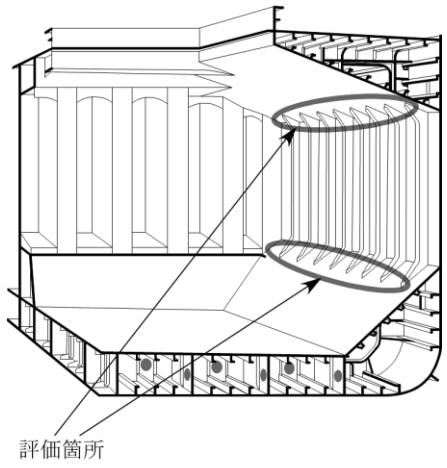
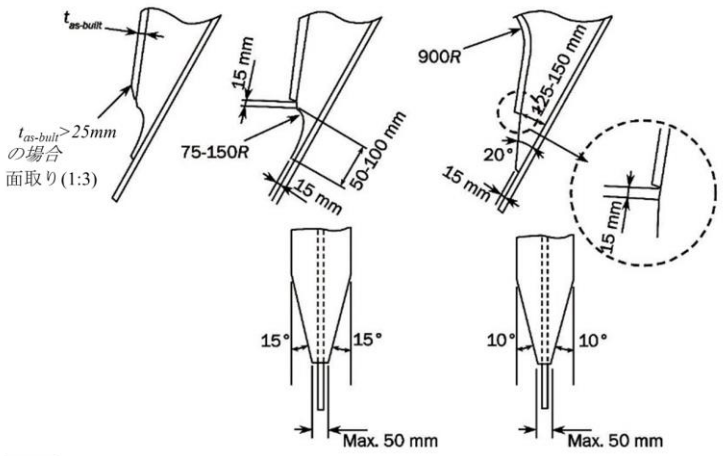
8. 倉内肋骨の上下端

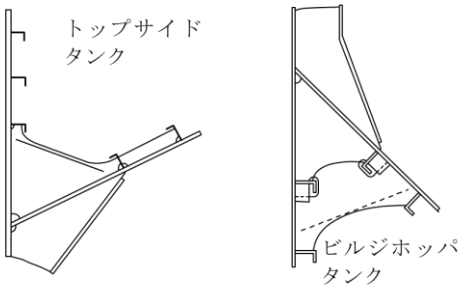
8.1 設計標準 N

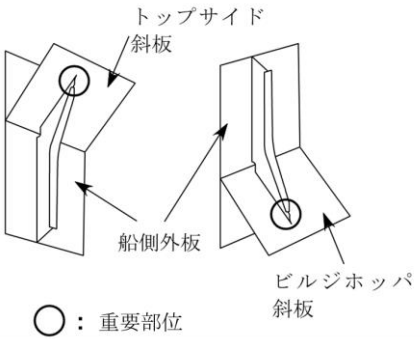
8.1.1

ばら積貨物船における倉内肋骨上下端のブラケット先端部の溶接結合部は，**表 14** に示す設計標準 N に従って設計しなければならない。

表 14 設計標準 N - ばら積貨物船における倉内肋骨の上下端の詳細

<table>
<tr><td colspan="2">倉内肋骨の上下端の結合部</td></tr>
<tr><td>評価箇所</td><td>設計標準 N</td></tr>
<tr><td> 
</td><td rowspan="3"> 

倉内肋骨端部の延長及びソフトトウの例
 

倉内肋骨の上下ブラケットの結合部</td></tr>
<tr><td>重要部位</td></tr>
<tr><td> 
</td></tr>
<tr><td>最低要件</td><td>詳細設計標準 N とすることを最低要件とする。先端部の延長は有効であり，高張力鋼の倉内肋骨に対して考慮しなければならない。</td></tr>
<tr><td>重要部位</td><td>面材の終端部を含む，ビルジホッパ斜板及びトップサイド斜板と倉内肋骨の上下ブラケットの先端結合部</td></tr>
</table>

詳細設計標準	疲労強度を満足することが実証される場合，上記と異なる代替形状を採用しても差し支えない。ただし，板厚の面取り及び面材の幅の漸減については図に示す最大角を超えてはならない。ブラケット先端部の高さ及び面材の終端部と先端部の半径の始点との距離は最小限に抑えなければならない。 上下ブラケット位置での倉内肋骨の面材は，図に示すように漸減及び面取りしなければならない。面材の板厚が 25*mm* 未満の場合は面取りを省略しても差し支えないが，要すれば大きな勾配をつけることを推奨する。 倉内肋骨は，上下ブラケットを設けた対称断面の組立構造とし，図に示すようソフトトウ又は細長い先端としなければならない。倉内肋骨の面材は，端部ブラケットの結合部においてナックルではなく曲面としなければならない。 上部ブラケットをリングウェブの直下に配置しない場合，支持ブラケットを設けなければならない。設計において，トップサイドタンクの防撓材を上部ブラケット端部の上に配置する場合，防撓材に開口がないこと又はカラープレートにより完全に塞がれていることを確認すること。支持ブラケットの寸法の増加は重要箇所の応力集中を低減させる。 下部ブラケットをリングウェブの直上に配置しない場合，支持ブラケットを設けなければならない。設計において，ビルジホッパタンクの防撓材を下部ブラケット端部の上に配置する場合，防撓材に開口がないこと又はカラープレートにより完全に塞がれていることを確認すること。支持ブラケットの寸法の増加は重要箇所の応力集中を低減させる。
建造許容差	倉内肋骨の上下ブラケットとトランスリングウェブ又は支持ブラケットとのアライメントは *IACS* 勧告 No.47 によること。 最大許容誤差は，$t_{as\text{-}built}$ /3 以下としなければならない。ここで，$t_{as\text{-}built}$ は隣接するウェブの薄い方の建造板厚とし，許容誤差は薄い方の建造板厚から突出した部分とする。
溶接要件	溶接は **12 章 3 節 3** の規定によらなければならない。 面材終端部の回し溶接は，面材の曲面部分にまで達しないようにし，先端にはアンダーカット及びノッチがないことに注意を払わなければならない。

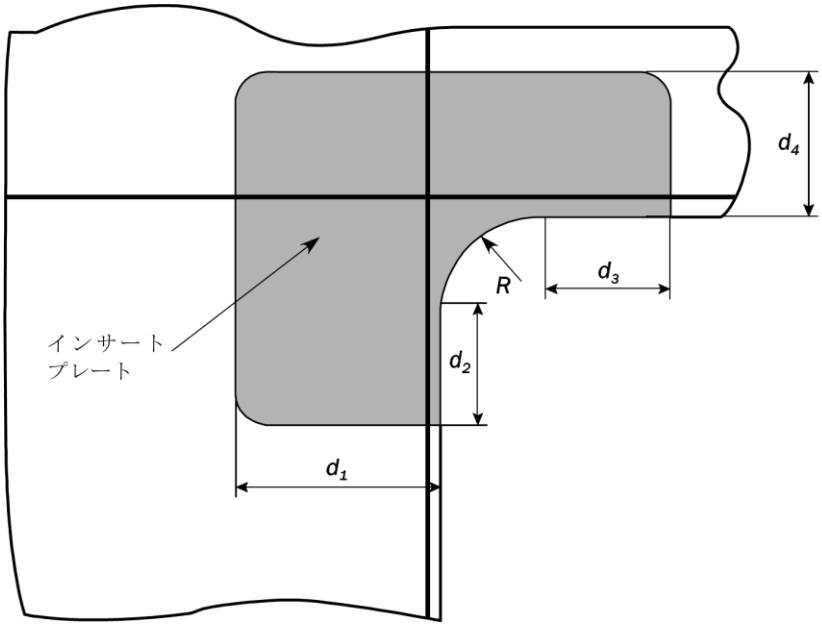
9. ハッチコーナ

9.1 設計標準 O

9.1.1

ばら積貨物船の強力甲板上にある貨物倉区域のハッチコーナは，**表 15** に示す設計標準 O に従って設計しなければならない。

表 15 設計標準 O - ばら積貨物船のハッチコーナ

ハッチコーナ （ばら積貨物船）		
設計標準 O		
		
	インサートプレートなし	インサートプレートあり
重要部位	ハッチコーナ曲面部	曲面部 インサートプレートと甲板との結合部
詳細設計標準	**2 編 1 章 2 節**によるハッチコーナの形状	ハッチコーナの半径及びインサートプレートの寸法及び板厚は **2 編 1 章 2 節**による。 インサートプレートは甲板と滑らかに結合するよう漸減しなければならず，その漸減長さは板厚差の 3 倍以上としなければならない。
後処理	曲面部の遊縁のグラインディング	曲面部の遊縁のグラインディング

10章　その他の構造

1節　　船首部

記号

本節に規定されない記号については，**1章4節**による。

α_p：　パネルのアスペクト比に関する修正係数で，次の算式による値。ただし，1.0を超えてはならない。

$$\alpha_p = 1.2 - \frac{b}{2.1a}$$

f_{bdg}：曲げモーメントの係数で，次の算式による値

$$f_{bdg} = 8\left(1 + \frac{n_s}{2}\right)$$

n_s：　端部の支持条件に関する係数で，次の算式による値

n_s=0　　両端支持（単純支持）

n_s=1　　一端は固定，他端は単純支持

n_s=2　　連続した部材又は部材の両端にブラケットが設けられている場合

1.　　一般

1.1　　適用

1.1.1

本節の規定は，**1章1節2.4.2**に規定する次の船首部の構造に適用する。

・　船首倉構造

・　船首材

加えて，本節の規定は，衝撃荷重を受ける次の構造に適用する。

・　船首船底の扁平部（**3.2**参照）

・　船首構造（**3.3**参照）

2.　　構造配置

2.1　　フロア及びボトムガーダ

2.1.1　　フロア

横式構造の場合，実体フロアを特設肋骨の位置に設けなければならない。

縦式構造の場合，実体フロアの心距は3.5*m*と横肋骨の心距の4倍の値のうち小さい方の値以下としなければならない。

船体中心線におけるフロアの最小深さは，最前端貨物倉における二重底の要求高さ未満としてはならない。**2章3節2.3**を参照すること。

2.1.2　　ボトムガーダ

船体中心線において，センターガーダを船首材まで延長するか，深いガーダ又は中心線縦通隔壁を設け構造を支持しなければならない。

センターガーダを設ける場合，最小ウェブ深さ及び板厚は，隣接する貨物倉区域の二重底の深さの要件未満であってはならない。また，その上端を補強しなければならない。

横式構造の場合，ボトムガーダの心距は2.5*m*以下としなければならない。

縦式構造の場合，ボトムガーダの心距は3.5*m*以下としなければならない。

2.1.3　代替の設計評価

2.1.1 及び **2.1.2** で規定する心距は，設計者が格子解析又は有限要素解析を用いて船底構造の評価及び書類提出を行った場合，規定よりも大きくすることができる。適用すべき許容基準は **6 章 6 節 3** の規定による。有限要素解析は **7 章**の規定に基づいて行わなければならない。

2.2　制水隔壁

2.2.1

船体中心線に制水隔壁を設ける場合，その最下部の一条はセンターガーダの要求板厚以上としなれければならない。

縦通制水隔壁が船底横桁を支持する場合，隔壁の開口の詳細及び配置は，制水隔壁と船底横桁の結合部での高応力部を避けるよう配置しなければならない。

2.3　船側支持構造

2.3.1　特設肋骨

1 章 4 節表 5 に規定する特設肋骨の心距 S は，次の値とする。ただし，$3.5m$ を超えてはならない。

$$S = 2.6 + 0.005L_{CSR}\ (m)$$

特設肋骨の有効スパンが $10m$ を超えないよう，有孔板材を設けなければならない。

2.3.2　ストリンガ

船首隔壁より前方の横式構造においてストリンガは，約 $3.5m$ の間隔で設けなければならない。ストリンガの有効スパンは $10m$ を超えてはならず，特設肋骨構造によって適切に支持しなければならない。

2.3.3　代替の設計評価

特設肋骨及びストリンガの心距は，設計者が格子解析又は有限要素解析を用いて船側支持構造の評価及び書類提出を行った場合，大きくすることができる。

適用すべき許容基準は **6 章 6 節 3** の規定による。有限要素解析は **7 章**の規定に基づいて行わなければならない。

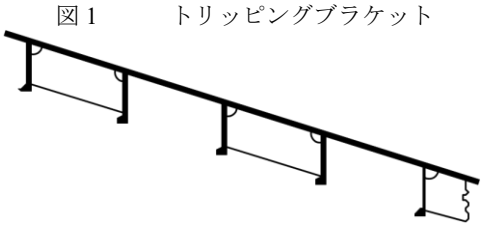
2.4　トリッピングブラケット

2.4.1

船首隔壁より前方の垂直に防撓される船側外板及びタンク壁には，トリッピングブラケットを，主要支持部材，甲板及びプラットフォーム間に，間隔が $2.6m$ を超えないよう配置しなければならない。（**図 1** 参照）

トリッピングブラケットの建造板厚は，トリッピングブラケットを設ける倉内肋骨のウェブの建造板厚以上としなければならない。

図 1　トリッピングブラケット



2.5　球状船首

2.5.1　一般

球状船首を有する場合は，球状箇所が適当に支持され船首構造に有効に結合されるような構造配置としなければならない。

2.5.2　膜板

球状船首の前端部の構造は，原則として，船体中心線上の深いウェブと約 $1m$ 間隔に配置された水平膜板によって補強しなければならない。

原則として，船首倉が球状構造へ変化する箇所の周辺には垂直な膜板を幅方向に配置しなければならない。

2.5.3　特殊な設計の球状船首

球状船首が幅広の場合，原則として，船体中心線上に制水隔壁を追加の補強として設けなければならない。

球状船首が長い場合，制水横隔壁又は堅固な特設肋骨を追加の補強として設けなければならない。

2.5.4　アンカー及びアンカーチェーンとの接触箇所の補強

投揚錨作業中にアンカー又はアンカーチェーンと接触する可能性のある球状船首の前端部及び範囲は，外板の板厚を

増厚しなければならない。増厚箇所の板厚は，**4.1.1** に規定する船首材の要求板厚を満足すること。

3. 衝撃荷重を受ける構造

3.1 一般

3.1.1 適用

本規定は，船首構造に発生する局部的な衝撃荷重に対する補強について規定する。**3.2** 及び **3.3** において適用する衝撃荷重は，**4 章 5 節 3** の規定による。

3.1.2 一般的な部材寸法要件

3.2 及び **3.3** の規定は，**6 章**の規定に加えて適用しなければならない。衝撃荷重による局部的な部材寸法の増加は，詳細構造及びハードスポット，切欠き及びその他の応力集中の回避を十分に考慮の上で行うこと。

3.2 船底スラミング

3.2.1 適用

4 章 5 節 3.2.1 で規定する，船首最小喫水 $T_{F\text{-}e}$ 又は $T_{F\text{-}f}$ が，$0.045L_{CSR}$ 未満の場合にあっては，船首船底は船底スラミング荷重に対して特別な補強を行わなければならない。

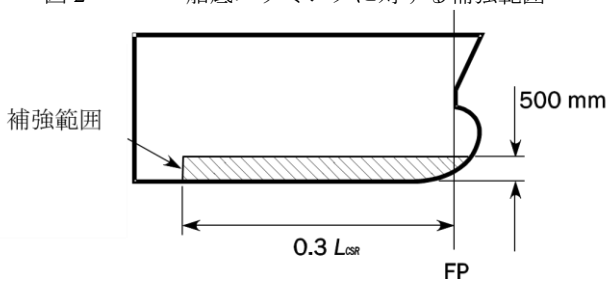
船底補強に用いた喫水は，外板展開図及びローディングマニュアルに記載しなければならない。（**1 章 5 節**参照）

主要支持部材の荷重計算点は **3 章 7 節 4** の規定による。

3.2.2 補強範囲

補強範囲は，船首垂線から $0.3L_{CSR}$ の位置より前方の，船底扁平部及び隣接する基線から $500mm$ の高さまでの防撓材を含む板部材とする。（**図 2** 参照）

図 2 船底スラミングに対する補強範囲



船底スラミングに対する補強範囲の外側の部材寸法を，縦強度や横強度の連続性を維持するようにテーパさせること。

3.2.3 船底スラミング荷重に対する設計

船底スラミングに対する補強範囲内の防撓材の端部固着部の設計は，当該防撓材が連続した支持構造となるように設計するか，**3 章 6 節 3.2** の規定に従って端部ブラケットを設けることで，端部を支持しなければならない。前述の規定に従うことが困難な場合にあっては，前述の規定に代えて，ネット塑性断面係数 $Z_{pl\text{-}alt}$（cm^3）を，次の算式による値以上としなければならない。

$$Z_{pl-alt} = \frac{16Z_{pl}}{f_{bdg}}$$

Z_{pl}：ネット塑性断面係数（cm^3）で，**3.2.5** の規定による。

防撓材近傍の隔壁を含む主要支持部材の部材寸法及び配置は，**3.2.7** の規定による。

3.2.4 外板

外板のネット板厚 t（mm）は，次の算式による値以上としなければならない。ただし，船の平行部における横式構造のビルジ外板は除く。

$$t = \frac{0.0158\alpha_p\, b}{C_d}\sqrt{\frac{P_{SL}}{C_a R_{eH}}}$$

C_d：板耐荷修正係数で，次の値とする。

$$C_d = 1.3$$

C_a：許容曲げ応力係数で，許容基準 AC-I にあっては，1.0 とする。

船の平行部における横式構造のビルジ外板は，**6 章 4 節 2.2** の要件を満足しなければならない。

3.2.5　外板防撓材

3.2.2 に規定する補強範囲内の外板防撓材は，次の基準に従わなければならない。

(a) ネット塑性断面係数 Z_{pl}（cm^3）は，次の算式による値以上としなければならない。

$$Z_{pl} = \frac{P_{SL}\, s\, \ell_{bdg}{}^2}{f_{bdg}\, C_s R_{eH}}$$

C_s：許容曲げ応力の係数で，許容基準 AC-I にあっては，0.9 とする。

(b) ウェブのネット板厚 t_w（mm）は次の算式による値以上としなければならない。

$$t_w = \frac{P_{SL}\, s\, \ell_{shr}}{2 d_{shr}\, C_t \tau_{eH}}$$

C_t：許容せん断応力の係数で，許容基準 AC-I にあっては，1.0 とする。

(c) 細長比は，**8 章 2 節**の規定に従わなければならない。

3.2.6　主要支持部材に対する船底スラミング荷重面積

3.2.7 に規定する主要支持部材の寸法は，外板の想定スラミング荷重面積 A_{SL}（m^2）に対する **4 章 5 節 3.2** の規定によるスラミング荷重の適用に基づいており，想定スラミング荷重面積 A_{SL} は次の算式による。

$$A_{SL} = \frac{1.1 L_{CSR}\, B\, C_b}{1000}$$

3.2.7　主要支持部材

フロア及びガーダのウェブの開口のサイズ及び数は，次の**(a)**に規定する要求せん断面積を考慮して最小限にとどめなければならない。

(a) ネットせん断面積

各主要支持部材のウェブのネットせん断面積 $A_{shr\text{-}n50}$（cm^2）は，スパンに沿ったいかなる箇所においても，次の算式による値以上としなければならない。

$$A_{shr-n50} = 10\frac{Q_{SL}}{C_t \tau_{eH}}$$

Q_{SL}：　スラミングによる最大せん断力（kN）で，最も厳しい箇所へ局部荷重 F_{SL} を適用した値で，次の**(b)**又は**(c)**により求まる。

C_t：　許容せん断応力の係数で，許容基準 AC-I にあっては，0.9 とする。

(b) スラミングせん断力の簡易計算法

相持ち効果は無視されるような，単純な配置の主要支持部材に対するせん断力Q_{SL}（kN）は，次の算式による。

$$Q_{SL} = f_{pt}\, f_{dist}\, F_{SL}$$

f_{pt}：主要支持部材に作用する局部荷重の割合の修正係数で，次の算式による。

$$f_{pt} = 0.5\left(f_{SL}{}^3 - 2 f_{SL}{}^2 + 2\right)$$

f_{SL}：局部荷重の修正係数で，次の算式による。

$$f_{SL} = 0.5\frac{b_{SL}}{S}$$

f_{dist}：主要支持部材のスパンに沿った最大せん断力の分布係数（**図 3** 参照）。

F_{SL}：局部荷重（kN）で，次の算式による。

$$F_{SL} = P_{SL}\, \ell_{SL}\, b_{SL}$$

ℓ_{SL}：スパンに沿ったスラミング荷重面積の範囲（m）で，次の算式による。

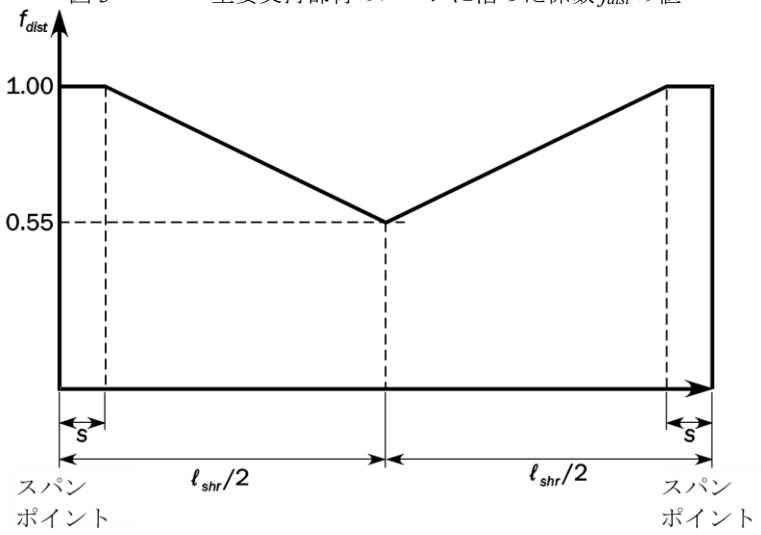
$\ell_{SL} = \sqrt{A_{SL}}$，ただし，$0.5\ell_{shr}$を超えてはならない。

b_{SL}：主要支持部材によって支持されている衝撃荷重面積の幅（m）で，次の算式による。

$b_{SL} = \sqrt{A_{SL}}$，ただし，S を超えてはならない。

A_{SL}：荷重面積で，**3.2.6** の規定による。

図 3　　主要支持部材のスパンに沿った係数 f_{dist} の値



(c)　スラミングせん断力の直接計算法

配置が複雑な主要支持部材については，各主要支持部材のスパンに沿った最大せん断力 Q_{SL} は，**表 1** に従って直接計算により算出しなければならない。

(d)　主要支持部材のウェブの板厚

外板に隣接する主要支持部材のウェブのネット板厚 t_w（mm）は，次の算式による値以上としなければならない。

$$t_w = \frac{s_W}{70}\sqrt{\frac{R_{eH}}{235}}$$

s_W：板幅（mm）で，ウェブ防撓材の心距

表 1　　Q_{SL} の算出における直接計算法

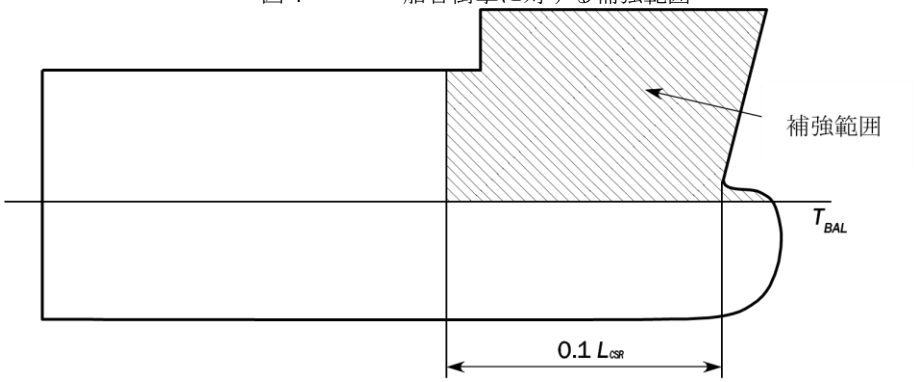
解析の種類	モデル範囲	想定するフロアの端部支持
梁理論	曲げに有効な支持点間の スパン全長	端部固定
二重底格子解析	船長方向の範囲は，1 貨物タンク長さ 船幅方向の範囲は，ホッパナックル内端と船体中心線の間	モデルの境界で フロア及びガーダを固定
備考 1：各主要支持部材に沿った最大せん断力は，**3.2.6** に規定する方形面積への局部荷重をスパンに沿ったいくつかの箇所に作用させて算出すること。 備考 2：より広範囲のモデルを用いることができる。		

3.3　　船首衝撃

3.3.1　　適用

船首船側構造にあっては，船首衝撃圧に対して補強しなければならない。補強範囲は，船首垂線から $0.1L_{CSR}$ の位置より前方であって，垂直方向にあっては **1 章 4 節 3.1.5** に規定する最小設計バラスト喫水 T_{BAL} より上方及び船首楼とする。（**図 4** 参照）

図 4　　船首衝撃に対する補強範囲



補強範囲外の外側の部材寸法を，縦強度や横強度の連続性を維持するようにテーパさせること。

3.3.2　船首衝撃荷重に対する設計

(a) 船首衝撃に対する補強範囲においては，縦式構造を実行可能な限り前方まで延長しなければならない。船首衝撃に対する補強範囲内の防撓材の端部固着部の設計は，当該防撓材が連続した支持構造となるよ うに設計するか，**3 章 6 節 3.2** の規定に従って端部ブラケットを設置することで，端部を支持しなければならない。前述の規定に従うことが困難な場合にあっては，前述の規定に代えて，ネット塑性断面係数 $Z_{pl\text{-}alt}$（cm^3）は，次の算式による値以上としなければならない。

$$Z_{pl-alt} = \frac{16 Z_{pl}}{f_{bdg}}$$

Z_{pl}：ネット塑性断面係数（cm^3）で，**3.3.4** の規定による。

(b) 防撓材近傍の甲板及び隔壁を含む主要支持部材の部材寸法及び配置は，**3.3.6** の規定に従わなければならない。最大衝撃荷重を受ける範囲において，ウェブ防撓材は外板と垂直となる方向に両面ラグ固着で設けなければならない。外板付き肋骨を支持する甲板及び隔壁の主要な防撓方向は，座屈を防ぐため，支持する肋骨のスパンと平行に配置しなければならない。

3.3.3　船側外板

船側外板のネット板厚 t（mm）は，次の算式による値以上としなければならない。

$$t = 0.0158 \alpha_p \, b \sqrt{\frac{P_{FB}}{C_a R_{eH}}}$$

C_a：許容曲げ応力の係数で，許容基準 AC-I にあっては，1.0 とする。

3.3.4 船側防撓材

3.3.1 に規定する補強範囲における船側防撓材は，次の基準に従わなければならない。

(a) 付き板を考慮した有効ネット塑性断面係数 Z_{pl}（cm^3）は，次の算式による値以上としなければならない。

$$Z_{pl} = \frac{P_{FB} \, s \, \ell_{bdg}{}^2}{f_{bdg} \, C_s R_{eH}}$$

C_s：許容曲げ応力の係数で，許容基準 AC-I にあっては，0.9 とする。

(b) ウェブのネット板厚 t_w（mm）は，次の算式による値以上としなければならない。

$$t_w = \frac{P_{FB} \, s \, \ell_{shr}}{2 d_{shr} \, C_t \, \tau_{eH}}$$

d_{shr}：防撓材の有効ウェブ深さ（mm）で，**3 章 7 節 1.4.3** の規定による。

C_t：許容せん断応力の係数で，許容基準 AC-I にあっては，1.0 とする。

(c) 細長比は，**8 章 2 節**の規定に従わなければならない。

3.3.5　主要支持部材に対する船首衝撃荷重面積

3.3.6 に規定する主要支持部材の部材寸法は，外板の想定船首衝撃荷重面積 A_{BI}（m^2）に対する，**4 章 5 節 3.3.1** に規定する船首衝撃圧の適用に基づいており，想定船首衝撃荷重面積 A_{BI}（m^2）は次の算式による。

$$A_{BI} = \frac{1.1 L_{CSR} \, B \, C_b}{1000}$$

3.3.6　主要支持部材

(a) 主要支持部材の断面係数は，端部ブラケットを除く曲げスパンに沿って適用しなければならない。主要支持部材の断面積は，端部や支持点におけるものとし，**図 3** に示す係数 f_{dist} の分布に従い，端部や支持点以外の範囲ではスパンに沿って漸次減じたものとして差し支えない。

(b) 船首衝撃に対する補強範囲内の主要支持部材にあっては，強度の有効な連続性及びハードスポットの回避を十分に考慮しなければならない。

(c) 主要支持部材の端部ブラケットは，遊縁を適当に防撓しなければならない。ブラケット先端部の設計にあっては，断面形状の急激な変化が最小限となるよう注意を払うこと。

(d) トリッピングブラケットの配置は，**8 章 2 節 5.1.1** の規定による。また，トリッピングブラケットを，端部ブラケットの先端部や主要支持部材の面材のナックル部又は湾曲部に設けなければならない。

(e) 各主要支持部材のネット断面係数 Z_{n50}（cm^3）は，次の算式による値以上としなければならない。

$$Z_{n50} = 1000\frac{f_{bdg-pt}P_{FB}b_{BI}f_{BI}\ell_{bdg}^2}{f_{bdg}C_S R_{eH}}$$

f_{bdg-pt}：端部において局部荷重を考慮した曲げモーメントの修正係数で，次の算式による。

$$f_{bdg-pt} = 3f_{BI}^3 - 8f_{BI}^2 + 6f_{BI}$$

f_{BI}：　局部荷重の修正係数で次の算式による。

$$f_{BI} = \frac{\ell_{BI}}{\ell_{bdg}}$$

ℓ_{BI}：　スパンに沿った船首衝撃荷重面積の範囲（m）で，次の算式による。
$\ell_{BI} = \sqrt{A_{BI}}$，ただし，$\ell_{bdg}$を超えてはならない。

b_{BI}：　主要支持部材によって支持される衝撃荷重面積の幅（m）で，**1 章 4 節表 5** に規定する主要支持部材間の心距 S とする。ただし，ℓ_{BI}を超えてはならない。

A_{BI}：　船首衝撃荷重面積（m^2）で，**3.3.5** の規定よる。

f_{bdg}：　曲げモーメントの係数で次による。
連続した面材が端部で固定されている，又は **3 章 6 節 4.4** の規定により両端にブラケットが設けられている主要支持部材に対し，f_{bdg}=12 とする。

C_s：　許容曲げ応力の係数で，許容基準 AC-I にあっては，0.8 とする。

(f) 各主要支持部材のウェブのネットせん断面積 $A_{shr\text{-}n50}$（cm^2）は，支持点又は端部ブラケットの先端部において，次の算式による値以上としなければならない。

$$A_{shr-n50} = \frac{5f_{PL}P_{FB}b_{BI}\ell_{shr}}{C_t\tau_{eH}}$$

f_{PL}：　局部荷重の修正係数で，次の算式による。

$$f_{PL} = \frac{\ell_{BI}}{\ell_{shr}}$$

ℓ_{BI}：　スパンに沿った船首衝撃荷重面積の範囲（m）で，次の算式による。
$\ell_{BI} = \sqrt{A_{BI}}$，ただし，$\ell_{shr}$を超えてはならない。

C_t：　許容せん断応力の係数で，許容基準 *AC-I* にあっては 0.75 とする。

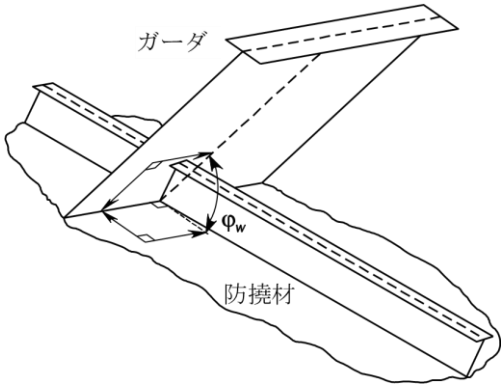
(g) 船側外板に直接溶接される甲板及び隔壁を含む各主要支持部材のウェブのネット板厚 t_w（mm）は，次の算式による値以上としなければならない。

$$t_w = \frac{P_{FB}b_{BI}}{\sin\varphi_W\sigma_{cr}}$$

φ_W：　主要支持部材のウェブと外板のなす角度（deg）（**図 5** 参照）

σ_{cr}：　主要支持部材のウェブ又は甲板もしくは隔壁のパネルの限界座屈応力（N/mm^2）で，**8 章 5 節 2.2.3** に規定する荷重に対するもの。計算においては，**8 章 5 節 2.2.3** によるσ_x及びσ_yの両方を考慮し，UP-B を適用しなければならない。

図 5　　外板付き主要支持部材と外板のなす角度



4.　追加の部材寸法要件

4.1　鋼板船首材

4.1.1

キール線から T_{SC} より 0.6m 上方の範囲にあるネット板厚 t_{Stm}（mm）は，次の算式による値以上としなければならない。ただし，$22\sqrt{k}-1$を超える必要はない。

$$t_{Stm} = (0.6 + 0.4S_B)(0.08L_{CSR} + 2.7)\sqrt{k}$$

S_B：水平ストリンガ，ブレストフック又はこれと同等の水平防撓材の心距（m）

T_{SC} より 0.6m 上方の位置から $T_{SC}+C_w$ の位置までの範囲においては，ネット板厚を $0.8t_{Stm}$ まで漸次減らしても差し支えない。

4.1.2　ブレストフック及び膜板

3.3.1 に規定する船首衝撃に対する補強範囲にあるブレストフックや膜板のネット板厚 t_w（mm）は，次の算式による値以上としなければならない。

$$t_w = \frac{s}{70}\sqrt{\frac{R_{eH}}{235}}$$

s：　ウェブ防撓材の心距（mm）で，**1 章 4 節表 5** の規定による。ただし，防撓材が設けられていない場合は，ウェブの深さとする。

4.2　スラスタトンネル

4.2.1

トンネルの板のネット板厚 t_{tun}（mm）は，バウスラスタ近傍の外板に対する要求値以上としなければならない。

また，t_{tun} は，次の算式による値以上としなければならない。

$$t_{tun} = 0.008d_{tun} + 1.8$$

d_{tun}：　トンネルの内径（mm）。ただし，970mm 未満としてはならない。

トンネルの船外端にバー又は格子を設ける場合は，バー又は格子を有効に固定しなければならない。

2 節　機関区域

1.　一般

1.1　適用

1.1.1

本節の要件は，機関区域の構造の部材寸法及び配置に適用する。機関製造者からの要件に従う船舶の設計は，建造造船所の責任において行うこと。

2.　機関区域の配置

2.1　構造配置

2.1.1

甲板や隔壁の開口を機関区域に設ける場合，配置は甲板，船側及び船底構造を支えるものとすること。

2.1.2

すべての機関設備及び軸等は，船体構造への荷重を分散するよう支持しなければならない。隣接する構造は適当に補強しなければならない。

2.1.3

主要支持構造は，有効な構造設計になるよう，防撓材の貫通の要件及び梁柱の直列配置等を考慮して配置しなければならない。

2.1.4

横式構造の機関区域では特設肋骨の心距は，原則 5 フレームを超えてはならない。特設肋骨は上下を適当な剛性の部材に結合し，甲板横桁によって支持しなければならない。

2.1.5

船側縦通防撓材と横隔壁の固着部は，固定し面外方向に対して支持すること。また，連続構造でない場合，先端部分がソフトタイプであるブラケットを設けなければならない。縦通防撓材への重ねブラケットは設けてはならない。

2.1.6

横式構造を採用する場合は，甲板防撓材は，梁柱又は梁柱隔壁で支えられる適切な配置のデッキガーダにより支持しなければならない。甲板横桁が設けられる場合，甲板横桁は端部の固定と横強度の連続性の保持のため，に特設肋骨と同一線上に配置しなければならない。

縦式構造を採用する場合は，甲板縦通防撓材は，特設肋骨と同一線上に配置され，梁柱又は梁柱隔壁で支えられる甲板横桁によって支持しなければならない。

2.1.7

機関室囲壁は梁柱又は支柱隔壁と連結する甲板横桁やデッキガーダを適切に配置することにより支持しなければならない。特に大きな機関室囲壁の開口には，クロスタイを要求する場合がある。これらは甲板横桁と同一線上に配置しなければならない。

2.1.8

主推進機関，減速ギヤ，軸及びスラストベアリングの台座及びその支持構造は，すべての予想する荷重条件において，要求されるアライメント及び剛性を維持しなければならない。審査用としてメーカーへ以下の図面提出を行うことを考慮しなければならない。

(a)　主推進機関の台座

(b)　減速ギヤの台座

(c)　スラストベアリングの台座

(d)　**(a)**，**(b)**及び**(c)**の支持構造

2.2 二重底

2.2.1 二重底高さ

機関室の位置に関わらず，中心線における二重底高さは，**2 章 3 節 2.3.1** に規定する値以上としなければならない。主機台の型式及び高さに応じて，この高さを上記より高くしなければならないことがある。

機関室が特に大きい場合及び最も低いライトバラスト喫水と満載喫水との差が大きい場合，建造造船所は上記高さを増やさなければならない。

機関室の二重底高さが隣接区域の二重底高さと異なる場合，船長方向の十分な範囲にわたって内底板に傾斜をつけることにより，縦通部材の構造の連続性を確保しなければならない。傾斜した内定板のナックル部は，フロア位置に設けなければならない。二重底構造の全体強度が損なわれなければ，二重底の高さを，局所的に要求される高さより小さくしても差し支えない。

2.2.2 センターガーダ

二重底にはセンターガーダを配置しなければならない。二重底内の交通及びメンテナンスに必要な場合には，センターガーダにマンホールを設けることを認める。この場合，局部的に補強しなければならない。

2.2.3 サイドガーダ

二重底構造の剛性を十分なものとするために，サイドガーダの数を，隣接区域より増やさなければならない。縦式構造の二重底に設ける縦通防撓材のサイドガーダは，機関室に隣接する区域内のいずれかの船底縦通防撓材と連続させ，原則として，その心距は縦通防撓材の心距の 3 倍以下とし，いかなる場合も $3m$ を超えてはならない。

2.2.4 主機台のガーダ

主機台下には，サイドガーダを追加しなければならない。

2.2.5 二重底が縦式構造のフロア

二重底が縦式構造の場合，主機関及びスラストベアリングの下では実体フロアをフレーム毎に設けなければならない。主機関とベアリングの台座の以外の箇所では，フロアは 2 フレーム毎に設けて差し支えない。

2.2.6 二重底が横式構造のフロア

機関区域における二重底が横式構造の場合，フロアをフレーム毎に設けなければならない。

2.2.7 マンホール及びウェル

台座及びその近傍に配置されるフロアのマンホールの数及びサイズは，二重底内の交通及びメンテナンスのための必要最小限としなければならない。

原則として，マンホールの縁は面材で補強しなければならない。面材で補強できない場合，マンホールの両側を平鋼で補強しなければならない。

機関室の後端隔壁近傍のウェル周辺の内底板には，取り外し式の多孔板を有するマンホールを設けなければならない。

トンネルの排水は，トンネル後端のウェルへ導かれるよう配置しなければならない。

2.2.8 内底板

主機関又はスラストベアリングを直接内底板にボルトで設置する場合，内底板のネット板厚は少なくとも $19mm$ でなければならない。据え付けボルトは，可能な限りフロア及びガーダの近傍に配置しなければならない。また，板厚及び据え付けボルトの配置は，メーカーの推奨事項を考慮すること。

2.2.9 重い艤装品

重い艤装品を直接内底板に設置する場合，ガーダ及びフロアの板厚は適当に増やさなければならない。

3. 機器の台座

3.1 一般

3.1.1

主機関及びスラストベアリングは様々の重力，推力，トルク，動的力及び振動の力に対して十分な強度を有する台座によって船体構造に有効に固定しなければならない。

3.1.2

高出力の内燃機関やタービンの場合，一般に台座は二重底構造と一体としなければならない。また，主機関，タービン機関のギヤケース及びスラストベアリング近傍においては，二重底板厚を増加するよう考慮しなければならない。（**図 1** タイプ 1 参照）

3.1.3

図 2 のタイプ 2 の台座で支える主機関については，エンジンからの力を可能な限り隣接している構造へ一様に分散させなければならない。台座を支持する縦通部材を二重底内のガーダ上に，横防撓材等をフロア上に配置しなければならない。（**図 2** タイプ 2 参照）

図 1　　機器の台座 タイプ 1

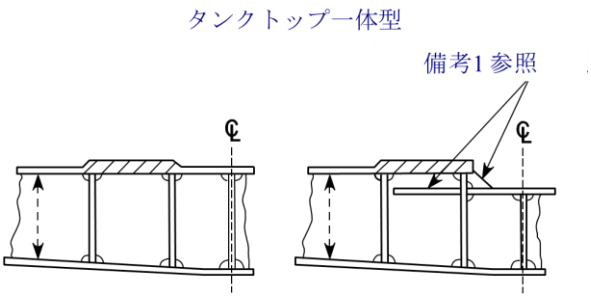
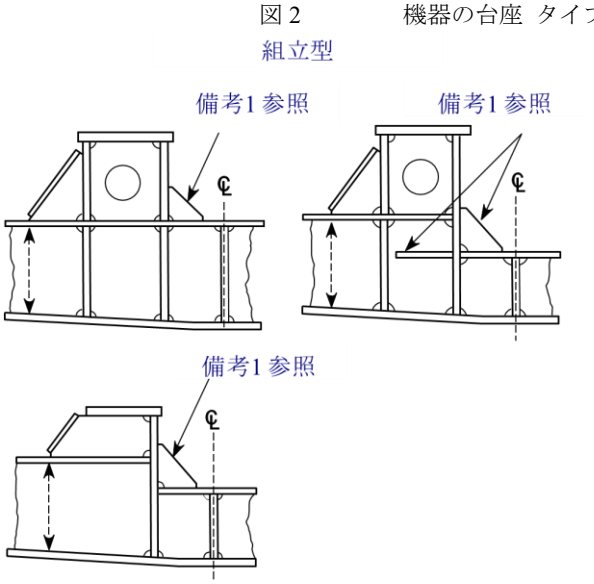


図 2　　機器の台座 タイプ 2



備考 1：ブラケットは可能な限り大型のものとすること。機器の台座とガーダの干渉を避けるために，製造者の推奨事項に従い，ブラケットを省略しても差し支えない。

3.2　　内燃機関及びスラストベアリングの台座

3.2.1

内燃機関及びスラストベアリングの台座の部材寸法の決定において，主機関の一般的な剛性及びバランス力の喪失に関する設計特性を考慮しなければならない。

3.2.2

原則として，内燃機関及びスラストベアリングの台座には，2 条のガーダを設けなければならない。

3.3　　補機の台座

3.3.1

補機から支持構造へ荷重を一様に分布させるため，適当なサイズ及び配置の台座に補機を固定しなければならない。

3 節　船尾部

記号

本節に規定されない記号については，**1 章 4 節**による。

1.　一般

1.1　適用

1.1.1

本節の規定は，船尾隔壁より後方の構造の部材寸法及び配置に適用する。

2.　船尾倉

2.1　構造配置

2.1.1　フロア

船尾倉にはフレームスペース毎にフロアを設け，フロアは少なくとも船尾管の上方まで延長しなければならない。フロアを中間甲板又は甲板まで延長していない場合は，その上端に面材等を設けて補強しなければならない。

厚板フロアはラダーホーンのウェブの位置に合わせて，ラダーホーンの後端面に設けなければならない。厚板フロアは，直上の甲板又は中間甲板まで延長しなければならない。当該範囲において，切欠き，スカラップ又はその他の開口は，最小限にとどめなければならない。

2.1.2　プラットホーム及びサイドガーダ

船尾倉内のプラットホーム及びサイドガーダは，前方区域の構造と同一直線上に配置しなければならない。

船体形状及び交通の必要性により前述の配置とすることが困難な場合は，十分にテーパさせたブラケットにより船尾部構造と前方区域の構造の連続性を確保しなければならない。

船尾倉が，船側を縦式構造とする機関区域と隣接する場合，船尾倉内のサイドガーダにテーパさせたブラケットを設けなければならない。

船尾倉頂部から暴露甲板までの高さが 2.6m より高く，かつ船側構造が横式構造の場合，1 条以上のサイドガーダを設けなければならない。サイドガーダは，前方区域の類似構造と同一線上に配置することが望ましい。

2.1.3　縦通隔壁

原則として，ノンタイトの縦通隔壁を，船体中心線上，船尾倉の上部に設け，フレームスペース間隔で防撓しなければならない。

船尾の張り出しが大きい場合又は水密隔壁若しくは制水隔壁により分割される区域の最大幅が 20m を超える場合には，追加の縦通制水隔壁を要求することがある。

2.1.4　代替の設計評価

2.1.1 から **2.1.3** に規定する心距及び配置要件は，設計者が格子解析又は有限要素解析を用いた評価及び書類提出を行った場合，規定よりも大きくすることができる。適用すべき許容基準は **6 章 6 節 3** の規定による。有限要素解析は **7 章**の規定に基づいて行わなければならない。

2.2　船尾倉のフロア及びガーダの防撓

2.2.1

プロペラの上方に位置する船尾バラストタンク又は清水タンクのフロア及びガーダに設置する防撓材は，**2.2.2** 及び **2.2.3** によらなければならない。本要件は，船長方向にはラダー前端からプロペラボス後端まで，横方向にはプロペラ直径の範囲内の防撓材に適用する。

2.2.2

フロア及びガーダの防撓材の高さh_{stf}（mm）は，次の算式による値以上としなければならない。

$h_{stf} = 80\ell_{stf}$　平鋼防撓材に対して

$h_{stf} = 70\ell_{stf}$ バルブプレート及び面材を有する防撓材に対して

ℓ_{stf}： 防撓材の長さ（m）で，**図 1** による。ただし，$5m$ より大きな値とする必要はない。

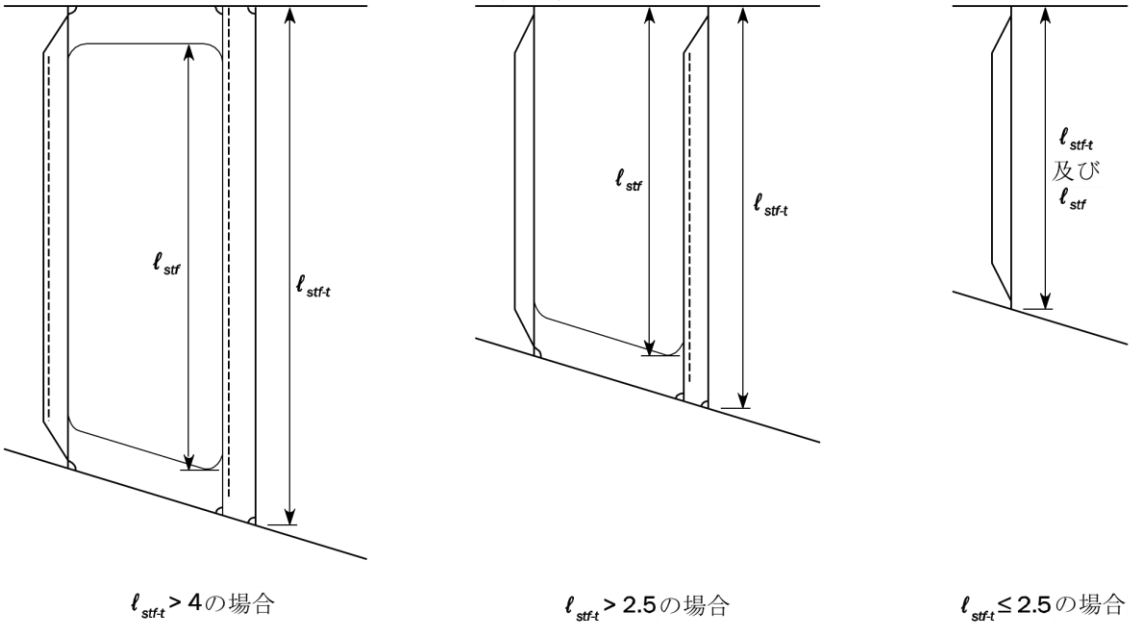
2.2.3

端部ブラケットは次の箇所に設けなければならない。

- 防撓材の長さℓ_{stf-t}が $4m$ を超える場合：下端及び上端
- 防撓材の長さℓ_{stf-t}が $2.5m$ を超える場合：下端

ℓ_{stf-t}：防撓材の全長（m）（**図 1** 参照）

図 1　船尾倉のフロア及びガーダ



$\ell_{stf-t} > 4$の場合　　$\ell_{stf-t} > 2.5$の場合　　$\ell_{stf-t} \leq 2.5$の場合

3.　船尾材

3.1　一般

3.1.1

船尾材は，組立式の鋼板又は中空断面の鋳鋼として差し支えない。使用可能な材料の仕様及び鋼材グレードについては，**3 章 1 節**を参照のこと。その他の材料又は構造の船尾材については，特別な考慮を払わなければならない。

3.1.2

鋳鋼及び組立式の鋼板の船尾材は，船尾材に対する要求板厚の 80%以上のグロス板厚の水平板部材によって，適切な間隔で補強しなければならない。t_1 は**表 1** 又は**表 2** による。鋳鋼品にあっては，急激な断面の変化を避けなければならず，また，すべての断面に適切な丸みを付けなければならない。

3.1.3

肥大な船尾形状で，船体中心線に局部支持部材を配置する場合，プロペラ孔の上部における船尾材の板厚は，**3.2.1** の規定の 80%に軽減しても差し支えない。

3.2　プロペラ柱

3.2.1　プロペラ柱のグロス寸法

プロペラ柱のグロス寸法は，一軸の船舶の場合は**表 1**，二軸の船舶の場合は**表 2** に規定する算式による値以上としなければならない。

プロペラ柱断面の長さ方向の軸まわりの断面係数が，**表 1** 又は**表 2** のプロペラ柱の寸法を用いて算定した値より大きい場合，**表 1** 又は**表 2** とは異なるプロペラ柱の寸法及び寸法比とすることができる。

表 1　　プロペラ柱のグロス寸法（一軸の船舶）

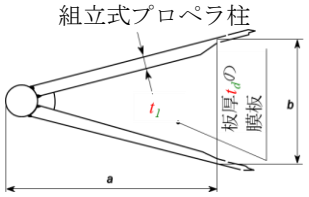
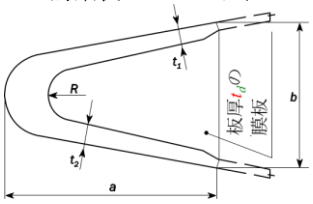
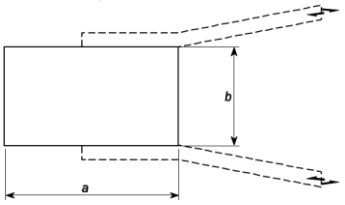
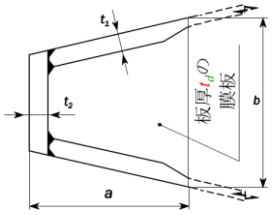
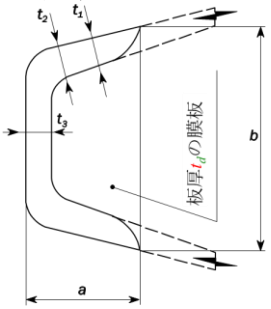
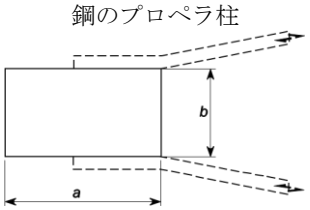
プロペラ柱のグロス寸法（*mm*）	組立式プロペラ柱	鋳鋼製のプロペラ柱	方形断面を有する，鋳鋼又は鍛鋼のプロペラ柱
			
a	50 $L_1^{1/2}$	33 $L_1^{1/2}$	$10\sqrt{7.2L_{CSR}-256}$
b	35 $L_1^{1/2}$	23 $L_1^{1/2}$	$10\sqrt{4.6L_{CSR}-164}$
t_1	2.5 $L_1^{1/2}$	3.2 $L_1^{1/2}$	-
t_2	-	4.4 $L_1^{1/2}$	-
t_d	1.3 $L_1^{1/2}$	2.0 $L_1^{1/2}$	-
R	-	50 *mm*	-

表 2　　プロペラ柱のグロス寸法（二軸の船舶）

プロペラ柱のグロス寸法（*mm*）	組立式プロペラ柱	鋳造製のプロペラ柱	方形断面を有する，鋳鋼又は鍛鋼のプロペラ柱
			
a	25 $L_1^{1/2}$	12.5 $L_1^{1/2}$	2.4 L_{CSR} + 6
b	25 $L_1^{1/2}$	25 $L_1^{1/2}$	0.8 L_{CSR} + 2
t_1	2.5 $L_1^{1/2}$	2.5 $L_1^{1/2}$	-
t_2	3.2 $L_1^{1/2}$	3.2 $L_1^{1/2}$	-
t_3	-	4.4 $L_1^{1/2}$	-
t_d	1.3 $L_1^{1/2}$	2.0 $L_1^{1/2}$	-

3.2.2　プロペラボス

一軸の船舶のプロペラ柱を含むプロペラボスの板厚は，**3.2.1** に規定する方形断面を有するプロペラ柱に対する要求寸法 *b* の 60%以上としなければならない。

3.3 結合

3.3.1 船体構造との結合

船尾材は船尾構造に適切に結合しなければならない。プロペラ柱の下部の要求寸法は，竜骨と有効に結合するために，プロペラ軸の中心線におけるプロペラ柱の後端から $1500+6L_2$（*mm*）以上延長しなければならない。ただし，船尾材は船尾隔壁を超えて延長する必要はない。

3.3.2 平板竜骨との結合

船尾材下部の板厚は，棒鋼竜骨又は平板竜骨の板厚まで，徐々にテーパさせること。

平板竜骨を設ける場合は，船尾材の下部は，平板竜骨と有効に結合できるよう設計しなければならない。

3.3.3 トランサムフロアとの結合

ラダーポスト及びプロペラ柱は，二重底高さ以上の高さを持ち，かつ，ネット板厚（*mm*）が次の算式による値より大きいトランサムフロアと結合しなければならない。

$$t = 9 + 0.023L_1$$

3.3.4 センターガーダとの結合

鋳鋼船尾材にあっては，センターガーダとの結合のために，船尾材下部に可能な限り縦通ウェブを設けなければならない。

4. 外板構造に対する特別な部材寸法要件

4.1 外板

4.1.1 船尾材に結合する外板

船尾材に結合する外板のネット板厚 *t*（*mm*）は，次の算式による値以上としなければならない。

$$t = 0.094(L_2 - 43) + 0.009b$$

プロペラボス及びヒールプレート近傍にあっては，外板のネット板厚 *t*（*mm*）は，次の算式による値以上としなければならない。

$$t = 0.105(L_2 - 47) + 0.011b$$

b： 板部材の幅（*mm*）で，**3 章 7 節 2.2.2** の規定による

4.1.2 厚板の外板

2.1.1 に規定する厚板フロア近傍には，厚板の外板を局部的に設けなければならない。厚板の外板のネット板厚は **4.1.1** による値以上としなければならない。厚板フロアの外側では，厚板の外板の板厚を，可能な限り徐々に減じても差し支えない。ラダーホーンの板を外板に丸みを付けて結合する場合にあっては，その半径 *r*（*mm*）は次の算式による値以上としなければならない。

$$r = 150 + 0.8L_2$$

4.1.3 スラスタトンネルの板部材

トンネルの板部材のネット板厚 t_{tun}（*mm*）は，**10 章 1 節 4.2.1** の規定による。

4節　スロッシングを受けるタンク

記号

本節に規定されない記号については，**1章4節**による。

α_p：　パネルのアスペクト比に対する修正係数で，次の算式による。ただし，1.0を超えてはならない。

$$\alpha_p = 1.2 - \frac{b}{2.1a}$$

a：　板パネルの長さ（mm）で，**3章7節2.1.1**による。

b：　板パネルの幅（mm）で，**3章7節2.1.1**による。

ℓ_{bdg}：　有効曲げスパン（m）で，**3章7節1.1.2**による。

ℓ_{slh}：　有効スロッシング長さ（m）で，**4章6節6.3.2**による。

b_{slh}：　有効スロッシング幅（m）で，**4章6節6.4.2**による。

$I_{y\text{-}n50}$：　水平中立軸に対するハルガーダのネット断面二次モーメント（m^4）で，考慮する位置における値。**5章1節1.5**による。

M_{sw}：　航海中の許容静水中曲げモーメント（kNm）で，考慮する位置におけるホギング及びサギング状態での値。**4章4節2.2.2**による。

z_n：　基線から水平中立軸までの距離（m）で，**5章1節**による。

z：　考慮する荷重計算点又は基準点の垂直座標（m）

σ_{hg}：　ハルガーダ曲げ応力（N/mm^2）で，**3章7節2.2**又は**3章7節3.2**に規定する荷重計算点において算出した値。次の算式による。

$$\sigma_{hg} = \left(\frac{(z - z_n)M_{SW}}{I_{y-n50}}\right)10^{-3}$$

1.　一般

1.1　適用

1.1.1

本節の規定は，液体を積載するタンク中に発生する局部的なスロッシング荷重に対する補強について規定する。

タンク内の液体自由運動によるスロッシング荷重については**4章6節6**による。

1.2　一般要件

1.2.1　貨物タンク及びバラストタンクの積載高さ

すべての貨物タンク及びバラストタンクの部材寸法は，次に示す条件に対する本節のスロッシング要件に従わなければならない。

- バラストタンク：あらゆる状態の積載高さ
- 貨物密度が**4章6節**に規定するρ_Lの貨物タンク：あらゆる状態の積載高さ
- 貨物密度がρ_{part}の貨物タンク：h_{part}までの積載高さ

$$h_{part} = \frac{h_{tk} \cdot \rho_L \cdot f_{CD}}{\rho_{part}}$$

h_{part}：　最大許容積載高さ（m）で，高い液体密度ρ_{part}の貨物を積載した場合の，貨物タンクの部分積載高さに対応する値。

h_{tk}：　最大タンク高さ（m）

ρ_L：　貨物密度で，**4章6節**の規定による。

f_{cd}：　係数で，**4章6節**の規定による。

ρ_{part}：　最大許容液体密度で，**4章6節**の規定による。

1.2.2　ばら積貨物船のバラスト兼用倉

ばら積貨物船のバラスト兼用倉については，航海中は満載又は空倉と想定されるので，スロッシング圧力に対する評価を実施する必要はない。

1.2.3　構造詳細

スロッシング荷重による局部的な部材寸法の増加は，詳細構造及びハードスポット，切欠き及びその他の有害な応力集中の回避を十分に考慮の上で行うこと。

1.3　スロッシング圧力の適用

1.3.1　一般

次のタンクの構造部材は，**1.3.4** 及び **1.3.5** の規定に従い，設計スロッシング圧力（$P_{slh\text{-}lng}$ 及び $P_{slh\text{-}t}$）に対して評価しなければならない。

(a)　油タンカーの貨物タンク及びスロップタンク

(b)　船首倉及び船尾倉のバラストタンク

(c)　例えばバラストタンク，燃料油タンク及び清水タンク等の，液体運動が制御されていないその他のタンク

有効スロッシング長さ ℓ_{slh} が $0.03L_{CSR}$ 未満の場合にあっては，$P_{slh\text{-}lng}$ を含む算式は適用しない。また，有効スロッシング幅 b_{slh} が $0.32B$ 未満の場合にあっては，$P_{slh\text{-}t}$ を含む算式は適用しない。

1.3.2　最小スロッシング圧力

4 章 6 節 6.2 に規定する最小スロッシング圧力 $P_{slh\text{-}min}$ は，有効スロッシング長さ ℓ_{slh} 又は有効スロッシング幅 b_{slh} が **1.3.1** の規定より小さいタンクに適用する。

1.3.3　評価すべき構造部材

次の構造部材について評価しなければならない。

(a)　タンクの境界を形成する板と防撓材

(b)　制水隔壁の板及び防撓材

(c)　タンク内の主要支持部材のウェブ及びウェブの防撓材

(d)　タンク内の主要支持部材を支持するトリッピングブラケット

1.3.4　縦方向の液体運動による設計スロッシング圧力の適用

4 章 6 節 6.3.3 に規定する縦方向の液体運動による設計スロッシング圧力 $P_{slh\text{-}lng}$ は，次の部材に適用しなければならない。（**図 1** 参照）

(a)　横水密隔壁

(b)　横制水隔壁

(c)　横水密隔壁及び横制水隔壁付きのストリンガ

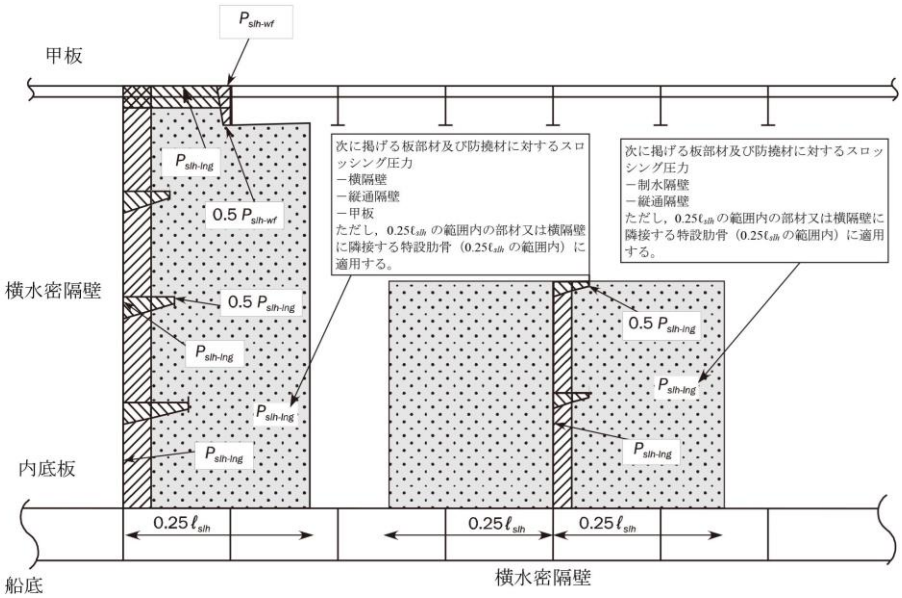
(d)　縦通隔壁，甲板及び縦通隔壁の板部材及び防撓材で，横隔壁から次の距離のうちいずれか小さい方の間にあるもの。

- $0.25\ell_{slh}$
- 考慮する高さにおける，横隔壁と隣接する最初の特設肋骨（タンク内に位置する場合）の間の距離

加えて，特設肋骨が隔壁から $0.25\ell_{slh}$ 以内に位置する場合（**図 1** 参照）にあっては，横水密隔壁又は横制水隔壁に隣接する最初の特設肋骨は，**4 章 6 節 6.3.4** に規定する特設肋骨へのスロッシング圧力 $P_{slh\text{-}wf}$ に対して評価しなければならない。

4 章 6 節 6.2 に規定する最小スロッシング圧力 $P_{slh\text{-}min}$ は，他のすべての部材に適用しなければならない。

図 1　　縦方向の液体運動によるスロッシング荷重の適用



1.3.5　　横方向の液体運動による設計スロッシング圧力の適用

4 章 6 節 6.4.3 に規定する，横方向の液体運動による設計スロッシング圧力 $P_{slh\text{-}t}$ は，次の部材に適用しなければならない。（**図 2** 参照）

(a)　縦通水密隔壁

(b)　縦通制水隔壁

(c)　縦通水密隔壁及び縦通制水壁付きの水平ストリンガ

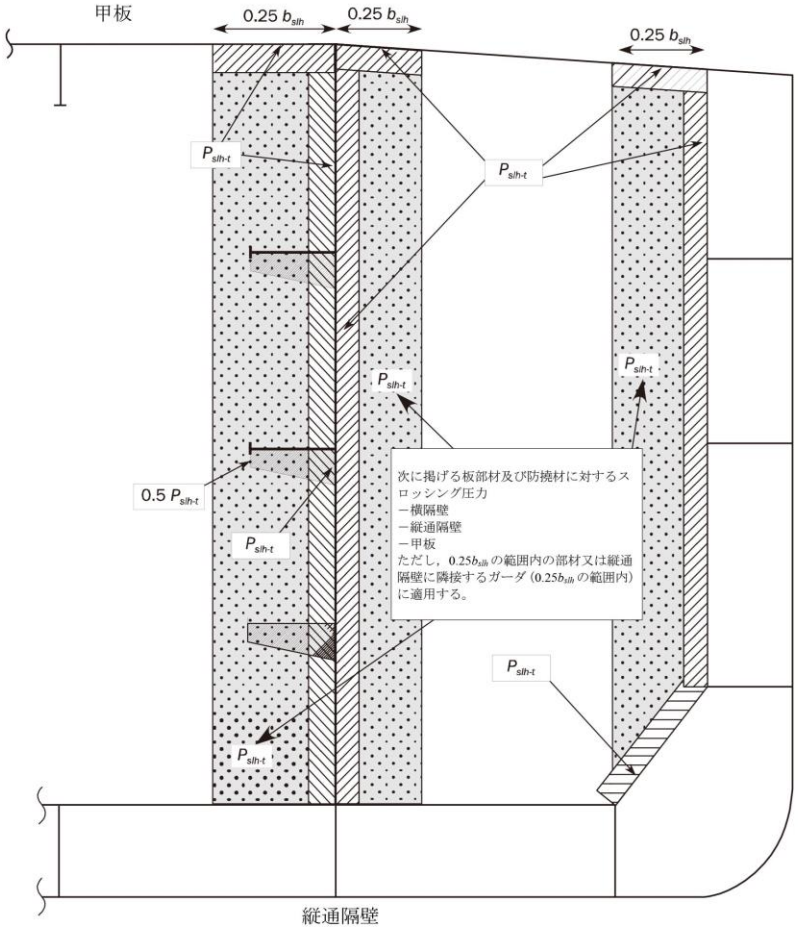
(d)　ストリンガ，甲板を含む横隔壁の板部材及び防撓材で，縦通隔壁から次の距離のうちいずれか小さい方の間にあるもの。

- 0.25 b_{slh}
- 考慮する高さにおける，縦通隔壁と隣接する最初のガーダ（タンク内に位置する場合）の間の距離

加えて，ガーダが縦通隔壁から 0.25 b_{slh} 以内に位置する場合（**図 2** 参照）にあっては，縦通水密隔壁又は縦通制水隔壁に隣接する最初のガーダは，**4 章 6 節 6.4.4** に規定するスロッシング圧力 $P_{slh\text{-}grd}$ に対して評価しなければならない。

4 章 6 節 6.2 に規定する最小スロッシング圧力 $P_{slh\text{-}min}$ は，他のすべての部材に適用しなければならない。

図 2　　横方向の液体運動によるスロッシング荷重の適用



1.3.6　横方向及び縦方向の流体運動の組合せ

横方向及び縦方向の流体運動に起因するスロッシング圧力は，それぞれ単独で作用すると仮定しなければならない。構造部材は，横方向及び縦方向の流体運動による最大スロッシング圧力に対して評価しなければならない。

1.3.7　追加のスロッシング衝撃評価

有効スロッシング幅 b_{slh} が $0.56B$ より大きい又は有効スロッシング長さ ℓ_{slh} が $0.13L_{CSR}$ より大きいタンクにあっては，追加のスロッシング衝撃評価を実施しなければならない。その検討方法については，本会の適当と認めるところによる。

2.　部材寸法要件

2.1　板部材

2.1.1　ネット板厚

スロッシング圧力を受ける板のネット板厚 t（mm）は，次の算式による値以上としなければならない。

$$t = 0.0158\alpha_p b\sqrt{\frac{P_{slh}}{C_a R_{eH}}}$$

C_a：　許容曲げ応力の係数で，次の算式による。

$$C_a = \beta_a - \alpha_a\frac{|\sigma_{hg}|}{R_{eH}}$$

表 1 に規定する係数による。ただし，$C_{a\text{-}max}$ を超えてはならない。

σ_{hg}：　ハルガーダ曲げ応力（N/mm^2）で，サギング及びホギング状態の曲げモーメントのうち絶対値が最大となる値。

P_{slh}：　**1.3** に規定する $P_{slh\text{-}lng}$，$P_{slh\text{-}t}$ 又は $P_{slh\text{-}min}$ のうち最大となる値

表 1　　β_a，α_a及び $C_{a\text{-}max}$ の定義

許容基準	構造部材		β_a	α_a	$C_{a\text{-}max}$
AC-S	貨物倉区域内の縦強度部材で，次の部材を含む（ただし，これだけに限らない） ・ 甲板 ・ 縦通隔壁 ・ 水平波形縦通隔壁 ・ 縦通ガーダ及び縦通ストリンガ	縦方向に防撓される板	0.9	0.5	0.8
		横方向又は垂直方向に防撓される板	0.9	1.0	0.8
	その他の強度部材で，次の部材を含む ・ 立て式波形縦通隔壁 ・ 横隔壁 ・ 波形横隔壁 ・ 横ストリンガ及び特設肋骨 ・ タンク境界の板部材及び貨物倉区域外の主要支持部材		0.8	0	0.8

2.2　　防撓材

2.2.1　　ネット断面係数

スロッシング圧力を受ける防撓材のネット断面係数 Z（cm^3）は，次の算式による値以上としなければならない。

$$Z = \frac{P_{slh} s \ell_{bdg}{}^2}{f_{bdg} C_s R_{eH}}$$

f_{bdg}：　曲げモーメントの係数で次による。

f_{bdg} = 12　両端で回転が固定される防撓材（原則として，全ての連続した防撓材の部材寸法に対して適用する。）

f_{bdg} = 8　一端又は両端で回転が固定されない防撓材（原則として，一般的に連続していない防撓材に対して適用する。）

C_s：　許容曲げ応力の係数で，次による。

・ハルガーダ応力を受ける部材の場合：**表 2** の規定よる。

・その他の場合：$C_s = C_{s\text{-}max}$

P_{slh}：　**1.3** に規定する $P_{slh\text{-}ing}$，$P_{slh\text{-}t}$ 又は $P_{slh\text{-}min}$ のうち最大となる値

$C_{s\text{-}max}$：　**表 3** の規定による。

表 2　　許容曲げ応力係数 C_s

ハルガーダ曲げ応力 σ_{hg}[1] の符号	作用する面外圧力[2]	防撓材境界条件[3]	f_{bdg}	係数 C_s
引張り（正）	防撓材側	*F - F*	12	$C_S = \beta_S - \alpha_S \frac{\lvert\sigma_{hg}\rvert}{R_{eH}}$ ただし，$C_{s\text{-}max}$ を超えてはならない
		F - S	8	$C_S = \beta_S - \alpha_S \frac{\lvert\sigma_{hg}\rvert}{R_{eH}}$ ただし，$C_{s\text{-}max}$ を超えてはならない
		S - S	8	$C_s = C_{s\text{-}max}$
	板部材側	*F - F*	12	$C_s = C_{s\text{-}max}$
		F - S	8	$C_s = C_{s\text{-}max}$
		S - S	8	$C_S = \beta_S - \alpha_S \frac{\lvert\sigma_{hg}\rvert}{R_{eH}}$ ただし，$C_{s\text{-}max}$ を超えてはならない
圧縮力（負）	防撓材	*F - F*	12	$C_s = C_{s\text{-}max}$
		F - S	8	$C_s = C_{s\text{-}max}$
		S - S	8	$C_S = \beta_S - \alpha_S \frac{\lvert\sigma_{hg}\rvert}{R_{eH}}$ ただし，$C_{s\text{-}max}$ を超えてはならない
	板部材側	*F - F*	12	$C_S = \beta_S - \alpha_S \frac{\lvert\sigma_{hg}\rvert}{R_{eH}}$ ただし，$C_{s\text{-}max}$ を超えてはならない
		F - S	8	$C_S = \beta_S - \alpha_S \frac{\lvert\sigma_{hg}\rvert}{R_{eH}}$ ただし，$C_{s\text{-}max}$ を超えてはならない
		S - S	8	$C_s = C_{s\text{-}max}$

（備考）

(1) σ_{hg}はホギング及びサギング状態に対して考慮しなければならない。

(2) 考慮するタンク内に位置する主要支持部材及び制水隔壁は，スロッシング圧力を防撓材及び板部材側の両方に適用しなければならない。

(3) *F – F*：両端固定

F – S：一端固定，他端支持

S – S：両端支持

表 3　　β_s，α_s及び $C_{s\text{-}max}$ の定義

許容基準	構造部材		β_s	α_s	$C_{s\text{-}max}$
AC-S	貨物倉区域の縦強度部材で，次の部材を含む（ただし，これだけに限らない） ・ 甲板の防撓材 ・ 縦通隔壁の防撓材 ・ ガーダ及びストリンガの防撓材	縦通防撓材	0.85	1.0	0.75
		横防撓材又は垂直防撓材	0.7	0	0.7
	その他の強度部材で，次の部材を含む ・ 横隔壁の防撓材 ・ 横ストリンガ及び特設肋骨の防撓材 ・ タンク境界の防撓材及び貨物倉区域外の主要支持部材付きの防撓材		0.75	0	0.75

2.3　　主要支持部材

2.3.1　ウェブ

主要支持部材のウェブのネット板厚 t（mm）は，次の算式による値以上としなければならない。

$$t = 0.0158\alpha_p b\sqrt{\frac{P_{slh}}{C_a R_{eH}}}$$

P_{slh}：　**1.3** に規定する $P_{slh\text{-}lng}$，$P_{slh\text{-}t}$，$P_{slh\text{-}wf}$，$P_{slh\text{-}grd}$ 及び $P_{slh\text{-}min}$ のうち最大となる値。圧力は，**図 1** 及び**図 2** に示すように部材高さ上方の分布を考慮の上で，**3 章 7 節 4.1** に規定する荷重作用点において計算すること。

C_a：　許容板曲げ応力の係数で，**2.1.1** の規定による。

2.3.2　ウェブ防撓材

スロッシング圧力を受ける主要支持部材のウェブ防撓材のネット断面係数 Z（cm^3）は，次の算式による値以上としなければならない。

$$Z = \frac{P_{slh} s \ell_{bdg}{}^2}{f_{bdg} C_s R_{eH}}$$

P_{slh}：　**1.3** に規定する $P_{slh\text{-}lng}$，$P_{slh\text{-}t}$，$P_{slh\text{-}wf}$，$P_{slh\text{-}grd}$ 及び $P_{slh\text{-}min}$ のうち最大となる値。圧力は，**図 1** 及び**図 2** に示すように部材高さ上方の分布を考慮の上で，**3 章 7 節 3.2** に規定する荷重作用点において計算すること。

C_s：　許容板曲げ応力の係数で，**2.2.1** の規定による。

f_{bdg}：　曲げモーメントの係数で，**2.2.1** の規定による。

2.3.3　主要支持部材を支持するトリッピングブラケット

有効長さ d の範囲内の基部におけるトリッピングブラケットのネット断面係数 Z（cm^3）は，次の算式による値以上としなければならない。主要支持部材を支持するトリッピングブラケットの，切欠き及びスロットを差し引いたネットせん断面積 A_{shr}（cm^2）は，次の算式による値以上としなければならない。

$$Z = \frac{1000 P_{slh} s_{trip} h^2}{2 C_s R_{eH}}$$

$$A_{shr} = 10\frac{P_{slh} s_{trip} h}{C_t \tau_{eH}}$$

P_{slh}：　**1.3** に規定する $P_{slh\text{-}lng}$，$P_{slh\text{-}t}$，$P_{slh\text{-}wf}$，$P_{slh\text{-}grd}$ 及び $P_{slh\text{-}min}$ のうち最大となる値。平均圧力は，**図 1** 及び**図 2** に示す分布を考慮し，トリッピングブラケットの中央において計算すること。

s_{trip}：　トリッピングブラケット間，その他の主要支持部材間又は隔壁間の平均心距（m）

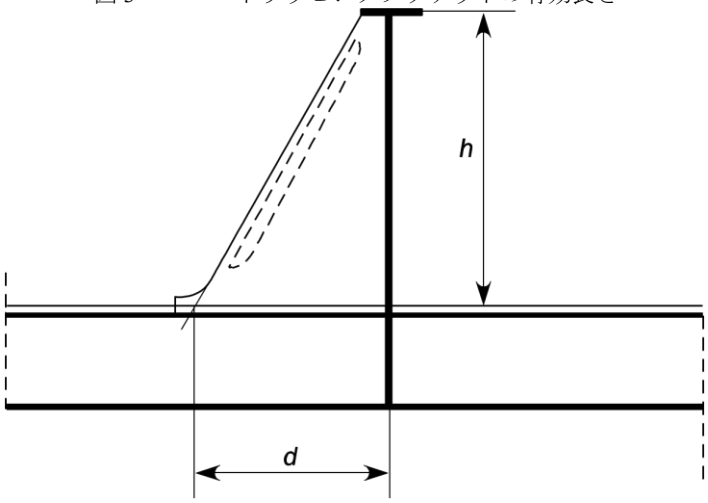
h：　トリッピングブラケットの高さ（m）（**図 3** 参照）

C_s：　トリッピングブラケットに対する許容曲げ応力の係数で，0.75 とする。

C_t：　トリッピングブラケットに対する許容せん断応力の係数で，0.75 とする。

主要支持部材を支持するトリッピングブラケットの断面係数の計算に使用する付き板の有効幅は，トリッピングブラケットの高さ h の 1/3 としなければならない。

図 3　　トリッピングブラケットの有効長さ



11章　船楼，甲板室及び艤装品

1節　　船楼及び甲板室

記号

本節に規定されない記号については，**1章4節**による。

P：　対象の船楼の側壁又は甲板に作用する圧力（kN/m^2）

暴露甲板の場合：　$P = P_D$

非暴露甲板の場合：　$P = P_{dl}$

船楼の側壁の場合：　$P = P_{SI}$

P_D：　暴露甲板に作用する面外圧力（kN/m^2）で，**4章5節2**及び**4章5節4.2**の規定による。

P_{dl}：　非暴露甲板に作用する面外圧力（kN/m^2）で，**4章6節5**の規定による。

P_{SI}：　船楼の側壁に作用する面外圧力（kN/m^2）で，**4章5節4.3**の規定による。

P_{FB}：　船首衝撃規定を適用する場合の船側外板に作用する面外圧力（kN/m^2）で，**4章5節3.3.1**の規定による。

P_A：　船楼端隔壁と甲板室の周壁に作用する外圧（kN）で，**4章5節4.4.1**の規定による。

ℓ_{bdg}：　有効曲げスパン（m）で，**3章7節**の規定による。

ℓ_{shr}：　有効せん断スパン（m）で，**3章7節**の規定による。

c：　係数で次による。

両端又は片端が単純支持の甲板梁，甲板縦桁及び甲板横桁の場合　　c =0.75

上記以外の場合　　c =0.55

m_a：　係数で次の算式による。

$$m_a = 0.204\frac{s}{1000\ell_{bdg}}\left[4-\left(\frac{s}{1000\ell_{bdg}}\right)^2\right] \quad \text{ただし} \frac{s}{1000\ell_{bdg}} \le 1$$

1.　　一般

1.1　　適用

1.1.1

本節の規定は鋼構造の船楼及び甲板室に適用する。

部材寸法要件の適用を**表1**に示す。

表1　　要件の適用

項目	船楼	甲板室
暴露甲板	**3.1.1**	**3.2**
非暴露甲板	**3.2.2** から **3.2.5**	**3.2**
側壁	**3.1.1**	**3.3**
端部隔壁（前後端）	**3.3**	**3.3**

1.1.2

本節は，中央部 $0.4L_{CSR}$ 間より前後の船楼，又は長さが $0.15L_{CSR}$ より小さい船楼に対して適用する。

1.1.3

本節は，中央部 $0.4L_{CSR}$ 間の甲板室であって，その長さが $0.2L_{CSR}$ を超えないものに適用する。

1.2 グロス寸法

1.2.1

特に規定がない場合，**3** に規定するすべての部材寸法は，グロス寸法とする。（**3 章 2 節 1.1.3** 参照）

2. 構造配置

2.1 構造の連続性

2.1.1 甲板室の隔壁及び側壁

後端壁，前端壁及び側壁は，隔壁，ガーダ及び梁柱等の甲板下構造によって有効に支えられなければならない。

側壁，主要な縦通及び横隔壁は，甲板室の各層で同一線上に配置しなければならない。そのような構造配置が困難な場合には，他の有効な支持構造を設けなければならない。

構造は不連続の影響が最小限となるように配置しなければならない。側壁に設けるすべての開口は，補強し，十分な丸みを付けなければならない。戸及び類似の開口の上下には，連続したコーミング又はガーダを設けなければならない。

2.1.2 甲板室の隅部

甲板室が強力甲板と取り合う箇所の隅部においては，甲板下の支持構造に荷重が伝わるよう構造配置に留意しなければならない。

2.2 端部の固着

2.2.1 甲板防撓材

横置梁は，**3 章 6 節 3.2.1**，**3.2.2** 及び **3.2.3** の規定に従い，ブラケットにより倉内肋骨に固着しなければならない。縦通壁又は甲板縦桁と交差する甲板梁は，縦通壁の防撓材又は甲板縦桁のウェブにブラケットを設けずに溶接によって固着して差し支えない。

2.2.2 甲板縦桁及び甲板横桁

面材は，**3 章 6 節 4.3** の規定に従いトリッピングブラケットで支えなければならない。

2.2.3 船楼肋骨の端部の固着

垂直肋骨は，十分な支持構造となるよう，その下部肋骨又は甲板に固着しなければならない。

2.3 隔壁の局部補強

2.3.1

大きな開口部や救命設備を支える箇所，又は他の艤装品や付加物等から荷重を受ける箇所には，局部補強を設けなければならない。

3. 部材寸法

3.1 船楼の側壁及び甲板

3.1.1 暴露部の側壁及び暴露甲板

船楼の側壁が外板の一部となる場合，暴露部の側壁及び暴露甲板，防撓材及び主要支持部材は，本節に規定する圧力 P_D，P_{dl} 及び P_{SI} を用いて，それぞれ **6 章 3 節**，**6 章 4 節**，**6 章 5 節**及び **6 章 6 節**の該当規定に適合しなければならない。**3 章 2 節**に規定するネット寸法手法及び **3 章 3 節**に規定する腐食予備厚を考慮しなければならない。

船楼の側壁が外板の一部でない場合，暴露部の側壁及び支持構造を含む暴露甲板は，**3.3**，**3.2.1** 及び **3.2.3** から **3.2.5** の規定によらなければならない。

3.2 甲板室の甲板

3.2.1 暴露甲板の板部材

甲板室の暴露のグロス板厚 $t_{gr-\exp}$（mm）は，次の算式による値以上としなければならない。

$$t_{gr-\exp} = 7.5\sqrt{\frac{ks}{s_{std}}} \quad \text{第一層甲板室}$$

$$t_{gr-\exp} = 7.0\sqrt{\frac{ks}{s_{std}}} \quad \text{第二層甲板室}$$

$t_{gr-\exp} = 6.5\sqrt{\frac{ks}{s_{std}}}$　　第三層甲板室

s_{std}：防撓材及び梁の標準参照心距（mm）で，次の算式による。

$$s_{std} = 470 + 1.67L_1$$

甲板が被覆材で保護されている場合には，甲板のグロス板厚を 1.5mm 減じてもよい。ただし，いかなる場合も 5mm 未満としてはならない。

木製以外の被覆材が用いられる場合，被覆材は鋼板に無害のものでなければならない。被覆材は甲板に有効に張らなければならない。

3.2.2　非暴露甲板の板部材

甲板室の非暴露甲板のグロス板厚$t_{gr-un\exp}$（mm）は，次の算式による値以上としなければならない。

$t_{gr-un\exp} = 0.9t_{gr-\exp}$　　甲板室の位置による。

$t_{gr-un\exp} = \left(5.8\frac{s}{1000} + 1\right)\sqrt{k}$　ただし，5.5mm 以上としなければならない。

3.2.3　梁及び防撓材

甲板室の甲板の横置梁及び防撓材のグロス断面係数Z_{gr}（cm^3）及びグロスせん断面積A_{gr-sh}（cm^2）は次の算式による値以上としなければならない。

$$Z_{gr} = ckP\frac{s}{1000}\ell_{bdg}{}^2$$

$$A_{gr-sh} = 0.05(1 - 0.817m_a)kP\frac{s}{1000}\ell_{shr}$$

3.2.4　縦桁及び横桁

甲板室の甲板の縦桁及び横桁のグロス断面係数Z_{gr}（cm^3）及びグロスせん断面積A_{gr-sh}（cm^2）は次の算式による値以上としなければならない。

$$Z_{gr} = ckPS\ell_{bdg}{}^2$$

$$A_{gr-sh} = 0.05kPS\ell_{shr}$$

縦桁の深さはℓ/25 以上としなければならない。連続する甲板梁を通すための切欠きを設ける縦桁のウェブ深さは，少なくとも甲板梁の深さの 1.5 倍にしなければならない。

3.2.5　縦桁及び横桁の格子解析による代替配置

縦桁及び横桁が相持ち構造の場合，グロス寸法の構造モデルを用いた追加の解析を要求する場合がある。

結果応力は次の許容曲げ応力，許容せん断応力及び許容等価応力（N/mm^2）を超えてはならない。

$$\sigma_b = 150/k$$

$$\tau = 100/k$$

$$\sigma_{eqv} = 180/k$$

3.3　甲板室の周壁及び船楼端隔壁

3.3.1　適用

3.3 の規定は，開口及び居住区を保護するための船楼端隔壁及び甲板室の周壁に適用する。

乾舷甲板，船楼甲板又は最下層甲板室の頂部の開口を保護しない甲板室隔壁の寸法については，適当に参酌して差し支えない。また，機関室口囲壁を保護しない甲板室の隔壁の寸法についても，当該甲板室が居住区を含んでいないこと，又は船舶の運航に必要な装置を保護するものではないことを条件に，適当に参酌して差し支えない。

3.3.2　板厚

板材のグロス板厚t_{gr}（mm）は次の算式による値のうち，大きい方の値以上としなければならない。

$$t_{gr} = 0.9\frac{s}{1000}\sqrt{kP_A} + 1.5$$

$t_{gr} = \left(5.0 + \frac{L_2}{100}\right)\sqrt{k}$　最下層の場合

$t_{gr} = \left(4.0 + \frac{L_2}{100}\right)\sqrt{k}$　最下層以外の場合，ただし 5.0mm 未満としてはならない。

3.3.3　防撓材

防撓材のグロス断面係数Z_{gr}（cm^3）は次の値以上としなければならない。

$$Z_{gr} = 0.35kP_A\frac{s}{1000}\ell^2$$

本規定は最下層の防撓材のウェブが甲板に適切に溶接される場合を想定している。端部が他の固着方法である場合の部材寸法は，特別に考慮しなければならない。

甲板室周壁の防撓材の断面係数は，防撓材の心距 s 及びスパンℓを考慮し，直下の甲板の倉内肋骨の断面係数を超える必要はない。

2 節　ブルワーク及びガードレール

1.　一般

1.1　適用

1.1.1

暴露する乾舷甲板と船楼甲板のまわり及び第一層の甲板室のまわりと船楼端には，ブルワーク又はガードレールを設けなければならない。

1.2　最小高さ

1.2.1

ブルワーク及びガードレールの高さは，甲板上面から 1*m* 以上とし，その構造は **2.2** 及び **3.2** の規定による。ただし，この高さが船舶の通常の運用の妨げになる場合で，本会が適当と認める他の保護装置を有するときは，この高さを軽減して差し支えない。

2.　ブルワーク

2.1　一般

2.1.1

ブルワークは，その上縁を有効に防撓し，2*m* を超えない間隔のステイ又はブラケットにより支持しなければならない。

また，ステイ及びブラケットの遊縁は，防撓しなければならない。

2.1.2

船体中央部 $0.6L_{CSR}$ 間にあっては，ブルワークはハルガーダ応力の影響を受けることのないように配置しなければならない。

2.1.3

係船孔付近のブルワークの板は適切に補強し，板の厚さを増さなければならない。

ブルワークに設ける舷門その他の諸口は，船楼端からなるべく隔たった箇所に設けなければならない。

2.1.4

ブルワークの板及びステイは，揚貨装置の操作に使用されるシュラウド又は他のテークル等のためのアイプレート，及び係船又は曳航のための索用の孔又はフェアリーダの近傍について，適切な補強を行わなければならない。

2.1.5

ブルワークの開口は，少なくとも **3.1.2** の規定と同等の船員保護が可能な配置としなければならない。

この目的のために，水平に配置するレール又はバーに代えて，約 230*mm* の間隔で垂直に配置するレール又はバーを認める場合がある。

2.1.6

甲板上に木材を積載する船舶は，**C 編 1 編 14.8.3.1-3.**の規定によらなければならない。

2.1.7

係留設備からの大きな荷重が作用するブルワークにおいては，ステイを十分に補強しなければならない。

2.1.8

ブルワークの構造等は，本節の規定に加え，**C 編 1 編 14.8.3.1-4.**から**-6.**の規定にもよらなければならない。

2.2　ブルワークの構造

2.2.1　板部材

暴露する乾舷甲板及び船楼甲板のまわりにあるブルワークの板部材のグロス板厚は，**表 1** に示す板厚以上としなければならない。

表 1　　ブルワークの板部材の板厚

ブルワークの高さ	グロス板厚
1.8*m* 以上	**11 章 1 節 3.2.1** の規定による同位置における船楼側壁の要求板厚。ただし，6.5*mm* 以上としなければならない。
1.0*m*	6.5*mm*
中間の高さ	線形補間により求める

2.2.2　ステイ

ステイのグロス断面係数$Z_{stay-grs}$（cm^3）は，次の算式による値以上としなければならない。

$$Z_{stay-gr} = 77 h_{blwk}{}^2 s_{stay}$$

h_{blwk}：ブルワークの高さ（*m*）で，甲板上面からレールの上端までの高さ（*m*）

s_{stay}：ステイの心距（*m*）

断面係数の計算は，甲板に固着する部材のみを算入すること。ステイのバルブ又は面材は甲板に固着されている場合，計算に加えて差し支えない。ブルワークの板を舷側厚板に固着する場合にあっては，600*mm* を超えない幅の付き板を計算に含めて差し支えない。

2.2.3

ブルワークを中断する場合，その端部には強度を増したステイ又はブラケットを設けなければならない。

ブルワークのステイは，甲板下補強材により適切に支持するか，直下に甲板下補強材を配置しなければならない。当該補強材は，ブルワークのステイの固着位置において，両側連続隅肉溶接によって固着すること。

2.2.4

船楼の端部において，船楼側壁をブルワークにテーパさせながら接続する場合，当該箇所は船楼側壁と等しい板厚としなければならない。当該箇所に開口を設ける場合，増厚又は他の適当な方法により，適切に補強しなければならない。

3.　ガードレール

3.1　一般

3.1.1

船楼がトランクによって連結されている場所では，乾舷甲板の暴露部の全長についてガードレールを設けなければならない。

3.1.2

A 型又は B-100 型の船舶においては，乾舷甲板の暴露部では，その長さの少なくとも半分にわたりガードレールを設けなければならない。

又は，国際満載喫水線条約を満足する放水設備を備えなければならない。

3.2　ガードレールの構造

3.2.1

ガードレールの支柱は，次に掲げる要件を満足しなければならない。

(a)　固定式，取り外し式又はヒンジ式の支柱を，約 1.5*m* の間隔で備え付けなければならない。

(b)　支柱は，少なくとも 3 本毎にブラケット又はステイにより支持しなければならない

(c)　取り外し式又はヒンジ式支柱の場合は，直立状態で固定できなければならない。

(d)　丸型ガンネルの船舶では，支柱は，甲板の平らな部分に設けなければならない。

(e)　舷側厚板が溶接される船舶では，支柱は舷側厚板，アップスタンド及び連続したガッタバーに溶接してはならない。

3.2.2

ガードレールの最下条の横棒の下のすき間は，230*mm* を超えないものとし，その他の横棒間のすき間は，380*mm* を超えないものとしなければならない。

3.2.3

本会が特に認める場合，制限した長さに限り，ガードレールの代わりにワイヤロープを用いてもよい。この場合，ワイ

ヤロープはターンバックルにより緊張状態に保つこと。

3.2.4

2 本の固定支柱及び/又はブルワークの間に設けられる場合に限り，ガードレールの代わりにチェーンが認められる。開口が広い場合は，水平方向のチェーンの広がりを防ぐために垂直方向のチェーンを設けなければならない。

3 節　艤装

1.　一般

1.1　適用

1.1.1

錨泊のための設備については，本会の関連規則によらなければならない。

2.　（削除）

3.　（削除）

4節　甲板機器及び艤装品の支持構造

1.　一般

1.1　適用

1.1.1

甲板機器及び艤装品の支持構造及び台座については，本節の規定に加え，本会の関連規則によらなければならない。

1.1.2

甲板機器が操作荷重及び青波荷重のような様々な荷重を受ける場合には，それぞれの荷重に対して台座及び支持構造の強度評価を実施しなければならない。

1.2　提出書類

1.2.1

提出書類については，**1章3節**の規定による。

2.　ウインドラス及びチェーンストッパ

2.1　一般

2.1.1

ウインドラスは，甲板に有効かつ堅固に取り付けなければならない。

2.1.2

建造造船所及びウインドラス製造者は，台座がウインドラスの安全な操作と保守に対して適切なものであることを検討しなければならない。

2.1.3

支持構造の寸法は，**2.1.5**及び**2.1.6**に規定する各荷重に対し，応力が**2.1.12**から**2.1.15**に規定する許容値を超えないように決定しなければならない。

2.1.4

本規定はネット寸法を用いて評価しなければならない。

2.1.5

アンカー操作に対して，次に掲げる荷重条件を考慮しなければならない。

(a)　チェーンストッパが備えられているが一体になっていないウインドラス：　BSの45%

(b)　チェーンストッパが備えられていない又はチェーンストッパと一体になっているウインドラス：　BSの80%

(c)　チェーンストッパ：　BSの80%

BS：　アンカーチェーンの最小切断強度

2.1.6

船首$0.25L_{CSR}$に対して青波による設計荷重として，次に掲げる外力をそれぞれ適用しなければならない。（**図1**参照）

鎖車軸に垂直な方向に作用する荷重：　$P_x = 200A_x$（kN）

鎖車軸に平行な方向に作用する荷重（船内方向及び船外方向は別々に検討すること）：　$P_y = 150A_y f$（kN）

A_x：前面投影面積（m^2）

A_y：側面投影面積（m^2）

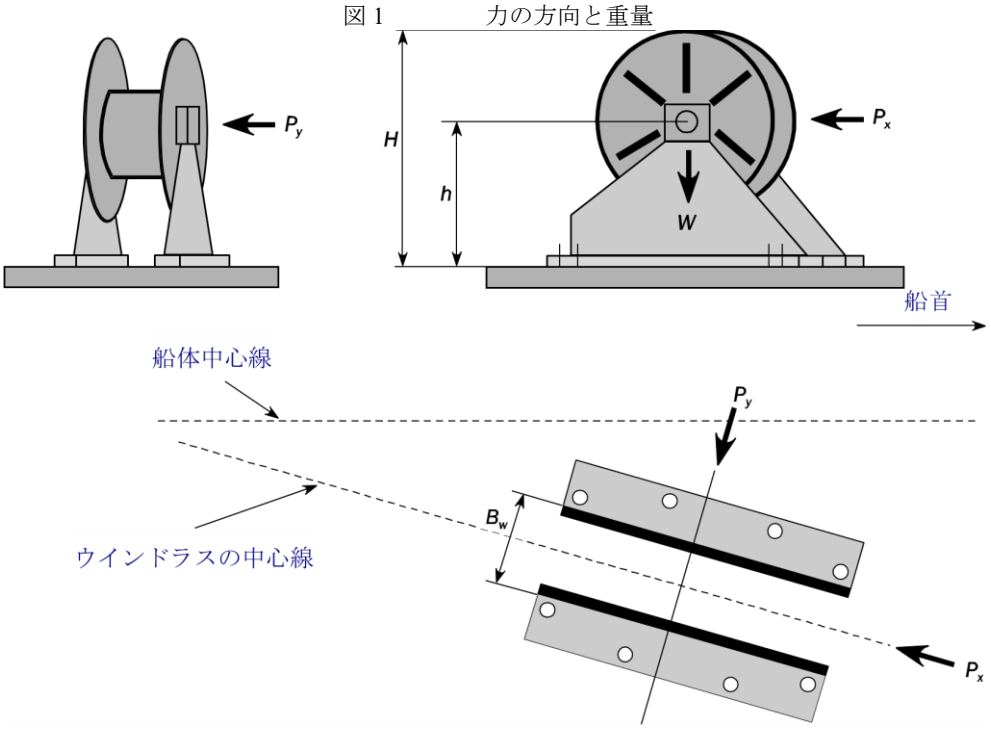
f：　係数で次による。

$f = 1 + B_w/H$，ただし，2.5以上とする必要はない。

B_w：鎖車軸に平行に測ったウインドラスの幅（m）（**図1**参照）

H：ウインドラスの全高（m）（**図1**参照）

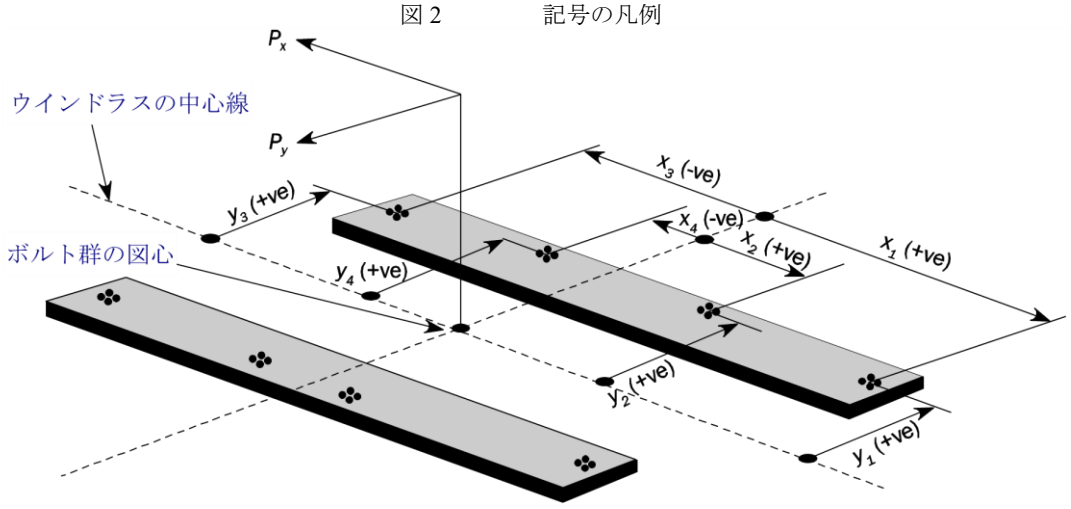
図 1　　力の方向と重量



2.1.7

ウインドラスを固定しているボルト，チョック及びストッパに作用する設計青波荷重からの力を計算しなければならない。ウインドラスは，1 個又は複数個のボルトにより構成される *N* 箇所のボルト群によって図 2 のように支持されているものとする。

図 2　　記号の凡例



2.1.8

ボルト群（又はボルト）*i* の全てに作用する軸力 R_{xi} 及び R_{yi}（引張方向を正とする）は，次の算式による。

$$R_{xi} = P_x\, h\, x_i\, A_i / l_x$$
$$R_{yi} = P_y\, h\, y_i A_i / l_y$$
$$R_i = R_{xi} + R_{yi} - R_{si}$$

P_x：　鎖車軸に垂直な方向に作用する力（*kN*）。

P_y：　鎖車軸に平行な方向に作用する力（*kN*）で，ボルト群 *i* に作用する船内方向又は船外方向の力うち大きい方の値。

h：　ウインドラスの台座上鎖車軸中心までの高さ（*cm*）（図 1 参照）

x_i, y　：*N* 箇所全てのボルト群の図心を原点としたボルト群 *i* の *x* 及び *y* 座標（*cm*）。ただし，正の方向は作用す

る力の方向と反対方向とする。

A_i： ボルト群 i のボルトの合計横断面積（cm^2）。

I_x： N 箇所のボルト群に対する x 方向の慣性（cm^4）で，次による。

$$I_x = \sum A_i {x_i}^2$$

I_y： N 箇所のボルト群に対する y 方向の慣性（cm^4）で，次による。

$$I_y = \sum A_i {y_i}^2$$

R_{si}： ボルト群 i におけるウインドラスの重量の静的反力（kN）。

2.1.9

ボルト群 i に作用するせん断力 F_{xi}，F_{yi} 及び合成力 F_i は，次の算式による。

$$F_{xi} = (P_x - C_1 mg)/N$$
$$F_{yi} = (P_y - C_1 mg)/N$$
$$F_i = \sqrt{{F_{xi}}^2 + {F_{yi}}^2}$$

C_1： 摩擦係数で，0.5 とする

m： ウインドラスの質量（t）

g： 重力加速度で，9.81（m/sec^2）とする

N： ボルト群の総数

2.1.10

2.1.5 及び **2.1.6** に規定する荷重の適用から求まる合成力を，支持構造の設計の際に考慮しなければならない。

2.1.11

ウインドラスのブレーキに分離型台座を設ける場合は，合成力の分布は **2.1.5** に規定する荷重条件**(a)**及び**(b)**がブレーキに作用すると仮定して計算しなければならない。

2.1.12

アンカリング設計荷重により生じる支持構造の応力は，次に掲げる許容値を超えてはならない。

- 直応力： $1.00R_{eH}$
- せん断応力： $0.60R_{eH}$

2.1.13

設計青波荷重により生じる各ボルト群 i の個々のボルトの引張軸応力は，ボルトの耐力の 50%を超えてはならない。荷重はチェーンの方向に作用させなければならない。取付けボルトが 1 つ又は両方向のせん断力を支持できるように設計している場合には，ミーゼスの等価応力はボルトの耐力の 50%を超えてはならない。

2.1.14

設計青波荷重 F_{xi} 及び F_{yi} から求まる水平力は，チョックにより支持して差し支えない。ウインドラスの据付けに合成樹脂製のチョックを用いる場合には，計算において考慮すること。

2.1.15

設計青波荷重により生じる支持構造の応力は，次の許容値より小さくなくてはならない。

- 直応力： $1.00R_{eH}$
- せん断応力： $0.60R_{eH}$

3. （削除）

4. クレーン，デリック及びリフティングマスト及び救命設備

4.1 一般

4.1.1

本規定は，救命設備の支持構造，及び安全使用荷重が 30kN を超える又は支持構造への最大転倒モーメントが 100kNm を超えるクレーン，デリック及びリフティングマストの支持構造に適用する。

4.1.2

本規定は，甲板への固着部並びにクレーン，デリック及びリフティングマストの支持構造に適用する。また，クレーン，デリック及びリフティングマストについて本会の承認を得る場合には，追加要件を要求することがある。

4.1.3

本規定は，次に掲げる項目はカバーしていない。

(a) 乗組員又は旅客等の揚貨設備の支持構造。ただし救命設備の台座は除く。

(b) 甲板固着部上の揚貨設備の脚部又はポストの構造

(c) 揚貨設備の一部として考慮する据付けボルト及びその配置

「揚貨設備」とは，クレーン，デリック及びリフティングマストをいう。

4.1.4 安全使用荷重の定義

安全使用荷重（*SWL*）とは，揚貨設備が，いかなるアウトリーチでも揚貨することを認められた最大荷重をいう。

4.1.5 自重

自重とは，揚貨用周辺機器の重量を含めた揚貨設備の計算グロス自重をいう。

4.1.6 転倒モーメント

転倒モーメントとは，安全使用荷重で操作した場合における，揚貨設備と船体構造との固着部の最大曲げモーメントで，アウトリーチ及び自重を考慮する。

4.1.7

クレーン装置の脚部及びデリックマストは，**図 3** に示す。

4.1.8

甲板板部材及び甲板下構造は，作用する荷重及び最大転倒モーメントに対して，デリックマスト及びクレーン装置の脚部が，適切に支持される構造としなければならない。甲板を貫通している場合は，甲板板部材は適切に補強しなければならない。

4.1.9

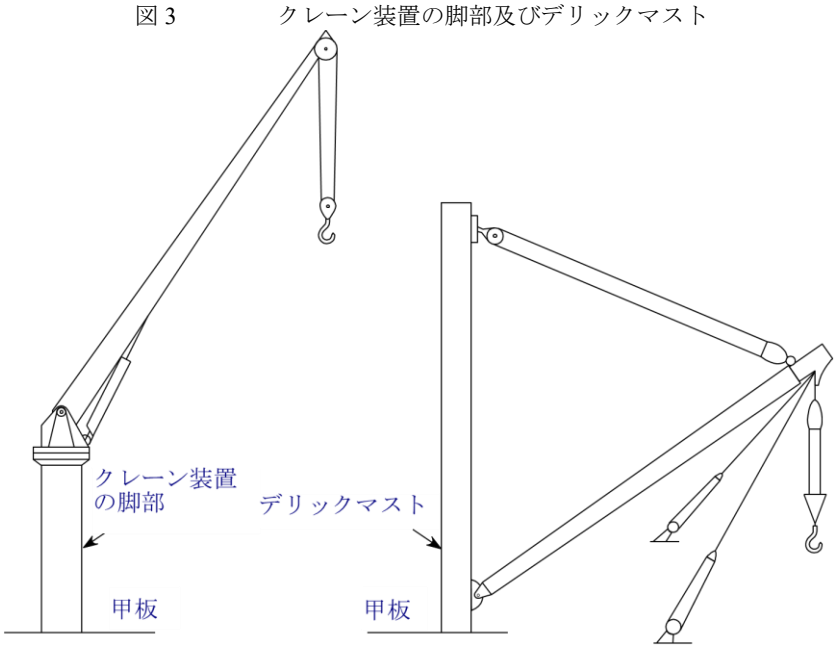
甲板構造の連続性は保持しなければならない。

甲板下構造を，クレーン装置の脚部を支持するために設けなければならない。また，次に掲げる項目を満足すること。

(a) クレーン装置の脚部を，甲板上ブラケットなしに直接甲板へ固着する場合には，クレーン装置の脚部の直下に適当な甲板下構造を設けなければならない。クレーン装置の脚部をブラケットなしに甲板へ固着する場合，又はクレーン装置の脚部が甲板において連続しない場合には，クレーン装置の脚部及び甲板下支持構造と甲板の溶接は，適切な完全溶込み溶接としなければならない。溶接継手の設計は，**4.1.15** に規定する溶接継手の計算により求まる応力に対し適切でなければならない。

(b) クレーン装置の脚部がブラケットにより甲板に直接固着される場合には，荷重伝達が十分で構造欠陥のない，甲板下支持部材を設けなければならない。甲板上のブラケットは，クレーン装置の脚部の内部又は外部の甲板縦桁上又は横桁上に配置しなければならない。断面の急激な変化による応力集中を避けるように設計すること。ブラケット，他の直接荷重を伝達する構造及び甲板下支持構造は，適切な完全溶込み溶接により甲板に溶接しなければならない。固着部の設計は，**4.1.15** の規定により求まる応力に対し適切でなければならない。

図 3　　クレーン装置の脚部及びデリックマスト



4.1.10

甲板板部材は，クレーン装置の脚部に対し適切な材料強度を有するものでなければならない。必要に応じ，厚いインサートプレートを設けなければならない。また，いかなる場合にあっても，張力が作用する構造物に対して二重張りは用いてはならない。

4.1.11

支持構造の寸法は，**4.1.13** 及び **4.1.14** に規定する荷重に対し，応力が **4.1.15** に規定する許容値を超えないように決定しなければならない。

支持構造の座屈強度が十分であることを確認しなければならない。

4.1.12

本規定はグロス寸法を用いて評価しなければならない。

4.1.13

使用が港湾内に限定された揚貨設備に対しては，設計荷重は，揚貨装置の自重に安全使用荷重の 1.3 倍を加えたものとしなければならない。

4.1.14

救命設備に対しては，設計荷重は，安全使用荷重の 2.2 倍としなければならない。

4.1.15

支持構造に生じる応力は，次に掲げる許容値を超えてはならない。

- 直応力：　$0.67R_{eH}$
- せん断応力：　$0.39R_{eH}$

5.　（削除）

6.　その他の艤装品

6.1　支持材及び付属物

6.1.1

船体構造に比較的小さな荷重を与えるその他の艤装品の支持材及び付属物の設計において，次に掲げる要件を考慮しなければならない。詳細配置及びその承認は本会の適当と認めるところによる。

6.1.2

船体構造への付属物は，甲板開口及び応力集中部（例えば，端部ブラケットの先端）を避けて配置しなければならない。

支持材の設計において，甲板への付属物による構造欠陥の発生は最小限となるようにしなければならない。

5節　小倉口

記号

本節に規定されない記号については，1章4節による。

1.　一般

1.1　適用

1.1.1

1.2 から 1.6 の規定は，1章4節に規定する位置 I 及び位置 II の暴露甲板の小倉口に適用する。2 の規定は，船首 $0.25L_{CSR}$ の位置より前方の暴露甲板の小倉口に適用する。

1.4.1 に規定する小倉口の定義に該当しないばら積運搬船の倉口については，2章1節の規定を満足しなければならない。

1.2　材料

1.2.1

鋼製ハッチカバーの構造に使用する材料については，K編の規定による。

1.2.2

鋼以外の材料については，本会の適当と認めるところによる。

1.3　ハッチコーミングの高さ

1.3.1

ハッチコーミングの甲板上の高さは次の値以上としなければならない。

- 位置 I：　600 *mm*
- 位置 II：　450 *mm*

1.3.2

ガスケット及び締付け装置を備えるハッチカバーにより閉鎖する場合であって，いかなる海象条件においても船舶の安全性を損ねることが無いと旗国政府が認める場合にあっては，ハッチコーミングの高さを 1.3.1 に規定する値より減じる又はコーミングを省略して差し支えない。

この場合，ハッチカバーの構造寸法，ガスケット，締付け装置の配置及び甲板リセスの排水設備については，本会の適当と認めるところによる。

1.4　小倉口

1.4.1

小倉口は，甲板下部の区画に通じるように設計される，風雨密又は水密に閉鎖可能な倉口とする。開口の大きさは原則として $2.5m^2$ 以下とする。

暴露甲板上のハッチカバーは風雨密としなければならない。

バラストタンク，油タンク及びその他のタンクに設けるハッチカバーは，水密としなければならない。

1.4.2

いかなる海象条件においても風雨密性を維持できるよう，締付け装置を設けハッチカバーの縁を補強しなければならない。ハッチカバーの各辺には，それぞれ少なくとも 1 つの締付け装置を設けなければならない。円形ヒンジは，締付け装置とみなして差し支えない。

1.4.3

特別に設計されたハッチカバーについては，本会の適当と認めるところによる。

1.4.4

小倉口のハッチカバーのグロス板厚は 8*mm* 以上としなければならない。カバーの長さ又は幅が 0.6*m* を超える場合，適度に板厚を増厚するか又は有効な防撓材を設けなければならない。

1.4.5

小倉口のハッチコーミングのグロス板厚は，次の値のいずれか小さい方の値未満としてはならない。

・ ハッチコーミング近傍の甲板として，コーミングの高さ又はコーミングの防撓材間の距離のいずれか小さい方の値を防撓材の心距として算出したグロス板厚
・ 10 *mm*

コーミングの形状が適当な剛性を有するものでない限り，コーミング高さが 0.8*m* を超える場合又は開口部の長さ若しくは幅が 1.2*m* を超える場合は，コーミングを補強しなければならない。

1.5 貨物タンクの倉口

1.5.1

1.2 から **1.4** の規定は，貨物タンクの倉口に対する最低要件として考慮しなければならない。

1.5.4 の規定は皿状のカバー又はその他の特に承認を受けた設計のカバーには適用しない。

1.5.2

交通用ハッチ並びに貨物タンク及び隣接する区画のタンク洗浄用及びその他の開口に設けるカバーについては，次に掲げる材料を用いて製作しなければならない。

(a) **3 章 1 節**に規定する軟鋼
(b) 青銅又は真鍮のような非鉄材料の使用を考慮することができる。貨物タンク及び隣接する区画の開口のカバーについては，アルミニウム合金を使用してはならない。
(c) 意図する操作状況に関して，材料の耐火性能，物理的特性及び化学的特性を考慮にすることを条件に，合成樹脂の使用を検討することができる。材料の特性，カバーの設計及び製造方法の詳細を，本会に提出し承認を受けなければならない。

ハッチカバーのパッキンは，輸送する貨物に対し適合性があり，所定位置に保たれるものでなければならない。

1.5.3

ハッチコーミングの高さは，乾舷甲板の上面上 600*mm* 以上としなければならない。ただし，主管庁が認める場合，ハッチコーミングの高さは低くすることができる。ハッチコーミングの上端は，ハッチを設ける貨物タンクの最も高い位置よりも低くしてはならず，また，損傷時復原性への適合のために十分な高さを有さなければならない。

コーミングのグロス板厚は 10*mm* 以上としなければならない。コーミングの高さが 600*mm* を超える場合には，板厚を増厚又は端部への防撓材の設置を要求することがある。タンク交通用ハッチであって，コーミングで囲まれる面積が 1.2m^2 以上のもの又はコーミングが丸形でないもののコーミング板厚については，追加の要件を適用することがある。

1.5.4

コーミングで囲まれる面積が 1.2m^2 未満の防撓していないカバーのグロス板厚は，12.5*mm* 以上としなければならない。より大きな面積のカバーについては，板厚の増加又は防撓材の設置が必要となる。

円形の交通用ハッチに取り付ける防撓していない平板のカバーは，600*mm* を超えない間隔で締付装置により固定しなければならない。

方形の交通用ハッチにあっては，締付装置間の間隔は，原則として，450*mm* を超えてはならない。また，ハッチコーナーと隣接する締付装置との間の距離は 230*mm* 以下としなければならない。

ヒンジ式の閉鎖装置にあっては，コーミング及びカバーのヒンジ取り付け部を適切に防撓しなければならない。原則として，ヒンジはカバーの締付装置とはみなしてはならず，ガスケットが締め付け過剰とならないように設計しなければならない。

1.6 ガスケット

1.6.1

ハッチカバーの風雨密性については，軟質弾性材料のガスケットを連続配置し圧縮することにより確保しなければならない。

1.6.2

ガスケットに接触するハッチコーミング及びハッチカバーの鋼製部分は，鋭利な形状を有するものとしてはならない。

2. 暴露甲板前方部分の小倉口

2.1 一般

2.1.1

本規定は，船の長さの前端から 0.25L_{CSR} の箇所より前方の暴露甲板に設置される小倉口（原則として，2.5m^2 以下）で，

高さが夏期満載喫水線上 $0.1L_{CSR}$ 又は 22*m* のいずれか小さい方の値より小さいものに適用する。

2.1.2

非常時の脱出に供されるよう設計される小倉口については，**2.3.1(a)**，**(b)**，**2.4.3** 及び **2.5.1** の規定を適用することを要しない。

2.1.3

非常時の脱出に供される倉口の締付装置は，ハッチの両側から操作可能で，かつ，迅速に開閉可能なもの（例えば，単一の動作で締付装置の開閉を行うことができるハンドルを備えたもの）としなければならない。

2.2 強度

2.2.1

方形のハッチカバーに対するグロス板厚，防撓材配置及び寸法（*mm*）は，**表 1** 及び**図 2** による値以上としなければならない。

防撓材を設ける場合のその位置は，**2.4.1** で要求する金属同士の接触点の位置と一致させること。（**図 2** 参照）一次防撓材は，連続させ，すべての防撓材は，カバー内部端防撓材に溶接すること。（**図 1** 参照）

表 1 前方甲板の小倉口カバーに対するグロス寸法

呼び寸法（*mm*）	カバー板厚（*mm*）	一次防撓材	二次防撓材
		平鋼(*mm* × *mm*); 数量	
630 × 630	8	-	-
630 × 830	8	100 × 8 ; 1	-
830 × 630	8	100 × 8 ; 1	-
830 × 830	8	100 × 10 ; 1	-
1030 × 1030	8	120 × 12 ; 1	80 × 8 ; 2
1330 × 1330	8	150 × 12 ; 2	100 × 10 ; 2

2.2.2

方形の倉口のコーミングの上縁部は，上縁から 190*mm* の位置より上方を適当な形鋼により水平に補強しなければならない。

2.2.3

円形又は同様の形状のハッチカバーに対する板厚及び補強は，小型方形のハッチに要求されるものと同等な強度及び剛性を備えなければならない。

2.2.4

軟鋼以外の材料で製作するハッチカバーの寸法は，鋼で製作するハッチカバーと同等な強度及び剛性を備えなければならない。

2.3 主締付装置

2.3.1

主締付装置は，ハッチカバーを適切な位置に締め付けることができるもので，次のいずれかの閉鎖機構により風雨密にできるものでなければならない。

(a) フォーク（止め金）を締め付けるちょうナット

(b) クイック アクティング クリート

(c) セントラル ロッキング ディバイス

くさび座とクリップハンドルによる締付は，認められない。

2.4 主締付装置の要件

2.4.1

ハッチカバーには，弾性材料のガスケットを設けなければならない。このガスケットは，設計圧縮力で金属同士の接触

とするように設計し，締付装置が緩むか又は外れる原因となり得る青波によるガスケットの過度な圧縮を防ぐように設計すること。金属同士の接触が，図 2 に示すように各締付装置の近くに配置され，圧縮力に耐え得る十分なものであること。

2.4.2

主締付装置は，設計された圧縮力がいかなる道具も使わずに 1 人の力で得られるように設計及び製造されなければならない。

2.4.3

ちょうナットを用いる主締付方法では，フォーク（止め金）は，堅固な設計としなければならない。フォークは，上方に曲げるか自由端の表面を盛り上げるか又は同様な方法で使用中にちょうナットが外れる危険を最小にするよう設計すること。防撓されない鋼製フォークの板厚は，16*mm* 以上としなければならない。配置の例を図 1 に示す。

2.4.4

最前部貨物倉の前方の暴露甲板に位置するハッチカバーでは，ヒンジは，青波の働く向きがカバーを閉鎖させるよう設けなければならない。このことは，ヒンジが通常前端部に位置することを意味する。

2.4.5

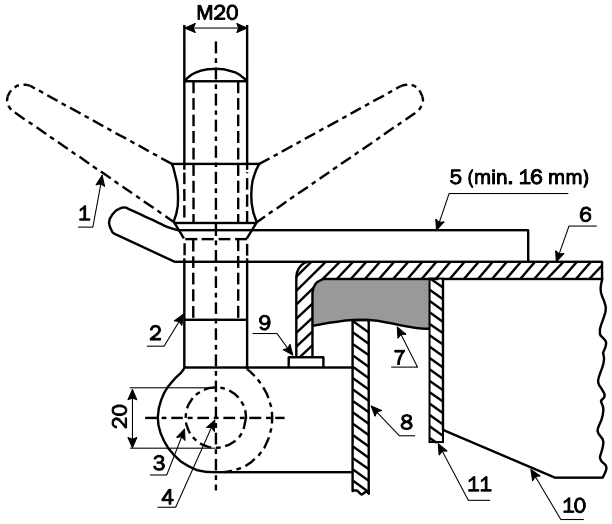
最前部貨物倉とその直後の貨物倉の間のような貨物倉口の間に位置する倉口では，ヒンジは，横方向及び船首から 45 度の方向の青波に対して保護されるよう前端部又は外側端部に設けなければならない。

2.5 補助締付装置

2.5.1

小倉口には，主締付装置が緩むか又は外れた場合でも，ハッチカバーが適切な位置に保つことができるように，例えば，スライディングボルト，掛金又はゆるく取りつけたバッキングバーの方法による独立した補助締付装置を設けなければならない。補助締付装置は，ハッチカバーのヒンジの反対側に設けること。

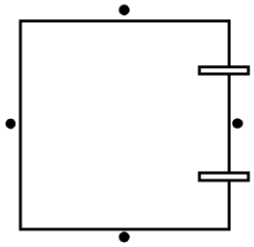
図 1 主締付装置の例



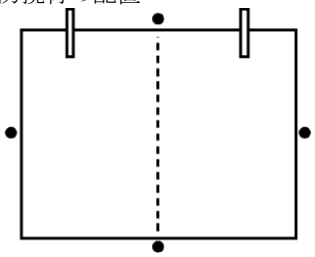
1. ちょうナット
2. トグルボルト
3. トグルボルトピン
4. トグルボルトピン中心
5. フォークプレート
6. ハッチカバー
7. ガスケット
8. ハッチコーミング
9. 金属同士の接触のためにトグルボルト付ブラケットに溶接された当板
10. 防撓材
11. 内縁部防撓材

(注：単位 *mm*)

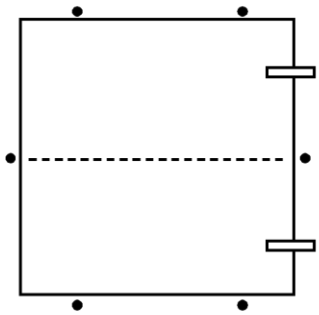
図 2　　防撓材の配置



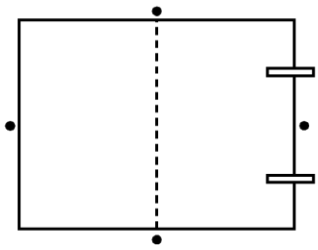
呼び寸法 630×630



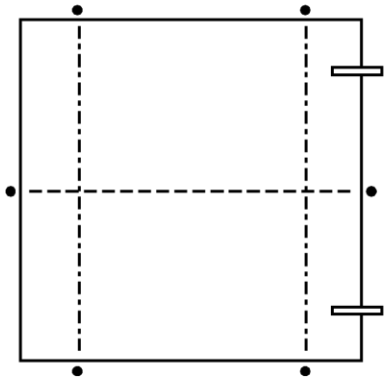
呼び寸法 630×830



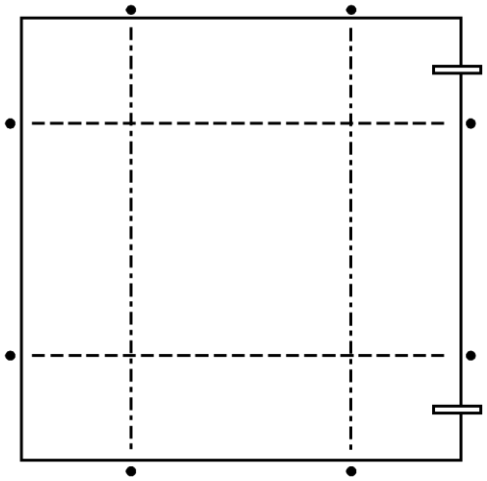
呼び寸法 830×830



呼び寸法 830×630



呼び寸法 1030×1030



呼び寸法 1330×1330

ヒンジ

締付装置／金属同士の接触

一次防撓材

二次防撓材

12章　建造

1節　　建造及び組立て

1.　　一般

1.1　　工事

1.1.1

すべての工事は，海洋商業上における品質を有し，検査員に認められるものでなければならない。溶接は **12章 2節** の要件に適合しなければならない。すべての欠陥は，その材料が塗装，セメント又はその他のもので覆われる前に，検査員の指示に従って補修されなければならない。

1.2　　組立基準

1.2.1

構造物の組立ては，本会が適当と認めた標準又は *IACS* 勧告 No.47 に従って行わなければならない。また，組立て又は建造の開始に先立って本会が適当と認めた工作標準に従って行わなければならない。

1.2.2

組立て又は建造中に使用する工作標準は，組立て又は建造の開始に先立って本会検査員が確認できるものでなければならない。

1.2.3

工作標準は，次に掲げる項目について，範囲及び許容限度を規定する情報を含まなければならない。

(a) 切断エッジ：切断エッジの傾斜及び切断エッジの粗さ

(b) フランジ縦通材，ブラケット及び組立断面：フランジ幅及びウェブ深さ，フランジ及びウェブ間の角度，並びにフランジ又は面材トップの面内直線度

(c) 梁柱：甲板間の直線度及び円筒状構造の直径

(d) ブラケット及び平鋼防撓材：トリッピングブラケット及び平鋼防撓材の自由端部のねじれ

(e) 小組立防撓材：二次面材及び防撓材のスニップ端の詳細

(f) 板の組立：平面及び曲がりブロックに対する寸法（長さ及び幅），ねじれ及び直角度並びに内構材の板からの変位

(g) 立体組立：板の組立標準に加えて，平面及び曲がり立体ブロックに対する上下板間のねじれ変位

(h) 特殊な組立：上下ガジョン間の距離，プロペラボス後端及び船尾隔壁間の距離，船尾骨材組立のねじれ，主機関台頂板の平面度，幅及び長さ。プロペラボス及び船尾骨材，スケグ又はソールピースのボーリングが建造後期に行われる場合，当該ボーリングは，船尾部の主な溶接が完了した後に行わなければならない。ブロック段階でボーリングが行われる場合にあっては，軸系アライメントに関する工事の方法及び手順に関する資料を本会に提出し，本会の承認を得なければならない。舵，ピントル及び舵管材の装着とアライメントは，船尾部の主な溶接が完了した後に行わなければならない。ピントルの円錐面と舵軸間及び舵頭と舵軸間の隙間は，最終取付けの前に検査しなければならない。

(i) 板の突合せ継手：板の突合せ継手のアライメント

(j) 十字継手：十字継手の中間線上及び末端線上で測ったアライメント

(k) 内構材のアライメント：*T* 型縦通材フランジのアライメント，板付き防撓材のアライメント，*T* 字継手及び重ね継手の差並びに組立及びブロック継手におけるスカラップ及び切欠間のギャップ

(l) 平板竜骨及び船底見通し：船の全長及び隣接する隔壁同士に対するたわみ，船首部及び船尾部の勾配差並びに船体中央部における船底勾配

(m) 寸法：船体中央部における垂線間，型幅及び型喫水の寸法並びにプロペラボス後端及び主機間の寸法

(n) 肋骨間の板の平滑度：外板，タンク頂板，隔壁，上甲板，船楼甲板，甲板室甲板及び壁板の肋骨間のたわみ

(o) 肋骨位置における板の平滑度：肋骨の位置における外板，タンク頂板，隔壁，強力甲板及びその他の構造のたわみ

2. 切欠き及び端部処理

2.1 一般

2.1.1

切欠き，ハッチコーナ等の遊縁（切断面）は，適切に処置し，ノッチのないようにしなければならない。切断線等は，原則として滑らかに仕上げなければならない。全ての縁は，面取りをしなければならない。また，高応力が発生する部材の縁にあっては，丸みを付けなければならない。

ガス若しくは機械切断線又はフランジの遊縁は，上述のように尖った縁とならないように仕上げなければならない。また，本規定は，切断線に適用するものであり，特に舷側厚板の上縁及び溶接継手に類似する箇所，断面の変化する箇所又は同様の不連続箇所に適用する。

2.1.2

ハッチコーナ部については機械切断しなければならない。

3. 冷間加工

3.1 特殊構造部材

3.1.1

高いハルガーダ応力を受け，切欠靭性に特に注意を要する部材（例えば，丸型ガンネル及びビルジ外板のような **3 章 1 節表 3** の材料クラス III とすることが要求される部位）に対しては，冷間加工する板の内側曲げ半径を炭素マンガン鋼（**3 章 1 節**参照）の建造板厚の 10 倍以上としなければならない。**3.3** に規定する要件に従う場合には，許容内側曲げ半径を減じても差し支えない。

3.2 波形隔壁及びホッパナックル部

3.2.1

波形隔壁及びホッパナックル部に対しては，冷間加工する板の内側曲げ半径を炭素マンガン鋼（**3 章 1 節**参照）の建造板厚の 4.5 倍以上としなければならない。**3.3** に規定する要件に従う場合には，許容内側曲げ半径を建造板厚の 4.5 倍未満としても差し支えない。

3.3 曲げ半径を減じる場合

3.3.1

3.1 及び **3.2** のそれぞれの規定に従い，内曲げ半径を建造板厚の 10 倍又は 4.5 倍未満とする場合，関連する資料を提出しなければならない。また，いかなる場合も曲げ半径は建造板厚の 2 倍以上としなければならない。この場合，次に掲げる追加要件を満足しなければならない。

(a) すべての曲板

- 変形領域の全域に対し，目視検査を行わなければならない。
- 磁粉探傷試験による抜き取り検査を行わなければならない。

(b) **(a)**に加え，タンク又はバラスト兼用倉の境界における曲板

- 鋼材は，*D* 若しくは *DH* 級又はそれ以上とする。
- 材料は，ひずみ時効後に衝撃試験を行い，本規定を満足すること。変形は，製造中に適用する最大変形と等しくなければならない。つまり，$t_{as\text{-}built}/(2r_{bdg}+t_{as\text{-}built})$で算出する値とする。ここに，$t_{as\text{-}built}$ を板材の建造板厚，r_{bdg} を曲げ半径とする。1 つの供試材を算出する変形又は 5%のどちらか大きい値で，塑性ひずみ状態とした後，250 ℃において 1 時間人工的に時効させる。その後，*V* ノッチシャルピー試験を行う。ひずみ時効後の平均衝撃エネルギーは，使用するグレード材に対して定められる衝撃要件に適合しなければならない。

4. 熱間加工

4.1 温度要件

4.1.1

鋼材は，上下臨界温度の間で成型してはならない。普通圧延，制御圧延，熱加工制御圧延又は規格鋼材に対する成型温度が，650 ℃を超える場合，又は焼き入れ及び焼き戻し鋼材に対する成型温度が焼き戻し温度より少なくとも 28 ℃低い場

合には，この温度が鋼材の機械的及び衝撃性能に悪影響のないことを確認する機械試験を行わなければならない。線状加熱法又は点焼き法による曲面成型又はひずみ直しを **4.2.1** に従って実施する場合にあっては，機械試験は要求されない。

4.1.2

熱加工制御鋼材（*TMCP* 鋼板）に対して，成型及び応力除去のために **4.1.1** 以外のさらなる加熱を考慮する場合には，代表的な材料を使用する施工試験により加熱後の機械的性能が，規定された要件を満足することを証明しなければならない。

4.2 線状加熱法又は点焼き法

4.2.1

線状加熱法又は点焼き法による曲面成型又はひずみ直しは，材料の特性に悪影響のないことを保証するために承認された施工手順により行わなければならない。板面の加熱温度は，板のグレードに対応する最大許容限度を超えてはならない。

5. 組立て及び精度

5.1 一般

5.1.1

個々の構造要素又はブロックの組立工程において，過度の荷重が生じないようにしなければならない。個々の構造要素の主要な歪は，可能な限り，次の組立工程の前に修復しなければならない。

溶接完了後の歪取り及び調整にあっては，鋼材の特性に対して重大な影響を与えることのないよう行わなければならい。疑わしき場合，適当な試験の実施を要求することがある。

5.1.2

構造部材は，*IACS* 勧告 No.47 の**表 7** に掲げる規定又は本会が適当と認める工作標準の規定に従った精度で組立てなければならない。主要部材にあっては，必要に応じて管理用の穴を設けなければならない。この穴は，完成時に再び溶接で塞がなければならない。

2 節　溶接工事

1.　一般

1.1　適用

1.1.1

本節の規定は，船体構造における溶接継手に関する準備，溶接施工及び検査に適用する。

1.2　溶接施工方法に関する適用範囲

1.2.1　溶接の種類，寸法及び材料

本節の規定は，溶接の種類，寸法及び材料について次の項目に基づく。

・　継手の種類
・　継手の重要度
・　継手における応力の大きさ，種類及び方向
・　母材及び溶接材料の材料特性
・　溶接ギャップの大きさ

1.2.2　準備，溶接及び検査

本節の規定は，本会が必要と認めた場合に，本会が適当と認めた溶接施工方法及び溶接資格に関する一般要件によらなければならい。

2.　溶接施工方法，溶接材料及び溶接士

2.1　一般

2.1.1

溶接は承認された溶接手順に従い，承認された溶接材料を使用し，技量試験に合格した溶接士により行わなければならない。また，**M 編**によらなければならない。

自動溶接機及びその備品の制御者については，本会の適当と認めるところによる。

3.　溶接継手

3.1　一般

3.1.1

継手部の溶接は，承認図面に従って実施されなければならない。

3.1.2

造船所で採用する品質基準を，本会に提出しなければならない。また個々の溶接について特に規定する場合を除き，全ての溶接継手に当該基準を適用する。

3.1.3

組立順序及び溶接施工による板パネル及び小組などの全体の収縮への影響について考慮しなければならない。溶接は，すべての溶接継手が正しい順序で，過度に中断することなく行わなければならない。できる限り，溶接は一方向以外に対して行えるように，継手の中央から外側に進める又は小組の中央から周囲に沿うように外側に進めるものとすること。

3.1.4

完成した溶接継手は，立会する検査員が満足するものとしなければならない。開先加工及びルート間隔は承認された溶接施工方法によらなければならない。溶接された部材のギャップは *IACS* 勧告 No.47 の規定又は本会が適当と認める工作標準の規定の最大値を超えてはならない。溶接された部材のギャップが，明記された値を超えた場合，承認された溶接施工方法に従って是正措置を講じなければならない。

3.1.5

厚板又は形鋼の取付けのために脚長の小さいすみ肉溶接を行う場合，承認された溶接施工方法に基づいた溶接でなけ

ればならない。予熱を行う，低水素溶接棒の使用又は低水素溶接用の手順に従う等の特別な予防措置は認められる。

3.1.6

重構造部材を比較的薄い板に取り付ける場合には，溶接寸法及び溶接順序の変更を要求することがある。

3.1.7

品質管理システムにおいて，溶接材料のグレードが溶接する鋼材に要求される強度よりも高いことが保障されている場合，溶接材料は **12 章 3 節 2.5.2** に規定される最小値よりも高い降伏強度を有しても良い。また溶接寸法は溶接材料の降伏強度に基づいて求めても良い。

3.1.8

一般に，突合せ溶接は，両面溶接としなければならない。裏面の溶接を行う前に，ルート部における溶接金属の欠陥を適当な方法により除去しなければならない。片面突合せ溶接は，承認された溶接施工要領書による場合，特別に適用を認めることがある。

3.1.9　溶接交差部

連続すみ肉溶接で取り付けられる補強部材が，施工済みの突合せ継手又はシーム溶接を横切る場所においては，接合面の溶接は平滑としなければならない。同様に，補強部材のウェブの突き合わせ溶接は，すみ肉溶接を施工する前に完了させ，平滑にしなければならない。平滑部分の端部は，ノッチ又は断面の急変のないように滑らかにしなければならない。これを施工できない場所においては，補強部材のウェブにスカラップを配置しなければならない。スカラップのサイズ及び位置は，十分な角巻き溶接ができるものでなければならない。

3.1.10　水切り

構造部材がタンクの境界を貫通する場合にあっては，隣接区画への漏洩は危険であり，望ましくないため，タンク境界の両側，少なくとも 150*mm* の間の部材には完全溶込み溶接を採用しなければならない。代替手段として，その区画の外側で境界に近接した部材に適当な形状の小さいスカラップを設け，全周を溶接することができる。

4.　非破壊試験

4.1　一般

4.1.1

承認用に提出する非破壊検査計画書は，試験を実施する場所及び数，適用する溶接施工方法，適用する非破壊試験等に関する必要な情報を含むものとしなければならない。溶接後，造船所は溶接が基準を満足しているかを確認するために目視検査を行わなければならない。目視検査に加え，超音波探傷試験，放射線透過試験，磁粉探傷試験，渦電流探傷試験，浸透探傷試験，又は本会が適当と認めた手法の内，溶接部の形状に応じ，一つ又は組合せによる試験を行わなければならない。これら試験は本会の要求ごとに行わなければならない。

4.1.2

溶接線に **M 編**の規定に関連する割れ又は有害な内部欠陥がないことを確認するために，非破壊検査計画書によって指定された溶接部の非破壊検査を実施しなければならない。非破壊検査は，認められた規格に従う承認機関により資格が与えられた作業者が実施しなければならない。

3 節　溶接継手の設計

記号

A_{weld}：　有効すみ肉溶接面積（cm^2）
f：　ルート面（mm）
f_{weld}：　溶接係数
f_{yd}：　溶着金属の降伏応力を考慮した修正係数で，**2.5.2** の規定による。
ℓ_{dep}：　溶接金属の溶着部の全長（mm）
ℓ_{leg}：　連続すみ肉溶接，重ね継手すみ肉溶接，断続すみ肉溶接の脚長（mm）
ℓ_{weld}：　溶接部の長さ（mm）
R_{eH_weld}：　溶着金属の最小降伏応力（N/mm^2）
$t_{as\text{-}built}$：　結合される部材の建造板厚（mm）
t_{gap}：　すみ肉溶接の許容ギャップで，$2mm$ としなければならい。
t_{throat}：　すみ肉溶接ののど厚で，**2.5.3** の規定による。

1.　一般

1.1　適用

1.1.1
本節の規定は，船体構造の溶接部の設計に適用し，**12 章 2 節 1.2.1** に規定する事項に基づく。
1.1.2
溶接寸法及び溶接部の詳細を示す図面又は施工要領書を提出し承認を得なければならない。
1.1.3
溶接脚長は**表 1** に示す最小脚長を満足しなければならない。

1.2　代替要件

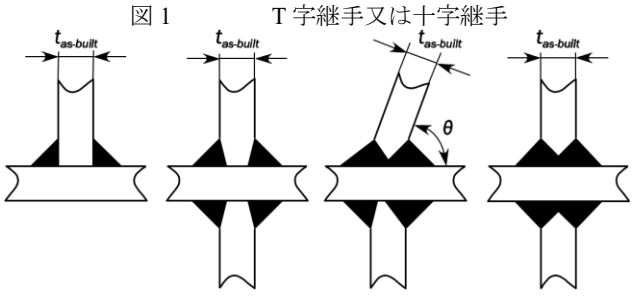
1.2.1
本節に規定される要件は，船体構造に適用するアーク溶接に対する最低要件であるが，その代替の方法，配置及び詳細は本会の適当と認めるところによる。

2.　T 字継手又は十字継手

2.1　適用

2.1.1
板同士の溶接に加えて，主要構造部材の結合部及び板と防撓材のウェブの結合は，通常，**図 1** に示すようなすみ肉溶接又は開先を取った溶接としなければならない。

図 1　T 字継手又は十字継手



$t_{as\text{-}built}$：　結合される部材の建造板厚（mm）
θ：　取付角度（deg）

2.1.2

継手部に高い応力が作用する箇所又は危険と考えられる箇所については，取り付ける板に開先をとり，部分溶込み溶接又は完全溶込み溶接としなければならない。

2.2 連続すみ肉溶接

2.2.1

次に掲げる場所においては，連続溶接を適用しなければならない。

(a) 全ての部材のウェブと面材の結合部
(b) 高張力鋼が使用される箇所の全てのすみ肉溶接
(c) ハッチコーミング，昇降口及びその他の開口を含む建物及び風雨密甲板の境界
(d) タンク及び水密区画の境界
(e) タンク内及び貨物倉内の構造
(f) タンク境界部の防撓材及び主要支持部材
(g) 船尾部の全ての構造並びに船尾隔壁の防撓材及び主要支持部材
(h) 船首部の全ての構造
(i) ブラケット端部，ラグ及びスカラップを含むすべての端部の溶接並びにその他の部材と直角に結合される箇所の溶接
(j) 船体構造のすべての重ね溶接
(k) 船体前部 $0.3L_{CSR}$ 内の船底外板に付く主要支持部材及び防撓部材
(l) 板部材に付く平鋼縦通防撓材
(m) 細かな艤装品と高張力鋼板並びに他の結合部又は他の艤装品との取付け箇所
(n) 梁柱の上端及び脚部
(o) 甲板に付くハッチコーミングのステイウェブ（2.4.5 参照）

2.3 断続すみ肉溶接

2.3.1

連続溶接が要求されない場所においては，断続溶接を適用しても差し支えない。

2.3.2

梁，防撓材及び肋骨等が断続溶接されており，スロットを開けられたガーダ，棚板又はストリンガが通過する場所においては，すべての交差部において並列断続溶接としなければならない。また，梁，防撓材及び肋骨は，ガーダ，棚板及びストリンガに適切に取り付けなければならない。

断続溶接又は片面の連続溶接が認められる箇所の両端については，そのせん断スパンの 1/10 の長さに対して，2.5.2 及び 2.5.3 の規定に従い両面連続溶接を施さなければならない。

2.3.3 甲板室

甲板室の液体を積載しない区画においては片面連続すみ肉溶接としても差し支えない。

2.3.4 片面連続溶接の寸法

片面連続溶接の寸法は，2.5.2 の規定に従い，断続溶接で係数 f_3 を 2 として算出しなければならない。

2.4 部分溶込み溶接又は完全溶込み溶接

2.4.1 高応力域の定義

本節の規定の適用において，高応力域とは詳細メッシュ有限要素解析を行わなければならない箇所であって，溶接部に隣接する要素において，7 章 3 節 6.2 に示す降伏使用係数が許容使用係数の 90%より大きい箇所をいう。

2.4.2 部分溶込み又は完全溶込み溶接

高い引張応力が作用する箇所又は重要と考えられる箇所については，完全溶込み溶接又は部分溶込み溶接としなければならない。

完全溶込み溶接を行う場合，裏面の溶接前に裏はつりを行う等，ルート面を取り除かなければならない。

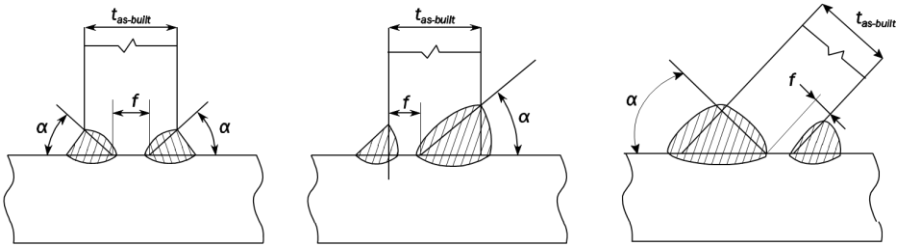
部分溶込み溶接のルート面の大きさ f は，$3mm$ から $t_{as\text{-}built}/3$ の間としなければならない。

開先のルート部まで溶込みを確保するため，通常，開先角度 α は 40 度から 60 度とする。

完全溶込み溶接又は部分溶込み溶接の溶接金属は，開先のルート部を覆わなければならない。

部分溶込み溶接の例を図 2 に示す。

図 2　　部分溶込み溶接



2.4.3　片面部分溶込み溶接

片面部分溶込み溶接における，開先を取らない側のすみ肉溶接は，2.5.2 の規定を満たさなければならない。

2.4.4　完全溶込み溶接又は部分溶込み溶接の範囲

2.4.5 及び 2.4.6 に示す特定の位置における完全溶込み溶接又は部分溶込み溶接の範囲は本会の承認を得なければならない。ただし，特に規定されている場合を除き，基準点（主要構造部材の交差部，ブラケットの先端部等）からの完全溶込み溶接又は部分溶込み溶接の範囲は 300*mm* 以上としなければならない。

2.4.5　完全溶込み溶接が要求される箇所

完全溶込み溶接は下記の場所及び他の規定で要求される箇所に適用しなければならない。（図 3 参照）

(a) ホッパーナックルの曲り部におけるフロアとホッパ又は内底板の結合部

(b) ハッチコーミング隅の曲がり部と甲板の結合部

(c) 下部スツールなしの垂直波形隔壁が配置される場合の，貨物倉区域における垂直波形隔壁と下部ホッパ斜板の結合部及び内底板との結合部

(d) 下部スツールなしの垂直波形隔壁が配置される場合の，波形隔壁のフランジに沿った二重底構造部材と内底板との結合部

(e) 下部スツールの範囲外となる，垂直波形隔壁と下部ホッパ斜板との結合部及び波形隔壁のフランジに沿った下部ホッパ付き構造部材と下部ホッパ斜板との結合部

(f) 下部スツールの頂板と垂直波形隔壁との結合部

(g) 波形隔壁の下部スツール側板と下部スツール頂板の結合部

(h) 波形隔壁の下部スツール側板と内底板の結合部

(i) 液体を積載する貨物倉内の内底板と二重底構造部材との結合部で下部スツール側板から 300 *mm* の範囲（図 3 参照）

(j) 開口の寸法が 300*mm* を超える場合には，船体中央部 $0.6L_{CSR}$ の範囲内の開口端部補強材と強力甲板，舷側厚板及び船底外板部。

(k) 夏期満載喫水線より下方の海水に面する板部材（シーチェスト，ラダートランク及びトランサムの一部分を含むがこれに限らない）のうち，建造板厚が 12*mm* 以下となる板部材の結合部。建造板厚が 12*mm* を超える場合にあっては，2.4.2 の規定に従う部分溶込み溶接。

(l) クレーン台座，関連するブラケット及び支持構造

(m) 甲板とハッチサイドコーミングの端部ブラケットの結合部においては，サイドコーミングの終端部ブラケットの先端部から $0.15H_c$ の範囲。ただし，H_c はハッチコーミングの高さとする。

(n) 外板構造とラダーホーン及び主軸ブラケットの結合部

(o) 長い横桁に付く板厚が大きいフランジと船側肋骨との取り合い部。又は長いガーダに付く板厚の大きいフランジと隔壁のウェブとの取り合い部。

2.4.6　部分溶込み溶接が要求される箇所

2.4.2 に規定する部分溶込み溶接は次の箇所に適用しなければならない。（図 3 参照）

(a) ホッパ斜板と縦通隔壁（内殻）又は二重船側部の水平桁との結合部

(b) バットレスを含む縦通隔壁又は横隔壁の主要支持部材における端部と二重底の結合部並びに裏当てブラケットを設ける場合，その両端部

(c) 波形隔壁の下部スツール側板の支持フロアと内底板の結合部

(d) 波形隔壁のガセットプレート及びシェダープレートの結合部

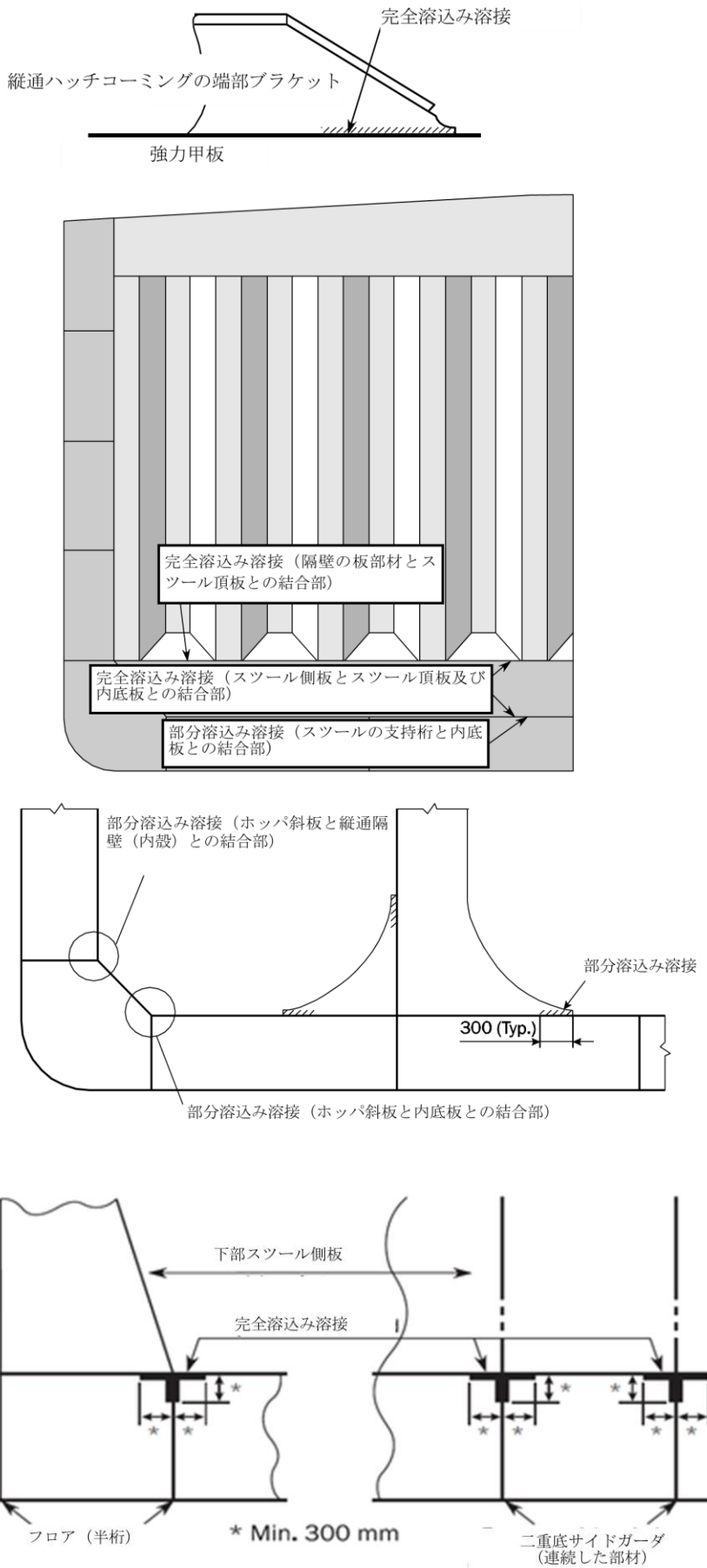
(e) 溶接構造の立て式波形隔壁の波形部の長さの下部 15%の範囲

(f) 隔壁の主要支持部材直下及びスツール側板直下の二重底構造部材。ただし，2.4.5(i)に規定する範囲は除く

(g) 下部ホッパ斜板と内底板との結合部

(h) 隔壁の水平ストリンガのブラケットの先端部及び脚部

図 3　　溶接部の高応力域（例）



2.4.7　詳細メッシュ要素解析

高応力域においては，少なくとも **2.4.2** に規定する部分溶込み溶接としなければならない。

完全溶込み溶接又は部分溶込み溶接の適用最小範囲は，次のうちの大きい範囲とする。

- 降伏使用係数が最も高い要素からいずれかの方向に 150*mm* の範囲
- 降伏使用係数を用いた評価基準を超えた全要素を含む範囲

2.4.8　シェダープレート

シェダープレートを波形隔壁の下端に取り付ける場合にあっては，シェダープレートは，片側からの溶込み溶接により，隔壁板及び下部スツール頂板に取り付けなければならない。

2.5　溶接寸法の基準

2.5.1

次に掲げる溶接寸法は，最も近い 0.5*mm* 単位の値に端数処理して求めなければならない。

2.5.2

連続溶接，重ね継手，又は断続すみ肉溶接の脚長ℓ_{leg}は次の算式で最も大きい値以上としなければならない。

$$\ell_{leg} = f_1 f_2 t_{as-built}$$

$$\ell_{leg} = f_{yd} f_{weld} f_2 f_3 t_{as-built} + t_{gap}$$

ℓ_{leg}は**表 1** による。

f_1：溶接の種類による係数

$f_1 = 0.30$（両面連続溶接の場合）

$f_1 = 0.38$（断続溶接の場合）

f_2：開先形状による係数

$f_2 = 1.0$（開先無しの溶接）

$f_2 = 0.70$（ルート面（*f*）を $t_{as\text{-}built}$/3 とした片面又は両面開先の溶接）

f_{yd}：係数で，次の算式以上としなければならない。

$$f_{yd} = \left(\frac{1}{k}\right)^{0.5} \left(\frac{235}{R_{eH_weld}}\right)^{0.75}$$

$$f_{yd} = 0.71$$

R_{eH_weld}：溶着金属の最小降伏応力（N/mm^2）で，次の値以上としなければならない。

R_{eH}が $235N/mm^2$ の軟鋼に使用する場合：$305N/mm^2$

R_{eH}が 265 から $355N/mm^2$ までの高張力鋼に使用する場合：$375N/mm^2$

R_{eH}が $390N/mm^2$ の高張力鋼に使用する場合：$400N/mm^2$

f_{weld}：構造部材の種類による溶接係数（**表 2**，**表 3** 及び**表 4** 参照）

k：取付ける部材の材料係数

f_3：溶接の種類による係数

$f_3 = 1.0$（両面連続溶接）

$f_3 = s_{ctr}/\ell_{\text{weld}}$（断続溶接又は並列溶接）

s_{ctr}：隣り合う断続溶接部の中心間距離（*mm*）

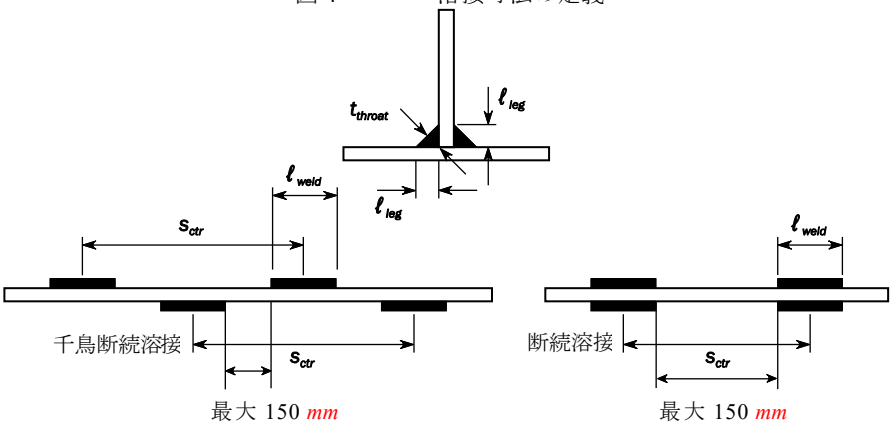
断続溶接の脚長は，6.5 *mm* 又は$0.62t_{as-built}$のいずれか大きい方の値以下としなければならない。

2.5.3

図 4 におけるのど厚 t_{throat} は次の値以上としなければならない。

$$t_{throat} = \frac{\ell_{leg}}{\sqrt{2}}$$

図 4　　溶接寸法の定義



ℓ_{weld}は 75 *mm* 以上としなければならない。

表 1　　最小溶接脚長

区画	区域の種類		最小溶接脚長（*mm*）
貨物倉区域	貨物倉及び貨物タンク	タンク上端から 3*m* 下部の範囲(2)	6.5 (1)
		その他	6.0 (1)
	バラストタンク	タンク上端から 3*m* 下部の範囲(2)	6.5 (1)
		その他	6.0 (1)
	液体を積載しない区画及び空所		5.0
	その他のタンク		6.0 (1)
その他の区画	バラストタンク	タンク上端から 3*m* 下部の範囲(2)	6.0 (1)
		その他	5.5 (1)
	燃料油，ディーゼル油，清水タンク及びその他のタンク		4.5
	液体を積載しない区画及び空所		4.0
	船楼及び甲板室		3.5

(1)　建造板厚が 12*mm* より小さい場合，最小溶接脚長は 0.5*mm* 減じても差し支えない。

(2)　タンク頂部が暴露甲板である貨物タンク及びバラストタンクにのみ適用する。3*m* の距離はタンク頂部と平行に，タンク頂部から垂直に測ること。

表 2　　他の部材の溶接係数

区画	結合箇所			f_{weld}
	部材	取り付ける部材		
一般（本表に別に規定する場合を除く）	水密板	境界の板		0.48
	油密板	境界の板		0.51
	部材のブラケット端部			0.48
	防撓材およびカラープレート	深水タンク隔壁		0.24
		主要支持部材のウェブ及びカラープレート		0.38
	防撓材のウェブ	板（深水タンク隔壁を除く）		0.20
		組立式防撓材の面材	端部（スパンの 15%）	0.38
			その他	0.20
船底及び二重底	防撓材	船底及び内底板		0.24
	センターガーダ	船側外板		0.38
		内底板		0.38
	部分桁材を含むサイドガーダ	船底及び内底板		0.24
	フロア	船側外板及び内底板	端部の肋骨心距の 2 倍の範囲	0.38
		センターガーダ及びホッパタンク内端となるサイドガーダ		0.38
		その他		0.24
	センターガーダ付きブラケット	センターガーダ，内底板，フロア及び外板		0.38
	ウェブ防撓材	フロア及びガーダ		0.20
二重船側構造の船側及び内殻	主要支持部材のウェブ	船側外板		0.30
		内殻及び主要支持部材のウェブ	甲板横桁及びその端部との取り合い	0.43
			クロスタイとの取り合い	0.36
			その他	0.30
甲板	強力甲板	$t_{as_built} \geq 13$	船体中央部 $0.6L_{CSR}$ 間の船側外板	PPW[(3)]
			その他	0.48
		$t_{as_built} < 13$	船側外板	0.48
	その他の甲板		船側外板	0.38
			防撓材	0.20

甲板	ハッチコーミング	甲板	ハッチコーミング高さの 15%にあたる長さのハッチコーナ部の縦通ハッチコーミング	FPW (4) (1)
			倉口長さの 15%にあたるハッチコーナ部の縦通ハッチコーミングであって上記以外の箇所	0.48
			その他	0.38
	ウェブ防撓材	コーミングのウェブ		0.20 (2)
隔壁(5)	非水密隔壁構造	境界	制水隔壁	0.24
	防撓材	隔壁板	端部ブラケットを備えない場合にあっては，端部（スパンの 25%）	0.48
船尾	内部材	水線より下部：境界及び個々の部材の取り合い		0.38
		水線より上部		0.20
船首	内部材	境界及び個々の部材の取合い		0.20
機関区域	センターガーダ	平板竜骨及び内底板		0.48
	フロア	センターガーダ及び主機台下のガーダ		0.48
	主機台下のガーダ	主機関台頂板及び内底板（該当する場合）		PPW (3)
	フロア及びガーダ	内底板及び船側外板		0.38
船楼及び甲板室	外壁（第 1 層目及び 2 層目）	外壁と甲板との間		0.48
	外壁及び内壁	その他		0.20

(1) 貨物倉以外のハッチコーミングに対しては，0.43 とする。
(2) 連続溶接
(3) PPW: **2.4.2** に規定する部分溶込み溶接。片面部分溶込み溶接とする場合，隅肉溶接に対する溶接係数は 0.48 とする。
(4) FPW: **2.4.2** に規定する完全溶込み溶接
(5) 船楼及び甲板室の隔壁は，「船楼及び甲板室」の規定によること。

2.5.4

主要支持部材で**表 2** 及び**表 3** に規定していない部材については，**表 4** の溶接係数を用いること。

表 3　　その他の艤装品の溶接係数

項目		結合部材	f_{weld}
ハッチカバー	主要支持部材	主要支持部材端部 （スパンの 10%の範囲）	0.48(1)
		その他	0.24
	防撓材	端部	0.38 (2)
		その他	0.20
マスト，デリックポスト，クレーン台座等		甲板/甲板下の補強構造	0.43
甲板機器台座		甲板	0.24
係船装置台座		甲板	0.43
アクセスハッチの開口部		あらゆる結合部	0.43
船側付扉及び風雨密扉の防撓材		あらゆる結合部	0.24
船殻付扉及び風雨密扉の枠		あらゆる結合部	0.43
通風筒及び空気管のコーミング		甲板	0.43
通風筒等の付属品		あらゆる結合部	0.24
排水口		甲板	0.55
ブルワークステイ		甲板	0.24
ブルワークの板部材		甲板	0.43
ガードレール，支柱		甲板	0.43
クリート及び装置		ハッチコーミング及びハッチカバー	0.24 (3)

(1) ばら積貨物船のハッチカバーについては，$f_{weld} = 0.38$ とする。

(2) ばら積貨物船のハッチカバーについては，防撓材端部は $f_{weld} = 0.24$

(3) 最小溶接係数。$t_{as\text{-}built} > 11.5mm$ の場合，l_{leg} は $0.62\,t_{as\text{-}built}$ を超える必要はない。設計に応じて溶込み溶接を要求する場合がある。

表 4　　主要支持部材の溶接係数

構造部材	結合箇所			f_{weld}
	部材	取り付ける部材		
主要支持部材	ウェブ	外板，甲板，内底板及び隔壁	せん断スパンの 15%を含む端部結合箇所	0.48
			その他	0.38
		面材	タンク及び貨物倉内の面材及び船首から $0.125L_{CSR}$ 間の面材	0.38
			断面積が $65cm^2$ を超える面材	0.38
			その他	0.24
	継手端部		バラストタンク及び貨物タンクの境界	0.48
			その他	0.38

2.5.5

取り付ける縦通防撓材のウェブの建造板厚が 15*mm* を超え，かつ，付き板の板厚を超える場合には，溶接は両面連続すみ肉溶接とし，溶接脚長は次に掲げる値の最大値以上としなければならない。

(a) $0.30t_{as\text{-}built}$：ここで，$t_{as\text{-}built}$ は付き板の建造板厚で，30*mm* を超える必要はない。

(b) $0.27t_{as\text{-}built}+1.0mm$：ただし，脚長は 8*mm* を超える必要はない。ここで，$t_{as\text{-}built}$ は付き板の建造板厚。

(c) 溶接脚長で，**表 1** に示す値。

2.5.6

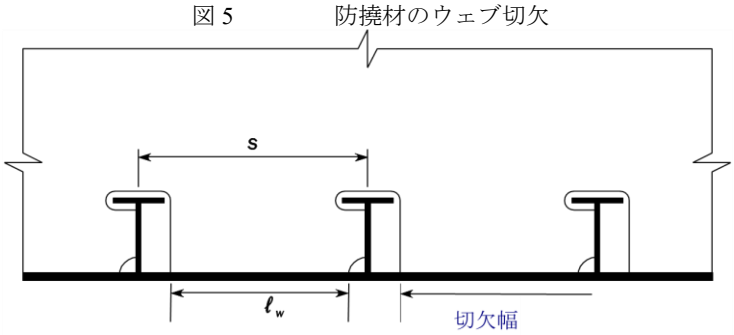
2.5.2 に規定する 2 つ目の算式により最小溶接寸法が決定される場合，外板，甲板又は隔壁に対する溶接継手は，防撓材が部材を通過する場所の切欠による部材減少を考慮しなければならない。ウェブ板及び切欠の幅が防撓材間隔の 15%を超える場合，溶接脚長は次の算式の値を乗ずるものとする。

$$\frac{0.85s}{\ell_W}$$

s： 防撓材の心距（*mm*）（**図 5** 参照）

ℓ_W： 切欠間のウェブ長さ（*mm*）（**図 5** 参照）

図 5 防撓材のウェブ切欠



2.5.7 主要支持部材の端部結合部におけるせん断面積

主要支持部材のせん断スパンの 10%を含む端部結合部の溶接は，溶接面積がその部材のグロス断面積と等しくしなければならない。溶接脚長ℓ_{leg}は，次の算式による。

$$\ell_{leg} = 1.41 f_{yd} \frac{h_w t_{gr\text{-}req}}{\ell_{dep}}$$

h_w： 主要支持部材のウェブ高さ

t_{gr_req}：せん断スパンの 10%を含む結合端部付近における，ウェブの要求グロス板厚（*mm*）で，貨物倉の有限要素解析による降伏に対する最大使用係数又は，貨物倉区域以外の主要支持部材のせん断面積に基づく。

ℓ_{weld}: 溶接部の長さ（*mm*）（**図 6** 参照）

ℓ_{dep}: 溶接の溶着部の長さ（*mm*）で次による。（**図 6** 参照）

$$\ell_{dep} = 2\ell_{weld}$$

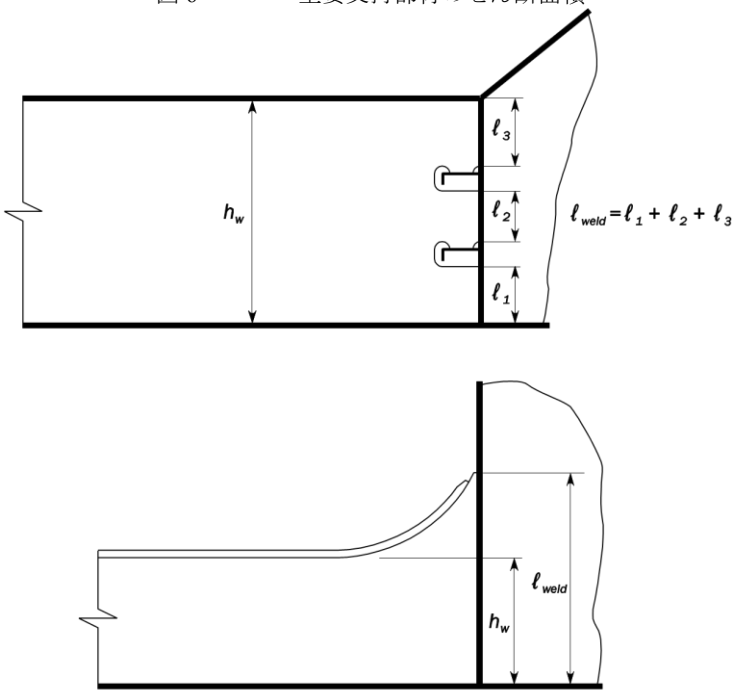
溶接寸法は **2.5.2** の規定により算出する値以上としなければならない。

2.5.8 縦通防撓材

板と縦通防撓材の溶接は，**3 章 7 節 1.1.3** に規定するせん断スパンの 15%の範囲における縦通防撓材の端部において，両面連続でなければならない。

主要支持部材では，両面連続溶接長さを縦通防撓材深さ又は端部ブラケット深さのいずれか大きい方と等しくしなければならない。

図 6　　主要支持部材のせん断面積



備考 1：長さℓ_{weld}は，溶接部の長さである。溶接金属の溶着部の全長ℓ_{dep}は，両面すみ肉溶接の場合，溶接継手の長さℓ_{weld}の 2 倍とする。

2.5.9　甲板縦通防撓材

甲板縦通防撓材に対しては，縦通防撓材及び主要支持部材との交差部において，並列溶接が要求される。

2.5.10　ブラケットにより連続性が保たれる縦強度部材

縦強度部材が主要構造部材の位置で切られ，強度の連続性がブラケットにより保持される場所では，溶接面積 A_{weld} は部材のグロス断面積以上としなければならない。また，溶接面積 A_{weld} (cm^2) は次の算式により決定しなければならない。

$$A_{weld}=\frac{f_{yd}\,t_{throat}\,\ell_{dep}}{100}$$

2.5.11　ブラケットなしの防撓材

断続溶接が認められる箇所においては，外板，防撓材，水密隔壁，油密隔壁及び居住区前面に付くブラケットなしの防撓材は，各端部において，その長さの 1/10 の長さに対して，両面連続すみ肉溶接を施さなければならない。非水密構造隔壁，甲板室側面及び後面のブラケットなしの防撓材は，各端部において，一組の並列断続溶接を施さなければならない。

2.5.12　溶接寸法の軽減

承認された自動深溶込み溶接の手順により，品質管理により部材間のルート間隔を 1*mm* 以下にできる場合には，**表 2** に規定する溶接係数は，すみ肉溶接脚長が 1.5*mm* を超えない範囲で 15%まで軽減することができる。造船所が，次に掲げる要件に常に適合することができる場合には，すみ肉溶接脚長 1.5*mm* を超えない範囲で 20%まで軽減することができる。

(a) 溶接は最小及び最大ルート間隔を満足する溶接施工方法承認試験により承認された適切な手順により行われること。

(b) ルート部の溶込み量は，少なくとも脚長の軽減量と同じとすること。

(c) 確立された品質管理システムが適切に行われていることを実証すること。

2.5.13　溶接寸法軽減の根拠

いずれかの方法により，溶接寸法の軽減する場合には，軽減の根拠となる具体的な規定を図面に記載しなければならない。図面には，軽減された溶接脚長に対する溶接設計及び寸法要件とともに，**2.5.2** に規定する要求溶接脚長を記載しなければならない。また，図面には，両脚長の差違及び適用する要件を追記しなければならない。

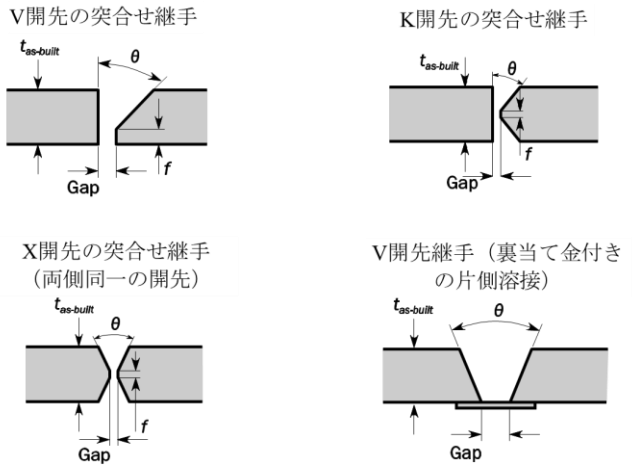
3. 突合せ継手

3.1 一般

3.1.1

防撓板構造の板部材の継手は，原則として，突合せ継手で結合しなければならない。（図 7 参照）

図 7 典型的な突合せ継手



3.2 板厚差

3.2.1 テーパ

建造板厚差が 4*mm* より大きい板を溶接する場合には，通常，厚い方の板にテーパを設けなければならない。テーパ長さは，建造板厚差の 3 倍以上としなければならない。開先の幅が板厚差の 3 倍以上の場合，テーパをつけてはならない。

4. 他の種類の継手

4.1 重ね継手

4.1.1 範囲

重ね継手については，特定の場合について本会が承認する場合，適用することができる。重ね継手溶接は，次の箇所について適用することができる。

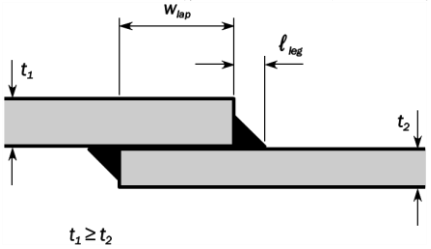
・ ダブラーの周囲結合部

・ 応力が非常に低い内部構造部材

4.1.2 重なる部分の幅

重ね継手を適用する場合には，重なる部分の幅は薄い板の建造板厚の 3 倍以上 4 倍以下としなければならない（図 8 参照）。薄い板の建造板厚が 25*mm* 以上である場合には，オーバーラップに特別な考慮を払わなければならない。

図 8 重ね継手におけるすみ肉溶接



4.1.3　ラグ固着部の重ね合わせ

ウェブ及び隔壁板を貫通する防撓材の切欠部のラグ固着部及びカラープレート部のオーバーラップは，ラグ部の板厚の 3 倍以上としなければならない。ただし，50*mm* を超える必要はない。

4.1.4　重ね継手の端部

重ね継手の端部は，各端部とも図 8 に示す脚長ℓ_{leg}である連続すみ肉溶接とし，2 つの脚長の合計は，薄い方の板の建造板厚の 1.5 倍以上としなければならない。

4.1.5　シーム重ね継手

タンク，船倉又は水密隔壁の境界に対して，シーム重ね継手は，両端で 2.5.2 に規定する寸法の連続溶接としなければならない。建造板厚 12.5*mm* 以下でタンク又は船倉から離れている板のシーム重ね継手は，水密隔壁の境界に対して 2.5.2 の規定に従って片面断続すみ肉溶接とすることができる。

4.2　スロット溶接

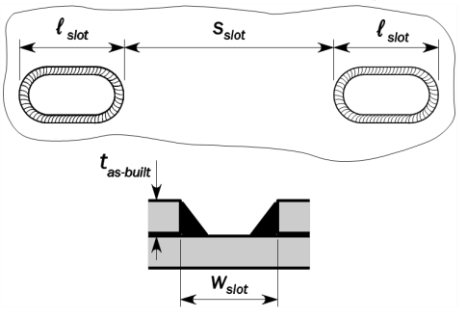
4.2.1

スロット溶接は，特定の場合について本会が承認する場合，適用することができる。ただし，船体中央部 $0.6L_{CSR}$ 間の外板及び強力甲板のダブラーについては，スロット溶接を適用してはならない。

4.2.2

スロットは十分に丸みをつけ，最小長さℓ_{slot}は 75*mm*，最小幅 w_{slot} は建造板厚の 2 倍としなければならない。ダブラーの主要部及び同様の場所に使用する場合には，スロット溶接の間隔s_{slot}は，$2\ell_{slot}$から $3\ell_{slot}$ としなければならない。ただし，250*mm* を超えてはならない（図 9 参照）。すみ肉溶接の寸法は 2.5.2 の規定の 2 つ目の算式により，$t_{as\text{-}built}$ を薄い方の板の建造板厚，溶接係数を 0.48 として決定する。

図 9　スロット溶接



4.2.3　ふさぎ板

内部のウェブに板を溶接するための交通が困難な場合，そのウェブに取り付けた面材にふさぎ板をスロットすみ肉溶接で取り付けることができる。

4.2.4

スロットは十分丸みをつけ，最小長さℓ_{slot}は 90*mm*，最小幅 w_{slot} は建造板厚の 2 倍としなければならない。スロットの切断面は，滑らかな，傷のない，直角の端部とすると共に，原則として，スロット間隔 s_{slot} は 140*mm* より大きくしてはならない。また，スロットは溶接で埋めてはならない。

4.3　スタッド及びジグの溶接

4.3.1

高応力を受ける主構造部に恒久的又は一時的なスタッド，ジグを溶接で取り付ける場合には，取り付け位置について資料を提出し，承認を得なければならない。

5.　結合部の詳細

5.1　ビルジキール

5.1.1

表 4 に従い，パッドプレートは連続すみ肉溶接にて外板に取付け，ビルジキールは連続すみ肉溶接でパッドプレートに取付けなければならない。

表 5　　ビルジキールの結合

結合する構造部材	溶接脚長（*mm*）	
	端部(1)	その他
外板とパッドプレート	0.62 t_{1as_built}	0.48 t_{1as_built}
ビルジキールウェブとパッドプレート	0.48 t_{2as_built}	0.30 t_{2as_built}

$t_{1as\text{-}built}$：　パッドプレートの建造板厚（*mm*）

$t_{2as\text{-}built}$：　ビルジキールのウェブの建造板厚（*mm*）

(1)　端部の定義については，**3 章 6 節図 19** 及び**図 20** ゾーン B 参照

5.1.2

ビルジキール及びパッドプレートの突合せ溶接部は，相互に，また外板の突合せ溶接部とも十分隔離しなければならない（**図 10** 参照）。一般に，外板の突合せ溶接部は，パッドプレートの位置で平らにしなければならない。また，パッドプレートの突合せ溶接部は，ビルジキールの位置で平らにしなければならない。パッドプレートの突合せ溶接部と外板が直接結合することを避けなければならない。この場合，取り外し可能な裏当てを使用しても良い。

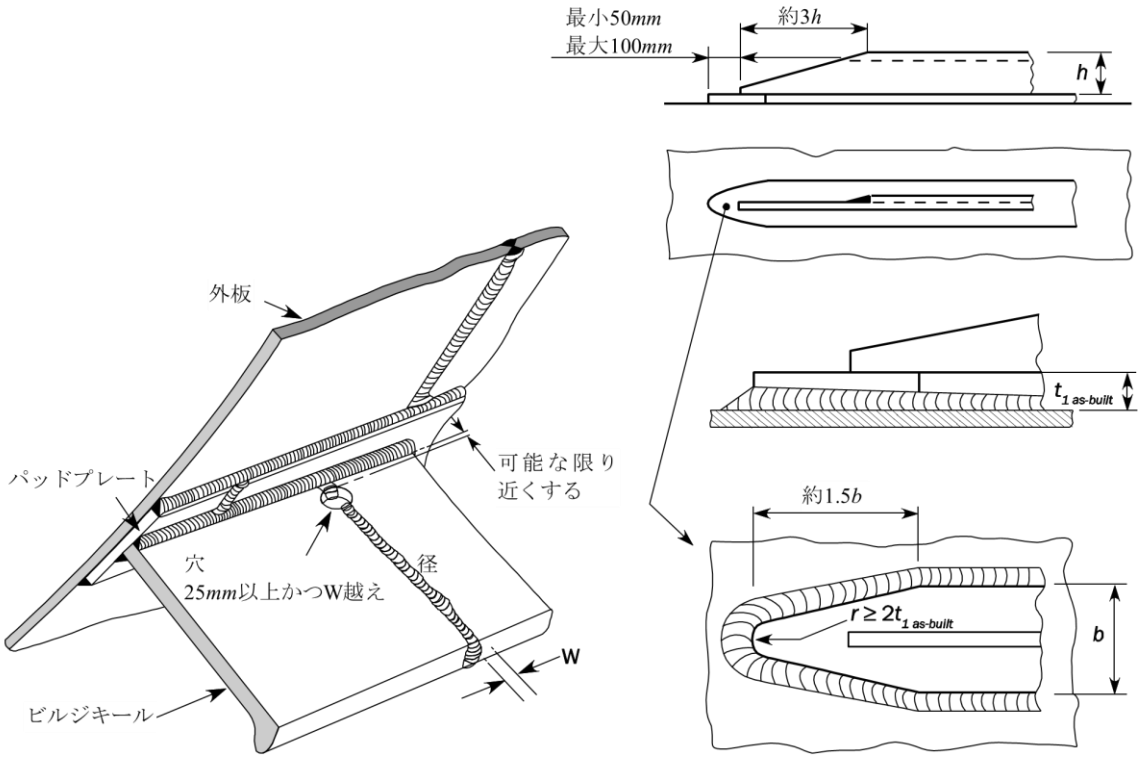
5.1.3

パッドプレートは，連続すみ肉溶接で**表 5** に規定する脚長としなければならない。パッドプレートの端部は，**図 10** に示すパッドプレートの建造板厚を超えない範囲で，**表 5** により脚長を増やさなければならない。パッドプレート先端部における外板との結合部の溶接ビードは，取り付け面となす角度を 45 度以下としなければならない。

5.1.4

原則として，スカラップ又は開口を設けてはならない。アレストホールは，ビルジキール突合せ溶接部にパッドプレートにできる限り近づけてドリルで開口しなければならない。アレストホールの直径は突合せ溶接の幅より大きく，最小 25*mm* としなければならない。突合せ溶接部に非破壊検査を施す場合にあっては，アレストホールを省略することができる。

図 10　　ビルジキール



5.2 ばら積貨物船の倉内肋骨

5.2.1

次の要件は，単船側構造ばら積貨物船の倉内肋骨，端部ブラケット及びトリピッングブラケットに適用する。

5.2.2

図 11 に示す領域“*a*”及び“*b*”においては，両面連続すみ肉溶接を用い，脚長はそれぞれ $0.62t_{as_built}$，$0.57t_{as_built}$ としなければならない。ここで，t_{as_built} は，結合する 2 つの部材のうち，薄い方の部材の建造板厚（mm）とする。

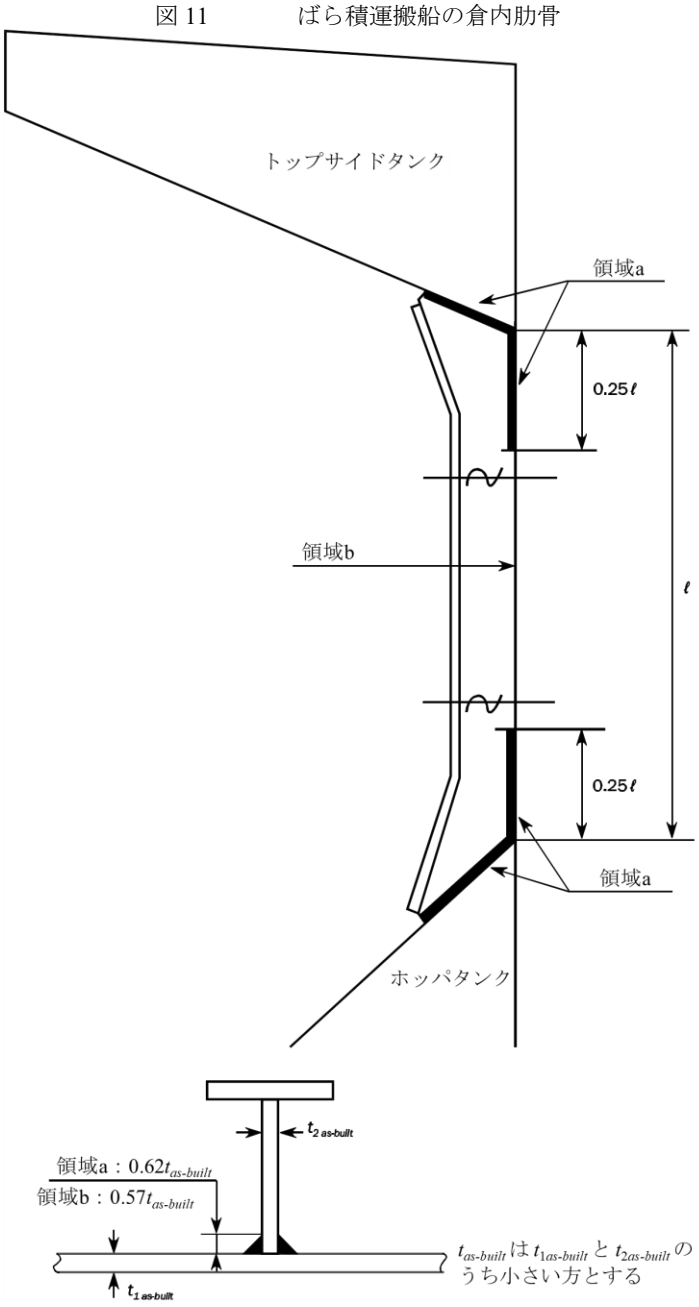
5.2.3

両側連続すみ肉溶接は倉内肋骨及び船側外板とトリッピングブラケットとの結合部に適用しなければならない。溶接脚長ℓ_{leg}（mm）は次による。

- $t_{as-built} < 10$の場合，$0.5\,t_{as-built} + 1.0$
- $10 \leq t_{as-built} < 20$の場合，$0.4\,t_{as-built} + 2.0$
- $t_{as-built} \geq 20$の場合，$0.3\,t_{as-built} + 4.0$

算式中の t_{as_built} は取り付ける板の建造板厚とする。

図 11 ばら積運搬船の倉内肋骨



5.3 梁柱及びクロスタイの端部結合

5.3.1

梁柱及びクロスタイの端部結合における有効すみ肉溶接面積（mm）（のど厚×溶接長さ）は次の算式による値以上でなければならない。

$$A_{weld} = f_3\left(\frac{235}{R_{eH_weld}}\right)^{0.75} F$$

F： 考慮する構造に対する設計荷重（kN）

f_3： 係数で次による。

梁柱又はクロスタイに圧縮のみが作用する場合，$f_3 = 0.05$

梁柱又はクロスタイに引張りが作用する場合，$f_3 = 0.14$

5.4 小さい角度で板を取り付ける場合

5.4.1

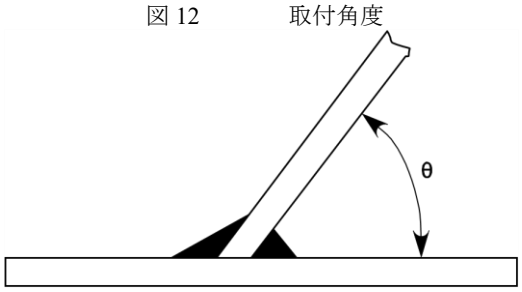
板とそれに取り付ける板との角度θ（図 12 参照）が 75 度より小さい場合，大きい角度とする側のすみ肉溶接の寸法ℓ_θ（mm）については，次の算式に従って増さなければならない。

$$\ell_\theta = \frac{\ell_{leg}}{\sqrt{2}\sin\frac{\theta}{2}}$$

ℓ_{leg}： すみ肉脚長（mm）で，2.5.2 の規定による。

θ： 取付角度（deg）で，図 12 に示す。

図 12 取付角度



5.4.2

液体を積載しない区画と空所においてのみ，主要強度部材の取付角度θを 45 度より小さくして差し支えない。

13 章 就航後の船舶，切替え基準

1 節　原則及び検査要件

1. 原則

1.1 適用

1.1.1

本章では，船体構造の板厚の許容衰耗量に対する評価基準を規定する。

1.1.2

本評価基準は本編の規定より登録された就航船にのみ適用する。

1.1.3

板厚計測値は，規定の切替基準に対して船体構造を評価するために使用しなければならない。

1.1.4

船体検査要件は，次の *IACS* 統一規則に基づく **B 編**の規定による。

- 単船側構造ばら積貨物船については *IACS* 統一規則 Z10.2
- 二重船殻油タンカーについては *IACS* 統一規則 Z10.4
- 二重船側構造ばら積貨物船については *IACS* 統一規則 Z10.5

1.2 許容衰耗量の概念

1.2.1　許容衰耗量

許容衰耗量は，局部腐食及び全体的な腐食の 2 種類に分けられ，**3 章 2 節 1.1.2** の規定による。

1.2.2　評価

局部腐食及び全体的な腐食に対する切替基準による評価は，当該船舶の一生を通じて要求される。

すべての構造部材の計測板厚が **13 章 2 節 2** に要求される板厚を超える場合，当該船舶の運航中は，**3 章 3 節**に規定される腐食予備厚を含み，降伏，座屈，及び疲労等のすべての関連する荷重及び限界状態を考慮している建造時の要件による評価は要求されない。

1.2.3　鋼材の切替え

局部腐食量又は全体的な腐食量が許容値を満足しない場合，当該部の鋼材の切替えを行わなければならない。

1.3 書類に関する要求

1.3.1　図面

1 章 3 節に規定する本船に備え付ける図面には，それぞれの構造部材に対し，**13 章 2 節**に規定する切替えが要求される板厚及び建造時の板厚の両方を記載しなければならない。また，船主要求による特別な増厚も，図面上に明示しなければならない。

本船に備えるべき図面のリスト及び情報については，*IACS* 統一規則 Z10.2, Z10.4 及び Z10.5 に基づく **B 編**の規定による。

1.3.2　ハルガーダの断面特性

本船に備え付けられる中央断面図は **5 章 1 節**に規定される全ての貨物倉の代表的な横断面に対するハルガーダの断面特性を含まなければならない。

2. 船体検査に関する要件

2.1 一般

2.1.1　検査の最低要件

板厚計測を含む船級維持検査の最低要件は，*IACS* 統一規則 Z10.2, Z10.4 及び Z10.5 に基づく **B 編**の規定による。

2 節　　許容基準

記号

$t_{as\text{-}built}$：　建造板厚（*mm*）
t_c：　　腐食予備厚（*mm*）で，**3 章 2 節**の規定による。
t_{res}：　腐食余裕厚（*mm*）で，0.5*mm* とする
t_{vol_add}：任意追加板厚（*mm*）

1.　　一般

1.1　　適用

1.1.1
本節では許容基準に関する要件を規定する。

1.2　　定義

1.2.1　甲板領域
甲板領域については，ハルガーダ強度に寄与する次の全ての部材を含む。

- バルクキャリアについては，基線上 0.9*D* に相当するレベル及びその上方の部材で，例えば次による。
  - 強力甲板の板部材
  - 梁上側板
  - 舷側厚板
  - 船側外板
  - 内殻及びその他の縦通隔壁
  - 水平部及び垂直部を含むトップサイドタンク斜板
  - 上記板部材に付く縦通防撓材，ガーダ及びストリンガ
- 油タンカーについては，基線上 0.9*D* に相当するレベル及びその上方の部材で，例えば次による
  - 強力甲板の板部材
  - 梁上側板
  - 舷側厚板
  - 内殻及びその他の平板縦通隔壁の最上部の板
  - 水平部及び垂直部を含むトップサイドタンク斜板
  - 縦通上部スツール
  - 上記板部材に付く縦通防撓材，ガーダ及びストリンガ

1.2.2　船底領域
船底領域については，ハルガーダ強度に寄与する次の部材を含む。

- バルクキャリアについてはホッパ斜板の上端レベルまで，ホッパタンクが無い場合は，内底板及び内底板までの部材。
  - 竜骨
  - 船底外板
  - ビルジ外板
  - ボトムガーダ
  - 内底板
  - ホッパタンク斜板及び水平板
  - 船側外板
  - 平板縦通隔壁の最下部の板
  - 上記板部材に付く縦通防撓材

・ 油タンカーについては，次による。
  ・ 竜骨
  ・ 船底外板
  ・ ビルジ外板
  ・ 平板縦通隔壁の最下部の板
  ・ ボトムガーダ
  ・ 内底板
  ・ ホッパタンク斜板及び水平板
  ・ 船側外板
  ・ 縦通下部スツール
  ・ 上記板部材に付く縦通防撓材

1.2.3 中性軸領域

中性軸領域については，次に例示される甲板領域と船底領域の間の部材を含む。

・ 船側外板
・ 内殻及び縦通隔壁
・ トップサイドタンク斜板

垂直面に対し傾斜するハルガーダのウェブを形成する縦強度部材において，領域面積に含まれる部材面積は，垂直面に投影した面積に基づかなければならない。

2. 切替基準

2.1 局部腐食

2.1.1 局部構造の切替板厚

局部構造は，局部支持部材及び主要支持部材を含む。

計測された板厚 t_m（mm）が，次により定まる切替板厚 t_{ren} 未満の場合，鋼材の切替えが要求される。

$$t_{ren} = t_{as-built} - t_c - t_{vol_add}$$

2.1.2 切替範囲

2.1.1 の規定による切替基準により切替えが必要となった範囲は，原則として，建造時の材料と同等又はそれ以上のグレード及び強度の材料に切替えることにより修理しなければならない。また，修理の板厚 t_{repair}（mm）は次の値以上としなければならない。

$$t_{repair} = t_{as-built} - t_{vol_add}$$

2.1.3 代替措置

計測された板厚 t_m（mm）が次の算式を満足する場合，*IACS* 統一規則 Z10.2, Z10.4 及び Z10.5 に基づく **B 編**の規定に従い，代替措置を講じてもよい。

$$t_{ren} \leq t_m < t_{ren} + t_{res}$$

2.2 全体的な腐食

2.2.1 適用

建造後 10 年以上の船舶の定期検査において，必要に応じて，構造部材の計測板厚，切替板厚，補強された板厚を用いて縦強度を評価しなければならない。

2.2.2 切替基準

ハルガーダ強度基準は次による。

(a) 甲板領域及び船底領域

板厚計測結果に基づき決定する現在のハルガーダ断面係数は，申請グロス板厚に基づき **5 章 1 節**に従って計算された断面係数の 90%未満であってはならない。

これによらない場合，船底領域及び甲板領域の現在の断面積（考慮する領域で計測された部材の断面積の合計とする。）は，申請グロス板厚に基づき決定された同じ部分の断面積の 90%未満であってはならない。

(b) 中性軸領域

中性軸領域の現在の断面積（当該領域で計測された板部材の断面積の合計とする。）は，中性軸領域の申請グロス

板厚から $0.5t_c$ 引いた値に基づき計算された断面積未満であってはならない。

考慮する横断面において，ハルガーダ強度に寄与する全ての部材の実際の申請グロス板厚の衰耗が，甲板領域及び船底領域において 10%未満，中性軸領域において $0.5t_c$ 未満である場合，当該横断面におけるハルガーダ強度に関する許容基準は満足しているものとし，板厚計測を行った他の横断面において計算を行う必要はない。

申請グロス板厚の定義は **3 章 2 節** に規定する。