目次

鋼船規則 CSR-T 編　二重船殻油タンカーのための共通構造規則 10
1 節　序論 10
1　二重船殻油タンカーの共通構造規則の序論 10
1.1　一般 10
1.2　本編以外の本会規則の適用 10
1.3　本編の構成に関する指針 10
2 節　原則 13
1　序論 13
1.1　原則 13
2　一般原則 14
2.1　一般 14
3　設計の基礎 15
3.1　一般 15
4　設計の原則 19
4.1　全般的原則 19
4.2　荷重 19
4.3　構造強度の評価 21
4.4　材料及び溶接 24
4.5　評価基準及び許容基準 24
4.6　安全に関する同等性の原則 25
5　原則の適用 26
5.1　原則の適用に関する概要 26
5.2　構造設計過程 26
5.3　最低要件 28
5.4　荷重及び強度に基づく要件 28
5.5　材料 32
5.6　規則要件の適用 32
3 節　本編の適用 33
1　船級符号への付記 33
1.1　船級符号への付記 33
2　書類，図面及び資料に関する要件 34
2.1　書類及び資料に関する要件 34
2.2　図面及び補足計算書の提出 34
3　承認の範囲 36
3.1　一般 36
3.2　船級 36
4　同等効力に関する手順 37

4.1　一般……37
5　寸法要件の計算及び評価……38
5.1　板部材に対する寸法要件……38
5.2　防撓材の寸法の決定……42
5.3　主要支持部材に対する寸法要件の計算及び評価……44
5.4　算出した板厚の端数処理……45
4節　基本情報……46
1　定義……46
1.1　主要目……46
1.2　位置 1 及び位置 2……47
1.3　A 型乾舷船舶及び B 型乾舷船舶……47
1.4　座標系……47
1.5　部材名称……48
1.6　記号……50
1.7　単位……50
1.8　用語……51
2　構造の理想化……56
2.1　スパンの定義……56
2.2　心距及び支持幅の定義……66
2.3　板の有効幅……66
2.4　局部支持部材の幾何学的性能……70
2.5　主要支持部材の幾何学的性能……75
2.6　ハルガーダ横断面の幾何学的性能……77
3　構造詳細設計……82
3.1　標準構造詳細……82
3.2　局部支持部材の終端部……82
3.3　主要支持部材の終端部……85
3.4　連続した局部支持部材と主要支持部材の交差部……87
3.5　開口……94
3.6　局部補強……95
3.7　疲労強度……96
5節　構造配置……97
1　一般……97
1.1　一般……97
2　水密区画……98
2.1　水密隔壁の配置……98
2.2　船首隔壁の位置……98
2.3　船尾隔壁の位置……98
3　二重船殻配置……99
3.1　一般……99

3.2　二重底 99
3.3　二重船側 99
4　区域の分離 100
4.1　貨物タンクの分離 100
4.2　コファダム 100
5　点検設備 101
5.1　貨物タンク区域内及び前方の区画への交通 101
6節　材料及び溶接 102
1　鋼材のグレード 102
1.1　船体構造用鋼材 102
1.2　鋼材の適用 103
1.3　アルミニウム合金 105
2　塗装を含む腐食防止 106
2.1　船体の防食 106
3　腐食予備厚 108
3.1　一般 108
3.2　局部腐食予備厚 108
3.3　腐食予備厚の適用 110
4　組立 112
4.1　一般 112
4.2　冷間加工 113
4.3　熱間加工 113
4.4　溶接 114
5　溶接設計及び寸法 115
5.1　適用 115
5.2　突合せ継手 115
5.3　*T*継手又は十字継手 117
5.4　重ね継手 119
5.5　スロット溶接 120
5.6　スタッド溶接 121
5.7　溶接寸法の求め方 121
5.8　高引張応力を受ける構造の溶接 124
5.9　溶接寸法の軽減 124
5.10　ピラー及びクロスタイの端部接続 125
5.11　代替要件 125
7節　設計荷重 131
1　一般 131
1.1　一般 131
1.2　定義 131
2　静的荷重成分 133

2.1 静水中ハルガーダ荷重 133
2.2 局部静的荷重 135
3 動的荷重成分 139
3.1 一般 139
3.2 運動 140
3.3 船の加速度 140
3.4 動的縦曲げ荷重 142
3.5 動的局部荷重 145
4 スロッシング荷重及び衝撃荷重 156
4.1 一般 156
4.2 タンク内のスロッシング圧力 156
4.3 船底スラミング荷重 161
4.4 船首衝撃荷重 163
5 事故による荷重 165
5.1 浸水状態 165
6 荷重の組合せ 166
6.1 一般 166
6.2 設計荷重の組合せ 166
6.3 動的荷重の適用 168
6.4 直接強度評価のための動的荷重ケース及び動的荷重組合せ係数 178
6.5 部材寸法要件における動的荷重ケース及び動的荷重組合せ 178
8節 部材寸法要件 184
1 ハルガーダ強度 184
1.1 積付要領 184
1.2 ハルガーダ曲げ強度 187
1.3 ハルガーダせん断強度 190
1.4 ハルガーダ座屈強度 199
1.5 ハルガーダ疲労強度 201
1.6 船長方向ハルガーダの漸減と構造の連続性 202
2 貨物タンク区域 205
2.1 一般 205
2.2 船体外板 207
2.3 船体外板付肋骨 208
2.4 内底 209
2.5 隔壁 209
2.6 主要支持部材 225
3 最前端貨物タンクの前方の構造 239
3.1 一般 239
3.2 船底構造 240
3.3 船側構造 241

3.4 甲板構造 242
3.5 タンク隔壁 242
3.6 水密の境界 243
3.7 船楼 243
3.8 その他の構造 243
3.9 部材寸法要件 244
4 機関区域 250
4.1 一般 250
4.2 船底構造 251
4.3 船側構造 252
4.4 甲板構造 252
4.5 機器の台座 253
4.6 タンク隔壁 254
4.7 水密の境界 255
4.8 部材寸法要件 255
5 船尾部 258
5.1 一般 258
5.2 船底構造 259
5.3 外板構造 261
5.4 甲板構造 262
5.5 タンク隔壁 263
5.6 水密の境界 263
5.7 その他の構造 263
6 スロッシング荷重及び衝撃荷重に対する構造評価 265
6.1 一般 265
6.2 タンク内のスロッシング 265
6.3 船底スラミング 271
6.4 船首衝撃 275
7 部材寸法要件のその他の構造への適用 279
7.1 一般 279
7.2 部材寸法要件 279
9節 設計評価 285
1 ハルガーダ最終強度 285
1.1 一般 285
1.2 規則基準 285
1.3 ハルガーダ最終強度 285
1.4 部分安全係数 285
2 強度評価（FEM） 287
2.1 一般 287
2.2 貨物タンク構造強度解析 289

2.3　局部詳細メッシュ構造強度解析 292
2.4　貨物タンク区域における部材寸法の適用 294
3　疲労強度 297
3.1　疲労評価 297
3.2　疲労基準 297
3.3　適用 298
3.4　疲労強度評価法 298
10節　座屈及び最終強度 300
1　一般 300
1.1　強度評価基準 300
2　剛性及び寸法 301
2.1　構造要素 301
2.2　板部材及び局部支持部材 301
2.3　主要支持部材 302
2.4　その他の構造 304
3　座屈に対する要求規定 307
3.1　一般 307
3.2　板部材の座屈 307
3.3　防撓材の座屈 311
3.4　主要支持部材 316
3.5　その他の構造部材 317
4　高度座屈解析 321
4.1　一般 321
11節　タンカーの共通構造規則に関する一般要件 322
1　船体部開口及び閉鎖装置 322
1.1　外板及び甲板部開口 322
1.2　通風筒 326
1.3　空気管 328
1.4　甲板室及び昇降口室 330
1.5　排水管，吸入口及び排出口 336
2　乗組員の保護 340
2.1　ブルワーク及びガードレール 340
2.2　貨物タンクへの交通 341
2.3　船首部への交通 341
3　支持構造及び付属構造物 344
3.1　甲板機器の支持構造 344
3.2　入渠 352
3.3　ビルジキール 352
4　艤装 356
4.1　艤装数計算 356

4.2　アンカー及び係船装置 358
4.3 非常曳航設備 365
5　試験要領 366
5.1　タンクテスト 366
12 節　就航船の切替基準 370
1　船体構造の板厚の許容衰耗量 370
1.1　一般 370
1.2　板厚計測値の評価 370
1.3　腐食の分類 372
1.4　局部構造の一様腐食に対する板厚の許容衰耗量 374
1.5　一様腐食に対するハルガーダの断面特性の許容衰耗量 376
1.6　点食，グルービング及びエッジ部における腐食に対する材料の許容衰耗量 376
付録 A　ハルガーダの最終強度 378
1　一般 378
1.1　定義 378
1.2　適用 378
1.3　仮定 378
1.4　代替手法 379
2　ハルガーダ最終強度の計算 380
2.1　簡易手法による最終強度計算法 380
2.2　増分反復法による簡易評価法 381
2.3　応力－ひずみ曲線 $\boldsymbol{\sigma}-\boldsymbol{\varepsilon}$（荷重－面内変位曲線） 385
3　代替手法 391
3.1　一般 391
3.2　手法 391
付録 B　構造強度の評価 392
1　通則 392
1.1　適用 392
1.2　記号及び定義 393
2　貨物タンクの構造強度解析 395
2.1　評価 395
2.2　構造のモデル化 395
2.3　積付状態 403
2.4　適用荷重 410
2.5　せん断力及びハルガーダ曲げモーメントの調整手順 413
2.6　境界条件 420
2.7　評価結果 424
3　局部詳細メッシュ構造強度解析 427
3.1　一般 427
3.2　船体構造のモデル化 437

3.3 荷重条件 452
3.4 荷重及び境界条件の適用 452
3.5 評価結果及び判定基準 452
4 疲労解析に対するホットスポット応力の評価 453
4.1 適用 453
4.2 構造のモデル化 453
4.3 積付状態 457
4.4 境界条件 460
4.5 評価結果 460
付録 C 疲労強度評価 462
1 公称応力手法 462
1.1 一般 462
1.2 腐食モデル 462
1.3 荷重 462
1.4 疲労被害度の計算 464
1.5 構造詳細の分類 480
1.6 その他の詳細 490
2 ホットスポット応力手法（有限要素ベース） 492
2.1 一般 492
2.2 腐食モデル 492
2.3 荷重 492
2.4 疲労被害度の計算 492
2.5 詳細設計基準 494
付録 D 座屈強度評価 500
1 高度座屈解析 500
1.1 一般 500
2 高度座屈解析法 501
2.1 一般 501
3 適用及び構造モデル化の原則 503
3.1 一般 503
4 評価基準 505
4.1 一般 505
4.2 使用係数 505
5 有限要素法による構造解析結果に対する座屈評価手順 507
5.1 一般 507
5.2 構造モデル及び強度評価法 507
5.3 適用荷重 512
5.4 高度座屈評価法の適用限度 512
6 ハルガーダの最終強度評価 514
6.1 一般 514

6.2　適用荷重 514
6.3　構造モデル及び座屈評価 514

鋼船規則 CSR-T 編　二重船殻油タンカーのための共通構造規則

1 節　序論

1　二重船殻油タンカーの共通構造規則の序論

1.1　一般

1.1.1　適用

1.1.1.1　本編の規定は，2006 年 4 月 1 日から 2015 年 6 月 30 日までの間に建造契約が行われ，本会に登録される船の長さ（$L_{CSR\text{-}T}$）が 150*m* 以上の二重船殻油タンカーに適用する。船の長さ（$L_{CSR\text{-}T}$）は **4 節 1.1.1.1** による。

1.1.1.2　船の長さ（$L_{CSR\text{-}T}$）が 150*m* 未満の二重船殻油タンカーに対しては，一般に本編以外の本会の関連する規則を適用しなければならない。

1.1.1.3 本編の施行日より前に建造契約が行われた船舶は，本編以外の本会の関連する規則に適合しなければならない。

（注記）

“建造契約”の日とは，予定される船主と造船所との間で船舶を建造する契約が行われる日をいう。“建造契約”の日に関する詳細については，IACS Procedural Requirement (PR) No.29 を参照すること。

1.2　本編以外の本会規則の適用

1.2.1　本編に規定されない事項

1.2.1.1　船舶の構造のうち，本編に規定されない事項については，本編以外の本会規則の関連規定を適用しなければならない。

1.3　本編の構成に関する指針

1.3.1　構成

1.3.1.1　本編の規定は，規則の目的を満足するための詳細な適用及び規定に対する指示事項を規定する「節」で構成する。本編で要求する構造解析に対する許容可能な手順は，付録による。

1.3.2　番号付け及び他所参照

1.3.2.1　節及び小節の番号付けは，**表 1.1.1** による。

表 1.1.1　節の番号付け

次数	レベル	例
1	節名（ヘッダに表示）	1 節 序論
2	小節	1 統一構造規則の導入
3	小節 2	1.1 一般
4	小節 3	1.1.1 本規則の開発
5	項番号	1.1.1.1 船級手順の重要な部分は，規則開発である….

1.3.2.2　表及び図の番号付けは，**表 1.1.2** による。

表 1.1.2　　表及び図の番号付け

規則中における表の場所	表番号の例
5 節，1 小節，2 番目の表	**表 5.1.2**
1 節，12 小節，5 番目の表	**表 1.12.5**
10 節，4 小節，3 番目の表	**表 10.4.3**
規則中における図の場所	**図番号の例**
5 節，1 小節，2 番目の図	**図 5.1.2**
1 節，12 小節，5 番目の図	**図 1.12.5**
10 節，4 小節，3 番目の図	**図 10.4.3**

1.3.2.3　他所参照は，本編全体を通じボールド体で表す。

1.3.2.4　節内の他所参照は，小節又は項番号で表す（例えば **4.2** 又は **4.2.1.1**）（**表 1.1.3** 参照）。

1.3.2.5　節外の他所参照は，節番号及び小節番号又は項番号で表す（例えば **4 節 2.1.1.3**）（**表 1.1.3** 参照）。

表 1.1.3　　他所参照の方法

参照先	参照例	
局部的（節内の場所）		
4.2 小節の規定	**4.2** 参照	**4.2** に
6.2.2 小節の規定	**6.2.2** 参照	**6.2.2** に
5.1.2.1 項の規定	**5.1.2.1** 参照	**5.1.2.1** に
全体的（節外の場所）		
6 節，4.2 小節の規定	**6 節 4.2**	
6 節，6.2.2 小節の規定	**6 節 6.2.2**	
6 節，5.1.2.1 項の規定	**6 節 5.1.2.1**	

1.3.3 本編の全体構成

1.3.3.1 本編の全体構成は，**図 1.1.1** による。

図 1.1.1 本編の体系

表題	節
序論	1 節
原則	2 節
本編の適用	3 節
基本情報	4 節
構造配置	5 節
材料及び溶接	6 節
荷重	7 節

船尾部及び機関室

表題	節
機関室構造全般	8 節 4.1
機関室底部構造	8 節 4.2
機関室側部構造	8 節 4.3
機関室甲板構造	8 節 4.4
機関室内部構造	8 節 4.5 – 4.8
船尾構造全般	8 節 5.1
船尾底部構造	8 節 5.2
船尾側部構造	8 節 5.3
船尾甲板構造	8 節 5.4
船尾内部構造	8 節 5.5 – 5.7

貨物区域

表題	節
ハルガーダ強度	8 節 1
船体外殻板部材	8 節 2.2
船体外殻防撓材	8 節 2.3
内底	8 節 2.4
隔壁	8 節 2.5
主要支持部材	8 節 2.6
スロッシング	8 節 6.2
ハルガーダ最終強度	9 節 1
強度評価（FEM）	9 節 2
疲労強度	9 節 3

船首部

表題	節
一般構造	8 節 3.1
船底構造	8 節 3.2
船側構造	8 節 3.3
甲板構造	8 節 3.4
内部構造	8 節 3.5 – 3.9
船底スラミング	8 節 6.3
船首衝撃	8 節 6.4

表題	節
船体部開口及び閉鎖装置	11 節 1
乗組員保護	11 節 2
支持構造及び付加物	11 節 3
艤装	11 節 4
試験要領	11 節 5
就航中の切替基準	12 節

2 節　原則

1　序論

1.1　原則

1.1.1　規則の目的

1.1.1.1　本編の目的は, 人命の安全, 環境及び財産の保全の向上の一助となるよう構造損傷のリスクを減少させ, また, 設計寿命の間，船体構造の十分な耐久性を確保するための要件を定めることである。

1.1.2　一般

1.1.2.1　本 2 節は以下について述べる。

(a)　一般原則　：船の設計，建造及び運航に関する船級協会，建造者及び船主の責務の情報を与える。

(b)　設計の基礎：設計パラメータ及び船の運航上の仮定に関し，本編における設計の基礎である前提事項を指定する。

(c)　設計の原則：荷重，構造強度及び評価基準に関して，規則内の構造要件に用いられる基本原理を定義する。

(d)　原則の適用：設計原則及び設計手法の適用方法並びに構造の使用目的への適合判断基準を示す。

2 一般原則

2.1 一般

2.1.1 国際規則及び国内規則

2.1.1.1 船舶は，国際海事機関（*IMO*）によって国際的に規定され，各国政府により履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。

2.1.1.2 本編は，適用されるすべての条約要件が満たされているという仮定に基づくものである。

2.1.1.3 本編は，**表 2.2.1** に示す国際船級協会連合（*IACS*）の統一規則（*UR*）を含んでいる。

2.1.2 船級協会

2.1.2.1 船級協会は，船体構造及び主要な技術システムに関する基準を開発及び公表する。船級協会は，船舶の設計，建造及び運航の各段階において，船級要件及び日本国政府の認可に基づき適用される国際規則への適合を確認する。

表 2.2.1 油タンカーに適用する *IACS* 統一規則

番号	表題
*A*1	艤装品
*A*2	曳航及び係留のための船上設備及び支持構造
*S*1	積付状態，ローディングマニュアル及び積付計算機に関する規定
*S*2	船の長さ $L_{CSR\text{-}T}$ 及び方形係数 C_b の定義
*S*3	船楼及び甲板室の端隔壁の強度
*S*4	降伏強度が 315*N*/*mm*^{2} 及び 355*N*/*mm*^{2} の高張力鋼の使用に関する基準（縦強度関連）
*S*5	構造寸法のための船体中央断面係数の計算
*S*6	種々の船体構造のための鋼材使用区分（船の長さが 90*m* 以上の船舶）
*S*7	最小縦強度基準
*S*11	縦強度基準
*S*13	油タンカーの船首船底強度
*S*14	水密区画の試験方法
*S*26	船首暴露甲板上の小ハッチの強度及び締付装置
*S*27	船首甲板艤装品及び設備の強度規定及び配置

3 設計の基礎

3.1 一般

3.1.1 設計の基礎

3.1.1.1 本 2 節 3 は，本編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。

3.1.1.2 本編は，規定された設計の基礎に適合する船舶に適用する。この設計の基礎からの逸脱に対しては，特別な考慮を払わなければならない。

3.1.1.3 各船の設計に使用する設計の基礎は，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されなければならない。設計の基礎からの逸脱は，すべて本会に公式に通知しなければならない。

3.1.2 配置及びレイアウト

3.1.2.1 本編の規定は，船舶の長さが 150*m* 以上の典型的な二重船殻油タンカーであって，次に示す配置を有するものに適用する。

(a) 機関室及び甲板室が，貨物タンク区域の後方に位置する。

(b) 船体中心線上に縦通隔壁がなく，内殻の他に 2 つの油密縦通隔壁を有する。又は

(c) 内殻の他に，船体中心線上に 1 つの油密縦通隔壁を有する。

3.1.2.2 船体構造は次に示すとおりと仮定する。

(a) 溶接鋼構造である。

(b) 防撓パネルで構成される。

(c) 横隔壁及び中間特設肋骨を有する縦式骨組構造とする。

3.1.2.3 本編の規定が適用される典型的な配置を図 2.3.1 に示す。構造配置は次に示す配置を有するものと仮定する。

(a) 条約要件に適合する幅及び深さを有する狭い二重船側構造及び二重底構造

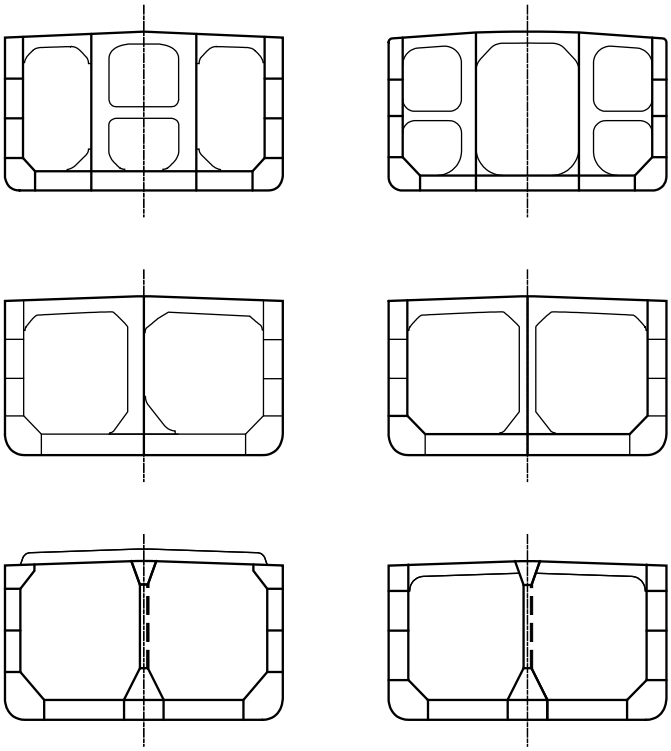
(b) 単甲板船

(c) 船体中心線上にない縦通隔壁，船体中心線上にある縦通隔壁又は横隔壁であって，平板，波形又は二重構造のもの

(d) 隔壁の数及び位置が，条約要件に適合するもの

図 2.3.1 に示す横断面図は典型的な一例にすぎず，これ以外のクロスタイ及び特設肋骨の配置も，適用対象となる。

図 2.3.1　　二重船殻油タンカーの典型的配置



3.1.2.4　本編の規定は，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。

(a)　方形係数（C_b）は 0.7 を超える

(b)　長さと幅の比（$L_{CSR\text{-}T}/B$）は 5 を超える

(c)　幅と深さの比（B/D）は，2.5 未満

(d)　均等満載状態でメタセンター高さ（GM）が 0.12B 以下，バラスト状態で GM が 0.33B 以下となる一般的なもの

3.1.3　　設計寿命

3.1.3.1　設計寿命として 25 年の公称設計寿命を仮定する。本編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。船舶の実際の使用寿命は，実際の運航状態及び保守整備により長くなる場合又は短くなる場合がある。

3.1.4　　設計速力

3.1.4.1　設計最大航海速力は，設計者が定める。本編の規定において，船舶はこの航海速力にて継続的に運航できるものと仮定する。ただし，このことは荒天の状況において，船舶を適切に運航し，減速又は進路の変更を行う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。

3.1.5　　運航条件

3.1.5.1　船舶は，設計に適合した運航において，必要な自由度を持って，所定の貨物を運送できるものとする。規則で要求する貨物積付に関する仕様及び船主による追加の貨物積付仕様は，設計者の責任とする。

3.1.5.2　本編における仮定を次に示す。

(a)　本編に規定する最小限の積付状態について審査する。審査する積付状態には航海時の積付荷重状態及び港湾における積付荷重状態を含まなければならない。

(b)　審査のために最小限の積付状態に加えて，静水中せん断力，静水中曲げモーメント又は局部的静的荷重が増加する航海状態となるすべての積付状態について，提出しなければならない。

(c)　トリム及び復原性資料，ローディングマニュアル及び積付計算機により，船舶の運航上の制限が定められ，これらが適切な条約及び船級要件に適合する。

(d)　すべての貨物タンクは，スロッシング影響を含む局部強度上の観点から，**3.1.8** に規定する貨物密度において積付け率の制限はないものとして設計する。ただし，規則及びローディングマニュアルに規定される，隣接タンクを空倉或いは満載とするといった積み付けパターンに関する制限は，主要支持部材並びにハルガーダせん断力及び曲げモーメントに対しては適用する。

3.1.6　運航時の喫水

3.1.6.1　設計上の運航喫水は設計者が指定し，かつ適切な構造寸法を算出するのに用いられなければならない。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。

(a)　最大及び最小の平均運航喫水

(b)　構造評価のための最大構造喫水

(c)　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船首船底スラミング評価のための船首最小喫水

(d)　全貨物タンクが空倉状態における平均最大喫水

(e)　中央貨物タンク又は船側貨物タンクが空の状態における平均最大喫水

3.1.7　外部環境

3.1.7.1　全世界を就航でき，将来の運航形態の不確定さ及びそれに応じて遭遇すると考えられる波浪条件に対応するため，設計評価において厳しい海象条件を適用する。規則上の要求は，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。

3.1.7.2　構造に対する風及び潮流の影響は，無視できるものとし，含めない。

3.1.7.3　本編の規定において海氷の影響は考慮しない。

3.1.7.4　本編の規定は，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。

(a)　一日の平均気温の最低値は-10℃

(b)　一日の平均水温の最低値は 0℃

一日の平均気温の最低値がさらに低い海域を長期間航行する船舶には，本会が適当と認める追加の要件を適用することがある。

3.1.8　内部環境（貨物タンク及びバラストタンク）

3.1.8.1　比重 1.025 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，貨物タンク構造の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。

3.1.8.2　貨物タンク構造の疲労評価に際し，船舶の運航期間中を通して代表的な平均貨物密度を適用しなければならない。この代表的平均密度は，0.9（t/m^3）又は計画満載喫水 T_{full} における均等積付状態から算出される貨物密度がこれより高い場合にはその値としなければならない。

3.1.8.3　海水バラストには，比重 1.025 を用いる。

3.1.8.4　本編の規定において，貨物の設計温度は次に示す通りとする。

(a)　最高貨物温度 80℃

(b)　最低貨物温度 0℃

3.1.8.5　本編に規定する腐食予備厚の設計に関する見方及び仮定は，次に示す通りとする。

(a)　腐食予備厚は，経験及び腐食計測データの統計的評価の組合せに基づく。腐食予備厚は，原油及びその他の種々の腐食特性を有する油製品の混合積載に基づく。

(b)　腐食予備厚は，設計寿命に基づく（**3.1.3.1** 参照）。

(c)　バラストタンクは，塗装されている。塗装の施工及び維持の要件は，本編には含まない。

3.1.8.6　腐食予備厚の値及び許容衰耗量の値は，それぞれ **6 節 3** 及び **12 節**に示す。

3.1.9　建造及び検査

3.1.9.1　本編の規定に含む構造要求は，建造及び修理が適切な造船及び修理標準並びに許容差に従って実施するという仮定をもとに規定する。本編の規定の適用において，構造の重要箇所の建造及び修理時に追加の注意事項を要求する場合がある。

3.1.9.2　タンク強度試験及び水密試験は，検査計画の一部として実施しなければならない。

3.1.9.3　本編において，個々の構造要素に対する切替え基準を規定する。本編に含む構造要求は，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。すべての構造要素は，検査のための交通ができるよう配置しなければならない（**5 節 5** 参照）。重要箇所に関する詳細検査を規則に基づき定期的に実施することを前提とする。

3.1.10　船主の追加要求

3.1.10.1 一般的な船級規則及び条約規定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。船主の特別要求には，次に示す項目を含む場合がある。

(a)　振動解析

(b) 高張力鋼使用率の最大値

(c) 規則要求値を上回る追加の構造寸法

(d) 規則等で規定する荷重に関する追加の設計余裕

(e) 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

(f) 規則に規定する状態を上回る貨物の積付形態及び喫水に関する組合せ

(g) 定期的に高密度の貨物を部分積みにて輸送する船舶に対する疲労評価のためのより高い貨物密度

船主の特別要求は，本編の規定に含まない。構造設計に影響を与える可能性のある船主の特別要求については，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

4.1.1.1 本 2 節 4 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原則を規定する。

4.1.2 一般

4.1.2.1 本編は，次に示す全般的原則に基づく。

(a) 構造の安全性は，運航荷重，環境荷重又は環境状態の影響下にある船舶の潜在的構造崩壊モードにより実証することができる。

(b) 設計は，設計の基礎に適合している（2 節 3 参照）。

(c) 構造要件は，可能性のある代表的な最悪の荷重シナリオによる荷重に基づいている。

(d) 荷重，強度モデル及び評価基準に関する構造要件は，要求の各要素を明確に表す算式の形で表現する。

4.1.2.2 船体構造は，次のとおり設計する。

(a) 船体構造は，本質的に冗長性を有するよう設計する。船体構造は，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。

(b) 船体構造は，永久変形が最小となるよう設計する。構造の健全性，容器としての健全性又は構造その他のシステムの機能に影響しない場合に限り，局部パネル又は個々の防撓パネル部材の永久変形を許容して差し支えない。

(c) 船体構造は，就航中の亀裂発生を最小化するよう設計する。特に，構造健全性又は容器としての健全性に影響する箇所，構造その他のシステムの機能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化するよう設計すること。

(d) 船体構造は，不測の損傷（例えばいずれかの区画が浸水するような軽微な衝突によるもの）が生じた場合にも切り抜けられる十分な構造的冗長性を有するように設計する。

4.2 荷重

4.2.1 荷重シナリオ

4.2.1.1 構造評価に適用する荷重は，海上及び港湾において運航中に船舶が遭遇する荷重シナリオを含むものとする。

4.2.2 設計荷重の組合せ

4.2.2.1 設計荷重の組合せは特定した荷重シナリオを代表するよう局部荷重成分及び全体荷重成分を組み合わせる。設計荷重の組合せは，通常運航中に合理的に生じ得るすべてのシナリオを含むよう十分厳しく，かつ多様性のあるものとすべきである。

4.2.2.2 船体及び構造部材に対する設計荷重の組合せは，あらゆる荷重の組合せに対し一貫した安全性を保つため，最悪の荷重の組合せとする。

4.2.2.3 設計荷重の組合せは，次に示す考慮すべき荷重の種類及び荷重シナリオによる静的荷重及び動的荷重の組合せの一つに基づくものとする。

(a) 静的な設計荷重の組合せ（S）
すべての静的荷重の適用を対象とする。一般的に，港湾，タンク試験又は同様な運用における荷重シナリオを対象とする。

(b) 静的荷重及び動的荷重の組合せ（$S+D$）
すべての静的荷重の適用に加え，同時に生じる動的荷重成分の現実的な組合せを対象とする。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。

(c) 衝撃設計荷重の組合せ
外洋航行中に遭遇する船底スラミング及び船首スラミングのような衝撃荷重への適用を対象とする。通常，衝撃荷重の事象に関連する他の静的及び動的荷重成分を無視しても差し支えない。

(d) スロッシング設計荷重の組合せ
外洋航行中に遭遇するスロッシング荷重の適用を対象とする。

(e) 疲労設計荷重
すべての関連する動的荷重の適用を対象とする。

(f) 設計事故荷重の組合せ（*A*）
通常の運航中に発生することを考慮しない事故による荷重の適用を対象とする。

4.2.3 荷重の分類

4.2.3.1 設計荷重の組合せは，多くの異なる種類の荷重により構成され，**表 2.4.1** に示すように分類される。

表 2.4.1 荷重の分類

運航荷重	軽荷重量	鋼材重量及び外部取り付け物 機関及び固定設備
	浮力	船舶の浮力
	積載荷重	貨物 バラスト水 収納物及び消費物 人員 一時的設備
	その他の荷重	タグ及び岸壁付けによる荷重 曳航荷重 アンカー及び係留荷重 揚貨設備による荷重
環境荷重	波浪による繰り返し荷重，慣性力による荷重を含む	波浪変動荷重
		船体加速度による動的荷重及びタンク内動圧
	衝撃荷重又は共振による荷重	波浪衝撃 船底スラミング タンク内のスロッシング 青波荷重
事故荷重		区画浸水
変形による荷重		熱による荷重 建造に起因する変形

4.2.3.2 運航荷重は，一般に静的荷重とし，軽荷重量，浮力，積載荷重及びその他の荷重に分類される。運航荷重は，船舶の運航及び操作の結果として生じる。

4.2.3.3 環境荷重は，外的影響による動的荷重である。本編で対象とする環境荷重は，波浪による荷重である。

4.2.3.4 事故荷重は，事故又は船舶における運航上の誤操作の結果として生じる荷重を含む。本編で対象とする事故荷重は，区画浸水により増加したタンク内圧である。

4.2.3.5 変形による荷重は，熱による荷重及び残留応力に起因する。本編の規定において変形による荷重の影響は含まない。

4.2.4 荷重特性値

4.2.4.1 規則で適用する荷重要素の特性値は，考慮すべき設計荷重の組合せによる。荷重特性は，一般的な値として，次による。

(a) 運航荷重にあっては，荷重特性は，想定される値又は規定される値とする。

(b) 環境荷重にあっては，荷重特性は，通常は，発生確率の低い荷重値，即ち，極大の荷重値とする。

4.2.5 運航荷重

4.2.5.1 浮力により船体に作用する静水圧の特性値は，考慮している積付状態における喫水に基づくものとする。

4.2.5.2 静的タンク内圧力の特性値は，貨物又はバラスト水の積付高さ及び比重に基づくものであって，かつ，空気管高さ，圧力逃がし弁の設定圧及びポンプ容量により生じ得る過圧の許容差を含むものとする。

4.2.5.3　人員, 収納物及び消費物, 一時的設備及び固定設備による荷重の特性値は, 規定される値に基づくものとする。

4.2.5.4　タグ，岸壁付け，曳航及び係留による荷重の特性値は，規定される値に基づくものとする。

4.2.6　環境荷重

4.2.6.1　**7 節 3** に規定する波浪荷重に対する規則算式は，**4.2.6.2** に適合するよう算出し，かつ，運航経験及びモデル試験からのフィードバックで調整した包絡値に基づくものである。

4.2.6.2　波浪荷重値の導出に関する一般原則は，次の通りとする。

(a)　荷重値の適用は，類似の荷重シナリオのすべてに対し同じでなければならない。

(b)　荷重特性値は，荷重及び選定した構造評価手法の適用目的に合致するよう選定する。例えば，強度評価に対しては想定寿命の最大荷重を適用し，疲労強度評価に対しては，想定荷重履歴を代表する平均値を適用する。

(c)　荷重計算は，3 次元線形流体計算ソフトを用いて実行する。速度影響も考慮される。

(d)　波浪荷重特性値の導出は，波浪環境（北大西洋波浪頻度表），船舶と波浪の遭遇角度の確率，**IACS Rec34** に基づく荷重値の超過確率を含む統計長期予測手法によること。結果として波浪荷重特性値はすべて包絡値となる。

(e)　想定寿命における最大荷重に対し非線形影響を考慮する。

4.2.6.3　動的荷重の組合せにおいては, 同時に生じるすべての動的荷重成分を考慮する。同時に生じる荷重を導く際に, 1 つの特定の成分が最大又は最小となり，同時に生じるすべての動的荷重成分の相対的大きさは，荷重の包絡値に基づく動的荷重組合せ係数（*DLCF*）の適用により指定する。これらの動的荷重組合せ係数は，等価設計波手法の適用に基づき，表中に示す。

4.2.6.4　船底スラミング荷重，船首衝撃荷重及び青波荷重の荷重値の算式は，次に示す要因を考慮する。

(a)　喫水

(b)　船体形状

(c)　船首方向

(d)　前進速度

(e)　甲板室又は船楼の位置

(f)　構造要素の形状

4.2.6.5　スラミング衝撃荷重は，構造に短期的な動的応答をもたらす。衝撃荷重に関する算式では，衝撃荷重を関連する船体表面に作用する等価な静的荷重として考慮する。

4.2.6.6　船舶の全長に亘る甲板構造に作用する青波の影響を考慮する。船首部及び船の中央平行部に作用する青波荷重は，模型試験，船体運動解析及び運航の経験に基づき決定する。船尾部に作用する青波荷重については，船首部及び中央部の青波荷重と調和させる。

4.2.7　事故荷重

4.2.7.1　事故荷重シナリオは，**海洋汚染防止のための構造及び設備規則 3 編 3 章 3.2.2** における仮定に従った浸水の結果として生じる局部構造に作用する荷重を対象とする。これは，水密区画境界の評価に関連する。

4.2.7.2　浸水状態における喫水に対応する静的荷重のみを考慮する。

4.2.8　変形による荷重

4.2.8.1　設計の基礎により定められる制限内の熱による荷重は，無視できるとする。また，想定される熱膨張について考慮し，かつ，余裕を持たせることに注意が払われると仮定する。

4.3　構造強度の評価

4.3.1　一般

4.3.1.1　構造設計の基本的な原則は，要求される構造寸法を決定するために，規定する設計荷重を適用し，可能性のある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　強度モデル

4.3.2.1　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。複数の評価手法を同じ崩壊モードに対して適用する場合がある。

4.3.2.2　強度モデルの選定の原則を次に示す。

(a)　構造部材が，より精度の高い手法又はより精度の高い応答計算を用いて，階層の高いレベル及び後の段階においても評価されるかどうか。

(b) いくつかの応力成分が無視された簡易的な強度モデルが，常に慎重な結果を与えなければならない。

(c) 崩壊モードを評価するための適切な手法

(d) 荷重の確率レベル

(e) 規定の荷重レベルまでの構造の物理的挙動を表現するための応答計算能力

(f) 構造の複雑度

(g) 荷重の複雑度

(h) 構造部材の重要度。これは，主に評価基準に影響するであろうが，構造評価の適切な手法の選定と併せて考慮する必要がある。

4.3.2.3 構造強度の評価手法は，規定の算式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。

4.3.2.4 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形態及び大きさに対して，適切なものである。

4.3.3 疲労強度モデル

4.3.3.1 疲労強度評価手法により，構造の細部を疲労損傷から保護するための規則要件を規定する。

4.3.3.2 疲労強度モデルは，*S-N* 曲線，特有の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。

4.3.3.3 疲労強度評価モデルは，簡易算式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。これらの手法では，全体的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

4.3.4.1 ネット寸法手法の考え方は，次のとおりである。

(a) 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直接的に関連づける。

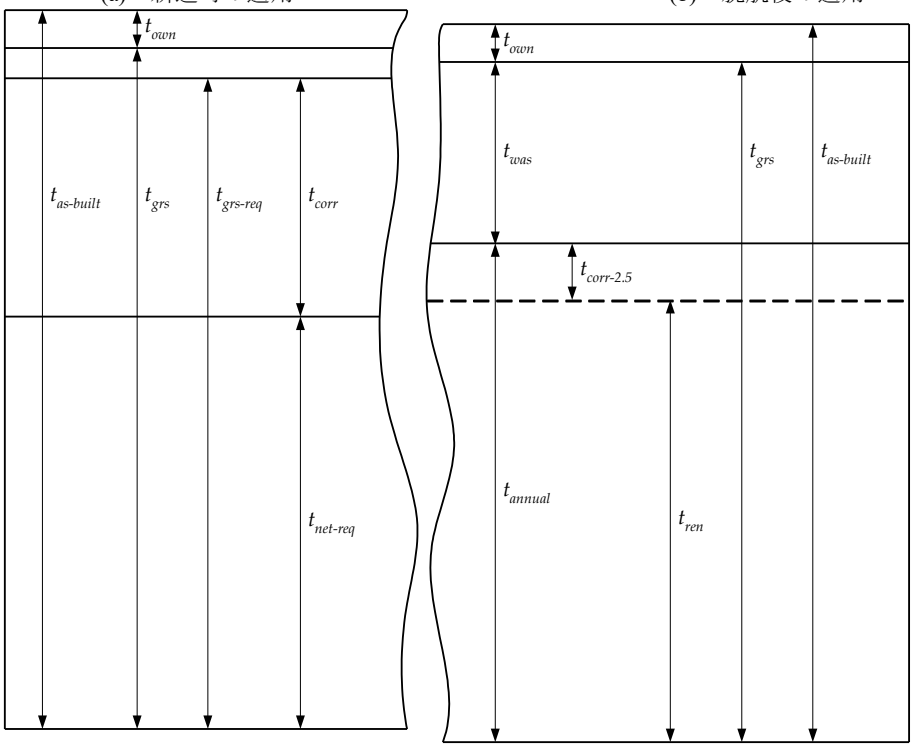
(b) 船舶の一生を通じて，腐食に関わる構造の状態を明確に確認可能にする。

4.3.4.2 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，板部材や防撓部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。

4.3.4.3 局部腐食に対するネット寸法手法を**図 2.4.1(a)**に示し，新造時の板厚を用いて，次の通りとする。

図 2.4.1　　局部衰耗に対するネット寸法手法

(a)　新造時の適用　　(b)　就航後の適用



(a)　局部の強度要件は，端数処理後のネット板厚（$t_{net\text{-}req}$）で与えられる。

(b)　要求グロス板厚（$t_{grs\text{-}req}$）は，要求ネット板厚（$t_{net\text{-}req}$）に腐食予備厚（t_{corr}）を加えたものとする。

(c)　グロス板厚（t_{grs}）は，要求グロス板厚（$t_{grs\text{-}req}$）を満足するために設計者が選定した実際の板厚であり，要求グロス板厚（$t_{grs\text{-}req}$）以上でなければならない。

(d)　建造板厚は，グロス板厚（t_{grs}）に，船主特別要求厚（t_{own}）を加えたものとする。

(e)　船主特別要求厚として船主により定められるいかなる追加の板厚（t_{own}）も，要求グロス板厚（$t_{grs\text{-}req}$）の評価に含めてはならない。

4.3.4.4　就航後における局部的切替基準決定のためのネット寸法手法を**図 2.4.1(b)**に示し，かつ，次による。

(a)　年次検査時に板厚計測が要求される板厚（t_{annual}）は，建造板厚（$t_{as\text{-}built}$）より許容衰耗量（t_{was}）及び船主特別要求厚（t_{own}）を差し引いたものとする。

(b)　切替が要求される板厚（t_{ren}）は，建造板厚（$t_{as\text{-}built}$）より許容衰耗量（t_{was}）及び 2.5 年予備許容衰耗量（$t_{corr\text{-}2.5}$）並びに船主特別要求厚（t_{own}）を差し引いたものとする。ここで 2.5 年予備許容衰耗量（$t_{corr\text{-}2.5}$）とは，中間検査と定期検査の間隔の 2.5 年間に進展する腐食に対しての衰耗余裕とする。

(c)　全体の許容衰耗量は，本編に規定する許容衰耗量（t_{was}），2.5 年予備許容衰耗量（$t_{corr\text{-}2.5}$）及びあらゆる船主特別要求厚（t_{own}）を合算したものとする。

(d)　年次検査時に板厚計測が要求される前における本編に規定する許容衰耗量（t_{was}）は，腐食予備厚（t_{corr}）より 2.5 年予備許容衰耗量（$t_{corr\text{-}2.5}$）を差し引いたものとする。

本手法により，計測した板厚が「年次検査時に板厚計測が要求される板厚（t_{annual}）」よりも大きい場合には通常の 2.5 年間隔の検査，計測した板厚が「年次検査時に板厚計測が要求される板厚（t_{annual}）」を下回る場合には，1 年間隔の検査が要求される。

4.3.4.5　主要支持部材及びハルガーダの断面に対する全体的な平均腐食は，それぞれの構造断面を構成するすべての構造要素から局部的な腐食予備厚の半分（$0.5t_{corr}$）を差し引いたものとする。

4.3.4.6　局部寸法の評価は，ネットハルガーダ特性による（例えば，ハルガーダにおける全体的な平均腐食に基づく）ハルガーダ応力及び対象となる局部部材のネット板厚による（例えば，100%局部腐食に基づく）局部応力に基づいて行う。船体構造は，局部的には許容最大値まで腐食するものとし，ハルガーダは，ハルガーダの全体腐食の最大許容値まで衰耗するものと仮定する。

4.3.4.7　全体（ハルガーダ及び主要支持部材）の寸法の評価は，船体全体にわたる全体的な腐食（例えば，すべての構

造部材が同時に 100%局部腐食の半分まで腐食した状態）に基づくものとする。100%局部腐食が全体的に発生することはないと仮定されるため，推定される腐食平均値は，より小さい値で妥当である。個々の構造部材は，最大の腐食予備厚まで腐食する可能性があるため，座屈強度評価については，この点を考慮する。

4.3.4.8　疲労は累積的な評価のため，評価に使用する寸法及び応力は，設計寿命期間における平均値をその代表値としなければならない。設計寿命期間における平均的腐食量は，寸法強度評価において想定する腐食量の半分とする。局部応力は，100%局部腐食予備厚の半分に基づき，ハルガーダ応力は，船体全体にわたる全体的な腐食量の半分に基づいて算出する。船体全体にわたる全体的な腐食量の半分とは，すべての構造部材について 100%局部的腐食予備厚の 1/4 を減じることをいう。

4.3.4.9　就航後に許容できる実際の衰耗量を次に示す。

(a)　局部的には，100%腐食予備厚から，検査間隔の間における標準的な衰耗量を差し引いた量。

(b)　全体的には，100%の船舶全体にわたる全体的な腐食予備厚から，検査間隔の間における標準的な衰耗量を差し引いた量。全体的な衰耗量は，就航後に船舶の全体的特性の現状評価に基づき監視される。

4.3.5　非損傷時の構造

4.3.5.1　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ものとする。構造的に損傷した状態にある船舶の残存強度については，評価しない。

4.3.5.2　塗装又は同様な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。

4.4　材料及び溶接

4.4.1　材料

4.4.1.1　構造要素材料の選定に関連する規則要件は，構造要素の位置，設計温度（**3.1.7.4** 及び **3.1.8.4** 参照），外殻部材，板厚方向の荷重及び重要度に基づく。当該要件は，**C 編 1 章**による。

4.4.1.2　本編の規定は，材料が **K 編**に規定する板厚の負の許容差に適合して製造されるという仮定に基づく。

4.4.2　溶接

4.4.2.1　溶接の種類，溶接寸法及び溶接材料に対する規則要求は，次に示す項目に基づく。

(a)　継手の種類

(b)　継手の重大度

(c)　継手における応力の大きさ，種類及び方向

(d)　母材及び溶接材料の材料特性

(e)　溶接ギャップの大きさ

4.5　評価基準及び許容基準

4.5.1　設計手法

4.5.1.1　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ものとする。

(a)　作用応力設計法（*WSD*）即ち，許容応力法。

(b)　部分安全係数法（*PF*）即ち，荷重抵抗係数設計（*LRFD*）。

4.5.1.2　作用応力設計法及び部分安全係数法の両手法に対し，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，次に示す組合せ荷重の確率レベル条件 *A* 及び *B* に対応する。

(a)　条件 *A* は，「想定される」特徴的荷重値に基づく設計荷重の組合せに関するものであり，一般に静的設計荷重の組合せに適用する。

(b)　条件 *B* は，「極大の」特徴的荷重値に基づく設計荷重の組合せに関するものであり，一般に，静的荷重及び動的荷重の組合せに適用する。

4.5.1.3　作用応力設計法は，次による。

条件 *A* に関して　$W_{stat} \leq \eta_1 R$

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

ここで，

W_{stat} ：同時に生じる静的荷重（又は荷重が応力に与える影響）

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，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，荷重の不確定性，構造強度及び崩壊の結果の考慮を含む。

4.5.1.4 部分安全係数法は，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 $$\gamma_{stat-2}W_{stat}+\gamma_{dyn-2}W_{dyn} \leq \frac{R}{\gamma_R}$$

ここで，

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

W_{stat} ：同時に生じる静的荷重（又は荷重が応力に与える影響）

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

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と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，降伏応力，最終ハルガーダ応力）

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

4.5.1.5 作用応力設計法及び部分安全係数法の両手法に対する許容基準は，すべての組合せの静的及び動的荷重が与える影響に関して一貫した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。

4.6 安全に関する同等性の原則

4.6.1 一般

4.6.1.1 規則に含む設計基準又は構造配置と異なる新設計は，特別な考慮を払わなければならない。新設計に対しては，同等性の原則を適用し，新設計の構造安全性は，少なくとも規則の意図する安全性と同等以上であることが実証されなければならない。

4.6.1.2 同等性の原則は，代替の計算手法についても適用することができる。

4.6.1.3 本編の規定の開発においては，系統的レビュー手法を採用した。本編の規定に含むタンカーの構造形状及び配置に関して，運航又は環境的な影響に起因して発生する可能性のある危険を特定し，かつ評価する。規則からの逸脱の性質によっては，新設計に対して，本編の規定との同等性を立証するために独自の系統的レビューを実行する必要性が生じる場合がある。

5 原則の適用

5.1 原則の適用に関する概要

5.1.1 一般

5.1.1.1 本 **2 節 5** は，**2 節 4** に規定する設計原則が規則要件の開発にどのように用いられているかを示す。

5.2 構造設計過程

5.2.1 構造設計過程の概要

5.2.1.1 本編において適用される構造設計過程の概要を**図 2.5.1** に示す。

5.2.1.2 次に示す規則要件の適用を通して，船体及び構造要素の強度及び許容される安全性が検証される。

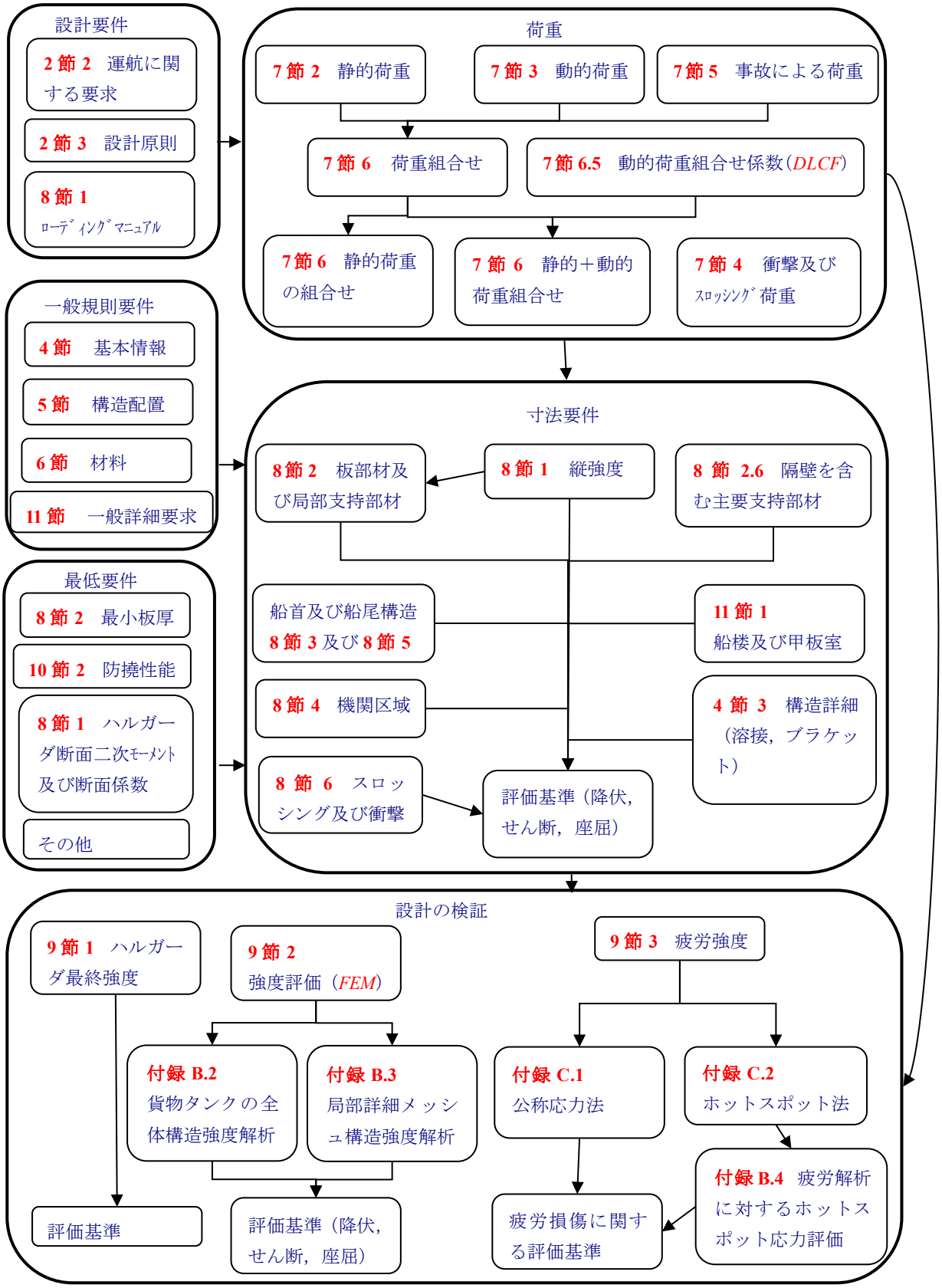
(a) 簡易算式規定による寸法要件

- 最低要件
- 荷重及び強度に基づく要件

(b) 荷重及び強度評価法に基づいた設計検証の要件

- ハルガーダの最終強度
- 有限要素法を用いた強度評価
- 疲労評価

図 2.5.1　　構造設計過程の概要



5.3 最低要件

5.3.1 一般

5.3.1.1 一般に最低要件は次に示す方法のいずれかとする。

(a) 一般に，降伏応力によらず，経験則に基づき次の形式で表される最小板厚。

$t = A + BL_{CSR\text{-}T}$

ここで，

A，B ：定数

$L_{CSR\text{-}T}$ ：**4 節 1.1.1.1** に規定する船の長さ

(b) 規定座屈要件に基づく最小限の剛性及び寸法比

5.4 荷重及び強度に基づく要件

5.4.1 一般

5.4.1.1 本要件においては，一般に作用応力設計（*WSD*）法を適用するが，ハルガーダ最終強度基準に対しては部分安全係数（*PF*）法を適用する。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。

5.4.1.2 荷重シナリオは，設計荷重，設計算式及び許容基準をまとめた観点から規則に規定し，**表 2.5.1** に示す。この表は，図式的に概要を示すためだけのものである。

5.4.1.3 規則に規定する荷重シナリオには，外洋航行状態，積荷及び揚荷，タンク試験状態，バラスト水交換時，港湾における特殊な状態（例えば，海上でのプロペラ検査）並びに不測の浸水といった運航状態が含まれる。

5.4.1.4 荷重シナリオにおける設計荷重の組合せを **7 節 6** に規定し，*S*（静的荷重），*S*+*D*（静的荷重+動的荷重）及び *A*（事故による荷重）とする。衝撃荷重及びスロッシング荷重を **7 節 4** に規定し，疲労荷重を **7 節 3** に規定する。

5.4.1.5 強度に関する要件において考慮すべき荷重は，航行中における最も厳しい荷重を対象とするため，貨物タンクに関する有限要素解析及び荷重及び強度に基づく寸法要件は，船舶の運航制限内において生じ得る最悪の荷重条件を想定した規則荷重条件に基づいている。

5.4.1.6 疲労に関する要件においては，想定した荷重履歴を考慮の対象とし，船舶に予定される運航を代表する荷重条件が適用される。

5.4.1.7 許容基準は 3 種類に分類し，**表 2.5.2** 及び**表 2.5.3** に示す。作用応力設計法の要件に適用される個々の許容基準は，特有の組合せ荷重の確率レベルによる。

5.4.1.8 許容基準 AC1 は，特有の組合せ荷重が頻繁に生じる場合に適用されるものであり，一般に静的設計荷重の組合せが対象となるが，スロッシング設計荷重も対象となる。このことは，当該荷重が頻繁に又は定期的に生じるということを意味する。頻繁に生ずる荷重に対する許容応力は，次に示す影響を考慮して，極大の荷重に対するものよりも低くとる。

(a) 繰り返し数

(b) いくつかの動的荷重に対する許容差

(c) 誤操作に対する余裕

5.4.1.9 許容基準 AC2 は，一般に静的+動的設計荷重の組合せのような，組合せた特定の荷重が極大の値となる場合に適用する。この場合，考慮する荷重は発現確率の低い極大のものであるため，構造強度（**表 2.5.1** 中，R_i）の高い使用係数（**表 2.5.1** 中，η_i）が認められる。

5.4.1.10 許容基準 AC3 は，一般に船底スラミング荷重及び船首衝撃荷重を表すような塑性崩壊モデルに基づく強度算式に対し適用する。

表 2.5.1　　荷重シナリオ及び対応する規則要件

荷重シナリオ		規則要件			
運転状態	荷重 （船舶がさらされ，耐えるべき荷重）	設計荷重の組合せ（7 節 6 に記載）		設計算式 （8 節及び 9 節に記載）(1)	許容基準 （8 節及び 9 節に記載）
外洋航行					
航行中	荷重天時の静的荷重及び動的荷重	1	$S+D$	1. $S_G + S_L + D_G + D_L \leq \eta_2 R_1$	AC2
				2. $\gamma_S S_G + \gamma_D D_G \leq R_2/\gamma_{R2}$	AC2
	荷天時の衝撃荷重	2	衝撃	$S_L + D_{imp} \leq \eta_3 R_p$	AC3
	タンク内スロッシング荷重	3	ｽﾛｯｼﾝｸﾞ	$S_G + D_{slh} \leq \eta_1 R_1$	AC1
	繰り返し波浪荷重	4	疲労	$DM \leq \sum \eta_i / N_i$	-
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	荷天時の静的荷重及び動的荷重	5	$S+D$	$S_G+S_L+D_G+D_L \leq \eta_2 R_1$	AC2
港湾内及び閉囲された水域における運航					
積荷，揚荷及びバラスト漲水時	積荷，揚荷及びバラスト漲水時の標準的最大荷重	6	S	$S_G + S_L \leq \eta_1 R_1$	AC1
タンク試験時	タンク試験時の標準的最大荷重	7	S	$S_G + S_{L1} \leq \eta_1 R$	AC1
港湾における特殊な状態	海上でのプロペラ検査，入渠状態のような港湾における特殊な状態での標準的最大荷重	8	S	$S_G + S_L \leq \eta_1 R_1$	AC1
事故状態					
不測の浸水時	不測の浸水により内部水密区画構造にかかる標準的最大荷重	9	A	水密隔壁について 1. $S_L \leq \eta_2 R_1$	AC2
				船首隔壁について 2. $S_L \leq \eta_1 R_1$	AC1

（備考）

(1)　ここに示す記号は 5.4 の文中に規定する。

ここで，

D_G　：全体的な動的荷重

D_L　：局部的な動的荷重

DM　：累積疲労被害度

S_G　：全体的な静的荷重

S_L　：局部的な静的荷重

R_i　：構造強度

5.4.2　寸法要件及び有限要素法（*FEM*）による強度評価のための設計荷重

5.4.2.1　隔壁等の区画境界に対する構造評価は，想定される最悪の荷重に基づくため，片舷側の 1 のタンクが満載，かつ，反対舷側の 1 のタンクが空載の状態で行う。満載と空載を入れ替えた状態についても考慮する。同様に船体外殻については，内部を空載にした上での最大喫水状態及びタンクを満載にした上での最小喫水状態について評価する。

5.4.2.2　有限要素法（*FEM*）を用いた強度評価を行う際に適用する標準積付状態は，二列の油密縦通隔壁を有するタンカー及び船体中心線上に一列の油密縦通隔壁を有するタンカーに関し，**付録 B** 中，それぞれ**表 B.2.3** 及び**表 B.2.4** に規定する。対応する寸法要件に関連する情報は **8 節**に規定する。

5.4.2.3　手法の一致を確保するため，規則荷重値の計算においては GM，R_{roll}，T_{SC} 及び C_b のようなパラメータについて標準規則値を適用する。

5.4.2.4　全体的及び局部的な動的荷重（**表 2.5.1** の D_G，D_L 及び D_{imp}）に対する確率レベルは 10^{-8} とし，**4.2.6.2** に規定する長期統計手法を用いて導出する。

5.4.2.5　頻繁に発生するスロッシング荷重（**表 2.5.1** の D_{sth}）に対する確率レベルは，10^{-4} とする。

5.4.2.6　構造強度の設計及び検証に適した現実的な設計荷重セットは，特定の荷重シナリオに対する設計荷重の組合せにより算定する。個々の又は集合した構造部材の設計にあたり，設計荷重セットは，同時に作用する局部的な静的及び動的荷重成分（**表 2.5.1** の S_L 及び D_L。通常は圧力成分。）及び全体的な静的及び動的荷重成分（**表 2.5.1** の S_G 及び D_G。通常はハルガーダ曲げモーメント。）のうち該当するものすべてに対して適用する。寸法要件に関連する設計荷重セットを **8 節 2** から **8 節 5** に示す。有限要素解析用の設計荷重セットは，荷重ケースとして**付録 B** に示す。

5.4.2.7　同時に発生する動的荷重は，**7 節 3** に規定する動的荷重値の包絡値に動的荷重の組合せ係数を適用して算出する。動的荷重ケースを決定する動的荷重の組合せ係数は，構造強度評価（有限要素解析）に対しては **7 節 6.4** に，寸法要件に対しては **7 節 6.5** に規定する。

5.4.2.8　動的荷重の組合せ係数は，構造評価に適した現実的に同時発生する動的荷重成分を与えるため，等価設計波手法により求める。

5.4.2.9　**9 節 1** に規定するハルガーダ最終強度要件のための設計荷重の決定において，運航荷重（船舶の積付状態）及び環境荷重（波浪によるハルガーダ曲げモーメント）は，外洋航行状態のサギング状態における最大値を用いる。静水中サギングハルガーダ曲げモーメント M_{SW} の特定値は，**8 節 1** に規定する外洋航行状態における最大の値とする。波浪中サギングハルガーダ曲げモーメント M_{WV} の特定値は，**7 節 3** による。

5.4.3　疲労要件のための設計荷重

5.4.3.1　**9 節 3** 及び**付録 C** に規定する疲労要件において，荷重評価は，想定される荷重履歴に基づき，また，平均法を適用する。設計寿命において想定される荷重履歴は，動的荷重値の 10^{-4} 確率レベルで特性化され，各構造部材の荷重履歴は，対応する応力の *Weibull* 確率分布で表す。

5.4.3.2　考慮する波浪荷重は，以下を含むものとする。

(a)　ハルガーダ荷重（垂直及び水平曲げモーメント）

(b)　波浪変動圧

(c)　動的タンク内圧力

5.4.3.3　疲労解析は，船舶の想定される運航のうち 2 つの代表的な積付状態に対して行う。当該 2 つの積付状態は，以下のとおりとする。

(a)　満載喫水における満載均等積付状態

(b)　ノーマルバラスト喫水におけるバラスト状態

満載状態及びバラスト状態における運航期間の割合は，それぞれ 50%とする。船舶の設計寿命中の 15%は港内又は閉囲された水域における運航と仮定する。すなわち，満載状態及びバラスト状態で大洋航行する期間はそれぞれ船舶の設計寿命の 42.5%と仮定する。

5.4.3.4　荷重値は，適用する積付状態に対応する実際のパラメータ，例えば，GM，C_b などに基づくものとし，喫水は船体中央部における喫水とする。実際の値はローディングマニュアルに記載する積付状態より算出する。

5.4.3.5　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。応力組合せ手順は**付録 C** による。

5.4.3.6　平均応力影響を決定するために，実際の積付状態における静水荷重並びに静水圧及びタンク内圧を用いる。

5.4.4　構造応答解析

5.4.4.1　一般に，適用した設計荷重の組合せに対する構造応答は下記の手法により求める。

(a)　梁理論

・ 簡易算式規定に用いる

(b) 有限要素解析

・ 貨物倉モデルについては粗いメッシュ

・ 局部モデルについては細かいメッシュ

・ 疲労評価については非常に細かいメッシュ

5.4.5 構造強度評価

5.4.5.1 本編の規定において考慮する崩壊モードは降伏（塑性変形），座屈，脆性破壊及び疲労とする。降伏及び座屈に起因する構造損傷は主として強度要件によって管理し，脆性破壊は主として材料の選定及び溶接法によって管理する。疲労破壊は主として高サイクル疲労要件により管理する。

5.4.5.2 一般に，簡易算式による規則，すなわち **8 節**の寸法要件における強度モデルは，梁理論に基づくものであって，降伏及び塑性強度モデルを含むものとする。座屈強度は，簡易座屈強度モデル又はより理論的な非線形解析手法によって評価する。

5.4.5.3 設計検証に関する要件は，線形弾性有限要素解析，簡易算式による詳細な疲労強度評価法及び簡易最終強度評価法に基づくものとする。ホッパナックル部のような特定の構造部材に対しては，有限要素法に基づく疲労強度評価も適用する。

5.4.5.4 構造強度を評価するためのネット寸法手法の適用は，**6 節 3.3** による。

5.4.6 許容基準

5.4.6.1 作用応力設計の要件において適用すべき許容基準を**表 2.5.2** 及び**表 2.5.3** に示す。局部的な荷重及び全体的な荷重，静的荷重及び動的荷重並びに考慮する構造部材の相互影響により各セット内において，許容基準はわずかに異なる。特定の許容基準については **8 節**及び **9 節 2** の詳細な規則要件による。

5.4.6.2 異なるセットを適用する目的は，静的荷重及び動的荷重のすべての組合せに対し，一貫性があり，かつ，許容可能な安全レベルを達成するためであり，異なる強度モデルを考慮するためである。

表 2.5.2 主要な許容基準 – 規則要件

	板部材及び局部支持部材		主要支持部材		ハルガーダの構成部材	
許容基準	降伏強度	座屈強度	降伏強度	座屈強度	降伏強度	座屈強度
AC1:	降伏応力の 70-80%	剛性及び寸法比の管理 一般に判定値 0.8	降伏応力の 70-75%	剛性及び寸法比の管理 柱座屈	降伏応力の 75%	非適用
AC2:	降伏応力の 90-100%	剛性及び寸法比の管理 一般的に，判定値 1.0 とする。	降伏応力の 80%	剛性及び寸法比の管理 柱座屈	降伏応力の 90-100%	一般的に，判定値 0.9 とする。
AC3:	塑性基準	剛性及び寸法比の管理	塑性基準	剛性及び寸法比の管理	非適用	非適用

表 2.5.3 主要な許容基準 - 設計検証- 有限要素解析

	全体的貨物タンク解析		局部詳細メッシュ解析
許容基準	降伏応力	座屈強度	降伏応力
AC1:	降伏応力の 60-80%	剛性及び寸法比の管理 一般に判定値 0.8	降伏応力の 136% 全体解析に基づく平均応力
AC2:	降伏応力の 80-100%	剛性及び寸法比の管理 一般に判定値 1.0	降伏応力の 170% 全体解析に基づく平均応力

5.5 材料

5.5.1 一般

5.5.1.1 脆性破壊の進展の危険性を減少させるため，高い荷重に曝される危険性の高い構造要素には，より高い材料特性を有する材料を選定する。

5.6 規則要件の適用

5.6.1 最低要件

5.6.1.1 本 5.6 には，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，最低寸法要件を規定する。

5.6.2 荷重に基づく簡易算式規定

5.6.2.1 本規定では全ての板部材，全ての局部支持部材，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，船橋，甲板上にある装置の台座を含む全ての構造要素に適用する。

5.6.2.2 一般に，これらの規定は，ある特定の崩壊モードを明確に管理するため，ある特定の構造部材の評価に際して複数の要件を適用する場合がある。

5.6.3 設計の検証 – ハルガーダ最終強度

5.6.3.1 ハルガーダ最終強度に関する要件は部分安全係数（*PF*）法に基づいている（4.5 参照）。安全係数は，静水中曲げモーメント，波浪中曲げモーメント及び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より設定しており，また，波浪曲げモーメントの長期荷重履歴分布は，極大波浪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る。

5.6.3.2 ハルガーダ最終強度検証の目的は，二重船殻タンカー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。

5.6.4 設計の検証 – 全体有限要素解析

5.6.4.1 全体有限要素解析は，荷重及び強度に基づく簡易算式規定による寸法の検証に用いる。簡易算式規定は，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考慮していないため，有限要素解析を要求する。従って計画寸法の検証において全体有限要素解析が必要となる。

5.6.4.2 貨物倉（*FE* モデルの長さは，3 つのタンクの長さとする）に対して，3 次元線形弾性有限要素解析を実施し，計画の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。

5.6.5 設計の検証 - 疲労の評価

5.6.5.1 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，*F* 級，*F*2 級といった幾何学的詳細に基づく *S-N* 曲線を用いることによって，縦通防撓材端部の接合部のような詳細部分に対して適用する。有限要素解析を用いたホットスポット疲労評価は，ホッパナックル部といっ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* の線形被害則に基づく。

5.6.6 簡易算式による寸法要件と有限要素法（*FEM*）による強度評価の関係

5.6.6.1 簡易算式による最低要件は，最小許容寸法を規定する。荷重及び強度に基づく簡易算式規定又は *FEM* のような強度解析といった代替の計算手段を用いて，最小許容寸法を減じてはならない。

5.6.6.2 *FEM* による強度評価に適合することを条件に，主要支持部材の断面係数及びせん断面積並びに主要支持部材クロスタイの断面積は，簡易算式規定に対して，85%まで減じて差し支えない。

5.6.6.3 粗い手法を適用する場合には，詳細な手法を適用する場合よりも慎重になるべきと考えられるため，簡易算式規定は，一般に *FEM* による強度評価に基づく該当要件に比べて，慎重なものになっている。

3 節　本編の適用

1　船級符号への付記

1.1　船級符号への付記

1.1.1　一般

1.1.1.1　本編に規定する要件を全て満足し，本会が適当と認める要件を満足している船舶については，その旨を船級符号に付記する。

1.1.1.2　**1.1.1.1** に加え，本編に規定する要件を全て満足している船舶については，船級符号に“*CSR*”を付記する。

2 書類，図面及び資料に関する要件

2.1 書類及び資料に関する要件

2.1.1 積付資料

2.1.1.1 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けの指針となる資料を備えなければならない。また，当該積付資料には，**8 節 1.1.2** 及び **8 節 1.1.3** 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の提出

2.1.2.1 本編の付録に規定する手順に従って計算を行う場合，次に掲げる補足資料のうち，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) 属性及び境界条件を含む解析パラメータの概要

(d) 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

2.1.2.2 原則として，プログラム関連（有限要素法解析を含む）の膨大な入力及び出力データの提出は要求しない。

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

2.1.3 規則計算に対するコンピュータソフトの使用

2.1.3.1 一般に，**5.1** に規定する要件を満足する場合，本会が認証した規則計算ソフトを，本編の規定に従って寸法を定めるために用いることができる。

2.1.3.2 本会が認証するコンピュータプログラムとは，本会が満足する信頼ある結果を出力することを証明されたコンピュータプログラムのことをいう。本会が供給又は認証していないコンピュータプログラムを使用する場合にあっては，コンピュータプログラムの全項目（計算結果例を含む）を提出しなければならない。この場合，設計者が解析業務を開始する前に，コンピュータプログラムの適合性について，本会は，設計者との協議を要求する場合がある。

2.2 図面及び補足計算書の提出

2.2.1 一般

2.2.1.1 本会が要求する資料の主要な分類及び一覧は，一般に **2.2.2** の規定による。また，本会が追加要求する事項にあっては，各節の規定によること。

2.2.1.2 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。また，本会が必要と認める追加の図面提出を要求することがある。

2.2.1.3 図面は，構造詳細を規定するために必要な事項を全て含むものでなければならない。その事項は，構造詳細，材料，溶接及び必要に応じて艤装品等からの荷重を含むものでなければならない。

2.2.1.4 図面は，**12 節**に規定する切替板厚に関する事項も含むものでなければならない。

2.2.2 図面及び補足計算書

2.2.2.1 次に掲げる項目を含む図面を提出しなければならない。

(a) 主要寸法図

- 中央横断面（縦及び横構造部材を記載したもの。）
- 鋼材配置図（甲板，内底板，隔壁，二重船側縦通桁及び二重底縦通桁を含む全ての船の長さに沿った主要縦強度部材を記載したもの。）
- 外板展開図
- 主要支持部材を含む主要油密及び水密横隔壁

(b) 積付資料
- 計画ローディングマニュアル
- 完成ローディングマニュアル
- **8 節 1.1.2** に規定する設計の詳細
- 積付計算機に対する試験条件

(c) 詳細構造図
- 貨物タンク構造図（二重底フロア，二重船側桁及びその他の横式主要支持部材の配置及び寸法の変化を詳細に記載したもの。）
- 船首構造図
- 船尾構造図
- 機関室構造図（機関及びスラスト軸受け台を含む。）
- 甲板室及び船楼構造図

(d) 前**(a)**から**(c)**に掲げるもののほかの詳細設計図
- 船尾骨材図
- 船体貫通部構造図
- 溶接に関する図面
- ビルジキール構造図
- 標準詳細設計小冊子
- アンカー及び係留装置図
- 甲板に対するピラー及び桁の構造配置図
- 貨物油タンク区域の二重底及び二重船側部における交通設備配置図
- 点検目的の交通手段として船体構造にある開口及び付属品の詳細及び配置図

(e) 前**(a)**から**(d)**に掲げるもののほかの詳細支持構造図
- ウインドラス及びチェーンストッパー
- ムアリングウインチ
- マスト，デリックポスト又はクレーン
- 非常曳航設備
- 他の甲板機器又は艤装品

2.2.2.2 次に掲げる補足資料を提出しなければならない。

(a) 一般配置図

(b) 容量図

(c) 船体線図又は同等のもの

(d) 入渠計画図（作成される場合）

(e) 乾舷図面又は同等のもの（乾舷及び指定条件に関連する事項を記載したもの。）

2.2.2.3 次に掲げる補足計算書を提出しなければならない。

(a) 艤装数計算書

2.2.2.4 本編に定めるもののほか，**B 編 2 章**の規定により要求される図書を提出しなければならない。

2.2.3 船上に備え付ける図面

2.2.3.1 各構造部材における新造時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。

(a) **2.2.2.1(a)**に規定する主要寸法図

(b) **2.1.1** に規定する本会が承認した完成ローディングマニュアルの写しを 1 部

(c) **8 節 1.1.3** に規定する積付計算機の最終試験条件の写しを 1 部

(d) **2.2.2.1(c)**に規定する詳細構造図

(e) 溶接に関する図面

(f) 詳細仕様及び機械的性質を含む高張力鋼の範囲及び位置の詳細図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

(g) 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資料

(h) 曳航及び係留設備図 （**11 節 3.1.6.16** 参照）

3 承認の範囲

3.1 一般

3.1.1 規則の適用

3.1.1.1 **1 節 1.1.1** 及び **1 節 1.2.1** の規定に加え，本編の規定は，長さ 150*m* 以上の新造二重船殻油タンカーの船級登録の寸法要件に適用する。

3.1.1.2 所有者，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，日本国政府，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。

3.1.1.3 本編に定めるもののほか，本会が別に定める規則を適用しなければならない。

3.2 船級

3.2.1 一般

3.2.1.1 **3 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。

3.2.1.2 本会は，登録規則に定めるところにより，図面，報告書又は書類を本編への適合について審査したことを示す。

4 同等効力に関する手順

4.1 一般

4.1.1 規則の適用

4.1.1.1 本編の規定は，一般に，一般的な形状，主要寸法比，速度及び構造配置の二重船殻油タンカーに適用する。関連する設計パラメータについては，**2 節 3** の規定による。

4.1.1.2 本編の規定は，溶接構造鋼船に適用する。船体構造に鋼以外の材料を使用する場合，特別な考慮を払わなければならない。

4.1.1.3 **2 節 3** に規定する設計基準の範囲外となる設計パラメータを組み込む場合，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。例えば次に掲げる事項について考慮を払わなければならない。

(a) 疲労寿命の増加

(b) 腐食予備厚の増加

(c) 貨物密度の増加

4.1.2 新設計

4.1.2.1 新設計の船舶，すなわち，**2 節 3.1.2** 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，本 **4.1.2** の規定に従って特別な考慮を払わなければならない。

4.1.2.2 新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。

4.1.2.3 新設計を行う場合，設計過程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。

4.1.2.4 本会が必要と認める場合には，本編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。

4.1.3 代替計算方法

4.1.3.1 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。

5 寸法要件の計算及び評価

5.1 板部材に対する寸法要件

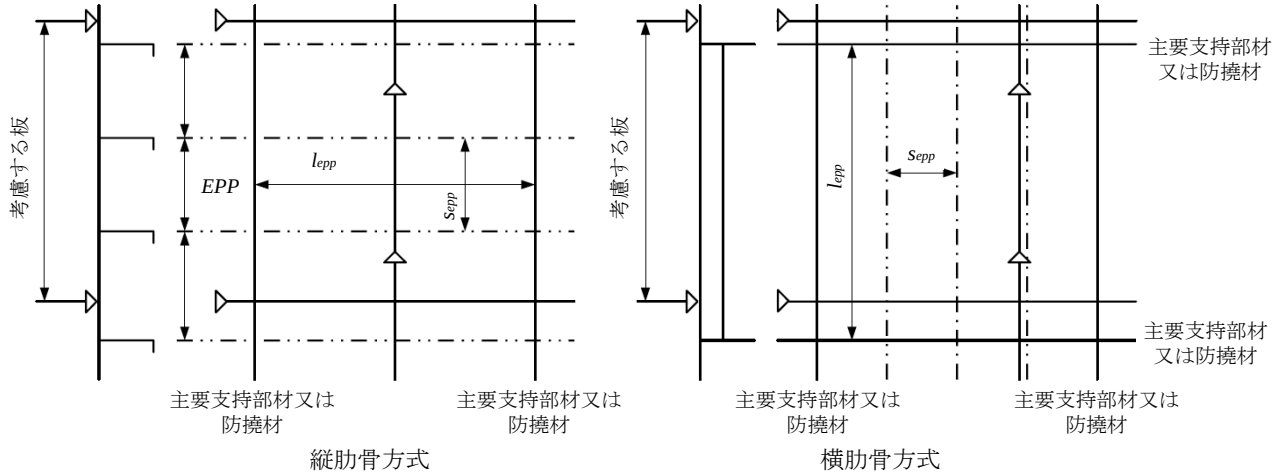
5.1.1 条板の寸法－板パネルの理想化

5.1.1.1 条板の寸法は，建造時の構造を一連の基本板パネル（*EPP*）として理想化したものに基づいて導き出さなければならない。

5.1.1.2 *EPP* は，板部材の一部であって防撓材間の防撓されていない部分である。*EPP* の長さ l_{epp} 及び幅 s_{epp} は，**図 3.5.1** に示すそれぞれ最も長い辺の長さ及び最も短い辺の長さとする。

5.1.1.3 強度評価に対し，*EPP* の理想化は，*FEM* モデルにおけるメッシュ配置を考慮した上記とは異なるものとすることができる。

図 3.5.1 基本板パネル（*EPP*）の定義



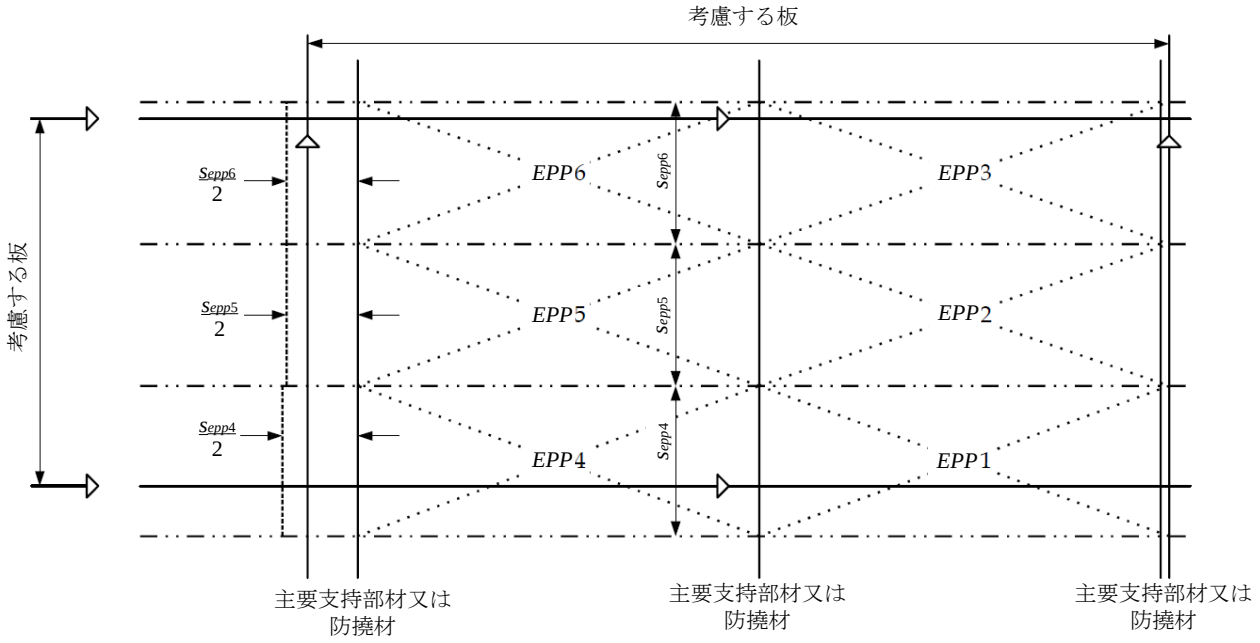
5.1.1.4 一条の板に対する要求寸法は，次により一条の板の範囲内のそれぞれの *EPP* において要求される値の最大値としなければならない。

(a) 完全に一条の板の境界内に位置する *EPP*（例えば，**図 3.5.2** に示す *EPP*2）

(b) *EPP* の長辺方向とみなすことができる溶接継手がある *EPP*（例えば，**図 3.5.2** に示す *EPP*1，3，4 及び 6）

(c) *EPP* の短辺方向とみなすことができる溶接継手であって防撓材から *EPP* の幅（s_{epp}）の半分以内の範囲に位置するものがある *EPP*（例えば，**図 3.5.3(a)**に示す *EPP*1 及び *EPP*2）

図 3.5.2　　一条の板に対する基本板パネル（*EPP*）の決定



5.1.2　　寸法要件に関する基本板パネルの寸法の決定

5.1.2.1　それぞれの基本板パネル（*EPP*）の要求寸法は，以下に規定する荷重計算点（*LCP*）に基づいて計算しなければならない。

(a)　縦肋骨方式に対しては，*EPP* 下辺で船体固定座標系の *x*-軸に沿って測った *EPP* の長さの中間の位置。水平な板部材については，荷重計算位置は *EPP* の舷外側の辺における値としなければならない（**図 3.5.3(a)**参照）。

(b)　横肋骨方式に対しては，一条の板の下縁で船体固定座標系の *x*-軸に沿って測った *EPP* の長さの中間の位置。水平な板については，荷重計算位置は *EPP* の舷外側の辺における値としなければならない（**図 3.5.3(b)**参照）。

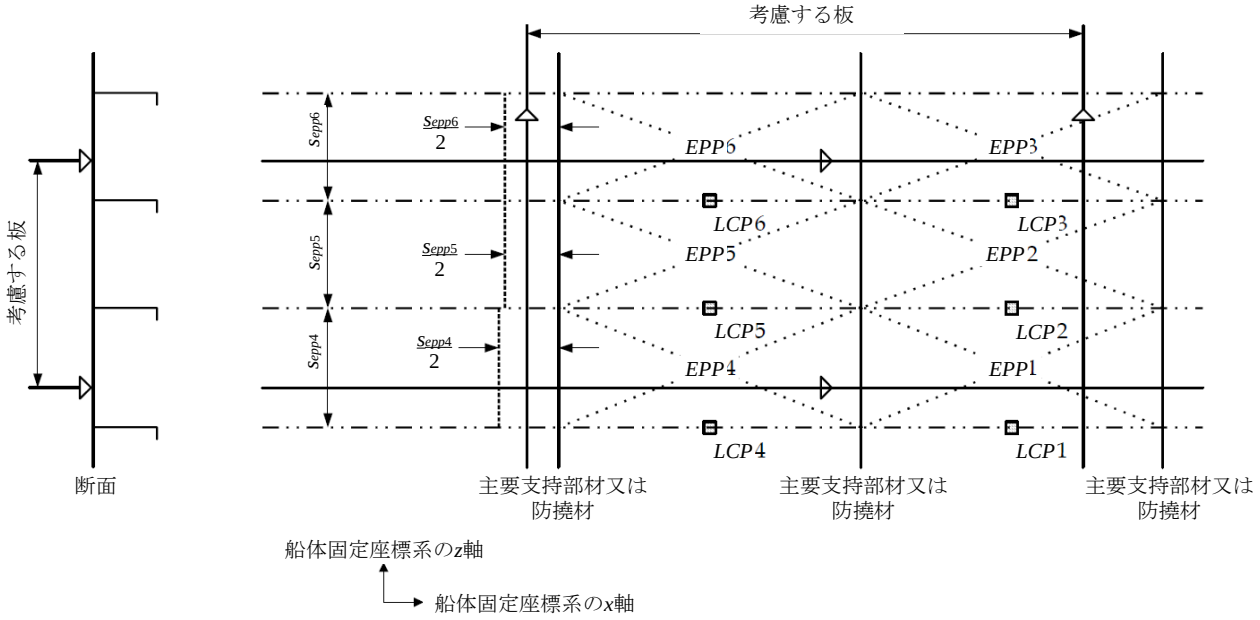
(c)　水平肋骨方式の垂直横部材に対しては，*EPP* 下辺の舷外側の位置（**図 3.5.3(c)**参照）。

(d)　垂直肋骨方式の垂直横部材に対しては，*EPP* 下辺又は一条の板の下縁における舷外側の位置（**図 3.5.3(d)**参照）。

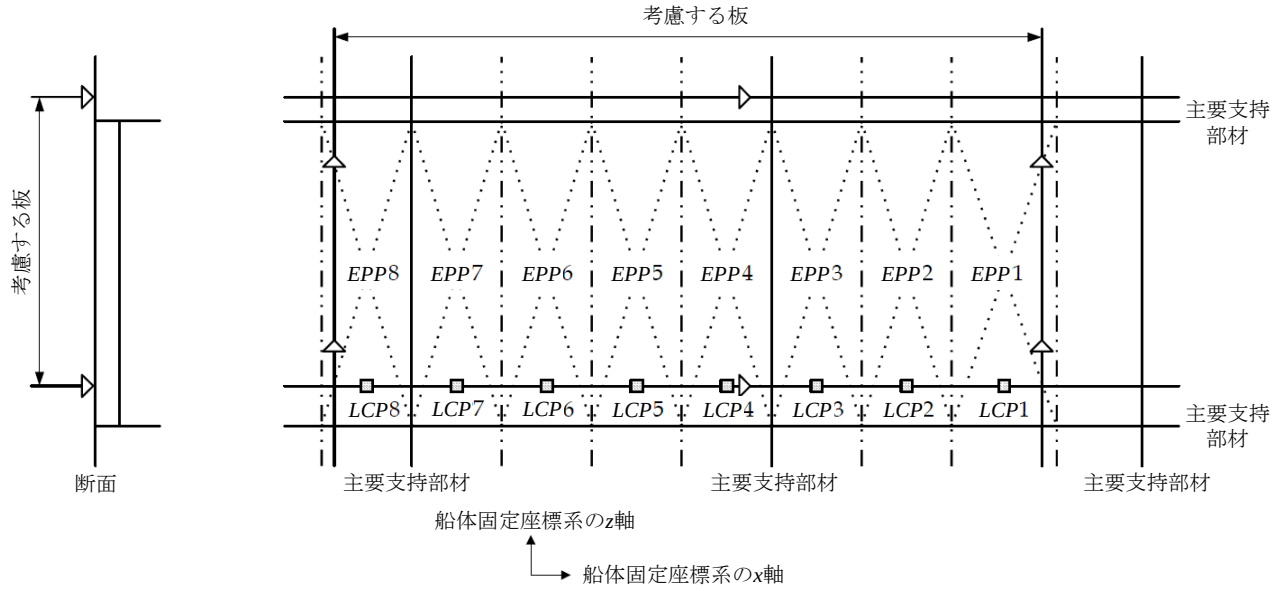
5.1.2.2　局部寸法要件の計算に使用する局部圧力及びハルガーダ応力は，いずれも *LCP* における値としなければならない。

図 3.5.3　　典型的な構造に対する荷重作用点（*LCP*）の例

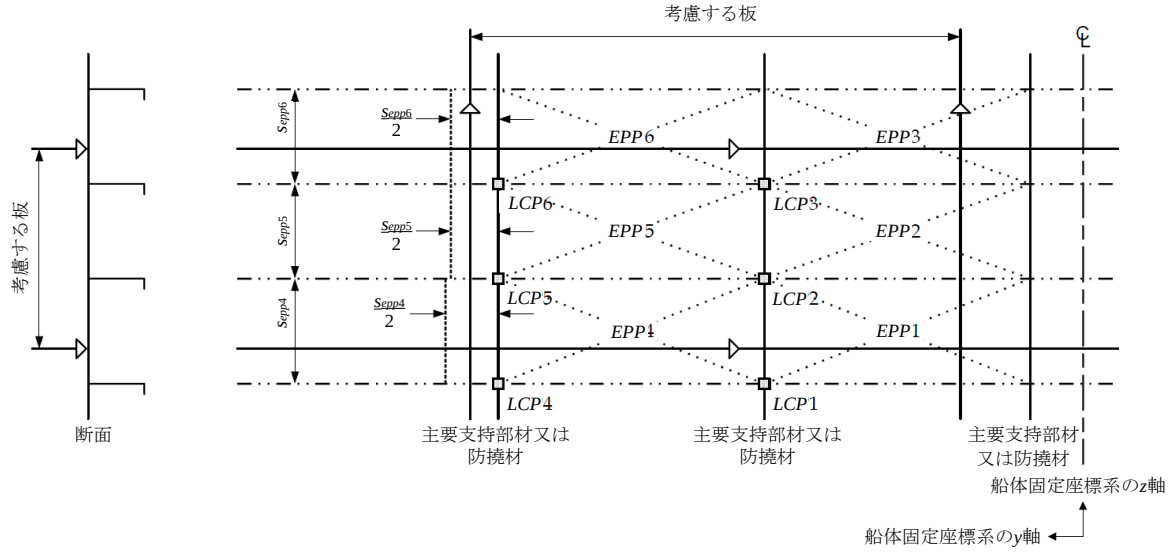
(a)　　縦肋骨方式



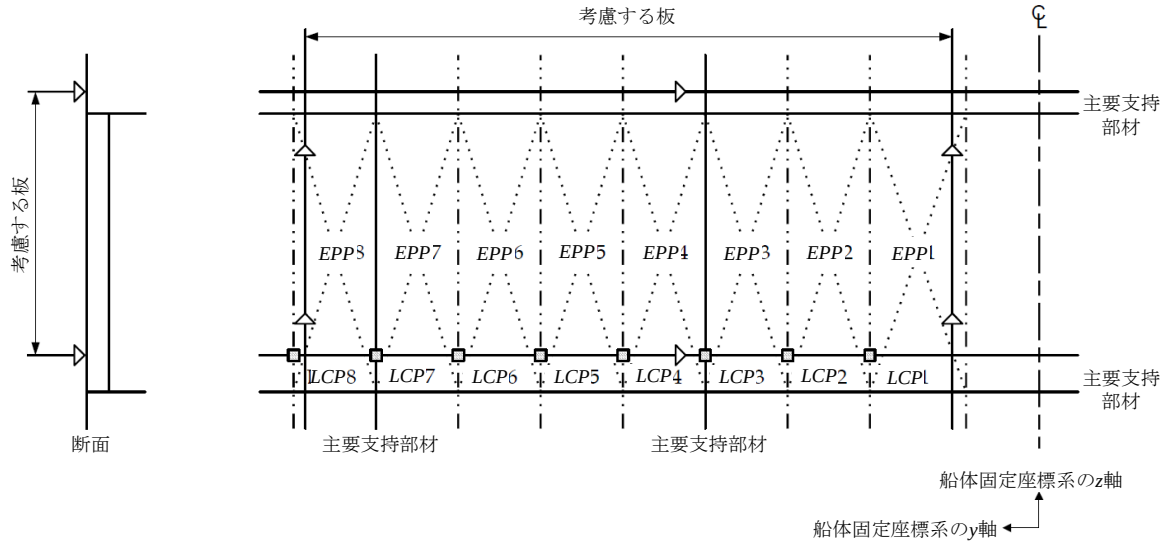
(b)　　横肋骨方式



(c)　　水平肋骨方式の横部材



(d) 垂直肋骨方式の横部材



5.1.3 ハルガーダ強度に関する基本板パネルの寸法の決定

5.1.3.1 基本板パネル（*EPP*）の要求寸法は，**8 節 1** のハルガーダ曲げ要件及びハルガーダせん断要件を満足しなければならない。

5.1.3.2 座屈に関して，各基本板パネルの要求板厚は，*x*-軸に沿って測った *EPP* の長さの中間の位置における応力に基づいて算出しなければならない。

5.1.3.3 座屈評価は，パネル幅にわたる応力分布を使用して算出しなければならない。応力分布は，パネル端で最大応力となる参照応力及び当該参照応力から**表 10.3.1** に規定する割合（ψ）で減少させた他端での応力により決定される。

5.1.3.4 一条の板に対する要求寸法は，次により一条の板の範囲内のそれぞれの *EPP* において要求される値の最大値としなければならない。

(a) 完全に一条の板の境界内に位置する *EPP*（例えば，**図 3.5.2** に示す *EPP*2）

(b) *EPP* の長辺方向とみなすことができる溶接継手がある *EPP*（例えば，**図 3.5.2** に示す *EPP*1，3，4 及び 6）

(c) *EPP* の短辺方向とみなすことができる溶接継手であって防撓材から *EPP* の幅（s_{epp}）の半分以内の範囲に位置するものがある *EPP*（例えば，**図 3.5.3(a)**に示す *EPP*1 及び 2）

5.1.4 *FEM* 強度評価に関する基本板パネルの寸法の決定

5.1.4.1 基本板パネルの要求寸法は，最大の使用係数を有する板メッシュ要素から導かなければならない(**9 節 2** 参照)。

5.2 防撓材の寸法の決定

5.2.1 防撓材の寸法の決定－防撓材の理想化

5.2.1.1 個々の防撓材の寸法は，建造時の構造を一連の防撓パネルとして理想化したものに基づいて導き出されなければならない。

5.2.1.2 防撓パネルは，単一の理想化された防撓材及び有効な面材から成り，1 個以上の基本板パネルの境界を支持するものである。防撓パネルの配置は，**5.1.1** に規定する基本板パネルによる構造の理想化に基づくものであること。

5.2.1.3 **8 節**の規定に基づく防撓材の寸法は，連続して配置された等しい寸法である防撓材をグループとする考えに基づいて求めることができる。当該グループの防撓材の寸法は，次の**(a)**及び**(b)**のうちいずれか大きい方の値としなければならない。

(a) グループ内の個々の防撓材に要求される寸法の平均値

(b) 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%

グループ分けの考え方については，**9 節 3** 及び**付録 C** に規定する疲労要件に適用してはならない。

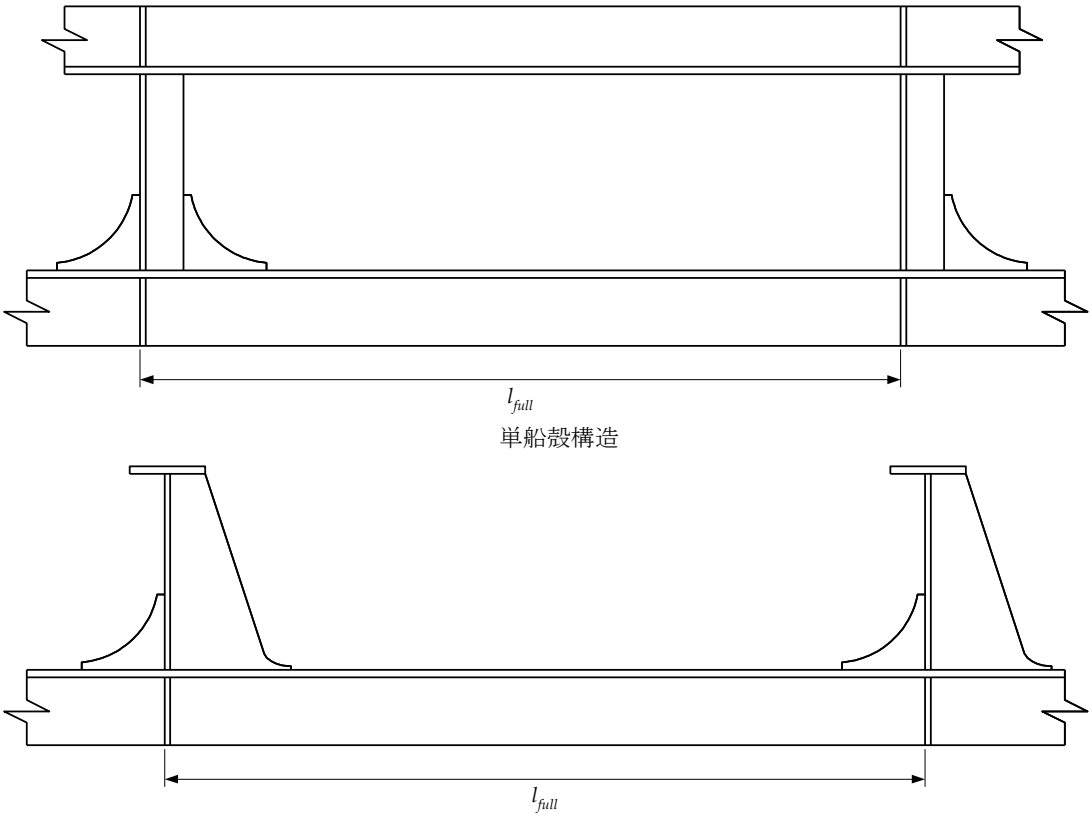
5.2.2 寸法要件及び疲労に関する防撓パネル寸法の決定

5.2.2.1 防撓パネルの要求寸法は，次に掲げる圧力荷重計算点に基づくものとしなければならない

(a) 主要支持部材間における防撓材のスパン（l_{full}）の中点（**図 3.5.4** 参照）

(b) 防撓材と板の結合位置

図 3.5.4 防撓材のスパン l_{full} の定義



5.2.2.2　縦及び水平肋骨に対しては，設計圧力はスパンの中点の圧力としなければならない。

5.2.2.3　横及び垂直肋骨に対しては，設計圧力は次の算式のうちいずれか大きい方の値としなければならない。

P_{ms}（kN/m^2）

$$\frac{(P_{end-1}+P_{end-2})}{2} \quad (kN/m^2)$$

ここで，

P_{ms}　：スパン（l_{full}）の中点における計算圧力（kN/m^2）

$P_{end\text{-}1}$：スパンの一端における計算圧力（kN/m^2）

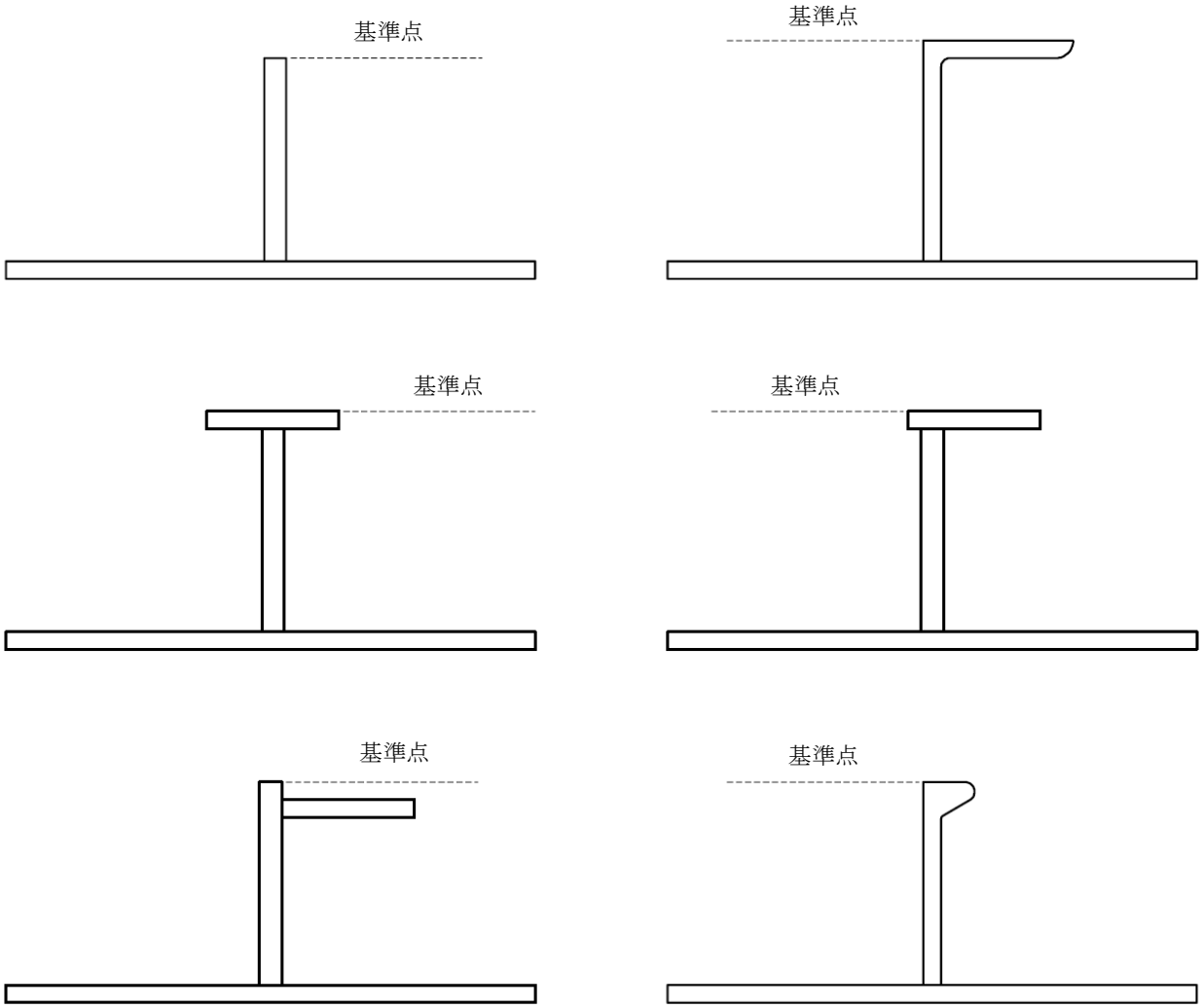
$P_{end\text{-}2}$：スパンの他端における計算圧力（kN/m^2）

l_{full}　：**図 3.5.4** に示すスパン（m）

5.2.2.4　本編で規定する断面係数の要件は，断面係数が最小となる基準点に関するものである。これは一般的に面材の外側の表面にある。典型的な形状における断面係数の計算基準点を**図 3.5.5** に示す。

5.2.2.5　防撓材の局部寸法要件の計算で使用するハルガーダ応力は，**図 3.5.5** に示す基準点における値としなければならない。

図 3.5.5　　局部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



5.2.3 ハルガーダ座屈強度に関する防撓パネルの寸法の決定

5.2.3.1 座屈に関する防撓パネルの要求寸法は，板と防撓材の接合点及び *x*-軸に沿って測った防撓材の長さの中間の位置において算出する軸応力に基づかなければならない。

5.2.3.2 前 **5.2.3.1** に規定する要求寸法は，支持部材からの距離（*s*）の外側の防撓材に適用する。ここで，（*s*）とは防撓材の心距である。

5.2.4 *FEM* 強度評価に関する防撓パネルの寸法の決定

5.2.4.1 防撓パネルの要求寸法は，**9 節 2** の規定による，適用する応力の算出に基づくものとしなければならない。

5.2.5 防撓材のせん断面積に関する要件

5.2.5.1 防撓材のせん断面積及び防撓材ウェブの板厚に対する要件は **8 節**による。

5.2.5.2 **8 節**の要件は，**5.2.2** に規定する荷重点及び **4 節 2.1.2** で規定する有効スパンに基づき計算しなければならない。

5.2.5.3 **8 節**の要件は，**4 節 2.4.2** で規定する防撓材の有効せん断高さ及び規格最小降伏応力に基づき，防撓材の実際のせん断面積に対して評価しなければならない。

5.2.5.4 ブラケットの効果については，有効スパンの計算に含めて差し支えない。この場合，ブラケットのいかなる部分も実際のせん断面積の計算に含めてはならない。

5.2.6 防撓材の曲げに関する要件

5.2.6.1 防撓材の断面係数及び断面二次モーメントの要件は **8 節**による。

5.2.6.2 **8 節**の要件は，**5.2.1** に規定する荷重点及び **4 節 2.1.1** で規定する有効スパンに基づき計算しなければならない。

5.2.6.3 **8 節**の要件は，防撓材の実際の断面係数及び断面二次モーメントに対して評価しなければならない。防撓材のウェブ及び面材は実際の断面特性の計算に含まなければならない。

5.2.6.4 ブラケットの効果については，有効スパンの計算に含めて差し支えない。この場合，ブラケットのいかなる部分も断面係数及び断面二次モーメントの計算に含めてはならない。

5.2.6.5 防撓材が取り付けられる板部材よりも高強度の材料である場合，**8 節**に規定する断面係数要件の計算に使用する降伏応力は，原則として板部材の規格最小降伏応力の 1.35 倍を超えてはならない。防撓材の降伏応力が，この制限を超える場合，次の算式を満足しなければならない。

$$\sigma_{yd-stf} \leq \left(\sigma_{yd-plt} - \left|\sigma_{hg}\right|\right)\frac{Z_{net-plt}}{Z_{net}} + \left|\sigma_{hg}\right| \quad (N/mm^2)$$

ここで，

σ_{yd-stf} ：防撓材の材料の規格最小降伏応力（N/mm^2）

σ_{yd-plt} ：防撓材が取り付けられる板部材の材料の規格最小降伏応力（N/mm^2）

σ_{hg} ：貨物タンク区域及び機関室内の防撓材についてそれぞれ**表 8.2.5** 及び**表 8.4.3** に規定する，サギング及びホギング（*S*+*D*）の最大ハルガーダ応力（N/mm^2）。ただし，0.4 σ_{yd-plt} 以上とする。

Z_{net} ：面材又は防撓材の自由端のネット断面係数（cm^3）

$Z_{net-plt}$ ：防撓材が取り付けられる板のネット断面係数（cm^3）

5.2.7 傾斜している防撓材の評価

5.2.7.1 局部支持部材におけるせん断面積及び断面係数の要件は，面材に平行な軸について有効である。防撓材のウェブと板部材の成す角度φ_wが 75 度未満の場合（**図 4.2.14** 参照），実際のせん断面積及び断面係数は **4 節 2.4.2** 及び **2.4.3** の規定に従って調整しなければならない。防撓材のウェブと板部材の成す角度φ_wは，50 度未満であってはならない。

5.3 主要支持部材に対する寸法要件の計算及び評価

5.3.1 主要支持部材に対する荷重適用点

5.3.1.1 主要支持部材に対する設計圧力は，一般に，荷重面積の中点においてとる。主要支持部材の設計圧力は，**8 節**において個々の部材に対して規定する。

5.3.2 主要支持部材のせん断強度要件

5.3.2.1 主要支持部材のせん断面積及びウェブの板厚に対する要件は **8 節**による。

5.3.2.2 本要件は，**5.3.1** に規定する荷重点及び **4 節 2.1.5** に規定する有効スパンに基づき計算しなければならない。

5.3.2.3 本要件は，主要支持部材の実際のせん断面積及びウェブ板の規格最小降伏応力に対して評価しなければならない。主要支持部材の実際のせん断面積は，**4 節 2.5.1** によるものとする。ブラケットの効果については，有効スパンの計

算に含めて差し支えないが，実際のせん断面積の計算に含めてはならない。

5.3.3 主要支持部材の曲げ強度要件

5.3.3.1 主要支持部材の断面係数及び断面二次モーメントの要件はそれぞれ **8 節**及び **10 節**による。

5.3.3.2 本要件は，**5.3.1** に規定する荷重点及び **4 節 2.1.4** に規定する有効スパンに基づき計算しなければならない。

5.3.3.3 本要件は，主要支持部材の実際の断面係数及び断面二次モーメントに対して評価しなければならない。主要支持部材のウェブ及び面材は，実際の断面特性の計算に含まれる。ブラケットの効果については，有効スパンの計算に含めて差し支えないが，実際の断面係数及び断面二次モーメントの計算に含めてはならない。

5.3.3.4 要求ウェブ深さを有する主要支持部材を設けることが困難である場合，要求される部材と等価な断面二次モーメント又は撓み量を有することを条件に，ウェブの深さを減じることができる。要求される等価な断面二次モーメントは，要求寸法を満足する部材により構成される等価な断面に基づかなければならない。等価な断面は，スパン中央に対し規定される有効幅及び要求板厚を有する取り付け板，規則で要求される深さ及び板厚を有するウェブ，並びに軟鋼に対して要求される断面係数を満足するのに十分な幅及び板厚を有する面材で与えられるものとする。最小板厚，細長比，断面係数及びせん断面積のような他のすべての規定は，深さを減じた部材であっても満足しなければならない。等価な断面二次モーメントは，要求される部材と等しい撓み量を有することにより，その同等性が示されるものとして差し支えない。

5.4 算出した板厚の端数処理

5.4.1 要求グロス板厚

5.4.1.1 新造時におけるすべての部材の最低要求グロス板厚は，船主特別要求厚を除き，端数処理を行った要求ネット板厚に適切な腐食予備厚を加えたものでなければならない。

5.4.1.2 要求ネット板厚は，算出したネット板厚を最も近い 0.5*mm* 単位の値に端数処理して求めるものとする。

(a) 例えば，$10.75 \le t_{calc\text{-}net} < 11.25$（*mm*）の場合，規則要求ネット板厚は 11*mm* とする。

(b) 例えば，$11.25 \le t_{calc\text{-}net} < 11.75$（*mm*）の場合，規則要求ネット板厚は 11.5*mm* とする。

4節　基本情報

1　定義

1.1　主要目

1.1.1　船の長さ（$L_{CSR\text{-}T}$）

1.1.1.1　船の長さ（$L_{CSR\text{-}T}$）とは，構造用喫水における船首材の前面から，舵頭材の中心までの距離をいい，その単位はメートル（*m*）とする。$L_{CSR\text{-}T}$は，夏季満載喫水線における船の全長の96%以上とするが，97%より大きい値とする必要はない。特殊な船尾形状及び船首形状の船の長さ（$L_{CSR\text{-}T}$）は本会の適当と認めるところによる。

1.1.2　満載喫水線における船の長さ（L_L）

1.1.2.1　満載喫水線における船の長さ（L_L）とは，満載喫水線規則で規定する満載喫水線における長さとする。

1.1.3　船の型幅（*B*）

1.1.3.1　船の型幅（*B*）とは，船体中央部の船体最広部における，肋骨の外面から外面までの水平距離をいい，その単位はメートル（*m*）とする。

1.1.4　船の型深さ（*D*）

1.1.4.1　船の型深さ（*D*）とは，船体中央部における，基線から連続する甲板の下面までの垂直距離をいい，その単位はメートル（*m*）とする。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まで計測する。

1.1.5　喫水（*T*）

1.1.5.1　喫水（*T*）は船体中央部における基線の中心から夏季満載喫水線までの距離をいい，単位はメートル（*m*）とする。喫水は計画夏季最大満載喫水よりも小さな値として差し支えない。

1.1.5.2　T_{bal}は設計最小バラスト喫水（*m*）で，この喫水にて船体の強度要求寸法を算定する。設計最小バラスト喫水は，ローディングマニュアルに記載する入出港時及びバラスト水交換作業時を含むあらゆるバラスト状態について，船体中央において基線から計測した最小喫水より大きな値としてはならない。

1.1.5.3　ノーマルバラスト喫水（$T_{bal\text{-}n}$）はローディングマニュアルに記載するノーマルバラスト状態での出港時における喫水であり，船体中央において基線から計測し，その単位はメートル（*m*）とする。（**8節 1.1.2.3** 参照）ノーマルバラスト状態は **8節 1.1.2.2(a)**に示す状態におけるバラスト状態とする。

1.1.5.4　計画満載喫水（T_{full}）（*m*）はローディングマニュアルに記載する均等な満載状態での出港時における喫水であり，船体中央において基線から計測する。（**8節 1.1.2.3** 参照）

1.1.5.5　最大喫水（T_{SC}）は，船体構造部材の強度を検討する際に用いる喫水をいい，単位をメートル（*m*）とする。

1.1.6　船の中央

1.1.6.1　船の中央とは船の長さ（$L_{CSR\text{-}T}$）の中央とする。

1.1.7　型排水量

1.1.7.1　型排水量（*Δ*）とは，海水比重を1.025（t/m^3）とした時の喫水（T_{sc}）に対する水面下の容積をいい，単位をトン（*ton*）とする。

1.1.8　最大航海速力

1.1.8.1　最大航海前進速力（*V*）とは，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*）の状態で，計画最大喫水において，航海中に維持できるよう設計された船舶の最大速力をいい，単位をノット（*knot*）とする。

1.1.9　方形係数

1.1.9.1　構造喫水に対する方形係数（C_b）は次の通りとする。

$$C_b = \frac{\nabla}{L_{CSR-T} B_{WL} T_{sc}}$$

∇　：構造喫水に対応する型排水量（m^3）

$L_{CSR\text{-}T}$　：**1.1.1.1** に規定する船の長さ

B_{WL} ：船体中央で計測した構造喫水の水線面における型幅（*m*）

T_{sc} ：**1.1.5.5** に規定する喫水

1.1.9.2 考慮する喫水に対する方形係数（$C_{b\text{-}LC}$）は次の通りとする。

$$C_{b-LC} = \frac{\nabla_{LC}}{L_{CSR-T} B_{WL} T_{Lc}}$$

∇_{LC} ：T_{LC} における型排水量（m^3）

$L_{CSR\text{-}T}$ ：**1.1.1.1** に規定する船の長さ

B_{WL} ：船体中央で計測した T_{LC} における型幅（*m*）

T_{LC} ：船体中央で計測した考慮している積付状態における喫水（*m*）

1.1.10 垂線間長さ

1.1.10.1 垂線間長さ（L_{PP}）とは，船首材の前面から舵柱の後端まで，舵柱がない船においては舵頭材の中心までの構造喫水線上の距離をいい，単位をメートル（*m*）とする。

1.1.11 船首垂線

1.1.11.1 船首垂線（*F.P.*）とは構造喫水線と船首材の前面交点を通る垂線をいう。この前部垂線は，船の長さ（$L_{CSR\text{-}T}$）の最前部である。

1.1.12 船尾垂線

1.1.12.1 船尾垂線（*A.P.*）とは，船首垂線から測った船の長さ（$L_{CSR\text{-}T}$）の後端部の垂線である。

1.1.13 喫水線における方形係数

1.1.13.1 満載喫水線規則に定義する喫水線における方形係数（C_{bL}）は，次のとおりである。

$$C_{bL} = \frac{\nabla_L}{L_L B T_L}$$

∇_L ：喫水 T_L における型排水量（m^3）

L_L ：**1.1.2.1** に規定する満載喫水線における長さ

B ：**1.1.3.1** に定義する型幅

T_L ：最小型深さの 85%における型喫水（*m*）

1.1.14 載貨重量

1.1.14.1 載貨重量（*DWT*）とは，満載排水量と軽荷重量との差をいい，単位をトン（*ton*）とする。

1.2 位置 1 及び位置 2

1.2.1 位置 1

1.2.1.1 位置 1 とは，乾舷甲板及び低船尾楼甲板の暴露部並びに船首材の前端から $0.25L_L$ の箇所よりも前方にある船楼甲板の暴露部をいう。

1.2.2 位置 2

1.2.2.1 位置 2 とは，船首材の前端から $0.25L_L$ の箇所よりも後方にある船楼甲板の暴露部をいう。

1.3 A 型乾舷船舶及び B 型乾舷船舶

1.3.1 満載喫水線規則の定義

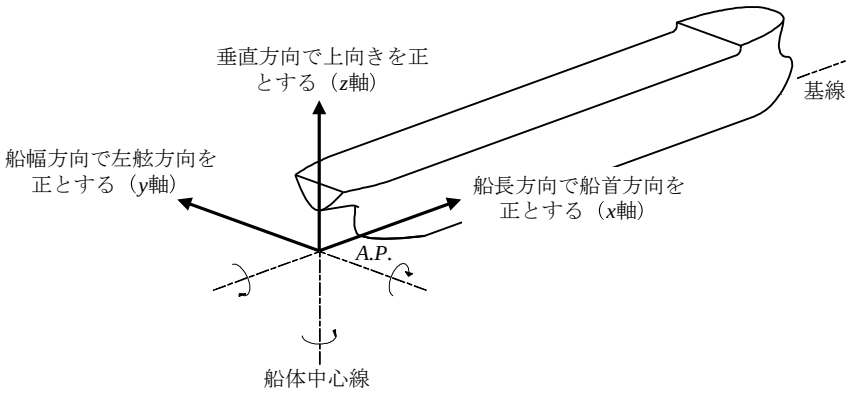
1.3.1.1 A 型乾舷又は B 型乾舷船舶は，満載喫水線規則による。

1.4 座標系

1.4.1 原点及び方向

1.4.1.1 本編の規定における座標系を図 **4.1.1** に示す。船体運動においては，船首方向，垂直上方，左舷方向を正とする。角運動は，各 *x*，*y*，*z* 軸を中心として時計回り方向を正とする。

図 4.1.1　　座標系



1.5　部材名称

1.5.1　隔壁に関する用語

1.5.1.1　**図 4.1.2**，**図 4.1.3** 及び**図 4.1.4** に本編における一般的構造の用語を示す。

図 4.1.2　　波形隔壁における用語

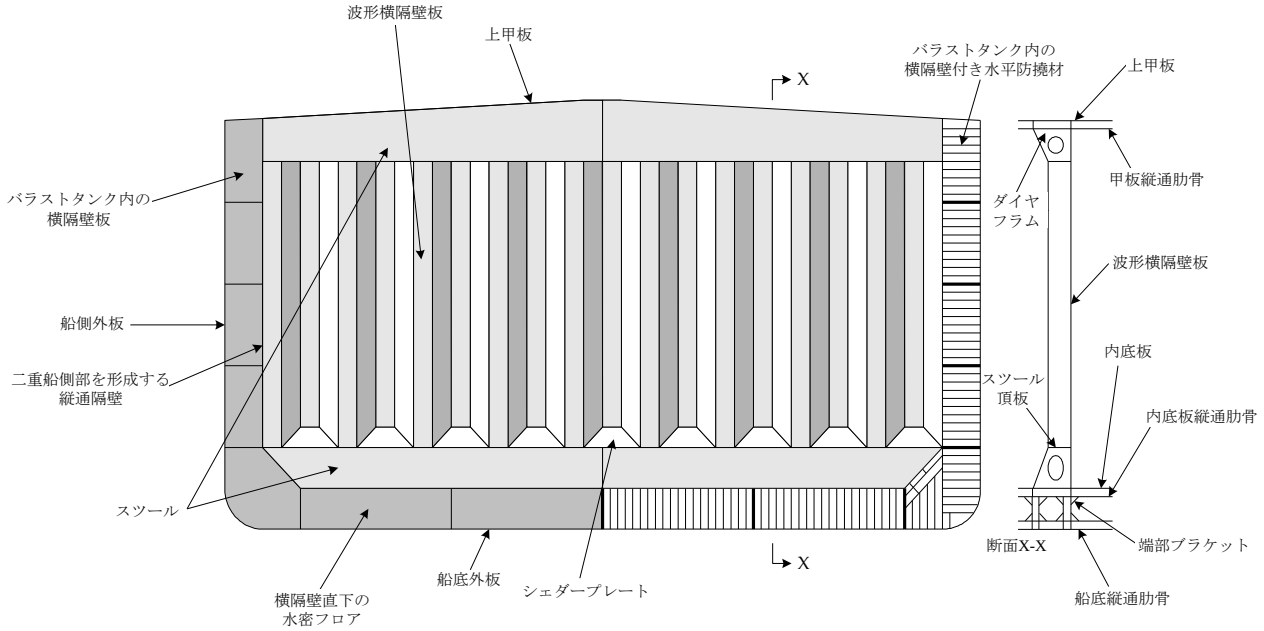


図 4.1.3　　平板横隔壁における用語

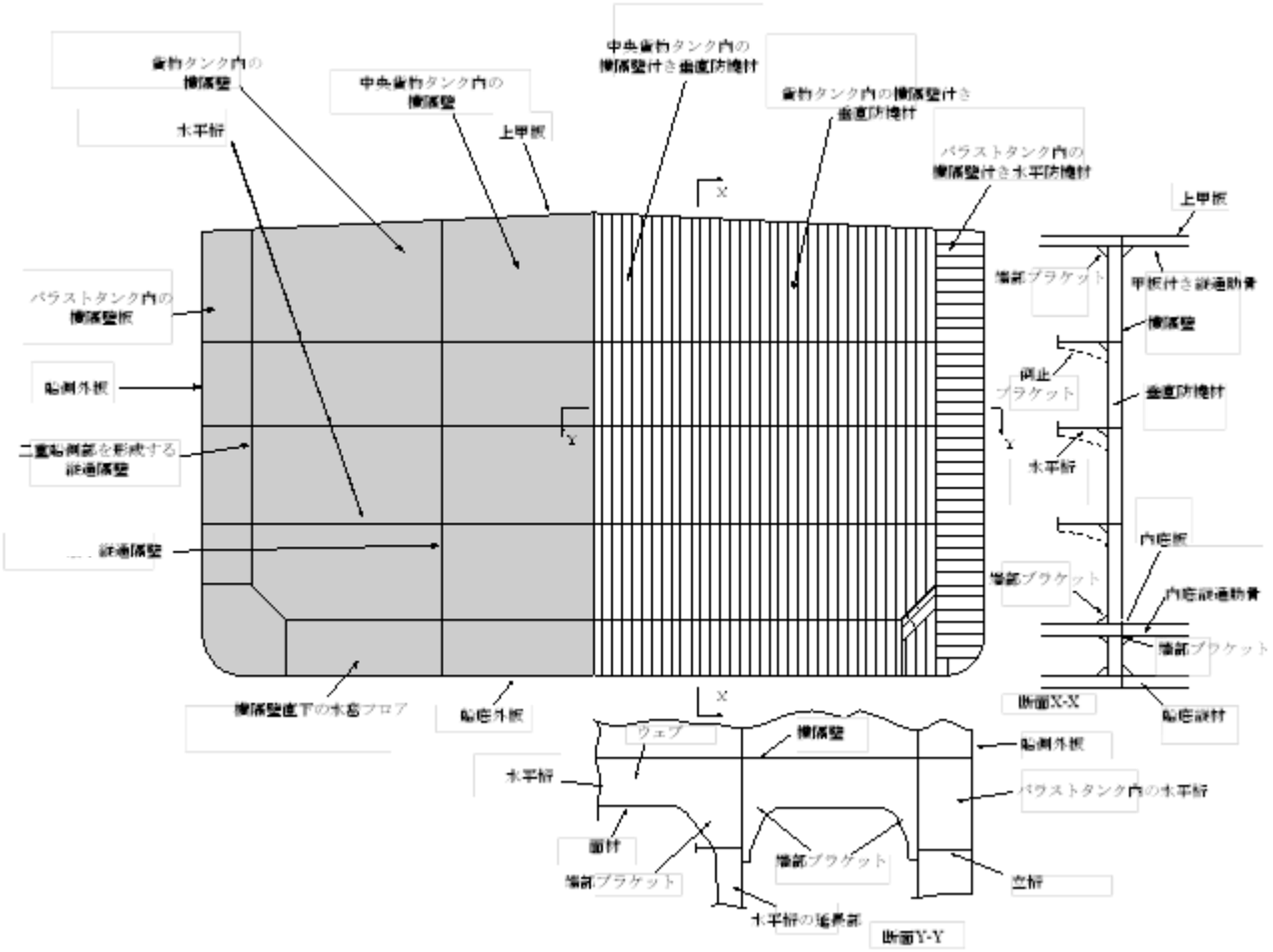
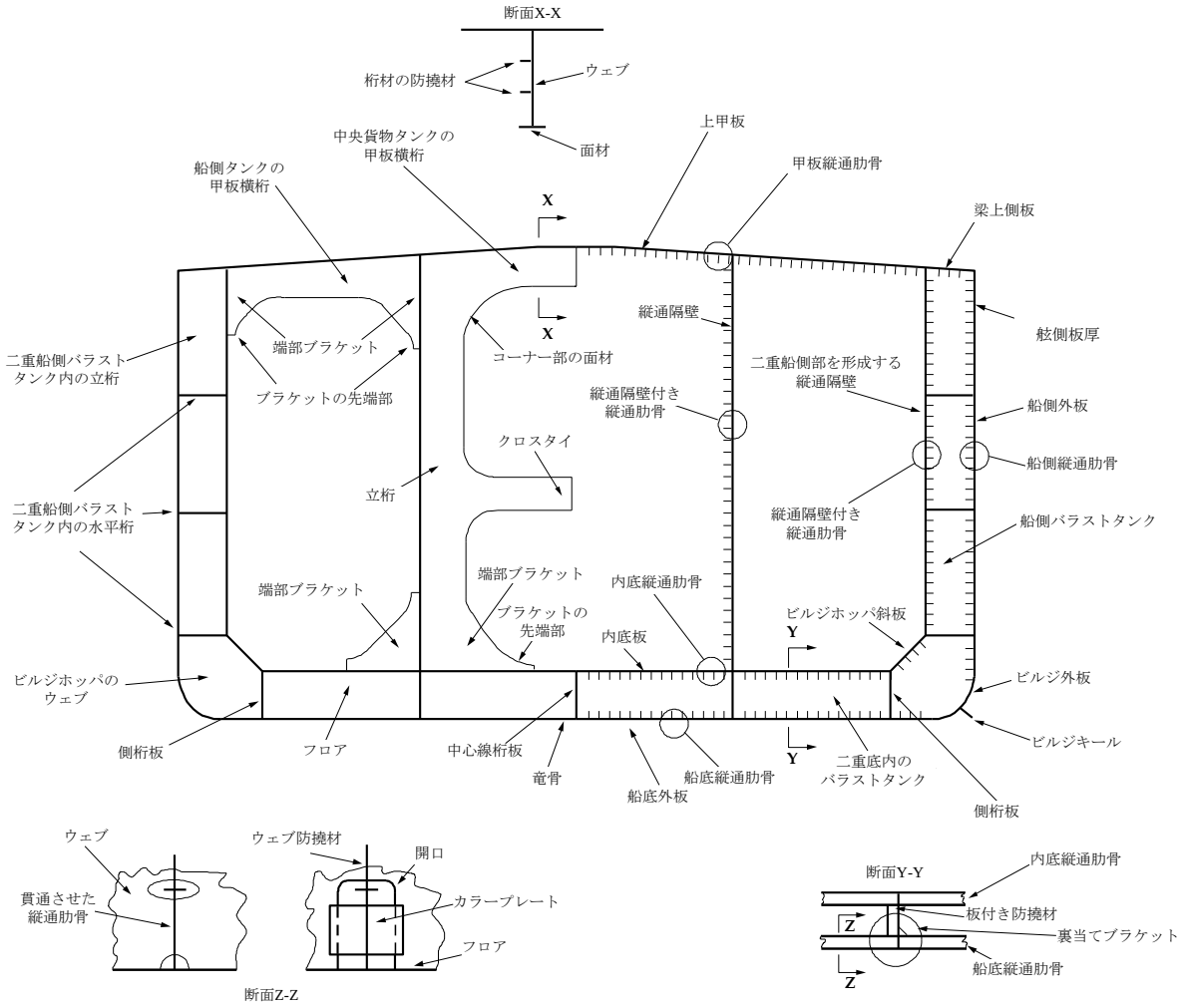


図 4.1.4　　中央貨物タンクの横断面



1.6　　記号

1.6.1　　一般

1.6.1.1　本編で用いる記号及び添字は，各規定ごとに規定する。1.1 において規定する主要目については，参照無しに，本文中で使用する場合がある。

1.7　　単位

1.7.1　　一般

1.7.1.1　本編では以下の単位を用いる。算式の中で用いなければならない単位は，各算式において規定する。

(a)　一般

寸法，距離	(m)
主要部材間隔	(m)
2 次部材間隔	(mm)
面積	(m^2)
体積	(m^3)
質量	(t)
速度	(m/s)
加速度	(m/s^2)

(b) ハルガーダ特性

寸法	(m)
面積	(m^2)
断面係数	(m^3)
慣性モーメント	(m^4)
面積モーメント	(m^3)

(c) 防撓材特性

寸法	(mm)
面積	(cm^2)
断面係数	(cm^3)
慣性モーメント	(cm^4)
長さ，有効長さ	(m)
スパン，2 点間の距離	(m)

(d) 板の寸法

幅	(mm)
長さ	(m)
板厚	(mm)

(e) 荷重

圧力	(kN/m^2)
荷重	(kN)
曲げモーメント	(kNm)
せん断力	(kN)

(f) その他

降伏強度	(N/mm^2)
応力	(N/mm^2)
変形	(mm)
弾性係数	(N/mm^2)
密度	(t/m^3)
排水量	(t)
角度	(deg)
計算角度	(rad)
周期	(s)
周波数	(Hz)
船速	($knots$)

1.8 用語

1.8.1 用語の定義

1.8.1.1 本編中で使用する用語を**表 4.1.1** に掲げ，各用語の定義を定める。

表 4.1.1　　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	船尾の前方に配置する最初の主要な横置水密隔壁
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。風及び潮流の影響下で漂流しようとする船が走錨させられる場合において，海底に把駐するよう設計する。一般に鋳造にて製造する。
バラストタンク	バラスト水を積載するための区画
ベイ	隣接横式構造部材又は横隔壁間の区域
ビルジキール	横揺れを軽減する目的で，船のビルジに沿った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の範囲で，以下のとおりとする。 船底ビルジ部の下端の曲がり部における板の曲がり始める点から，船側外板ビルジ部の上端の曲がり部における板の曲がりが終わる点又は基線上或いは当該局部中央線上 0.2*D* 上方の点の小さい方の点までとする。
ビルジ外板の最下層の 1 条	ビルジ外板の最下層の 1 条とする。
ボス	プロペラボスは，プロペラ翼が取り付けられ，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	平板竜骨を含む船殻の卓越した平坦な船底部分を構成する外殻板部材
船首部	船の前部端に位置する構造配置及び様式
船首アンカー	船の船首部分に備えるアンカー
ブラケット	2 つの構造部材間の接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	船首を超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設けられる暴露甲板上の傾斜しかつ防撓された板構造
船首ブラケット	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が確保され船の操縦を行うことができる高架の上部構造
バルブプレート	面材（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到達する最上部の全通甲板
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	防撓材及び桁材を備えた横置隔壁板又は縦通隔壁板
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かっての暴露甲板の上方向への隆起
貨物タンク隔壁	貨物タンクを分ける境界の隔壁
貨物エリア	貨物タンク及びスロップタンク並びにこれらに隣接する場所からなる。これらの隣接場所は，バラストタンク，燃料油タンク，コファダム及び空所を含み，船の甲板エリアであって前記の区域上の全長及び全幅にわたる部分も含む。船首隔壁及び貨物ブロックの最後部の横隔壁を含む。
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	区画を防護するためのカバー又は隔壁
セル構造	小区画を形成するように，近接した間隔の 2 つの境界及び内部の仕切り板を配置した構造配置
中心線桁板	船の中心線上に配置する縦通桁
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性の接続されたリンク
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

用語	定義
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，揚錨機の張力を緩和した状態でチェーンケーブルを個縛するための装置
縁材	倉口や天窓の縁の垂直な構造
コファダム	主として1つの区画からの油漏れが他の区画に及ばないよう保護手段として設ける2つの隔壁又は甲板の間にある区画
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った内部空間
閉鎖区域	以下の特性のいずれか1つに該当する区画。出入りのための開口が限られ，自然換気が不適切又は作業員の連続した滞在を想定した設計がなされていない。
波形隔壁	波状に配置した板材で構成する隔壁
クロスタイ	縦通隔壁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，上部又は下部の区画の境界を成すもの
甲板室	乾舷甲板又はそれより上方に設けられた上部に甲板を有する構造物のうち，船楼以外のもの
甲板構造	甲板並びに甲板に取り付ける防撓材，桁部材及び梁柱
深水タンク	2つの甲板間或いは船底又は内底板と甲板上又はそれより高い個所にわたるタンク
排水管	ビルジ，冷却水，下水等を排水するために船側を貫通する管
ドッキングブラケット	入渠を目的とし，船底部材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
二重底部材	内底板上面より下方の外板及び外板付き防撓材及び内底板及びそれより下方の他部材
ダブラー	小さな板部材であってより大きな板の補強を要求する箇所に取り付けるもの。通常，防撓材の取り付け部に取り付ける。
二重殻部材	二重殻部材とは，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として定義する。
ダクトキール	貨物タンクの長さにわたり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が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
面材	ウェブを経由して板に取り付け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，ウェブに取り付けるものであるが，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	ウェブでのみで構成する防撓材
フロア	横式船底部材
船首楼	船首に位置する短い船楼
船首部	船首隔壁前方の船の部分
船首部甲板	船の船首から後方にわたる短い隆起甲板
乾舷甲板	一般的に，風雨及び海に暴露され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手段を備える。
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
桁	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
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

用語	定義
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	内底板と内殻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	オランダ規格の形材
独立型タンク	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	船舶のフロア又は助骨間の縦式部材で，非連続な部材
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。
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	水又は油の集合を防ぐために助骨又は板に開ける小排水口
局所支持部材	局所支持部材とは，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として定義する。例えば，甲板梁。
船体中心線縦通隔壁	船舶の中心線に位置する縦通隔壁
船体縦曲げ強度部材	船体梁の縦曲げ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，ビルジ板，縦通隔壁，二重底内桁板及び船側タンク内の水平桁を含む。
船体梁せん断強度部材	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，縦通隔壁及び二重底内桁板を含む。
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	内底の船外側の板で，ビルジ部で下方に曲がる場合，縁板（又は桁）は，二重底の外側の境界を形成する。
切欠き	溶接により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
梁柱	甲板が外板又は隔壁により支持されない場合に，甲板間に位置する垂直支持材
ピントル	ガジョンに収めた状態で，船尾柱に舵を保持しかつ左右に旋回させることを可能とする舵前端の垂直ピン
パイプトンネル	船の中央において前後に走る空所であって，機関室からタンクにわたりビルジ，バラスト及び他の管装置のための保護空間を形成する内底と外板間に位置するもの
船尾楼	船舶の最船尾端における閉囲された船楼下の空間
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	船殻及びタンク境界の全体的な構造健全性を保証する梁，桁又は縦通材の部材（例えば，二重底フロア及び桁板，横式船側構造部材，甲板横桁，隔壁水平桁並びに縦通隔壁の立桁）
舵	船舶を操縦するために使用する装置であって，通常，翼又は平断面を有する。通常の型は，船尾に垂直な板状の物を有し，左舷 35°から右舷 35°まで動かすことができる；舵は面積，アスペクト比及び形状により特徴付ける。
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，区画への交通のためのカバー，蓋又は戸を備える。
シェダープレート	波形隔壁に残存貨物の残存個所を最小にするために取り付ける斜板
舷側厚板	船舶の船側外板の最も上部となる一条の板
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

用語	定義
外板部材	有効な船体梁を形成する外板部材
船側外板	ビルジ外板上方の外殻部材の側部を構成する船殻板部材
単船殻構造部材	単船殻構造部材は，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縁材及び面材により形成される底部縁材からなる梁として理想化する構造部材と定義する
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，機関区域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
区画	分割した区画であってタンクを含む
支柱	ブルワーク及び倉口縁材のブラケット
船首材	船首端となる船舶の外板における棒材又は板部材
船尾材	一軸又は三軸船の重強度の構造部材で，舵柱と結合している
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（船尾管軸受）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	タンク隔壁を支持する構造
一条の板	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	特設肋骨に結合する水平桁
梁上側板	甲板の（最も）船側よりの板（一条）
船楼	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板が船側外板から 0.04B を超えない位置にあるもの
タンク頂板（内底板）	貨物タンクの底部を形成する水平板部材
トーイングペナント	船舶の曳航に使用する長いロープ
トランサム	船舶の船尾端における構造配置及び形状
トランスリング	二重底フロア，縦通隔壁横桁及び甲板横桁で，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（縦部材）に接合する主要な横桁
倒止ブラケット	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ブラケット
中間甲板	（between deck の省略体で,）貨物タンク内の上甲板とタンク頂板（内定板）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，周囲の構造が設計した水頭において，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
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
ウィンドラス	アンカーチェーンの巻き上げ及び繰り出しのための機械
ウィングタンク	縦通隔壁及び船側外板に囲まれている区画

2 構造の理想化

2.1 スパンの定義

2.1.1 局部支持部材の有効曲げスパン

2.1.1.1 防撓材の有効曲げスパン（l_{bdg}）は **2.1.1.3** から **2.1.1.7** の典型的な配置に対し規定する。**図 4.2.1** から**図 4.2.8** に示すものと異なる配置の場合，スパンの定義は特別に考慮して差し支えない。

2.1.1.2 有効曲げスパンは，ブラケットが隣接構造によって支持するように配置している場合，ブラケットの存在により減じることができる。その他の場合，有効曲げスパンは主要支持部材間の全長としなければならない。

2.1.1.3 桁板に取り付ける防撓材は，一端をスニップ端とする場合又は当該個所の防撓材に接合しない場合，有効曲げスパンは，**図 4.2.2** に示すように裏当てブラケットを考慮しない主要支持部材間の全長としなければならない。

2.1.1.4 有効曲げスパンは，ブラケットが防撓材の面材又は遊縁に接合している場合のみ減じることができる。防撓材付の板の反対面に取り付け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。

2.1.1.5 二重殻構造の一部を構成する防撓材の有効曲げスパン（l_{bdg}）は，**図 4.2.1** によらなければならない。

2.1.1.6 単船殻構造の一部を構成する防撓材の有効曲げ長さ（l_{bdg}）は，**図 4.2.2** によらなければならない。

2.1.1.7 主要支持部材の一方にブラケットで支持する防撓材にあっては，有効曲げスパンは**図 4.2.2(a)**に規定するように主要支持部材間の全距離としなければならない。ブラケットを主要支持部材の両端に取り付ける場合，有効曲げスパンは**図 4.2.2(b)**，**(c)**及び**(d)**によらなければならない。

図 4.2.1　　ウェブ付防撓材に支持する防撓材の曲げ強度に対する有効スパン（二重殻構造）

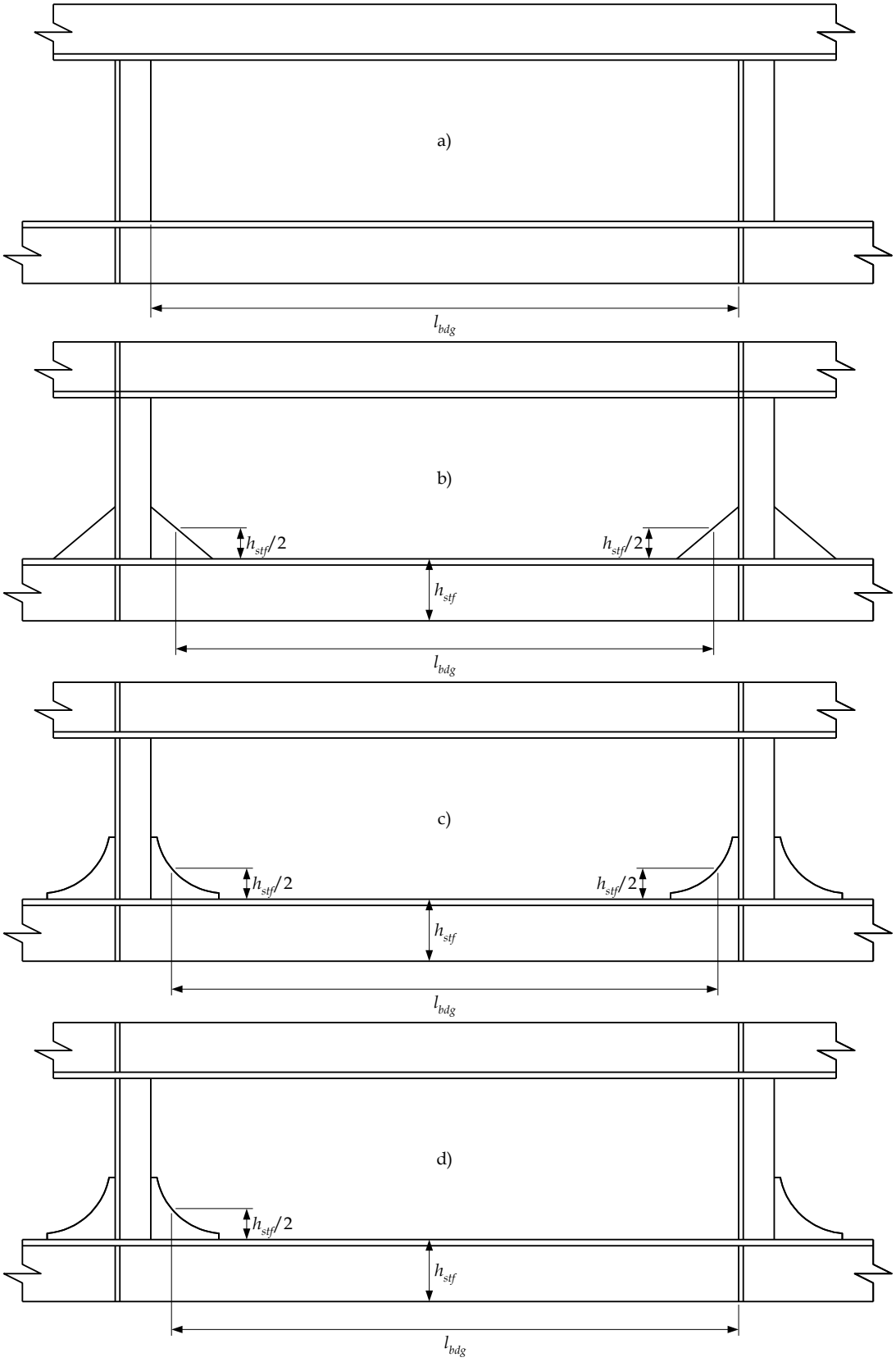
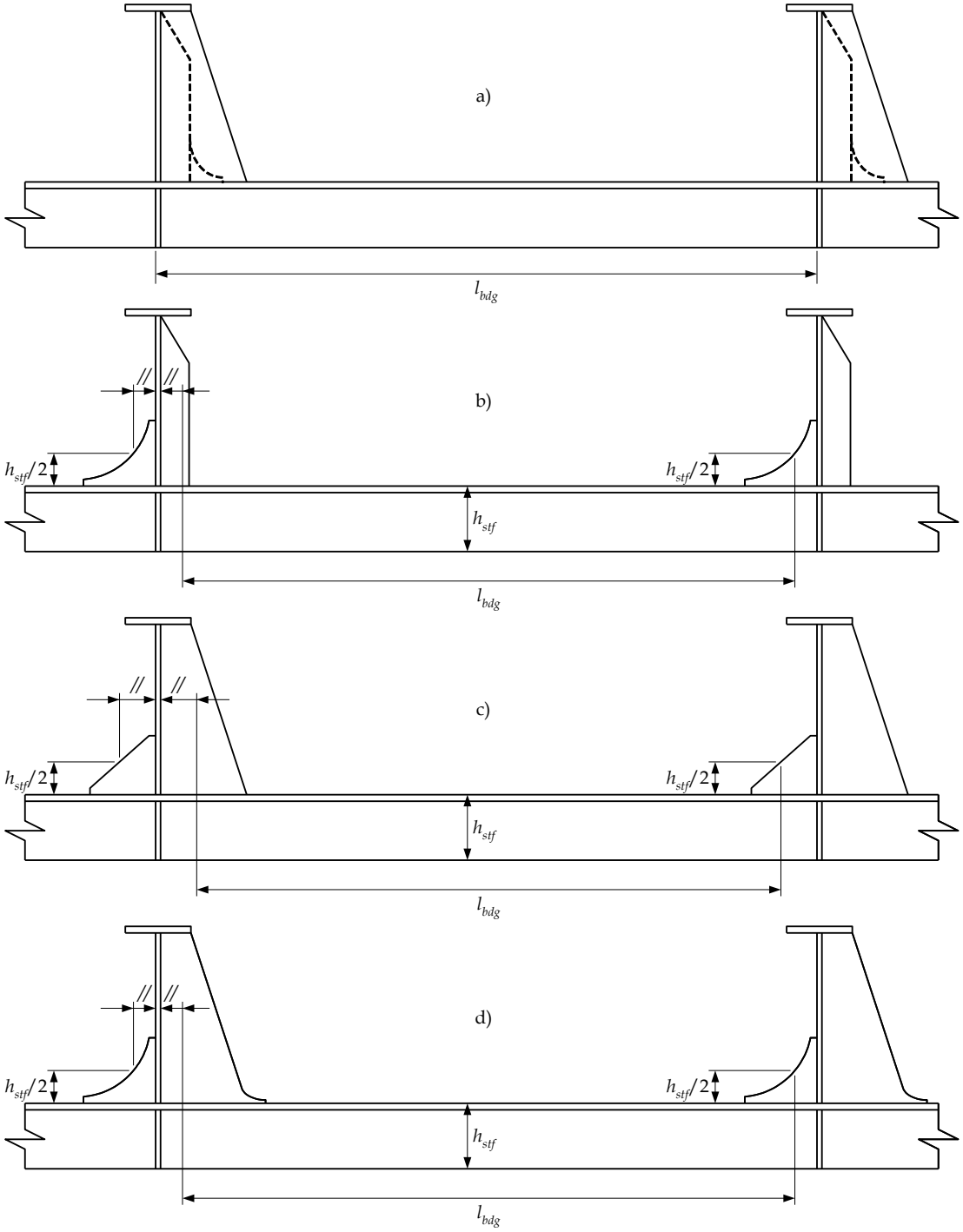
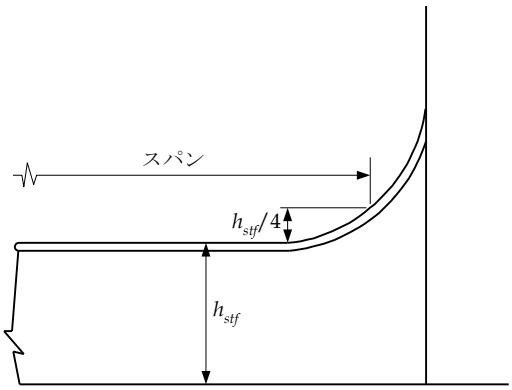


図 4.2.2　　ウェブ付防撓材に支持する防撓材の曲げ強度に対する有効スパン（単船殻構造）



2.1.1.8　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，**図 4.2.3** に示すようにブラケットの深さが防撓材の深さの 4 分の 1 に等しいところまでとしなければならない。

図 4.2.3　　ブラケット端部に沿う連続した面材を有する局部支持部材の曲げ強度に対する有効スパン



2.1.1.9　スパンポイントの計算に対しては，ブラケットの長さは隔壁又は基準位置における腕の長さの 1.5 倍を超えてはならない。

2.1.2　　局部支持部材の有効せん断スパン

2.1.2.1　防撓材の有効せん断スパン（l_{shr}）は **2.1.2.5** から **2.1.2.7** の典型的な配置に対し定義する。他の形式の配置において，有効せん断スパンは特別に考慮すること。

2.1.2.2　有効せん断スパンは，ブラケットが隣接構造によって支持するように配置されている場合，ブラケットの存在により減じることができる。そのほかの場合，有効せん断スパンは **2.1.2.4** に示すように全長とすること。

2.1.2.3　有効せん断スパンは，ブラケットを防撓材の面材又は遊縁のどちらかに取り付ける場合，又は防撓材付の板の反対面にブラケットを取り付ける場合，有効せん断スパンを減じて差し支えない。ブラケットを防撓材の面材又は遊縁及び防撓材付の板の反対面に取り付ける場合，有効せん断スパンは有効なブラケットの腕の長いほうを使用して計算して差し支えない。

2.1.2.4　有効せん断スパンは，支持構造の詳細に関係なく，それぞれ部材端で最小 $s/4000$（m）減じることができる。有効せん断スパン（l_{shr}）は，次式による値以下としなければならない。

$$l_{shr} \leq l - \frac{s}{2000} \quad (m)$$

l　：主要支持部材間の防撓材の全長（m）

s　：**2.2.1** に規定する防撓材の心距（mm）

2.1.2.5　二重殻構造の一部を構成する防撓材の有効せん断スパン（l_{shr}）は，**図 4.2.4** によらなければならない。

2.1.2.6　単船殻構造の一部を構成する防撓材の有効せん断スパン（l_{shr}）は，**図 4.2.5** によらなければならない。

図 4.2.4　　ウェブ付防撓材に支持する防撓材のせん断強度に対する有効スパン（二重殻構造）

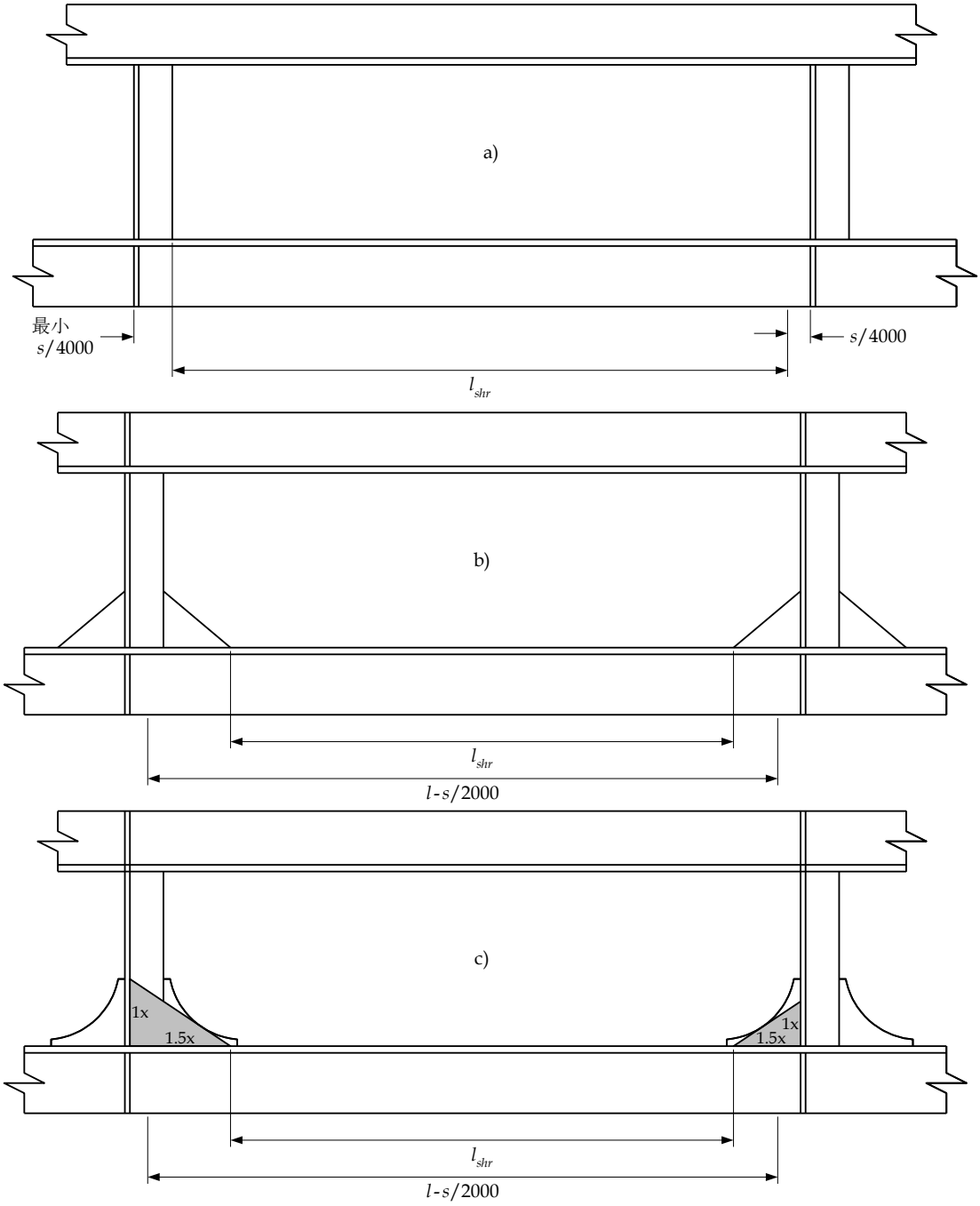


図 4.2.5　　ウェブ付防撓材に支持する防撓材のせん断強度に対する有効スパン（単船殻構造）

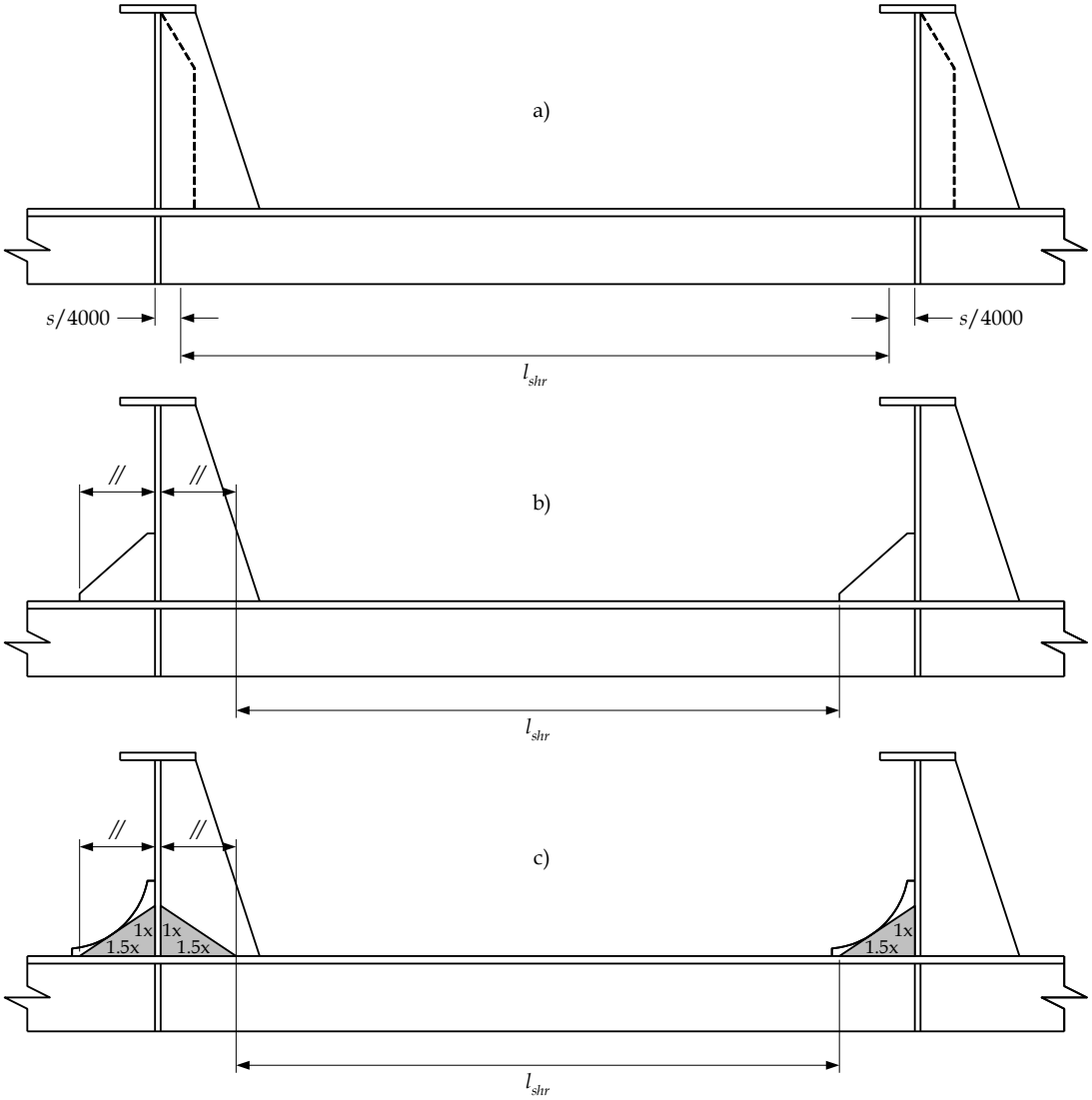
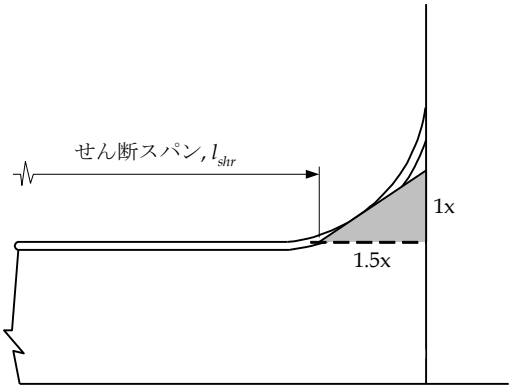


図 4.2.6　　ブラケット端部に沿う連続した面材を有する局部支持部材のせん断強度に対する有効スパン



2.1.2.7　防撓材の面材がブラケットの曲縁に沿って連続構造の場合，有効せん断スパンは**図 4.2.6** によらなければならない。

2.1.2.8　曲縁を有するブラケット及び長いブラケット（長さと高さの比の高いもの）にあっては，有効ブラケット長さは，**図 4.2.4(c)**及び**図 4.2.5(c)**に示す 1:1.5 のブラケットが内接する最大のものとしなければならない。

2.1.3 局部支持部材のスパンに及ぼす船体形状の効果

2.1.3.1 主要支持部材間の防撓材の全長（l）は，面材付き防撓材の場合面材に沿って測られ，平鋼防撓材の場合遊縁に沿って測る。曲縁した防撓材に対し，スパンはスパンポイント間の弦孤の長さとして定義する。有効スパンの計算は **2.1.1** の規定による。

2.1.4 主要支持部材の有効曲げスパン

2.1.4.1 主要支持部材の有効曲げスパン（l_{bdg}）は，適切なブラケットを取り付けるように配置した支持部材間の部材の全長より小さくすることができる。

2.1.4.2 主要支持部材の面材がブラケットの面材と連続していない（ブラケットが主要支持部材に溶接しているような）配置に対し，有効曲げスパンを計測する部材間の部材の各端部のスパンポイントは，**図 4.2.7(b)**に示すように部材の面材から測った端部ブラケットの深さが部材の深さの半分に等しい点としなければならない。スパンポイントを定義するために使用する有効ブラケットは，**2.1.4.4** によらなければならない。

2.1.4.3 主要支持部材の面材がブラケットの面材に沿って連続なブラケット（ブラケットが主要支持部材を構成している）に対しては，**図 4.2.7(a)**，**(c)**及び**(d)**に示すように，有効曲げスパンはブラケットの深さが部材の深さの 4 分の 1 に等しい位置とすることができる。スパンポイントを定義するために使用する有効ブラケットは，**2.1.4.4** によらなければならない。

2.1.4.4 有効ブラケットは**図 4.2.7** に示すように，曲縁を有するブラケットに対して接点が適合するように設置する取付けブラケットで，長さと高さの比が 1.5 となる最大の三角形ブラケットとする。

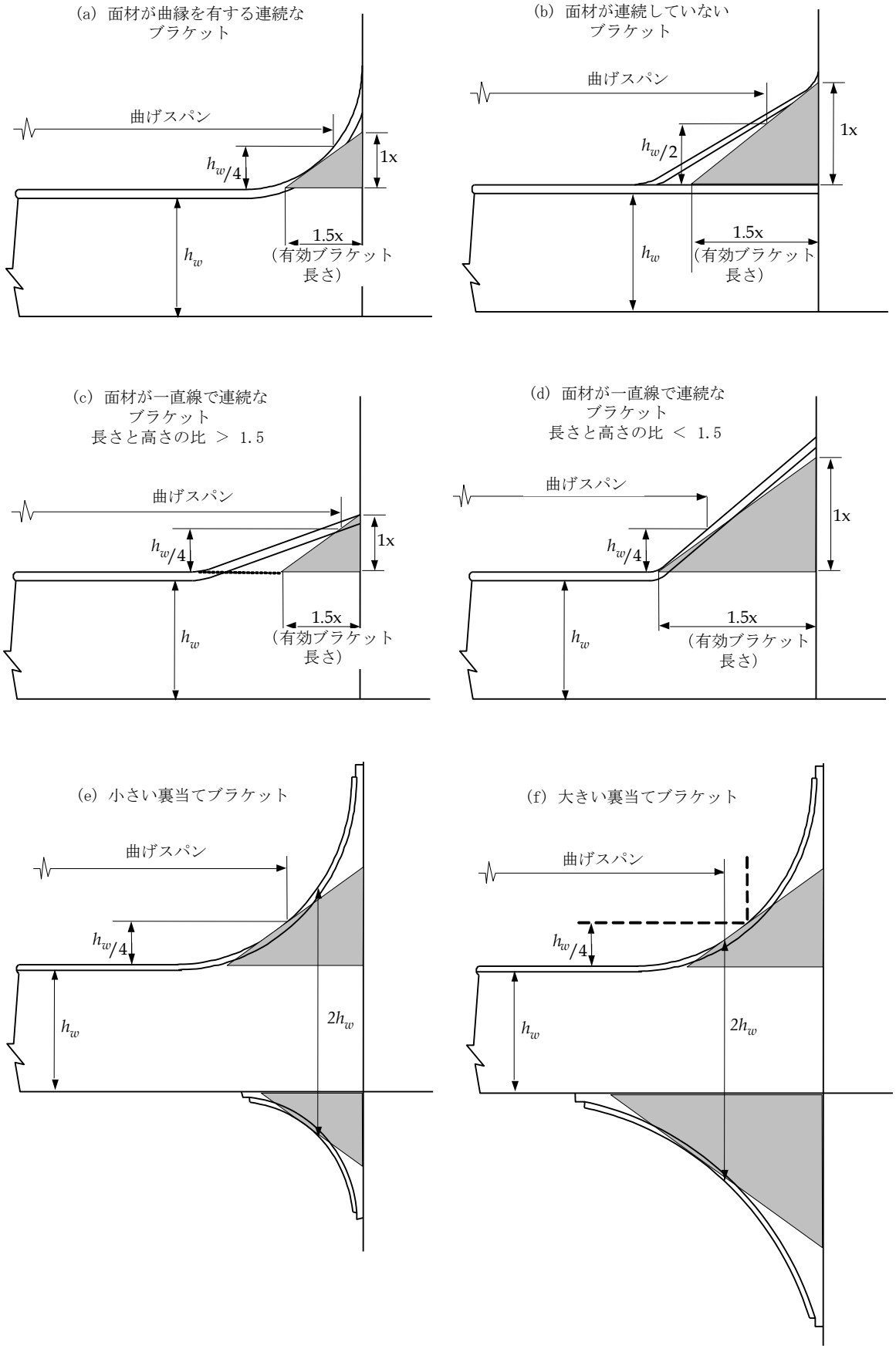
2.1.4.5 長さと高さの比が 1.5 を超える直線ブラケットについて，そのスパンポイントは，有効ブラケットとして求めなければならない。急勾配な形状のブラケットについても，そのスパンポイントは有効ブラケットとして求めること。

2.1.4.6 曲縁を有するブラケットについて，そのスパンポイントは有効なブラケットと見なして，取付けブラケットと有効ブラケットとの接点上をスパンポイントとして計測しなければならない。スパンポイントが接点より下に位置する場合，スパンポイントは有効ブラケットに対して計測する。

2.1.4.7 主要支持部材の面材がブラケットと連続し，裏当てブラケットが付く構造配置について，そのスパンポイントは，深さの合計が主要支持部材の深さの 2 倍に達する点より大きく取らなくても差し支えない。大小の裏当てブラケットの付く配置は**図 4.2.7(e)**及び**(f)**に示す。

2.1.4.8 主要支持部材の高さが十分に保たれ，支持のための面材の幅を増している場合，有効曲げスパンは面材の幅が平均幅の 2 倍と見なした位置において求めても差し支えない。

図 4.2.7　　曲げ強度評価における主要構造部材の有効スパン

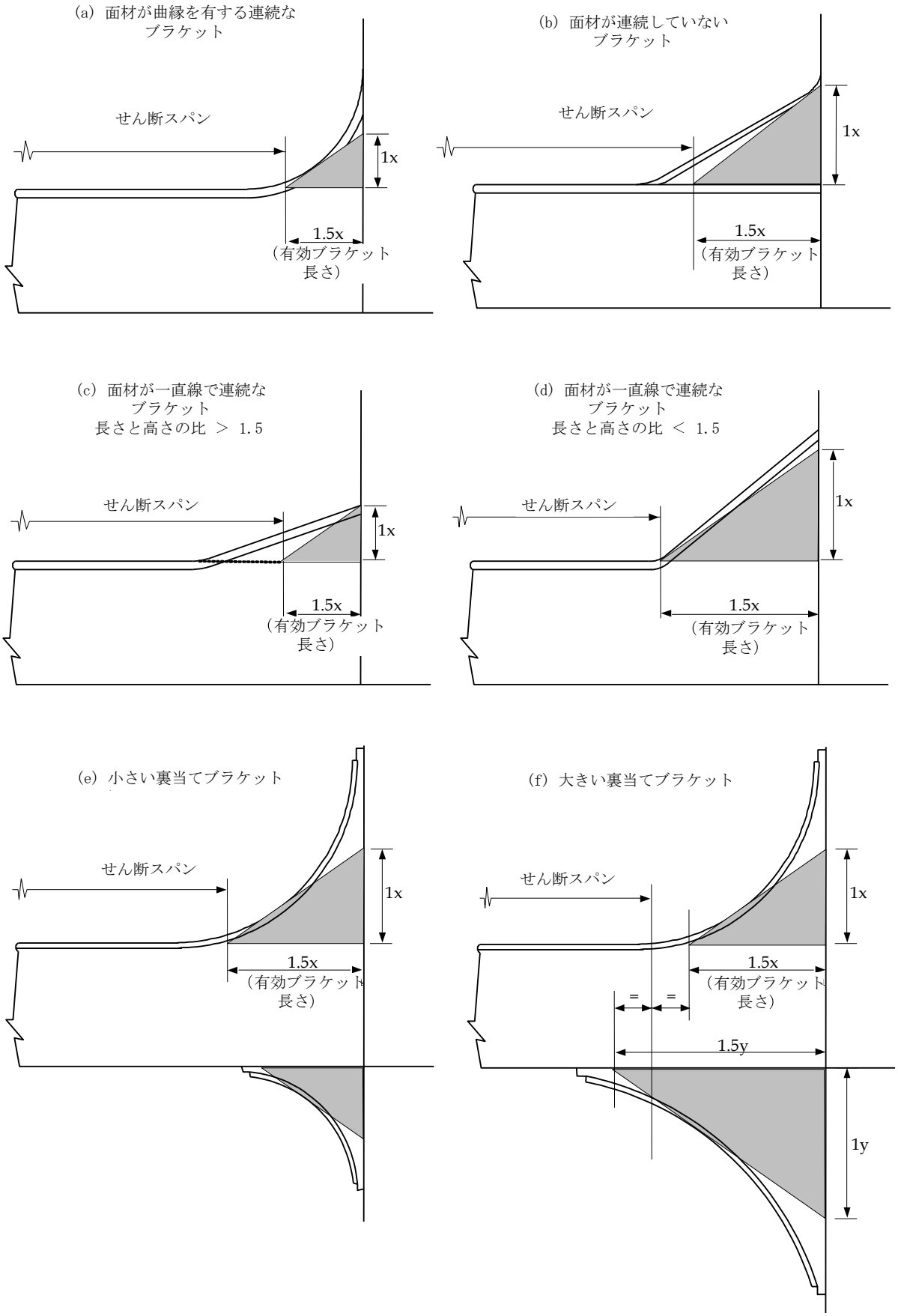


2.1.5 主要支持部材の有効せん断スパン

2.1.5.1 せん断スパンが測られる主要支持部材の端部のスパンポイントにおいて，有効ブラケットの先端が図 **4.2.8** に示すものである場合，各部材端部のスパンポイントは，部材を支持している有効ブラケットの先端点としなければならない（**2.1.4.4** 参照）。

2.1.5.2 有効な裏当てブラケットが，面材の有効ブラケットより大きくなるような配置において，せん断スパンは図 **4.2.8(f)**に示す通り有効ブラケットの先端間の平均距離としなければならない。

図 4.2.8　　せん断強度評価における主要構造部材の有効スパン



2.2 心距及び支持幅の定義

2.2.1 局部支持部材の荷重支持幅

2.2.1.1 防撓材の有効フランジ及び防撓材によって支持する荷重幅の計算においては，図 4.2.9 に示すような防撓材のそれぞれの側の防撓材心距の平均（s）を使用しなければならない。

2.2.2 主要支持部材の心距及び荷重支持幅

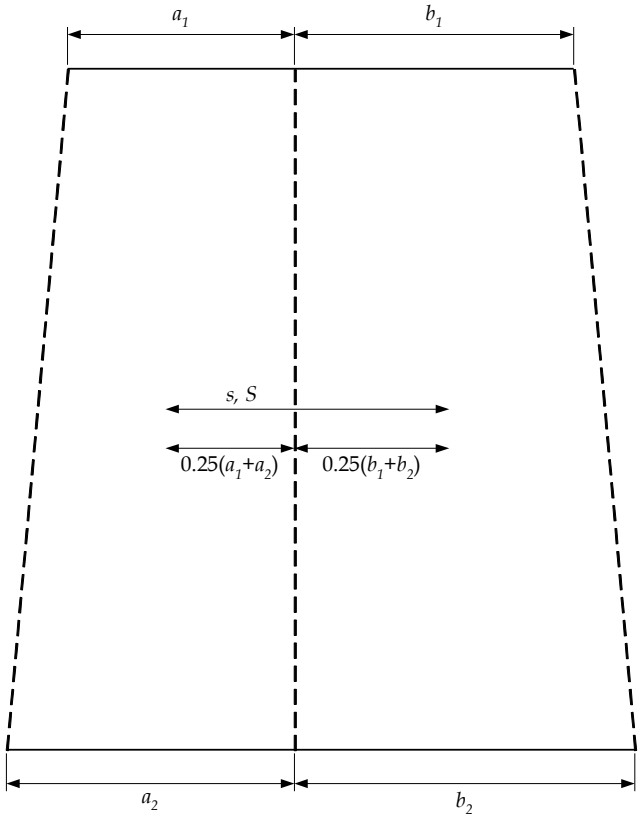
2.2.2.1 主要支持部材の有効フランジの計算に対し，主要支持部材の心距（S）は図 4.2.9 に示すように，隣接する主要支持部材間の平均の心距としなければならない。

2.2.2.2 別段の規定がない限り，主要支持部材に対する荷重幅は，主要支持部材の両側における心距の合計の半分とする。（図 4.2.9 参照）

2.2.3 曲線状の板の有効心距

2.2.3.1 曲線状の板に対し，防撓材の心距又は主要支持部材の心距（s 又は S）は部材間の平均弦弧上で計測しなければならない。

図 4.2.9 局部支持部材及び主要支持部材の支持する荷重幅及び取り付け板の有効幅



（備考）

(1) 平均幅は，$0.25(a_1+a_2+b_1+b_2)$となる。ここで，a_1，a_2，b_1 及び b_2 は，適宜，端部における局部支持部材と主要支持部材間の間隔である。

2.3 板の有効幅

2.3.1 強度評価に対する局部支持部材付の板の有効幅

2.3.1.1 2.3.1.2 に規定する有効幅は，8 節に規定する防撓材の部材寸法要件に適用する。

2.3.1.2 防撓材及び防撓材付の板を合わせた断面係数を計算するのに使用する板の有効幅（b_{eff}）は 2.2.1 に規定する防撓材の平均心距（s）としなければならない。ただし，防撓材付の板のネット板厚（$t_{p\text{-}net}$）が 8mm より薄い場合は，有効幅は 600mm 未満としなければならない。

2.3.2 強度評価に対する主要支持部材付の板及び面材の有効幅

2.3.2.1 2.3.2.2 から 2.3.2.4 に規定する有効幅は，8 節に規定する主要支持部材の部材寸法要件に適用する。

2.3.2.2　有効な端部ブラケットを取り付けていないスパンの端部では，主要支持部材の断面係数及び断面二次モーメントの計算のために使用する主要支持部材付の板の有効幅（b_{eff}）は，次の算式による値とする。

$$b_{eff} = 0.67S\sin\left[\frac{\pi}{6}\left(\frac{l_{bdg}\left(1-\frac{1}{\sqrt{3}}\right)}{2S}\right)\right] \ (m) \qquad \left(\frac{l_{bdg}\left(1-\frac{1}{\sqrt{3}}\right)}{2S}\right) \leq 3 \text{の場合}$$

$$b_{eff} = 0.67S \ (m) \qquad \left(\frac{l_{bdg}\left(1-\frac{1}{\sqrt{3}}\right)}{2S}\right) > 3 \text{の場合}$$

S　：考慮している位置において **2.2.2** に規定する主要支持部材の平均的な間隔（m）

l_{bdg}：**2.1.4** にて規定する有効曲げスパン（m）

備考：正弦関数は，*radian* で計算すること。

2.3.2.3　スパンの中間点では，主要支持部材の断面係数及び断面二次モーメントの計算のために使用する主要支持部材付の板の有効幅（b_{eff}）は，次の算式による値とする。

$$b_{eff} = S\sin\left[\frac{\pi}{18}\left(\frac{l_{bdg}}{S\sqrt{3}}\right)\right] \ (m) \qquad \left(\frac{l_{bdg}}{S\sqrt{3}}\right) \leq 9 \text{の場合}$$

$$b_{eff} = 1.0S \ (m) \qquad \left(\frac{l_{bdg}}{S\sqrt{3}}\right) > 9 \text{の場合}$$

S　：考慮している位置において **2.2.2** に規定する主要支持部材の平均的な間隔（m）

l_{bdg}：**2.1.4** に規定する有効曲げスパン（m）

備考：正弦関数は，*radian* で計算すること。

2.3.2.4　有効な端部ブラケットがある場合のスパンの端部では，主要支持部材の断面係数計算のための主要支持部材付の板の有効幅（b_{eff}）は，**2.3.2.2** 及び **2.3.2.3** によって規定する値の平均値とすること。ブラケットは，**図 4.2.7** にて規定する長さが $0.1l_{bdg}$以上の場合に有効とする。

2.3.2.5　一般に，倒止めブラケット構造が **10 節 2.3.3** に規定するように取り付けている場合，単船殻構造の主要支持部材の面材は全て有効として差し支えない。面材が曲縁の場合は，**2.3.4** によること。

2.3.3　疲労強度評価に対する局部支持部材付の板の有効幅

2.3.3.1　**2.3.3.2** 及び **2.3.3.3** に規定する有効幅は，**9 節 3** 及び**付録C**に規定する局部支持部材の疲労強度評価に用いる。

2.3.3.2　スパン端部並びにブラケット端部及び支持材では，防撓材及び防撓材付の板を合わせた断面係数の計算に使用する防撓材付の板の有効幅（b_{eff}）は，次の算式による値とする。

$$b_{eff} = 0.67s\sin\left[\frac{\pi}{6}\left(\frac{1000\,l_{bdg}\left(1-\frac{1}{\sqrt{3}}\right)}{2s}\right)\right] \ (mm) \qquad \left(\frac{1000\,l_{bdg}\left(1-\frac{1}{\sqrt{3}}\right)}{2s}\right) \leq 3 \text{の場合}$$

$$b_{eff} = 0.67s \ (mm) \qquad \left(\frac{1000\,l_{bdg}\left(1-\frac{1}{\sqrt{3}}\right)}{2s}\right) > 3 \text{の場合}$$

s　：防撓材の心距（mm）で，**2.2.1** による。

l_{bdg}　：**2.1.1** に規定する有効曲げスパン（m）

備考：正弦関数は，*radian* で計算すること。

2.3.3.3　スパンの中間点では，防撓材及び防撓材付の板を合わせて断面係数の計算に使用する防撓材付の板の有効幅（b_{eff}）は，次の算式による値とする。

$$b_{eff} = s\sin\left[\frac{\pi}{18}\left(\frac{1000\,l_{bdg}}{s\sqrt{3}}\right)\right] \ (mm) \qquad \left(\frac{1000\,l_{bdg}}{s\sqrt{3}}\right) \leq 9 \text{の場合}$$

$$b_{eff} = 1.0s \ (mm) \qquad \left(\frac{1000\,l_{bdg}}{s\sqrt{3}}\right) > 9 \text{の場合}$$

ここで，

s　：防撓材の心距（mm）で，**2.2.1** による。

l_{bdg}　：**2.1.1** に規定する有効曲げスパン（m）

備考：正弦関数は，*radian* で計算すること。

2.3.4 主要支持部材の曲線状の面材又は付板の有効面積

2.3.4.1 2.3.4.2 及び 2.3.4.3 に規定する有効面積は，以下の主要支持部材に適用する。

(a) 8 節の部材寸法要件の主要支持部材の断面係数の計算に対し，曲線状の面材及び主要支持部材付の板の有効ネット面積を求める場合

(b) 9 節 2 及び付録 B における強度評価（*FEM*）に対し，曲線状の板の有効ネット面積を求める場合

2.3.4.2 主要支持部材の曲線状の面材及び主要支持部材付の板の有効ネット面積（$A_{eff\text{-}net50}$）は，次の算式による値とすること。

$A_{eff\text{-}net50} = C_f t_{f\text{-}net50} b_f$ （mm^2）

C_f : 図 4.2.10 に示す面材の有効係数

$$= C_{f1} \frac{\sqrt{r_f t_{f-net50}}}{b_1}$$ ただし，1.0 以下とする。

C_{fl} $= \dfrac{0.643(\sinh\beta\cosh\beta+\sin\beta\cos\beta)}{\sinh^2\beta+\sin^2\beta}$ 対称型及び非対称型の面材の場合，図 4.2.10 のグラフ曲線 1 参照。

$= \dfrac{0.78(\sinh\beta+\sin\beta)(\cosh\beta-\cos\beta)}{\sinh^2\beta+\sin^2\beta}$ 2 枚のウェブを有する箱桁の面材の場合，図 4.2.10 のグラフ曲線 2 参照。

$= \dfrac{1.56(\cosh\beta-\cos\beta)}{\sinh^2\beta+\sin^2\beta}$ 複数枚のウェブを有する箱桁の面材の場合，図 4.2.10 のグラフ曲線 3 参照。

$$\beta = \frac{1.285 b_1}{\sqrt{r_f t_{f-net50}}} \quad (rad)$$

b_1 $= 0.5\,(b_f - t_{w\text{-}net50})$ 対称型の面材の場合

$= b_f$ 非対称型の面材の場合

$= s_w - t_{w\text{-}net50}$ 箱桁の面材の場合

s_w ：箱桁の支持ウェブの間隔（*mm*）

$t_{f\text{-}net50}$ ：面材のネット板厚 $= t_{f\text{-}grs} - 0.5t_{corr}$（*mm*）

非対称型の面材の C_f 及び β の計算の場合，$t_{f\text{-}net50}$ は，$t_{w\text{-}net50}$ より大きくしてはならない。

$t_{f\text{-}grs}$ ：面材のグロス板厚（*mm*）

$t_{w\text{-}net50}$ ：ウェブのネット板厚（*mm*） $= t_{w\text{-}grs} - 0.5t_{corr}$（*mm*）

$t_{w\text{-}grs}$ ：ウェブのグロス板厚（*mm*）

t_{corr} ：6 節 3.2 に規定する腐食予備厚

r_f ：曲がった面材又は主要支持部材付の板の半径（*mm*）

b_f ：面材又は主要支持部材付の板の幅（*mm*）

2.3.4.3 放射状のブラケットによって支持する曲線状の面材の有効面積（$A_{eff\text{-}net50}$）又は円筒状の防撓材によって支持する主要支持部材付の板の有効面積（$A_{eff\text{-}net50}$）は，次の算式による値とする。

$$A_{eff-net50} = \left(\frac{3r_f r_{f-net50} + C_f s_r^2}{3r_f t_{f-net50} + s_r^2}\right) t_{f-net50} b_f \quad (mm^2)$$

C_f ：2.3.4.2 に規定する。

$t_{f\text{-}net50}$ ：2.3.4.2 に規定する，面材のネット板厚

s_r ：倒止ブラケット又はウェブ防撓材又はウェブ材に垂直に取り付ける防撓材の間隔（*mm*）（図 4.2.11 参照）

b_f ：面材又は主要支持部材付の板の幅（*mm*）（図 4.2.11 参照）

r_f ：曲線状の面材又は主要支持部材付の板の半径（*mm*）（図 4.2.11 参照）

図 4.2.10　　代替構造形式のための曲線状の面材の有効幅

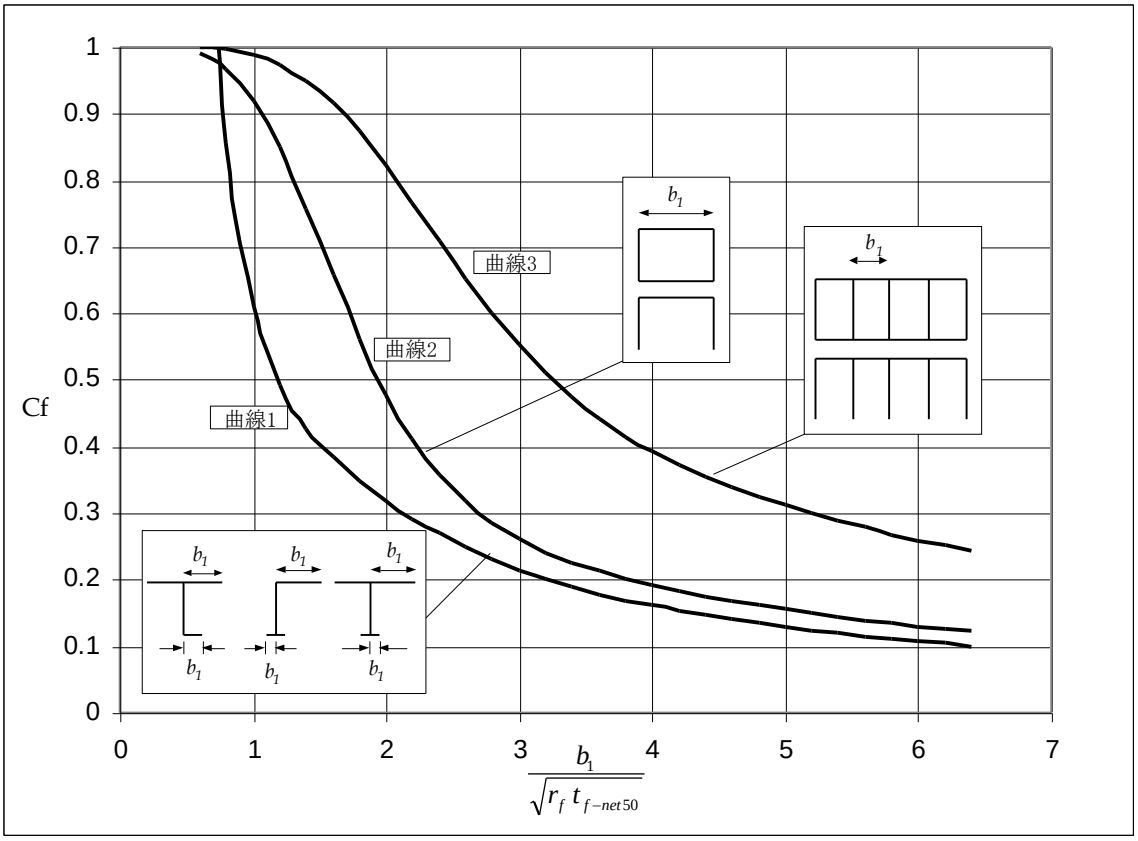
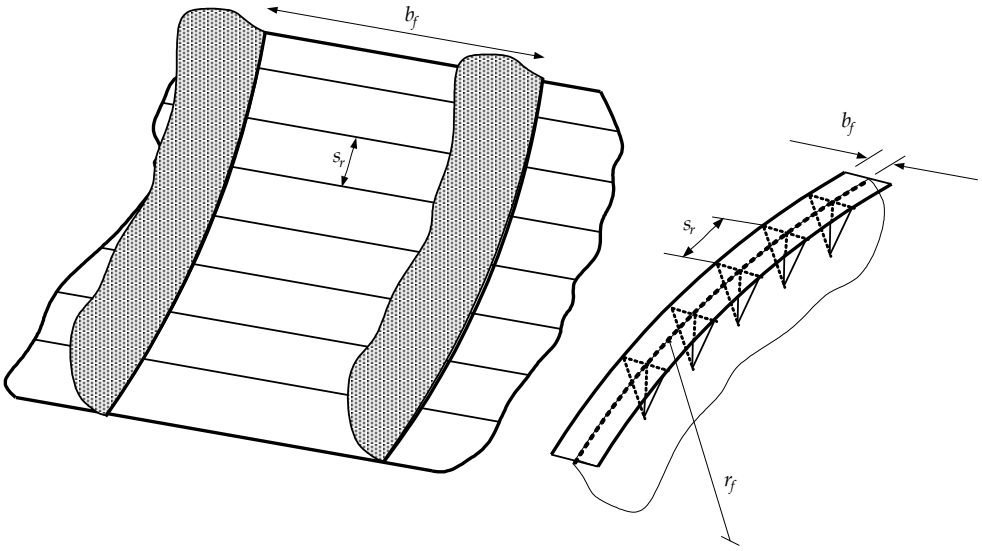


図 4.2.11　　曲がり板及び面材



2.3.4.4　**2.3.4.2** 及び **2.3.4.3** に規定する有効面積は，主要支持部材の面材及び主要支持部材付の板にのみ適用する。面材に平行な桁付き防撓材の面積には適用してはならない。

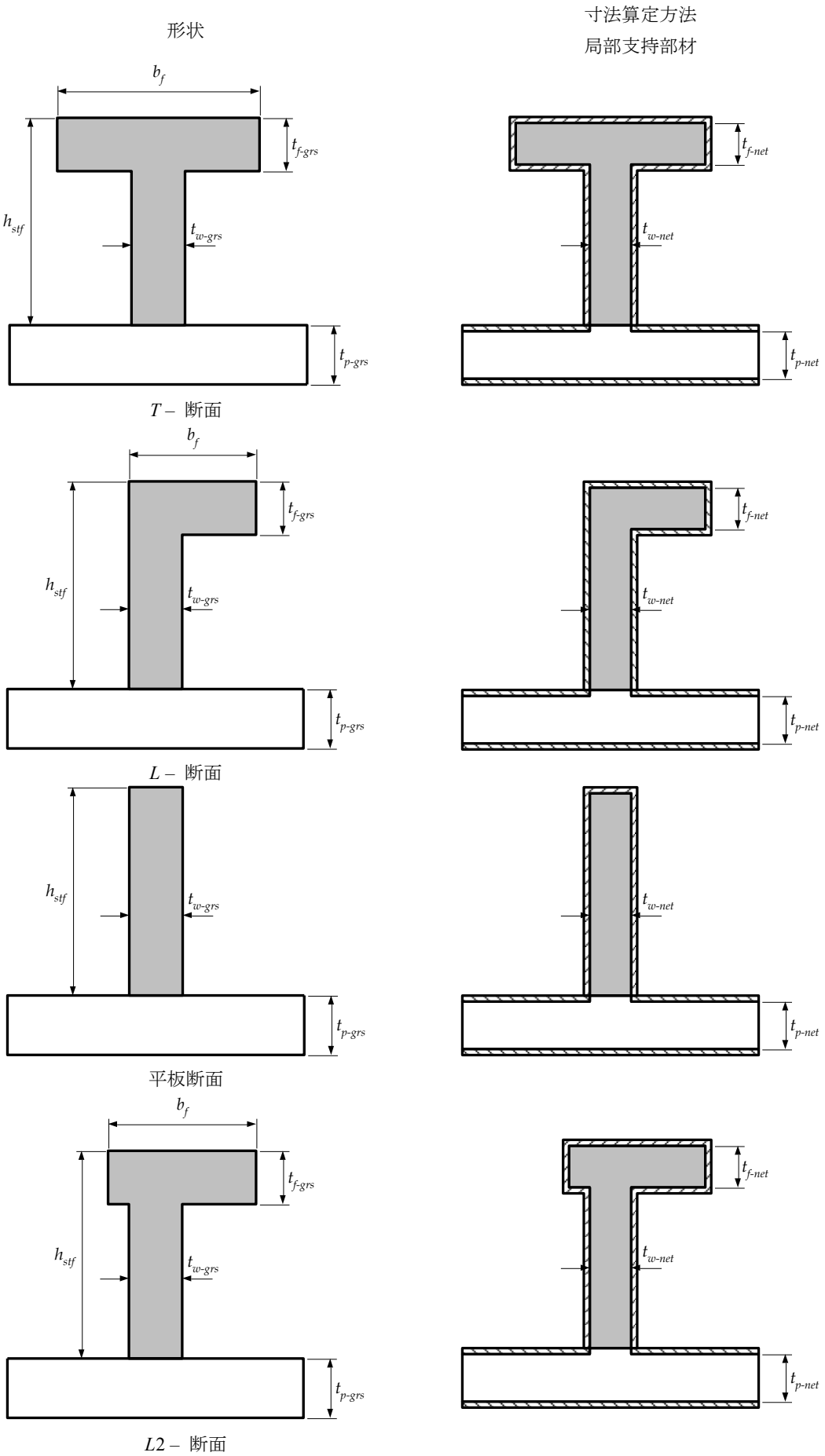
2.4 局部支持部材の幾何学的性能

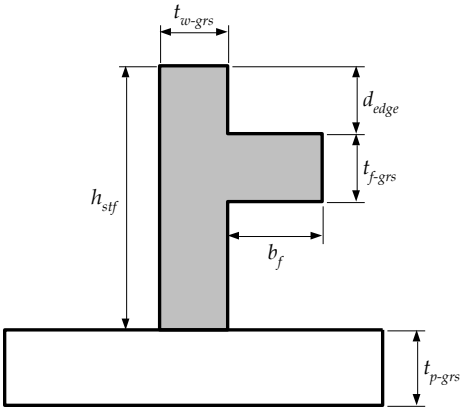
2.4.1 局部支持部材のネット断面性能の計算

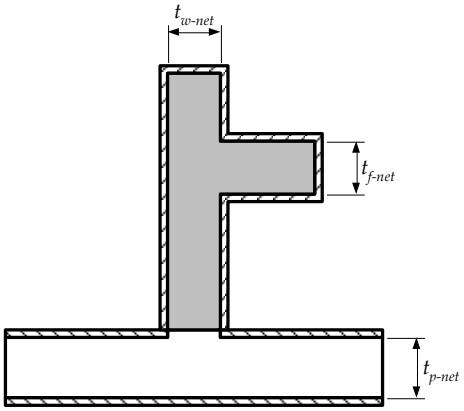
2.4.1.1 局部支持部材のネット断面係数，断面二次モーメント及びせん断面積は，局部支持部材付の板，ウェブ及び面材のネット板厚を使用して計算しなければならない。

2.4.1.2 典型的な形状に対するネット寸法の表記は，図 **4.2.12** によること。

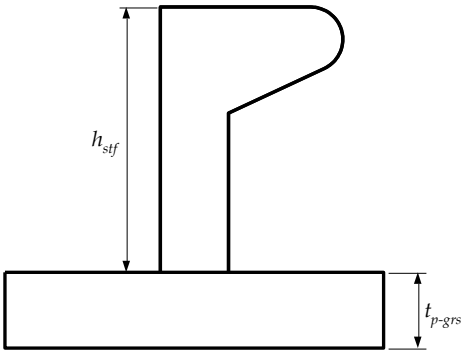
図 4.2.12　　局部支持部材のネット断面特性



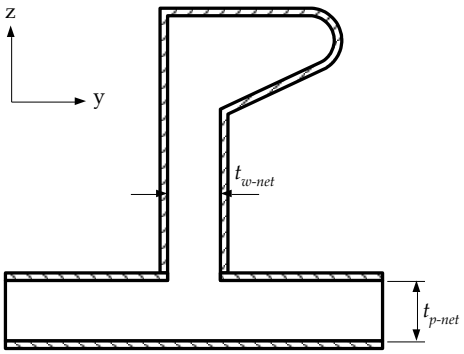




*L*3 – 断面



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 $0.5t_{corr}$ を差し引いて決定する。

2.4.2 局部支持部材の有効弾性断面特性

2.4.2.1 局部支持部材の弾性ネットせん断面積（$A_{shr\text{-}el\text{-}net}$）は，次の算式による。

$$A_{shr-el-net} = \frac{\left(h_{stf} + t_{p-net}\right) t_{w-net} \sin\varphi_w}{100} \quad (cm^2)$$

h_{stf} ：面材を含む防撓材の高さ（*mm*）

$t_{p\text{-}net}$ ：防撓材付の板のネット板厚（*mm*）

$t_{w\text{-}net}$ ：防撓材ウェブのネット板厚（*mm*）

φ_w ：防撓材ウェブ及び防撓材付の板のなす角度（*degree*）。（図 **4.2.14** 参照）φ_w が 75 度以上の場合，90 度とする。

2.4.2.2 防撓材の有効なせん断深さ（d_{shr}）は，次の算式による。

$$d_{shr} = \left(h_{stf} + t_{p-net}\right) \sin\varphi_w \quad (mm)$$

h_{stf} ：面材を含む防撓材の高さ（*mm*）（**2.4.1.2** 参照）

$t_{p\text{-}net}$ ：防撓材付の板のネット板厚（*mm*）

φ_w ：防撓材ウェブ及び防撓材付の板のなす角度（*degree*）（図 **4.2.14** 参照）φ_w が 75 度以上の場合，90 度とする。

2.4.2.3 局部支持部材の弾性ネット断面係数（$Z_{el\text{-}\varphi\text{-}net}$）は，次の算式による。

$Z_{el\text{-}\varphi\text{-}net} = Z_{stf\text{-}net} \sin \varphi_w$ （cm^3）

$Z_{stf\text{-}net}$ ：$\varphi_w = 90$ 度の直立した防撓材に対応するネット断面係数（cm^3）（**2.4.1.2** 参照）

φ_w ：防撓材ウェブ及び防撓材付の板のなす角度（*degree*）（図 **4.2.14** 参照）φ_w が 75 度以上の場合，90 度とする。

2.4.3 防撓材の有効塑性ネット断面係数及びせん断面積

2.4.3.1 局部支持部材の塑性ネットせん断面積（$A_{shr\text{-}pl\text{-}net}$）は，次の算式による。

$$A_{shr-pl-net} = \frac{(h_{stf} + t_{p-net})t_{w-net}\sin\varphi_w}{100} \quad (cm^2)$$

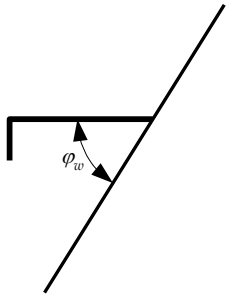
h_{stf} ：面材を含む防撓材の高さ（*mm*）（**2.4.1.2** 参照）

t_{p-net} ：防撓材付の板のネット板厚（*mm*）

t_{w-net} ：防撓材ウェブのネット板厚（*mm*）

φ_w ：防撓材ウェブ及び防撓材付の板のなす角度（*degree*）（**図 4.2.14** 参照）φ_w が 75 度以上の場合，90 度とする。

図 4.2.14　　防撓材ウェブ及び防撓材付の板のなす角度



2.4.3.2　局部支持部材の塑性ネット断面係数（Z_{pl-net}）は，次の算式による。

$$Z_{pl-net} = \frac{f_w d_w^2 t_{w-net}\sin\varphi_w}{2000} + \frac{(2r-1)A_{f-net}(h_{f-ctr}\sin\varphi_w - b_{f-ctr}\cos\varphi_w)}{1000} \quad (cm^3)$$

f_w ：防撓材ウェブのせん断応力の係数

= 0.75　（*n*=1 又は 2 の面材付き防撓材の場合）

= 1.0　（*n*=0 の面材付き防撓材又は平鋼の場合）

n ：各々の部材のモーメント有効端部支持の数で，0，1 又は 2 のいずれかとする。以下に該当する場合，モーメント有効端部支持であるとみなして差し支えない。

(a) 防撓材が支持位置で連続である。

(b) 防撓材が支持部材のウェブを貫通し，かつ，終端においてカーリング（又は同等のもの）で隣接する防撓材に結合する。

(c) 防撓材が曲げに有効な交差する防撓材（座屈防撓材ではない）又はブラケットに取り付けられる。ブラケットは他の防撓材（座屈防撓材ではない）に取り付けられている時は曲げに有効とする。

d_w ：防撓材の高さ（*mm*）

= h_{stf} - t_{f-net}　*T* 型，*L* 型（圧延及び組立て）及び *L2* 型に対し

= h_{stf}　　平鋼及び *L3* 型に対し

バルブプレートにあっては，**表 4.2.3** 及び**表 4.2.4** による。

h_{stf} ：防撓材高さ（*mm*）（**図 4.2.12** 参照）

γ $=0.25\left(1+\sqrt{3+12\beta}\right)$

β = 0.5 ただし，防撓材のスパンの中央部に倒止ブラケットのない *L* 型鋼にあっては次式による値，かつ 0.5 以下とする。

$$= \frac{10^6 t^2{}_{w-net} f_b l_f^2}{80 b_f^2 t_{f-net} h_{f-ctr}} + \frac{t_{w-net}}{2b_f}$$

A_{f-net} ：面材のネット断面積（mm^2）

= $b_f t_{f-net}$　平鋼以外の場合

= 0　　平鋼の場合

b_f ：面材の幅（*mm*）（**図 4.2.12** 参照）バルブプレートの場合，**表 4.2.3** 及び**表 4.2.4** による。

b_{f-ctr} ：防撓材のウェブの板厚の中心から面材の中心までの距離（*mm*）

=0.5($b_f - t_{w-grs}$)　　圧延型鋼の場合

= 0　　*T* 型鋼の場合

バルブプレートの場合，**表 4.2.3** 及び**表 4.2.4** による。

$h_{f\text{-}ctr}$ ：面材の板厚中心までの防撓材高さ（*mm*）

$= h_{stf} - 0.5\ t_{f\text{-}net}$　　*L*3 鋼を除く長方形の形状の面材を有する防撓材の場合

$= h_{stf} - d_{edge} - 0.5\ t_{f\text{-}net}$　　*L*3 鋼の場合

バルブプレートの場合，**表 4.2.3** 及び**表 4.2.4** による。

d_{edge} ：ウェブの上端からネット寸法における面材の頂部までの距離（*mm*）。*L*3 鋼の場合，**図 4.2.12** 参照。

f_b　=1.0　下記以外

=0.8　端部ブラケットのある連続した面材の場合。連続した面材とは，スニップ端でなく，かつ，主要支持部材を貫通して連続である面材とする。

=0.7　端部ブラケットを有する不連続の面材の場合。不連続な面材とは，主要支持部材位置でスニップしているか，支持部材の反対側に連続する構造物がないものをいう。

l_f　：支持ウェブ間の防撓材の面材長さ（*m*）。ただし，端部ブラケットが付いている防撓材に対し端部ブラケットの腕の長さにより減じてよい。

$t_{f\text{-}net}$ ：面材のネット板厚（*mm*）

= 0 平鋼の場合

バルブプレートの場合，**表 4.2.3** 及び**表 4.2.4** による。

$t_{w\text{-}net}$：防撓材ウェブのネット板厚（*mm*）

φ_w ：防撓材のウェブ及び防撓材付の板のなす角度（*degree*）。（**図 4.2.14** 参照）角度が 75°以上の場合，φ_wは 90°とする。

表 4.2.3　　HP 型鋼の面材特性（**図 4.2.15** 参照）

h_{stf}（*mm*）	d_w（*mm*）	$b_{f\text{-}grs}$*（*mm*）	$t_{f\text{-}grs}$*（*mm*）	$b_{f\text{-}ctr}$（*mm*）	$h_{f\text{-}ctr}$（*mm*）
200	171	40	14.4	10.9	188
220	188	44	16.2	12.1	206
240	205	49	17.7	13.3	225
260	221	53	19.5	14.5	244
280	238	57	21.3	15.8	263
300	255	62	22.8	16.9	281
320	271	65	25.0	18.1	300
340	288	70	26.4	19.3	318
370	313	77	28.8	21.1	346
400	338	83	31.5	22.9	374
430	363	90	33.9	24.7	402

備考：ネット寸法に変換する面材特性は，以下による。

$b_{f\text{-}net} \cong b_{f\text{-}grs}* + 2\ t_{w\text{-}net}$

$t_{f\text{-}net} = t_{f\text{-}grs}* - t_{corr}$

$t_{w\text{-}net} = t_{w\text{-}grs} - t_{corr}$

表 4.2.4　　JIS 鋼の面材特性（図 4.2.15 参照）

h_{stf}（mm）	d_w（mm）	$b_{f\text{-}grs}$*（mm）	$t_{f\text{-}grs}$*（mm）	$b_{f\text{-}ctr}$（mm）	$h_{f\text{-}ctr}$（mm）
180	156	34	11.9	9.0	170
200	172	39	13.7	10.4	188
230	198	45	15.2	11.7	217
250	215	49	17.1	12.9	235

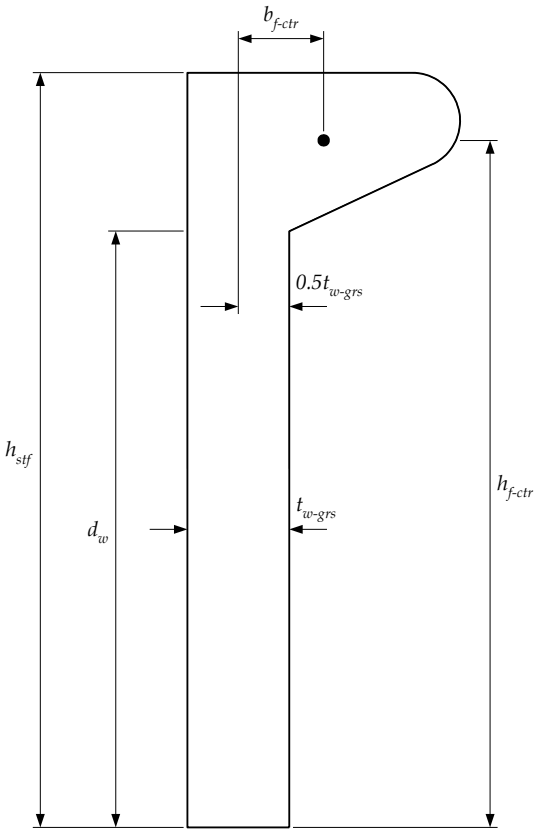
備考：ネット寸法に変換する面材特性は，以下による。

$b_{f\text{-}net} \cong b_{f\text{-}grs}^* + 2\ t_{w\text{-}net}$

$t_{f\text{-}net} = t_{f\text{-}grs}^* - t_{corr}$

$t_{w\text{-}net} = t_{w\text{-}grs} - t_{corr}$

図 4.2.15　　バルブプレートの特性



2.5　主要支持部材の幾何学的性能

2.5.1　主要支持部材の有効せん断面積

2.5.1.1　主要支持部材の有効ウェブ面積に対して，ウェブ深さ（h_w）は主要支持部材の型高さとする。

2.5.1.2　主要支持部材に対して，有効ネットせん断面積（$A_{shr\text{-}net50}$）は以下の規定による。

$A_{shr\text{-}net50} = 0.01\ h_n\ t_{w\text{-}net50}\ \sin\varphi_w$（$cm^2$）

h_n　図 4.2.16 に示す単船殻構造の主要支持部材の有効ウェブ深さ（mm）で，次式による値のうち小さい方の値とする。

(a)　h_w

(b)　$h_{n3} + h_{n4}$

(c)　$h_{n1} + h_{n2} + h_{n4}$

二重殻構造の主要支持部材においても，同様の方法により有効ウェブ深さを決定しなければならない。

h_w　：主要支持部材のウェブ深さ（mm）

h_{n1}，h_{n2} ：図 4.2.16 参照

h_{n3}，h_{n4}

$t_{w\text{-}net50}$ ：ウェブのネット板厚（*mm*）

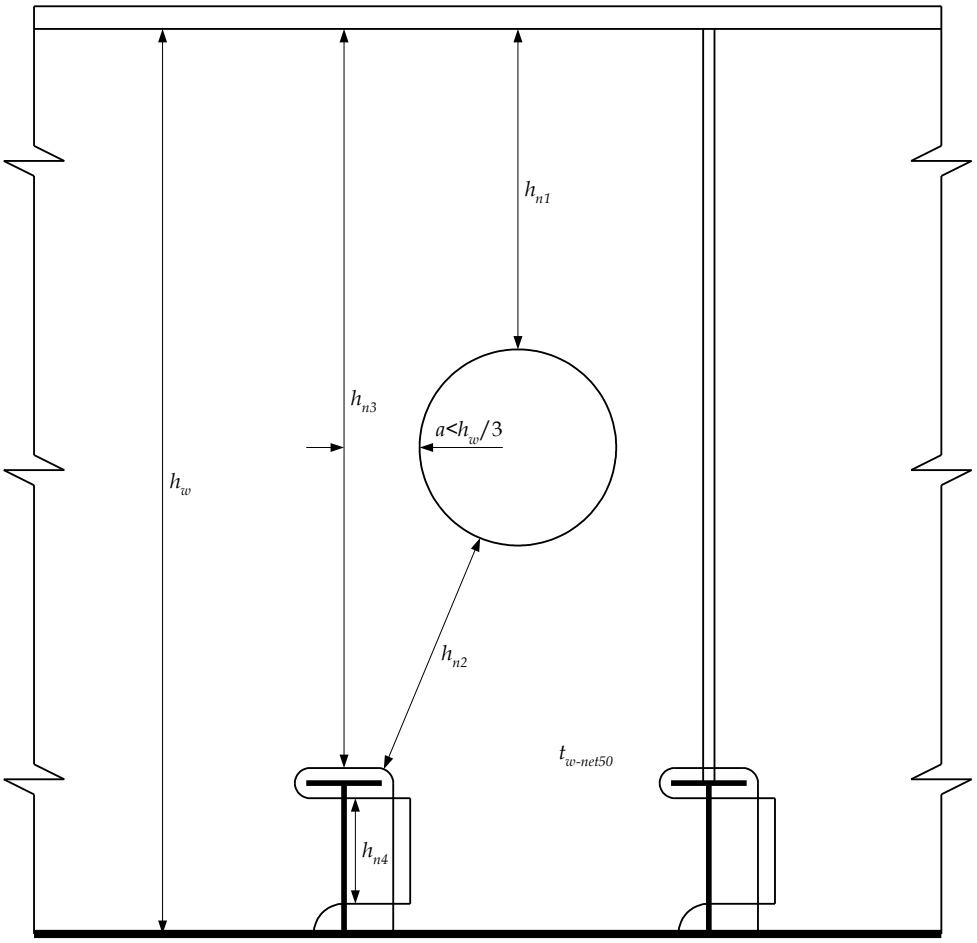
$= t_{w\text{-}grs} - 0.5\ t_{corr}$（*mm*）

$t_{w\text{-}grs}$ ：ウェブのグロス板厚（*mm*）

t_{corr} ：6 節 3.2 に規定する腐食予備厚（*mm*）

φ_w ：ウェブ及び取り付け板のなす角度（*deg*）図 4.2.14 参照。φ_wは，角度が 75 度以上の場合，90 度とする。

図 4.2.16　　開口があるウェブの有効せん断面積



（備考）

この図は単船殻の主要支持部材の有効ウェブ深さを示している。二重殻構造の主要支持部材においても，同様の方法により有効ウェブ深さを決定しなければならない。

2.5.1.3　開口が，考慮している横断面から $h_w/3$ 未満の距離にある場合，図 4.2.16 に示する h_n は開口を通るネット高さとネット距離の小さい方の値としなければならない。

2.5.1.4　単船殻の主要支持部材の桁の面材が主要支持部材付の板に平行でない場合，有効せん断面積（$A_{shr\text{-}net50}$）は，次の算式による。

$$A_{shr-net50} = 0.01 h_n t_{w-net50} + 1.3 A_{f-net50} \sin 2\theta \sin\theta \quad (cm^2)$$

$A_{f\text{-}net50}$：フランジ又は面材のネット断面積

$= 0.01 b_f t_{f\text{-}net50}$（$cm^2$）

b_f ：面材の幅（*mm*）

$t_{f\text{-}net50}$ ：面材のネット板厚（*mm*）

$= t_{f\text{-}grs} - 0.5 t_{corr}$（*mm*）

$t_{f\text{-}grs}$ ：面材のグロス板厚（*mm*）

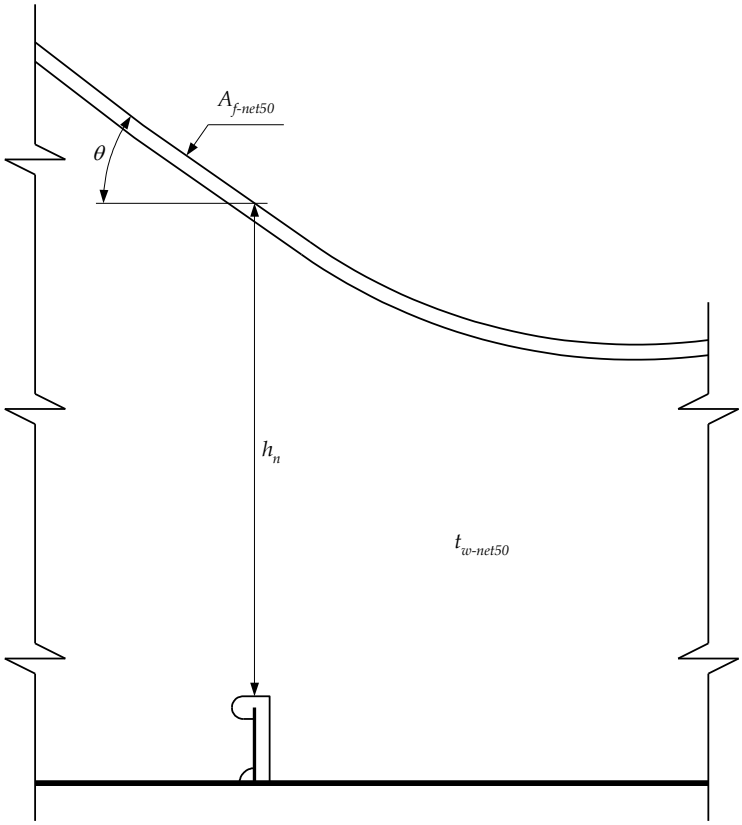
t_{corr} ：**6 節 3.2** に規定する腐食予備厚（*mm*）

θ ：連続する面材の傾斜角。（**図 4.2.17** 参照）

$t_{w\text{-}net50}$：**2.5.1.2** に規定するウェブのネット板厚（*mm*）

h_n ：**図 4.2.16** に規定する有効ウェブ深さ（*mm*）

図 4.2.17　　ブラケットのある個所における有効せん断面積



2.5.2　主要支持部材の有効断面係数

2.5.2.1　ネット板厚が以下の算式による場合，主要支持部材のネット断面係数は，主要支持部材付の板，ウェブ及び面材（又は二重殻構造の場合，桁上端に付く板）のネット板厚を使用して計算しなければならない。

$t_{w-net50} = t_{w-grs} - 0.5t_{corr}$ ウェブのネット板厚（*mm*）

$t_{p-net50} = t_{p-grs} - 0.5t_{corr}$ 主要支持部材下部に付く板のネット板厚（*mm*）

$t_{f-net50} = t_{f-grs} - 0.5t_{corr}$ 主要支持部材上部に付く板のネット板厚又は面材のネット板厚（*mm*）

$t_{w\text{-}grs}$：ウェブのグロス板厚（*mm*）

$t_{p\text{-}grs}$：主要支持部材下部に付く板のグロス板厚（*mm*）

$t_{f\text{-}grs}$：主要支持部材上部に付く板のグロス板厚又は面材のグロス板厚（*mm*）

t_{corr} ：**6 節 3.2** に規定する腐食予備厚（*mm*）

備考：主要支持部材の面材が曲線状の場合，**2.3.4** による。

主要支持部材のウェブ及び取り付け板のなす角度が 75 度未満の場合は，断面係数は直接計算しなければならない。

2.6　ハルガーダ横断面の幾何学的性能

2.6.1　ハルガーダ断面係数

2.6.1.1　基線上の垂直距離（*z*）でのハルガーダの有効断面係数（Z_v）は，次の規定による。

$$Z_v = \frac{I_v}{|z - z_{NA}|} \quad (m^3)$$

I_v ：**2.6.3** の規定により開口を減じた後，考慮している横断面で全ての縦通部材のハルガーダの断面二次モー

メント（m^4）

z ：考慮している構造部材から基線までの距離（m）

z_{NA} ：基線からハルガーダ横断面の水平中性軸までの距離（m）

2.6.1.2 **8 節**の規定による強度評価のハルガーダの断面係数（$Z_{v\text{-}net50}$）の計算には，ハルガーダのネット断面二次モーメント及び水平中性軸の位置を，ハルガーダ断面の全ての有効な構造部材の腐食予備厚 $0.5t_{corr}$ を引いたグロス板厚により計算しなければならない。t_{corr} は **6 節 3.2** の規定による。

2.6.1.3 **9 節 3** の規定による疲労強度評価のハルガーダのネット断面係数（$Z_{v\text{-}net75}$）の計算には，ハルガーダのネット断面二次モーメント及び水平中性軸の位置を，ハルガーダ断面の全ての有効な構造部材の腐食予備厚 $0.25t_{corr}$ を引いたグロス板厚により計算しなければならない。t_{corr} は **6 節 3.2** の規定による。

2.6.2 ハルガーダの垂直軸まわりの断面係数

2.6.2.1 中心線からいかなる横位置（y）におけるハルガーダの垂直軸まわりの有効断面係数（Z_h）は以下の規定による。

$$Z_h = \frac{I_h}{|y - y_{NA}|} \quad (m^3)$$

I_h ：**2.6.3** の規定により開口を減じた後，考慮している断面の全ての縦通部材のハルガーダの水平断面二次モーメント（m^4）

y ：横方向の座標（m）

y_{NA} ：中心線からハルガーダ横断面の縦中立軸までの距離（m）

2.6.2.2 **8 節**の規定による強度評価の水平ネットハルガーダ断面係数（$Z_{h\text{-}net50}$）の計算には，ハルガーダの水平ネット断面二次モーメント及び縦中性軸の位置を，ハルガーダ断面の全て有効な構造部材の腐食予備厚 $0.5t_{corr}$ を引いたグロス板厚により計算しなければならない。t_{corr} は **6 節 3.2** の規定による。

2.6.2.3 **9 節 3** の規定による疲労強度評価のハルガーダの水平ネット断面係数（$Z_{h\text{-}net75}$）の計算には，ハルガーダの水平ネット断面二次モーメント及び縦中性軸の位置を，ハルガーダ断面の全ての有効な構造部材の腐食予備厚 $0.25t_{corr}$ を引いたグロス板厚により計算しなければならない。t_{corr} は **6 節 3.2** の規定による。

2.6.3 ハルガーダの断面二次モーメント及び断面係数の計算に必要な有効面積

2.6.3.1 ハルガーダの有効断面積は，開口を減じた後の全ての縦通部材を含む。**2.6.3.2** の規定による構造部材はハルガーダの有効断面積には含んではならない。減じる開口及び減じる必要のない開口は **2.6.3.4** から **2.6.3.9** の規定による。不連続隔壁及び甲板の有効面積は **2.6.3.10** の規定による。

2.6.3.2 次の構造部材は十分な構造の連続性が無いのでハルガーダの断面積に有効な部材として考慮してはならない。これらは，計算から除外しなければならない。

(a) 強力甲板を形成しない船楼

(b) 甲板室

(c) 垂直波形隔壁

(d) ブルワーク及びガッターバー

(e) ビルジキール

(f) 考慮している横断面が防撓材の端部から防撓材の高さの 2 倍に近い場合の，スニップ端又は不連続の縦通肋骨

2.6.3.3 次の開口の規定を適用しなければならない。

(a) 大開口は長さ 2.5m，幅 1.2m 又はそのどちらかを超えるものとし，この長さは**図 4.1.1** に示す x 軸に沿って計測する。

(b) 小開口はマンホール，軽目孔等の大開口では無いもの。

(c) 単独の開口とは，開口と開口の間が船の横方向又は垂直方向に 1m 以上離れたもの。

2.6.3.4 単独でない大開口及び小開口は断面係数の計算の断面積に加えてはならない。

2.6.3.5 縦通防撓材又は縦通桁の単独の小開口は，ウェブ深さの 25%を越える場合は断面積から差し引かなくてはならない。

2.6.3.6 数個の開口が同一の断面又は近傍に位置している場合，開口の合計有効幅（Σb_{ded}）を差し引かなければならない。**2.6.3.7** 及び **2.6.3.8** 並びに**図 4.2.18** 参照。

2.6.3.7 単独の小開口は，一断面でそれらの幅又はシャドウエリア幅の総和が甲板又は基線位置でハルガーダの断面係数を 3%以上減じていなければ差し引く必要はない。他に，単独の小開口は，小開口の合計有効幅（Σb_{sm}）が次式の値より小さい場合，差し引く必要はない。

$$\Sigma b_{sm} = 0.06(B_{\mathrm{sect}} - \Sigma b_{ded})\ (m)$$

Σb_{sm} ：図 4.2.18 で規定する合計有効幅で，$= b_{sm1} + b_{sm2} + b_{sm3}$ で表す（m）

B_{sect} ：考慮している断面の船の幅（m）

Σb_{ded} ：2.6.3.7 に規定する複数の開口に対する有効幅（m）

差し引かれる開口のシャドウエリアの効果を考慮すること。

2.6.3.8 開口の合計有効幅（Σb_{sm}）の計算は，各々の開口は図 4.2.18 に規定するように長さ方向のシャドウエリアを持つと想定する。このシャドウエリアは，船の長さ方向の軸に 2 つの角度 15 度の接線を引くことで求めること。

2.6.3.9 全て又は一部の開口の補正は，板部材，縦通肋骨又は縦通桁，若しくは他の適当な構造の断面積を増加することで補って差し支えない。補正面積は開口の前後端を超えたところまで十分に延ばさなければならない。あらゆる開口端部の補強はハルガーダ断面係数の計算の有効面積に含めてはならない。この補正は，2.6.3.7 に規定に従い差し引くことが要求されない開口に対しては必要ない。

2.6.3.10 大開口並びに連続していない甲板及び縦通隔壁の有効でない面積の計算において，有効面積は図 4.2.19 に規定によらなければならない。有効でない面積を示すシャドウエリアは船の長さ方向の軸に 2 つの角度 15°の接線を引くことにより求めること。

図 4.2.18 有効幅の計算

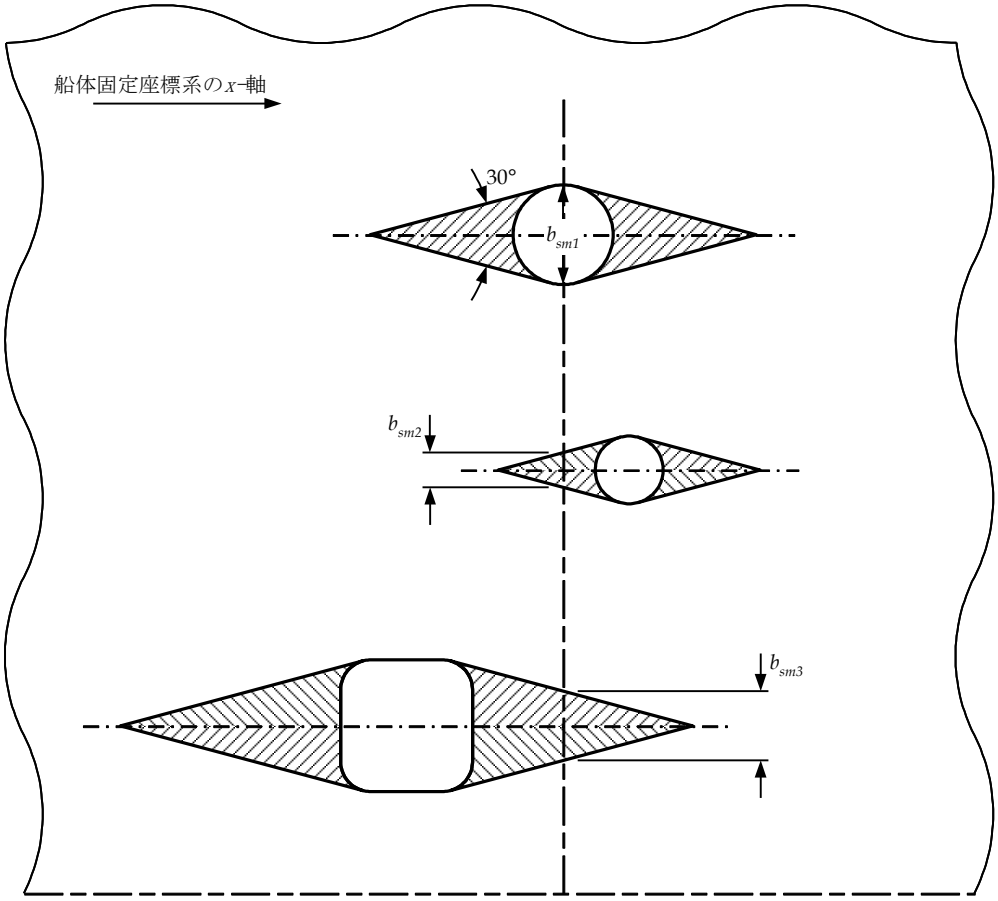
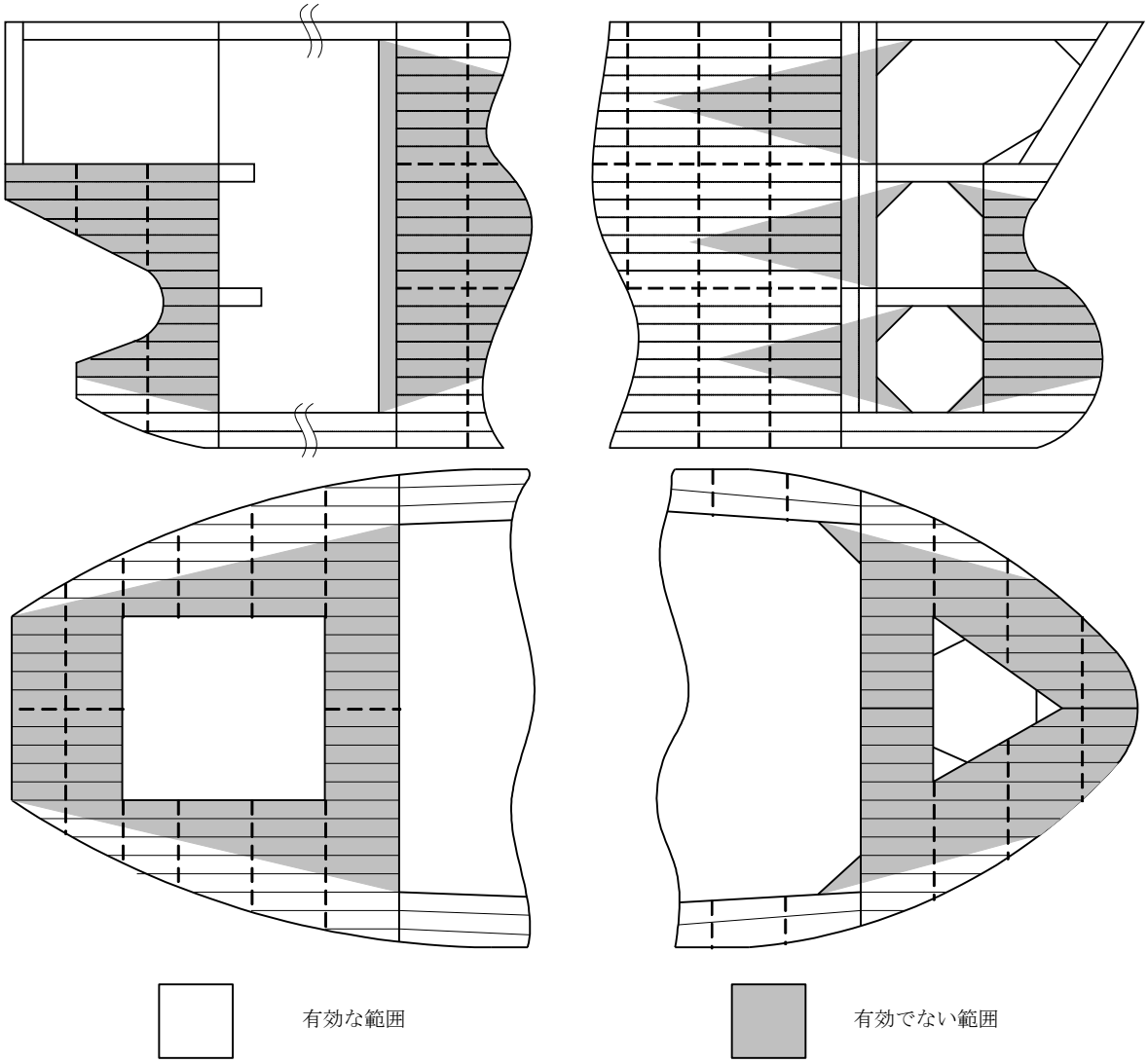


図 4.2.19　　連続していない甲板及び隔壁個所の有効断面積



2.6.4　　ハルガーダの有効せん断面積

2.6.4.1　ハルガーダの有効ネットせん断面積は，ビルジを含む船側外板，ホッパ斜板及び桁部材を含む内殻板部材及び縦通隔壁の同一線上の二重底縦通桁を含む縦通隔壁のネット板材の面積を含む。

2.6.4.2　ハルガーダのネットせん断面積は，**2.6.4.1** に規定する，全ての有効な構造部材のグロス板厚から腐食予備厚 $0.5t_{corr}$ を引いたネット板厚（t_{net50}）を基本として計算しなければならない。t_{corr} は **6 節 3.2** の規定による。

2.6.4.3　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，せん断力計算に含む部材面積は，**図 4.2.20** に示すように，垂直面に投影する面積に基づかなければならない。

2.6.4.4　垂直及び水平波形隔壁のネット有効せん断面積の計算は，次の式で規定する有効な等価ネット板厚（$t_{cg\text{-}net50}$）に基づかなければならない。

$$t_{cg-net50} = \left[0.5\left(t_{w-grs} + t_{f-grs}\right)\frac{b_{cg}}{b_{w-cg} + b_{f-cg}}\right] - 0.5t_{corr} \quad (mm)$$

$t_{w\text{-}grs}$ ：ウェブのグロス板厚（mm）

$t_{f\text{-}grs}$ ：面材のグロス板厚（mm）

b_{cg} ：**図 4.2.20** に示す 1 つの波形形状の投影長さ（mm）

$b_{w\text{-}cg}$ ：**図 4.2.20** に示す波形形状のウェブの幅（mm）

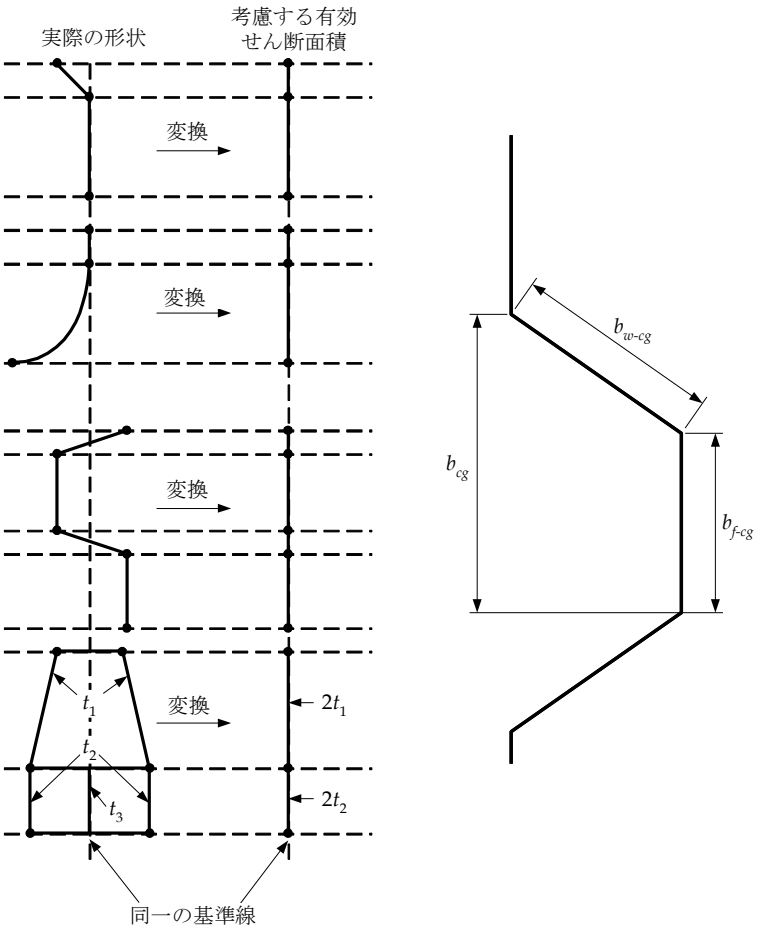
$b_{f\text{-}cg}$ ：**図 4.2.20** に示す波形形状の面材の幅（mm）

t_{corr} ：**6 節 3.2** に規定する腐食予備厚（mm）

2.6.4.5　波形隔壁の等価ネット板厚（$t_{cg\text{-}net50}$）は，有効面積（$A_{eff\text{-}net50}$）及び **8 節 1.3.2.2** に規定するせん断力分布係数（f_i）

の計算にのみ適用する。

図 4.2.20　有効せん断面積



3 構造詳細設計

3.1 標準構造詳細

3.1.1 提出詳細図書

3.1.1.1 標準構造詳細図書を審査のために提出すること。この図書は以下を含まなければならない。

(a) 10 節に規定する，構造的な安定性について完成した標準に適合していることを示す組立材の形状

(b) 応力集中，ノッチ及び材料疲労による有害な影響を減少する以下に示す構造詳細設計：

- 部材及びブラケットの交差部の端部詳細
- 空気孔，排水孔及び軽目孔の形状及び位置
- 内部材のスロット又は切欠きの形状及びその補強
- 溶接交差部のスカラップの除去又は塞ぎ，ブラケット端部のソフトトウ，断面の急激な変化及び構造の不連続部
- 主機，プロペラ，又は波浪による周期的応力による，特に高張力鋼に対する疲労応答を減じる構造部材の形状及び板厚

3.2 局部支持部材の終端部

3.2.1 一般

3.2.1.1 一般に，構造部材は，ハードスポット，ノッチ及び応力集中を避けるように隣接構造に有効に結合しなければならない。

3.2.1.2 構造部材の終端部では，桁部材の端部結合部に適当な補強構造により構造の連続性を確保しなければならない。端部の結合部は，追加の構造まで有効に延長する又は隣接の梁，防撓材等に対しに有効に結合しなければならない。

3.2.1.3 すべての防撓材（縦通材，梁，肋骨，隔壁防撓材）はその端部を結合しなければならない。ただし，本会が適当と認める場合には，スニップ端は認めることがある。結合の様々な形式（ブラケット，ブラケットなし又はスニップ端）に関する要件は 3.2.3 から 3.2.5 に規定する。

3.2.2 縦通部材

3.2.2.1 すべての縦通部材は，貨物タンク区域の中央部 0.4 $L_{CSR\text{-}T}$ 間を連続としなければならない。大きな開口，台及び部分的な桁のような特別な場合は，縦通部材を不連続としても差し支えない。ただし端部結合部及びその溶接に対しては特別な考慮を払わなければならない。

3.2.2.2 縦通部材の強度の連続性がブラケットで保たれる場合，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，ブラケットの部材寸法は防撓材及びブラケットを組み合わせた断面係数及び有効断面積は縦通部材の断面係数及び有効断面積未満としてはならない。

3.2.3 ブラケット結合

3.2.3.1 ブラケットの端部結合部は，防撓材とブラケットの結合部及びブラケットと支持部材の結合部で強度の連続性を保たなければならない。ブラケットは不連続防撓材又はその面材を補強するのに十分な寸法としなければならない。

3.2.3.2 防撓材とブラケットの結合部は，いかなる結合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に配置しなければならない。

3.2.3.3 ブラケットの最小ネット板厚（$t_{bkt\text{-}net}$）は次の式による。

$$t_{bkt-net} = \left(2 + f_{bkt}\sqrt{Z_{rl-net}}\right)\left(\sqrt{\frac{\sigma_{yd-stf}}{\sigma_{yd-bkt}}}\right) \quad (mm)$$

ただし，板厚は 6*mm* 以上とし，13.5*mm* を超える必要はない

f_{bkt} ：0.2 面材又は遊縁に防撓材をもつブラケット

：0.3 面材又は遊縁に防撓材のないブラケット

$Z_{rl\text{-}net}$：防撓材の規定のネット断面係数（cm^3）。2 つの防撓材が結合されている場合は最も小さい防撓材の断面係数を超える必要はない

$\sigma_{yd\text{-}stf}$ ：防撓材の材料の最小降伏応力（N/mm^2）

$\sigma_{yd\text{-}bkt}$：ブラケットの材料の最小降伏応力（N/mm^2）

3.2.3.4 **3.2.4** の規定する場合を除き，局部支持部材の不連続部に端部回転防止のためのブラケットを設けなければならない。この端部ブラケットの腕の長さ（l_{bkt}）は，次式の値未満としてはならない。

$$l_{bkt} = C_{bkt}\sqrt{\frac{Z_{rl-net}}{t_{bkt-net}}} \quad (mm)$$

ただし，ブラケットの腕の長さは，防撓材のウェブに同一線上に溶接されているブラケット（溶接のためにオフセットする場合を含む）に対しては防撓材の深さの 1.8 倍以上とする。**図 4.3.1(c)**参照。

その他の場合には 2 倍以上としなければならない。**図 4.3.1(a)**，**(b)**，**(d)**参照。

c_{bkt} ：65　面材又は遊縁に防撓材をもつブラケットについて

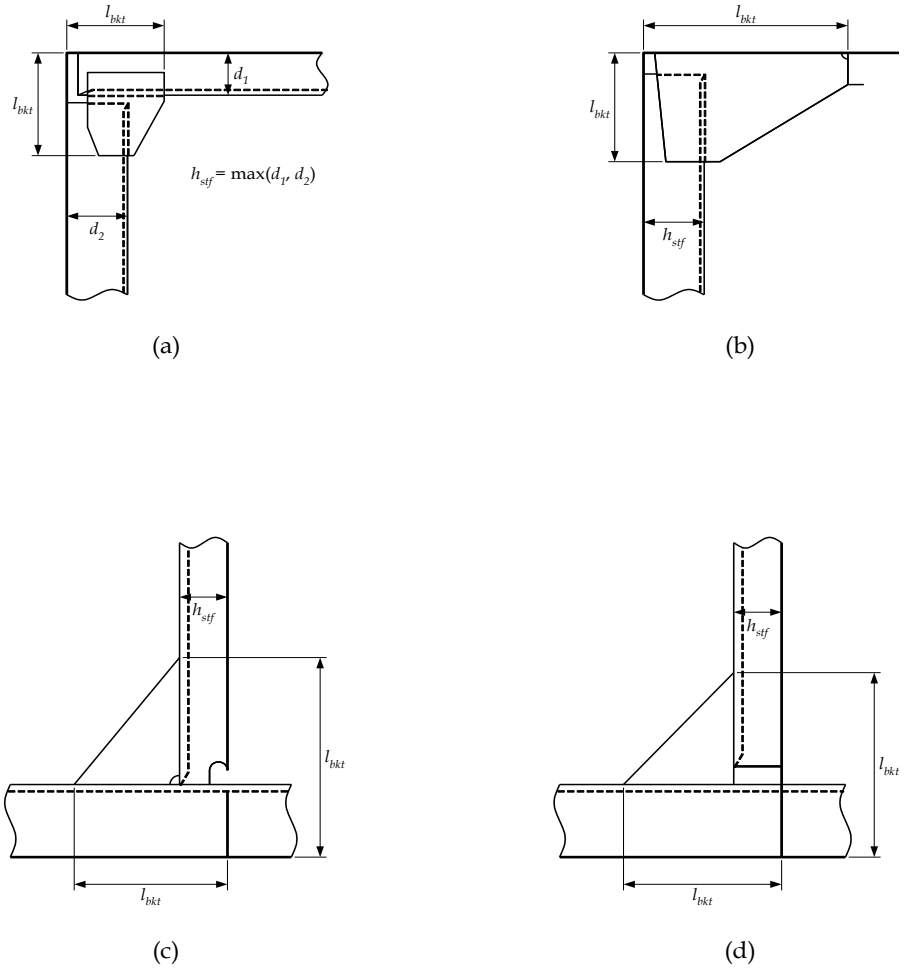
：70　面材又は遊縁に防撓材のないブラケットについて

$Z_{rl\text{-}net}$：防撓材の規則上のネット断面係数（cm^3）。2 つの防撓材が結合されている場合は最も小さい防撓材の断面係数を超える必要はない

$t_{bkt\text{-}net}$：**3.2.3.3** に規定する最小ネットブラケット板厚

3.2.3.4bis ブラケットの腕の長さが異なる場合，腕の長さはそれぞれ $0.8l_{bkt}$ 以上とし，その合計が $2l_{bkt}$ より大きいものとしなければならない。ここで，l_{bkt} は板部材からブラケット端部までの距離とし，**3.2.3.4** の規定による。

図 4.3.1　　ブラケットの腕の長さ



備考

(1) 図**(b)**に示す配置となる防撓材に対して，防撓材と重なっていない部分のブラケットの腕の長さは，防撓材の高さ h_{stf}未満としてはならない。

(2) 図**(c)**及び**(d)**に示す配置となる防撓材に対して，高さが h_{stf}の防撓材が主要支持部材又は隔壁に結合している場合にあっては，ブラケットの高さは，防撓材の高さ h_{stf}未満としてはならない。

3.2.3.5　ブラケットの形状及び遊縁の防撓補強は **10 節 2.4** の規定による。遊縁に防撓材が要求する場合，そのウェブの深さ（d_w）は次の式による。

$$d_w = 45\left(1+\frac{Z_{rl-net}}{2000}\right)$$ （*mm*）但し，50*mm* 以上とする

Z_{rl-net}：防撓材に対する規則上のネット断面係数（cm^3）。2 つの防撓材が結合されている場合は最も小さい防撓材の断面係数を超える必要はない

3.2.4　ブラケットのない結合

3.2.4.1　局部支持部材は（縦通部材，梁，船体構造の一部をなす隔壁防撓材等），一般に **3.2.2** 及び **3.2.3** の規定に従ってそれらの端部で結合しなければならない。

3.2.4.2　代替の結合方法を採用する場合，提案された構造は，本会が適当と認めるところによる。

3.2.4.3　端部結合部及びその支持構造は，結合部の回転及び変位に対して適当な抵抗をするような設計としなければならない。

3.2.5　スニップ端

3.2.5.1　防撓材によって支持する板のネット板厚（t_{p-net}）が次の式の値以上の場合，スニップ端の防撓材を，船尾区域以外の構造，主機又は発電機から離れた構造のように動的荷重が小さい箇所及び振動の負担が軽いと考えられる箇所に対し使用しても差し支えない。

$$t_{p-net} = c_1\sqrt{(1000l-\frac{s}{2})\frac{sPk}{10^6}}$$ （*mm*）

l ：防撓材のスパン（*m*）

s ：**2.2** の規定による防撓材の心距（*mm*）

P ： 考慮している設計荷重条件における防撓材の設計荷重（kN/m^2）。設計荷重を計算するための設計荷重条件及び方法は，使用する許容評価基準を規定する次の基準に従わなければならない。

(a)　貨物タンク区域については，**表 8.2.5**

(b)　前方の貨物タンクの前方区域及び船尾端については，**8 節 3.9.2.2**

(c)　機関室については，**8 節 4.8.1.2**

(d)　**8 節 6.2.4.1** 及び **8 節 6.2.5.3** が適用される構造部材については，**8 節 6.2.4.1** 及び **8 節 6.2.5.3**

k ：**6 節 1.1.4** に規定する高張力鋼係数。

c_1：考慮している設計荷重条件に対する係数，以下の値としなければならない。

=1.2　許容評価基準 *AC*1 及びスロッシング設計荷重に対し

=1.1　許容評価基準 *AC*2 に対し

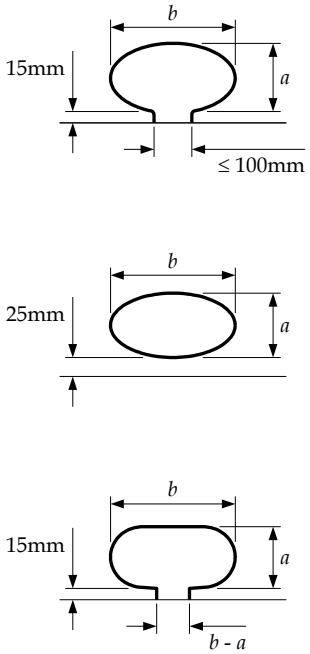
3.2.5.2　ブラケット先端及びスニップ端は一般に，隣接部材から 25*mm* 以内としなければならない。最大距離は，ブラケット又はスニップ端が板材の反対側に取り付く他の部材で支持されていない場合 40*mm* を超えてはならない。スニップ端のテーパーは 30°を超えないよう特別な注意を払わなければならない。ブラケット先端又はスニップ端の深さは一般に，ブラケット又はスニップ端の板厚を超えてはならない。ただし 15*mm* 未満とする必要はない。

3.2.5.3　荷重を支持しない部材の端部接続はスニップ端として差し支えない。このスニップ端は 30°を超えてはならない。また一般に，板材の反対側に取り付く部材に支持されていない場合，隣接部材から 50*mm* 以内に設置しなければならない。先端部の深さは一般に 15*mm* を超えてはならない。

3.2.6　空気孔，排水孔及びスカラップ

3.2.6.1　空気孔，排水孔及びスカラップは，ブラケット先端部，端部接続部，スパンの中央方向の防撓材の長さに沿った他の高応力集中部から少なくとも 200*mm* 及び反対側の長さ方向に 50*mm* の範囲に設けてはならない。(**図 4.3.2(b)**参照) スカラップのような開口部にふさぎ板を設ける場合，ブロック継ぎ手の溶接線部付近に開口を設けても差し支えない。せん断応力が許容限界の 60%より小さい領域においては，代替の配置を適用して差し支えない。開口端部は，十分に滑らかにしなければならない。空気孔，排水孔及びスカラップの幾つかの例を**図 4.3.2(a)**に示す。一般に，**図 4.3.2(a)**に規定する *a*/*b* の比率は 0.5 から 1.0 の間としなければならない。疲労に敏感な領域は開口及びスカラップの詳細及び配置に関して更なる考慮を要求することがある。

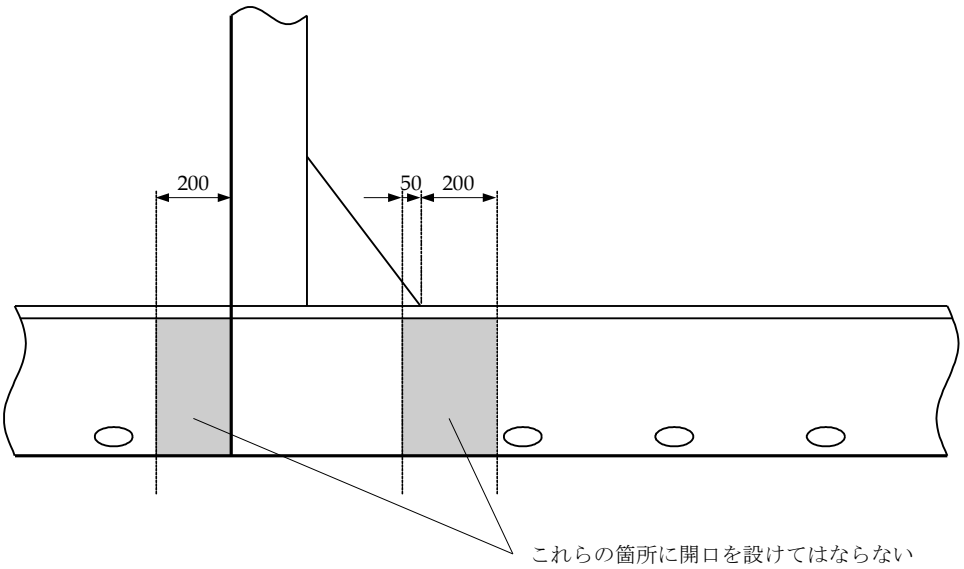
図 4.3.2(a)　空気孔，排水孔及びスカラップの例



（備考）

この図に示す詳細は，指針及び例示である。

図 4.3.2(b)　空気孔及び排水孔の位置



3.2.7　特別要件

3.2.7.1　縦強度部材又は防撓材の端部から防撓材長さの 20%以内の箇所について，**図 4.3.2(a)**に示すスカラップ又は排水孔の間隔が開口の幅 *b* の 2 倍未満であってはならない。広い間隔の空気孔又は排水孔は，一般に，それらが応力集中を最小にする楕円形状か同等の形状及び溶接結合部を避けて開口を設けなければならない。

3.3　主要支持部材の終端部

3.3.1　一般

3.3.1.1　主要支持部材は，有効な強度の連続性を確保するように配置しなければならない。深さ又は断面の急激な変化は避けなければならない。タンク内の主要支持部材は連続支持形状とし，かつ，可能であれば完全なリング形状とすること。

3.3.1.2　部材は，十分な横方向への安定性を有し，かつ，ウェブにて防撓しているものとする。ハードスポットや他の応力集中の原因になるものを最小にする構造としなければならない。開口は角に丸みを取り，滑らかな遊縁とし，応力分布やパネルの座屈強度を考慮して配置しなければならない。

3.3.2　　端部結合

3.3.2.1　主要支持部材はブラケット又は同等な構造によって適当な端部剛性を持つものとしなければならない。端部結合の設計及びそれらの支持構造は継ぎ目の回転や変位に適当に抵抗し，部材からの荷重を有効に分配するものであること。

3.3.2.2　ブラケットの端部は一般に，ソフト端とすること。ブラケットの遊縁は防撓しなければならない。寸法及び詳細は **3.3.3** に規定する。

3.3.2.3　主要支持部材に対し集中荷重が作用する場合，特にこれらが部材のウェブと面と合っていない場合には追加の補強が要求する場合がある。

3.3.2.4　一般に，リング形状系を形成する主要支持部材の端部や主要支持部材間の結合部にはブラケットを設けなければならない。適当な隣接する面材からの支持があればブラケット無しの結合を用いても差し支えない。

3.3.3　　ブラケット

3.3.3.1　一般に，主要支持部材に結合しているブラケットの腕の長さは部材のウェブの深さより小さくしてはならないが，ウェブの深さの 1.5 倍を超える必要はない。一般にブラケットの板厚は，桁のウェブの板厚未満としてはならない。

3.3.3.2　端部ブラケットが部材のウェブと一体化し，面材がウェブと端部ブラケットにわたって連続するようなリング形式の場合にあっては，最大となる面材の幅をブラケットの中点付近まで維持し，次第にテーパーする構造とすること。面材の継手はブラケット先端から十分に離して設置しなければならない。

3.3.3.3　幅の広い面材と幅の狭い面材を継ぐ箇所では，そのテーパーは一般に 1：4 を超えてはならない。厚い面材と薄い面材を継ぐところ及び板厚の差が 4*mm* を超える箇所については，板厚のテーパーが 1：3 を超えないようにすること。

3.3.3.4　ブラケットの面材（**図 4.2.7(b)**に示すものと類似の典型的なブラケット）のネット断面積（$A_{f\text{-}net}$）は，次の規定の値未満としてはならない。

$A_{f-net} = l_{bkt-edge} t_{bkt-net}$ （cm^2）

ここで，

$l_{bkt\text{-}edge}$：ブラケットの遊縁の長さ（*m*）。遊縁の長さが曲線のブラケットは，遊縁の中点における接線の長さとして差し支えない。もし $l_{bkt\text{-}edge}$ が 1.5*m* を超える場合には，面材の面積の 40%を防撓材の遊縁と平行に取り付けなければならない。このとき遊縁からの距離は最大で 0.15*m* とする。

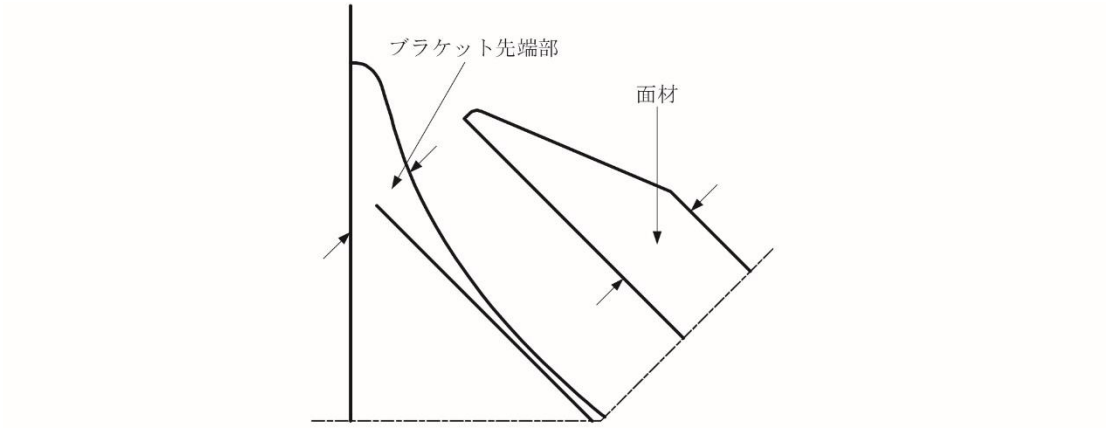
$t_{bkt\text{-}net}$：**3.2.3.3** の定義によるブラケットの最小ネット板厚（*mm*）

3.3.4　　ブラケットの先端

3.3.4.1　ブラケットの先端を防撓していない板材に固定してはならない。ブラケット先端のノッチ効果は先端を凹面に加工して減少させるか又はテーパーにより減少させて差し支えない。一般に，先端高さはブラケット先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。大きな主要支持部材の端部のブラケットはソフトトウとすること。端部ブラケットに面材がある場合，面材はスニップ端とし，かつ，30°を超えない角度でテーパーすること。

3.3.4.2　主要支持部材に高張力鋼を使用している場合，端部ブラケット先端部の設計には応力集中を最小にするため特に注意を払わなければならない。主要支持部材のブラケットの遊縁に溶接しスニップ端とした面材は 1：3 を超えないテーパーを有し，ソフトブラケット先端部近傍まで十分に通さなければならない。スニップ端とした面材が主要支持部材のブラケットの遊縁に隣接して溶接されている場合，ブラケットトウはスニップ端終端で適当な断面積を持つこと。一般に，面材と直角に測った面積は**図 4.3.3** に規定するように，面材の全断面積 60%未満としてはならない。

図 4.3.3　　ブラケット先端部の構造



（備考）

この図に示す詳細は，本編で述べる例示に使用され，設計指針や推奨事項を示すものではない。

3.4　連続した局部支持部材と主要支持部材の交差部

3.4.1　一般

3.4.1.1　主要支持部材ウェブに防撓材を通すためのスロット及び関連するカラー配置は，開口の周囲及び取り付けられたウェブ防撓材の応力集中が最小となるように設計しなければならない。

3.4.1.2　支材基部や隔壁スツール下部のフロア又は高応力領域のスロット部には，**図 4.3.4** に規定するフルカラープレートを設けなければならない。

3.4.1.3　**3.4.3** の規定に適合することが要求する個所及び重大な応力集中の領域（例えば，主要支持部材先端部）には，スロット位置にラグタイプのカラープレートを取り付けなければならない。典型的なラグ配置に関しては**図 4.3.5** を参照のこと。

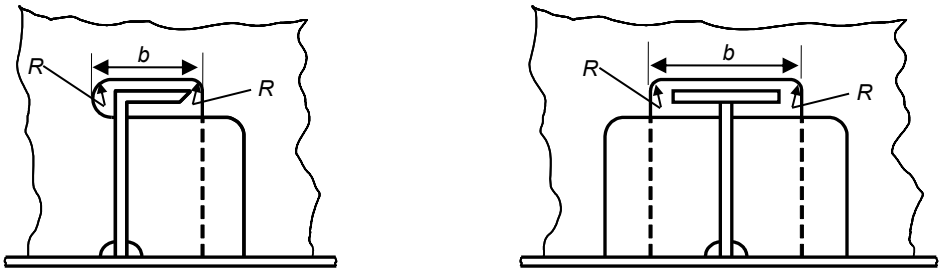
3.4.1.4　次に示す箇所にて，**3.4.3.5** の規定に従い直接計算した主要支持部材ウェブ防撓材の応力 σ_w が許容応力の 80% を超える場合においては，主要支持部材ウェブ防撓材の付近にソフトヒールを設けなければならない。

(a)　寸法喫水（T_{sc}）下の外板付の縦通肋骨との結合部

(b)　二重底の縦通肋骨との結合部

裏当てブラケットを取り付ける箇所又は主要支持部材ウェブが防撓材の面材に取り付けられている箇所の水密隔壁及び主要支持部材との交差部には，ソフトヒールを要求しない。ソフトヒールには**図 4.3.6(c)**に規定するキーホールを設けること。

図 4.3.4　　高応力個所における開口部のカラー



R=0.2b

（最小25mm）

3.4.2　スロットの詳細

3.4.2.1　一般に，スロットの縁は滑らかに加工され，かつ，コーナー部の半径 R は，少なくともスロットの幅 b の 20％又は 25mm の大きい方とし，可能な限り大きく取ること。ただし，50mm を超える必要はない。（**図 4.3.4** 参照）

他の形状を採用する場合にあっては，同等の強度を保持し，応力集中を最小にするよう考慮しなければならない。

3.4.3 主要支持部材と交差する防撓材の結合（局部支持部材）

3.4.3.1 結合部の横断面積は，特定の許容応力に関連して各部材に伝達する荷重の釣り合いを用いて決定しなければならない。

3.4.3.2 主要支持部材との結合部から伝達する全荷重（W）は次式にて規定する。

$$W = Ps\left(S - \frac{s}{2000}\right)10^{-3} \quad (kN)$$

P：考慮している設計荷重条件の防撓材の設計圧力（kN/m^2）。設計圧力及び適切に承認された判定基準セットを計算するための設計荷重条件で，使用する承認された判定基準セットを規定する次の判定基準に従って定めなければならない。

貨物タンク区域については，**表 8.2.5**

船首貨物タンクの前方区域については，**8 節 3.9.2.2**

船尾区域については，**8 節 3.9.2.2**

機関区域については，**8 節 4.8.1.2**

スロッシング荷重を受ける場合，**8 節 6.2.4.1**

船底スラミング荷重を受ける場合，**8 節 6.3.5.1**

船首衝撃荷重を受ける場合，**8 節 6.4.5.1**

S：**4 節 2.2** の定義による主要支持部材の間隔（m）

s：**4 節 2.2** の定義による防撓材の間隔（mm）

主要支持部材の両端の防撓材がそれぞれ異なる心距（S）及び異なる圧力（P）又はそのどちらかをもつ場合，両側の平均荷重を採用しなければならない。（例えば，横隔壁の垂直防撓材）

3.4.3.3 せん断結合から伝達する荷重（W_1）は次式にて規定する。

ウェブ防撓材が交差する防撓材と結合している場合

$$W_1 = W\left(\alpha_a + \frac{A_{1-net}}{4f_c A_{w-net} + A_{1-net}}\right) \quad (kN)$$

ウェブ防撓材が交差する防撓材と結合していない場合

$W_1 = W$

W ：作用する全荷重で，**3.4.3.2** の規定による（kN）

α_a ：次式によるパネルのアスペクト比。0.25 以下とする。

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

S ：主要支持部材の間隔（m）

s ：防撓材の間隔（mm）

$A_{1\text{-}net}$：結合部の有効ネットせん断断面積で，次式による結合部の成分の合計となる。

$$A_{1d-net} + A_{1c-net} \quad (cm^2)$$

$$A_{1-net} = 2l_d t_{w-net} 10^{-2} \quad (cm^2)$$ 結合個所がスリットスロットの場合

$$A_{1-net} = 2f_1 l_c t_{c-net} 10^{-2} \quad (cm^2)$$ カラーによる結合又は 2 箇所をラグ固着の場合

$A_{1d\text{-}net}$：ラグ又はカラープレート結合部以外のネットせん断面積で，次の算式による。（**図 4.3.5** 参照）

$$A_{1d-net} = l_d t_{w-net} 10^{-2} \quad (cm^2)$$

l_d ：防撓材と主要支持部材のウェブ間の直接結合する長さ（mm）

$t_{w\text{-}net}$ ：主要支持部材のウェブのネット板厚（mm）

$A_{1c\text{-}net}$：ラグ又はカラープレート結合部におけるネットせん断面積で，次の算式による。（**図 4.3.5** 参照）

$$A_{1c-net} = f_1 l_c t_{w-net} 10^{-2} \quad (cm^2)$$

l_c ：ラグ又はカラープレートと主要支持部材間の結合長さ（mm）

$t_{c\text{-}net}$ ：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する。

f_1 ：以下のせん断剛性係数

=1.0　　対象断面の防撓材の場合

=140/w　非対称断面の防撓材の場合。ただし，1.0 以下とする。

w　：非対称防撓材に対するスロットの幅（mm）で，開口側の防撓材ウェブ表面から測る。（図 4.3.5 参照）。

$A_{w\text{-}net}$：主要支持部材のウェブ防撓材の有効ネット断面積（cm^2）あって，裏当てブラケットを設ける場合はその面積を含む。（図 4.3.6 参照）主要支持部材のウェブ防撓材の終端がソフトヒール又はソフトヒールとソフトトウの場合，$A_{w\text{-}net}$は図 4.3.6 に規定するように結合部ののど部の位置にて計測しなければならない。

f_c　：以下に規定するカラーの荷重係数。

対称断面の縦通防撓材の場合：

= 1.85　$A_{w\text{-}net} \leq 14$ の場合

= 1.85 – 0.0441($A_{w\text{-}net}$ – 14)　　$14 < A_{w\text{-}net} \leq 31$ の場合

= 1.1 – 0.013($A_{w\text{-}net}$ – 31)　　$31 < A_{w\text{-}net} \leq 58$ の場合

= 0.75　$A_{w\text{-}net} > 58$ の場合

非対称断面の防撓材の場合：

$$= 0.68 + 0.0172\frac{l_s}{A_{w-net}}$$

$l_s = l_c$　　ラグ固着又は主要支持部材にカラープレートで結合する場合

$= l_d$　　片面が主要支持部材に直接結合する場合

$= 0.5(l_c + l_d)$　　片側が直接結合し，他方にラグまたはカラープレートが付く場合（両側の結合長さの平均とする）

3.4.3.4　主要支持部材のウェブ防撓材から伝達する荷重（W_2）は次式による。

ウェブ防撓材が交差する防撓材と結合している場合

$$W_2 = W\left(1 - \alpha_a - \frac{A_{1-net}}{4f_cA_{w-net} + A_{1-net}}\right) \quad (kN)$$

ウェブ防撓材が交差する防撓材と結合していない場合

$W_2 = 0$

W　：作用する全荷重で 3.4.3.2 の規定による。

α_a　：パネルのアスペクト比。

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

S　：主要支持部材の間隔（m）

s　：防撓材の間隔（mm）

$A_{1\text{-}net}$：3.4.3.3 の定義による結合部の有効ネットせん断面積（cm^2）

f_c　：3.4.3.3 の定義によるカラーの荷重係数

$A_{w\text{-}net}$：3.4.3.3 の定義による主要支持部材のウェブ防撓材の有効ネット断面積（cm^2）

3.4.3.5　主要支持部材のウェブ防撓材結合部の $A_{w\text{-}net}$ 及び $A_{wc\text{-}net}$ 並びに $A_{1\text{-}net}$ に対し，計算する応力，次の判定基準を満たすようにすること。

溶接結合部から離れた位置における主要支持部材ウェブ防撓材の結合の場合：$\sigma_w \leq \sigma_{perm}$

溶接結合部における主要支持部材ウェブ防撓材の結合の場合：$\sigma_{wc} \leq \sigma_{perm}$

主要支持部材ウェブ防撓材のせん断結合の場合：$\tau_w \leq \tau_{perm}$

σ_w：溶接結合部から離れた位置における主要支持部材のウェブの防撓材に作用する直応力で，次式による。

$$= \frac{10W_2}{A_{w-net}} \quad (N/mm^2)$$

σ_{wc}：溶接結合部における主要支持部材のウェブの防撓材に作用する直応力で次式による。

$$= \frac{10W_2}{A_{wc-net}} \quad (N/mm^2)$$

τ_w：主要支持部材にせん断結合する場合のせん断応力で，次式による。

$$= \frac{10W_1}{A_{1-net}} \quad (N/mm^2)$$

$A_{w\text{-}net}$ ：**3.4.3.3** の定義による主要支持部材のウェブ防撓材の有効ネット断面積（cm^2）

$A_{wc\text{-}net}$：**図 4.3.6** に示す溶接個所においてウェブの防撓材の有効ネット面積（cm^2）

$A_{1\text{-}net}$ ：**3.4.3.3** の定義による結合部の有効ネットせん断面積（cm^2）

W_1 ：**3.4.3.3** の定義によるせん断結合を通じて伝達する荷重（kN）

W_2 ：**3.4.3.4** の定義によるウェブ防撓材を通じて伝達する荷重（kN）

σ_{perm}：適用する許容基準に対し**表 4.3.1** の許容直応力（N/mm^2）（**3.4.3.2** 参照）

τ_{perm}：適用する許容基準に対し**表 4.3.1** の許容せん断応力（N/mm^2）（**3.4.3.2** 参照）

3.4.3.5 bis1 考慮する荷重（W）が，船底スラミング荷重又は船首衝撃圧の場合には，**3.4.3.3** から **3.4.3.5** の代わりに次の基準を適用すること。

$$0.9W \leq \frac{(A_{1-net}\tau_{perm} + A_{w-net}\sigma_{perm})}{10} \quad (kN)$$

$A_{1\text{-}net}$：**3.4.3.3** の定義による結合部の有効ネットせん断面積（cm^2）

$A_{w\text{-}net}$：**3.4.3.3** の定義による主要支持部材に付くウェブ防撓材の結合部における有効ネット断面積（cm^2）で，裏当てブラケットを設ける場合はその断面積を含む。

σ_{perm}：**表 4.3.1** で与えられる AC3 に対する許容直応力（N/mm^2）

τ_{perm} ：**表 4.3.1** で与えられる AC3 に対する許容せん断応力（N/mm^2）

3.4.3.6 裏当てブラケットが主要支持部材のウェブ防撓材に加えて取り付けられる場合，そのブラケットは，ウェブ防撓材の反対側の同一直線上に配置しなければならない。ブラケットの腕の長さは，ウェブ防撓材のウェブの深さ以上とし，ブラケットののど部のネット断面積は，**図 4.3.6** に規定するように $A_{w\text{-}net}$ の計算に含まなければならない。

3.4.3.7 貨物区域においては，主要支持部材のウェブ防撓材又は倒れ止めブラケットを局部支持部材とラップ溶接させてはならない。（例えば，横方向と縦方向の局部支持部材間のラップ溶接）

3.4.3.8 面材がウェブの側面に溶接され，ウェブの端部が遊辺となる組立防撓材は，船側外板及び縦通隔壁へ使用するのは望ましくない。そのような組立て防撓材を主要支持部材のウェブ防撓材に結合する場合，横式の部材との結合は対称の配置としなければならない。これは横桁又は隔壁の反対側に裏当てブラケットを取り付けることで満足できる。貨物タンク区域においては，主要支持部材のウェブ防撓材及び裏当てブラケットは交差する防撓材のウェブに対し突合せ溶接としなければならない。

3.4.3.9 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，結合されない場合には，オフセットする主要支持部材のウェブ防撓材は，**図 4.3.7** に示すように配置することができる。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 4.3.7** 参照。このようなウェブ防撓材の端部は十分にテーパーをとり，かつ，ソフトなものとすること。

3.4.3.10 代替の配置については，同等な効率で荷重を伝達することができるかについて特別に考慮されなければならない。実施した計算及び試験の手順並びにそれらの結果について，詳細を提出しなければならない。

3.4.3.11 隅肉溶接の脚長は，**表 4.3.2** に規定する溶接係数に基づき **6 節 5** の規定に従って計算しなければならない。せん断結合の溶接の脚長は，考慮している位置の主要支持部材のウェブに対する要求値未満としてはならない。

表 4.3.1　　防撓材と主要支持部材との結合に対する許容応力

項目		直応力 σ_{perm}（N/mm^2）			せん断応力 τ_{perm}（N/mm^2）		
		許容基準 **3.4.3.2** 参照			許容基準 **3.4.3.2** 参照		
		AC1	AC2	AC3	AC1	AC2	AC3
主要支持部材のウェブ防撓材		$0.83\sigma_{yd}$ (3)	σ_{yd}	σ_{yd}	-	-	-
主要支持部材のウェブ防撓材と交差する防撓材の溶接結合部	両側連続すみ肉溶接の場合	$0.58\ \sigma_{yd}$ (3)	$0.70\ \sigma_{yd}$ (3)	σ_{yd}	-	-	
	部分溶け込み溶接の場合	$0.83\ \sigma_{yd}$ (2)(3)	σ_{yd} (2)	σ_{yd}	-	-	
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		$0.50\ \sigma_{yd}$	$0.60\ \sigma_{yd}$	σ_{yd}			
ラグ固着又はカラー固着を含むせん断結合部	片側固着の場合	-	-		$0.71\ \tau_{yd}$	$0.85\ \tau_{yd}$	τ_{yd}
	両側固着の場合				$0.83\ \tau_{yd}$	τ_{yd}	τ_{yd}

τ_{perm} ：許容せん断応力（N/mm^2）

σ_{perm} ：許容直応力（N/mm^2）

σ_{yd} ：材料の最小降伏強度（N/mm^2）

t_{yd} ：$\frac{\sigma_{yd}}{\sqrt{3}}$（$N/mm^2$）

（備考）

(1) 板部材の応力計算は，ネット板厚に基づき実施する。一方，溶接強度評価は，グロス板厚である（**3.4.3.11** 参照）。

(2) 開先ギャップは，主要支持部材の防撓材のグロス板厚の 1/3 以下とする。

(3) 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%増すことができる。

表 4.3.2　　防撓材と主要支持部材間の結合における溶接係数

項目	溶接係数
防撓材と主要支持部材の防撓材の結合	$0.6\ \sigma_{wc}/\sigma_{perm}$ ただし，0.38 以上
ラグ固着又はカラーによる固着を含むせん断結合	0.38
主要支持部材のウェブ防撓材が，防撓材と結合されない場合のラグ固着又はカラーによる固着を含むせん断結合主	$0.6\ \tau_w/\tau_{perm}$ ただし，0.44 以上

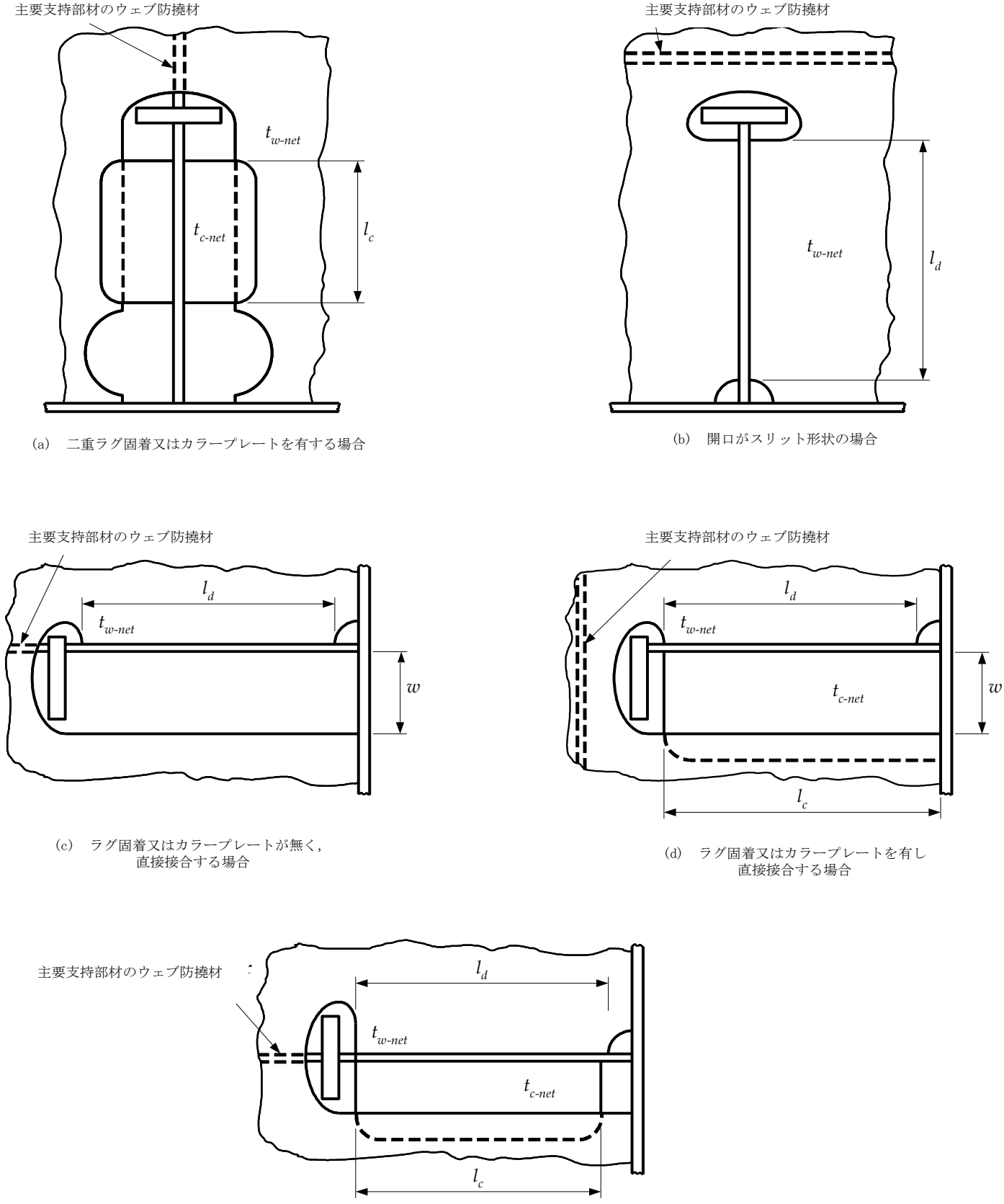
τ_w ：**3.4.3.5** にて規定するせん断応力

σ_w ：**3.4.3.5** にて規定

τ_{perm} ：**表 4.3.1** にて規定する許容せん断応力（N/mm^2）

σ_{perm} ：**表 4.3.1** にて規定する許容直接応力（N/mm^2）

図 4.3.5　　対称形状の開口及び非対称形状の開口



(a)　二重ラグ固着又はカラープレートを有する場合

(b)　開口がスリット形状の場合

(c)　ラグ固着又はカラープレートが無く，
直接接合する場合

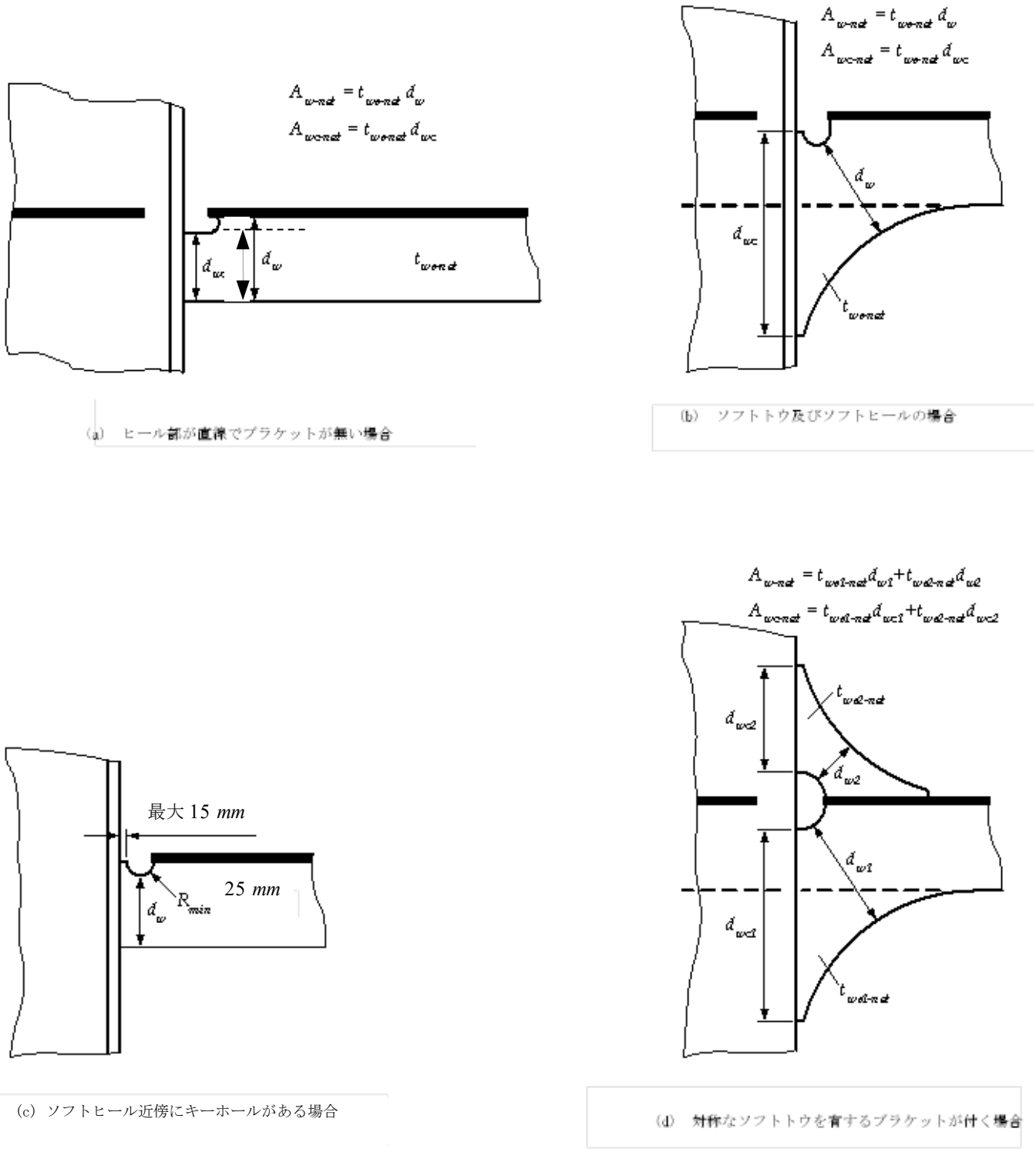
(d)　ラグ固着又はカラープレートを有し
直接接合する場合

(e)　ラグ固着又はカラープレートを有し，
直接接合する場合

（備考）

この図に示す詳細は，本編で述べる例示にのみ使用され，設計指針や推奨事項を示すものではない。

図 4.3.6　　主要支持部材のウェブ防撓材の詳細



$t_{ws\text{-}net}$，$t_{ws1\text{-}net}$ 及び $t_{ws2\text{-}net}$　　主要支持部材のウェブ防撓材及び裏当てブラケットのネット板厚（*mm*）

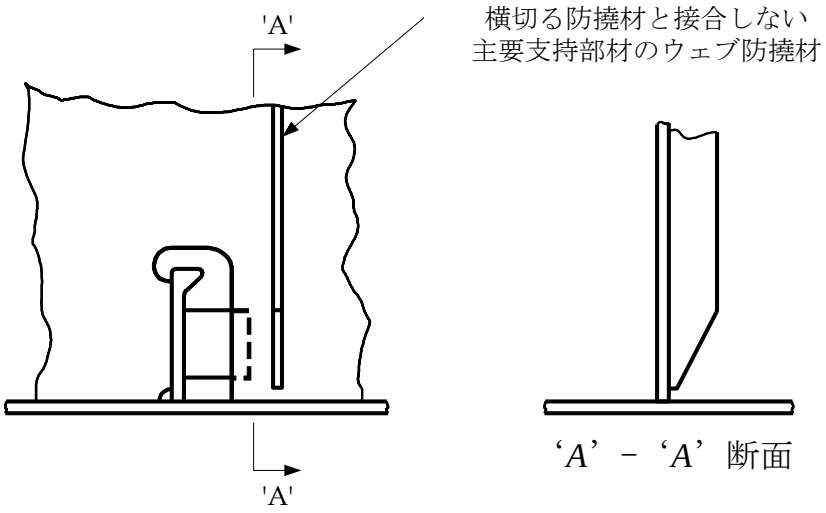
d_w，d_{w1} 及び d_{w2}　　主要支持部材のウェブ防撓材及び裏当てブラケットの最小深さ（*mm*）

d_{wc}，d_{wc1} 及び d_{wc2}　　主要支持部材のウェブ防撓材，裏当てブラケットと局部支持部材との結合部の長さ（*mm*）

（備考）

ソフトヒール付近のキーホールに対し特別な寸法が記載される場合（**3.4.1.4** 参照）を除き，この図に示す詳細は，本編で述べる例示に使用され，設計指針や推奨事項を示すものではない。

図 4.3.7　　主要支持部材のウェブ防撓材が防撓材と離れている場合



3.5　開口

3.5.1　一般

3.5.1.1　開口は滑らかな縁とし，かつ角は十分に丸くすること

3.5.1.2　マンホール，軽目孔及び他の類似の開口は集中荷重及び高いせん断力のところ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され，その結果が満足のいくものである場合を除き，高応力領域へ配置してはならない。高応力となる個所の例を以下に示す。

(a)　狭いコファダム及び二重構造の隔壁の縦又は横隔膜板の両端部からその長さの 1/6 以内

(b)　フロア又は二重底縦桁のスパン端部周辺

(c)　支柱の上部と基部

3.5.2 又は **3.5.3** の規定以上の大きな開口を提案する場合，配置及び必要な補強は特別に考慮する。

3.5.2　補強の必要がない単板の断面のマンホール及び軽目孔

3.5.2.1　一般に，ウェブの深さの 25%を超えない深さでウェブに開口され，かつ，縁が面材からウェブの深さの 40%以上の箇所に位置する開口についての補強は要求しない。開口の長さは，ウェブの深さ又はウェブ支持部材の心距の 60%のうち大きい方の値を超えてはならない。開口の端部は局部支持部材のスロットの角から等距離にあること。

3.5.3　補強の必要がない複板の断面のマンホール及び軽目孔

3.5.3.1　高応力領域を避けて開口をウェブに設置する場合で，開口の深さがウェブの深さの 50%未満で，かつ，その縁が局部支持部材の貫通するスロットを十分に避けた位置にあるものについては，これらの開口の補強を要求しない。

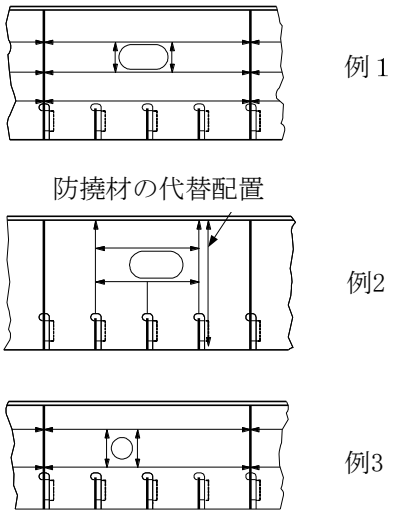
3.5.4　補強を要するマンホール及び軽目孔

3.5.4.1　マンホール及び軽目孔は **3.5.4.2** 及び **3.5.4.3** に規定するように防撓しなければならない。**9 節 2** に規定する解析方法に従い，代案の配置について，その応力及び安定性が十分であると実証する場合，**3.5.4.2** と **3.5.4.3** の防撓要件を緩和する場合がある。

3.5.4.2　**8 節**又は **9 節**の規定を適用して決定する平均せん断応力が，判定基準 $AC1$ に対して $50N/mm^2$ 又は判定基準 $AC2$ に対して $60N/mm^2$ を超える場合，ウェブ板の開口は防撓しなければならない。防撓配置は，**8 節**又は **9 節**に規定する荷重を適用して **10 節**に規定する座屈強度により確認すること。

3.5.4.3　縦強度に寄与する部材に取り付ける防撓材は，開口の遊縁に沿って開口の垂直及び水平軸に対し平行となるように設置しなければならない。防撓材の最も短い軸が 400*mm* 未満の場合，及び一方又は両軸の長さが 300*mm* 未満の場合，両方向において防撓材を省略して差し支えない。遊縁は，**図 4.3.8** に示すように防撓材で補強することができる。

図 4.3.8　　大きい開口を有するウェブ



3.6　局部補強

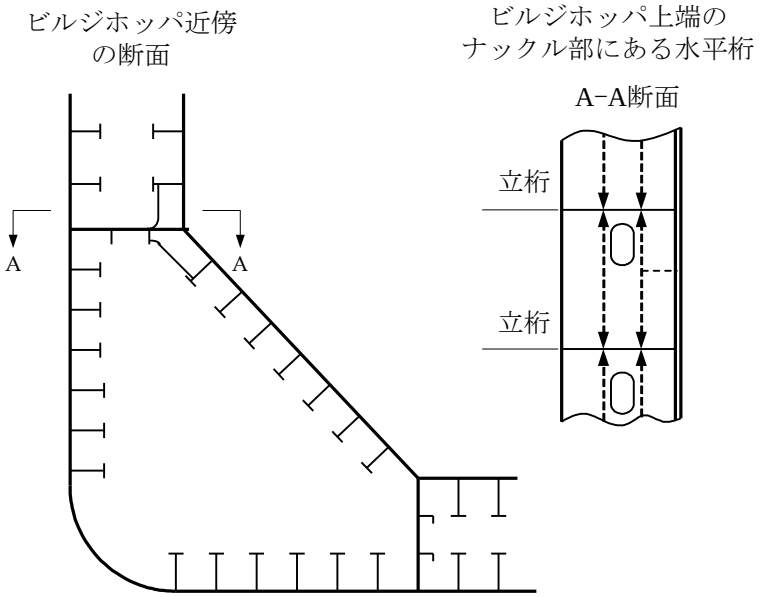
3.6.1　ナックル部の補強

3.6.1.1　主要部材（外板，縦通隔壁等）にナックル部がある場合，横荷重を伝達するために適切な防撓材を設けなければならない。図 4.3.9 に示すように，ウェブ，ブラケット又は型鋼の形状を有するこれらの防撓材は，横部材にせん断荷重を伝達するよう取り付けなければならない。

3.6.1.2　一般に，縦通している浅いナックルに対しては，ナックル上下の縦通材間にてナックルを横切るカーリングを密な間隔で取り付けなければならない。甲板のキャンバのように，ナックルを横切るような高い面外荷重若しくは高い面内荷重又はその両方を受けない浅いナックルに対しては，カーリング又は他の形式の補強材を取り付ける必要はない。

3.6.1.3　一般に，ナックルと支持部材間の距離は 3.6.1.1 に示す通りとし，50*mm* を超えてはならない。

図 4.3.9　　ナックル部の補強例



3.6.2　検査のための交通手段に関連する開口及び取り付け物のための補強

3.6.2.1　検査のために船体構造に設置する全ての取付け物に対し，適切な位置及び強度を考慮した局部補強を施さなければならない。

3.7 疲労強度

3.7.1 一般

3.7.1.1 構造の詳細部は **9 節 3** に規定する疲労強度の要件に従うよう設計しなければならない。

5 節　構造配置

1　一般

1.1　一般

1.1.1　適用

1.1.1.1　本節は国内法及び国際法に基づく，船舶の一般的な構造配置要件を規定する。

2 水密区画

2.1 水密隔壁の配置

2.1.1 一般

2.1.1.1 すべての船舶は，次の要件に従って，船体を水密区画に区分するための水密隔壁を配置しなければならない。

2.1.2 水密隔壁の最小数及び配置

2.1.2.1 すべての船舶に次に掲げる水密隔壁を設けなければならない。

(a) 船首隔壁（**2.2.1.1** 参照）

(b) 船尾隔壁

(c) 機関室の前後端隔壁

2.1.2.2 貨物タンク区域の隔壁は，できる限り一定間隔としなければならない。

2.1.2.3 適切な数の隔壁を区画，浸水及び損傷時復原性の規定に適合するよう配置しなければならない。

2.1.2.4 水密隔壁の開口数は最小限としなければならない。交通，配管，換気，電線等により水密隔壁及び内部甲板を貫通する必要がある場合であっても，水密でなければならない。船首隔壁にあっては，**8 節 3.6.2** の追加要件に適合しなければならない。

2.2 船首隔壁の位置

2.2.1 一般

2.2.1.1 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 $0.05L_L$ 又は $10m$ のどちらか小さい方及び $0.08L_L$ の間に配置しなければならない。ここで，L_L は **4 節 1.1.2.1** に規定し，基準点は **2.2.1.2** に規定するものとする。船首隔壁を $0.08L_L$ より後方とする場合については，本会の適当と認めるところによる。

2.2.1.2 球状船首を有さない船舶については，基準点は L_L を計測する水線上の L_L 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_L の前端の x 前方から計測しなければならない。ここで，“x”とは，次のうち最も小さい値とする。

(a) L_L の前端からバルバスの最先端までの距離の半分

(b) $0.015L_L$

(c) $3.0m$

2.2.1.3 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，**2.2.1.1** 及び **2.2.1.2** に適合すれば，階段部又はリセスを設けてもよい。

2.3 船尾隔壁の位置

2.3.1 一般

2.3.1.1 水密区画内の船尾管及びラダートランクを囲む船尾隔壁を設けなければならない。軸系の配置より水密区画内に船尾管を設置することができない場合は，本会の適当と認めるところによる。船尾管又はラダートランクあるいはその両方とも用いない装置により推進又は操縦あるいはその両方がなされる船舶における船尾隔壁の位置については本会の適当と認めるところによる。

2.3.1.2 夏期満載喫水線上の最初の甲板が，船尾又は船尾肋板まで水密の場合，船尾隔壁は当該甲板までとして差し支えない。

3 二重船殻配置

3.1 一般

3.1.1 貨物タンクの保護

3.1.1.1 すべてのタンカーは，**3.2** 及び **3.3** に従って，二重底タンク及び区画並びに二重船側タンク及び区画を設けなければならない。二重底及び二重船側タンク並びに区画は，貨物タンク又は区画を保護するものとし，貨物油の輸送に使用してはならない。

3.1.2 バラストタンクの容量

3.1.2.1 すべてのタンカーは，貨物タンクにバラスト水を積むことなく，バラスト航海可能な容量の分離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（軽荷状態において分離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，**3.1.2.2** から **3.1.2.4** の要件を満足するものでなければならない。

3.1.2.2 ホギング又はサギング修正を含まない船体中央部型喫水 T_{mid} は，次の算式の値以上としなければならない。

$T_{mid} = 2.0 + 0.02\,L_{CSR\text{-}T}$ （m）

$L_{CSR\text{-}T}$ ：**4 節 1.1.1.1** の規定による （m）

3.1.2.3 船首垂線及び船尾垂線の喫水は，船尾トリムを $0.015L_{CSR\text{-}T}$（m）以下とし，**3.1.2.2** に規定する船体中央部喫水により決定しなければならない。

3.1.2.4 船尾垂線の喫水は，プロペラが完全に没水するのに必要な値以上としなければならない。

3.1.3 貨物タンクの大きさ及び配置の制限

3.1.3.1 貨物タンクは，船舶の長さ方向のいかなる場所においても，船側及び船底損傷時の仮想油流出量が制限内となるような大きさ及び配置としなければならない。

3.2 二重底

3.2.1 二重底深さ

3.2.1.1 二重底の最小深さ d_{db} は，次の 2 つの算式による値のうちの小さい方のものとしなければならない。

$d_{db} = \frac{B}{15}$（m） ただし，1.0m 未満としてはならない。

$d_{db} = 2.0$（m）

B：**4 節 1.1.3.1** に規定する船の型幅（m）

3.3 二重船側

3.3.1 二重船側幅

3.3.1.1 二重船側の最小幅 w_{ds} は，次の 2 つの算式による値のうちの小さい方のものとしなければならない。

$w_{ds} = 0.5 + \frac{DWT}{20000}$（$m$）ただし，1.0$m$ 未満としてはならない。

$w_{ds} = 2.0$（m）

DWT：**4 節 1.1.14.1** に規定する船舶の載貨重量（t）

4 区域の分離

4.1 貨物タンクの分離

4.1.1 一般

4.1.1.1 貨物ポンプ室，貨物タンク，スロップタンク及びコファダムは，機関区域の前方に配置しなければならない。主貨物制御場所，制御場所，居住区域及び業務区域は，貨物タンク，スロップタンク及び機関区域から貨物タンク又はスロップタンクを分離する区画より後方に配置しなければならない。ただし，燃料油タンク及びバラストタンクの後方とする必要はない。

4.2 コファダム

4.2.1 一般

4.2.1.1 コファダムはガス密でなければならない。内部検査用の点検設備は，可能な限り **5.1** の規定によらなければならない。

5 点検設備

5.1 貨物タンク区域内及び前方の区画への交通

5.1.1 一般

5.1.1.1 貨物タンク区域内及び前方の区画への交通にあっては，開口並びに船体構造への付加物の詳細及び配置について **C 編 35 章**に加え，**5.1.1.2** から **5.1.1.5** の規定に従わなければならない。

5.1.1.2 ダクトキール又はパイプトンネルを設ける場合は，少なくとも 2 の開放甲板への出口をできる限り遠く離して配置しなければならない。ダクトキール又はパイプトンネルは機関区域を経由してはならない。ポンプルームからのダクトキールへの後方の交通は，行うことができる。ポンプルームからダクトキールへの後方の交通を設ける場合，ポンプルームからダクトキールへの交通口には，油密ハッチ又は水密戸を設けなければならない。ダクトキールやパイプトンネルには機械通風を備え，それら区画へ入る前には十分換気を行わなければならない。注意銘板を各入り口に設け，「当該区画へ入る前には換気ファンを十分な期間作動させること」と明記しなければならない。さらに，ダクトキール及びパイプトンネル内の空気をガス検知器で採取しなければならない。また，貨物タンクにイナートガスシステムの備えている場合は，酸素検知器を装備しなければならない。

5.1.1.3 ダクトキールへの交通のための水密戸をポンプルームに設ける場合には，水密戸の部材寸法は，本会の適当と認めるところによるほか，次の追加要件を満たすものでなければならない。

(a) 水密戸は船橋からの操作に加えて，主ポンプルーム入口の外から手動にて閉鎖可能としなければならない。戸の開閉状態を示す表示装置を戸の設置場所及び船橋に設けなければならない。

(b) 注意銘板は，パイプトンネルへの交通が要求される場合を除き，船舶の通常航海中，その水密戸の閉鎖状態を維持するため，それぞれの操作場所に取り付けなければならない。

5.1.1.4 救助活動の助けになるように，垂直船側バラスト区画の各水平桁及び暴露甲板に少なくとも一個の 600*mm*×800*mm* の開口をもつ水平交通用の開口を設けなければならない。構造配置により 600*mm*×800*mm* の開口の設置ができない場合，600*mm*×600*mm* の開口として差し支えない。

5.1.1.5 恒久的に修理又はメンテナンス用に油密ハッチの付いた交通口を貨物タンク隔壁へ設ける場合は本会の適当と認めるところによる。

6 節　材料及び溶接

1　鋼材のグレード

1.1　船体構造用鋼材

1.1.1　適用

1.1.1.1　建造中に使用する材料は，**C 編**及び **K 編**によらなければならない。その他の材料の使用及びそれに対応する部材寸法は本会の適当と認めるところによる。

1.1.2　強度

1.1.2.1　最小降伏応力が 235*N/mm*^{2} である鋼材は，船体構造用軟鋼材とし，それより高い降伏応力である鋼材は，船体構造用高張力鋼材とする。

1.1.3　材料のグレード

1.1.3.1　船体構造用鋼材のグレードは，次のとおりとする。

(a)　*A*，*B*，*D* 及び *E* は軟鋼材を示す。

(b)　*AH*，*DH* 及び *EH* は高張力鋼材を示す。

1.1.4　高張力鋼材係数

1.1.4.1　船体構造用高張力鋼材を使用する場合にあっては，船体横断面係数を求めるための高張力鋼材係数 *k* を**表 6.1.1** に規定する。

表 6.1.1　高張力鋼材係数 *k*

材料の最小降伏応力（*N/mm*^{2}）	*k*
235	1.00
265	0.93
315	0.78
340	0.74
355	0.72
390	0.68

（備考）

(1) 使用材料の最小降伏応力が中間の値の場合，線形補間によらなければならない。

1.1.5　板厚方向特性

1.1.5.1　*T* 又は十字継手で部分又は完全溶込み溶接を行う場合で，圧延面に対し垂直方向の大きな引張り歪みを受ける板材については，**K 編 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。この鋼材は，鋼材強度の後に文字 *Z* を付す。（例えば，*EH*36*Z*）

1.1.6　鋳鋼品及び鍛鋼品

1.1.6.1　船尾骨材，舵骨，舵頭材，プロペラ軸ブラケット及びその他の主要構造物に使用する鋳鋼品及び鍛鋼品は，**K 編 5 章**及び **6 章**によらなければならない。

1.2 鋼材の適用

1.2.1 グレードの選択

1.2.1.1 特定の場所に使用する鋼材は，表 6.1.2 に示す材料グレードより低くしてはならない。構造部材の材料クラスについては表 6.1.3 に示す。

1.2.2 適用する板厚

1.2.2.1 表 6.1.2 及び表 6.1.3 の適用にあたっては，鋼材のグレードは建造時板厚としなければならない。

1.2.3 低温環境域における操船

1.2.3.1 一日の平均気温の最低値が-10℃以下となる海域を長期間航行する（例えば，冬季の間，北極海又は南極海を頻繁に航行する）船舶においては，暴露部の構造物の材料は特別な考慮を払わなければならない。

表 6.1.2 材料グレード

板厚 t（mm）	材料クラス		
	I	II	III
$t \leq 15$	*A*，*AH*	*A*，*AH*	*A*，*AH*
$15 < t \leq 20$	*A*，*AH*	*A*，*AH*	*B*，*AH*
$20 < t \leq 25$	*A*，*AH*	*B*，*AH*	*D*，*DH*
$25 < t \leq 30$	*A*，*AH*	*D*，*DH*	*D*，*DH*
$30 < t \leq 35$	*B*，*AH*	*D*，*DH*	*E*，*EH*
$35 < t \leq 40$	*B*，*AH*	*D*，*DH*	*E*，*EH*
$40 < t \leq 51$	*D*，*DH*	*E*，*EH*	*E*，*EH*

表 6.1.3　　構造部材の材料クラス又はグレード

構造部材の分類	材料クラス又はグレード	
	中央部 0.4$L_{CSR\text{-}T}$間	中央部 0.4$L_{CSR\text{-}T}$間以外
二次部材 縦通隔壁の板（一次部材に含むものを除く。） 暴露甲板（一次部材及び特殊部材に含むものを除く。） 船側外板	材料クラス I	*A* 級鋼(8)又は *AH* 級鋼
一次部材 船底外板（竜骨を含む。） 強力甲板(10), (11)（特殊部材に含むものを除く。） 強力甲板上の連続縦通部材(11)（縦通ハッチコーミングを除く。） 縦通隔壁の最上層の 1 条(10) 船側タンクの垂直板（倉口側桁）及び斜板の上部の 1 条	材料クラス II	*A* 級鋼(8)又は *AH* 級鋼
特殊部材 強力甲板に接する舷側厚板(1), (2), (3), (10), (11) 強力甲板における梁上側板(1), (2), (3), (10), (11) 縦通隔壁に接する甲板 1 条(2), (4), (10), (11)（二重船側を形成する縦通隔壁に隣接する甲板を除く。） 倉口隅部の強力甲板(11) ビルジ外板(2), (6) 連続した縦通ハッチコーミング(11)	材料クラス III	材料クラス II （中央部 0.6$L_{CSR\text{-}T}$間 以外は， 材料クラス I）
その他 船尾材，ラダーホーン及びシャフトブラケットの板部材 一層甲板船の強力甲板付き縦強度部材(11) 上記に分類されない強度部材(9)	– *B* 級鋼又は *AH* 級鋼 *A* 級鋼(8)又は *AH* 級鋼	材料クラス II – *A* 級鋼(8)又は *AH* 級鋼

（備考）

(1) 船の長さ $L_{CSR\text{-}T}$が 250*m* 以上の場合，船体中央部 0.4$L_{CSR\text{-}T}$間は，*E* 又は *EH* 級鋼以上としなければならない。

(2) 船体中央部 0.4$L_{CSR\text{-}T}$間の材料クラス III，*E* 又は *EH* 級鋼を要求する 1 条の板は，800＋5$L_{CSR\text{-}T}$（*mm*）以上の幅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。

(3) 船幅方向及び垂直方向に 600*mm* を超える丸型ガンネルは，舷側厚板及び梁上側板の両方の規定に適合しなければならない。

(4) 幅 *B* が 70*m* を超えるタンカーにおいては，左舷及び右舷の縦通隔壁に接する強力甲板のそれぞれ 1 条及び中心線の 1 条は，材料クラス III としなければならない。

(5) （削除）

(6) 船の長さ $L_{CSR\text{-}T}$が 250*m* を超える船舶の中央部 0.6$L_{CSR\text{-}T}$間は，*D* 又は *DH* 級鋼以上としなければならない。

(7) （削除）

(8) 40*mm* を超える板厚に対しては，*B* 又は *AH* 級鋼としなければならない。主機台にあっては，30*mm* を超える板厚に対して，*B* 又は *AH* 級鋼としなければならない。ただし，中央部 0.6$L_{CSR\text{-}T}$間より外側の主機台は，*A* 又は *AH* 級鋼とすることができる。

(9) 補強に使用する材料クラス並びに流出保護用の材料及びビルジキールのように溶接により船体に取り付けられる部材の材質（軟鋼材又は高張力鋼材）は，当該箇所の船殻板部材と同一のものとしなければならない。丸型ガンネルに付加物を取り付ける場合，要求される材料グレードは，配置及び構造を考慮して特別な考慮が払われなければならない。

(10) 船体中央部 0.4$L_{CSR\text{-}T}$間の甲板，舷側厚板及び縦通隔壁の最上層の材料クラスは，位置に係らず船楼の止端部に適用しなければならない。

(11) 一層甲板船の船体中央部 0.4$L_{CSR\text{-}T}$間の材料クラスは，*B* 又は *AH* 級鋼以上としなければならない。

1.2.4 修理の手引

1.2.4.1 鋼船規則に規定されない材料を使用する場合にあっては，それぞれの材料について，次に掲げる資料を示す 1 組の図面を通常船舶に保有する図面に追加して，本船上に保管しなければならない。

(a) 材料の仕様及び適用可能な板厚

(b) 溶接手順

(c) 適用している場所及び範囲

1.3 アルミニウム合金

1.3.1 一般

1.3.1.1 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の使用は，特別な考慮を払わなければならない。適用する合金の仕様及び組立法を提出し，本会の承認を得なければならない。

1.3.1.2 アルミニウム合金と鋼構造物との継手についての詳細を提出し，本会の承認を得なければならない。

1.3.1.3 材料要件及び部材寸法は，**C 編**及び **K 編**による。

1.3.2 鋼との衝撃による発火性のスパーク

1.3.2.1 アルミニウムは，ある環境下で，錆びた鋼との衝撃で発火性のスパークを発生する可能性がある。特に危険なのは，アルミニウム部材が無塗装の鋼構造物に対して引きずられたり，擦られたりして，鋼表面に薄いアルミニウムの汚れが付着する場合である。汚れの上の錆び成分による高エネルギーの衝撃により，周囲の可燃性ガスに着火するスパークを発生させる可能性がある。それを防ぐために，次に掲げる要件に従わなければならない。

(a) 油を運搬するタンク，コファダム及びポンプルーム内にアルミニウム製の艤装品の設置を避けなければならない。

(b) **(a)**に規定する区画内にアルミニウム製の艤装品を設置する場合には，油を運搬するタンク，コファダム，ポンプルーム内のアルミニウム製の艤装品，装置，支持材はアルミニウム製アノードに対する **2.1.2** の要件を満足しなければならない。

(c) 歩路などの移動可能な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，木製カバー又は本会が承認した方法により保護しなければならない。それは，永続的に，かつ，堅固に構造物に取り付けなければならない。

2 塗装を含む腐食防止

2.1 船体の防食

2.1.1 一般

2.1.1.1 すべての専用海水バラストタンクは，**C 編 25 章**による有効な防食措置を施さなければならない。（**2 節 2.1.1** 参照）。

2.1.1.2 *IMO* “Performance standard for protective coatings for ballast tanks and void spaces”（以下，「海水バラストタンク等に対する *IMO* 塗装性能基準」という。）を強制化する *SOLAS* 条約 II-1 章 3-2 規則の改正が *IMO* により採択された 2006 年 12 月 8 日以降に建造契約が行われる船舶については，改正された *SOLAS* 条約により要求される内部区画の塗装は，海水バラストタンク等に対する *IMO* 塗装性能基準の要件を満足しなければならない。2012 年 7 月 1 日以降に建造契約が行われる船舶については，*IACS* 統一解釈 SC223 及び統一解釈 SC227 の規定に従い，海水バラストタンク等に対する *IMO* 塗装性能基準を適用しなければならない。*IACS* 統一解釈 SC223 の適用において，主管庁を船級協会に読み替える。

2.1.1.3 *IMO* 決議 *A*.798(19)及び *IACS* 統一解釈 SC122 の規定により，塗料の選択，仕様及び検査計画を含む塗装システムの選択は，建造開始に先立ち，本会と協議の上，建造者，塗装システム供給者及び船主の間で合意されたものとしなければならない。適用対象となる区画に対する塗装システムの仕様は文書化しなければならない。当該文書は，本会の検証を受けなければならず，海水バラストタンク等に対する *IMO* 塗装性能基準を完全に満足するものとしなければならない。

2.1.1.4 建造者は，関連する表面処理及び施工方法を含む選択された塗装システムが製造工程及び製造方法と矛盾しないことを実証しなければならない。

2.1.1.5 建造者は，塗装検査員が海水バラストタンク等に対する *IMO* 塗装性能基準で要求される適切な資格を備えることを実証しなければならない。

2.1.1.6 本会検査員は，塗装施工の検証は行わず，規定された造船所の塗装手順に従っていることを証明する塗装検査員による記録を書査する。

2.1.1.7 バラストタンクに防食アノードを取り付ける場合には，バラストタンク内アノード取付配置図を提出し，本会の承認を得なければならない。その図面には，船体への取付詳細（例えば，溶接詳細）を含まなければならない。

2.1.1.8 すべての貨物油タンクの防食措置は，**C 編 25 章**によること。

2.1.2 内部電気防食システム

2.1.2.1 引火点 60℃以下の液体貨物を積載するタンクに電気防食システムを取り付ける場合には，取付配置図を本会に提出し，承認を得なければならない。その配置にあっては，火災及び爆発に対する安全性を考慮しなければならない。この規定は，隣接するタンクにも適用する。

2.1.2.2 タンク内の固定式アノードは，貨物タンクに隣接しない分離バラストタンクを除き，マグネシウム製又はマグネシウム合金製のものであってはならない。外部電源方式による電気防食は，塩素及び水素の発生により爆発をもたらすことから，貨物タンク内に使用してはならない。アルミニウム製アノードは設置しても差し支えない。ただし，引火点 60℃以下の液体貨物タンク及び隣接するバラストタンクにおいては，アルミニウム製アノードが，緩み外れるに至った際に，275*J* を超える運動エネルギーが発生しないように配置しなければならない。

2.1.2.3 アルミニウム製アノードは，落下物から保護されるような場所に配置しなければならない。隣接する構造物により保護されない場合，タンクハッチ又はバタワースハッチの下に配置してはならない。

2.1.2.4 すべてのアノードは，次の**(a)**又は**(b)**の方法により設置直後及び就航中も構造物にしっかりと固着するように取り付けなければならない。

(a) 芯材が鋼製で，十分なのど厚の連続隅肉溶接で固着すること。

(b) ボルト又はその他の締付装置により適切に固定すること。止めねじで固定する留め具による締付は，本会の適当と認めるところによること。

2.1.2.5 曲げ加工され，船体構造に直接溶接されるアノード用の鋼製芯材は，**K 編**に規定する *A* 級鋼に対する要件に適合する材料としなければならない。

2.1.2.6 アノードは，防撓材又は平面隔壁板の防撓材に設置しなければならない。ただし，外板に取り付けてはならない。アノードの両端部は，相対的に移動する異なる部材にそれぞれ別々に取り付けてはならない。

2.1.2.7　芯材又は支持部材を局部構造部材又は主要構造部材に溶接する場合には，部材端部，ブラケット端部及び同様の応力集中のある部位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，ウェブ端から少なくとも 25*mm* 離して溶接を行わなければならない。対称的な面材である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を行うことができる。ただし，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。

2.1.2.8　アノードを取り付けたタンクには，ガスが蓄積するのを防ぐために，十分な空気循環用の開口を設けなければならない。

2.1.3　　アルミニウムを含有する塗料

2.1.3.1　アルミニウムを含有する塗料は，適切な試験によりその使用塗料が発火性スパークの危険がないことを証明しない限り，貨物蒸気が蓄積する場所に使用してはならない。ただし，重量で 10%以下のアルミニウムを含有する塗料については，試験を行う必要はない。

3 腐食予備厚

3.1 一般

3.1.1 序論

3.1.1.1 鋼構造物の要求ネット板厚には，**6 節 3** に規定する腐食予備厚を加えなければならない。

3.1.1.2 **6 節 3** に規定する腐食予備厚は，炭素マンガン鋼に適用する（**1.1** 参照）。ステンレス鋼のようなその他の材料に対する腐食予備厚の適用は，本会の適当と認めるところによる。

3.1.1.3 規則算出における腐食予備厚の適用については，**3.3** の規定による。

3.2 局部腐食予備厚

3.2.1 一般

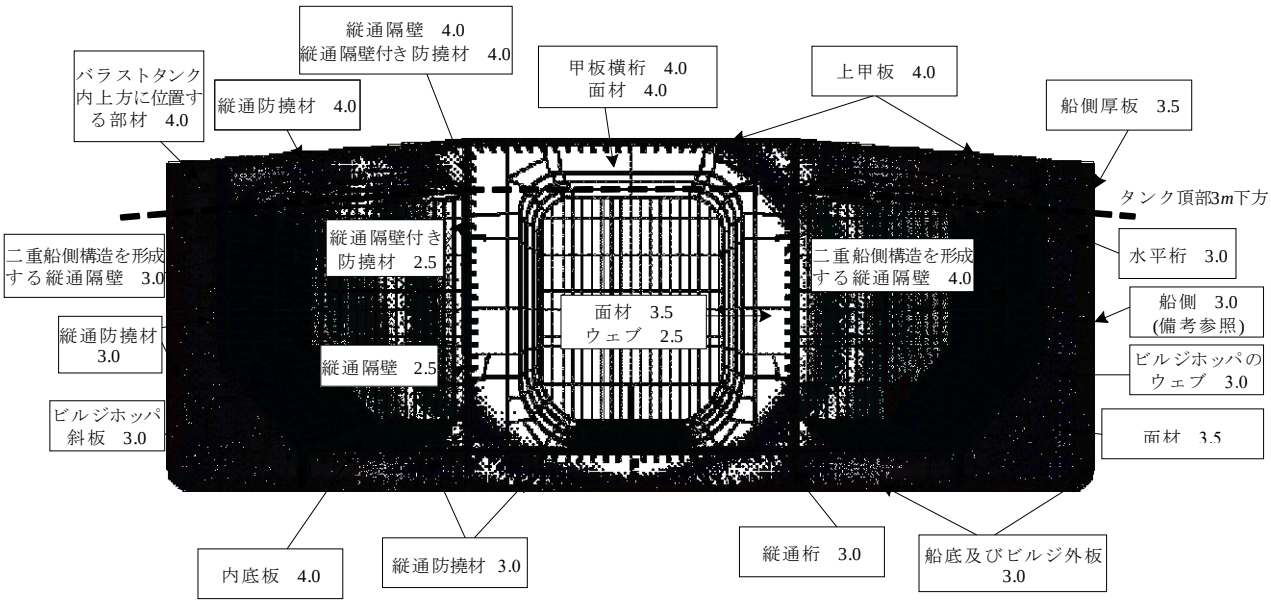
3.2.1.1 構造部材に対する局部腐食予備厚 t_{corr} は，次の算式によらなければならない。

$t_{corr} = t_{was} + 0.5$（mm）

t_{was}：**12 節 1.4.2.2** に規定する構造部材の総許容衰耗量（mm）

3.2.1.2 貨物タンク区域の構造部材に対する局部腐食予備厚 t_{corr} を**表 6.3.1** 及び**図 6.3.1** に示す。

図 6.3.1 貨物タンク内の構造部材に対する腐食予備厚（t_{corr}）



（備考）

(1) 腐食予備厚は標準的な構造配置において規定し，加熱管を有する貨物タンクを除く。

(2) **図 8.2.2** に規定する接岸接触区域においては，船側外板に 0.5mm 加えること。

(3) タンク頂部 3m 下方の距離は，甲板に平行に測ること。

表 6.3.1　　貨物タンク区域内の構造部材に対する腐食予備厚（t_{corr}）

区分			腐食予備厚 t_{corr}（mm）
内構材及び同じ区分間の境界を形成する囲壁			
バラストタンク内 及び バラストタンク間	主要支持部材（*PSM*）の面材	タンク頂部下方 3*m* 以内(1)	4.5
		その他	3.5
	その他の部材	タンク頂部下方 3*m* 以内(1)	4.0
		その他	3.0
	加熱貨物タンクの境界上の防撓材	タンク頂部下方 3*m* 以内(1)	4.5
		その他	3.5
貨物油タンク内 及び 貨物油タンク間	主要支持部材（*PSM*）の面材	タンク頂部下方 3*m* 以内(1)	4.0
		その他	3.5
	その他の部材	タンク頂部下方 3*m* 以内(1)	4.0
		その他	2.5
両船側外板上の暴露部分	甲板の支持部材		2.5
空所内 及び空所間	普段交通しない区画（例えば，ボルト締めのマンホール，パイプトンネルなどへの交通）		2.0
液体を積載しない区画内 及び液体を積載しない区画間	甲板室，機関室，ポンプルーム，貯蔵品室，操舵装置室等の内部		1.5
異なる区分間の境界を形成する囲壁			
バラストタンク及び貨物油タンク間の境界を形成する囲壁	非加熱貨物タンク	タンク頂部下方 3*m* 以内(1)	4.0
		内底	4.0
		その他	3.0
	加熱貨物タンク	タンク頂部下方 3*m* 以内(1)	4.5
		内底	4.5
		その他	3.5
バラストタンク及び大気又は海水に当たる部分間の境界を形成する囲壁	暴露甲板の板部材		4.0
	その他の部材(2)	タンク頂部下方 3*m* 以内(1)	3.5
		その他	3.0
バラストタンク及び空所又は液体を積載しない区画間の境界を形成する囲壁	タンク頂部下方 3*m* 以内(1)		3.0
	その他		2.5
貨物タンク及び大気に当たる間の境界を形成する囲壁	暴露甲板の板部材		4.0
貨物タンク及び空所間の境界を形成する囲壁	タンク頂部下方 3*m* 以内(1)		3.0
	その他		2.5
貨物タンク及び液体を積載しない区画間の境界を形成する囲壁	タンク頂部下方 3*m* 以内(1)		3.0
	その他		2.0

（備考）

(1)　タンク頂部が暴露甲板となる貨物及びバラストタンクに適用できる。

(2)　**8 節図 8.2.2** に規定する接岸接触区域において，船側外板に 0.5*mm* 加える。

(3)　加熱貨物油タンクとは加熱能力を有する装置を持つ貨物タンクのことをいう。

3.3 腐食予備厚の適用

3.3.1 一般

3.3.1.1 本会が特に定めるもののほかは，腐食予備厚は **3.3.2** から **3.3.7** の規定を適用しなければならない。

3.3.1.2 本編の規定への適用は，次のいずれかによる。

(a) 設計グロス部材寸法及びグロス要求値の比較。この場合，本編のネット要求に適用する腐食予備厚を加えるものとする。

(b) 設計ネット部材寸法及びネット要求値の比較。この場合，グロス設計値から適用する腐食予備厚を控除するものとする。

方法**(a)**及び**(b)**は板厚評価に適する。方法**(b)**は断面特性（例えば，断面係数，面積及び断面二次モーメント）の評価に最も適する。

3.3.1.3 ネット部材寸法の算出に使用する **3.3.2** から **3.3.7** に規定するグロス部材寸法は，船主特別要求としての追加の板厚を除かなければならない。**2 節 4.3.4.3** も参照のこと。

3.3.2 縦強度算出への適用

3.3.2.1 **8 節 1** に規定する縦強度の評価のためのハルガーダ応力は，船体横断面を構成するすべての構造部材のグロス板厚から腐食予備厚の半分（$0.5t_{corr}$）を控除して算出するネット断面性能に基づいて算出しなければならない。

3.3.2.2 縦強度部材として船殻に取り付ける板及び防撓材の局部座屈強度は，**8 節 1.4.2** に規定するネット部材寸法に基づいて算出しなければならない。ネット部材寸法は，グロス板厚から全腐食予備厚（$1.0t_{corr}$）を控除して算出しなければならない。

3.3.3 板及び局部支持部材の部材寸法強度評価に対する腐食予備厚の適用

3.3.3.1 板及び局部支持部材に対する要求グロス板厚は，**4 節 3.4** 及び **8 節 2** から **8 節 7** に規定する寸法要件に従ってネット要求板厚に全腐食予備厚（$1.0t_{corr}$）を加えて算出しなければならない。

3.3.3.2 局部支持部材のネット断面性能は，**4 節 2.4.1** に規定するウェブ，フランジ及び桁部材の付く鋼板のグロス板厚から全腐食予備厚（$1.0t_{corr}$）を控除して算出し，**4 節 3.4** 及び **8 節 2** から **8 節 7** に規定する要求断面係数，断面二次モーメント及びせん断面積を満足しなければならない。

3.3.3.3 局部及び全体の組合せ荷重の下で，部材強度評価におけるハルガーダ応力は，船体横断面を構成するすべての構造要素のグロス板厚から腐食予備厚の半分（$0.5t_{corr}$）を控除して算出するネット断面性能に基づいて算出しなければならない。

3.3.3.4 板及び局部支持部材の要求最小グロス板厚は，**8 節 2.1.5** に規定する最小ネット要求板厚に全腐食予備厚（$1.0t_{corr}$）を加えて算出しなければならない。

3.3.4 主要支持部材の部材寸法強度評価に対する腐食予備厚の適用

3.3.4.1 主要支持部材の要求グロス板厚は，**8 節 2.6** 及び **8 節 3** から **8 節 7** に規定する強度要件によるネット要求板厚に腐食予備厚の半分（$0.5t_{corr}$）を加えて算出しなければならない。

3.3.4.2 主要支持部材のネット断面性能は，ウェブ及びフランジのグロス板厚から腐食予備厚の半分（$0.5t_{corr}$）を控除して算出するものとし，**8 節 2.6** 及び **8 節 3** から **8 節 7** に規定する断面係数，断面二次モーメント及び面積を満足しなければならない。

3.3.4.3 主要支持部材の最小グロス板厚は，**8 節 2.1.6.1**，**8 節 3.1.4.1**，**8 節 4.1.5.1**，**8 節 5.1.4.1**，**8 節 6.3.7.5**，**8 節 6.4.5.4** 及び **10 節 2.3** に規定する最小ネット要求板厚に全腐食予備厚（$1.0t_{corr}$）を加えて算出しなければならない。

3.3.5 ハルガーダ最終強度解析に対する腐食予備厚の適用

3.3.5.1 **9 節 1** に規定するハルガーダ最終強度 M_u は，船体横断面を構成するすべての構造要素のグロス板厚から腐食予備厚の半分（$0.5t_{corr}$）を控除して算出するネット船体断面性能に基づいて算出しなければならない。

3.3.5.2 ハルガーダ最終強度を求めるために使用する構造要素の座屈強度は，板，防撓材ウェブ及びフランジのグロス板厚から腐食予備厚の半分（$0.5t_{corr}$）を控除して算出しなければならない。

3.3.6 有限要素法に対する腐食予備厚の適用

3.3.6.1 **9 節 2.2** 及び**付録 B2** に規定する貨物タンク構造強度解析においては，有限要素法のモデルは，すべての構造要素のグロス板厚から腐食予備厚の半分（$0.5t_{corr}$）を控除して算出する板厚を使用してモデル化しなければならない。

3.3.6.2 板及び防撓材の局部座屈強度は，グロス板厚から全腐食予備厚（$1.0t_{corr}$）を控除して算出しなければならない。

3.3.6.3 **9 節 2.3** 及び**付録 B3** に規定する局部詳細メッシュ構造強度解析モデルは，グロス板厚から腐食予備厚の半分

（$0.5t_{corr}$）を控除して算出する板厚を使用してモデル化しなければならない。詳細メッシュ区域は，グロス板厚から全腐食予備厚（$1.0t_{corr}$）を控除してモデル化しなければならない。

3.3.7　　疲労強度評価に対する腐食予備厚の適用

3.3.7.1　**9 節 3** 及び**付録 C1** に規定する疲労強度評価に対するハルガーダ応力は，船体横断面を構成する構造要素のグロス板厚から腐食予備厚の 1/4（$0.25t_{corr}$）を控除して算出するネット疲労船体断面性能に基づいて算出しなければならない。

3.3.7.2　**9 節 3** 及び**付録 C1** に規定する疲労強度評価に対する横荷重を受ける局部構造部材の応力は，防撓材ウェブ，フランジ及び桁部材の付く鋼板の板厚から腐食予備厚の半分（$0.5t_{corr}$）を控除した板厚に基づいて算出しなければならない。

3.3.7.3　**9 節 3** 及び**付録 C2** に規定する（有限要素法に基づく）ホットスポット応力法においては，ホッパナックル部の有限要素法モデルは，グロス板厚から腐食予備板厚の 1/4（$0.25t_{corr}$）を控除して算出する板厚を使用してモデル化しなければならない。超詳細メッシュ区域は，グロス板厚から腐食予備厚の半分（$0.5t_{corr}$）を控除してモデル化しなければならない。

3.3.7.4　**3.3.7.3** に対する代替案として，ホッパ部の疲労有限要素法モデルは，有限要素法強度モデルに対する要件に従ってモデル化することができる。すなわち，**3.3.6.1** に規定するすべての区域で $0.5t_{corr}$ を控除して差し支えない。ただし，その場合には，**付録 C2.4.2.7** に規定する係数 f_{model} により算出する応力範囲を修正しなければならない。

4 組立

4.1 一般

4.1.1 工事

4.1.1.1 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 **6節5** 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。

4.1.2 組立標準

4.1.2.1 構造物の組立は，本会が適当と認めた標準に従って行わなければならない。また，組立又は建造の開始に先立って本会が適当と認めた組立標準に従って行わなければならない。

4.1.2.2 組立又は建造中に使用する組立標準は，組立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。

4.1.2.3 組立標準は，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) ピラー
- 甲板間の直線度及び円筒状構造の直径

(d) ブラケット及び小さな防撓材
- トリッピングブラケット及び小さな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，主軸中心線からの舵の変位，舵板のねじれ並びに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
- 板の突き合わ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距離

(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

4.2 冷間加工

4.2.1 特殊構造部材

4.2.1.1 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部外板のような**表 6.1.3** 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（船体構造用鋼材，**1.1** 参照）のグロス板厚の 10 倍以上としなければならない。**4.2.3** に規定する追加要件に従う場合には，許容内側曲げ半径をグロス板厚の 10 倍未満としても差し支えない。

4.2.2 その他の部材

4.2.2.1 主構造部材（例えば，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（船体構造用鋼材，**1.1** 参照）のグロス板厚の 4.5 倍以上としなければならない。**4.2.3** に規定する追加要件に従う場合には，許容内側曲げ半径をグロス板厚の 4.5 倍未満としても差し支えない。

4.2.3 追加要件

4.2.3.1 鋼材を特殊部材及びその他の部材に対して，650℃以下で，かつ，グロス板厚の 10 倍又は 4.5 倍未満の半径で加工する場合には，確認のための資料を提出しなければならない。この場合，次に掲げる追加要件に適合しなければならない。

(a) 鋼材は，*D* 若しくは *DH* 級又はそれ以上とする。

(b) 材料は，ひずみ劣化状態で衝撃試験を行い，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，$t_{grs}/(2r_{bdg}+t_{grs})$で算出する値とする。ここに，$t_{grs}$を板材のグロス板厚，$r_{bdg}$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 時間人工的に劣化させる。その後，*V* ノッチシャルピー試験を行う。ひずみ劣化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。

(c) 変形領域の 100%目視検査を行わなければならない。これに加え，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。

ただし，曲げ半径は，グロス板厚の 2 倍以上としなければならない。

4.3 熱間加工

4.3.1 温度要件

4.3.1.1 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 **4.3.2.1** 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。

4.3.1.2 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 **4.3.1.1** 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。

4.3.2 線状加熱法又は点焼き法

4.3.2.1 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。

4.4 溶接

4.4.1 一般

4.4.1.1 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，承認された溶接士により行わなければならない。また，**規則 M 編**によらなければならない。

4.4.2 溶接順序

4.4.2.1 組立順序並びに溶接施工による板パネル及び小組などの全体的な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施工され，有害な欠陥が生じないように行わなければならない。

4.4.2.2 できる限り，溶接は 1 以上の方向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。

4.4.2.3 原則として，自動溶接で溶接される板パネルにおいて，防撓部材（横桁，肋骨，桁などを含める。）を溶接する際には，防撓材の角変形を最小となるようにしなければならない。

4.4.3 溶接交差部

4.4.3.1 連続隅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，隅肉溶接を施工する前に完了させ，平滑と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行わなければならない。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。

4.4.4 水切り

4.4.4.1 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，望ましくないので，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。

5 溶接設計及び寸法

5.1 適用

5.1.1 範囲

5.1.1.1 原則として，溶接寸法は規則のグロス板厚による。

5.1.1.2 溶接順序，溶接士の資格，溶接施工及び溶接材料に関する要件は，**4.4** の規定による。

5.1.2 図面及び仕様書

5.1.2.1 溶接寸法及び溶接詳細を示す図面又は仕様書を新造船建造計画時に提出し，承認を得なければならない。

5.1.2.2 溶接寸法を減じる場合は，**5.9** に規定する要件を適用すると共に，次に掲げる詳細を溶接仕様書に含めなければならない。

(a) ルート間隔

(b) 溶接材料

5.1.3 許容値の要件

5.1.3.1 接合する部材の接面間のルート間隔は，最小に保つ，若しくは承認された仕様書を満足しなければならない。

5.1.3.2 隅肉溶接で接合する部材間のルート間隔が 2*mm* を超える場合には，**5.7.1.6** の規定により溶接寸法を増さなければならない。

5.1.4 特別な予防措置

5.1.4.1 厚板又は形鋼の取付けのために脚長の小さい隅肉溶接を行う場合，承認された溶接手順仕様書に基づいた溶接でなければならない。予熱，低水素溶接棒又は低水素溶接手順の使用といった特別な予防措置は認められる。

5.1.4.2 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。

5.2 突合せ継手

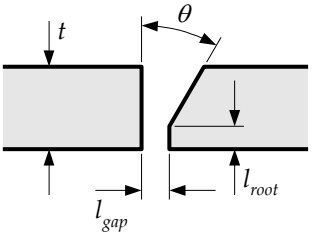
5.2.1 一般

5.2.1.1 防撓板構造の板部材の継手は，原則として，突合せ継手で接合しなければならない。開先加工した標準的な突合せ継手を図 **6.5.1** に示す。

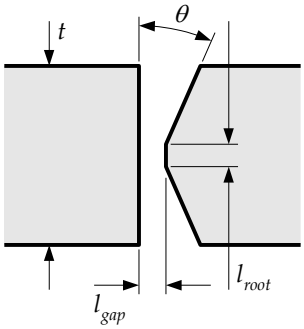
5.2.1.2 すべての突合せ継手は，両面溶接しなければならない。裏側の溶接を行う前に，ルート部の不良溶接金属は，適当な方法により除去しなければならない。片面突合せ溶接は，承認された溶接手順仕様による場合，特別の適用として認めることがある。

図 6.5.1　　典型的な突合せ継手

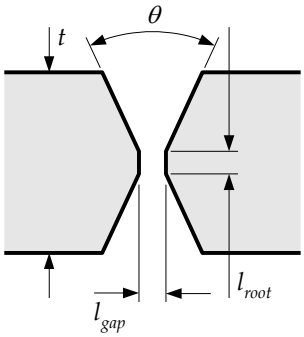
片開先の突合せ継手



両開先の突合せ継手

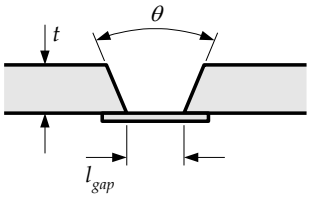


両 V 開先の突合せ継手（両側同一の開先）



片側 V 開先継手

（裏当て金付きの片側溶接）



（備考）

(1) この図は指針である。実際の詳細及び寸法は，認められた工作標準によらなければならない（**4.1.2.1** 参照）。

5.2.2　突合せ継手の板厚差

5.2.2.1　板厚の異なる板を突合せ溶接する場合には，断面の著しい変化を避けなければならない。

5.2.2.2　板厚差が 4*mm* を越える板を溶接する場合には，適切な勾配のテーパを設けなければならない。テーパは厚い方の部材とするか，又は要求する勾配を溶接継手設計に規定して形成することができる。

5.2.2.3　縦強度部材の横方向突合せ継手に対しては，テーパ長さは，板厚差の 3 倍以上でなければならない。

5.2.2.4　板厚差が 4*mm* を超えている場合においても，本会が適当と認める場合，テーパをつけなくてもよい。

5.3 *T* 継手又は十字継手

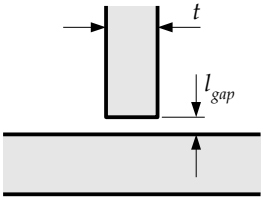
5.3.1 一般

5.3.1.1 主要支持部材，防撓材のウェブ又は端部接続部の継手及び板パネル上に接する板により形成する継手は，**5.7** 及び**図 6.5.2** に従って隅肉溶接を行わなければならない。その他の標準的な *T* 継手又は十字継手溶接配置の例を**図 6.5.3** に示す。

5.3.1.2 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，隣接する板の端部に傾斜をつけて，部分又は完全溶込み溶接としなければならない。（**5.3.4** 及び**図 6.5.3** 参照）

図 6.5.2 典型的な *T* 継手又は十字継手

T 継手

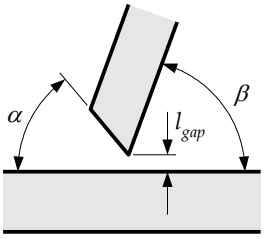


（備考）

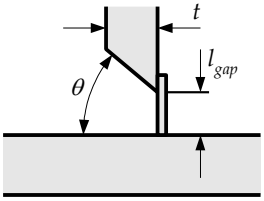
(1) この図は指針である。実際の詳細及び寸法は，認められた工作標準によらなければならない。（**4.1.2.1** 参照）

図 6.5.3 その他の *T* 継手及び十字継手

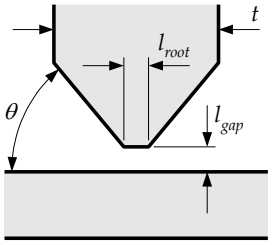
小角度のすみ肉溶接



裏当て金付き片側開先 *T* 継手



両面対称の開先 *T* 継手



（備考）

(1) この図は指針である。実際の詳細及び寸法は，認められた工作標準によらなければならない。（**4.1.2.1** 参照）

5.3.2　連続溶接

5.3.2.1　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) 高張力鋼材を使用する場所のすべての隅肉溶接

(b) ハッチコーミング，昇降口及びその他の開口を含む風雨密甲板及び風雨密建物の周囲

(c) タンク及び水密区画の周囲

(d) バラスト及び清水タンク内のすべての構造物及びバラスト及び清水タンク隔壁の防撓材

(e) 船尾タンク内のすべての構造物及び船尾タンク隔壁の防撓材

(f) 船首タンク又は空所内のすべての構造物

(g) 原油，石油精製品，化学薬品，食用液体品又は清水貨物を運搬するタンク内のすべての溶接

(h) ブラケット端部，ラグ，スカラップを含むすべての端部の溶接及びその他の部材との直角接続の溶接

(i) 船体構造のすべての重ね溶接

(j) 船体前部 $0.3L_{CSR\text{-}T}$ 内の船底外板に対する主要支持部材及び防撓部材

(k) 板材に対する平板縦通材

(l) 高張力鋼板に対する艤装品の取り付け部及びその他の継手又は取り付け部

5.3.3　断続溶接

5.3.3.1　連続溶接が要求されない場所においては，断続溶接を適用することができる。

5.3.3.2　梁，防撓材，肋骨などが断続溶接されており，スロットを開けられた桁，棚板又は縦通材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。さらに，梁，防撓材及び肋骨は桁，棚板及び縦通材に適切に取り付けなければならない。

5.3.4　完全又は部分溶込みの継手又は *T* 継手

5.3.4.1　次に掲げる高引張応力が中間の板を通して作用する場所においては（図 6.5.4 参照），5.8 に規定する隅肉溶接の脚長増し又は溶込み溶接としなければならない。

(a) 内殻及びホッパとの接続部

(b) 二重底及び縦通又は横隔壁主要支持部材端部との接続部

(c) 棚板及び内底板又はホッパタンクと波形隔壁の下部スツール側板との接続部

(d) 波形隔壁及びガセットプレートとの接続部

(e) 下部スツールなしの波形隔壁と，波形隔壁フランジ及びガセットプレート下の二重底フロア，下部ホッパタンク付ウェブ及び二重底桁との接続部

(f) 隔壁主要支持部材及びスツール板の下側にある二重底内の構造要素

5.3.4.2　ホッパの傾斜板と内底板の継手は，最大ルート面 $l_{root} = t_{p\text{-}grs}/3$ である完全又は部分溶込み溶接としなければならない。ここで図 6.5.4 に示すように，l_{root} は溶接ルート面長さ，$t_{p\text{-}grs}$ はグロス板厚とする。

5.3.4.3　完全溶込み溶接は，次に掲げる接合部に使用しなければならない。

(a) 垂直波形隔壁接続部の下端部

(b) 波形隔壁に取り付けるガセットプレートの下端部

(c) 外板構造とラダーホーン及び主軸ブラケットの接続部

(d) 舵側板及び舵頭材の継手部

(e) 開口の横方向寸法が 300*mm* を超える場合には，船体中央部 $0.6L_{CSR\text{-}T}$ 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（図 6.5.5 参照）。また，パイプ貫通部にカラープレートを取り付ける場合には，そのカラープレートを連続隅肉溶接しなければならない。

(f) 図 6.5.4 に示すグロス板厚 $t_{p\text{-}grs}$ が 12*mm* 以下である構造喫水 T_{SC} 未満の外板を構成する平板（シーチェスト，ラダートランク及び一部分のトランサムを含むがこれに限らない）。グロス板厚 $t_{p\text{-}grs}$ が 12*mm* を超える場合にあっては，最大ルート面 $l_{root} = t_{p\text{-}grs}/3$ である部分溶込み溶接を認めることがある。

(g) 11 節 3.1.4.14 に規定するクレーン台座，関連するブラケット及び支持構造。

図 6.5.4　　板部材への取り付け

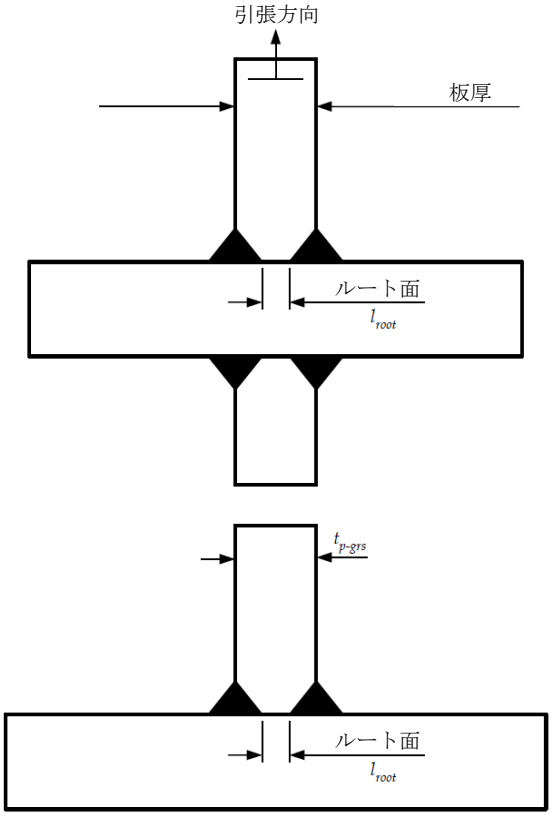
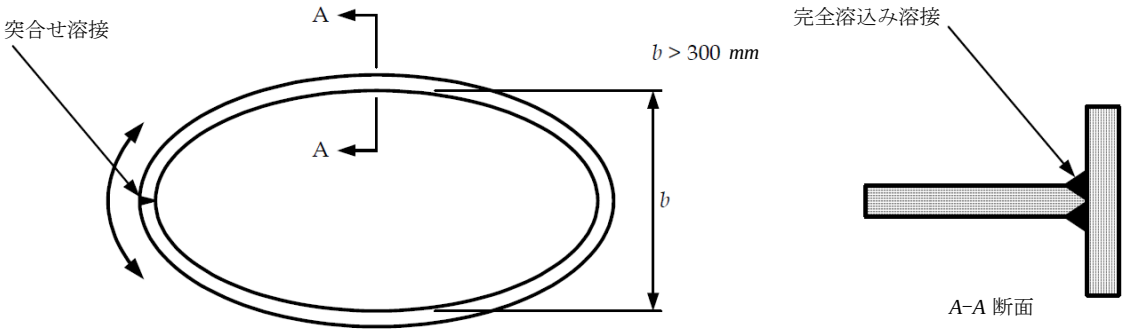


図 6.5.5　　適切な端部補強の例



5.4　重ね継手

5.4.1　一般

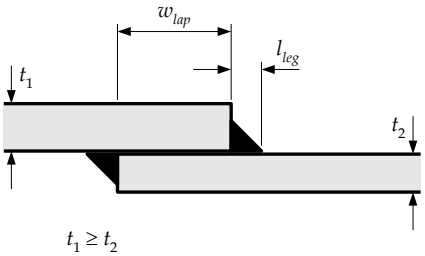
5.4.1.1　高引張又は圧縮荷重を受けない端部接続部においては，重ね継手を適用することができる。

5.4.1.2　重ね継手を適用する場合には，重なる部分の幅 w_{lap} は薄い板のグロス板厚の 3 倍以上 4 倍以下としなければならない（図 6.5.6 参照）。薄い板のグロス板厚が 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。

5.4.1.3　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，ラグ部のグロス板厚の 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。継ぎ手は，確実に溶接を行うために適切に配置されなければならない。

5.4.1.4　重ね継手の接面はできる限り密着させるようにし，重ね継手の両端は連続隅肉溶接としなければならない。

図 6.5.6　　重ね継手
重ね継手における隅肉溶接



5.4.2　重ね継手端部接続

5.4.2.1　規則により承認された端部接続は，各端部とも図 6.5.6 に示す脚長 l_{leg} である連続溶接とし，2 つの脚長の合計は，薄い方の板のグロス板厚の 1.5 倍以上としなければならない。

5.4.3　シーム重ね継手

5.4.3.1　タンク又は水密隔壁の境界に対して，シーム重ね継手は，両端で表 6.5.1 に規定する寸法の連続溶接としなければならない。グロス板厚 12.5*mm* 以下でタンクから離れている板のシーム重ね継手は，水密隔壁境界に対して表 6.5.1 に従って片面断続溶接とすることができる。

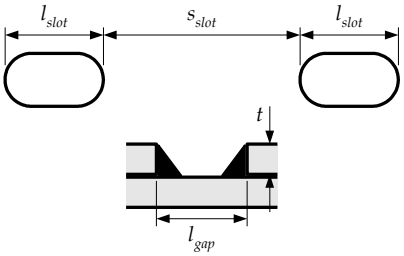
5.5　スロット溶接

5.5.1　一般

5.5.1.1　スロット溶接は，特定の適用に対して個別に承認されるものとする。典型的な適用について，5.5.1 及び 5.5.2 による。また，典型的な配置については，図 6.5.7 による。

5.5.1.2　スロットは十分に丸め，最小長さ l_{slot} は 75*mm*，最小幅 w_{slot} はグロス板厚の 2 倍としなければならない。二重張り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，$2l_{slot}$ から $3l_{slot}$ 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 6.5.7　　スロット溶接



5.5.2　ふさぎ板

5.5.2.1　溶接のために近づくことができない内部のウェブに板を接続する場合には，そのウェブに取り付けた面材にふさぎ板をスロット隅肉溶接で取り付けることができる。

5.5.2.2　スロットは十分丸くし，最小長さ l_{slot} は 90*mm*，最小幅 w_{slot} はグロス板厚の 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* 以下としなければならない。スロットは溶接で埋めてはならない。

5.6 スタッド溶接

5.6.1 一般

5.6.1.1 高い応力を受ける主構造部に永久スタッド又は仮スタッドを溶接で取り付ける場合には，スタッド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。

5.7 溶接寸法の求め方

5.7.1 一般

5.7.1.1 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。

5.7.1.2 図 6.5.8 に示す連続，重ね継手，又は断続隅肉溶接の脚長 l_{leg} は，5.7.2 から 5.7.5 の規定によるとともに，次の算式による値以上としなければならない。

(a) $l_{leg} = f_1 t_{p\text{-}grs}$

(b) $l_{leg} = f_{yd} f_{weld} f_2 t_{p-grs} + t_{gap}$

(c) l_{leg} は，表 6.5.2 による。

f_1 ：0.30（両面連続溶接の場合）

0.38（断続溶接の場合）

$t_{p\text{-}grs}$ ：板のグロス板厚（*mm*）。原則として，取付け部材（取付けられる部材）の板厚とする（5.7.1.5 参照）。

f_{yd} ：溶着金属部の降伏応力を考慮した修正係数

$$= \left(\frac{1}{k}\right)^{0.5} \left(\frac{235}{\sigma_{weld}}\right)^{0.75}$$ ただし， 0.707 以下としてはならない。

σ_{weld} ：溶着金属部の最小降伏応力，ただし，次の値以上としなければならない。

軟鋼材の場合： 305*N/mm*^{2}

降伏応力が 265 から 355*N/mm*^{2} までの高張力鋼の場合：375*N/mm*^{2}

降伏応力が 390*N/mm*^{2} の高張力鋼の場合：400*N/mm*^{2}

規定される最小値を超える溶着金属部の降伏応力により溶接寸法が決定される場合の追加要件については 5.9.4 参照。

k ：1.1.4 に規定する高張力鋼係数 k で取付け部材の材料による。

f_{weld} ：構造部材による溶接係数（5.7.2，5.7.3 及び 5.7.5 参照）

f_2 ：溶接の種類による継手係数

1.0（両面連続隅肉溶接の場合）

$\frac{s_{ctr}}{l_{weld}}$（断続溶接の場合）

l_{weld} ：クレーター部を除いた隅肉溶接の実際の長さ（*mm*）

s_{ctr} ：隣り合う断続溶接部の中心間距離（*mm*）

t_{gap} ：溶接ギャップの許容値で以下とする。（ただし，より小さな値が許容される場合はこの限りでない。（5.9.2 参照））

=2.0（*mm*） $t_{p\text{-}grs} > 6.5mm$ 場合

$$= 2\left(1.25 - \frac{1}{f_2}\right) \ (mm)$$ $t_{p\text{-}grs} \leq 6.5mm$ 場合

5.7.1.3 のど厚は $l_{leg} / \sqrt{2}$ 以上としなければならない。ここに脚長 l_{leg} を図 6.5.8 に示す。

5.7.1.4 断続溶接との交差部のいずれの側においても，隅肉溶接に対する脚長は，$0.62t_{p\text{-}grs}$ 又は 6.5*mm* のいずれか小さい方の値以下としなければならない。

5.7.1.5 隣接する縦通防撓材のグロスウェブ板厚が 15*mm* を超え，かつ，板部材の板厚を超える場合には，溶接は両面連続溶接とし，溶接脚長は次に掲げる値の最大値以上でなければならない。

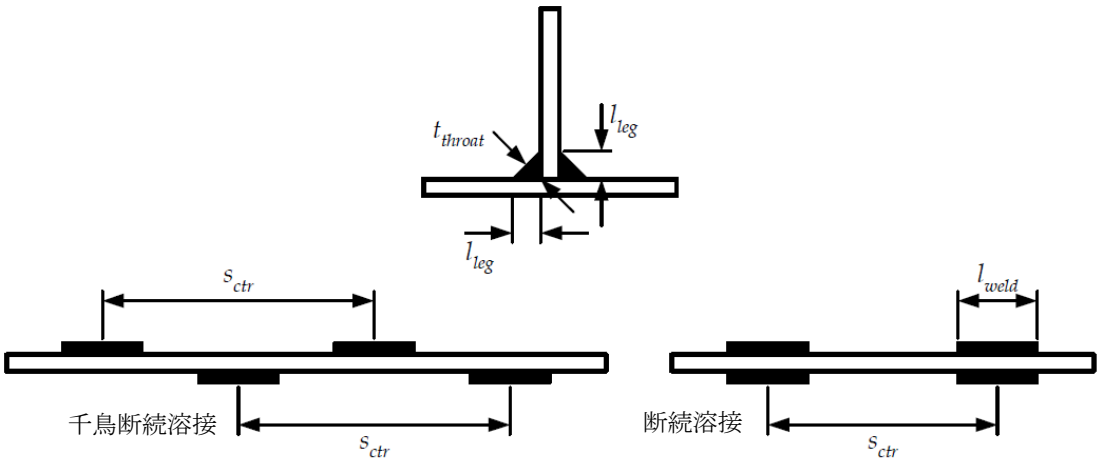
(a) 板部材のグロス板厚の 0.3 倍。使用する板部材の板厚は 30*mm* を超える必要はない。

(b) 隣接する部材のグロス板厚の 0.27 倍＋1.0*mm*。脚長は 8*mm* を超える必要はない。

(c) 板に取り付ける防撓材に対しては，表 6.5.2 に規定する値。

5.7.1.6　接合する部材間のルート間隔が 2*mm* を超え，5*mm* 以下の場合には，溶接脚長は，2*mm* を超える間隔の量だけ増やさなければならない。部材間のルート間隔が 5*mm* を超える場合には，承認された溶接手順仕様書に従って是正措置を講じなければならない。

図 6.5.8　　溶接に関する定義



l_{leg} = 脚長（*mm*）

t_{throat} = のど厚（*mm*）

5.7.2　　主要構造要素の隅肉継手溶接

5.7.2.1　船体構造要素の継手に対する溶接係数は，**表 6.5.1** による。

5.7.2.2　船体構造要素が二重船殻主要支持部材の一部を形成している場合には，**5.7.4** の規定にもよる。

5.7.2.3　中間板を通じて高い引張り応力が作用する場合には（**図 6.5.4** 参照），**5.8** に規定する隅肉溶接の増し脚長又は溶込み溶接を使用しなければならない。

5.7.3　　主要支持部材溶接

5.7.3.1　主要支持部材のウェブ板継手に対する溶接係数は，**表 6.5.4** による。

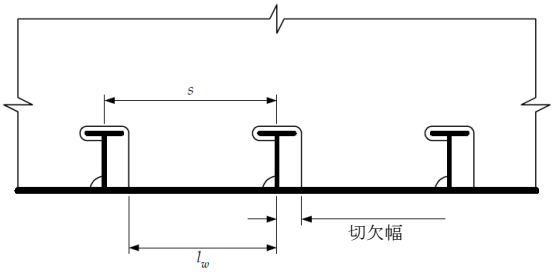
5.7.3.2　**5.7.1.2(b)**の規定により最小溶接寸法を求める場合，外板，甲板又は隔壁に対する溶接継手は，防撓材が部材を通過する場所の切欠による部材減少を考慮しなければならない。ウェブ板及び切欠の幅が防撓材間隔の 15%を超える場合，溶接脚長は，次の算式の値を乗ずるものとする。

$$\frac{0.85s}{l_w}$$

s ：防撓材の間隔（*mm*）

l_w：切欠間のウェブ長さ（*mm*）（**図 6.5.9** 参照）

図 6.5.9　　防撓材のウェブ切欠



5.7.4 主要支持部材の端部接続溶接

5.7.4.1 主要支持部材（すなわち，横桁及び縦桁）の端部接続部の溶接は，溶接面積 A_{weld} がその部材の規則要求グロス断面積と等しくなければならない。溶接脚長 l_{dep} に関しては，次の算式による。

$$l_{leg} = 1.41 f_{yd} \frac{h_w t_{p-grs}}{l_{dep}} \quad (mm)$$

h_w ：主要支持部材のウェブ高さ（mm）（**図 6.5.10** 参照）

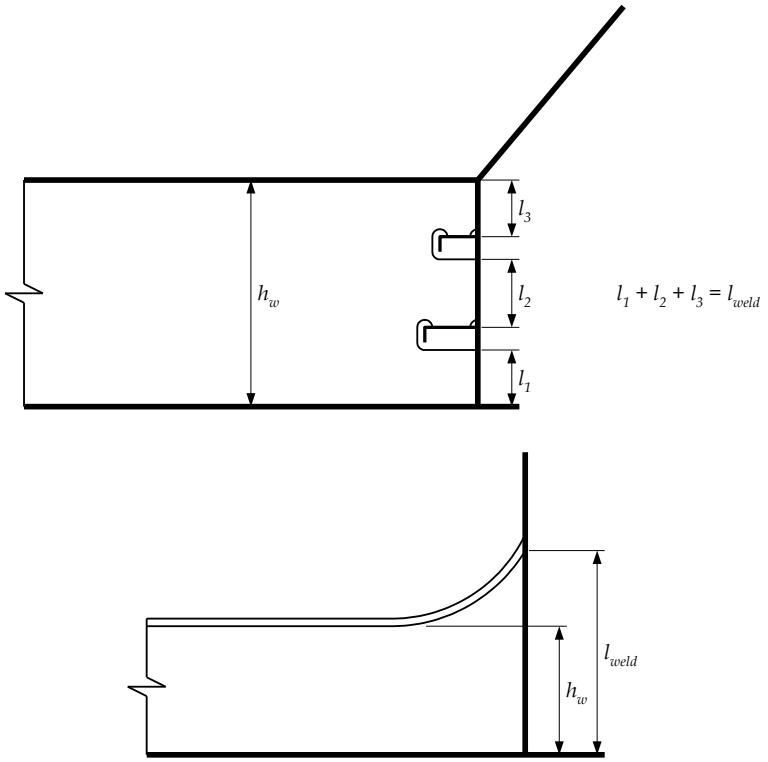
t_{p-grs}：主要支持部材の規則要求グロス板厚（mm）

l_{dep} ：溶接の溶着部長さ（mm），両面連続隅肉溶接の場合，**図 6.5.10** に示す l_{weld} の 2 倍とする。

f_{yd} ：**5.7.1.2** に規定する溶着金属部の降伏応力を考慮する修正係数

溶接寸法は，**5.7.1.2** の規定により算出する値以上としなければならない。ここに，最小溶接係数 f_{weld} は，タンク内では 0.48，その他の場所では 0.38 とする。

図 6.5.10 主要支持部材の端部継手



（備考）

(1) 長さ l_{weld} は，溶接継手の長さである。溶接の溶着部長さ l_{dep} は，両面隅肉溶接の場合，溶接継手の長さ l_{weld} の 2 倍とする。

5.7.5 防撓材端部溶接

5.7.5.1 板と縦通材の溶接は，縦通材の端部において両面連続でなければならない。横桁では，両面連続溶接長さを縦通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。

5.7.5.2 甲板縦通材に対しては，縦通材及び甲板横桁との交差部において，そのどちらにも並列溶接でなければならない。

5.7.5.3 防撓材（すなわち，縦通材，梁及び隔壁防撓材）の端部結合の溶接は，**表 6.5.5** に規定する値以上としなければならない。要求値が 2 つある場合には，大きい方の値によらなければならない。**表 6.5.5** に規定する溶接面積 A_{weld} はブラケット又は重ね継手接続の各部に適用しなければならない。

5.7.5.4 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，有効のど厚×溶接長さに基づく溶接面積 A_{weld} は部材のグロス断面積以上でなければならない。縦強度部材が高張力鋼材の場合には，溶接面積 A_{weld} は **5.7.1.2** に規定する溶着金属部の降伏強度を考慮し，修正係数 f_{yd} を乗ずるものとする。

5.7.5.5 防撓材が主要支持部材を貫通し，主要支持部材のウェブにより支持される箇所にあっては，溶接継手は，**4 節**

3.4.3.11 の規定による。

5.7.5.6 断続溶接が認められる箇所においては，外板，水密隔壁，油密隔壁及び居住区前面の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。

5.8 高引張応力を受ける構造の溶接

5.8.1 最小脚長

5.8.1.1 中間の板を通し，高引張応力が作用する場所（図 6.5.11 参照）においては，両面連続溶接の最小脚長寸法 l_{leg} は，次の算式による。

$$l_{leg} = 1.92\left(\frac{235}{\sigma_{weld}}\right)^{0.75}\left[0.2 + \left(\frac{\sigma}{270} - 0.25\right)\frac{l_{root}}{t_{p-grs}}\right]t_{p-grs} + 0.2 \text{（}mm\text{）}$$

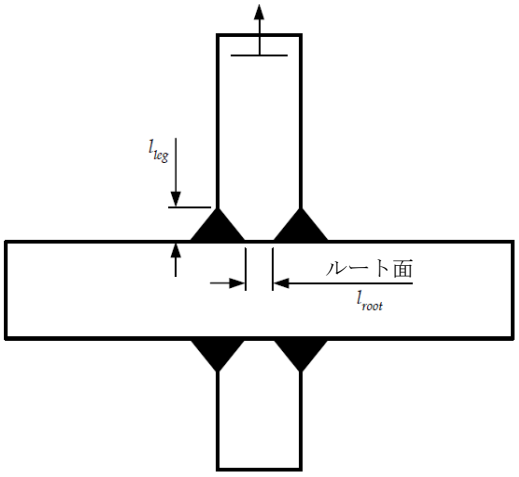
σ ：溶接する板の最大引張応力（N/mm^2）

l_{root} ：ルート面の長さ（mm）

t_{p-grs} ：溶接する板のグロス板厚（mm）

σ_{weld} ：5.7.1.2 の規定による。ただし，σ_{weld} は 5.7.1.2 に規定する溶着金属部の降伏応力 f_{yd} を考慮する修正係数により許容される最大値とする。

図 6.5.11 高張力鋼の溶接



5.9 溶接寸法の軽減

5.9.1 一般

5.9.1.1 5.7 に規定する隅肉溶接寸法の軽減は，5.9.2，5.9.3 又は 5.9.4 の規定により承認することができる。

5.9.1.2 溶接寸法の軽減に対して，上記のいずれかの方法を適用する場合には，軽減を正当化する明確な要件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，5.7 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。

5.9.2 制御されたルート間隔

5.9.2.1 品質管理により，部材間のルート間隔を容易に 1mm 以下にできる場合には，0.5mm の隅肉溶接脚長の軽減が認められる。

5.9.3 完全溶込み溶接

5.9.3.1 承認された自動完全溶込み手順を使用し，品質管理により部材間のルート間隔を容易に 1mm 以下にできる場合には，表 6.5.1，表 6.5.2(c)，表 6.5.2(d)，表 6.5.4 及び表 6.5.5 に規定する溶接係数は，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，隅肉溶接脚長 1.5mm を超えない範囲で 20%まで軽減

することができる。

(a) 最小及び最大ルート間隔を満足する溶接手順試験により確認された適切な手順を選択にすることにより溶接がなされること。

(b) ルート部の溶込み量は，少なくとも取付ける部材の減少量と同じであること。

(c) 確立された品質管理システムが適切に行われることを実証すること。

5.9.4 管理された溶接材料

5.9.4.1 溶接材料のグレードが溶接する鋼材の最小強度よりも高いことが保証されている品質管理システムが行われる場合にあっては，溶接材料は，**5.7.1.2** に規定する最小値よりも高い降伏強度を有してもよい。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よい。

5.10 ピラー及びクロスタイの端部接続

5.10.1 有効溶接面積

5.10.1.1 ピラー及びクロスタイの端部接続は，次の算式の有効隅肉溶接面積（溶接のど厚×溶接長さ）の値以上でなければならない。

$$A_{weld} = f_3 \left(\frac{235}{\sigma_{weld}}\right)^{0.75} A_{grs} P \quad (cm^2)$$

A_{grs} ：ピラー又はクロスタイのグロス断面積（m^2）

P ：考慮する構造に対する設計圧力荷重（kN/m^2）

σ_{weld} ：**5.7.1.2** に規定する溶着金属部の最小降伏応力。ただし，σ_{weld} は **5.7.1.2** に規定する f_{yd} より許容される最大値。

f_3 ：0.05 ただし，ピラー又はクロスタイに圧縮のみが作用する場合

0.14 ただし，ピラー又はクロスタイに引張りが作用する場合

5.11 代替要件

5.11.1 一般

5.11.1.1 前項までは，船体構造の電気アーク溶接に対する最小要件であり，その代替方法，配置及び詳細は個別に承認するものとする。

5.11.1.2 いかなる場合においても，**表 6.5.2** に規定する脚長限度によらなければならない。

表 6.5.1　　溶接係数

対象部位	溶接係数 f_{weld}	備考
(1) 一般		(2)から(11)は除く
水密隔壁の周囲	0.43	
非水密隔壁の周囲	0.18	
強力甲板	表 6.5.3 参照	
強力甲板以外の甲板及び隔壁（タンクを形成するものは除く）	0.30	一般的に連続
板付き防撓材（継手端部以外）	0.13	液体を積載しない区域内
	0.18	タンク内
継手端部から 0.1 スパン以内の板付き防撓材	0.21	又は端部ブラケット範囲のうち大きい方
板防撓材	0.13	
一般的な重ね継手	0.36	
ウェブのグロス板厚が 15*mm* 以上の板付きの縦通肋骨	5.7.1.5 参照	$t_{p\text{-}grs}$ は 5.7.1.5 に規定する
(2) 貨物タンク区域内の船底構造		(1)
平板竜骨に隣接する非水密中心線桁板	0.30	
内底板に隣接する非水密中心線桁板	0.28	スカラップなし
フロア及び桁板の非水密区画の周囲	0.15	スパンの半分の中央
	0.24	端部 1/4 のスパン
内底板に隣接するフロア及び桁板		
垂直主要支持部材との取り合いでの内底板に隣接するフロア及び桁板	0.43	(1)
フロア及び桁板との継手	0.36	(1)
フロア及び桁板の端部継手	0.43	(1)
ドッキングブラケット	0.30	
(3) 貨物タンク区域の船側構造		ビルジホッパタンクを含む(1)
内殻の隔壁付き垂直ウェブ		
甲板横桁又は肘板との取り合い	0.43	
クロスタイとの取り合い（適用できる場合）	0.36	
その他	0.24	
船殻付きの垂直ウェブ	0.24	
垂直ウェブの継手端部	0.43	(1)
(4) 貨物タンクの隔壁構造		ポンプルーム及びコファダムを含む(1)
縦通及び横置油密隔壁の周囲		
甲板，内底板及び船底外板との取り合い	0.51	
船側の取り合い	0.43	
垂直波形隔壁		
上端部	0.51	
下端部	5.3.4 参照	
非水密隔壁の周囲	0.24	
主要支持部材	表 6.5.4 参照	
主要支持部材間の継手部	0.49	
(5) 機関区域の構造		
平板竜骨及び内底板に隣接する中心線桁板	0.36	
中心線桁板に隣接するフロア		

機関装置下	0.36	
スラスト軸及びボイラー桁下	0.36	
主機台桁板に隣接するフロア	0.36	
船殻及び内底板に隣接するフロア又は桁板	0.24	
主機台桁板に隣接する頂板及び主要船殻構造	部分溶込み溶接	最大ルート面 $0.33t_{p\text{-}grs}$ の溶込み溶接の開先
架台		
補助機関（>350*kw*）	0.40	
ボイラー及びその他の補助機関	0.35	
主機台支持用ブラケット	0.21	
(6) 0.25$L_{CSR\text{-}T}$ 前方の構造		
船底の平行部		
船殻及び内底板に隣接するフロア	0.18	
船殻及び内底板に隣接する桁板	0.28	
船底縦通肋骨		
船首船底の平行部	0.30	
その他	0.18	
船側水平桁の船殻との取り合い	0.24	
船首構造		
内構材	0.18	
(7) 船尾構造		
内構材		
水線下	0.30	
水線上	0.18	
(8) 船楼及び甲板室		
外壁と甲板との間		
第 1 層目及び 2 層目の取り合い	0.28	
その他	0.15	
内壁	0.12	
(9) 閉鎖装置の配置		
ハッチコーミングの甲板との間	0.43	
クリート及び装置	0.60	最小溶接係数。 ここで $t_{p\text{-}grs} > 11.5mm$ であり，l_{leg} は $0.62t_{pgrs}$ を超えないこと。 溶込み溶接はその設計に応じ要求する。
倉口蓋：		
油密継手	0.46	
水密継手		
外側	0.46	
内側	0.18	
倉口蓋：		
防撓材端部（ブラケットなし）	0.38	(2)
防撓材端部（ブラケット有り）	0.38	
その他	0.12	
(10) 甲板機器		(3)
マスト，デリックポスト，クレーン台座などと甲板との間	0.43	

甲板機器台座と甲板との間	0.20	
係船装置台座と甲板との間	0.43	
(11) 艤装品		
アクセスハッチの開口部	0.43	
船殻及び風雨密扉の肋骨	0.43	
船殻及び風雨密扉の防撓材	0.24	
通風筒及び空気管等のコーミングと甲板との間	0.43	
通風筒等の付属品	0.24	
排水口と甲板との間	0.55	
ブルワークステイと甲板との間	0.24	
ブルワークの付属物と甲板との間	0.43	
ガードレール，スタンション等と甲板との間	0.43	
ビルジキール用平鋼と船殻との間	**表 11.3.1** 参照	
ビルジキールと平鋼との間	**表 11.3.1** 参照	
溶接構造製のアンカー	完全溶込み溶接	

（備考）

(1) 高引張り応力が作用する箇所については溶接寸法を増さなければならない（**5.8** 参照）。

(2) ブラケットなしの防撓材及びハッチカバーのウェブは，端部において板部材，面材及びウェブは連続溶接しなければならない。

(3) 溶接係数は最小値とする。

表 6.5.2　　脚長

溶接方法	最小脚長(1) (*mm*)
(a) グロス板厚 $t_{p\text{-}grs} \leq 6.5mm$(5)	
手溶接又は自動溶接	4.0
自動溶込み溶接	4.0
(b) グロス板厚 $t_{p\text{-}grs} > 6.5mm$(5)	
手溶接又は自動溶接	4.5
自動溶込み溶接	4.0
(c) バラスト及び貨物タンク(2)(4)のトップ下 3*m* 以内の溶接	6.5
(d) **(c)**を除く貨物タンク区域内の溶接(4)	6.0

（備考）

(1) いかなる場合にあっても，適用となる溶接方法のうちの最大値を最小脚長としなければならない。

(2) タンクトップが暴露甲板である貨物及びバラストタンクにのみ適用する。

(3) 脚長を最小限にする規定については，**5.9** を参照のこと。

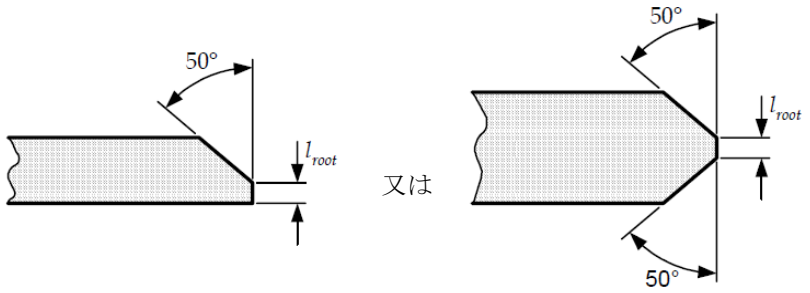
(4) カーリング，座屈防止用の防撓材及びトリッピングブラケット等の二次部材にあっては，追加でギャップを考慮することなく，最小脚長を 5.5*mm* まで減じて差し支えない。

(5) 船楼及び甲板室にあっては，最小脚長を 3.5*mm* として差し支えない。

表 6.5.3　　強力甲板と舷側厚板の溶接継手

桁部材のグロス板厚 (*mm*)	溶接の種類
$t_{p\text{-}grs} < 15$	溶接脚長 0.60 $t_{p\text{-}grs}$ +2.0*mm* である両面連続隅肉溶接
$15 < t_{p\text{-}grs} < 20$	$l_{root} < t_{p\text{-}grs}$ /3 のルート面で開先角度 50 度の片開先で，かつ，溶接係数 0.35 である連続隅肉溶接 又は $l_{root} < t_{p\text{-}grs}$ /3 のルート面で開先角度 50 度の両開先
$t_{p\text{-}grs} > 20$	$l_{root} < t_{p\text{-}grs}$ /3 のルート面で開先角度 50 度の両開先 ただし，10*mm* 未満としなければならない。

$t_{p\text{-}grs}$ = 桁板のグロス板厚（*mm*）



片開先　　両開先

（備考）

(1) 開先を含む溶接手順は建造所毎に規定し，承認を受けなければならない。

(2) 構造部材がタンクの境界を貫通する場合には，水切りを **4.4.4** に従って，配置しなければならない。

(3) 代替継手については，特別な考慮を払わなければならない。

表 6.5.4　　主要支持部材の継手

主要支持部材の面材のグロス面積（cm^2）		位置 (1)	溶接係数 f_{weld}			
			タンク内		乾燥区域	
より大きい	以下		面材	板部材	面材	板部材
	30.0	端部	0.20	0.26	0.20	0.20
		それ以外	0.12	0.20	0.12	0.15
30.0	65.0	端部	0.20	0.38	0.20	0.20
		それ以外	0.12	0.26	0.12	0.15
65.0	95.0	端部	0.42	0.59 (3)	0.20	0.30
		それ以外	0.30 (2)	0.42	0.15	0.20
95.0	130.0	端部	0.42	0.59 (3)	0.30	0.42
		それ以外	0.30 (2)	0.42	0.20	0.30
130.0		端部	0.59 (3)	0.59 (3)	0.42	0.59 (3)
		それ以外	0.42	0.42	0.30	0.42

（備考）

(1) 表中の「端部」とは，各端部から部材の全長の 0.2 倍までをいい，少なくとも端部ブラケット先端以上としなければならない。立桁の上端に対しては，端部用の係数を適用しなくても差し支えないが，下端においては全長の 0.3 倍の範囲にまで対象範囲を拡大すること。

(2) 貨物タンクにおいては，溶接係数を 0.38 とする。

(3) せん断応力に対する規定により局部的にウェブの板厚を増加する場合には，溶接寸法は増厚部分を除いたグロスウェブ板厚によること。ただし，増厚部分のグロス板厚と溶接係数 0.42 によって定まる溶接寸法以上としなければならない。

(4) 高応力域においては，**5.3.4**，**5.7.4** 及び **5.8** を参照。

表 6.5.5　　防撓材端部の継手

継手	溶接面積 A_{weld}（cm^2）	溶接係数 f_{weld} (1)
(1) 板に直接溶接される防撓材	$0.25A_{stf\text{-}grs}$ 又は 6.5 cm^2 のうち大きい方	0.38
(2) ブラケットを用いない防撓材同士の接合，防撓材をブラケットに重ね継手により接合，ブラケットを防撓材に重ね継手により接合		
(a) 乾燥区域	$\sqrt[1.2]{Z_{grs}}$	0.26
(b) タンク内	$\sqrt[1.4]{Z_{grs}}$	0.38
(c) 船首部 $0.15L_{CSR\text{-}T}$ 間における横肋骨と下部ブラケットとの取り合い	**(a)**又は**(b)** による	0.38
(3) 防撓材の面材に溶接されるブラケット及び板部材へのブラケット接合	—	0.38

$A_{stf\text{-}grs}$　防撓材のグロス断面積（cm^2）

A_{weld}　溶接面積（cm^2），全溶接長（cm）×のど厚（cm）として求まる値（ここでルート間隔が 2mm を超える場合には，溶接寸法を増やさなければならない。**5.7.1.6** 参照）

Z_{grs}　ブラケットの寸法算定に用いる防撓材の要求グロス断面係数（cm^3）

（備考）

(1) 最小隅肉溶接寸法においては，**表 6.5.2** 参照。

7 節　設計荷重

1　一般

1.1　一般

1.1.1　適用

1.1.1.1　本節では，部材寸法計算のための設計荷重及び荷重の組合せについて詳細に規定する。本節で規定する荷重は港内及び航海中の荷重シナリオを含んでおり（**2 節 5.4** 参照），荷重成分としては静的荷重成分，変動荷重成分，スロッシング荷重及び衝撃荷重とする。

1.2　定義

1.2.1　座標系

1.2.1.1　適用すべき座標系 x，y，z は **4 節 1.4.1.1** に規定する。

1.2.1.2　波向き角は，**図 7.1.1** に示す伝播する波の方向と x 軸のなす角度 β で表す。その例を次に示す。

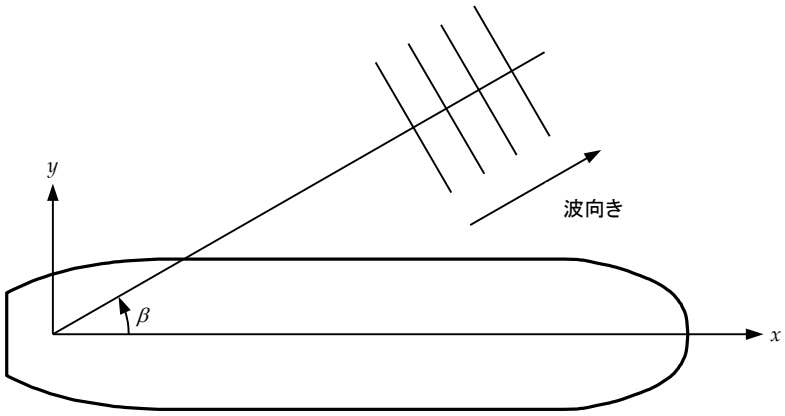
(a)　向波とは，x 軸の負の方向に伝播する波

(b)　横波とは，y 軸の正又は負の方向に伝播する波

(c)　斜め波とは向波と横波（又は追波と横波）との間の方向に伝播する波

(d)　追波は，x 軸の正の方向に伝播する波

図 7.1.1　波向きの定義



1.2.2　符号の定義

1.2.2.1　**図 7.1.2** に示すように，正の運動は次の通りに定める。

(a)　前後揺れは，x 軸の正の方向（前方）への移動を正とする。

(b)　左右揺れは，y 軸の正の方向（左舷方向）への移動を正とする。

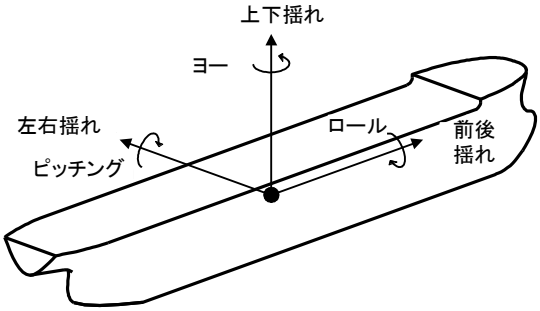
(c)　上下揺れは，z 軸の正の方向（上方）への移動を正とする。

(d)　ロールは，右舷が下がり，左舷が上がる回転を正とする。

(e)　ピッチングは，船首が下がり，船尾が上がる回転を正とする。

(f)　ヨーは，船首が左舷方向に，船尾が右舷方向に回る回転を正とする。

図 7.1.2　　船体運動の正方向の定義



備考

(1)　この図は座標系ではなく回転軸を示す。

1.2.2.2　正の加速度は次の通りに定める。

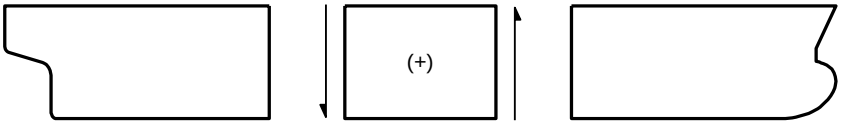
(a)　縦方向加速度は，x 軸の正の方向（前方）の加速度を正とする。

(b)　横方向加速度は，y 軸の正の方向（左舷方向）の加速度を正とする。

(c)　垂直加速度は，z 軸の正の方向（上方）の加速度を正とする。

1.2.2.3　正の垂直ハルガーダせん断力は，**図 7.1.3** に示す。

図 7.1.3　　正の垂直ハルガーダせん断力



1.2.2.4　正のハルガーダ曲げモーメントは，**図 7.1.4** 及び**図 7.1.5** に示すように，次の通りに定める。

(a)　垂直曲げモーメントは，ホギングモーメントを正とし，サギングモーメントを負とする。

(b)　水平曲げモーメントは，右舷側が引張状態，左舷側が圧縮状態を正とする。

図 7.1.4　　正のハルガーダ垂直曲げモーメント

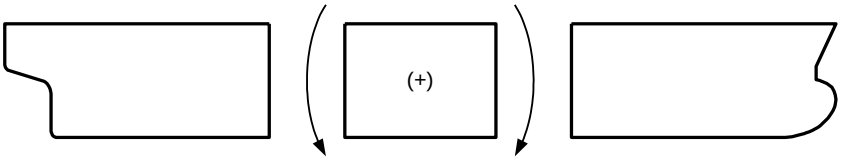
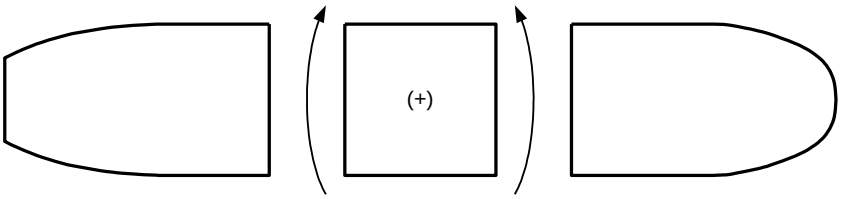


図 7.1.5　　正のハルガーダ水平曲げモーメント



2 静的荷重成分

2.1 静水中ハルガーダ荷重

2.1.1 許容ハルガーダ静水中曲げモーメント

2.1.1.1 設計者は，航海中における許容ハルガーダホギング及びサギング静水中曲げモーメント $M_{sw\text{-}perm\text{-}sea}$ 及び港内又は閉囲された水域での航海における許容値 $M_{sw\text{-}perm\text{-}harb}$ を準備しなければならない。

2.1.1.2 許容ハルガーダホギング及びサギング静水中曲げモーメントは，貨物区域の各横置隔壁，貨物タンクの中央，船首隔壁，機関室前部隔壁そして機関室前後壁間の中央の位置における値を算出すること。

2.1.1.3 許容ハルガーダホギング及びサギング静水中曲げモーメントの包絡線は，**2.1.1.2** による長さ方向位置における値を直線補間して求めなければならない。

2.1.1.4 許容ハルガーダホギング及びサギング静水中曲げモーメントの包絡線は，**8 節 1.1.2** に規定するローディングマニュアルに記載しなければならない。

2.1.1.5 航海中における許容ハルガーダホギング及びサギング静水中曲げモーメントの包絡線 $M_{sw\text{-}perm\text{-}sea}$ は，**2.1.2.1** 及び **2.1.2.2** に規定する規則最小ハルガーダホギング及びサギング静水中曲げモーメント並びにローディングマニュアル上の全ての航海中の積付状態に対して算出した最も厳しいホギング及びサギングハルガーダ静水中曲げモーメントを含まなければならない。積付状態に対する要件は **8 節 1.1.2** に規定する。

2.1.1.6 港内又は閉囲された水域での航行に対する許容ハルガーダホギング及びサギング静水中曲げモーメントの包絡線 $M_{sw\text{-}perm\text{-}harb}$ は，**2.1.2.3** に規定する最小ハルガーダホギング及びサギング静水中曲げモーメント並びにローディングマニュアル上の全ての港内又は閉囲された水域での航行に対して計算された最も厳しいホギング及びサギング ハルガーダ静水中曲げモーメントを含み，航海中における許容静水中曲げモーメントの包絡線 $M_{sw\text{-}perm\text{-}sea}$ 未満としてはならない。

（備考）

初期設計において，許容ハルガーダホギング及びサギング静水中曲げモーメントの包絡線は，船舶の設計建造段階での増加及び設計の余剰分を確保するために，ローディングマニュアルにある積付状態からのハルガーダ静水中曲 げモーメント包絡線より，少なくとも 5%大きくすることを推奨する。

2.1.2 最小ハルガーダ静水中曲げモーメント

2.1.2.1 船体中央部における航海中の最小ハルガーダホギング及びサギング静水中曲げモーメント $M_{sw\text{-min}\text{-}sea\text{-}mid}$ は，次の算式による値とする。

ホギング： $M_{sw-\min-sea-mid} = f_{sea}\left(Z_{v-\min}\sigma_{perm-sea}10^3 - M_{wv-hog}\right)$ (*kNm*) で，次の算式と等しい。

$$M_{sw-\min-sea-mid} = 0.01 C_{wv} L_{CSR-T}{}^2 B(11.97 - 1.9C_b) \quad (kNm)$$

サギング： $M_{sw-\min-sea-mid} = f_{sea}\left(Z_{v-\min}\sigma_{perm-sea}10^3 + M_{wv-sag}\right)$ (*kNm*) で，次の算式と等しい。

$$M_{sw-\min-sea-mid} = -0.05185 C_{wv} L_{CSR-T}{}^2 B(C_b + 0.7) \quad (kNm)$$

f_{sea} ：-0.85 （サギング）

：1.0 （ホギング）

$Z_{v\text{-min}}$ ：**8 節 1.2.2.2** に規定する規則最小船体横断面係数（m^3）

$\sigma_{perm\text{-}sea}$ ：**8 節 1.2.3.2** に規定する航海中における船体中央部の縦曲げ許容応力（N/mm^2）

M_{wv-hog} ：**3.4.1.1** に規定する中央部におけるホギング波浪中縦曲げモーメントの包絡値（*kNm*）

M_{wv-sag} ：**3.4.1.1** に規定する中央部におけるサギング波浪中縦曲げモーメントの包絡値（*kNm*）

C_{wv} ：**3.4.1.1** に規定する係数

$L_{CSR\text{-}T}$ ：**4 節 1.1.1.1** に規定する船の長さ（*m*）

B ：**4 節 1.1.3.1** に規定する船の型幅（*m*）

C_b ：**4 節 1.1.9.1** に規定する方形係数

2.1.2.2 全ての船長方向位置における航海中の最小ハルガーダホギング及びサギング静水中モーメント $M_{sw\text{-min}\text{-}sea}$ は次の算式による値とする。

$$M_{sw\text{-min}\text{-}sea} = f_{sw} M_{sw\text{-min}\text{-}sea\text{-}mid} \quad (kNm)$$

f_{sw} ：係数で次の通り

：1.0　中央部 $0.4L_{CSR\text{-}T}$ 間

：0.15　船尾垂線又は船首垂線から $0.1L_{CSR\text{-}T}$ の位置

：0 船尾垂線又は船首垂線

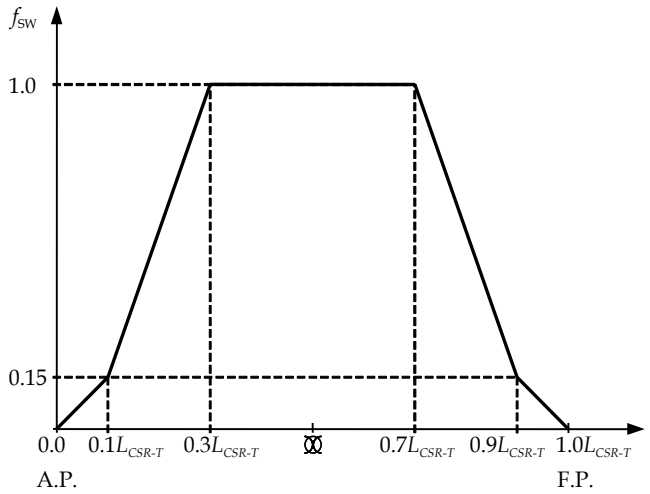
上記以外の位置における f_{sw} は，線形補間により求めること。（**図 7.2.1** 参照）

2.1.2.3　港内又は閉囲された水域での航行に対する最小ハルガーダホギング及びサギング静水中曲げモーメント $M_{sw\text{-min-}harb}$ は，長さ方向のすべての場所において，次の算式の値とする。

$M_{sw\text{-min-}harb} = 1.25\ M_{sw\text{-min-}sea}$ （*kNm*）

$M_{sw\text{-min-}sea}$ ：考慮している断面における航海中の最小ハルガーダホギング及びサギング静水中曲げモーメント（**2.1.2.1** 及び **2.1.2.2** 参照）

図 7.2.1　　静水中曲げモーメントの分布図



2.1.3　　静水中せん断力

2.1.3.1　設計者は，航海中における許容ハルガーダ静水中せん断力 $Q_{sw\text{-}perm\text{-}sea}$ の正及び負の値及び港内又は閉囲された水域での航行に対する許容値 $Q_{sw\text{-}perm\text{-}harb}$ を準備しなければならない。

2.1.3.2　許容ハルガーダ静水中せん断力の正及び負の値は，貨物区域の各横隔壁，貨物タンクの中央，船首隔壁，そして機関室前部隔壁の位置における値を算出すること。

2.1.3.3　許容ハルガーダ静水中せん断力の正及び負の包絡線は，**2.1.3.2** に規定する長さ方向位置における値を直線補間して求めなければならない。

2.1.3.4　許容ハルガーダ静水中せん断力の正及び負の包絡線は，**8 節 1.1.2** により要求されるローディングマニュアルに記載しなければならない。

2.1.3.5　航海中における許容ハルガーダ静水中せん断力の正及び負の包絡線 $Q_{sw\text{-}perm\text{-}sea}$ は **2.1.4.1** 及び **2.1.4.2** に規定する最小ハルガーダ正及び負静水中せん断力及びローディングマニュアル上の全ての航海中の積付状態に対する最も厳しいハルガーダ静水中せん断力の正及び負の値を含まなければならない。積付状態に対する要件は，**8 節 1.1.2** に規定する。

2.1.3.6　港内における許容ハルガーダ静水中せん断力の正及び負の包絡線 $Q_{sw\text{-}perm\text{-}harb}$ は **2.1.4.3** 及び **2.1.4.4** に規定する最小ハルガーダ静水中せん断力の正及び負の値及びローディングマニュアル上の全ての港内又は閉囲された水域での航行に対する最も厳しいハルガーダ正及び負静水中せん断力の正及び負の値を含み，航海中における静水中せん断力の許容値の包絡線 $Q_{sw\text{-}perm\text{-}sea}$ 未満としてはならない。

（備考）

初期設計において，ハルガーダ静水中許容せん断力包絡線は，船舶の設計建造段階での増加及び設計の余剰分を確保するために，ローディングマニュアルにある積付状態からのハルガーダ静水中せん断力包絡線より，少なくとも 10%大きくすることを推奨する。

2.1.4　　最小ハルガーダ静水中せん断力

2.1.4.1　二列の縦通隔壁を有する船舶に対する中央貨物タンク間に配置した横置隔壁に作用する航海中における最小ハルガーダ静水中せん断力$Q_{sw\text{-min-}sea}$の正及び負の値は，次の算式による値とする。

$$Q_{sw-\min-sea} = \pm\max\{0.225\rho g B_{local} l_{tk} T_{sc}, 0.5\rho g[0.98(V_{CT}+2V_{ST}) - 0.7B_{local} l_{tk} T_{sc}]\} \text{ (kN)}$$

ρ　：液体貨物の密度。ただし，1.025（t/m^3）未満としてはならない。

g　：重力加速度で 9.81（m/s^2）とする。

B_{local}：タンク中央部長さで T_{sc} における局部的な船の型幅（m）

l_{tk}　：貨物タンク長さで横置隔壁を挟む両側の貨物タンク長さのうち大きい方の値（m）

T_{sc}　：**4 節 1.1.5.5** に規定する最大喫水（m）

V_{CT}　：中央貨物タンクの容積で，l_{tk} をとる側の中央貨物タンクの値とする（m^3）

V_{ST}　：船側タンクの容積で，l_{tk} をとる側の船側貨物タンクの値とする（m^3）

2.1.4.2　中心線上に縦通隔壁を有する船舶に対する貨物タンク間に配置した横置隔壁に作用する航海中における最小ハルガーダ静水中せん断力$Q_{sw\text{-min-}sea}$の正及び負の値は，次の算式による値とする。

$$Q_{sw-\min-sea} = \pm 0.4\rho g B_{local} l_{tk} T_{sc} \text{ (kN)}$$

横置隔壁を挟む貨物タンク及びバラストタンクにおいて計算する$Q_{sw\text{-min-}sea}$の最小値とする。

ρ　：液体貨物の密度。ただし，1.025（t/m^3）未満としてはならない

g　：重力加速度で 9.81（m/s^2）とする

B_{local}：タンク中央部長さで T_{sc} における局部的な船の型幅（m）

l_{tk}　：貨物タンク長さで横置隔壁を挟む両側の貨物タンク長さのうち大きい方の値（m）

T_{sc}　：**4 節 1.1.5.5** に規定する最大喫水（m）

2.1.4.3　二列の縦通隔壁を有する船舶に対する中央貨物タンク間に配置した横置隔壁に作用する港内又は閉囲された水域における最小ハルガーダ正及び負の静水中せん断力$Q_{sw\text{-min-}sea}$は次の算式による値とする。

$$Q_{sw-\min-harb} = \pm\max\{0.275\rho g B_{local} l_{tk} T_{sc}, 0.5\rho g[0.98(V_{CT}+2V_{ST}) - 0.6B_{local} l_{tk} T_{sc}]\} \text{ (kN)}$$

横置隔壁を挟む貨物タンク及びバラストタンクにおいて計算する$Q_{sw\text{-min-}harb}$の最小値とする。

ρ　：液体貨物の密度。ただし，1.025（t/m^3）未満としてはならない

g　：重力加速度で 9.81（m/s^2）とする

B_{local}：タンク中央部長さで T_{sc} における局部的な船の型幅（m）

l_{tk}　：貨物タンク長さで横置隔壁を挟む両側の貨物タンク長さのうち大きい方の値（m）

T_{sc}　：**4 節 1.1.5.5** に規定する最大喫水（m）

V_{CT}　：中央貨物タンクの容積で，l_{tk} をとる側の中央貨物タンクの値とする（m^3）

V_{ST}　：サイドタンクの容積で，l_{tk} をとる側の船側貨物タンクの値とする（m^3）

2.1.4.4　中心線上に縦通隔壁を有する船舶に対する貨物タンク間に配置した横置隔壁に作用する港内又は閉囲された水域における最小ハルガーダ正及び負の静水中せん断力$Q_{sw\text{-min-}harb}$は次の算式による値とする。

$$Q_{sw-\min-harb} = \pm 0.45\rho g B_{local} l_{tk} T_{sc} \text{ (kN)}$$

横置隔壁を挟む貨物タンク及びバラストタンクにおいて計算する$Q_{sw\text{-min-}sea}$の最小値とする。

ρ　：液体貨物の密度。ただし，1.025（t/m^3）未満としてはならない

g　：重力加速度で 9.81（m/s^2）とする

B_{local}：タンク中央部長さで T_{sc} における局部的な船の型幅（m）

l_{tk}　：貨物タンク長さで横置隔壁を挟む両側の貨物タンク長さのうち大きい方の値（m）

T_{sc}　：**4 節 1.1.5.5** に規定する最大喫水（m）

2.2　局部静的荷重

2.2.1　一般

2.2.1.1　次に示す静的荷重を考慮しなければならない。

(a)　静水圧

(b)　静タンク圧

(c) タンク超過圧

(d) 静甲板荷重

2.2.2 静水圧

2.2.2.1 静水圧 P_{hys} は次の算式による値とする。

$$P_{hys} = \rho_{sw} g (T_{LC} - z) \quad (kN/m^2)$$

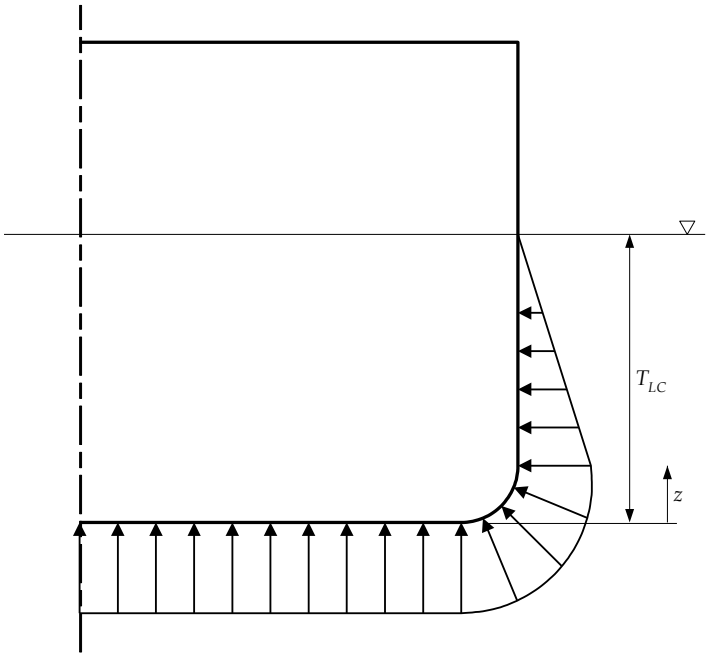
z ：荷重点の垂直座標（m）。ただし，T_{LC} 以上としてはならない。（図 7.2.2 参照）

ρ_{sw} ：海水密度で 1.025（t/m^3）とする。

T_{LC} ：考慮している積付状態における喫水（m）

g ：重力加速度で 9.81（m/s^2）とする。

図 7.2.2 静海水圧



2.2.3 静タンク圧

2.2.3.1 静タンク圧 $P_{in\text{-}tk}$ は次の算式による値とする。

$$P_{in-tk} = \rho g z_{tk} \quad (kN/m^2)$$

z_{tk} ：タンクの最も高い点から荷重点までの垂直距離（m）（図 7.2.3 参照）

ρ ：タンク内の液体密度（t/m^3）で，次の値以上とする（2 節 3.1.8 参照）

0.9 （疲労強度評価における液体貨物）

1.025 （その他）

g ：重力加速度で 9.81（m/s^2）とする

2.2.3.2 フロースルーバラスト水交換の間の注水又は超過注水に対する静タンク圧 $P_{in\text{-}air}$ は次の算式による値とする。

$$P_{in-air} = \rho_{sw} g z_{air} \quad (kN/m^2)$$

z_{air} ：空気管の上端又はオーバーフロー管の上端から荷重点までの垂直距離のうち，いずれか小さい方の距離（m）（図 7.2.3 参照）

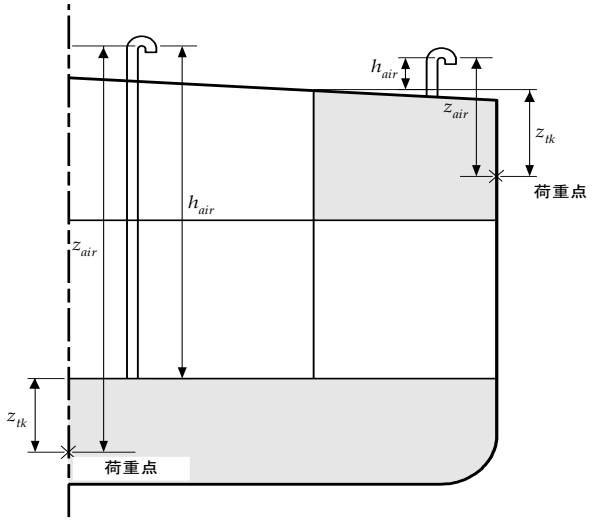
$= z_{tk} + h_{air}$

ρ_{sw} ：海水密度で 1.025（t/m^3）とする。

g ：重力加速度で 9.81（m/s^2）とする。

h_{air} ：空気管又はオーバーフロー管の高さ（m）。ただし，タンクの最も高い点から 0.76m 以上とし，小倉口は除く。タンク頂部が暴露甲板下となるタンクの空気管又はオーバーフロー管の高さは，主管庁が認める場合を除き，甲板上 0.76m 未満としてはならない。（図 7.2.3 参照）

図 7.2.3　　静タンク圧の計算に使用される圧力，水頭及び距離



2.2.3.3　フロースルーバラスト水交換中の注水又は超過注水を行っている場合，空気管又はオーバーフロー管からの持続する液体の流れによる付加超過圧 P_{drop} は 25（kN/m^2）とする。パイプ配置によって更に高い付加圧力を与える可能性のある場合（例えば長い配管又は曲がりや弁の配置の仕方）追加計算を要求することがある。

2.2.3.4　浸水又は損傷状態の区画及びタンクにおける圧力 $P_{in\text{-}flood}$ は，次の算式による値とする。

$$P_{in-flood} = \rho_{sw} g z_{flood} \quad (kN/m^2)$$

z_{flood} ：荷重点から適用可能な損傷時復原性計算により算出した平衡喫水のうち最も大きい平衡喫水までの垂直距離。損傷時の喫水が不明な場合は，荷重点から乾舷甲板までの垂直距離（m）

ρ_{sw} ：海水密度で 1.025（t/m^3）とする。

g ：重力加速度で 9.81（m/s^2）とする。

2.2.3.5　タンクテスト圧 $P_{in\text{-}test}$ は，次の算式のうち大きい方の値とする。また**表 11.5.1** の試験要件についても参照すること。

$$P_{in-test} = \rho_{sw} g z_{test} \quad (kN/m^2)$$

$$P_{in-test} = \rho_{sw} g z_{tk} + P_{valve} \quad (kN/m^2)$$

z_{test} ：次に掲げる点の大きい方の点から荷重点までの垂直距離（m）

(a)　オーバーフロー管の上端

(b)　タンク頂板上 2.4m

z_{tk} ：タンクの最も高い点から荷重点までの垂直距離（m）。（**図 7.2.3** 参照）

ρ_{sw} ：海水密度で 1.025（t/m^3）とする。

g ：重力加速度で 9.81（m/s^2）とする。

P_{valve} ：圧力開放弁を設置している場合の圧力開放弁の設定圧力で，25kN/m^2 以上とする。

2.2.4　分布荷重による甲板静荷重

2.2.4.1　甲板及び内底板への圧力 P_{stat} は次の算式による値とする。

$P_{stat} = P_{deck}$ （kN/m^2）

P_{deck} ：主機室の台甲板及び重い機械部品のあるスペースを含む船楼内の下層甲板及び甲板における一様分布圧力 P_{deck} は 16kN/m^2 未満としてはならない。甲板室の甲板の設計圧力は，**11 節 1.4** に規定する。

2.2.5　大きい重量を有する設備からの甲板静荷重

2.2.5.1　大きい重量を有する貨物設備及び艤装品に隣接する構造の寸法は，設備荷重が 20 トン以上の場合，設備荷重に作用する重力を考慮しなければならない。大きい重量を有する貨物設備，艤装品又は構造部品の支持構造及び固定装置に作用する荷重 F_{stat} は次の算式による値とする。

$F_{stat} = m_{un}\, g$ （kN）

m_{un} ：設備の質量（t）

g ：重力加速度で 9.81（m/s^2）とする。

3 動的荷重成分

3.1 一般

3.1.1 基本成分

3.1.1.1 船の運動及び加速度の算式については **7 節 3** に規定する。

3.1.1.2 基本的な動的荷重成分の包絡値についても **7 節 3** に規定する。基本的な荷重成分は次の通りである。

(a) 波浪縦曲げモーメント及びせん断力

(b) 波浪水平曲げモーメント

(c) 波浪変動圧

(d) 動的タンク圧力

3.1.2 包絡荷重値

3.1.2.1 部材寸法要件及び直接強度評価に対しては, 10^{-8} 確率レベルの荷重の包絡値を用い, 疲労強度評価に対しては, 10^{-4} 確率レベルの荷重の包絡値を用いる。

3.1.2.2 部材寸法要件及び直接強度評価に対しては，非線形影響及び荒天時における操船を考慮した修正係数を用いる。

3.1.2.3 疲労強度評価に対しては，係数を用いて，10^{-8} 確率レベルの荷重から 10^{-4} 確率レベルの荷重への調整を行い，必要に応じて速力修正係数を適用する。

3.1.2.4 包絡値は，適用した確率レベルにおける，あらゆる波方向の影響を考慮した長期予測値である。

3.1.3 メタセンタ高さとロール回転半径

3.1.3.1 メタセンタ高さ GM 及びロール回転半径 $r_{roll\text{-}gyr}$ は，規則による積付状態及び特定された喫水に応じて**表 7.3.1** の値とする。

表 7.3.1 GM 及び $r_{roll\text{-}gyr}$

	T_{LC}	GM	$r_{roll\text{-}gyr}$
貨物積載時（深い喫水）	$0.9T_{sc}$ と T_{sc} の間	$0.12B$	$0.35B$
貨物積載時（浅い喫水）	$0.6T_{sc}$	$0.24B$	$0.40B$
バラスト航海時	T_{bal} ， $T_{bal\text{-}n}$	$0.33B$	$0.45B$

（備考）

B ：**4 節 1.1.3.1** の規定による船の型幅（m）

T_{LC} ：考慮する積付状態における喫水（m）

T_{sc} ：**4 節 1.1.5.5** の規定による構造喫水（m）

T_{bal} ：**4 節 1.1.5.2** の規定による設計最小バラスト喫水（m）

$T_{bal\text{-}n}$：**4 節 1.1.5.3** の規定によるノーマルバラスト喫水（m）

3.1.3.2 任意の積付状態に対する GM はローディングマニュアルに記載する修正メタセンタ高さとする。任意の積付状態又は荒天又は非常バラスト状態時の GM が特に規定していない場合には, GM は平均喫水 $0.9T_{sc}$ 以上に対しては $0.12B$, 平均喫水 $0.6T_{sc}$ 以下に対しては，$0.24B$ とする。平均喫水が上記以外の積付状態の場合には，GM は $0.6T_{sc}$ 及び $0.9T_{sc}$ における値を線形補間することによって求めるものとする。

3.1.3.3 任意の積付状態又は荒天又は非常バラスト状態時の $r_{roll\text{-}gyr}$ は, ローディングマニュアルで特に規定しない限り, 平均喫水が $0.9T_{sc}$ 以上に対して $0.35B$，平均喫水が $0.6T_{sc}$ 以下に対して $0.4B$ とする。平均喫水が上記以外の任意の積付状態の場合には，$r_{roll\text{-}gyr}$ は $0.6T_{sc}$ 及び $0.9T_{sc}$ に対する値を線形補間することによって求めるものとする。

3.1.3.4 疲労強度評価の積付状態に対しては, GM はローディングマニュアルに記載する修正メタセンタ高さを用いる。修正メタセンタ高さを適用できない場合には，GM はバラスト積付状態に対しては**表 7.3.1** の規定によるものとし，満載積付状態に対しては **3.1.3.2** の手順によるものとする。$r_{roll\text{-}gyr}$ が積付状態によらない場合，バラスト積付状態に対しては**表 7.3.1** の規定によるものとし，満載積付状態に対しては **3.1.3.3** の手順により求めるものとする。

3.2 運動

3.2.1 一般

3.2.1.1 船体運動に対する包絡値は，10^{-8} 確率レベルにより算出する値とする。

3.2.2 ロール運動

3.2.2.1 ロール固有周期 U_{roll} は次の算式による値とする。

$$U_{roll} = \frac{2.30 r_{roll-gyr}}{\sqrt{GM}} \quad (s)$$

GM ：**3.1.3** の規定によるメタセンタ高さ

$r_{roll-gyr}$：**3.1.3** の規定によるロール回転半径

3.2.2.2 ロール角 θ は次の算式による値とする。

$$\theta = \frac{50}{B+75}(1.25 - 0.025 U_{roll}) f_{bk} \quad (rad)$$

f_{bk} ：ビルジキールを有しない場合 1.2

ビルジキールを有する場合 1.0

B ：**4 節 1.1.3.1** の規定による船の型幅（m）

U_{roll} ：**3.2.2.1** の規定によるロール固有周期（m）

3.2.3 ピッチ運動

3.2.3.1 固有ピッチ周期 U_{pitch} は次の算式による値とする。

$$U_{pitch} = fv\sqrt{0.6\frac{2\pi}{g}(1+f_T)L_{CSR-T}} \quad (s)$$

$$f_V = 1.0 + \frac{V_0}{V}\left(\frac{L_{CSR-T}}{525} - 0.67\right)$$

$$f_T = \frac{T_{LC}}{T_{sc}}$$

V_0 ：船速で次による（*knots*）

部材寸法要件及び直接強度評価の場合 0

疲労強度評価の場合 0.75V

V ：**4 節 1.1.8.1** の規定による最大航海速力（*knots*）

T_{sc} ：**4 節 1.1.5.5** の規定による喫水（m）

T_{LC} ：考慮する積付状態における喫水（m）

L_{CSR-T}：**4 節 1.1.1.1** の規定による船の長さ（m）

3.2.3.2 ピッチ角 φ は次の算式による値とする。

$$\varphi = 960\left(\frac{V_1}{C_b}\right)^{0.25}\frac{1}{L_{CSR-T}}\frac{\pi}{180} \quad (rad)$$

V_1 ：船速（*knots*）で，V とする。ただし，10*knots* より小さい場合は 10*knots* とする。

V ：**4 節 1.1.8.1** の規定による最大航海速力（*knots*）

C_b ：**4 節 1.1.9.1** の規定による方形係数

L_{CSR-T}：**4 節 1.1.1.1** の規定による船の長さ（m）

3.3 船の加速度

3.3.1 一般

3.3.1.1 6 自由度の運動による加速度を組合せた包絡値が算出する。左右及び前後方向の加速度成分には，ロール及び及びピッチによる重力成分を含む。

3.3.2 共通加速度パラメータ

3.3.2.1 共通加速度パラメータ a_0 は次の算式による値とする。

$$a_0 = (1.58 - 0.47C_b)\left(\frac{2.4}{\sqrt{L_{CSR-T}}} + \frac{34}{L_{CSR-T}} - \frac{600}{{L_{CSR-T}}^2}\right)$$

C_b ：**4 節 1.1.9.1** の規定による方形係数

L_{CSR-T}：**4 節 1.1.1.1** の規定による船の長さ（m）

3.3.3 上下方向の加速度

3.3.3.1 上下方向の加速度 a_v は，あらゆる位置において，次の算式による値とする。

$$a_v = f_{prob}\sqrt{a_{heave}^2 + a_{pitch-z}^2 + a_{roll-z}^2} \quad (m/s^2)$$

a_{heave} ：上下揺れによる上下方向の加速度で次の算式による。

$= f_V a_0 g$ （m/s^2）

$a_{pitch-z}$：ピッチによる上下方向の加速度で次の算式による。

$$= \left(0.3 + \frac{L_{CSR-T}}{325}\right)\varphi\left(\frac{2\pi}{U_{pitch}}\right)^2 |x - 0.45L_{CSR-T}| \quad (m/s^2)$$

a_{roll-z}：ロールによる上下方向の加速度で次の算式による。

$$= 1.2\theta\left(\frac{2\pi}{U_{roll}}\right)^2 |y| \quad (m/s^2)$$

a_0 ：**3.3.2.1** の規定による共通加速度パラメータ

g ：重力加速度で 9.81m/s^2 とする

φ ：**3.2.3.2** の規定によるピッチ角（rad）

U_{pitch} ：**3.2.3.1** の規定による固有ピッチ周期（sec）

L_{CSR-T}：**4 節 1.1.1.1** の規定による船の長さ（m）

θ ：**3.2.2.2** の規定によるロール角（rad）

U_{roll} ：**3.2.2.1** の規定によるロール固有周期（sec）

x ：前後方向の座標（m）

y ：左右方向の座標（m）

f_{prob} ：評価手法に応じた **3.3.3.2** 及び **3.3.3.3** の規定による値

f_V ：評価手法に応じた **3.3.3.2** 及び **3.3.3.3** の規定による値

3.3.3.2 部材寸法要件及び直接強度評価に対して，f_{prob} は 1.0 とし，f_V は 1.0 とする。

3.3.3.3 疲労強度評価に対して，f_{prob} は 0.45 とし，$f_V = \left(\frac{C_{b-LC}}{C_b}\right)^2\left(1.2 - \frac{L_{CSR-T}}{1000}\right)$とする。

C_{b-LC} ：**4 節 1.1.9.2** の規定による考慮する積付状態における方形係数

C_b ：**4 節 1.1.9.1** の規定による方形係数

L_{CSR-T}：**4 節 1.1.1.1** の規定による船の長さ（m）

3.3.4 左右方向の加速度

3.3.4.1 左右方向の加速度 a_t は，あらゆる位置において，次の算式による値とする。

$$a_t = f_{prob}\sqrt{a_{sway}^2 + \left(g\sin\theta + a_{roll-y}\right)^2} \quad (m/s^2)$$

a_{sway}：左右揺れ及びヨーによる左右方向の加速度で次の算式による。

$=0.3g\,a_0$（m/s^2）

a_{roll-y}：ロールによる左右方向の加速度で次の算式による。

$$= \theta\left(\frac{2\pi}{U_{roll}}\right)^2 R_{roll} \quad (m/s^2)$$

θ ：**3.2.2.2** の規定によるロール角（rad）

U_{roll} ：**3.2.2.1** の規定によるロール固有周期（sec）

R_{roll} ：$= z - \left(\frac{D}{4} + \frac{T_{LC}}{2}\right)$又は$z - \left(\frac{D}{2}\right)$で求まる値のうち大きい方の値（$m$）

g ：重力加速度で 9.81（m/s^2）とする。

a_0 ：**3.3.2.1** の規定による加速度の共通パラメータ

T_{LC} ：考慮する積付状態における喫水（m）

D ：**4 節 1.1.4.1** の規定による船の型深さ（m）

z ：上下方向の座標（m）

f_{prob}：評価手法に応じた **3.3.4.2** 及び **3.3.4.3** の規定による値

3.3.4.2 部材寸法要件及び直接強度評価に対して，f_{prob} は 1.0 とする。

3.3.4.3 疲労強度評価に対して，f_{prob} は 0.5 とする。

3.3.5 前後方向の加速度

3.3.5.1 前後方向の加速度a_{lng}は，あらゆる位置において，次の算式による値とする。

$$a_{lng} = 0.7 f_{prob} \sqrt{a_{surge}^2 + \left(\frac{L_{CSR-T}}{325}\left(g\sin\varphi + a_{pitch-x}\right)\right)^2} \quad (m/s^2)$$

a_{surge} ：前後揺れによる前後方向の加速度で次の算式による。

$=0.2 g a_0$（m/s^2）

$a_{pitch-x}$：ピッチによる前後方向の加速度で次の算式による。

$$= f_V \varphi (2\pi / U_{pitch})^2 R_{pitch} \quad (m/s^2)$$

φ ：**3.2.3.2** の規定によるピッチ角（rad）

U_{pitch} ：**3.2.3.1** の規定による固有ピッチ周期（sec）

R_{pitch} ：ピッチ半径で，$z - \left(\frac{D}{4} + \frac{T_{LC}}{2}\right)$又は$z - \left(\frac{D}{2}\right)$で求まる値のうち大きい方の値（$m$）

g ：重力加速度で 9.81（m/s^2）とする。

a_0 ：**3.3.2.1** の規定による加速度の共通パラメータ

T_{LC} ：考慮する積付状態における喫水（m）

D ：**4 節 1.1.4.1** により規定する船の型深さ（m）

L_{CSR-T}：**4 節 1.1.1.1** により規定する船の長さ（m）

z ：上下方向の座標（m）

f_{prob} ：評価手法に応じた **3.3.5.2** 及び **3.3.5.3** の規定による値

f_V ：評価手法に応じた **3.3.5.2** 及び **3.3.5.3** の規定による値

3.3.5.2 部材寸法要件及び直接強度評価に対して，f_{prob} は 1.0 とし，f_V は 1.0 とする。

3.3.5.3 疲労強度評価に対して，f_{prob} は 0.5 とし，f_V は 1.7 とする。

3.4 動的縦曲げ荷重

3.4.1 波浪縦曲げモーメント

3.4.1.1 波浪縦曲げモーメントのホギングM_{wv-hog}及びサギングM_{wv-sag}はそれぞれ，次の算式による値とする。

$$M_{wv-hog} = f_{prob} 0.19 f_{wv-v} C_{wv} L_{CSR-T}{}^2 B C_b \quad (kNm)$$

$$M_{wv-sag} = -f_{prob} 0.11 f_{wv-v} C_{wv} L_{CSR-T}{}^2 B (C_b + 0.7) \quad (kNm)$$

f_{wv-v} ：船長方向の波浪縦曲げモーメントの分布係数で，必要に応じて **3.4.1.2** 又は **3.4.1.3** を参照すること。

C_{wv} ：波浪係数で次の算式による。

$$= 10.75 - \left(\frac{300 - L_{CSR-T}}{100}\right)^{\frac{3}{2}} \qquad 150 \le L_{CSR-T} \le 300 \text{ の場合}$$

$$= 10.75 \qquad 300 < L_{CSR-T} \le 350 \text{ の場合}$$

$$= 10.75 - \left(\frac{L_{CSR-T} - 350}{150}\right)^{\frac{3}{2}} \qquad 350 < L_{CSR-T} \le 500 \text{ の場合}$$

L_{CSR-T}：**4 節 1.1.1.1** の規定による船の長さ（m）

B ：**4 節 1.1.3.1** の規定による船の型幅（m）

C_b ：**4 節 1.1.9.1** の規定による方形係数

3.4.1.2　部材寸法要件及び直接強度評価に対して

$f_{wv\text{-}v}$　：船長方向の波浪縦曲げモーメントの分布係数で次の値とする。

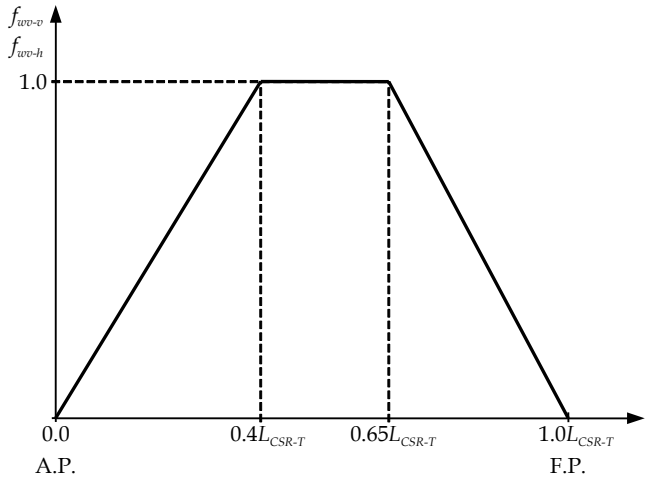
船首垂線又は船尾垂線位置では	0.0
0.4 $L_{CSR\text{-}T}$ から 0.65 $L_{CSR\text{-}T}$ 間では	1.0
船首材前面の位置では	0.0

中間値は線形補間により求めるものとする。（**図 7.3.1** 参照）

f_{prob}　：1.0

$L_{CSR\text{-}T}$：**4 節 1.1.1.1** の規定による船の長さ（*m*）

図 7.3.1　　部材寸法要件及び直接強度評価における波浪縦曲げ及び水平曲げモーメントの分布図



3.4.1.3　疲労強度に対して

$f_{wv\text{-}v}$　：船長方向の波浪縦曲げモーメントの分布係数で次の値とする。

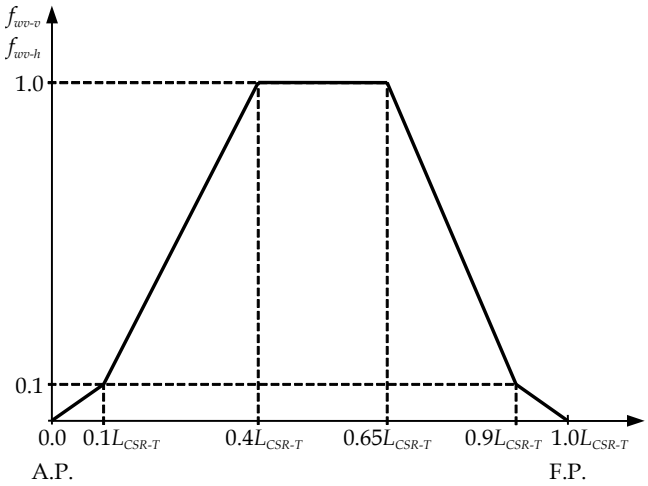
船尾垂線位置では	0.0
0.1$L_{CSR\text{-}T}$ の位置では	0.1
0.4$L_{CSR\text{-}T}$ 間から 0.65 $L_{CSR\text{-}T}$ 間では	1.0
0.9 $L_{CSR\text{-}T}$ の位置では	0.1
船首垂線位置では	0.0

中間値は線形補間により求めるものとする。（**図 7.3.2** 参照）

f_{prob}　：0.5

$L_{CSR\text{-}T}$：**4 節 1.1.1.1** の規定による船の長さ（*m*）

図 7.3.2　　疲労強度評価における波浪縦曲げ及び水平曲げモーメントの分布図



3.4.2 波浪水平曲げモーメント

3.4.2.1 波浪水平曲げモーメント $M_{wv\text{-}h}$ は次の算式による値とする。

$$M_{wv-h} = f_{prob}\left(0.3 + \frac{L_{CSR-T}}{2000}\right) f_{wv-h} C_{wv} L_{CSR-T}{}^2 T_{LC} C_b \quad (kNm)$$

$f_{wv\text{-}h}$ ：船長方向の波浪水平曲げモーメントの分布係数で，必要に応じて **3.4.2.2** 又は **3.4.2.3** を参照すること。

C_{wv} ：**3.4.1.1** の規定による波浪係数

$L_{CSR\text{-}T}$：**4 節 1.1.1.1** の規定による船の長さ（*m*）

T_{LC} ：考慮する積付状態における喫水（*m*）

C_b ：**4 節 1.1.9.1** の規定による方形係数

3.4.2.2 部材寸法要件及び直接強度評価に対して

$f_{wv\text{-}h}$ ：船長方向の波浪水平曲げモーメントの分布係数で次の値とする。

船尾垂線位置では	0.0
0.4$L_{CSR\text{-}T}$から 0.65 $L_{CSR\text{-}T}$間では	1.0
船首垂線位置では	0.0

中間値は線形補間により求めるものとする。（**図 7.3.1** 参照）

f_{prob} ：1.0

$L_{CSR\text{-}T}$：**4 節 1.1.1.1** の規定による船の長さ（*m*）

3.4.2.3 疲労強度評価に対して

$f_{wv\text{-}h}$ ：船長方向の波浪水平曲げモーメントの分布係数で次の値とする。

船尾垂線位置では	0.0
0.1$L_{CSR\text{-}T}$位置では	0.1
0.4$L_{CSR\text{-}T}$間から 0.65$L_{CSR\text{-}T}$間では	1.0
0.9$L_{CSR\text{-}T}$位置では	0.1
船首垂線位置では	0.0

中間値は線形補間により求めるものとする。（**図 7.3.2** 参照）

f_{prob} ：0.5

$L_{CSR\text{-}T}$：**4 節 1.1.1.1** の規定による船の長さ（*m*）

3.4.3 波浪せん断力

3.4.3.1 波浪せん断力 Q_{wv-pos}(+)及び Q_{wv-neg}(-)は，次の算式による値とする。

$$Q_{wv-pos} = 0.30 f_{qwv-pos} C_{wv} L_{CSR-T} B (C_b + 0.7) \quad (kN)$$

$$Q_{wv-neg} = -0.30 f_{qwv-neg} C_{wv} L_{CSR-T} B (C_b + 0.7) \quad (kN)$$

$f_{qwv\text{-}pos}$：船長方向の正の波浪せん断力の分布係数で次の算式による。

船尾垂線位置では	0.0
0.2$L_{CSR\text{-}T}$から 0.3$L_{CSR\text{-}T}$間では	$1.59\frac{C_b}{(C_b+0.7)}$
0.4$L_{CSR\text{-}T}$から 0.6$L_{CSR\text{-}T}$間では	0.7
0.7$L_{CSR\text{-}T}$から 0.85$L_{CSR\text{-}T}$間では	1.0
船首垂線位置では	0.0

$f_{qwv-neg}$：船長方向の負の波浪せん断力の分布係数で次の算式による。

船尾垂線位置では	0.0
0.2$L_{CSR\text{-}T}$から 0.3$L_{CSR\text{-}T}$間では	0.92
0.4$L_{CSR\text{-}T}$から 0.6$L_{CSR\text{-}T}$間では	0.7
0.7$L_{CSR\text{-}T}$から 0.85$L_{CSR\text{-}T}$間では	$1.73\frac{C_b}{(C_b+0.7)}$
船首垂線位置では	0.0

$f_{qwv\text{-}pos}$ 及び $f_{qwv-neg}$ の中間値は線形補間により求めるものとする。

図 7.3.3 又は**図 7.3.4** をそれぞれ参照すること。

C_{wv} ：**3.4.1.1** の規定による波浪係数

$L_{CSR\text{-}T}$：**4 節 1.1.1.1** の規定による船の長さ（m）

B ：**4 節 1.1.3.1** の規定による船の型幅（m）

C_b ：**4 節 1.1.9.1** の規定による方形係数

図 7.3.3 正の波浪せん断力の分布

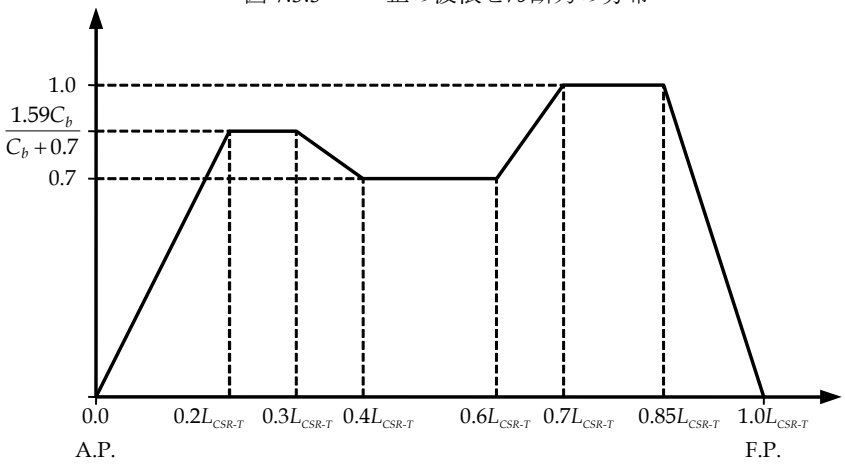
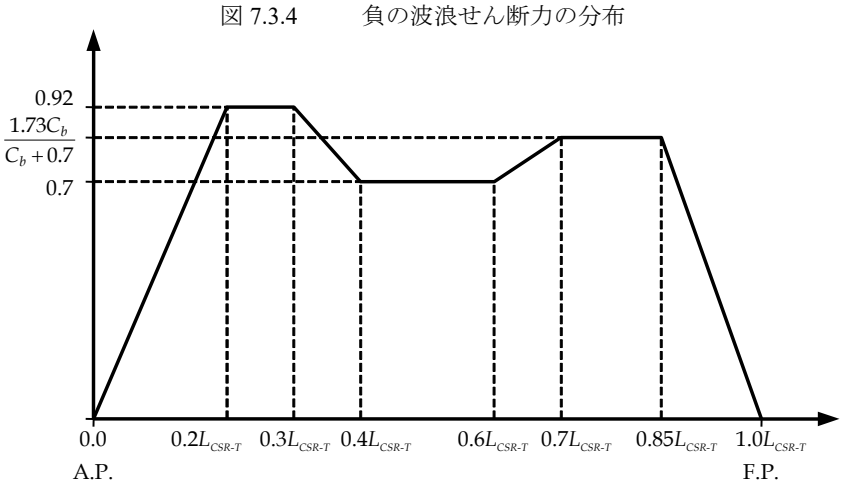


図 7.3.4 負の波浪せん断力の分布



3.5 動的局部荷重

3.5.1 一般

3.5.1.1 **3.5** では，波浪変動圧，タンク内の動的圧力，青波荷重及び甲板上の動的荷重の包絡値について規定する。

3.5.1.2 波浪変動圧については **3.5.2** による。

3.5.1.3 **3.5.3** の規定による青波荷重は，部材寸法要件及び直接強度評価にのみ適用する。疲労強度評価に対しては，青波荷重を 0 としなければならない。

3.5.1.4 タンク内の動的圧力は，上下，左右及び前後方向の加速度による内圧成分の組合せとする。荷重の成分については，**3.5.4** による。

3.5.1.5 甲板上の動的荷重は，**3.5.5** 及び **3.5.6** による。

3.5.2 波浪変動圧

3.5.2.1 波浪変動圧 $P_{ex\text{-}dyn}$ は，P_1，P_2 で求まる値のうち大きい方の値とする。

$$P_1 = 2f_{prob}f_{nl-P1}\left[\left(P_{11} + \frac{135B_{local}}{4(B+75)} - 1.2(T_{LC} - z)\right)f_1 + \frac{135B_{local}}{4(B+75)}f_2\right] \quad (kN/m^2)$$

$$P_2 = 26 f_{prob} f_{nl-P2} \left[\begin{array}{l} \left(\frac{B_{local}}{8}\theta + f_T C_b \frac{0.25 B_{local} + 0.8 C_{wv}}{14} \left(0.7 + \frac{2z}{T_{LC}} \right) \right) f_1 \\ + \left(\frac{B_{local}}{8}\theta + f_T C_b \frac{0.25 B_{local}}{14} \left(0.7 + \frac{2z}{T_{LC}} \right) \right) f_2 \end{array} \right] \quad (kN/m^2)$$

B_{local} ：考慮している積付状態における喫水位置の船の型幅で 0.5B 未満としてはならない（m）

θ ：**3.2.2.2** の規定によるロール角（rad）

$$P_{11} = (3f_s + 0.8) C_{wv}$$

C_{wv} ：**3.4.1.1** の規定による波浪係数

$L_{CSR\text{-}T}$：**4 節 1.1.1.1** の規定による船の長さ（m）

B ：**4 節 1.1.3.1** の規定による船の型幅（m）

T_{LC} ：考慮している積付状態における喫水（m）

T_{sc} ：**4 節 1.1.5.5** の規定による最大喫水（m）

C_b ：**4 節 1.1.9.1** の規定による方形係数

$$f_1 = f_{lng} - \frac{f_{lng}}{f_V} f_2 + f_2$$

$$f_2 = 0.25 f_V \left(\frac{4|y|}{B_{local}} - 1 \right) \quad |y| < 0.25B_{local} \text{ の場合}$$

$$= f_V \left(\frac{4|y|}{B_{local}} - 1 \right) \quad |y| \geq 0.25B_{local} \text{ の場合}$$

$$f_T = \frac{T_{LC}}{T_{sc}}$$

$$f_s = C_b + \frac{1.33}{\sqrt{C_b}} \quad \text{船尾垂線位置及びその後方の場合}$$

$=C_b$ 　0.2$L_{CSR\text{-}T}$から 0.7$L_{CSR\text{-}T}$間

$$= C_b + \frac{1.33}{C_b} \quad \text{船首垂線位置及びその前方}$$

中間値は線形補間により求めるものとする。

f_{lng} ＝1.0 　船尾垂線位置及びその後方

＝0.7 　0.2$L_{CSR\text{-}T}$から 0.7$L_{CSR\text{-}T}$間

＝1.0 　船首垂線位置及びその前方

中間値は線形補間により求めるものとする。

y：左右方向の座標（m）

z：上下方向の座標（m）

部材寸法要件及び直接強度評価に対する $f_{nl\text{-}P1}$，$f_{nl\text{-}P2}$，f_{prob} 及び f_V は **3.5.2.2** により，疲労強度に対するものは **3.5.2.3** による。

3.5.2.2 部材寸法要件及び直接強度評価における波浪変動圧の最大値 $P_{ex\text{-}max}$（**図 7.3.5** 参照）及び最小値 $P_{ex\text{-}min}$（**図 7.3.6** 参照）はそれぞれ次の算式による値とする。

$P_{ex\text{-}max} = P_{ex\text{-}dyn}$ 　(kN/m^2) 　z が喫水線より下に位置する場合

$= P_{WL} - 10(z - T_{LC})$ 　(kN/m^2) 　$T_{LC} < z \leq T_{LC} + \frac{P_{WL}}{10}$ の場合

$= 0$ 　(kN/m^2) 　$z > T_{LC} + \frac{P_{WL}}{10}$ の場合

$P_{ex\text{-}min} = -P_{ex\text{-}dyn}$ 　(kN/m^2) 　z が喫水線より下に位置する場合

$= 0$ 　(kN/m^2) 　z が喫水線より下に位置する場合

$P_{ex\text{-}min}$ は $-\rho_{sw}g(T_{LC} - z)$ 未満としてはならない。

$P_{ex\text{-}dyn}$：**3.5.2.1** の規定による波浪変動値

$f_{prob} = 1.0$

$f_{nl\text{-}P1} = 0.9$

$f_{nl\text{-}P2} = 0.65$

$f_V = 1.0$

P_{WL} ：水線位置における圧力で（kN/m^2）静喫水線の場合 $P_{ex\text{-}dyn}$ とする。

T_{LC} ：考慮している積付状態における喫水（m）

ρ_{sw} ：海水の比重で 1.025（t/m^3）とする

z ：上下方向の座標（m）

図 7.3.5 部材寸法要件及び直接強度評価における最大波浪変動圧の左右方向分布

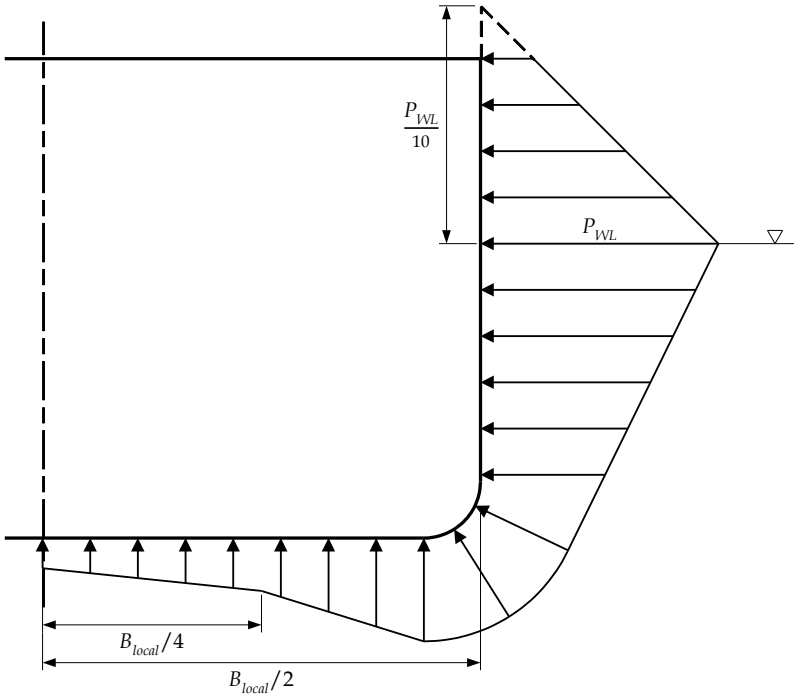
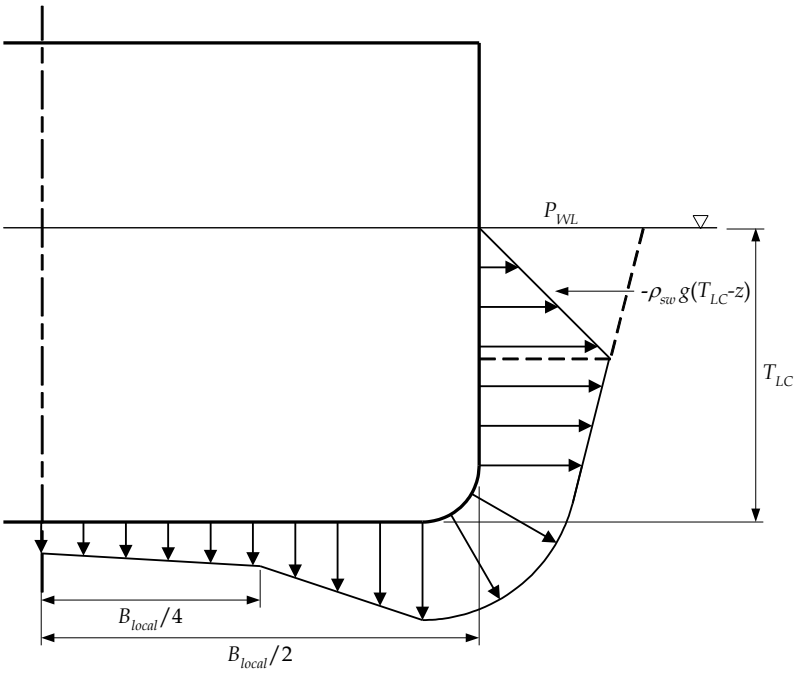


図 7.3.6 部材寸法要件及び直接強度評価における最小波浪変動圧の左右方向分布



3.5.2.3　疲労強度評価における波浪変動圧の振幅 $P_{ex\text{-}amp}$（図 7.3.7 参照）次の算式による値とする。

$P_{ex\text{-}amp}$ ＝0（kN/m^2）　　z が $T_{LC}+h_{WL}$ 又は D のうち，どちらか小さい方の値以上の場合

＝$0.5P_{WL}$（kN/m^2）　　z が喫水線上の場合

＝$P_{ex\text{-}dyn}$（kN/m^2）　　z が $T_{LC}-h_{WL}$ 又は 0 のうち，どちらか大きい方の値以下の場合

z が喫水線と $T_{LC}-h_{WL}$ の間にある場合は，線形補間により求めるものとする。

h_{WL}　：静喫水線上における波浪変動圧の水頭で次の算式による。

＝$P_{WL}/10$（m）

P_{WL}　：喫水線上における波浪変動圧の最大値（kN/m^2）

$P_{ex\text{-}max}$：最大波浪変動圧で，$P1$ 及び $P2$ で求まる値のうち大きい方の値（kN/m^2）

T_{LC}　：考慮している積付状態における喫水（m）

D　：**4 節 1.1.4.1** の規定による船の型深さ（m）

P_1　：**3.5.2** の規定による値（kN/m^2）

f_{prob} = 0.5

$f_{nl\text{-}P1}$ = 1.0

f_V = 1.0　　船尾垂線位置及び船尾垂線から $0.7L_{CSR\text{-}T}$ 間

= 1.5　　船首垂線位置及びその前方

f_V の中間の値は線形補間により求めるものとする。

P_2　：**3.5.2.1** の規定による値（kN/m^2）

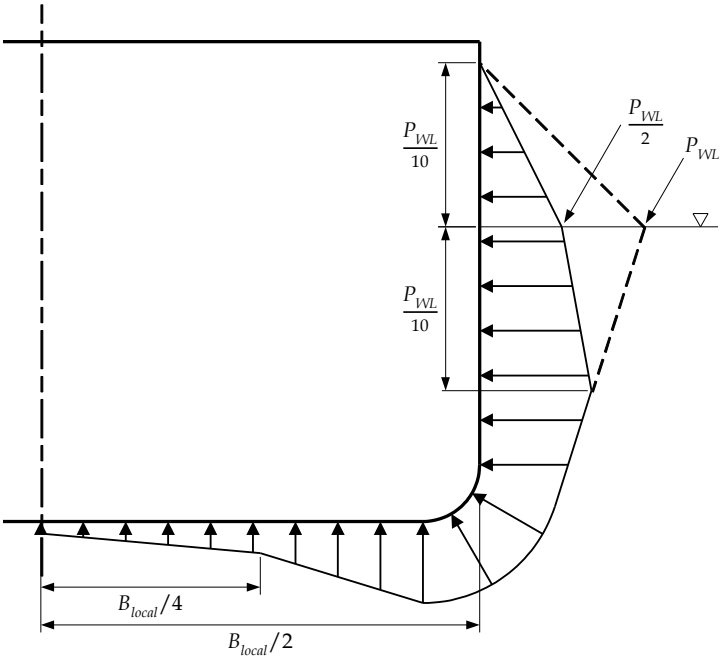
f_{prob} = 0.5

$f_{nl\text{-}P2}$ = 1.0

f_V = 1.0

z　：上下方向の座標（m）

図 7.3.7　　疲労強度評価における波浪変動圧の振幅の左右方向分布



3.5.3　青波荷重

3.5.3.1　暴露甲板への青波荷重 P_{wdk} は，次の算式で求まる値のうち大きい方の値とする。

$$P_{wdk}=f_{1-dk}(f_{op}P_{1-WL}-10z_{dk-T})\ (kN/m^2)$$

$$P_{wdk}=0.8f_{2-dk}(P_{2-WL}-10z_{dk-T})\ (kN/m^2)$$

P_{wdk}=34.3（kN/m^2）

$$f_{1-dk} = 0.8 + \frac{L_{CSR-T}}{750}$$

$$f_{2-dk} = 0.5 + \frac{|y|}{B_{wdk}}$$

f_{op} =1.0　船尾垂線から $0.2L_{CSR-T}$ の位置及びその前方の場合

=0.8　船尾垂線の位置及びその後方の場合

中間における値は線形補間によって求めるものとする。

P_{1-WL} ：考慮する積付状態における静喫水線上の荷重 P_1（kN/m^2）（**3.5.2.1** 参照）

P_{2-WL} ：考慮する積付状態における静喫水線上の荷重 P_2（kN/m^2）（**3.5.2.1** 参照）

z_{dk-T} ：静水中で考慮する積付状態における喫水線から暴露甲板までの距離（m）

B_{wdk} ：暴露甲板における型幅（m）

L_{CSR-T} ：**4 章 1.1.1.1** の規定による船の長さ（m）

y ：荷重点の左右方向の座標（m）

3.5.4 タンク内の動的圧力

3.5.4.1 上下方向の加速度によるタンク内の動的圧力 P_{in-v} は次の算式による値とする。

$P_{in-v} = \rho a_v (z_0 - z)$ （kN/m^2） 部材寸法要件及び直接強度評価の場合

$P_{in-v} = \rho a_v |z_0 - z|$ （kN/m^2） 疲労強度評価の場合

ρ ：タンク内の液体比重（t/m^3）ただし，次の値未満としてはならない。（**2 節 3.1.8** 参照）

0.9 貨物タンクの疲労強度評価の場合

1.025 上記以外

a_v ：タンク重心位置の **3.3.3.1** の規定による上下方向の加速度（m/s^2）

z ：荷重点における上下方向の座標（m）

z_0 ：部材寸法要件及び直接強度評価に対する基準点における上下方向の座標（m）（**6.3.7** 参照）疲労強度評価に対しては **3.5.4.5** の規定による。

3.5.4.2 左右方向加速度によるタンク内の動的圧力 P_{in-t} は次の算式による値とする。

$P_{in-t} = f_{ull-t} \rho a_t (y_0 - y)$ （kN/m^2） 直接強度評価及び部材寸法要件の場合

$P_{in-t} = \rho a_t |y_0 - y|$ （kN/m^2） 疲労強度評価の場合

ρ ：タンク内の液体比重（t/m^3）ただし，次の値未満としてはならない。（**2 節 3.1.8** 参照）

0.9 貨物タンクの疲労強度評価の場合

1.025 上記以外

f_{ull-t} ：貨物タンク内のアレージを考慮した係数

0.67 貨物タンク（バラストを張水する設計の貨物タンクを含む）の場合

1.0 バラストタンクの場合

a_t ：タンク重心における **3.3.4.1** の規定による左右方向の加速度（m/s^2）

y ：荷重点の左右方向の座標（m）

y_0 ：部材寸法要件及び直接強度評価に対する基準点の左右方向の座標（m）（**6.3.7** 参照）疲労強度評価に対しては **3.5.4.5** の規定による。

3.5.4.3 前後方向の加速度によるタンク内の動的圧力 P_{in-lng} は次の算式による値とする。

$P_{in-lng} = f_{ull-lng} \rho a_{lng} (x_0 - x)$ （kN/m^2） 直接強度評価及び部材寸法要件の場合

$P_{in-lng} = \rho a_{lng} |x_0 - x|$ （kN/m^2） 疲労強度評価に対して

ρ ：タンク内の液体比重（t/m^3）ただし，次の値未満としてはならない。

0.9 貨物タンクの疲労強度評価の場合

1.025 上記以外（**2 節 3.1.8** 参照）

$f_{ull-lng}$ ：アレージを考慮した係数

0.62 貨物タンク（バラストを張水する設計の貨物タンクを含む）の場合

1.0 バラストタンクの場合

a_{lng} ：タンク重心における **3.3.5.1** の規定による前後方向の加速度（m/s^2）

x ：荷重点の前後方向の座標（m）

x_0 ：部材寸法要件及び直接強度評価に対する基準点の前後方向の座標（m）（**6.3.7** 参照）疲労強度評価に対しては **3.5.4.5** の規定による

3.5.4.4　部材寸法要件及び直接強度評価の場合，同時に作用するタンク内の動的圧力 $P_{in\text{-}dyn}$ は，考慮する動的荷重ケースに対する成分の和とする。（**6.3.7** 参照）

3.5.4.5　疲労強度評価における隣接する空のタンクのタンク境界に作用する動的圧力の振幅 $P_{in\text{-}amp}$ は次の算式による値とする。

$$P_{in-amp} = f_v P_{in-v} + f_{ull-t} f_t P_{in-t} + f_{ull-lng} f_{lng} P_{in-lng} \quad (kN/m^2)$$

$P_{in\text{-}v}$　：**3.5.4.1** の規定による上下方向の加速度による動的タンク圧（kN/m^2）

$P_{in\text{-}t}$　：**3.5.4.2** の規定による左右方向の加速度による動的タンク圧（kN/m^2）

P_{in-lng}　：**3.5.4.3** の規定による上下方向の加速度による動的タンク圧（kN/m^2）

$f_{ull\text{-}t}$　：貨物タンクにおけるアレージを考慮した係数で，0.0 未満又は 1.0 より大きくしてはならない。

$= \frac{|z_0 - z| + h_{roll}}{2h_{roll}}$　貨物タンクの場合

=1.0　バラストタンクの場合

$f_{ull-lng}$：貨物タンクにおけるアレージを考慮した係数で，0.0 未満又は 1.0 より大きくしてはならない。

$= \frac{|z_0 - z| + h_{pitch}}{2h_{pitch}}$　貨物タンクの場合

=1.0　バラストタンクの場合

h_{roll}　：ロールの高さ$= \frac{b_{fs} f_{prob} \theta}{2}$

h_{pitch}：ピッチの高さ$= \frac{l_{fs} f_{prob} \varphi}{2}$

f_{prob}　：係数で 0.5

θ　：**3.2.2.2** の規定によるロール角（*rad*）

φ　：**3.2.3.2** の規定によるピッチ角（*rad*）

b_{fs}　：タンク頂部におけるタンク幅（*m*）（**図 7.3.8** 参照）

l_{fs}　：タンク頂部におけるタンク長さ（*m*）

x_0　：基準点の前後方向の座標で，タンクの頂部におけるタンク長さ中央とする（*m*）

y_0　：基準点の左右方向の座標で，タンクの頂部におけるタンク幅の中央とする（*m*）（**図 7.3.8** 参照）

z_0　：基準点の上下方向の座標で，タンクの頂部とする（*m*）（**図 7.3.8** 参照）

f_v　：**表 7.3.2** の規定による圧力組合せ係数

f_t　：**表 7.3.2** の規定による圧力組合せ係数

f_{lng}　：**表 7.3.2** の規定による圧力組合せ係数

3.5.4.6　疲労強度評価における隣接する満載タンクのタンク前後方向境界に作用する動的圧力の振幅 $P_{in\text{-}amp}$ は次の算式による値とする。

$$P_{in-amp} = f_v |P_{in-v-tk1} - P_{in-v-tk2}| + f_t |f_{ull-t-tk1} P_{in-t-tk1} + f_{ull-t-tk2} P_{in-t-tk2}| + f_{lng} |f_{ull-lng-tk1} P_{in-lng-tk1} - f_{ull-lng-tk2} P_{in-lng-tk2}| \quad (kN/m^2)$$

$P_{in\text{-}v\text{-}tk1}$　：タンク 1 における上下方向の加速度による動的圧力（kN/m^2）

$P_{in\text{-}v\text{-}tk2}$　：タンク 2 における上下方向の加速度による動的圧力（kN/m^2）

$P_{in\text{-}t\text{-}tk1}$　：タンク 1 における左右方向の加速度による動的圧力（kN/m^2）

$P_{in\text{-}t\text{-}tk2}$　：タンク 2 における左右方向の加速度による動的圧力（kN/m^2）

$P_{in-lng-tk1}$：タンク 1 における前後方向の加速度による動的圧力（kN/m^2）

$P_{in-lng-tk2}$：タンク 2 における前後方向の加速度による動的圧力（kN/m^2）

$f_{ull\text{-}t\text{-}tk1}$　：**3.5.4.5** の規定によるタンク 1 におけるアレージを考慮した係数

$f_{ull\text{-}t\text{-}tk2}$　：**3.5.4.5** の規定によるタンク 2 におけるアレージを考慮した係数

$f_{ull-lng-tk1}$　：**3.5.4.5** の規定によるタンク 1 におけるアレージを考慮した係数

$f_{ull-lng-tk2}$　：**3.5.4.5** の規定によるタンク 2 におけるアレージを考慮した係数

f_v　：**表 7.3.2** による圧力組合せ係数値

f_t ：表 7.3.2 による圧力組合せ係数値

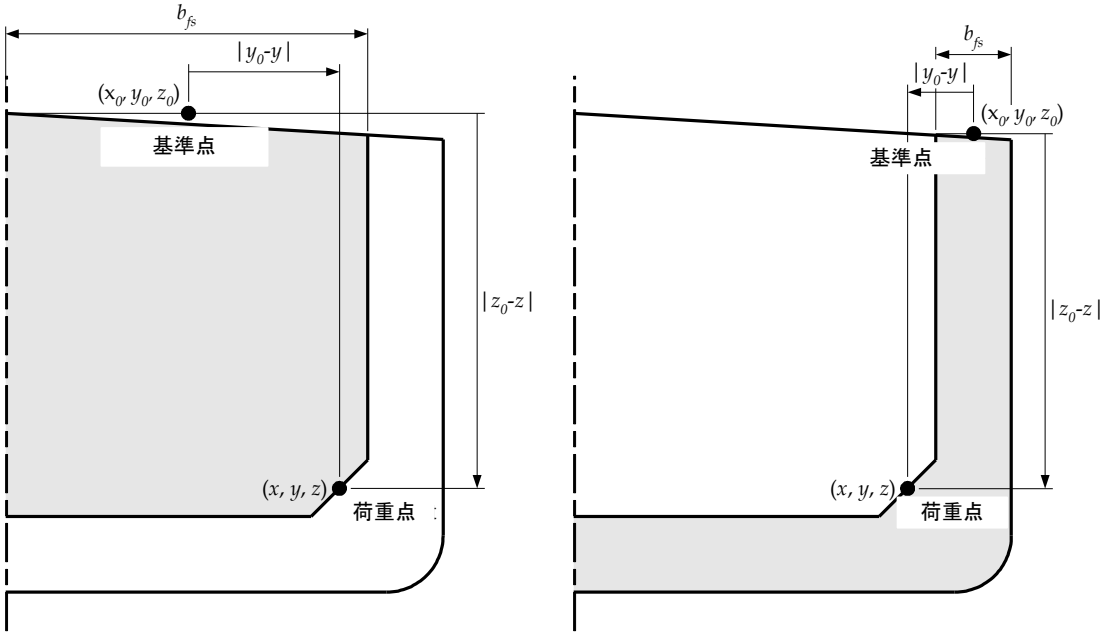
f_{lng} ：表 7.3.2 による圧力組合せ係数値

タンク 1 及び 2 は前後方向に共通の境界を持つ隣接タンクとする。

表 7.3.2　　疲労強度評価における圧力組合せ係数

	貨物タンク	バラストタンク
f_v	0.9	0.9
f_t	0.9	0.6
f_{lng}	0.4	0.4

図 7.3.8　　疲労強度評価におけるタンク内の動的圧力及び基準点



3.5.4.7　ホットスポット応力（*FE*）法による疲労強度評価における上下，左右及び前後方向の加速度によるタンク内の圧力振幅は次の算式による値とする。（**図 7.3.9** に図示）

$$P_{in-v} = \rho a_v (z_0 - z) \quad (kN/m^2)$$

$$P_{in-t} = f_{ull-t} \rho a_t (y_0 - y) \quad (kN/m^2)$$

$$P_{in-lng} = f_{ull-lng} \rho a_{lng} (x_0 - x) \quad (kN/m^2)$$

ρ　：タンク内の液体比重（t/m^3）。ただし，次の値未満としてはならない。（**2 節 3.1.8** 参照）

0.9　貨物タンクの疲労強度評価の場合

1.025　上記以外

f_{ull-t}　：**3.5.4.5** の規定による貨物タンクにおけるアレージを考慮した係数

$f_{ull-lng}$：**3.5.4.5** の規定による貨物タンクにおけるアレージを考慮した係数

x　：荷重点の前後方向の座標（m）

y　：荷重点の左右方向の座標（m）

z　：荷重点の上下方向の座標（m）

x_0　：基準点の前後方向の座標で，タンク頂部におけるタンク長さ中央とする（m）

y_0　：基準点の左右方向の座標で，タンク頂部におけるタンク幅の中央とする（m）

z_0　：基準点の上下方向の座標で，タンクの頂部とする（m）

a_v　：タンク重心における **3.3.3.1** の規定による上下方向の加速度（m/s^2）

a_t　：タンク重心における **3.3.4.1** の規定による左右方向の加速度（m/s^2）

a_{lng}　：タンク重心における **3.3.5.1** の規定による前後方向の加速度（m/s^2）

図 7.3.9(a)　上下方向の加速度によるタンク内の動的圧力

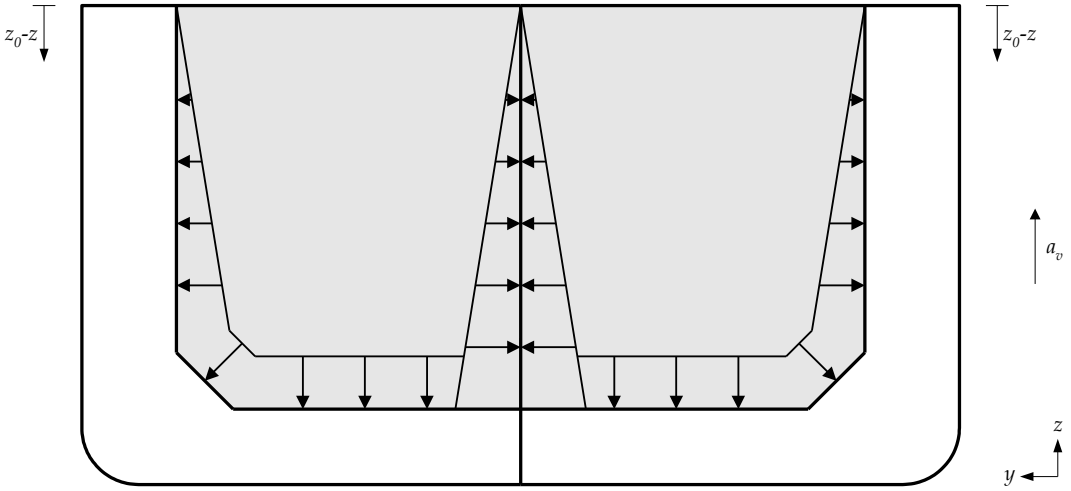


図 7.3.9(b)　左右方向の加速度によるタンク内の動的圧力

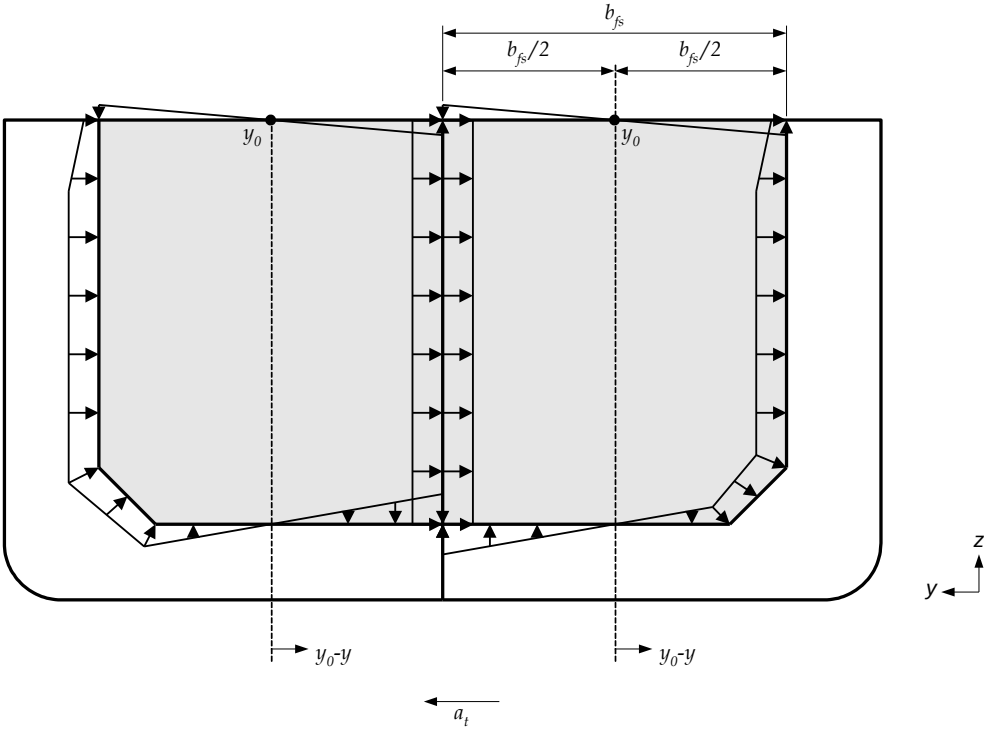
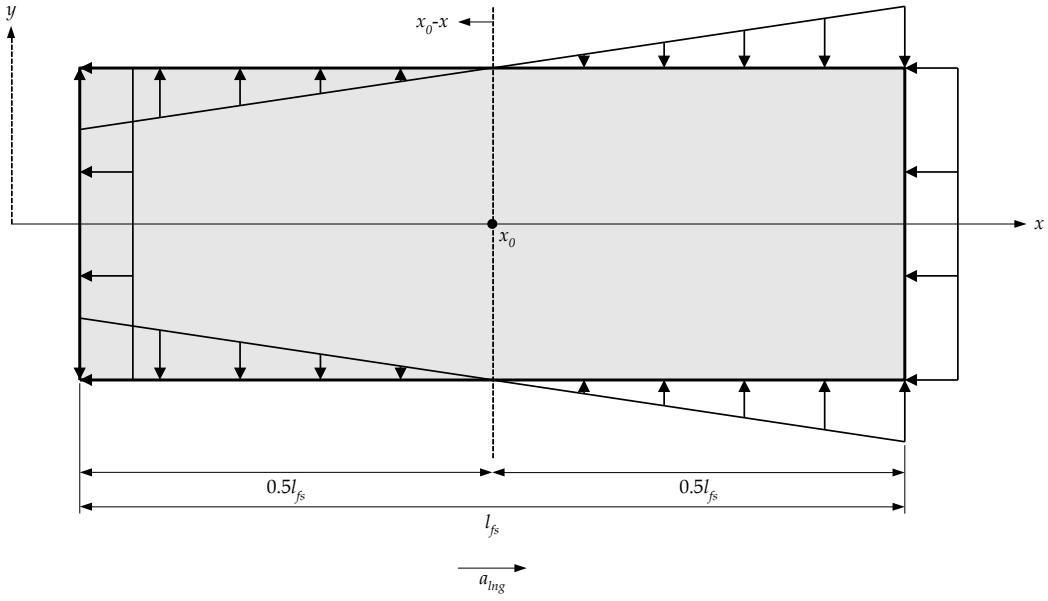


図 7.3.9(c)　貨物タンクにおける前後方向の加速度による動的圧力



3.5.5　甲板における分布荷重による動的圧力

3.5.5.1　甲板，内底板及びハッチカバーに作用する動的圧力 $P_{deck\text{-}dyn}$ は次の算式による値とする。

$$P_{deck-dyn} = P_{deck}\frac{a_v}{g} \quad (kN/m^2)$$

a_v　：**3.3.3.1** の規定による上下方向の加速度（m/s^2）

P_{deck}：**2.2.4.1** の規定による下甲板及び低船尾楼甲板上の分布荷重（kN/m^2）

g　：重力加速度で 9.81（m/s^2）とする。

3.5.6　大きい重量を有する設備による動的圧力

3.5.6.1　貨物，艤装品等の大きい重量を有する設備の支持構造及び固着装置の上下，左右及び前後方向に作用する動的甲板荷重 F_v,，F_t,，F_{lng}は，次の算式による値とする。

$$F_v = m_{un}a_v \quad (kN)$$
$$F_t = m_{un}a_t \quad (kN)$$
$$F_{lng} = m_{un}a_{lng} \quad (kN)$$

m_{un}　：設備の質量（t）

a_v　：考慮する重心における **3.3.3.1** の規定による上下方向の加速度（m/s^2）

a_t　：考慮する重心における **3.3.4.1** の規定による左右方向の加速度（m/s^2）

a_{lng}　：考慮する重心における **3.3.5.1** の規定による前後方向の加速度（m/s^2）

4 スロッシング荷重及び衝撃荷重

4.1 一般

4.1.1 荷重要素

4.1.1.1 タンク内のスロッシング圧力，船首部衝撃圧力及び船首船底部スラミング圧力は，7 節 4 の規定によらなければならない。

4.2 タンク内のスロッシング圧力

4.2.1 適用及び制限

4.2.1.1 4.2.2 から 4.2.4 に規定するスロッシング圧力とは，船体運動によって生じるタンク内液体の自由運動により発生する圧力をいう。

4.2.1.2 タンク内のスロッシング圧力は，タンク境界又は内構材との高速衝撃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} 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} が $0.05h_{max}$ から $0.95h_{max}$ の任意の注水高さにおいて，$0.13L_{CSR\text{-}T}$ を超えるタンクに対しては，本会が適当と認める追加の衝撃評価を行わなければならない。有効スロッシング長さ及び幅，l_{slh} および b_{slh} はそれぞれ 4.2.2.1 と 4.2.3.1 による。

4.2.2 縦通方向の液体動揺によるスロッシング圧力

4.2.2.1 縦通方向の液体の動揺による横置水密隔壁及び横置制水隔壁に作用するスロッシング圧力 $P_{slh-lng}$ は，特定の注水高さに対して，次の算式による値とする。

$$P_{slh-lng} = \rho g l_{slh} f_{slh}\left[0.4 - \left(0.39 - \frac{1.7 l_{slh}}{L_{CSR-T}}\right)\frac{L_{CSR-T}}{350}\right] \quad (kN/m^2)$$

ρ ：タンク内液体の密度（t/m^3）。ただし，1.025 以上とする。

l_{slh} ：横置水密隔壁及び横置制水隔壁に対して，それぞれ 4.2.2.3 及び 4.2.2.4 に規定する考慮すべき注水高さにおける有効スロッシング長さ（m）

$$f_{slh} = 1 - 2\left(0.7 - \frac{h_{full}}{h_{\max}}\right)^2$$

$L_{CSR\text{-}T}$：4 節 1.1.1.1 による船の長さ（m）

h_{fill} ：内底板から測った注水高さ（m）（図 7.4.1 参照）

h_{max} ：内底板から測った最大タンク高さ（m）。ただし，小さな倉口は除く（図 7.4.1 参照）

g ：重力加速度 9.81（m/s^2）

4.2.2.2 スロッシング圧力 $P_{slh-lng}$ は，タンク全深さにわたり一定の値とし，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大きい値のものとする。

4.2.2.3 横置水密隔壁のスロッシング圧力の計算における有効スロッシング長さ l_{slh} は次の算式による値とする。

$$l_{slh} = \frac{(1 + n_{wash-t}\alpha_{wash-t})(1 + f_{wf}\alpha_{wf})\, l_{tk-h}}{(1 + n_{wash-t})(1 + f_{wf})} \quad (m)$$

$n_{wash\text{-}t}$：タンク内の横置制水隔壁の数

$\alpha_{wash\text{-}t}$：横置制水隔壁係数

$$= \frac{A_{opn-wash-t}}{A_{tk-t-h}}$$ （図 7.4.1 参照）

α_{wf} ：特設横肋骨係数

$$= \frac{A_{opn-wf-h}}{A_{tk-t-h}}$$ （図 7.4.2 参照）

船長方向に沿って形状が変化するタンク又は異なる特設横肋骨の形状係数となる部材を配置するタンクにお

いて，α_{wf}は，次に示す当該タンクに配置する全特設横肋骨の平均とする。

$$= \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{A_{opn-wf-h-i}}{A_{tk-t-h-i}}}{n_{wf}}$$

$A_{opn\text{-}wash\text{-}t}$ ：考慮すべき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）

$A_{tk\text{-}t\text{-}h}$ ：考慮すべき注水高さより下方のタンクの合計横断面積（m^2）

$A_{opn\text{-}wf\text{-}h}$ ：考慮すべき注水高さより下方の特設肋骨の横断面の合計開口面積（m^2）

f_{wf} ：タンク内の特設横肋骨及び制水隔壁の数を考慮した係数

$= n_{wf}/(1 + n_{wash-t})$

n_{wf} ：タンク内の制水隔壁を除いた特設横肋骨の数

$l_{tk\text{-}h}$ ：考慮すべき注水高さにおけるタンク長さ（m）

図 7.4.1　横置制水隔壁係数

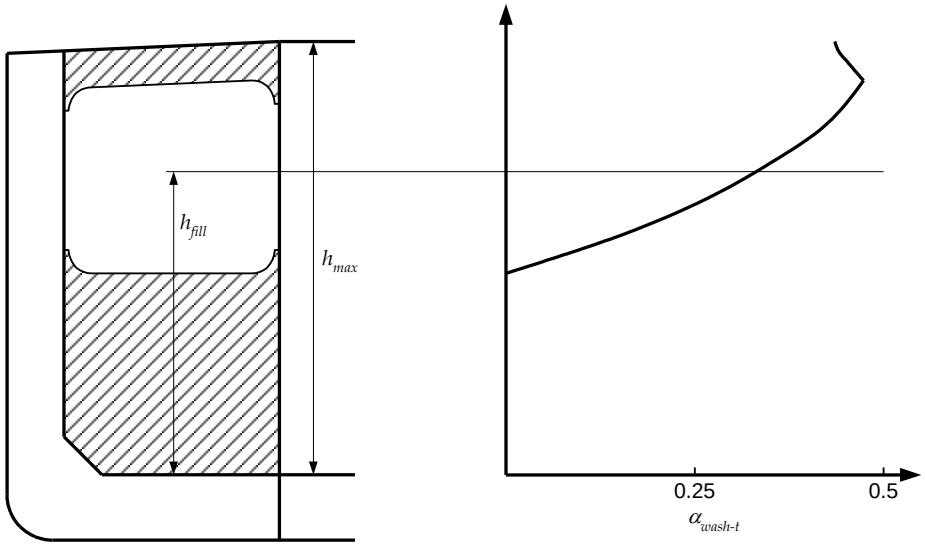
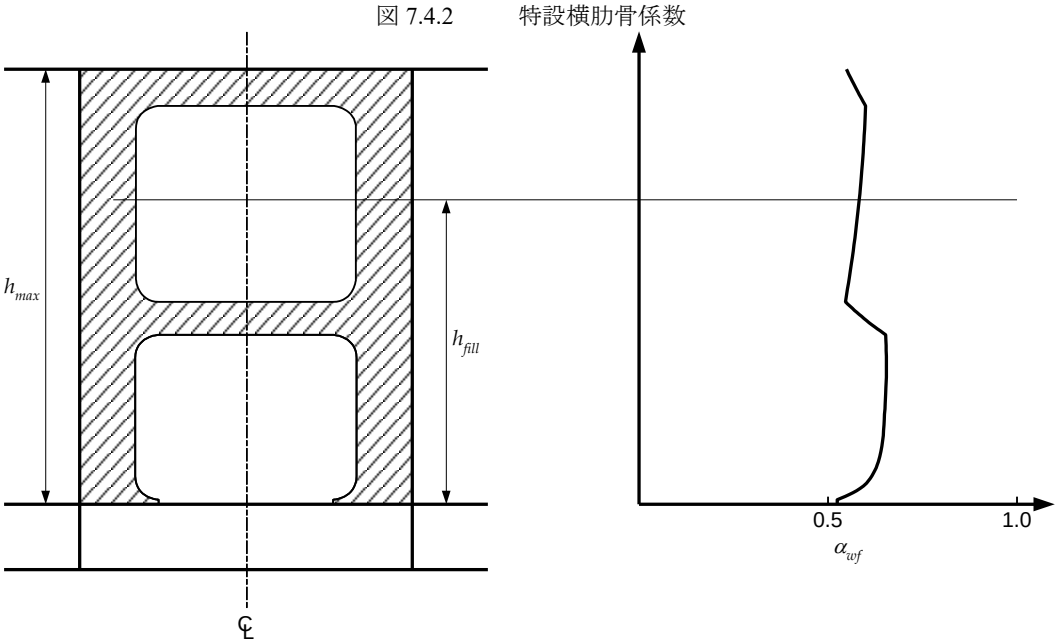


図 7.4.2　特設横肋骨係数



4.2.2.4　横置制水隔壁のスロッシング圧力の計算における有効スロッシング長さ l_{slh} は次の算式による値とする。

$$l_{slh} = \frac{[1+(n_{wash-t}-1)\alpha_{wash-t}](1+f_{wf}\alpha_{wf})\, l_{tk-h}}{(1+n_{wash-t})(1+f_{wf})} \quad (m)$$

n_{wash-t}：タンク内の横置制水隔壁の数

α_{wash-t}：横置制水隔壁係数

$= \frac{A_{opn-wash-t}}{A_{tk-t-h}}$（図 7.4.1 参照）

α_{wf}　：特設横肋骨係数

$= \frac{A_{opn-wf-h}}{A_{tk-t-h}}$（図 7.4.2 参照）

船長方向に沿って形状が変化するタンク又は異なる特設横肋骨の形状係数となる部材を配置するタンクにおいて，α_{wf} は，次に示す当該タンクに配置する全特設横肋骨の平均とする。

$$= \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{A_{opn-wf-h-i}}{A_{tk-t-h-i}}}{n_{wf}}$$

$A_{opn-wash-t}$　：考慮すべき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-t-h}　：考慮すべき注水高さより下方のタンクの合計横断面積（m^2）

$A_{opn-wf-h}$　：考慮すべき注水高さより下方の特設肋骨の横断面の合計開口面積（m^2）

f_{wf}　：タンク内の特設横肋骨及び制水隔壁の数を考慮した係数

$= n_{wf}/(1+n_{wash-t})$

n_{wf}　：タンク内の制水隔壁を除いた特設横肋骨の数

l_{tk-h}　：考慮すべき注水高さにおけるタンク長さ（m）

4.2.2.5　内部に特設肋骨を有するタンクにおいては，横置水密隔壁又は横置制水隔壁に隣接する特設肋骨にかかるスロッシング圧力 P_{slh-wf} は，当該肋骨が隔壁から $0.25l_{slh}$ 以内にある場合は，次の算式による値とする。

$$P_{slh-wf} = P_{slh-lng}\left(1-\frac{s_{wf}}{l_{slh}}\right)^2 \quad (kN/m^2)$$

$P_{slh-lng}$　：隔壁に作用する縦通方向の液体動揺によるスロッシング圧力で，4.2.2.1 による（kN/m^2）

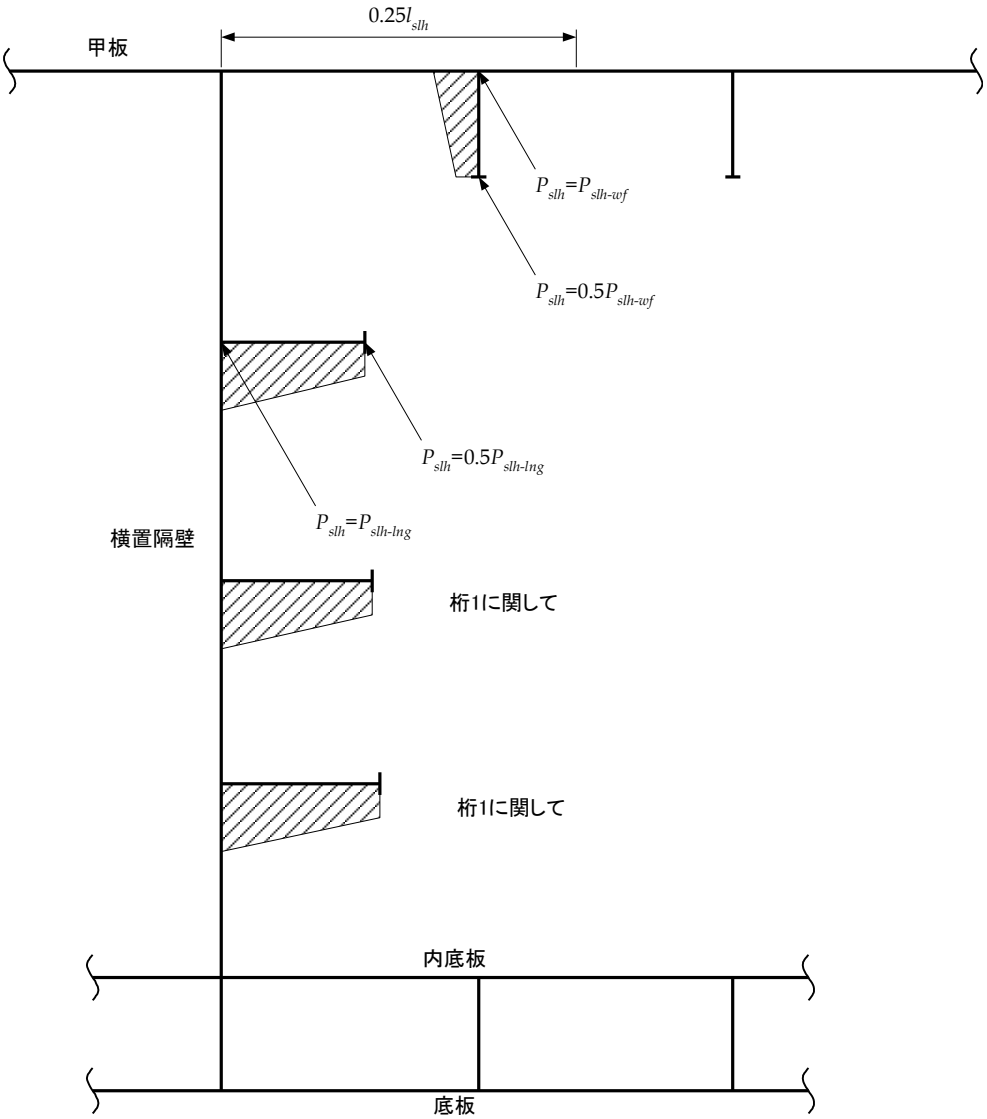
s_{wf}　：隔壁から考慮する特設肋骨までの距離（m）

l_{slh}　：横置水密隔壁及び横置制水隔壁について，それぞれ 4.2.2.3 及び 4.2.2.4 に規定する考慮すべき注水高さにおける有効スロッシング長さ（m）

特設肋骨面の圧力分布は，図 7.4.3 による。

4.2.2.6　内部隔壁付き水平桁又は特設肋骨を有するタンクにおいて，当該部材にかかるスロッシング圧力 P_{slh} の分布は，図 7.4.3 による。

図 7.4.3　　水平桁及び特設肋骨にかかるスロッシング圧力の分布



4.2.3　　横方向の液体の動揺によるスロッシング圧力

4.2.3.1　横方向の液体の動揺による縦通水密隔壁及び縦通制水隔壁のスロッシング圧力 $P_{slh\text{-}t}$ は特定の注水高さに対して次の算式による値とする。

$$P_{slh-t} = 7\rho g f_{slh}\left(\frac{b_{slh}}{B} - 0.3\right) GM^{0.75} \quad (kN/m^2)$$

ρ　：タンク内液体の密度（t/m^3）。ただし，1.025 以上とする。

b_{slh}　：縦通水密隔壁及び縦通制水隔壁に対して，それぞれ **4.2.3.3** 及び **4.2.3.4** に規定する有効スロッシング幅（m）。ただし，0.3B 以上とする。

GM　：バラストタンクのスロッシング圧力の計算においては 0.33B とし，貨物タンクのスロッシング荷圧力の計算においては 0.24B とする。

f_{slh}　：$1 - 2\left(0.7 - \frac{h_{fill}}{h_{\max}}\right)^2$

B　：**4 節 1.1.3.1** による船の型幅（m）

h_{fill}　：内底板から測った注水高さ（m）（**図 7.4.1** 参照）

$h_{\max}$　：内底板から測った最大タンク高さ（m）。ただし，小さな倉口は除く（**図 7.4.1** 参照）

g　：重力加速度 9.81（m/s^2）

4.2.3.2　スロッシング圧力 $P_{slh\text{-}t}$ は，タンク全深さにわたり一定の値とし，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大きい値の方のものとする。

4.2.3.3　縦通水密隔壁のスロッシング圧力の計算における有効スロッシング幅 b_{slh} は次の算式による値とする。

$$b_{slh} = \frac{(1+n_{wash-lng}\alpha_{wash-lng})(1+f_{grd}\alpha_{grd})\ b_{tk-h}}{(1+n_{wash-lng})(1+f_{grd})} \quad (m)$$

$n_{wash-lng}$：タンク内の縦通制水隔壁の数

$a_{wash-lng}$：縦通制水隔壁係数

$$= \frac{A_{opn-wash-lng}}{A_{tk-lng-h}}$$

a_{grd}　：桁係数

$$= \frac{A_{opn-grd-h}}{A_{tk-lng-h}}$$

$A_{opn-wash-lng}$　：考慮すべき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）

$A_{tk-lng-h}$　：考慮すべき注水高さより下方のタンクの合計縦断面面積（m^2）

$A_{opn-grd-h}$：考慮すべき注水高さより下方の縦断面の合計開口面積（m^2）

f_{grd}　：タンク内の縦通桁及び縦通制水隔壁を考慮した係数

$$= n_{grd}/(1+n_{wash-lng})$$

n_{grd}　：タンク内の縦通制水隔壁を除いた縦通桁の数

$b_{tk\text{-}h}$　：考慮すべき注水高さにおけるタンク幅（m）

4.2.3.4　縦通制水隔壁のスロッシング圧力の計算における有効スロッシング幅 b_{slh} は次の算式による値とする。

$$b_{slh} = \frac{[1+(n_{wash-lng}-1)\alpha_{wash-lng}](1+f_{grd}\alpha_{grd})\ b_{tk-h}}{(1+n_{wash-lng})(1+f_{grd})} \quad (m)$$

$n_{wash-lng}$　：タンク内の縦通制水隔壁の数

$a_{wash-lng}$　：縦通制水隔壁係数

$$= \frac{A_{opn-wash-lng}}{A_{tk\text{-}lng\text{-}h}}$$

α_{grd}　：桁係数

$$= \frac{A_{opn-grd-h}}{A_{tk\text{-}lng\text{-}h}}$$

$A_{opn-wash-lng}$　：考慮すべき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）

$A_{tk\text{-}lng\text{-}h}$　：考慮すべき注水高さより下方のタンクの合計縦断面面積（m^2）

$A_{opn-grd-h}$：考慮すべき注水高さより下方の縦断面の合計開口面積（m^2）

f_{grd}　：タンク内の縦通桁及び縦通制水隔壁を考慮した係数

$$= n_{grd}/(1+n_{wash-lng})$$

n_{grd}　：タンク内の縦通制水隔壁を除いた縦通桁の数

$b_{tk\text{-}h}$　：考慮すべき注水高さにおけるタンク幅（m）

4.2.3.5　内部に縦通桁又は特設肋骨を有するタンクにおいては，縦通制水隔壁に隣接した桁又は特設肋骨にかかるスロッシング圧力 $P_{slh-grd}$ は，当該桁又は特設肋骨が隔壁から $0.25b_{slh}$ 以内にある場合，次の算式による値とする。

$$P_{slh-grd} = P_{slh-t}\left(1-\frac{s_{grd}}{b_{slh}}\right)^2 \quad (kN/m^2)$$

$P_{slh\text{-}t}$　：隔壁に作用する横方向の液体の動揺によるスロッシング圧力で，**4.2.3.1** による（kN/m^2）

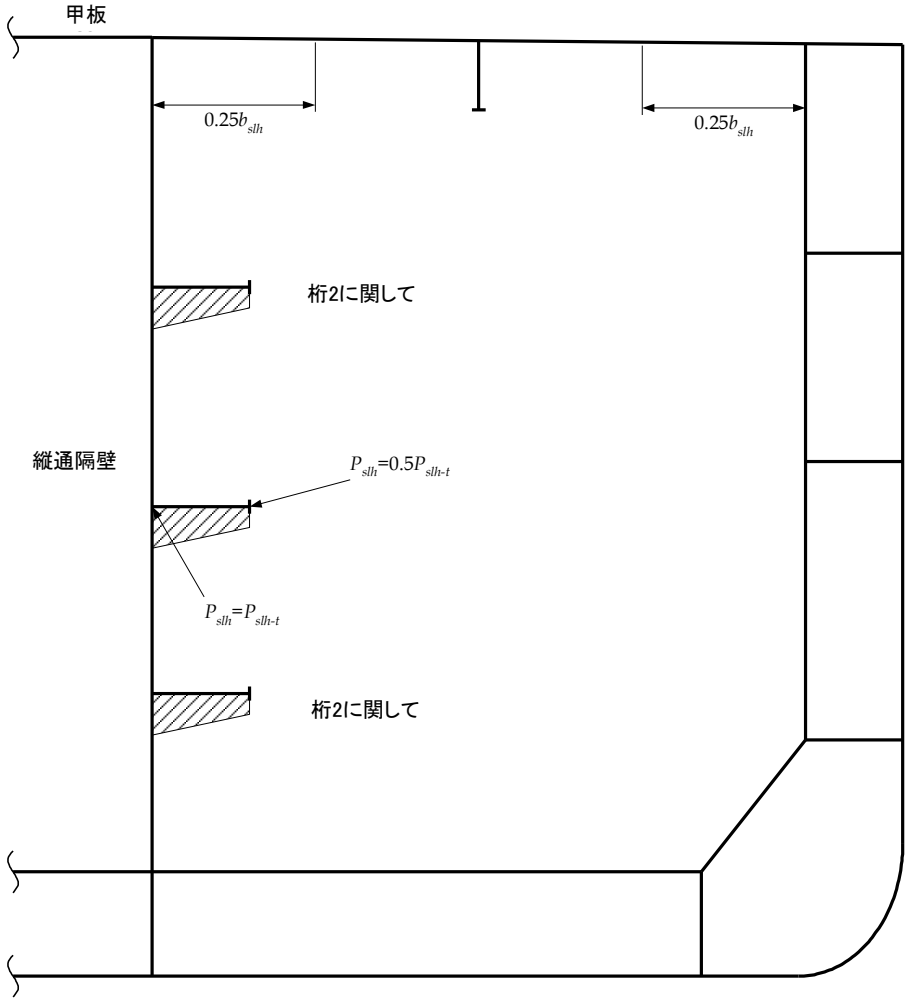
s_{grd}　：縦通隔壁から考慮する縦通桁までの距離（m）

b_{slh}　：有効スロッシング幅で，縦通水密隔壁及び縦通制水隔壁に対して，それぞれ **4.2.3.3** 及び **4.2.3.4** に

よる値（m）

4.2.3.6　内部に縦通水平桁又は特設肋骨を有するタンクにおいて，当該部材にかかるスロッシング圧力の分布は，図 7.4.4 による。

図 7.4.4　　水平桁及び特設肋骨にかかるスロッシング圧力の分布



4.2.4　　最小スロッシング圧力

4.2.4.1　セル構造を有するタンクを除いた貨物タンク及びバラストタンクの最小スロッシング圧力 $P_{slh\text{-}min}$ は，20（kN/m^2）とする。

4.2.4.2　セル構造のバラストタンクの最小スロッシング圧力 $P_{slh\text{-}min}$ は，12（kN/m^2）とする。

4.3　　船底スラミング荷重

4.3.1　　適用と制限

4.3.1.1　本節のスラミング荷重は，C_b が 0.7 以上で，船底スラミング喫水が $0.01L_{CSR\text{-}T}$ 以上かつ $0.045L_{CSR\text{-}T}$ 以下の船舶に適用する。

4.3.2　　スラミング圧力

4.3.2.1　船底スラミング圧力 P_{slm} は次の式による値のうち大きい方のもの以上としなければならない。

$P_{slm-mt} = f_{slm} 130 g c_{slm-mt} e^{c_1}$（$kN/m^2$）　　バラストタンクを空とした場合

$P_{slm-full} = f_{slm} 130 g c_{slm-full} e^{c_1} - c_{av} \rho g z_{ball}$（$kN/m^2$）　　バラストタンクを満載とした場合

g ：重力加速度 9.81（m/s^2）

f_{slm}：縦スラミング分布係数（図 7.4.5 参照）で，次式による値とする。

0　$0.5L_{CSR\text{-}T}$ の場合

1　船首垂線から$[0.175 - 0.5(C_{bl} - 0.7)]L_{CSR\text{-}T}$の場合

1　船首垂線から$[0.1 - 0.5(C_{bl} - 0.7)]L_{CSR\text{-}T}$の場合

0.5　船首垂線より前方の場合

中間にあるときは，直線補間法により定めた値とする。

C_{bl}：方形係数 C_b は，**4 節 1.1.9.1** による。ただし，0.7 以上かつ，0.8 未満としなければならない。

$c_{slm\text{-}mt} = 5.95 - 10.5\left(\frac{T_{FP-mt}}{L_{CSR-T}}\right)^{0.2}$　　バラストタンクを空とした場合

$c_{slm\text{-}full} = 5.95 - 10.5\left(\frac{T_{FP-full}}{L_{CSR-T}}\right)^{0.2}$　　バラストタンクを満載とした場合

c_1：次の算式による値とする

$= 0$　　（$L_{CSR\text{-}T} \leq 180$（$m$）の場合）

$= -0.0125(L_{CSR\text{-}T} - 180)^{0.705}$　　（$L_{CSR\text{-}T} > 180$（m）の場合）

$T_{FP\text{-}mt}$：**4.3.2.3** に規定する船底スラミング領域のバラストタンクを空とした場合の船首垂線における計画スラミングバラスト喫水（m）

$T_{FP\text{-}full}$：**4.3.2.4** に規定する船底スラミング領域のバラストタンクを満載とした場合の船首垂線における計画スラミングバラスト喫水（m）

c_{av}　：動的荷重係数で，1.25 とする。

$L_{CSR\text{-}T}$：**4 節 1.1.1.1** による船の長さ（m）

z_{ball}　：タンク頂板から荷重点までの垂直距離（m）

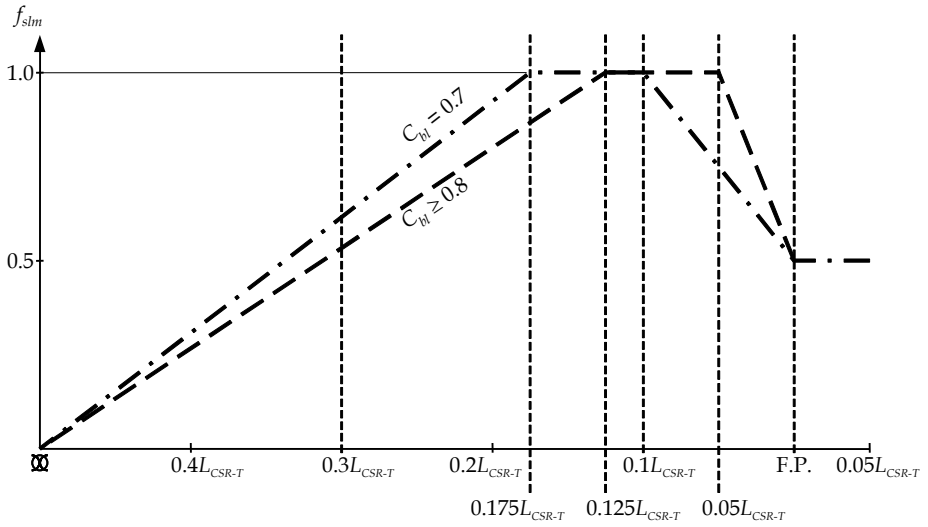
4.3.2.2　設計者は設計スラミング喫水 $T_{FP\text{-}mt}$ 及び $T_{FP\text{-}full}$ を設定しなければならない。

4.3.2.3　船首垂線における計画スラミング喫水 $T_{FP\text{-}mt}$ は，ローディングマニュアルに記載する船底スラミング領域のタンクを空とするいかなる航海状態における船首垂線位置での最小喫水以上としてはならない。これには船底スラミング領域のタンクをシーケンシャル法によるバラスト水交換を行うあらゆる積付状態を含む。

4.3.2.4　船首垂線における計画スラミング喫水 $T_{FP\text{-}full}$ は，ローディングマニュアルに記載する船底スラミング領域のタンクを満載とするいかなる航海状態における船首垂線位置での最小喫水以上としてはならない。これには船底スラミング領域のタンクをフロースルー法によるバラスト水交換を行うあらゆる積付状態を含む。

4.3.2.5　積付指針情報として，計画スラミング喫水及び各々のバラストタンクに使用されるバラスト水交換法を明確に記載しなければならない。（**8 節 1.1** 参照）

図 7.4.5　　縦方向スラミング分布係数



4.4 船首衝撃荷重

4.4.1 適用及び制限

4.4.1.1 船首衝撃圧は，船首垂線から $0.1L_{CSR\text{-}T}$ より前方範囲で，喫水 T_{bal} における水線及び船側における最上層甲板との間の船側構造に対して適用する。

4.4.2 船首衝撃圧

4.4.2.1 船首衝撃圧 P_{im} は次の算式による値とする。

$$P_{im} = 1.025 f_{im} c_{im} V_{im}^2 \sin\gamma_{wl} \quad (kN/m^2)$$

f_{im} ：船首垂線から $0.1L_{CSR\text{-}T}$ 後方においては 0.55

船首垂線から $0.0125L_{CSR\text{-}T}$ 後方においては 0.9

船首垂線及びその前方においては 1.0

中間にあるときは，直線補間法により求めた値とする。

V_{im} ：衝撃速度（*m/s*）

$$= 0.514 V_{fwd} \sin\alpha_{wl} + \sqrt{L_{CSR-T}}$$

V_{fwd} ：前進速力（*knots*）

$=0.75V$ ただし，10 以上としなければならない。

V ：**4 節 1.1.8.1** に規定する航海速力（*knots*）

α_{wl} ：考慮する位置における局部水線角（度）ただし，35 度未満としてはならない。（**図 7.4.6** 参照）

γ_{wl} ：局部船首衝撃角度（度）で考慮する位置における水平線と外板の垂線に対する接線が成す角度。ただし，50 度未満としてはならない。（**図 7.4.6 参照**）

c_{im} =1.0 考慮する位置が，喫水 T_{bal} から T_{sc} の間の場合

$$= \sqrt{1 + \cos^2\left[90\frac{(h_{fb} - 2h_o)}{h_{fb}}\right]}$$ 考慮する位置が，喫水 T_{sc} より上方の場合

h_{fb} ：喫水 T_{sc} における水線から船側における最上甲板までの垂直距離（*m*）（**図 7.4.6** 参照）

h_o ：喫水 T_{sc} における水線から考慮する位置までの垂直距離（*m*）（**図 7.4.6** 参照）

$L_{CSR\text{-}T}$ ：**4 節 1.1.1.1** に規定する船の長さ（*m*）

T_{sc} ：**4 節 1.1.5.5** に規定する構造喫水（*m*）

T_{bal} ：**4 節 1.1.5.2** に規定するノーマルバラスト状態におけるバラスト喫水（*m*）

WL_j ：考慮する位置における水線（**図 7.4.6** 参照）

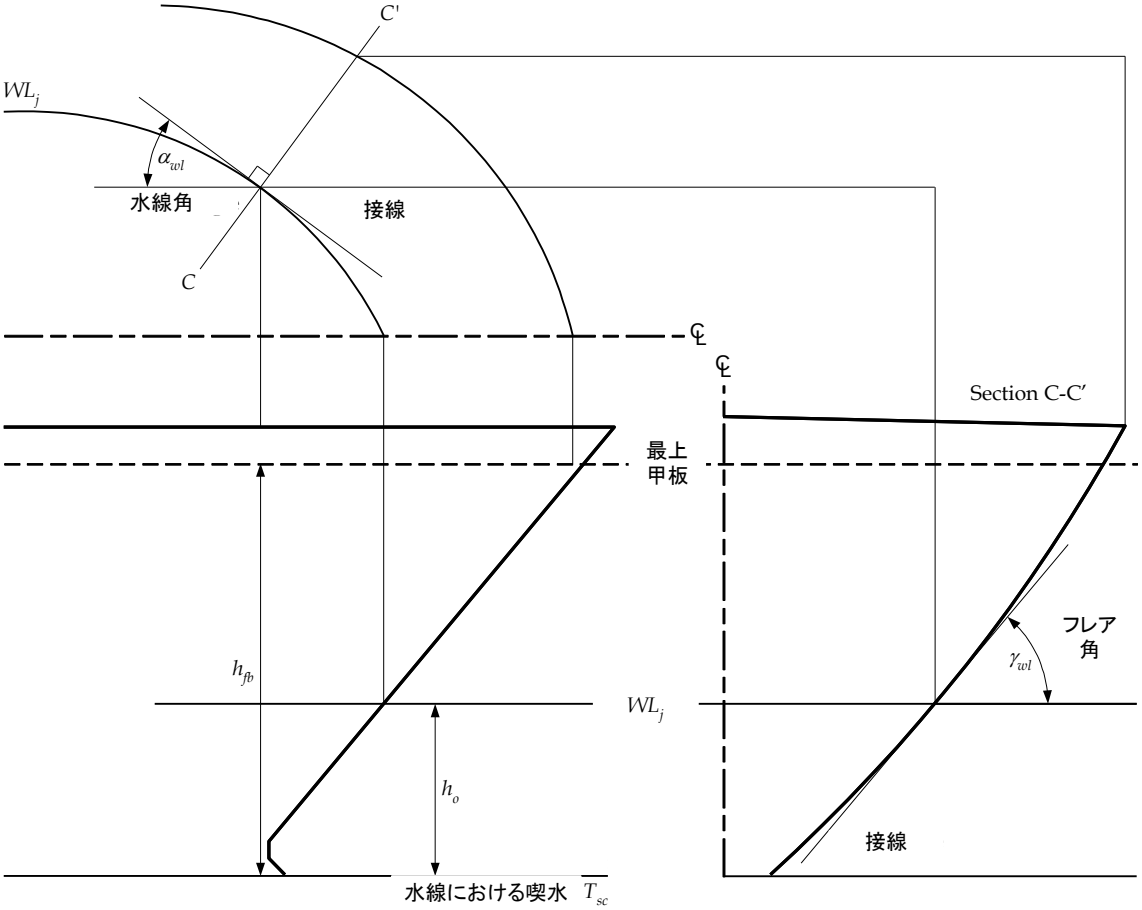
（備考）

局部船首衝撃角度 γ_{wl} が不確定な場合には，次の算式による値として差し支えない。

$$\gamma_{wl} = \tan^{-1}\left(\frac{\tan\beta_{pl}}{\cos\alpha_{wl}}\right)$$

β_{pl} 考慮する位置における水平線と正面線図の垂線に対する接線が成す角度で，35 度以上とする。

図 7.4.6　　船首部傾斜角度等の定義



5 事故による荷重

5.1 浸水状態

5.1.1 局部圧

5.1.1.1 浸水状態又は損傷状態における区画及びタンクの圧力は，$P_{in\text{-}flood}$ とする。（**2.2.3.4** 参照）

6 荷重の組合せ

6.1 一般

6.1.1 適用

6.1.1.1 設計荷重の組合せ *S*, *S*+*D* 及び *A* は部材寸法要件に対する部材寸法計算及び *FEM* による強度評価に適用する。設計荷重組合せは，**2 節 4.2.2** に規定し，関連する荷重及び荷重組合せは **6.2** に規定する。

6.1.1.2 動的荷重 *D* はいくつかの動的荷重ケースから構成するものとする。各動的荷重ケースに対して，**7 節 3** による荷重の包絡値は，同時に作用する動的荷重に動的荷重組合せ係数を乗じることにより求めるものとする。同時に作用する動的荷重計算の手順は，**6.3** の規定による。動的荷重組合せ係数は，*FEM* による強度評価に対しては **6.4** の規定，部材寸法要件に対しては **6.5** の規定による。

6.2 設計荷重の組合せ

6.2.1 一般

6.2.1.1 設計荷重の組合せは，**表 7.6.1** による。

表 7.6.1　　設計荷重の組合せ

荷重成分 ＼ 設計荷重の組合せ		S	$S+D$	A
$M_{v\text{-}total}$		$M_{sw\text{-}harb}$	$M_{sw\text{-}sea}+M_{wv}$	-
$M_{h\text{-}total}$		-	M_h	-
Q		$Q_{sw\text{-}harb}$	$Q_{sw\text{-}sea}+Q_{wv}$	-
P_{ex}	暴露甲板	-	$P_{wdk\text{-}dyn}$	-
	船殻構造	P_{hys}	$P_{hys}+P_{wv\text{-}dyn}$	-
P_{in}	バラストタンク（シーケンシャル方式によりバラスト水を交換する場合）	a)又は b)の大きい方の値 a) $P_{in\text{-}test}$ b) $P_{in\text{-}air}+P_{drop}$	$P_{in\text{-}tk}+P_{in\text{-}dyn}$	$P_{in\text{-}flood}$
	バラストタンク（フロースルー方式によりバラスト水を交換する場合）	a)又は b)の大きい方の値 a) $P_{in\text{-}test}$ b) $P_{in\text{-}air}+P_{drop}$	$P_{in\text{-}air}+P_{drop}+P_{in\text{-}dyn}$	$P_{in\text{-}flood}$
	貨物タンク	a)又は b)の大きい方の値 a) $P_{in\text{-}test}$ b) $P_{in\text{-}tk}+P_{valve}$	$P_{in\text{-}tk}+P_{valve}\text{-}25+P_{in\text{-}dyn}$	-
	液体を積載するその他のタンク	a)又は b)の大きい方の値 a) $P_{in\text{-}test}$ b) $P_{in\text{-}air}$	$P_{in\text{-}tk}+P_{in\text{-}dyn}$	$P_{in\text{-}flood}$
	水密区画	-	-	$P_{in\text{-}flood}$
P_{dk}	液体を積載しない区画内の甲板	P_{stat}	$P_{stat}+P_{dk\text{-}dyn}$	-
	重量の大きい機器を積載する甲板	F_{stat}	$F_{stat}+F_{dk\text{-}dyn}$	-

（備考）

(1)　強度評価（*FEM* による）及び部材寸法要件に対して，別々の荷重要件を規定する。

$M_{v\text{-}total}$	設計縦曲げモーメント（*kNm*）	
$M_{sw\text{-}perm\text{-}harb}$	港内又は閉囲された水区域での航行時における静水中許容縦曲げモーメント（*kNm*）	**2.1.1** 参照
$M_{sw\text{-}perm\text{-}sea}$	航海時の静水中許容縦曲げモーメント（*kNm*）	**2.1.1** 参照
M_{wv}	動的荷重ケースを考慮した波浪縦曲げモーメント（*kNm*）	**6.3.2.1** 参照
$M_{h\text{-}total}$	設計水平曲げモーメント（*kNm*）	
M_h	動的荷重ケースを考慮した波浪水平曲げモーメント（*kNm*）	**6.3.3.1** 参照
Q	設計垂直せん断力（*kN*）	
$Q_{sw\text{-}perm\text{-}harb}$	港内又は閉囲された水区域での航行時における静水中許容せん断力（*kN*）	**2.1.3** 参照
$Q_{sw\text{-}perm\text{-}sea}$	運航時の静水中許容せん断力（*kN*）	**2.1.3** 参照
Q_{wv}	動的荷重ケースを考慮した波浪せん断力（*kN*）	**6.3.4.1** 参照
P_{ex}	設計波浪荷重（kN/m^2）	
P_{hys}	考慮する喫水における静水圧力（kN/m^2）	**2.2.2.1** 参照
$P_{wv\text{-}dyn}$	動的荷重ケースを考慮した波浪外圧（kN/m^2）	**6.3.5** 参照
$P_{wdk\text{-}dyn}$	動的荷重ケースを考慮した青波荷重（kN/m^2）	**6.3.6** 参照
P_{in}	設計タンク圧力（kN/m^2）	
$P_{in\text{-}test}$	水圧試験による圧力（kN/m^2）	**2.2.3.5** 参照
$P_{in\text{-}air}$	フロースルー方式によりバラスト水を交換する場合に，オーバーフローするタンク内の静的圧力（kN/m^2）	**2.2.3.2** 参照
P_{drop}	空気管又はオーバーフロー管を通してフロースルーした場合の追加圧力（kN/m^2）	**2.2.3.3** 参照
P_{valve}	圧力逃がし弁の設定圧力（kN/m^2）	**2.2.3.5** 参照
$P_{in\text{-}tk}$	タンク内の静水圧力（kN/m^2）	**2.2.3.1** 参照
$P_{in\text{-}dyn}$	動的荷重ケースを考慮したタンク内の動的圧力（kN/m^2）	**6.3.7** 参照
$P_{in\text{-}flood}$	浸水時又は損傷時におけるタンク及び区画の圧力（kN/m^2）	**2.2.3.4** 参照
P_{stat}	甲板及び内底における静荷重（kN/m^2）	**2.2.4.1** 参照
P_{dk}	甲板の設計荷重（kN/m^2）	
$P_{dk\text{-}dyn}$	動的荷重組合せを考慮したハッチカバー，内底及び甲板の荷重（kN/m^2）	**6.3.8.1** 参照

F_{stat}	重量の大きい貨物及び機器等の支持構造及び固縛装置に作用する静的荷重（*kN*）	**2.2.5.1** 参照
$F_{dk\text{-}dyn}$	重量の大きい貨物及び機器等の支持構造及び固縛装置に作用する動的荷重（*kN*）	**6.3.8.2** 参照

6.3 動的荷重の適用

6.3.1 方向修正係数と動的荷重組合せ係数

6.3.1.1 方向修正係数 f_β は次の通りとする。

$f_\beta = 0.8$ 横波における動的荷重ケース

$= 1.0$ 横波以外のすべての動的荷重ケース

6.3.1.2 同時に作用する動的荷重計算に用いる動的荷重組合せ係数は，*FEM* による強度評価の場合，**表 7.6.2** による。（**6.4** 参照）部材寸法評価の場合の動的荷重組合せ係数は，**表 7.6.4** から**表 7.6.9** による。（**6.5** 参照）

6.3.2 考慮する動的荷重ケースに対する波浪縦曲げモーメント

6.3.2.1 同時に作用する波浪縦曲げモーメント M_{wv} は次の算式による値とする。

$$M_{wv} = f_\beta f_{mv} M_{wv-hog} \quad (kNm) \qquad f_{mv} \geq 0 \text{ の場合}$$

$$M_{wv} = -f_\beta f_{mv} M_{wv-sag} \quad (kNm) \qquad f_{mv} < 0 \text{ の場合}$$

M_{wv-hog} ：**3.4.1.1** の規定によるホギング縦曲げモーメント（*kNm*）

M_{wv-sag} ：**3.4.1.1** の規定によるサギング縦曲げモーメント（*kNm*）

f_{mv} ：考慮する動的荷重ケースの波浪垂直曲げモーメントに対する動的荷重組合せ係数（**6.3.1.2** 参照）

f_β ：**6.3.1.1** の規定による方向修正係数

6.3.3 考慮する動的荷重ケースに対する波浪水平曲げモーメント

6.3.3.1 同時に作用する波浪水平曲げモーメント M_h は次の算式による値とする。

$$M_h = f_B f_{mh} M_{wv-h} \quad (kNm)$$

$M_{wv\text{-}h}$ ：**3.4.2** の規定による水平曲げモーメント（*kNm*）

f_{mh} ：考慮する動的荷重ケースの水平波浪曲げモーメントに対する動的荷重組合せ係数（**6.3.1.2** 参照）

f_β ：**6.3.1.1** の規定による方向修正係数

6.3.4 考慮する動的荷重ケースに対する波浪垂直せん断力

6.3.4.1 同時に作用する波浪せん断力 Q_{wv} は次の算式による値とする。

$$Q_{wv} = f_\beta f_{qv} Q_{wv-pos} \quad (kN) \qquad f_{qv} \geq 0 \text{ の場合}$$

$$Q_{wv} = -f_\beta f_{qv} Q_{wv-neg} \quad (kN) \qquad f_{qv} < 0 \text{ の場合}$$

Q_{wv-pos} ：**3.4.3** の規定による正の波浪せん断力（*kN*）

Q_{wv-neg} ：**3.4.3** の規定による負の波浪せん断力（*kN*）

f_{qv} ：考慮する動的荷重ケースの波浪垂直せん断力に対する動的荷重組合せ係数（**6.3.1.2** 参照）

f_β ：**6.3.1.1** の規定による方向修正係数

6.3.5 考慮する動的荷重ケースに対する波浪変動圧力分布

6.3.5.1 考慮する動的荷重ケースの貨物タンク区域内の左舷及び右舷に対する同時に作用する波浪変動圧力 $P_{wv\text{-}dyn}$ は次の算式による値とする。ただし，静水中における喫水線より下方においては $-\rho_{sw}g(T_{LC} - z)$ 未満としてはならず，静水中における喫水線よる上方においては 0 以上としなければならない。

$$P_{wv-dyn} = P_{ctr} + \frac{|y|}{0.5B_{local}}\left(P_{bilge} - P_{ctr}\right) \qquad \text{船体中心線とビルジ開始部との間に対して}$$

$$P_{wv-dyn} = P_{bilge} + \frac{z}{T_{LC}}\left(P_{WL} - P_{bilge}\right) \qquad \text{ビルジと静喫水線との間に対して}$$

$$P_{wv-dyn} = P_{WL} - 10(z - T_{LC}) \qquad \text{静喫水線上の船側外板に対して}$$

ビルジ部の中間の $P_{wv\text{-}dyn}$ の値は，垂直距離に沿って線形補間により求めるものとする。

P_{ctr} ：船底中心線における波浪変動圧力
$=f_{ctr}P_{ex-max}$（kN/m^2）
P_{bilge} ：$z = 0$ かつ $y = B_{local}/2$ における波浪変動圧力
$=f_{bilge}P_{ex-max}$（kN/m^2）
P_{WL} ：喫水線における波浪変動圧力
$= f_{WL}P_{ex-max}$（kN/m^2）
P_{ex-max} ：**3.5.2.2** の規定による最大波浪変動圧力（kN/m^2）
f_{WL} ：考慮する動的荷重ケースの静喫水線における波浪変動圧力に対する動的荷重組合せ係数（**6.3.1.2** 参照）
f_{bilge} ：考慮する動的荷重ケースのビルジ部における波浪変動圧力に対する動的荷重組合せ係数（**6.3.1.2** 参照）
f_{ctr} ：考慮する動的荷重ケースの船体中心線における波浪変動圧力に対する動的荷重組合せ係数（**6.3.1.2** 参照）
B_{local}：考慮する喫水線位置における船体の型幅（m）
T_{LC} ：考慮する積付状態における喫水（m）
y ：左右方向の座標（m）
z ：上下方向の座標（m）
ρ_{sw} ：海水比重で 1.025（t/m^3）とする
g ：重力加速度で 9.81（m/s^2）とする

6.3.5.2 考慮する動的荷重ケースの貨物タンク区域外の左舷及び右舷に対する同時に作用する波浪変動圧力 P_{wv-dyn} は P_{ctr} と P_{WL} との線形補間で求めるものとする。ただし，静水中における喫水線より下においては $-\rho_{sw}g(T_{LC} - z)$ 未満としてはならず，静水中における喫水線より上方においては 0 以上としなければならない。

$$P_{wv-dyn} = P_{ctr} + \frac{z}{T_{LC}}(P_{WL} - P_{ctr})$$ 船底中心線と静喫水線の間

$$P_{wv-dyn} = P_{WL} - 10(z - T_{LC})$$ 静喫水線より上方

P_{ctr} ：船底中心線における波浪変動圧力
$=f_{ctr}P_{ex-max}$（kN/m^2）
P_{WL} ：静喫水線における波浪変動圧力
$=f_{WL}P_{ex-max}$（kN/m^2）
P_{ex-max}：**3.5.2.2** の規定による最大波浪変動圧力（kN/m^2）
f_{WL} ：考慮する動的荷重ケースの静喫水線における波浪変動圧力に対する動的荷重組合せ係数（**6.3.1.2** 参照）
f_{ctr} ：考慮する動的荷重ケースの船底中心線における波浪変動圧力に対する動的荷重組合せ係数（**6.3.1.2** 参照）
T_{LC} ：考慮する積付状態における喫水（m）
z ：上下方向の座標（m）
ρ_{sw} ：海水比重で 1.025（t/m^3）とする
g ：重力加速度で 9.81（m/s^2）とする

6.3.5.3 同時に作用する波浪変動圧力を**図 7.6.1** から**図 7.6.3** に図示する。

図 7.6.1　　向い波における波浪変動圧力

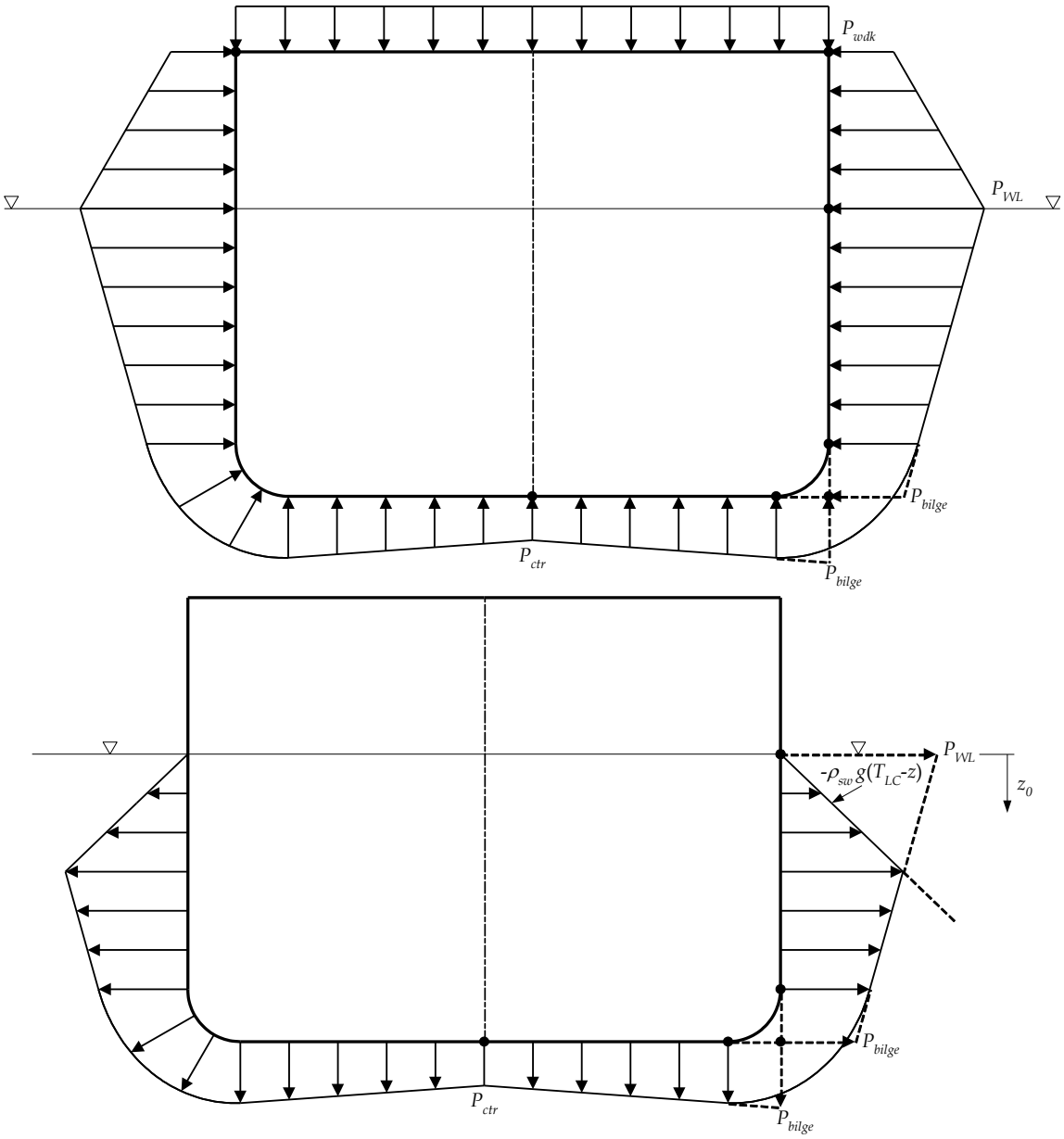


図 7.6.2　　横波及び斜め波における波浪変動圧力

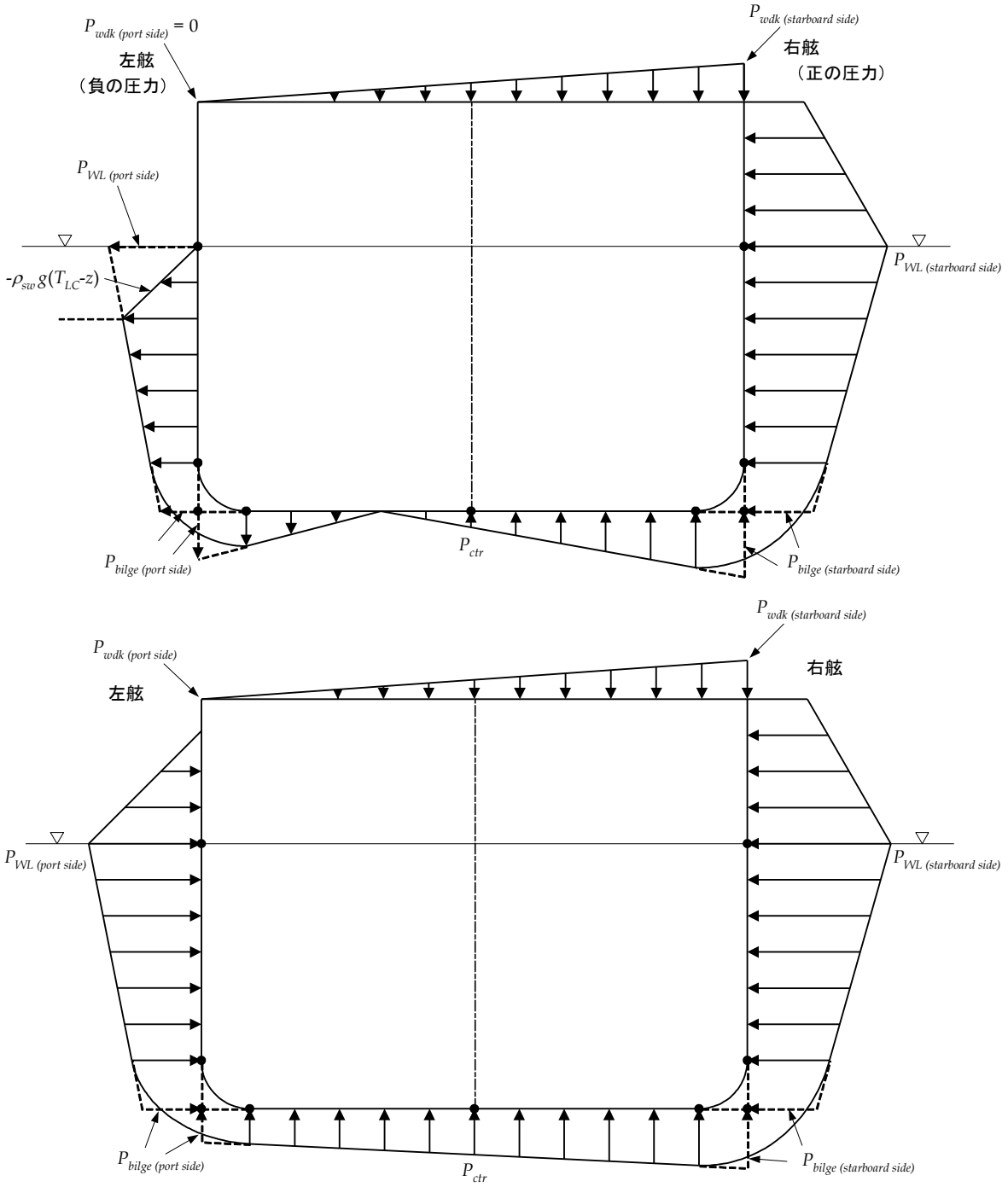
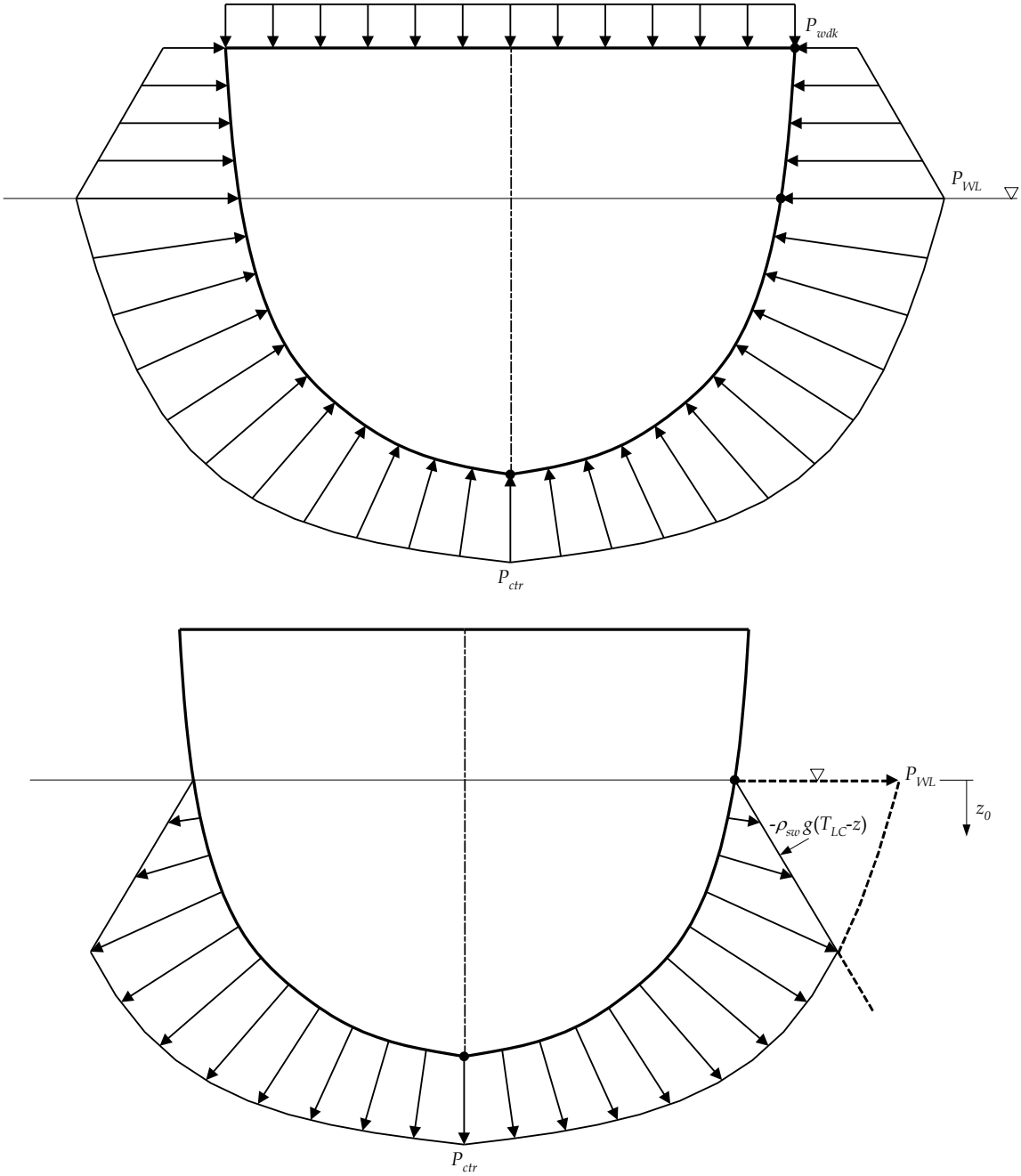


図 7.6.3　　船首及び船尾部における波浪荷重の山，谷の分布



6.3.6　　考慮する動的荷重ケースに対する青波荷重

6.3.6.1　直接強度評価における暴露甲板に同時に作用する青波荷重 $P_{wdk\text{-}dyn}$ は，$P_{wdk\text{-}pt}$ 及び $P_{wdk\text{-}stb}$ との線形補間により求めるものとする。

左舷の青波荷重 $P_{wdk\text{-}pt}$ は次の算式による値のうち大きい方の値とする。

$$P_{wdk-pt} = f_{1-dk}(f_{WL} f_{op} P_{1-WL} - 10 z_{dk-T}) \quad (kN/m^2)$$

$$P_{wdk-pt} = 0.8(f_{WL} P_{2-WL} - 10 z_{dk-T}) \quad (kN/m^2)$$

f_{WL} = 1.0 かつ設計荷重ケースとしての喫水が $0.9T_{sc}$ 以上の場合，$P_{wdk\text{-}pt}$ は 34.3（kN/m^2）未満としてはならない

右舷の青波荷重 $P_{wdk\text{-}stb}$ は次の算式による値のうち大きい方の値とする。

$$P_{wdk-stb} = f_{1-dk}(f_{WL} f_{op} P_{1-WL} - 10 z_{dk-T}) \quad (kN/m^2)$$

$$P_{wdk-stb} = 0.8(f_{WL} P_{2-WL} - 10 z_{dk-T}) \quad (kN/m^2)$$

f_{WL} = 1.0 かつ設計荷重ケースとしての喫水が $0.9T_{sc}$ 以上の場合，$P_{wdk\text{-}stb}$ は 34.3（kN/m^2）未満としてはならない。

$P_{wdk\text{-}pt}$ 及び $P_{wdk\text{-}stb}$ は 0 未満としてはならない。

$$f_{1-dk} = 0.8 + \frac{L_{CSR-T}}{750}$$

f_{op}＝1.0　　船尾垂線より $0.2L_{CSR\text{-}T}$ の位置及びその前方

＝0.8　　船尾垂線位置及びその後方

中間の値は線形補間により求める。

$P_{1\text{-}WL}$ ：考慮する喫水に対する静喫水線における圧力 P_1（kN/m^2）（**3.5.2.1** 参照）

$P_{2\text{-}WL}$ ：考慮する喫水に対する静喫水線における圧力 P_2（kN/m^2）（**3.5.2.1** 参照）

f_{WL} ：考慮する動的荷重ケースの静喫水線における波浪変動圧力に対する動的荷重組合せ係数（**6.3.1.2** 参照）

$z_{dk\text{-}T}$ ：甲板から考慮している積付状態における静喫水線までの距離（m）

$L_{CSR\text{-}T}$: **4 節 1.1.1.1** の規定による船の長さ（m）

6.3.6.2　部材寸法要件における暴露甲板に同時に作用する青波荷重 $P_{wdk\text{-}dyn}$ は次の算式による値のうち大きい方の値とする。

$$P_{wdk-dyn} = f_{1-dk}(f_{WL} f_{op} P_{1-WL} - 10 z_{dk-T})\ (kN/m^2)$$

f_{WL} = 1.0 かつ設計荷重ケースとしての喫水が $0.9T_{sc}$ 以上の場合，$P_{wdk\text{-}dyn}$ は 34.3（kN/m^2）未満としてはならない。

$$P_{wdk-dyn} = 0.8 f_{2-dk}(f_{WL} P_{2-WL} - 10 z_{dk-T})\ (kN/m^2)$$

f_{WL} = 1.0，$f_{2\text{-}dk}$ = 1.0 かつ設計荷重ケースとしての喫水が $0.9T_{sc}$ 以上の場合，$P_{wdk\text{-}dyn}$ は 34.3（kN/m^2）未満としてはならない。

$P_{wdk\text{-}dyn}$ ＝0

$$f_{1-dk} = 0.8 + \frac{L_{CSR-T}}{750}$$

$$f_{2-dk} = 0.5 + \frac{|y|}{B_{wdk}}$$

f_{op}＝1.0　　船尾垂線より $0.2L_{CSR\text{-}T}$ の位置及びその前方

＝0.8　　船尾垂線位置及びその後方

中間の値は線形補間により求める

$P_{1\text{-}WL}$ ：考慮する喫水に対する静喫水線における圧力 P_1（kN/m^2）

$P_{2\text{-}WL}$ ：考慮する喫水に対する静喫水線における圧力 P_2（kN/m^2）

f_{WL} ：考慮する動的荷重ケースの静喫水線における波浪変動圧力に対する動的荷重組合せ係数（**6.3.1.2** 参照）

y ：左右方向の座標（m）

$z_{dk\text{-}T}$ ：甲板から考慮している積付状態における静喫水線までの距離（m）

B_{wdk} ：暴露甲板位置における船体の型幅（m）

$L_{CSR\text{-}T}$: **4 節 1.1.1.1** の規定による船の長さ（m）

6.3.7　考慮する動的荷重ケースに対する動的タンク圧力

6.3.7.1　貨物区域のタンクに対する同時に作用する動的タンク圧力 $P_{in\text{-}dyn}$ は次の算式による値とする。

$$P_{in-dyn} = f_{\beta}(f_v P_{in-v} + f_1 P_{in-t} + f_{lng} P_{in-lng})\ (kN/m^2)$$

$P_{in\text{-}v}$ ：基準点 z_0 における **3.5.4.1** に規定する上下方向の加速度による動的タンク圧力（kN/m^2）。基準点 z_0 は次の **(a)**又は**(b)**のうちのどちらかとする。（**図 7.6.4** 参照）

(a)　タンク頂部

(b)　バラスト水交換の方法をフロースルー方式として設計した空気管又はオーバーフローの頂部

$P_{in\text{-}t}$ ：基準点 y_0 における **3.5.4.2** に規定する左右方向の加速度による動的タンク圧力（kN/m^2）。基準点 y_0 は次の **(a)**又は**(b)**のうちのどちらかとする。（**図 7.6.5** 参照）

(a)　$f_t > 0$ の場合，左舷に近いタンク頂部

(b)　$f_t < 0$ の場合，右舷に近いタンク頂部

P_{in-lng} ：基準点 x_0 における **3.5.4.3** に規定する前後方向の加速度による動的タンク圧力（kN/m^2）。基準点 x_0 は次の**(a)**又は**(b)**のうちのどちらかとする。（**図 7.6.6** 参照）

(a) $f_{lng} > 0$ の場合，タンクの前部隔壁

(b) $f_{lng} < 0$ の場合，タンクの後部隔壁

f_v ：考慮する動的荷重ケースにおける上下方向の加速度に対する動的荷重組合せ係数。f_v は，タンクの位置に依存するものである。（**6.3.1.2** 参照）

f_t ：考慮する動的荷重ケースにおける左右方向の加速度に対する動的荷重組合せ係数（**6.3.1.2** 参照）

f_{lng} ：考慮する動的荷重ケースにおける前後方向の加速度に対する動的荷重組合せ係数。f_{lng} は，タンク位置に最も依存するものである。（**6.3.1.2** 参照）

f_β ：**6.3.1.1** の規定による方向修正係数

x_0 ：基準点の前後方向の座標（*m*）

y_0 ：基準点の左右方向の座標（*m*）

z_0 ：基準点の上下方向の座標（*m*）

（備考）

(1) 平行でないタンクにおいて，y_0 は基準点 x_0 に対応する隔壁前部あるいは隔壁後部の位置のどちらかとする。前後方向の荷重組合せ係数が $f_{lng} = 0$ の場合には，y_0 は大きい幅を持つ方の隔壁とする。

(2) 垂直，横及び縦方向加速度は，考慮するタンクの重心位置の値とする。

6.3.7.2 貨物区域外のタンクに対する同時に作用する動的タンク圧力 $P_{in\text{-}dyn}$ は次の算式による値とする。

$$P_{in-dyn} = f_\beta \left(f_{v-mid} P_{in-v} + \left| f_t P_{in-t} \right| + \left| f_{lng} P_{in-lng} \right| \right) \quad (kN/m^2)$$

$P_{in\text{-}v}$ ：**3.5.4.1** に規定する上下方向の加速度による動的タンク圧力（kN/m^2）。基準点 z_0 は次の**(a)**又は**(b)**のうちのどちらかとする。（図 **7.6.5** 参照）

(a) タンク頂部

(b) バラスト水交換の方法をフロースルー方式により設計した空気管／オーバーフローの頂部

$P_{in\text{-}t}$ ：**3.5.4.2** に規定する左右方向の加速度による動的タンク圧力（kN/m^2）。タンク最大幅として($y_0 - y$)を使用する。

P_{in-lng} ：**3.5.4.3** に規定する前後方向の加速度による動的タンク圧力（kN/m^2）。タンク最大幅として($x_0 - x$)を使用する。

$f_{v\text{-}mid}$ ：考慮する動的荷重ケースの上下方向の加速度に対する動的荷重組合せ係数（**6.3.1.2** 参照）

f_t ：考慮する動的荷重ケースの左右方向の加速度に対する動的荷重組合せ係数（**6.3.1.2** 参照）

f_{lng} ：考慮する動的荷重ケースの前後方向の加速度に対する動的荷重組合せ係数（**6.3.1.2** 参照）

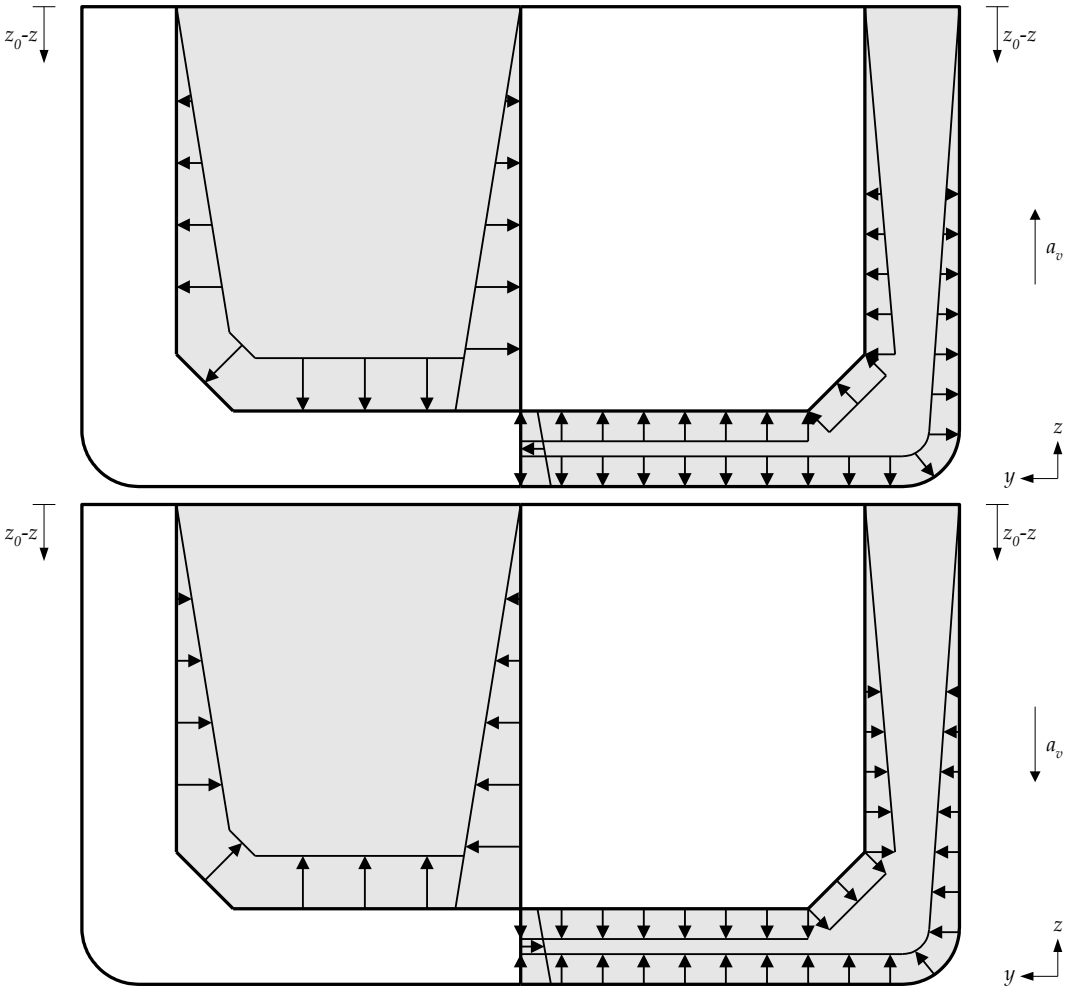
f_β ：**6.3.1.1** の規定による方向修正係数

x_0 ：基準点の前後方向の座標（*m*）

y_0 ：基準点の左右方向の座標（*m*）

z_0 ：基準点の座標（*m*）

図 7.6.4　　上下方向の加速度による左舷の貨物タンク
及び右舷のバラストタンク内の動的圧力



（備考）

フロースルー方式によりバラスト水を交換するように設計されたバラストタンクに対しては，基準点 z_0 は，空気管またはオーバーフローの頂部とすること。

図 7.6.5　　左右方向の加速度による左舷の貨物タンク
及び右舷のバラストタンク内の動的圧力

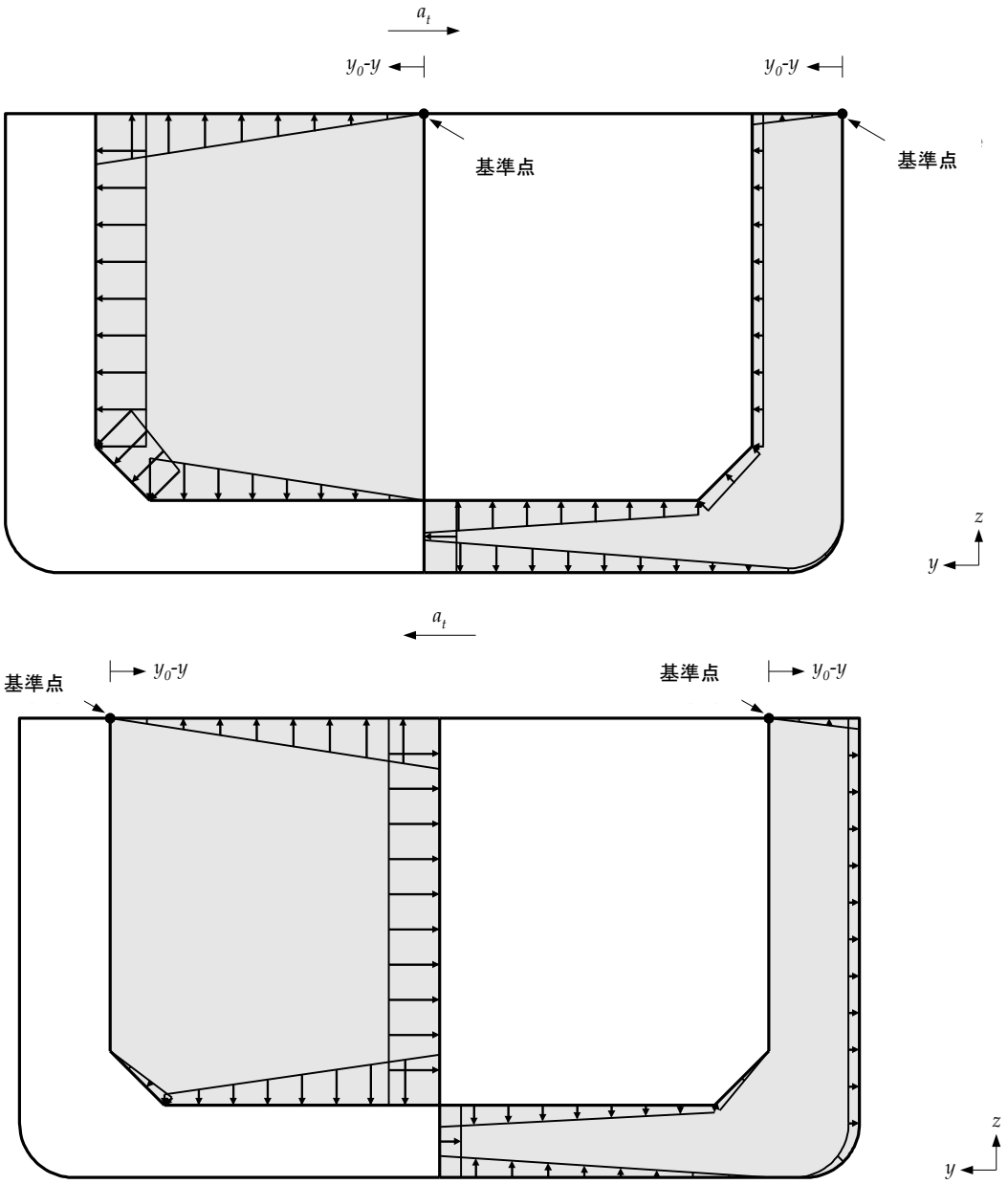
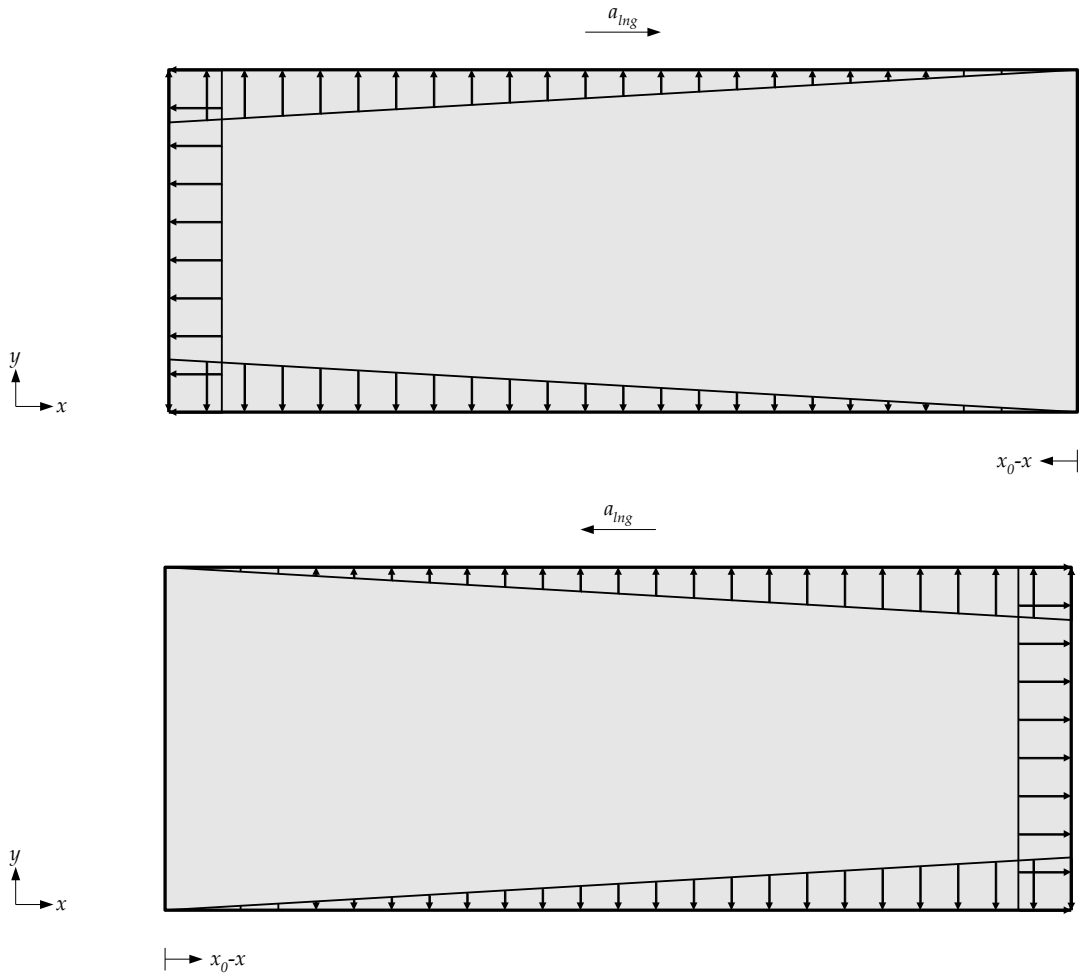


図 7.6.6　　前後方向の加速度によるタンク内の動的圧力



6.3.8　　考慮する動的荷重ケースに対する動的甲板荷重

6.3.8.1　船首楼又は船尾楼に位置する閉囲された上甲板及びすべての下部甲板上に等分布で同時に作用する動的甲板荷重 $P_{dk\text{-}dyn}$ は次の算式による値とする。

$$P_{dk-dyn} = f_{\beta} f_{v-mid} P_{deck-dyn} \quad (kN/m^2)$$

$P_{deck\text{-}dyn}$ ：**3.5.5.1** の規定による甲板上の動的甲板荷重（kN/m^2）

$f_{v\text{-}mid}$　：考慮する動的荷重ケースの上下方向の加速度に対する動的荷重組合せ係数（**6.3.1.2** 参照）

f_{β}　：**6.3.1.1** の規定による方向修正係数

6.3.8.2　重量の大きい貨物及び艤装品並びに構造要素の支持構造又は固縛装置に働く同時作用動的垂直力 $F_{dk\text{-}dyn}$ は次の算式による値とする。

$$F_{dk-dyn} = f_{\beta} f_{v-mid} F_v \quad (kN)$$

F_v　：**3.5.6** の規定による重い機器等からの上下方向の動的荷重

$f_{v\text{-}mid}$　：考慮する動的荷重ケースの上下方向の加速度に対する動的荷重組合せ係数（**表 7.6.2** 及び**表 7.6.4** から**表 7.6.9** 参照）

f_{β}　：**6.3.1.1** の規定による方向修正係数

6.4 直接強度評価のための動的荷重ケース及び動的荷重組合せ係数

6.4.1 一般

6.4.1.1 *FEM* による直接強度評価に対する表 7.6.2 による動的荷重ケースは，設計荷重組合せ *S+D* に対する付録 B の要件に従って適用しなければならない。同時作用動的荷重ケースは，表 7.6.2 による動的荷重組合せを用いて求めなければならない。

表 7.6.2 直接強度評価における動的荷重ケース（*FEM*）

波の方向			向かい波				横波		斜め波	
最大応答			M_{wv}（サギング）	M_{wv}（ホギング）	Q_{wv}（サギング）	Q_{wv}（ホギング）	a_v		$M_{wv\text{-}h}$（ホギング）	
動的荷重ケース			1	2	3	4	5*a*	5*b*	6*a*	6*b*
全体の荷重	M_{wv}	f_{mv}	-1.0	1.0	-1.0	1.0	0.0	0.0	0.4	0.4
	Q_{wv}	f_{qv}	1.0	-1.0	1.0	-1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	$M_{wv\text{-}h}$	f_{mh}	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	-1.0
加速度	a_v	f_v	0.5	-0.5	0.3	-0.3	1.0	1.0	-0.1	-0.1
	a_t	f_t	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.6	0.6	0.0	0.0
	a_{lng}	f_{lng}	-0.6	0.6	-0.6	0.6	-0.5	-0.5	0.5	0.5
左舷の波浪荷重	P_{WL}	f_{WL}	-0.3	0.3	0.1	-0.1	1.0	0.4	0.6	0.0
	P_{bilge}	f_{bilge}	-0.3	0.3	0.1	-0.1	1.0	0.4	0.4	0.0
	P_{ctr}	f_{ctr}	-0.7	0.7	0.3	-0.3	0.9	0.9	0.5	0.5
右舷の波浪荷重	P_{WL}	f_{WL}	-0.3	0.3	0.1	-0.1	0.4	1.0	0.0	0.6
	P_{bilge}	f_{bilge}	-0.3	0.3	0.1	-0.1	0.4	1.0	0.0	0.4
	P_{ctr}	f_{ctr}	-0.7	0.7	0.3	-0.3	0.9	0.9	0.5	0.5

表中の記号は，3.3，6.3.5.1，表 7.6.1 及び下記の規定による。

$f_{v\text{-}mid}$：中央貨物タンク及びバラストタンクにおける上下方向の加速度に対する動的荷重組合せ係数

$f_{v\text{-}pt}$：左舷貨物タンク及びサイドバラストタンクにおける上下方向の加速度に対する動的荷重組合せ係数

$f_{v\text{-}stb}$：右舷貨物タンク及びサイドバラストタンクにおける上下方向の加速度に対する動的荷重組合せ係数

（備考）

(1) 計算に用いる荷重パラメータ及び計算位置は，付録 B.2.4.1 の規定によること。

6.5 部材寸法要件における動的荷重ケース及び動的荷重組合せ

6.5.1 一般

6.5.1.1 部材寸法要件に対応する動的荷重ケースは，表 8.2.7 から表 8.2.9 による設計荷重組合せ *S+D* に適合しなければならない。同時作用動的荷重ケースは，表 7.6.4 から表 7.6.9 に規定する動的荷重組合せを用いて求めなければならない。

6.5.1.2 使用する動的荷重組合せ係数（以下，「*DLCF*」とする）の表は，考慮する前後方向の位置に依存し，図 7.6.7 及び表 7.6.3 に規定する。

6.5.1.3 *DLCF* の表における各動的荷重ケースは，1 以上の動的荷重成分を最大値とする。動的荷重成分の最小値は，動的荷重ケースの全動的荷重組合せ係数に-1.0 を乗じることにより求める。部材寸法要件は，すべての最大化及び最小化された動的荷重ケースに対して評価しなければならない。

6.5.1.4 計算に使用する荷重パラメータは，表 8.2.8 及び表 8.2.9 に規定にする。

図 7.6.7　　構造区域

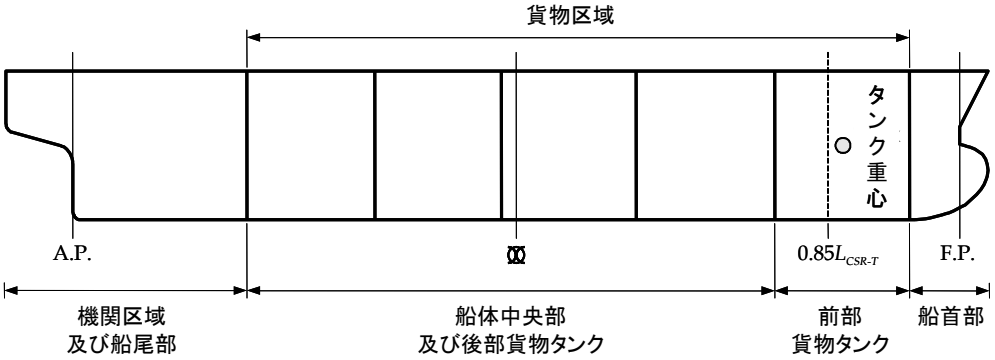


表 7.6.3　　構造区域及び積付けの動的荷重組合せ係数

構造区域	機関区域及び船尾部	船体中央部及び後部貨物タンク	前部貨物タンク	船首部
適用タンク及び範囲	最後部貨物タンクの後方	タンクの縦方向重心が 0.85L_{CSR-T}より後ろにある場合	タンク重心が 0.85 L_{CSR-T}以前にある場合	最前端貨物倉隔壁より前の区域
積載 *DLCF*	**表 7.6.8**	**表 7.6.4**	**表 7.6.6**	**表 7.6.8**
バラスト *DLCF*	**表 7.6.9**	**表 7.6.5**	**表 7.6.7**	**表 7.6.9**

表 7.6.4　　積載状態における船体中央部及び後部貨物タンクに対応する動的荷重ケース

波の方向			向かい波			斜め波		横波					
最大応答			M_{wv}	a_v	a_{lng}	$M_{wv\text{-}h}$		a_t		P_{ctr}		P_{WL}	
動的荷重ケース			1	2	3	4*a*	4*b*	5*a*	5*b*	6*a*	6*b*	7*a*	7*b*
全体の荷重	M_{wv}	f_{mv}	1.0	-1.0	0.5	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3
	$M_{wv\text{-}h}$	f_{mh}	0.0	0.0	0.0	1.0	-1.0	-0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
加速度	$a_{v\text{-}mid}$	$f_{v\text{-}mid}$	-0.2	0.5	-0.4	-0.1	-0.1	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0
	$a_{v\text{-}pt}$	$f_{v\text{-}pt}$	-0.2	0.5	-0.4	-0.1	-0.1	0.2	0.6	0.8	1.0	0.8	1.0
	$a_{v\text{-}stb}$	$f_{v\text{-}stb}$	-0.2	0.5	-0.4	-0.1	-0.1	0.6	0.2	1.0	0.8	1.0	0.8
	a_t	f_t	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	-1.0	0.5	-0.5	0.6	-0.6
	$a_{lng\text{-}mid}$	$f_{lng\text{-}mid}$	0.3	-0.6	1.0	-0.3	-0.3	-0.1	-0.1	-0.5	-0.5	-0.6	-0.6
	$a_{lng\text{-}pt}$	$f_{lng\text{-}pt}$	0.3	-0.6	1.0	-0.4	-0.2	-0.1	-0.1	-0.5	-0.5	-0.6	-0.6
	$a_{lng\text{-}stb}$	$f_{lng\text{-}stb}$	0.3	-0.6	1.0	-0.2	-0.4	-0.1	-0.1	-0.5	-0.5	-0.6	-0.6
	$a_{lng\text{-}ctr}$	$f_{lng\text{-}ctr}$	0.3	-0.6	1.0	-0.3	-0.3	-0.1	-0.1	-0.5	-0.5	-0.6	-0.6
右舷の波浪荷重	P_{ctr}	f_{ctr}	0.7	-0.6	0.2	-0.3	-0.3	0.5	0.5	1.0	1.0	0.9	0.9
	P_{bilge}	f_{bilge}	0.3	-0.2	0.1	-0.4	-0.1	0.8	-0.3	0.9	0.4	1.0	0.4
	P_{WL}	f_{WL}	0.3	-0.3	0.1	-0.6	-0.1	0.5	-0.2	0.8	0.4	1.0	0.4
左舷の波浪荷重	P_{ctr}	f_{ctr}	0.7	-0.6	0.2	-0.3	-0.3	0.5	0.5	1.0	1.0	0.9	0.9
	P_{bilge}	f_{bilge}	0.3	-0.2	0.1	-0.1	-0.4	-0.3	0.8	0.4	0.9	0.4	1.0
	P_{WL}	f_{WL}	0.3	-0.3	0.1	-0.1	-0.6	-0.2	0.5	0.4	0.8	0.4	1.0

表中の記号は，**3.3**，**3.4.2**，**6.3.5.1** 及び**表 7.6.1**，**表 7.6.2** の規定による。

$a_{v\text{-}pt}$　：左舷タンクにおける上下方向の加速度（m/s^2）

$a_{v\text{-}stb}$　：右舷タンクにおける上下方向の加速度（m/s^2）

$a_{lng\text{-}mid}$：中央タンクにおける前後方向の加速度（m/s^2）

$a_{lng\text{-}pt}$　：左舷タンクにおける前後方向の加速度（m/s^2）

$a_{lng\text{-}stb}$：右舷タンクにおける前後方向の加速度（m/s^2）

$a_{lng\text{-}ctr}$：中央部の二重底バラストタンクにおける前後方向の加速度（m/s^2）

$f_{lng\text{-}pt}$　：左舷の貨物及びバラストタンクにおける前後方向の加速度に対する動的荷重組合せ係数

$f_{lng\text{-}stb}$　：右舷の貨物及びバラストタンクにおける前後方向の加速度に対する動的荷重組合せ係数

$f_{lng\text{-}ctr}$　：中央部の二重底バラストタンクにおける前後方向の加速度に対する動的荷重組合せ係数

$f_{lng\text{-}mid}$：中央タンクにおける前後方向の加速度に対する動的荷重組合せ係数

表 7.6.5　　バラスト状態における船体中央部及び後部バラストタンクに対応する動的荷重ケース

波の方向			向かい波			斜め波		横波					
最大応答			M_{wv}	a_v	a_{lng}	$M_{wv\text{-}h}$		a_t		P_{ctr}		P_{WL}	
動的荷重ケース			1	2	3	4*a*	4*b*	5*a*	5*b*	6*a*	6*b*	7*a*	7*b*
全体の荷重	M_{wv}	f_{mv}	1.0	-1.0	0.4	-0.4	-0.4	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2
	$M_{wv\text{-}h}$	f_{mh}	0.0	0.0	0.0	1.0	-1.0	0.1	-0.1	-0.1	0.1	-0.2	0.2
加速度	$a_{v\text{-}mid}$	$f_{v\text{-}mid}$	-0.1	0.4	-0.2	0.1	0.1	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0
	$a_{v\text{-}pt}$	$f_{v\text{-}pt}$	-0.1	0.4	-0.2	0.1	0.1	0.1	0.8	0.7	1.0	0.6	1.0
	$a_{v\text{-}stb}$	$f_{v\text{-}stb}$	-0.1	0.4	-0.2	0.1	0.1	0.8	0.1	1.0	0.7	1.0	0.6
	a_t	f_t	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	-1.0	0.8	-0.8	0.6	-0.6
	$a_{lng\text{-}mid}$	$f_{lng\text{-}mid}$	0.2	-0.1	1.0	-0.6	-0.6	0.0	0.0	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1
	$a_{lng\text{-}pt}$	$f_{lng\text{-}pt}$	0.2	-0.1	1.0	-0.6	-0.4	0.0	0.0	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1
	$a_{lng\text{-}stb}$	$f_{lng\text{-}stb}$	0.2	-0.1	1.0	-0.4	-0.6	0.0	0.0	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1
	$a_{lng\text{-}ctr}$	$f_{lng\text{-}ctr}$	0.2	-0.1	1.0	-0.4	-0.4	0.0	0.0	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1
右舷の波浪荷重	P_{ctr}	f_{ctr}	1.0	-0.8	0.3	-0.5	-0.5	0.3	0.3	0.8	0.8	0.4	0.4
	P_{bilge}	f_{bilge}	0.3	-0.2	0.1	-0.4	0.0	0.9	-0.4	0.9	0.3	0.9	0.2
	P_{WL}	f_{WL}	0.3	-0.2	0.1	-0.6	0.0	0.7	-0.4	0.9	0.2	1.0	0.2
左舷の波浪荷重	P_{ctr}	f_{ctr}	1.0	-0.8	0.3	-0.5	-0.5	0.3	0.3	0.8	0.8	0.4	0.4
	P_{bilge}	f_{bilge}	0.3	-0.2	0.1	0.0	-0.4	-0.4	0.9	0.3	0.9	0.2	0.9
	P_{WL}	f_{WL}	0.3	-0.2	0.1	0.0	-0.6	-0.4	0.7	0.2	0.9	0.2	1.0

表中の記号は **3.3**，**3.4.2**，**6.3.5.1** 及び**表 7.6.1**，**表 7.6.2**，**表 7.6.4** の規定による。

表 7.6.6　　満載状態における前部貨物タンクに対応する動的荷重ケース

波の方向			向かい波		斜め波								横波			
最大応答			a_v	a_{lng}	a_{lng}		P_{ctr}		P_{bilge}		P_{WL}		a_v		a_t	
動的荷重ケース			1	2	3*a*	3*b*	4*a*	4*b*	5*a*	5*b*	6*a*	6*b*	7*a*	7*b*	8*a*	8*b*
全体の荷重	M_{wv}	f_{mv}	-0.7	0.9	0.3	0.3	-0.6	-0.6	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.1	-0.1
	$M_{wv\text{-}h}$	f_{mh}	0.0	0.0	-0.2	0.2	0.2	-0.2	-0.1	0.1	0.2	-0.2	-0.1	0.1	-0.5	0.5
加速度	$a_{v\text{-}mid}$	$f_{v\text{-}mid}$	0.7	-0.6	-0.6	-0.6	0.7	0.7	0.9	0.9	0.7	0.7	1.0	1.0	0.4	0.4
	$a_{v\text{-}pt}$	$f_{v\text{-}pt}$	0.7	-0.6	-0.6	-0.6	0.7	0.7	0.9	1.0	0.7	0.7	0.9	1.0	0.3	0.6
	$a_{v\text{-}stb}$	$f_{v\text{-}stb}$	0.7	-0.6	-0.6	-0.6	0.7	0.7	1.0	0.9	0.7	0.7	1.0	0.9	0.6	0.3
	a_t	f_t	0.0	0.0	-0.4	0.4	0.1	-0.1	0.7	-0.7	0.5	-0.5	0.6	-0.6	1.0	-1.0
	$a_{lng\text{-}mid}$	$f_{lng\text{-}mid}$	-0.8	1.0	0.8	0.8	-1.0	-1.0	-0.5	-0.5	-1.0	-1.0	-0.5	-0.5	-0.1	-0.1
	$a_{lng\text{-}pt}$	$f_{lng\text{-}pt}$	-0.8	1.0	1.0	0.6	-1.0	-0.9	-0.5	-0.5	-1.0	-0.7	-0.5	-0.5	-0.1	-0.1
	$a_{lng\text{-}stb}$	$f_{lng\text{-}stb}$	-0.8	1.0	0.6	1.0	-0.9	-1.0	-0.5	-0.5	-0.7	-1.0	-0.5	-0.5	-0.1	-0.1
	$al_{ng\text{-}ctr}$	$f_{lng\text{-}ctr}$	-0.8	1.0	0.8	0.8	-1.0	-1.0	-0.5	-0.5	-1.0	-1.0	-0.5	-0.5	-0.1	-0.1
右舷の波浪荷重	P_{ctr}	f_{ctr}	1.0	-0.9	-0.4	-0.4	1.0	1.0	0.8	0.8	0.5	0.5	0.8	0.8	0.4	0.4
	P_{bilge}	f_{bilge}	0.6	-0.7	-0.6	-0.2	0.9	0.6	1.0	0.5	0.7	0.3	1.0	0.5	0.8	-0.1
	P_{WL}	f_{WL}	0.3	-0.5	-0.9	-0.2	0.8	0.4	0.9	0.4	1.0	0.2	0.9	0.4	0.6	-0.2
左舷の波浪荷重	P_{ctr}	f_{ctr}	1.0	-0.9	-0.4	-0.4	1.0	1.0	0.8	0.8	0.5	0.5	0.8	0.8	0.4	0.4
	P_{bilge}	f_{bilge}	0.6	-0.7	-0.2	-0.6	0.6	0.9	0.5	1.0	0.3	0.7	0.5	1.0	-0.1	0.8
	P_{WL}	f_{WL}	0.3	-0.5	-0.2	-0.9	0.4	0.8	0.4	0.9	0.2	1.0	0.4	0.9	-0.2	0.6

表中の記号は **3.3**，**3.4.2**，**6.3.5.1** 及び**表 7.6.1**，**表 7.6.2**，**表 7.6.4** の規定による。

表 7.6.7　　バラスト状態における前部バラストタンクに対応する動的荷重ケース

波の方向			向かい波		斜め波								横波			
最大応答			a_v	a_{lng}	a_{lng}		P_{ctr}		P_{bilge}		P_{WL}		a_v		a_t	
動的荷重ケース			1	2	3*a*	3*b*	4*a*	4*b*	5*a*	5*b*	6*a*	6*b*	7*a*	7*b*	8*a*	8*b*
全体の荷重	M_{wv}	f_{mv}	-0.8	0.9	0.7	0.7	-1.0	-1.0	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
	$M_{wv\text{-}h}$	f_{mh}	0.0	0.0	-0.4	0.4	0.0	0.0	-0.5	0.5	0.3	-0.3	-0.4	0.4	-0.4	0.4
加速度	$a_{v\text{-}mid}$	$f_{v\text{-}mid}$	0.7	-0.6	-0.7	-0.7	0.4	0.4	0.6	0.6	0.9	0.9	1.0	1.0	0.4	0.4
	$a_{v\text{-}pt}$	$f_{v\text{-}pt}$	0.7	-0.6	-0.7	-0.7	0.4	0.4	0.3	0.8	0.7	0.7	0.5	1.0	0.0	0.7
	$a_{v\text{-}stb}$	$f_{v\text{-}stb}$	0.7	-0.6	-0.7	-0.7	0.4	0.4	0.8	0.3	0.7	0.7	1.0	0.5	0.7	0.0
	a_t	f_t	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	-0.9	0.2	-0.2	0.7	-0.7	1.0	-1.0
	$a_{lng\text{-}mid}$	$f_{lng\text{-}mid}$	-0.9	1.0	1.0	1.0	-0.6	-0.6	-0.3	-0.3	-0.9	-0.9	0.0	0.0	0.0	0.0
	$a_{lng\text{-}pt}$	$f_{lng\text{-}pt}$	-0.9	1.0	1.0	1.0	-0.6	-0.6	-0.5	0.2	-0.9	-0.6	0.0	0.0	0.0	0.0
	$a_{lng\text{-}stb}$	$f_{lng\text{-}stb}$	-0.9	1.0	1.0	1.0	-0.6	-0.6	0.2	-0.5	-0.6	-0.9	0.0	0.0	0.0	0.0
	$a_{lng\text{-}ctr}$	$f_{lng\text{-}ctr}$	-0.9	1.0	1.0	1.0	-0.6	-0.6	-0.3	-0.3	-0.9	-0.9	0.0	0.0	0.0	0.0
右舷の波浪荷重	P_{ctr}	f_{ctr}	1.0	-0.7	-0.9	-0.9	1.0	1.0	0.6	0.6	0.6	0.6	0.4	0.4	0.2	0.2
	P_{bilge}	f_{bilge}	0.5	-0.4	-0.7	-0.3	0.6	0.6	1.0	-0.3	0.9	0.2	0.8	0.2	0.7	-0.3
	P_{WL}	f_{WL}	0.3	-0.2	-0.6	-0.1	0.4	0.4	0.9	-0.3	1.0	0.1	0.8	0.2	0.7	-0.4
左舷の波浪荷重	P_{ctr}	f_{ctr}	1.0	-0.7	-0.9	-0.9	1.0	1.0	0.6	0.6	0.6	0.6	0.4	0.4	0.2	0.2
	P_{bilge}	f_{bilge}	0.5	-0.4	-0.3	-0.7	0.6	0.6	-0.3	1.0	0.2	0.9	0.2	0.8	-0.3	0.7
	P_{WL}	f_{WL}	0.3	-0.2	-0.1	-0.6	0.4	0.4	-0.3	0.9	0.1	1.0	0.2	0.8	-0.4	0.7

表中の記号は **3.3**，**3.4.2**，**6.3.5.1** 及び**表 7.6.1**，**表 7.6.2**，**表 7.6.4** の規定による。

表 7.6.8　　満載状態における貨物区域以外の区域に対応する動的荷重ケース

位置			機関区域及び船尾部							船首部			
波の方向			追い波	斜め波		横波				横波			
最大応答			P_{ctr}	P_{WL}		a_v		a_t		a_v		a_t	
動的荷重ケース			1	2*a*	2*b*	3*a*	3*b*	4*a*	4*b*	5*a*	5*b*	6*a*	6*b*
全体の荷重	M_{wv}	f_{mv}	-1.0	-0.7	-0.7	-0.4	-0.4	-0.1	-0.1	-	-	-	-
加速度	$a_{v\text{-}mid}$	$f_{v\text{-}mid}$	0.6	0.9	0.9	1.0	1.0	0.3	0.3	1.0	1.0	0.3	0.3
	$a_{v\text{-}pt}$	$f_{v\text{-}pt}$	0.6	-	0.9	-	1.0	-	0.4	-	1.0	-	0.3
	$a_{v\text{-}stb}$	$f_{v\text{-}stb}$	0.6	0.9	-	1.0	-	0.4	-	1.0	-	0.3	-
	a_t	f_t	0.0	0.2	-0.2	0.5	-0.5	1.0	-1.0	0.7	-0.7	1.0	-1.0
	a_{lng}	f_{lng}	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	-0.1	-0.1	-0.7	-0.7	-0.1	-0.1
右舷の波浪荷重	P_{ctr}	f_{ctr}	1.0	0.8	0.8	0.7	0.7	0.2	0.2	1.0	1.0	0.2	0.2
	P_{WL}	f_{WL}	0.5	1.0	0.2	0.8	0.3	0.5	-0.3	1.0	0.8	0.2	0.0
左舷の波浪荷重	P_{ctr}	f_{ctr}	1.0	0.8	0.8	0.7	0.7	0.2	0.2	1.0	1.0	0.2	0.2
	P_{WL}	f_{WL}	0.5	0.2	1.0	0.3	0.8	-0.3	0.5	0.8	1.0	0.0	0.2

表中の記号は **3.3**，**6.3.5.1** 及び**表 7.6.1**，**表 7.6.2**，**表 7.6.4** の規定による。

表 7.6.9　　バラスト状態における貨物区域以外の区域に対応する動的荷重ケース

位置			機関区域及び船尾部							船首部			
波の方向			追い波	斜め波		横波				横波			
最大応答			P_{ctr}	P_{WL}		a_v		a_t		a_v		a_t	
動的荷重ケース			1	2*a*	2*b*	3*a*	3*b*	4*a*	4*b*	5*a*	5*b*	6*a*	6*b*
全体の荷重	M_{wv}	f_{mv}	-1.0	-0.3	-0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	-	-	-	-
加速度	$a_{v\text{-}mid}$	$f_{v\text{-}mid}$	0.6	0.9	0.9	1.0	1.0	0.3	0.3	1.0	1.0	0.3	0.3
	$a_{v\text{-}pt}$	$f_{v\text{-}pt}$	0.6	-	0.9	-	1.0	-	0.5	-	1.0	-	0.5
	$a_{v\text{-}stb}$	$f_{v\text{-}stb}$	0.6	0.9	-	1.0	-	0.5	-	1.0	-	0.5	-
	a_t	f_t	0.0	0.1	-0.1	0.6	-0.6	1.0	-1.0	0.7	-0.7	1.0	-1.0
	a_{lng}	f_{lng}	0.7	0.8	0.8	0.2	0.2	0.0	0.0	-0.3	-0.3	0.0	0.0
右舷の波浪荷重	P_{ctr}	f_{ctr}	1.0	0.7	0.7	0.5	0.5	0.1	0.1	0.6	0.6	0.1	0.1
	P_{WL}	f_{WL}	0.8	1.0	0.3	0.6	0.1	0.4	-0.3	0.7	0.3	0.3	-0.1
左舷の波浪荷重	P_{ctr}	f_{ctr}	1.0	0.7	0.7	0.5	0.5	0.1	0.1	0.6	0.6	0.1	0.1
	P_{WL}	f_{WL}	0.8	0.3	1.0	0.1	0.6	-0.3	0.4	0.3	0.7	-0.1	0.3

表中の記号は **3.3**，**6.3.5.1** 及び**表 7.6.1**，**表 7.6.2**，**表 7.6.4** の規定による

8節　部材寸法要件

1　ハルガーダ強度

1.1　積付要領

1.1.1　一般

1.1.1.1　全ての船には，船長が定められた操船制限内で船を維持できるよう十分な情報を含む積付要領を備えておかなければならない。積付要領には **1.1.2** 及び **1.1.3** のそれぞれの要件に応じて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。

1.1.1.2　積付要領は船の完成時の諸数値を基にすること。

1.1.1.3　船の主要数値の変更（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，新しい積付要領を再提出しなくて差し支えない。

1.1.1.4　積付要領は使用者に理解可能な言語で作成したものを備えなければならない。この言語が英語でないならば，英語への翻訳を含まなければならない。使用する際には，積付計算機に対する入出力データは英語に翻訳したものとすること。

1.1.1.5　積付要領には乗組員が船首の最小喫水のための操作上の制限を認識できるよう次の事項を含まなければならない。

“構造寸法は船首垂線における最小喫水に基づき承認されている。航海中スラミングが起こりそうな場合，船首喫水は次の数値未満としてはならない”

(a)　二重底バラストタンク *No*(*s*)…が積載時，船首喫水は…*m* とする

(b)　二重底バラストタンク *No*(*s*)…が空の時，船首喫水は…*m* とする

1.1.2　ローディングマニュアル

1.1.2.1　ローディングマニュアルとは，次の事項を記載すること。

(a)　航海中及び港内又は閉囲された水域での航海に基づく設計及び承認を受けた船舶の積付状態の記述

(b)　静水中曲げモーメント及びせん断力の計算結果，該当する場合には捩り又は面外荷重の制限の記述

(c)　**1.1.2.7** に関連する運航上の制限の記述

1.1.2.2　ローディングマニュアルには最低限，船体構造寸法を承認するための基準となる次の積付状態，設計積付及びバラスト状態を含まなければならない。

(a)　出港時及び入港時を含む航海状態

- 最大喫水状態を含む均等積状態（均等積状態では，出港時におけるバラストタンクへの積載は含まない）
- 次に示すノーマルバラスト状態
  - ＊　バラストタンクは満載，部分積載又は空。部分積載する場合は **1.1.2.5** に規定する状態を適用しなければならない。
  - ＊　航海中にバラストを積載する貨物タンクを含むすべての貨物タンクが空
  - ＊　プロペラが全部没水し，かつ
  - ＊　船尾トリムが $0.015L_{CSR\text{-}T}$ 以下，ただし $L_{CSR\text{-}T}$ は **4節 1.1.1** に規定する船の長さ（*m*）
- 次に示すヘビーバラスト状態
  - ＊　船首垂線の喫水は，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。
  - ＊　貨物タンク区域又は貨物タンク区域の後方に設置したバラストタンクは，満載，部分積載付又は空としても差し支えない。部分積載をする場合は **1.1.2.5** に規定する状態を適用しなければならない。
  - ＊　船首バラストタンクは，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設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。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も差し支えない。

船首倉が上下に設置されている場合であって，その一つをバラストタンクとする場合にあっては，もう一方を空として差し支えない。

＊ 航海中にバラストを積載する貨物タンクを含むすべての貨物タンクが空

＊ プロペラは完全に没水させなければならない。

＊ 船尾トリムとし，0.015$L_{CSR\text{-}T}$以下としなければならない。ここで$L_{CSR\text{-}T}$は，**4 節 1.1.1** において規定する船の長さ（*m*）

・ あらゆる不均等積状態

・ 適用する最大設計貨物密度を含む高比重貨物を積んだ状態

・ バラスト状態とは異なるタンク洗浄時又はその他の運航時の中間状態

・ バラスト交換作業中の状態（バラスト漲水又は排水の直前及び直後の中間状態について，縦強度計算を提出しなければならない。）

(b) 港内又は閉囲された水域での状態

・ 典型的な荷物の積付，荷揚げ作業時の状態

・ 入渠直前の状態

・ プロペラシャフトの中心の位置が水線上 D_{prop}/4 以上となるアフロート状態によるプロペラ検査（D_{prop} はプロペラの直径とする）

(c) 追加の設計状態

・ 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，かつ，燃料油及び清水タンクを含むその他のタンクが全て空

（備考）

(c)に規定する設計状態は，船体強度評価に対するものであり，運航状態に対するものでない。ローディングマニュアルの関連状態に，貨物タンク区域内の分離バラストタンクにバラストのみを含む場合には，IMO73/78SBT の条件も，満足することになる。

1.1.2.3 出港時の計算は，タンクに積載する際の適切な復原性規則によるタンク満載状態を基準としなければならない。燃料油タンクは 95%積載未満としてはならず，他の消費物は 100%としなければならない。入港時，消費物は消費物の最大容量の 10%を基準とする。

1.1.2.4 航海の中間段階で消費物の量と性質が **1.1.2.3** による状態よりも厳しいと想定される場合には，そのような中間状態の計算を提出し承認を受けなければならない。

1.1.2.5 出港時，入港時及びその中間状態において，空から満載までの全ての液位における応力レベルが応力及び座屈の許容基準以内でない限り，船首尾タンク及びその他のバラストタンクに部分積載するバラスト状態を設計積付状態としてはならない。ただし，当該タンクについて，満載，空及び計画液位で部分積載した状態のいずれの組み合わせにおいても応力レベルが応力及び座屈の許容基準以内であれば，この限りではない。当該タンクを満載，空及び部分積載とする積付状態は，静水中曲げモーメント及びせん断力を算出する設計条件として考慮しなければならないが，**1.1.2.2(a)**に規定するプロペラ没水及びトリムの要件に適用する必要はない。複数のバラストタンクを同時に部分積載する積付状態にあっては，これらのタンクをそれぞれに満載，空及び計画液位で部分積載とする全ての組合せを検討しなければならない。シーケンシャル法によるバラスト水の交換を行う場合にあっては，これらの要件を適用する必要はない。

1.1.2.6 貨物積載状態にあっては，**1.1.2.5** に規定する部分積載するバラストタンクの要件を，船首尾バラストタンクのみに適用する。

1.1.2.7 ローディングマニュアルには，船体構造寸法の承認の基準となっている設計基準と運航制限を含まなければならない。また**表 8.1.1** に示す情報についてもローディングマニュアルに含まなければならない。

1.1.2.8 本会は船体構造寸法を規則で定めた積付パターン及びローディングマニュアルによる積付状態に基づいて承認する。

表 8.1.1　　設計パラメータ

パラメータ
静水中曲げモーメントの許容値（航海時，港内，閉囲された水域）
静水中せん断力の許容値（航海時，港内，閉囲された水域）
構造用喫水（T_{sc}）
船体中央部における設計最小バラスト喫水（T_{bal}）
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（$T_{FP\text{-}full}$）
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（$T_{FP\text{-}mt}$）
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いかなる積付条件における最大貨物密度
全ての制限を含むバラスト交換作業の説明
設計速度

1.1.2.9　船舶が次に示す追加の運航状態で設計し，本会の承認を受けている場合，追加の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) **海洋汚染防止条約附属書 I 第 13 規則**の規定による緊急時バラストタンクとして使用する 1 個以上の貨物タンクにバラストを積載する航海中のバラスト状態（**表 B.2.3** の **A8** 及び**表 B.2.4** の **B7** の積付パターンに対して承認を受けた船舶）

(b) 二重底に作用する垂直上向きのネット静荷重が，空の貨物タンクの組合せで，かつ，$0.9T_{SC}$ 以上の平均喫水による荷重を超える航海状態

(c) 二重底に作用する垂直上向きのネット静荷重が，25%未満積載の貨物タンクの組合せで，かつ，$0.9T_{SC}$ 以上の平均喫水による荷重を超える航海状態

(d) 二重底に働く下向きのネット静荷重が，貨物密度 1.025（t/m^3）で貨物タンク満載状態の組合せで，かつ，$0.6T_{SC}$ の平均喫水による荷重を超える航海状態

(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における船側貨物タンクの積載液位差が船側貨物タンクの液位の 25%以上となる非対称積付パターンの航海状態（**表 B.2.3** の **A7** の積付パターンに対して承認を受けた船舶）

1.1.2.10 本 **1.1.2** において，ローディングマニュアルを含むいかなる積付条件を禁止するものではなく，またローディングマニュアル及び積付手順書の差し替えを要求するものではない。

1.1.2.11 実際の航海状態におけるタンカーはローディングマニュアルに記載する設計積付以外の積付をする場合，船上のローディングマニュアル及び積付手順書に縦強度及び局部強度に関する制限を記載し，適用すべき復原性の要件を満足しなければならない。

1.1.3　　積付計算機

1.1.3.1　積付計算機（別に記述がない場合，デジタルである）は，すべての積付状態に対して運航制限の範囲内であるかを容易に，かつ，迅速に確認できるものでなければならない。

1.1.3.2　積付計算機は，**規則 C 編 34 章 34.1.3** に基づいて本会の承認を受けなければならない。

1.1.3.3　積付計算機は，いかなる特定の積付状態についても検討することができ，かつ，**1.1.2.2** によるすべての運航制限の範囲内であることを確認でき，更に入出力を含む図表を作成できなければならない。

1.1.3.4　運航制限のうち，確認できないものがある場合，積付計算機使用時に表示される図表により使用者が確認できなければならす，それらの項目については他の方法によって確認できなければならない。積付計算機は最小限，次の事項を満足している事を確認できなければならない。

(a) 喫水制限

(b) 静水中曲げモーメントとせん断力が指定した位置で値を読み取ることが出来ること。

1.1.3.5　最終的なテスト時の積付計算機は，完成時のローディングマニュアルによる状態に基づかなければならない。最終テスト状態において積付計算機は本会の承認を受けなければならず，それぞれの読み取りポイントおける積付計算機で算出したせん断力及び曲げモーメントとローディングマニュアルに記載されている結果との差が，$0.02Q_{sw\text{-}perm}$ 以内

及び $0.02M_{sw\text{-}perm}$ 以内でなければならない。ここで，$Q_{sw\text{-}perm}$ と $M_{sw\text{-}perm}$ はそれぞれの読み取り位置での許容せん断力及び曲げモーメントとする。

1.1.3.6　積付計算機が承認を受ける前に次の事項を含め，積付計算機関連する全てについて検査員に説明しなければならない。

(a)　船の最終的なデータが使用されていることの証明

(b)　全ての読み取りポイントに対し，関連する制限が正しいことの証明

(c)　船上搭載後の操作は承認を受けたテスト状態に適合していること

(d)　承認を受けたテスト状態が船上で利用可能であること

(e)　操作マニュアルが船上で利用可能であること

1.2　ハルガーダ曲げ強度

1.2.1　一般

1.2.1.1　ネットハルガーダ断面係数 $Z_{v\text{-}net50}$ は **1.2.2.2** 及び **1.2.3.2** による要求値以上でなければならない。**4 節 2.6.1.1** に規定するネットハルガーダ断面二次モーメント $I_{v\text{-}net50}$ は **1.2.2.1** による要求値以上でなければならない。

1.2.1.2　中央部 $0.4L_{CSR\text{-}T}$ 間において全ての縦通する縦強度部材の寸法は，**1.2.2.1** 及び **1.2.2.2** において要求される断面二次モーメント及び断面性能に基づいた要求値を満足しなければならない。

1.2.1.3　**1.2.3** で要求されるハルガーダ断面係数は船尾垂線から船首垂線まで船の全長に適用する。

1.2.1.4　ハルガーダ断面係数に含まれる全ての構造部材は **1.4** に規定する座屈基準を満足しなければならない。

1.2.2　最小要求値

1.2.2.1　船体中央断面では，水平中立軸に周りのネットハルガーダ断面二次モーメント $I_{v\text{-}net50}$ は次の算式による最小ハルガーダ断面二次モーメント $I_{v\text{-}min}$ 未満としてはならない。

$$I_{v-min} = 2.7C_{wv}{L_{CSR-T}}^3B(C_b + 0.7)\cdot 10^{-8} \quad (m^4)$$

C_{wv}　：**表 8.1.2** による波浪係数

$L_{CSR\text{-}T}$：**4 節 1.1.1.1** の規定による船の長さ

B　：**4 節 1.1.3.1** の規定による船の型幅

C_b　：**4 節 1.1.9.1** の規定による船の方形係数，ただし，0.70 未満としてはならない

表 8.1.2　波浪係数 C_{wv}

船の長さ	C_{wv}
$150 \le L_{CSR-T} \le 300$	$10.75 - [(300 - L_{CSR-T})/100]^{3/2}$
$300 < L_{CSR\text{-}T} < 350$	10.75
$350 \le L_{CSR-T} \le 500$	$10.75 - [(L_{CSR-T} - 350)/150]^{3/2}$

1.2.2.2　船体中央断面では，ネット縦ハルガーダ断面係数 $Z_{v\text{-}min}$ は，甲板と竜骨の位置で，次の算式による最小断面係数未満としてはならない。

$$Z_{v-min} = 0.9k\,C_{wv}{L_{CSR-T}}^2B(C_b + 0.7)\cdot 10^{-6} \quad (m^3)$$

k　：**6 節 1.1.4** の規定による材料係数

C_{wv}　：**表 8.1.2** による波浪係数

$L_{CSR\text{-}T}$：**4 節 1.1.1.1** の規定による船の長さ

B　：**4 節 1.1.3.1** の規定による船の型幅

C_b　：**4 節 1.1.9.1** の規定による船の方形係数，ただし，0.70 未満としてはならない

1.2.2.3　竜骨位置でのネットハルガーダ断面係数 $Z_{v\text{-}net50\text{-}kl}$ は **4 節 2.6.1.2** により計算し，その際の z は竜骨位置での値とする。

1.2.2.4　甲板位置でのネットハルガーダ断面係数 $Z_{v\text{-}net50\text{-}dk}$ は **4 節 2.6.1.2** により計算し，その際に用いる z は有効甲板

高さとする（**1.2.2.5** 参照）。

1.2.2.5　ハルガーダ断面係数のための水平中立軸からの有効甲板高さ $z_{dk\text{-}eff}$ は次の算式による値とする。

$z_{dk\text{-}eff} = z_{dk\text{-}side} - z_{NA\text{-}net50}$ （m）

舷側における甲板外縁から船体中心線上で中性軸位置から$(z_{dk\text{-}side} - z_{NA\text{-}net50})/0.9$ の位置へ延長線よりも上方に有効な縦強度部材がない時

$$z_{dk-eff} = (z_y - z_{NA-net50})\left(0.9+0.2\frac{y_{cl}}{B}\right) \quad (m)$$

舷側における甲板外縁から船体中心線上で中性軸位置から$(z_{dk\text{-}side} - z_{NA\text{-}net50})/0.9$ の位置へ延長線よりも上方に有効な縦強度部材を有する時

z_y　：船体中心線から y の位置における基線から連続した強度部材の頂点までの距離で，$z_{dk\text{-}eff}$ の最大値を与える（**図 8.1.1** 参照）（m）

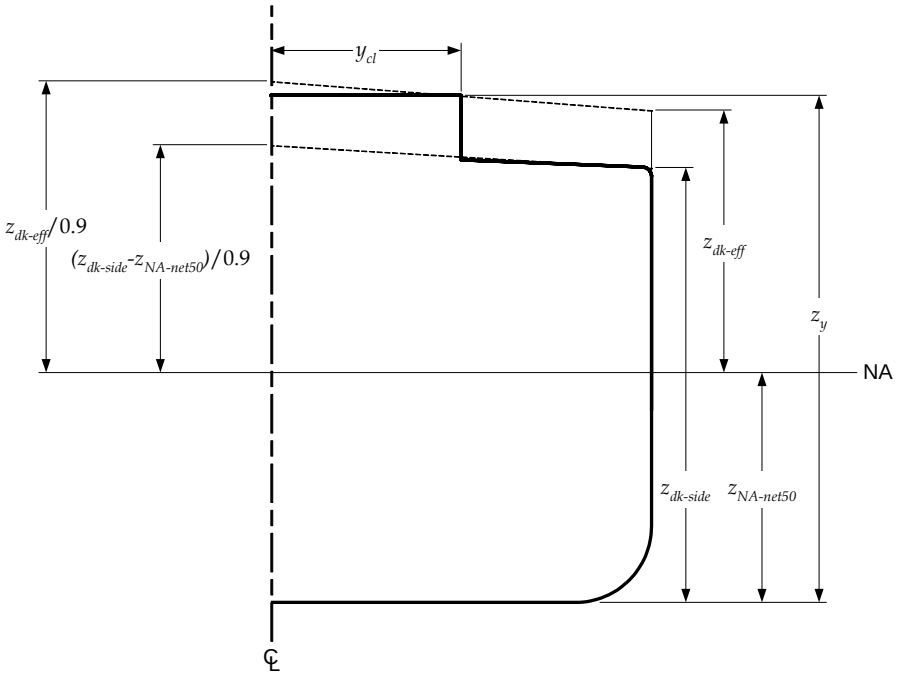
$z_{NA\text{-}net50}$：基線から水平中立軸までの距離（**図 8.1.1** 参照）（m）

y_{cl}　：連続した強度部材の頂点から船の中心線までの距離で，$z_{dk\text{-}eff}$ の最大値を与える（**図 8.1.1** 参照）（m）

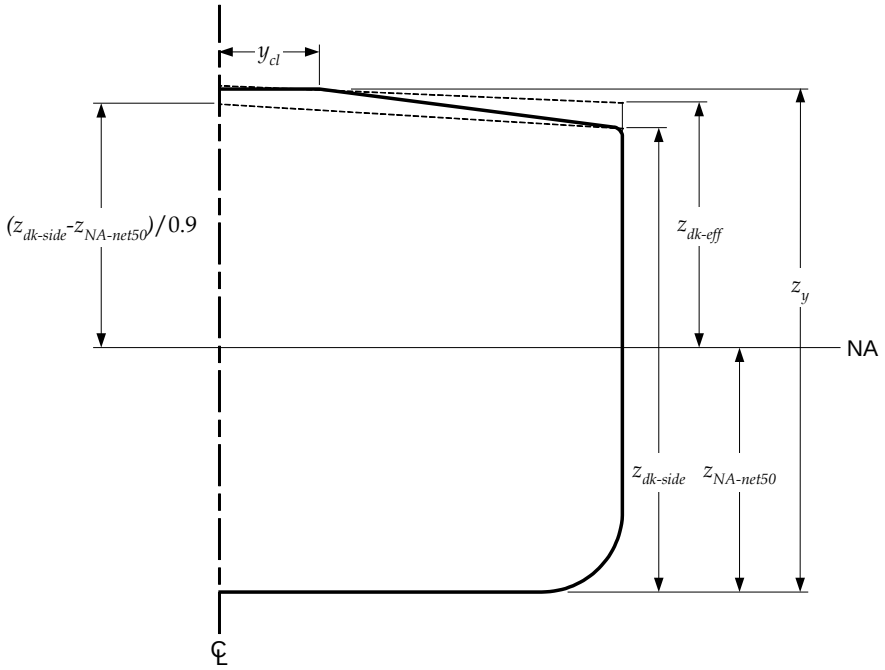
B　：**4 節 1.1.3.1** による船の型幅（m）

$z_{dk\text{-}side}$：基線から甲板までの距離（**図 8.1.1** 参照）（m）

図 8.1.1　　甲板における断面係数計算位置



(a)　トランク又は連続するハッチコーミングを有する場合



(b)　大きいキャンバーを有する場合

1.2.3　　トータル設計曲げモーメントに対するハルガーダ要件

1.2.3.1　**1.2.3.2** に規定するネットハルガーダ断面係数はホギング及びサギングの両状態について評価しなければならない。

1.2.3.2　水平中性軸回りのネットハルガーダ断面係数 $Z_{v\text{-}net50}$ は，静水中曲げモーメント許容値と波浪ハルガーダモーメントの設計値を基に規則で要求されるハルガーダ断面係数 $Z_{v\text{-}req}$ 未満としてはならない。

$$Z_{v-req} = \frac{|M_{sw-perm} + M_{wv-v}|}{\sigma_{perm}} 10^{-3} \quad (m^3)$$

$M_{sw\text{-}perm}$　：**表 8.1.3** によるホギング又はサギング状態のハルガーダ静水中曲げモーメント許容値（*kNm*）

$M_{wv\text{-}v}$　：**表 8.1.3** によるホギング又はサギングの波浪ハルガーダモーメント（*kNm*）

σ_{perm}　：**表 8.1.3** による許容ハルガーダ曲げ応力（N/mm^2）

表 8.1.3　　ハルガーダ曲げ強度評価のための荷重及び許容基準

設計荷重の組合せ	静水中曲げモーメント $M_{sw\text{-}perm}$	波浪曲げモーメント $M_{wv\text{-}v}$	許容ハルガーダ曲げ応力 σ_{perm}(1)	
港内又は閉囲された水域での航行状態（S）	$M_{sw\text{-}perm\text{-}hard}$	0	143/k	中央部 0.4$L_{CSR\text{-}T}$間
			105/k	船首垂線から 0.9$L_{CSR\text{-}T}$までの間及び船尾垂線から 0.1$L_{CSR\text{-}T}$までの間
航海状態（$S+D$）	$M_{sw\text{-}perm\text{-}sea}$	$M_{wv\text{-}v}$	190/k	中央部 0.4$L_{CSR\text{-}T}$間
			140/k	船首垂線から 0.9$L_{CSR\text{-}T}$までの間及び船尾垂線から 0.1$L_{CSR\text{-}T}$までの間

$M_{sw\text{-}perm\text{-}harb}$：**7 節 2.1.1** による港内又は閉囲された水域での航行に対するハルガーダホギング及びサギング静水中曲げモーメント許容値（*kNm*）

$M_{sw\text{-}perm\text{-}sea}$：**7 節 2.1.1** による航海中でのハルガーダホギング及びサギング静水中曲げモーメント許容値（*kNm*）

$M_{wv\text{-}v}$：**7 節 3.4.1** によるホギング及びサギング波浪ハルガーダモーメント（*kNm*）で，
$M_{wv\text{-}hog}$ はホギング波浪ハルガーダモーメントに関する評価に対して用いる
$M_{wv\text{-}sag}$ はサギング波浪ハルガーダモーメントに関する評価に対して用いる

k：**6 節 1.1.4** による材料係数

（備考）

(1)　σ_{perm}は与えられた値の間を線形補間して求める

1.3　ハルガーダせん断強度

1.3.1　一般

1.3.1.1　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。

1.3.2　ハルガーダせん断強度の評価

1.3.2.1　**1.3.2.2** に規定するネットのハルガーダせん断強度許容値$Q_{v-net50}$は次に算式による垂直せん断力Q_{v-req}未満としてはならない。

$$Q_{v-req} = Q_{sw-perm} + Q_{wv} \quad (kN)$$

$Q_{sw-perm}$：**7 節 2.1.3** に規定する許容ハルガーダ静水中せん断力の正又は負の（*kN*）

Q_{wv}：**7 節 3.4.3** に規定する正又は負の波浪せん断力（*kN*）

1.3.2.2　航海中及び港内又は閉囲された水域での許容静水中せん断力の正又は負の値$Q_{sw-perm-sea}$と$Q_{sw-perm-harb}$は，次の算式を満足しなければならない。

$$Q_{sw-perm} \le Q_{v-net50} - Q_{wv-pos} \quad (kN) \qquad \text{正の最大許容せん断力の場合}$$

$$Q_{sw-perm} \ge -Q_{v-net50} - Q_{wv-neg} \quad (kN) \qquad \text{負の最小許容せん断力の場合}$$

$Q_{sw-perm}$：　**表 8.1.4** による許容ハルガーダ静水中せん断力（*kN*）

$Q_{v-net50}$：　ネット寸法のハルガーダせん断強度で，ハルガーダせん断強度に寄与する全ての板要素に対して次式で与えられるものの最小値とする。

$$= \frac{\tau_{ij-perm} t_{ij-net50}}{1000\, q_v} \quad (kN)$$

$\tau_{ij-perm}$：板要素 *ij* に対する**表 8.1.4** による許容ハルガーダせん断応力τ_{perm}（*N/mm*²）

Q_{wv-pos}：　**表 8.1.4** による正の波浪垂直せん断力

Q_{wv-neg}：　**表 8.1.4** による負の波浪垂直せん断力

$t_{ij\text{-}net50}$：板要素 *ij* に対するネット板厚 t_{net50}（*mm*）。貨物タンク間の縦通隔壁の場合，t_{net50} は $t_{sfc\text{-}net50}$ 及び $t_{str\text{-}k}$ のうち適当な方をとる（**1.3.3.1** 及び **1.3.4.1** 参照）。

t_{net50}：ネット板厚（*mm*）

$= t_{grs} - 0.5 t_{corr}$

t_{grs} ： グロス板厚（*mm*）。波形隔壁のグロス板厚は，$t_{w\text{-}grs}$ と $t_{f\text{-}grs}$ のうち，いずれか小さい方の値とする。

$t_{w\text{-}grs}$ ： 波形ウェブのグロス板厚（*mm*）

$t_{f\text{-}grs}$ ： 波形フランジのグロス板厚（*mm*）

t_{corr} ： **6 節 3.2** による腐食予備厚（*mm*）

q_v ： ネット寸法に基づいて考慮した板の単位厚さ（*mm*）あたりのせん断流。直接計算に基づくせん断流が得られない場合にあっては，次の算式による値として差し支えない。

$$= f_i \left(\frac{q_{1-net50}}{I_{v-net50}}\right) 10^{-9} \quad (mm^{-1})$$

f_i ： ハルガーダせん断力を分担する主要縦通部材に対するせん断力分布係数。標準的構造配置において，f_i は**図 8.1.2** による。

$q_{1\text{-}net50}$ ： せん断応力の計算点を通る水平線より外側に位置する有効縦強度部材の水平中性軸まわりの一次モーメント（cm^3）で，考慮する位置で計算する。一次モーメントは，t_{net50} によるネット板厚を用いる。

$I_{v\text{-}net50}$ ： **4 節 2.6.1.1** によるネットハルガーダ断面二次モーメント

表 8.1.4　　ハルガーダせん断強度評価のための荷重と相当許容基準

設計荷重の組合せ	静水中せん断力 $Q_{sw-perm}$	波浪垂直せん断力 Q_{wv}	許容せん断応力 τ_{perm}
港内又は閉囲された水域での運航状態 (*S*)	$Q_{sw-perm-harb}$	0	105/*k*：板要素 *ij* の場合
航海状態 (*S* + *D*)	$Q_{sw-perm-sea}$	Q_{wv}	120/*k*：板要素 *ij* の場合

$Q_{sw-perm-harb}$ ：**7 節 2.1.3** による港内状態に対する正又は負の許容ハルガーダ静水中せん力（*kN*）

$Q_{sw-perm-sea}$ ：**7 節 2.1.3** による航海状態に対する正又は負の許容ハルガーダ静水中せん力（*kN*）

Q_{wv} ：**7 節 3.4.3** による正又は負の波浪垂直せん力。Q_{wv} は次による。

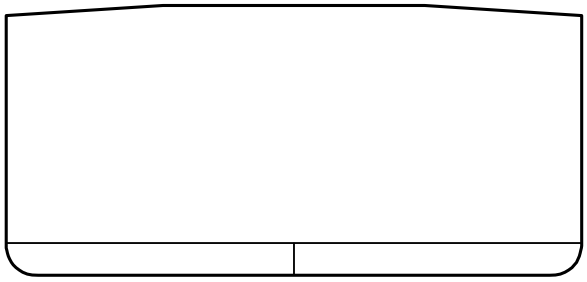
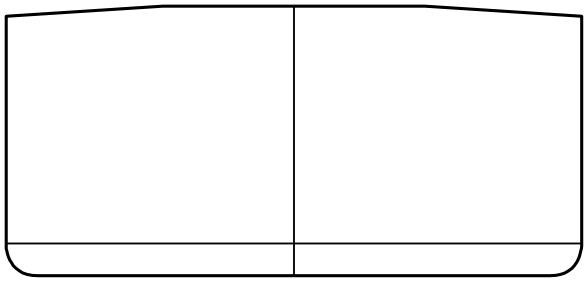
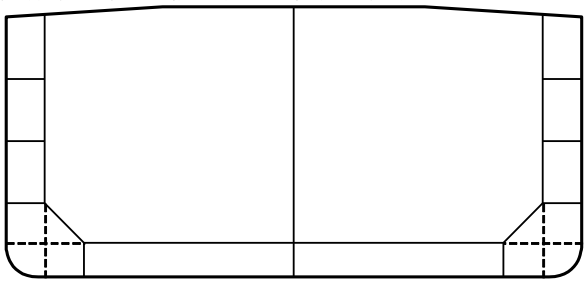
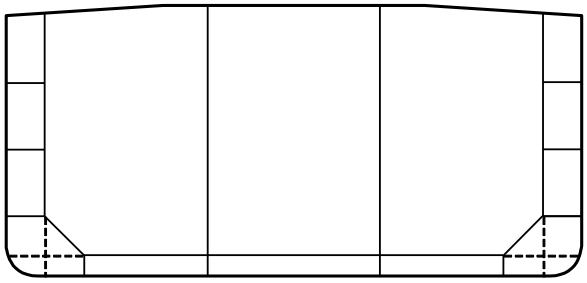
Q_{wv-pos} は正の最大許容静水中せん断力に関する評価の場合

Q_{wv-neg} は負の最小許容静水中せん断力に関する評価の場合

板要素 *ij* ：添字 *j* が各板要素を表すのに対し，添字 *i* はその板要素が構成要素の一部となっている構造部材の番号を示す

k ：**6 節 1.1.4** による材料係数

図 8.1.2　　せん断力分布係数

船体形状	係数 f_i
貨物区域外周（縦通隔壁が存在しない場合） 	船側外板 $f_1 = 0.5$
貨物区域外周（船体中心線上に縦通隔壁を有する場合） 	船側外板 $f_1 = 0.231 + 0.076\frac{A_{1-net50}}{A_{3-net50}}$ 縦通隔壁 $f_3 = 0.538 - 0.152\frac{A_{1-net50}}{A_{3-net50}}$
船体中心線上に縦通隔壁を有する場合 	船側外板 $f_1 = 0.055 + 0.097\frac{A_{1-net50}}{A_{2-net50}} + 0.020\frac{A_{2-net50}}{A_{3-net50}}$ 二重船側内板 $f_2 = 0.193 - 0.059\frac{A_{1-net50}}{A_{2-net50}} + 0.058\frac{A_{2-net50}}{A_{3-net50}}$ 縦通隔壁 $f_3 = 0.504 - 0.076\frac{A_{1-net50}}{A_{2-net50}} - 0.156\frac{A_{2-net50}}{A_{3-net50}}$
二列の縦通隔壁を有する場合 	船側外板 $f_1 = 0.028 + 0.087\frac{A_{1-net50}}{A_{2-net50}} + 0.023\frac{A_{2-net50}}{A_{3-net50}}$ 二重船側内板 $f_2 = 0.119 - 0.038\frac{A_{1-net50}}{A_{2-net50}} + 0.072\frac{A_{2-net50}}{A_{3-net50}}$ 縦通隔壁 $f_3 = 0.353 - 0.049\frac{A_{1-net50}}{A_{2-net50}} - 0.095\frac{A_{2-net50}}{A_{3-net50}}$

i	：添字で，構造部材に応じて次の通りとする。 1 船側外板 2 二重船側内板 3 縦通隔壁
$A_{i\text{-}net50}$	：**4 節 2.6.4** による考慮している断面において腐食予備厚 $0.5t_{corr}$ を減じて求める添字 i の構造部材のネット面積。船体中心線上の縦通隔壁の面積 $A_{3\text{-}net50}$ は船体中心線の周りに対称に減じてはならない。

1.3.3 貨物タンク間の縦通隔壁に対するせん断力修正

1.3.3.1 貨物タンク間の縦通隔壁の場合，ハルガーダせん断強度 $Q_{v-net50}$ の算出に使用する板要素 ij に対する内底板より上方の有効なネット板厚 $t_{sfc\text{-}net50}$ は，局部的なせん断分布修正により，次の算式による値とする。

$$t_{sfc-net50} = t_{grs} - 0.5t_{corr} - t_{\Delta} \quad (mm)$$

t_{grs} ：グロス板厚（mm）

t_{corr} ：**6 節 3.2** の規定による腐食予備厚（mm）

t_{Δ} ：**1.3.3.2** の規定による板要素 ij に対する板厚の控除量（mm）

1.3.3.2 せん断力修正時の垂直方向板厚控除量の分布は，**図 8.1.3** に示すような三角形とする。せん断力修正時の板厚控除量 t_{Δ} は次の算式による値とする。

$$t_{\Delta} = \frac{\delta Q_3}{h_{blk}\tau_{ij-perm}}\left(1 - \frac{x_{blk}}{0.5l_{tk}}\right)\left(2 - \frac{2(z_p - h_{db})}{h_{blk}}\right) \quad (mm)$$

δQ_3 ：一列又は二列の縦通隔壁を有する船に対するそれぞれ **1.3.3.3** と **1.3.3.5** による縦通隔壁のせん断力修正値（kN）。

l_{tk} ： 貨物タンク長さ（m）

h_{blk} ： 縦通隔壁の高さで，**図 8.1.3** で示す二重底から隔壁の上端の甲板までの距離（m）

x_{blk} ： 横置隔壁から考慮している断面までの船長方向の最小距離（m）。また値は正とし，$0.5l_{tk}$ を超えてはならない。

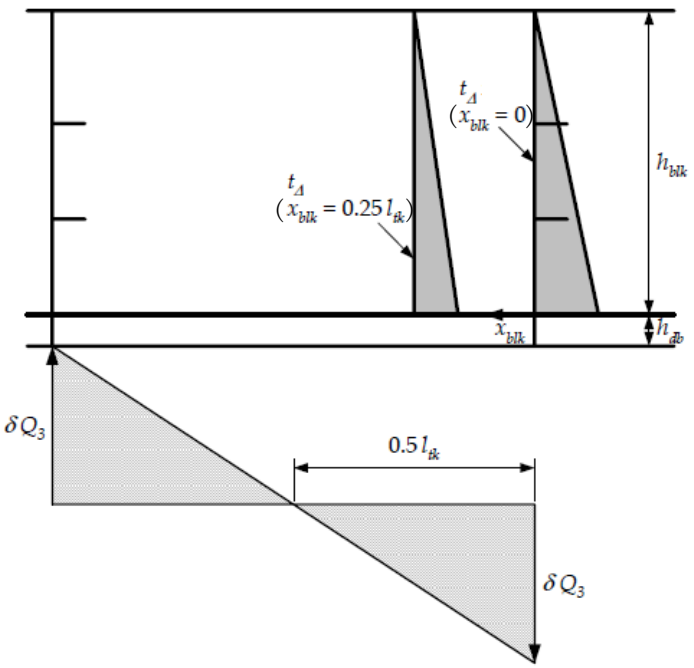
z_p ： 板要素 ij の最下端から基線までの垂直距離（m）。ただし，h_{db} 未満としないこと。

h_{db} ： **図 8.1.3** で示す二重底高さ（m）

$\tau_{ij-perm}$ ： 板要素 ij に対する許容ハルガーダせん断応力 τ_{perm}（N/mm^2）
$= 120/k_{ij}$

k_{ij} ： **6 節 1.1.4** による板要素 ij に対する材料定数

図 8.1.3 縦通隔壁に対するせん断力修正



1.3.3.3　貨物タンク間の船体中心線上に隔壁を有する船舶に対する横置隔壁のせん断力修正値δQ_3は次の算式による値とする。

$$\delta Q_3 = 0.5 K_3 F_{db} \quad (kN)$$

K_3　：**1.3.3.4** による修正係数

F_{db}　：**1.3.3.7** によるタンクの二重底に働く最大の合力（*kN*）

1.3.3.4　貨物タンク間の船体中心線上に隔壁を有する船舶における横隔壁に対する修正係数 K_3 は次の算式による値とする。

$$K_3 = \left[0.40\left(1 - \frac{1}{1+n}\right) - f_3\right]$$

n　：横隔壁間のフロアの数

f_3　：せん断力分布係数（**図 8.1.2** を参照）。

1.3.3.5　貨物タンク間に二列の縦通隔壁を有する船舶におけるせん断力修正値δQ_3は次の算式による値とする。

$$\delta Q_3 = 0.5 K_3 F_{db} \quad (kN)$$

K_3　：**1.3.3.6** による修正係数

F_{db}　：**1.3.3.7** によるタンクの二重底に働く最大の合力（*kN*）

1.3.3.6　貨物タンク間に二列の縦通隔壁を有する船舶における横隔壁に対する修正係数 K_3 は次の算式による値とする。

$$K_3 = \left[0.5\left(1 - \frac{1}{1+n}\right)\left(\frac{1}{r+1}\right) - f_3\right]$$

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。

$$r = \frac{1}{\left[\dfrac{A_{3-\mathrm{net}50}}{A_{1-net50} + A_{2-net50}} + \dfrac{2 \times 10^4 b_{80}(n_s+1)A_{3-net}}{l_{tk}(n_s A_{T-net50} + R)}\right]}$$

（備考）初期計算では，r は 0.5 として差し支えない。

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%（*m*）

$A_{T\text{-}net50}$：船側貨物タンク内の直下の二重底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をとる。$A_{T\text{-}net50}$ は $t_{grs} - 0.5t_{corr}$ によるネット板厚を用い算出する。

$A_{1\text{-}net50}$：**図 8.1.2** に示すネット面積（m^2）

$A_{2\text{-}net50}$：**図 8.1.2** に示すネット面積（m^2）

$A_{3\text{-}net50}$：**図 8.1.2** に示すネット面積（m^2）

f_3　：**図 8.1.2** に示すせん断力分布係数

n_s　：船側貨物タンク内の制水隔壁の数

R　：船側貨物タンクにおける横方向主要支持部材の効率

$$R = \left(\frac{n-n_s}{2} - 1\right)\frac{A_{Q-net50}}{\gamma} \quad (cm^2)$$

$$\gamma = 1 + \frac{300\, {b_{80}}^2 A_{Q-net50}}{I_{psm-net50}}$$

$A_{Q-net50}$：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，甲板横桁のせん断面積の合計。$A_{Q-net50}$は $t_{grs} - 0.5t_{corr}$ によるネット板厚を用い算出する。ネットせん断面積は，部材の中央位置で求めること。

$I_{psm\text{-}net50}$：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，横式部材及びクロスタイの断面二次モーメントの合計。$t_{grs} - 0.5t_{corr}$ によるネット板厚を用い算出する。ネット断面二次モーメントは，部材が取り付けられている板の主要支持部材間を含み，部材の中央位置で求める。

t_{grs}　：グロス板厚（*mm*）

t_{corr} ：**6 節 3.2** の規定による腐食予備厚

1.3.3.7 タンク内の二重底に作用する最大合力 F_{db} は次の算式による値とする。

$$F_{db} = g\left|W_{CT} + W_{CWBT} - \rho_{sw} b_2 l_{tk} T_{mean}\right| \quad (kN)$$

W_{CT} ：**表 8.1.5** による貨物重量（t）

W_{CWBT} ：**表 8.1.5** によるバラスト重量（t）

b_2 ：**表 8.1.5** による幅（m）

l_{tk} ：貨物タンク長さで，船側貨物タンク内の水密横隔壁間距離とする（m）

T_{mean} ：考慮している積付状態におけるタンク中央での喫水（m）

g ：重力加速度で 9.81（m/s^2）とする。

ρ_{sw} ：海水密度で 1.025（t/m^3）とする。

1.3.3.8 二重底における最大合力 F_{db} は**表 8.1.6** に示す規則最小状態における値未満としてはならない。

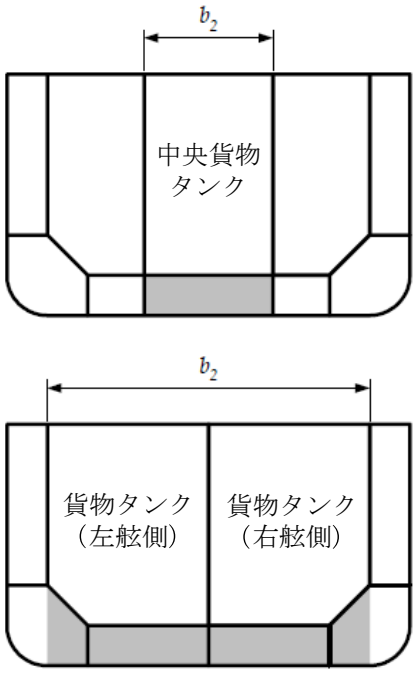
表 8.1.5 二重底の設計状態

構造形状	W_{CT}	W_{CWBT}	b_2
一列の縦通隔壁を有する船舶	貨物タンクの重量（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）	タンク中央部での左舷と右舷の二重船側間の最大幅（m）（**図 8.1.4** 参照）
二列の縦通隔壁を有する船舶	中央貨物タンクの重量（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）	中央貨物タンクの中央部での最大幅（m）（**図 8.1.4** 参照）

表 8.1.6 二重底の規則最小状態

構造形状	正負の修正力 F_{db}	最小状態
一列の縦通隔壁を有する船	正の最大ネット垂直修正力 F_{db} +	喫水 $0.9T_{sc}$ で貨物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は空
二列の縦通隔壁を有する船	正の最大ネット垂直修正力 F_{db} +	喫水 $0.9T_{sc}$ で貨物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，かつ，バラストタンクが空

図 8.1.4 異なる種類のタンカーのタンク幅



1.3.4 横隔壁付水平桁からの荷重によるせん断力修正

1.3.4.1 図 8.1.6 に示す範囲内の横置隔壁付水平桁の取り合い付近では，ハルガーダせん断強度の算出に用いる板部材のネット板厚 $t_{str\text{-}k}$（添字 k は k 番目の水平桁を示す）は次の算式より大きくしてはならない。

$$t_{str-k} = t_{sfc-net50}\left(1 - \frac{\tau_{str}}{\tau_{ij-perm}}\right) \quad (mm)$$

$t_{sfc\text{-}net50}$ ：1.3.3.1 に規定する水平桁位置に相当する高さにおける横隔壁で算出される有効ネット板厚（mm）

$\tau_{ij-perm}$ ：板要素 ij に対する許容ハルガーダせん断力

$= 120/k_{ij}$（N/mm^2）

k_{ij} ：6 節 1.1.4 に規定する板要素 ij に対する材料定数

$$\tau_{str} = \frac{Q_{str-k}}{l_{str}\, t_{sfc-net50}} \quad (N/mm^2)$$

l_{str} ：水平桁の結合部の長さ（m）（図 8.1.5 参照）

Q_{str-k} ：左右に隣接するタンク共に満載状態である場合における水平桁から縦通隔壁へ伝わるせん断力

$$= 0.8F_{str-k}\left(1 - \frac{z_{str} - h_{db}}{h_{blk}}\right) \quad (kN)$$

$F_{str\text{-}k}$ ： 1.3.4.2 に規定する水平桁の総支持力（kN）

h_{db} ： 図 8.1.6 に示す二重底高さ（m）

h_{blk} ： 図 8.1.6 に示す二重底から隔壁上端での甲板までの距離として規定する隔壁の高さ（m）

z_{str} ： 基線から水平桁までの垂直距離（m）

1.3.4.2 隣接する縦通隔壁における水平桁の総支持力 $F_{str\text{-}k}$ は次の算式による値とする。

$$F_{str-k} = \frac{P_{str}\, b_{str}(h_k + h_{k-1})}{2} \quad (kN)$$

P_{str} ： 水平桁に作用する圧力で $10h_{tt}$ とする（kN/m^2）。

h_{tt} ： タンク頂板から水平桁の下 $h_k/2$ の位置と水平桁の上 $h_{k\text{-}1}/2$ の位置との間の荷重負荷範囲の中間点まで高さ（m）。

h_k ： 考慮している水平桁から，その下の水平桁までの垂直距離（m）。最下端の水平桁に対しては，二重底までの平均垂直距離の 80%とする。

$h_{k\text{-}1}$ ： 考慮している水平桁から，その上の水平桁までの垂直距離（m）。最上端の水平桁に対しては，上甲板までの平均垂直距離の 80%とする。

b_{str} ： 水平桁に作用する荷重幅（m）（図 8.1.7 及び図 8.1.8 参照）。

図 8.1.5　　水平桁の結合部の有効長さ

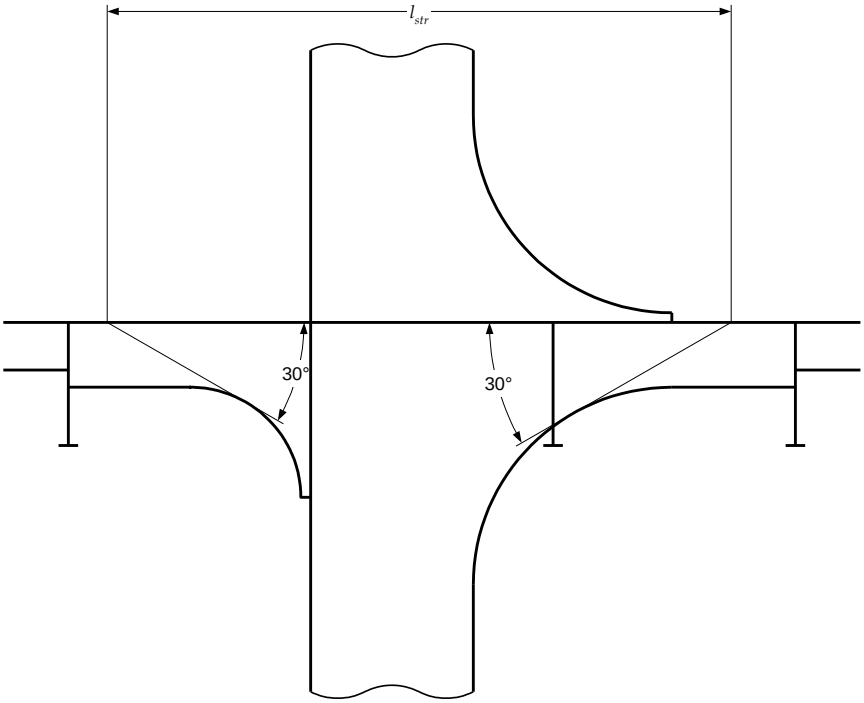


図 8.1.6　　3 本の水平桁を有するタンクにおける水平桁修正 t_{ij} の適用領域

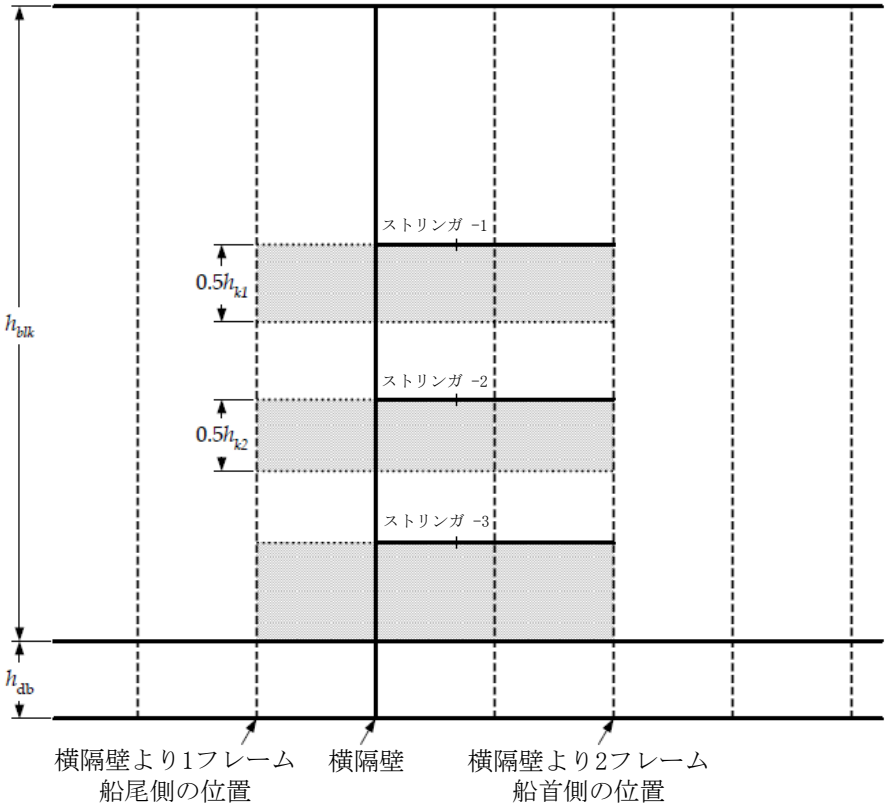
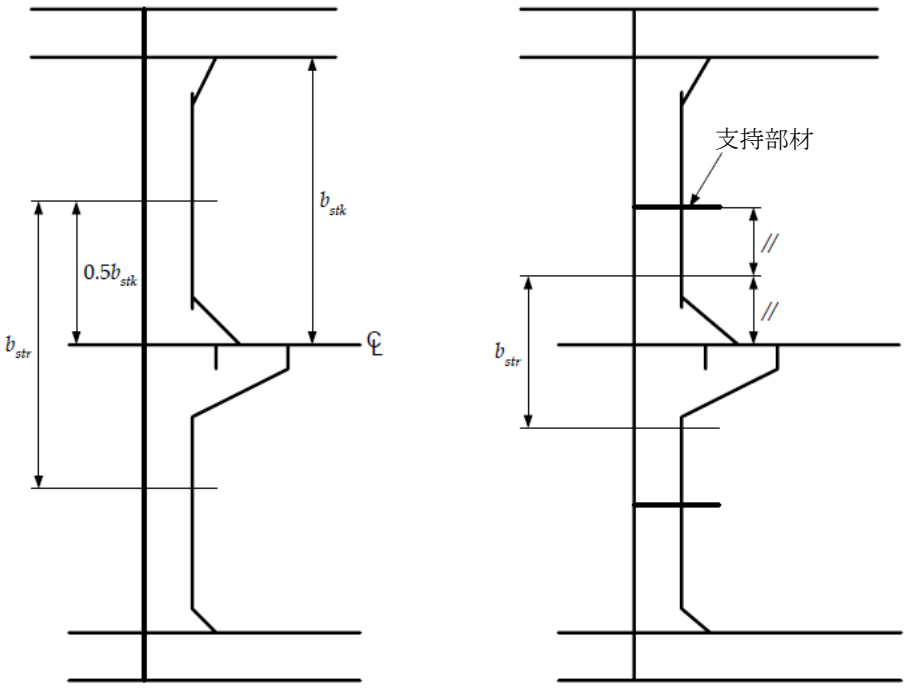
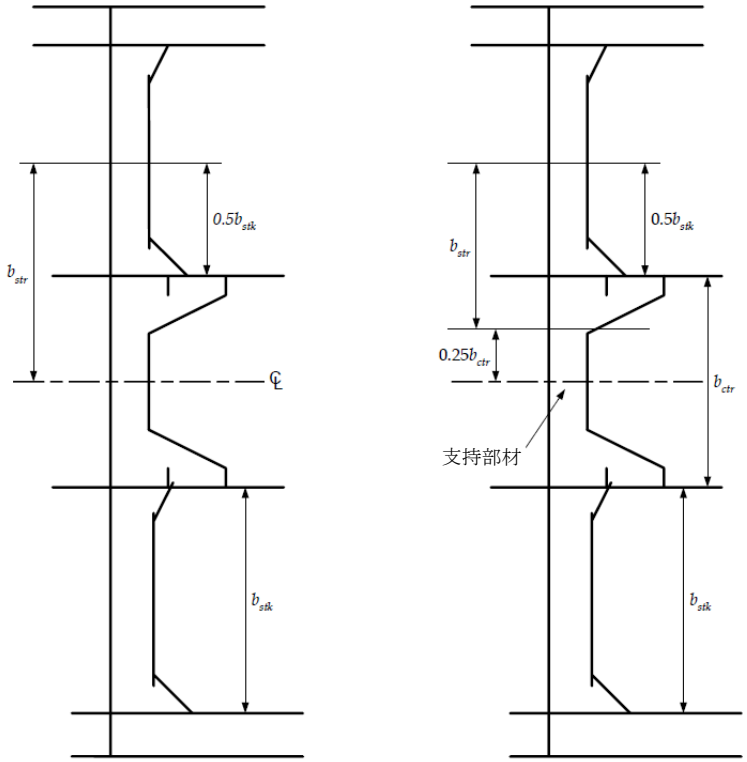


図 8.1.7　　船体中心線上に縦通隔壁を有する船舶に対する水平桁の荷重幅



1.3.4.3　上記規定を満足するために補強が必要な箇所において，$t_{str\text{-}k}$ に基づいた補強範囲は船長方向の水平桁結合部の全長としなければならず，かつ，最低でも隔壁前後においては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，水平桁の位置から $0.5h_k$ 下までとしなければならない。ここで h_k は考慮している水平桁から 1 つ下の水平桁までの垂直距離で，**1.3.4.2** に規定する。最下端の水平桁の場合，板厚要求値 $t_{str\text{-}k}$ は二重底まで含めなければならない（**図 8.1.6** 参照）。

図 8.1.8　　二列の縦通隔壁を有する船に対する水平桁の荷重幅



（備考）

(1) b_{stk} は船側貨物タンクの幅（m）

(2) b_{ctr} は中央貨物タンクの幅（m）

1.4　ハルガーダ座屈強度

1.4.1　一般

1.4.1.1　本規定は，ハルガーダ圧縮応力及びせん断応力を受ける板部材と縦部材に適用する。これらの応力は **7 節 2.1** に規定する静水中曲げモーメント及び静水中せん断力，並びに **7 節 3.4** に規定する波浪曲げモーメント及び波浪せん断力の許容値による。

1.4.1.2　ハルガーダ座屈強度要件は，船尾垂線から船首垂線までの船の全長にわたってに適用する。

1.4.1.3　本 **1.4** におけるハルガーダ強度評価において，次のハルガーダ応力うち個々に考慮すること。

(a)　**1.4.2.6** 及び **1.4.2.8** の規定を満足する軸方向ハルガーダ圧縮応力

(b)　**1.4.2.7** の規定を満足するハルガーダせん断応力

1.4.2　座屈評価

1.4.2.1　板部材と縦通肋骨の座屈評価は，ネットハルガーダ断面特性に基づいたハルガーダ応力を用い，**10 節 3.1** によって評価しなければならない。

1.4.2.2　座屈評価における座屈強度は，次に示す評価位置のネット板厚 t_{net} を用いて算出しなければならない。

$t_{net} = t_{grs} - 1.0t_{corr}$（$mm$）

t_{grs}　：グロス板厚（mm）

t_{corr}　：**6 節 3.2** に規定する腐食予備厚（mm）

1.4.2.3　座屈評価のハルガーダの曲げによる圧縮応力$\sigma_{hg-net50}$はネット断面性能で算出し，次の算式による値のうち大きい方としなければならない。

$$\sigma_{hg-net50} = \left|\frac{(z - z_{NA-net50})(M_{sw-perm-sea} + M_{wv-v})}{I_{v-net50}}\right| 10^{-3} \quad (N/mm^2)$$

$$\sigma_{hg-net50} = \frac{30}{k} \quad (N/mm^2)$$

$M_{sw\text{-}perm\text{-}sea}$ ：**7 節 2.1.1** に規定する航海中の静水中許容曲げモーメント（*kNm*）で，符号は **1.4.2.4** による。
$M_{wv\text{-}v}$ ：**7 節 3.4.1** に規定するホギング及びサギング波浪ハルガーダモーメント（*kNm*）で，次による。符号は **1.4.2.4** による。
$M_{wv\text{-}hog}$ ：ホギング静水中ハルガーダモーメントに関する評価の場合
$M_{wv\text{-}sag}$ ：サギング静水中ハルガーダモーメントに関する評価の場合
z ：構造部材から考慮している基線までの距離（*m*）
$z_{NA\text{-}net50}$ ：基線から水平中性軸までの距離（*m*）（**図 8.1.1** 参照）
$I_{v\text{-}net50}$ ：**4 節 2.6.1.1** に規定するネット垂直ハルガーダ断面二次モーメント（m^4）
k ：**6 節 1.1.4.1** に規定する材料定数

1.4.2.4　サギング曲げモーメント $M_{sw\text{-}perm\text{-}sea}$ と $M_{wv\text{-}v}$ の値は中性軸より上の部材に対して適用し，ホギング曲げモーメントの値は中性軸より下の部材に適用する。

1.4.2.5　座屈評価に対する設計ハルガーダせん断応力$\tau_{hg-net50}$はネット断面性能により算出し，次の算式による値とする。

$$\tau_{hg-net50} = \left|\left(Q_{sw-perm-sea} + Q_{wv}\right)\left(\frac{1000\,q_v}{t_{ij-net50}}\right)\right| \quad (N/mm^2)$$

$Q_{sw-perm-sea}$ ：**7 節 2.1.3** に規定する静水中許容せん断力の正及び負の値（*kN*）
Q_{wv} ：**7 節 3.4.3** に規定する波浪垂直せん断力の正又は負の値（*kN*）で，次による
Q_{wv-pos} ：静水中許容せん断力の正の値に関する評価の場合
Q_{wv-neg} ：負の静水中許容せん断力の負の値に関する評価の場合
$T_{ij\text{-}net50}$ ：**1.3.2.2** に規定する板要素 *ij* におけるネット板厚（*mm*）で，次式による。

$$= t_{ij-grs} - 0.5tcorr$$

t_{ij-grs} ：板要素 *ij* におけるグロス板厚（*mm*）。波形隔壁のグロス板厚は，t_{w-grs}及びt_{f-grs}の最小値としなければならない。
t_{w-grs} ：波形隔壁のウェブのグロス板厚（*mm*）
t_{f-grs} ：波形隔壁のフランジのグロス板厚（*mm*）
t_{corr} ：**6 節 3.2** に規定する腐食予備厚（*mm*）
q_v ：**1.3.2.2** に規定する考慮する板に対する単位せん断流（単位はせん断力/*mm*）

（備考）

(1) せん断力（静水中及び波浪）の正の値及びせん断力（静水中及び波浪）の負の値の最大は設計せん断応力の算出の基準として用いる。

(2) ハルガーダのせん断強度に寄与する全ての板要素 *ij* について評価しなければならない（**表 8.1.4** 及び**図 8.1.2** 参照）。

(3) 規則要求グロス板厚はせん断修正を考慮して計算しなければならない。

(4) 貨物タンク間の縦通隔壁の場合，$t_{ij\text{-}net50}$ は $t_{sfc\text{-}net50}$ 及び $t_{str\text{-}k}$ のうち適切な方をとらなければならない。

1.4.2.6　板部材の圧縮座屈強度は，次に示す基準を満足しなければならない。

$$\eta \le \eta_{allow}$$

η ：座屈使用係数

$$= \frac{\sigma_{hg-net50}}{\sigma_{cr}}$$

$\sigma_{hg-net50}$：**1.4.2.3** に規定するネット断面性能に基づくハルガーダの曲げによる圧縮応力（N/mm^2）
σ_{cr} ：**10 節 3.2.1.3** に規定するネット断面性能に基づく限界圧縮応力でσ_{xcr}又はσ_{ycr}の適当な方とする。（N/mm^2）

限界座屈応力はハルガーダの曲げによる圧縮応力の影響のみを考慮して算出したものとする。その他膜応力及び横圧についての影響は考慮しない。

σ_{cr}の算出には，**6 節 3.3.2.2** に規定するネット板厚 t_{grs}-t_{corr} を用いなければならない。

η_{allow}：許容座屈使用係数

= 1.0　　0.5*D* 及びその上方に位置する板部材の場合

= 0.9　　0.5*D* より下方に位置する板部材の場合

t_{grs} ：グロス板厚（*mm*）

t_{corr} ：**6 節 3.2** で規定する腐食予備厚（*mm*）

1.4.2.7　せん断座屈強度は，次に示す基準を満足しなければならない。

$$\eta \leq \eta_{allow}$$

η ：座屈使用係数

$$= \frac{\tau_{hg-net50}}{\tau_{cr}}$$

$\tau_{hg-net50}$ ：**1.4.2.5** に規定するネット断面性能に基づく設計ハルガーダせん断応力（*N/mm*^{2}）

τ_{cr} ：**10 節 3.2.1.3** に規定するネット断面性能に基づく限界せん断座屈応力。（*N/mm*^{2}）限界座屈応力はハルガーダせん断応力の影響のみを考慮して算出したものとする。その他膜応力及び水平方向の圧力についての影響は考慮しない。

τ_{cr}の算出には，**6 節 3.3.2.2** に規定するネット板厚 t_{grs} - t_{corr} を用いなければならない。

η_{allow} ：許容座屈使用係数

= 0.95

t_{grs} ：グロス板厚（*mm*）

t_{corr} ：**6 節 3.2** で規定する腐食予備厚（*mm*）

1.4.2.8　縦通防撓材の圧縮座屈強度は次に示す基準を満足しなければならない。

$$\eta \leq \eta_{allow}$$

η ：**10 節 3.3.2.1** 及び **10 節 3.3.3.1** の規定による座屈使用係数のうち大きい方の値とする。座屈使用係数はハルガーダの曲げによる圧縮座屈の影響のみを考慮して算出したものとする。その他膜応力及び横圧についての影響は考慮しない。

η_{allow} ：許容座屈使用係数

= 1.0　　0.5*D* 及びその上方に位置する縦通防撓材の場合

= 0.9　　0.5*D* より下方に位置する縦通防撓材の場合

1.5　ハルガーダ疲労強度

1.5.1　一般

1.5.1.1　本規定は船長方向甲板構造のハルガーダ応力の動的成分に対する簡易疲労検討手法を示す。

1.5.1.2　**1.5.1.3** は強制要件ではないが，**9 節 3** 及び**付録 C** に示す疲労の強制要件を満足するハルガーダ断面係数の算出するための指針として設計の初期段階で適用することを推奨する。

1.5.1.3　**9 節 3** 及び**付録 C** による甲板構造の疲労寿命は，通常 **4 節 2.6.1.1** に規定する船側における甲板のネット垂直方向ハルガーダ断面係数 $Z_{v\text{-}net50}$ を満足するものとし，次の算式によるハルガーダ断面係数の要求値 $Z_{v\text{-}fat}$ 未満としてはならない。

$$Z_{v-fat} = \frac{M_{wv-hog} - M_{wv-sag}}{1000 R_{al}} \quad (m^3)$$

M_{wv-hog} ：**7 節 3.4.1** に規定する疲労検討時のホギング波浪ハルガーダモーメント（*kNm*）

M_{wv-sag} ：**7 節 3.4.1** に規定する疲労検討時のサギング波浪ハルガーダモーメント（*kNm*）

R_{al} ：許容応力範囲（*N/mm*^{2}）

= 0.17$L_{CSR\text{-}T}$ + 86　　*F* 級に対して

= 0.15$L_{CSR\text{-}T}$ + 76　　*F*2 級に対して

$L_{CSR\text{-}T}$ ：**4 節 1.1.1.1** に規定する船の長さ

1.6 船長方向ハルガーダの漸減と構造の連続性

1.6.1 最小ハルガーダ断面特性要件に基づく漸減

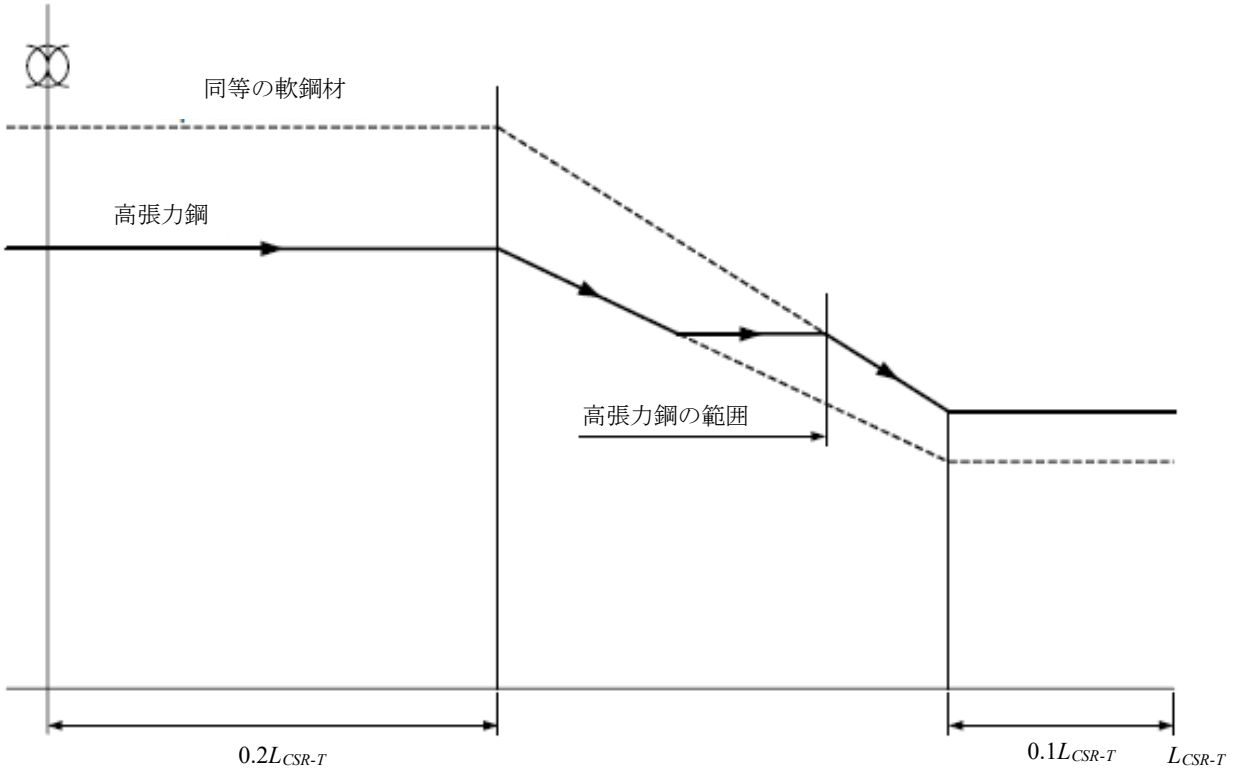
1.6.1.1 **1.2.2** に規定する断面二次モーメントと断面係数の要求値の基となるハルガーダの全ての縦通部材の寸法は中央部 0.4 $L_{CSR\text{-}T}$間で維持しなければならない。

1.6.1.2 **1.2.2** に規定する規則最小断面二次モーメントと断面係数によって要求される中央部 0.4$L_{CSR\text{-}T}$ 間以外の部材寸法は，船の全長に沿って **1.2.3** 及び **1.4** に規定する端部におけるハルガーダの曲げ及び座屈要件に対する局部要求まで適宜に減じて差し支えない。高張力鋼の漸減については，**1.6.2** 及び **1.6.3** を参照すること。

1.6.2 高張力鋼の船長方向範囲

1.6.2.1 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 8.1.9** 参照）。

図 8.1.9 高張力鋼の船長方向範囲



1.6.3 高張力鋼の垂直方向範囲

1.6.3.1 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竜骨からの高張力鋼の垂直方向使用範囲 z_{hts} は，次の算式未満としてはならない（**図 8.1.10 参照**）。

$$z_{hts} = z_1\left(1 - \frac{\sigma_{\text{perm}}}{\sigma_1}\right) \quad (m)$$

z_1 ：水平中性軸から甲板又は竜骨までの距離（m）

σ_1 ：甲板又は竜骨でそれぞれσ_{dk}かσ_{kl}とする

σ_{dk} ：甲板位置でのハルガーダ応力で，次の算式による

$$= \frac{\left|M_{s\,w-perm-sea} + M_{wv-v}\right|}{I_{v-net50}}\left(Z_{dk-side} - Z_{NA-net50}\right)\cdot 10^{-3} \quad (N/mm^2)$$

σ_{kl} ：竜骨位置でのハルガーダ応力で，次の算式による

$$= \frac{\left|M_{sw-perm-sea} + M_{wv-v}\right|}{I_{v-net50}} (Z_{NA-net50} - Z_{kl}) \cdot 10^{-3} \quad (N/mm^2)$$

σ_{perm}：設計荷重組合せ *S+D* に対する**表 8.1.3** による許容ハルガーダ曲げ応力（N/mm^2）

$M_{sw-perm-sea}$ ：**7 節 2.1.1** に規定する航海中の許容ハルガーダ静水中曲げモーメント（*kNm*）

M_{wv-v} ：**7 節 3.4.1** に規定するホギング及びサギング波浪ハルガーダモーメント（*kNm*）で，次による。

M_{wv-hog} ：ホギング波浪ハルガーダモーメントに関する評価の場合

M_{wv-sag} ：サギング波浪ハルガーダモーメントに関する評価の場合

$I_{v-net50}$ ：**4 節 2.6.1.1** に規定するネット垂直方向断面二次モーメント（m^4）

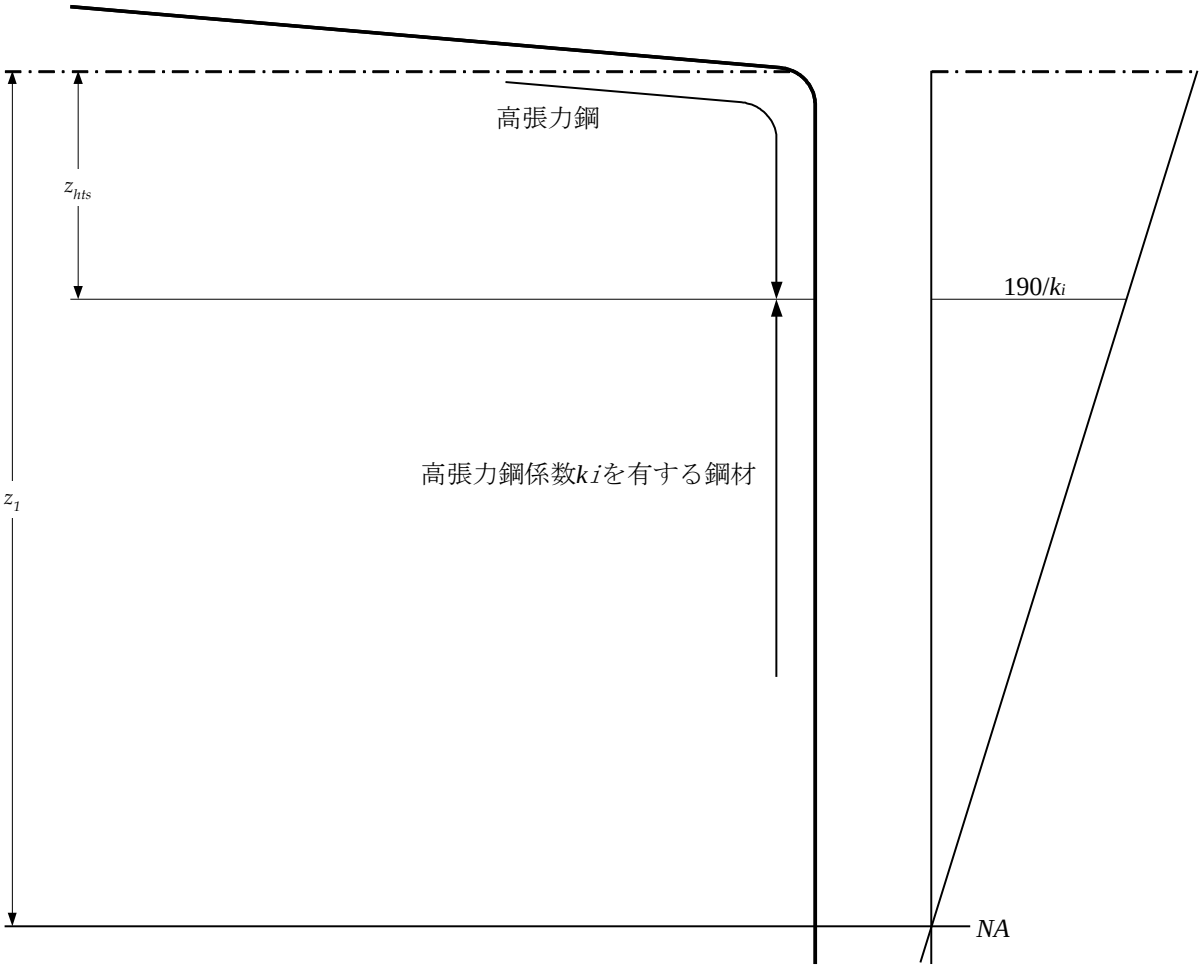
$z_{dk-side}$ ：船側における基線から甲板までの距離（*m*）

z_{kl} ：基線から竜骨までの垂直距離（*m*）

$z_{NA-net50}$ ：基線から水平中立軸までの距離（*m*）

k_i ：**図 8.1.10** に示す領域 *i* に対する高張力鋼係数で，係数 *k* は **6 節 1.1.4** に規定する。

図 8.1.10　　高張力鋼の垂直方向範囲



1.6.4　　ハルガーダのせん断要件による板厚の漸減

1.6.4.1　船長方向のいかなる位置に対しても **1.3.2** に規定する要件を満足する場合に限り，船長方向のせん断補強を漸減して差し支えない。中間位置におけるせん断強度の漸減は，隔壁及びタンク中央において許容せん断限界範囲内で直線補間すること。

1.6.5　　縦通隔壁の構造的連続性

1.6.5.1　強度の連続性を保証し，急激な構造的変化を避けるために適切な接合配置を行わなければならない。特に縦通隔壁は有効な横置隔壁まで延長し，縦通隔壁に沿って大きなブラケットを設けなければならない。

1.6.6 縦通肋骨の構造的連続性

1.6.6.1 縦通肋骨が終始端部及び横式構造との接合部において，急激な構造的変化を避ける構造配置としなければならない。

1.6.6.2 甲板縦通肋骨が途切れているところ，例えば開口部などでは，その領域における構造の連続性を確保するため何らかの補強しなければならない。補強範囲は開口の前後において十分な長さをとり，切断された縦通肋骨の面積未満としてはならない。縦通肋骨端部の応力集中やそれに伴う板部材及びパネルの座屈強度についても考慮しなければならない。

2 貨物タンク区域

2.1 一般

2.1.1 適用

2.1.1.1 本 **8 節 2** の要件は船の貨物タンク区域の船体構造，即ち，船殻，甲板，内底板，隔壁板，防撓材及び主要支持部材に適用する。

2.1.2 部材寸法の基本

2.1.2.1 本 **8 節 2** においてはネット部材寸法で規定する。グロス部材寸法については次に示す。

(a) **2.1.5** 及び **2.1.6** で規定する最小板厚要件の適用において，グロス板厚は **6 節 3** に規定する十分な腐食予備厚を加えることにより得る。

(b) 板部材及び支持部材において，グロス板厚及びグロス断面特性は **6 節 3** に規定する腐食予備厚を加えることにより得る。

(c) 主要支持部材において，グロスせん断面積，グロス断面係数及びその他のグロス断面特性は，**6 節 3** に規定する適切な腐食予備厚の 1/2 を加えることにより得る。

(d) **10 節 3** の座屈要件の適用において，グロス板厚及びグロス断面特性は **6 節 3** に規定する腐食予備厚を加えることにより得る。

2.1.3 部材寸法の評価

2.1.3.1 以下の部材寸法要件は，すべての構造の接続部と溶接部詳細が，考慮する位置で想定される応力レベルに適合するよう設計及び建造されるという仮定に基づく。高応力区域の設計では，構造の接続部及びその詳細部の荷重状態，応力集中及び可能性のある損傷モードを考慮しなければならない。構造設計詳細は **4 節 3** に規定する要件に適合しなければならない。

2.1.3.2 部材寸法は，適用するすべての縦方向位置で強度基準を満足していることを確認しなければならない。

2.1.3.3 部材寸法の増加は，スペースの増加，防撓材のスパンの増加及び青波荷重等の局部の変化を許容できるよう適用しなければならない。また，部材寸法の増加は，前端部強度要件を確保するように要求することができる（**8 節 3** 参照）。

2.1.4 一般部材要件

2.1.4.1 船体構造は以下の要件に適合しなければならない。

(a) ハルガーダ縦強度（**8 節 1** 参照）

(b) スロッシングや衝撃荷重に対する強度（**8 節 6** 参照）

(c) ハルガーダ最終強度（**9 節**参照）

(d) 強度評価（*FEM*）（**9 節**参照）

(e) 疲労強度（**9 節 3** 参照）

(f) 座屈及び最終強度（**10 節**参照）

2.1.4.2 構造諸部材及び主要支持部材のネット断面係数，せん断面積及びその他の断面特性は，**4 節 2** の規定によらなければならない。

2.1.4.3 構造諸部材及び主要支持部材の断面係数，せん断面積及びその他の断面特性は，端部ブラケット部分を除いて適用する。

2.1.4.4 構造諸部材及び主要支持部材の心距は，**4 節 2.1** の規定による。

2.1.4.5 主要支持部材の慣性モーメントは，**4 節 2.3.2.3** の規定に従って心距の中央に有効な板部材を設ける状態で決められなければならない。

2.1.4.6 ビルジ穴，排水口及び空気穴は，吸込管への流れ及び空気管への通風を確保するため必要な部分に設けなければならない（**4 節 3** 参照）。

2.1.4.7 全ての外板の桁部材及びタンクの境界を成す板の防撓材は，一般的に **4 節 3.2.4** 及び **3.2.5** を適用する場合を除き，それらの端部にブラケットを取り付ける又は連続構造としなければならない。

2.1.4.8　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，ウェブ防撓材が設けられるか否かにかかわらず，次の要件を満足しなければならない。

(a) 以下に示す主要支持部材に対する寸法要件を含む座屈強度要件

- 防撓材のウェブに対して，**10 節 2.3.1.1(a)**及び **10 節 3.2** の規定
- 防撓材の面材に対して，**10 節 2.3.1.1(b)**及び **10 節 2.3.3.1** の規定
- ウェブ防撓材に対して，**10 節 2.3.2.1**，**10 節 2.3.2.2** 及び **10 節 3.3** の規定

備考：**表 10.2.1** の備考(1)は適用しない。

(b) ウェブ防撓材が設けられない縦通する *PMA* にあっては，**10 節 2.2** 及び **10 節 3.3**（**表 10.2.1** の備考(1)を含む）に規定する局部支持部材に対する要件を適用することにより，上記(a)の座屈強度要件を満足するものとして差し支えない。ただし，**10 節 3.2** に従いウェブのせん断座屈強度を検証すること。

(c) 局部支持部材に対する他の全ての要件

- 腐食予備厚
- 最小板厚
- 疲労強度

（備考）

PMA の全体又は一部が主要支持部材として機能する場合には，主要支持部材の要件を適用しなければならない。

2.1.5　板材及び支持部材における最小板厚

2.1.5.1　貨物タンク区域の板及び肋骨の板厚は**表 8.2.1** に規定する最小板厚の要件に適合しなければならない。

表 8.2.1　貨物タンク区域の板及び支持部材の最小ネット板厚

部材寸法位置			ネット板厚（*mm*）
板部材	船体外板	平板竜骨	$6.5 + 0.03L_2$
		船底外板/ビルジ外板/船側外板	$4.5 + 0.03L_2$
	上甲板		$4.5 + 0.02L_2$
	その他の構造	船体内部タンクの境界	$4.5 + 0.02L_2$
		非水密隔壁，液体を積載しない区画の隔壁及び一般的な板部材	$4.5 + 0.01L_2$
支持部材	水密の境界の支持部材		$3.5 + 0.015L_2$
	その他の構造の支持部材		$2.5 + 0.015L_2$
倒止ブラケット			$5.0 + 0.015L_2$

（備考）

L_2 ：**4 節 1.1.1.1** に規定する規則上の船の長さ $L_{CSR\text{-}T}$。ただし，$L_{CSR\text{-}T}$ が 300*m* を超えるときは 300*m* とする。

2.1.6　主要支持部材における最小板厚

2.1.6.1　貨物タンク区域の主要支持部材のウェブと面材の板厚は，**表 8.2.2** に規定する最小板厚の要件に適合しなければならない。

表 8.2.2　貨物タンク区域の主要支持部材の最小ネット板厚

対象部材	ネット板厚（*mm*）
二重底中心線桁板	$5.5 + 0.025L_2$
その他の二重底桁板	$5.5 + 0.02L_2$
二重底のフロア及び二重船側部内の船側横桁及び船側縦桁のウェブ	$5.0 + 0.015L_2$
縦通隔壁横桁のウェブ及びフランジ，横隔壁の水平桁，甲板横桁（上甲板上及び下）及びクロスタイ	$5.5 + 0.015L_2$

（備考）

L_2：**4 節 1.1.1.1** に規定される規則上の船の長さ $L_{CSR\text{-}T}$。ただし，$L_{CSR\text{-}T}$ が 300*m* を超えるときは 300*m* とする。

2.2 船体外板

2.2.1 竜骨

2.2.1.1 竜骨は平らな船底で船の全長にわたっていなければならない。

竜骨の幅 b_{kl} は次の算式による値以上でなければならない。

$b_{kl} = 800 + 5L_2$（mm）

L_2：**4 節 1.1.1.1** に規定する規則上の船の長さ $L_{CSR\text{-}T}$。ただし，$L_{CSR\text{-}T}$ が 300m を超えるときは 300m とする。

2.2.1.2 竜骨の板厚は **2.2.2** の規定に適合しなければならない。

2.2.2 船底外板

2.2.2.1 船底外板の板厚は**表 8.2.4** の規定に適合しなければならない。

2.2.3 ビルジ外板

2.2.3.1 ビルジ部の外板の板厚は，**2.2.2.1** に規定される隣接する船底外板の板厚又は **2.2.4.1** で規定される隣接する船側外板の板厚の大きい方の板厚以上でなければならない。

2.2.3.2 ビルジ部に縦通肋骨がない場合のビルジ部の外板のネット板厚（t_{net}）は，次の算式による値以上でなければならない。

$$t_{net} = \frac{\sqrt[3]{r^2 S_t P_{ex}}}{100} \quad (mm)$$

P_{ex} ：ビルジ部の下側の湾曲部で計算した設計荷重条件 1 に対する設計外圧（kN/m^2）

r ：有効ビルジ半径 $= r_o + 0.5\,(a + b)$（mm）

r_o ：曲率半径（mm）（**図 8.2.1** 参照）

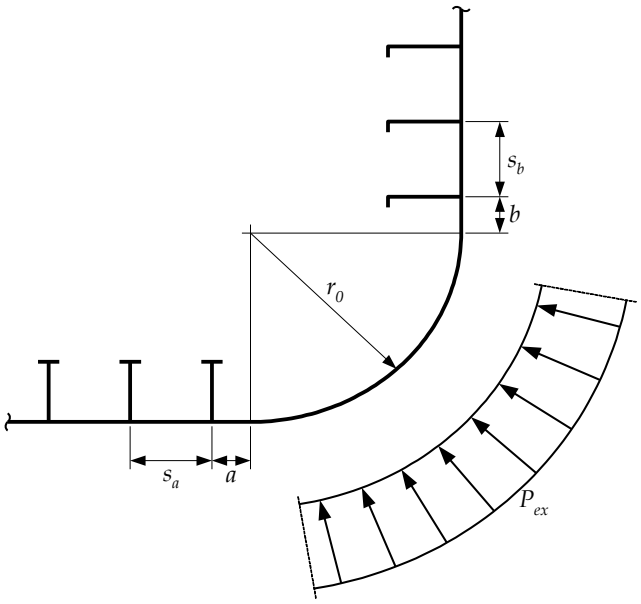
S_t ：横式防撓材，横桁又はビルジブラケット間の距離（m）

a ：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肋骨までの距離（mm）（**図 8.2.1** 及び **2.3.1.2** 参照）。ただし，最も近い船底縦通肋骨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。

b ：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肋骨までの距離（mm）（**図 8.2.1** と **2.3.1.2** 参照）。ただし，最も近い船側縦通肋骨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。

最下部船側縦通肋骨とビルジ湾曲部の間の直線部分に板継ぎが位置する場合であって，当該板継ぎ位置と最下部船側縦通肋骨との距離が $S_b/4$ 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，最も外側の船底縦通肋骨と板継ぎまでの距離が $S_a/4$ を超えない場合には，隣接する船底外板の直線部分をビルジ外板として増厚する必要はない。ビルジキールは，この要件の適用上“縦通肋骨”としてはならない。

図 8.2.1 防撓材のないビルジ板



2.2.3.3 ビルジ部の縦通肋骨が省略するところにおいて，中央部 0.4$L_{CSR\text{-}T}$ の外側のビルジ部の板厚は，船体の形状及び

内部の防撓材配置から支持強度の影響の関連性を考慮する。一般に，中央部 $0.4L_{CSR\text{-}T}$ の外側では，ビルジ外板の板厚寸法及び配置は，同じ区域における通常の船側外板又は船底外板の要件に適合しなければならない。前方区域の荷重が増加するところでは特別な配慮を払わなければならない。

2.2.4　　船側外板

2.2.4.1　船側外板の板厚は，**表 8.2.4** の規定に適合しなければならない。

2.2.4.2　**2.2.4.3** に規定する範囲内の船側外板のネット板厚（t_{net}）は次の算式による値以上でなければならない。

$$t_{net} = 26\left(\frac{s}{1000} + 0.7\right)\left(\frac{BT_{sc}}{\sigma_{yd}{}^2}\right)^{0.25} \quad (mm)$$

s　：肋骨の心距（mm）で，**4 節 2.2** の規定による

B　：型幅（m）で，**4 節 1.1.3.1** の規定による

T_{sc}　：**4 節 1.1.5.5** の規定による

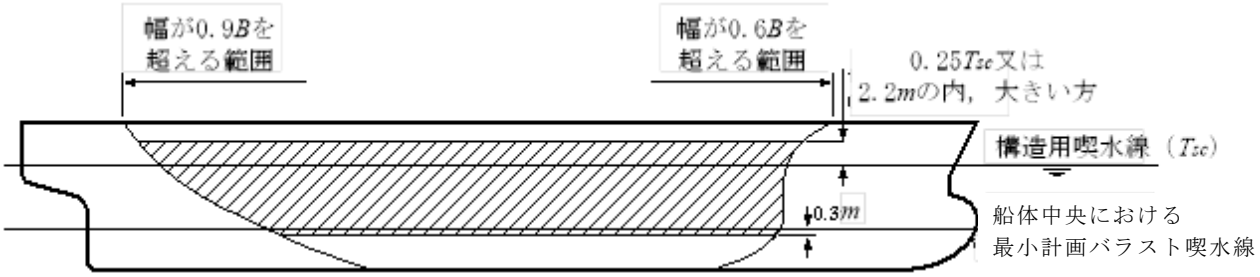
σ_{yd}　：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

2.2.4.3　**2.2.4.2** の規定は船側外板の次の範囲に適用しなければならない（**図 8.2.2** 参照）。

(a)　長さ方向範囲：船体中央より船尾側で喫水線における幅が $0.9B$ を超える位置と船体中央より船首側で喫水線における幅が $0.6B$ を超える位置の間。

(b)　深さ方向範囲：船体中央における最も低いバラスト喫水線下 $300mm$ の喫水線と構造用喫水 T_{sc} の上方，$0.25T_{sc}$ 又は $2.2m$ のどちらか大きい値の喫水線の間。

図 8.2.2　　船側外板の範囲



2.2.5　　舷側厚板

2.2.5.1　舷側厚板は **2.2.4** の規定に適合しなければならない。

2.2.5.2　丸型の舷側厚板への甲板艤装品の溶接接合は，中央部 $0.6L_{CSR\text{-}T}$ 間では避けなければならない。

2.2.5.3　舷側厚板が甲板の梁上側板より上方に延長している場合は，舷側厚板の上縁はノッチがあってはならなく，また溶接された艤装金物等から離さなければならない，また切り口が滑らかでない場合，グラインダ掛けを要求する場合があり，面とりし滑らかにしなければならない。船長方向に滑らかな変化を伴う排出口は認める場合がある。

2.2.6　　甲板

2.2.6.1　甲板の板厚は**表 8.2.4** の規定に適合しなければならない。

2.3　　船体外板付肋骨

2.3.1　　一般

2.3.1.1　船底部，内底部及び甲板の構造様式は，貨物タンク区域内においては縦式構造でなければならない。一般的に船側部，二重船側部縦通隔壁及び縦通隔壁の構造様式は縦式構造でなければならない。船側部が縦式構造の場合は，二重船側部縦通隔壁も同様の構造様式でなければならない。座屈への耐性を考慮する適当な代替案は特に考慮を払わなければならない。

2.3.1.2　ビルジ部で縦通肋骨を省略する場合，ビルジ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肋骨を配置しなければならない。ビルジ部の外板の湾曲部の下端と最も近い船底縦通肋骨の距離 a は，一般的にビルジ部の外板の湾曲部の下端と下端から 2 本目の船底縦通肋骨との間隔 s_a 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最も近い船側縦通肋骨の距離 b は，一般的にビルジ部の外板の湾曲部の上端と上端から 2 本目の船側縦通肋骨との間隔 s_b の 1/3 を超えてはならない。（**図 8.2.1** 参照）。

2.3.1.3　縦通肋骨は **4 節 3.2** で規定する連続性に関する要件に適合しなければならない。

2.3.2　部材寸法基準

2.3.2.1　船体外板付き肋骨の断面係数及び板厚は，**表 8.2.5** 及び**表 8.2.6** に規定する要件に適合しなければならない。

2.3.2.2　船側縦通肋骨又は垂直方向防撓材が，縦又は垂直軸それぞれに対して傾斜している場合，その心距は **4 節 2.1.3** の規定によらなければならない。

2.3.2.3　湾曲した防撓材の場合，心距は **4 節 2.1.3** の規定によらなければならない。

2.4　内底

2.4.1　内底板

2.4.1.1　内底板の板厚は，**表 8.2.4** に規定する要件によらなければならない。

2.4.1.2　溶接されたビルジホッパ継手部では，内底板は周りの構造に適切な荷重伝達でき，また応力集中を減らすようにそぎ継ぎしなければならない。

2.4.1.3　波形隔壁スツールでは，スツールと内底板の接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。板厚方向特性を規定する板の要件は **6 節 1.1.5** を参照のこと。

2.4.2　内底縦通肋骨

2.4.2.1　内底縦通肋骨の断面係数及びウェブ板厚は，**表 8.2.5** 及び**表 8.2.6** に規定する要件によらなければならない。

2.5　隔壁

2.5.1　一般

2.5.1.1　二重船側部縦通隔壁及び縦通隔壁は，一般的に縦式構造でなければならない。波形隔壁は **2.5.6** に規定する要件によらなければならない。

2.5.1.2　貨物管又はバラスト管が壁を貫通している所では，管内の水流による力が隔壁に伝達される荷重に対して構造配置は適切でなければならない。

2.5.2　タンクの境界を成す縦通隔壁

2.5.2.1　タンクの境界を成す縦通隔壁の板厚は**表 8.2.4** の規定によらなければならない。

2.5.2.2　二重船側部縦通隔壁及び縦通隔壁は，できるだけ船首方向及び船尾方向に広げなければならず，隣接する構造に有効にそぎ継ぎしなければならない。

2.5.3　ホッパサイド構造

2.5.3.1　ビルジホッパ板のナックル部は，船底縦桁及び船側縦桁又は大きい縦通肋骨で支持されなければならない。

2.5.4　タンクの境界を成す横隔壁

2.5.4.1　タンクの境界を成す横隔壁は，**表 8.2.4** の規定によらなければならない。

2.5.5　タンクの境界を成す隔壁付の防撓材

2.5.5.1　タンクの境界を成す縦又は横隔壁付の防撓材の断面係数及びウェブの板厚は，**表 8.2.5** 及び**表 8.2.6** の規定によらなければならない。

2.5.6　波形隔壁

2.5.6.1　**2.5.6** 及び **2.5.7** に規定する波形隔壁に関する部材寸法要件は，ネット部材寸法要件である。グロス部材寸法要件は，**6 節 3** で規定する腐食予備厚を加えることにより適切な要件から得る。

2.5.6.2　一般的に波形隔壁は，波形の角度ϕが 55 度と 90 度の間で設計されなければならない（**図 8.2.3** 参照）。

2.5.6.3　波形隔壁，下部スツール，上部スツール及び周りの構造への結合部の全体強度は，**9 節 2** に規定する貨物タンクの *FEM* モデルで検証しなければならない。中央部の区域外にある波形隔壁の全体強度は，船体中央部における貨物タンク *FEM* モデルからの結果を基本とし適切な荷重を使用して検証しなければならない。隔壁の形状，構造詳細及び支持部材の配置の詳細が中央貨物タンク区域の隔壁と大幅に異なる場合，中央部の前後の貨物タンクの隔壁に対し追加 *FEM* 解析が必要となる場合がある。

2.5.6.4　波形隔壁のウェブ及びフランジのネット板厚（t_{net}）は，**表 8.2.7** に規定する全ての適用される設計荷重条件で，次式により計算した値の最も大きい値としなければならない。

$$t_{net} = 0.0158 b_p \sqrt{\frac{|P|}{C_a \sigma_{yd}}} \quad (mm)$$

P ：3 節 5.1 で規定する荷重位置で計算し適用する設計荷重条件における荷重。（kN/m^2）

b_p ：板幅

= フランジにおける b_f（mm） （図 8.2.3 参照）

= ウェブにおける b_w（mm） （図 8.2.3 参照）

C_a ：許容曲げ応力の係数

= 0.75 許容評価基準条件 AC1 において

= 0.90 許容評価基準条件 AC2 において

σ_{yd} ：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

2.5.6.5 異なる板厚を有するフランジとウェブで波形隔壁が構成される場合にあっては，厚い方のネット板厚（$t_{m\text{-}net}$）は，表 8.2.7 に規定する全ての適用すべき設計荷重条件で次式により計算した値の最も大きい値としなければならない。

$$t_{m-net} = \sqrt{\frac{0.0005 b_p{}^2 |P|}{C_a \sigma_{yd}} - t_{n-net}{}^2} \quad (mm)$$

$t_{n\text{-}net}$：フランジ又はウェブのどちらかの薄い方のネット板厚（mm）

b_p ：フランジ又はウェブのどちらかの厚い方の板幅（mm）

P ：3 節 5.1 で規定する荷重位置で計算した適用する設計荷重条件における設計圧力（kN/m^2）

C_a ：許容曲げ応力の係数；

= 0.75 許容評価基準条件 AC1 において

= 0.90 許容評価基準条件 AC2 において

σ_{yd} ：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

2.5.7 立て方向波形隔壁

2.5.7.1 2.5.6 の規定に加えて，立て方向波形隔壁は 2.5.7 の規定によらなければならない。

2.5.7.2 下端から波形の長さ l_{cg} の 2/3 まで 2.5.7.5 及び 2.5.7.6 に規定するネット板厚でなければならない。ここで l_{cg} は 2.5.7.3 の規定による。下端から波形の長さ l_{cg} の 2/3 より上方のネット板厚は 20%まで減じて差し支えない。

2.5.7.3 波形の下方 15%のネットウェブ板厚 $t_{w\text{-}net}$ は，表 8.2.7 に規定する全ての適用すべき設計荷重条件で次式により計算した値の最も大きい値としなければならない。ただし，本規定は下部スツールが設けられていない波形隔壁には適用しない。（2.5.7.9 参照）

$$t_{w-net} = \frac{1000|Q_{cg}|}{d_{cg} C_{t-cg} \tau_{yd}} \quad (mm)$$

Q_{cg} ：波形の下端部のウェブ板の設計せん断力

$$= \frac{s_{cg} l_{cg} |3P_l + P_u|}{8000} \quad (kN)$$

P_l ：波形の下端部で計算した適用すべき設計荷重条件における荷重（kN/m^2）

P_u ：波形の上端部で計算した適用すべき設計荷重条件における荷重（kN/m^2）

s_{cg} ：波形の 1/2 ピッチ（mm）（図 8.2.3 参照）

l_{cg} ：下部スツールと上部スツールの間の距離又は上部スツールがない場合は上端までの距離，として定義する波形の長さ（m）（図 8.2.3 参照）

d_{cg} ：波形の深さ（mm）で，2.5.7.4 及び図 8.2.3 を参照のこと

C_{t-cg} ：許容せん断応力の係数

= 0.75 許容評価基準条件 AC1 において

= 0.90 許容評価基準条件 AC2 において

$$\tau_{yd} = \frac{\sigma_{yd}}{\sqrt{3}} \quad (N/mm^2)$$

σ_{yd} ：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

2.5.7.4 波形の深さd_{cg}は次式による値以上としなければならない。

$$d_{cg} = \frac{1000 l_{cg}}{15} \quad (mm)$$

l_{cg} ：下部スツールと上部スツールの間の距離若しくは上部スツールがない場合は上端までの距離，として定義される波形の長さ（*m*）（図 8.2.3 参照）

2.5.7.5 波形の下端から 2/3 の長さの波形隔壁のフランジ部のネット板厚（$t_{f\text{-}net}$）は，表 8.2.7 に規定する全ての適用する設計荷重条件で次式により計算された値の最も大きい値としなければならない。ただし，本規定は下部スツールが設けられていない波形隔壁には適用しない。（2.5.7.9 参照）

$$t_{f-net} = \frac{0.00657\, b_f \sqrt{\sigma_{bdg-\max}}}{C_f} \quad (mm)$$

$\sigma_{bdg-max}$ ：フランジの垂直方向曲げ応力の最大値。曲げ応力は最下端及び波形長さの中央で計算しなければならない。

$$= \frac{1000\, M_{cg}}{Z_{cg-act-net}} \quad (N/mm^2)$$

M_{cg} ：2.5.7.6 の規定による。

$Z_{cg-act-net}$：波形隔壁の下端と中間点における実際のネット断面係数（cm^3）

b_f ：フランジ板幅（*mm*）（図 8.2.3 参照）

b_w ：ウェブ板幅（*mm*）（図 8.2.3 参照）

C_f ：係数で次の算式による

$$= 7.65 - 0.26\left(\frac{b_w}{b_f}\right)^2$$

2.5.7.6 波形隔壁の単一の波形部の上下端及び単一の波形部の中央（$l_{cg}/2$）位置におけるネット断面係数 $Z_{cg\text{-}net}$ は，表 8.2.7 により規定する全ての適用する設計荷重条件において次式により計算された値の最も大きい値としなければならない。

$$Z_{cg-net} = \frac{1000\, M_{cg}}{C_{s-cg}\sigma_{yd}} \quad (cm^3)$$

$$M_{cg} = \frac{C_i |P| s_{cg} l_o^{\,2}}{12000} \quad (kNm)$$

$$P = \frac{P_u + P_1}{2} \quad (kN/m^2)$$

P_l，P_u ：それぞれ波形隔壁の上下端で計算した適用すべき設計荷重条件に対する荷重（kN/m^2）

(a) 横置波形隔壁において，荷重は各タンクの縦通隔壁から $b_{tk}/2$ に位置する断面で計算しなければならない。

(b) 縦通波形隔壁において，荷重は各タンクの端部，前後の横隔壁及び縦通隔壁の交点，で計算しなければならない。

b_{tk} ：隔壁の位置での考慮するタンクの最大幅（*m*）

s_{cg} ：波形の 1/2 ピッチ（*mm*）（図 8.2.3 参照）

l_o ：下部スツールの深さ方向の中間点から上部スツールの深さ方向の中間点若しくは上部スツールがない場合は上端までの波形隔壁の有効曲げ幅（*m*）（図 8.2.3 参照）

l_{cg} ：下部スツールと上部スツールの間の距離若しくは上部スツールがない場合は上端までの距離，として定義する波形の長さ（*m*）（図 8.2.3 参照）

C_i ：表 8.2.3 に規定する曲げモーメントの係数

C_{s-cg} ：許容曲げ応力の係数

(a) 波形隔壁の長さl_{cg}の中間点

= C_e 許容評価基準 AC1 において 0.75 未満としなければならない。

= C_e 許容評価基準 AC2 において 0.9 未満としなければならない。

(b) 波形隔壁の長さl_{cg}の上下端：

= 0.75 許容評価基準 AC1 において

= 0.9 許容評価基準 AC2 において

$$C_e = \frac{2.25}{\beta} - \frac{1.25}{\beta^2} \quad \beta \geq 1.25$$

$= 1.0 \qquad \beta < 1.25$

$$\beta = \frac{b_f}{t_{f-net}}\sqrt{\frac{\sigma_{yd}}{E}}$$

b_f ：フランジ板の幅（*mm*）（図 **8.2.3** 参照）

$t_{f\text{-}net}$ ：波形フランジ部のネット厚さ（*mm*）

E ：弾性係数（N/mm^2）

σ_{yd} ：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

表 8.2.3　　C_i の値

隔壁	l_{cg} の下端	l_{cg} の中央長さ	l_{cg} の上端
横隔壁	C_1	C_{m1}	$0.65C_{m1}$
縦通隔壁	C_3	C_{m3}	$0.65C_{m3}$

C_1　$= a_1 + b_1\sqrt{\frac{A_{dt}}{b_{dk}}}$ ただし，0.6 以上としなければならない。

$= a_1 - b_1\sqrt{\frac{A_{dt}}{b_{dk}}}$ 下部スツールのない横隔壁の場合。ただし，0.55 以上としなければならない。

a_1　$= 0.95 - \frac{0.41}{R_{bt}}$

$= 1.0$　下部スツールのない横隔壁の場合。

b_1　$= -0.20 + \frac{0.078}{R_{bt}}$

$= 0.13$　下部スツールのない横隔壁の場合。

C_{m1}　$= a_{m1} + b_{m1}\sqrt{\frac{A_{dt}}{b_{dk}}}$　ただし，0.55 以上としなければならない。

$= a_{m1} - b_{m1}\sqrt{\frac{A_{dt}}{b_{dk}}}$　下部スツールのない横隔壁の場合。ただし，0.6 以上としなければならない。

a_{m1}　$= 0.63 + \frac{0.25}{R_{bt}}$

$= 0.85$　下部スツールのない横隔壁の場合。

b_{m1}　$= -0.25 - \frac{0.11}{R_{bt}}$

$= 0.34$　下部スツールのない横隔壁の場合。

C_3　$= a_3 + b_3\sqrt{\frac{A_{dt}}{l_{dk}}}$ ただし，0.6 以上としなければならない。

$= a_3 - b_3\sqrt{\frac{A_{dt}}{l_{dk}}}$ 下部スツールのない横隔壁の場合。ただし，0.55 以上としなければならない。

a_3　$= 0.86 - \frac{0.35}{R_{bl}}$

$= 1.0$　下部スツールのない縦通隔壁の場合。

b_3　$= -0.17 + \frac{0.10}{R_{bl}}$

$= 0.13$　下部スツールのない縦通隔壁の場合。

C_{m3}　$= a_{m3} + b_{m3}\sqrt{\frac{A_{dt}}{l_{dk}}}$　ただし，0.55 以上としなければならない。

$= a_{m3} - b_{m3}\sqrt{\frac{A_{dt}}{l_{dk}}}$　下部スツールのない横隔壁の場合。ただし，0.6 以上としなければならない。

a_{m3}　$= 0.32 + \frac{0.24}{R_{bl}}$

$= 0.85$　下部スツールのない縦通隔壁の場合。

b_{m3}　$= -0.12 - \frac{0.10}{R_{bl}}$

$= 0.19$　下部スツールのない縦通隔壁の場合。

R_{bt}　$= \frac{A_{bt}}{b_{ib}}\left(1+\frac{l_{ib}}{b_{ib}}\right)\left(1+\frac{b_{av-t}}{h_{st}}\right)$　横隔壁の場合。

R_{bl} $= \frac{A_{bt}}{l_{ib}}\left(1+\frac{l_{ib}}{b_{ib}}\right)\left(1+\frac{b_{av-l}}{h_{sl}}\right)$ 縦通隔壁の場合。

A_{dt} ：横隔壁の上部スツールの外側線により閉囲される断面積（m^2）
＝0 （上部スツールがない場合）

A_{dl} ：縦通隔壁の上部スツールの外側線により閉囲される断面積（m^2）
＝0 （上部スツールがない場合）

A_{bt} ：横隔壁の下部スツールの外側線により閉囲される断面積（m^2）

A_{bl} ：縦通隔壁の下部スツールの外側線により閉囲される断面積（m^2）

b_{av-t} ：横隔壁の下部スツールの平均幅（m）（**図 8.2.3** 参照）

b_{av-l} ：縦通隔壁の下部スツールの平均幅（m）（**図 8.2.3** 参照）

h_{st} ：横隔壁の下部スツールの高さ（m）（**図 8.2.3** 参照）

h_{sl} ：縦通隔壁の下部スツールの高さ（m）（**図 8.2.3** 参照）

b_{ib} ：ホッパタンク間又はホッパタンクと中心線上の下部スツール間の内底板上での貨物タンクの幅（m）（**図 8.2.3** 参照）

b_{dk} ：上部船側タンク間又は上部船側タンクと中心線上の上部スツール間又は上部スツールがない場合，波形フランジ間の甲板上での貨物タンクの幅（m）（**図 8.2.3** 参照）

l_{ib} ：横隔壁の下部スツール間の内底板上での貨物タンクの距離（m）（**図 8.2.3** 参照）

l_{dk} ：横隔壁の上部スツール間又は上部スツールがない場合，波形フランジ間の甲板上での貨物タンクの距離（m）（**図 8.2.3** 参照）

2.5.7.7 有効スロッシング幅 b_{slh} が 0.56B 又は有効スロッシング長さ l_{slh} が 0.13L_{CSR-T} より大きいタンクにおいて，単位波形の断面係数の評価のための追加のスロッシングの検討は本会の適当と認めるところによる。

2.5.7.8 **4 節 1.1.4** に規定する船の型深さが 16m 以上の船の場合，下部スツールは以下の要件に従って取り付けなければならない。

(a) 一般：

- 高さ及び深さは波形の深さ未満であってはならない。
- 下部スツールは二重底のフロア又は桁上に取り付けなければならない。
- スツール側板に付く防撓材及び立桁（ダイヤフラム）は，二重底内の構造に適切に荷重を伝達するために，可能な限り下部構造との連続性を考慮しなければならない。

(b) スツール頂板：

- 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値未満であってはならない。また，スツール頂板に用いる材料は，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。
- スツール頂板の板耳の幅は，波形フランジの建造時における板厚未満であってはならない。

(c) スツール側板及び内部構造：

- スツール頂板から波形の深さの範囲内では，スツール側板のネット板厚は，**2.5.7.2** の規定により波形隔壁下端のフランジに要求される板厚の 90%未満であってはならない。また，その材料は，波形隔壁下端における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。
- スツール側板のネット板厚及びそれに付く防撓材のネット断面係数は，**2.5.2**，**2.5.4** 及び **2.5.5** の規定により，横隔壁及び縦通隔壁並びにそれらに付く防撓材に対して要求される値未満であってはならない。
- スツール側板に付く立て防撓材の両端は，スツールの上下端でブラケットを取り付けなければならない。
- 波形ウェブとスツール内の支持ブラケットの間は，可能な限り連続性が考慮されなければならない。ブラケットのネット板厚は，波形ウェブの板厚の 80%未満であってはならない，また，ブラケットに用いる材料は，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。
- スツール側板と内底板又はスツール頂板との結合部におけるダイヤフラムにスカラップは設けてはならない。

2.5.7.9 **4 節 1.1.4** に規定する船の型深さが 16m 未満の船であって，**2.5.7.6** の規定に加え，以下の要件に適合している場合，下部スツールは設置しなくても差し支えない。

(a) 一般：

- 二重底のフロア又は桁は，横隔壁又は縦通隔壁の波形フランジの同一線上に配置しなければならない。
- ブラケット及びカーリングは，波形ウェブの同一線上の二重底及びホッパタンク内に設けなければならない。適用

できない場合，シェダープレート及びガセットプレートを設置しなければならない（**(c)**及び**図 8.2.3** 参照）。

・ 波形隔壁及びその支持構造は，**9 節 2** に従った有限要素法解析により評価しなければならない。加えて，**2.5.6.4** 及び **2.5.6.5** の規定による局部支持部材に対する寸法要件並びに **2.5.7.4** の規定による最小波形深さの要件を適用しなければならない。

(b) 内底板及びビルジホッパタンク斜板：

・ 波形隔壁位置の内底板及びビルジホッパタンク斜板に用いる材料は，隣接する波形隔壁の材料の降伏強度以上のものであり，かつ，**6 節 1.1.5** に規定する *Z* 級鋼を使用しなければならない。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はない。

(c) 支持構造：

・ 波形深さの範囲内の内底板下の二重底内のフロア又は桁等の支持部材のネット板厚は，波形隔壁フランジの下端部のネット板厚未満としてはならない。また，これらの材料は，波形隔壁フランジの下端部における材料の降伏強度以上のものでなければならない。

・ 二重底のフロア又は桁等の支持部材に付く垂直防撓材の上端部と隣接構造部にはブラケットを設けなければならない。

・ 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 1/2 未満の深さとしてはならず，ネット板厚は，波形ウェブのネット板厚の 80%未満としてはならない。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。

・ 波形フランジと同一線上にある二重底フロア及び桁を支持する防撓材の開口はカラープレートで塞がなければならない。

・ 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，**図 8.2.3** に示すガセットプレートの高さ h_g は，波形の深さ以上の高さとするとともに，当該ガセットは全ての波形に設置しなければならない。ガセットプレートは，同一線上にかつ，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未満であってはならず，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%未満であってはならない。また，これらの材料は，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（**2.5.7.11** 参照）。

・ 内底板又は波形フランジ及び波形ウェブの結合部におけるブラケット，ガセットプレート及びシェダープレートにスカラップを設けてはならない。

2.5.7.10 一般に，上部スツールは以下の要件に従って取り付けなければならない。

(a) 一般：

・ 上部スツールを設置しない場合，甲板構造への隔壁支持構造の詳細及び配置の妥当性を示すために，有限要素解析を実施しなければならない。

・ スツール側板に付く防撓材及び立桁（ダイヤフラム）は，適切に荷重を伝達するために，隣接する構造との連続性を考慮しなければならない。

・ 上部スツールと甲板上の構造との結合部には，ブラケットを取り付けなければならない。

(b) スツール底板：

・ 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値未満であってはならない。また，スツール底板に用いる材料は，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時における板厚未満であってはならない。

(c) スツール側板及び内部構造：

・ スツール底板から波形の深さの範囲内では，スツール側板のネット板厚は，同じ材料を使用する場合，**2.5.7.2** の規定により波形隔壁上部のフランジに要求される板厚の 80%未満であってはならない。材料の降伏強度が異なる場合，要求板厚は，異なる材料に対するそれぞれの材料係数 *k* の比により修正しなければならない。材料係数 *k* は **6 節 1.1.4.1** の規定による。

・ スツール側板のネット板厚及びそれに付く防撓材のネット断面係数は，**2.5.2**，**2.5.4** 及び **2.5.5** の規定により，横隔壁及び縦通隔壁並びにそれらに付く防撓材に対して要求される値未満であってはならない。

・ スツール側板に付く立て防撓材の両端は，スツールの上下端でブラケットを取り付けなければならない。

・ スツール側板と甲板又はスツール底板との結合部におけるダイヤフラムにスカラップは設けてはならない。

2.5.7.11 シェダープレートを有するガセットプレート又はシェダープレート（スラントプレート)が，波形下端部と下部

スツール又は内底板との結合部に取り付けられる場合は，これらの板材によってできるガスポケットを防ぐために適切な措置がとられなければならない。

2.5.7.12 全ての結合部及び継ぎ手の溶接は **6 節 5** に従わなければならない。

2.5.8 非水密隔壁

2.5.8.1 非水密隔壁（制水隔壁）を有する場合，横桁，隔壁又は同様の構造と同一面上に設けなければならない。その構造は水平若しくは垂直の防撓材で補強した平板構造としなければならない，また，**6.2** に規定するスロッシングの要件に適合していなければならない。一般に，非水密隔壁の開口は，大きな半径の開口でなければならず，また，それらの総面積は隔壁面積の 10%以上でなければならない。

図 8.2.3　　波形隔壁におけるパラメータの定義（中心線に縦通隔壁を有するタンカー）

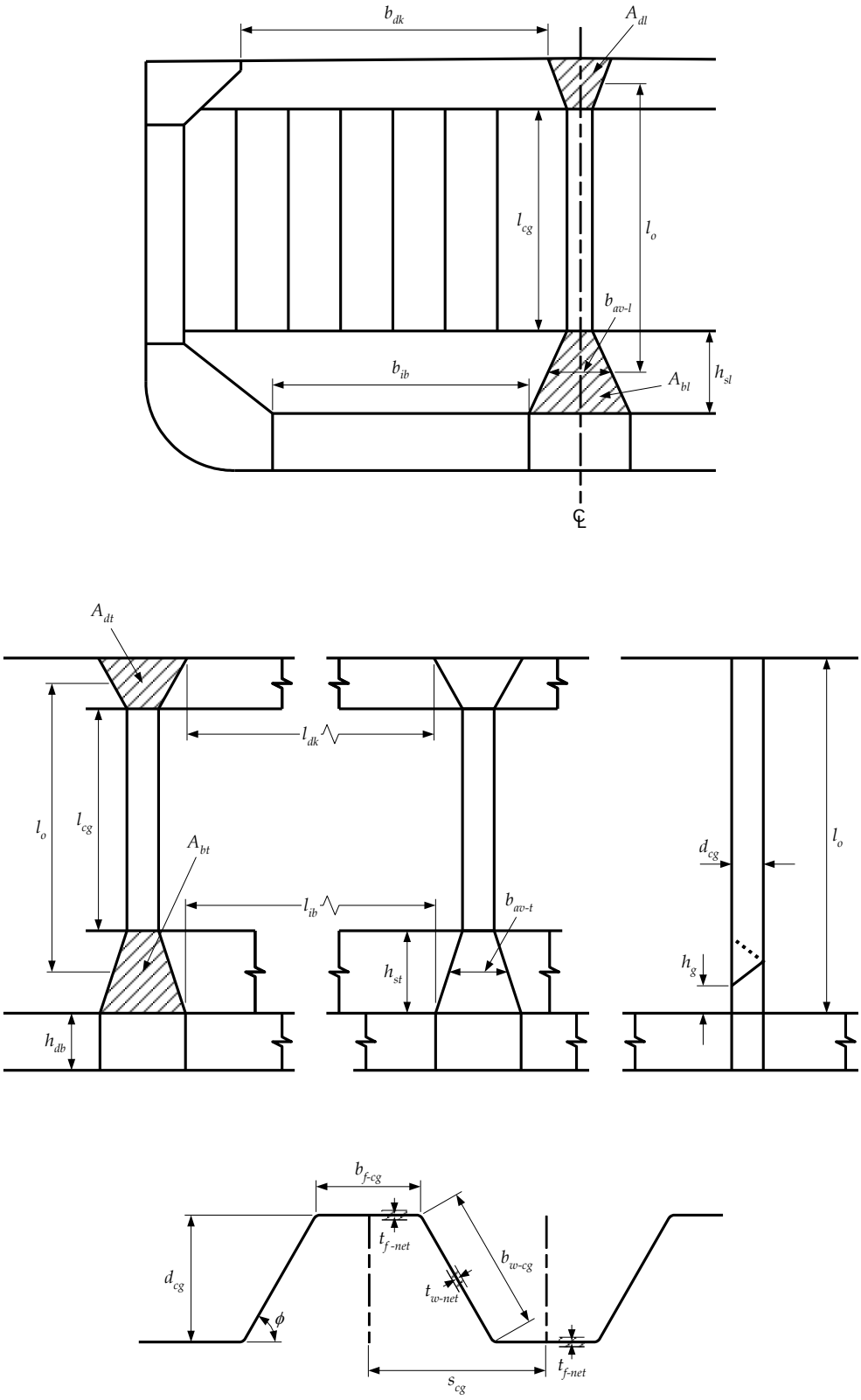


表 8.2.4　　板の要求板厚

最小ネット板厚（t_{net}）は，**表 8.2.7** に規定するすべての適用する設計荷重において次式により計算した最も大きい値としなければならない。

$$t_{net} = 0.0158\,\alpha_p s\sqrt{\frac{|P|}{C_a\sigma_{yd}}}\ (mm)$$

P　：**3 節 5.1** に規定する荷重計算点において計算した適用すべき設計荷重条件の荷重（kN/m^2）

α_p　：板のアスペクト比による補正率

$$= 1.2 - \frac{s}{2100 l_p}$$ （1.0 を超えてはならない）

s　：**4 節 2.2** の規定による（mm）

l_p　：カーリングが取り付けない場合，主要支持部材の間隔（S）における板パネルの長さ（m）

σ_{yd}　：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

C_a　：適用する設計荷重条件における許容曲げ応力の係数で次の算式による値。

$$= \beta_a - \alpha_a\frac{|\sigma_{hg}|}{\sigma_{yd}}$$ ただし，$C_{a\text{-}max}$ の値を超えてはならない。

許容評価基準条件	構造部材		β_a	α_a	$C_{a\text{-}max}$
AC1	縦強度部材	縦通防撓材で防撓した板	0.9	0.5	0.8
		横又は立て（垂直）防撓材で防撓した板	0.9	1.0	0.8
	その他の部材		0.8	0	0.8
AC2	縦強度部材	縦通防撓材で防撓した板	1.05	0.5	0.95
		横又は立て（垂直）防撓材で防撓した板	1.05	1.0	0.95
	水密の境界を成す板を含むその他の部材		1.0	0	1.0

σ_{hg}　：**3 節 5.1.2** に規定する荷重計算点において計算した適用すべき設計荷重条件のハルガーダ曲げモーメント

$$= \left(\frac{(z-z_{NA-net50})M_{v-total}}{I_{v-net50}} - \frac{yM_{h-total}}{I_{h-net50}}\right)10^{-3}\ (N/mm^2)$$

$M_{v\text{-}total}$　：適用される設計荷重条件における考慮する船長方向位置における設計曲げモーメント（kNm）。静水曲げモーメント（$M_{sw\text{-}perm}$）は，同時に作用する波浪曲げモーメント（M_{wv}）と同符号を取らなければならない（**表 7.6.1** 参照）。

$M_{h\text{-}total}$　：適用される設計荷重条件における考慮する船長方向位置における設計水平曲げモーメント（kNm）

$I_{v\text{-}net50}$　：**4 節 2.6.1** に規定する，考慮すべき船長方向位置におけるネット垂直ハルガーダ慣性モーメント（m^4）

$I_{h\text{-}net50}$　：**4 節 2.6.2** に規定する，考慮すべき船長方向位置におけるネット水平ハルガーダ慣性モーメント（m^4）

y　：荷重計算点の横座標（m）

z　：考慮する荷重計算点の垂直座標（m）

$z_{NA\text{-}net50}$　：**4 節 2.6.1** に規定する基線から水平中立軸までの距離（m）

表 8.2.5　　肋骨及び防撓材の要求断面係数

最小ネット断面係数 Z_{net} は，**表 8.2.7** に規定するすべての適用する設計荷重において次式により計算した最も大きい値としなければならない。

$$Z_{net} = \frac{|P|sl_{bdg}{}^2}{f_{bdg}C_s\sigma_{yd}} \quad (cm^3)$$

P ：**3 節 5.2** に規定する荷重計算点において計算した適用すべき設計荷重条件の荷重（kN/m^2）

f_{bdg} ：曲げモーメントの係数：

連続防撓材及び防撓材の端部の支持条件を固定端に理想化している場合：

= 12 水平防撓材において

= 10 垂直防撓材において

固着度の低い端部の支持条件の防撓材においては **8 節 7** を参照すること

l_{bdg} ：有効曲げスパン（m）**4 節 2.1.1** に規定する

s ：**4 節 2.2** の規定による（mm）

σ_{yd} ：材料の最小降伏応力，**3 節 5.2.6.5** 参照（N/mm^2）

C_s ：考慮する設計荷重条件における許容曲げ応力の係数：

ハルガーダ曲げ応力の符号（σ_{yd}）	側面圧力の作用面	許容基準
引張り（+方向）	防撓材側	$C_s = \beta_s - \alpha_s \frac{\lvert\sigma_{hg}\rvert}{\sigma_{yd}}$ $C_{s\text{-}max}$ の値を超えてはならない
圧縮（-方向）	板側	
引張り（+方向）	板側	$C_s = C_{s\text{-}max}$
圧縮（-方向）	防撓材側	

許容評価基準条件	構造部材	β_s	α_s	$C_{s\text{-}max}$
AC1	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
AC2	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
	水密の境界を成す板の防撓材	0.9	0	0.9

σ_{hg} ：**3 節 5.2.2.5** に規定する評価点で計算する適用すべき設計荷重条件におけるハルガーダ曲げ応力

$$= \left(\frac{(z-z_{NA-net50})M_{v-total}}{I_{v-net50}} - \frac{yM_{h-total}}{I_{h-net50}}\right)10^{-3} \quad (N/mm^2)$$

$M_{v\text{-}total}$ ：考慮される設計荷重条件において考慮する船長方向位置における設計垂直曲げモーメント（kNm）。

$M_{v\text{-}total}$ は，以下の表によるホギング又はサギング状態の許容静水曲げモーメント（$M_{sw\text{-}perm}$）を使用し，**表 7.6.1** に従って計算しなければならない。

防撓材位置	$M_{sw\text{-}perm}$	
	板側に作用する圧力	防撓材側に作用する圧力
中性軸より上	サギング *SWBM*	ホギング *SWBM*
中性軸より下	ホギング *SWBM*	サギング *SWBM*

$M_{h\text{-}total}$ ：考慮される設計荷重条件における考慮する船長方向位置における設計水平曲げモーメント（kNm）（**表 7.6.1** 参照）

$I_{v\text{-}net50}$ ：**4 節 2.6.1** に規定する考慮する船長方向位置におけるネット垂直ハルガーダ慣性モーメント（m^4）

$I_{h\text{-}net50}$ ：**4 節 2.6.2** に規定する考慮する船長方向位置におけるネット水平ハルガーダ慣性モーメント（m^4）

y ：**3 節 5.2.2.5** に規定する基準点における横座標（m）

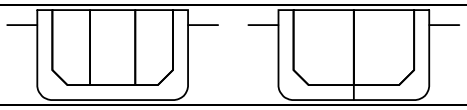
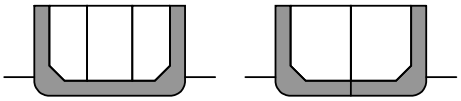
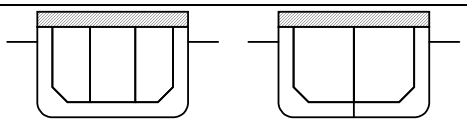
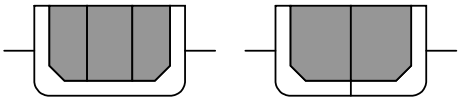
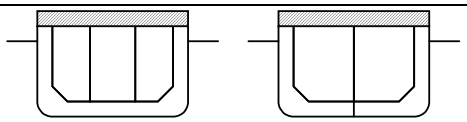
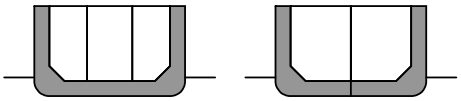
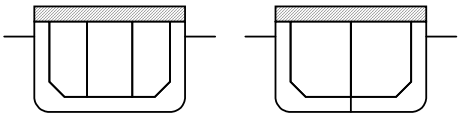
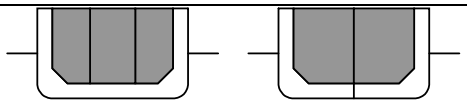
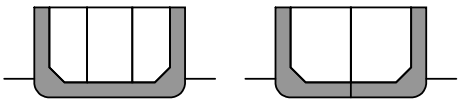
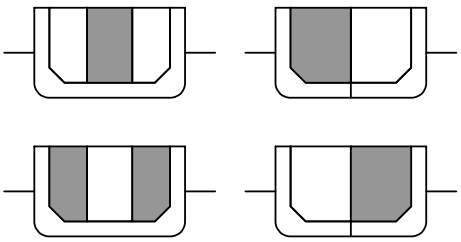
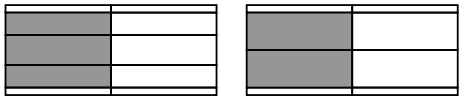
z ：**3 節 5.2.2.5** に規定する基準点における垂直座標（m）

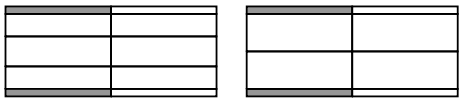
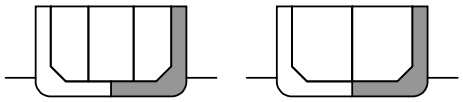
$z_{NA\text{-}net50}$ ：**4 節 2.6.1** に規定する基線から水平中立軸までの距離（m）

表 8.2.6　　防撓材のウェブ要求板厚

最小ネットウェブ板厚（$t_{w\text{-}net}$）は，**表 8.2.7** に規定するすべての適用する設計荷重において次式により計算した最も大きい値としなければならない。 $t_{w-net} = \frac{f_{shr}\lvert P\rvert s l_{shr}}{d_{shr} C_t \tau_{yd}}$ （mm）	
P	：**3 節 5.1** で規定する荷重計算点において計算する適用すべき設計荷重条件の荷重（kN/m^2）
f_{shr}	：せん断力の係数： 連続防撓材及び防撓材の端部の支持条件を固定端に理想化している場合： = 0.5 水平防撓材において = 0.7 垂直防撓材において 固着度の低い端部の支持条件の防撓材においては **8 節 7** を参照すること
d_{shr}	：**4 節 2.4.2.2** の規定による。（mm）
C_t	：考慮される設計荷重条件における許容せん断応力の係数： = 0.75 許容評価基準条件 AC1 において = 0.90 許容評価基準条件 AC2 において
s	：**4 節 2.2** の規定による。（mm）
l_{shr}	：有効せん断スパン（m）（**4 節 2.1.2** 参照）
τ_{yd}	$= \frac{\sigma_{yd}}{\sqrt{3}}$ （N/mm^2）
σ_{yd}	：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

表 8.2.7　　板及び支持部材における設計荷重条件

構造部材		設計荷重条件 (1)(2)(3)	荷重成分	喫水	コメント	図表示
竜骨, 船底外板, ビルジ, 船側外板, 舷側厚板		1	P_{ex}	T_{sc}	海水圧のみ	
		2	P_{ex}	T_{sc}		
		7	$P_{in} - P_{ex}$	T_{bal}	バラスト水圧と海水圧間のネット圧力差	
		8	$P_{in} - P_{ex}$	$0.25T_{sc}$		
甲板	貨物タンク	1	P_{ex}	T_{sc}	青波圧のみ 又は甲板の他の荷重	
		3	P_{in}	$0.6T_{sc}$	貨物圧のみ	
		4	P_{in}	-		
		11	$P_{in\text{-}flood}$	-		
	他のタンク	1	P_{ex}	T_{sc}	青波圧のみ 又は甲板の他の荷重	
		5	P_{in}	T_{bal}	バラスト水圧 又は液体圧のみ	
		6	P_{in}	$0.25T_{sc}$		
		11	$P_{in\text{-}flood}$	-		
	任意の位置	9	P_{dk}	T_{bal}	分布荷重 又は集中荷重のみ 同時に起こる青波圧を無視して差し支えない	
		10	P_{dk}	-		
内底, 二重船殻部, ホッパサイド		3	P_{in}	$0.6T_{sc}$	貨物圧のみ	
		4	P_{in}	-		
		5	P_{in}	T_{bal}	バラスト水 又は液体圧のみ	
		6	P_{in}	$0.25T_{sc}$		
		11	$P_{in\text{-}flood}$	-		
縦通隔壁, 中心線縦通隔壁		3	P_{in}	$0.6T_{sc}$	1 方向からのみの圧力。 隣接タンクが空である満載貨物タンク。 下記の 2 ケースの場合を評価しなければならない： 1. 内側空，外側満載 2. 内側満載，外側	
		4	P_{in}	-		
		11	$P_{in\text{-}flood}$	-		
横隔壁	貨物タンク	3	P_{in}	$0.6T_{sc}$	1 方向からのみの圧力。	
		4	P_{in}	-		
		11	$P_{in\text{-}flood}$	-		

構造部材		設計荷重条件 (1)(2)(3)	荷重成分	喫水	コメント	図表示
	他のタンク	5	P_{in}	T_{bal}	隣接する前後貨物タンクが空である満載貨物タンク 1) 前方が空，後方が満載 2) 前方が満載，後方が空	
		6	P_{in}	$0.25T_{sc}$		
		11	$P_{in\text{-}flood}$	-		
他のタンク境界，例えば，桁，助板，縦材		5	P_{in}	T_{bal}	1 方向からのみの圧力。隣接タンクが空である満載貨物タンク。 2 ケースの場合を評価する必要がある，上記参照	
		6	P_{in}	$0.25T_{sc}$		
		11	$P_{in\text{-}flood}$	-		

T_{sc} ：**4 節 1.1.5.5** の規定による構造用喫水。

T_{bal} ：**4 節 1.1.5.2** の規定する設計最小バラスト喫水（*m*）

（備考）

(1) 各荷重条件において，設計荷重の荷重組合せ，荷重成分，許容基準及び他の荷重パラメータの規定は，**表 8.2.8** に規定する。

(2) 船舶の構造配置が上記により難い場合，構造境界の寸法規定を決めるために適用する設計荷重条件は，隣接するタンク又は空所がある一方の満載タンクを明確にするために選ばれなければならない。境界は両方向からの荷重において評価しなければならない。設計荷重条件はタンク又は区画を基に選ばれなければならない，構造境界上の圧力は最大としなければならない，また，使用する喫水は設計荷重条件及びこの表に従わなければならない。*S* 及び *S+D* 設計荷重の組合せを含む設計荷重条件を選択しなければならない（**備考 4** 及び**表 8.2.8** 参照）。

(3) 船体外板を形成しない空所及び液体を積載しない区画の境界は，設計荷重条件 11 を使用して評価しなければならない（**備考 2** 参照）。

(4) いくつかの構造部材における設計荷重条件（*DLS*）は上記によらない。

貨物タンクとバラストタンクとなるスツールの境界において：

- *DLS5*，6 及び 11 は，*WB* タンク側からの圧力として適用しなければならない。
- 貨物タンク側からの圧力は，*DLS*3，4 及び 11 を適用しなければならない。

2 つのバラストタンク又はバラストを分ける二重底桁材及び燃料油タンクにおいて：

- *DLS*5，6 及び 11 は，各側面からの圧力として適用しなければならない。

貨物タンク内のボイドスペースとなるスツールの境界において：

- 貨物タンク側面からの圧力は，*DLS*3，4 及び 11 を適用しなければならない。
- ボイドスペース側面からの圧力は，*DLS*11 を適用しなければならない。

表 8.2.8　各設計荷重条件における設計荷重の組合せ，許容評価基準及びその他の荷重パラメータ

設計荷重条件	荷重成分(1)	設計荷重の組合せ(2)	許容評価基準条件	計算荷重成分におけるパラメータ		
				DLCF(3)	*GM*	$r_{roll\text{-}gyr}$
船体外板（*PSM* 及び *LSM*）						
1	海水圧 P_{ex}	$S+D$	AC2	積載時 *DLCF*	0.12*B*	0.35*B*
2		S	AC1			
貨物タンク境界（*PSM* 及び *LSM*）						
3	貨物圧 P_{in}	$S+D$	AC2	積載時 *DLCF*	0.24*B*	0.40*B*
4		S	AC1			
海水バラスト及び他のタンクの境界（*PSM* 及び *LSM*）						
5	海水バラスト又は他の液体タンク圧 P_{in}	$S+D$	AC2	バラスト時 *DLCF*	0.33*B*	0.45*B*
6		S	AC1			
7	（ネット海水バラスト）-（海水圧） $P_{in}-P_{ex}$	$S+D$	AC2	バラスト時 *DLCF*	0.33*B*	0.45*B*
8		S	AC1			
甲板（*LSM* 及び *PSM*）						
9	甲板上の分布荷重及び集中荷重 P_{dk}	$S+D$	AC2	バラスト時 *DLCF*	0.33*B*	0.45*B*
10		S	AC1			
水密境界（*LSM* 及び *PSM*）						
11	損傷による浸水 $P_{in\text{-}flood}$	A	AC2			
船体外板（PSM）						
12	（ネット貨物圧）-（海水圧）$P_{in}-P_{ex}$	$S+D$	AC2	積載時 *DLCF*	0.24*B*	0.40*B*
13		S	AC1			
14	貨物及び海水圧の平均 $(P_{in}+P_{ex})/2$	$S+D$	AC2	積載時 *DLCF*	0.12*B*	0.35*B*
15		$S+D$	AC2	積載時 *DLCF*	0.24*B*	0.40*B*
16		S	AC1			

PSM　：主要支持部材

LSM　：支持部材

DLCF　：動的荷重組合せ係数

P_{in}，P_{ex}，P_{dk}，$P_{in\text{-}flood}$　：**表 7.6.1** 及び**表 8.2.7** 又は**表 8.2.9** による。

B　：**4 節 1.1.3.1** に規定する型幅（*m*）

（備考）

(1) 構造部材は，適用するすべての設計荷重条件に対して設計されなければならない。この表は設計荷重条件の圧力荷重成分を規定する。ハルガーダ曲げモーメントは支持部材において**表 8.2.4** 及び**表 8.2.5** に規定する。

(2) 各設計荷重条件に適用した設計荷重の組合せを示す（**表 7.6.1** 参照）。*S* は静的設計荷重組合せ，*S*+*D* は静的設計荷重及び動的設計荷重の組合せ及び *A* は損傷を考慮する設計荷重組合せを意味する。

(3) 圧力成分及び広範囲の荷重成分の偏差を使用した動荷重組合せ係数を示す（**表 7.6.1** 参照）。

2.6 主要支持部材

2.6.1 一般

2.6.1.1 図 8.2.4 に示す範囲での貨物タンク区域内の主要支持部材の部材寸法は，2.6.1.2 から 2.6.1.7 の規定によらなければならない。

2.6.1.2 2.6 で規定する主要支持部材の断面係数及びせん断面積の評価基準は，図 2.3.1 に示す構造配置の以下の構造部材に適用する。

(a) 二重底フロア及び桁

(b) 上甲板下の甲板横桁

(c) 二重船側部の船側横桁

(d) 縦通隔壁の立桁（クロスタイを有する場合及び無い場合）

(e) 横隔壁の水平桁（支持部材又は中間部支持部材を有する水平桁を除く）

(f) 中央及び船側貨物タンク内のクロスタイ

2.6.1.3 主要支持部材の部材寸法は，9 節 2 に規定する有限要素法（*FE*）による貨物タンク構造解析により確認しなければならない。

2.6.1.4 主要支持部材の断面係数若しくはせん断面積又は主要支持部材のクロスタイの断面積は，有限要素法による貨物タンク構造解析及び 2.1.6 に適合する部材寸法の軽減規定により要求値の 85%まで減じて差し支えない。

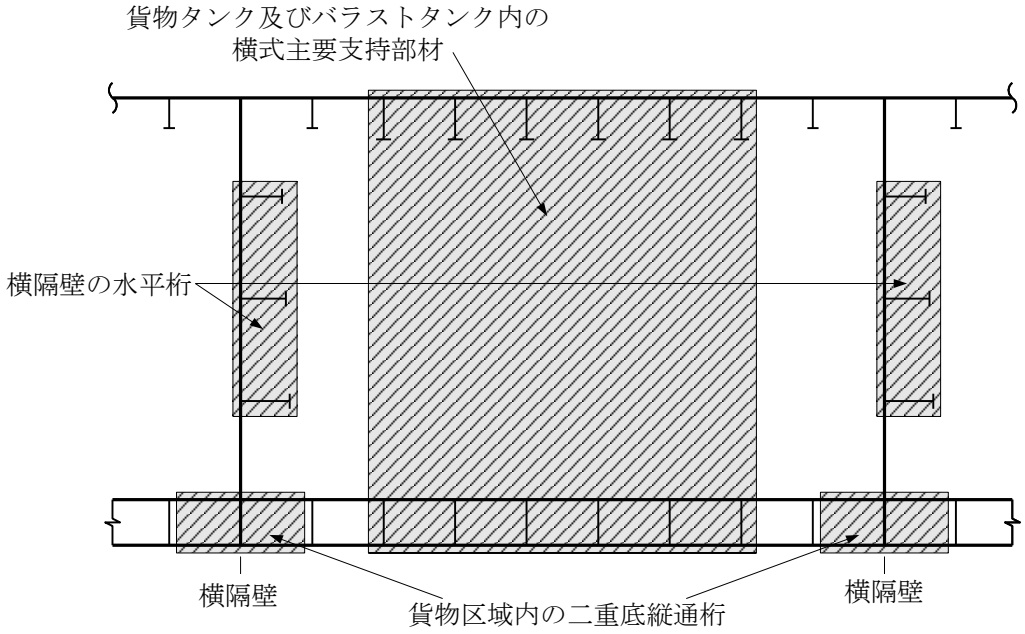
2.6.1.5 一般に，主要支持部材は，隣接するトランスリングと同一面に配置しなければならない。トランスリングの主要支持部材間を接続するブラケットは，4 節 3.3.3 に従って設計しなければならない。

2.6.1.6 主要支持部材のウェブは，10 節 2.3 に従って防撓材で補強しなければならない。

2.6.1.7 主要支持部材のウェブは，適用上 2.6.4.1，2.6.6.1 及び 2.6.7.1 で規定する値未満のウェブ深さとしてはならない。同等の補強を行う場合，より小さいウェブ深さにしても差し支えない（3 節 5.3.3.4 参照）。防撓材又は縦通肋骨等のためのウェブに設けられるスロット開口が塞がれない場合は，主要支持部材のウェブ深さは，スロットの深さの 2.5 倍未満としてはならない。

2.6.1.8 横隔壁に隣接する最初の主要支持部材の部材寸法は，8 節 7，2.6.1.3，2.6.1.4，2.6.1.5，2.6.1.6，2.6.4.3 及び 2.6.4.4 の規定によらなければならない。2.6.4.3 及び 2.6.4.4 の規定による場合にあっては，設計青波荷重を考慮しなければならない。

図 8.2.4 適用範囲の図

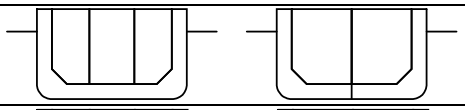
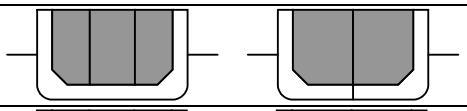
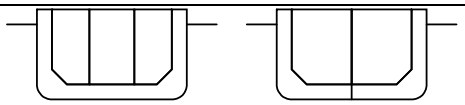
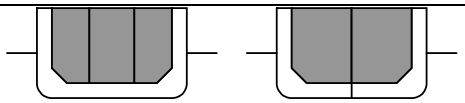
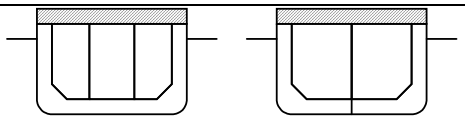
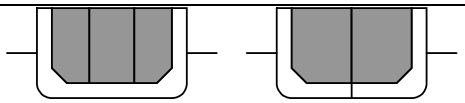
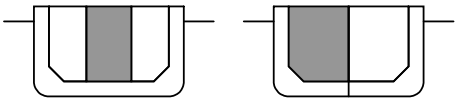
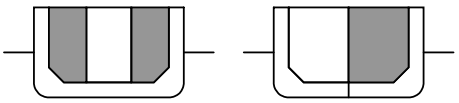
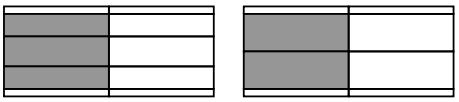
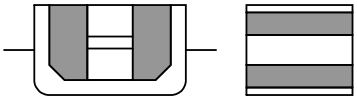
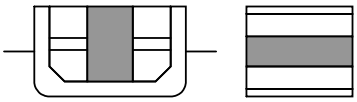


2.6.2 主要支持部材に対する設計荷重条件及び許容応力の係数

2.6.2.1 主要支持部材の評価のための設計荷重条件は，**表 8.2.9** による。

2.6.2.2 主要支持部材の評価のための許容曲げ応力とせん断応力の係数は，**表 8.2.10** による。

表 8.2.9 主要支持部材における設計荷重条件

構造部材	設計荷重条件(1)(5)(6)	荷重成分	喫水	コメント	図表示
二重底フロア及びガーダ(3)	1	P_{ex}	$0.9T_{sc}$ (2)	海水圧のみ	
	2	P_{ex}	T_{sc}		
	12	$P_{in} - P_{ex}$	$0.6T_{sc}$	貨物タンク及び海水圧間のネット圧力差	
	13	$P_{in} - P_{ex}$	(4)		
船側横桁(3)	1	P_{ex}	$0.9T_{sc}$	海水圧のみ	
	2	P_{ex}	T_{sc}		
	3	P_{in}	$0.6T_{sc}$	貨物圧のみ	
	4	P_{in}	-		
甲板横桁	1	P_{ex}	T_{sc}	青波圧のみ 又は甲板の他の荷重	
	3	P_{in}	$0.6T_{sc}$	貨物圧のみ	
	4	P_{in}	-		
縦通隔壁の立桁	3	P_{in}	$0.6T_{sc}$	1 方向のみからの圧力。 隣接タンクが空である満載貨物タンク	
	4	P_{in}	-		
	3	P_{in}	$0.6T_{sc}$	1 方向のみからの圧力。 隣接タンクが空である満載貨物タンク	
	4	P_{in}	-		
横隔壁の水平桁	3	P_{in}	$0.6T_{sc}$	1 方向のみからの圧力。 隣接する前後貨物タンクが空である満載貨物タンク 1)前方が空，後方が満載 2)前方が満載，後方が空	
	4	P_{in}	-		
	11	$P_{in\text{-}flood}$	-		
中央タンクのクロスタイ	3	$\frac{P_{in-pt} + P_{in}}{2}$	$0.6T_{sc}$	船側貨物タンク，満載。 中央タンク，空。	
	4	P_{in}	-		
船側タンクのクロスタイ	14	$\frac{P_{in} + P_{ex}}{2}$	T_{sc}	中央タンク，満載。 ウィン貨物タンク，空。	
	15	$\frac{P_{in} + P_{ex}}{2}$	$0.6T_{sc}$		
	16	$\frac{P_{in} + P_{ex}}{2}$	T_{sc}		

$P_{in\text{-}pt}$ ：左舷船側タンクからの設計圧（kN/m^2）

$P_{in\text{-}stb}$ ：右舷船側貨物タンクからの設計圧（kN/m^2）

T_{sc} ：**4 節 1.1.5.5** の規定による構造用喫水（m）

T_{bal} ：**4 節 1.1.5.2** に規定する設計最小バラスト喫水（*m*）

（備考）

(1) **表 8.2.8** に規定する各設計荷重における設計荷重の組合せ，荷重成分，許容評価基準条件及び他の荷重パラメータ

(2) **1.1.2.9(b)**参照

(3) 船底フロア，縦桁及び横桁に対する喫水は，**1.1.2** に規定する運航上の制限を基本とすること。運航上の積付状態が規則上の積付状態の喫水を超える場合，特別な考慮が必要である。

(4) 2 列の油密縦通隔壁を有するタンカーにおいて，喫水は $0.25T_{sc}$ としなければならない。中心線縦通隔壁を有するタンカーにおいて，喫水は $0.33T_{sc}$ としなければならない。

(5) 船舶の構造配置が上記の構造部材及び構造配置分類により難い場合，主要支持部材の部材寸法の規定を決めるために適用する設計荷重条件は，以下から全ての適用条件を明確にするよう選択しなければならない。

- 考慮する主要支持部材の片側が満載タンク，他の側のタンク若しくは区画が空
- 考慮する主要支持部材の片側が満載タンクで外圧最小
- 隣接するタンク若しくは区画が空で外圧を最大

境界面は両側からの荷重において評価しなければならない。設計荷重条件はタンク又は区画の種類に基づいて選択しなければならない。また，構造境界上のネット圧力を最大にしなければならない。使用する喫水は設計荷重条件及びこの表によらなければならない。*S* 及び *S+D* の設計荷重の組合せを含む設計荷重条件を選択しなければならない。特有の構造配置では，設計荷重条件 11 は適用する必要がある（**表 8.2.7** の**備考 4** 及び**表 8.2.8** 参照）。

(6) ボイドスペース又は液体を積載しない区画においては，設計荷重条件 11 は適用する必要がある場合を除いて，ボイドスペース側からの圧力成分は無視しなければならない。

表 8.2.10　主要支持部材における許容応力の係数 $C_{s\text{-}pr}$ 及び $C_{t\text{-}pr}$

許容評価基準条件	許容曲げ応力の係数 $C_{s\text{-}pr}$	許容せん断応力の係数 $C_{t\text{-}pr}$
AC1	0.70	0.70
AC2	0.85	0.85

2.6.3　二重底内の桁とフロア

2.6.3.1　連続した二重底縦桁は，中心線又はダクトキール，ホッパサイド，縦通隔壁及び隔壁スツールの位置に配置しなければならない。平板のフロアは，横隔壁及び隔壁スツールの位置に配置しなければならない。

2.6.3.2　フロアのネットせん断面積 $A_{shr\text{-}net50}$ は，フロアのいかなる位置においても，次式による値以上としなければならない。

$$A_{shr-net50} = \frac{10Q}{C_{t-pr}\tau_{yd}} \quad (cm^2)$$

Q ：設計せん断力

$=f_{shr}\,P\,S\,l_{shr}$ （*kN*）

f_{shr} ：せん断力係数

$$= f_{shr-i}\left(1-\frac{2y_i}{l_{shr}}\right) \quad 0.2 \text{ 未満であってはならない}$$

$f_{shr\text{-}i}$ ：**表 8.2.11** に規定される間隔 l_{shr} の端部におけるせん断力分布の係数

l_{shr} ：**図 8.2.6** に示す二重底内フロアの有効せん断長さ（*m*），ブラケット端部で，有効せん断長さは **4 節 2.1.5** に規定する有効な端部ブラケットの先端までとする。フロアの端部がホッパーの縦桁又はスツールの場合，有効せん断長さは，**図 8.2.6** に示す縦桁から隣接の船底及び内底縦通部材までの距離の 1/2 の点までとする。

y_i ：考慮するフロアの横断面から最も近い有効せん断長さ l_{shr} の端部までの距離（*m*）

S ：**4 節 2.2.2** に規定する主要支持部材の心距（*m*）

P ：横隔壁と制水隔壁又は横隔壁の中間にあるフロアの有効せん断長さ l_{shr} の中点で計算した考慮すべき設計荷重条件での設計荷重（kN/m^2）

$C_{t\text{-}pr}$ ：**表 8.2.10** で規定する主要支持部材における許容せん断応力の係数

$$\tau_{yd} = \frac{\sigma_{yd}}{\sqrt{3}} \quad (N/mm^2)$$

σ_{yd} ：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

表 8.2.11　　フロアのせん断力分布の係数

構造配置	中央タンク（図 8.2.5 における f_{shr3}）	船側タンク	
		船内側（図 8.2.5 における f_{shr2}）	ホッパナックル側（図 8.2.5 における f_{shr1}）
中心線縦通隔壁を有する船舶	-	0.4	0.6
2 列の縦通隔壁を有する船舶	0.5	0.5	0.65

図 8.2.5　　フロアせん断力分布の係数

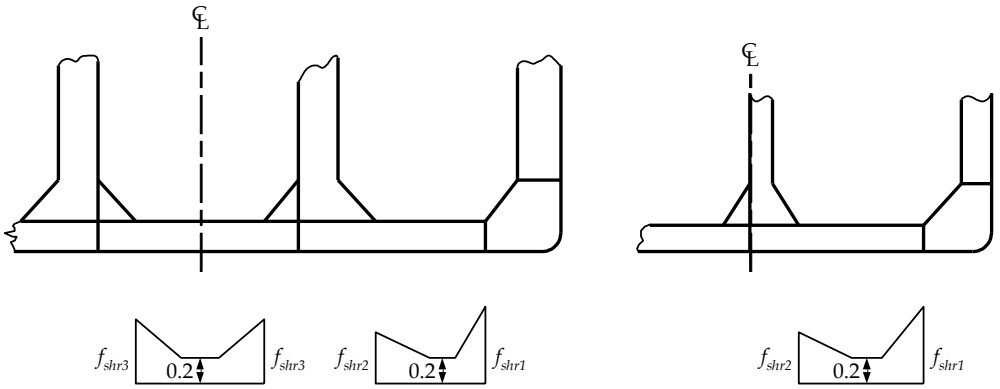
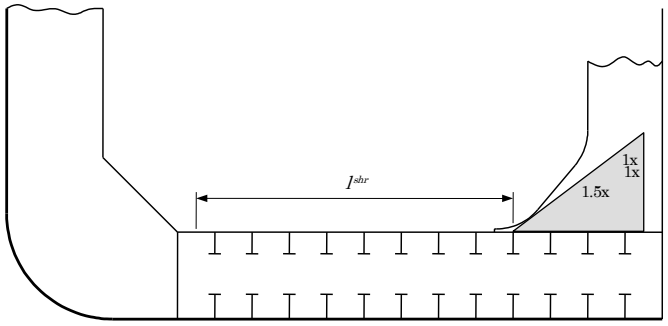
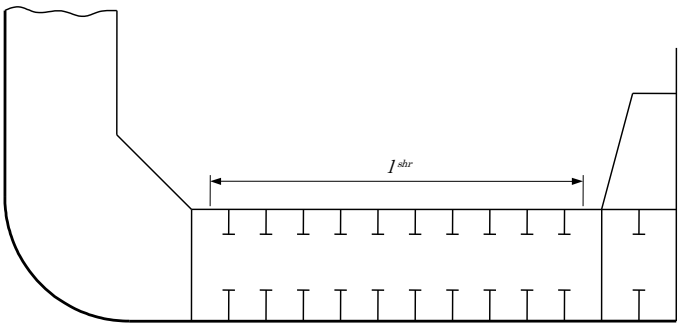


図 8.2.6　　フロアの有効せん断スパン



典型的なビルジホッパ及び端部ブラケットの配置



典型的なビルジホッパ及びスツールの配置

2.6.3.3　中心線縦通隔壁を有さない船の場合，それぞれの油密横隔壁及び制水隔壁（付いている場合）からの最初の区画の中心線縦桁のネットせん断面積 $A_{shr\text{-}net50}$ は，次の算式による値以上としなければならない。

$$A_{shr-net50} = \frac{10Q}{C_{t-pr}\tau_{yd}}$$

Q　：設計垂直せん断力

$= 0.21\, n_1\, n_2\, P\, l_{shr}^2$（$kN$）

l_{shr}　：**図 8.2.6** に示す二重底内フロアの有効せん断長さ（m），ブラケット端部で，有効せん断長さは **4 節 2.1.5** に規定する有効な端部ブラケットの先端までとする。フロアの端部がホッパーの縦桁又はスツールの場合，有効せん断長さは，**図 8.2.6** に示す縦桁から隣接の船底及び内底縦通部材までの距離の 1/2 の点までとする。

P　：横隔壁及び制水隔壁又は横隔壁の中間にあるフロアの有効せん断長さ l_{shr} の中点で計算した考慮すべき設計荷重条件での設計荷重（kN/m^2）

$$n_1 = 0.00935\left(\frac{l_{shr}}{S}\right)^2 - 0.163\left(\frac{l_{shr}}{S}\right) + 1.289$$

$$n_2 = 1.3 - \left(\frac{S}{12}\right)$$

S　：**4 節 2.2.2** に規定する二重底フロアの心距（m）

$C_{t\text{-}pr}$：**表 8.2.10** に規定する主要支持部材における許容せん断応力の係数

$$\tau_{yd} = \frac{\sigma_{yd}}{\sqrt{3}}\ (N/mm^2)$$

σ_{yd}　：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

2.6.3.4　上部に縦通隔壁を配置していない二重底の側桁において，それぞれの横隔壁及び制水隔壁（付いている場合）からの最初の区画の船底側桁板のネットせん断面積 $A_{shr\text{-}net50}$ は，次の算式未満であってはならない。

$$A_{shr-net50} = \frac{10Q}{C_{t-pr}\tau_{yd}}\ (cm^2)$$

Q　：設計垂直せん断力

$= 0.14\, n_3\, n_4\, P\, l_{shr}^2$　（kN）

$$n_3 = 1.072 - 0.0357\left(\frac{l_{shr}}{S}\right)$$

$$n_4 = 1.2 - \left(\frac{S}{18}\right)$$

l_{shr}　：**図 8.2.6** に示す二重底内フロアの有効せん断長さ（m）。ブラケット端部で，有効せん断長さは **4 節 2.1.5** に規定する有効な端部ブラケットの先端までとする。フロアの端部がホッパーの縦桁又はスツールの場合，有効せん断長さは，**図 8.2.6** に示す縦桁から隣接の船底及び内底縦通部材までの距離の 1/2 の点までとする。

S　：**4 節 2.2.2** に規定する二重底フロアの心距（m）

P　：横隔壁と制水隔壁又は横隔壁の中間にあるフロアの有効せん断長さ l_{shr} の中点で計算した考慮すべき設計荷重条件での設計荷重（kN/m^2）

$C_{t\text{-}pr}$：**表 8.2.10** で規定する主要支持部材における許容せん断応力の係数

$$\tau_{yd} = \frac{\sigma_{yd}}{\sqrt{3}}\ (N/mm^2)$$

σ_{yd}　：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

2.6.4　甲板横桁

2.6.4.1　甲板横桁のウェブ深さは，次の値以上としなければならない。

(a)　$0.20l_{bdg\text{-}dt}$：2 列の縦通隔壁を有する船の船側貨物タンク内の甲板横桁

(b)　$0.13l_{bdg\text{-}dt}$：2 列の縦通隔壁を有する船の中央貨物タンク内の甲板横桁。この場合，中央貨物タンクの甲板横桁のウェブ深さは，船側貨物タンクの甲板横桁の 90%以上としなければならない。

(c)　$0.10l_{bdg\text{-}dt}$：中心線縦通隔壁を有する船の甲板横桁

(d)　**2.6.1.7** の規定。

$l_{bdg\text{-}dt}$　：甲板横桁の有効曲げ長さ（m）（**4 節 2.1.4** 及び**図 8.2.7** 参照）。ただし，考慮する位置におけるタンク幅の 60%未満としてはならない。

2.6.4.2　板付の甲板横桁の慣性モーメントは，甲板構造の全体の撓みを考慮して **10 節 2.3.2.3** の規定に適合しなければならない。

2.6.4.3　甲板横桁のネット断面係数は，以下に規定する $Z_{in\text{-}net50}$ 及び $Z_{ex\text{-}net50}$ の値以上でなければならない。また，船側貨物タンク内の甲板横桁のネット断面係数は，中央タンク内の甲板横桁の要求値未満であってはならない。

$$Z_{in-net50} = \frac{1000M_{in}}{C_{s-pr\sigma yd}} \ (cm^3)$$

$$Z_{ex-net50} = \frac{1000M_{ex}}{C_{s-pr\sigma yd}} \ (cm^3)$$

M_{in}　：貨物荷重による設計曲げモーメント（*kNm*）で，以下による

(a)　2 列の縦通隔壁を有する船の船側貨物タンク内の甲板横桁及び中心線縦通隔壁を有する船の貨物タンク内の甲板横桁において：

$= 0.042\ \varphi_t\ P_{in\text{-}dt}\ S\ l_{bdg\text{-}dt}^2 + M_{st}$　　ただし，M_o 未満としてはならない。

(b)　2 列の縦通隔壁を有する船の中央貨物タンクの甲板横桁において：

$= 0.042\ \varphi_t\ P_{in\text{-}dt}\ S\ l_{bdg\text{-}dt}^2 + M_{vw}$　　ただし，M_o 未満としてはならない。

M_{st}　：立桁から伝達される曲げモーメント

$= c_{st}\ \beta_{st}\ P_{in\text{-}st} S l_{bdg\text{-}st}^2$（*kNm*）

船側貨物タンク内にクロスタイがあり，$l_{bdg\text{-}st\text{-}ct}$ が $0.7l_{bdg\text{-}st}$ を超える場合には，上式の $l_{bdg\text{-}st}$ は $l_{bdg\text{-}st\text{-}ct}$ として差し支えない。

M_{vw}　：縦通隔壁の立桁から伝達される曲げモーメント

$= c_{vw}\ \beta_{vw}\ P_{in\text{-}vw} S l_{bdg\text{-}vw}^2$（*kNm*）

$l_{bdg\text{-}vw\text{-}ct}$ が $0.7l_{bdg\text{-}vw}$ を超える場合には，上式の $l_{bdg\text{-}vw}$ は $l_{bdg\text{-}vw\text{-}ct}$ として差し支えない。

立て波形隔壁において，M_{vw} は，甲板横桁の間隔を分担幅とする波形隔壁の上端部のモーメントとする。

M_o　：最小曲げモーメント；

$= 0.083\ P_{in\text{-}dt}\ S\ l_{bdg\text{-}dt}^2$（*kNm*）

M_{ex}　：青波荷重による設計曲げモーメント；

$= 0.067\ P_{ex\text{-}dt}\ S\ l_{bdg\text{-}dt}^2$（*kNm*）

$P_{in\text{-}dt}$　：考慮する設計荷重条件における設計貨物荷重（kN/m^2）で，タンク（長さの）中央の甲板横桁の有効スパン（$l_{bdg\text{-}dt}$）の中点で計算する。

$P_{in\text{-}st}$　：考慮する設計荷重条件での船側貨物タンクにおける設計貨物荷重（kN/m^2）で，タンク（長さの）中央の立桁の有効曲げスパン（$l_{bdg\text{-}st}$）の中点で計算する。

$P_{in\text{-}vw}$　：考慮する設計荷重条件での 2 列の縦通隔壁を有する船の中央貨物タンクにおける設計貨物荷重（kN/m^2）で，タンク（長さの）中央の縦通隔壁付き立桁の有効曲げスパン（$l_{bdg\text{-}vw}$）の中点で計算する。

$P_{ex\text{-}dt}$　：考慮する設計荷重条件での設計青波荷重（kN/m^2）で，タンク（長さの）中央の甲板横桁の有効曲げスパン（$l_{bdg\text{-}dt}$）の中点で計算する。

φ_t　$= 1 - 5\left(\frac{y_{toe}}{l_{bdg-dt}}\right)$　　ただし，0.6 未満としてはならない。

y_{toe}　：有効曲げスパン $l_{bdg\text{-}dt}$ の端部から甲板横桁の端部ブラケットの先端までの距離（*m*）

β_{st}　$= 0.9\left(\frac{l_{bdg-st}}{l_{bdg-dt}}\right)\left(\frac{I_{dt}}{I_{st}}\right)$　ただし，0.1 以上 0.65 以下とする。

β_{vw}　$= 0.9\left(\frac{l_{bdg-vw}}{l_{bdg-dt}}\right)\left(\frac{I_{dt}}{I_{vw}}\right)$　ただし，0.1 以上 0.5 以下とする。

S　：**4 節 2.2.2** に規定する主要支持部材の心距（*m*）

l_{bdg-dt}　：甲板横桁の有効曲げ長さ（*m*）。（**4 節 2.1.4** 及び**図 8.2.7** 参照）ただし，考慮する位置におけるタンク幅の 60%未満としてはならない。

l_{bdg-st}　：甲板横桁及びビルジホッパの間の立桁の有効曲げスパン（*m*）（**4 節 2.1.4** 及び**図 8.2.7** 参照）。

$l_{bdg-st-ct}$　：船側貨物タンク内にクロスタイを有する場合，甲板横桁及びクロスタイのウェブ深さの中点の間の立桁の有効曲げスパン（*m*）（**4 節 2.1.4** 参照）。

l_{bdg-vw}　：甲板横桁及び船底構造の間の縦通隔壁の立桁の有効曲げスパン（*m*）（**4 節 2.1.4** 及び**図 8.2.7** 参照）。

$l_{bdg-vw-ct}$ ：甲板横桁及びクロスタイのウェブ深さの中点の間の縦通隔壁付き立桁の有効曲げスパン（m）（**4 節 2.1.4** 参照）。

I_{dt} ：**4 節 2.3.2.3** で規定する有効幅を有する甲板横桁のネット慣性モーメント（cm^4）。

I_{st} ：**4 節 2.3.2.3** で規定する有効幅を有する立桁のネット慣性モーメント（cm^4）。

I_{vw} ：**4 節 2.3.2.3** で規定する有効幅を有する縦通隔壁の立桁のネット慣性モーメント（cm^4）。

c_{st} ：**表 8.2.12** の規定による。

c_{vw} ：**表 8.2.12** の規定による。

C_{s-pr} ：**表 8.2.10** で規定する主要支持部材における許容曲げ応力の係数。

σ_{yd} ：材料の最小降伏応力（N/mm^2）。

表 8.2.12　　甲板横桁における c_{st} 及び c_{vw} の値

構造配置			c_{st}	c_{vw}
中心線縦通隔壁を有する船舶			0.056	-
2 列の縦通隔壁を有する船舶	中央貨物タンク内のクロスタイ	$l_{bdg-vw-ct}$ 基づく M_{vw}	-	0.044
		それぞれの l_{bdg-st} 又は l_{bdg-vw} に基づく M_{st} 又は M_{vw}	0.044	0.016
	船側貨物タンク内のクロスタイ	それぞれの $l_{bdg-s-ct}$ 又は $l_{bdg-vw-ct}$ に基づく M_{st} 又は M_{vw}	0.044	0.044
		それぞれの l_{bdg-st} 又は l_{bdg-vw} に基づく M_{st} 又は M_{vw}	0.041	0.015

2.6.4.4　甲板横桁のネットせん断面積は，次の算式による $A_{shr-in-net50}$ 及び $A_{shr-ex-net50}$ の値以上としなければならない。

$$A_{shr-in-net50} = \frac{10\,Q_{in}}{C_{t-pr}\,\tau_{yd}} \quad (cm^2)$$

$$A_{shr-ex-net50} = \frac{10\,Q_{ex}}{C_{t-pr}\,\tau_{yd}} \quad (cm^2)$$

Q_{in} ：貨物荷重による設計せん断力

$= 0.65\,P_{in-dt}\,S\,l_{shr} + c_1\,D\,b_{ctr}\,S\,\rho\,g$（$kN$）

Q_{ex} ：青波荷重による設計せん断力

$= 0.65\,P_{ex-dt}\,S\,l_{shr}$（$kN$）

P_{in-dt} ：考慮する設計荷重条件における設計貨物荷重（kN/m^2）で，タンク（長さの）中央の甲板横桁の有効曲げスパン（l_{bdg-dt}）の中点で計算する。

P_{ex-dt} ：考慮する設計荷重条件での設計青波荷重（kN/m^2）で，タンク（長さの）中央の甲板横桁の有効曲げスパン（l_{bdg-dt}）の中点で計算する。

S ：**4 節 2.2.2** に規定する主要支持部材の心距（m）

l_{shr} ：甲板横桁の有効せん断スパン（m）（**4 節 2.1.5** 参照）

l_{bdg-dt} ：甲板横桁の有効曲げスパン（m）（**4 節 2.1.4** 及び**図 8.2.7** 参照）ただし，考慮する位置におけるタンクの幅の 60%未満としてはならない。

c_1 = 0.04 ：2 列の縦通隔壁を有する船の船側貨物タンクの場合

= 0.00 ：2 列の縦通隔壁を有する船の中央タンクの場合

= 0.00 ：中心線縦通隔壁を有する船の場合

D ：**4 節 1.1.4** に規定する型深さ

b_{ctr} ：中央タンクの幅（m）

ρ ：タンク中の液体比重で，1.025 未満であってはならない（t/m^3）（**2 節 3.1.8** 参照）

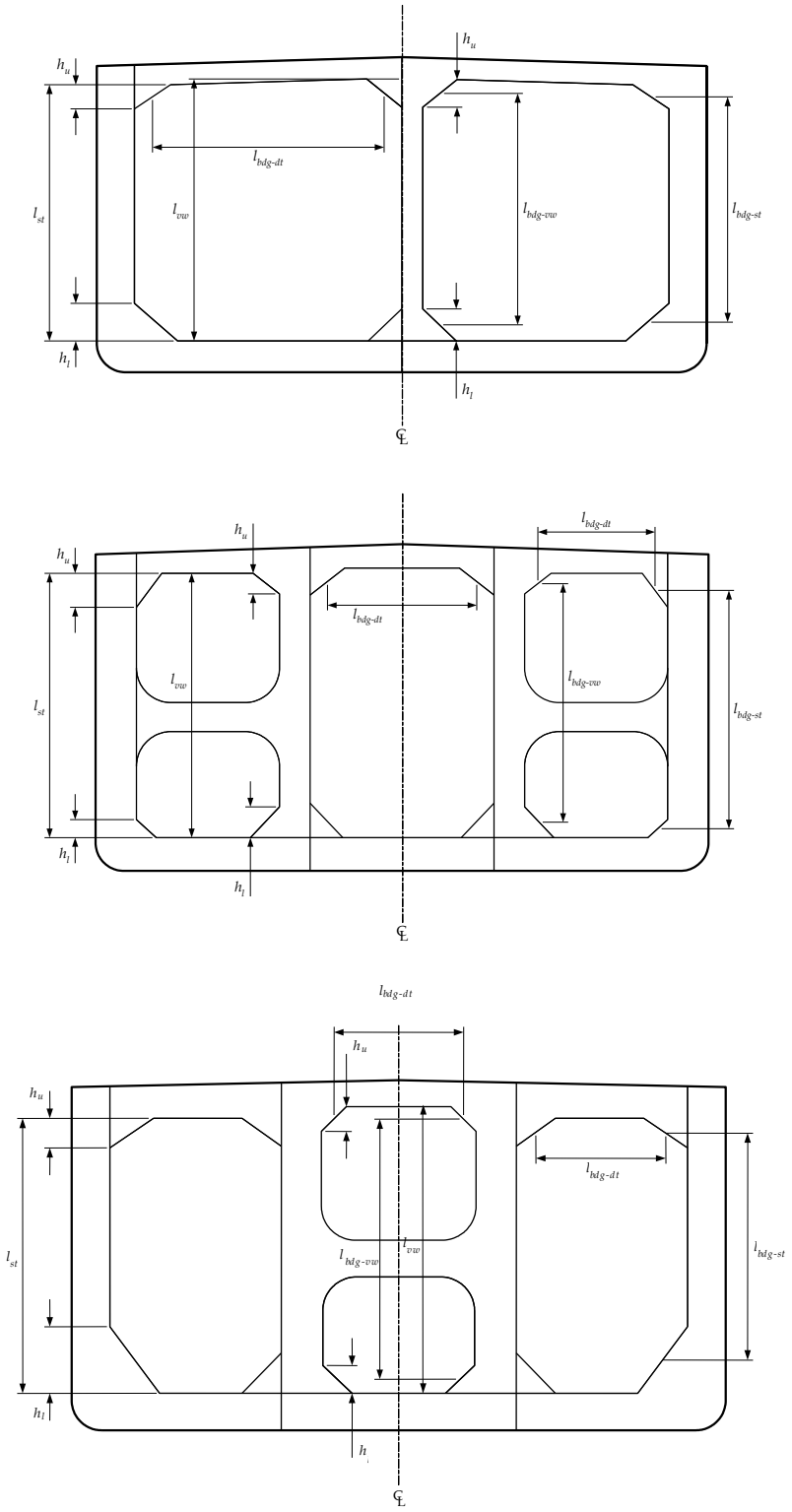
g ：重力加速度で，$9.81\,m/s^2$ とする。

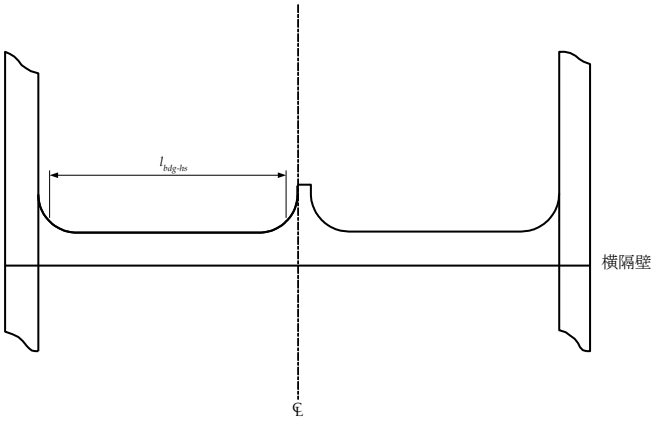
C_{t-pr} ：**表 8.2.10** に規定する主要支持部材における許容せん断応力の係数

$\tau_{yd} = \frac{\sigma_{yd}}{\sqrt{3}}$ （N/mm^2）

σ_{yd} ： 材料の最小降伏応力（N/mm^2）

図 8.2.7 甲板横桁，立桁，縦通隔壁の立桁及び横隔壁の水平桁のスパン





2.6.5 立桁

2.6.5.1 立桁のネットせん断面積 $A_{shr\text{-}net50}$ は次式未満であってはならない。

$$A_{shr-net50} = \frac{10Q}{C_{t-pr}\tau_{yd}} \quad (cm^2)$$

Q ：設計せん断力（kN）

= Q_u 立桁の上部において

= Q_l 立桁の下部において

$Q_u = S\,\{c_u\, l_{st}(P_u + P_l) - h_u\, P_u\}$

ここで船側貨物タンクにクロスタイがあり $l_{st\text{-}ct}$ が $0.7l_{st}$ を超える場合，上式における l_{st} は $l_{st\text{-}ct}$ としなければならない。

Q_l ：次式の値を超える値でなければならない。

(a) $S\,[c_l\, l_{st}\,(P_u + P_l) - h_l\, P_l]$

(b) $0.35c_l\, S\, l_{st}\,(P_u + P_l)$

(c) $1.2Q_u$

ここで船側貨物タンクにクロスタイがあり $l_{st\text{-}ct}$ が $0.7l_{st}$ を超える場合，上式における l_{st} は $l_{st\text{-}ct}$ としなければならない。

P_u ：タンクの長さ方向の中間部の以下の**(a)**から**(c)**で計算する考慮すべき設計荷重条件での設計荷重（kN/m^2）

(a) 甲板下に甲板横桁を有する場合，P_u は立桁の上部ブラケットの中点 h_u で計算しなければならない。

(b) 甲板上に甲板横桁を有する場合，以下の**(c)**の場合を除き，P_u は船側での甲板位置で計算しなければならない。

(c) 甲板上に甲板横桁があり船側部の上部構造に内殻の縦通隔壁を以下のように配置する場合：

- 船側部構造の上部の幅が二重船側部の幅の 1.5 倍より大きい場合及び
- 傾斜板と内殻の縦通隔壁の交差部の傾斜板の基点と船側部構造と甲板の交差部の点を結んだ線の角度が 30 度から 90 度までの場合

P_u は船側部構造の深さの中点で計算しなければならない。

P_l ：タンクの長さ方向の中間部のビルジホッパの高さ方向の中点 h_l で計算する考慮される設計荷重条件での設計荷重（kN/m^2）

l_{st} ：立桁の長さ（m）で，次の**(a)**及び**(b)**によらなければならない。

(a) 甲板下に甲板横桁を有する場合，l_{st} は甲板横桁のフランジと内底間の長さとする（**図 8.2.7** 参照）。

(b) 甲板上に甲板横桁を有する場合，l_{st} は船側での甲板位置と内底間の長さとする。

$l_{st\text{-}ct}$ ：立桁の長さ（m）で，次の**(a)**及び**(b)**によらなければならない。

(a) 甲板下に甲板横桁を有する場合，クロスタイを有する場合，l_{st} は甲板横桁のフランジとクロスタイの深さの中点間の長さとする。

(b) 甲板上に甲板横桁を有する場合，クロスタイを有する場合，l_{st} は船側での甲板位置とクロスタイの深さの中点間の長さとする。

S ：**4 節 2.2.2** で規定する主要支持部材の心距（m）

h_u ：立桁の上部ブラケットの有効長さ（m）で，次の**(a)**から**(c)**による。

(a) 甲板下に甲板横桁を有する場合，h_u は図 8.2.7 及び 4 節 2.1.5 に規定する。

(b) 甲板上に甲板横桁を有する場合，以下の(c)の場合を除き，h_u は 0.0 とする。

(c) 甲板上に甲板横桁があり船側部の上部構造に内殻の縦通隔壁を以下のように配置する場合：

- 船側部構造の上部の幅が二重船側部の幅の 1.5 倍より大きい場合及び
- 傾斜板と内殻の縦通隔壁の交差部の傾斜板の基点と船側部構造と甲板の交差部の点を結んだ線の角度が 30 度から 90 度までの場合

h_u は船側での甲板位置と船側部構造の傾斜板の下端間としなければならない。

h_l ：図 8.2.7 によるビルジホッパの高さ（m）

c_u 及び c_l ：表 8.2.13 の規定による。

$C_{t\text{-}pr}$ ：表 8.2.10 に規定する主要支持部材における許容せん断応力係数

$\tau_{yd} = \frac{\sigma_{yd}}{\sqrt{3}}$ （N/mm^2）

σ_{yd} ：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

表 8.2.13 立桁における c_u 及び c_l の値

構造配置			c_u		c_l	
船側縦材の数			3 未満	3 以上	3 未満	3 以上
中心線縦通隔壁を有する船			0.12	0.09	0.29	0.21
2 列の縦通隔壁を有する船	中央貨物タンクのクロスタイ					
	船側貨物タンクのクロスタイ	$l_{st\text{-}ct}$ における Q_u 又は Q_l				
		l_{st} における Q_u 又は Q_l	0.08		0.20	

2.6.5.2 立桁の長さに亘るせん断面積は以下に従わなければならない。

(a) 上部の要求せん断面積は，上部 $0.2l_{shr}$ に亘り維持しなければならない。

(b) 下部の要求せん断面積は，下部 $0.2l_{shr}$ に亘り維持しなければならない。

(c) Q_u 又は Q_l が $l_{st\text{-}ct}$ に基づいて決定する場合，下部の要求せん断面積はクロスタイより下部で維持しなければならない。

(d) 船側貨物タンクにクロスタイが無い場合，上部と下部の間の要求せん断面積は中点で下部の要求せん断面積の 50% まで線形的に減少させなければならない。

(e) 船側貨物タンクにクロスタイを有する場合，スパンに沿った要求せん断面積は上部及び下部の間で漸減しなければならない。

l_{shr} ：立桁の有効せん断長さ（m）

$= l_{st} - h_u - h_l$ Q_u 又は Q_l が l_{st} に基づき決定する場合

$= l_{st\text{-}ct} - h_u$ Q_u 又は Q_l が $l_{st\text{-}ct}$ に基づき決定する場合

l_{st}，$l_{st\text{-}ct}$，h_u，h_l，Q_u 及び Q_l は 2.6.5.1 の規定による。

（備考）

異なる降伏応力の材料を使用する場合，材料の降伏応力が異なることを適切に考慮しなければならない。

2.6.6 縦通隔壁の立桁

2.6.6.1 縦通隔壁の立桁のウェブの深さは，次の値未満であってはならない。

(a) $0.14l_{bdg\text{-}vw}$ 中心線縦通隔壁を有する船において

(b) $0.09l_{bdg\text{-}vw}$ 2 列の縦通隔壁を有する船において

(c) 2.6.1.7 の規定による値

$l_{bdg\text{-}vw}$：縦通隔壁の立桁の曲げ長さ（2.6.6.2 及び図 8.2.7 参照）

2.6.6.2 立桁のネット断面係数，Z_{net50} は次の算式よる値未満であってはならない。

$$Z_{net50} = \frac{1000M}{C_{s-pr}\,\sigma_{yd}} \quad (cm^3)$$

M ：設計曲げモーメント（kNm）

$= c_u PSl_{bag\text{-}vw}^2$ 立桁の上部の場合

$= c_l P S l_{bag\text{-}vw}^2$　　立桁の下部の場合

クロスタイがあり，$l_{bdg\text{-}vw\text{-}ct}$ が $0.7 l_{bdg\text{-}vw}$ を超える場合，上式の $l_{bdg\text{-}vw}$ は $l_{bdg\text{-}vw\text{-}ct}$ としなければならない。

P　：タンクの長さ方向の中間部の立桁の曲げ長さ $l_{bdg\text{-}vw}$ の中点で計算する考慮すべき設計荷重条件での設計荷重（kN/m^2）

$l_{bdg\text{-}vw}$　：甲板横桁及び船底構造の間の縦通隔壁の立桁の有効曲げ長さ（m）で，**4 節 2.1.4** 及び**図 8.2.7** を参照のこと。

$l_{bdg\text{-}vw\text{-}ct}$　：2 列の縦通隔壁を有する船において，甲板横桁とクロスタイのウェブ深さの中点の間の縦通隔壁の立桁の有効曲げ長さ（m）（**4 節 2.1.4** を参照）

S　：**4 節 2.2.2** に規定する主要支持部材の心距（m）

$C_{s\text{-}pr}$　：**表 8.2.10** に規定する許容曲げ応力の係数

σ_{yd}　：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

c_u 及び c_l：**表 8.2.14** の規定による。

表 8.2.14　縦通隔壁の立桁垂直材助骨における c_u 及び c_l の値

構造配置			c_u	c_l
中心縦通隔壁を有する船舶			0.057	0.071
2 列の縦通隔壁を有する船舶	中央貨物タンクのクロスタイ	$l_{bdg\text{-}vw\text{-}ct}$ における M	0.057	0.071
		$l_{bdg\text{-}vw}$ における M	0.012	0.028
	船側貨物タンクのクロスタイ	$l_{bdg\text{-}vw\text{-}ct}$ における M	0.057	0.071
		$l_{bdg\text{-}vw}$ における M	0.016	0.032

2.6.6.3　縦通隔壁の立桁の長さに亘る断面係数は以下に従わなければならない。

(a)　上部の要求断面係数は，適用上，上部 $0.2 l_{bdg\text{-}vw}$ 又は $0.2 l_{bdg\text{-}vw\text{-}ct}$ に亘り維持しなければならない。

(b)　下部の要求断面係数は，適用上，下部 $0.2 l_{bdg\text{-}vw}$ 又は $0.2 l_{bdg\text{-}vw\text{-}ct}$ に亘り維持しなければならない。

(c)　$l_{bdg\text{-}vw\text{-}ct}$ に基づき決定された要求断面係数の場合，下部の要求せん断面積はクロスタイより下部で維持されなければならない。

(d)　上部と下部の間の要求断面係数は中点で下部の要求断面係数の 70%まで線形的に減少させなければならない。

$l_{bdg\text{-}vw}$ 及び $l_{bdg\text{-}vw\text{-}ct}$ は **2.6.6.2** の規定によること。

（備考）

異なる降伏応力の材料を使用する場合，材料の降伏応力が異なることを適切に考慮しなければならない。

2.6.6.4　立桁のネットせん断面積 $A_{shr\text{-}net50}$ は，次式による値未満であってはならない：

$$A_{shr-net50} = \frac{10Q}{C_{t-pr}\tau_{yd}} \quad (cm^2)$$

Q　：設計せん断力（kN）：

$= Q_u$　立桁の上部において

$= Q_l$　立桁の下部において

$Q_u = S\,[c_u\, l_{vw}\,(P_u + P_l) - h_u\, P_u]$

クロスタイが中央又は船側貨物タンクにあり，$l_{vw\text{-}ct}$ が $0.7 l_{vw}$ を超える場合，上式における l_{vw} は $l_{vw\text{-}ct}$ としなければならない。

Q_l　：次式の値を超える値としなければならない：

(a)　$S[c_l\, l_{vw}\,(P_u + P_l) - h_l\, P_l]$

(b)　$c_w\, S\, c_l\, l_{vw}\,(P_u + P_l)$

(c)　$1.2 Q_u$

クロスタイが中央又は船側貨物タンクにあり，$l_{vw\text{-}ct}$ が $0.7 l_{vw}$ を超える場合，上式における l_{vw} は $l_{vw\text{-}ct}$ としなければならない。

P_u　：タンクの長さ方向の中間部の立桁の上部ブラケットの高さ方向の中点 h_u で計算する考慮される設計荷重条件での設計荷重（kN/m^2）

P_l ：タンクの長さ方向の中間部の立桁の下部ブラケットの高さ方向の中点 h_l で計算する考慮される設計荷重条件での設計荷重（kN/m^2）

l_{vw} ：甲板横桁のフランジ部と内底頂板との間の立桁の長さ（m）（**図 8.2.7** 参照）。

$l_{vw\text{-}ct}$ ：甲板横桁のフランジ部とクロスタイのウェブ深さの中点（付いている場合）までの間の立桁の長さ（m）

S ：**4 節 2.2.2** に規定する主要支持部材の心距（m）

h_u ：**図 8.2.7** に示し **4 節 2.1.5** に規定する立桁の上端ブラケットの有効長さ（m）。

h_l ：**図 8.2.7** に示し **4 節 2.1.5** に規定する立桁の下端ブラケットの有効長さ（m）。

c_u 及び c_l ：**表 8.2.15** の規定によること。

c_w ：0.57 中心線縦通隔壁を有する船舶において

：0.50 2 列の縦通隔壁を有する船舶において

$C_{t\text{-}pr}$ ：**表 8.2.10** に規定する主要支持部材における許容せん断応力係数

$\tau_{yd} = \dfrac{\sigma_{yd}}{\sqrt{3}}$ （N/mm^2）

σ_{yd} ：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

表 8.2.15 縦通隔壁の立桁における c_u 及び c_l の値

構造配置		c_u	c_l
中心縦通隔壁を有する船舶		0.17	0.28
2 列の縦通隔壁を有する船舶	$l_{vw\text{-}ct}$ における Q_u 又は Q_l		
	l_{vw} における Q_u 又は Q_l	0.075	0.18

2.6.6.5 縦通隔壁の立桁の長さに亘るせん断面積は以下に従わなければならない。

(a) 上部の要求せん断面積は，上部 $0.2l_{shr}$ に亘り維持しなければならない。

(b) 下部の要求せん断面積は，下部 $0.2l_{shr}$ に亘り維持しなければならない。

(c) Q_u 又は Q_l が $l_{vw\text{-}ct}$ に基づいて決定する場合，下部の要求せん断面積はクロスタイより下部で維持しなければならない。

(d) 船側貨物タンクにクロスタイが無い場合, 上部と下部の間の要求せん断面積は中点で下部の要求せん断面積の 50%まで線形的に減少させなければならない。

(e) 船側貨物タンクにクロスタイを有する場合，スパンに沿った要求せん断面積は上部及び下部の間で漸減しなければならない。

l_{shr} ：立桁の有効せん断長さ（m）

$= l_{vw} - h_u - h_l$ Q_u 又は Q_l が l_{vw} に基づいて決定する場合

$= l_{vw\text{-}ct} - h_u$ Q_u 又は Q_l が $l_{vw\text{-}ct}$ に基づいて決定する場合

l_{st}，$l_{st\text{-}ct}$，h_u，h_l，Q_u 及び Q_l ：**2.6.6.4** の規定による。

（備考）

異なる降伏応力の材料を使用する場合，材料の降伏応力が異なることを適切に考慮しなければならない。

2.6.7 横隔壁の水平桁

2.6.7.1 横隔壁の水平桁のウェブ深さは，以下の値以上としなければならない。

(a) $0.28l_{bdg\text{-}hs}$ 2 列の縦通隔壁を有する船の船側貨物タンクの水平桁

(b) $0.20l_{bdg\text{-}hs}$ 2 列の縦通隔壁を有する船の中央貨物タンクの水平桁。ただし，中央貨物タンクの水平桁のウェブ深さは，船側貨物タンクの水平桁の要求ウェブ深さ未満としてはならない。

(c) $0.20l_{bdg\text{-}hs}$ 中心線縦通隔壁を有する船の水平桁において

(d) **2.6.1.7** の規定による値

$l_{bdg\text{-}hs}$ ：水平桁の有効曲げ長さ（m）。ただし，考慮する位置におけるタンク幅の 50%未満としてはならない（**4 節 2.1.4** 及び**図 8.2.7** 参照）。

2.6.7.2 水平桁の有効曲げスパン（$l_{bdg\text{-}hs}$）の端部から $0.2\,l_{bdg\text{-}hs}$ 間におけるネット断面係数 Z_{net50} は，次式の値以上としなければならない。

$$Z_{net50} = \frac{1000M}{C_{s-pr}\,\sigma_{yd}} \quad (cm^3)$$

M ：設計曲げモーメント

$= c\,P\,S\,l_{bdg-hs}^2$ （kNm）

P ：考慮する設計荷重条件における設計貨物荷重（kN/m^2）で，水平桁の有効曲げスパン（l_{bdg-hs}）の中点及び心距 S の中点で計算する。

S ：考慮する水平桁の両側の心距（水平桁間の距離）の半分の合計（m）

l_{bdg-hs}：水平桁の有効曲げスパン（m）。ただし，考慮する位置におけるタンク幅の 50%未満としてはならない（**4 節 2.1.4** 及び**図 8.2.7** 参照）。

c ：0.073 中心線縦通隔壁を有する船の貨物タンク内水平桁において

0.083 2 列の縦通隔壁を有する船の船側貨物タンク内水平桁において

0.063 2 列の縦通隔壁を有する船の中央貨物タンク内水平桁において

C_{s-pr} ：**表 8.2.10** に規定する許容曲げ応力の係数

σ_{yd} ：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

2.6.7.3 有効曲げ長さの中点の要求断面係数は端部の要求値の 70%としなければならない。中間の要求値は線形補間して求めなければならない。異なる降伏応力の材料を使用する場合，材料の降伏応力が異なることを適切に考慮しなければならない。

2.6.7.4 水平桁の有効せん断スパン（l_{shr}）の端部から 0.2 l_{shr} 間におけるネットせん断面積 $A_{shr-net50}$ は，次式の値以上としなければならない。

$$A_{shr-net50} = \frac{10Q}{C_{t-pr}\,\tau_{yd}} \quad (cm^2)$$

Q ：設計せん断力

$= 0.5\,P\,S\,l_{shr}$ （kN）

P ：考慮する設計荷重条件における設計貨物荷重（kN/m^2）で，水平桁の有効曲げ長さ l_{bdg-hs} の中点及び心距 S の中点で計算する。

S ：考慮する水平桁の両側の心距（水平桁間の距離）の半分の合計（m）

l_{shr} ：水平桁の有効せん断スパン（m）（**4 節 2.1.5** 参照）

C_{t-pr}：**表 8.2.10** に規定する許容せん断応力の係数

$$\tau_{yd} = \frac{\sigma_{yd}}{\sqrt{3}} \quad (N/mm^2)$$

σ_{yd} ：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

2.6.7.5 有効せん断長さの中点の要求せん断面積は端部の要求値の 50%としなければならない。中間の要求値は線形補間して求めなければならない。異なる降伏応力の材料を使用する場合，材料の降伏応力が異なることを適切に考慮しなければならない。

2.6.8 クロスタイ

2.6.8.1 クロスタイに作用する最大設計軸荷重 W_{ct} は，次式により，許容荷重 $W_{ct-perm}$ 以下の値でなければならない。

$W_{ct} \le W_{ct-perm}$

W_{ct} ：適用する軸荷重

$= P\,b_{ct}\,S$ （kN）

$W_{ct-perm}$：許容荷重

$= 0.1A_{ct-net50}\,\eta_{ct}\,\sigma_{cr}$ （kN）

P ：考慮すべき全ての設計荷重条件における最大設計荷重（kN/m^2）で，タンク（長さの）中央のクロスタイが支持する部分の中点で計算する。

b_{ct} ：中央貨物タンクにクロスタイを有する場合：

$= 0.5l_{bdg-vw}$

：船側貨物タンクにクロスタイを有する場合：

$= 0.5l_{bdg-vw}$ 中央貨物タンクから設計貨物圧において

$= 0.5l_{bdg-st}$ 設計海水圧において

$l_{bdg\text{-}vw}$ ：縦通隔壁の立桁の有効曲げ長さ（*m*）（**4 節 2.1.4** 及び**図 8.2.7** 参照）

$l_{bdg\text{-}st}$ ：立桁の有効曲げ長さ（*m*）（**4 節 2.1** 及び**図 8.2.7** 参照）

S ：**4 節 2.2.2** に規定する主要支持部材の心距（*m*）

η_{ct} ：使用係数：

= 0.65 許容評価基準 AC1 において

= 0.75 許容評価基準 AC2 において

σ_{cr} ：**10 節 3.5.1** によるネット断面特性を使用して計算するクロスタイの許容座屈応力（N/mm^2）。クロスタイの有効長さ（*m*）は，次のように取らなければならない：

(a) 中央タンクのクロスタイにおいて：

クロスタイの水平防撓材が接続している左舷及び右舷の縦通隔壁の縦通肋骨のフランジ間の距離

(b) 船側タンクのクロスタイにおいて：

クロスタイの水平防撓材が接続している縦通隔壁の縦通肋骨のフランジと船側縦通隔壁との間の距離

$A_{ct\text{-}net50}$：クロスタイのネット断面積（cm^2）

2.6.8.2 溶接結合部の力の伝達が適切かどうか，防撓材の配置がウェブに圧縮力を効果的に伝えているかどうか，特別な注意を払わなければならない。クロスタイのすべての端部ブラケットの先端での溶接部には特別な注意を払わなければならない。

2.6.8.3 水平防撓材がクロスタイの端部で縦通肋骨に同一面となるように接続及び配置しなければならない。

2.6.9 中央部 0.4$L_{CSR\text{-}T}$ の範囲外に配置する主要支持部材

2.6.9.1 貨物タンクの *FEM* 解析が中央部 0.4$L_{CSR\text{-}T}$ の範囲外で適用できない場合，**2.6.9.2** 及び **2.6.9.3** で規定する要件は中央部 0.4$L_{CSR\text{-}T}$ の範囲外に位置する主要支持部材の部材寸法を求めるのに使用して差し支えない。中央部 0.4$L_{CSR\text{-}T}$ で使用する部材寸法は，**8 節 2** 及び **9 節 2** によって要求するものでなければならない（**2.6.1.3** 及び **2.6.1.4** 参照）。

2.6.9.2 中央部 0.4$L_{CSR\text{-}T}$ の範囲外に位置する主要支持部材のネット断面係数 $Z_{end\text{-}net50}$ は，次式の値未満であってはならない。

$$Z_{end-net50} = \frac{Z_{mid-net50}\,\sigma_{yd-mid}\,M_{end}}{\sigma_{yd-end}\,M_{mid}} \quad (cm^3)$$

M_{end} ：考慮する位置での設計荷重を使用し **2.6.3** から **2.6.8** の要件に従い計算する中央部 0.4$L_{CSR\text{-}T}$ の範囲外に位置する構造部材に対する曲げモーメント（*kNm*）

M_{mid} ：**2.6.2** から **2.6.8** の要件による対応する構造部材及び中央断面の位置に対する曲げモーメント（*kNm*）

$Z_{mid\text{-}net50}$ ：対応する構造部材のフランジ及び中央断面の位置での断面係数（cm^3）

$\sigma_{yd\text{-}end}$ ：考慮する中央部 0.4$L_{CSR\text{-}T}$ の範囲外に位置する構造部材のフランジ部の最小降伏応力（N/mm^2）

$\sigma_{yd\text{-}mid}$ ：考慮する船体中央部での構造部材のフランジ部の最小降伏応力（N/mm^2）

2.6.9.3 中央部 0.4$L_{CSR\text{-}T}$ の範囲外に位置する主要支持部材のネットせん断面積 $A_{shr\text{-}end\text{-}net50}$ は，次式未満であってはならない。

$$A_{shr-end-net50} = \frac{A_{shr-mid-net50}\,\tau_{yd-mid}\,Q_{end}}{\tau_{yd-end}\,Q_{mid}} \quad (cm^2)$$

Q_{end} ：考慮する位置での設計荷重を使用し **2.6.3** から **2.6.8** の要件に従って計算する中央部 0.4$L_{CSR\text{-}T}$ の範囲外に位置する構造部材に対するせん断力（*kN*）

Q_{mid} ：**2.6.2** から **2.6.8** の要件よる対応する構造部材及び中央断面に対するせん断力（*kN*）

$A_{shr\text{-}mid\text{-}net50}$：中央部断面での構造部材のせん断面積（$cm^2$）

$$\tau_{yd\text{-}end} = \frac{\sigma_{yd-end}}{\sqrt{3}}$$

$$\tau_{yd\text{-}mid} = \frac{\sigma_{yd-mid}}{\sqrt{3}}$$

$\sigma_{yd\text{-}end}$ ：中央部 0.4$L_{CSR\text{-}T}$ の範囲外に位置する構造部材の最小降伏応力（N/mm^2）

$\sigma_{yd\text{-}mid}$ ：考慮する船体中央部の構造部材の最小降伏応力（N/mm^2）

3 最前端貨物タンクの前方の構造

3.1 一般

3.1.1 適用

3.1.1.1 本 **8 節 3** の要件は最前方に位置する貨物タンクの前端より前方の構造に適用する。最前方に位置する貨物タンクの前端が船首垂線から船の長さの $0.1L_{CSR\text{-}T}$ より後方にある場合，これらの要件及び **8 節 2** の要件の適用は本会の適当と認めるところによる。

3.1.1.2 本 **8 節 3** にネット部材寸法で規定する。グロス部材寸法については次に示す。

(a) **3.1.4** の最小板厚要件の適用において，グロス板厚は **6 節 3** の規定による腐食予備厚を加えることにより得る

(b) 板厚と局部支持部材において，グロス板厚とグロス断面特性は **6 節 3** の規定による腐食予備厚を加えることにより得る

(c) 主要支持部材において，グロスせん断面積，グロス断面係数及び他のグロス断面特性は，**6 節 3** の規定による関連の腐食予備厚の 1/2 を加えることにより得る

(d) **10 節 2** の座屈要件の適用において，グロス板厚とグロス断面特性は，**6 節 3** の規定による腐食予備厚を加えることにより得る

3.1.2 一般的な部材寸法要件

3.1.2.1 船体構造は以下の要件を満足しなければならない。

(a) ハルガーダ縦強度（**8 節 1** 参照）

(b) スロッシングの衝撃荷重及び強度（**8 節 6** 参照）

(c) 座屈/最終強度（**10 節**参照）

3.1.2.2 揚錨機や他の甲板機器，クレーン，マスト及びデリックポストでは，甲板板厚と支持構造は適当に補強しなければならない（**11 節 3** 参照）。

3.1.2.3 局部及び主要支持部材のネットの断面係数，せん断面積及び他の断面特性は **4 節 2** に従って決定しなければならない。

3.1.2.4 局部支持部材の断面係数及びウェブの板厚は端部ブラケットを除いた範囲に適用する。主要支持部材の断面係数及び断面のせん断面積は，**表 8.3.5** の備考の要件を適用しなければならない。

3.1.2.5 部材寸法要件は，すべての構造の接続部と溶接部詳細が，考慮する位置で想定する応力レベルに適合するよう設計及び建造される，という仮定に基づく。高応力区域の設計では，構造の接続部及びその詳細部の荷重状態，応力集中及び可能性のある損傷モードを考慮しなければならない。構造設計詳細は **4 節 3** に規定する要件に適合しなければならない。

3.1.2.6 ビルジ穴，排水口及び空気穴は，吸込管への流れ及び空気管への通風を確保するため必要な部分に設けなければならない。深水タンク上部の区画の排水のための配置図を作成しなければならない（**4 節 3** 参照）。

3.1.2.7 船側外板と船底外板の縦方向の主要支持部材に防撓材を設けなければならない。防撓材の端部結合部や隣接する桁及び隔壁の強度の適合性が十分に示される場合は，代替案は認めることがある。

3.1.3 構造の連続性

3.1.3.1 外板，上甲板，内底板の部材寸法は船の前方にいくにつれて漸減しなければならない（**1.6** 参照）。

3.1.3.2 船首部区画の後方から前部貨物タンクへの領域では，突然の断面変化を避けるための主要縦部材の配置に対して特別な考慮を払わなければならない。平板，甲板，水平桁や船側縦桁などの船首部区画内の構造は後部の貨物タンク内の構造と有効にそぎ継ぎしなければならない。連続性を保つためのブラケットを設けた前部貨物タンクの隔壁の後方の縦部材に対し同一面上になるような構造として差し支えない。

3.1.3.3 内部船殻や縦通隔壁構造が前部貨物タンクの前端隔壁で止まっている場合は，裏側の構造は強度の連続性を確保するために，ブラケットを設けなければならない。

3.1.3.4 強度甲板の縦通部材は，出来る限り前方まで伸ばさなければならない。

3.1.3.5 すべての外板肋骨とタンクの境界を成す隔壁の防撓材は連続するか，又はそれらの端部でブラケットを設けなければならない。ただし，**4 節 3.2.4** 及び **4 節 3.2.5** を適用している場合を除く。

3.1.4 最小板厚

3.1.4.1 本 **3.1.4** で規定する板厚，断面係数及び防撓材のウェブのせん断面積に加えて，船首部区域の板及び防撓材の板厚は，**表 8.3.1** に規定する最小板厚要件を満足しなければならない。

表 8.3.1 前部貨物タンクより前方の構造の最小ネット板厚

部材位置			ネット板厚（*mm*）
板部材	船体外板	平板竜骨	**2.1.5.1** 参照
		船底外板/ビルジ外板/船側外板	**2.1.5.1** 参照
	上甲板		**2.1.5.1** 参照
	その他の構造	船体内部タンクの境界	**2.1.5.1** 参照
		非水密隔壁，液体を積載しない区画の隔壁及び一般的な板部材	**2.1.5.1** 参照
		梁柱隔壁	7.5
		ブレストフック	6.5
フロア及び桁板			$5.5 + 0.02L_2$
主要支持部材のウェブ			$6.5 + 0.015L_2$
局部支持部材			**2.1.5.1** 参照
倒止ブラケット			**2.1.5.1** 参照

L_2 ：**4 節 1.1.1.1** に規定する規則上の船の長さ $L_{CSR\text{-}T}$。ただし，$L_{CSR\text{-}T}$ が 300*m* を超えるときは 300*m* とする。

3.2 船底構造

3.2.1 平板竜骨

3.2.1.1 平板竜骨は出来る限り前方まで伸ばさなければならない。また，**2.2.1** に規定する部材寸法要件を満足しなければならない。

3.2.2 船底外板

3.2.2.1 船底外板の板厚は **3.9.2.1** の要件に適合しなければならない。

3.2.3 船底縦通肋骨

3.2.3.1 船底縦通肋骨は出来る限り前方まで伸ばすこと。また，適当に防撓したフロアをフレーム毎に設けなければならない。

3.2.3.2 船底縦通肋骨の断面係数と板厚は **3.9.2.2** 及び **3.9.2.3** の要件に適合しなければならない。

3.2.4 船底フロア

3.2.4.1 船底フロアは特設肋骨の位置毎に設けなければならない。中心線でのフロアの最小深さは，貨物タンク区域の二重底で要求される深さ未満であってはならない（**5 節 3.2.1.1** 参照）。

3.2.5 船底縦桁

3.2.5.1 船体中心線においては，中心線縦桁を船首材まで伸ばす，ウェブが十分な深さの縦桁又は中心線縦通隔壁等の支持構造を設けなければならない。

3.2.5.2 中心線縦桁を設ける場合，最小ウェブ深さ及び板厚は貨物タンク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，その上端は補強しなければならない。中心線に制水隔壁を設ける場合,その一番下の板の一条は中心線縦桁板の要求板厚未満としてはならない。

3.2.5.3 縦通制水隔壁が船底横桁を支持する箇所において，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。

3.2.6 船首材

3.2.6.1 船首材は横桁及び水平桁又は船首材に沿って 1,500*mm* 以下の心距で設けた中間のブレストフックダイアフラム等により支持しなければならない。船首材の半径が大きいところには中心線に支持構造を取り付けること。

3.2.6.2 船首材の位置における設計最小バラスト状態の喫水 T_{bal} 及び構造喫水 T_{SC} の間では，船首材のネットの板厚

t_{stem}は次式の値未満であってはならない。

$$t_{stem-net} = \frac{L_2\sqrt{\frac{235}{\sigma_{yd}}}}{12} \ (mm)$$ ただし，21mm を超える必要はない。

L_2 ：**4 節 1.1.1.1** に規定する規則上の船の長さ $L_{CSR\text{-}T}$。ただし，300m を超える必要はない。

σ_{yd} ：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

構造喫水より上方における船首材の板厚を次第に減じ，上甲板位置においては船側外板に対する要求値として差し支えない。設計最小バラスト喫水より下方においては，平板竜骨に対する要求値まで次第に減じて差し支えない。

3.2.7 船首隔壁の後部区域の横桁及び縦桁

3.2.7.1 船首隔壁の後方で前方貨物タンクの前方にある横桁及び縦桁は **3.2.4** 及び **3.2.5** の要件並びに **3.9.3.3** のせん断面積の要件を満足しなければならない。

3.3 船側構造

3.3.1 船側外板

3.3.1.1 船側外板の板厚は **3.9.2.1** の要件に適合しなければならない。また，**2.2.4.2** の要件を満足しなければならない。

3.3.1.2 船首楼を有する船舶では，船側外板の板厚は船首楼の甲板位置まで適用しなければならない。

3.3.2 船側外板の局部支持構造

3.3.2.1 船側外板の縦通部材は出来る限り前方へ伸ばさなければならない。

3.3.2.2 外板の防撓材の断面係数及び板厚は **3.9.2.2** 及び **3.9.2.3** の要件に適合しなければならない。

3.3.2.3 横隔壁及び縦通肋骨の端部結合部は適切に固着され，横方向に支持しなければならない。連続性が確保できない場合，ソフトタイプのブラケットを取り付けなければならない。縦通肋骨のブラケットは重ね継ぎ手構造としてはならない。

3.3.3 船側主要支持構造

3.3.3.1 一般に，**4 節 2.2.2** に規定する桁部材の心距 S は以下の通りとする。

$S = 2.6 + 0.005L_2$（m） ただし，3.5m を超えてはならない。

L_2：**4 節 1.1.1.1** に規定する規則上の船の長さ $L_{CSR\text{-}T}$。ただし，300m を超える必要はない。

3.3.3.2 一般に，船首隔壁水平桁の前方の横桁は，約 3.5m の心距としなければならない。水平桁は 10m を超えない心距で，桁によって適切に支持しなければならない。船首隔壁の後方では，横式の桁部材を採用するところでは，水平桁の心距は増加しても差し支えない。

3.3.3.3 軽目孔を有する水平板材は，桁部材の有効な心距が 10m を超えてはならない。

3.3.3.4 縦通部材及び船首部区域の横式の桁部材を支持する水平桁又は桁部材の部材寸法は以下の追加要件及び **3.9.3** の要件により決定しなければならない。

(a) クロスタイがない場合：

- 特設肋骨の断面係数の要求値は，下端から測った曲げに対する有効長さの 60%に対して要求値未満であってはならない。残りの特設肋骨の断面係数の計算に使われる曲げモーメントの値は，適当に減じて差し支えない。ただし，20%を超えて減じてはならない。
- 特設肋骨の下部の要求せん断面積は，下端から測ったせん断長さの 60%に対して要求値未満であってはならない。

(b) クロスタイが 1 本付いている場合：

- 特設肋骨及び水平桁の曲げ及びせん断に対する有効長さは,クロスタイを無視して決定しなければならない。曲げモーメント及びせん断力はクロスタイを無視して計算された値の 50%まで減じて差し支えない。特設肋骨に対して，特設肋骨の下部の要求断面係数及びせん断面積はクロスタイまで維持されなければならない。また，特設肋骨上部の要求断面係数及びせん断面積は，クロスタイ直上の断面まで維持しなければならない。
- クロスタイは，**表 8.3.8** に規定する設計荷重条件を使用して **2.6.8** の要件を満足しなければならない。

(c) 複数の支材を配置する場合，**3.3.3.4(d)**に従い特別な考慮を払わなければならない。

(d) 複雑な骨組構造となる場合，主要支持構造の部材寸法は，高度な計算手法によって決定しなければならない。

3.3.3.5 主要支持部材のウェブ深さは，曲げ長さの 14%未満としてはならない。防撓材のスロットを閉じていない場合，ウェブ深さはスロットの深さの少なくとも 2.5 倍の深さとしなければならない。

3.4 甲板構造

3.4.1 甲板

3.4.1.1 甲板の板厚は，適切な面外荷重，青波及び甲板荷重を使用し，**3.9.2.1** の要件に適合しなければならない。

3.4.1.2 （削除）

3.4.2 甲板防撓材

3.4.2.1 甲板防撓材の断面係数と板厚は，適切な面外荷重，青波及び甲板荷重を使用し，**3.9.2.2** 及び **3.9.2.3** の要件に適合しなければならない。

3.4.3 甲板主要支持構造

3.4.3.1 主要支持部材の断面係数とせん断面積は **3.9.3** の要件に適合しなければならない。

3.4.3.2 主要支持部材のウェブは，液体を積載する区画内については有効曲げスパンの 10%，その他の区画内については有効曲げスパンの 7%以上の深さとするとともに，スロット開口部にカラープレートが設けられない場合にあっては，スロット深さの 2.5 倍以上の深さとしなければならない。ここで，有効曲げスパンは **4 節 2.1.4** の規定によるものとし，格子構造の場合には主要支持部材間の距離とする。

3.4.3.3 重い艤装品からの集中荷重を受ける箇所では，甲板構造の部材寸法は実際の荷重に基づき決定しなければならない（**11 節 3** 参照）。

3.4.4 梁柱

3.4.4.1 梁柱は，すべての梁柱の上端及び下端において荷重を分散するように可能な限り有効に配置するように同一垂直線上に取り付けなければならない。梁柱が偏荷重を支持するところでは，偏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。

3.4.4.2 管状又は空洞の正方形の梁柱は，有効に負荷を伝達するためにそれらの上端及び下端に，可能な限り，有効なブラケット，ダブリングプレート又はインサートプレートを取り付けなければならない。梁柱の上端及び下端を連続溶接によって固着しなければならない。型鋼で作られた梁柱の上端及び下端においては，荷重はブラケット又は他の同等な方法で分散しなければならない。

3.4.4.3 タンク内の梁柱は中実断面とする。流体圧力が梁柱の引張応力をもたらすでは，梁柱とその端部接続部の引張応力は，材料の最小降伏応力の 45%を超えてはならない。

3.4.4.4 梁柱の部材寸法は **3.9.5** の要件に適合しなければならない。

3.4.4.5 重い艤装品からの荷重が **3.9.5** の設計荷重を超える箇所では，梁柱の部材寸法は実際の荷重に基づいて決定しなければならない。

3.5 タンク隔壁

3.5.1 一般

3.5.1.1 タンクは，構造への動的圧力を最小にするために，分割又は制水板を設けること。

3.5.2 構造

3.5.2.1 タンク境界隔壁の部材寸法は，いかなる場合も，水密隔壁の要求値未満としてはならない。

3.5.3 タンク境界隔壁の部材寸法

3.5.3.1 タンク境界を成す板部材の板厚は **3.9.2.1** の要件に適合しなければならない。

3.5.3.2 防撓材の断面係数と板厚は **3.9.2.2** 及び **3.9.2.3** の要件に適合しなければならない。

3.5.3.3 主要支持部材の断面係数とせん断面積は **3.9.3** の要件に適合しなければならない。

3.5.3.4 主要支持部材のウェブ板は有効曲げスパンの 14%以上のウェブ深さとするとともに，スロット開口部にカラープレートが設けられない場合にあっては，スロット深さの 2.5 倍以上の深さとしなければならない。

3.5.3.5 波形隔壁の部材寸法は **3.9.4** の要件に適合しなければならない。

3.6 水密の境界

3.6.1 一般

3.6.1.1 水密境界は **5 節 2** に従って設置しなければならない。

3.6.2 船首隔壁

3.6.2.1 船首隔壁の構造部材の部材寸法は，適用上，**3.6.3** の要件に適合しなければならない。さらに，船首隔壁は **3.6.2.2** から **3.6.2.4** の要件に適合しなければならない。

3.6.2.2 船首隔壁の配置は **5 節 2.2** によらなければならない。

3.6.2.3 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上，最小限の配置としなければならない。開口部には，風雨密の閉鎖装置を取り付けなければならない。船首隔壁は，バルブを乾舷甲板上から操作可能となっている場合，船首隔壁の前方のタンク用に必要なパイプを貫通させても差し支えない。通常，バルブは船首部区画の船首隔壁付近に設置しなければならず，貨物タンク内に設置してはならない。

3.6.2.4 船首隔壁の前方の区画は可燃性の液体の運搬のための区画を配置してはならない。

3.6.3 水密の境界を成す部材の部材寸法

3.6.3.1 境界を成す板部材の板厚は **3.9.2.1** の要件に適合しなければならない。

3.6.3.2 防撓材の断面係数及び板厚は，**3.9.2.2** 及び **3.9.2.3** の要件に適合しなければならない。

3.6.3.3 主要支持部材の断面係数及びせん断面積は，**3.9.3** の要件に適合しなければならない。

3.6.3.4 主要支持部材のウェブ板は，有効曲げスパンの 10%以上のウェブ深さとするとともに，スロット開口部にカラープレートが設けられない場合にあっては，スロット深さの 2.5 倍以上の深さとしなければならない。

3.6.3.5 波形隔壁の部材寸法は，**3.9.4** の要件に適合しなければならない。

3.7 船楼

3.7.1 船首楼構造

3.7.1.1 船首楼構造は一般に，ウェブの深い梁及び特設肋骨付きの桁板によって支持し，完全な横方向ベルトを構成するように配置し，さらに下の構造まで延長した梁柱で支持しなければならない。ウェブの深い梁及び桁は，梁間，特設肋骨間又は桁の間のスペースの約 3.5*m* を制限値として実行可能な範囲で配置しなければならない。梁柱は，**3.4.4** の要件に従って設置しなければならない。主要構造の交差部は，梁柱の上端及び下端の結合部及び応力集中部を避けるよう特別な考慮を払い十分に注意して設計しなければならない。

3.7.2 船首楼後端部隔壁

3.7.2.1 船首楼後端部隔壁の詳細及び部材寸法は，**11 節 1.4** の要件に適合しなければならない。

3.8 その他の構造

3.8.1 梁柱隔壁

3.8.1.1 縦桁及び梁柱並びに縦桁の代わりに取り付ける縦通隔壁を支える隔壁は，梁柱又は支柱に対する要件以上に有効に支持するために補強しなければならない。梁柱に対する作用荷重及び要求ネット断面積は，**5.4.4** の規定に従わなければならない。防撓材のネット断面二次モーメントは，板付き 40t_{net} 幅にて計算しなければならない。ここで，t_{net} とはネット板厚（*mm*）である。

3.8.1.2 梁柱隔壁は以下の要件に適合しなければならない。

(a) 隔壁付防撓材間の距離は 1,500*mm* を超えてはならない。

(b) 波形隔壁の場合，波形の深さは 100*mm* 未満であってはならない。

3.8.2 バルバスバウ

3.8.2.1 バルバスバウを有する場合，構造配置は，バルバス部が適当に支持し，船首部構造に接合するよう配置しなければならない。

3.8.2.2 一般に，バルバスバウ前端部の構造はウェブの深い中心線桁板を接合した約 1*m* 間隔に配置する水平のダイヤフラムによって支持しなければならない。

3.8.2.3　一般に，船首部構造からバルバス構造へ移行する部分では垂直のダイヤフラムを配置しなければならない。

3.8.2.4　幅広のバルバスバウの場合，一般に中心線制水隔壁を追加の補強として設けなければならない。

3.8.2.5　長い形状のバルバスバウの場合，横制水隔壁又は頑丈な特設肋骨を追加の補強として設けなければならない。

3.8.2.6　バルバスバウ（球状船首）の前端部及び投揚錨作業中にアンカー又はチェーンケーブルと接触する箇所における外板にあっては，板厚は増厚されなければならない。増厚箇所の板厚は，**3.2.6** に規定する船首材の要求板厚を満足すること。

3.8.3　チェーンロッカ

3.8.3.1　チェーンロッカは **11 節 4.2.9** の要件に適合しなければならない。

3.8.4　バウスラスタトンネル

3.8.4.1　トンネル部の板のネット板厚（$t_{tun\text{-}net}$）はバウスラスタ近傍の外板の要求値以上としなければならない。また，$t_{tun\text{-}net}$ は，次式の値以上としなければならない。

$t_{tun-net} = 0.008\, d_{tun} + 1.8$（$mm$）

d_{tun}：トンネルの内径（mm）。ただし，970mm 未満としてはならない。

3.8.4.2　トンネルの外側の端部に棒又は格子が付いている場合，棒又は格子は有効に固定しなければならない。

3.9　部材寸法要件

3.9.1　一般

3.9.1.1　設計荷重条件は，**表 8.3.8** に規定する局部及び主要支持部材に対する構造要件に適用しなければならない。静的及び動的荷重成分は**表 7.6.1** 及び **7 節 6.3** に規定する手順に従って組み合わせなければならない。

3.9.2　板と局部支持部材

3.9.2.1　面外荷重を受ける板部材において，ネット板厚（t_{net}）は**表 8.3.8** で規定するすべての適用される設計荷重条件で次式により計算した値の最大値としなければならない。

$$t_{net} = 0.0158\,\alpha_p s\sqrt{\frac{|P|}{C_a\sigma_{yd}}}\ (mm)$$

α_p　：パネルのアスペクト比の修正係数

$= 1.2 - \frac{s}{2100\,l_p}$ ただし，1.0 以下とする。

P　：**3 節 5.1.2** に規定する荷重点で計算され適用する設計荷重条件の設計荷重

s　：**4 節 2.2** に規定する防撓材の心距（mm）

l_p　：板部材の長さ。カーリングを設けていない場合，主要支持部材の間隔（m）

C_a　：**表 8.3.2** に規定する許容評価基準条件に対する許容曲げ応力の係数

σ_{yd}　：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

表 8.3.2　板の許容曲げ応力係数

許容評価基準条件	構造部材	C_a
AC1	全ての板材	0.80
AC2	船体外板	0.95
	船体内部の境界を成す板部材 (1)	1.00

（備考）

(1)　船首隔壁の板部材は，許容評価基準条件 AC1 を使用した設計荷重条件 11（浸水時）により評価しなければならない。

3.9.2.2　面外荷重を受ける防撓材において，ネットの断面係数，Z_{net} は**表 8.3.8** で規定するすべての適用すべき設計荷重条件で次式により計算した値の最大値としなければならない。

$$Z_{net} = \frac{|P|s{l_{bdg}}^2}{f_{bdg}C_s\sigma_{yd}}\ (cm^3)$$

P　：**3 節 5.2.2** に規定する荷重点で計算した適用すべき設計荷重条件の設計荷重

s　：**4 節 2.2** に規定する防撓材の心距（mm）

l_{bdg} ：**4 節 2.1.1** に規定する有効曲げ長さ（*m*）

f_{bdg} ：曲げモーメントの係数

連続した防撓材及び端部が固着と仮定した防撓材において：

12　水平防撓材に対して

10　垂直防撓材に対して

他の構造配置において，曲げモーメントの係数は**表 8.3.5** の規定による。

C_s ：**表 8.3.3** に規定する考慮する許容評価基準条件に対する許容曲げ応力の係数

σ_{yd} ：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

表 8.3.3　防撓材の許容曲げ応力の係数

許容評価基準条件	構造部材	C_s
AC1	全ての防撓材	0.75
AC2	全ての防撓材 (1)	0.90

（備考）

(1) 船首隔壁の防撓材は，許容評価基準条件 AC1 を使用した設計荷重条件 l1（浸水時）により評価しなければならない。

3.9.2.3　面外荷重を受ける防撓材において，せん断面積要件に基づくウェブのネット板厚（$t_{w\text{-}net}$）は，**表 8.3.8** で規定するすべての適用すべき設計荷重条件で次式により計算した値の最大値としなければならない。

$$t_{w-net} = \frac{f_{shr}|P|sl_{shr}}{d_{shr}C_t\tau_{yd}} \quad (mm)$$

P ：**3 節 5.2.2** に規定する荷重点で計算した適用すべき設計荷重条件の設計荷重

f_{shr} ：せん断力の係数：

連続した防撓材及び端部が固着と仮定した防撓材において：

0.5　水平防撓材に対して

0.7　垂直防撓材に対して

他の構造配置において，せん断力の係数は**表 8.3.5** の規定による。

s ：**4 節 2.2** に規定する防撓材の心距（*mm*）

l_{shr} ：**4 節 2.1.2** に規定する有効せん断長さ（*m*）

d_{shr} ：**4 節 2.4.2.2** に規定する防撓材の有効ウェブ深さ（*mm*）

C_t ：**表 8.3.4** に規定する考慮する許容評価基準条件に対する許容せん断応力係数

$$\tau_{yd} = \frac{\sigma_{yd}}{\sqrt{3}} \quad (N/mm^2)$$

σ_{yd} ：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

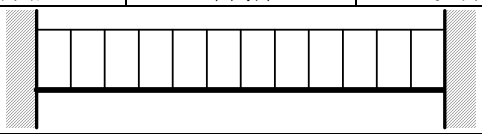
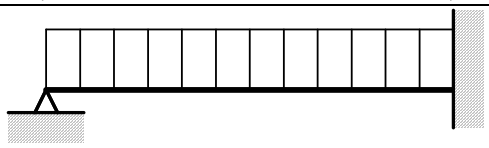
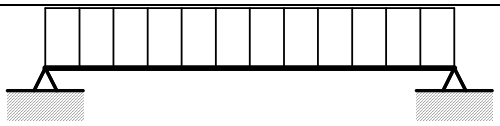
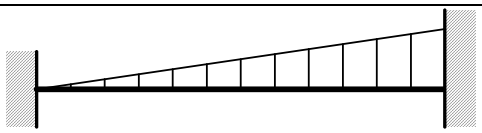
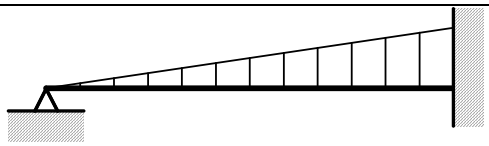
表 8.3.4　防撓材の許容せん断応力の係数

許容評価基準条件	構造部材	C_t
AC1	全ての防撓材	0.75
AC2	全ての防撓材 (1)	0.90

（備考）

(1) 船首隔壁の防撓材は，許容評価基準条件 AC1 を使用した設計荷重条件 l1（浸水時）により評価しなければならない。

表 8.3.5　　曲げモーメント及びせん断力の係数，f_{bdg}，f_{shr}

荷重及び境界条件				曲げモーメント及びせん断力の係数（荷重が変化する場合，中間点の荷重に基づく）		
位置				1	2	3
荷重モデル	1 支持点	2 中間部	3 支持点	f_{bdg1} f_{shr1}	f_{bdg2} -	f_{bdg3} f_{shr3}
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

（備考）

(1) 支持位置の曲げモーメントの係数 f_{bdg} は，局部及び主要支持部材両方の有効曲げ長さの端部から $0.2l_{bdg}$ の距離において適用する。

(2) 支持位置のせん断力の係数 f_{shr} は，局部及び主要支持部材両方の有効曲げ長さの端部から $0.2l_{shr}$ の距離において適用する。

(3) 局部支持部材に対する f_{bdg} 及び f_{shr} の適用において：

(a) 局部支持部材の断面係数要求値は f_{bdg1}，f_{bdg2} 及び f_{bdg3} 中，最小値を用いて決定しなければならない。

(b) 局部支持部材のせん断面積要求値は f_{shr1} 及び f_{shr3} 中，最大値を用いて決定しなければならない。

(4) 主要支持部材に対する f_{bdg} 及び f_{shr} の適用上：

(a) 有効長さの端部から $0.2l_{bdg}$ までの断面係数要求値は一般に f_{bdg1} 及び f_{bdg3} を用いて決定しなければならない。ただし，f_{bdg} は 12 を超える値を取らなくて差し支えない。

(b) スパンの中間点の断面係数は $f_{bdg}=24$ 若しくは表より得る f_{bdg2} の小さい方の値を用いて決定しなければならない。

(c) 有効長さの端部から $0.2l_{shr}$ までの端部接続部のせん断面積の要求値は $f_{shr}=0.5$ 若しくは適用される f_{shr1} 又は f_{shr3} のどちらか大きいほうの値を用いて決定しなければならない。

(d) 荷重モデル A から E における f_{shr} の値は，スパンの中間点において f_{shr} が f_{shr1} 又は f_{shr3} の値より大きい場合，$0.2l_{shr}$ の外側において $0.5f_{shr}$ まで漸減して差し支えない。

(5) その他の荷重モデルは表 8.7.1 を参照のこと。

3.9.3　主要支持部材

3.9.3.1　湾曲している船体箇所又は湾曲している船体箇所と交差する主要支持部材において，端部ブラケットの有効性は船体曲率の影響を考慮すること。船側立桁に対しては，要求値はクロスタイの有無により減じて差し支えない（3.3.3.4 参照）。

3.9.3.2　面外荷重を受ける主要支持部材において，ネット断面係数 Z_{net50} は表 8.3.8 で規定するすべての適用すべき設計荷重条件で次式により計算した値の最大値としなければならない。

$$Z_{net50} = 1000\ \frac{|P|Sl_{bdg}^2}{f_{bdg}\,C_s\,\sigma_{yd}}\ (cm^3)$$

P ：**3 節 5.3.3** に規定する荷重点で計算した適用すべき設計荷重条件の設計荷重（kN/m^2）

S ：**4 節 2.2.2** に規定する主要支持部材の心距（m）

l_{bdg} ：**4 節 2.1.4** に規定する有効曲げ長さ（m）

f_{bdg} ：**表 8.3.5** に規定する曲げモーメント係数

C_s ：**表 8.3.6** に規定する，考慮すべき許容評価基準条件に対する許容曲げ応力の係数

σ_{yd} ：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

表 8.3.6　主要支持部材の許容曲げ応力の係数

許容評価基準条件	主要支持部材と接合する構造部材	C_s
AC1	甲板及び各層の境界を成す板を含む全ての境界を成す板部材	0.70
AC2	甲板及び各層の境界を成す板を含む全ての境界を成す板部材 (1)	0.85

（備考）

(1) 船首隔壁の主要支持部材は，許容評価基準条件 AC1 を使用した設計荷重条件 l1（浸水時）により評価しなければならない。

3.9.3.3　面外荷重を受ける主要支持部材において，有効ネットせん断面積 $A_{shr\text{-}net50}$ は**表 8.3.8** で規定するすべての適用すべき設計荷重条件で次式により計算した値の最大値としなければならない。

$$A_{shr-net50} = 10\ \frac{f_{shr}|P|Sl_{shr}}{C_t\tau_{yd}}\ (cm^2)$$

P ：考慮する設計荷重条件における設計荷重（kN/m^2）で，**3 節 5.3.2** に規定する荷重点で計算する。

S ：**4 節 2.2.2** に規定する主要支持部材の心距（m）

l_{shr} ：**4 節 2.1.5** に規定する有効せん断スパン（m）

f_{shr} ：**表 8.3.5** に規定するせん断力の係数

C_t ：**表 8.3.7** に規定する，考慮すべき許容評価基準に対する許容せん断応力の係数

$\tau_{yd} = \frac{\sigma_{yd}}{\sqrt{3}}$ （N/mm^2）

σ_{yd} ：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

表 8.3.7　主要支持部材の許容せん断応力の係数

許容評価基準条件	主要支持部材と接合する構造部材	C_t
AC1	甲板及び各層の境界を成す板を含む全ての境界を成す板部材	0.70
AC2	甲板及び各層の境界を成す板を含む全ての境界を成す板部材(1)	0.85

（備考）

(1) 船首隔壁の主要支持部材は，許容評価基準条件 AC1 を使用した設計荷重条件 l1（浸水時）により評価しなければならない。

3.9.3.4　一般に，主要支持部材は，特定の構造様式のための特定の方法で解析しなければならない。すべての主要支持部材の応力レベルが，適用される設計荷重条件において，**3.9.3.2** 及び **3.9.3.3** に規定する許容応力及び応力係数未満であることを確認するため，より高度な計算方法が必要となる。

3.9.4　波形隔壁

3.9.4.1　波形隔壁の承認には特別な考慮を払わなければならない。

（備考）

貨物タンク区域の波形隔壁の部材寸法要件は **2.5.6** 及び **2.5.7** に基づいて差し支えない。

3.9.5 梁柱

3.9.5.1 梁柱に作用する最大荷重 W_{pill} は**表 8.3.8** で規定するすべての適用される設計荷重条件で計算した値の最大値としなければならない。また，次式による梁柱に作用する許容荷重以下でなければならない。ここで，$W_{pill\text{-}perm}$ はネット寸法の梁柱特性に基づく。

$W_{pill} \leq W_{pill-perm}$

W_{pill} ：梁柱に作用する軸荷重

$= P\, b_{a-sup}\, l_{a-sup} + W_{pill-upr}$ （kN）

$W_{pill\text{-}perm}$：梁柱に作用する許容荷重

$$= \frac{A_{pill-net50}\,\eta_{pill}\,\sigma_{cr}}{10} \quad (kN)$$

P ：考慮する梁柱が支持する甲板の範囲の中央において計算した考慮すべき設計荷重条件の設計荷重（kN/mm^2）

$b_{a\text{-}sup}$ ：支持範囲の有効幅（m）

$l_{a\text{-}sup}$ ：支持範囲の有効長さ（m）

$W_{pill\text{-}upr}$ ：梁柱若しくは梁柱上面からの軸荷重（kN）

$A_{pill\text{-}net50}$：梁柱のネット断面積（cm^2）

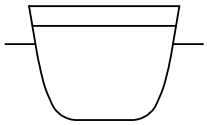
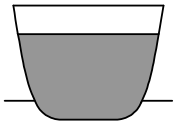
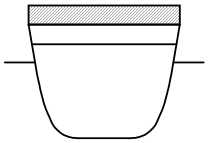
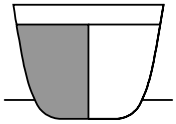
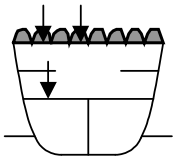
η_{pill} ：考慮する設計荷重条件の使用係数：

= 0.5 許容評価基準条件 AC1 の場合

= 0.6 許容評価基準条件 AC2 の場合

σ_{cr} ：**10 節 3.5.1** に従い計算するネット断面特性に基づく梁柱の圧縮荷重下の限界座屈応力（N/mm^2）

表 8.3.8　　板部材，局部及び主要支持部材の設計荷重条件

局部及び主要支持部材のタイプ	設計荷重の組合せ (1)	荷重成分	最大喫水	注釈	図表示
船体外板	1	P_{ex}	T_{sc}	海水圧のみ	
	2	P_{ex}	T_{sc}		
	5	P_{in}	T_{bal}	タンク圧力のみ 海水の圧力は無視	
	6	P_{in}	$0.25T_{sc}$		
暴露甲板	1	P_{ex}	T_{sc}	青波荷重のみ	
タンク境界又は水密隔壁	5	P_{in}	T_{ba}	一方向からの圧力のみ，空のタンクに隣接する満載タンク	
	6	P_{in}	$0.25T_{sc}$		
	11	$P_{in\text{-}flood}$	-		
内部及び暴露甲板	9	P_{dk}	T_{bal}	分布若しくは集中荷重のみ 隣接タンクは空 青波荷重は無視	
	10	P_{dk}	T_{bal}		

T_{sc}　：**4 節 1.1.5.5** に規定する構造用喫水

T_{bal}　：**4 節 1.1.5.2** に規定する設計最小バラスト喫水（*m*）

（備考）

(1)　設計荷重条件における設計荷重の組合せ及びその他荷重要素は**表 8.2.8** による。

(2)　船の構造配置が上記により難い場合，構造の境界を成す部材の要求部材寸法を決定するための適用する設計荷重条件は，満載タンクのある面に隣接するタンク又は区画が空となるようなものを選択しなければならない。境界を成す部材は両面からの荷重に対して評価しなければならない。設計荷重条件は，タンク又は区画の種類に基づいて選択しなければならない。また，喫水は，設計荷重条件及びこの表にしたがって構造境界を成す部材に最大圧力となるよう決定しなければならない。*S* 及び *S*+*D* の設計荷重の組合せを包括する設計荷重条件が選択しなければならない（**表 8.2.7 備考 4** 及び**表 8.2.8** 参照）。

(3)　船体の外板を形成しないボイドスペース及び液体を積載しない区画の境界を成す部材は設計荷重条件 11 を用いて評価しなければならない（**備考 2** 参照）。

4 機関区域

4.1 一般

4.1.1 適用

4.1.1.1 本 **8 節 4** の要件は，船尾区域内に位置し，最後部の貨物タンク隔壁の後方及び船尾タンクの隔壁の前方又は含む機関区域に適用する。

4.1.1.2 **8 節 4** においてはネット部材寸法で規定する。グロス部材寸法については次に示す。

(a) **4.1.5** の最小板厚要件の適用上，グロス板厚は **6 節 3** の規定による腐食予備厚を加えることにより得る。

(b) 板厚及び局部支持部材において，グロス板厚及びグロス断面特性は **6 節 3** の規定による腐食予備厚を加えることにより得る。

(c) 主要支持部材において，グロスせん断面積，グロス断面係数及び他のグロス断面特性は，**6 節 3** の規定による関連の腐食予備厚の 1/2 を加えることにより得る。

(d) **10 節 2** の座屈要件の適用において，グロス板厚及びグロス断面特性は，**6 節 3** の規定による腐食予備厚を加えることにより得る。

4.1.2 一般部材寸法要件

4.1.2.1 船体構造は以下の要件を満足しなければならない。

(a) ハルガーダ縦強度（**8 節 1** 参照）

(b) スロッシングの衝撃荷重と強度（**8 節 6** 参照）

(c) 座屈/最終強度（**10 節**参照）

4.1.2.2 局部又は主要支持部材のネットの断面係数，せん断面積及び他の断面特性は，**4 節 2** により決定しなければならない。

4.1.2.3 局部支持部材の断面係数及びウェブの板厚は端部ブラケットを除いた範囲に適用する。主要支持部材の断面係数及び断面のせん断面積は，**表 8.3.5** の備考の要件を適用しなければならない。

4.1.2.4 部材寸法要件は，すべての構造の接続部及び溶接部詳細が，考慮する位置で想定される応力レベルに適合するよう設計及び建造する，という仮定に基づく。高応力区域の設計では，構造の接続部及びその詳細部の荷重状態，応力集中及び可能性のある損傷モードを考慮しなければならない。構造設計詳細は **4 節 3** に規定する要件に適合しなければならない。

4.1.2.5 ビルジ穴，排水口及び空気穴は，吸込管への流れ及び空気管への通風を確保するため必要な部分に設けなければならない。深水タンク上部の区画の排水のための配置図を作成しなければならない（**4 節 3** 参照）。

4.1.3 構造の連続性

4.1.3.1 外板，上甲板，内底板の部材寸法は船の後方にいくにつれて漸減しなければならない（**1.6** 参照）。

4.1.3.2 船の主な縦強度に寄与する構造を機関区域で省略する場合，強度の連続性及び急激な不連続を回避するため，適切な配置としなければならない。

4.1.3.3 内部船殻や縦通隔壁構造が機関区域の前端隔壁で止まっている場合は，裏側の構造は強度の連続性を確保するために，ブラケットを設けなければならない。

4.1.3.4 すべての外板肋骨とタンクの境界を成す隔壁の防撓材は貫通しておりかつ連続するか，またはそれらの端部でブラケットを設けなければならない。ただし，**4 節 3.2.4** 及び **4 節 3.2.5** を適用している場合を除く。

4.1.3.5 機関室に配置する縦方向の主要支持部材，中間甲板及び隔壁は出来る限り貨物タンク区域の同様の構造と同一面上になるよう配置しなければならない。同一面上に配置が出来ない場合，ブラケットを設ける等の適当な配置としなければならない。

4.1.4 配置

4.1.4.1 甲板及び隔壁の開口を機関区域に設ける場合，甲板，船側及び船底の支持強度を確保する配置とすること。

4.1.4.2 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。

4.1.4.3 主要支持構造は，防撓材等の貫通及び有効な構造設計になるような梁柱との直列配置等を考慮して配置しなけ

ればならない。

4.1.4.4　これらの要件は，従来の 1 つのプロペラ，1 つのエンジン推進配置を仮定して定式化している。二軸の船又は複数の主機を持つ船，高出力の船などにおいて，特にエンジンが台板の幅に比較して高い位置にある場合には，機関の重量，出力及び特に大きさに比例した構造の部材寸法や設置面積の追加要件を要求する。

4.1.4.5　主推進機関，減速ギヤ，軸及び推進ベアリングのための台座及びそれらの台座を支持する構造はすべての予想する荷重条件で，要求する配置と及び剛性を維持しなければならない。参考用に機械メーカーへ以下の図面を提出すること。

(a)　主推進器台座

(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)**を支持する構造

4.1.4.6　コファダムを機関区域と貨物タンクを分離するために設けなければならない。ポンプルーム，海水タンク又は燃料油タンクはコファダムとして差し支えない。

4.1.5　最小板厚

4.1.5.1　**4.2** から **4.8** に規定する板厚，断面係数及びせん断面積の要件に加え，機関区域の板及び防撓材の板厚は，**表 8.4.1** に規定する適切な最小板厚要件に適合しなければならない。

表 8.4.1　機関区域構造の最小ネット板厚

部材位置			ネット板厚（*mm*）
板部材	船体外板	平板竜骨	**2.1.5.1** 参照
		船底外板/ビルジ外板/船側外板	**2.1.5.1** 参照
	上甲板		**2.1.5.1** 参照
	その他の構造	船体内部タンクの境界	**2.1.5.1** 参照
		非水密隔壁，液体を積載しない区画の隔壁及び一般的な板部材	**2.1.5.1** 参照
		中間甲板	$3.3 + 0.0067s$
		内底板	$6.5 + 0.02L_2$
船底中心線桁板			**2.1.6.1** 参照
フロア及び船底側桁板			$5.5 + 0.02L_2$
主要支持部材のウェブ			$5.5 + 0.015L_2$
局部支持部材			**2.1.5.1** 参照
倒止肘板			**2.1.5.1** 参照

L_2　：**4 節 1.1.1.1** に規定する規則上の船の長さ $L_{CSR\text{-}T}$。ただし，$L_{CSR\text{-}T}$ が 300*m* を超えるときは 300*m* とする。

s　：**4 節 2.2** に規定する防撓材の心距（*mm*）

4.2　船底構造

4.2.1　一般

4.2.1.1　一般に，機関区域は二重底構造としなければならない。二重底の深さは，少なくとも貨物タンク区域で要求する深さと同じとしなければならない（**5 節 3.2.1** 参照）。機関区域の二重底の深さが隣接している区域と異なる場合，縦通部材の連続性は，適当な縦方向の範囲まで内底板を傾斜させる事で確保しなければならない。ただし，二重底構造の全体強度が損なわれなければ，二重底の深さを，局所的に貨物タンク区域で要求される深さより小さくしても差し支えない。

4.2.2　船底外板板厚

4.2.2.1　平板竜骨の板幅は **8 節 2.2.1.1** の要件に適合しなければならない。

4.2.2.2　船底外板（平板竜骨を含む）の板厚は **4.8.1.1** の要件に適合しなければならない。

4.2.3　船底肋骨

4.2.3.1　船底肋骨の断面係数及び板厚は **4.8.1.2** 及び **4.8.1.3** の要件に適合しなければならない。

4.2.4　縦桁及びフロア

4.2.4.1　二重底には中心線桁板を配置しなければならない。

4.2.4.2　二重底の全深さの縦桁を，有効に主機関の重量を分散及び構造の剛性を確保するように機関区域に配置しなければならない。縦桁は，出来る限り前後へ伸ばし，それらの端部は機関からの荷重を分散するよう適当に支持しなければならない。縦桁は要求区域外で漸減しなければならない。

4.2.4.3　側桁を設ける場合，側桁は隣接している区画の船底側桁と同一線上としなければならない。

4.2.4.4　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。

4.2.4.5　二重底が縦式構造の場合，主機関及び推進ベアリングの下では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台座の箇所以外では，フロアは 2 フレーム毎に設けて差し支えない。

4.2.4.6　重い艤装品を直接内底板に設置する場合，当該箇所の縦桁及びフロアの板厚は適当に増さなければならない。

4.2.5　内底板

4.2.5.1　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 19*mm* でなければならない。吊り下げ型ボルトの場合は，フロア及び縦桁の出来るだけ近傍に配置しなければならない。また，板厚と吊り下げ型ボルトの配置はメーカーの推奨事項を考慮しなければならない。

4.2.6　シーチェスト

4.2.6.1　内底構造又は二重底構造がシーチェストの部分を形成する箇所では，板厚はその板の支持しない最大幅を考慮し，同じ位置の外板の要求板厚未満としてはならない。

4.3　船側構造

4.3.1　一般

4.3.1.1　船側外板及び縦通肋骨の寸法は船体中央部から後方へいくにつれて適切に漸減しなければならない。

4.3.1.2　縦式構造から横式構造に切り替わる箇所では，縦式構造の適切なそぎ継ぎ構造配置としなければならない。

4.3.1.3　防撓材及び主要支持部材はそれらの端部を支持補強しなければならない。

4.3.2　船側外板

4.3.2.1　船側外板の板厚は **4.8.1.1** の要件に適合しなければならない。その適用上，船側外板の板厚は **2.2.4.2** の要件にも適合しなければならない。

4.3.3　船側外板付き局部支持部材

4.3.3.1　船側縦通肋骨及び垂直防撓材の断面係数及び板厚は **4.8.1.2** 及び **4.8.1.3** の要件に適合しなければならない。

4.3.3.2　縦通肋骨端部と横隔壁との結合部は，固定又は面外方向に対し支持すること。また，連続構造でない場合，ソフトタイプのブラケットを設けなければならない。縦通肋骨に重ねブラケットを取り付けてはならない。

4.3.4　船側の主要支持部材

4.3.4.1　特設肋骨は上下端で適当な防撓材に結合し，甲板横桁によって支持しなければならない。

4.3.4.2　一般に，横式構造の機関区域では，特設肋骨の心距は 5 フレームを超えてはならない。

4.3.4.3　主要支持部材の断面係数及びせん断面積は，**4.8.2** の要件に適合しなければならない。

4.3.4.4　スロットが閉じられていない場合，ウェブ深さは接合する防撓材のウェブ深さの 2.5 倍未満としてはならない。

4.3.4.5　主要支持部材のウェブは，支持していない曲げ長さの 14%未満の深さとしてはならない。

4.4　甲板構造

4.4.1　一般

4.4.1.1　すべての開口は補強しなければならない。構造の連続性に注意しなければならない。形状，断面及び板厚の急激な変化は避けなければならない。

4.4.1.2　機関区域の開口のコーナー部は，適当な形で，圧力集中が最小となるよう適切な形状としなければならない。

4.4.1.3　機関区域の開口，甲板又は中間甲板は，それらが船側立桁又は特設肋骨により有効に支持され，十分な強度を持たなければならない。

4.4.1.4　横式構造を採用する箇所では，甲板防撓材は，梁柱又は支柱隔壁と連結する縦桁を適切に配置することにより

支持しなければならない。甲板横桁を有する場合，端部固着し，横方向の強度の連続性を保つように立桁と同一線上に配置しなければならない。

4.4.1.5　縦式構造を採用する箇所では，甲板縦通肋骨は，梁柱又は支柱隔壁と連結する特設肋骨に対し同一線上の甲板横桁によって支持しなければならない。

4.4.1.6　機関室囲壁は梁柱又は支柱隔壁と連結する甲板横桁や縦通桁の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は，クロスタイを設けて差し支えない。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。

4.4.1.7　甲板がタンクの境界を形成する場合，構造部材寸法はタンク境界を成す部材の要求値未満としてはならない。

4.4.1.8　甲板が水密区画の境界を形成する場合，構造部材寸法は水密隔壁に対する要求値未満としてはならない。

4.4.2　甲板部材寸法

4.4.2.1　甲板の板厚は **4.8.1.1** の要件に適合しなければならない。

4.4.2.2　甲板防撓材の断面係数及び板厚は **4.8.1.2** 及び **4.8.1.3** の要件に適合しなければならない。

4.4.2.3　甲板防撓材のウェブ深さは 60*mm* 未満としてはならない。

4.4.2.4　主要支持部材の断面係数及びせん断面積は **4.8.2** の要件に適合しなければならない。

4.4.2.5　主要支持部材のウェブは，液体を積載する区画内については有効曲げスパンの 10%，その他の区画内については有効曲げスパンの 7%以上の深さとするとともに，スロット開口部にカラープレートが設けられない場合にあっては，スロット深さの 2.5 倍以上の深さとしなければならない。ここで，有効曲げスパンは **4 節 2.1.4** の規定によるものとし，格子構造の場合には主要支持部材間の距離とする。

4.4.2.6　重い艤装品からの集中荷重が作用する場所では，甲板構造の部材寸法は実際の荷重に基づき決定しなければならない。

4.4.3　梁柱

4.4.3.1　梁柱は，すべての梁柱の上端及び下端において荷重を分散するように可能な限り有効に配置するように同一垂直線上に取り付けなければならない。梁柱が偏荷重を支持するところでは，偏荷重による曲げモーメントに対して強化しなければならない。

4.4.3.2　管状又は空洞の正方形の梁柱は，有効に負荷を伝達するためにそれらの上端及び下端に，可能な限り，有効なブラケット，ダブリングプレート又はインサートプレートを取り付けなければならない。梁柱の上端及び下端を連続溶接によって固着しなければならない。型鋼で作られた梁柱の上端及び下端においては，荷重はブラケット又は他の同等な方法で分散しなければならない。

4.4.3.3　梁柱の間隔が広い箇所の二重底では，フロア及び縦通桁の交差部並びにフロア又は縦通桁及び二重底の接合部は適当に増厚しなければならない。梁柱が，フロア及び縦通桁又は部分的なフロア及び肋骨等の交差部直上にない場合，必要に応じて梁柱の支持補強をしなければならない。梁柱の下端の下にあるフロア及び縦通桁にマンホールは設けてはならない。

4.4.3.4　タンク内の梁柱は中実断面とする。流体圧力が梁柱の引張応力をもたらす箇所では，梁柱及びその端部接続部の引張応力は，材料の最小降伏応力の 45%を超えてはならない。

4.4.3.5　梁柱の部材寸法は **3.9.5** の要件に適合しなければならない。

4.4.3.6　重い艤装品からの荷重が **3.9.5** の設計荷重を超える箇所では，梁柱の部材寸法は実際の荷重に基づいて決定しなければならない。

4.5　機器の台座

4.5.1　一般

4.5.1.1　主機関及びスラスト軸受は様々な重力，推力，捩り，動的力及び振動の力等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設置しなければならない。

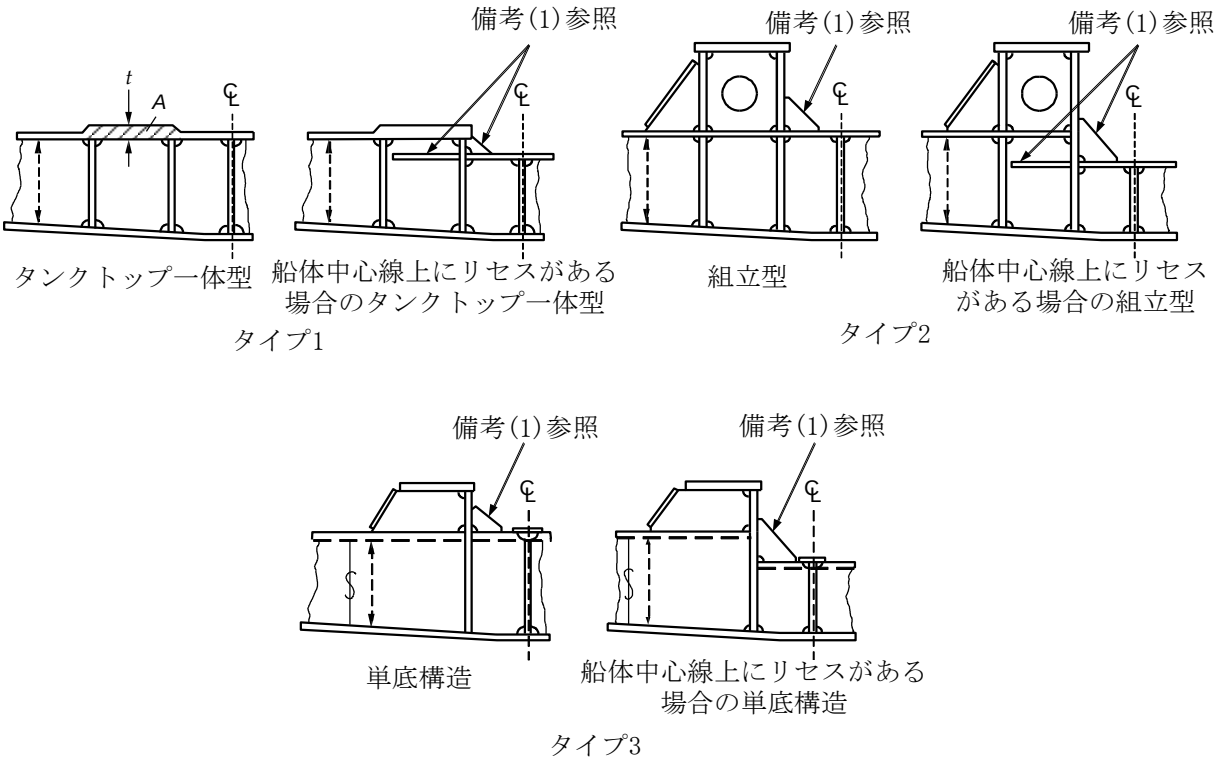
4.5.1.2　高出力の内燃機関やタービンの場合，一般に台座は二重底構造と一体としなければならない。**図 8.4.1** のタイプ 1 のように，主機関の台板，タービン機関のギヤケース及びスラスト軸受の箇所では二重底板厚を実質的に増加するよう考慮しなければならない。

4.5.1.3　**図 8.4.1** 中のタイプ 2 の台板で支える主機械に関しては，隣接している構造へのエンジンからの力はできるだけ一様に分散しなければならない。台座を支持する縦通桁は二重底内の縦通桁と同一直線上に配置しなければならない，

また，横防撓材等はフロアと同一線上に配置しなければならない（図 8.4.1 タイプ 2 参照）。

4.5.1.4　機関区域が単底構造の場合，台板は，一般的にフロアの上端部の上方に配置し，ブラケットで固定しなければならない（図 8.4.1 タイプ 3 参照）。

図 8.4.1　　機器の台板



（備考）

(1)　ブラケットは可能な限り大型のものとしなければならない。機器の台板及び縦通桁間の干渉を避ける目的で，製造元の推奨事項に従って，ブラケットを省略しても差し支えない。

4.5.2　内燃機関の台板及びスラスト軸受台

4.5.2.1　内燃機関の台板及びスラスト軸受台の部材寸法の決定においては，主機関の一般的な剛性及びバランス力の喪失を含めた設計特性を考慮しなければならない。

4.5.2.2　一般に内燃機関及びスラストベアリングのための台板に 2 つの縦通桁を取り付けなければならない。

（備考）

一般に，台板上端の板のグロス板厚は推進機関の最大連続出力が 3,500*kw* 以上の場合，45*mm* 未満としてはならない。

4.5.3　補機の台板

4.5.3.1　補機から支持構造に荷重を均等に分布させるために，適当な大きさ及び配置の台板に補機は固定しなければならない。

4.6　タンク隔壁

4.6.1　一般

4.6.1.1　タンクは，構造の動的応力を最小にするため，区画で仕切るか深い制水隔壁を設置して差し支えない。

4.6.2　構造

4.6.2.1　いかなる場合も，タンク境界を成す隔壁の部材寸法は水密隔壁の要求値未満としてはならない。

4.6.3 タンク境界隔壁の部材寸法

4.6.3.1 タンク境界隔壁の板厚は **4.8.1.1** の要件に適合しなければならない。

4.6.3.2 防撓材の断面係数及び板厚は **4.8.1.2** 及び **4.8.1.3** の要件に適合しなければならない。

4.6.3.3 主要支持部材の断面係数及びせん断面積は **4.8.2** の要件に適合しなければならない。

4.6.3.4 主要支持部材のウェブは，有効曲げスパンの 14%以上の深さとするとともに，スロット開口部にカラープレートが設けられない場合にあっては，スロット深さの 2.5 倍以上の深さとしなければならない。

4.7 水密の境界

4.7.1 一般

4.7.1.1 機関区域内の水密の境界は **5 節 2** の規定に従って設けなければならない。

4.7.2 水密の境界の部材寸法

4.7.2.1 水密の境界の板厚は **4.8.1.1** の要件に適合しなければならない。

4.7.2.2 防撓材の断面係数及び板厚は **4.8.1.2** 及び **4.8.1.3** の要件に適合しなければならない。

4.7.2.3 主要支持部材の断面係数及びせん断面積は **4.8.2** の要件に適合しなければならない。

4.7.2.4 主要支持部材のウェブは有効曲げスパンの 10%以上の深さとするとともに，スロット開口部にカラープレートが設けられない場合にあっては，スロット深さの 2.5 倍以上の深さとしなければならない。

4.8 部材寸法要件

4.8.1 板材及び局部支持部材

4.8.1.1 面外荷重を受ける板材において，ネット板厚は **3.9.2.1** の要件に適合しなければならない。ただし，**表 8.4.2** に規定する許容曲げ応力の係数 C_a を使用すること。

4.8.1.2 面外荷重を受ける防撓材において，ネット断面係数は **3.9.2.2** の要件に適合しなければならない。ただし，**表 8.4.3** に規定する許容曲げ応力の係数 C_s を使用すること。

4.8.1.3 面外荷重を受ける防撓材において，せん断面積要件に基づくネットウェブ板厚は **3.9.2.3** の要件に適合しなければならない。

表 8.4.2　　板部材の許容曲げ応力の係数

考慮する設計荷重条件における許容曲げ応力の係数（C_a）は以下の算式による：

$C_a = \beta_a - \alpha_a \frac{|\sigma_{hg}|}{\sigma_{yd}}$　ただし，$C_{a\text{-}max}$ を超える値は取らなくてよい。

β_a，α_a，$C_{a\text{-}max}$：

許容評価基準条件	構造部材		β_a	α_a	$C_{a\text{-}max}$
AC1	縦強度部材	縦防撓材で防撓した板部材	0.9	0.5	0.8
		横又は垂直防撓材で防撓した板部材	0.9	1.0	0.8
	その他の部材		0.8	0	0.8
AC2	縦強度部材	縦防撓材で防撓した板部材	1.05	0.5	0.95
		横又は垂直防撓材で防撓した板部材	1.05	1.0	0.95
	水密の境界を成す部材を含むその他の部材		1.0	0	1.0

σ_{hg}　：　**3 節 5.1.2** に規定する荷重計算点において計算する考慮すべき設計荷重条件によるハルガーダの曲げ応力 $= \frac{(Z - Z_{NA-net50}) M_{v-total}}{I_{v-net50}} 10^{-3}$ （N/mm^2）

$M_{v\text{-}total}$　：　考慮する設計荷重条件で船の長さ方向の考慮している位置における設計垂直曲げ応力（kNm）。静水曲げモーメント $M_{sw\text{-}perm}$ は同時に作用する波浪曲げモーメント M_{wv} と同じ記号を用いる（**表 7.6.1** 参照）。

$I_{v\text{-}net50}$　：　**4 節 2.6.1** に規定する船の長さ方向の考慮している位置における，ネット垂直ハルガーダ慣性モーメント（m^4）

z　：　考慮する荷重の垂直位置（m）

$z_{NA\text{-}net50}$　：　**4 節 2.6.1** に規定する，基線から水平中立軸までの距離（m）

σ_{yd}　：　材料の最小降伏応力（N/mm^2）

表 8.4.3　　防撓材の許容曲げ応力の係数

許容曲げ応力係数 Cs は下記の通りとする：

ハルガーダの曲げ応力（σ_{hg}）	横方向の圧力	許容基準
張力（+ve）	防撓材側	$C_s = \beta_s - \alpha_s \frac{\lvert\sigma_{hg}\rvert}{\sigma_{yd}}$ $C_{s\text{-}max}$ を超える値は取らない
圧縮力（-ve）	外板側	
張力（+ve）	外板側	$C_s = C_{s\text{-}max}$
圧縮力（-ve）	防撓材側	

β_s，α_s，$C_{s\text{-}max}$：　許容曲げ応力の係数で以下の通りとする：

許容評価基準条件	構造部材	β_s	α_s	$C_{s\text{-}max}$
AC1	縦方向に作用する防撓材	0.85	1.0	0.75
	その他の防撓材	0.75	0	0.75
AC2	縦方向に作用する防撓材	1.0	1.0	0.9
	その他の防撓材	0.9	0	0.9
	水密の境界の防撓材	0.9	0	0.9

σ_{hg}　：　3 節 5.2.2.5 に規定する荷重計算点において計算される考慮する設計荷重条件によるハルガーダの曲げ応力

$$= \left(\frac{(Z - Z_{NA-net50})M_{v-total}}{I_{v-net50}}\right) 10^{-3} \quad (N/mm^2)$$

考慮する設計荷重条件で船の長さ方向の考慮している位置における設計垂直曲げ応力（kNm）

$M_{v\text{-}total}$　：　$M_{v\text{-}total}$ は表 7.6.1 に基づいて，サギング若しくはホギングの静水曲げモーメントを用いて計算すること。

防撓材の位置	$M_{sw\text{-}perm}$	
	外板側に圧力が作用する場合	防撓側に圧力が作用する場合
中立軸より上方	サギングモーメント	ホギングモーメント
中立軸より下方	ホギングモーメント	サギングモーメント

$I_{v\text{-}net50}$　：　4 節 2.6.1 に規定する船の長さ方向の考慮している位置における，ネット垂直ハルガーダ慣性モーメント（m^4）

z　：　考慮する荷重の垂直位置（m）

$z_{NA\text{-}net50}$　：　4 節 2.6.1 に規定する，ベースラインから水平中立軸までの距離（m）

σ_{yd}　：　材料の最小降伏応力（N/mm^2）

4.8.2　主要支持部材

4.8.2.1　湾曲している船体箇所又は湾曲している船体箇所と交差している主要支持部材において，端部ブラケットの有効性は船体曲率の影響を考慮する。

4.8.2.2　面外荷重を受ける主要支持部材のネットの断面係数は 3.9.3.2 の要件に適合しなければならない。

4.8.2.3　面外荷重を受ける主要支持部材のウェブのネット断面積は 3.9.3.3 の要件に適合しなければならない。

4.8.2.4　一般に，主要支持部材は，特定の構造様式のための特別な方法で解析しなければならない。すべての主要支持部材の応力レベルは適用すべき設計荷重条件において，3.9.3.2 及び 3.9.3.3 に規定する許容応力及び応力係数未満であることを，高度な計算方法により確認すること。

4.8.3　波形隔壁

4.8.3.1　波形隔壁の承認には特別な考慮を払わなければならない。

（備考）

貨物タンク区域の波形隔壁の部材寸法要件は 2.5.6 及び 2.5.7 に基づいて差し支えない。

4.8.4　梁柱

4.8.4.1　梁柱にかかる最大荷重は 3.9.5 の要件による許容梁柱荷重未満でなければならない。

5 船尾部

5.1 一般

5.1.1 適用

5.1.1.1 本 **8 節 5** の要件は船尾隔壁及び船尾端の間にある構造に対して適用する。

5.1.1.2 本 **8 節 5** の要件は以下に対して適用しない。

(a) ラダーホーン

(b) 舵，操舵ノズル及びプロペラ等の船体に組み込まない構造物

(c) 船体に恒久的に取り付けたその他の付加物

上記等に対しての要件は，他編の規定を適用する。

5.1.1.3 **5.1** から **5.7** においてはネット部材寸法で規定する。グロス部材寸法については次に示す。

(a) **5.1.4** の最小板厚要件の適用において，グロス板厚は **6 節 3** の規定による腐食予備厚を加えることにより得る。

(b) 板厚及び局部支持部材において，グロス板厚及びグロス断面特性は **6 節 3** の規定による腐食予備厚を加えることにより得る。

(c) 主要支持部材において，グロスせん断面積，グロス断面係数及び他のグロス断面特性は，**6 節 3** の規定による関連の腐食予備厚の 1/2 を加えることにより得る。

(d) **10 節 2** の座屈要件の適用において，グロス板厚及びグロス断面特性は，**6 節 3** の規定による腐食予備厚を加えることにより得る。

5.1.2 一般的な部材寸法規定

5.1.2.1 船体構造は以下の要件を満足しなければならない。

(a) ハルガーダ縦強度（**8 節 1** 参照）

(b) スロッシングの衝撃荷重と強度（**8 節 6** 参照）

(c) 座屈/最終強度（**10 節**参照）

5.1.2.2 操舵機，揚錨機及びその他の甲板機械に対して，甲板板厚及び支持構造は適当に補強しなければならない（**11 節 3** 参照）。

5.1.2.3 局部及び主要支持部材のネット断面係数，せん断面積及びその他の断面特性は，**4 節 2** の規定により決定しなければならない。

5.1.2.4 局部支持部材のネット断面係数及びせん断面積は，端部ブラケットを除いた範囲に適用する。主要支持部材の断面係数及び断面のせん断面積は，**表 8.3.5** の備考の要件を適用しなければならない。

5.1.2.5 部材寸法要件は，すべての構造の接続部及び溶接部詳細が，考慮する位置で想定する応力レベルに適合するよう設計及び建造する，という仮定に基づく。高応力区域の設計では，構造の接続部及びその詳細部の荷重状態，応力集中及び可能性のある損傷モードを考慮しなければならない。構造設計詳細は **4 節 3** に規定する要件に適合しなければならない。

5.1.2.6 ビルジ穴，排水口及び空気穴は，吸込管への流れ及び空気管への通風を確保するため必要な部分に設けなければならない。深水タンク上部の区画の排水のための配置図を作成しなければならない（**4 節 3** 参照）。

5.1.3 構造の連続性

5.1.3.1 外板，上甲板及び内底板の部材寸法は，後端に向かって漸減しなければならない（**1.6** 参照）。

5.1.3.2 船尾区域の前部から機関区域への領域では，主要支持部材の漸減について十分に考慮しなければならない。

5.1.3.3 強力甲板の縦通梁は，船尾まで縦通させなければならない。

5.1.3.4 すべての外板肋骨とタンクの境界を成す隔壁の防撓材は連続するか，又はそれらの端部でブラケットを設けなければならない。ただし，**4 節 3.2.4** 及び **4 節 3.2.5** を適用している場合を除く。

5.1.4 最小板厚

5.1.4.1 **5.2** から **5.7** に規定する，板厚，断面係数及び防撓材のウェブせん断面積の要件に加え，船尾部区域の板及び防撓材の板厚は，**表 8.5.1** に規定する適切な最小板厚要件に適合しなければならない。

表 8.5.1　　船尾隔壁より後方の構造の最小ネット板厚

部材位置			ネット板厚（*mm*）
板部材	船体外板	平板竜骨	**2.1.5.1** 参照
		船底／ビルジ外板／船側外板	**2.1.5.1** 参照
	上甲板		**2.1.5.1** 参照
	その他の構造	船体内部タンクの境界	**2.1.5.1** 参照
		非水密隔壁，液体を積載しない区画の隔壁及び一般的な板部材	**2.1.5.1** 参照
		梁柱隔壁	7.5
船底縦桁及び船尾タンク内フロア			$5.5 + 0.02L_2$
主要支持部材のウェブ			$6.5 + 0.015L_2$
局部支持部材			**2.1.5.1** 参照
倒止ブラケット			**2.1.5.1** 参照

L_2　：**4 節 1.1.1.1** に規定する規則上の船の長さ $L_{CSR\text{-}T}$。ただし，$L_{CSR\text{-}T}$ が 300*m* を超えるときは 300*m* とする。

5.2　船底構造

5.2.1　一般

5.2.1.1　船尾部区域にあっては，フロアはフレームスペース毎に配置しなければならない。また，当該フロアは少なくとも船尾管より上の高さまで延長しなければならない。フロアが中間甲板又は甲板まで延長していない箇所にあっては，その上端にフランジ等を設けて補強しなければならない。

5.2.1.2　中心線縦桁はできる限り後方まで延長し，船尾材に固着しなければならない。

5.2.2　船尾部区域のフロア及び桁

5.2.2.1　フロア及び桁の防撓材の深さ（h_{stf}）は次の算式による値以上としなければならない。

$h_{stf} = 80.0\ l_{stf}$　　平板防撓材に対して（*mm*）

$h_{stf} = 70.0\ l_{stf}$　　バルブプレート及びフランジ状防撓材に対して（*mm*）

l_{stf}　：防撓材の長さで**図 8.5.1** による（*m*）

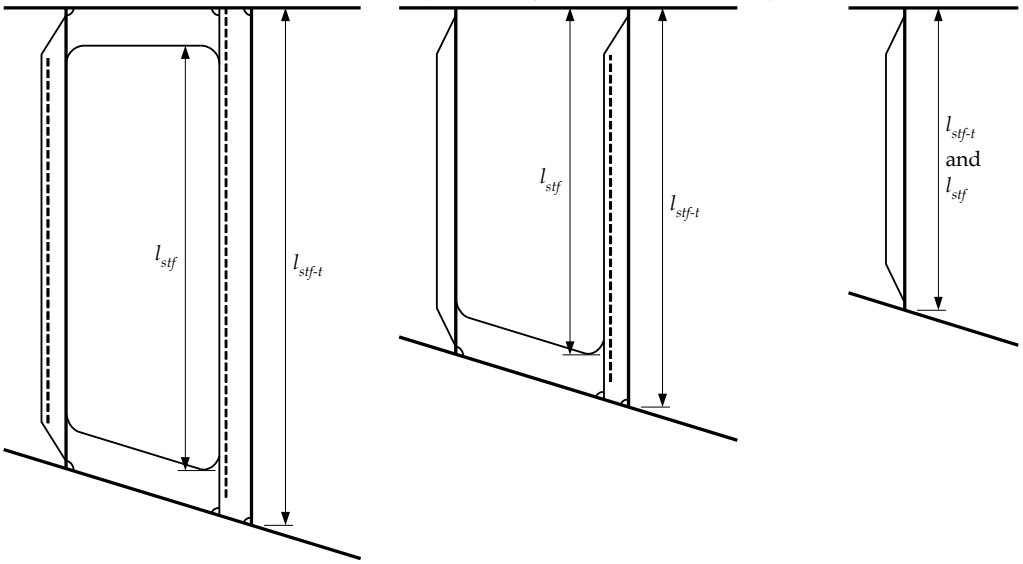
5.2.2.2　**5.2.2.1** の規定に加えて，防撓材には次のように端部ブラケットを設けなければならない。

(a)　防撓材の長さ（$l_{stf\text{-}t}$）が 4*m* を超える場合，下端及び上端

(b)　防撓材の長さ（$l_{stf\text{-}t}$）が 2.5*m* を超える場合，下端

$l_{stf\text{-}t}$：**図 8.5.1** に示す防撓材の全長さ（*m*）

図 8.5.1　船尾部区域におけるフロア及び縦桁



a)　$l_{stf\text{-}t} > 4$ の場合　　b)　$l_{stf\text{-}t} > 2.5$ の場合　　c)　$l_{stf\text{-}t} \leq 2.5$ の場合

5.2.2.3　厚板の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。当該厚板のフロアは，最初の甲板又は中間甲板まで伸ばさなければならない。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。

5.2.3　　船尾材

5.2.3.1　船尾材は，鋼板からの組立式又は鋳鋼製とすることができる。使用可能な材料の仕様及び鋼材グレードについては，**表 6.1.3** 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。

5.2.3.2　一軸船における船尾材にあるプロペラボスより下方の部材寸法は，**5.2.3.3** 又は **5.2.3.4** の規定によること。

5.2.3.3　鋼板組立式の船尾材は，次の評価基準を満足しなければならない。

(a)　$t_{grs} \geq 2.25\sqrt{L_{CSR-T}}$ （*mm*）

(b)　$w_{stn} \geq 450$ （*mm*）

(c)　$t_{grs} \geq \dfrac{C_f L_{CSR-T}{}^{1.5}}{w_{stn}{}^2\sqrt{1+\left(\frac{2l_{stn}}{w_{stn}}\right)^2}}$ （*mm*）

t_{grs}　：船側外板のグロス板厚（*mm*）

w_{stn}　：船尾材の幅で**図 8.5.2a** を参照のこと（*mm*）

l_{stn}　：船尾材の長さで**図 8.5.2a** を参照のこと（*mm*）

$L_{CSR\text{-}T}$　：**4 節 1.1.1.1** の規定による規則上の船の長さ

$C_f = 9600$

5.2.3.4　鋳鋼製の船尾材は次の評価基準を満足しなければならない。

(a)　$t_{1-grs} \geq 3.0\sqrt{L_{CSR-T}}$ （*mm*）　ただし，25*mm* 以上とすること。

(b)　$t_{2-grs} \geq 1.25 t_{1-grs}$ （*mm*）

(c)　$\dfrac{(t_{1-grs}+t_{2-grs})}{2} \geq \dfrac{C_f L_{CSR-T}{}^{1.5}}{w_{stn}{}^2\sqrt{1+\left(\frac{2l_{stn}}{w_{stn}}\right)^2}}$

t_{1-grs}：端部における鋳鋼品のグロス板厚で**図 8.5.2b** を参照のこと（*mm*）

t_{2-grs}：中央点における鋳鋼品のグロス板厚で**図 8.5.2b** を参照のこと（*mm*）

w_{stn}　：船尾材の幅で**図 8.5.2b** を参照のこと（*mm*）

l_{stn}　：船尾材の長さで**図 8.5.2b** を参照のこと（*mm*）

$L_{CSR\text{-}T}$　：**4 節 1.1.1.1** の規定による規則上の船の長さ

C_f = 8400

外板への突合せ溶接の板厚は，オフセットの少なくとも 3 倍のテーパ長さを有し，t_1 以下に徐々にテーパすること。鋳鋼にあっては，欠陥を含む恐れのある厚く，大きな材料を避けるために鋳型中子を取り除かなければならない。また，全体を通して比較的均一な断面を維持しなければならない。断面が変化する箇所にあっては，適当な丸みを付けなければならない。

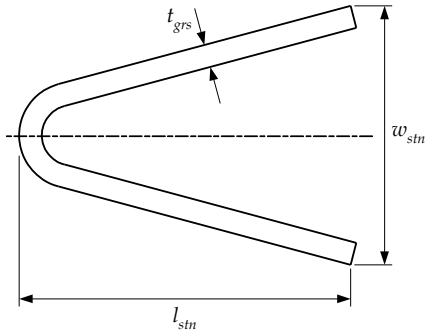
5.2.3.5　プロペラボスの上方にあっては，プロペラ孔の上方部分の箇所を除き，部材寸法は **5.2.3.2** から **5.2.3.4** によらなければならない。肥大な船尾形状を持ち，船体中心線に局部支持部材を配置する場合にあっては，板厚は **5.2.3.2** から **5.2.3.4** の規定の 80%まで軽減しても差し支えない。

5.2.3.6　丸鋼を船尾材の後端部に使用する場合にあっては，当該部材寸法及び結合部の詳細は溶接を容易にするものでなければならない。

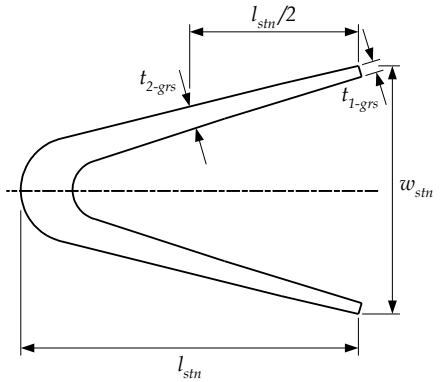
5.2.3.7　t 及び t_1 が **5.2.3.3** 及び **5.2.3.4** に規定による場合にあっては，厚さが少なくとも 0.8t 又は 0.8t_1 以上のリブ又は水平ブラケットを，適当な間隔で設置しなければならない。t 又は t_1 が **5.2.3.5** に従って軽減する場合にあっては，リブ又は水平ブラケットの厚さに比例して軽減しても差し支えない。

5.2.3.8　舵のガジョンは船尾材の一部に組み込まなければならない。また，関連する他の要件は本会の適当と認めるところによる。

図 8.5.2　　船尾材



(a)　組立式



(b)　鋳鋼製

5.3　外板構造

5.3.1　外板

5.3.1.1　船側外板及び船尾外板のネット板厚（t_{net}）は，**3.9.2.1** の規定に適合しなければならない。また，次の算式による値以上としなければならない。

t_{net} = 0.035 (L_2−42) + 0.009s（mm）

L_2　：**4 節 1.1.1.1** に規定する規則上の船の長さ $L_{CSR\text{-}T}$。ただし，300m を超える必要はない。

s　：**4 節 2.2** に規定する防撓材の心距（mm）

5.3.1.2　船尾材に接する外板のネット板厚（t_{net}）は，**3.9.2.1** の規定に適合しなければならない。また，次の算式による

値以上としなければならない。

$t_{net} = 0.094\,(L_2 - 43) + 0.009s$（$mm$）

L_2 ：**4 節 1.1.1.1** に規定する規則上の船の長さ $L_{CSR\text{-}T}$。ただし，300m を超える必要はない。

s ：**4 節 2.2** に規定する防撓材の心距（mm）

5.3.1.3 プロペラボス及びヒールプレートの箇所にあっては，外板のネット板厚（t_{net}）は，次の算式による値以上としなければならない。

$t_{net} = 0.105\,(L_2 - 47) + 0.011s$（$mm$）

L_2 ：**4 節 1.1.1.1** に規定する規則上の船の長さ $L_{CSR\text{-}T}$。ただし，300m を超える必要はない。

s ：**4 節 2.2** に規定する防撓材の心距（mm）

5.3.1.4 **2.2.4.3** に規定する範囲にあっては，外板の板厚は **2.2.4.2** の規定に適合しなければならない。

5.3.1.5 **5.2.2.3** に規定する厚板のフロアにあっては，厚板の外板を部分的に設けなければならない。厚板のフロア以外の箇所にあっては，厚板の外板はできる限り徐々にその板厚を減じても差し支えない。ラダーホーンの板が外板に丸みを付けて固着する箇所にあっては，その丸みの半径 r は次の算式による値以上としなければならない。

$r = 150 + 0.8\,L_2$（mm）

L_2 ：**4 節 1.1.1.1** に規定する規則上の船の長さ $L_{CSR\text{-}T}$。ただし，300m を超える必要はない。

5.3.2 外板の局部支持部材

5.3.2.1 肋骨材の断面係数及び板厚は，**3.9.2.2** 及び **3.9.2.3** の規定に適合しなければならない。

5.3.3 外板の主要支持部材

5.3.3.1 **5.3.3** の規定は，立桁，水平桁又は中間甲板によって支持している単船側構造に適用する。

5.3.3.2 縦式構造を採用する箇所にあっては，縦通肋骨はフロアから上甲板に達する垂直主要支持部材によって支持しなければならない。甲板横桁は，特設肋骨の位置に合せて設けなければならない。

5.3.3.3 横式構造を採用する箇所にあっては，肋骨は垂直主要支持部材の間に設ける水平主要支持部材によって支持しなければならない。

5.3.3.4 縦通肋骨，横肋骨及び水平桁を支持する特設肋骨の部材寸法は，**3.9.3** によらなければならない。

5.3.3.5 主要支持部材のウェブの深さは，曲げ応力を考慮する際のスパンの 14%以上でなければならない。また，スロットが閉じられてない場合にあっては，ウェブの深さは，少なくともスロットの深さの 2.5 倍以上としなければならない。

5.4 甲板構造

5.4.1 甲板

5.4.1.1 甲板の板厚は，**3.9.2.1** の規定に適合しなければならない。

5.4.1.2 （削除）

5.4.2 甲板防撓材

5.4.2.1 甲板防撓材の断面係数及び板厚は，**3.9.2.2** 及び **3.9.2.3** の規定に適合しなければならない。

5.4.3 甲板主要支持部材

5.4.3.1 主要支持部材の断面係数及びせん断面積は，**3.9.3** の規定に適合しなければならない。

5.4.3.2 主要支持部材のウェブは，液体を積載する区画内については有効曲げスパンの 10%，その他の区画内については有効曲げスパンの 7%以上の深さとするとともに，スロット開口部にカラープレートが設けられない場合にあっては，スロット深さの 2.5 倍以上の深さとしなければならない。ここで，有効曲げスパンは **4 節 2.1.4** の規定によるものとし，格子構造の場合には主要支持部材間の距離とする。

5.4.3.3 重い艤装品によって集中荷重を受ける箇所にあっては，甲板構造の部材寸法は実際にかかる荷重を考慮しなければならない（**11 節 3** 参照）。

5.4.4 梁柱

5.4.4.1 梁柱は，すべての梁柱の上端及び下端において荷重を分散するように可能な限り有効に配置するように同一垂直線上に取り付けなければならない。梁柱が偏荷重を支持するところでは，偏荷重による曲げモーメントに対して強化しなければならない。

5.4.4.2 管状又は空洞の正方形の梁柱は，有効に負荷を伝達するためにそれらの上端及び下端に，可能な限り，有効なブラケット，ダブリングプレート又はインサートプレートを取り付けなければならない。梁柱の上端及び下端を連続溶接

によって固着しなければならない。型鋼で作られた梁柱の上端及び下端においては，荷重はブラケット又は他の同等な方法で分散しなければならない。

5.4.4.3　タンク内の梁柱は中実断面とする。流体圧力が梁柱の引張応力をもたらす箇所では，梁柱とその端部接続部の引張応力は，材料の最小降伏応力の 45%を超えてはならない。

5.4.4.4　梁柱の部材寸法は **3.9.5** の要件に適合しなければならない。

5.4.4.5　重い艤装品からの荷重が **3.9.5** の設計荷重を超える箇所では，梁柱の部材寸法は実際の荷重に基づいて決定しなければならない。

5.5　タンク隔壁

5.5.1　一般

5.5.1.1　タンクは，構造への動的圧力を最小にするために，分割又は制水板を設けること。

5.5.2　構造

5.5.2.1　タンク境界隔壁の部材寸法は，いかなる場合も，水密隔壁の要求値未満としてはならない。

5.5.3　タンク境界隔壁の部材寸法

5.5.3.1　タンク境界を成す板部材の板厚は **3.9.2.1** の要件に適合しなければならない。

5.5.3.2　防撓材の断面係数と板厚は **3.9.2.2** 及び **3.9.2.3** の要件に適合しなければならない。

5.5.3.3　主要支持部材の断面係数とせん断面積は **3.9.3** の要件に適合しなければならない。

5.5.3.4　主要支持部材のウェブは有効曲げスパンの 14%以上のウェブ深さとするとともに，スロット開口部にカラープレートが設けられない場合にあっては，スロット深さの 2.5 倍以上の深さとしなければならない。

5.6　水密の境界

5.6.1　一般

5.6.1.1　水密境界は **5 節 2** に従って設けなければならない。

5.6.1.2　水密隔壁に設ける開口の数は，船の設計及び操船に支障をきたさない最小限にとどめなければならない。水密隔壁及び内部甲板の貫通部が，交通，配管，換気，電気ケーブル配線等により必要となる箇所にあっては，完全な水密性を保持するための処置を講じなければならない。

5.6.2　船尾隔壁

5.6.2.1　**5 節 2.3** に従って，船尾隔壁を設けなければならない。

5.6.2.2　船尾隔壁の構造部材の部材寸法は，できる限り **5.5** 及び **5.6.3** の規定に適合しなければならない。

5.6.3　水密の境界を成す部材の部材寸法

5.6.3.1　境界を成す板部材の板厚は **3.9.2.1** の規定に適合しなければならない。

5.6.3.2　防撓材の断面係数及び板厚は，**3.9.2.2** 及び **3.9.2.3** の規定に適合しなければならない。

5.6.3.3　主要支持部材の断面係数及びせん断面積は **3.9.3** の規定に適合しなければならない。

5.6.3.4　主要支持部材のウェブは，有効曲げスパンの 10%以上のウェブ深さとするとともに，スロット開口部にカラープレートが設けられない場合にあっては，スロット深さの 2.5 倍以上の深さとしなければならない。

5.7　その他の構造

5.7.1　梁柱隔壁

5.7.1.1　縦桁及び梁柱並びに縦桁の代わりに取り付ける縦通隔壁を支える隔壁は，梁柱又は支柱に対する要件以上に有効に支持するために補強しなければならない。梁柱に対する作用荷重及び要求ネット断面積は，**5.4.4** の規定に従わなければならない。防撓材のネット断面二次モーメントは，板付き $40t_{net}$ 幅にて計算しなければならない。ここで，t_{net} とはネット板厚（*mm*）である。

5.7.1.2　梁柱隔壁は次の要件を満たされなければならない。

(a)　隔壁付防撓材間の距離は，1,500*mm* を超えてはならない。

(b)　波形隔壁の箇所にあっては，波形の深さは 100*mm* 未満であってはならない。

5.7.2 ラダートランク

5.7.2.1 ラダートランクの部材寸法は，**5.3.1** 及び **5.3.2** の外板及び肋骨材の規定によらなければならない。ラダートランクが海水に没水している場合は，操舵機室に海水が流入するのを防ぐためにシール又はパッキンは計画する喫水中最も深い喫水線より上方に設けなければならない。

5.7.3 船尾スラスタトンネル

5.7.3.1 トンネル板のネット板厚（$t_{tun\text{-}net}$）は，スラスタ近くの外板に対して要求する値未満としてはならない。これに加えて $t_{tun\text{-}net}$ は，次式の値未満としてはならない。

$t_{tun-net} = 0.008\, d_{tun} + 1.8$（$mm$）

d_{tun} ：トンネルの内径（mm）。ただし，970mm 以上としなければならない。

5.7.3.2 トンネルの船外端に角棒又は格子を設置する場合にあっては，当該部材は効果的に固定しなければならない。

6 スロッシング荷重及び衝撃荷重に対する構造評価

6.1 一般

6.1.1 適用

6.1.1.1 本 **8 節 6** 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及び船首部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。**6.2** から **6.4** にて適用するスロッシング荷重及び衝撃荷重は，**7 節 4** による。

6.1.1.2 本 **8 節 6** においてはネット部材寸法で規定する。グロス部材寸法については次に示す。

(a) 板厚及び局部支持部材において，グロス板厚及びグロス断面特性は **6 節 3** の規定による腐食予備厚を加えることにより得る。

(b) 主要支持部材に対して，グロスせん断面積，グロス断面係数及び他のグロス断面特性は，**6 節 3** の規定による関連の腐食予備厚の 1/2 を加えることにより得る

6.1.2 一般的な部材寸法規定

6.1.2.1 **6.2** から **6.4** の規定は，**8 節**の規定に加えて適用しなければならない。

6.1.2.2 衝撃荷重又はスロッシング荷重による局所的な部材寸法の増加について，ハードスポット，切欠き及びその他の有害な応力集中の詳細及び回避方法に対して十分に考慮しなければならない。

6.2 タンク内のスロッシング

6.2.1 範囲及び制限

6.2.1.1 **6.2** の規定は，**7 節 4.2** に規定するように，タンク内の液体自由運動によるスロッシング荷重を受けるタンクの境界及び内部の構造に対する部材寸法について規定するものである。

6.2.1.2 貨物タンク，スロップタンク，バラストタンク及び巨大な深水タンク（例えば，燃料油タンク，メイン清水タンク）の構造は，スロッシング荷重を考慮して評価しなければならない。小さいタンクはスロッシング荷重について評価する必要はない。

6.2.1.3 全ての貨物タンク及びバラストタンクは，貨物等の積付け高さがあらゆる状態にあっても要件を満たす部材寸法としなければならない。

6.2.1.4 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倒止ブラケット

6.2.1.5 $0.56B$ より大なる有効スロッシング幅（b_{slh}）又は $0.13L_{CSR\text{-}T}$ より大なる有効スロッシング長さ（l_{slh}）を有するタンクに対しては，追加のスロッシング衝撃の評価は本会の適当と認めるところによる。有効スロッシング長さ（l_{slh}）及び幅（b_{slh}）はそれぞれ **7 節 4.2.2** 及び **7 節 4.2.3** によること。

6.2.2 スロッシング荷重の適用

6.2.2.1 次のタンクは **6.2.2.2** から **6.2.2.5** に従って，設計スロッシング荷重（$P_{slh\text{-}lng}$ 及び $P_{slh\text{-}t}$）に対して評価しなければならない。

(a) 貨物タンク及びスロップタンク

(b) 船首及び船尾バラストタンク

(c) 液体運動が制御されていないその他のタンク。ただし，次の **i)**及び **ii)**の場合を除く：

i) 有効スロッシング長さが $0.03L_{CSR\text{-}T}$ 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

ii) 有効スロッシング幅が $0.32B$ 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

6.2.1.2 にいう“その他のタンク”に対する設計スロッシング荷重は，**7 節 4.2.4** に規定する最小スロッシング荷重（$P_{slh\text{-}min}$）とする。

6.2.2.2 **7 節 4.2.2.1** に規定する縦方向の液体運動による設計スロッシング荷重（$P_{slh\text{-}lng}$）は，**図 8.6.1** に従って次の部材に適用しなければならない。

(a) 横水密隔壁

(b) 横制水隔壁

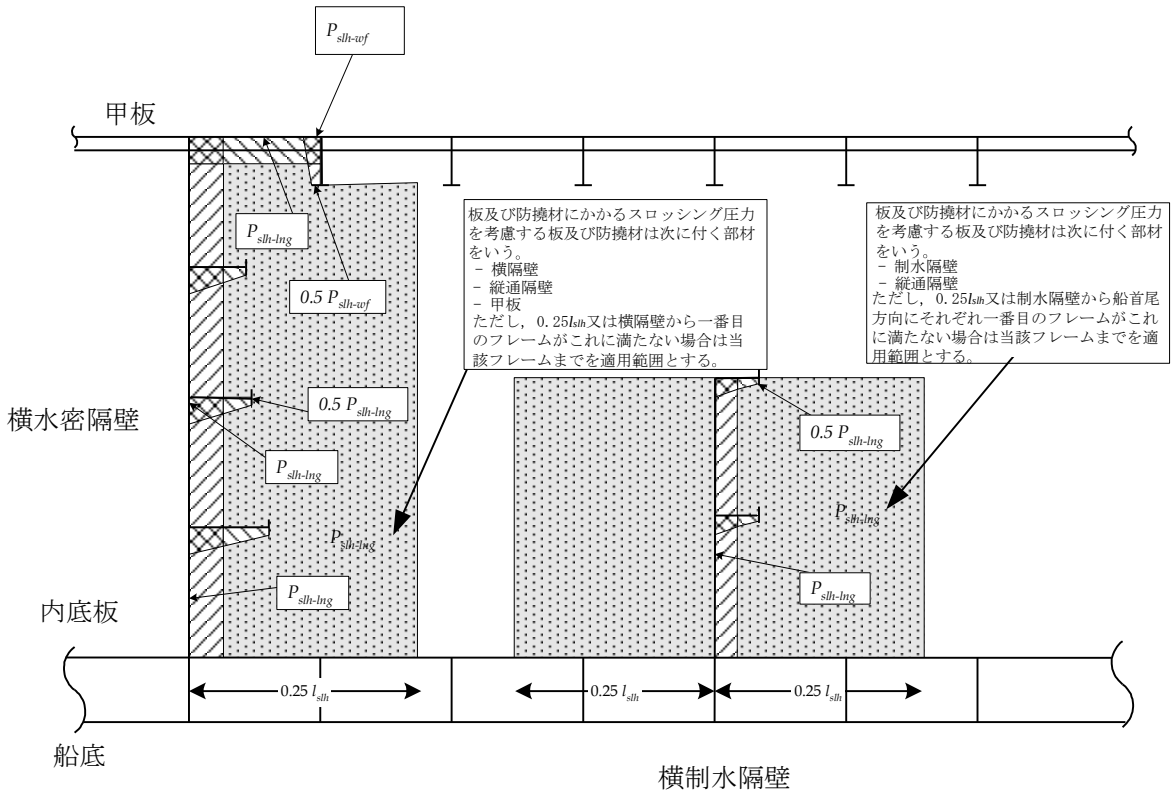
(c) 横水密隔壁及び横制水隔壁付きのストリンガ

(d) 横隔壁と当該隔壁から最初の特設肋骨との間，又は横隔壁と $0.25l_{slh}$ の間のどちらか小さい方の間にある，縦通隔壁，甲板及び二重船殻部縦通隔壁付きの板及び防撓材

6.2.2.3 **6.2.2.2** に加えて，特設肋骨が**図 8.6.1** のように隔壁から $0.25l_{slh}$ 以内に位置する場合にあっては，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，**7 節 4.2.2.5** に規定する特設肋骨にかかるスロッシング荷重（$P_{slh\text{-}wf}$）に対して評価しなければならない。

6.2.2.4 **7 節 4.2.4** に規定する最小スロッシング荷重（$P_{slh\text{-}min}$）は，他のすべての部材に適用しなければならない。

図 8.6.1 縦方向の液体運動によるスロッシング荷重の適用



6.2.2.5 **7 節 4.2.3.1** に規定する，横方向の液体運動による設計スロッシング荷重（$P_{slh\text{-}t}$）は，**図 8.6.2** に従って次の部材に適用しなければならない。

(a) 縦通水密隔壁

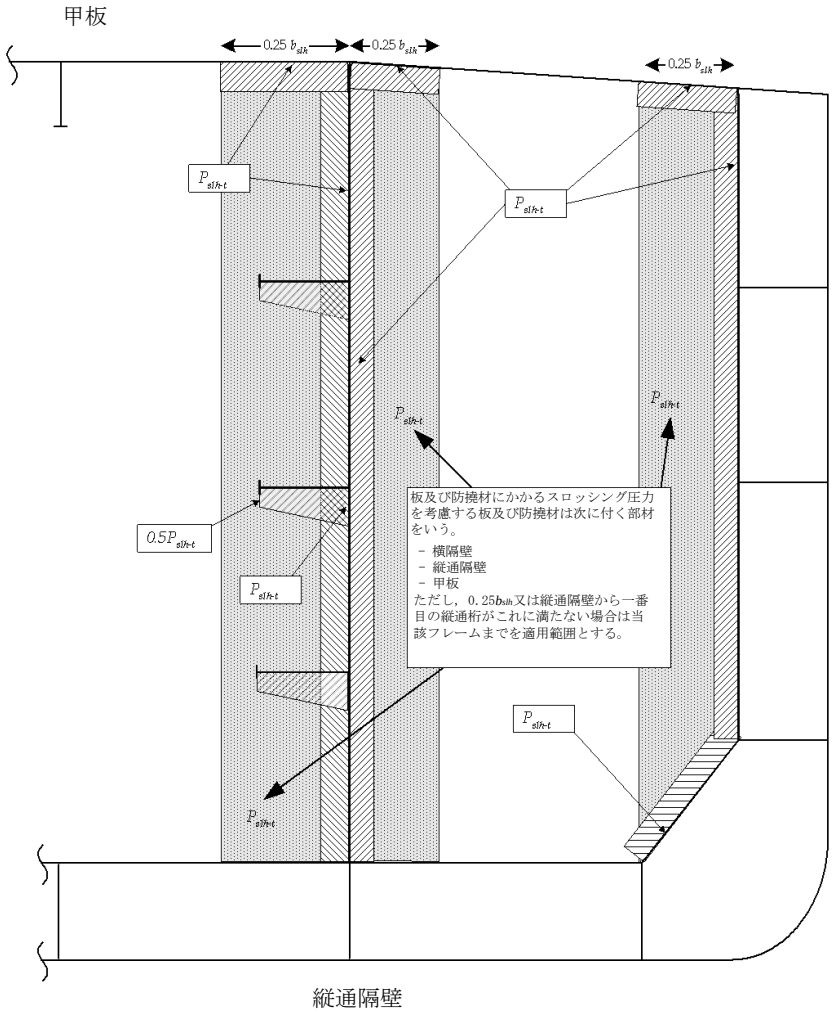
(b) 縦通制水隔壁

(c) 縦通水密隔壁及び縦通制水隔壁付きの水平ストリンガ

(d) 縦通隔壁と当該隔壁から最初の縦通桁との間，又は縦通隔壁と $0.25b_{slh}$ の間のどちらか小さい方の間にある，ストリンガ，甲板を含む横隔壁の板及び防撓材

6.2.2.6 **6.2.2.5** に加えて，桁が**図 8.6.2** のように縦通隔壁から $0.25b_{slh}$ 以内に位置する場合にあっては，縦通水密隔壁又は縦通制水隔壁に隣接する最初の桁は，**7 節 4.2.3.5** に規定するスロッシング荷重（$P_{slh\text{-}grd}$）に対して評価しなければならない。

図 8.6.2　　横方向の液体運動によるスロッシング荷重の適用



6.2.2.7　7 節 4.2.4 に規定する最小スロッシング荷重（$P_{slh\text{-}min}$）は他のすべての部材に適用しなければならない。

6.2.2.8　横方向及び縦方向の流体運動に起因するスロッシング荷重は，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荷重を基に評価しなければならない。

6.2.3　タンク境界を形成する板及び制水隔壁のスロッシング評価

6.2.3.1　スロッシング荷重を受けるタンク境界を形成する板及び制水隔壁のネット板厚（t_{net}）は，次の算式による値以上としなければならない。

$$t_{net} = 0.0158\,\alpha_p s\sqrt{\frac{P_{slh}}{C_a \sigma_{yd}}}\ (mm)$$

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

$$= 1.2 - \frac{s}{2100\,l_p}$$　　ただし，1.0 以下とする。

s　：4 節 2.2 に規定する防撓材の心距（mm）

l_p　：板パネルの長さ，カーリングがない場合，主要支持部材の心距（S）とする（m）。

P_{slh}　：6.2.2 に規定する$P_{slh-lng}$，$P_{slh\text{-}t}$ 又は $P_{slh\text{-}min}$ の内，最大となる値

C_a　：表 8.6.1 に規定する，許容曲げ応力の係数

σ_{yd}　：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

6.2.4　タンク境界を成す囲壁及び制水隔壁付き防撓材のスロッシング評価

6.2.4.1　スロッシング荷重を受けるタンク境界を成す囲壁及び制水隔壁付き防撓材のネット断面係数（Z_{net}）は，次の算式による値以上としなければならない。

$$Z_{net} = \frac{P_{slh}\, s\, l_{bdg}{}^2}{f_{bdg}\, C_s\, \sigma_{yd}} \quad (cm^3)$$

l_{bdg} ：**4 節 2.1** に規定する，防撓材の有効曲げスパン（*m*）

C_s ：**表 8.6.2** に規定する，許容曲げ応力係数

P_{slh} ：**6.2.2** に規定する $P_{slh-lng}$，P_{slh-t} 又は $P_{slh-min}$ の内，最大となる値

s ：**4 節 2.2** に規定する，防撓材の心距（*mm*）

σ_{yd} ：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

f_{bdg} ：曲げモーメントの係数：

= 12　両端固定の水平防撓材（一般的に全ての連続した防撓材の部材寸法に対して適用する。）

= 8　一端又は両端支持の水平防撓材（一般的に不連続の防撓材に対して適用する。）

その他の状態に対する曲げモーメントの係数は**表 8.3.5** によること。

6.2.5　主要支持部材のスロッシング評価

6.2.5.1　貨物タンク及びバラストタンク内の，ウェブ，ウェブ付き防撓材並びにストリンガ，桁及び特設肋骨の倒止ブラケットは，**6.2.2** に規定するスロッシング荷重を基に評価しなければならない。

6.2.5.2　主要支持部材のウェブのネット板厚（t_{net}）は，次の算式による値以上としなければならない。

$$t_{net} = 0.0158\,\alpha_p s \sqrt{\frac{P_{slh}}{C_a \sigma_{yd}}} \quad (mm)$$

α_p ：パネルのアスペクト比修正係数で次の算式による値

$$= 1.2 - \frac{s}{2100\, l_p}$$　ただし，1.0 以下とする。

s ：**4 節 2.2** に規定する，防撓材の心距（*mm*）

l_p ：パネルの長縁における局部支持部材間の平均長さで，一般的には倒止ブラケット間の長さ（*m*）

P_{slh} ：**6.2.2** に規定する $P_{slh-lng}$，P_{slh-t}，P_{slh-wf}，$P_{slh-grd}$ 又は $P_{slh-min}$ の内，最大となる値。荷重は，**図 8.6.1** に規定する部材の高さを超える荷重分布を考慮し，**3 節 5.1.2** に規定する荷重作用点にて計算しなければならない。

C_a ：**表 8.6.1** に規定する，許容曲げ応力の係数

σ_{yd} ：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

6.2.5.3　スロッシング荷重のかかる主要支持部材の個々のウェブ付き防撓材のネット断面係数（Z_{net}）は，次の算式による値以上としなければならない。

$$Z_{net} = \frac{P_{slh}\, s\, l_{bdg}{}^2}{f_{bdg}\, C_s\, \sigma_{yd}} \quad (cm^3)$$

P_{slh} ：**6.2.2** に規定する $P_{slh-lng}$，P_{slh-t}，P_{slh-wf}，$P_{slh-grd}$ 又は $P_{slh-min}$ の内，最大となる値。荷重は，**図 8.6.1** 及び**図 8.6.2** に規定する部材の高さを超える荷重分布を考慮し，**3 節 5.1.2** に規定する荷重作用点にて計算しなければならない。

s ：**4 節 2.2** に規定する，防撓材の心距（*mm*）

l_{bdg} ：**4 節 2.1** に規定する，防撓材の有効曲げスパン（*m*）

C_s ：**表 8.6.2** に規定する，許容曲げ応力の係数

f_{bdg} ：曲げモーメントの係数：

= 12　両端固定の水平防撓材（一般的に全ての連続した防撓材の部材寸法に対して適用する。）

= 8　一端又は両端支持の水平防撓材（一般的に不連続の防撓材に対して適用する。）

その他の状態に対する曲げモーメントの係数は**表 8.3.5** によること。

σ_{yd} ：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

6.2.5.4　貨物タンク及びバラストタンク内の主要支持部材を支持する倒止ブラケットの基部において，ネット断面係数（Z_{net}）は，次の算式による値以上としなければならない。

$$Z_{net} = \frac{1000 P_{slh}\, s_{trip}\, l_{trip}^2}{2\, C_s\, \sigma_{yd}} \quad (cm^3)$$

P_{slh} ：**6.2.2** に規定する $P_{slh-lng}$，P_{slh-t}，P_{slh-wf}，$P_{slh-grd}$ 及び $P_{slh-min}$ の内，最大となる値。平均荷重は，**図 8.6.1**

及び**図 8.6.2** に規定する荷重分布を考慮し，倒止ブラケットの中央にて計算すること。

s_{trip} ：倒止ブラケット間，その他の主要支持部材間又は隔壁間の平均長さ（*mm*）

l_{trip} ：**図 8.6.3** に示す倒止ブラケットの長さ（*m*）

C_s ：倒止ブラケットにおける許容曲げ応力の係数で，0.75 とする。

σ_{yd} ：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

6.2.5.4 bis 主要支持部材を支持する倒止ブラケットの断面係数の計算に使用される付板の有効幅は，**8 節 6.2.5.4** に規定される倒止ブラケットの長さ l_{trip} の 1/3 としなければならない。

6.2.5.5 貨物タンク及びバラストタンク内の主要支持部材を支持する倒止ブラケットにおけるネットせん断面積（$A_{shr\text{-}net}$）は，切欠き及びスロットを差し引いた次の算式による値以上としなければならない。

$$A_{shr-net} = 10\ \frac{P_{slh}\ s_{trip}\ l_{trip}}{C_t \tau_{yd}}\ (cm^2)$$

P_{slh} ：**6.2.2** に規定する $P_{slh-lng}$，$P_{slh\text{-}t}$，$P_{slh\text{-}wf}$，$P_{slh-grd}$ 及び $P_{slh\text{-}min}$ の内，最大となる値。平均荷重は，**図 8.6.1** 及び**図 8.6.2** に規定する荷重分布を考慮し，倒止ブラケットの中央にて計算すること。

s_{trip} ：倒止ブラケット間，その他の主要支持部材間又は隔壁間の平均長さ（*mm*）

l_{trip} ：**図 8.6.3** に示す倒止ブラケットの長さ（*m*）

C_t ：**表 8.6.3** に規定する，許容曲げ応力の係数

$$\tau_{yd} = \frac{\sigma_{yd}}{\sqrt{3}}\ (N/mm^2)$$

σ_{yd} ：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

図 8.6.3 倒止ブラケットの有効長さ

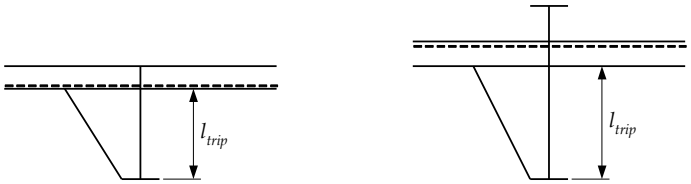


表 8.6.1　　板のスロッシング評価に対する許容曲げ応力の係数 C_a

考慮する設計荷重条件に対する許容曲げ応力の係数は，次の算式による。:

$C_a = \beta_a - \alpha_a \frac{|\sigma_{hg}|}{\sigma_{yd}}$　ただし，$C_{a\text{-}max}$ 以下とすること。

α_a，β_a，$C_{a\text{-}max}$：許容曲げ応力の係数で，次の表によらなければならない。

設計評価基準	構造部材		β_a	α_a	$C_{a\text{-}max}$
AC1	貨物タンク内の縦強度部材で，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 - 貨物タンク区域内の縦通桁及びストリンガ	縦方向の防撓板	0.9	0.5	0.8
		横方向又は垂直方向の防撓板	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 - タンク境界部の囲壁及び貨物タンク区域外の主要支持部材		0.8	0	0.8

σ_{hg}　：考慮する設計荷重条件における船体縦曲げ応力で，**3 節 5.1.2** に規定する荷重計算点で次式により計算した値。

$$= \left(\frac{(Z - Z_{NA-net50}) M_{sw-perm-sea}}{I_{v-net50}}\right) 10^{-3} \quad (N/mm^2)$$

z　：考慮する荷重計算点の上下方向の座標（m）。

$z_{NA\text{-}net50}$　：基線から水平中性軸までの距離で，**4 節 2.6.1** による（m）。

$M_{sw\text{-}perm\text{-}sea}$：考慮する箇所の航海中における許容静水中縦曲げモーメント（kNm）で，ホギング又はサギングに対する許容値のいずれか大きい方の値（**7 節 2.1** 参照）。

$I_{v\text{-}net50}$　：考慮する位置におけるハルガーダのネット断面二次モーメント（m^4）で **4 節 2.6.1** による。

σ_{yd}　：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

表 8.6.2　　防撓材のスロッシング評価に対する許容曲げ応力の係数 C_s

考慮する設計荷重条件に対する許容曲げ応力の係数は，次の算式による：

$C_s = \beta_s - \alpha_s \frac{|\sigma_{hg}|}{\sigma_{yd}}$　ただし，$C_{s\text{-}max}$ 以下とすること。

α_s，β_s，$C_{s\text{-}max}$：許容曲げ応力の係数で，次の表によらなければならない：

設計評価基準	構造部材		β_s	α_s	$C_{s\text{-}max}$
AC1	貨物タンク内の縦強度部材で，次の部材を含む（ただし，これだけに限らない）： - 甲板付き防撓材 - 縦通隔壁付き防撓材 - 貨物タンク区域内の縦桁付き及びストリンガ付きの防撓材	縦通防撓材	0.85	1.0	0.75
		横防撓材又は立防撓材	0.7	0	0.7
	その他の強度部材で，次の部材を含む: - 横隔壁付き防撓材 - 横ストリンガ及び特設肋骨付きの防撓材 - タンク境界部の囲壁及び貨物タンク区域外の主要支持部材付きの防撓材		0.75	0	0.75

σ_{hg}　：考慮する設計荷重条件における船体縦曲げ応力で，**3 節 5.2.2.5** に規定する基準点で次式より計算した値：

$$= \left(\frac{(Z - Z_{NA-net50}) M_{sw-perm-sea}}{I_{v-net50}}\right) 10^{-3} \quad (N/mm^2)$$

z　：**3 節 5.2.2.5** に規定する基準点の上下方向の座標（m）。

$z_{NA\text{-}net50}$　：基線から水平中性軸までの距離で，**4 節 2.6.1** による（m）。

$M_{sw\text{-}perm\text{-}sea}$：考慮する箇所の航海中における許容静水中縦曲げモーメント（kNm）

防撓材位置	$M_{sw\text{-}perm\text{-}sea}$	
	板側に作用する圧力	防撓材側に作用する圧力
中性軸より上	サギング *SWBM*	ホギング *SWBM*
中性軸より下	ホギング *SWBM*	サギング *SWBM*

$I_{v\text{-}net50}$　：考慮する位置におけるハルガーダのネット断面二次モーメント（m^4）で **4 節 2.6.1** による。

σ_{yd}　：材料の最小降伏応力（N/mm^2）。

表 8.6.3　　許容せん断応力の係数

設計評価基準条件	構造部材	C_t
AC1	全ての防撓材及び倒止ブラケット	0.75

6.3　船底スラミング

6.3.1　適用

6.3.1.1　**7 節 4.3.2.1** で規定する，船首部最小喫水，$T_{FP\text{-}mt}$ 又 $T_{FP\text{-}full}$ が $0.045L_{CSR\text{-}T}$ よりも小さい場合にあっては，船首船底部は船底スラミング荷重に対する特別な補強を行わなければならない。

6.3.1.2　船底補強の起因となった当該喫水は，外板展開図及び積付要領図に記載しなければならない（**1.1** 参照）。

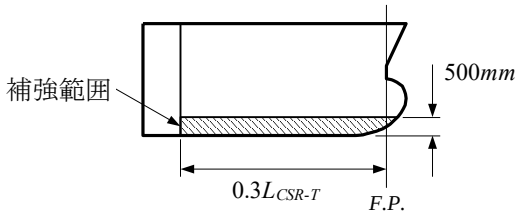
6.3.1.3　**6.3** に規定する部材寸法はネット部材寸法であり，**6.1.1.2** に規定するグロス部材寸法に関連するものである。主要支持部材の断面係数及びせん断面積は，**4 節 2.5** の規定によらなければならない。

6.3.1.4　支持部材の断面係数及びウェブの板厚は端部ブラケット以外の範囲に適用すること。主要支持部材の断面のせん断面積は **6.3.7.3** 及び **6.3.7.4** の要件を適用すること。

6.3.2 補強範囲

6.3.2.1 補強範囲は，船首垂線から $0.3L_{CSR\text{-}T}$ の船首部の船底平行部及び基線から 500*mm* の高さまでの隣接する防撓材付き船底板とする（図 8.6.4 参照）。

図 8.6.4 船底スラミングに対する補強範囲



6.3.2.2 船底スラミング荷重による補強範囲に隣接する箇所にあっては，部材寸法は縦強度及び横強度の連続性を維持するようにテーパを有しなければならない。

6.3.3 船底スラミング荷重に対する耐波設計

6.3.3.1 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又は 4 節 3.2.3 に従って端部ブラケットを設置することで，端部を固定しなければならない。上述の規定に従うことが困難な場合にあっては，端部固着条件に代えて，ネット塑性断面係数（$Z_{pl\text{-}alt\text{-}net}$）は，次の算式による値以上としなければならない。

$$Z_{pl-alt-net} = \frac{16 Z_{pl-net}}{f_{bdg}}$$

$Z_{pl\text{-}net}$：塑性断面係数で，6.3.5.1 による（cm^3）

f_{bdg}：曲げモーメントの係数で次の算式による：

$$= 8\left(1 + \frac{n_s}{2}\right)$$

n_s = 0 両端支持（単純支持）

= 1 一端は固定，他端は単純支持

6.3.3.2 隔壁を含む主要支持部材の部材寸法及び配置は，6.3.7 に従わなければならない。

6.3.4 外板

6.3.4.1 外板のネット板厚（t_{net}）は，次の算式による値以上としなければならない。

$$t_{net} = \frac{0.0158\,\alpha_p s}{C_d}\sqrt{\frac{P_{slm}}{C_a \sigma_{yd}}} \quad (mm)$$

α_p ：パネルのアスペクト比修正係数で次の算式による値

$$= 1.2 - \frac{s}{2100\,l_p}$$ ただし，1.0 以下とする。

s ：4 節 2.2 に規定する，防撓材の心距（*mm*）

l_p ：主要支持部材間（4 節 2.2.2 参照）又はパネルブレーカ間を心距とした，パネル長さ（*mm*）

P_{slm} ：7 節 4.3 に規定する船底スラミング荷重で，3 節 5.1.2 に規定する荷重点で計算する（*kN/m*）

C_d ：板面積修正係数で 1.3 とする

C_a ：許容曲げ応力の係数で，設計評価基準条件 AC3 にあっては 1.0 とする

σ_{yd}：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

6.3.5 外板付き防撓材

6.3.5.1 個々の防撓材のネット塑性断面係数（$Z_{pl\text{-}net}$）は，次の算式による値以上としなければならない。

$$Z_{pl-net} = \frac{P_{slm}\, s\, l_{bdg}{}^2}{f_{bdg}\, C_s\, \sigma_{yd}} \quad (cm^3)$$

P_{slm} ：7 節 4.3 に規定する船底スラミング荷重で，3 節 5.2.2 に規定する荷重点で計算する（*kN/m*）

s ：4 節 2.2 に規定する，防撓材の心距（*mm*）

l_{bdg} ：**4 節 2.1.1** に規定する，有効曲げ長さ（*m*）

f_{bdg} ：曲げモーメントの係数で次の算式による：

$$= 8\left(1 + \frac{n_s}{2}\right)$$

n_s =2.0 連続した防撓材又は防撓材の両端にブラケットが取付けられている場合，代替条件に関しては，**6.3.3.1** を参照のこと。

C_s ：許容曲げ応力の係数で，設計評価基準条件 AC3 にあっては 0.9 とする。

σ_{yd} ：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

6.3.5.2 個々の縦通防撓材のウェブのネット板厚（$t_{w\text{-}net}$）は，次の算式による値以上としなければならない。

$$t_{w-net} = \frac{P_{slm}\, sl_{shr}}{2d_{shr}\, C_t \tau_{y_d}} \quad (mm)$$

l_{shr} ：**4 節 2.1.2** に規定する，有効せん断長さ（*m*）

s ：**4 節 2.2** に規定する，防撓材の心距（*mm*）

P_{slm} ：**7 節 4.3** に規定する船底スラミング荷重で，**3 節 5.2.2** に規定する荷重点で計算する（*kN/m*）

d_{shr} ：**4 節 2.4.2.2** に規定する，防撓材の有効ウェブ深さ（*mm*）

C_t ：許容せん断応力の係数で，設計評価基準条件 AC3 にあっては 1.0 とする

$$\tau_{yd} = \frac{\sigma_{yd}}{\sqrt{3}} \quad (N/mm^2)$$

σ_{yd} ：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

6.3.5.3 個々の縦通防撓材の細長比は，**10 節 2** の規定に従わなければならない。

6.3.6 主要支持部材に対する船底スラミング荷重面積の定義

6.3.6.1 **6.3.7** の部材寸法は，外板の想定する面積にかかる **7 節 4.3** に規定するスラミング荷重の適用に基づいており，当該スラミング荷重面積（A_{slm}）は次の算式による。

$$A_{slm} = \frac{1.1 L_{CSR-T} B C_b}{1000} \quad (m^2)$$

$L_{CSR\text{-}T}$ ：**4 節 1.1.1.1** に規定する，規則上の長さ（*m*）

B ：**4 節 1.1.3.1** に規定する，型幅（*m*）

C_b ：**4 節 1.1.9.1** に規定する，方形係数

6.3.7 主要支持部材

6.3.7.1 フロア及び縦通桁におけるウェブの開口の寸法及び数は，**6.3.7.2** に規定する必要な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。

6.3.7.2 個々の主要支持部材のネットせん断面積 $A_{shr\text{-}net50}$ は，当該部材のいかなる箇所であっても，次の算式による値以上としなければならない。

$$A_{shr-net50} = 10\ \frac{Q_{slm}}{C_t \tau_{yd}} \quad (cm^2)$$

Q_{slm} ：**6.3.7.3** の規定による，最も厳しい局部荷重 F_{slm} に基づく最大せん断力（*kN*）

C_t ：許容せん断応力の係数で，設計評価基準 AC3 にあっては 0.9 とする

$$\tau_{yd} = \frac{\sigma_{yd}}{\sqrt{3}} \quad (N/mm^2)$$

σ_{yd} ：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

6.3.7.3 格子構造のような部材間の相持ち効果を無視できるような，単純な配置の主要支持部材に対して，せん断力（Q_{slm}）は，次の算式による値以上としなければならない。

$$Q_{slm} = f_{pt} f_{dist} F_{slm} \quad (kN)$$

f_{pt} ：単独の主要支持部材における局部的な分布荷重作用の割合の修正係数で，次の算式による。

$= 0.5(f_{slm}^3 - 2f_{slm}^2 + 2)$

f_{slm} ：局部的な分布荷重の修正係数で次の算式による。

$$= 0.5\ \frac{b_{slm}}{s}$$ ただし，1.0 以下の値とすること。

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で，**図 8.6.5** を参照のこと。

$F_{slm} = P_{slm}\, l_{slm}\, b_{slm}$

P_{slm} ：**7 節 4.3** に規定する船底スラミング荷重で，**3 節 5.3.2** に規定する荷重点で計算する（*kN/m*）。

l_{slm} ：スパンに沿ったスラミング荷重面積の範囲で，次の算式による。

$= \sqrt{A_{slm}}$（*m*）ただし，l_{shr} 以下とする。

l_{shr} ：**4 節 2.1.5** に規定する，有効せん断長さ（*m*）。

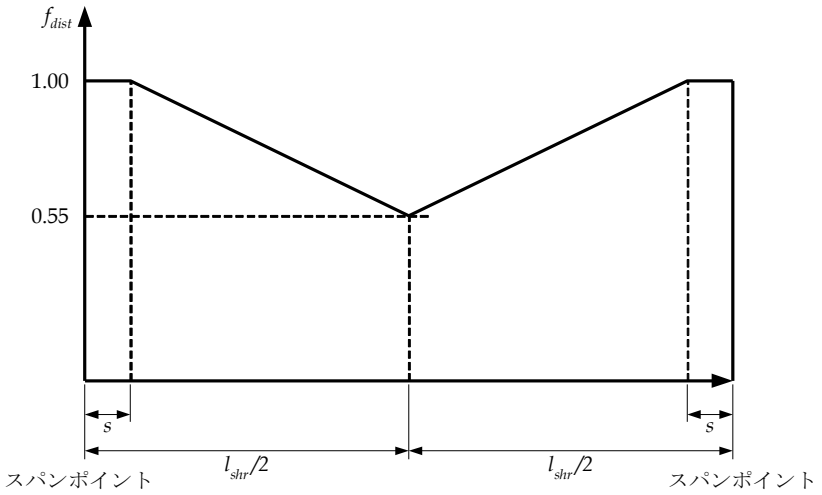
b_{slm} ：主要支持部材によって支持されている衝撃荷重面積の幅で，次の算式による。

$= \sqrt{A_{slm}}$（*m*）ただし，*S* 以下とする。

A_{slm} ：**6.3.6.1** の規定による。

S ：**4 節 2.2.2** に規定する主要支持部材の心距（*m*）。

図 8.6.5　　主要支持部材のスパンに沿った係数 fdist の値



s ：防撓材の心距

l_{shr} ：**4 節 2.1.5** に規定する，有効せん断長さ（*m*）

6.3.7.4　主要支持部材の複雑な配置に対して，個々の主要支持部材のスパンのいかなる箇所においても最大せん断力（Q_{slm}）は，**表 8.6.4** に従って直接計算によって算出しなければならない。

表 8.6.4　　Q_{slm} の算出における直接強度計算法

解析の種類	梁理論	二重底構造
モデルの範囲	有効曲げ支持部材間のスパン全長	船長方向の範囲は，1 貨物タンク長さ 船幅方向の範囲は，内部ホッパナックル部と中心線との間
フロアの仮想端部固着	端部固着	モデルの境界部のフロア及び桁の固着

（備考）

(1) 各主要支持部材に沿った最大せん断力の評価は，スパンに沿った多数の箇所に局部的な分布荷重を用いて評価しなければならない（**6.3.7.2** 参照）。

6.3.7.5　外板付きの主要支持部材のウェブのネット板厚（$t_{w\text{-}net}$）は，次の算式による値以上としなければならない。

$$t_{w-net} = \frac{s_w}{70}\sqrt{\frac{\sigma_{yd}}{235}} \quad (mm)$$

s_w ：板幅でウェブ防撓材の心距とする。（*mm*）

σ_{yd} ：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

6.3.8　主要支持部材と縦通部材との結合部

6.3.8.1　縦通部材は，原則として，連続でなければならない。連続性を担保することが困難な場合にあっては，**4 節 3.2.3** に規定する端部ブラケットを設けなければならない。

6.3.8.2　各縦通部材における端部結合部の部材寸法は，**4 節 3.4** に従わなければならない。

6.4　船首衝撃

6.4.1　適用

6.4.1.1　船首垂線から $0.1L_{CSR\text{-}T}$ の範囲の船首部船側構造にあっては，船首部の衝撃圧に対して補強しなければならない。

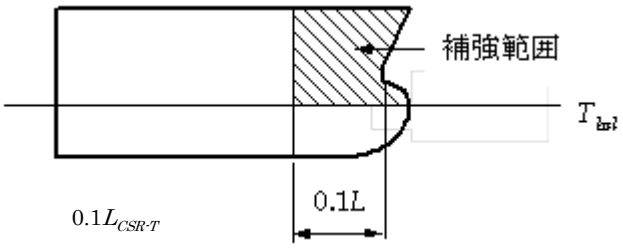
6.4.1.2　**6.4** に規定する部材寸法は，ネット部材寸法であり，**6.1.1.2** に規定するグロス部材寸法に関連する。

6.4.1.3　局部支持部材の断面係数及びウェブの板厚は，有効な端部ブラケット以外の箇所に適用する。主要支持部材の断面係数は，端部ブラケット以外の箇所の曲げ長さに沿って適用し，主要支持部材の断面積は，端部又は支持箇所において適用しなければならない。また，**図 8.6.5** に示す係数（f_{dist}）の分布に従い，端部又は支持箇所以外の範囲でスパンに沿って漸減して差し支えない。

6.4.2　補強範囲

6.4.2.1　補強範囲は，船首垂線から $0.1L_{CSR\text{-}T}$ で，かつ，垂直方向にあっては **4 節 1.1.5.2** に規定された最小設計バラスト喫水 T_{bal} より上方の範囲としなければならない（**図 8.6.6** 参照）。

図 8.6.6　　船首衝撃に対する補強範囲



6.4.2.2　**6.4.2.1** に規定する補強範囲外の箇所にあっては，部材寸法は縦強度及び横強度の連続性を維持するようにテーパを有しなければならない。

6.4.3　船首衝撃荷重に対する耐波設計

6.4.3.1　船首衝撃を考慮する範囲において，縦通肋骨はできる限り前方へ延長しなければならない。

6.4.3.2　船首衝撃を考慮する範囲における防撓材の端部結合部の設計は，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又は **4 節 3.2.3** に従って端部ブラケットを設置することで，端部を固定しなければならない。上述の規定に従うことが困難な場合にあっては，端部固着条件に代えて，ネット塑性断面係数（$Z_{pl\text{-}alt\text{-}net}$）は，次の算式による値以上としなければならない。

$$Z_{pl-alt-net} = \frac{16 Z_{pl-net}}{f_{bdg}}$$

$Z_{pl\text{-}net}$：有効塑性断面係数で，**6.4.5** による（cm^3）

f_{bdg}：曲げモーメントの係数で次の算式による。

$$= 8\left(1 + \frac{n_s}{2}\right)$$

n_s =0　両端支持（単純支持）

=1　一端は固定，他端は単純支持

6.4.3.3　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，**6.4.7** 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は，一般に，外板と垂直方向にウェブ防撓材を配置し，当該防撓材は両面溶接ラグ固着としなければならない。

6.4.3.4　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，座屈を防ぐために，支持する肋骨の長さ方向に平行に配置しなければならない。

6.4.4 船側外板

6.4.4.1 船側外板のネット板厚（t_{net}）は，次の算式による値以上としなければならない。

$$t_{net} = 0.0158\alpha_p s\sqrt{\frac{P_{im}}{C_a\sigma_{yd}}} \quad (mm)$$

α_p：パネルのアスペクト比修正係数で次の算式による値：

$$= 1.2 - \frac{s}{2100\,l_p}$$ ただし，1.0 以下とする。

s ：**4 節 2.2** に規定する，防撓材の心距（mm）

l_p ：主要支持部材間（**4 節 2.2.2** 参照）又はパネルブレーカ間を心距とした，パネルの長さ（m）

P_{im} ：**7 節 4.4** に規定する船首衝撃圧で，**3 節 5.1.2** に規定する荷重点で計算する（kN/m^2）

C_a ：許容曲げ応力の係数で，設計評価基準条件 AC3 にあっては 1.0 とする

σ_{yd}：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

6.4.5 船側防撓材

6.4.5.1 考慮する板付の各防撓材の有効ネット塑性断面係数（$Z_{pl\text{-}net}$）は，次の算式による値以上としなければならない。

$$Z_{pl-net} = \frac{P_{im}\, s\, l_{bdg}{}^2}{f_{bdg}\, C_s\, \sigma_{yd}} \quad (cm^3)$$

P_{im} ：**7 節 4.4** に規定する船首衝撃圧で，**3 節 5.2.2** に規定する荷重点で計算する（kN/m）

s ：**4 節 2.2** に規定する防撓材の心距（m）

l_{bdg}：**4 節 2.1.1** に規定する有効曲げ長さ（m）

f_{bdg} ：曲げモーメントの係数で次の算式による。

$$= 8\left(1 + \frac{n_s}{2}\right)$$

n_s =2.0 連続した防撓材又は防撓材の両端にブラケットが取付けられている場合。代替条件に関しては，**6.4.3.2** を参照のこと。

C_s ：許容曲げ応力の係数で，設計評価基準条件 AC3 にあっては 0.9 とする。

σ_{yd}：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

6.4.5.2 個々の防撓材のウェブのネット板厚（$t_{w\text{-}net}$）は，次の算式による値以上としなければならない。

$$t_{w-net} = \frac{P_{im}\, s\, l_{shr}}{2d_{shr}\, C_t\, \tau_{yd}} \quad (mm)$$

l_{shr} ：**4 節 2.1.2** に規定する有効せん断長さ（m）

s ：**4 節 2.2** に規定する防撓材の心距（mm）

P_{im} ：**7 節 4.4** に規定する船首衝撃圧で，**3 節 5.2.2** に規定する荷重点で計算する（kN/m^2）

d_{shr} ：**4 節 2.4.2.2** に規定する防撓材の有効ウェブ深さ（mm）

C_t ：許容せん断応力の係数で，設計評価基準条件 AC3 にあっては 1.0 とする

$$\tau_{yd} = \frac{\sigma_{yd}}{\sqrt{3}} \quad (N/mm^2)$$

σ_{yd}：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

6.4.5.3 個々の縦通肋骨の細長比は，**10 節 2** の規定に従わなければならない。

6.4.5.4 ブレストフック及び膜板の最小ネット板厚（$t_{w\text{-}net}$）は，次の算式による値以上としなければならない。

$$t_{w-net} = \frac{s}{70}\sqrt{\frac{\sigma_{yd}}{235}} \quad (mm)$$

s ：**4 節 2.2** に規定するウェブ付き防撓材の心距（mm）。ただし，防撓材のない箇所にあっては，ウェブの深さとする。

σ_{yd}：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

6.4.6 主要支持部材に対する船首衝撃荷重面積の定義

6.4.6.1 **6.4.7** の部材寸法は，外板の想定する面積にかかる **7 節 4.4** に規定する船首衝撃圧の適用に基づいており，当該船首衝撃荷重面積（A_{slm}）は次の算式による。

$$A_{slm} = \frac{1.1 L_{CSR-T} B C_b}{1000} \quad (m^2)$$

L_{CSR-T}：**4 節 1.1.1.1** に規定する規則上の船の長さ（m）

B　：**4 節 1.1.3.1** に規定する型幅（m）

C_b　：**4 節 1.1.9.1** に規定する方形係数

6.4.7　主要支持部材

6.4.7.1　船首衝撃を考慮する範囲にある主要支持部材にあっては，強度の有効な連続性及び応力集中部の回避に対して十分に考慮された構造でなければならない。

6.4.7.2　極端な船首衝撃荷重下での撓み量をおさえ，またパネルの境界の拘束を確実にするために，縦通肋骨を支える特設肋骨又は横肋骨を支えるストリンガの外板に沿って測定されるスペース（S）は，次の算式による値未満としなければならない。

$S = 3 + 0.008\, L_2$（m）

L_2　：**4 節 1.1.1.1** に規定する規則上の船の長さ L_{CSR-T}をいう。ただし，300m を超える必要はない。

6.4.7.3　主要支持部材の端部ブラケットは，当該部材の縁に沿って適当な防撓効果を有しなければならない。ブラケットのトウの設計にあっては，断面形状の急激な変化を最小とするように十分に考慮しなければならない。

6.4.7.4　倒止めの配置は **10 節 2.3.3** の規定に従わなければならない。また，倒止ブラケットは，端部ブラケットのトウの箇所並びに主要支持部材のフランジのナックル部又は湾曲部に設けなければならない。

6.4.7.5　個々の主要支持部材のネット断面係数（Z_{net50}）は，次の算式による値以上としなければならない。

$$Z_{net50} = 1000\, \frac{f_{bdg-pt} P_{im} b_{slm} f_{slm} l_{bdg}^{\ 2}}{f_{bdg} C_s \sigma_{yd}} \quad (cm^3)$$

f_{bdg-pt}：端部の曲げモーメント及び局部的な分布荷重を考慮した修正係数で，次の算式による。

$= 3f_{slm}^3 - 8f_{slm}^2 + 6f_{slm}$

f_{slm}　：局部的な分布荷重の修正係数で次の算式による。

$$= \frac{l_{slm}}{l_{bdg}}$$

l_{slm}　：スパンに沿った船首衝撃荷重面積の範囲で，次の算式による。

$= \sqrt{A_{slm}}$（m）ただし，l_{bdg}以下とする。

A_{slm}　：**6.4.6.1** に規定する船首衝撃荷重面積。

l_{bdg}　：**4 節 2.1.4** に規定する有効曲げ長さ（m）。

P_{im}　：**7 節 4.4** に規定する船首衝撃圧で，**3 節 5.3.1** に規定する荷重点で計算する（kN/m^2）

b_{slm}　：主要支持部材によって支持される衝撃荷重面積の幅で，**4 節 2.2.2** に規定する主要支持部材間のスペースとする。ただし，l_{slm}以下とする（m）。

f_{bdg}　：曲げモーメントの係数で次による。

=12　連続した面材，防撓材で固着された端部又は防撓材が **4 節 3.3** の規定に従って両端にブラケットを有する主要支持部材に対して

C_s　：許容曲げ応力の係数で，0.8 とする。

σ_{yd}：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

6.4.7.6　端部ブラケットの支点又はトウにおける，各主要支持部材のウェブのネットせん断面積（$A_{shr-net50}$）は，次の算式による値以上としなければならない。

$$A_{shr-net50} = \frac{5 f_{pt} P_{im} b_{slm} l_{shr}}{C_t \tau_{yd}} \quad (cm^2)$$

f_{pt}　：局部的な分布荷重の修正係数で次の算式による。

$$= \frac{l_{slm}}{l_{shr}}$$

l_{slm}　：スパンに沿った船首衝撃荷重面積の範囲で，次の算式による。

$= \sqrt{A_{slm}}$（m）ただし，l_{shr} 以下とする。

l_{shr} ：**4 節 2.1.5** に規定する有効せん断長さ（m）。

P_{im} ：**7 節 4.4** に規定する船首衝撃圧で，**3 節 5.3.2** に規定する荷重点で計算する（kN/m^2）。

b_{slm} ：主要支持部材によって支持する衝撃荷重面積の幅で，**4 節 2.2.2** に規定する主要支持部材間のスペースとする。ただし，l_{slm} 以下とする（m）。

C_t ：許容せん断応力の係数で，許容評価基準 AC3 にあっては 0.75 とする。

$\tau_{yd} = \frac{\sigma_{yd}}{\sqrt{3}}$ （N/mm^2）

σ_{yd}：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

6.4.7.7 甲板及び隔壁を含む船側外板の各主要支持部材のウェブのネット板厚（$t_{w\text{-}net}$）は，次の算式による値以上としなければならない。

$$t_{w-net} = \frac{P_{im} b_{slm}}{\sin\varphi_w \sigma_{crb}} \quad (mm)$$

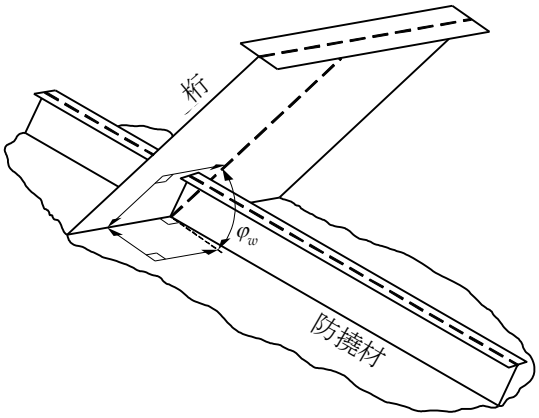
P_{im} ：**7 節 4.4** に規定する船首衝撃圧で，**3 節 5.3.2** に規定する荷重点，又は外板と甲板又は隔壁の交点で計算する（kN/m^2）。

b_{slm} ：主要支持部材によって支持する衝撃荷重面積の幅で，**4 節 2.2.2** に規定する主要支持部材間の距離とする。ただし，l_{slm} 以下とする（m）。

φ_w ：主要支持部材のウェブと外板のなす角度で，**図 8.6.7** を参照のこと。

σ_{crb} ：**10 節 3.2.1** に規定する作用荷重がかかる，主要支持部材のウェブ若しくは甲板又は隔壁板の限界座屈応力（N/mm^2）。

図 8.6.7 外板付き主要部材と外板のなす角度



6.4.8 主要支持部材と防撓材の結合部

6.4.8.1 防撓材は，原則として，連続でなければならない。連続性を担保することが困難な場合にあっては，**4 節 3.2.3** に規定する端部ブラケットを設けなければならない。

6.4.8.2 各防撓材における端部結合部の部材寸法は，**4 節 3.4** に従わなければならない。

7 部材寸法要件のその他の構造への適用

7.1 一般

7.1.1 適用

7.1.1.1 **8 節 2** から **5** で想定している基本的な構造様式又は強度モデルが適切でない板部材，局部支持部材及び主要支持部材については，本 **8 節 7** の規定を適用する。本 **8 節 7** の規定は想定される様々な荷重と端部の支持条件を包括する強度規定である。**8 節 2** から **5** の規定が適用可能な場合は，代替規定として本 **8 節 7** の規定を適用してはならない。

7.1.1.2 **7.2** においてはネット部材寸法で規定する。グロス部材寸法については次に示す。

(a) 板及び局部支持部材に対しては，グロス板厚及びグロス断面特性は，**6 節 3** で規定する腐食予備厚を加えることによって **7.2.2** の規定から得る。

(b) 主要支持部材に対しては，グロスせん断面積，グロス断面係数及びその他のグロス断面特性は，**6 節 3** で規定する腐食予備厚の 1/2 を加えることによって，**7.2.3** の規定から得る。

7.1.1.3 本 **8 節 7** の規定は，縦強度，最小板厚，寸法，構造的安定性，強度評価(FEM)，疲労及び縦曲げ最終強度を含み考慮している構造部材の **8**，**9** 及び **10 節**における他のすべての適用規定と併せて適用しなければならない。

7.1.1.4 局部支持部材及び主要支持部材に対する規定は，部材が下記の場合，特別な考慮を払わなければならない。

(a) 骨組構造の一部

(b) 端部支点間に大きい相対的な撓みがある場合

(c) 荷重モデル若しくは端部支持条件が**表 8.7.1** に規定していない場合

7.1.1.5 代替又は高度な計算手法の適用は，本会が適当と認めるところによる。

7.2 部材寸法要件

7.2.1 一般

7.2.1.1 局部支持部材及び主要支持部材に対する構造的要件に適用しなければならない設計荷重の組み合わせは，考慮している構造に適用できるように**表 8.7.2** に規定する。

静的及び動的荷重成分は，**表 7.6.1** 及び **7 節 6.3** で規定する要件に従って組み合わせなければならない。

7.2.2 板及び局部支持部材

7.2.2.1 面外荷重を受ける板に対しては，ネット板厚（t_{net}）は，**表 8.7.2** に規定するすべての適切な設計荷重の組合せに対して次の算式による値の最大値としなければならない。

$$t_{net} = 0.0158\alpha_p s\sqrt{\frac{|P|}{C_a\sigma_{yd}}} \quad (mm)$$

α_p：板のアスペクト比に対する修正係数。

$$= 1.2 - \frac{s}{2100\,l_p}$$ ただし，1.0 以下とする。

P ：**3 節 5.1.2**,で規定される荷重点において考慮される荷重の組合せに対する設計荷重（kN/m^2）。

s ：防撓材間心距（mm）**4 節 2.2** の規定による。

l_p ：カーリングがない場合の主要支持部材のスペース（S）に対する板の長さ（m）。

C_a ：**表 8.2.4**, **表 8.3.2** 又は**表 8.4.2** の規定及び考慮すべき個々の部材に適用可能な設計荷重の組合せに対する許容曲げ応力の係数。

σ_{yd}：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

7.2.2.2 面外荷重，集中荷重又はそれらの組合せ荷重を受ける防撓材に対しては，ネット断面係数（Z_{net}）は，**表 8.7.2** で規定されるすべての適切な設計荷重の組合せに対して次の算式による値の最大値としなければならない。

面外荷重に対して：$Z_{net} = \dfrac{|P|sl_{bdg}^2}{f_{bdg}C_s\sigma_{yd}}$ （cm^3）

集中荷重に対して：$Z_{net} = \frac{1000|F|l_{bdg}}{f_{bdg} C_s \sigma_{yd}}$ （cm^3）

組合せ荷重に対して：$Z_{net} = \frac{\Sigma\frac{Pisl_{bdg}^2}{f_{bdg-i}} + \Sigma\frac{1000F_j l_{bdg}}{f_{bdg-j}}}{C_s \sigma_{yd}}$ （cm^3）

P ：**3 節 5.2.2** に定義する荷重点において考慮すべき荷重の組合せに対する設計荷重（kN/m^2）

s ：防撓材間心距（mm）**4 節 2.2** の規定による。

l_{bdg}：曲げに対する有効幅，**4 節 2.1.1** の規定による。

f_{bdg} ：曲げモーメントの係数，端部の支持条件が両端固定の連続する防撓材に対して：

=12 水平防撓材

=10 垂直防撓材

その他の端部支持条件に対する曲げモーメントの係数は**表 8.7.1** に規定する。

C_s ：**表 8.2.5**, **表 8.3.3** 又は**表 8.4.3** の規定及び考慮すべき個々の部材に適用可能な設計荷重の組合せに対する許容曲げ応力の係数

σ_{yd}：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

F ：考慮している設計荷重の組合せに対する集中荷重（kN）

i ：荷重成分（i）に対する添字

j ：荷重成分（j）に対する添字

7.2.2.3 面外荷重，集中荷重又はそれらの組合せ荷重を受ける防撓材に対しては，せん断面積要求値に基づくネット値のウェブ板厚（$t_{w\text{-}net}$）は，**表 8.7.2** に規定するすべての適切な設計荷重の組合せに対して次の算式による値の最大値としなければならない。

面外荷重に対して：$t_{w-net} = \frac{f_{shr}|P|sl_{shr}}{d_{shr} C_t \tau_{yd}}$ （mm）

集中荷重に対して：$t_{w-net} = \frac{1000 f_{shr}|F|}{d_{shr} C_t \tau_{yd}}$ （mm）

組合せ荷重に対して：$t_{w-net} = \frac{|\Sigma f_{shr-i} P_i sl_{shr} + \Sigma 1000 f_{shr-j} F_j|}{d_{shr} C_t \tau_{yd}}$ （mm）

P ：**3 節 5.2.2** に定義する荷重点において考慮される荷重の組合せに対する設計荷重（kN/m^2）。

f_{shr} ：せん断力の係数。端部の固着が両端固定の連続する防撓材に対して：

=0.5 水平防撓材

=0.7 垂直防撓材

その他の端部支持条件に対するせん断力係数は**表 8.7.1** に規定する。

s ：防撓材間心距（mm）**4 節 2.2** の規定による。

l_{shr} ：せん断に対する有効幅，**4 節 2.1.2** の規定による。

d_{shr} ：**4 節 2.4.2.2** の規定による。

C_t ：**表 8.2.6** 又は**表 8.3.4** の規定及び考慮すべき個々の部材に適用可能な設計荷重の組合せに対する許容せん断応力の係数。

$\tau_{yd} = \frac{\sigma_{yd}}{\sqrt{3}}$ （N/mm^2）

σ_{yd}：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

F ：考慮している設計荷重の組合せに対する集中荷重（kN）

i ：荷重成分（i）に対する添字

j ：荷重成分（j）に対する添字

7.2.3 主要支持部材

7.2.3.1 **7.2.3** の規定は主要支持部材が単純梁として理想化する場合に適用できる。

適用される荷重の組み合わせにおける全ての主要支持部材の公称応力レベルが **7.2.3.4** 及び **7.2.3.5** に規定する許容応力

及び応力係数より小さいことを確認するために，より高度な計算方法を要求することがある（**7.1.1.4** 参照）。

7.2.3.2　局部支持部材の断面係数及びウェブの板厚は，端部ブラケット以外の範囲で適用する。主要支持部材の断面係数と断面せん断面積は，必要に応じて**表 8.7.1** の注記の規定を適用しなければならない。

7.2.3.3　曲率を持つ船体主要支持部材の交差部に対しては，端部肘板の有効性は船体の曲がりに対して十分な余裕を含めなければならない。

7.2.3.4　主要支持部材に対しては，ネット断面係数 Z_{net50} は**表 8.7.2** に規定するすべての適切な設計荷重の組合せに対して次の算式による値の最大値としなければならない。

面外荷重に対して：$Z_{net50} = \dfrac{1000|P|Sl_{bdg}^2}{f_{bdg}C_s\sigma_{yd}}$ （cm^3）

集中荷重に対して：$Z_{net50} = \dfrac{1000|F|l_{bdg}}{f_{bdg}C_s\sigma_{yd}}$ （cm^3）

組合せ荷重に対して：$Z_{net50} = \left|\dfrac{\Sigma\dfrac{1000P_iSl_{bdg}^2}{f_{bdg-i}} + \Sigma\dfrac{1000F_jl_{bdg}}{f_{bdg-j}}}{C_s\sigma_{yd}}\right|$ （cm^3）

P　：**3 節 5.3.3** に定義する荷重点において考慮すべき荷重の組合せに対する設計荷重（kN/m^2）。

S　：主要支持部材の心距（m），**4 節 2.2.2** の規定による。

l_{bdg}：曲げに対する有効幅，**4 節 2.1.4** の規定による。

f_{bdg}　：曲げモーメントの係数，**表 8.7.1** の規定による。

C_s　：**表 8.2.10** 又は**表 8.3.6** の規定及び考慮すべき個々の部材に適用可能な設計荷重の組合せに対する許容曲げ応力の係数。

σ_{yd}：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

F　：考慮している設計荷重の組合せに対する集中荷重（kN）

i　：荷重成分（i）に対する添字

j　：荷重成分（j）に対する添字

7.2.3.5　主要支持部材のウェブのネットせん断面積 $A_{shr\text{-}net50}$ は，**表 8.7.2** に規定するすべての適切な設計荷重の条件に対して次の算式による値の最大値としなければならない。

面外荷重に対して：$A_{shr-net50} = \dfrac{10f_{shr}|P|Sl_{shr}}{C_t\tau_{yd}}$ （cm^2）

集中荷重に対して：$A_{shr-net50} = \dfrac{10f_{shr}|F|}{C_t\tau_{yd}}$ （cm^2）

組合せ荷重に対して：$A_{shr-net50} = \dfrac{|\Sigma 10f_{shr-i}P_il_{shr} + \Sigma 10f_{shr-j}F_j|}{C_t\tau_{yd}}$ （cm^2）

P　：考慮する設計荷重条件に対する設計荷重（kN/m^2）で，**3 節 5.3.2** の規定による荷重点で計算する。

S　：主要支持部材の心距（m），**4 節 2.2.2** の規定による。

l_{shr}　：せん断に対する有効幅，**4 節 2.1.5** の規定による。

f_{shr}　：せん断力の係数，**表 8.7.1** の規定による。

C_t　：考慮する設計荷重条件に対する許容せん断応力の係数で，**表 8.2.10** 又は**表 8.3.7** の規定による。

$\tau_{yd} = \dfrac{\sigma_{yd}}{\sqrt{3}}$ （N/mm^2）

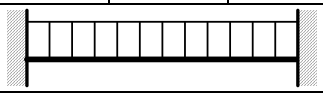
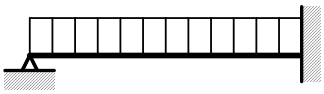
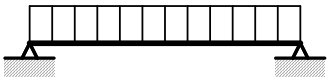
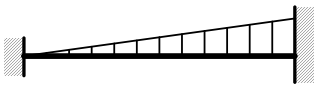
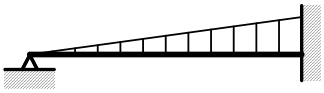
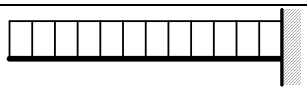
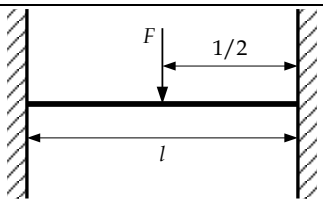
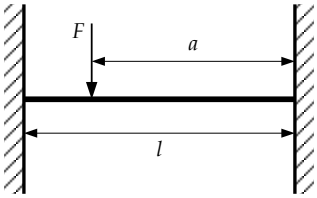
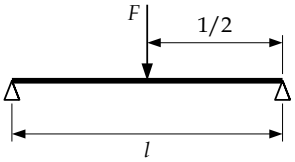
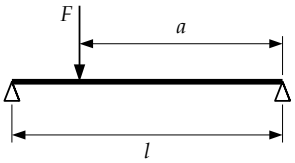
σ_{yd}：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

F　：考慮している設計荷重条件に対する集中荷重（kN）

i　：荷重成分（i）に対する添字

j　：荷重成分（j）に対する添字

表 8.7.1　　f_{bdg} 及び f_{shr}

荷重及び境界条件				曲げモーメントの係数及びせん断力の係数			適用
荷重モデル	位置(1)			1	2	3	
	1 支持	2 中間	3 支持	f_{bdg1} f_{shr1}	f_{bdg2} -	f_{bdg3} f_{shr3}	
A				12.0 0.50	24.0 -	12.0 0.50	両端固定 等分布荷重
B				- 0.38	14.2 -	8.0 0.63	一端固定, 他端単純支持 等分布荷重
C				- 0.50	8.0 -	- 0.50	両端単純支持 等分布荷重
D				15.0 0.30	23.3 -	10.0 0.70	両端固定 三角分布荷重
E				- 0.20	16.8 -	7.5 0.80	一端固定, 他端単純支持 三角分布荷重
F				- -	- -	2.0 1.0	片持ち梁 等分布荷重
G				8.0 0.5	8.0 -	8.0 0.5	両端固定 スパン中央に 集中荷重
H				$\frac{l^3}{a^2(l-a)}$ $\frac{a^2(3l-2a)}{l^3}$	$\frac{l^4}{2a^2(l-a)^2}$ -	$\frac{l^3}{a(l-a)^2}$ $\frac{(l-a)^2(l+2a)}{l^3}$	両端固定 スパン間の 任意の点に 集中荷重
I				- 0.5	4 -	- 0.5	両端単純支持 スパン中央に集中荷重
J				- $\frac{a}{l}$	$\frac{l^2}{a(l-a)}$ -	- $\frac{l-a}{l}$	両端単純支持 スパン間の 任意の点に 集中荷重

l　：有効幅で，l_{bdg} 又は l_{shr} とする。

l_{bdg}：局部支持部材に対しては **4 節 2.1.1**，主要支持部材に対しては **4 節 2.1.4** の規定による。

l_{shr} ：局部支持部材に対しては **4 節 2.1.2**，主要支持部材に対しては **4 節 2.1.5** の規定による。

（備考）

(1) 支持点に対する曲げモーメントの係数 f_{bdg} は，局部支持部材及び主要支持部材の曲げに対する有効幅の端点から $0.2l_{bdg}$ の位置での値を適用する。

(2) 支持点に対するせん断力の係数 f_{shr} は，局部支持部材及び主要支持部材のせん断に対する有効幅の端点から $0.2l_{shr}$ の位置での値を適用する。

(3) 局部支持部材に対しての f_{bdg} 及び f_{shr} の適用について：

(a) 断面係数は，f_{bdg1}，f_{bdg2} 及び f_{bdg3} の最小値を用いて算出しなければならない。

(b) せん断面積は，f_{shr1} 及び f_{shr3} の大きい方の値を用いて算出しなければならない。

(4) 主要支持部材に対しての f_{bdg} 及び f_{shr} の適用について：

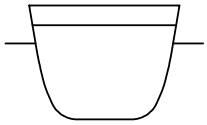
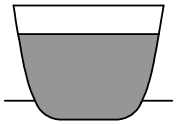
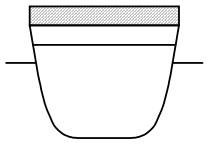
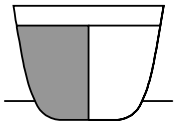
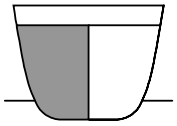
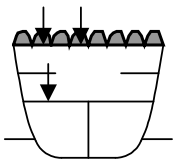
(a) 有効幅の端点から $0.2l_{bdg}$ 間における断面係数は，一般に f_{bdg1} 及び f_{bdg3} を用いて算出しなければならない。ただし，いかなる場合も f_{bdg} は 12 を超えてはならない。

(b) スパン中央における断面係数は，$f_{bdg} = 24$ 又はこの表中の f_{bdg2} の値を用いて算出しなければならない。ただし，f_{bdg2} は 24 よりも小さいものとする。

(c) 有効幅の端点から $0.2l_{shr}$ 間におけるせん断面積は，$f_{shr} = 0.5$ 又は f_{shr1} 及び f_{shr3} の最大値を用いて算出しなければならない。ただし，いかなる場合も f_{bdg} は 12 を超えてはならない。

(d) モデル A から F において，f_{shr} の値が f_{shr1} 及び f_{shr3} の値よりも大きい場合には，f_{shr} は $0.2l_{shr}$ よりも外側において，スパン中央で $0.5f_{shr}$ となるように漸減しなければならない。

表 8.7.2　　板部材，局部支持部材及び主要支持部材の設計荷重条件

部材	設計荷重条件(1)	荷重	喫水	注記	図表示
外板	1	P_{ex}	T_{sc}	外圧のみ	
	2	P_{ex}	T_{sc}		
	5	P_{in}	T_{bal}	内圧のみ 外圧は働かないものとする	
	6	P_{in}	$0.25T_{sc}$		
暴露甲板	1	P_{ex}	T_{sc}	青波のみ	
貨物タンクの境界	3	P_{in}	$0.6T_{sc}$	一方からの荷重のみ タンクは満載とし，隣接するタンクは空とする	
	11	$P_{in\text{-}flood}$	-		
貨物タンク外の境界又は水密囲壁	5	P_{in}	T_{bal}	一方からの荷重のみ タンクは満載とし，隣接するタンクは空とする	
	6	P_{in}	$0.25T_{sc}$		
	11	$P_{in\text{-}flood}$	-		
上甲板及び下層甲板又は水平部材	9	P_{dk}	T_{bal}	分布または集中荷重のみで，隣接するタンクは空とする 青波は考慮しない	
	10	P_{dk}	T_{bal}		

T_{sc} ：構造用喫水（m）で，**4 節 1.1.5.5** の規定による。

T_{bal}：バラスト喫水（m）で，**4 節 1.1.5.2** の規定による。

（備考）

(1)　設計荷重の組合せ及びその他の荷重変数についての詳細は**表 8.2.8** による。

(2)　本船の状態が上記以外の場合，境界をなす構造部材の寸法を決定する設計荷重の組合せは一方のタンクを満載とし，隣接するタンク又は区画を空にした状態を考慮した上で選択しなければならない。境界部材は両側からの荷重についてそれぞれ評価しなければならない。設計荷重の組合せはタンクの配置を考慮し，境界をなす構造部材に働く荷重が最大となるようしなければならない。また，そのときの喫水は設計荷重の組合せ及び本表により決定しなければならない。荷重状態 S 及び $S+D$ を包含する設計荷重の組合せを考慮しなければならない（**表 8.2.7 備考 4** 及び**表 8.2.8** 参照）。

(3)　外板でなく，空所及び液体を積載しない区画の境界を構成する部材については設計荷重の組合せ 11 を適用しなければならない（**備考 2** 参照）。

9 節　設計評価

1　ハルガーダ最終強度

1.1　一般

1.1.1　適用

1.1.1.1　サギング状態のハルガーダ最終強度は，本規定に示す基準を満足していることを確認しなければならない。本基準は，極限の海象状態における非損傷時の船舶構造に対して適用する。本基準は，ホギング状態及び港内状態並びに損傷状態については除く。

1.1.1.2　船舶の全長に沿った横断面において，本編の適用すべきその他の全ての要件に加えて本項の部材寸法要件を適用しなければならない。

1.1.1.3　中央部 $0.4L_{CSR\text{-}T}$ 間外においては，板及び防撓材は，端部での局部要求値に向けて漸減して差し支えない。

1.2　規則基準

1.2.1　ハルガーダ最終強度

1.2.1.1　ハルガーダ最終強度は次の基準を満足しなければならない。

$$\gamma_S M_{sw} + \gamma_W M_{wv-sag} \leq \frac{M_U}{\gamma_R}$$

M_{sw}　：サギング状態の静水中モーメント（*kNm*）。（**表 9.1.1** 参照）

M_{wv-sag}：サギング状態での波浪ハルガーダモーメント（*kNm*）で，**7 節 3.4.1.1** に規定する船体中央位置における値とする。

M_U　：サギング状態でのハルガーダ最終強度（*kNm*）で，**付録 A1.1.1** の規定による。

γ_S，γ_W，γ_R：**1.4** に規定する設計荷重の組合せに対する部分安全係数

1.3　ハルガーダ最終強度

1.3.1　ハルガーダ最終強度評価

1.3.1.1　サギング状態におけるハルガーダ最終強度 M_U は，**付録 A.1.1.1** により算出する。

1.3.1.2　ハルガーダ最終強度評価のための有効面積は，**8 節 1.2.1** により算出する。

1.3.1.3　ハルガーダ最終強度においては，ネット寸法に基づき，腐食予備厚は $0.5t_{corr}$ を考慮する。（**6 節 3.2** 参照）

1.4　部分安全係数

1.4.1　一般

1.4.1.1　ハルガーダ最終強度 M_U を**付録 A.2.1** に規定する簡易評価法又は**付録 A.2.2** に規定する増分反復法より算出する場合の部分安全率は，**表 9.1.1** による。2 つの異なる設計荷重の組合せのそれぞれに対して部分安全係数を適用し，両方の組合せについて本規定を満足しなければならない。M_{sw} の定義は各々の組合せにおいて異なる。

表 9.1.1　　部分安全係数

設計荷重の組合せ	静水中曲げモーメント M_{sw} の定義	部分安全係数		
		γ_S	γ_W	γ_R
a)	許容静水中サギングモーメント $M_{sw\text{-}perm\text{-}sea}$（$kNm$）（7 節 2.1.1 参照）	1.0	1.2	1.1
b)	航行時における均等積でかつ満載状態における最大静水中サギングモーメント $M_{sw\text{-}full}$（kNm）1)	1.0	1.3	1.1

γ_S：サギング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

γ_W：周囲の環境及び波浪荷重の不確定性を考慮したサギング状態における波浪中曲げモーメントに対する部分安全係数

γ_R：材料，幾何学及び強度の不確定性を考慮したサギング状態における船体ハルガーダ容量に対する部分安全係数

（備考）

(1) サギング状態における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発時，到着時又はいかなる中間段階から最大値を算出すること。

2 強度評価（FEM）

2.1 一般

2.1.1 適用

2.1.1.1 船体構造に対する強度評価では有限要素法解析を用いて評価しなければならない。

2.1.1.2 有限要素解析とは次の 2 つの解析とする。

(a) ハルガーダの縦通部材及び主要構造部材並びに横置隔壁の強度を評価するための貨物タンク解析

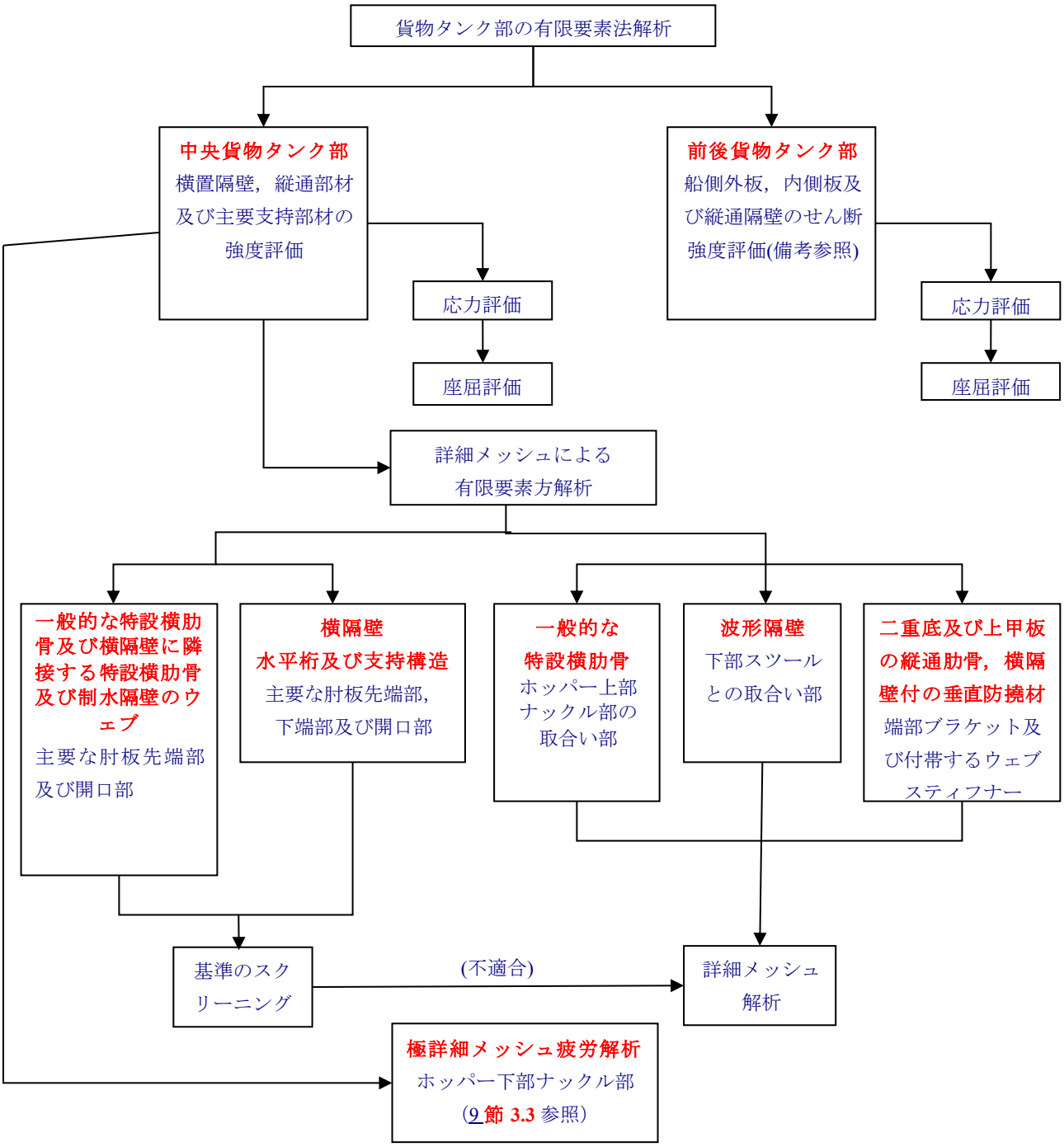
(b) 局部構造の詳細な応力状態を評価するための詳細メッシュ解析

2.1.1.3 有限要素解析に関する最低限の要求事項を**図 9.2.1** に示す。

2.1.1.4 構造評価は，**付録 B** に規定する要件によらなければならない。構造評価は，**2.2.5** 及び **2.3.5** に規定する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。

2.1.1.5 貨物タンク区域内の構造評価により確認した部材寸法の適用は，**2.4** によらなければならない。

図 9.2.1　　有限要素法解析の規則最低要求



（備考）

(1) 横置隔壁位置に作用するハルガーダ垂直せん断力に対して行う **2.2.1.1** 及び **4 節表 4.1.1** に規定する縦通部材のせん断強度評価は，中央貨物タンク部において板及び防撓材特性を適切に修正した詳細メッシュモデルによること。**付録 B.1.1.1** 及び**付録 B.2.2.1** を参照。

2.1.2 検討結果の提出

2.1.2.1 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梁の特性の詳細

(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。

2.1.3 コンピュータプログラム

2.1.3.1 一般的に，本会が確認したすべての有限要素法計算プログラムは，曲げ，せん断，軸及びねじ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。

2.1.3.2 パネルの座屈容量評価に使用する計算プログラムは，**10 節 4** に規定する複合軸圧縮応力，せん断応力及び横圧荷重の組み合わせ相互作用を考慮しなければならない。

2.1.3.3 本会が信頼性のある結果を出すことを確認した計算プログラムは，承認されたプログラムと見なす。使用する計算プログラムが本会によって供給されていない又は確認されていない場合には，計算結果を含む計算プログラムの全詳細を提出し本会の承認を得なければならない。設計者がすべての解析作業を開始する前に，使用する計算プログラムが適正かどうかについて本会に問い合わせること。

2.2 貨物タンク構造強度解析

2.2.1 解析の目的及び範囲

2.2.1.1 貨物タンク構造解析は最低限，次の構造部材に対する評価を含むものでなければならない。

(a) 中央部貨物タンク区域における縦通部材，主要支持部材及び横隔壁

(b) 貨物タンク区域におけるハルガーダせん断荷重に対して，横隔壁近傍のハルガーダせん断強度に寄与する縦通部材。これらの構造部材には，**4 節表 4.1.1** に規定する船側外板，二重船側部縦通隔壁（上部斜板がある場合にはこれも含む），ホッパー，縦通隔壁及び二重底縦通桁を含む。貨物区域の前部及び中央並びに後部におけるハルガーダせん断荷重に対して要求する強度は，考慮する範囲内でハルガーダせん断力の最大値を用いて検討すること。代替手法として各々隔壁位置における強度評価を検討して差し支えない。詳細ついては**付録 B.1.1.1** による。

2.2.1.2 貨物区域の前部及び中央並びに後部におけるハルガーダせん断荷重に対して要求する強度は，考慮する範囲内でハルガーダせん断力の最大値を用いて検討すること。代替手法として各々隔壁位置における強度評価を検討して差し支えない。詳細ついては**付録 B.1.1.1** による。

2.2.1.3 解析は，考慮した静的及び動的荷重のもとで，次の項目が許容基準範囲内であることを確認できるものでなければならない。

(a) 縦通部材，主要構造部材，横置隔壁，板要素及びロッド要素としてモデル化した主要構造部材の面材の応力レベル

(b) 板及び防撓板の座屈容量

2.2.2 構造のモデル化

2.2.2.1 貨物タンク有限要素モデルの部材寸法は，**6 節 3.3.6.1** 及び**付録 B.2.2.1.5** に規定するネット部材寸法によらなけ

ればならない。

2.2.2.2　貨物タンク有限要素モデルの長さは，三貨物タンク長さ以上としなければならない。船体中央部貨物タンク区域で長さに違いがある場合は，有限要素モデルの中央タンクは，最も長い貨物タンクに相当するものとしなければならない。すべての主要な縦及び横構造部材は有限要素モデル化しなければならない。これらは，内殻及び外板，二重底縦横桁，横及び垂直特設肋骨，水平桁，横置及び縦通隔壁構造を含む。これらの構造要素上の，ウェブ防撓材を含むすべての板及び防撓材をモデル化しなければならない。

2.2.2.3　有限要素モデルのメッシュは，実行可能な範囲で実際の構造の防撓システムにあわせて防撓材間の実際の板パネルを示すこと。

2.2.2.4　構造モデル化は，**付録 B.2.2** に規定する要件を満足しなければならない。

2.2.3　荷重及び載貨状態

2.2.3.1　船体構造に最も厳しい荷重が作用する静的及び動的荷重の組合せを構造解析で特定しなければならない。

2.2.3.2　構造解析に使用する標準荷重ケースを**付録 B.2.3.1** に規定する。これらの荷重状態は，航海状態（設計荷重組合せ *S*+*D*）及び港内又は水圧試験状態（設計荷重組合せ *S*）を含む。

2.2.3.3　設計者が設定した荷重状態が標準荷重状態に含まれない場合には，追加の荷重状態として検討しなければならない。（**付録 B.2.3.1 参照**）

2.2.4　荷重の適用及び境界条件

2.2.4.1　同時に作用するすべてのハルガーダ及び局部荷重をモデルに適用しなければならない。有限要素モデルに対する局部及びハルガーダ荷重の適用は，**付録 B.2.4** 及び **B.2.5** の規定によらなければならない。

2.2.4.2　適用する境界条件は，**付録 B.2.6** の規定によらなければならない。

2.2.5　許容基準

2.2.5.1　検討結果の許容基準に対する確認は，**付録 B.2.7** の規定によらなければならない。

2.2.5.2　検討結果の許容基準に対する確認は，中央部三貨物タンク有限要素モデルの長さ方向範囲内及び中央タンクモデルの前後区域内横隔壁水平桁及び支持構造の範囲におけるすべての構造部材に対して行わなければならない。ハルガーダせん断荷重に対する横置隔壁位置におけるせん断強度評価の場合，上部斜板を含む内殻板，外板及び縦通隔壁の応力レベル及び座屈強度を許容基準に対して確認しなければならない。（**付録 B.2.7.1 参照**）

2.2.5.3　構造解析により，**表 9.2.1** 及び**表 9.2.2** に規定する板及び防撓パネルの座屈に対するミーゼスの許容応力基準及び使用係数を超えていないことを示さなければならない。

2.2.5.4　板及び防撓パネルの局部座屈強度評価のために使用する強度モデルは，**6 節 3.3.6.2** 及び**付録 B.2.7.3** に規定する板及び防撓材から全腐食予備厚を控除して検討する。

2.2.5.5　横置隔壁又は縦通波形隔壁に下部スツールを設置しない場合，**表 9.2.1** に規定する最大許容応力及び**表 9.2.2** に規定する座屈に対する使用係数は，次に示す範囲内の波形隔壁及び下部支持構造に対して 10%減じなければならない。

(a)　波形隔壁の全高さ

(b)　隔壁の前後で特設肋骨間隔の半分までの範囲にある横置波形隔壁の縦通支持構造

(c)　隔壁の各々の側部で三縦通防撓材間隔の範囲内にある縦通波形隔壁の横支持構造

表 9.2.1　　最大許容応力

構造要素	降伏強度に対する使用係数
タンク内構材	
全ての非水密構造部材（特設横肋骨，制水隔壁，内部ウェブ，水平縦桁，二重底縦通桁を含む。） 主要支持部材の面材についてはロッド要素を用いてモデル化する。	$\lambda_y \leq 1.0$（荷重組合せ $S+D$） $\lambda_y \leq 0.8$（荷重組合せ S）
タンクの境界をなす部材	
上甲板，船側外板，内殻板，ホッパ斜板，ビルジ外板，貨物タンク内縦通隔壁，二重底水密縦横桁及びウェブ	$\lambda_y \leq 0.9$（荷重組合せ $S+D$） $\lambda_y \leq 0.72$（荷重組合せ S）
内底板，船底外板，横隔壁及び波形隔壁	$\lambda_y \leq 0.8$（荷重組合せ $S+D$） $\lambda_y \leq 0.64$（荷重組合せ S）

λ_y：降伏に対する使用係数

$= \dfrac{\sigma_{vm}}{\sigma_{yd}}$　　一般に板要素の場合

$= \dfrac{\sigma_{rod}}{\sigma_{yd}}$　　一般にロッド要素の場合

σ_{vm} ：要素中心での膜応力をもとに算出したミーゼス応力（N/mm^2）

σ_{rod} ：ロッド要素の軸応力（N/mm^2）

σ_{yd} ：材料の最小降伏応力（N/mm^2）。ただし，荷重組合せ $S+D$ 状態での応力集中箇所(2)においては，$315N/mm^2$ を超えてはならない。

（備考）

(1) 表中の構造部材は一例である。**2.2.5.2** に規定する有限要素モデルの全ての部材について，許容応力基準に対する評価を行わなければならない。**付録 B.2.7.1.参照**

(2) 応力集中箇所とは，開口のコーナー部，ナックル部，主要支持部材及び防撓材の先端部及び下端付根部などが挙げられる。

(3) 横置及び縦通隔壁に下部スツールが設置されていない場合，**2.2.5.5** の規定により最大許容応力を 10%減じなければならない。

(4) 隔壁の両側が空又は両側とも積付られている場合，有限要素法解析の荷重ケースにおいて，貨物タンク間の縦通隔壁の降伏強度に対する使用係数は，非水密構造部材に対する使用係数として差し支えない。縦通隔壁下の水密二重底桁にあっては，水密構造部材に対する使用係数としなければならない。

表 9.2.2　　座屈に対する最大許容使用係数

構造要素	座屈使用係数
板部材及び防撓パネル(3)	$\eta \le 1.0$（荷重組合せ $S+D$） $\eta \le 0.8$（荷重組合せ S）
開口を有するウェブ	$\eta \le 1.0$（荷重組合せ $S+D$） $\eta \le 0.8$（荷重組合せ S）
クロスタイ 柱の座屈	$\eta \le 0.75$（荷重組合せ $S+D$） $\eta \le 0.65$（荷重組合せ S）
波形隔壁 フランジの座屈 円柱座屈	 $\eta \le 0.9$（荷重組合せ $S+D$） $\eta \le 0.72$（荷重組合せ S）

η : 座屈使用係数で，**付録 D.5** 及び**付録 B.2.7.3** の規定により算出する。開口を有するウェブについては **10 節 3.4.1**，クロスタイについては **10 節 3.5.1** を参照。

（備考）

(1) 湾曲した板（ビルジ外板など）及び面材並びに主要支持部材の倒れ止ブラケットについては，有限要素解析による応力結果に基づく座屈強度評価を実施しない。

(2) 横置及び縦通隔壁に下部スツールが設置されていない場合，**2.2.5.5** の規定により最大許容座屈使用係数を 10%減じなければならない。

(3) この表に規定する許容座屈使用係数は**付録 D.1.1.2** に規定する高度な座屈評価法に適用しても差し支えない。代替の座屈評価手順を用いる場合は許容座屈使用係数を評価しなければならず，本会が特に要求する場合は，**付録 D.1.1.2** に規定する同等性に対する許容基準に適合するよう許容座屈使用係数を調整しなければならない。

2.3　局部詳細メッシュ構造強度解析

2.3.1　目的と範囲

2.3.1.1　一般的な構造配置のタンカーに対して，最低要件として船体中央部タンク区域の次の範囲について局部詳細メッシュ構造強度解析により評価しなければならない。

(a) 船体中央部タンクの標準特設横肋骨の重要部分及び上部ホッパーナックル交差部におけるブラケット先端部及び開口。制水隔壁が設けられている場合は，横及び垂直ウェブの重要部分におけるブラケット先端部及び開口。

(b) 横置隔壁付き水平桁部の横置隔壁に隣接する標準特設横肋骨の重要部分におけるブラケット先端部及び開口。

(c) 水平桁及び横置隔壁と二重底桁との結合部並びに標準横隔壁の支持構造の重要部分のブラケット先端部及びヒール部並びに開口。

(d) 横置隔壁及び波形縦通隔壁と下部スツール，内底板，下部スツールが設置されていない場合の二重底支持構造との結合部。ガセットプレートが設置されている場合，波形隔壁とガセットプレートの上部隅部との接合部は評価しなければならない。

(e) 端部ブラケットと二重底及び甲板の標準縦通肋骨のウェブ防撓材並びに横隔壁の垂直防撓材に隣接するウェブ防撓材との接合部。甲板上面に縦通肋骨が設けられている場合，横隔壁との接合部は評価しなければならない。

2.3.1.2　**2.3.1.1** に規定する構造部材の重要部分の選択は，**付録 B.3.1** によらなければならない。

2.3.1.3　**2.3.1.1** に規定していない構造部材の応力集中部の応力レベルが，貨物タンク解析の許容基準を超えている場合は，詳細メッシュ解析を行って部材寸法が基準を満足することを示さなければならない。

2.3.1.4　貨物タンク有限要素モデルにおいて配置を十分にモデル化出来ない場合は，詳細メッシュ解析により部材寸法が基準を満足していることを示すこと。このような場合には，貨物タンク解析に規定する範囲（通常 s 毎）と等価な範囲における平均応力は，**表 9.2.1** の要件を満足しなければならない（**表 9.2.3** の**備考(1)**を参照）。

2.3.2　構造のモデル化

2.3.2.1　詳細メッシュ構造モデルは，**付録 B.3.2** の要件を満足しなければならない。

2.3.2.2　詳細メッシュ解析は，貨物タンクモデルにおける境界条件と合わせて，詳細メッシュ部分を含む別途の局部有限要素モデルで差し支えない。また，貨物タンクモデルに詳細メッシュ部分を埋め込んで差し支えない。

2.3.2.3　局部有限要素モデルのモデル化範囲は，境界条件及び荷重の適用によって，考慮すべき領域の応力値に顕著な差が出ないように配慮しなければならない。局部有限要素モデルのモデル化範囲に関する詳細要件を**付録 B.3.2** に規定する。

2.3.2.4　詳細メッシュ範囲は，高応力の集中している領域としなければならない。詳細メッシュ範囲内の有限要素メッシュサイズは，50*mm*×50*mm* より大きくしてはならない。詳細メッシュの範囲は**付録 B.3.2** によらなければならない。

2.3.2.5　詳細メッシュモデルは，**6 節 3.3.6.3** 及び**付録 B.3.2** に規定するネット部材寸法によらなければならない。

2.3.3　荷重及び載貨状態

2.3.3.1　詳細メッシュ応力解析は，**2.2.3** に規定する標準荷重状態及びその他のすべての特別に定めた荷重状態に対して行わなければならない。

2.3.4　荷重の適用と境界条件

2.3.4.1　有限要素モデルに対する荷重及び境界条件の適用は，**付録 B.3.4** に規定する要件に適合しなければならない。

2.3.5　許容基準

2.3.5.1　許容基準に対する応力の評価は，**付録 B.3.5** によらなければならない。

2.3.5.2　構造評価においては，詳細メッシュ有限要素解析より算出されるミーゼス応力が，**表 9.2.3** に示す最大許容応力基準を超えていないことを確認しなければならない。

表 9.2.3　　詳細メッシュ解析に対する最大許容膜応力

要素応力	降伏に対する使用係数
溶接に接しない要素	$\lambda_y \leq 1.7$（荷重組合せ $S+D$） $\lambda_y \leq 1.36$（荷重組合せ S）
溶接に接する要素	$\lambda_y \leq 1.5$（荷重組合せ $S+D$） $\lambda_y \leq 1.2$（荷重組合せ S）

λ_y：降伏に対する使用係数

$= \frac{k\sigma_{vm}}{235}$　　板要素の場合

$= \frac{k\sigma_{rod}}{235}$　　ロッド又はビーム要素の場合

σ_{vm}：要素中心での膜応力に基づき算出したミーゼス応力（N/mm^2）

σ_{rod}：ロッド要素の軸応力（N/mm^2）

k　：材料の降伏応力に応じた材料係数で，**6 節 1.1.4** の規定による。ただし，荷重組合せ $S+D$ 状態においては，いかなる場合も 0.78 未満としてはならない。

（備考）

(1) 詳細メッシュによる応力検討領域近傍において，貨物タンク有限要素モデル中の要素のミーゼス応力が，**表 9.2.1** に規定する許容値を超える場合，貨物タンク有限要素モデルのメッシュサイズと等価な領域で算出され，詳細メッシュ解析により得られる平均ミーゼス応力は，**表 9.2.1** に規定する許容値未満でなければならない。

(2) 最大許容応力は 50*mm*×50*mm* のメッシュサイズに基づく。より小さいメッシュサイズを使用する場合には，そのメッシュサイズに対して**付録 B.3.5.1** により算出する平均ミーゼス応力と許容応力を比較しなければならない。

(3) 平均ミーゼス応力は要素領域に対する荷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

σ_{vm-i}　：考慮している領域での i 番目の板要素のミーゼス応力

A_i　　：考慮している領域での i 番目の板要素の面積

n　　：考慮している領域での板要素の数

(4) 応力の平均化は，不連続構造または境界となる構造にわたって平均化してはならない。

(5) 下部スツールを横又は縦通波形隔壁に接合する場合には，最大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。

2.4　貨物タンク区域における部材寸法の適用

2.4.1　一般

2.4.1.1　有限要素法強度評価の要件に従う部材寸法の貨物タンク区域内の構造への適用は，本規定の要件によらなければならない。

2.4.1.2　本規定の要件の適用は，貨物タンク区域全体に，同じ材料降伏強度の構造が保たれているものと想定している。異なる降伏強度の鋼材が使用する場合は，要求される部材寸法を別途評価しなければならない。

2.4.1.3　本 **2.4** に規定する寸法部材の求め方は，**9 節 2** 及び**付録 B** に規定する要件を満足する寸法に基づかなければならない。

2.4.1.4　本 **2.4** に規定する板及び局部支持部材におけるネット板厚及び断面特性は，**6 節表 6.3.1** に規定するグロス板厚から腐食予備厚を控除した値に基づかなければならない。

2.4.2 甲板に対する部材寸法の適用

2.4.2.1 甲板及び甲板縦通肋骨の部材寸法は船体長さ方向において中央部 $0.4L_{CSR\text{-}T}$ 間は同じ寸法としなければならない。船体中央部 $0.4L_{CSR\text{-}T}$ 間における甲板の板及び甲板縦通肋骨の船幅位置での部材寸法は，**付録 B.1.1.1.5** に規定する貨物タンク有限要素モデルの中央部タンクの長さ方向において対応する横断面位置における要求値のうちの最大値としなければならない。

2.4.2.2 船体中央部 $0.4L_{CSR\text{-}T}$ 間の前後では，甲板の板及び甲板縦通肋骨の部材寸法は，貨物タンク区域端で，**8 節**に規定する部材寸法まで漸減しても差し支えない。

2.4.3 内底板に対する部材寸法の適用

2.4.3.1 内底板の板厚は，タンクの長さ方向及び幅方向に沿って変化して差し支えない。

2.4.3.2 船体中央部貨物タンクの内底板及び内底縦通肋骨の部材寸法は，**付録 B.1.1.1.5** に規定する貨物タンク有限要素モデルの中央部タンクの対応する位置における要求値未満としてはならない。最前部及び最後部タンクを除き，これらの部材寸法は貨物区域内のすべてのタンクに対して同じ寸法としなければならない。

2.4.3.3 最前部及び最後部貨物タンクにおける内底縦通肋骨の部材寸法は，船体中央部貨物タンクにおける要求値によらなければならない。内底板の要求ネット板厚 $t_{ib\text{-}net}$ は次の算式による値とする。

$$t_{ib-net} = t_{ib-net-mid}\left(\frac{l_{bdg}}{l_{bdg-mid}}\right)^{0.25}\frac{s_{ib}}{s_{ib-mid}} \quad (mm)$$

$t_{ib\text{-}net\text{-}mid}$ ：船体中央部タンクの対応する位置における要求内底板ネット板厚（mm）

l_{bdg} ：考慮している位置におけるフロアの有効曲げ長さで，**図 4.2.7** による（m）

$l_{bdg-mid}$ ：船体中央部タンクの対応する位置における**図 4.2.7** に規定するフロアの有効曲げ長さ（m）

s_{ib} ：考慮している位置における縦通肋骨間の心距（mm）

$s_{ib\text{-}mid}$ ：船体中央部タンクの対応する位置における縦通肋骨の心距（mm）

2.4.4 船底に対する部材寸法の適用

2.4.4.1 船底縦通肋骨の部材寸法は，船体長さ方向において中央部 $0.4L_{CSR\text{-}T}$ 間は同じ寸法としなければならない。船体中央部 $0.4L_{CSR\text{-}T}$ 間の船底縦通肋骨の部材寸法は，**付録 B.1.1.1.5** に規定する貨物タンク有限要素モデルの中央部タンク長さ方向において対応する横断面位置における要求値のうちの最大値としなければならない。

2.4.4.2 船体中央部 $0.4L_{CSR\text{-}T}$ 間の前後部では，船底縦通肋骨の部材寸法は，貨物タンク区域端で，**8 節**に規定する部材寸法まで漸減しても差し支えない。

2.4.4.3 船底外板の板厚は，タンクの長さ方向及び幅方向に沿って変化して差し支えない。船体中央部タンクの船底外板の板厚は，**付録 B.1.1.1.5** に規定する貨物タンク有限要素モデルの中央部タンクの対応する位置における要求値未満としてはならない。最前部及び最後部タンクを除き，これらの板厚は貨物区域内のすべてのタンクに対して同じ寸法としなければならない。

2.4.4.4 最前部及び最後部貨物タンクにおける船底外板の要求ネット板厚 $t_{btm\text{-}net}$ は次の算式による値とする。

$$t_{btm-net} = t_{btm-net-mid}\left(\frac{l_{bdg}}{l_{bdg-mid}}\right)^{0.25}\frac{s_{btm}}{s_{btm-mid}} \quad (mm)$$

$t_{btm\text{-}net\text{-}mid}$ ：船体中央部タンクの対応する位置における要求船底ネット板厚（mm）

l_{bdg} ：考慮している位置におけるフロアの有効曲げ長さで，**図 4.2.7** による（m）

$l_{bdg-mid}$ ：船体中央部タンクの対応する位置における**図 4.2.7** によるフロアの有効曲げ長さ（m）

s_{btm} ：考慮している位置における縦通肋骨間の心距（mm）

$s_{btm\text{-}mid}$ ：船体中央部タンクの対応する位置における縦通肋骨の心距（mm）

2.4.5 船側外板，縦通隔壁及び二重船側部縦通隔壁に対する部材寸法の適用

2.4.5.1 甲板から $0.15D$ 以内の船側外板，縦通隔壁及び二重船側部縦通隔壁の板及び縦通肋骨の部材寸法は，船体長さ方向において中央部 $0.4L_{CSR\text{-}T}$ 間は同じ寸法としなければならない。また**付録 B.1.1.1.5** に規定する貨物タンク有限要素モデルの中央部タンク長さ方向において対応する横断面位置における要求値のうちの最大値としなければならない。船体中央部 $0.4L_{CSR\text{-}T}$ 間の前後部では，甲板から $0.15D$ 以内の板及び防通撓材の部材寸法は，貨物タンク区域端で，**8 節**に規定する部材寸法まで漸減しても差し支えない。

2.4.5.2 甲板から $0.15D$ より下方の船側外板，縦通隔壁及び二重船側部縦通隔壁（ホッパ斜板を含む）の板厚は，タン

クの長さ方向及び高さ方向に沿って変化させて差し支えない。横置隔壁から離れている板の厚さは，付録 B.1.1.1.5 に規定する貨物タンク有限要素モデルの中央タンクの対応する位置における要求値未満としてはならない。最前部及び最後部タンクを除き，これらの部材寸法は，貨物区域内のすべてのタンクに対して同じ寸法としなければならない。最前部及び最後部貨物タンクにおける板の要求ネット板厚は次の算式による値とする。

$$t_{net} = t_{net-mid}\frac{s}{s_{mid}} \quad (mm)$$

$t_{net-mid}$：中央部タンクの対応する位置における要求ネット板厚（mm）

s　：考慮している位置の縦通肋骨間の心距（mm）

s_{mid}　：船体中央部タンクの対応する位置における縦通肋骨の心距（mm）

2.4.5.3　ハルガーダせん断荷重に対する強度による横隔壁部に隣接する船側外板，縦通隔壁及び二重船側部縦通隔壁（ホッパーの板を含む）の板厚は，付録 B.1.1.1.6，B.1.1.1.7 及び B.1.1.1.8 による値未満としてはならない。甲板から 0.15D 以内における横隔壁部に隣接する部分の板厚は，2.4.5.1 に規定する板厚未満としてはならない。甲板から 0.15D より下方における横隔壁部に隣接する部分の板厚は，2.4.5.2 に規定する板厚未満としてはならない。

2.4.5.4　甲板から 0.15D より下方の船側外板，縦通隔壁及び二重船側部縦通隔壁（ホッパーの板を含む）の部材寸法は，付録 B.1.1.1.5 に規定する貨物タンク有限要素モデルの中央部タンクの対応する位置における要求値未満としてはならない。これらの板厚は，貨物区域内のすべてのタンクに対して同じ寸法としなければならない。

2.4.5.5　横隔壁に隣接する船側外板，縦通隔壁及び二重船側部縦通隔壁のハルガーダせん断荷重に対する強度による板厚は，付録 B.1.1.1.5 に規定する貨物タンク有限要素モデルの中央部タンクの前後の横隔壁の対応する位置における値のうち，大きいものとしなければならない。これらの板厚は，他の節における全ての関連規定にも適合しなければならない。

2.4.6　横隔壁に対する部材寸法の適用

2.4.6.1　横隔壁の板，防撓材及び水平桁の部材寸法は，隔壁の高さ方向及び幅方向に沿って変化させて差し支えない。付録 B.1.1.1.5 に規定する貨物タンク有限要素モデルの中央部タンクの前後端の横隔壁の対応する位置で要求される最大値未満としてはならない。

2.4.7　主要構造支持部材に対する部材寸法の適用

2.4.7.1　主要構造支持部材のウェブ板厚は，タンクの長さ，幅及び高さに沿って変化させて差し支えない。主要構造支持部材の部材寸法は，付録 B.1.1.1.5 に規定する貨物タンク有限要素モデルの中央部タンクの対応する位置における要求値未満としてはならない。最前部及び最後部タンクを除き，これらの部材寸法は，貨物区域内のすべてのタンクに対して同じ寸法としなければならない。

2.4.7.2　最前部及び最後部タンクの主要構造部材の部材寸法要件は，8 節 2.6.9 による船体中央部タンクの対応する構造部材の部材寸法に準じて決定しなければならない。

2.4.8　構造詳細と開口

2.4.8.1　付録 B.3 の要件に対応する主要構造部材の開口及び構造詳細の配置並びに部材寸法は，貨物タンク区域のすべてのタンクの対応する構造部材に適用しなければならない。

3 疲労強度

3.1 疲労評価

3.1.1 一般

3.1.1.1 本規定は，付録 C と併せて，本編に規定する構造詳細の疲労破壊設計に対する最低限の規則要件を規定する。その他の位置における疲労強度上重要な構造詳細について，本編に含まれているものと同等の手法による評価を要求することがある。

3.1.1.2 広範囲の構造詳細及び構造配置に適用可能な疲労基準は数値計算手法を用いた疲労強度評価を用いなければならない。

3.1.1.3 3.4 の規定の通り，対象箇所の構造詳細に応じて，“公称応力法”又は“ホットスポット法”のいずれかを用いて疲労解析を行わなければならない。解析の手順を図 9.3.1 に示す。

3.1.1.4 公称応力法において，構造要素の応力は，適用荷重及び要素の構造特性に応じて解析的手法（例えば，梁モデル）又は数値計算手法（標準有限要素メッシュ）により算出すること。

3.1.1.5 ホットスポット応力法において，疲労クラックが発生しうる重要部位（ホットスポット）の局部応力は，数値計算手法（例えば，詳細メッシュ有限要素解析）により評価すること。ホットスポット応力法による疲労解析は構造的不連続の影響を考慮しなければならないが，溶接の影響は考慮しない。

3.2 疲労基準

3.2.1 腐食モデル

3.2.1.1 疲労評価には 6 節 3.3.7 によるネット板厚を用いなければならない。

3.2.2 荷重

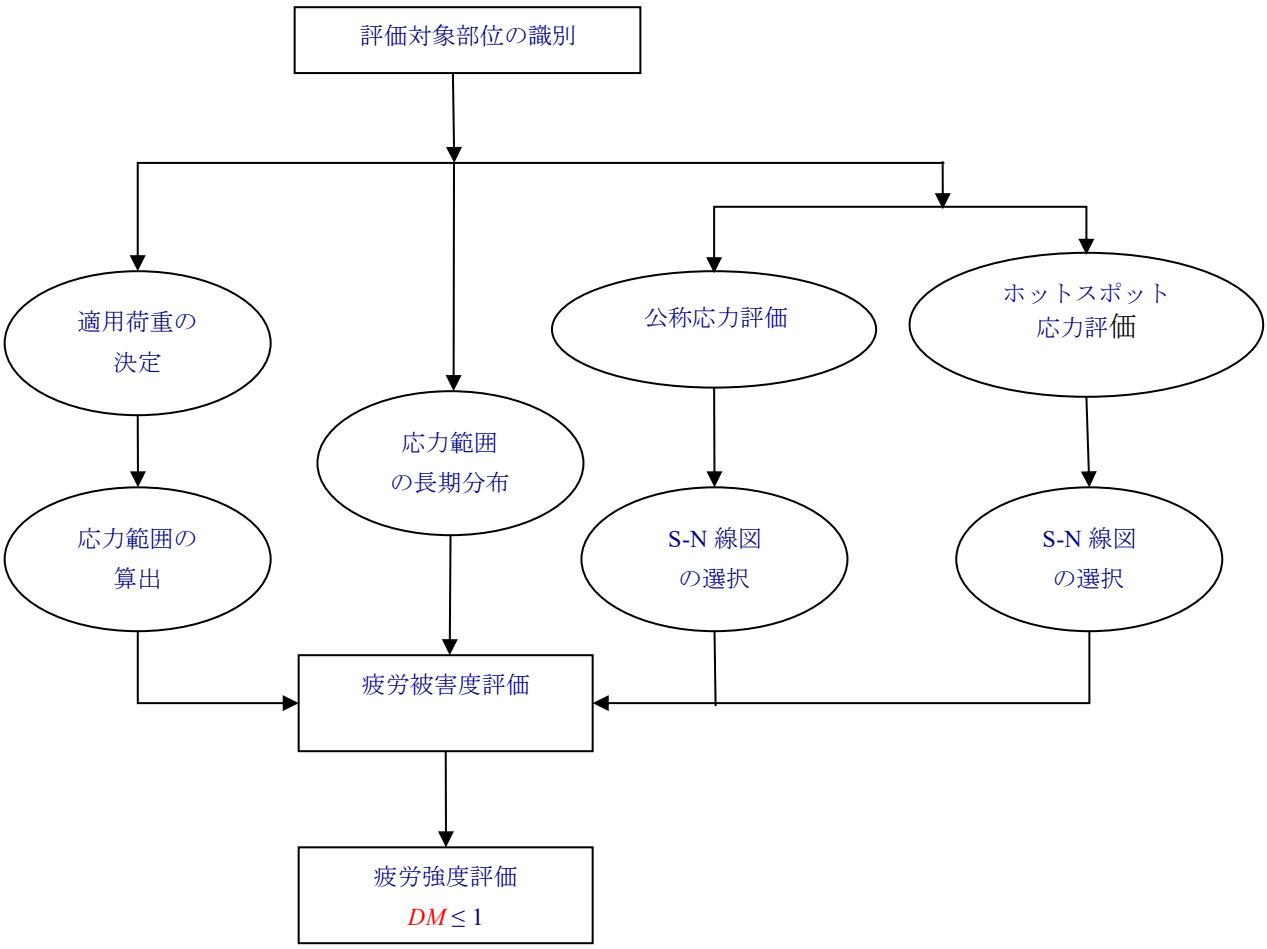
3.2.2.1 疲労評価において，北大西洋の波浪環境に基づく 7 節 3 に規定する荷重を用いなければならない。本規定の範囲外となるスラミング，低周期波又は疲労の原因となる振動といった船の生涯にわたり予期される応力のうち重大な影響をもたらす可能性のあるその他の二次的な周期的荷重に対して特別な考慮を払うこと。

3.2.2.2 本編の規定において，超過確率を 10^{-4} 相当として荷重の適用及び疲労強度評価を行なう。

3.2.3 許容基準

3.2.3.1 本規定及び付録 C に規定する基準を構造の疲労強度（容量）及び疲労を引き起こす荷重（要求）の比較により疲労損傷パラメータ *DM* として規定する。（付録 C.1.4.1.1 参照）算出した疲労損傷 *DM* は，船の設計寿命に対して，1 以下としなければならない。ただし，船の設計寿命は 25 年未満としてはならない。

図 9.3.1　　各部材または構造詳細に対する疲労評価手順



3.3　適用

3.3.1　縦式構造

3.3.1.1　船底外板，内底板，船側外板，二重船側部を形成する縦通隔壁，縦通隔壁及び強力甲板に位置する縦通防撓材と貨物タンク区域内の制水隔壁を含む横置隔壁及び特設肋骨との結合部に対して疲労強度評価を行い，評価結果を本会に提出しなければならない。

3.3.1.2　貨物タンク区域内の強力甲板上のブロック継ぎ手部の開口部に対して疲労強度の評価をしなければならない。

3.3.2　横式構造

3.3.2.1　船体中央部において少なくとも 1 横肋骨に対して，内底板とホッパ斜板との間のナックル部に対して疲労強度評価を行い，評価結果を本会に提出しなければならない。疲労強度評価に対する応力範囲は，詳細メッシュ有限要素解析により決定する。

3.4　疲労強度評価法

3.4.1　公称応力法

3.4.1.1　公称応力法は，**付録 C.1** の規定の通り，次の項目に関する疲労強度評価に対して用いなければならない。

(a)　制水隔壁を含む横置隔壁及び船底外板，内底板，船側外板，二重船側部を形成する縦通隔壁及び強力甲板に位置する特設肋骨と縦通防撓材の結合部

(b)　**付録 C.1.6** に規定するブロック継ぎ手部の開口部

3.4.2　　ホットスポット応力法

3.4.2.1　ホットスポット応力法は，**付録 C.2** の規定の通り次の項目に関する疲労評価に対して用いなければならない。

(a)　内底板とホッパ斜板との間のナックル部

3.4.3　　代替の直接計算法

3.4.3.1　**7 節 3** に規定する荷重を適用せずに，代替の直接計算法による疲労評価が必要と考えられる場合については本会の適当と認めるところによる。ただし，部材寸法はいかなる場合でも **3.4.1** 及び **3.4.2** による要求値未満としてはならない。

10 節　座屈及び最終強度

1　　一般

1.1　　強度評価基準

1.1.1　　範囲

1.1.1.1　本 **10 節**には局部支持部材，主要支持部材，ピラー，波形隔壁及びブラケット等のその他の構造物の座屈及び最終強度の強度評価基準を含む。これらの評価基準は，初期構造部材寸法を決定するための **8 節**の規定，また設計評価のための **9 節**の規定にも適用しなければならない。

1.1.1.2　すべての構造要素は **10 節 2** に規定する剛性と寸法の要求に適合しなければならない。

1.1.1.3　それぞれの構造要素に対して，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。

1.1.1.4　強度評価基準は，設計時における座屈強度と最終強度の観点から，次に示す仮定と制限に基づかなければならない。

(a)　防撓材の座屈強度は，防撓材が支える板部材以上としなければならない。

(b)　防撓材を支持する主要支持部材は，主要支持部材の座屈による面外変形を防ぐために，充分大きな慣性モーメントを有しなければならない。（**2.3.2.3** 参照）

(c)　板の有効幅を含む防撓材は，面外変形に対して十分な安定性を確保するだけの断面二次モーメントを有しなければならない。（**2.2.2** 参照）

(d)　局部支持部材及び主要支持部材の寸法は，局部的な座屈を防止するようなものでなければならない。

(e)　主要支持部材の横倒れ（例えば，横倒れ座屈）は，横倒れ防止ブラケット又は同等物の設置によって防止しなければならない。（**2.3.3** 参照）

(f)　主要支持部材のウェブプレートは，防撓材間の局部弾性座屈を防止するようなものでなければならない。

(g)　開口のある板に対しては，開口や切欠き周縁部の座屈強度と周縁部の補強が適切でなければならない。（**3.4.1** 及び **2.4.3** 参照）

2 剛性及び寸法

2.1 構造要素

2.1.1 一般

2.1.1.1 すべての構造要素は **2.2** 及び **2.3** に示す適切な細長比又は寸法比の要件に適合しなければならない。

2.1.1.2 次に示す要件はネット寸法に基づくものとする。（**6 節 3** 参照）

2.1.1.3 構造上の理想化及び定義については，**4 節 2** を参照のこと

2.2 板部材及び局部支持部材

2.2.1 板部材及び局部支持部材の寸法

2.2.1.1 板部材及び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) 板部材 $t_{net} \geq \frac{s}{C}\sqrt{\frac{\sigma_{yd}}{235}}$

(b) 防撓材のウェブプレート $t_{w-net} \geq \frac{d_w}{C_w}\sqrt{\frac{\sigma_{yd}}{235}}$

(c) フランジ又は面材 $t_{f-net} \geq \frac{b_{f-out}}{C_f}\sqrt{\frac{\sigma_{yd}}{235}}$

s ：板幅（*mm*）で，**4 節 2.2.1** に規定する防撓材の間隔をとるものとする。

t_{net} ：板部材のネット板厚（*mm*）

d_w ：ウェブプレートの深さ（*mm*）で，**表 10.2.1** に規定する

$t_{w\text{-}net}$ ：ウェブプレートのネット板厚（*mm*）

$b_{f\text{-}out}$ ：フランジの幅（*mm*）で，**表 10.2.1** に規定する

$t_{f\text{-}net}$ ：フランジのネット板厚（*mm*）

C，C_w，C_f ：**表 10.2.1** に規定する細長係数

σ_{yd} ：防撓材付き板の材料の最小降伏応力（N/mm^2）

2.2.2 防撓材の剛性

2.2.2.1 防撓材を設けた板部材に平行な中性軸回りの防撓材のネット最小断面二次モーメント I_{net} は，次の算式による値とする。各防撓材は防撓材の間隔 s の 80%に等しい有効幅を有する板付き防撓材とする。

$$I_{net} = Cl_{stf}^2 A_{net}\frac{\sigma_{yd}}{235} \quad (cm^4)$$

l_{stf} ：有効な支持部材間の防撓材の長さ（*m*）

A_{net} ：防撓材の間隔 s の 80%に等しい有効幅を持つ板付き防撓材のネット断面積（cm^2）

s ：板幅（*mm*）で，**4 節 2.2.1** に規定する防撓材の間隔をとるものとする

σ_{yd} ：防撓材付き板の材料の最小降伏応力（N/mm^2）

C ：細長係数

=1.43 ハルガーダ応力を受ける縦通肋骨

=0.72 その他の防撓材

表 10.2.1　　細長係数

評価部材		係数
板部材 C	甲板，外板及びタンク周壁	100
	その他の構造部材	125
防撓材ウェブ C_w	アングル及び T 型形状	75
	バルブ形状	41
	平型形状	22
フランジ又は面材(1) C_f	アングル及び T 型形状	12

（備考）

(1)　アングル及び T 型形状のフランジの全幅 b_f は，$0.25d_w$ 未満としてはならない。

(2)　幅及び深さの計測は，グロス寸法に基づくこと。

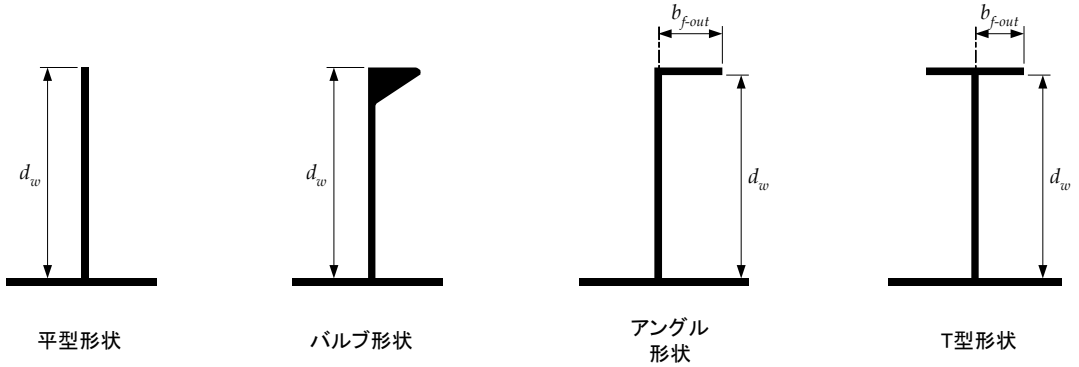
t_{net}　：板部材のネット板厚（*mm*）

d_w　：ウェブプレートの深さ（*mm*）

$t_{w\text{-}net}$　：ウェブプレートのネット板厚（*mm*）

$b_{f\text{-}out}$　：フランジの幅（*mm*）

$t_{f\text{-}net}$　：フランジのネット板厚（*mm*）



2.3　主要支持部材

2.3.1　ウェブプレート及びフランジ又は面材の寸法

2.3.1.1　主要支持部材のウェブプレートと面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)　ウェブプレート　$t_{w-net} \geq \frac{s_w}{C_w}\sqrt{\frac{\sigma_{yd}}{235}}$

(b)　フランジ又は面材 $t_{f-net} \geq \frac{b_{f-out}}{C_f}\sqrt{\frac{\sigma_{yd}}{235}}$

s_w　：板幅（*mm*）で，ウェブ付防撓材の間隔をとるものとする。防撓材の付いた板に平行なウェブ板の間隔は **付録 D 図 5.6** に従って修正して差し支えない。

$t_{w\text{-}net}$：ウェブプレートのネット板厚（*mm*）

$b_{f\text{-}out}$：フランジ幅（*mm*）

$t_{f\text{-}net}$　：フランジのネット板厚（*mm*）

C_w　：ウェブプレートの細長比

＝100

C_f　：フランジ又はフェイスプレートの細長比

=12

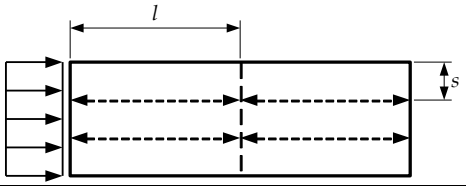
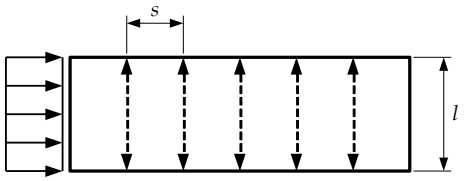
σ_{yd}　：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

2.3.2 剛性要件

2.3.2.1 ウェブ付防撓材のウェブ及びフランジのネット板厚は，**2.2.1** に規定する値以上としなければならない。

2.3.2.2 防撓材間隔 s の 80%に等しい有効幅を持つウェブ付防撓材のネット断面二次モーメント I_{net} は，**表 10.2.2** に規定する値以上としなければならない。

表 10.2.2 ウェブ付防撓材の剛性評価基準

モード	慣性モーメント要求値（cm^4）
(a) 主要支持部材のフランジに対し平行に付くウェブ付防撓材 	$I_{net} = C1^2 A_{net} \frac{\sigma_{yd}}{235}$
(b) 主要支持部材のフランジに対し直角に付くウェブ付防撓材 	$I_{net} = 1.14 \times 10^{-5} l s^2 t_{w-net} \left(2.5 \frac{1000l}{s} - 2\frac{s}{1000l}\right) \frac{\sigma_{yd}}{235}$

C ：=1.43 貨物タンク区域内の縦通防撓材

=0.72 その他の防撓材

l ：ウェブ付防撓材の長さ（m）

局部支持部材（LSM）に溶接されたウェブ付防撓材において，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。ウェブ付防撓材において，長さは側面支持間の距離としなければならない。例えば，モード(b)に示すように主要支持部材のフランジ間の総長さ。

A_{net} ：防撓材間の心距 s の 80%の有効幅を含んだウェブ付防撓材のネット断面積（cm^2）

s ：防撓材間の心距（mm）で **4 節 2.2.1** に規定する。

$t_{w\text{-}net}$：主要支持部材のウェブのネット板厚（mm）

σ_{yd} ：主要支持部材のウェブの規定最小降伏応力（N/mm^2）

2.3.2.3 軸圧縮応力下の防撓材を支持する主要支持部材のネット断面二次モーメント $I_{psm\text{-}net50}$ は，下記の値以上としなければならない。$I_{psm\text{-}net50}$ は，スパン中央における有効幅を含めるものとする。

$$I_{psm-net50} = 300 \frac{l_{bdg}^4}{S^3 s} I_{net} \quad (cm^4)$$

l_{bdg}：主要支持部材の曲げスパン（m）

S ：主要支持部材間の距離（m）

s ：**4 節 2.2.1** に規定する防撓材の間隔（mm）

I_{net} ：**2.2.2.1** に規定する曲げスパン中央から半分の位置にある防撓材の最大要求断面二次モーメント（cm^4）

2.3.3 倒れ止ブラケットの間隔

2.3.3.1 主要支持部材のねじり座屈モードは倒れ止ブラケットによって制御しなければならない。主要支持部材の支持されないフランジの長さ，すなわち倒れ止ブラケット間の距離 s_{bkt} は次に示す算式による値未満としなければならない。

$$S_{bkt} = b_f C \sqrt{\frac{A_{f-net50}}{\left(A_{f-net50} + \frac{A_{w-net50}}{3}\right)} \left(\frac{235}{\sigma_{yd}}\right)}$$

ただし，$s_{bkt\text{-min}}$ 未満である必要はない。

b_f ：フランジの幅（mm）

C ：細長係数

=0.022 両側対称のフランジ

=0.033 片側フランジ

$A_{f-net50}$ ：フランジのネット断面積（cm^2）

$A_{w-net50}$：ウェブプレートのネット断面積（cm^2）

σ_{yd} ：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

$s_{bkt\text{-min}}$ ：＝3.0m 貨物タンク区域内におけるタンク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ついて

＝4.0m 上記以外の箇所に設ける主要支持部材について

2.4 その他の構造

2.4.1 柱の寸法

2.4.1.1 I 型断面の場合，ウェブプレート及びフランジ板厚は **2.2.1.1** の規定に適合しなければならない。

2.4.1.2 薄板で囲まれたボックス型断面の板厚は **2.2.1.1(b)**の規定に適合しなければならない。円筒形断面の半径は，柱のネット板厚の 50 倍未満としなければならない。

2.4.2 ブラケットの寸法

2.4.2.1 **2.4.2.2** に規定する以外の端部ブラケットのネット板厚は，次の算式による値以上としなければならない。

$$t_{bkt-net} = \frac{d_{bkt}}{C}\sqrt{\frac{\sigma_{yd}}{235}}$$

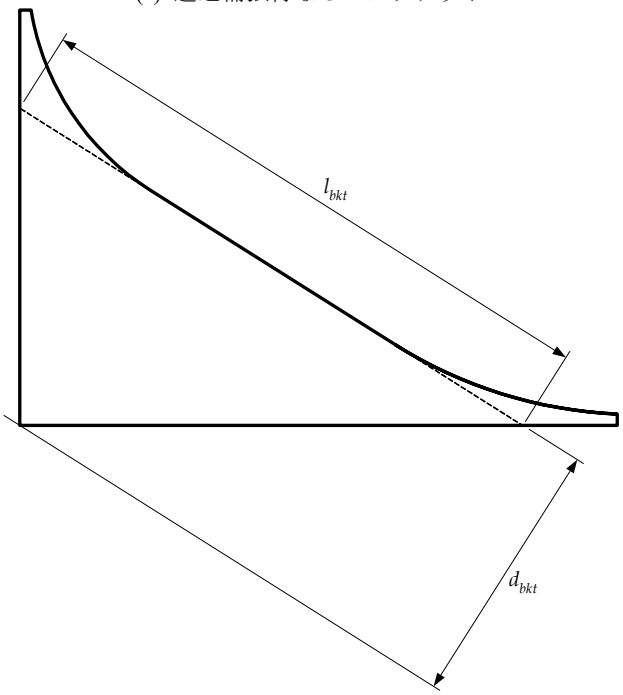
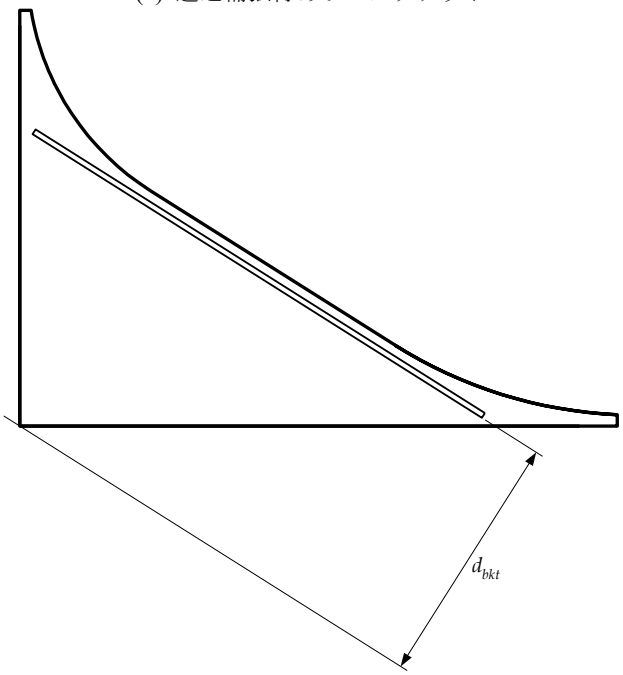
d_{bkt} ：ブラケットの深さ（mm）（**表 10.2.3** 参照）

C ：**表 10.2.3** に規定する細長係数

σ_{yd} ：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

2.4.2.2 ブラケットが引張応力のみを受けることを確認できた場合，例えば，ボイドスペースによって囲まれるタンク内のブラケットなどでは，**2.4.2.1** の要件を適用しなくて差し支えない。

表 10.2.3　　ブラケットの寸法に対する座屈係数 *C*

モード	*C*
(a) 遊辺補強材なしのブラケット  	$C = 20\left(\frac{d_{bkt}}{l_{bkt}}\right) + 16$ ただし，$0.25 \leq \frac{d_{bkt}}{l_{bkt}} \leq 1.0$
(b) 遊辺補強材ありのブラケット  	$C = 70$

l_{bkt}：ブラケットの遊辺の有効長さ（*mm*）

2.4.2.3　遊辺の有効な長さ l_{bkt} が下記に示す算式による値よりも大きい場合，主要支持部材の倒れ止ブラケットは，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。

$l_{bkt} = 75t_{bkt\text{-}net}$（*mm*）

$t_{bkt\text{-}net}$：ブラケットの板厚（*mm*）

2.4.3 開口部や端部ブラケットの遊辺補強に対する要件

2.4.3.1 開口部やブラケットの遊辺に設ける防撓材のウェブ深さ d_w は,

$$d_w = Cl\sqrt{\frac{\sigma_{yd}}{235}}$$ （mm）又は 50（mm）のどちらか大きい方の値以上としなければならない。

l ：防撓材の長さ（m）

σ_{yd} ：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

C ：細長係数

75 端部ブラケットの場合

50 倒れ止ブラケットの場合

50 開口部の周縁補強材の場合

2.4.3.2 周縁補強防撓材のウェブプレートとフランジのネット板厚は，**2.2.1** の要求値以上としなければならない。

3 座屈に対する要求規定

3.1 一般

3.1.1 範囲

3.1.1.1 本 **10 節 3** において，板部材，防撓材，主要支持部材の座屈を制御するのに必要な座屈強度の算出法，使用係数の決定法及びその他の方法を規定する。

3.1.1.2 使用係数ηは次に示す基準を満足しなければならない。

$$\eta \leq \eta_{allow}$$

η_{allow}：**8 節**及び **9 節**に規定する許容使用係数

η ：**3.2.1.1**，**3.3.2.2**，**3.3.3.1**，**3.4.1.1** 及び **3.5.1.1** に規定する使用係数

3.1.1.3 構造の理想化と定義に関しては，**4 節 2** に規定する。板部材又は防撓材の板厚及び断面性能は，適切な規則要件より求めなければならない。

3.2 板部材の座屈

3.2.1 板部材の一軸座屈

3.2.1.1 一軸方向応力に対する使用係数ηは以下の通りとする：

$$\eta = \frac{\sigma_x}{\sigma_{xcr}}$$ x 方向の圧縮応力に対して

$$\eta = \frac{\sigma_y}{\sigma_{ycr}}$$ y 方向の圧縮応力に対して

$$\eta = \frac{\tau}{\tau_{cr}}$$ せん断応力に対して

σ_x，σ_y ：作用圧縮応力（N/mm^2）

τ ：作用せん断応力（N/mm^2）

σ_{xcr}，σ_{ycr}：**3.2.1.3** に規定する限界圧縮応力（N/mm^2）

τ_{cr} ：**3.2.1.3** に規定する限界せん断応力（N/mm^2）

3.2.1.2 参照縦横比は以下の通りとする：

$$\lambda = \sqrt{\frac{\sigma_{yd}}{K\sigma_E}}$$

K ：**表 10.3.1** に規定する座屈係数

σ_E：参照応力（N/mm^2）

$$= 0.9E\left(\frac{t_{net}}{l_a}\right)^2$$

E ：弾性係数で，206,000（N/mm^2）とする

t_{net}：板部材のネット板厚（mm）

l_a ：**表 10.3.1** に規定する板部材の側面長さ（mm）

σ_{yd}：材料規定の最小降伏応力（N/mm^2）

3.2.1.3 板部材の圧縮に対する限界応力 σ_{xcr}，σ_{ycr} 及びせん断に対する限界応力 τ_{cr} はそれぞれ以下の通りとする。

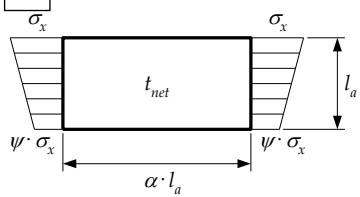
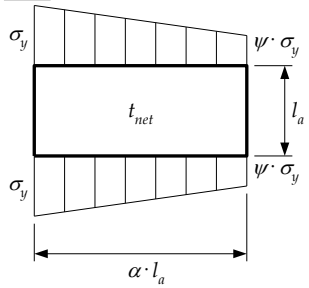
$\sigma_{xcr}=C_x\sigma_{yd}$

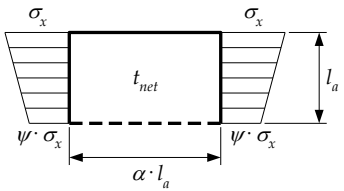
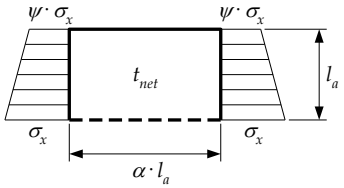
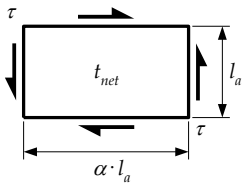
$\sigma_{ycr}=C_y\sigma_{yd}$

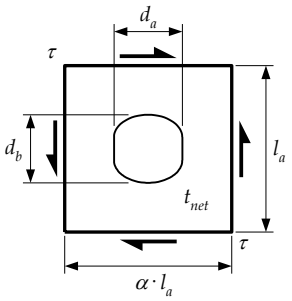
$\tau_{cr}=C_\tau \frac{\sigma_{yd}}{\sqrt{3}}$

C_x，C_y，C_τ，：**表 10.3.1** に規定する座屈係数

表 10.3.1　平面パネルの座屈係数及び軽減係数

ケース	応力比 φ	アスペクト比 α	座屈係数 K	軽減係数 C
1 	$1 \geq \psi \geq 0$	$\alpha > 1$	$K = \dfrac{8.4}{\psi + 1.1}$	$C_x = 1$　　$\lambda \leq \lambda_c$のとき $C_x = c\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{0.22}{\lambda^2}\right)$　$\lambda > \lambda_c$のとき $c = (1.25 - 0.12\psi) \leq 1.25$ $\lambda_c = \dfrac{c}{2}\left(1 + \sqrt{1 - \dfrac{0.88}{c}}\right)$
	$0 > \psi > -1$		$K = 7.63 - \psi\,(6.26 - 10\,\psi)$	
	$\psi \leq -1$		$K = 5.975\,(1 - \psi)^2$	
2 	$1 \geq \psi \geq 0$	$\alpha \geq 1$	$K = \left(1 + \dfrac{1}{\alpha^2}\right)^2 \dfrac{2.1}{(\psi + 1.1)}$	$C_y = c\left(\dfrac{1}{\lambda} - \dfrac{R + F^2(H - R)}{\lambda^2}\right)$ $c = (1.25 - 0.12\psi) \leq 1.25$ $R = \lambda(1 - \lambda/c)$　　$\lambda < \lambda_c$のとき $R = 0.22$　　$\lambda \geq \lambda_c$のとき $\lambda_c = 0.5c(1 + \sqrt{1 - 0.88/c})$ $F = \left(1 - \left(\dfrac{K}{0.91} - 1\right)/\lambda_p^2\right)c_1 \geq 0$ $\lambda_p^2 = \lambda^2 - 0.5$　及び　$1 \leq \lambda_p^2 \leq 3$ $c_1 = 1$　：直接荷重による σ_y に対して(3) $c_1 = (1 - 1/\alpha) \geq 0$　：曲げ（一般）による σ_y に対して(2) $c_1 = 0$　：浸水時の曲げによる σ_y に対して（水密隔壁等） $H = \lambda - \dfrac{2\lambda}{c(T + \sqrt{T^2 - 4}} \geq R$
	$0 > \psi > -1$	$1 \leq \alpha \leq 1.5$	$K = \left[1 + \dfrac{1}{\alpha^2}\right]^2 \dfrac{2.1(1 + \psi)}{1.1} - \dfrac{\psi}{\alpha^2}(13.9 - 10\psi)$	
		$\alpha > 1.5$	$K = \left[1 + \dfrac{1}{\alpha^2}\right]^2 \dfrac{2.1(1 + \psi)}{1.1} - \dfrac{\psi}{\alpha^2}\left(5.87 + 1.87\alpha^2 + \dfrac{8.6}{\alpha^2} - 10\psi\right)$	
	$\psi \leq -1$	$1 \leq \alpha \leq \dfrac{3\ (1 - \psi)}{4}$	$K = \left(\dfrac{1 - \psi}{\alpha}\right)^2 5.975$	

		$\alpha > \frac{3\ (1-\psi)}{4}$	$K = \left(\frac{1-\psi}{\alpha}\right)^2 3.9675$ $+0.5375\left(\frac{1-\psi}{\alpha}\right)^4 + 1.87$	$T = \lambda + \frac{14}{15\lambda} + \frac{1}{3}$
3 	$1 \geq \psi \geq 0$	$\alpha > 0$	$K = \frac{4(0.425 + 1/\alpha^2)}{3\psi + 1}$	$C_x = 1$ $\lambda \leq 0.7$のとき $C_x = \frac{1}{\lambda^2 + 0.51}$ $\lambda > 0.7$のとき
	$0 > \psi \geq -1$		$K = 4(0.425 + 1/\alpha^2)(1 + \psi) - 5\psi(1 - 3.42\psi)$	
4 	$1 \geq \psi \geq -1$	$\alpha > 0$	$K = \left(0.425 + \frac{1}{\alpha^2}\right)\frac{3-\psi}{2}$	
5 			$K = K_\tau\sqrt{3}$	$C_\tau = 1$ $\lambda \leq 0.84$のとき $C_\tau = \frac{0.84}{\lambda}$ $\lambda > 0.84$のとき
		$\alpha \geq 1$	$K_\tau = \left[5.34 + \frac{4}{\alpha^2}\right]$	
		$0 < \alpha < 1$	$K_\tau = \left[4 + \frac{5.34}{\alpha^2}\right]$	
6			$K = K'r$ K' = ケース 5 での K r =開口影響減少率 $r = \left(1 - \frac{d_a}{\alpha l_a}\right)\left(1 - \frac{d_b}{l_a}\right)$	

			$\frac{d_a}{\alpha l_a} \leq 0.7$ 及び $\frac{d_b}{l_a} \leq 0.7$	
ψ ：ケース 1 から 4 に示す最大応力と最小応力の比 l_a ：ケース 1 及び 2 に対する板部材の短辺側の長さ（mm） l_a ：ケース 3，4，5 及び 6，にて定義される板部材の側面長さ α ：板部材のアスペクト比				
板部材周縁の境界条件： - - - - - - - - - - - - 自由端 ———————— 単純支持				

（備考）

(1) 明記されているケースは一般的なものを示す。応力成分（σ_x，σ_y）は局部座標系による。

(2) 曲げ（一般）に対する c_1 は，構造物を構成する板部材などが同一の変位を受け，端辺が直線保持されるパネルに対応する。
この値はハルガーダの座屈及び主要支持部材のウェブの開口まわりの座屈に対しても適用されなければならない。

(3) 直接荷重による c_1 は，変形後直線を保たないような拘束のない周縁を有するパネルに対応する。

3.3 防撓材の座屈

3.3.1 限界座屈応力

3.3.1.1 防撓材の座屈使用係数は **3.3.2** 及び **3.3.3** に規定するコラム座屈並びにねじり座屈モードの安全率の最大値としなければならない。

3.3.2 コラム座屈モード

3.3.2.1 防撓材は **3.1.1.2** に規定される許容座屈使用係数η_{allow}について，**3.3.2.2** に規定するコラム座屈モードと対比して検証しなければならない。面外圧力を受けず，**3.3.2.4** の規定に従うネット断面二次モーメント I_{net} を持つ防撓材は十分なコラム座屈強度を持つこととする。しかし，**3.3.2.2** の規定に対して検証する必要はない。

3.3.2.2 防撓材のコラム座屈に関する使用係数は以下の通りとする。

$$\eta = \frac{\sigma_x + \sigma_b}{\sigma_{yd}}$$

σ_x ：**3 節 5.2.3.1** に規定する防撓材長さ中央部付近の軸圧縮応力（N/mm^2）

σ_b ：**3.3.2.3** に規定する防撓材の長さ中央での曲げ応力（N/mm^2）

σ_{yd} ：材料規定の最小降伏応力（N/mm^2）

3.3.2.3 防撓材内部の曲げ応力σ_b（N/mm^2）は以下の規定による。

$$\sigma_b = \frac{M_0 + M_1}{1000 Z_{net}}$$

Z_{net} ：**3.3.4.1** に規定する有効幅を有する防撓材のネット断面係数（cm^3）

(a) 防撓材が面外圧力を受ける場合：

面外圧力が防撓材側に作用するとき，Z_{net} は面材に対して計算される断面係数とする。

面外圧力が防撓材の反対側に作用するとき，Z_{net} は取付け板に対して計算される断面係数とする。

(b) 防撓材が面外圧力を受けない場合：

断面係数 Z_{net} はフランジ板及び取付け板に対して計算される断面係数のうち最小のものとする。

M_1 ：面外荷重 P による曲げモーメント（Nmm）

$$= \frac{P s l_{stf}^2}{24} \cdot 10^3$$

P ：面外荷重（kN/m^2）

s ：**4 節 2.2.1** に規定する防撓材の心距（mm）

l_{stf} ：防撓材の長さ（m）で，主要支持部材間の心距に等しい

M_0 ：防撓材の横変形 w により生ずる曲げモーメント（Nmm）

$$= F_E\left(\frac{P_Z w}{c_f - P_Z}\right) \quad \text{ただし，} (c_f - P_Z) > 0$$

F_E ：防撓材の弾性座屈荷重（N）

$$= \left(\frac{\pi^2}{{l_{stf}}^2}\right) E I_{net} 10^{-2}$$

E ：弾性係数で 206,000 とする。（N/mm^2）

I_{net} ：**3.3.4.1** の規定する有効幅を考慮した防撓材の断面二次モーメント（cm^4）

I_{net} は下記の要件を満たすものとする：

$$I_{net} \geq \frac{s t_{net}^3}{12} 10^{-4}$$

t_{net} ：取付け板のネット板厚（mm）で，両側のパネルの平均板厚とする。

P_Z ：防撓材に作用する公称面外荷重（N/mm^2）で，防撓材のスパン中央における取付け板の膜応力成分σ_x，σ_y及びτ_1を用いて以下のように規定する。

$$= \frac{t_{net}}{s}\left(\sigma_{xl}\left(\frac{\pi \cdot s}{1000\, l_{stf}}\right)^2 + 2c_y\sigma_y + \sqrt{2}\tau_1\right)$$

$$\sigma_{xl} = \sigma_x\left(1+\frac{A_{net}}{st_{net}}\right) \quad (N/mm^2)$$

$$\tau_1 = \left[\tau - t_{net}\sqrt{\sigma_{yd}E\left(\frac{m_1}{(1000\, l_{stf})^2}+\frac{m_2}{s^2}\right)}\right] \geq 0$$

m_1 及び m_2 は以下による。

m_1 =1.47， m_2 =0.49　　$\frac{1000\, l_{stf}}{s} \geq 2.0$ の場合

m_1 =1.96， m_2 =0.37　　$\frac{1000\, l_{stf}}{s} < 2.0$ の場合

σ_x ：防撓材長さ中央部付近の軸圧縮応力（N/mm^2）（**3 節 5.2.3.1** 参照）

A_{net}：取付け板のない防撓材のネット断面積（mm^2）

c_y：取付け板内に防撓材の軸方向と垂直に作用する膜応力に対する係数

$= 0.5(1+\psi)\, 0 \leq \psi \leq 1$ において

$= \frac{0.5}{1-\psi}$　　$\psi < 0$ において

ψ ：**表 10.3.1** の規定するケース 2 における応力比

σ_y ：取付け板内に防撓材の軸方向と垂直に作用する膜応力（N/mm^2）

τ ：取付け板内に作用するせん断膜応力（N/mm^2）

σ_{yd}：材料の規定最小降伏応力（N/mm^2）

w ：防撓材の変形量（mm）

$= w_0 + w_1$

w_0 ：仮想初期不整量（mm）

$$= \min\left[\frac{1000 l_{stf}}{250}, \frac{s}{250}, 10\right]$$

両端スニップの防撓材において，w_0 は取付け板の板厚中心から防撓材の中立軸までの距離より小さな値としてはならない。防撓材の中立軸は **3.3.4.1** の規定による取付け板の有効幅より計算される。

w_1 ：面外荷重 P による防撓材のスパン中央における変形量（mm）。等分布荷重に対する w_1 は次の算式による。

$$= \frac{P s l_{stf}^4}{384 \cdot EI_{net}} 10^5$$

c_f ：防撓材による弾性支持（N/mm^2）

$$= F_E \frac{\pi^2}{l_{stf}{}^2}(1+c_p)10^{-6}$$

$$c_p = \frac{1}{1+\frac{0.91}{c_a}\left(\frac{12 I_{net}\cdot 10^4}{s\cdot t_{net}^3}-1\right)}$$

$l_{stf} \geq \frac{2s}{1000}$ の場合　　$c_a = \left[\frac{1000\, l_{stf}}{2s} + \frac{2s}{1000\, l_{stf}}\right]^2$

$l_{stf} < \frac{2s}{1000}$ の場合　　$c_a = \left[1 + \left(\frac{1000\, l_{stf}}{2s}\right)^2\right]^2$

3.3.2.4　面外荷重を受けない防撓材について，断面二次モーメント（cm^4）が以下の式を満足するものについては，**3.3.2.2** に規定の要件に従うものとする。

$$I_{net} \geq 100 \frac{P_Z \cdot l_{stf}^2}{\pi^2} \left[\frac{w_0 \left(e_f - 0.5 t_{f-net} \right)}{\eta_{allow} \sigma_{yd} - \sigma_x} + \frac{l_{stf}^2}{E \cdot \pi^2} \cdot 10^6 \right]$$

e_f ：**図 10.3.1** に規定する板への固着部 C から防撓材の中心までの距離（mm）

$= (d_w - 0.5t_{f\text{-}net})$ 球平形鋼の場合

$= (d_w + 0.5t_{f\text{-}net})$ アングル材及び T 型鋼の場合

d_w ：**図 10.3.1** に規定するウェブ板の深さ（mm）

$t_{f\text{-}net}$ ：フランジのネット板厚（mm）

η_{allow} ：**8 節**及び **9 節**に規定する許容使用係数

（備考）

その他の変数は **3.3.2.3** の規定による

3.3.3 ねじり座屈モード

3.3.3.1 ねじり座屈モードは **3.1.1.2** に規定する許容使用係数η_{allow}との比較にて検証しなければならない。防撓材のねじり座屈に対する座屈使用係数は以下の通りとする：

$$\eta = \frac{\sigma_x}{C_T \sigma_{yd}}$$

σ_x ：防撓材長さ中央部付近の軸圧縮応力（N/mm^2）**3 節 5.2.3.1** 参照

C_T ：ねじり座屈係数

$=1.0$ $\lambda_T \leq 0.2$の場合

$= \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_T^2}}$ $\lambda_T > 0.2$の場合

$$\Phi = 0.5(1 + 0.21(\lambda_T - 0.2) + \lambda_T^2)$$

λ_T ：ねじり座屈のための参照細長比

$$= \sqrt{\frac{\sigma_{yd}}{\sigma_{ET}}}$$

σ_{ET} ：ねじり座屈のための参照応力（N/mm^2）

$$= \frac{E}{I_{P-net}}\left(\frac{\varepsilon \pi^2 \cdot I_{\omega-net} \cdot 10^{-4}}{l_t^2} + 0.385 \cdot I_{T-net}\right)$$

σ_{yd} ：材料規定の最小降伏応力（N/mm^2）

E ：弾性係数，206,000（N/mm^2）

I_{P-net} ：**図 10.3.1** 及び**表 10.3.2** に規定する固着位置 C に対する防撓材のネット断面極二次モーメント（cm^4）

I_{T-net} ：**表 10.3.2** に規定する防撓材の *St. Venant* のネットねじり定数（cm^4）

$I_{\omega-net}$ ：**図 10.3.1** 及び**表 10.3.2** に規定する固着位置 C に対する防撓材のネット慣性面積モーメント（cm^6）

ε ：固着率

$$= 1 + 1000\sqrt{\frac{l_t^4}{\frac{3}{4}\pi^4 I_{\omega-net}\left(\frac{s}{t_{net}^3} + \frac{4\left(e_f - 0.5t_{f-net}\right)}{3t_{w-net}^3}\right)}}$$

l_t ：トリッピング支持間の距離と等しい，ねじり座屈長さ（m）

d_w ：ウェブプレート深さ（mm）

t_{w-net} ：ネット板厚（mm）

b_f ：フランジ幅（mm）

t_{f-net} ：ネットフランジ厚（mm）

e_f ：**図 10.3.1** に規定する板への固着部 C から防撓材の中心までの距離（mm）

$= (d_w - 0.5t_{f-net})$ 球平形鋼の場合

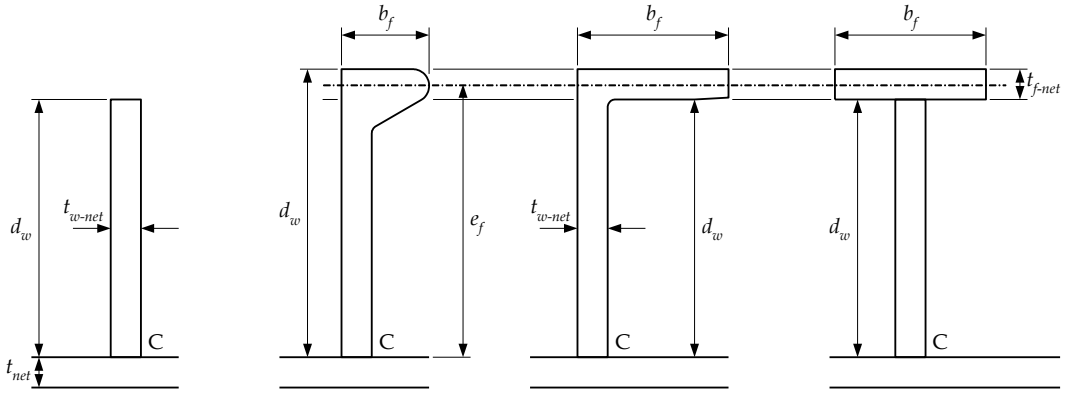
$= (d_w + 0.5t_{f-net})$ アングル材及び T 型鋼の場合

A_{w-net} ：ウェブ板のネット面積$= (e_f - 0.5t_{f-net})t_{w-net}$（$mm^2$）

A_{f-net} ：フランジ板のネット面積$= b_f\, t_{f-net}$（mm^2）

s ：**4 節 2.2.1** の規定による防撓材の心距（mm）

図 10.3.1　　防撓材の断面



（備考）

(1) 幅及び深さの計測は **4 節 2.4.1.2** に規定するグロス板厚に基づいて行う。

(2) 球状断面の特徴的なフランジに関する情報は**付録 C**，**表 C.1.2** に規定される。

表 10.3.2　　断面二次モーメント

断面特性	平板	球平形鋼，型鋼及び T 型鋼
$I_{P\text{-}net}$	$\dfrac{d_w^3 t_{w-net}}{3\times10^4}$	$\left(\dfrac{A_{w-net}\left(e_f-0.5t_{f-net}\right)^2}{3}+A_{f-net}e_f^2\right)10^{-4}$
$I_{T\text{-}net}$	$\dfrac{d_w t_{w-net}^3}{3\times10^4}\left(1-0.63\dfrac{t_{w-net}}{d_w}\right)$	$\dfrac{\left(e_f-0.5t_{f-net}\right)t_{w-net}^3}{3\times10^4}\left(1-0.63\dfrac{t_{w-net}}{e_f-0.5t_{f-net}}\right)$ $+\dfrac{b_f t_{f-net}^3}{3\times10^4}\left(1-0.63\dfrac{t_{f-net}}{b_f}\right)$
$I_{\omega-net}$	$\dfrac{d_w^3 t_{w-net}^3}{36\times10^6}$	球平形鋼及び型鋼に対して $\dfrac{A_{f-net}e_f^2 b_f^2}{12\times10^6}\left(\dfrac{A_{f-net}+2.6A_{w-net}}{A_{f-net}+A_{w-net}}\right)$ T 型鋼に対して $\dfrac{b_f^3 t_{f-net}e_f^2}{12\times10^6}$

3.3.4　　取付け板の有効幅

3.3.4.1　一般的な防撓材の取付け板の有効幅は以下の規定による。

$$b_{eff}=\min(C_x s,\chi_s s)$$

$$\chi_s=0.0035\left(\frac{1000l_{eff}}{s}\right)^3-0.0673\left(\frac{1000l_{eff}}{s}\right)^2+0.4422\left(\frac{1000l_{eff}}{s}\right)-0.0056$$
$$\leq 1.0$$

s　：**4 節 2.2.1** の規定による防撓材の心距（*mm*）

C_x　：2 つの取付け板の座屈軽減係数の平均値で，**表 10.3.1** のケース 1 による

l_{stf}　：防撓材の長さ（*m*）で主要支持部材間の間隔に等しい

l_{eff}　：防撓材の有効長さ（*m*）

$=l_{stf}$　　両端単純支持の場合

$=0.6l_{stf}$　　両端固定支持の場合

3.4 主要支持部材

3.4.1 開口部に対する主要支持部材のウェブ座屈

3.4.1.1 開口を有する主要支持部材のウェブは軸圧縮応力及びせん断応力の組み合わせに基づき座屈の検討を行わなければならない。開口部に位置するウェブは，**表 10.3.3** に示すようにそれぞれ単独非防撓パネルとして考慮しなければならない。座屈使用係数 η は次の算式による。

$$\eta = \left(\frac{|\sigma_{av}|}{C\sigma_{yd}}\right)^{e} + \left(\frac{|\tau_{av}|\sqrt{3}}{C_{\tau}\sigma_{yd}}\right)^{e_{\tau}}$$

σ_{av} ：**表 10.3.1** に示すケース 1，2 又は 3 による考慮するウェブ領域の平均圧縮応力（N/mm^2）

τ_{av} ：**表 10.3.1** に示すケース 5 又 6 による考慮するウェブ領域の平均せん断応力（N/mm^2）

σ_{yd} ：材料の規格最小降伏応力（N/mm^2）

$e=1+C^4$ ：圧縮応力における指数

$e_{\tau} = 1+C \cdot C_{\tau}^2$ ：せん断応力における指数

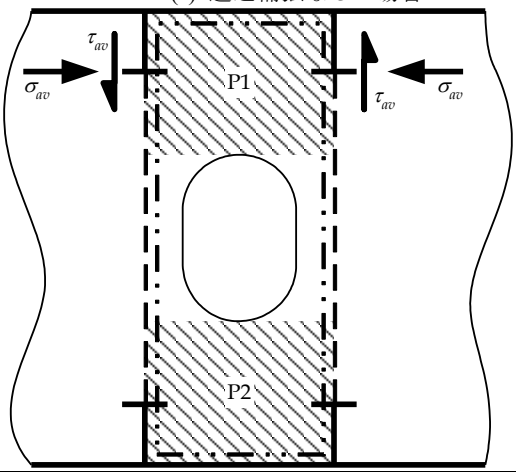
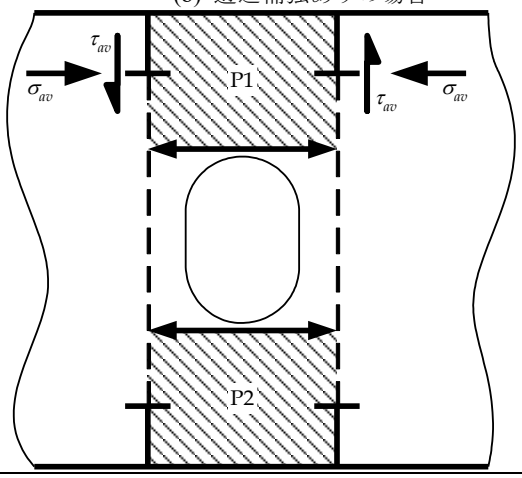
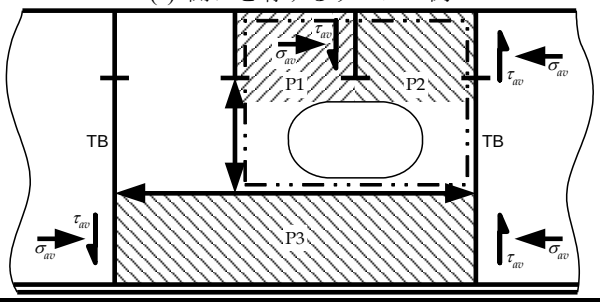
$C=C_x$ ：**表 10.3.1** に示すケース 1 又は 3 による軽減係数

$C=C_y$ ：**表 10.3.1** に示すケース 2 による軽減係数

C_{τ} ：**表 10.3.1** に示すケース 5 又は 6 による軽減係数

3.4.1.2 開口に位置するウェブパネルの軽減係数（C_{τ}と組み合わせる C_x 又は C_y）は，**表 10.3.3** に示す値によらなければならない。

表 10.3.3　　軽減係数

ケース	C_x，C_y	C_τ
(a) 遊辺補強なしの場合  	*P1* 領域及び *P2* 領域に対し，応力比 $\psi = 1.0$ として **表 10.3.1 ケース 3** を適用し軽減係数を個別に求める。	2 点鎖線で囲まれた範囲に**表 10.3.1 ケース 6** を適用して得られる共通の軽減係数を *P1* 領域及び *P2* 領域に用いる。
(b) 遊辺補強ありの場合  	*P1* 領域及び *P2* 領域に対し，応力比 $\psi = 1.0$ として **表 10.3.1** 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。	*P1* 領域及び *P2* 領域に対し，**表 10.3.1 ケース 5** を適用し軽減係数を個別に求める。
(c) 開口を有するウェブの例  	パネル *P1* 及び *P2* は，**(a)**に従って評価されなければならない。パネル *P3* 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パネルは，陰付きで *P1*，*P2* 等で示す。

3.5　その他の構造部材

3.5.1　支材，柱及びクロスタイ

3.5.1.1　軸圧縮力を受ける支材，柱及びクロスタイの限界座屈応力は，コラム座屈及びねじり座屈応力より小さいものとしなければならない。座屈使用係数（η）は次の算式によること。

$$\eta = \frac{\sigma_{av}}{\sigma_{cr}}$$

σ_{av}：部材に対する平均軸圧縮応力（N/mm^2）

σ_{cr}：**3.5.1.2** に規定する最小限界座屈応力（N/mm^2）

3.5.1.2　各モードに対する圧縮限界座屈応力 σ_{cr} は，次の算式によること。

$\sigma_{cr} = \sigma_E$（$\sigma_E \leq 0.5\sigma_{yd}$ の場合）

$$\sigma_{cr} = \left(1 - \frac{\sigma_{yd}}{4\sigma_E}\right)\sigma_{yd} \quad (\sigma_E > 0.5\sigma_{yd} \text{ の場合})$$

σ_E　：各座屈モードに対して与えられる弾性圧縮座屈応力（N/mm^2）で，**3.5.1.3** から **3.5.1.5** の規定を参照のこと。

σ_{yd}　：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

3.5.1.3　軸圧縮力を受ける柱の弾性圧縮コラム座屈応力 σ_E は，次の算式によること。

$$\sigma_E = 0.001 E f_{end} \frac{I_{net50}}{A_{pill-net50}\, l_{pill}^{\ 2}} \quad (N/mm^2)$$

I_{net50}　：ネット断面二次モーメントの小さい方（cm^4）

$A_{pill\text{-}net50}$：柱のネット断面積（cm^2）

f_{end}　：端部拘束係数で次によること

1.0（両端支持の場合）

2.0（一端支持，他端固定の場合）

4.0（両端固定の場合）

有効なブラケットを設置する場合，柱の端部は固定と考えてよい。これらのブラケットは柱より大きい曲げ剛性を有する支持部材で支持しなければならない。クロスタイの座屈応力は，f_{end} を 2.0 とし，**8 節 2.6.8.1** に規定するスパンを用いて計算しなければならない。

E　：弾性係数で 206000（N/mm^2）とする

l_{pill}　：柱の支持間長さ（m）

3.5.1.4　柱の軸圧縮に対する弾性ねじり座屈応力（σ_{ET}）は次の算式によること。

$$\sigma_{ET} = \frac{G I_{sv-net50}}{I_{pol-net50}} + \frac{0.001 f_{end} E c_{warp}}{I_{pol-net50}\, l_{pill}^{\ 2}} \quad (N/mm^2)$$

G　：せん断弾性係数で次による。

$$= \frac{E}{2(1+\upsilon)}$$

E　：弾性係数で 206000（N/mm^2）とする。

v　：ポアソン比で 0.3 とする。

$I_{sv\text{-}net50}$：ネット *St.Venants* のねじり定数（cm^4）で，**表 10.3.4** を参照のこと

$I_{pol\text{-}net50}$：断面のせん断中心まわりのネット断面二次極モーメント（cm^4）で次の算式によること。

$$= I_{y-net50} + I_{z-net50} + A_{net50}\left(y_o^2 + z_o^2\right)$$

f_{end}　：端部拘束係数で次によること

1.0（両端支持の場合）

2.0（一端支持，他端固定の場合）

4.0（両端固定の場合）

クロスタイの弾性ねじり座屈応力は，f_{end} を 2.0 とし，**8 節 2.6.8.1** に規定するスパンを用いて計算しなければならない。

c_{warp}　：ねじり定数（cm^6）で，**表 10.3.4** を参照のこと。

l_{pill}　：柱の支持間長さ（m）

y_0　：断面中心に対するせん断中心の相対的位置（cm）で**表 10.3.4** を参照のこと。

z_0　：断面中心に対するせん断中心の相対的位置（cm）で**表 10.3.4** を参照のこと。

A_{net50}　：ネット断面積（cm^2）

$I_{y\text{-}net50}$：y-軸まわりのネット断面二次モーメント（cm^4）

$I_{z\text{-}net50}$：z-軸まわりのネット断面二次モーメント（cm^4）

3.5.1.5　断面中心とせん断中心が一致しない断面に対して，ねじり座屈モードと梁柱座屈モードとの相互作用について考慮しなければならない。軸圧縮に対する弾性曲げねじり又は梁柱座屈応力 σ_{ETF} は次の算式によること。

$$\sigma_{ETF} = \frac{1}{2\zeta}\left[(\sigma_E + \sigma_{ET}) - \sqrt{(\sigma_E + \sigma_{ET})^2 - 4\zeta\sigma_E\sigma_{ET}}\right]$$

$$\zeta = 1 - \frac{(y_o^2 + z_o^2)A_{net50}}{I_{pol-net50}}$$

y_0　：断面中心に対するせん断中心の相対位置（cm）で，**表 10.3.4** を参照のこと。

z_0　：断面中心に対するせん断中心の相対位置（cm）で，**表 10.3.4** を参照のこと。

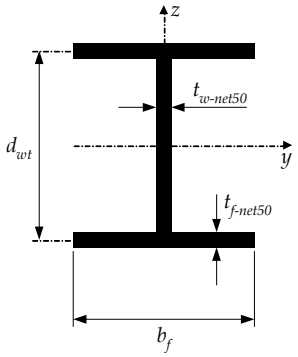
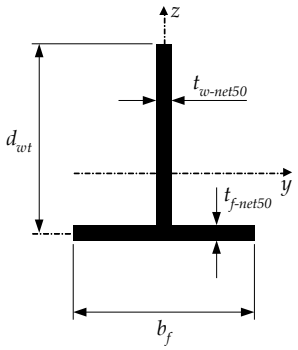
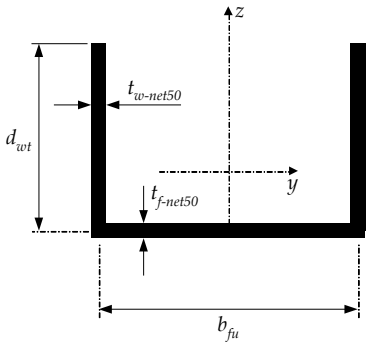
A_{net50}　：ネット断面積（cm^2）

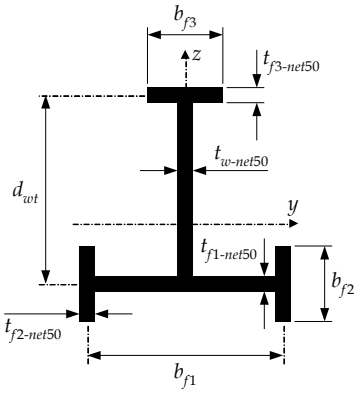
$I_{pol\text{-}net50}$：**3.5.1.4** に規定する断面のせん断中心におけるネット断面極二次モーメント

σ_{ET}　：**3.5.1.4** に規定する弾性ねじり座屈応力

σ_E　：**3.5.1.3** に規定する弾性圧縮座屈応力

表 10.3.4　　断面性能

二軸対称断面	
	$I_{sv-net50} = \frac{1}{3}\left(2b_f t_{f-net50}^3 + d_{wt} t_{w-net50}^3\right)10^{-4}$ （cm^4） $c_{warp} = \frac{d_{wt}^2 b_f^3 t_{f-net50}}{24} 10^{-6}$ （cm^6）
一軸対称断面	
	$I_{sv-net50} = \frac{1}{3}\left(b_f t_{f-net50}^3 + d_{wt} t_{w-net50}^3\right)10^{-4}$ （cm^4） $y_0 = 0$ （mm） $z_0 = -\frac{0.5 d_{wt}^2 t_{w-net50}}{d_{wt} t_{w-net50} + b_f t_{f-net50}} 10^{-1}$ （cm） $c_{warp} = \frac{b_f^3 t_{f-net50}^3 + 4 d_{wt}^3 t_{w-net50}^3}{144} 10^{-6}$ （cm^6）
	$I_{sv-net50} = \frac{1}{3}\left(b_{fu} t_{f-net50}^3 + 2 d_{wt} t_{w-net50}^3\right)10^{-4}$ （cm^4） $y_0 = 0$ （mm） $z_o = -\frac{d_{wt}^2 t_{w-net50} 10^{-1}}{2 d_{wt} t_{w-net50} + b_f t_{f-net50}} - \frac{0.5 d_{wt}^2 t_{w-net50} 10^{-1}}{d_{wt} t_{w-net50} + b_{fu} t_{f-net50}/6}$ （cm） $c_{warp} = \frac{b_{fu}^2 d_{wt}^3 t_{w-net50}(3 d_{wt} t_{w-net50} + 2 b_{fu} t_{f-net50})}{12(6 d_{wt} t_{w-net50} + b_{fu} t_{f-net50})} 10^{-6}$ （cm^6）

	$I_{sv\text{-}net50} = \frac{1}{3}\left(b_{f1}t_{f1-net50}^3 + 2b_{f2}t_{f2-net50}^3 + b_{f3}t_{f3-net50}^3 + d_{wt}t_{w-net50}^3\right)10^{-4}$ (cm^4)
	$y_0 = 0$ $z_o = z_s - \frac{\left(b_{f3}d_{wt}t_{f3-net50} + 0.5d_{wt}^2 t_{w-net50}\right)10^{-1}}{d_{wt}t_{w-net50} + b_{f1}t_{f1-net50} + 2b_{f2}t_{f2-net50} + b_{f3}t_{f3-net50}}$ (cm) $c_{warp} = \left(I_{f1}z_s^2 + \frac{I_{f2}b_{f1}^2}{200} + I_{f3}\left(\frac{d_{wt}}{10} - z_s\right)^2\right)10^{-2}$ (cm^6) $I_{f1} = \left(\frac{\left(b_{f1}-t_{f2-net50}\right)^3 t_{f1-net50}}{12} + \frac{b_{f2}t_{f2-net50}b_{f1}^2}{2}\right)10^{-4}$ (cm^4) $I_{f2} = \frac{b_{f2}^3 t_{f2-net50}}{12}10^{-4}$ (cm^4) $I_{f3} = \frac{b_{f3}^3 t_{f3-net50}}{12}10^{-4}$ (cm^4) $z_s = \frac{I_{f3}d_{wt}}{I_{f1}+I_{f3}}10^{-1}$ (cm^4)

（備考）

(1) 表中の板厚，幅及び深さの全ての寸法は（*mm*）とする。

(2) 本表において規定していない形状に対する断面性能は，直接計算によって求めなければならない。

3.5.2 波形隔壁

3.5.2.1 波形隔壁のフランジに対し，応力比ψ=1.0 として**表 10.3.1** の**ケース 1** を適用し，局部座屈強度を評価しなければならない。

3.5.2.2 軸圧縮を受ける波形隔壁においては，**3.5.1** の規定によるコラム座屈を適用し全体座屈崩壊モードを考慮しなければならない。（例えば，水平波形隔壁の縦通隔壁及び局所的上下荷重を受ける立て波形隔壁では考慮すること。）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。

4 高度座屈解析

4.1 一般

4.1.1 評価

4.1.1.1 組合せ応力場における板部材及び防撓板の座屈強度を評価する場合にあっては，次に示す高度座屈評価法によらなければならない。

4.1.1.2 高度座屈評価法は座屈強度を導出する際に，次の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（板及び防撓材の初期撓み）

(d) 溶接残留応力

(e) 構造要素（板，防撓材，桁等）間の相関

(f) 二軸圧縮，二軸引張，せん断及び面外荷重等の組合せ荷重の影響

(g) 境界条件

4.1.1.3 全ての影響因子は，構造強度の下限値を与えるようにモデル化しなければならない。幾何学的初期不整の大きさ及び形状に関するモデル化は，最も支配的な崩壊モードの起点となるように設定しなければならない。

4.1.1.4 座屈強度は，**付録 D** に規定する方法に従って算定しなければならない。

4.1.1.5 **付録 D** に規定する高度座屈計算法から得られる結果と同等の結果が得られるならば，その計算法は，高度座屈解析法の代替手法として用いてもよい。

4.1.1.6 高度座屈解析の代替手法を適用するためには，その技術背景，仮定，モデル，検証，校正等の資料を審査及び承認のために提出しなければならない。

11 節　タンカーの共通構造規則に関する一般要件

1　船体部開口及び閉鎖装置

1.1　外板及び甲板部開口

1.1.1　一般

1.1.1.1　船楼，甲板室の側部及び前後壁にある開口に備える閉鎖装置については，**1.4** によらなければならない。また，オーバーフロー管及び通気管並びに排出口及び吸入口については，**1.5** によらなければならない。

1.1.1.2　試験要件については，**11 節 5** によらなければならない。

1.1.2　貨物タンク用ハッチの材料

1.1.2.1　貨物タンク及び隣接する区画に装備している交通用ハッチ，タンク洗浄及び他の開口の閉鎖装置については，次に掲げる材料を用いて製作しなければならない。

(a) **6 節 1** に規定する一般鋼材

(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。ただし，貨物タンク及び隣接する区画のいかなる開口の閉鎖装置については，アルミニウム合金を使用してはならない。

(c) 意図する操作状態とともに，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，合成樹脂の使用を考慮することができる。材料の特性，閉鎖装置の設計及び製造方法の詳細が本会に提出され，承認を受けなければならない。

1.1.2.2　ハッチカバーのパッキング材は，輸送する貨物油に対し適合性があり，かつ，パッキング材を所定の位置に十分保持しなければならない。

1.1.3　貨物タンク交通用ハッチコーミング

1.1.3.1　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，本会が適当と認める場合，ハッチコーミングの高さはより低い高さとすることができる。ハッチコーミングの上端は，ハッチを取り付ける貨物タンクの最も高い点より低くしてはならず，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。

1.1.3.2　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。取り付けた状態でコーミングの高さが 600*mm* を超える場合には，板厚を増加又は端部への防撓材の取り付け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上端が十分な丸い形に整形していないもののコーミング寸法については，追加の要件を適用することがある。

1.1.4　貨物タンク交通用ハッチカバー

1.1.4.1　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閉鎖装置のグロス板厚は，12.5*mm* 以上としなければならない。より大きな面積の閉鎖装置については，板厚の増加又は防撓材の取り付けが必要となる。

1.1.4.2　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蓋は，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。

1.1.4.3　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* を超えてはならない。

1.1.4.4　**1.1.4.1** から **1.1.4.3** までの要件は，皿状の蓋及びその他の特に承認を受けた設計の蓋には適用しない。

1.1.4.5　ヒンジ式の閉鎖装置にあっては，コーミング及び蓋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，ヒンジは蓋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することが望ましい。

1.1.5　機関室交通口の保護

1.1.5.1　機関室囲壁は，原則として，閉囲された船尾楼若しくは船橋又は **1.4** の強度要件を満足する甲板室構造により保護されなければならない。

1.1.5.2　当該船が *A* 型乾舷船舶として満載喫水線規則により許容された乾舷で運航するよう計画している場合には，その構造物の高さは 2.3*m* 未満としてはならない。また，その構造物の前端隔壁は，**1.4.9** から **1.4.13** の規定する船楼前部隔壁に要求する強度と同等以上の寸法としなければならない。

1.1.6　暴露前部甲板上の小型ハッチ

1.1.6.1　**1.1.6.2** に規定する船首部にある開口は，**1.1.6.3** から **1.1.6.14** に規定する要件に適合しなければならない。

1.1.6.2　この要件は船首垂線から $0.25L_{CSR\text{-}T}$ 以内の暴露甲板に設置される小型ハッチ（一般に開口面積が $2.5m^2$ 以下のもの）に適用する。また，当該小型ハッチの設置位置における暴露甲板の高さが夏期満載喫水線上 $0.1L_{CSR\text{-}T}$ 又は 22*m* のいずれか小さい値より低い場所にある小型ハッチに適用する。

1.1.6.3　非常脱出用に設計するハッチについては，**1.1.6.9(a)**，**1.1.6.9(b)**，**1.1.6.13** 及び **1.1.6.14** の要件に適合する必要はない。

1.1.6.4　小型の方形鋼製ハッチカバーの板厚，防撓材配置及び寸法については，**表 11.1.1** 及び**図 11.1.1** によらなければならない。

1.1.6.5　防撓材を設ける場合には，その防撓材を **1.1.6.10** 及び **1.1.6.11** に規定する金属同士の接触点の位置と一致させ配置しなければならない。また，**図 11.1.1** にもよらなければならない。一次防撓材は連続構造とし，すべての防撓材は内部端防撓材に溶接しなければならない。（**図 11.1.2** を参照）

1.1.6.6　ハッチコーミングの上縁は，水平部材（通常，コーミングの上端から 190*mm* 以下の範囲に取り付けること）により，適切に補強しなければならない。

1.1.6.7　円形又は同様の形状の小型ハッチカバーについては，カバー板の板厚及び防撓材は，小型方形のハッチに要求されるものと同等の強度及び剛性を有するものでなければならない。

1.1.6.8　鋼以外の材料で作られたハッチカバーの寸法は，鋼で作られたハッチカバーと同等な強度及び剛性を有するものでなければならない。

1.1.6.9　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）を締め付ける蝶ナット

(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。

1.1.6.10 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が接触するように設計し，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しなければならない。

1.1.6.11 金属同士の接触箇所は，**図 11.1.1** 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としなければならない。

1.1.6.12 主締付装置は，設計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しなければならない。

1.1.6.13 蝶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蝶ナットが外れる危険性を最小にするように設計しなければならない。防撓していない鋼製フォークのグロス板厚は，16*mm* 以上としなければならない。配置例を**図 11.1.2** に示す。

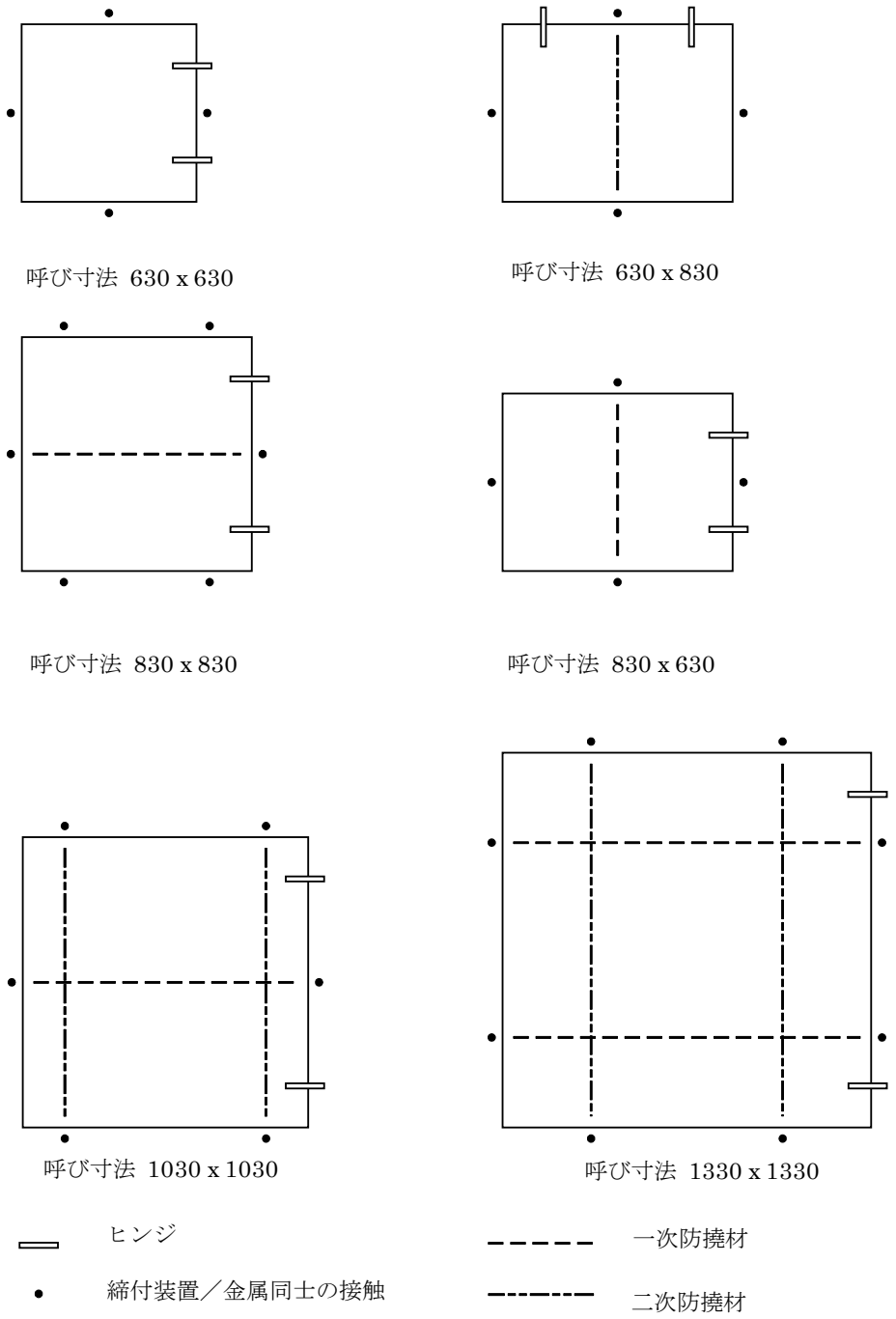
1.1.6.14 当該ハッチには，主締付装置が緩むか又は外れた場合でも，ハッチカバーが適切な位置を保つことができるように，例えば，スライディングボルト，掛金又は緩く取り付けたバッキングバーによる独立した補助締付装置を設けなければならない。補助締付装置は，ハッチカバーのヒンジの反対側に設けなければならない。

1.1.6.15 船首垂線から $0.25L_{CSR\text{-}T}$ の箇所より前方の暴露甲板に位置する小型のハッチカバーでは，ヒンジは，青波の作用する向きがカバーを閉鎖させるよう取り付けなければならない。このことは，通常，ヒンジを前端部に取り付けることを意味する。

表 11.1.1　　前部甲板上の小型ハッチカバーの寸法

呼び寸法	カバーグロス板厚	一次防撓材	二次防撓材
（*mm* × *mm*）	（*mm*）	フラットバー（*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

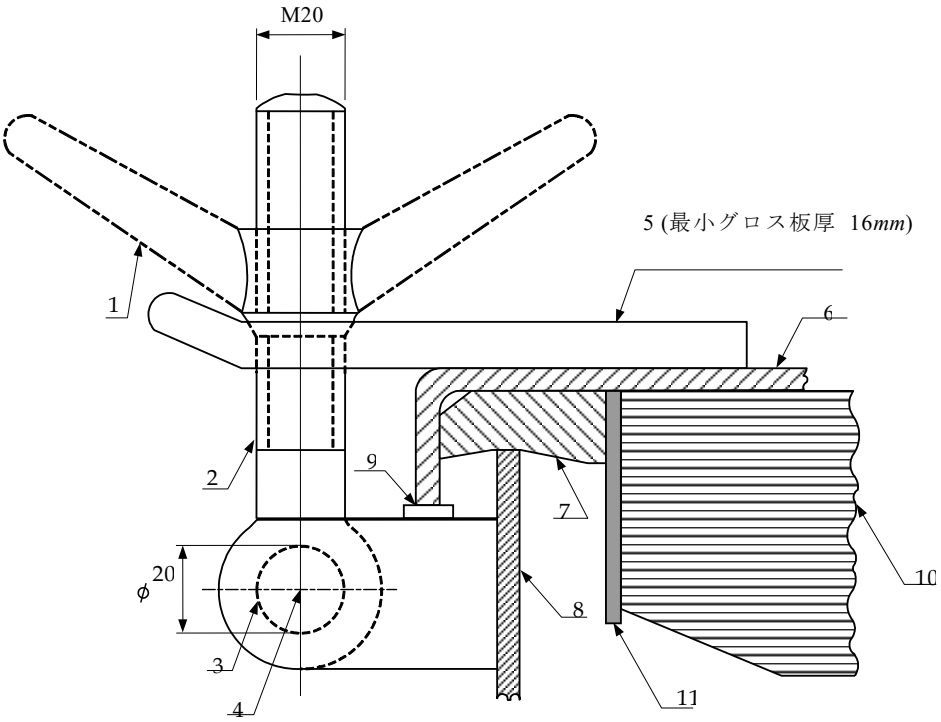
図 11.1.1　　防撓材の配置



（備考）

(1)　寸法は（*mm*）で表示している

図 11.1.2　　主締付装置の例



（備考）単位 *mm*

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：内部端防撓材

1.1.7　　マンホール及び平甲板口

1.1.7.1　**4 節 1.2** に規定する第 1 位置若しくは第 2 位置，又は閉囲された船楼以外の船楼内に設けるマンホール及び平甲板口は，水密に閉鎖しうる鋼製蓋で閉鎖しなければならない。

1.1.7.2　水密マンホールの強度はその甲板強度と同等としなければならない。

1.1.7.3　より密な間隔の締め付けボルトにより固定していない限り，カバーは常設的に取り付けなければならない。

1.1.8　　その他の開口

1.1.8.1　ハッチ，機関室開口，マンホール及び平甲板口を除く乾舷甲板の開口は，閉囲された船楼又は甲板室若しくは昇降口室であって船楼と同等の強度及び風雨密性を有するものによって保護されなければならない。暴露船楼 甲板又は乾舷甲板上の甲板室頂部の甲板に設けられる同様の開口であって，乾舷甲板下の区画又は閉囲された船楼内の 区画に通じるものにあっては，**1.4** に規定する有効な甲板室又は昇降口室により保護しなければならない。

1.1.9　　脱出用開口

1.1.9.1　脱出用開口の閉鎖装置は，いつでも両側から操作可能なものとしなければならない。

1.1.10　　ロープハッチ

1.1.10.1　ロープハッチについては，堅固に締め付け，かつ，船長の指示がある場合にのみ開くことができるようにすることを条件にコーミングの高さを減じて差し支えないが，原則として，380*mm* 未満としてはならない。コーミングのグ

ロス板厚は，当該開口の線より船体中心線側の甲板に要求する規定最低のグロス板厚又は 11*mm* のいずれか小さい値以上としなければならない。

1.1.11　取外し式プレート

1.1.11.1 機器の陸揚げ又は他の同様の理由により機関室囲壁又は甲板に取外し式プレートが必要な場合には，貫通孔のない隔壁又は甲板と同等の強度を備えることを条件に，取外し式プレートを設置することができる。取外し式プレートはコーミングのないカバーとすることができ，ガスケット及びボルト直径の 5 倍を超えない密な間隔のボルトで締め付けなければならない。

1.1.11.2 航海中は常に閉鎖する交通口の敷居高さ及び甲板口のコーミングの高さについては，特別な考慮を払わなければならない。

1.1.12　タンク洗浄及びアレージのための開口

1.1.12.1 タンク洗浄及びアレージのための開口には，水密カバー又は同等のものを取り付けなければならない。**1.1.11** の適用可能な要件を満足する場合，タンク洗浄及びアレージのための開口には，コーミングのないカバーを使用することができる。

1.2　通風筒

1.2.1　一般

1.2.1.1　通風筒は **1.2.2** から **1.2.6** までに規定する要件に適合するとともに，**D 編 12** 及び **13 章**の規定にも適合しなければならない。

1.2.2　通風筒の詳細，配置及び寸法

1.2.2.1　高さ 900*mm* の標準通風筒について，**表 11.1.2** に示す投影面積以下の管頭を伴った通風筒のコーミング厚さ及びブラケット高さは，**表 11.1.2** によらなければならない。

1.2.2.2　高さが 900*mm* を超える通風筒においては，ブラケット又はこれに替わる支持材を設けなければならない。ブラケットを取り付ける場合，通風筒の高さに応じてブラケットを適当な板厚及び高さにしなければならない。

1.2.2.3　通風筒は，鋼又はこれと同等の材料のコーミングを備えなければならず，かつ，**表 11.1.3** に示す要件に適合しなければならない。

1.2.2.4　通風筒のすべての構成要素及び接合部は，**1.2.3** に規定する荷重に耐えるものとしなければならない。

1.2.2.5　マッシュルーム型回転式管頭は，**1.2.3.1** に規定する区域で使用してはならない。

1.2.2.6　閉囲された船楼以外の船楼を貫通する通風筒については，乾舷甲板において（乾舷甲板から船楼甲板の間においても），鋼又はこれと同等な材料で堅固に製作されたコーミングを有するものとしなければならない。ディープタンク又はトンネルの通風筒であって中間甲板を貫通するものについては，予想される圧力に耐え得る部材寸法である水密構造としなければならない。

表 11.1.2　高さ 900*mm* の通風筒に関する板厚及びブラケットの標準

管の呼び径	最小グロス板厚（*mm*）	管頭の最大投影面積（cm^2）	ブラケットの高さ（*mm*）
80*A*	6.3	-	460
100*A*	7.0	-	380
150*A*	8.5	-	300
200*A*	8.5	550	-
250*A*	8.5	880	-
300*A*	8.5	1200	-
350*A*	8.5	2000	-
400*A*	8.5	2700	-
450*A*	8.5	3300	-
500*A*	8.5	4000	-

表 11.1.3　　通風筒のコーミング

項目	要件
高さ(4)	第 1 位置：　$h_{coam} = 900$ 第 2 位置：　$h_{coam} = 760$ (1)
板厚(2), (3)	$d_{coam} \leq 130$　　$t_{coam-grs} = 7.5$ $165 < d_{coam} < 320$　　$t_{coam-grs} = 8.5$ $d_{coam} \geq 470$　　$t_{coam-grs} = 10.0$ 中間の値については，線形補間で求められる値としなければならない。
支持(3)	h_{coam} が 900*mm* を超える場合，コーミングの支持は特に考慮されなければならない。

h_{coam}：コーミングの高さ（*mm*）

d_{coam}：コーミングの外径（*mm*）

$t_{coam-grs}$：コーミングのグロス板厚（*mm*）

（備考）

(1) 適用する区画及び損傷時復原性要件を満足するために，コーミング高さを増すことが必要になることがある。

(2) 通風筒の高さを上記で規定する値を超えるものとする場合には，上記の高さより上方の部分のグロス板厚について，暫時軽減して差し支えない。ただし，最小 6.5*mm* とする。

(3) 船舶の前部に設ける通風筒については，**1.2.3** 及び **1.2.4** の規定によらなければならない。

(4) 甲板被覆が施される場合，高さは被覆の上面より測る。

1.2.3　通風筒に対する適用荷重

1.2.3.1　船首から 0.25$L_{CSR\text{-}T}$ 以内にある暴露甲板であって通風筒の位置における暴露甲板の高さが夏期満載喫水線上 0.1$L_{CSR\text{-}T}$ 又は 22*m* のいずれか小さい値より低い場所にある通風筒については，**1.2.3.2**，**1.2.3.3** 及び **1.2.4.1** に規定する要件に適合しなければならない。

1.2.3.2　通風筒及び閉鎖装置に作用する圧力 P_{vent} は次の算式による。

$P_{vent} = 0.5\rho_{sea} v_{sea}^2 \cdot C_1 C_2 C_3$（*kN/m*^{2}）

ρ_{sw}：海水密度で 1.025（*t/m*^{3}）とする。

v_{sea}：前部甲板上を超える海水の速度で 13.5（*m/s*）とする。

C_1：形状係数で管部は 0.5，管頭部は 1.3（ただし，垂直方向にその軸をもつ円筒形状の管頭に対しては，0.8）とする。

C_2：スラミング係数で 3.2 とする。

C_3：保護係数でブレイクウォータ又は船首楼（ブルワークを除く）直後に位置する管及び管頭に対して 0.7 とする。その他の位置は 1.0 とする。

1.2.3.3　通風筒及びその閉鎖装置に対し水平方向に作用する力は，各構成要素の最大投影面積を用いて上記の圧力計算式にて求めることができる。

1.2.4　通風筒及びその閉鎖装置に対する強度要件

1.2.4.1　通風筒の曲げモーメント及び応力は，次に掲げる危険部位にて計算しなければならない。

(a)　貫通部材の位置

(b)　溶接継手又はフランジ継手位置

(c)　支持ブラケットの先端位置

ネット寸法での断面積における曲げ応力は，0.8σ_{yd}未満とする。ここで，σ_{yd}は室温での鋼材の最小降伏応力は 0.2% 耐力とする。また，防食対策に拘わらず，ネット寸法の断面積に対してコーミングの外周に厚さの 2*mm* 以上の腐食予備厚を加えなければならない。

1.2.5　閉鎖装置

1.2.5.1　**1.2.5** で別途記述のない限り，通風筒開口には，有効かつ恒久的に取り付ける閉鎖装置を備えなければならない。第 1 位置に設ける通風筒でそのコーミング高さが甲板上 4.5*m* を超えるもの及び第 2 位置に設ける通風筒でそのコーミング高さが甲板上 2.3*m* を超えるものについては，特殊な理由から設計上閉鎖装置を必要とする場合を除き，閉鎖装置を設置する必要はない。第 1 位置及び第 2 位置は **4 節 1.2** に規定する。

1.2.6 防火ダンパー

1.2.6.1 通風筒コーミングの内部に防火ダンパーを取り付ける場合には，コーミングや通風筒を分解することなくダンパーの検査を可能とするために，少なくとも直径 150*mm* の点検孔又は開口をコーミングに設置しなければならない。点検孔又は開口に備えられる閉鎖装置は，コーミングの水密保全を保つとともに，適当と判断されるならば，コーミングの火災保全を保つものでなければならない。

1.3 空気管

1.3.1 一般

1.3.1.1 空気管は，**1.3.2** から **1.3.6** に規定する要件に適合するとともに，**C 編 23.6**，**D 編 12** 及び **13 章**の規定にも適合しなければならない。

1.3.2 高さ

1.3.2.1 暴露甲板に設ける空気管の最小の高さは，次のとおりとする。

(a) 乾舷甲板上の空気管： 760*mm*

(b) 船楼甲板上の空気管： 450*mm*

甲板被覆が施される場合，高さは被覆の上面から水が下部区画に浸入し得る点まで測らなければならない。

1.3.2.2 この高さが船舶の運航上支障を生じる場合には，空気管の開口部に承認を受けた閉鎖装置を装備することを条件として，より低い高さとすることができる。

1.3.2.3 適用する区画及び損傷時復原性要件を満足するために，高さの増加が必要となることがある。

1.3.2.4 空気管が船楼の側面を貫通して導かれる場合には，空気管の開口部の高さを夏期満載喫水線上少なくとも 2.3*m* としなければならない。また，本会が承認した自動通気装置を備えなければならない。

1.3.3 空気管の詳細，配置及び部材寸法

1.3.3.1 暴露する空気管の管厚は，**表 11.1.4** で示す値以上としなければならない。

表 11.1.4 空気管の最少管厚

外径（*mm*）	最小グロス管厚（*mm*）
$d_{air} \leq 80$	6.0
$d_{air} \geq 165$	8.5

d_{air} は管の外径（*mm*）

（備考）

(1) 中間の値については，線形補間で求められる値としなければならない。

(2) 船舶の船首部に設ける通風筒については，**1.3.4** 及び **1.3.5** によらなければならない。

1.3.3.2 高さ 760*mm* の標準空気管であって，投影面積以下の管頭において閉鎖されるものにあっては，最低管厚及びブラケット高さは，**表 11.1.5** による。ブラケットが要求される場合，3 箇所以上のブラケットを放射状に設けなければならない。さらに，**1.3.4** の関連要求事項も適用しなければならない。

1.3.3.3 ブラケットは，グロス板厚 8*mm* 以上，最少長さ 100*mm* とし，**表 11.1.5** に定める最小高さを有するものとしなければならない。ただし，管頭の接合フランジを超える必要はない。また，甲板におけるブラケットの先端は，適当に支持しなければならない。さらに，**1.3.4** に規定する荷重を適用しなければならない。ブラケットを設ける場合，その高さに従い，適切な板厚及び長さとしなければならない。

1.3.3.4 グロス管厚は，**D 編 12 章**の規定による。

表 11.1.5　　高さ 760*mm* の空気管に対する管厚及びブラケットの標準

管の呼び径	最小グロス管厚（*mm*）	管頭の最大投影面積（cm^2）	ブラケットの高さ(1)（*mm*）
65*A*	6.0	-	480
80*A*	6.3	-	460
100*A*	7.0	-	380
125*A*	7.8	-	300
150*A*	8.5	-	300
175*A*	8.5	-	300
200*A*	8.5(2)	1900	300(2)
250*A*	8.5(2)	2500	300(2)
300*A*	8.5(2)	3200	300(2)
350*A*	8.5(2)	3800	300(2)
400*A*	8.5(2)	4500	300(2)

（備考）

(1) ブラケットは管頭の接合フランジを超える高さとする必要はない。（**1.3.3.2** によること）

(2) 管のグロス管厚が 10.5*mm* 未満となる場合，又は管頭の投影面積が表に示す値を超える場合には，ブラケットが必要である。

1.3.4　空気管に対する適用荷重

1.3.4.1　船首から $0.25L_{CSR\text{-}T}$ 以内にある暴露甲板であって空気管の位置における暴露甲板の高さが夏期満載喫水線上 $0.1L_{CSR\text{-}T}$ 又は 22*m* のいずれか小さい値より低い場所にある空気管については，**1.3.4.2**，**1.3.4.3** 及び **1.3.5.1** に規定する要件に適合しなければならない。

1.3.4.2　空気管及び閉鎖装置に作用する圧力 P_{pipe} は，次の算式による。

$P_{pipe} = 0.5\rho_{sw} v_{sea}^2 \cdot C_1C_2C_3$（$kN/m^2$）

ρ_{sw}：海水密度で 1.025（t/m^3）とする。

v_{sea}：前方甲板を超える海水の速度で 13.5（*m/s*）とする。

C_1：形状係数で管部は 0.5，管頭部は 1.3（ただし，垂直方向にその軸をもつ円筒形状の管頭に対しては，0.8）とする。

C_2：スラミング係数で 3.2 とする。

C_3：保護係数でブレイクウォータ又は船首楼（ブルワークを除く）直後に位置する管及び管頭に対して 0.7 とする。その他の位置は 1.0 とする。

1.3.4.3　管及びその閉鎖装置に対し水平方向に作用する力は，各構成要素の最大投影面積を用いて上記の圧力計算式にて求めることができる。

1.3.5　空気管及びその閉鎖装置に対する強度要件

1.3.5.1　空気管に生ずる曲げモーメント及び応力は，次に掲げる危険部位にて計算しなければならない。

(a)　貫通部材の位置

(b)　溶接継手又はフランジ継手位置

(c)　支持ブラケットの先端位置

ネット寸法での断面積における曲げ応力は，$0.8\sigma_{yd}$未満とする。ここで，σ_{yd}は室温での鋼材の最小降伏応力は 0.2% 耐力とする。また，防食対策に拘わらず，ネット寸法の断面積に対してコーミングの外周に厚さの 2*mm* 以上の腐食予備厚を加えなければならない。

1.3.6　空気管の閉鎖装置

1.3.6.1　暴露甲板上に開口する空気管には，水が船内に流入するのを防ぐために，グーズネック又は他の同等な装置を取り付けなければならない。

1.3.6.2　空気管の開口には恒久的な風雨密閉鎖装置を備えなければならない。当該閉鎖装置は，次のいずれの状態に対しても自動式，すなわち，没水状態においても自動的に閉鎖するもの（例えば，ボールフロート式又は同等のもの）としなければならない。

(a)　夏期満載喫水状態で 40 度又は海水流入角が 40 度未満の場合には，その角度だけ傾斜した船舶において，空気管開

口部が水没する場合

(b) 損傷時復原性要件への適合のために必要な場合

1.3.6.3 空気管には通気機能を損なう恐れがある弁を取り付けてはならない。

1.4 甲板室及び昇降口室

1.4.1 適用範囲

1.4.1.1 本 **1.4** の要件は，**1.4.3.1** 及び **1.4.3.2** に規定する鋼製甲板室及び昇降口室に適用する。

1.4.1.2 寸法規定は，喫水線と関連して当該部の垂直位置により求める。この位置は「層」という言葉で分類するものとする。

1.4.2 材料

1.4.2.1 **1.4** の寸法規定は，**6 節 1** の要件に従って船体構造用鋼材を使用した構造物に適用する。使用予定である合金に関する仕様書を本会に提出すること。アルミニウム合金の甲板室の寸法については，本会の適当と認めるところによる。

1.4.3 定義

1.4.3.1 甲板室は，強力甲板上に設けた上部に甲板を有する構造物であって，その側壁が外板から船内側に船幅 B の4%を超える位置にあるものとする。

1.4.3.2 昇降口室は，甲板を有する風雨密の構造物であって，乾舷甲板下又は閉囲された船楼内の区画へ通ずる交通用の開口を保護するものとする。

1.4.3.3 層は，甲板室の範囲を表す基準とする。甲板室の層は，甲板及び外部隔壁からなる。原則として，第一層とは乾舷甲板上に位置する層のことをいう。

1.4.4 構造上の連続性

1.4.4.1 船尾部にある甲板室については，その前部隔壁は直下の船体横隔壁の線上に配置するか又は部分的な横隔壁，桁及びピラーの組み合わせによって支持しなければならない。

1.4.4.2 後部隔壁は有効に支持しなければならない。

1.4.4.3 甲板室の隅部と強力甲板との結合部においては，甲板室と甲板との結合及び甲板室からの荷重を甲板下支持構造物に伝えるための構造的配置に留意しなければならない。

1.4.4.4 構造上可能ならば，暴露する側壁並びに主要な縦通及び横置隔壁は，船体構造の隔壁又は深い桁構造の上に配置しなければならず，また，居住区画の各層で同一線上に配置しなければならない。そのような同一線上の構造的配置が不可能な場合には，他の有効な支持構造を配置しなければならない。

1.4.4.5 構造配置は上部構造の不連続性の影響を最小限にするものとしなければならない。側壁に設けるすべての開口は，堅固に肋骨で補強され，十分な丸みのある角を有するものとしなければならない。扉の開口又は類似の開口部の上下には，連続したコーミング又は桁を取り付けなければならない。

1.4.5 甲板

1.4.5.1 甲板のグロス厚さt_{dk-grs}は，次の算式による値以上としなければならない。

第一層甲板室： $$t_{dk-grs} = 7.5\sqrt{\frac{ks}{s_{std}}}\ (mm)$$

第二層甲板室： $$t_{dk-grs} = 7.0\sqrt{\frac{ks}{s_{std}}}\ (mm)$$

第三層甲板室及びそれ以上： $$t_{dk-grs} = 6.5\sqrt{\frac{ks}{s_{std}}}\ (mm)$$

s：防撓材の心距（m）

k：**6 節 1.1.4** に規定する高張力鋼係数

σ_{yd}：材料の規格最小降伏応力（N/mm^2）

s_{std}：縦通材又は梁の心距であって標準的な参照値（m）で次の算式による。

$s_{std} = 0.470 + 0.00167L_1$

L_1：**4 節 1.1.1.1** に規定する長さ。ただし，250m 以上とする必要はない。

1.4.5.2 甲板室内の甲板板厚は，減じたグロス板厚t_{dh-grs}を次の算式による値未満としないことを条件に，10％まで減じて差し支えない。

$t_{dh-grs} = (5.8s + 1)\sqrt{k}$（*mm*），ただし，5.5*mm* 未満としてはならない

s：防撓材の心距（*m*）

k：**6 節 1.1.4** に規定する高張力鋼係数

σ_{yd}：材料の規格最小降伏応力（*N/mm*^{2}）

1.4.6 甲板縦通材及び梁

1.4.6.1 取り付ける甲板板部材を含めたそれぞれの縦通材又は梁のグロス断面係数$Z_{lng-grs}$は，次の算式による値以上としなければならない。

$$Z_{lng-grs} = 4.563 \cdot s \cdot l_{bdg}^2 \cdot h_{tier} \cdot k \text{（}cm^3\text{）}$$

s：防撓材の心距（*m*）

l_{bdg}：**4 節 2.1.1** に規定する防撓材の端部支点間の距離（*m*）

B：**4 節 1.1.3.1** の規定による

h_{tier}：甲板室の層と関連する水頭（*m*）

1.68 船尾楼及び乾舷甲板上の第 1 層

1.30 乾舷甲板上の第 2 層

0.91 乾舷甲板上の第 3 層及び更に高い層

乾舷甲板上の第 2 層及び更に高い層の甲板であっては，原則として，単に風雨に対する覆いとして使用しているものに対しては，h_{tier}の値を減じて差し支えない。ただし，いかなる場合も 0.46 未満としてはならない。

k：**6 節 1.1.4** に規定する高張力鋼係数

σ_{yd}：材料の規格最小降伏応力（*N/mm*^{2}）

1.4.7 甲板縦桁及び横桁

1.4.7.1 甲板縦桁及び横桁は梁又は甲板縦通材を支持するように配置しなければならない。甲板縦桁及び横桁が一つの格子構造として作用するような部材配置であるならば，格子構造効果を検証し，寸法が **1.4.7.2** 及び **1.4.7.3** により要求するものと同等であることを証明するために，追加解析を行うことがある。この解析においては，グロス寸法を使用し，基本的な幾何学パラメータを **1.4.7.2** に規定する。また，荷重は単位密度を 0.715*t/m*^{3} として **1.4.7.2** で要求する荷重を用いて求めるものとし，かつ，許容曲げ応力を 0.67σ_{yd}としなければならない。**1.4.7.3** に要求する寸法と同等であると判断する場合には，同等性を縦桁と横桁の交点及び部材の中央点における撓み量に基づき判断しなければならない。また，許容撓み量は，**1.4.7.2** の要件に適合し，かつ，**1.4.7.3** に要求する桁深さ d_{grd}を有する単純梁に対して計算する撓み量としなければならない。

1.4.7.2 それぞれの甲板縦桁又は横桁のウェブについては，グロス断面係数Z_{t-grs}を次の算式による値以上としなければならない。

$$Z_{t-grs} = 4.74 \cdot b_{dk} \cdot l_{bdg}^2 \cdot h_{tier} \cdot k \text{（}cm^3\text{）}$$

b_{dk}：支持している甲板面積の平均幅（*m*）

l_{bdg}：ピラーの中心間，又はピラー，横桁，縦桁とその部材を支えている隔壁間の距離（*m*）。隔壁との取り合い部に有効なブラケットを取り付ける場合には，距離l_{bdg}を修正して差し支えない。（**4 節 2.1.4** 参照）

h_{tier}：甲板室の層と関連して規定する水頭（*m*）

1.68 船尾楼及び乾舷甲板上の第 1 層

1.30 乾舷甲板上の第 2 層

0.91 乾舷甲板上の第 3 層及び更に高い層

乾舷甲板上の第 2 層及び更に高い層の甲板であっては，原則として，単に風雨に対する覆いとして使用しているものに対して，h_{tier}の値を減じて差し支えない。ただし，いかなる場合も 0.46 未満としてはならない。

k　：**6 節 1.1.4** に規定する高張力鋼係数

σ_{yd}：材料の規格最小降伏応力（*N/mm*^{2}）

1.4.7.3 縦桁及び横桁のウェブの深さ d_{grd}は，次の算式による値以上としなければならない。

$d_{grd} = 0.0583 \cdot l_{bdg}$（*m*）

l_{bdg}：ピラーの中心間，又はピラー，横桁，縦桁とその部材を支えている隔壁間の距離（*m*）。隔壁との取り

合い部に有効なブラケットを取り付ける場合には，距離 l_{bdg} を修正して差し支えない。（**4 節 2.1.4** 参照）

縦桁及び横桁のウェブの交差部においては，短い方の部材が長い部材を完全に支持している構造の場合，長い方の部材のウェブ深さを斟酌して差し支えない。

1.4.7.4　縦桁又は横桁のウェブのグロス板厚は，深さ 100*mm* あたり 1*mm* 以上の値とし，その値に 4*mm* を加えたものとしなければならない。ウェブ材のせん断強度及び座屈容量が満足なものであることが示される場合には，より薄い板厚として差し支えない。せん断強度解析にあっては，グロス寸法を使用し，基本的な幾何学パラメータを **1.4.7.2** に規定する。また，荷重は単位密度を 0.715t/m^3 として **1.4.7.2** で要求する荷重を用いて求めるものとし，かつ，許容せん断応力を $0.39\sigma_{yd}$としなければならない。ウェブのグロス板厚比とウェブ深さの比が 75 未満である場合には，座屈容量を満足しているものとする。

1.4.8　ピラー

1.4.8.1　ピラーのグロス寸法は，**1.4.8.4** の規定を考慮の上，**1.4.8.2** の規定に従い求める許容荷重が，**1.4.8.3** の規定に従い求める設計荷重よりも大きくなるようにしなければならない。

1.4.8.2　ピラーへの許容荷重 W_{perm} は次の算式による。

$$W_{perm} = (f_{s1} - h_{pill} f_{s2} / r_{gyr-grs}) \cdot A_{pill-grs} \quad (kN)$$

f_{s1}：鋼材係数で次の値とする。

一般鋼材（軟鋼）	12.09
*HT*27 高張力鋼	13.59
*HT*32 高張力鋼	16.11
*HT*34 高張力鋼	17.12
*HT*36 高張力鋼	18.12
*HT*40 高張力鋼	20.14

h_{pill}：ピラーが支持する甲板又は他の構造物の上面からピラーにて支持する梁又は桁の下面までの距離（*m*）

f_{s2}：鋼材係数で次の値とする。

一般鋼材（軟鋼）	4.44
*HT*27 高張力鋼	5.57
*HT*32 高張力鋼	7.47
*HT*34 高張力鋼	8.24
*HT*36 高張力鋼	9.00
*HT*40 高張力鋼	10.52

$r_{gyr-grs}$：ピラーのグロス断面の環動半径（*cm*）

$A_{pill-grs}$：ピラーのグロス断面積（cm^2）

1.4.8.3　各ピラーに対する設計荷重 W_{des} は次の算式による。

$$W_{des} = 7.04 \cdot b_{dk} \cdot h_{tier} \cdot l_{dk} \quad (kN)$$

b_{dk}：支持される甲板面積の平均幅（*m*）

h_{tier}：甲板室の層と関連して規定する水頭（*m*）

1.68　船尾楼及び乾舷甲板上の第 1 層

1.30　乾舷甲板上の第 2 層

0.91　乾舷甲板上の第 3 層及び更に高い層

乾舷甲板上の第 2 層及び更に高い層の甲板であっては，原則として，単に風雨に対する覆いとして使用されているものに対しては，h_{tier} の値を減じて差し支えない。ただし，いかなる場合も 0.46 未満としてはならない。

l_{dk}：支持される甲板面積の平均長さ（*m*）

1.4.8.4　ピラーを垂直線上に配置する場合，各位置におけるピラーに作用する設計荷重は，ピラーの直上の甲板に対する設計荷重に更に上部のピラーに対する設計荷重の半分を合算して計算しなければならない。

1.4.9　暴露する隔壁

1.4.9.1　甲板室及び昇降口室の暴露する隔壁の寸法は，**1.4.10** から **1.4.13** までの規定によらなければならない。この構造物が甲板機器又は他の艤装品等の荷重を支持する部分については，寸法増加を要求することがある。

1.4.9.2　乾舷甲板，船楼甲板又は最下層の甲板室の頂部にある開口を保護していない甲板室隔壁の寸法については，特

別に斟酌して差し支えない。また，機関室囲壁を保護してい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まず，船舶の運航上基本的な装置を保護するものではないことを条件に，特別に斟酌して差し支えない。

1.4.9.3　ラッキングに対する抵抗力を備えるために，長甲板室には追加支持材が必要となることがある。（**1.4.13** 参照）

1.4.10　暴露隔壁の板部材

1.4.10.1 板部材のグロス板厚$t_{blk-grs}$は，**1.4.10.2** の規定による計算値及び次の算式による値以上としなければならない。

$$t_{blk-grs} = 3s\sqrt{kh_{des}} \quad (mm)$$

s：防撓材の心距（m）

k：**6 節 1.1.4** に規定する高張力鋼係数

σ_{yd}：材料の規格最小降伏応力（N/mm^2）

h_{des}：設計水頭（m）で次の値とする。

$$C_4[(C_5 f) - z] \cdot c$$

ただし，この値は，指定する位置に対して，次の算式による値以上としなければならない。

保護されない最下層の前部隔壁：　$2.5 + L_1/100$

他の場所：　$1.25 + L_2/200$

L_1：**4 節 1.1.1.1** に規定する長さ $L_{CSR\text{-}T}$で，250m 以上とする必要はない。

L_2：**4 節 1.1.1.1** に規定する長さ $L_{CSR\text{-}T}$で，300m 以上とする必要はない。

C_4：**表 11.1.6** で規定する係数

C_5：係数で次の値とする。

$x/L_{CSR-T} \leq 0.45$の場合：　$1.0 + \left[\frac{(x/L_{CSR-T})-0.45}{C_{b1}+0.2}\right]^2$

$x/L_{CSR-T} > 0.45$の場合：　$1.0 + 1.5\left[\frac{(x/L_{CSR-T})-0.45}{C_{b1}+0.2}\right]^2$

C_{b1}：**4 節 1.1.9.1** に規定する方形係数。ただし，0.60 以上 0.80 未満としなければならない。船体中央部より前方にある後部隔壁に対しては，C_{b1}を 0.80 として計算して差し支えない。

x：船尾垂線（*A.P.*）と当該隔壁の間の距離（m）。甲板室側壁は長さが 0.15$L_{CSR\text{-}T}$を超えないよう等分割しなければならない。このとき，x は船尾垂線（*A.P.*）からそれぞれの部分の中心までの距離としなければならない。$L_{CSR\text{-}T}$は **4 節 1.1.1.1** に規定するものである。

f: **表 11.1.7** に規定するもの

z：夏期満載喫水線から板の中央までの垂直距離（m）

c：　$0.3 + 0.7b_{dh}/B_1$

ただし，暴露する機関室囲壁に対しては 1.0 未満としてはならない。また，b_{dh}/B_1は 0.25 未満としてはならない。

b_{dh}：当該位置における甲板室の幅（m）

B_1：当該位置における乾舷甲板での船の実際の幅（m）

表 11.1.6　　‘C_4’の値

隔壁位置	‘C_4’の値
第 1 層目の保護されない前端壁	$2.0 + L_2/120$
第 2 層目の保護されない前端壁	$1.0 + L_2/120$
第 3 層目以上の保護されない前端壁	$0.5 + L_2/150$
保護される前端壁	$0.5 + L_2/150$
側壁	$0.5 + L_2/150$
船体中央より後方にある後端壁	$0.7 + (L_2/1000) - 0.8x/L_{CSR-T}$
船体中央より前方にある後端壁	$0.5 + (L_2/1000) - 0.4x/L_{CSR-T}$

表 11.1.7　　fの値

$L_{CSR\text{-}T}$（m）	f（m）
90	6.00
100	6.61
120	7.68
140	8.65
160	9.39
180	9.88
200	10.27
220	10.57
240	10.78
260	10.93
280	11.01
300 以上	11.03

（備考）

（1）本表は**表 11.1.8** で規定する算式に基づく。

表 11.1.8　　f値の求め方

$L_{CSR\text{-}T}$（m）	f（m）
$L_{CSR-T} \leq 150$	$(L_{CSR-T}/10)\left(e^{-L_{CSR-T}/300}\right) - \left[1-(L_{CSR-T}/150)^2\right]$
$150 < L_{CSR-T} < 300$	$(L_{CSR-T}/10)\left(e^{-L_{CSR-T}/300}\right)$
$L_{CSR-T} \geq 300$	11.03

1.4.10.2 最下層の隔壁のグロス板厚$t_{blk-tier-grs}$は次の算式による値以上としなければならない。

$$t_{blk-tier-grs} = 5.0 + L_1/100 \quad (mm)$$

他の層にあっては，隔壁のグロス板厚を次の算式による値以上としなければならない。

$$t_{blk-tier-grs} = 4.0 + L_1/100 \quad (mm)$$，又は 5.0*mm* のいずれか厚い方とする。

L_1：**4 節 1.1.1.1** に規定する $L_{CSR\text{-}T}$，ただし，250*m* を超える必要はない。

1.4.11　暴露隔壁の防撓材

1.4.11.1 防撓材を取り付ける板部材を含む各防撓材のグロス断面係数$Z_{blk-grs}$は，次の算式による値以上としなければならない。

$$Z_{blk-grs} = 3.5 \cdot s \cdot h_{tween}^2 \cdot h_{des} \cdot k \quad (cm^3)$$

s：防撓材の心距（*m*）

h_{tween}：甲板間の高さ（*m*）

h_{des}：**1.4.10.1** に規定する設計水頭であり，z は夏期満載喫水線から防撓材スパンの中央点までの垂直距離（*m*）とする。

k：**6 節 1.1.4** に規定する高張力鋼係数

σ_{yd}：材料の規格最小降伏応力（N/mm^2）

1.4.12　暴露隔壁付き防撓材の端部処理

1.4.12.1 最下層隔壁付き防撓材のウェブの両端は，有効に固着しなければならない。他の形の端部固着を有する防撓材の寸法については，特別な考慮を払わなければならない。

1.4.13　暴露隔壁付きウェブの配置

1.4.13.1 多層を有する長甲板室の第 1 層おいては，特設肋骨又は部分隔壁が最大約 9*m* の間隔で，可能であれば甲板下の水密隔壁の一線上に，取り付けられなければならない。

1.4.13.2 大きな開口部，ボートダビット及び大きな荷重が作用する箇所についても，特設肋骨を配置しなければならな

い。

1.4.14　甲板室及び昇降口室の開口部のための閉鎖装置

1.4.14.1 甲板室及び昇降口室の開口部であって，閉囲された船楼又は乾舷甲板下の区画への直接交通路を有するものについては，いかなる海象状態においても船内に浸水しないように，有効な閉鎖装置を備えなければならない。

1.4.14.2 このような開口部の扉は，鋼又は他の同等な材料で製作され，恒久的かつ堅固に隔壁に取り付けなければならない。扉はガスケット及び締付け装置又は他の同等な装置を備えるものとし，恒久的に隔壁又は扉に取り付けなければならない。扉は隔壁の両側から操作することができるよう配置しなければならない。認められた国家規格又は国際規格に適合する扉は，原則的に，**1.4.14** の規定に適合するものと認める。

1.4.14.3 交通用開口部は，全体の構造が開口のない隔壁と同等となるよう，肋骨及び防撓材により補強しなければならない。

1.4.14.4 **1.4.14.5** の規定を満足する場合を除き，交通用扉，空気吸入口並びに居住区域，制御場所及び機関区域への開口は，貨物タンク区域に面してはならない。この開口は，横隔壁又は甲板室の側壁であって貨物タンク区域に面する甲板室端から少なくとも $0.04L_{CSR\text{-}T}$ 又は 3*m* 以上離れた距離に配置しなければならない。ただし，この距離は 5*m* を超える必要はない。

1.4.14.5 貨物タンク区域に面する境界壁又は **1.4.14.4** に規定する 5*m* 範囲内に，主貨物制御室及び食料室，貯蔵庫又は冷凍庫として使用する業務区域へ通じる交通用扉を設置して差し支えない。ただし，この場合，この区画は，居住区域，制御場所又は調理室，配膳室，作業室又は蒸発気体発火源を含む類似区画のような業務区域に対し直接又は間接的に交通できるものとしてはならない。また，これらの区画の囲壁は，貨物タンク区域に面する囲壁を除き，“*A*-60”級の防熱を施さなければならない。

1.4.15　交通用開口の敷居

1.4.15.1 閉囲された船楼又は乾舷甲板下の区画へ直接通じる甲板室及び昇降口室の隔壁に設ける交通用開口の敷居高さは，**4 節 1.2** に規定する第 1 位置においては 600*mm*，第 2 位置においては 380*mm* 以上としなければならない。

1.4.16　A 型乾舷のタンカーの機関室囲壁に設ける交通用開口

1.4.16.1 暴露する機関室囲壁には，原則として，乾舷甲板から機関区域へ直接交通できる開口を設けてはならない。

1.4.16.2 **1.4.14.1** から **1.4.14.3** に定める要件に適合する扉を暴露する機関室囲壁に設置することができる。ただし，この場合，当該扉は，囲壁と同様の堅固な構造であり，**1.4.14.1** から **1.4.14.3** に定める要件に適合する第 2 の扉により機関室と分離する区画又は通路に導くものとしなければならない。また，外側の扉の敷居高さは 600*mm* 以上，第 2 の扉の敷居高さは 230*mm* 以上としなければならない。

1.4.17　角窓及びげん窓

1.4.17.1 甲板室の外側隔壁及び風雨密扉に取り付けるげん窓は，本会が適当と認める規格に従った堅固な構造としなければならない。

1.4.17.2 船楼又は乾舷甲板下の区画へ直接通じる開口を保護する甲板室の囲壁に取り付ける角窓及びげん窓には，ヒンジで取り付けた有効な内蓋を備えなければならない。

1.4.17.3 貨物タンク区域に面する角窓及びげん窓並びに船楼又は甲板室の側壁であって **1.4.14.4** 及び **1.4.14.5** に規定する範囲内に取り付ける角窓及びげん窓については，固定式（開閉不可）としなければならない。操舵室の窓を除き，これらの角窓及びげん窓は“*A*-60”級の防熱を施すれなければならない。

1.5　排水管，吸入口及び排出口

1.5.1　閉囲区画からのドレン

1.5.1.1　乾舷甲板下の区画又は乾舷甲板上の船楼若しくは甲板室であって規則 **C 編 18.3** 及び **19.2.3** の要件に適合する扉を備えるものから排水するための排水管及び排出口については，排水管の場合はビルジに導き，汚水排出の場合は適当な汚水タンクに導くことができる。次に掲げる**(a)**及び**(b)**を条件として，これらを船外へ導くことができる。

(a)　船舶が 5 度いずれの側に傾斜しても，甲板縁が没水しないこと

(b)　**1.5.3** の規定に従い，各排水管に水が船内側へ逆流することを防止する装置を備えること

1.5.2　暴露区域からのドレン

1.5.2.1　規則 **C 編 18.3** 及び **19.2.3** の要件に適合する扉のない船楼又は甲板室から導く排水は，船外へ導かれなければならない。

1.5.3 排水の船内への浸入防止

1.5.3.1 乾舷甲板下の区画又は乾舷甲板上の船楼又は甲板室内からの排水については，舷外へ導くことが認められる場合，**1.5.1.1(a)**によらなければならない。また，**1.5.3.2** から **1.5.3.7** までの規定に従い，排水が船内に浸入することを避けるための有効な措置をアクセス可能な場所に備えなければならない。

1.5.3.2 船舶の通常の運航において常時開放状態となる（例えば，汚水）排水に対して，水の船内への浸入を防止する措置は，設置場所に応じて次に掲げる要件に従うものとしなければならない。h_{disc} は夏期満載喫水線から排水管の船内端まで高さ（*m*）とする。

(a) $h_{disc} \leq 0.01L_L$ の場合

- 乾舷甲板上の場所から積極的に閉鎖可能な装置を備える 1 個の自動逆止弁
- 上記の代替として，1 個の自動逆止弁及び乾舷甲板上の場所から積極的に操作可能な 1 個の弁とすることができる。

(b) $0.01L_L < h_{disc} \leq 0.02L_L$ の場合

- 船内側の弁が点検のために運行中において常時アクセス可能なものである場合，積極的に閉鎖可能な装置のない 2 個の自動逆止弁
- 船内側の弁は最も深い海水満載喫水線より上方に配置しなければならない。
- 上記ができない場合には，設置位置において積極的に閉鎖可能な追加の装置を船外側に備えるか，又は船外側の逆止弁に弁の位置において積極的に閉鎖可能な装置を備えるものとして差し支えない。この場合，船内側の弁は，最も深い海水満載喫水線より上方に配置する必要はない。

(c) $h_{disc} > 0.02L_L$ の場合

- 積極的に閉鎖可能な装置のない 1 個の自動逆止弁

1.5.3.3 機関室区画からの船外吐出については，**1.5.3.2** に規定する装置に代えて，設置位置において積極的に閉鎖可能な外板付き弁とともに，船内側に設ける 1 個の逆止弁とすることができる。

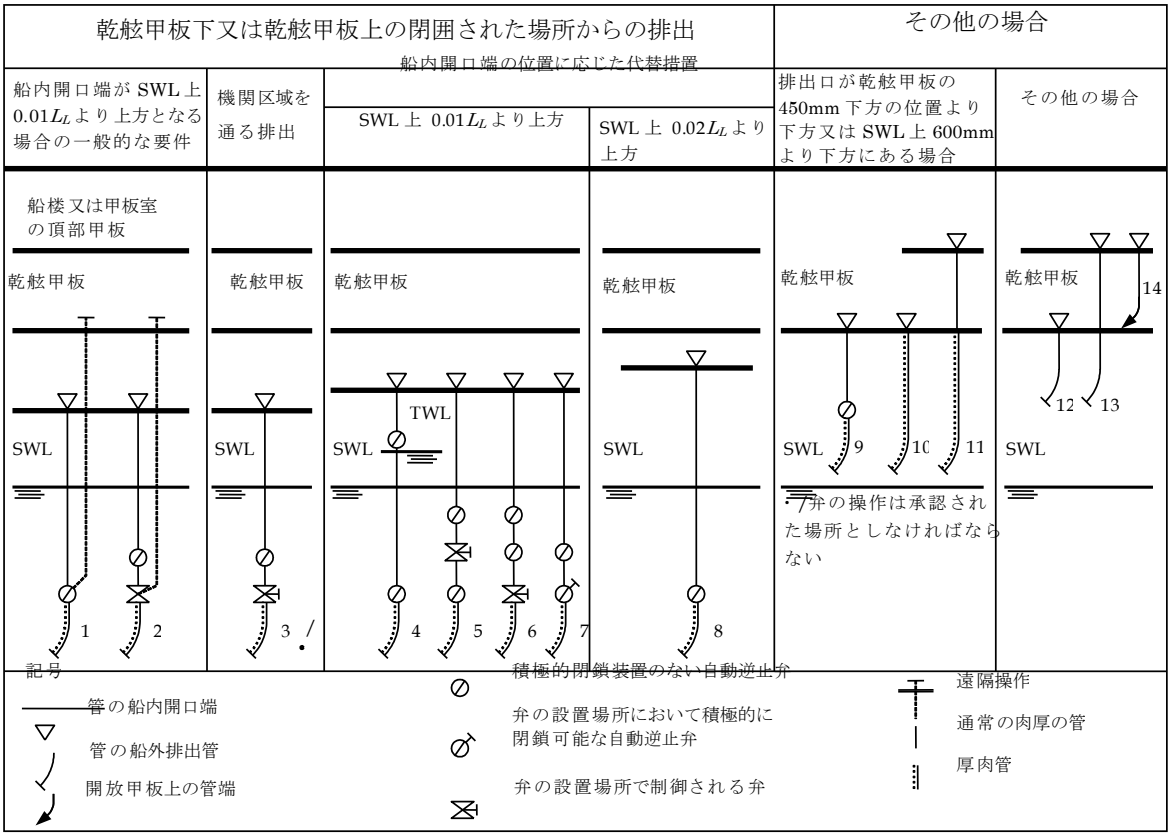
1.5.3.4 船外排出管及び配水管において認められる配置については，**図 11.1.3** による。

1.5.3.5 トップサイドバラストタンクからの重力排水のような海上では閉鎖されている排水については，甲板上から操作する 1 個のねじ締め弁とすることができる。

1.5.3.6 弁を積極的に閉鎖するための操作装置は，容易にアクセス可能な場所に配置し，かつ，弁の開閉を示す指示器を備えるものとしなければならない。

1.5.3.7 如何なるレベルからの排水管であっても，乾舷甲板から下方 450*mm* の位置より下方又は夏期満載喫水線上 600*mm* の位置より下方の外板を貫通する排水管には，外板付き逆止弁を備えなければならない。**1.5.3.2** から **1.5.3.4** までの規定に拘わらず，**1.5.7.3** の規定に従い十分な肉厚を有する排水管である場合には，この弁を省略して差し支えない。

図 11.1.3　　船外排出管及び配水管装置の系統図



1.5.4　　海水吸入口

1.5.4.1　人員を配置する機関区域においては，機関の運転に係わる主及び副海水吸入口及び吐出口は，局所的に操作するものとして差し支えない。その操作は容易にアクセス可能であり，弁の開閉を示す指示器を備えるものとしなければならない。

1.5.5　　船外弁及び付属品

1.5.5.1　取付及び組立てについて：船外弁は外板（又はシーチェスト）上に取り付けなければならない。ただし，これができない場合には，**1.5.7.3** の規定に従い十分な肉厚を有するディタンスピースを取り付けることができる。外板吐出口は，救命艇を降下させたときに，排水が救命艇上に落ちるのを避けるような位置に配置しなければならない。

1.5.5.2　材料について：すべての船外弁及び付属品は鋼，青銅又は他の承認を受けた延性材料のものとしなければならない。一般鋳鉄又は類似の材料の弁は認めない。

1.5.5.3　熱によって容易に機能を喪失する材料は，火災により材料の損傷が起こった場合に浸水の危機をもたらす場所の外板との結合に使用してはならない。

1.5.6　　人員を配置しない機関区域

1.5.6.1　人員を配置しない機関区域について：海水吸入，水面下における排出又はビルジ吸引装置に係わる全ての弁の制御は，船舶が満載状態において当該区域に水の侵入があった場合に，制御場所に到達し操作を行うまで，適切な時間内であるように配置しなければならない。

1.5.7　　配管

1.5.7.1　外板から最初の弁までのすべての配管は，鋼又は他の同等な材料としなければならない。

1.5.7.2　船内側の鋼管のグロス肉厚は，特に厚肉管とすることが要求されない場合，**表 11.1.9** に規定する値以上としなければならない。

表 11.1.9　　通常の鋼管の肉厚

外径（*mm*）	グロス肉厚（*mm*）
155 以下	4.5
230 以上	6.0

（備考）

（1）中間の値については線形補間により求めなければならない。

1.5.7.3　鋼管のグロス肉厚は，特に厚肉管とすることを要求する場合には，**1.5.3.7** 及び **1.5.5.1** の規定によらなければならない。また，**表 11.1.10** に規定する値以上としなければならない。

表 11.1.10　　堅牢な鋼管の厚さ

外径（*mm*）	グロス肉厚（*mm*）
80 以下	7.0
180	10.0
220 以上	12.5

（備考）

（1）中間の値については線形補間により求めなければならない。

1.5.8　　廃棄物，くず物及び類似物の投棄

1.5.8.1　廃棄物，くず物及び類似物の投棄装置は，軟鋼管又は外板と同厚の板部材によって製作しなければならない。他の材料については特別な考慮を払わなければならない。

1.5.8.2　開口は舷側厚板及び高応力集中部を避けなければならない。

1.5.8.3　廃棄物シュートのホッパには，船内の投入口に，排出口フラップ及びホッパ付き蓋が同時に開くことがないように連結装置を備えるヒンジ式の風雨密型蓋を取り付けなければならない。

1.5.8.4　ホッパ付き蓋は，使用時を除き，堅固に閉鎖するものとし，また，操作位置には適当な注意板を掲示しなければならない。

1.5.8.5　ホッパの船内投入口が夏期満載喫水線から上方 $0.01L_L$ の位置よりも低い場合には，蓋及びフラップに加えて，最大海水満載喫水線上の容易にアクセス可能な場所に，積極的に閉鎖可能な 1 個の弁を取り付けなければならない。

1.5.8.6　当該弁は，ホッパに隣接した位置から操作可能で，開閉を示す指示器を備えるものとしなければならない。当該弁は使用時を除き閉鎖され，かつ，開閉状態を示す注意板を弁操作位置に掲示しなければならない。

2 乗組員の保護

2.1 ブルワーク及びガードレール

2.1.1 一般

2.1.1.1 暴露する乾舷甲板及び船楼甲板の周囲，最下層甲板室の周囲並びに船楼の前後端には，ブルワーク又はガードレールを設けなければならない。

2.1.1.2 ブルワーク及びガードレールは，甲板上面から計測する高さが 1.0*m* 以上で，**2.1.2** で規定する構造のものとしなければならない。この高さが船舶の通常の運用の妨げになる場合には，この高さを軽減することができる。ただし，本会が適当と認める資料を提出し，本会の承認を受けなければならない。

2.1.1.3 船体中央部 $0.6L_{CSR\text{-}T}$内にあっては，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。

2.1.1.4 居住区画，機関区域及び船舶の乗組に必要なその他の区画から通行中の乗組員を保護するために，ガードレール，命綱，歩路，甲板下通路又は同等の装置による十分な安全措置を行わなければならない。**2.3.1.1** を参照すること。

2.1.2 ブルワークの構造

2.1.2.1 暴露する乾舷甲板及び船楼甲板の周囲にあるブルワークの板部材のグロス板厚は，**表 11.2.1** に示す板厚以上としなければならない。

表 11.2.1 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	同位置における船楼に対する要件による
1.0*m*	6.5*mm*
中間の高さ	線形補間により求めなければならない

2.1.2.2 板構造ブルワークは，トップレールにより防撓されなければならない。乾舷甲板及び船首楼甲板に設置されるブルワークにあっては，一般に 2.0*m* を超えない心距のステイで支持しなければならない。

2.1.2.3 ステイの遊縁を補強しなければならない。

2.1.2.4 ステイのグロス断面係数$Z_{stay-grs}$は，次の算式による値以上としなければならない。断面係数の計算においては，甲板に結合する部材だけを計算に含まなければならない。ステイの球平鋼又はフランジを甲板に結合している場合には，それを計算に加えることができる。船舶の前後端にて，ブルワークの板部材を舷側厚板に結合している場合にあっては，幅 600*mm* を超えない範囲で固着している板幅を計算に含めて差し支えない。

$$Z_{stay-grs} = 77 \cdot h_{blwk}^2 \cdot s_{stay} \ (cm^3)$$

h_{blwk}：甲板上面からステイのトップレールの上端までの高さ（*m*）

s_{stay}：ステイの心距（*m*）

2.1.2.5 ブルワークに係留用艤装品を取り付け大きな力が作用するところでは，ステイの強度を適当に増加しなければならない。

2.1.2.6 ブルワークのステイは，甲板下の防撓材により適切に支持するか，又は，甲板下の防撓材と一線上に配置しなければならない。当該防撓材は，ステイとの結合位置において両面連続隅肉溶接により固着しなければならない。

2.1.2.7 舷門等を設けるため，ブルワークを中断するときは，その両側に特に堅固な支柱を設けなければならない。

2.1.2.8 係船孔の付近のブルワークは適宜補強し，板部材は増厚したものとしなければならない。

2.1.2.9 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。

2.1.2.10 ブルワークを設置しているところでは，**2.1.5** の規定による放水口を設けなければならない。また，放水口は，**C 編 23.2** の規定にもよらなければならない。

2.1.3 ガードレールの構造

2.1.3.1 **2.1.1.1** に規定するガードレールの支柱は，次に掲げる要件に適合しなければならない。

(a) 固定式，取外し式又はヒンジ式の支柱は，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) 丸形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) 舷側厚板を有する船舶では, 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取り付けてはならない。

2.1.3.2 ガードレールの最下層横棒から下方，甲板又はアップスタンドまでの開口部の寸法は，最大 230*mm* としなければならない。その他の横棒間の距離は 380*mm* を超えてはならない。

2.1.3.3 特別な事情があり，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ることができる。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たなければならない。

2.1.3.4 2 本の固定支柱又はブルワークの間に設ける場合に限り，ガードレールの代わりにチェーンを用いることができる。

2.1.4 油流出抑制に関連するブルワーク及びガードレールに関する追加要件

2.1.4.1 原則として，上甲板上に開口型ガードレールを取り付けなければならない。甲板上の流出油に対し承認を受けた処理方法ができ，揮発性ガスの滞留の可能性を最少とするような構造配置とする場合には，下縁に高さ 230*mm* の連続した開口を有するブルワークとすることができる。

2.1.4.2 甲板流出油が，居住区域又は業務区域に拡散せず，貨物油甲板を囲む最低高さ 100*mm* の固定した連続するコーミングにより海上へ排出しないようにしなければならない。貨物油甲板の船尾端の両舷沿いにおいて，両舷の隅部から船首方向へ最低 4.5*m* の範囲内に対して，固定したコーミングは，最低 200*mm* の高さとしなければならない。貨物油甲板の後端においては，コーミングは最低 300*mm* の高さを有し，かつ，舷側から舷側までに亘るものとしなければならない。

2.1.4.3 連続ガッタバー甲板コーミングを取り付ける場合には，甲板コーミングを取り付ける甲板板部材と同じ強度及び等級の材料で製作しなければならない。

2.1.4.4 機械的な構造の排水口栓を備えなければならない。また，コーミング内の油又は油の混入した水を排出又は除去する手段も備えなければならない。

2.1.5 より深い喫水の積付状態に対する追加要件

2.1.5.1 *A* 型又は *B*-100 型乾舷（すなわち，*B*-60 に基づく乾舷より少ない乾舷）を有する船舶においては，暴露甲板の暴露部分の長さの最低半分に，開口型ガードレールを取り付けなければならない。この代替として，連続するブルワークを取り付ける場合，ブルワークは総面積の少なくとも 33%にあたる面積の放水口を備えるものとしなければならない。放水口はブルワークの下部側に配置しなければならない。

2.1.5.2 船楼がトランクにより接合する場合，乾舷甲板の暴露部全体の長さにわたって開口型ガードレールを取り付けなければならない。

2.1.5.3 *B*-60 型乾舷（すなわち，*B*-60 よりも小さくないが，*B* に基づく乾舷より小さい乾舷）を有する船舶については，ブルワークの総面積の少なくとも 25%にあたる面積の放水口を備えるものとしなければならない。放水口はブルワークの下部側に配置しなければならない。

2.2 貨物タンクへの交通

2.2.1 貨物タンク区域における貨物タンクへの交通

2.2.1.1 貨物タンク区域における貨物タンクへの交通については，**5 節 5** によらなければならない。

2.3 船首部への交通

2.3.1 一般

2.3.1.1 船舶には，厳しい気象条件にあっても，乗組員が船首部へ安全に交通することが可能な装置を備えなければならない。（**表 11.2.2** 参照）

表 11.2.2　　認める交通設備の配置

交通装置の位置	指定した夏季乾舷	指定した乾舷に応じて認める交通装置の配置(6)(7)(8)			
		A 型	*B*-100 型	*B*-60 型	*B* 型及び *B*+型
船首部への歩路 船尾楼と船首部との間 内部に居住設備又は航海設備を有する甲板室と船首部との間 平甲板船の場合の居住区域と船首端の間	$\leq (h_{FB} + h_{ss})$	*a* *e* *f*(1) *f*(5)			
	$> (h_{FB} + h_{ss})$	*a* *e* *f*(1) *f*(2)			
船尾端への交通 平甲板船の場合，居住区域と船尾端の間	≤ 3000*mm*	*a* *b* *c*(1) *e* *f*(1)	*a* *b* *c*(1) *c*(2) *e* *f*(1) *f*(2)	*a* *b* *c*(1) *c*(2) *e* *f*(1) *f*(2)	*a* *b* *c*(1) *c*(2) *c*(4) *d*(1) *d*(2) *d*(3) *e* *f*(1) *f*(2) *f*(4)
	> 3000*mm*	*a* *b* *c*(1) *d*(1) *e* *f*(1)	*a* *b* *c*(1) *c*(2) *d*(1) *d*(2) *e* *f*(1) *f*(2)	*a* *b* *c*(1) *c*(2) *c*(4) *d*(1) *d*(2) *d*(3) *e* *f*(1) *f*(2) *f*(4)	

h_{ss}：　　国際満載喫水線条約第 33 規則に規定される標準船楼高さ

h_{FB}：　　実際に指定された乾舷の型式にかかわらず，*A* 型乾舷船舶として計算された夏季最小乾舷

a：甲板下通路

クリアの幅及び高さをそれぞれ少なくとも 0.8*m* 及び 2.0*m* とし，出来る限り乾舷甲板近くに設け，照明設備，通風設備及び必要な作業場所に通じる通路を備える。

b：船楼甲板と同じ又はそれ以上の高さの常設歩路幅 0.6*m* 以上の表面が滑らないプラットフォーム構造とし，両側にガードレール及びフットストップを設ける。ガードレールについては，**2.1.3** によらなければならない。ただし，支柱については 1.5*m* 以下の間隔で支柱を備えなければならない。

c：乾舷甲板上又は甲板と同じ高さの常設歩路

幅 0.6*m* 以上とし，両側にガードレールを設ける。ガードレールには 3*m* 以下の間隔で支柱を備え，ガードレールを備えるその横棒の配置は **2.1.3** の規定による。また，*B* 型乾舷船舶においてハッチコーミングの高さが 0.6*m* 以上ある場合は，ハッチコーミングをガードレールの片側と見なして差し支えない。ただし，ハッチの間等ハッチコーミングがない箇所では，2 列のガードレールを設ける。

d：鋼製保護索又はこれと同等のハンドレール

綱索の径は 10*mm* 以上とし，支柱又はハッチコーミングにより 10*m* を超えない間隔で支持し，索を確実に緊張状態に保つこと。又は，単一のハンドレールをハッチコーミングに設ける。ただし，ハッチの間等ハッチコーミングがない箇所では，他の適当な支持装置を設ける。

e：船体中心線上又はその近傍の船楼甲板と同じ又はそれ以上の高さの常設歩路であっては，次に掲げる要件に適

合しなければならない。

- 甲板上の作業場所への容易な交通を妨げることのないように配置すること。
- 幅 1.0*m* 以上とし，連続したプラットフォーム構造を有すること。
- 耐火性を有し，かつ，滑らない材料により製作されること。
- 全長に亘り両側にガードレールを備えること。ガードレールについては，**2.1.3** の規定による。ただし，支柱については 1.5*m* 以下の間隔で支柱を備えること。
- 両側にフットストップを備えること。
- 40*m* を超えない間隔で，上甲板への出入り設備を設けること。
- 船首部までの暴露部の道のりが 70*m* 以上ある場合には，45*m* を超えない間隔でシェルターを設けること。当該シェルターは 1 名以上を収容できることとし，天井，船首及び両舷の方向を風雨保護できるものであること。

f : 乾舷甲板又は甲板と同じ高さのタンカー用常設歩路

フットストップを除く，前 **e** で要求される設備とする。*B* 型乾舷船舶でハッチ及びハッチコーミングの合計高さが 1.0*m* を超える場合は，ハッチコーミングをガードレールの片側と見なして差し支えない。ただし，ハッチの間には 2 列のガードレールを設ける。

（備考）

(1) 船体中心船上若しくはその付近。船体中心線上若しくはその付近であれば，ハッチ蓋上でも差し支えない。

(2) 両舷

(3) 片舷。ただし，両舷に設けられるような設備が準備されていること。

(4) 片舷

(5) ハッチの両側。ただし，実行可能な限り船体中心線上付近。

(6) ワイヤロープを取り付ける場合，緊張状態を保つ適切な装置を備えること。

(7) パイプライン等の通行上障害となるものが当該設備内にある場合には，障害物を交わすことのできるステップ等の設備を設ける。

(8) 一般に，歩路の幅は 1.5*m* 以下とする。

3 支持構造及び付属構造物

3.1 甲板機器の支持構造

3.1.1 一般

3.1.1.1 **3.1.2** から **3.1.7** に規定する甲板機器及び艤装品の支持構造に関する資料は，本会に提出し，承認を受けなければならない。

3.1.1.2 本 **11 節 3** は，次に掲げる**(a)**から**(h)**の機器及び艤装品の支持構造及び台板に対する寸法要件を含むものである。

(a) ウインドラス

(b) チェーン止め

(c) ムアリングウインチ

(d) 甲板クレーン，デリック，揚荷マスト

(e) 非常曳航設備

(f) ボラード，ビット，フェアリード，スタンドローラー，チョック及びキャップスタン

(g) 特別に承認を必要とするその他の甲板機器及び艤装品

(h) 特別に承認を必要としない様々な甲板艤装品

3.1.1.3 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，台板及び支持構造の強度評価を個々に適用しなければならない。

3.1.2 ウインドラス及びチェーン止めの支持構造

3.1.2.1 ウインドラス及びチェーン止めは，甲板に有効に，かつ，堅固に取り付けなければならない。ウインドラス及びチェーン止め位置の甲板板厚は，甲板に取り付ける設備の設計に対し適切でなければならない。

3.1.2.2 **3.1.2.6** の規定に加えて，造船所及びウインドラス製造者は，当該台板がウインドラスの安全な操作と保守のために適切であることを検証しなければならない。

3.1.2.3 破断強度はチェーンの最低破断強度であるとする。

3.1.2.4 次に掲げる図面及び資料を本会に提出し，承認を受けなければならない。

(a) ウインドラスの支持構造の詳細

(b) 取付けボルトの材料仕様及び台板と甲板との結合仕様を含め，ウインドラスの台板の設計詳細

(c) 材料の仕様及び台板と甲板との結合仕様を含め，チェーン止め台板の設計詳細

3.1.2.5 次に掲げる参考資料も提出しなければならない。

(a) 揚錨装置の一般配置図

(b) **3.1.2.8** 及び **3.1.2.9** に規定する設計荷重及び台板や支持構造物に作用する力

3.1.2.6 支持構造の寸法は，**3.1.2.8** 及び **3.1.2.9** に規定する各々の想定荷重に対する寸法を確保するように求めなければならない，また，計算した支持構造の応力は **3.1.2.15** から **3.1.2.18** に規定する許容応力値を超えてはならない。

3.1.2.7 グロス寸法を用いて弾性梁理論，二次元格子構造または有限要素解析を基礎とした簡易工学解析により，これらの要求を算出しなければならない。

3.1.2.8 アンカー操作において，次に掲げる荷重ケースを考慮しなければならない。

(a) ウインドラスにチェーン止めを掛けた状態：破断強度の 45%

(b) ウインドラスにチェーン止めを外した状態：破断強度の 80%

(c) チェーン止め：破断強度の 80%

破断強度は，**3.1.2.3** の規定による。

3.1.2.9 次に掲げる外力は，船首 $0.25L_{CSR\text{-}T}$ において青波による設計荷重に対し試験を行う荷重条件を別々に適用しなければならない。（**図 11.3.1** 参照）

軸に垂直に作用している場合：$P_x = 200A_x$（kN）

軸に平行に作用している（船内及び船外方向は別々に試験すること）場合：

$P_y = 150A_y f$（kN）

A_x：前面投影面積（m^2）

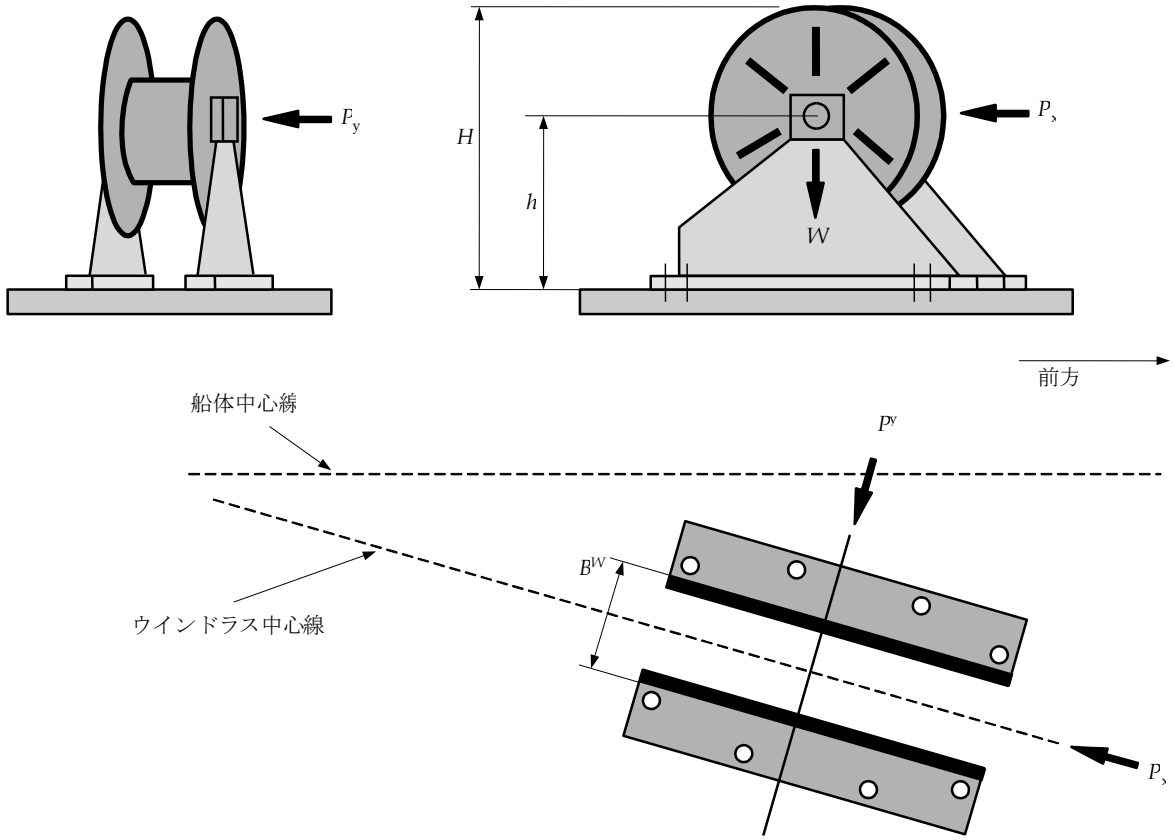
A_y：側面投影面積（m^2）

$f = 1 + B_w/H$，ただし，2.5 以上とする必要はない。

B_w：軸方向に平行に計測したウインドラスの幅（m）。（**図 11.3.1** 参照）

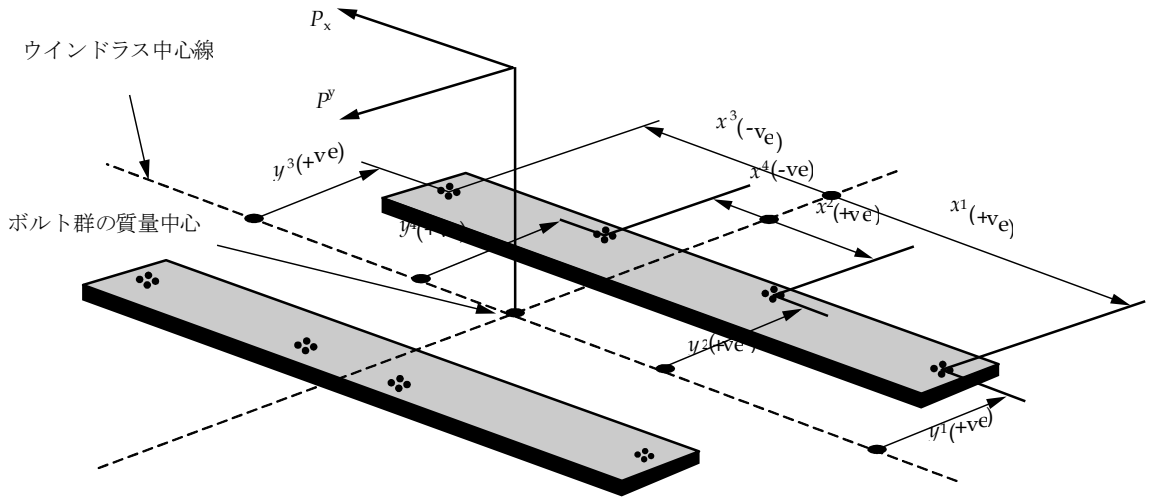
H： ウインドラスの全高（m）。（**図 11.3.1** 参照）

図 11.3.1　　外力の方向と重量



3.1.2.10 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ーに作用する外力は青波設計荷重から計算しなければならない。ウインドラスは，1 個又は複数個の近接したボルトにより構成される N 箇所のボルト群よって**図 11.3.2** のように据付けるものとする。

図 11.3.2　　ボルト配置及び記号



3.1.2.11 ボルト群（またはボルト）i の全てに作用する軸力 R_{xi} 及び R_{yi}（ただし，引張方向を正とする）は，次の算式による。

$R_{xi} = P_x\, hx_i\, A_i/I_x$

$R_{yi} = P_y\, hy_i\, A_i/I_y$

$R_i = R_{xi} + R_{yi} - R_{si}$

P_x：軸に直角に作用している力（kN）

P_y：軸に平行に作用している力であり，船内方向及び船外方向のそれぞれ別々にボルト群 i に作用させて，大きい方の値（kN）

h：ウインドラスの台板上軸中心までの高さ（cm）（図 11.3.1 参照）

$x_i\, y_i$：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 xy 座標（cm）。ただし，正の符号は作用する力の方向と反対の方向を示す。

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 $\Sigma A_i x_i^2$ の値（cm^4）

I_y：N 箇所のボルト群に対する $\Sigma A_i y_i^2$ の値（cm^4）

R_{si}：ウインドラスの重量によるボルト群 i の静的反力（kN）

3.1.2.12 ボルト群 i の全てのボルトに作用するせん断力 F_{xi} と F_{yi} 及び合成力 F_i は次の算式による。

$F_{xi} = (P_x - C_1 gm)/N$

$F_{yi} = (P_y - C_1 gm)/N$

$$F_i = \sqrt{F_{xi}^{\ 2} + F_{yi}^{\ 2}}$$

C_1：摩擦擦係数であり，0.5 とする。

m：ウインドラスの重量（$tonne$）

g：重力加速度であり，9.81（m/sec^2）とする。

N：ボルト群の総数

3.1.2.13 3.1.2.8 及び 3.1.2.9 に規定する荷重の適用から求まる合成力は支持構造の設計に際し，考慮しなければならない。

3.1.2.14 ウインドラスのブレーキに分離型台板を設けている場合には，合成力の分布はブレーキに 3.1.2.8 に規定する荷重条件**(a)**及び**(b)**が作用したと仮定して計算しなければならない。

3.1.2.15 グロス板厚に基づいて，支持構造に生ずるアンカーの設計荷重から求まる応力は，次に掲げる許容値を超えてはならない。

直応力：$1.00\sigma_{yd}$

せん断応力：$0.58\sigma_{yd}$

σ_{yd} ：材料の規格最小降伏応力（N/mm^2）

直応力とは，曲げ応力と軸応力の和であって，対応するせん断応力と直交する。

3.1.2.16 各ボルト群 i の個々のボルトに生ずる青波設計荷重から求まる引張軸応力は，上記外力下でボルトの耐力の 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 つまた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耐力の 50%を超えてはならない。

3.1.2.17 青波設計荷重 F_{xi} 及び F_{yi} から求まる水平力は，チョックにより対処することができる。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，当該チェックの面圧は，計算上考慮を払わなければならない。

3.1.2.18 グロス板厚に基づいて，支持構造に生ずる設計青波荷重から求まる応力は，次に掲げる許容値を超えてはならない。

直応力：$1.00\sigma_{yd}$

せん断応力：$0.58\sigma_{yd}$

σ_{yd}：材料の規格最小降伏応力（N/mm^2）

直応力とは，曲げ応力と軸応力の和であって，対応するせん断応力と直交する。

3.1.3 ムアリングウインチの支持構造

3.1.3.1 ムアリングウインチは，甲板に有効に，かつ，堅固に取り付けなければならない。ムアリングウインチの甲板板厚は，甲板に取り付ける設備の設計に対し適切でなければならない。

3.1.3.2 3.1.3.6 の規定に加えて，造船所及びムアリングウインチ製造者は，当該台板がムアリングウインチの安全な操

作と保守のために適切であることを検証しなければならない。

3.1.3.3　定格牽引力はムアリングウインチの操作中に作用する最大荷重とする。定格牽引力はムアリングウインチ台板の図面に明記しなければならない。

3.1.3.4　保持荷重はムアリングウインチの操作中に作用する最大荷重とし，設計ブレーキ保持荷重または同等のものとしなければならない。保持加重はムアリングウインチ台板の図面に明記しなければならない。

3.1.3.5　次に掲げる図面及び資料を本会に提出し，承認を受けなければならない。

(a)　ムアリングウインチの支持構造の詳細

(b)　取付けボルトの材料の仕様及び台板と甲板との結合仕様を含め，ムアリングウインチ台板設計の詳細

(c)　**3.1.3.8** 及び **3.1.3.9** に規定する設計荷重並びに台板及び支持構造に作用する関連反力

3.1.3.6　支持構造の寸法は，**3.1.3.8** 及び **3.1.3.9** に規定する各々の想定荷重に対する寸法を確保するように求めなければならない，また，計算した支持構造の応力は **3.1.3.13** 及び **3.1.3.14** に規定する許容応力値を超えてはならない。

3.1.3.7　ネット寸法を用いて弾性梁理論，二次元格子構造または有限要素解析を基礎とした簡易工学解析により，これらの要求を算出しなければならない。

3.1.3.8　ムアリング操作に伴う設計荷重において，次に掲げる荷重ケースを考慮しなければならない。

(a)　ムアリングの最大牽引力：定格牽引力の 100%

(b)　ムアリングにブレーキを掛けた状態：保持荷重の 100%

(c)　索強度：**表 11.4.2** に規定する船舶の艤装数に対応する係船索の破断強度の 125%

定格牽引力及び保持荷重は，**3.1.3.3** 及び **3.1.3.4** に規定する。設計荷重は，係船計画図に示す配置に従って係留している状態において，適用されなければならない。

3.1.3.9　船首 $0.25L_{CSR\text{-}T}$ 間に配置するムアリングウインチに対しては，青波による荷重条件は **3.1.2.9** の規定によらなければならない。

3.1.3.10 船首 $0.25L_{CSR\text{-}T}$ 間に配置するムアリングウインチに対しては，設計青波荷重より求まるボルトに生ずる合成力は **3.1.2.10** から **3.1.2.12** の規定により算出しなければならない。

3.1.3.11 **3.1.3.8** 及び **3.1.3.9** に規定する荷重の適用による合成力は，支持構造の設計に考慮しなければならない。

3.1.3.12 ムアリングウインチのブレーキに分離型台板を設けている場合には，合成力の分布は異なる荷重伝達径路も考慮しなければならない。ブレーキに **3.1.3.8** に規定する荷重条件**(b)**の外力のみを考慮しなければならない。

3.1.3.13 支持構造に生ずるムアリング操作中設計荷重から求まる応力は，**3.1.2.15** に規定する許容値を超えてはならない。

3.1.3.14 船首 $0.25L_{CSR\text{-}T}$ 間に配置するムアリングウインチに対して，ボルトや支持構造物に生ずる設計青波荷重より求まる応力は，**3.1.2.16** から **3.1.2.18** に規定する値を超えてはならない。

3.1.4　クレーン，デリック及び揚貨マストの支持構造

3.1.4.1　安全使用荷重 *SWL* が 30*kN* を超える，又は最大転倒モーメントが 100*kNm* を超えるクレーン，デリック及び揚貨マストの支持構造に本規定を適用する。

3.1.4.2　本規定は，甲板の結合部並びにクレーン，デリック及び揚貨マストの支持構造に適用する。また，クレーン，デリック及び揚貨マストに関して本会の承認を得る場合には，本会が適当と認める追加要件を要求することがある。

3.1.4.3　本規定は，次に掲げる項目を含まないものとする。

(a)　船舶関係者または旅客用の揚貨装置の支持構造。（**3.1.7.5** 参照）

(b)　甲板継手部上の揚貨装置台板又は支柱の構造

(c)　揚貨装置の一部として考慮する据付けボルト及びその配置

3.1.4.4　「揚貨装置」とは，クレーン，デリック及び揚貨マストをいう。

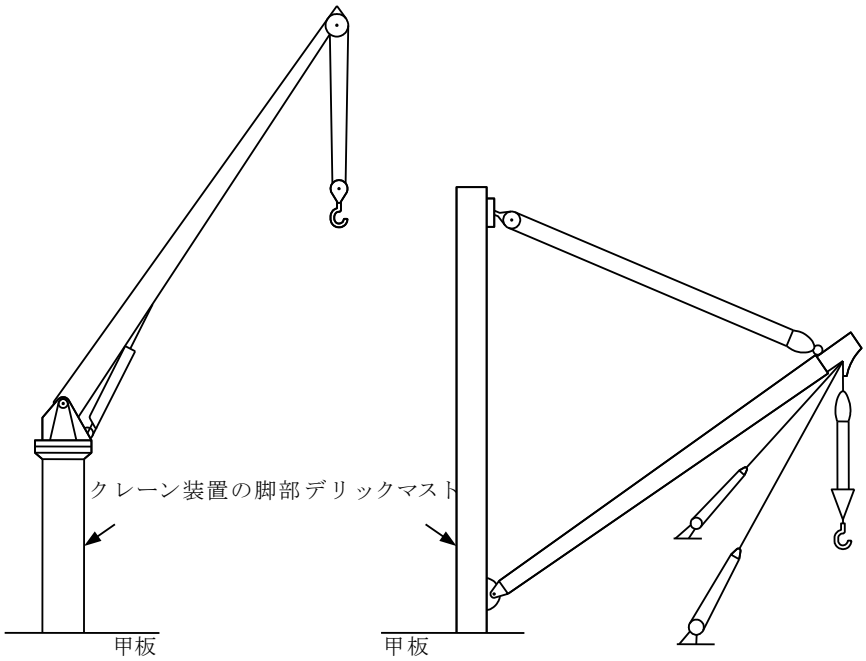
3.1.4.5　「安全使用荷重」は，揚貨装置が定められたアウトリーチで揚貨することを保証する最大荷重をいう。

3.1.4.6　「自重」とは，揚貨周辺機器の重量を含めた揚貨装置の計算グロス自重をいう。

3.1.4.7　「転倒モーメント」とは，揚貨装置をアウトリーチ及び自重を考慮した安全使用荷重で操作した場合における揚貨装置と船体構造との結合部の最大曲げモーメントをいう。

3.1.4.8　「クレーン装置の脚部」及び「デリックマスト」を**図 11.3.3** に示す。

図 11.3.3　　クレーン装置の脚部及びデリックマスト



3.1.4.9　次に掲げる図面及び資料を本会に提出し，承認を受けなければならない。

(a)　甲板との結合部を含めた揚貨装置の支持構造詳細

(b)　揚貨装置の支持構造の安全使用荷重，自重，垂直反力及び最大転倒モーメントの詳細

(c)　海上における揚貨装置が使用できる最大海象条件

3.1.4.10 次に掲げる参考資料を本会に提出しなければならない。

(a)　クレーン，デリック及び揚貨マストの一般配置図

3.1.4.11 甲板板部材及び甲板下構造は，計算垂直荷重及び最大転倒モーメントが作用するデリックマストに対し，適切な支持構造を有さなければならない。甲板を貫通している箇所では，甲板板部材は適切な強度を有さなければならない。

3.1.4.12 甲板板部材及び甲板下構造は，計算垂直荷重及び最大転倒モーメントが作用するクレーン装置の脚部に対し，適切な支持構造を有さなければならない。

3.1.4.13 原則として，甲板構造の構造的連続性を保持し，クレーン装置の脚部を支持する深い甲板下部材を設けなければならない。

3.1.4.14 クレーン装置の脚部の甲板との結合部の配置により，次に掲げる追加要件を満足しなければならない。

(a)　クレーン装置の脚部を甲板上ブラケットもなく直接甲板に結合する場合には，クレーン装置の脚部の直下に適当な甲板下構造材を設けなければならない。クレーン装置の脚部にブラケットがなく甲板に据付ける場合，又はクレーン装置の脚部が甲板を連続貫通しない場合には，クレーン装置の脚部及び甲板下支持構造との溶接に適切な完全溶込溶接を施工しなければならない。結果として完全溶け込み溶接となり，溶接完了後に超音波検査を行うのであれば，最大ルート面を 3*mm* とする深溶込溶接は適切な完全溶込溶接に含まれる。溶接継手の設計は，**3.1.4.21** に規定する溶接継ぎ手部の計算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付きで甲板に直接据付ける場合には，荷重を十分に伝達するように，また構造的材料欠陥を避けるように，甲板下支持部材を取り付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外部に取り付けられ，甲板下桁やウェブと一線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しなければならない。ブラケット，他の直接荷重を支える構造物及び甲板下支持構造は，適切な完全溶込溶接により甲板に溶接しなければならない。結果として完全溶け込み溶接となり，溶接完了後に超音波検査を行うのであれば，最大ルート面を 3*mm* とする深溶込溶接は適切な完全溶込溶接に含まれる。結合部の設計は **3.1.4.21** に規定する計算応力に対し適切でなければならない。

3.1.4.15 甲板板部材は，クレーン装置の脚部に対し適切な厚さ及び材料強度を有さなければならない。必要であるならば，厚い塞ぎ板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板は用

いてはならない。

3.1.4.16 支持構造の寸法は **3.1.4.18** 及び **3.1.4.19** に規定する荷重条件に対して十分であるよう求めなければならない。また，支持構造に生ずる計算応力は，**3.1.4.21** に規定する値を超えてはならない。

3.1.4.17 グロス寸法を用いて弾性梁理論，二次元格子構造または梁有限要素解析を基礎とした簡易工学解析により，これらの要求を算出しなければならない。

3.1.4.18 港湾内のみの使用と限定した揚貨装置に対しては，次に掲げる設計荷重について検討しなければならない。

(a) 揚貨装置の自重も加えた安全使用荷重の 130%

3.1.4.19 海上で操作を行う揚貨装置に対しては，次に掲げる資料を本会に提出し，承認を受けなければならない。

(a) 揚貨装置を使用する海域の最大海象条件

(b) 最悪状態での垂直及び水平加速度

(c) 特に指定する設計海象における風荷重の最悪条件及び風環境

設計荷重には，周辺環境荷重も考慮しなければならない。最低要件として，次に掲げる設計荷重について検討しなければならない。

(a) 揚貨装置の自重も加えた安全使用荷重の 150%

旋回環より上方にクレーン運転席を装備する場合には，荷重計画に特別な考慮を払わなければならない。

3.1.4.20 **3.1.4.18** 及び **3.1.4.19** に規定する設計荷重に対応する垂直反力及び最大転倒モーメントを計算し，構造評価を行わなければならない。

3.1.4.21 構造物のグロス板厚を基にした支持構造に生ずる応力は，次に掲げる許容値を超えてはならない。

直応力：$0.67\sigma_{yd}$

せん断応力：$0.39\sigma_{yd}$

σ_{yd}：材料の規格最小降伏応力（N/mm^2）

直応力とは，曲げ応力と軸応力の和であって，対応するせん断応力と直交する。

3.1.4.22 支持構造が座屈破壊に耐え得ることを確かめなければならない。

3.1.5 タンカーの非常用曳航設備に使用する部品に対する支持構造

3.1.5.1 載貨重量が 20,000 トン以上のタンカーにあっては，規則 **C 編 27.3** に従い，非常用曳航設備を船首部及び船尾部に備えなければならない。

3.1.5.2 非常用曳航設備は規則 **C 編 27.3** の規定による。また，次に掲げる載貨重量の大きさに応じなければならない。

(a) 載貨重量が 20,000 トン以上 50,000 トン未満の船舶にあっては，1000*kN* タイプの非常曳航設備

(b) 載貨重量が 50,000 トン以上の船舶にあっては，2000*kN* タイプの非常曳航設備

3.1.5.3 次に掲げる図面を本会に提出し，承認を受けなければならない。

(a) 甲板への据付け要領も含めた非常用曳航設備に対する支持構造詳細

3.1.5.4 次に掲げる補足資料も提出しなければならない。

(a) 荷重が作用する位置及び方向が確認できる詳細な非常曳航設備図

3.1.5.5 ストロングポイント及びフェアリーダーの位置の甲板は，最低グロス板厚 15*mm* としなければならない。

3.1.5.6 構造配置は強度の連続性を保たなければならない。

3.1.5.7 非常曳航設備がある船体構造の構造配置は，応力集中を最小限にするため，形状や断面の急激な変化を避けなければならない。また，特に高応力区域にあっては，鋭い角やノッチは避けなければならない。

3.1.5.8 支持構造の部材寸法は，**3.1.5.10** 及び **3.1.5.11** に規定する荷重条件に対応する寸法としなければならない。また，支持構造の計算応力は，**3.1.5.12** に規定する許容応力値を超えてはならない。

3.1.5.9 グロス寸法を用いて弾性梁理論，二次元格子構造又は有限要素解析を基礎とした簡易工学解析により，これらの要求を算出しなければならない。

3.1.5.10 ストロングポイント及び艤装品の甲板との結合部の設計荷重並びに支持構造への設計荷重は，安全使用荷重の 2 倍としなければならない。

3.1.5.11 構造物の評価には，計画した配置を考慮に入れて，適用する設計荷重の作用線を考慮しなければならない。（規則 **C 編 27.3** 参照）

3.1.5.12 **3.1.5.10** 及び **3.1.5.11** に規定する設計荷重において，ストロングポイント又はフェアリードに対する支持構造及び溶接部に生ずる応力は，次に掲げる構造のグロス板厚を用いた許容値を超えてはならない。

直応力：$1.00\sigma_{yd}$

せん断応力：$0.58\sigma_{yd}$

σ_{yd}：材料の規格最小降伏応力（N/mm^2）

直応力とは，曲げ応力と軸応力の和であって，対応するせん断応力と直交する。

3.1.5.13 構造物が座屈破壊に耐え得ることを確かめなければならない。

3.1.6 ボラードとビット，フェアリード，スタンドローラ，チョック及びキャプスタンの支持構造

3.1.6.1 一般に，船舶の係留及び曳航（**3.1.5** に規定する以外の）に用いる艤装品（ボラード，ビット，フェアリード，スタンドローラ及びチョック）は，目的別に設計した台座や取付け金具を用いて，甲板又はブルワーク構造に取り付けなければならない。

3.1.6.2 **8 節 2.2.5.2** 及び **2.2.5.3** に規定するように舷側厚板に艤装品を取り付けてはならない。

3.1.6.3 フェアリードをブルワークに取り付け，係船索又は引綱からの負荷荷重が大きい箇所では，ブルワークの板厚を増加する必要がある。（**2.1.2** 参照）

3.1.6.4 次に掲げる図面を本会に提出し，承認を受けなければならない。

(a) 艤装品とその台と甲板との取り合いも含めた艤装品支持構造及びキャプスタンの配置の詳細配置図

3.1.6.5 次に掲げる参考資料も本会に提出しなければならない。

(a) 安全使用荷重を含めた艤装品及びキャプスタンの詳細並びに荷重が作用する位置及び方向が確認できる詳細配置図

3.1.6.6 構造配置は強度の連続性を保たなければならない。

3.1.6.7 艤装品及びその台の位置船体構造配置並びにキャプスタンの船体構造配置は，応力集中を最小限にするため，形状や断面の急激な変化を避けなければならない。また，特に高応力区域にあっては，鋭い角やノッチは避けなければならない。

3.1.6.8 支持構造の部材寸法は，**3.1.6.10**，**3.1.6.11** 及び **3.1.6.12** に規定する荷重に対応する寸法としなければならない。また，支持構造の計算応力は，**3.1.6.13** に規定する許容応力値を超えてはならない。

3.1.6.9 ネット寸法を用いて弾性梁理論，二次元格子構造又は有限要素解析を基礎とした簡易工学解析により，これらの要求を算出しなければならない。要求されるグロス板厚は，ネット要求板厚に **6 節 3** に規定される腐食予備厚を加えて求めなければならない。

3.1.6.10 艤装品及びその台の甲板との結合部の設計荷重並びに支持構造への設計荷重は，次に掲げる規定のうち大きい方の値としなければならない。

(a) 港湾内又は移動作業での通常曳航時にあっては，係船配置図に記載されている最大曳航荷重の 125%

(b) 港湾内又は移動作業以外の曳航時（例えば，エスコートサービス）にあっては，船舶の艤装数に応じて**表 11.4.2** に規定される引綱の公称破断強度

(c) 係船作業時にあっては，船舶の艤装数に応じて**表 11.4.2** に規定される係船索又は引綱の公称破断強度の 125%

3.1.6.11 キャプスタンの支持構造の設計荷重は次に掲げるものとしなければならない。

(a) 最大張力の 125%

3.1.6.12 構造物の評価には，計画した配置を考慮に入れて，適用する設計荷重の作用線を考慮しなければならない。ただし，**3.1.6.10** に規定する曳航及び係船計画に適用する荷重の合計は，係船索又は引綱の設計荷重の 2 倍を超える必要はない。艤装品上の外力の作用点は，係船索又は引綱の設置点及び力方向の変化点としなければならない。

3.1.6.13 **3.1.6.10**，**3.1.6.11** 及び **3.1.6.12** に規定する設計荷重にあっては，支持構造及び溶接部に生ずる応力は，次に掲げる構造のネット板厚を用いた許容値を超えてはならない。要求されるグロス板厚は，ネット要求板厚に **6 節 3** に規定される腐食予備厚を加えて求めなければならない。

直応力：$1.00\sigma_{yd}$

せん断応力：$0.60\sigma_{yd}$

σ_{yd}：材料の規格最小降伏応力（N/mm^2）

直応力とは，曲げ応力と軸応力の和であって，対応するせん断応力と直交する。

3.1.6.14 構造物が座屈破壊に耐え得ることを確かめなければならない。

3.1.6.15 安全使用荷重に関する以下の規定は，一本のロープが一巻きする単独なポストに対し適用する。

(a) 通常曳航時（港湾内又は操船時など）に対する安全使用荷重は，**3.1.6.10.(a)**に規定する設計荷重の 80%を超えてならず，その他の曳航時（エスコート時など）にあっては，**3.1.6.10.(b)**に規定する設計荷重を超えてならない。通常の曳航時とその他の曳航時の両方に使用される甲板艤装品においては，**3.1.6.10.(a)**及び **3.1.6.10.(b)** に規定する設

計荷重のいずれか大きい方を用いなければならない。

(b) 係船作業時に対する安全使用荷重は，**3.1.6.10.(c)**に規定する設計荷重の 80%を超えてならない。

(c) 曳航及び係船に使用される甲板艤装品には，溶接ビードもしくは他の適当な方法により，安全使用荷重を表示しなければならない。

(d) **3.1.6.16** に規定する曳航及び係留設備図には，引綱及び係船索の使用方法を明示しなければならない。

3.1.6.16船長に対する手引き書として船上に備える曳航及び係留設備図には，甲板艤装品の安全使用荷重を記載しなければならない。本図書には，各甲板艤装品に対する以下の内容を含めなければならない。

(a) 本船上の設置位置

(b) 艤装品の種類

(c) 安全使用荷重

(d) 用途（係船，港内曳航，エスコート曳航）

(e) フリートアングルに関する制限を含む，引綱または係船索の展張方法

港内作業時やエスコート時における適切な情報を水先案内人に提供するため，これらの内容はパイロットカードにも含めなければならない。

3.1.7 特別承認の対象となる他の甲板艤装品や装着品の支持構造

3.1.7.1 本規定は，**3.1.2** から **3.1.6** の規定に含まれない甲板艤装品に関する規定である。艤装品の支持構造の配置と寸法は，本規定に適合しなければならない。また，本会が適当と認める追加要件にも適合しなければならない。

3.1.7.2 本 **11 節 3** に規定していない艤装品の支持構造は本会の適当と認めるところによる。

3.1.7.3 次に掲げる項目を本会に提出し，承認を受けなければならない。提出するものは，個々の構造図とする。ただし，主構造図に含めることもできる。

(a) 甲板艤装品及び装着品の支持構造を示す図面

(b) 甲板艤装品及び装着品による支持構造に生ずる荷重詳細

3.1.7.4 支持構造は甲板構造に作用する平板内外の両外力に耐えるように配置しなければならない。

3.1.7.5 人員用の昇降装置の支持構造は次による。

(a) 一般に，救命設備（救命艇，救命筏及び救助艇）は，専用の進水台，台板又は配置器具の上に格納しなければならない。船体構造に作用する設計荷重は救命設備の製造者により確認されなければならない。

(b) 支持構造は設計荷重に対して適切なものであり，局部防撓材及び板部材の局部的増厚がなされなければならない。また，特別な支持部材を要求することもある。さらに，適用可能なところにあっては，国内法規及び国際条約にも適合しなければならない。

(c) 船員昇降機に対する支持構造は，昇降機操作装置の取り付け位置に設けなければならない。

(d) 乗船梯子（舷梯）に対する支持構造は，舷梯の固定点に設けなければならない。

3.1.7.6 航行援助装置が装備されているマストの支持構造は，次による。

(a) マストに対する適当数の主要支持部材は，隔壁，特設梁又は甲板下桁を形成するように配置しなければならない。また，その支持部材はマスト構造の直下又は近くに配置しなければならない。

(b) マスト構造から主要支持部材までの荷重を伝達するために，甲板下防撓材はマスト構造の直下にマストと甲板の取り合いを形成するように配置しなければならない。

(c) 甲板板厚は溶接結合のため適切な板厚になるように要求することもある。

3.1.7.7 ブレイクウォータに対する支持部材は，ブレイクウォータと同じ設計荷重に耐えるように設計しなければならない。ブレイクウォータから船体の主要支持部材に伝わる荷重は，適切でなければならない。ブレイクウォータ構造が甲板と結合している位置に有効な甲板下防撓材を設けなければならない。

3.1.8 特別承認の対象とならないその他の甲板艤装品の支持材及び取付け

3.1.8.1 次に掲げる一般規定は，船体構造に比較的小さな荷重しか与えないか，又は特別承認の対象とならないその他の甲板艤装品の支持材及び取付けの設計を考慮しなければならない。また，その詳細配置は本会の承認を必要としない。

3.1.8.2 支持材の船体構造への取付けは，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。支持材の設計は，甲板への取付けが高応力点の発生を最小限にするようにしなければならない。

3.1.8.3 貨物マニホールドの支持材は，船への積み付け及び荷揚げに用いる主配管を支えるため設計した自立型で組立て構造としなければならない。貨物マニホールドの支持材の設計は，積み付け及び荷揚げの間，配管に加わる荷重を船体

構造に分散する構造としなければならない。このために，貨物マニホールド支持材の甲板への結合は，主要船体構造の防撓部材と一直線に並ぶよう通常配置しなければならない。これができない場合には，高応力点の発生を避けるように追加の防撓材を取り付けなければならない。断面変化の影響を最小にするために，甲板取り付け部となる構造の詳細設計に注意を払わなければならない。

3.2 入渠

3.2.1 入渠計画

3.2.1.1 入渠計画は，本編の規定では取り扱わないものとする。

3.2.1.2 船底桁の構造は，船舶の入渠により作用する外力に耐えるように防撓材で補強しなければならない。

3.2.1.3 特殊な形状である船舶又は船舶所有者が入渠強度に対し特別な要求がある場合には，造船所は追加計算を実施する必要があることがある。その計算については本会の業務外であるが，依頼があれば検討することもある。

3.2.2 入渠要領図

3.2.2.1 本会は，本船に入渠要領図を保管することを推奨する。その入渠要領図には，設計時に作成した全ての条件を入渠ブロック配置，入渠時最大許容荷重及び各ブロックの対応荷重を限定することなく含めて記載しなければならない。

3.2.2.2 入渠要領図は，船級付与の条件として船級協会の承認を必要としない。

（備考）船底プラグの平板竜骨部への配置は避けること。

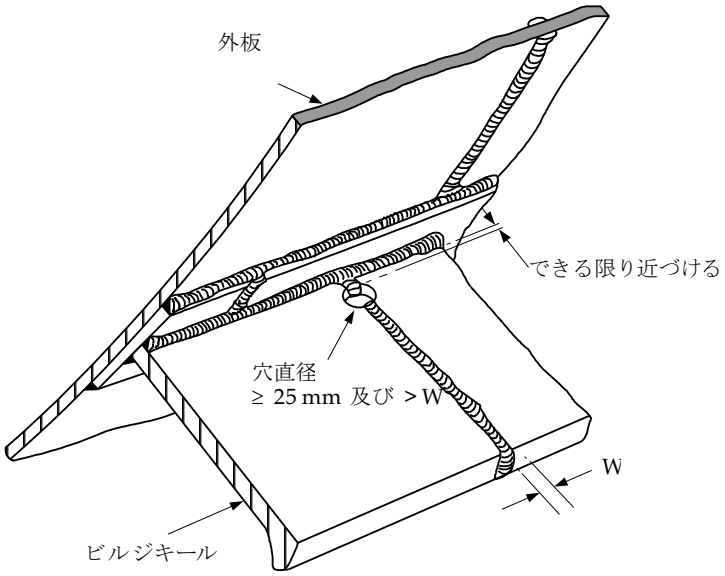
3.3 ビルジキール

3.3.1 構造及び材料

3.3.1.1 ビルジキールは，それを取り付けるビルジ外板と同じ張力性質を有する材料を使用しなければならない。

3.3.1.2 図 11.3.4 に示すものと異なる設計のビルジキールは特別な考慮を払わなければならない。

図 11.3.4 ビルジキール構造



3.3.1.3 材料強度及び等級並びに溶接継手及び詳細設計を含めて全てのビルジキールの図面を本会に提出し，承認を受けなければならない。

3.3.1.4 単板ウェブのビルジキールの設計にあっては，取付け平板の破損の前にウェブの破損が起こることを確保しなければならない。一般に，ビルジキールのウェブ板厚が取付け平板の板厚を超えないことを確保すればよい。

3.3.2 取付け平板

3.3.2.1 ビルジキールを取り付ける場合，ビルジキールは，図 11.3.4 及び図 11.3.5 に示す取付け平板又は二重張板によ

り外板に固着しなければならない。一般に，取付け平板は連続構造としなければならない。

3.3.2.2　取付け平板のグロス板厚は，ビルジ外板のグロス板厚と同じか 14*mm* のどちらか小さい方以上の値としなければならない。

3.3.2.3　取付け平板は，それを取り付けるビルジ外板と同じ材料強度であり，ビルジ外板に対する **6 節 1.2** の**表 6.1.2** 及び**表 6.1.3** に規定する等級の鋼材としなければならない。

3.3.3　　端部詳細

3.3.3.1　ビルジキールの端部は適当に勾配のテーパを取り，内部防撓部材の位置まで処理しなければならない。本項の規定を満足する一般的な配置を**図 11.3.5** に示す。同等と判断される場合には，代替の端部配置も認める。

3.3.3.2　取付け平板及びビルジキール端部は勾配を取るか，又は丸みを取らなければならない。端部に勾配を取る場合は，その寸法を最小比率 3：1 にて徐々に減じなければならない。（**図 11.3.5(a)**，**図 11.3.5(b)**，**図 11.3.5(d)**及び**図 11.3.5(e)**参照）端部を丸くする場合には，その詳細を**図 11.3.5(c)**に示すようにしなければならない。**図 11.3.5(b)**及び**図 11.3.5(e)**に示す範囲「*A*」内におけるビルジキールウェブの切断は認めない。

3.3.3.3　ビルジキールウェブ端部は，取付け平板の端部から 50*mm* 以上 100*mm* 以下としなければならない。（**図 11.3.5(a)** 及び**図 11.3.5(d)**参照）

3.3.3.4　内部横支持部材は，ビルジキールウェブ端部及びビルジキールウェブ端部と取付け平板の端部の中間点との間に配置しなければならない。（**図 11.3.5(a)**，**図 11.3.5(b)**及び**図 11.3.5(c)**参照）

3.3.3.5　内部縦通防撓材がビルジキールウェブ上に一直線に取付けてある場合には，縦通防撓材は少なくとも範囲「*A*」の前方及び後方の最も近い横桁材まで延長しなければならない。（**図 11.3.5(b)**及び**図 11.3.5(e)**参照）この場合，内部横支持部材に関する **3.3.3.4** の規定は適用しない。

3.3.4　　溶接

3.3.4.1　**表 11.3.1** に従って，取付け平板は連続隅肉溶接にて外板に，またビルジキールは軽連続隅肉溶接で取付け平板に取付けなければならない。

3.3.4.2　ビルジキール及び取付け平板の突合せ溶接部は，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。一般に，外板の突合せ溶接部は，取付け平板の位置で平らにしなければならない。また，取付け平板の突合せ溶接部は，ビルジキールの位置では平らにしなければならない。取付け平板の突合せ溶接部と外板及びビルジキール突合せ溶接部と取付け平板との直接結合を避けなければならない。

3.3.4.3　原則として，スカラップ等は用いてはならない。亀裂防止孔は，ビルジキール突合せ溶接部に取付け平板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。**図 11.3.4** に示すように，孔の直径は突合せ溶接の幅より大きく，最小直径 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，亀裂防止孔を省略することができる。

3.3.4.4　取付け平板の端部と外板との溶接及びビルジキールウェブ端部と取付け平板の溶接は，範囲「*B*」内における**表 11.3.1** で規定するのど厚を有さなければならない。**図 11.3.5(a)**及び**図 11.3.5(d)**を参照のこと。溶接端部は母材まで斉一にグラインダ仕上げされなければならない。

表 11.3.1　　ビルジキールの端部固着に関する溶接要件

接合する構造部位	のど厚（*mm*）	
	端部	その他
外板と取付け平板	0.44 t_{grs}	0.34 t_{grs}
ビルジキールウェブと取付け平板	0.34 t_{grs}	0.21 t_{grs}

t_{grs}：接合する部位のグロス板厚（*mm*）

図 11.3.5(a)－(c)　　ビルジキール端部設計

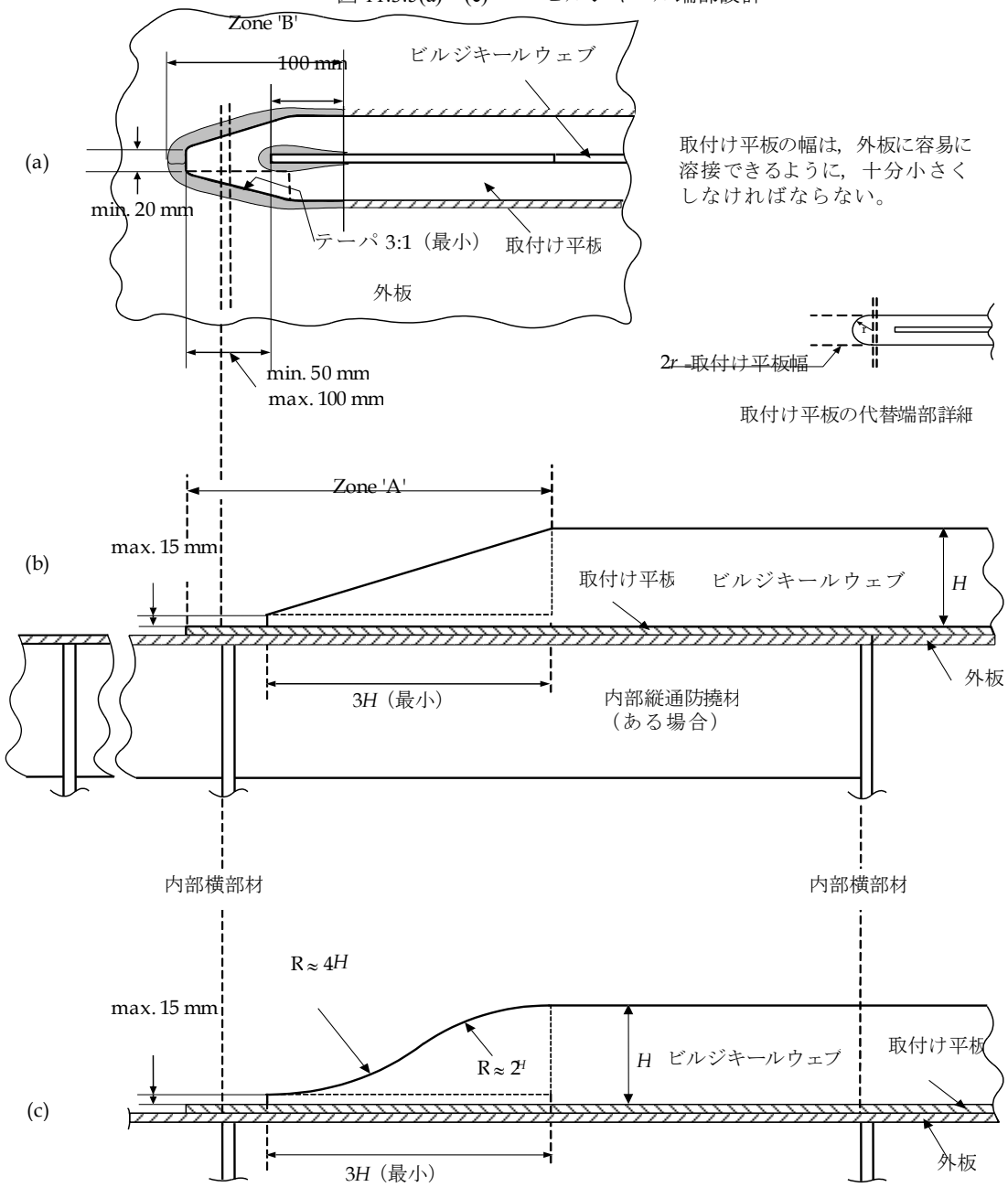
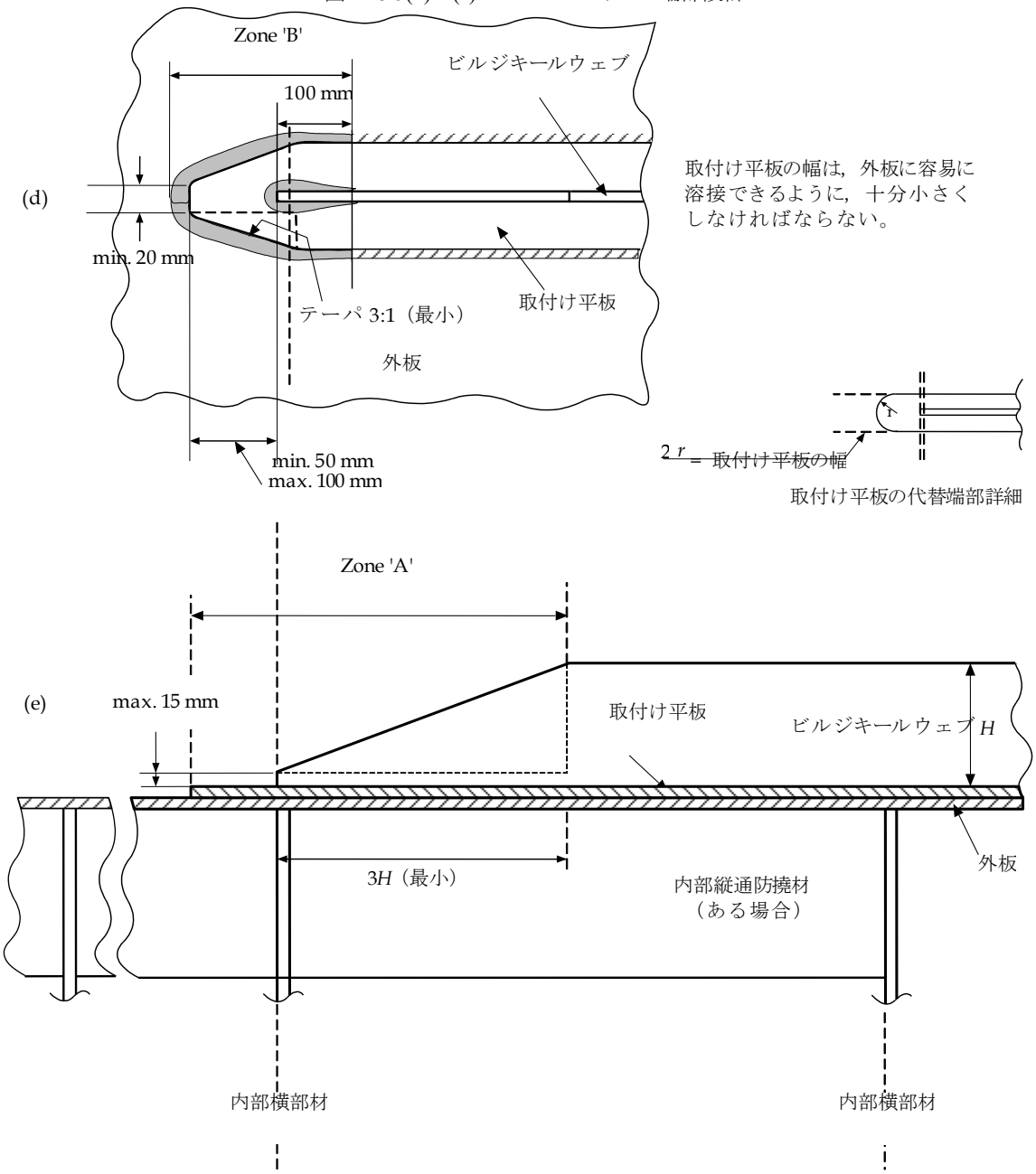


図 11.3.5(d)－(e)　ビルジキール端部設計



4 艤装

4.1 艤装数計算

4.1.1 要件

4.1.1.1 アンカー及びアンカーチェーンは**表 11.4.1** によるものであり，その数，重量及び寸法は次の算式により算定した艤装数（*EN*）により求めなければならない。

$EN = \Delta^{2/3} + 2Bh_{dk} + 0.1A$

Δ：排水量（トン），**4 節 1.1.7.1** の規定による

B：船の幅（*m*），**4 節 1.1.3.1** の規定による

h_{dk}：**図 11.4.1** に示すように $h_{FB} + h_1 + h_2 + h_3 + \ldots$ とする。h の計算にあっては，舷弧，キャンバー及びトリムを無視することができる。

h_{FB}：船体中央における夏期満載喫水線からの乾舷（*m*）

h_1, h_2, h_3 h_n：$B/4$ より大きい幅である甲板室の各層の船体中心線における高さ（*m*）

A：船の長さ $L_{CSR\text{-}T}$ の範囲にある夏期満載喫水線上の船体，船楼及び甲板室の側面積（m^2）任意の点における幅が $B/4$ 以下の船楼又は甲板室にあっては，除くことができる。A を求めることに関連して，高さが 1.5*m* を超えるスクリーン又はブルワークがある場合にあっては，**図 11.4.2** に A_2 として示す面積は A に含めなければならない。

$L_{CSR\text{-}T}$：**4 節 1.1.1.1** に規定する規則上の船の長さ

（備考）

(a) h 及び A の決定において，高さが 1.5*m* 以上のスクリーン又はブルワークは甲板室の一部とみなす。

(b) h の算定において，幅が $B/4$ を超える甲板室が，幅が $B/4$ 以下の甲板室の上部にある場合，幅が $B/4$ 以下の甲板室の高さは含める必要はない。

図 11.4.1　　甲板室の有効高さ

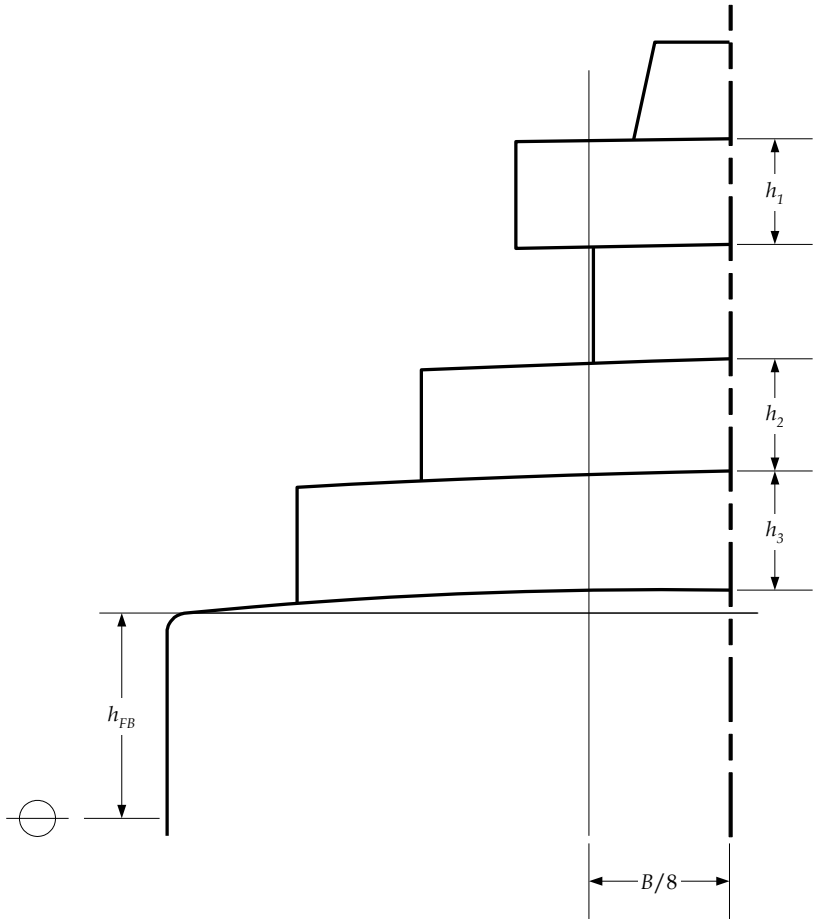
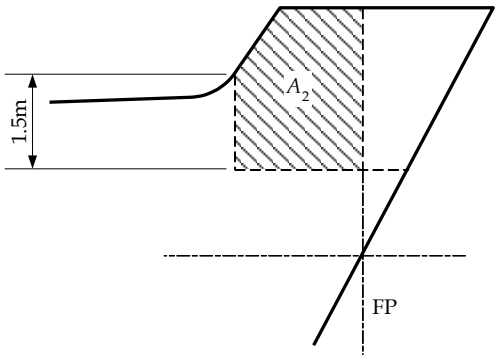


図 11.4.2　　スクリーン及びブルワークの側面積



4.2 アンカー及び係船装置

4.2.1 一般

4.2.1.1 次に掲げる揚錨装置の仕様は，船舶が停泊位置待ち又は潮待ちなどで，港湾内又は遮蔽区域での船舶の臨時係留用のものである。

4.2.2 制限

4.2.2.1 本 **11 節 4** に規定する艤装品は，荒天時に外洋に面した海岸で船舶を保持する，又は移動若しくは漂流している船舶を停止するためのものではない。その様な状況では，揚錨装置に加わる荷重を装置の部品が損傷及び紛失する程度にまで増加する。

4.2.2.2 本 **11 節 4** に規定する揚錨装置は，アンカーを引き摺ることを避けるような状態の高保持海底にある船舶を保持することを意図したものである。低保持海底では，船舶を保持するアンカーの能力は著しく低減する。

4.2.3 想定

4.2.3.1 要求する揚錨装置に対する艤装数（*EN*）計算式は，予想海流速度 2.5*m/s*，風速 25*m/s* 及びアンカーチェーンの繰り出し比が 6 から 10 の間に基づくものとする。アンカーチェーンの繰り出し比は，繰り出したアンカーチェーンの長さと水深との比とする。

4.2.3.2 通常，船舶は同時に 1 個の船首部アンカー及びアンカーチェーン鎖車のみ使用するものとする。

4.2.4 提出書類

4.2.4.1 次に掲げる図面及び要目を本会に提出し，承認を受けなければならない。

(a) 艤装数計算書

(b) アンカーの型式，アンカーチェーンの等級，鋼索及び繊維ロープの型と破断荷重を含む艤装品一覧表

(c) もし標準型又は以前に承認を受けた型と異なる場合にあっては，材料仕様書を含むアンカーの設計図

(d) ケーブルリフタ，軸，継手及びブレーキの材料仕様書を含むウインドラスの設計図

(e) チェーン止めの図面及び材料仕様書

(f) 非常曳航時，曳航時及び係船計画図，適用する安全使用荷重データ並びに船長の指針として船内にある他の非常時の曳航及び係船計画に係わる資料。

4.2.5 アンカー

4.2.5.1 アンカー2 個はアンカーチェーンに連結し，常時使用できるように備えなければならない。

4.2.5.2 第 3 のアンカーを予備として備えること及び手引書に加えることを推奨する。ただし，これは船級要件とするものではない。

4.2.5.3 アンカーは本会が承認した設計で製造されなければならない。アンカーヘッドの設計にあっては，応力集中を最小とするようにしなければならない。特に，鋳鋼製のアンカーヘッドの各部の半径は，断面変化が著しい箇所では，できる限り大きくしなければならない。

4.2.5.4 **表 11.4.1** に示すアンカーの 1 個当たりの質量は，同じ質量のアンカーに対するものである。船舶に備えるアンカーの質量を平均したものが規定値以上であれば，個々のアンカーの質量を規定値の 7%の範囲内とすることができる。

4.2.6 一般的なアンカー

4.2.6.1 アンカーの種類は，ストックレスアンカーとする。ストックレスアンカーのシャンクを除いた質量は，アンカーの質量の 3/5 以上でなければならない。

4.2.7 高把駐力アンカー

4.2.7.1 所有者の合意が得られる場合にあっては，特別な型のアンカーの使用について考慮する。実績のある把駐力のアンカーの場合，アンカー重量の基本要求に対しある程度の軽減（**表 11.4.1** に規定する質量から最大 25%まで）を認めることがある。

4.2.7.2 高把駐力（*HHP*）アンカーとして承認を得るアンカーにあっては，承認を受けた同重量の標準ストックレスアンカーの 2 倍の把駐力を有することを海上で試験しなければならない。

4.2.7.3 ある範囲の寸法に対して承認を得る場合には，少なくとも 2 個のアンカーを試験しなければならない。その 2 個のアンカーのうち小さい方は，大きい方の重量の 1/10 以上の質量としなければならない。試験された 2 個のアンカーのうち大きい方は，承認を受ける最大のアンカーの重量の 1/10 以上の質量としなければならない。

4.2.7.4　各試験は少なくとも 2 個のアンカー（1 つは標準型ストックレスアンカー，もう 1 つは高把駐力アンカー）の間の比較を含まなければならない。アンカーの質量は，ほぼ等しくなければならない。

4.2.7.5　その試験は少なくとも 3 つの異なる底部地質（軟弱泥又は沈泥，砂又は砂礫，及び固い粘土又は類似の地質）で実施しなければならない。

4.2.7.6 一般的に試験はタグボートを用いて実施するものとする。索引力は動力計により計測することにより求めるか，又はタグボートのプロペラ回転数の関数による曳航力を確かめられた最新データから求めなければならない。

4.2.7.7　アンカーに接続するアンカーチェーンの直径は，関連する艤装数に要求するものでなければならない。試験中，各アンカーのアンカーチェーンの長さは，アンカーのほぼ水平牽引を得るのに十分な長さでなければならない。一般的にアンカー及びタグボートの水平距離は水深の 10 倍程度で十分であるとする。

4.2.7.8　一般的なホーズパイプから投錨して海底での角度や位置に拘わらず，高把駐力アンカーは過度の遅れなく海底で有効な把駐力を発揮できること及び **4.2.7.2** に規定する把駐力に対し安定して留まることができるような設計としなければならない。

4.2.7.9　高把駐力アンカーの設計承認は，型式承認でそのリストは**船用材料・機器等の承認及び認定要領**に記載する。

4.2.8　　アンカーチェーン

4.2.8.1　船内に装備すべきアンカーチェーンの全長は，**表 11.4.1** の通りであるが，2 つのアンカーの間でほぼ等しく分割しなければならない。

4.2.8.2　所有者が 82.5*m* 以上の水深での揚錨装置を望む場合にあっては，要求されるアンカーチェーンの適切な全長を定めるのは所有者の責任とする。その場合にあっては，アンカーチェーンを等しくない長さに分割することも考慮することができる。

4.2.8.3　正規艤装品としてのアンカーチェーンは船舶の進水時に停止用チェーンとして使用してはならない。

4.2.9　　チェーンロッカ

4.2.9.1　チェーンロッカは十分な容量を有し，アンカーチェーンが全収納されるときにアンカーチェーンがチェインパイプの中へ容易に直接導かれるような，適切な収納ができるような適当な形状としなければならない。左右舷のアンカーチェーンは別々の収納区画としなければならない。

4.2.9.2　チェーンロッカ（錨鎖管を含む）は，水密とし，排水装置を備えなければならない。また，荒天時にチェーンロッカの浸水を最小化するための恒久的な閉鎖装置を備えなければならない。

4.2.9.3　チェーン又は錨鎖管は適当な寸法及びとし擦らせ板を取り付けること。

4.2.9.4　船首隔壁の後方に位置するチェーンロッカは，水密構造とし，排水装置を備えなければならない。

4.2.10　　錨鎖の安全及び緊急離脱

4.2.10.1 アンカーチェーンの内端を船体構造に係止する装置を備えなければならない。この装置は，取付けているアンカーチェーンの最低破断強度の 15%以上 30%以下の力に耐えなければならない。アンカーチェーンを係止する船体構造は，この荷重に十分耐えなければならない。

4.2.10.2 アンカー及びアンカーチェーンを犠牲にしなければならないような緊急の場合にあっては，アンカーチェーンの船体への係止装置をチェーンロッカ外側の近寄り得る操作場所からアンカーチェーンを迅速に投錨できるように配置しなければならない。また，アンカーチェーンが滑り落ちる装置はできる限り水密構造としなければならない。

4.2.11　　チェーン止め

4.2.11.1 一旦繰り出された各アンカーチェーンを固定する装置を備えなければならない。一般的にチェーン止めを備えるものとする。

4.2.11.2 チェーン止めの固定装置は，**4.2.8** に規定するアンカーチェーンの破断荷重の 80%の荷重に，永久変形することなく耐えることができなければならない。

4.2.12　　試験

4.2.12.1 全てのアンカー及びアンカーチェーンは，**L 編 2 章**及び **3 章**の規定に従い，本会の検査員又は代理人の立会いの下に組立時に検査されなければならない。また，本会が承認した試験機にて検査されなければならない。

4.2.12.2 アンカーの重量，またはアンカーチェーンの寸法及び重量並びに適用した試験荷重など要目を記載した試験証書を発行する。アンカー及びアンカーチェーンを船上に装備する場合に，この証書は検査員による確認を受けなければならない。

4.2.12.3 鋼索及び繊維ロープは，**L 編 4 章**及び **5 章**の規定に従い検査を受けなければならない。

4.2.13　　係船索及び引綱

4.2.13.1 破断強度が 490*kN* を超える場合にあっては，その製品が**表 11.4.2** に示す破断強度及び係船索の本数より大きいのならば，**表 11.4.2** に示す個々の係船索の破断強度及び本数を変更することができる。

4.2.14 係船索の数又は強度の増強

4.2.14.1 船舶が常に荒天の岸壁を使用する場合にあっては，係船索の合計強度は **4.2.13.1** に規定する値の 2 倍にすることを推奨する。

4.2.14.2 荒天海域でのタンカーの係船については本会の適当と認めるところによる。

4.2.15 代替係船装置

4.2.15.1 操作を容易にするため，繊維ロープは直径 20*mm* 以上としなければならない。

4.2.15.2 破断荷重が 736*kN* より大きく通常の係船作業に使用する全てのロープは，適切に設計した係船機により操作でき，格納しなければならない。格納の代替方式は，破断強度が 490*kN* を超えるロープを容易に操作できるように考慮を払わなければならない。その場合，**表 11.4.2** に示す破断強度及び個々の係船索の本数を変更することもある。ただし，その結果が**表 11.4.2** に示す破断強度及び係船索の本数より少なくしてはならない。また，係船索の数は 6 本以上とし，そのいずれもが切断荷重 490*kN* 以上のものでなければならない。

4.2.16 係船索の固縛

4.2.16.1 船上において係船索を適切に固縛できる設備を設けなければならない。船舶の両舷に適切に配置されたボラードの全数又は係船機の全ブレーキ保持力は，係船索の最大破断強度の合計の 1.5 倍以上であることを推奨する。

4.2.17 ボラードとビット，フェアリード，スタンドローラ及びチョック

4.2.17.1 船首，船側及び船尾における通常時又は非常時操作のために用いる係船装備品の強度は，**4.2.17.2** 及び **4.2.17.3** の規定によらなければならない。この係船装備品の支持構造に対する規定を **3.1.6** に規定する。

4.2.17.2 係船装備品は承認標準規格（例えば，*ISO3913 Shipbuilding Welded Steel Bollards*）に従って設計し，製作しなければならない。係船装備品及び船体への取付け部材を判断するのに用いる設計荷重は，**3.1.6** の規定によらなければならない。

4.2.17.3 係留又は非常曳航に用いる係船装備品は，次に掲げる安全使用荷重（*SWL*）の規定によらなければならない。

(a) *SWL* は，**3.1.6.10(a)**及び **3.1.6.10(c)**に規定する設計荷重の 80%及び **3.1.6.10(b)**に規定する設計荷重の 100%を超えてはならない。

(b) 各装備品の *SWL* は溶接ビード又は同等のもので表示しなければならない。

(c) 各装備品に対する用途（例えば，係船，非常曳航作業又はその両方）がある *SWL* は，船長への指針として船内に備える非常曳航設備図及び係船配置図に記載していなければならない。配置図又は資料は，詳細な配置位置，型，安全使用荷重，目的，適用方法及び使用角度を明記しなければならない。また，想定外の使用方法を禁止することを明記しなければならない。

(d) 本項の規定は，ボラード等柱上のものに単一の引綱及び係船索がかけられた状態を想定している。

4.2.18 ムアリングウインチ

4.2.18.1 ムアリングウインチの設計及び性能は船級要件ではない。ウインチの支持構造，ムアリングウインチの台板への据付け及び台板と甲板との結合については，**3.1.3** に規定するようにムアリングウインチの図面及び資料を本会に提出し，承認を受けなければならない。

（備考）

ムアリングウインチにはドラムブレーキを装備しなければならない。索に作用する張力が係船計画図に規定された索の最大破断強度又は**表 11.4.2** に示す艤装数による破断強度のうち大きな方に等しい破断強度の 80%である場合，ドラムブレーキの強度はドラム上第 1 層の係船索の繰り出しを防ぐのに十分なものでなければならない。

4.2.19 ウインドラス

4.2.19.1 **D 編 16 章**の規定に適合する十分な力及びアンカーチェーンの寸法が適切であるウインドラスを，船上に装備しなければならない。所有者が規則要件を超える能力のウインドラスの設置を要望するならば，そのウインドラス能力を決めるのは船主の責任である。

4.2.19.2 ウインドラスは両舷のアンカーチェーンでも引き揚げることができなければならない。

4.2.19.3 ウインドラスの設計は，錨鎖管に蓋又はスパーリングパイプの上に十分な強さのシールを装備する作業が適切にできる構造配置としなければならない。

荒天時にチェーンロッカ又は船首楼の浸水を最小限にするような配置にしなければならない。

4.2.20　ウインドラス試験

4.2.20.1 各ウインドラスは船上に装備した後，操作性を確認するために作業状態で試験を行わなければならない。各装置は次に掲げる試験を実施しなければならない。

(a) ブレーキ性能

(b) クラッチ機能

(c) アンカーチェーン及びアンカーの繰り出し及び巻き上げ

(d) アンカーチェーンの鎖車上の正しい嵌り具合

(e) ホーズパイプ及び錨鎖管内のアンカーチェーンの通過状況

(f) アンカーチェーン及びアンカーの格納状態

4.2.20.2 海上試運転中，ウインドラスは次に掲げる項目を確認しなければならない。

(a) 全ての指定された設計投錨地水深に対しては，水深 82.5*m* から 27.5*m* までの平均巻上げ速さが 9*m*/*min* 以上であること。

(b) 82.5*m* を超える指定した設計投錨地水深に対しては，**(a)**の規定に加えて，指定した設計投錨地水深から水深 82.5*m* までの平均巻上げ速さが 3*m*/*min* 以上であること。

試運転域の水深が不十分な海域にあっては，適切で同等な模擬試験条件を代替案として考慮することができる。

4.2.21　アンカーの格納及び配置

4.2.21.1 アンカーは容易に配置，回収及び格納できる装置を備えなければならない。その装置は一般にホーズパイプ，組立てアンカーボックス又はポケット等のアンカー格納場所から構成する。

4.2.21.2 ホーズパイプを装備しない場合には，代替配置が特別に考慮することができる。

4.2.22　ホーズパイプ及びアンカーリセスの大きさと寸法

4.2.22.1 適当な間隙及びチェーン止めから船外へアンカーチェーンを容易に導くために，適切な大きさと形状を有さなければならない。

4.2.22.2 ホーズパイプは十分な強度を有さなければならない。

4.2.22.3 アンカーリセスは，波浪によって生ずるアンカーチェーンの緩みやアンカーの移動をできる限り防止し，十分な板厚でアンカーを有効に格納するための適切な寸法と形状を有さなければならない。

4.2.22.4 アンカーチェーンの噛み傷及びアンカーチェーンリンクに作用する高曲げ応力を最小にするように，ホーズパイプ及びアンカーリセスには十分に丸みをつけたフランジ又は擦れ止め材を設けなければならない。

アンカーチェーンが繰り出し又は巻き揚げる間及び船が錨泊しているとき，湾曲部の半径は，アンカーチェーンを支持しているホーズパイプの上下端の曲がり部で，少なくともアンカーチェーンの 3 リンクが同時に接触するようにしなければならない。

4.2.23　船体構造の補強

4.2.23.1 ホーズパイプは連続溶接により厚板部分，二重張板又は埋め込み板に堅固に取り付けなければならない。

4.2.23.2 ホーズパイプ又はアンカーリセス部の肋骨は，船体に堅固に取り付けるため必要な補強を行わなければならない。

4.2.23.3 バルバスバウを有する船舶において，アンカー操作中に外板とアンカーの間に適当な間隔を確保することができない場合には，外板部材の増厚のような形でバルバスバウの局部補強を施工しなければならない。

4.2.24　試験

4.2.24.1 アンカーがホーズパイプの中で動かなくなることがないことを検査員が確認できるようにアンカーを繰り出し，巻き戻しを行わなければならない。

4.2.24.2 海上でのウインドラス試験の間，ブレーキを緩めるとアンカーは直ちに自重で落下し始めることを検査員は確認しなければならない。

4.2.24.3 アンカーが収納されているときに，ホーズパイプ及びアンカーリセスは **11 節 5** に規定する水圧で射水試験により水密試験を実施しなければならない。

表 11.4.1　　艤装品－アンカー及びアンカーチェーン

		ストックレスアンカー		アンカー用アンカーチェーン（スタッド付きチェーン）			
艤装数		アンカー数	質量（*kg*）	長さ（*m*）	軟鋼（第 1 種）（*mm*）	高張力鋼（第 2 種）（*mm*）	超高張力鋼（第 3 種）（*mm*）
以上	未満						
150	175	2	480	275	22	19	
175	205	2	570	302.5	24	20.5	
205	240	2	660	302.5	26	22	20.5
240	280	2	780	330	28	24	22
280	320	2	900	357.5	30	26	24
320	360	2	1020	357.5	32	28	24
360	400	2	1140	385	34	30	26
400	450	2	1290	385	36	32	28
450	500	2	1440	412.5	38	34	30
500	550	2	1590	412.5	40	34	30
550	600	2	1740	440	42	36	32
600	660	2	1920	440	44	38	34
660	720	2	2100	440	46	40	36
720	780	2	2280	467.5	48	42	36
780	840	2	2460	467.5	50	44	38
840	910	2	2640	467.5	52	46	40
910	980	2	2850	495	54	48	42
980	1060	2	3060	495	56	50	44
1060	1140	2	3300	495	58	50	46
1140	1220	2	3540	522.5	60	52	46
1220	1300	2	3780	522.5	62	54	48
1300	1390	2	4050	522.5	64	56	50
1390	1480	2	4320	550	66	58	50
1480	1570	2	4590	550	68	60	52
1570	1670	2	4890	550	70	62	54
1670	1790	2	5250	577.5	73	64	56
1790	1930	2	5610	577.5	76	66	58
1930	2080	2	6000	577.5	78	68	60
2080	2230	2	6450	605	81	70	62
2230	2380	2	6900	605	84	73	64
2380	2530	2	7350	605	87	76	66
2530	2700	2	7800	632.5	90	78	68
2700	2870	2	8300	632.5	92	81	70
2870	3040	2	8700	632.5	95	84	73
3040	3210	2	9300	660	97	84	76
3210	3400	2	9900	660	100	87	78
3400	3600	2	10500	660	102	90	78
3600	3800	2	11100	687.5	105	92	81
3800	4000	2	11700	687.5	107	95	84
4000	4200	2	12300	687.5	111	97	87
4200	4400	2	12900	715	114	100	87

4400	4600	2	13500	715	117	102	90
4600	4800	2	14100	715	120	105	92
4800	5000	2	14700	742.5	122	107	95
5000	5200	2	15400	742.5	124	111	97
5200	5500	2	16100	742.5	127	111	97
5500	5800	2	16900	742.5	130	114	100
5800	6100	2	17800	742.5	132	117	102
6100	6500	2	18800	742.5	*	120	107
6500	6900	2	20000	770	*	124	111
6900	7400	2	21500	770	*	127	114
7400	7900	2	23000	770	*	132	117
7900	8400	2	24500	770	*	137	122
8400	8900	2	26000	770	*	142	127
8900	9400	2	27500	770	*	147	132
9400	10000	2	29000	770	*	152	132
10000	10700	2	31000	770	*	*	137
10700	11500	2	33000	770	*	*	142
11500	12400	2	35500	770	*	*	147
12400	13400	2	38500	770	*	*	152
13400	14600	2	42000	770	*	*	157
14600	16000	2	46000	770	*	*	162

（備考）

(1) 予備アンカーは要求するアンカー数に含めない。

(2) ‘*’ 印はその直径でそのチェーン等級を使用してはならない。

表 11.4.2　　艤装品－引綱及び係船索

艤装数		引綱(1)		係船索		
以上	未満	長さ（*m*）	破断強度（*kN*）	数	長さ（*m*）	破断強度（*kN*）
150	175	180	98.0	3	120	54.0
175	205	180	112.0	3	120	59.0
205	240	180	129.0	4	120	64.0
240	280	180	150.0	4	120	69.0
280	320	180	174.0	4	140	74.0
320	360	180	207.0	4	140	78.0
360	400	180	224.0	4	140	88.0
400	450	180	250.0	4	140	98.0
450	500	180	277.0	4	140	108.0
500	550	190	306.0	4	160	123.0
550	600	190	338.0	4	160	132.0
600	660	190	371.0	4	160	147.0
660	720	190	406.0	4	160	157.0
720	780	190	441.0	4	170	172.0
780	840	190	480.0	4	170	186.0
840	910	190	518.0	4	170	201.0
910	980	190	559.0	4	170	216.0
980	1060	200	603.0	4	180	230.0
1060	1140	200	647.0	4	180	250.0
1140	1220	200	691.0	4	180	270.0
1220	1300	200	738.0	4	180	284.0
1300	1390	200	786.0	4	180	309.0
1390	1480	200	836.0	4	180	324.0
1480	1570	220	888.0	5	190	324.0
1570	1670	220	941.0	5	190	333.0
1670	1790	220	1024.0	5	190	353.0
1790	1930	220	1109.0	5	190	378.0
1930	2080	220	1168.0	5	190	402.0
2080	2230	240	1259.0	5	200	422.0
2230	2380	240	1356.0	5	200	451.0
2380	2530	240	1453.0	5	200	480.0
2530	2700	260	1471.0	6	200	480.0
2700	2870	260	1471.0	6	200	490.0
2870	3040	260	1471.0	6	200	500.0
3040	3210	280	1471.0	6	200	520.0
3210	3400	280	1471.0	6	200	554.0
3400	3600	280	1471.0	6	200	588.0
3600	3800	300	1471.0	6	200	618.0
3800	4000	300	1471.0	6	200	647.0
4000	4200	300	1471.0	7	200	647.0
4200	4400	300	1471.0	7	200	657.0
4400	4600	300	1471.0	7	200	667.0

4600	4800	300	1471.0	7	200	677.0
4800	5000	300	1471.0	7	200	686.0
5000	5200	300	1471.0	8	200	686.0
5200	5500	300	1471.0	8	200	696.0
5500	5800	300	1471.0	8	200	706.0
5800	6100	300	1471.0	8	200	706.0
6100	6500	300	1471.0	9	200	716.0
6500	6900	300	1471.0	9	200	726.0
6900	7400	300	1471.0	10	200	726.0
7400	7900	300	1471.0	11	200	726.0
7900	8400	300	1471.0	11	200	735.0
8400	8900	300	1471.0	12	200	735.0
8900	9400	300	1471.0	13	200	735.0
9400	10000	300	1471.0	14	200	735.0
10000	10700	-	-	15	200	735.0
10700	11500	-	-	16	200	735.0
11500	12400	-	-	17	200	735.0
12400	13400	-	-	18	200	735.0
13400	14600	-	-	19	200	735.0
14600	16000	-	-	21	200	735.0

（備考）

(1) $L_{CSR\text{-}T}$ が 180*m* を超える船舶では引綱を省略することができる。

4.3 非常曳航設備

4.3.1 一般要件

4.3.1.1 非常用曳航設備は，規則 **C 編 27.3** により規定されるように載貨重量 20,000 トン以上のタンカーにおいては船首部及び船尾部に備えなければならない。

4.3.1.2 非常曳航設備の設計及び構造は，規則 **C 編 27.3** によらなければならない。**3.1.5** に規定する非常曳航設備の支持構造に係わる規定を参照しなければならない。

5 試験要領

5.1 タンクテスト

5.1.1 適用

5.1.1.1 次に掲げるタンク及び囲壁は **5.1.3** から **5.1.9** に規定する要件に従って試験されなければならない。

(a) 容積 $5m^3$ 未満の独立タンクを除く重力式タンクの構造の妥当性及び気密性

(b) タンク囲壁以外の水密囲壁の水密性

(c) 風雨密囲壁の風雨密性

5.1.2 定義

5.1.2.1 「水密」とは，周囲の構造物が設計された水頭下で，構造物を通って水が流れることを防止することをいう。

5.1.2.2 「風雨密」とは，あらゆる海象条件であっても水が船内に浸入しないことをいう。

5.1.2.3 「構造試験」とは，設計の構造的妥当性を確認するために実施する水圧試験のことをいう。厳しい実行上の制限がある，又は水圧試験ができない場合にあっては，代替試験として水圧空気圧試験を実施することができる。

5.1.2.4 「気密試験」とは，構造物の気密性を確認するために実施する空気圧試験又は他の中間的な試験のことをいう。

5.1.2.5 「射水試験」とは，水圧試験又は気密試験が適用できないような構造物の気密性を確認するためにウォータージェットにより実施することをいう。また，それは船体の水密性又は風雨密性による他の構成要素の気密性を確認するためにも実施する。

5.1.2.6 「水圧空気圧試験」とは，水でタンクを満たし，追加空気圧を加えることにより水圧試験と気密試験の組み合わせのことをいう。水圧試験の代替として，タンクの水密性及び設計の構造的妥当性を確認するために実施するものである。

5.1.2.7 「水圧試験」とは，設計の構造的妥当性及び**表 11.5.1** に示す位置まで水をタンクに満たすことにより生ずる水圧によりタンク構造の水密性を確認するための試験のことをいう。水圧試験は，水圧試験を避ける厳しい実行上の制限がある，又は気密試験が認められるところを除いて，構造試験の一般的手法である。

5.1.2.8 「ショッププライマー」とは，表面処理後に組立て期間中の錆を防ぐため組立て前に塗られた薄い塗膜のことをいう。

5.1.2.9 「防錆塗装」とは，構造物を腐食から防ぐために塗られた塗装のことをいう。これにショッププライマーは含まないものとする。

5.1.3 試験要領

5.1.3.1 試験は検査員の立会いの下，検査員の確認を得るため実施されるものとする。「建造」とは，ほぼ完工に近い状態であり（すなわち，構造の強度や水密性に影響があるであろう全ての取付け物，艤装品又は貫通部材が完成している状態），強度及び水密性が後に低下しないような，そして内張り及びセメント工事を継手部分に施工する前の段階にあることをいう。

5.1.3.2 試験要件を**表 11.5.1** に規定する。

5.1.3.3 試験に関連して塗装の施工の時期については，**5.1.8** に規定する。

5.1.4 構造試験

5.1.4.1 構造試験が**表 11.5.1** に規定している箇所にあっては，水圧試験が実施できない制限の箇所又は**表 11.5.1** の**備考 1** により気密試験が認められている箇所を除いて，水圧試験は実施する。水圧空気圧試験を水圧試験の代りとして承認することがある。

5.1.4.2 水圧試験は，**表 11.5.1** に規定されている位置までの水頭により成り立つものである。

5.1.4.3 水圧空気圧試験が認められる場合にあっては，水圧及び空気圧の組み合わせによりできるだけ実際の荷重を模擬しなければならない。**5.1.5** に規定する空気圧に関する要件及び推奨もまた適用すること。

5.1.4.4 水を用いた試験が船渠の中又は建造船台上で望ましくない場合にあっては，構造試験を海上で実施することができる。構造試験を海上で実施する場合には，**表 11.5.1** に規定する試験水頭まで各タンク及びコファダムに注水して，試験を行わなければならない。

5.1.4.5 タンクの数の約半分を満水にすることにより，空タンク内の船底及び外板下部を検査しなければならない。ま

た，水を残りのタンクに移動した後に外板下部の残り部分を検査しなければならない。

5.1.4.6　タンク囲壁は少なくとも片側から試験しなければならない。また，構造的妥当性（表 11.5.1 の**備考 1** 参照）を試験するタンクにあっては，全ての典型的構造部材に予想される引張力及び圧縮力に対して試験するように選択しなければならない。

5.1.5　　気密試験

5.1.5.1　自動溶接による溶接を除く，全ての周囲継手，組立て継手及び管継手を含む貫通部材は，承認を受けた手順に従い，少なくとも 0.15*bar* の圧力下で漏洩表示液（例えば，石鹸水液）を用いて実施しなければならない。ただし，0.20*bar* を超える圧力下の試験は推奨しない。

5.1.5.2　タンク内の空気圧を 0.20*bar* まで加圧し約 1 時間同圧力を維持した後，タンクの圧力を下げるまではタンク周辺の人員を最小限にすることを推奨する。

5.1.5.3　空気供給管の断面積より大きい断面積を有する *U* 字形チューブに水を満たし，試験圧力に対応する水頭を確認する。さらに，試験圧力を 1 個の標準圧力計又は，他の適当な方法により確認する。

5.1.5.4　圧縮空気隅肉溶接試験又は真空試験を含めて，気密試験の他の有効な方法が全項目の提出により考慮することもある。

5.1.6　　射水試験

5.1.6.1　射水試験は，構造試験又は気密試験の対象とならない構造物に適用する。ただし，その構造物は表 11.5.1 に規定する水密又は風雨密であることを要求する。

5.1.6.2　射水試験は，ホース内圧が 2.0*bar* 以上で，12*mm* 以上の径を有するノズルを用い，射水面までの距離が 1.5*m* を超えないようにして試験継手に向けて行う。

5.1.6.3　気密試験又は構造試験は射水試験の代替として認める。

5.1.7　　他の試験方法

5.1.7.1　他の試験方法を全項目の提出により認めることがある。

5.1.8　　塗装の施工－防食塗装

5.1.8.1　最終塗装の施工前に気密試験を実施する場合，最終塗装を水圧試験の前に施工することができる。

5.1.8.2　塗装の退色又は乱れはその原因を確認しなければならない。また，どのような欠陥も修理しなければならない。

5.1.8.3　手動，半自動組立溶接部及び全隅肉溶接部の（貫通部材も含める）タンク囲壁に対して，最終塗装は気密試験を実施した後に施工しなければならない。他の溶接部に対しては，検査員が塗装の施工前に注意深い検査を行い，溶接について満足する場合において，最終塗装を気密試験の前に施工することができる。造船所の品質管理手順を考慮した上で，検査員は自動組立溶接部及び手動又は自動小組み溶接部に対し最終塗装前に気密試験を要求することがある。

5.1.8.4　最終塗装は，要求する全ての射水試験が終了してから施工しなければならない。

5.1.9　　仮塗装

5.1.9.1　欠陥又は漏洩を隠匿する可能性のある仮塗装は，防食塗装に対し **5.1.8** に規定するように施工しなければならない。本規定は，組立て前に施工したショッププライマーには適用してはならない。

5.1.9.2　シリケート系のショッププライマーは，気密試験の前に溶接部に施工することができる。防錆塗料の塗膜は原則として最大膜厚 50 ミクロンで施工しなければならない。また，他の不確かな化学成分である防錆塗料は原則として最大膜厚 30 ミクロンで施工しなければならない。

表 11.5.1　　タンク及び囲壁に対する試験要件

	試験する構造	試験の種類	水圧試験の水頭又は圧力	備考
1	二重底タンク	構造試験(1)	次のうち大きい方 - オーバーフロー管頂部 - 隔壁甲板	少なくとも片側からのタンク囲壁の試験
2	二重船側タンク	構造試験(1)	次のうち大きい方 - オーバーフロー管頂部 - タンク頂部の 2.4*m* 上方(2)	少なくとも片側からのタンク囲壁の試験
3	貨物油タンク	構造試験(1)	次のうち大きい方 - オーバーフロー管頂部 - タンク頂部の 2.4*m* 上方(2) - タンク頂部に安全弁を設けたもの	少なくとも片側からのタンク囲壁の試験
	燃料油タンク	構造試験(1)		
4	コファダム	構造試験(3)	次のうち大きい方 - オーバーフロー管頂部 - コファダム頂部の 2.4*m* 上方	
5a	船首倉及び船尾倉タンク	構造試験	次のうち大きい方 - オーバーフロー管頂部 - タンク頂部の 2.4*m* 上方(2)	船尾倉タンクの試験は船尾管設置後に行う
5b	タンクとして使用しない船首倉	*SOLAS* II.1 *Reg.*14 参照		
5c	タンクとして使用しない船尾倉	気密試験		
6	液体を積載しない区画の水密隔壁	射水試験(4)		ステップ及びリセスを含む
7	乾舷甲板又は隔壁甲板より下方の水密戸	射水試験		設置前の試験(5)
8	（削除）			
9	兼用船の水密ハッチカバー	構造試験	次のうち大きい方 - ハッチカバー頂部の 2.4*m* 上方 - 安全弁を設けたもの	少なくとも 1 つおきのハッチカバーを試験する
10	風雨密ハッチカバー，ドア及びその他の閉鎖装置	射水試験(4)		
11	ポンプ室の外板	目視検査		船が浮いている状態で，注意深く検査する
12	チェーンロッカー（船首隔壁の後方）	構造試験	チェーンロッカースパーリング管上部	
13	独立タンク	構造試験	次のうち大きい方 - オーバーフロー管頂部 - タンク頂部の 0.9*m* 上方	
14	バラストダクト	構造試験	バラストポンプの最大圧力又はバラストダクトの圧力逃し弁の設定のうちいずれか大きい方	
15	ホース管	射水試験		

（備考）

(1) 気密試験又は水圧空気圧試験が **5.1.5** に規定する条件の下で認めることがある。それは，承認を受けた設計に関し，それぞれの型のタンクに対し少なくとも 1 つを構造試験する。原則として，姉妹船の建造において検査員が必要と認めない限り構

造試験の再実施は必要ない。姉妹船の隔離又は汚染物質用の囲壁及びタンクに対する構造試験は，本会の適当と認めるところによる。

(2) 「タンク頂部」とは，昇降口を除くタンク上部の甲板のことをいう。

(3) **5.1.5** の規定により気密試験を認めることがある。ただし，建造技術や溶接施工法を考慮して水圧空気圧試験を要求する場合を除く。

(4) 機関，ケーブル，配電盤，絶縁体等の艤装取付段階で，射水試験ができない場合，本会が適当と認めるところにより，全ての交差部及び溶接接合部に対する詳細な目視検査に代えることができる。浸透探傷試験，気密試験又は超音波探傷試験を要求することがある。

(5) 水密交通扉又はハッチは設置前(すなわち，通常製造時)に隔壁甲板中央と同等の水頭にて，漏洩し易い側からの水圧試験を実施しなければならない。また，次に掲げる許容基準を満足しなければならない。

- ガスケット付の扉又はハッチからの漏洩がないこと
- メタルシールの扉又はハッチからの最大漏水量は毎分 1 リットルとすること

(6) 気密試験又は水圧空気圧試験を実施する場合，0.30*bar* を超えないように配置しなければならない。

12 節　就航船の切替基準

1　　船体構造の板厚の許容衰耗量

1.1　　一般

1.1.1　　適用

1.1.1.1　本節の目的は船体構造の板厚の許容衰耗量に対する評価基準を提供することにある。

1.1.1.2　本評価基準は本編の規定に従って設計，建造された就航船にのみ適用する。

1.1.1.3　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。

1.1.2　　許容衰耗量の概念

1.1.2.1　許容衰耗量は 2 種類に分けられる；構造部材に対する許容衰耗量とハルガーダ全体の許容衰耗量がある。構造部材に対する許容衰耗量は **1.4** 及びハルガーダ全体の許容衰耗量は **1.5** に規定する。

1.1.2.2　構造部材及びハルガーダ全体の衰耗量の評価基準に対する評価は，当該船舶の一生を通じて要求する。

1.1.2.3　構造部材及びハルガーダ全体の衰耗量の一方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。

1.1.2.4　本編の規定の建造時の要求部材寸法は腐食予備厚を含む（**6 節 3** を参照），またすべての関連する荷重と損傷形態（降伏，座屈，及び疲労等)を考慮している。

すべての構造部材の板厚が本節に規定する切替えが要求される板厚以上ある場合，当該船舶の運航中は，本節の要件に対して更なる構造部材の評価は要求されない。

1.1.3　　図書類についての要件

1.1.3.1　本船に備え付ける図面には（**3 節 2.2.3** 参照），**1.4.2** 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。

1.1.3.2　造船所から支給され本船が所持する建造時の中央断面図には，全ての貨物タンクのタンク中央の横断面に対して **1.5** に規定されるハルガーダの最少許容断面特性を示す表を記載しなければならない。

1.2　　板厚計測値の評価

1.2.1　　一般

1.2.1.1　タンカーの船級維持のための検査項目は，**規則 B 編**によらなければならない。

1.2.1.2　板厚計測は，**規則 B 編 5.2.6** によらなければならない。

1.2.2　　部分衰耗の評価

1.2.2.1　板厚計測は，計測値が一様腐食並びに部分的な点食及びエッジ部における腐食に対して **1.4.2** 及び **1.6** に規定する切替えが要求される板厚以上であることを確認するために行わなければならない。**1.3** 参照のこと。

1.2.2.2　鋼材の切替え及び検査員の判断として船の運航の継続を損なう構造上の欠陥が発見された場合，船の就航前に補足の板厚計測を行わなければならない。

1.2.2.3　計測板厚 t_m が次に規定される年次検査における板厚許容の未満の場合，年次検査及び中間検査時の再検査及び追加の板厚計測を要求する。

$t_{annual} = t_{as\text{-}built} - t_{own} - t_{was}$ （mm）

$t_{as\text{-}built}$：建造時板厚（mm）

t_{was}：**1.4.2.2** に規定する許容衰耗量（mm）

t_{own}：適用している場合，船主若しくは建造者による追加の許容衰耗量（mm）

1.2.2.4　**1.2.2.3** の規定により再検査及び追加の板厚計測が要求された場合，腐食形態の全範囲を確定するために**表**

12.1.1 に従って追加の計測を行わなければならない。

表 12.1.1　t_m が t_{annual} 未満の構造の追加の板厚計測

構造部材	計測範囲	計測点数
板	疑わしい箇所及び隣接部材	板面積 $1m^2$ につき 5 点
肋骨及び防撓材	疑わしい箇所	ウェブ：各 3 点 面材　：各 3 点

1.2.2.5　各定期検査時に，検査員が必要と認めた箇所について板厚計測を行わなければならない。当該箇所は，腐食状況が **1.2.2.3** の規定を満足しない又は急速に腐食が進行する傾向が認められる箇所を含む。

1.2.3　ハルガーダ全体の衰耗量の評価

1.2.3.1　船舶のハルガーダの断面特性は，板厚計測の結果得られたハルガーダの断面特性が **1.5.2** で規定される最小許容値以上であることを確認するために，板厚計測によって得られる板厚に基づき**規則 B 編**で規定する横断面について計算しなければならない。板厚計測の結果及び**規則 B 編**の規定に基づいた断面特性の計算結果は，本会に提出しなければならない。

1.3　腐食の分類

1.3.1　一様腐食

1.3.1.1　一様腐食とは，材料の板厚の均一な衰耗が，広範囲の領域にわたって見られる場合をいう。

1.3.1.2　一様腐食に対する切替評価基準は **1.4** に示す。

1.3.2　点食

1.3.2.1　点食とは，周囲の領域での一様腐食よりも大きい部分的な材料減少をともなう点状腐食箇所/領域とする。

1.3.2.2　点食の程度は**図 12.1.1** に示す。

1.3.2.3　点食に対する切替評価基準は **1.6.2** に規定する。

1.3.3　エッジ部における腐食

1.3.3.1　エッジ部における腐食とは，板，骨材及び主桁材等の遊辺及び開口の周辺における部分的な腐食をいう。エッジ部における腐食の一例を**図 12.1.2** に示す。

1.3.3.2　エッジ部における腐食に対する切替評価基準は **1.6.3** に規定する。

1.3.4　グルービング

1.3.4.1　グルービングは一般的な肋骨部材の溶接継手又は肋骨部材及び板のバット及びシームに隣接する部分的な衰耗をいう。グルービングの一例は**図 12.1.3** に示す。

1.3.4.2　グルービングに対する切替評価基準は **1.6.4** に規定する。

図 12.1.1　　点食度合図

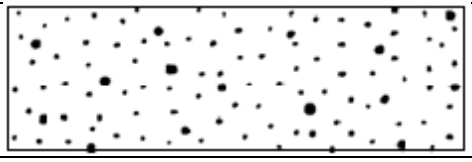
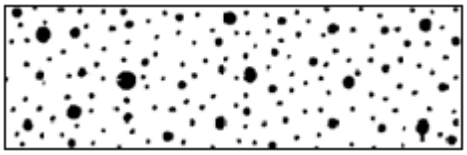
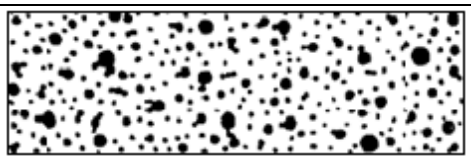
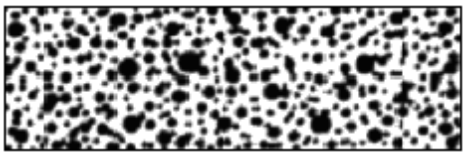
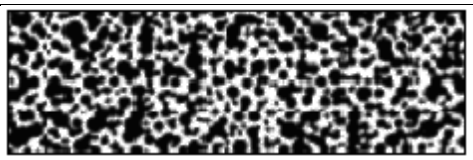
5% 点食分布	
10% 点食分布	
20% 点食分布	
30% 点食分布	
50% 点食分布	

図 12.1.2　　エッジ部における腐食

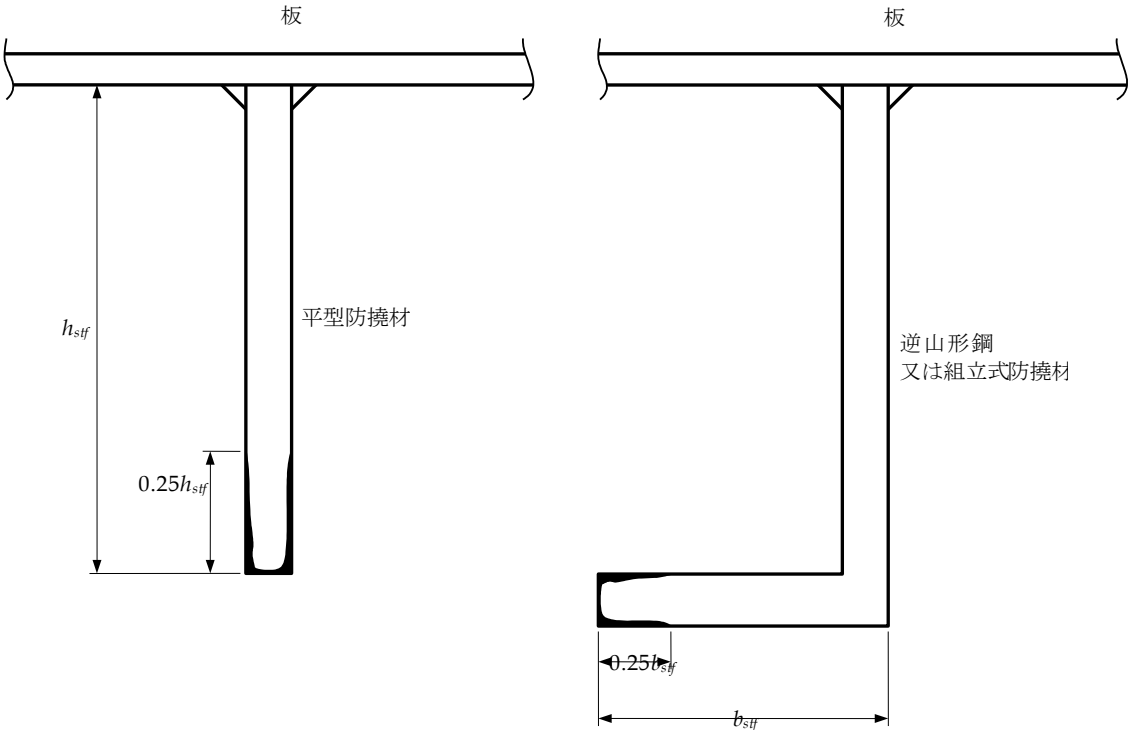
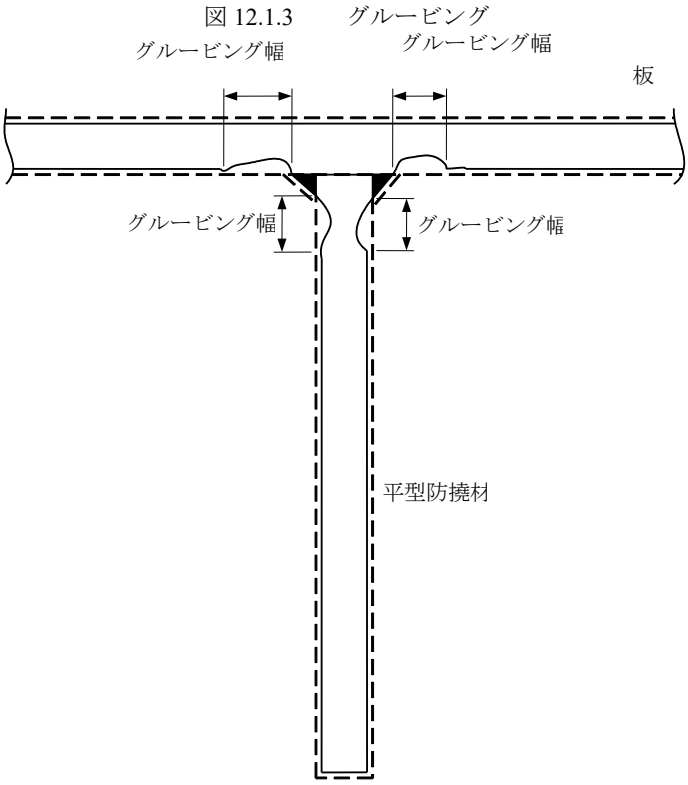


図 12.1.3



1.4 局部構造の一様腐食に対する板厚の許容衰耗量

1.4.1 適用

1.4.1.1 一般に，**1.4.2** の切替基準は，一様腐食の構造部材の領域に適用する。

1.4.2 切替基準

1.4.2.1 計測された板厚 t_{tm} が，以下により定まる切替えが要求される板厚 t_{ren} 未満の場合，鋼材の切替えが要求される。

$t_{ren} = t_{as\text{-}built} - t_{was} - t_{own} - t_{corr\text{-}2.5}$ （mm）

$t_{ab\text{-}built}$：建造時の部材の板厚（mm）

t_{was}：**1.4.2.2** で規定する許容衰耗量

t_{own}：適用している場合は，船主又は造船所が決めた追加の許容衰耗量（mm）

$t_{corr\text{-}2.5}$：0.5mm，中間検査及び定期検査の間，2 年半で腐食する時の予備許容衰耗量

1.4.2.2 許容衰耗量 t_{was} は，次式による。

$t_{was} = t_{was\text{-}1} + t_{was\text{-}2}$ （mm） 0.5mm 毎に切り上げる。

t_{was}：考慮している構造部材の総許容衰耗量（mm）

$t_{was\text{-}1}$：考慮している構造部材の面 1 の**表 12.1.2** に規定する接している面の区画の種類による許容衰耗量（mm）

$t_{was\text{-}2}$：考慮している構造部材の面 2 の**表 12.1.2** に規定する接している面の区画の種類による許容衰耗量（mm）

1.4.2.3 許容衰耗量 t_{was} は 1.5mm 未満であってはならない，ただし，液体を積載しない区画及びポンプルームにおいては 1.0mm まで適用できる。

1.4.2.4 **表 12.1.2** に記載していない区画の許容衰耗量は本会の適当と認めるところによる。

1.4.2.5 **1.4.2.1** の規定による切替基準により切替えが必要となる範囲は，一般的に，建造時の材料と同等以上のグレード及び強度の材料を使用して修理しなければならない。また，修理の板厚 $t_{repaire}$ は以下の値未満であってはならない。

$t_{repair} = t_{as\text{-}built} - t_{own}$ （mm）

$t_{as\text{-}built}$：建造時の板厚（mm）

t_{own}：適用している場合，船主又は建造造船所が決めた追加の許容衰耗量（mm）

表 12.1.2　　構造部材の片面の許容衰耗量

区画	構造部材		就航船の区画の許容衰耗量 $t_{was\text{-}1}$ 又は $t_{was\text{-}2}$（*mm*）
バラストタンク及びチェーンロッカー	主要構造部材の面材	タンク頂板から下方 3*m* 以内(1)	2.0
		その他の範囲	1.5
	その他の部材(3)	タンク頂板から下方 3*m* 以内(1)	1.7
		その他の範囲	1.2
貨物油タンク	主要構造部材の面材	タンク頂板から下方 3*m* 以内(1)	1.7
		その他の範囲	1.4
	内底板及びタンクの底板		2.1
	その他の部材	タンク頂板から下方 3*m* 以内(1)	1.7
		その他の範囲	1.0
暴露している面	暴露甲板の板部材		1.7
	その他の部材		1.0
海水に接する面	船側外板(2)		1.0
燃料油及び潤滑油タンク(4)	タンク頂板及びタンク頂板の肋骨又は防撓材		1.0
	その他の範囲		0.7
清水タンク	タンク頂板及びタンク頂板の肋骨又は防撓材		1.0
	その他の範囲		0.7
ボイドスペース	通常閉鎖されている区画（入り口がボルト締めハッチのみ又はパイプトンネル等）		0.7
液体を積載しない区画	甲板室内部，機関区域，ポンプルーム，貯蔵品室及び操舵機室等		0.5

（備考）

(1)　貨物油タンク及びバラストタンクの暴露甲板にのみタンク頂板として適用する。

(2)　**8 節図 8.2.2** に規定する係留岸壁設備と接触する範囲の船側外板は，**12 節 1.4.2.2** の算式による値に 0.5*mm* 追加しても差し支えない。

(3)　加熱貨物油タンクとバラストタンクの境界の板について，バラストに接している表面に 0.5*mm* 追加して差し支えない。バラストタンク内にあり，かつ貨物加熱油タンクとバラストタンクの境界に付く防撓材のウェブ及び面材に対して，両面から 0.3*mm* ずつ追加して差し支えない。加熱貨物油タンクとは加熱能力を有する装置を持つ貨物タンクのことをいう。（最も一般的なものは，加熱管である。）

(4)　バラストタンクと加熱する燃料油タンクの境界の板は，0.7*mm* 追加しても差し支えない。

1.5 一様腐食に対するハルガーダの断面特性の許容衰耗量

1.5.1 一般

1.5.1.1 下記のハルガーダの断面特性の検証が要求される，**1.5.2** 及び **3** 参照のこと：

(a) 水平軸回りのハルガーダの断面二次モーメント I_v

(b) 甲板及び船側外板の交点における水平軸回りのハルガーダの断面係数 $Z_{v\text{-}dk}$

(c) 竜骨における水平軸回りのハルガーダの断面係数 $Z_{v\text{-}kl}$

(d) 船側における垂直軸回りのハルガーダの断面係数 $Z_{h\text{-}side}$

(e) ハルガーダの垂直剪断面積 $A_{v\text{-}shr}$

1.5.2 切替基準

1.5.2.1 計測された板厚を使用して計算されたハルガーダの断面特性 $I_{v\text{-}tm}$，$Z_{v\text{-}tm\text{-}dk}$， $Z_{v\text{-}tm\text{-}kl}$，$Z_{h\text{-}side\text{-}side}$，$A_{v\text{-}tm\text{-}shr}$ 等が，**1.5.3** で規定する最小許容ハルガーダの断面特性未満の場合，鋼材の切替えが要求される。

1.5.2.2 **1.5.2.1** にあるハルガーダの断面特性は，計測された板厚を使用して **4 節 2.6** の規定に従って計算しなければならない。

1.5.2.3 ハルガーダ断面特性の減少によって鋼材の切替えが要求される場合は，腐食した構造部材を交換しなければならない。**1.5.2.1** の規定を満足するハルガーダの断面特性の結果となる場合，構造部材のあらゆる組み合わせで切替えて差し支えない。切替えを必要とする構造部材は **1.4.2.3** の規定に従って切替えなければならない。

1.5.3 最小許容ハルガーダ断面特性の計算

1.5.3.1 **1.5.1.1** で規定する最小許容ハルガーダ断面特性は，**1.5.3.2** で規定する板厚を使用し，**4 節 2.6** に従って計算しなければならない。

1.5.3.2 腐食衰耗状態での最小許容ハルガーダ断面特性は，建造時に使用される板厚の一様衰耗量を使用して計算する，その結果，建造時と就航時の評価基準が関連付けられる。したがって，最少許容ハルガーダ断面特性の計算は，下記に規定する部材板厚 t に基づかなければならない。

$t = t_{as\text{-}built} - 0.5t_{corr} - t_{own}$ （mm）

$t_{as\text{-}built}$：建造時の部材の板厚（mm）

t_{corr}：**6 節 3.2** に規定する腐食予備厚

t_{own}：適用している場合は，船主又は造船所が決めた追加の許容衰耗量（mm）

1.6 点食，グルービング及びエッジ部における腐食に対する材料の許容衰耗量

1.6.1 一般

1.6.1.1 点食，グルービング及びエッジ部における腐食による鋼材の切替えは **1.6.2**，**1.6.3** 及び **1.6.4** に規定する評価基準未満の場合に要求される。

1.6.2 点食

1.6.2.1 点食率 20%未満の板部材に対しては（**図 12.1.1** 参照），計測された板厚 t_{tm} は，個々の計測において以下の評価基準の小さい方の基準を満足しなければならない。

$t_{tm} \geq 0.7\,(t_{as\text{-}buit} - t_{own})$（$mm$）

$t_{tm} \geq t_{ren}$ -1 （mm）

$t_{as\text{-}built}$：建造時の部材の板厚（mm）

t_{own} ：適用している場合は，船主又は造船所が決めた追加の許容衰耗量（mm）

t_{ren}：**1.4.2.1** に規定する一様腐食の切替基準

1.6.2.2 如何なる断面においても，鋼板の平均板厚は，**1.4.2.1** で規定する一様腐食に対する切替基準未満であってはならない。

1.6.3 エッジ部における腐食

1.6.3.1 平鋼の防撓材のウェブやフランジのエッジ部における腐食の全面腐食高さが，防撓材のフランジ幅やウェブ深さの 25%未満の場合（**図 12.1.2** 参照），計測された板厚 t_{tm} は，以下の評価基準のうちいずれか小さい方の基準を満足しなければならない。

$t_{tm} \geq 0.7\,(t_{as\text{-}buit} - t_{own})$（$mm$）

$t_{tm} \geq t_{ren}$ -1 （mm）

$t_{as\text{-}built}$：建造時の部材の板厚（mm）

t_{own}：適用している場合は，船主又は造船所が決めた追加の許容衰耗量（mm）

t_{ren}：**1.4.2.1** に規定する一様腐食の切替基準

1.6.3.2　防撓材の幅又は深さの平均計測板厚は **1.4.2** で規定する値未満であってはならない。

1.6.3.3　マンホールの開口や軽目穴の縁は，下記の条件を満足する場合，**1.4.2** で規定する最小板厚以下でもよい。

(a) **1.4.2** で規定する最小値以下に減少した板厚の開口部の端部からの最大範囲が，開口部の最小寸法の 20%未満かつ 100mm を超えないこと。

(b) 開口部の最大寸法が 10%以上増加しない場合，粗く凸凹な端部は切り取っても良い。

1.6.4　グルービング

1.6.4.1　グルービングの幅がウェブの深さの 15%以上かつ 30mm を超えない箇所では（**図 12.1.3** 参照），グルービングの領域で計測された板厚 t_{tm} は，下記の評価基準のうちいずれか小さい方の基準を満足しなければならない。

$t_{tm} \geq 0.75(t_{as\text{-}buit} - t_{own})$（$mm$）

$t_{tm} \geq t_{ren}$ -0.5（mm）

しかし，以下の値未満であってはならない。

$t_{tm} = 6mm$

$t_{as\text{-}built}$：建造時の部材の板厚（mm）

t_{own}：適用している場合は，船主又は造船所が決めた追加の許容衰耗量（mm）

t_{ren}：**1.4.2.1** に規定する一様腐食の切替基準

1.6.4.2　グルービングの面積が **1.6.4.1** に示す範囲より大きい部材は，板又は防撓材の平均の計測板厚を用いて，**1.4.2** に規定する一様腐食に対する評価基準に基づいて評価しなければならない。

付録 A　　ハルガーダの最終強度

1　　一般

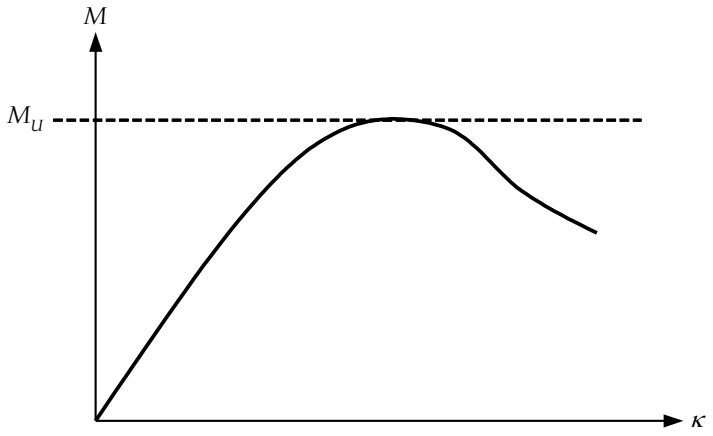
1.1　　定義

1.1.1　　ハルガーダ縦曲げ最終強度

1.1.1.1　ハルガーダ縦曲げ最終強度とは，船体が崩壊に至る場合に受ける最大曲げモーメントとして規定する。縦方向の構造部材の座屈，最終強度及び降伏によりハルガーダは崩壊する。

1.1.1.2　船体横断面のサギング状態のハルガーダ縦曲げ最終強度は，**図 A.1.1** に示す非線形静解析で求まる曲げモーメント－曲率（M-κ）関係の最大値とする。この曲線は縦曲げモーメント下におけるハルガーダの逐次崩壊挙動を表す。

図 A.1.1　　曲げモーメント－曲率曲線M-κ



1.1.1.3　肋骨間断面の曲率（κ）は次の算式による。

$$\kappa = \frac{\theta}{l}$$

θ : 隣接する 2 つの横肋骨位置における横断面の相対回転角

l : 横肋骨の心距，すなわち縦通部材間の距離

1.2　　適用

1.2.1　　一般

1.2.1.1　サギング状態のハルガーダ縦曲げ最終強度は，**2.1** に規定する簡易手法又は **2.2** に規定する増分反復法で評価しなければならない。本規定はサギングの曲げモーメントを受ける縦肋骨式のダブルハルタンカーにのみ適用する。

1.2.1.2　**9 節 1.4** に規定する部分安全率の大きさは，**2.1** に規定する簡易手法又は **2.2** に規定する増分反復法において適切に調整すること。

1.3　　仮定

1.3.1　　一般

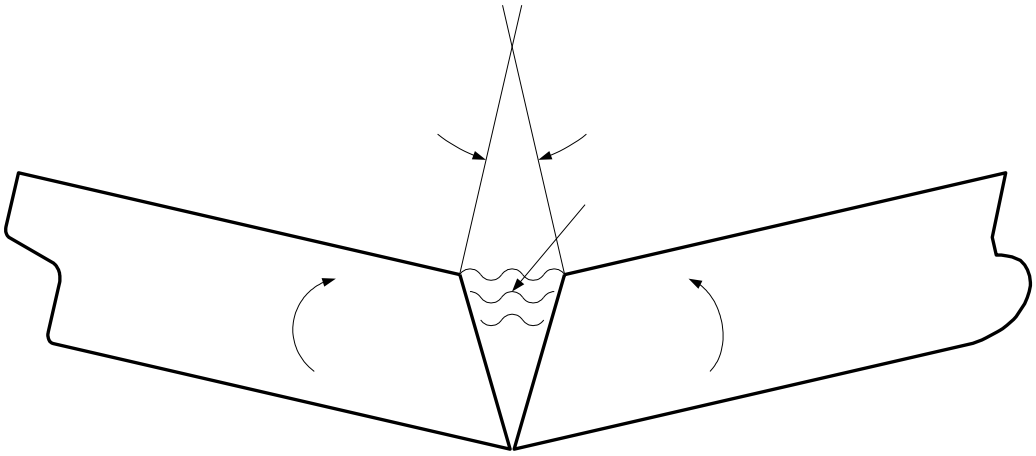
1.3.1.1　ハルガーダ最終強度の計算方法においては，全ての縦通する構造要素の主要崩壊モードを特定しなければなら

ない。サギング状態のタンカーにおいては，**図 A.1.2** に示すように主要崩壊モードは一般的に甲板構造の横式部材間の座屈とする。

1.3.1.2　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，個々の構造要素が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，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。

1.3.1.3　サギング状態のタンカーに対しては，縦曲げのみを考慮する。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。

図 A.1.2　　極限のサギング状態における横式部材間の座屈による崩壊



1.4　代替手法

1.4.1　一般

1.4.1.1　ハルガーダ縦曲げ最終強度計算の代替手法として，例えば **2.2** に規定するものとは異なる増分反復法，非線形有限要素解析法を適用する場合の原則について，**付録 A.3** に規定する。

1.4.1.2　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と本会の手法による結果と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で且つ本会が必要と認める場合，**9 節 1.4** の部分安全率の再検討を要求することがある。

2 ハルガーダ最終強度の計算

2.1 簡易手法による最終強度計算法

2.1.1 手順

2.1.1.1 サギング状態のハルガーダ縦曲げ最終強度の簡易手法による算出法は，**図 A.2.1** に示すように甲板の座屈の影響を考慮して強度を減じたハルガーダの曲げ剛性に基づいた簡易計算法とする。ハルガーダの最終強度 M_u は次の算式による値としなければならない。

$$M_u = Z_{red}\sigma_{yd}.10^3 \quad (kNm)$$

Z_{red}：強度を減じた甲板の断面係数（甲板の平均高さまで）

$$= \frac{I_{red}}{z_{dk-mean} - z_{NA-red}} \quad (m^3)$$

I_{red}：強度を減じたハルガーダの断面二次モーメント（m^4）断面二次モーメントは **4 節 2.6.1.1** の規定を満足するように，次の数値を用いて算出しなければならない。

- すべての縦強度部材に対して t_{net50} とするネット板厚
- 甲板防撓パネルの座屈後の有効ネット断面積 A_{eff}

A_{eff}：甲板防撓パネルの座屈後の有効ネット断面積。有効断面積は座屈応力と降伏応力の比で求める。

$$= \frac{\sigma_U}{\sigma_{yd}} A_{net50}$$

（備考）甲板桁材の有効断面積は板厚 t_{net50} を用いて算出するものとする。

A_{net50}：甲板防撓パネルのネット断面積（m^2）

σ_U：甲板防撓パネルの座屈容量（N/mm^2）。各防撓パネルについて，次の数値を用いて算出すること

- **10 節 4** 及び**付録 D** に規定する高度座屈解析法
- ネット板厚 t_{net50}

σ_{yd}：ハルガーダ断面係数を決定する際に適用する材料の規格降伏応力（N/mm^2）。防撓材及び板に異なる規格降伏応力の材料を使用する場合にあっては，強度の低い方の規格降伏応力を用いること。

$z_{dk-mean}$：基線から船側における甲板高さと中心線における甲板高さを平均した平均甲板高さまでの垂直距離（m）

z_{NA-red}：基線から強度を減じた横断面の中性軸までの垂直距離（m）

2.1.1.2 縦曲げ最終強度 M_U が船底外板において材料の降伏応力 σ_{yd} を超えないことを示さなければならない。すなわち，最終強度 M_U は次の数値未満としなければならない。

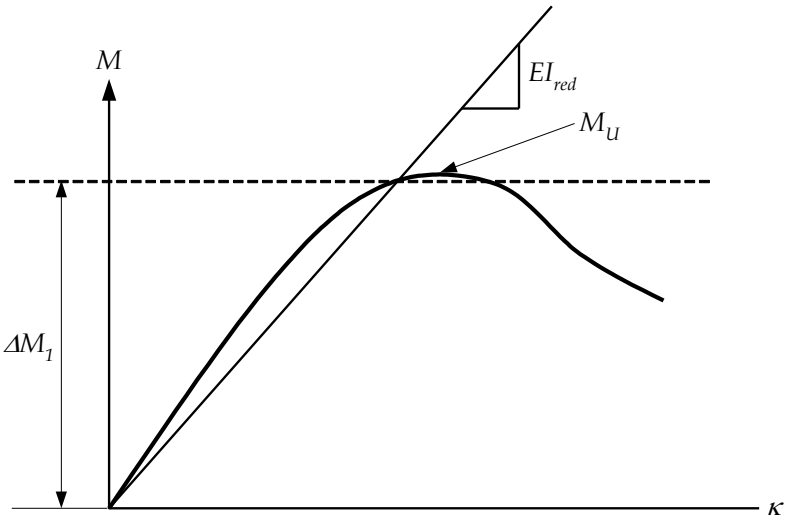
$$M_U = \sigma_{yd}\frac{I_{red}}{z_{NA-red}}10^3$$

σ_{yd}：材料の規格降伏応力（N/mm^2）

I_{red}：**2.1.1.1** に規定する断面二次モーメント

z_{NA-red}：基線から強度を減じた横断面の中性軸までの垂直距離（m）

図 A.2.1　　簡易評価法におけるハルガーダのモーメントと曲率の関係



2.1.2　　仮定

2.1.2.1　この簡易手法では，甲板防撓板が最終強度に到達した時点で，サギング状態のタンカーは最終強度に至ると仮定する。このような仮定が有効ではない構造配置の場合には，最終強度を推定する代替手法により検討しなければならない。

2.2　　増分反復法による簡易評価法

2.2.1　　評価手順

2.2.1.1　本評価法において，ハルガーダ最終強度容量 M_U は，**図 A.1.1** に示す船体横断面の曲率に対する垂直曲げモーメント M の曲線の最高点における値とする。

2.2.1.2　増分反復法を用いることにより M-k 曲線を求める。評価手順に含む段階を **2.2.1.7** に規定し，フローチャートを**図 A.2.2** に示す。

2.2.1.3　曲率 k_j により船体横断面に作用する曲げモーメント M_j は，増分手順の各々の段階に対して算出する。この負荷する曲率は，有効水平中性軸に対する船体横断面の回転角度に対応し，それぞれの船体構造要素における軸ひずみεをもたらす。サギング状態において中性軸より下の構造要素は引張り，中性軸より上の要素は圧縮される。

2.2.1.4　ひずみεによりそれぞれの構造要素に作用する応力σは，非線形弾塑性の影響を考慮した各要素に対する応力－ひずみ曲線$\sigma - \varepsilon$により算出する。

2.2.1.5　各々の構造要素に対する荷重は，応力に対応する面積から算出し，これらの荷重は横断面における全軸力を合計することにより求める。要素面積は構造要素の全ネット面積とする。非線形応答により有効中性軸が移動するので全荷重は 0 ではない。従って中性軸を調整する必要がある場合，全荷重が 0 となるまで，要素ひずみ及び荷重並びに全荷重の再計算を繰り返す。

2.2.1.6　まず，新たな中性軸の位置を求め，次に構造要素における正しい応力分布を算出する。曲率 κ_i による新たな中性軸に対する曲げモーメント M_i は，それぞれの構造要素における荷重によるモーメント分布を合計して求める。

2.2.1.7　増分反復法における主な段階を次に示す。（**図 A.2.2 参照**）

段階 1　船体横断面を構造要素に即ち縦通防撓板（1 要素に付き 1 防撓材）及びハードコーナー部並びに横方向に防撓材と配置した板に分類する。（**2.2.2.2 参照**）

段階 2　全構造要素に対する応力－ひずみ曲線（又は荷重－面内変位曲線）を求める。（**2.3 参照**）

段階 3　推定最大要求曲率 κ_F を求める。（**2.2.1.8 参照**）曲率の各段階における大きさ $\Delta\kappa$ は $\kappa_F/300$ としなければならない。第一段階における曲率 κ_1 は $\Delta\kappa$ としなければならない。弾性ハルガーダ断面係数 $z_{NA\text{-}net50}$ による第一増分段階（$i = 1$）に対する中性軸 $z_{NA\text{-}i}$ を求める。（**4 節 2.6.1 参照**）

段階 4　それぞれの要素（指数 j）に対して，応力σ_jに対する κ_j に対応するひずみ$\varepsilon_{ij} = k_i(z_j - z_{NA-i})$を算出する。（**2.2.1.9 参照**）その後，要素$\sigma_j A_j$における荷重を算出する。

段階 5　全横断面に均等に作用する縦通方向の荷重を調べることにより新たな中性軸の位置 $z_{NA\text{-}i}$ を決定する。そ

の後$F_i = 0.1\Sigma A_j\sigma_j = 0$（$kN$）となるまで，中性軸 z_i を調整する。σ_jの符号は圧縮状態にある要素の場合を正，引張り状態にある要素の場合を負とする。平衡を満足するまで段階 4 を繰り返す。中性軸における変更が 0.0001m 未満となった場合，平衡を満足したものとする。

段階 6　全要素の荷重分布の合計することにより対応するモーメントは次の算式により求める。

$$M_i = 0.1\sum\left|\sigma_j A_j\left(z_j - z_{NA-i}\right)\right| \quad (kNm)$$

段階 7　$\Delta\kappa$により曲率を増加させ，次の曲率の増分に対する初期値として現時点における中性軸を用い，最大要求曲率に到達するまで段階 4 を繰り返す。最終容量は M-k 曲線の最高点における値 M_U とする。M-k 曲線において最高点がない場合 κ_F を最高点に到達するまで増加させなければならない。

2.2.1.8　サギング状態における推定最大要求曲率 κ_F は次の算式による値としなければならない。

$$\kappa_F = 3\,\frac{M_{yd}}{EI_{v-net50}}\,10^{-3} \quad (m^{-1})$$

M_{yd}：甲板又は竜骨における線形弾性降伏応力による垂直曲げモーメントで次のうちの大きい方の値とする。

$$Z_{v-net50-dk}\sigma_{yd}10^3 \quad (kNm)$$

$$Z_{v-net50-kl}\sigma_{yd}10^3 \quad (kNm)$$

$Z_{v\text{-}net50\text{-}dk}$，$Z_{v\text{-}net50\text{-}kl}$：甲板及び竜骨における断面係数（$m^3$）（**8 節 1.2.2.3** 及び **1.2.2.4 参照**）

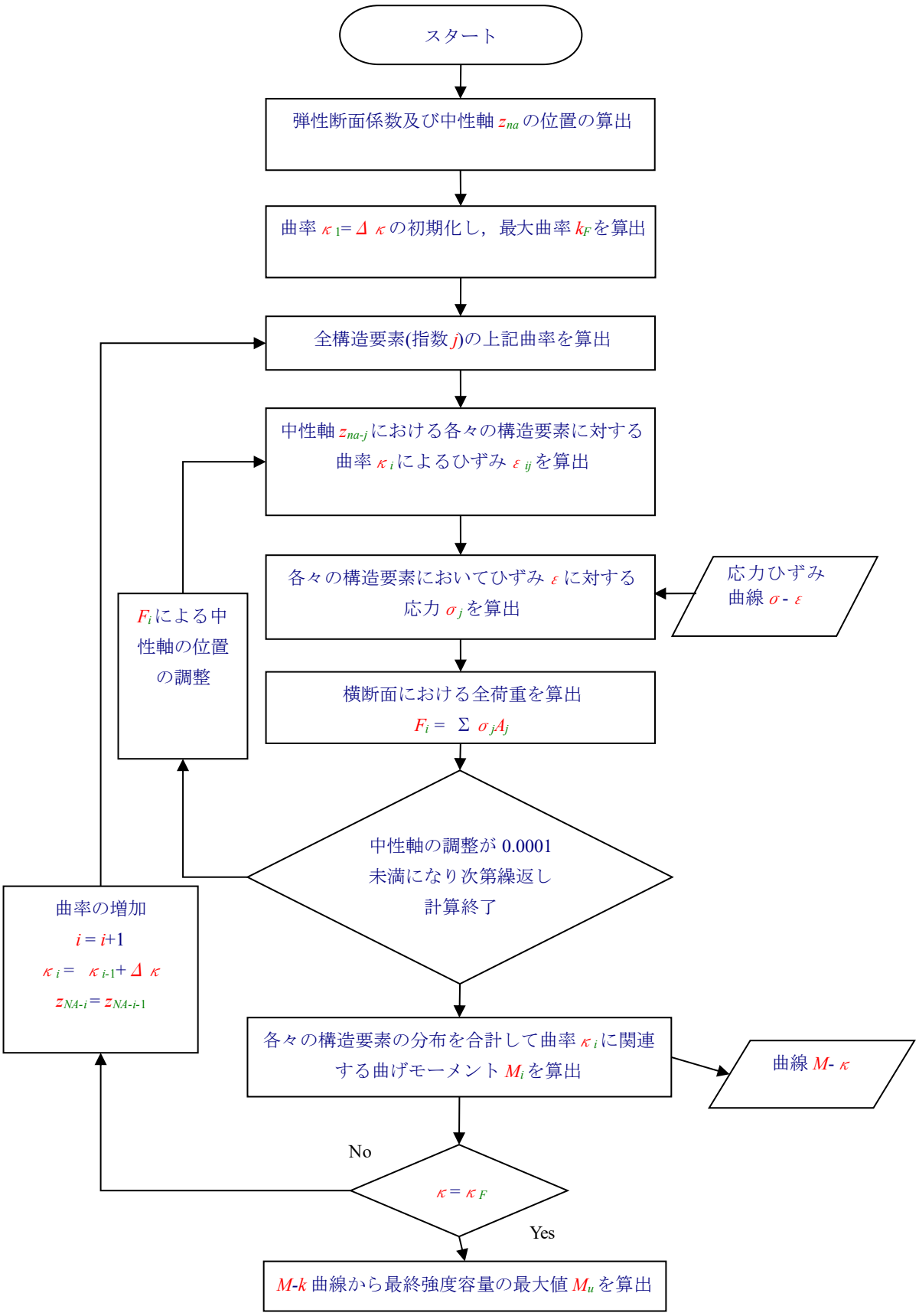
E：弾性係数で 2.06×10^5（N/mm^2）

σ_{yd}：材料の最小降伏応力（N/mm^2）

$I_{v\text{-}net50}$：ハルガーダ断面二次モーメント（m^4）（**8 節 1.2.1.1 参照**）

2.2.1.9　それぞれの構造要素における要素ひずみ ε_{ij} に対応する応力σ_jは，要素に対する適用した応力－ひずみ曲線 $\sigma - \varepsilon$から算出される応力の最小値としなければならない。

図 A2.2　　曲線 M-x の評価に対する手順



2.2.2 船体横断面のモデル化及び仮定

2.2.2.1 **2.2.1** に規定する手順を適用にあたって次に示す条件を前提としなければならない。

(a) 最終強度は 2 つの隣接する横肋骨のウェブ間の船体横断面にて算出する。

(b) 船体横断面は，それぞれ曲率の変化中においても平面を維持する。

(c) 鋼材の材料特性は弾性又は完全塑性とする。

(d) 船体横断面は，個々が単独で作用する要素に分割できるものとする。

2.2.2.2 船体横断面を構成する要素を次に示す。

(a) **2.3.1** に規定する構造応答をする板付きの縦通防撓材

(b) **2.3.1** に規定する構造応答をする横方向に防撓材を配置した板部材

(c) **2.3.2** に規定する構造応答をする **2.2.2.3** に規定するハードコーナー部

2.2.2.3 次に示す構造範囲は，ハードコーナー部としなければならない。

(a) 交差する板部材に隣接する範囲

(b) 30 度以上の角度を有するナックル部に隣接する範囲

(c) ラウンドガンネルを含む板部材

縦通隔壁に隣接する桁部材に対するハードコーナー部の定義を**図 A.2.3** に図示する。ハードコーナー部の大きさについて **2.2.2.4** に規定する。

2.2.2.4 ハードコーナーのモデル化及び大きさは次によらなければならない。

(a) 防撓材を縦通方向に配置した板部材に対する交差板部材から $s/2$ までの範囲としなければならない。s は防撓材心距。

(b) 防撓材を横方向に配置した板部材に対する交差板部材から $20t_{grs}$ までの範囲としなければならない。t_{grs} はグロス板厚。

（備考）

(a) 防撓材を横方向に配置した板部材において，応力ひずみ曲線の荷重端部における板部材の有効幅は，その板部材の全幅としなければならない。即ち，ハードコーナー部が存在する場合には，その端部からではなく，他の板部材との交差部までとする。また，**2.3.8.1** に規定する σ_{CR5} が作用する範囲は，ハードコーナー部を除く板幅間とすること。

(b) 防撓材を縦通方向に配置した板部材において，防撓材の両側のパネルが縦通方向に補強される場合にあっては，防撓材が付いた板の有効幅は，一般的な防撓材の平均心距と等価である。防撓材の片側のパネルが縦通方向に補強され，もう一方のパネルが横方向に補強されている場合にあっては，防撓材が付いた板の有効幅は，防撓材を縦通方向に配置した板部材の幅と等価である。

2.2.2.5 板部材が不連続な縦通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しなければならない。

2.2.2.6 開口は **4 節 2.6.3** に従って考慮しなければならない。

2.2.2.7 防撓材付き板部材において，異なる板厚又は降伏応力の鋼材を使用する場合，次の算式により得られる平均板厚又は平均降伏応力を用いて計算しなければならない。

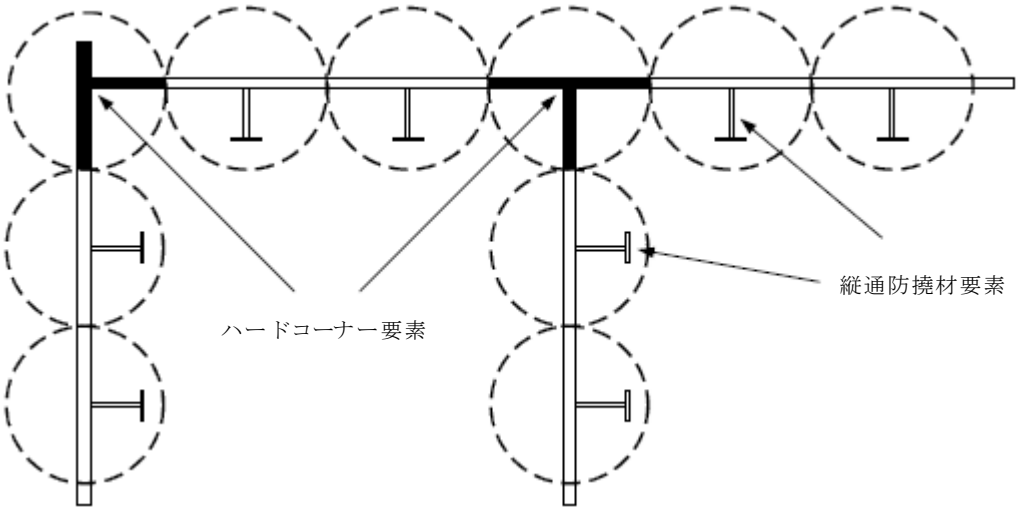
(a) $t = \frac{t_1 s_1 + t_2 s_2}{s}$

(b) $\sigma_{ydp} = \frac{\sigma_{ydp1} t_1 s_1 + \sigma_{ydp2} t_2 s_2}{ts}$

ここで，t_1，s_1，t_2，s_2，σ_{ydp1}，σ_{ydp2} 及び s については**図 A.2.4** 参照。

図 A.2.3　　構造要素定義の例

a) 船側外板，内殻及び甲板の例



b) 縦通隔壁上の桁部材の例

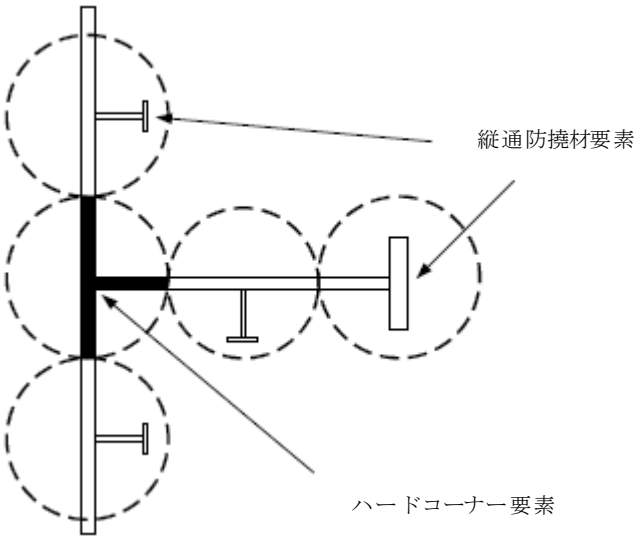
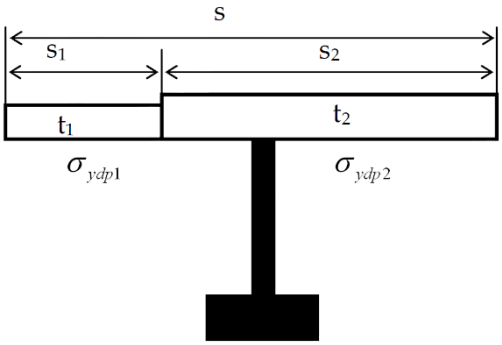


図 A.2.4　　定義



2.3　応力－ひずみ曲線 σ － ε（荷重－面内変位曲線）

2.3.1　板部材及び防撓材

2.3.1.1　板部材及び防撓材は，**表 A.2.1** に規定する崩壊モードの 1 つにより荷重を受け持たなくなる。関連する応力ひ

ずみ曲線$\sigma - \varepsilon$は，**表 A.2.1** に対応するひずみより求めなければならない。

2.3.1.2　板部材が不連続な縦通防撓材で防撓される場合，要素の応力は，不連続な縦通防撓材を考慮して **2.3.3** から **2.3.7** に従い求めなければならない。ハルガーダ最終強度を評価するための全荷重の計算において，不連続な縦通防撓材の面積は 0 として評価しなければならない。

2.3.1.3　板パネルに開口が設けられる場合，ハルガーダ最終強度を評価するための全荷重の計算において，考慮する要素面積は，板から開口面積を減じて求めなければならない。開口は **4 節 2.6.3** に従って考慮しなければならない。

2.3.2　　ハードコーナー

2.3.2.1　ハードコーナーは，弾性域又は完全塑性域において座屈及び崩壊すると仮定した頑丈な要素とする。関連する応力ひずみ曲線$\sigma - \varepsilon$は **2.3.3** に対応するハードコーナーの伸縮により求めなければならない。

表 A.2.1　　板部材及び防撓材の崩壊モード

要素	崩壊モード	応力ひずみ曲線
防撓材を横方向に配置した引張りを受ける板部材及び防撓材	弾性，完全塑性崩壊	**2.3.3** 参照
圧縮を受ける防撓材	梁の座屈 ねじり座屈 フランジとして作用する場合の局部 ウェブ座屈 平板の局部ウェブ座屈	**2.3.4** 参照 **2.3.5** 参照 **2.3.6** 参照 **2.3.7** 参照
防撓材を横方向に配置した圧縮を受ける板部材	板の座屈	**2.3.8** 参照

2.3.3　　構造要素の弾塑性崩壊

2.3.3.1　応力ひずみ曲線$\sigma - \varepsilon$を図示する又は構造要素の弾塑性崩壊を表す算式は次によらなければならない。（**図 A.2.5 参照**）

$$\sigma = \Phi \sigma_{ydA}$$

Φ：端部関数

$\Phi = -1$　　$\varepsilon < -1$の場合

$\Phi = \varepsilon$　　$-1 < \varepsilon < 1$の場合

$\Phi = 1$　　$\varepsilon > 1$の場合

ε：相対ひずみ

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_E}{\varepsilon_{yd}}$$

ε_E：要素ひずみ

ε_{yd}：要素の降伏応力に対応するひずみ

$$\varepsilon_{yd} = \frac{\sigma_{ydA}}{E}$$

σ_{ydA}：考慮する要素の等価最小降伏応力（N/mm^2）

$$\sigma_{ydA} = \frac{\sigma_{ydp} A_{p-net50} + \sigma_{yds} A_{s-net50}}{A_{p-net50} + A_{s-net50}}$$

σ_{ydp}：板部材の最小降伏応力（N/mm^2）

σ_{yds}：防撓材の最小降伏応力（N/mm^2）

$A_{p-net50}$：防撓材付き板部材のネット断面積（cm^2）

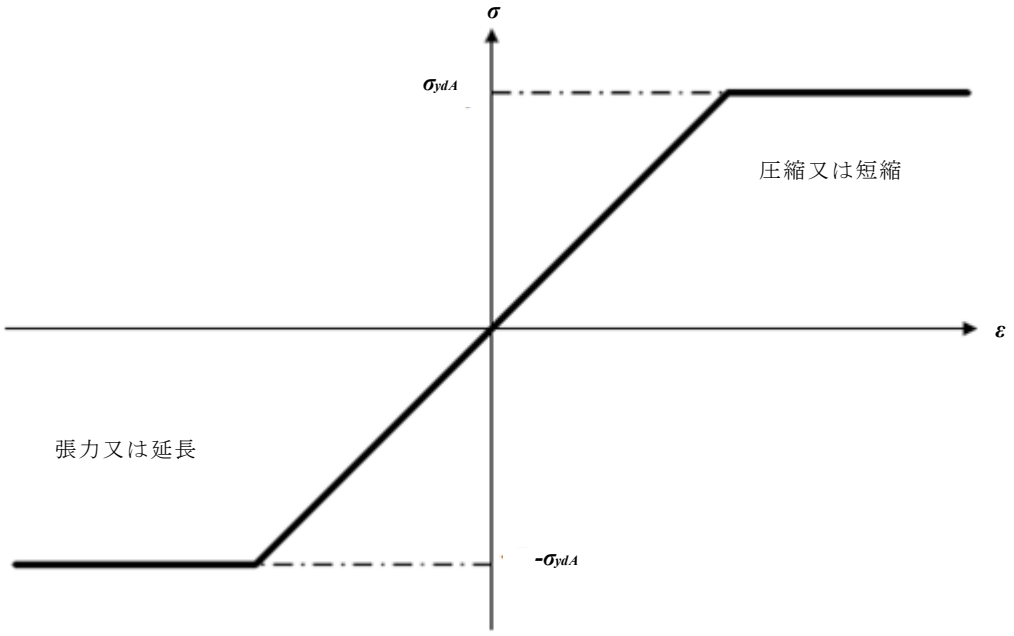
$A_{s-net50}$：防撓材付き板部材を除く防撓材のネット断面積（cm^2）

（備考）

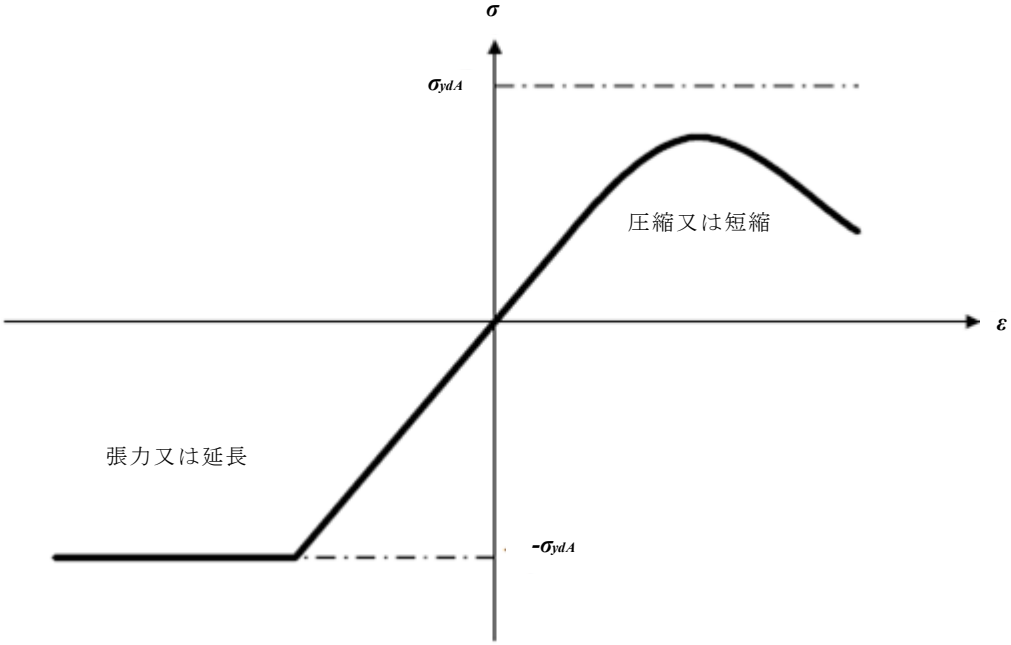
この付録における応力及びひずみの符号は，本編の規定における符号とは逆とする。

図 A.2.5　　応力-ひずみ曲線 σ - ε の例

a) ハードコーナーにおける弾性，完全塑性崩壊に対する応力ひずみ曲線 $\sigma - \varepsilon$



b) 防撓材の弾性崩壊に対する応力ひずみ曲線 $\sigma - \varepsilon$



2.3.4　円柱座屈

2.3.4.1　防撓材の円柱座屈に対する応力ひずみ曲線 $\sigma_{CR1} - \varepsilon$ の短縮部を表す算式は次によらなければならない。

$$\sigma_{CR1} = \Phi\sigma_{C1}\left(\frac{A_{s-net50}+10^{-2}b_{eff-p}t_{net50}}{A_{s-net50}+10^{-2}st_{net50}}\right) \ (N/mm^2)$$

Φ：**2.3.3.1** に規定する端部関数

$A_{s\text{-}net50}$：防撓材のネット断面積（cm^2）ただし防撓材を配置した板部材の面積は含めない。

σ_{C1}：限界応力（N/mm^2）

$$\sigma_{C1} = \frac{\sigma_{E1}}{\varepsilon} \qquad \sigma_{E1} \le \frac{\sigma_{ydB}}{2}\ \varepsilon\text{の場合}$$

$$\sigma_{C1} = \sigma_{ydB}\left(1 - \frac{\sigma_{ydB}\varepsilon}{4\sigma_{E1}}\right) \qquad \sigma_{E1} > \frac{\sigma_{ydB}}{2}\ \varepsilon\text{の場合}$$

ε：**2.3.3.1** に規定するひずみ

σ_{E1}：オイラー座屈応力（N/mm^2）

$$\sigma_{E1} = \pi^2 E \frac{I_{E-net50}}{A_{E-net50} l_{stf}^2} 10^{-4}$$

E：弾性係数で2.06×10^5（N/mm^2）とする。

$I_{E\text{-}net50}$：付き板の有効幅 $b_{eff\text{-}s}$ を含む防撓材のネット断面二次モーメント（cm^4）

$b_{eff\text{-}s}$：防撓材に対する板の有効幅（mm）

$$b_{eff-s} = \frac{s}{\beta_p} \qquad \beta_p > 1.0 \text{の場合}$$

$$b_{eff-s} = s \qquad \beta_p \leq 1.0 \text{の場合}$$

$$\beta_p = \frac{s}{t_{net50}} \sqrt{\frac{\varepsilon \sigma_{ydP}}{E}}$$

s：**4 節 2.2.1** に規定する板部材の幅（mm）で，防撓材間の間隔とする。

t_{net50}：防撓材を配置した板のネット板厚（mm）

$A_{E\text{-}net50}$：付き板の有効幅 $b_{eff\text{-}p}$ を含む防撓材のネット断面積（cm^2）

l_{stf}：防撓材の支点間距離（m）で，主要構造支持部材間の距離とする。

$b_{eff\text{-}p}$：板の有効幅（mm）

$$b_{eff-p} = \left(\frac{2.25}{\beta_p} - \frac{1.25}{\beta_p^2}\right) s \qquad \beta_p > 1.25 \text{の場合}$$

$$b_{eff-p} = s \qquad \beta_p \leq 1.25 \text{の場合}$$

σ_{ydB}：考慮する要素の等価最小降伏応力（N/mm^2）

$$\sigma_{ydB} = \frac{\sigma_{ydp} A_{pE-net50} l_{pE} + \sigma_{yds} A_{s-net50} l_{sE}}{A_{pE-net50} l_{pE} + A_{s-net50} l_{sE}}$$

$A_{pE\text{-}net50}$： 有効断面積（cm^2）

$$A_{pE-net50} = 10^{-2} b_{eff-s} t_{net50}$$

σ_{ydp}：板部材の最小降伏応力（N/mm^2）

σ_{yds}：防撓材の最小降伏応力（N/mm^2）

l_{pE}：防撓材を配置した板の有効幅 $b_{eff\text{-}s}$ を含む防撓材の中性軸から付き板の下端までの距離（mm）

l_{sE}：防撓材を配置した板の有効幅 $b_{eff\text{-}s}$ を含む防撓材の中性軸から防撓材の上端までの距離（mm）

2.3.5 防撓材のねじり座屈

2.3.5.1 防撓材の面外座屈に対する応力ひずみ曲線$\sigma_{CR2} - \varepsilon$の短縮部を表す算式は次によらなければならない。

$$\sigma_{CR2} = \Phi \frac{A_{s-net50}\sigma_{C2} + 10^{-2} s t_{net50} \sigma_{CP}}{A_{s-net50} + 10^{-2} s t_{net50}} \quad (N/mm^2)$$

Φ：**2.3.3.1** に規定する端部関数

$A_{s\text{-}net50}$：防撓材のネット断面積（cm^2）ただし，防撓材を配置した板部材の面積は含めない。

σ_{C2}：限界応力（N/mm^2）

$$\sigma_{C2} = \frac{\sigma_{E2}}{\varepsilon} \qquad \sigma_{E2} \leq \frac{\sigma_{yds}}{2} \varepsilon \text{の場合}$$

$$\sigma_{C2} = \sigma_{yds}\left(1 - \frac{\sigma_{yds}\varepsilon}{4\sigma_{E2}}\right) \qquad \sigma_{E2} > \frac{\sigma_{yds}}{2} \varepsilon \text{の場合}$$

σ_{E2}：オイラー座屈応力（N/mm^2）

$$\sigma_{E2} = \sigma_{ET}$$

σ_{ET}：**10 節 3.3.3.1** に規定するねじり座屈に対する参照応力（N/mm^2）で，グロス板厚から $0.5t_{corr}$ を差し引いて算出する。

ε：**2.3.3.1** に規定するひずみ

s：**4 節 2.2.1** に規定する板部材の幅（*mm*）で，防撓材間の距離とする。

t_{net50}：防撓材を配置した板のネット板厚（*mm*）

σ_{CP}：防撓材に対する板の最終強度（*N/mm*^{2}）

$$\sigma_{CP} = \left(\frac{2.25}{\beta_p} - \frac{1.25}{\beta_p^2}\right)\sigma_{ydp} \qquad \beta_p > 1.25 \text{の場合}$$

$$\sigma_{CP} = \sigma_{ydp} \qquad \beta_p \leq 1.25 \text{の場合}$$

β_p：**2.3.4** に規定する係数

σ_{ydp}：板部材の最小降伏応力（*N/mm*^{2}）

σ_{yds}：防撓材の最小降伏応力（*N/mm*^{2}）

2.3.6 フランジとして作用する防撓材の局部ウェブ座屈

2.3.6.1 フランジとして作用する防撓材の局部ウェブ座屈に対する応力ひずみ曲線$\sigma_{CR3} - \varepsilon$の短縮部を表す算式は次によらなければならない。

$$\sigma_{CR3} = \Phi\ \frac{b_{eff-p}t_{net50}\sigma_{ydp} + (d_{w-eff}t_{w-net50} + b_f t_{f-net50})\sigma_{yds}}{st_{net50} + d_w t_{w-net50} + b_f t_{f-net50}} \quad (N/mm^2)$$

Φ：**2.3.3.1** に規定する端部関数

b_{eff-p}：**2.3.4** に規定する防撓材を配置した板の有効幅（*mm*）

t_{net50}：防撓材を配置した板のネット板厚（*mm*）

d_w：ウェブの深さ（*mm*）

$t_{w-net50}$：ウェブのネット板厚（*mm*）

b_f：フランジの幅（*mm*）

$t_{f-net50}$：フランジのネット板厚（*mm*）

s：**4 節 2.2.1** に規定する板部材の幅（*mm*）で，防撓材間の距離とする。

d_{w-eff}：ウェブの有効深さ（*mm*）

$$d_{w-eff} = \left(\frac{2.25}{\beta_w} - \frac{1.25}{\beta_w^2}\right) d_w \qquad \beta_w > 1.25 \text{の場合}$$

$$d_{w-eff} = d_w \qquad \beta_w \leq 1.25 \text{の場合}$$

$$\beta_w = \frac{d_w}{t_{w-net50}}\sqrt{\frac{\varepsilon\sigma_{yds}}{E}}$$

ε：**2.3.3.1** に規定するひずみ

E：弾性係数で2.06×10^5（*N/mm*^{2}）とする。

σ_{ydp}：板部材の最小降伏応力（*N/mm*^{2}）

σ_{yds}：防撓材の最小降伏応力（*N/mm*^{2}）

2.3.7 平板防撓材の局部座屈

2.3.7.1 平板防撓材の局部座屈に対する応力ひずみ曲線$\sigma_{CR4} - \varepsilon$の短縮部を表す算式は次によらなければならない。

$$\sigma_{CR4} = \Phi\left(\frac{st_{net50}\sigma_{CP} + 10^{-2}A_{s-net50}\sigma_{C4}}{st_{net50} + 10^{-2}sA_{s-net50}}\right) \quad (N/mm^2)$$

Φ：**2.3.3.1** に規定する端部関数

σ_{CP}：防撓材に対する板の最終強度（*N/mm*^{2}）

σ_{C4}：限界応力（*N/mm*^{2}）

$$\sigma_{C4} = \frac{\sigma_{E4}}{\varepsilon} \qquad \sigma_{E4} \leq \frac{\sigma_{yds}}{2}\ \varepsilon \text{の場合}$$

$$\sigma_{C4} = \sigma_{yds}\left(1 - \frac{\sigma_{yds}\varepsilon}{4\sigma_{E4}}\right) \sigma_{E4} > \frac{\sigma_{yds}}{2}\ \varepsilon \text{の場合}$$

σ_{E4}：オイラー座屈応力（*N/mm*^{2}）

$$\sigma_{E4} = 160000\left(\frac{t_{w-net50}}{d_w}\right)^2$$

ε：**2.3.3.1** に規定するひずみ

$A_{s\text{-}net50}$：防撓材のネット断面積（cm^2）ただし防撓材を配置した板部材の面積は含めない。

$d_{w\text{-}net50}$：ウェブのネット板厚（mm）

d_w：ウェブの深さ（mm）

s：**4 節 2.2.1** に規定する板部材の幅（mm）で，防撓材間の距離とする。

t_{net50}：防撓材を配置した板のネット板厚（mm）

σ_{yds}：防撓材の最小降伏応力（N/mm^2）

2.3.8 横方向に防撓材を配置した板の座屈

2.3.8.1 横方向に防撓材を配置した板の座屈に対する応力ひずみ曲線$\sigma_{CR5} - \varepsilon$の短縮部を表す算式は次によらなければならない。

$$\sigma_{CR5} = \min \begin{cases} \Phi\sigma_{ydp}\left[\frac{s}{1000l_{stf}}\left(\frac{2.25}{\beta_p} - \frac{1.25}{\beta_w^2}\right) + 0.1\left(1 - \frac{s}{1000l_{stf}}\right)\left(1 + \frac{1}{\beta_p^2}\right)^2\right] \\ \sigma_{ydp}\Phi \end{cases} \quad (N/mm^2)$$

β_p：**2.3.4** に規定する係数

Φ：**2.3.3.1** に規定する端部関数

s：**4 節 2.2.1** に規定する板部材の幅（mm）で，防撓材間の距離とする。

l_{stf}：防撓材の支点間距離（m）で，主要構造支持部材間の距離とする。

σ_{ydp}：板部材の最小降伏応力（N/mm^2）

3　代替手法

3.1　一般

3.1.1　代替モデルの検討

3.1.1.1　曲げモーメント－曲率曲線（M-κ）は代替手法により導いて差し支えない。モデル化に当たっては，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) 幾何学的な非線形性
(b) 材料の非線形性
(c) 幾何学的不完全性及び残留応力（板及び防撓材の初期たわみ量）
(d) 組み合わせ荷重
　2 軸圧縮
　2 軸引張り
　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

3.2　手法

3.2.1　増分反復法

3.2.1.1　ハルガーダ縦曲げ最終強度を評価する最も一般的に用いられる手法は，2 つの隣接する横肋骨間の船体断面の曲げの曲率（κ）を増分することにより，非線形なモーメントと曲率の関係（M-κ）を導き，この曲線の最大曲げモーメントを最終強度（M_U）と見なす手法である。

3.2.1.2　M-κ 曲線は，横断面における個々の構造要素に対する非線形な P-ε（荷重／歪）荷重－変位曲線に基づかなければならない。荷重－変位曲線 P-ε は **3.1.1.1** に示す全ての関連する構造上の影響因子を考慮しなければならない。

3.2.2　非線形有限要素解析法

3.2.2.1　高度な非線形有限要素解析モデルをハルガーダ最終強度の評価に使用して差し支えない。モデル化に当たっては **3.1.1.1** に示す非線形応答に重要な関連する影響因子を考慮しなければならない。

3.2.2.2　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。

付録 B　　構造強度の評価

1　　通則

1.1　　適用

1.1.1　　一般

1.1.1.1　**9 節 2.1** に従って，船体構造強度を確認するために有限要素による評価を行わなければならない。

1.1.1.2　構造評価は本付録の規定に従って行わなければならない。また，当該構造評価は規定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。

1.1.1.3　船体中央部貨物タンク区域の縦曲げ強度部材，主要支持構造部材及び横隔壁の評価に加えて，当該タンクの前方部及び後方部の貨物区域における横隔壁近傍のせん断力の影響を深さ方向に受ける **9 節 2.2.1.1** 及び **4 節表 4.1.1** に規定するせん断強度部材の強度評価について適用する。なお，本付録にいう“せん断強度部材”の強度評価は，船首隔壁，機関室横隔壁及びスロップタンク横隔壁には適用しない。

1.1.1.4　有限要素による構造強度評価のための貨物タンク区域の定義を**図 B.1.1** に示す。

1.1.1.5　**付録 B.2** に従って，船体中央部貨物区域の縦曲げ強度部材，主要支持構造部材及び横隔壁の寸法評価を目的とした貨物タンク構造強度解析を行わなければならない。最後部貨物タンク前方の横隔壁（当該隔壁を含む）と船尾垂線から $0.65L_{CSR\text{-}T}$ 間にあっては，最大許容静水圧（荷重状態 S）並びに許容静水圧及び波浪せん断力の組合せ（荷重組合せ $S+D$）に基づき評価を行わなければならない。ただし，機関室及びスロップタンクの横隔壁は除くものとする（**図 B.1.1(a)** 参照）。

1.1.1.6　**付録 B.2** に従って，前方の貨物区域のせん断強度部材の評価を行わなければならない。前方の貨物区域にあるタンク内の横隔壁近傍の当該強度部材の強度評価は船尾垂線から $0.65L_{CSR\text{-}T}$ より前方にある隔壁の位置における静水中（荷重ケース S）及び静水中と波浪中を合わせた深さ方向のせん断強度（荷重ケース $S+D$）の最大許容値に基づいて行ってもよい。ただし，船首隔壁は除くものとする（**図 B.1.1(b)**参照）。

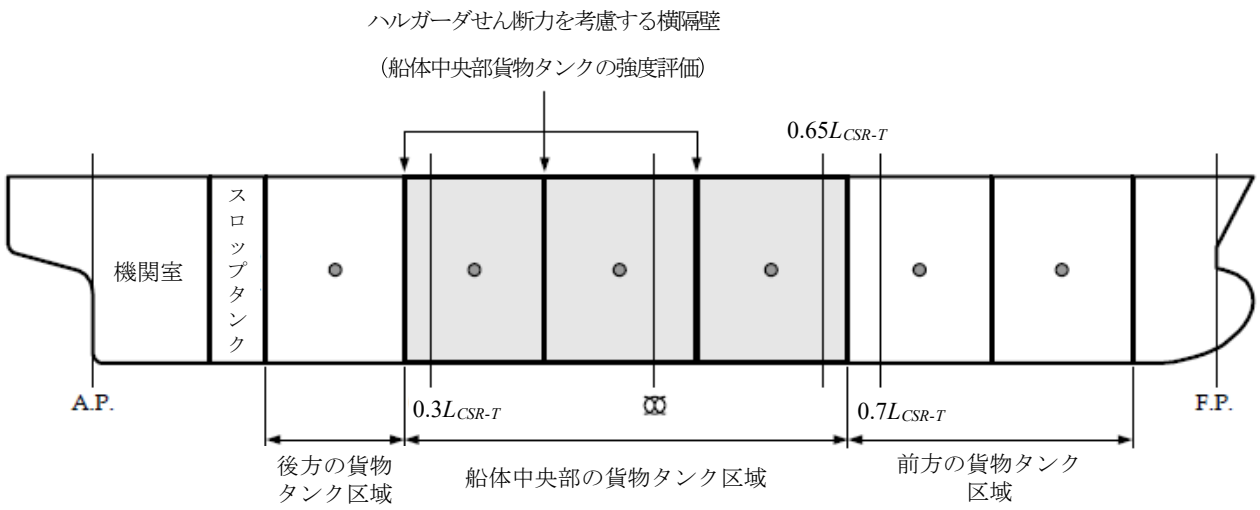
1.1.1.7　**付録 B.2** による船体中央部貨物区域及び後方の貨物区域の横隔壁近傍のせん断強度部材の強度は，**1.1.1.5** に規定する船体中央部貨物区域の解析結果から得られる部材寸法に基づいて差し支えない。

1.1.1.8　また，任意の評価として，個々の位置における横隔壁のせん断強度部材の強度規定は，それぞれの位置における静水中（荷重ケース S）及び静水中と波浪中を合わせた深さ方向の船体せん断強度（荷重ケース $S+D$）の最大許容値を用いて行って差し支えない（**図 B.1.1.(b)**参照）。

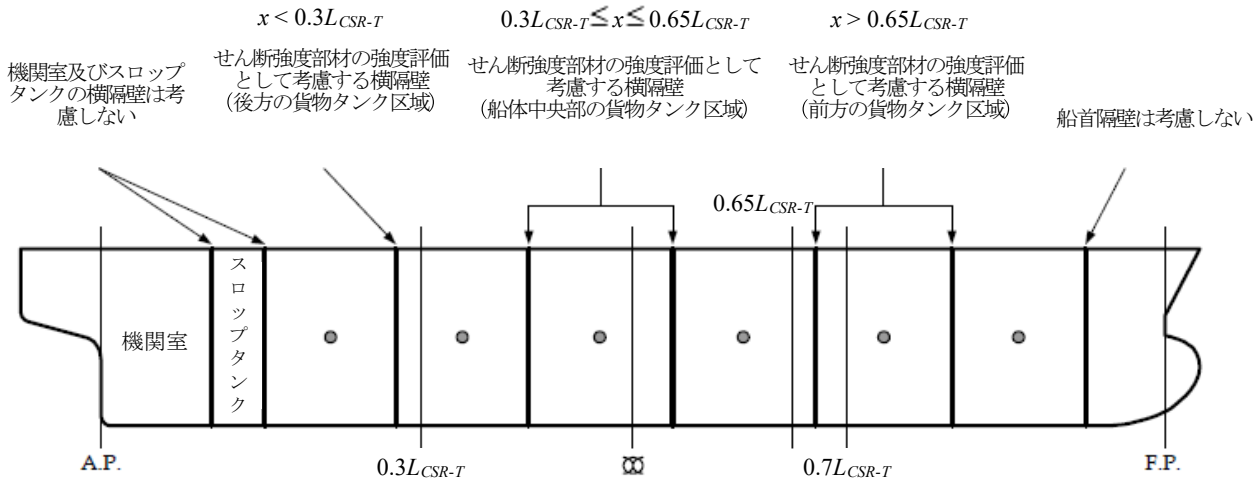
1.1.1.9　**付録 B.3** による詳細メッシュによる有限要素法解析及び**付録 B.4** によるビルジホッパナックル下部の有限要素による疲労強度評価は，船体中央貨物区域にあっては必ず行わなければならない。

図 B.1.1　　有限要素による構造評価のための貨物タンク区域の定義

(a) 中央部貨物タンク区域の強度評価



(b) せん断強度評価



（備考）

(1) 前方の貨物区域のタンクとは，船長方向の重心位置が船尾垂線から 0.7$L_{CSR\text{-}T}$ より前方にあるタンクをいう。

(2) 船体中央部の貨物区域のタンクとは，船長方向の重心位置が船尾垂線から 0.3$L_{CSR\text{-}T}$ より前方で，かつ，船尾垂線から 0.7$L_{CSR\text{-}T}$ より後方にあるタンクをいう。

(3) 後方の貨物区域のタンクとは，船長方向の重心位置が船尾垂線から 0.3$L_{CSR\text{-}T}$ より後方にあるタンクをいう。

1.2　記号及び定義

1.2.1　一般

1.2.1.1　本 **1.2** における記号及び定義は **4 節 1** 及び **7 節**に定めるもののほかは次による。

a_v：タンクの重心位置における上下方向の加速度

a_t：タンクの重心位置における横方向の加速度

a_{lng}：タンクの重心位置における前後方向の加速度

E：鋼材の縦弾性係数で 2.06×10^5（N/mm^2）とする

M_{wv}：動的荷重ケースにおける波浪縦曲げモーメント

M_{sw}：有限要素解析の荷重ケースにおける静水中縦曲げモーメント

M_h：動的荷重ケースにおける波浪水平曲げモーメント

Q_{wv}：動的荷重ケースにおける波浪せん断力

Q_{sw}：有限要素解析の荷重ケースにおける静水中せん断力

T_{LC}：考慮する積付状態の喫水

T_{sc}：構造喫水で **4 節 1.1.5.5** の規定による

$T_{bal\text{-}em}$：緊急時喫水

t_{grs}：船主要求増厚分を除いたグロス板厚（**2 節 4.3.4** 参照）

t_{corr}：腐食予備厚で **6 節 3.2** の規定による

σ_{yd}：材料の規格降伏応力（N/mm^2）

σ_{vm}：*von Mises* の等価応力で次の算式による値

$$= \sqrt{{\sigma_x}^2 + {\sigma_y}^2 - \sigma_x\sigma_y + 3{\tau_{xy}}^2}$$

σ_x：要素の x 方向軸応力

σ_y：要素の y 方向軸応力

τ_{xy}：要素の x-y 平面内せん断応力

δ_x：**4 節 1.4** に規定する座標系による x 方向の変位量

δ_y：**4 節 1.4** に規定する座標系による y 方向の変位量

δ_z：**4 節 1.4** に規定する座標系による z 方向の変位量

θ_x：**4 節 1.4** に規定する座標系による x 軸周りの回転角

θ_y：**4 節 1.4** に規定する座標系による y 軸周りの回転角

θ_z：**4 節 1.4** に規定する座標系による z 軸周りの回転角

1.2.1.2　各構造部材の名称は **4 節 1.5** の規定による。

1.2.1.3　構造解析の全体を通して一貫した座標系及び単位系を用いなければならない。ただし，規則算式を用いる計算にあっては，規定の単位系及び座標系を使用しなければならない。規則算式によった計算結果の値が，構造解析で使用する単位系及び座標系と異なっている場合，当該値を適当な単位系及び座標系に換算しなければならない。

1.2.2　要素の種類

1.2.2.1　構造評価は，3 次元構造モデルの線形有限要素法解析によらなければならない。有限要素法解析に用いられる一般的な要素の種類を**表 B1.1** に示す。

1.2.2.2　船体構造のモデル化にあっては，2 節点の一次元要素並びに 3 若しくは 4 節点の平面又はシェル要素を用いて十分に考慮すること。本付録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。

表 B.1.1　　要素の種類

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有する一次元要素
メンブレン（又は面内応力）平面要素	二軸及び面内曲げ剛性を有する一様な厚さの平面要素
シェル（又は曲げ平面）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平面要素

1.2.2.3　**付録 B.2** 及び **3** に規定する貨物タンクの構造解析及び詳細メッシュ強度解析において，応力の許容基準に対する評価は，平面要素の膜応力（又は面内応力）を用いなければならない。また，**付録 B.4** に規定する疲労強度評価に対して，疲労寿命の決定に対する変動応力範囲の計算にあっては，平面要素の表面応力を用いなければならない。

2 貨物タンクの構造強度解析

2.1 評価

2.1.1 一般

2.1.1.1 一般的な配置のタンカーについて，ハルガーダ及び主要支持構造部材の有限要素強度評価は，**本付録 B.2** の規定によらなければならない。

2.2 構造のモデル化

2.2.1 一般

2.2.1.1 船体中央部貨物タンクに対する有限要素モデルの船長方向の範囲は，船体中央部近傍の貨物タンク，船長方向 3 タンクの範囲としなければならない。船体中央部の貨物区域におけるタンク長さが異なっている場合，有限要素モデルの中央のタンクが最大長さを有する貨物タンクとなるようにモデル化しなければならない。有限要素モデルは，角柱のようになる。モデル前後端の横隔壁は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。モデル端部の横隔壁を越えるモデル長さにあっては，前後端で同一の長さとしなければならない。モデル端部のウェブフレームは，モデル化しなければならない。異なった形状を有するタンカーの船体中央部の貨物タンク区域の代表的な有限要素モデルを**図 B.2.1** に示す。

2.2.1.2 **9 節 2.2.1.1** 及び **4 節表 4.1.1** に規定する貨物区域の前後部におけるハルガーダせん断力に対するせん断強度部材の評価にあっては，板材及び防撓材の特性を考慮して，適宜，修正した船体中央部の貨物タンクの有限要素モデルを用いること。別の貨物タンク有限要素モデルをせん断強度の評価に使用する場合にあっては，当該モデルの長さは 3 タンク長さとしなければならない。

2.2.1.3 船舶の両舷をモデル化しなければならない。また，船舶の深さ方向全体をモデル化しなければならない。

2.2.1.4 全ての主要構造部材をモデル化しなければならない。モデル化対象部材として，船側縦通隔壁及び船側外板，二重底フロア及び桁板，立桁及び横桁，ストリンガ並びに縦及び横隔壁構造が含まれている。桁の防撓材を含む全ての板材及び防撓材をモデル化しなければならない。（**2.2.1.11** 参照）

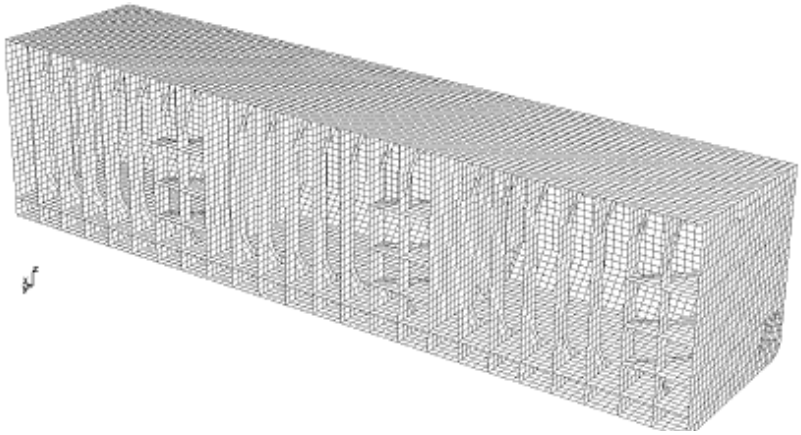
2.2.1.5 貨物タンクの有限要素モデルに使用するネット板厚は，全ての板材，防撓材のウェブ及びフランジに適用し，次の算式によらなければならない。

$t_{FEM-net50} = t_{grs} - 0.5t_{corr}$

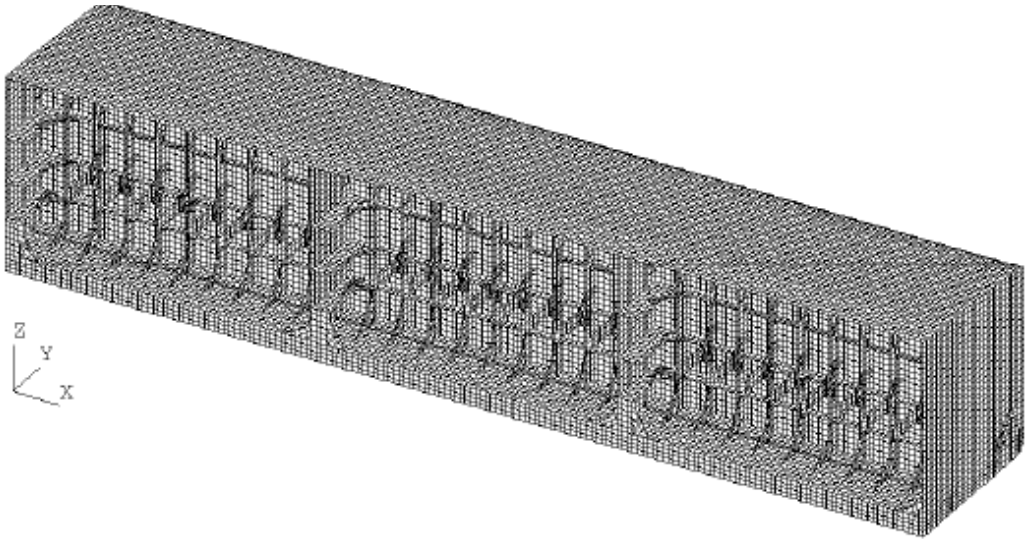
t_{grs} ：**1.2** に規定するグロス寸法

t_{corr} ：**6 節 3.2** に規定する腐食予備厚

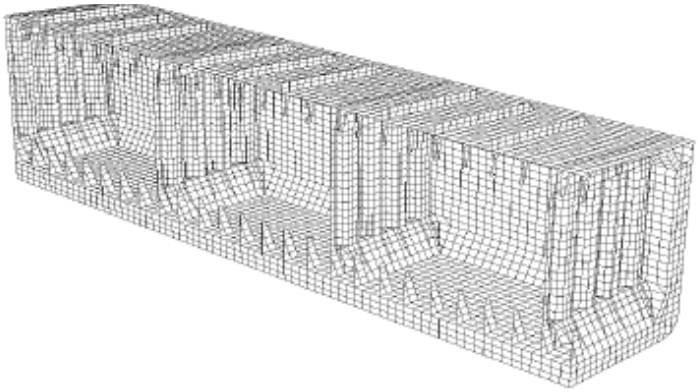
図 B.2.1　　中央部貨物タンク区域の 3 タンク標準有限要素モデル



アフラマックス型タンカーの貨物タンクの標準モデル（両舷モデルの右舷側のみを表示）



VLCC 型タンカーの貨物タンクの標準モデル（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タンクの標準モデル（両舷モデルの左舷側のみを表示）

2.2.1.6　平面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表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。平面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 B.2.2** 参照）。縦通方向にあっては，要素長さは 2 縦通肋骨心距以下としなければならない。

(b) 横隔壁の各垂直防撓材間に 1 要素とする（**図 B.2.3** 参照）。

(c) 立桁及び横桁，クロスタイ並びにストリンガの防撓材間に 1 要素とする（**図 B.2.2** 及び**図 B.2.4** 参照）。

(d) 二重底桁板及びフロア，立桁及び横桁，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。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のに十分な大きさでなければならない（**図 B.2.2** 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正確に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アーム長さは実際のブラケットのアーム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 B.2.5** 参照）。フランジのテーパ部のモデル化にあっては，**2.2.1.14.**によらなければならない。メッシュ分割の一例を**図 B.2.5** 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（**付録 B.3** 参照）。

2.2.1.7　波形隔壁及び隔壁スツールは，シェル要素を用いてモデル化しなければならない（**図 B.2.6** 参照）。スツール内のダイヤフラム，内部防撓材及びスツール付立防撓材についても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) 波形隔壁のフランジ及びウェブのシェル要素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。

(b) 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，実際の波形隔壁の形状を維持するように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。ただし，モデルの簡素化のために波形形状を調整する場合にあっては，この影響は **2.7.2.6** の規定による応力評価を用いて考慮すること。

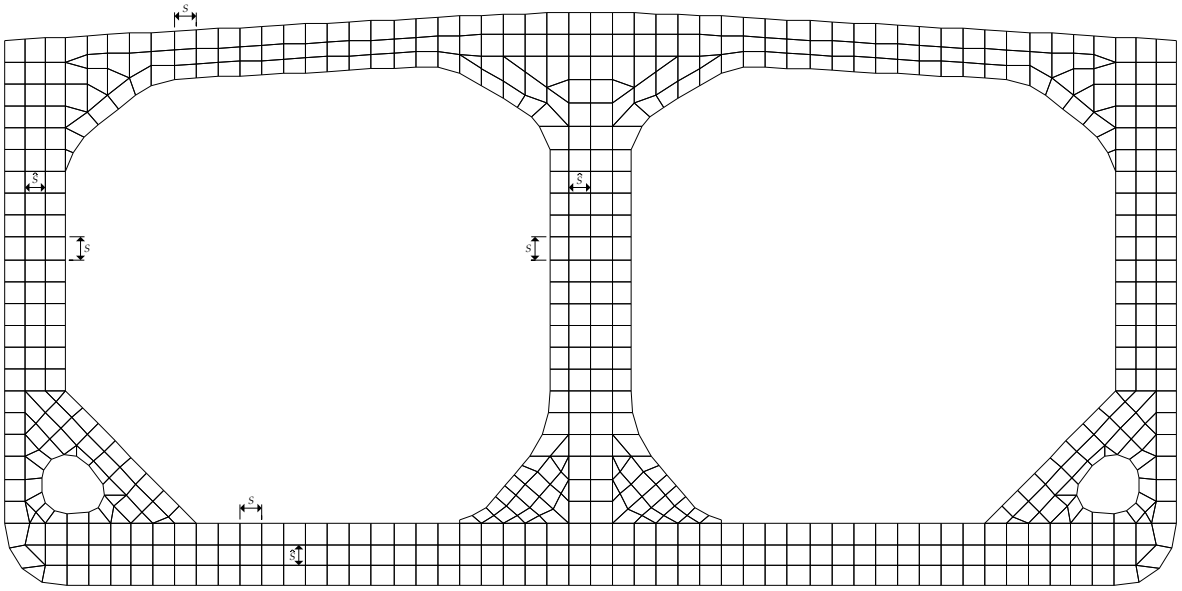
(c) 上部スツール又は下部スツールを持たない波形隔壁にあっては，必要であればモデルの簡素化のために幾何学的形状を調整すること。当該調整は，波形隔壁及び主要支持部材の形状及び位置関係が維持されるようにしなければならない。必要に応じて防撓材及び板部材の継手を調整することによりモデル化を行わなければならない。

2.2.1.8　平面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。また，三角形要素の使用は最小限に留めなければならない。高応力部及び急激な応力勾配が予想される箇所にあっては，可能な限り平面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。

2.2.1.9　貨物タンク構造の一般的なメッシュ配置を**図 B.2.7** に示す。

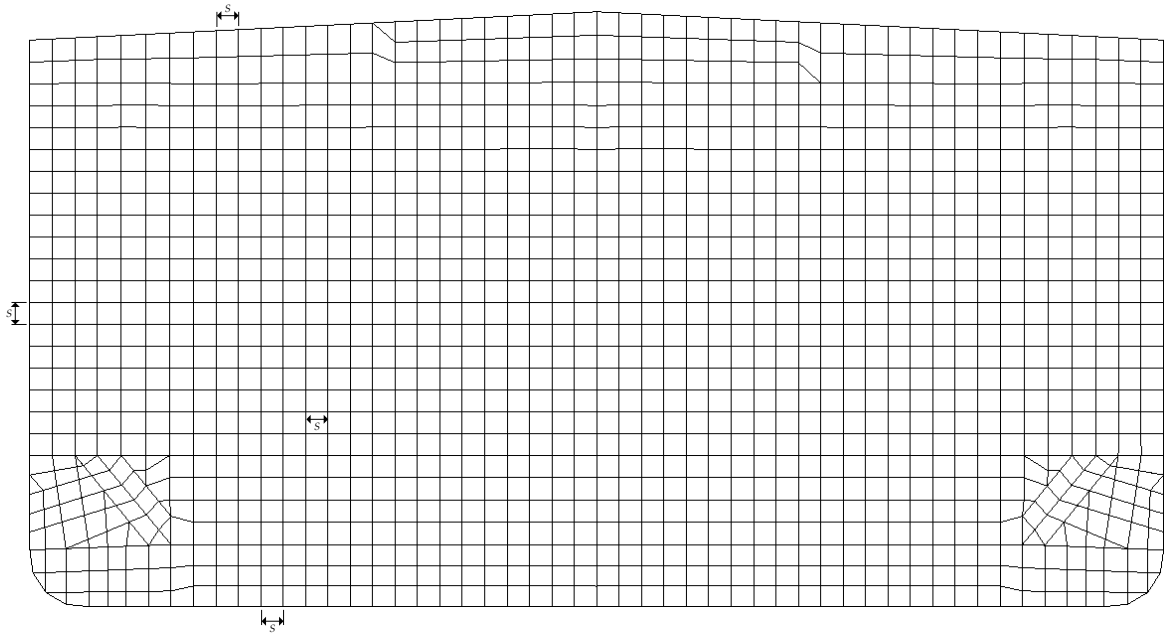
2.2.1.10 ビーム要素を伴うシェル要素は，面外荷重を受ける防撓パネルのモデル化の際に使用しなければならない。また，シェル要素は，面外荷重を受ける防撓されていない板材をモデル化の際に使用しなければならない。メンブレン要素及びロッド要素にあっては，面外荷重を受けない非水密構造部材のモデル化の際に使用して差し支えない。

図 B.2.2　　横桁の標準的な有限要素メッシュ



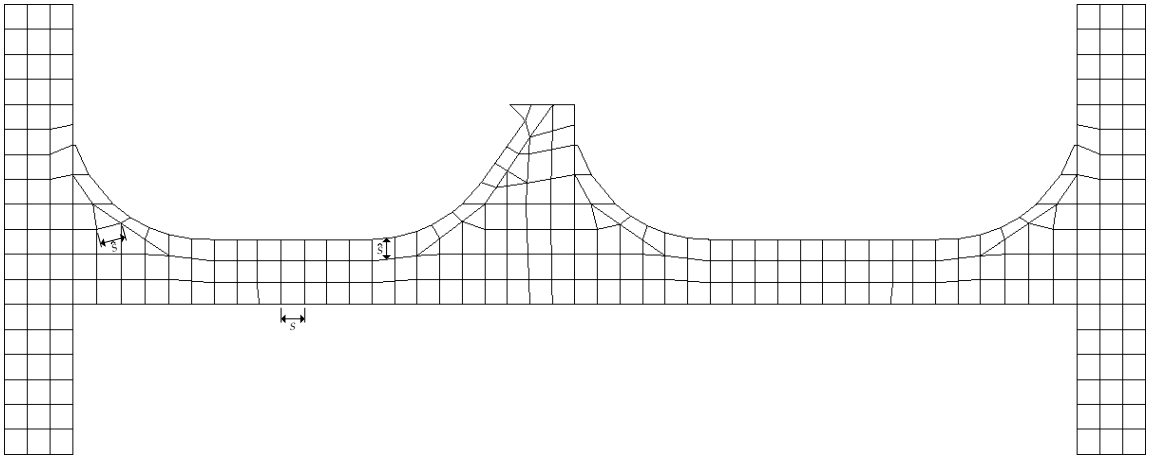
S=防撓材間隔

図 B.2.3　　横隔壁の標準的な有限要素メッシュ



S=防撓材間隔

図 B.2.4　　横隔壁付水平桁の標準的な有限要素メッシュ



S=防撓材間隔

図 B.2.5　　横桁の裏当てブラケットの標準的な有限要素メッシュ

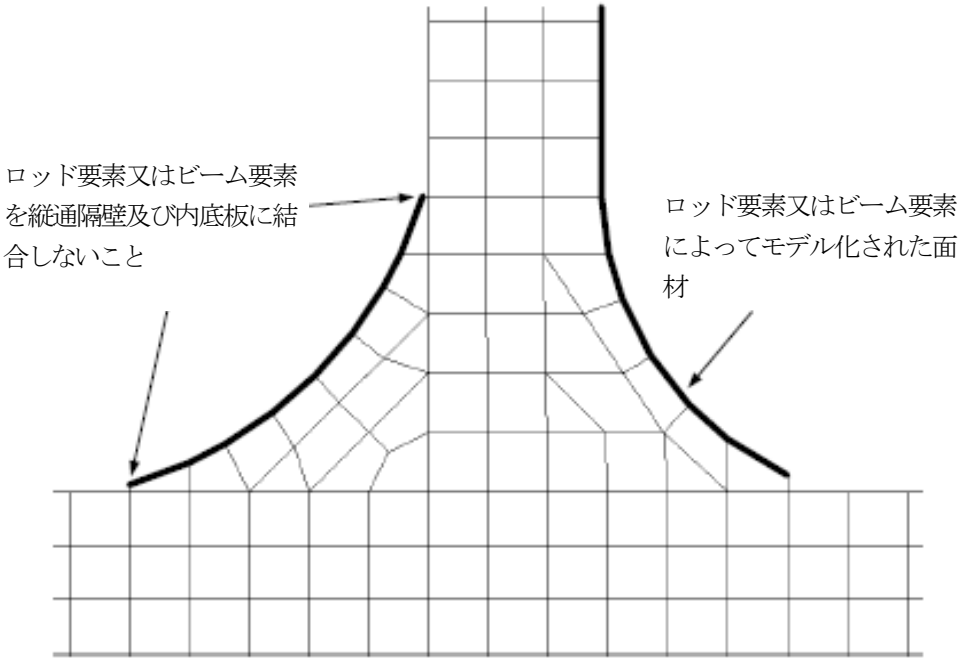


図 B.2.6　　波形横隔壁構造の標準的な有限要素メッシュ

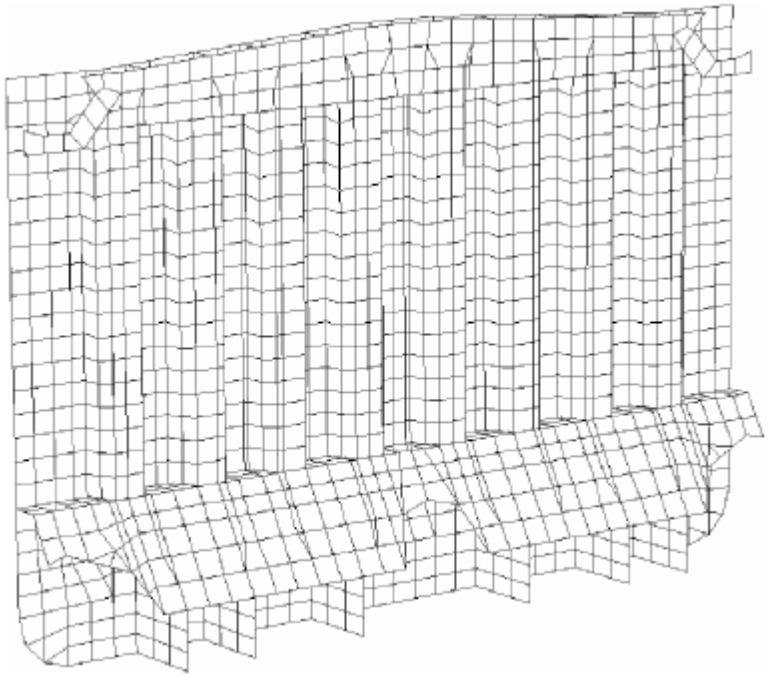
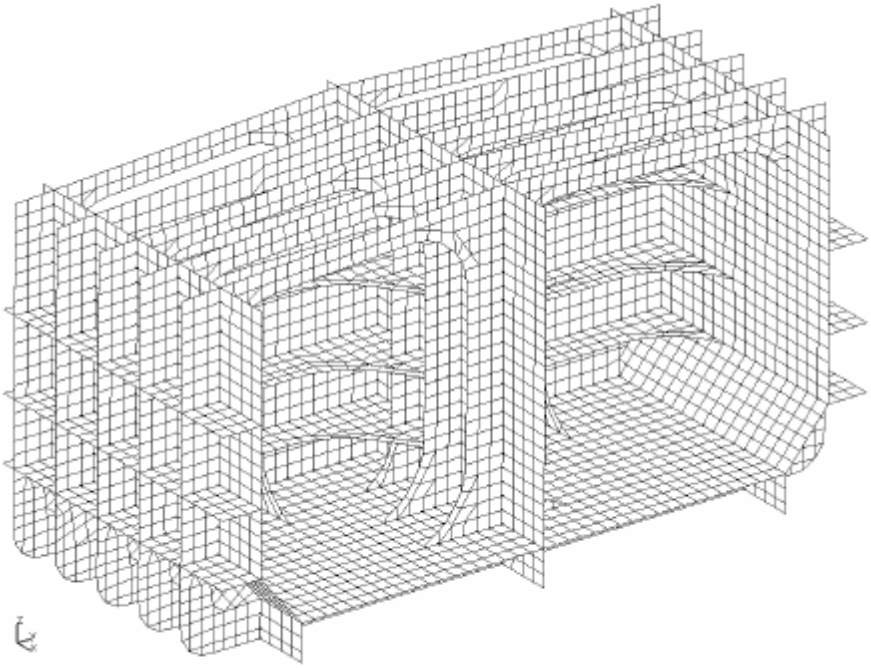
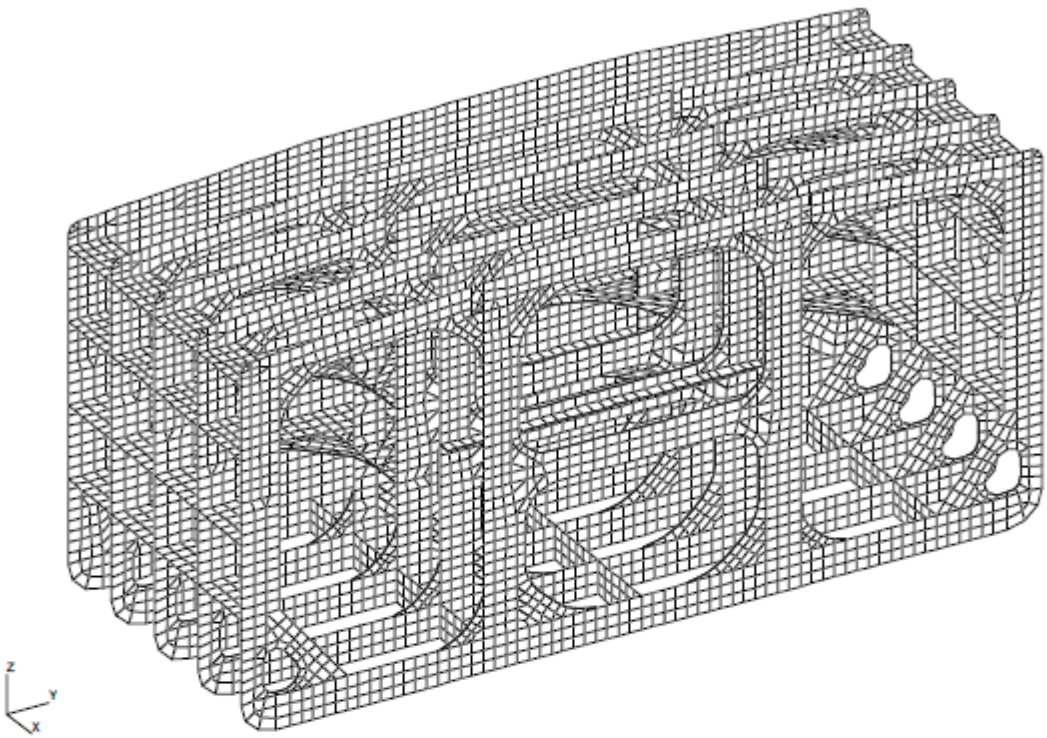


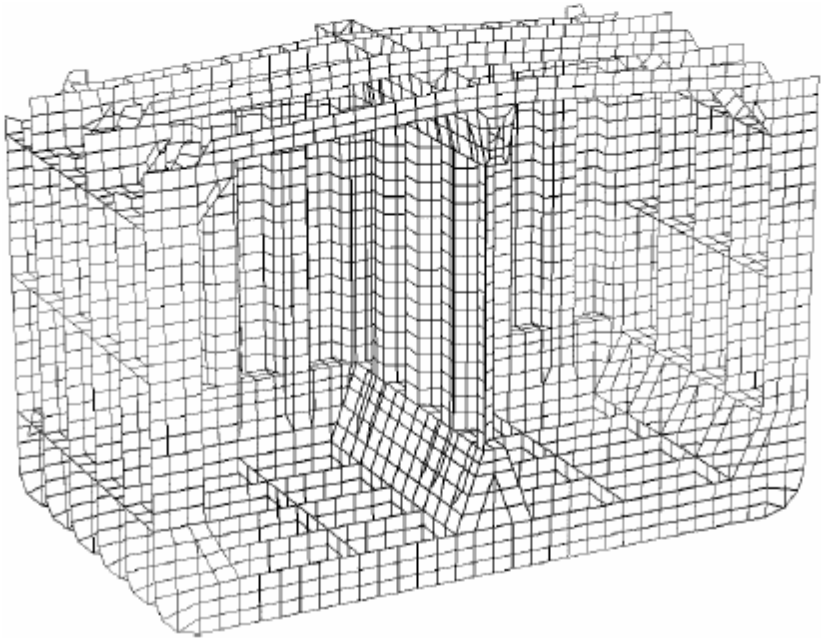
図 B.2.7　　貨物タンク構造の標準的な有限要素メッシュ



アフラマックス型タンカー



VLCC タンカー



プロダクトタンカー

2.2.1.11 全ての防撓材をモデル化しなければならない。防撓材は，平面要素の面内に一次元要素としてモデル化すること。ビーム要素は，面外荷重が作用する構造部材に使用しなければならない。また，ロッド（トラス）要素は，面外荷重が作用しない内部構造部材の防撓材のモデル化に使用すること。一次元要素は，次の特性を有しなければならない。

(a) ビーム要素にあっては，面外曲げ特性として，防撓材及びそれに付く板部材の慣性力を示さなければならない。防撓材付板部材の有効幅は，両側の防撓材間隔のそれぞれ 1/2 を合計したものでなければならない。モデル化において，中性軸の偏心は考慮しなくて差し支えない。

(b) ビーム要素及びロッド要素にあっては，断面特性は防撓材付板部材を含まない防撓材の断面積に基づいてモデル化しなければならない。

2.2.1.12 不連続防撓材の有効断面積にあっては，**表 B.2.1** に従って計算しなければならない。

表 B.2.1　　一次元要素を用いた防撓材の有効な横断面積

一次元要素によって表される構造	有効断面積　A_e	
スニップ端から $2d_w$ の距離以内にある防撓材	全断面	A_e=25%$A_{n\text{-}net50}$
スニップ端から $2d_w$ を越えた距離にある防撓材	全断面	A_e=100%$A_{n\text{-}net50}$

（備考）

$A_{a\text{-}net50}$：一次元要素の長さ方向の平均横断面積

d_w：板を除いた防撓材のウェブ深さ

2.2.1.13 主要支持部材のウェブ付防撓材は，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考慮して距離を調整し，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あっては，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，ロッド要素を使用してモデル化すること。

2.2.1.14 主要支持部材及びブラケットの面材は，ロッド要素を用いてモデル化すること。湾曲部に沿って取り付けられる面材の有効断面積は，**4 節 2.3.4** 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要素の有効断面積は，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。

2.2.1.15 主要支持部材のウェブに設けられる開口部のモデル化にあっては，**表 B.2.2** によらなければならない。防撓材，スカラップ，ドレン孔及び通気孔等は，モデル化する必要はない。

表 B.2.2　　主要支持部材の開口部のモデル化手法

$h_o/h < 0.35$ 及び $g_o < 1.2$	開口部をモデル化する必要はない。
$0.5 > h_o/h \geq 0.35$ 及び $g_o < 1.2$	開口部を含む板は平均板厚 $t_{1\text{-}net50}$ でモデル化すること。
$h_o/h < 0.5$ 及び $2 > g_o \geq 1.2$	開口部を含む板は平均板厚 $t_{2\text{-}net50}$ でモデル化すること。
$h_o/h \geq 0.5$ 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。

$$g_o = 1 + \frac{{l_o}^2}{2.6(h-h_o)^2}$$

$$t_{1\text{-}net50} = \frac{h-h_o}{h}\, t_{w-net50}$$

$$t_{2\text{-}net50} = \frac{h-h_o}{hg_o}\, t_{w-net50}$$

$t_{w\text{-}net50}$：ウェブのネット板厚

l_o：主要支持部材の長さ方向に沿った開口部長さ（**図 B.2.8** 参照）

h_o：主要支持部材の深さ方向に沿った開口部高さ（**図 B.2.8** 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（**図 B.2.8** 参照）

t_{corr}：**6 節 3.2** に規定する腐食予備厚

（備考）

(1) 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 B2.9** に示すとおり開口を横切る全長としなければならない。

(2) l_o，h_o 及び h に対しては同じ単位を使用すること。

図 B.2.8　　ウェブの開口部

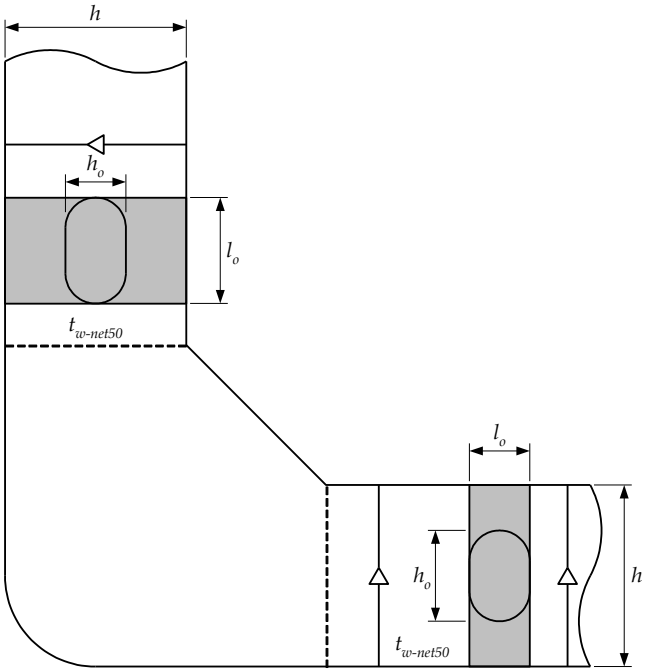
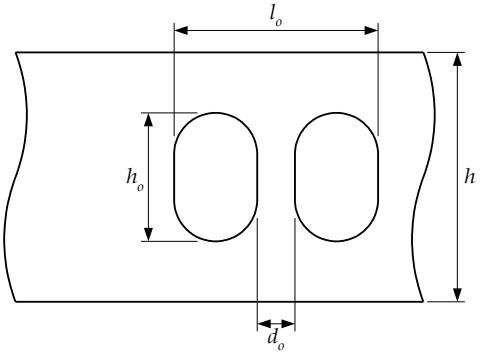


図 B.2.9　　$d_o < \frac{h}{4}$の連続した開口部に対する長さ l_o の定義



2.3　積付状態

2.3.1　有限要素荷重ケース

2.3.1.1　構造解析に用いる標準的な設計荷重組合せは，2 列の油密縦通隔壁及び 1 列の船体中心線上にある油密縦通隔壁を有するタンカーに対してそれぞれの**表 B.2.3** 及び**表 B.2.4** に規定するものとする。

2.3.1.2　設計荷重組合せ $S+D$（航海状態の荷重ケース）について，各積付パターンに対して検討を必要とする動的荷重ケースの数は，**表 B.2.3** 及び**表 B.2.4** の各積付パターンに対して規定されている動的荷重ケースに番号を示している。各設計荷重組合せ $S+D$ は，次の 2 つの部分から成る。

(a)　積付パターンに対応する静荷重，船舶の喫水，規定する静水中縦曲げモーメント及び静水中せん断力

(b)　規定する動的荷重ケース番号によって **7 節表 7.6.2** に規定する動荷重

2.3.1.3　2 列の油密縦通隔壁及びセンタータンク内に 1 本のクロスタイを有するタンカーにおいて，左右貨物タンクの非対称積付により，より厳しい応力応答が発生する可能性がある場合にあっては，**表 B.2.3** の荷重パターン A7 及び A12 について検討しなければならない。ただし，上述の航行時非対称積付状態がローディングマニュアルに含まれる場合にのみ，荷重パターン A7 の解析を要求する。中央タンクにクロスタイを持たないタンカーにあっては，荷重パターン A7 及び A12 を検討しなくて差し支えない。

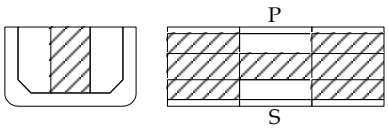
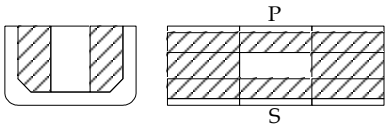
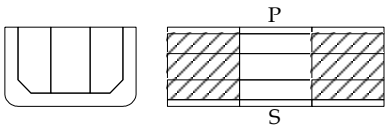
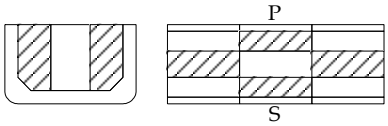
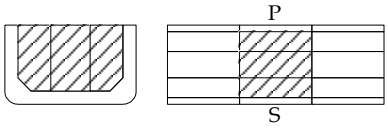
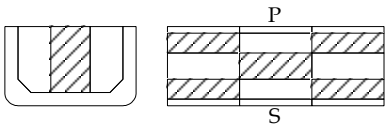
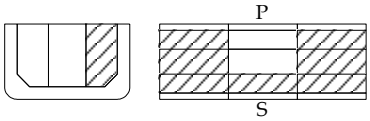
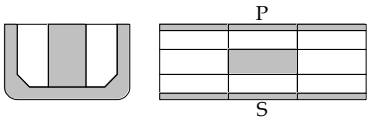
2.3.1.4　2 列の油密縦通隔壁を有するタンカーについて，航海状態の積付パターン A3 及び港内状態の積付パターン A13 のように貨物タンクが幅方向に一列並んで空槽の場合にあっては，喫水をそれぞれ $0.55T_{sc}$ 及び $0.65T_{sc}$ として解析を行わなければならない。積付パターン A3 又は A13 に対して，ローディングマニュアルにより深い喫水状態が規定されている場合にあっては，当該積付パターンに対するローディングマニュアルに規定する最大喫水を用いること。ただし，適用する航海状態又は港内状態の許容静水中せん断力は，他の積付パターンで用いられるもの以上でなければならない。

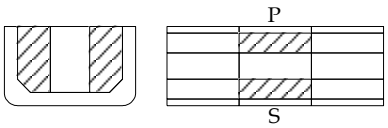
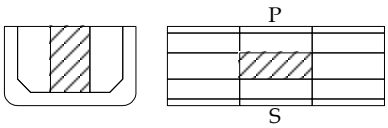
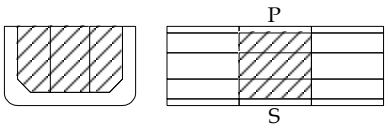
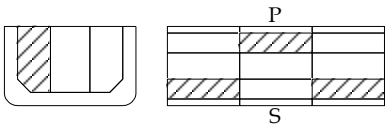
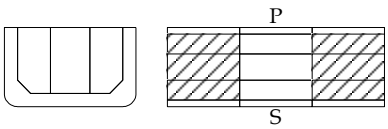
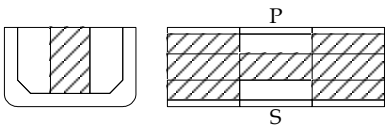
2.3.1.5　2 列の油密縦通隔壁を有するタンカーについて，航海状態の積付パターン A5 及び港内状態の積付パターン A11 のように貨物タンクが幅方向に一列並んで満載状態の場合にあっては，喫水をそれぞれ $0.8T_{sc}$ 及び $0.7T_{sc}$ として解析を行わなければならない。積付パターン A5 又は A11 に対して，ローディングマニュアルに浅い喫水状態をが規定している場合にあっては，当該積付パターンに対するローディングマニュアルに規定する最小喫水を用いること。

2.3.1.6　A1，A2，B1，B2 及び B3 のように貨物タンクが空槽となる積付パターンの場合にあっては，喫水を $0.9T_{sc}$ として解析を行わなければならない。貨物タンクが空槽となる積付パターンに対して，ローディングマニュアルに深い喫水状態を規定している場合にあっては，実際の状態に対する最大喫水を使用しなければならない。

2.3.1.7　ローディングマニュアルに 1 ないし複数の貨物タンクにバラストを注水するようなバラスト状態を規定している場合にあっては，**表 B.2.3** 及び**表 B.2.4** に示す積付パターン A8 及び B7 について検討しなければならない。この積付状態が非対称の場合，本会が適当と認める追加の強度検討を行わなければならない。

表 B.2.3　　2 列の油密縦通隔壁を有するタンカーの有限要素法解析の荷重ケース

積付パターン	積付図	静水圧荷重			動的荷重		
					構造強度評価(1(a))	船体せん断強度評価(1(b))	
		喫水	許容 *SWBM*(2)（%）	許容 *SWSF*(2)（%）	中央部区域	前方区域	中央部区域及び後方区域
設計荷重組合せ *S*＋*D*（航海状態の荷重ケース）							
A1		$0.9T_{sc}$	100%（サギング）	(3)	1	＼	＼
			100%（ホギング）	100%（船首側－方向）(4)	2，5a	＼	＼
A2		$0.9T_{sc}$	100%（サギング）	(3)	1	＼	＼
			100%（ホギング）	100%（船首側－方向）(4)	2，5a	＼	＼
A3		$0.55T_{sc}$(6)	100%（ホギング）	100%（船首側－方向）(5)	2	4	2
				100%（船首側－方向）(4)	5a	＼	＼
A4		$0.6T_{sc}$	100%（サギング）	100%（船首側＋方向）(4)	1，5a	＼	＼
A5		$0.8T_{sc}$(7)	100%（サギング）	100%（船首側＋方向）(5)	1	3	1
				100%（船首側＋方向）(4)	5a	＼	＼
A6		$0.6T_{sc}$	100%（ホギング）	100%（船首側－方向）(4)	5a	＼	＼
A7(8)		T_{LC}	100%（ホギング）	100%（船首側－方向）(4)	5a	＼	＼
A8(9)		$T_{bal\text{-}em}$	100%（サギング）	100%（船首側＋方向）(4)	1	＼	＼
設計荷重組合せ *S*（港内及び水圧試験状態の荷重ケース）							

A9[13]		$1/4T_{sc}$	100% （サギング）	100% （船首側＋方向）[4]	中央部区域の強度評価に限り適用する[1(a)]
A10[13]		$1/4T_{sc}$	100% （サギング）	100% （船首側＋方向）[4]	中央部区域の強度評価に限り適用する[1(a)]
A11[12, 13]		$0.7T_{sc}$[12]	100% （サギング）	100% （船首側＋方向）[5]	中央部区域の強度評価[1(a)]及びせん断荷重に対する強度評価[1(b)]に適用する
A12[10, 13]		$1/3T_{sc}$	[10]	[10]	中央部区域の強度評価に限り適用する[1(a)]
A13[11, 13]		$0.65T_{sc}$[11]	100% （ホギング）	100% （船首側－方向）[5]	中央部区域の強度評価[1(a)]及びせん断荷重に対する強度評価[1(b)]に適用する
A14[13]		T_{sc}	100% （ホギング）	100% （船首側－方向）[4]	中央部区域の強度評価に限り適用する[1(a)]

（備考）

(1) (a) 中央部貨物区域内の縦強度部材，主要支持部材及び横隔壁の強度評価に適用（**1.1.1.5** 参照）。

(b) せん断荷重に対する横隔壁近傍のせん断強度部の強度評価に適用し，**1.1.1.6**，**1.1.1.7** 及び **1.1.1.8** を参照のこと。

(2) 異なった貨物区域の評価に用いる許容静水中縦曲げモーメント（*SWBM*）及び静水中せん断力（*SWSF*）の算定位置は，**表 B2.6** によらなければならない。適用する許容 *SWBM* 及び許容 *SWSF* の％は本表によらなければならない。

(3) 有限要素モデルによる静的及び動的局部荷重を適用した結果から得られる実際のせん断力を使用しなければならない。

(4) 有限要素モデルによる静的及び動的局部荷重を適用した結果から得られる実際のせん断力を使用しなければならない。当該せん断力が目標とする *SWSF*（設計荷重組合せ *S*），又は *SWSF* 及び *VWSF*（**2.4.5.2** によって導出される値）の組合せ（本表に規定されている設計荷重組合せ *S*+*D*）の値を超える場合にあっては，要求値に対してせん断荷重を下げて調整することで，垂直荷重の修正を適用しなければならない。

(5) 修正した垂直荷重は，規定した要求値に対して，せん断荷重を調整することで適用しなければならない。

(6) 航海状態で船幅方向の全てのタンクが空槽となる積付パターン A3 に対して，喫水 $0.55T_{sc}$ を解析に使用すること。ローディングマニュアルに規定する喫水が $0.55T_{sc}$ より大きい場合にあっては，その積付条件に対応する最大喫水を使用すること。

(7) 航海状態で船幅方向の全てのタンクが満載となる積付パターン A5 に対して，喫水 $0.8T_{sc}$ を解析に使用すること。ローディングマニュアルに規定する喫水が $0.8T_{sc}$ より小さい場合にあっては，その積付条件に対応する最小喫水を使用すること。

(8) 積付パターン A7 は，センタータンクにクロスタイを配置するタンカーで，ローディングマニュアルに一つのウィングタンクのみに積載する非対称積付状態が含まれる場合にのみ解析すること。積付状態に対して，ローディングマニュアルに規定する実際の喫水を使用しなければならい（**表 B.2.5** 参照）。

(9) 1 つ以上の貨物タンクにバラスト水を積載する積付パターン A8（すなわち，荒天時バラスト，緊急時バラスト状態等）の解析は，ローディングマニュアルに規定する場合に限り要求する。積付状態に対して，ローディングマニュアルに規定する実際の積付パターン及び喫水を使用しなければならない（**表 B.2.5** 参照）。

(10) 積付パターン A12 は，センタータンクにクロスタイを配置するタンカーにのみ適用すること。有限要素モデルに局部荷重を適用した結果得られる実際のせん断力及び曲げモーメントを使用すること。調整したせん断力及び曲げモーメントは適用しないこと。

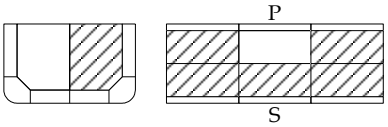
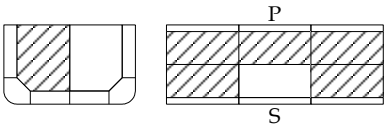
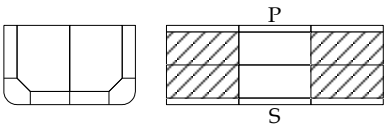
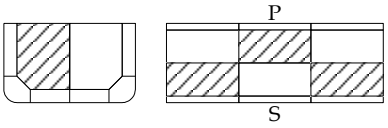
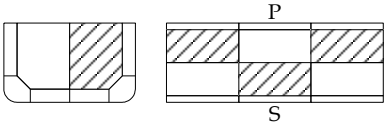
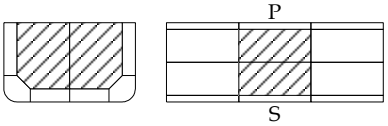
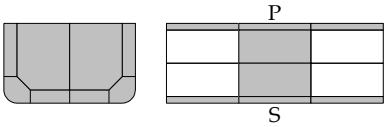
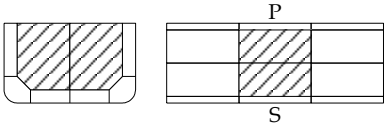
(11) 港内状態で船幅方向の全てのタンクが空槽となる積付パターン A13 に対して，喫水 $0.65T_{sc}$ を解析に使用すること。ローディングマニュアルに規定する喫水が $0.65T_{sc}$ より大きい場合にあっては，その積付条件に対応する最大喫水を使用すること。

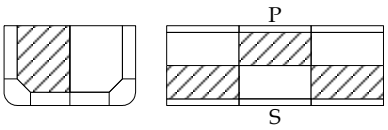
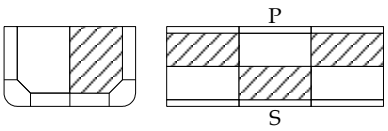
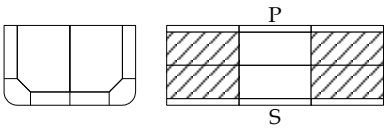
(12) 港内状態で船幅方向の全てのタンクが満載となる積付パターン A11 に対して，喫水 $0.7T_{sc}$ を解析に使用すること。ローディ

ングマニュアルに規定する喫水が $0.7T_{sc}$ より小さい場合にあっては，その積付条件に対応する最小喫水を使用すること。

(13)動的荷重は，設計荷重組合せ S（港内及び水圧試験状態の荷重ケース）に適用してはならない。

表 B.2.4　　1 列の船体中心線上にある油密縦通隔壁を有するタンカーの荷重ケース

積付パターン	積付図	静水圧荷重			動的荷重		
		喫水	許容 *SWBM*(2)（%）	許容 *SWSF*(2)（%）	構造強度評価(1(a)) 中央部区域	船体せん断強度評価(1(b)) 前方区域	船体せん断強度評価(1(b)) 中央部区域及び後方区域
設計荷重組合せ *S*+*D*（航海状態の荷重ケース）							
B1		$0.9T_{sc}$	100%（サギング）	(3)	1	＼	＼
			100%（ホギング）	100%（船首側－方向）(4)	2，5a	＼	＼
B2 (6)		$0.9T_{sc}$	100%（サギング）	(3)	1	＼	＼
			100%（ホギング）	100%（船首側－方向）(4)	2，5b	＼	＼
B3		$0.9T_{sc}$	100%（ホギング）	100%（船首側－方向）(5)	2	4	2
				100%（船首側－方向）(4)	5a, 5b, 6a, 6b	＼	＼
B4		$0.6T_{sc}$	100%（サギング）	75%（船首側＋方向）(4)	1，5a	＼	＼
B5 (6)		$0.6T_{sc}$	100%（サギング）	75%（船首側＋方向）(4)	1，5b	＼	＼
B6		$0.6T_{sc}$	100%（サギング）	100%（船首側＋方向）(5)	1	3	1
				100%（船首側＋方向）(4)	5a，5b	＼	＼
B7 (7)		$T_{bal\text{-}em}$	100%（サギング）	100%（船首側＋方向）(4)	1	＼	＼
設計荷重組合せ *S*（港内及び水圧試験状態の荷重ケース）							
B8(8)		$1/3T_{sc}$	100%（サギング）	100%（船首側＋方向）(5)	中央部区域の強度評価(1(a))及びせん断荷重に対する強度評価(1(b))に適用する		

B9[8]		$1/3T_{sc}$	100% （サギング）	75% （船首側 ＋方向）[4]	中央部区域の強度評価に限り適用する[1(a)]
B10[6, 8]		$1/3T_{sc}$	100% （サギング）	75% （船首側 ＋方向）[4]	中央部区域の強度評価に限り適用する[1(a)]
B11[8]		T_{sc}	100% （ホギング）	100% （船首側 －方向）[5]	中央部区域の強度評価[1(a)]及びせん断荷重に対する強度評価[1(b)]に適用する

（備考）

(1) (a) 中央部貨物区域内の縦強度部材，主要支持部材及び横隔壁の強度評価に適用（**1.1.1.5** 参照）。

(b) せん断荷重に対する横隔壁近傍のせん断強度部材の強度評価に適用し，**1.1.1.6**，**1.1.1.7** 及び **1.1.1.8** を参照のこと。

(2) 異なった貨物区域の評価に用いる許容静水中縦曲げモーメント（*SWBM*）及び静水中せん断力（*SWSF*）の算定位置は，**表 B2.6** によらなければならない。適用する *SWBM* 及び *SWSF* の百分率は本表によらなければならない。

(3) 有限要素モデルによる静的及び動的局部荷重を適用した結果から得られる実際のせん断力を使用しなければならない。

(4) 有限要素モデルによる静的及び動的局部荷重を適用した結果から得られる実際のせん断力を使用しなければならない。当該せん断力が目標とする *SWSF*（設計荷重組合せ *S*）又は *SWSF* 及び *VWSF*（**2.4.5.2** によって導出される値）の組合せ（本表に規定されている設計荷重組合せ *S*+*D*）の値を超える場合にあっては，要求値に対してせん断荷重を下げて調整することで，垂直荷重の修正を適用しなければならない。

(5) 修正した垂直荷重は，規定した要求値に対して，せん断荷重を調整することで適用しなければならない。

(6) 積付パターン B2，B5 及び B10 は船体構造が船体中心線に対して左右非対称な場合にのみ適用すること。

(7) 貨物タンクにバラスト水が積載される積付パターン B7（すなわち，荒天時バラスト状態，緊急時バラスト状態等）は，ローディングマニュアルに規定されている場合に限り要求される。当該積付パターンの解析にあたっては，ローディングマニュアルに規定する実際の積付状態及び喫水を使用しなければならない。（**表 B.2.5** 参照）実際の積付パターンが B7 と異なる場合は以下によること。

(a) ローディングマニュアルには解析に使用した積付状態に対応した運航制限を追記しなければならない。

(b) 貨物タンクにバラスト水が積載される積付パターンの解析において，100%の許容 *SWBM* を適用しなければならない。

(8) 動的荷重を考慮しない場合にあっては，設計荷重組合せ *S*（港内及び水圧試験状態の荷重ケース）を適用しなければならない。

2.3.2 動的荷重ケース

2.3.2.1 有限要素法解析に使用される動的荷重ケースは，**7 節 6.4** に規定するものとする。

2.4 適用荷重

2.4.1 一般

2.4.1.1 有限要素モデルに適用する荷重は，**7 節 6** 及び **B.2.4** に規定するものでなければならない。

2.4.1.2 適用する荷重及び加速度の計算に用いる荷重用パラメータ及びその位置は，**表 B.2.5** 及び**表 B.2.6** の規定によらなければならない。

2.4.1.3 要素中心で得られる一様荷重は平面要素に適用して差し支えない。また，その代わりに要素節点間の線形分布荷重を与えて差し支えない。

表 B.2.5 荷重及び加速度計算におけるパラメータ

	基本的な積付状態			追加の積付状態	
パラメータ	喫水 T_{sc}	喫水 $0.9T_{sc}$	喫水 $0.6T_{sc}$	積付状態：A3（喫水 ＞$0.6T_{sc}$）及び A7	荒天時又は緊急時バラスト状態：A8 及び B7
$L_{CSR\text{-}T}$	規則長さ			規則長さ	
C_b	**4 節 1.1.9.1** に規定する方形係数			**4 節 1.1.9.1** に規定する方形係数	
船速	0.0			0.0	
ロール応答					
GM	$0.12B$	$0.12B$	$0.24B$	ローディングマニュアルに示す積付パターン又は荒天時若しくは緊急時のバラスト状態の修正 GM を考慮すること (1)	
$r_{roll\text{-}gyr}$	$0.35B$	$0.35B$	$0.4B$	(2)	
ピッチ応答，船長方向及び船幅方向の加速度，水平曲げモーメント並びに波浪荷重					
喫水	T_{sc}	$0.9T_{sc}$	$0.6T_{sc}$	考慮する積付パターンに対するローディングマニュアルに示す平均喫水の最大値	考慮する積付パターンに対するローディングマニュアルに示す平均喫水の最小値

（備考）

(1) 追加の荷重状態又は荒天時若しくは緊急時のバラスト状態の GM が，ローディングマニュアルで示されていない場合にあっては，GM は **7 節 3.1.3.2** に従って規定しなければならない。

(2) 追加の荷重状態又は荒天時若しくは緊急時のバラスト状態の $r_{roll\text{-}gyr}$ が，ローディングマニュアルで示されていない場合にあっては，$r_{roll\text{-}gyr}$ は **7 節 3.1.3.3** に従って規定しなければならない。

(3) 荒天時又は緊急時のバラスト状態とは，1 つ以上の貨物タンクにバラストが満載されている状態をいう。

表 B.2.6　荷重および加速度の計算位置

	強度評価(1a)	ハルガーダせん断強度評価(1b)		
	中央部貨物区域	前方貨物区域	中央部貨物区域	後方貨物区域
設計荷重組合せ $S+D$（航海状態の荷重ケース）				
動的波浪荷重及び青波荷重	船尾垂線から 0.5 $L_{CSR\text{-}T}$の横断面	船尾垂線から 0.75 $L_{CSR\text{-}T}$の横断面	船尾垂線から 0.5 $L_{CSR\text{-}T}$の横断面	船尾垂線から 0.25 $L_{CSR\text{-}T}$の横断面
加速度 a_v，a_t，a_{lng}	中央部タンクの重心位置（すなわち，船尾垂線から 0.5 $L_{CSR\text{-}T}$がタンク境界内）	中央部タンクの重心位置（すなわち，船尾垂線から 0.75 $L_{CSR\text{-}T}$がタンク境界内）	中央部タンクの重心位置（すなわち，船尾垂線から 0.5 $L_{CSR\text{-}T}$がタンク境界内）	中央部タンクの重心位置（すなわち，船尾垂線から 0.25 $L_{CSR\text{-}T}$がタンク境界内）
波浪中縦曲げモーメント（*VWBM*）及び静水中縦曲げモーメント（*SWBM*）（*SWBM* は，**7 節 2.1.1** 及び **7 節 2.1.2** に規定する航海状態の許容値に基づく）	船尾垂線から 0.5 $L_{CSR\text{-}T}$	船尾垂線から 0.75 $L_{CSR\text{-}T}$	船尾垂線から 0.5 $L_{CSR\text{-}T}$	船尾垂線から 0.25 $L_{CSR\text{-}T}$
水平曲げモーメント（*HWBM*）	船尾垂線から 0.5 $L_{CSR\text{-}T}$	-	-	-
波浪中縦せん断力（*VWSF*）及び静水中縦せん断力（*SWSF*）（*SWSF* は，**7 節 2.1.3** 及び **7 節 2.1.4** に規定する航海状態の許容値に基づく）	航海中許容 *SWSF* と *VWSF* の組合せが最大となる範囲の横隔壁位置。（**1.1.1.5** 参照）	航海中許容 *SWSF* と *VWSF* の組合せが最大となる範囲の横隔壁位置（**1.1.1.6** 参照）又は個々の横隔壁位置（**1.1.1.8** 参照）	中央部貨物タンクの強度評価（**1.1.1.7** 参照）又は個々の横隔壁位置における航海中許容 *SWSF* 及び *VWSF*（**1.1.1.8** 参照）に基づく	
設計荷重組合せ S（港内及び水圧試験状態の荷重ケース）				
SWBM（*SWBM* は，**7 節 2.1.1** 及び **7 節 2.1.2** に規定する航海状態の許容値に基づく）	船尾垂線から 0.5 $L_{CSR\text{-}T}$	船尾垂線から 0.75 $L_{CSR\text{-}T}$	船尾垂線から 0.5 $L_{CSR\text{-}T}$	船尾垂線から 0.25 $L_{CSR\text{-}T}$
SWSF（*SWSF* は，**7 節 2.1.3** 及び **7 節 2.1.4** に規定する航海状態の許容値に基づく）	範囲内の港内状態における許容 *SWSF* の最大値。（**1.1.1.5** 参照）	範囲内の港内状態における許容 *SWSF* の最大値（**1.1.1.6** 参照）又は個々の隔壁位置（**1.1.1.8** 参照）	中央部貨物タンク強度評価（**1.1.1.7** 参照）又は個々の横隔壁位置における港内状態の許容 *SWSF*（**1.1.1.8** 参照）に基づく	

（備考）

(1) 次の評価を行わなければならない：

(a) 中央部貨物区域内の縦強度部材，主要支持部材及び横隔壁の強度寸法評価（**1.1.1.5** 参照）。

(b) せん断力に対する各横隔壁近傍のせん断強度部材の強度評価（**1.1.1.6**，**1.1.1.7** 及び **1.1.1.8** 参照）。

(2) 各有限要素法解析荷重ケースにおいて，加速度は本表に従ってバラスト又は貨物の重心位置において算定しなければならない。参照とする各タンクに対して算定した加速度は，有限要素モデルの船長方向に存在する 3 つの貨物タンク又はバラストタンクに適用しなければならない。

(3) 荷重の算定に使用する船長方向の距離は，**4 節 1.1.12** に規定する船尾垂線から前方に測った距離を参照すること。

(4) 規定の断面により算定した波浪変動荷重は，有限要素モデルの全長に亘って適用しなければならない。

(5) 設計荷重組合せ $S+D$（航海状態の荷重ケース）の動的荷重に適用する動的荷重の組合せ係数は，**7 節 6.4** を参照のこと。

(6) 適用する *SWBM* び *SWSF* は**表 B2.3** 及び**表 B.2.4** によること。

2.4.2 構造重量，貨物油及びバラスト水の密度

2.4.2.1 設計貨物密度は，1.025（t/m^3）とする（**2.4.7.2** 参照）。

2.4.2.2 海水の密度は，1.025（t/m^3）とする。

2.4.2.3 構造物の重量は，有限要素法解析に含まれること。鋼材の密度は，7.85（t/m^3）とすること。

2.4.3 静水圧

2.4.3.1 喫水線下部の平面要素に適用する静水圧は，**7 節 2.2.2** に従って算定しなければならない。

2.4.3.2 各有限要素解析の荷重ケースに対して考慮する静水圧喫水は，**表 B.2.3** 及び**表 B.2.4** の規定によらなければならない。また，有限要素モデル全長にわたって同一喫水を適用しなければならない。

2.4.3.3 全ての有限要素解析の荷重ケースに対して，右舷及び左舷の喫水が平衡状態における喫水線下部の没水部に静水圧を負荷しなければならない。船体の横揺れ（ローリング）による静水圧の変化分は，波浪変動圧の算式に含むこと。

2.4.4 波浪変動圧

2.4.4.1 波浪変動圧の分布にあっては，**表 B.2.6** に規定する船長方向における横断面の位置によって決定しなければならない。波浪変動圧分布は，**7 節 6.3.5** に従って算定しなければならない。当該圧力分布は，有限要素モデルの全長に亘って適用しなければならない。

2.4.4.2 暴露甲板への波の打込みによる圧力分布は，**表 B.2.6** に規定する船長方向の位置によって **7 節 6.3.6** に従って算定しなければならない。当該圧力分布は，有限要素モデルの全長にわたる暴露甲板に適用しなければならない。

2.4.5 船体縦曲げモーメント及びせん断力

2.4.5.1 3 タンク有限要素における中央部タンク長さの範囲にあっては，船体縦曲げモーメント $M_{v\text{-}targ}$ は，次の算式により定まる値としなければならない。

$M_{v\text{-}targ} = M_{sw} + M_{wv}$

M_{sw}：**表 B.2.3** 及び**表 B.2.4** に規定する有限要素法解析の荷重ケースに適用する静水中縦曲げモーメント

M_{wv}：考慮する動的荷重ケースに対し，**7 節 6.3.2** の規定に従って算定する波浪縦曲げモーメント

2.4.5.2 中央部タンク前方の横隔壁位置におけるせん断力 Q_{targ} は，次の算式により定まる値しなければならない。

$Q_{targ} = Q_{sw} + Q_{wv}$

Q_{sw}：**表 B.2.3** 及び**表 B.2.4** に規定する有限要素法解析の荷重ケースに適用する静水中せん断力

Q_{wv}：考慮する動的荷重ケースに対し，**7 節 6.3.4** の規定に従って算定する波浪せん断力

2.4.5.3 要求する船体縦曲げモーメント及びせん断力は，**表 B.2.3** 及び**表 B.2.4** に規定する同一の荷重ケースにおいてそれぞれ考慮しなければならない。当該船体縦曲げモーメント及びせん断力の適用手順は，**2.5** の規定によること。

2.4.6 船体波浪水平曲げモーメント

2.4.6.1 3 タンク有限要素モデルにおける中央部タンク長さの範囲にあっては，船体波浪水平曲げモーメントは，考慮する動的荷重ケースによって要求される値として，**7 節 6.3.3** に従って算定する値としなければならない。

2.4.6.2 船体水平曲げモーメントの適用手順は，**2.5** の規定によること。

2.4.7 貨物タンク及びバラストタンク内の圧力

2.4.7.1 有限要素解析において貨物タンク又はバラストタンクのタンク囲壁に作用する全てのタンク内圧 P_{in} は，**7 節表 7.6.1** 及び**表 B.2.6** に規定する静圧及び変動圧を組合せたものとしなければならない。

2.4.7.2 航海状態の荷重ケース（設計荷重組合せ $S+D$）対する貨物タンク内圧力は，次の算式によらなければならない：

$P_{in} = f_{density}\,(P_{in\text{-}tk} + P_{in\text{-}dyn})$（$kN/m^2$）

$f_{density}$：計画貨物密度及び設計寿命 25 年の内に起こりうる最大波浪状態の発生確率係数で次の算式による。

$= \rho_{max\text{-}LM} / \rho_{allowable}$

$\rho_{max\text{-}LM}$：ローディングマニュアルの積付状態による満載状態の最大貨物密度。ただし，$\rho_{max\text{-}LM}$ は貨物積載状態にあっては 0.9（t/m^3）以上とし，追加の非常時バラスト状態にあっては 1.025（t/m^3）以上とする（すなわち，それぞれ**表 B.2.3** 及び**表 B.2.4** の A8 及び B7 の状態）。

$\rho_{allowable}$：満載状態における設計貨物密度で 1.025（t/m^3）とする。ただし，設計者がこれより高密度にて設計し

ている場合は，この限りではない（**2 節 3.1.8.1** 参照。）

$P_{in\text{-}tk}$：**7 節 2.2.3.1** に規定するタンク内静圧（kN/m^2）で，設計貨物密度と同等のタンク内液体密度 $\rho_{allowable}$ を考慮すること。

$P_{in\text{-}dyn}$：**7 節 6.3.7.1** に規定する同時に作用する動的タンク圧力（kN/m^2）で，**2.4.7.3** に規定する単純化及び設計貨物密度と同等のタンク内液体密度 $\rho_{allowable}$ を考慮すること。

2.4.7.3　タンク重心位置における包括的垂直加速度 a_v にあっては，次のように単純化を行い，**7 節 3.3.3** の規定に従って算定すること。

(a)　向い波状態に対して，$a_{roll\text{-}z}$ を 0 とする。

(b)　横波状態に対して，$a_{pitch\text{-}z}$ を 0 とする。

2.4.7.4　深さ，幅及び長さ方向の加速度は，**表 B.2.6** の規定における長さ方向の位置において，幅方向に並列したタンクのそれぞれの重心位置を用いて算定しなければならない。当該加速度は，3 タンク有限要素モデルの長さ方向の全タンクに適用しなければならない。

2.4.7.5　タンク内変動圧力は，**7 節 6.3.7.1** 及び**表 B.2.6** に従って算定しなければならない。

2.4.7.6　フロー・スルー法によってバラスト水を交換するバラストタンクにあっては，**7 節表 7.6.1** に規定する航海状態の荷重ケース（設計荷重組合せ $S+D$）対するタンク内圧力の算定時に，次の要件を考慮しなければならない。

- 貨物区域における全てのバラストタンクの空気管又はオーバーフロー管の最大垂直高さ（すなわち，**7 節 2.2.3.2** 及び**図 7.2.3** に規定する h_{air}）は，深さ方向の加速度によるタンク内変動圧の計算に使用すること。（**7 節 6.3.7.1** 参照）
- 貨物区域における全てのバラストタンクの h_{air} 及び **7 節 2.2.3.3** に規定する P_{drop} の最大値は，タンク内静圧の計算に使用すること。

2.4.7.7　**7 節表 7.6.1** に規定する港内及び水圧試験状態の荷重ケース（設計荷重組合せ S）に対する貨物タンク内の静圧の算定にあっては，次の要件を考慮しなければならない。

- 貨物区域における全ての貨物タンクの **7 節 2.2.3.2** 及び**図 7.2.3** に規定する h_{air} の最大値は，$P_{in\text{-}test}$ の算定時に考慮すること。（**7 節 2.2.3.5** 参照）

2.4.7.8　モデル前後端の横隔壁を越えてモデル化が行われる場合にあっては（**2.2.1.1** 参照），タンク内圧力は当該横隔壁を越えた範囲の部材に負荷する必要はない。

2.4.7.9　**7 節 2.2.3.5** に規定する圧力逃し弁の最大設定圧力 P_{valve} は，**7 節表 7.6.1** に規定する設計荷重の組合せ S 及び $S+D$ において考慮しなければならない。

2.5　せん断力及びハルガーダ曲げモーメントの調整手順

2.5.1　一般

2.5.1.1　**本 2.5** で規定する手順は，要求値を満足するために 3 タンク有限要素モデルに負荷する船体水平曲げモーメント，せん断力及び船体縦曲げモーメントの分布の調整に対して適用しなければならない。

2.5.1.2　中央部タンク前後部の横隔壁位置において規定のせん断力及び，中央部タンク長さの範囲における規定の船体縦曲げモーメントがそれぞれ生じるよう，垂直分布荷重を各フレーム位置に，船体縦曲げモーメントをモデル端部にそれぞれ負荷すること。当該要求値は，**2.4.5** の規定による。

2.5.1.3　中央部タンク長さの範囲における規定の船体水平曲げモーメントが生じるように，船体水平曲げモーメントはモデル端部に負荷すること。当該要求値は，**2.4.6** の規定による。

2.5.2　局部荷重によるせん断力及び曲げモーメント

2.5.2.1　局部荷重によるせん断力は，中央部タンクの横隔壁位置にて算定しなければならない。中央部タンクの横隔壁位置での最大せん断力の絶対値は，横隔壁位置における必要となるせん断力の調整量を得るために用いなければならない（**2.5.3** 参照）。局部荷重による縦曲げモーメント分布は，3 タンク有限要素モデルの中央部タンクにて算定しなければならない。有限要素モデルは，せん断力及び曲げモーメントの算定に使用することができる。この場合，3 タンク有限要素モデルに相当する両端支持の単純梁モデルによってせん断力及び曲げモーメントを算定して差し支えない。

2.5.2.2　横波及び斜波状態の場合にあっては，波浪変動圧及びタンク内変動圧による水平曲げモーメント分布は，モデルの中央部タンク長さに沿って算定すること。

2.5.2.3　せん断力及び船体曲げモーメントの算定に対して，次の局部荷重を適用すること。

(a)　3 タンク有限要素モデル全体の船体構造重量分布（静的荷重）。単純梁モデルを使用する場合にあっては，各タン

クの構造重量は，貨物タンクの全長に亘って均等に分布することとする。構造重量の算定にあたっては，貨物タンク有限要素モデルの構造に合わせて $0.5t_{corr}$ を差し引いた板厚に基づくこと（**2.2.1.5** 参照）。

(b) 貨物油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。設計荷重の組合せ“*S*（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) 設計荷重の組合せ“*S*＋*D*（航行状態の荷重ケース）”に対するタンク内変動圧。

2.5.3　せん断力分布の調整手順

2.5.3.1　各横隔壁位置における必要となるせん断力の調整量（**図 B.2.10** に示す ΔQ_{aft} 及び ΔQ_{fwd}）は，**図 B.2.11** に示すように各フレーム位置における垂直荷重を与えることにより得ること。有限要素モデル内の各横隔壁及び前方タンクの前方及び後方タンクの後方のフレームあっては，修正垂直荷重を適用してはならない。適用した修正垂直荷重の合計は 0 となること。

2.5.3.2　有限要素モデルの中央部タンクの前後横隔壁位置におけるせん断力の調整量は，当該隔壁における規定のせん断力を算出するために，次の算式によること。

$\Delta Q_{aft} = - Q_{targ} - Q_{aft}$

$\Delta Q_{fwd} = Q_{targ} - Q_{fwd}$

ΔQ_{aft}：最大せん断力の絶対値に基づく中央部タンク後部横隔壁位置におけるせん断力の調整量

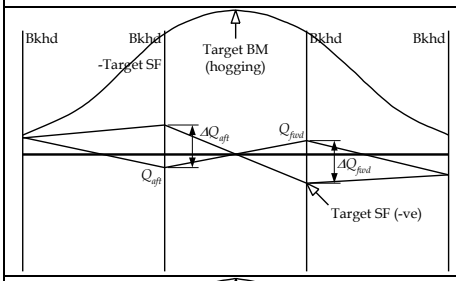
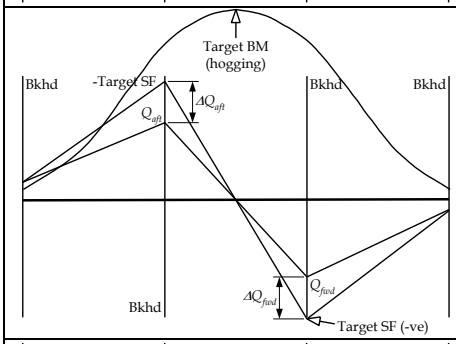
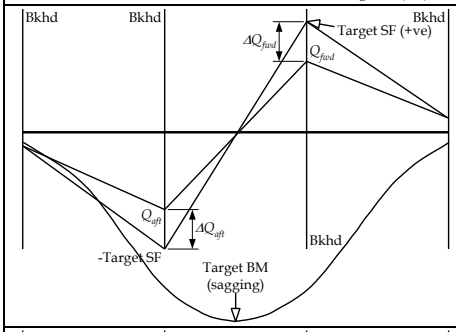
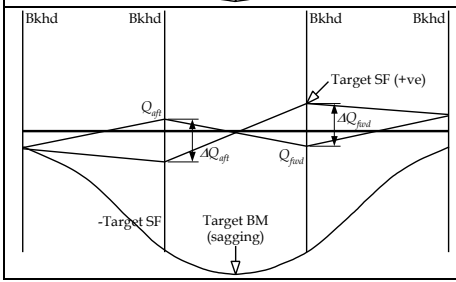
ΔQ_{fwd}：最大せん断力の絶対値に基づく中央部タンク前部横隔壁位置におけるせん断力の調整量

Q_{targ}：中央部タンク前部横隔壁位置における規定のせん断力（**2.4.5** 参照）

Q_{aft}：中央部タンク後部横隔壁位置における局部荷重によるせん断力（**2.5.2** 参照）

Q_{fwd} ：中央部タンク前部横隔壁位置における局部荷重によるせん断力（**2.5.2** 参照）

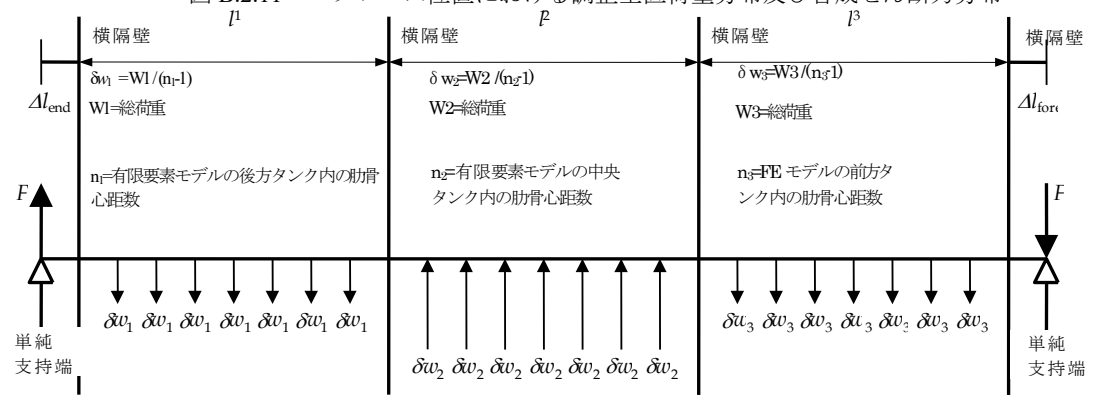
図 B.2.10　　横隔壁位置における目標とするせん断力及び要求する調整せん断力

状態	目標			後方隔壁		前方隔壁	
	BM	SF	隔壁位置	SF	ΔQ_{aft}	SF	ΔQ_{fwd}
	ホギング	－方向	前方	$-Q_{targ}$	$-Q_{targ}-Q_{aft}$	Q_{targ} （－方向）	$Q_{targ}-Q_{fwd}$
	ホギング	－方向	前方	$-Q_{targ}$	$-Q_{targ}-Q_{aft}$	Q_{targ} （－方向）	$Q_{targ}-Q_{fwd}$
	サギング	＋方向	前方	$-Q_{targ}$	$-Q_{targ}-Q_{aft}$	Q_{targ} （＋方向）	$Q_{targ}-Q_{fwd}$
	サギング	＋方向	前方	$-Q_{targ}$	$-Q_{targ}-Q_{aft}$	Q_{targ} （＋方向）	$Q_{targ}-Q_{fwd}$

（備考）

記号の定義については，**2.5.3.2** を参照のこと。

図 B.2.11　　フレーム位置における調整垂直荷重分布及び合成せん断力分布

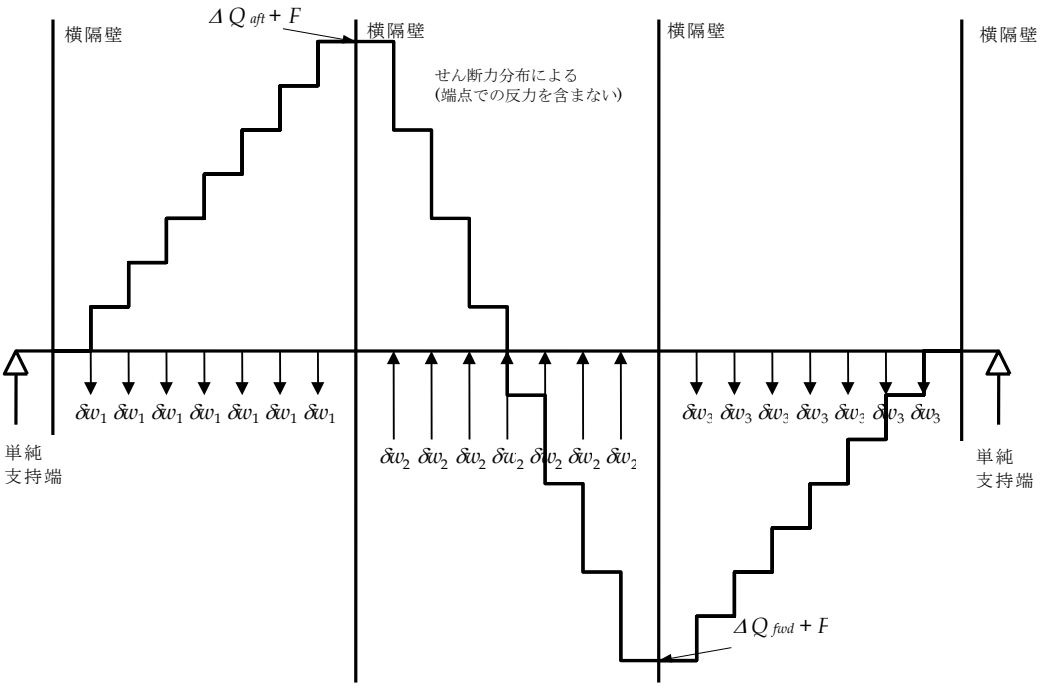


（備考）:

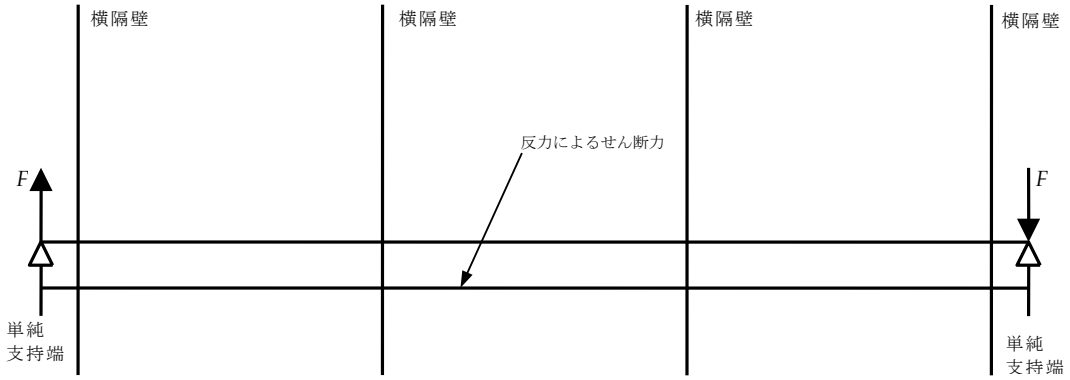
横隔壁位置には付加しないこと

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分布上下力によるせん断力分布



（備考）　$l_1 = l_3$ 且つ $\Delta l_{fore} = \Delta l_{end}$ でモデル中央で対称な荷重であるならば F = 0

記号の定義については，**表 B.2.7** を参照のこと。

2.5.3.3　各横隔壁位置におけるせん断力を算出するための各フレームに適用する垂直荷重は，単純梁モデルを用いて算定すること。各タンクで同じフレーム間隔を用いている場合にあっては，各フレームに分配する垂直荷重は**表 B.2.7** によって算定して差し支えない。

表 B.2.7　　せん断力を調整するための垂直分布荷重算定式

$$\delta w_1 = \frac{\Delta Q_{aft}(2l - l_2 - l_3) + \Delta Q_{fwd}(l_2 + l_3)}{(n_1 - 1)(2l - l_1 - 2l_2 - l_3)} \qquad F$$

$$= 0.5\left(\frac{W1(l_2 + l_1) - W3(l_2 + l_3)}{l}\right)$$

$$\delta w_2 = \frac{(W1 + W3)}{(n_2 - 1)} = \frac{(\Delta Q_{aft} - \Delta Q_{fwd})}{(n_2 - 1)}$$

$$\delta w3 = \frac{-\Delta Q_{fwd}(2l - l_1 - l_2) - \Delta Q_{aft}(l_1 + l_2)}{(n_3 - 1)(2l - l_1 - 2l_2 - l_3)}$$

l_1：後方貨物タンクモデルの長さ

l_2：中央部貨物タンクモデルの長さ

l_3：前方貨物タンクモデルの長さ

ΔQ_{aft}：中央部タンク後部横隔壁位置におけるせん断力の調整量（**図 B.2.10** 参照）。

ΔQ_{fwd}：中央部タンク前部横隔壁位置におけるせん断力の調整量（**図 B.2.10** 参照）。

F：各フレームへの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（**2.5.3** 参照）。

$W1$：有限要素モデルの後方タンクに均等分配した垂直荷重の総量で，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部タンクに均等分配した垂直荷重の総量で，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タンクに均等分配した垂直荷重の総量で，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貨物タンク内のフレーム心距数。

n_2：有限要素モデルの中央部貨物タンク内のフレーム心距数。

n_3：有限要素モデルの前方貨物タンク内のフレーム心距数。

δw_1：有限要素モデルの後方貨物タンク内のフレーム位置における分布荷重。

δw_2：有限要素モデルの中央部貨物タンク内のフレーム位置における分布荷重。

δw_3：有限要素モデルの前方貨物タンク内のフレーム位置における分布荷重。

Δl_{end}：後方貨物タンクの後方横隔壁からモデル後端までの距離。

Δl_{fore}：前方貨物タンクの前方横隔壁からモデル前端までの距離。

l：前後端の横隔壁を越えた部分を含めた有限要素モデル（梁）の全長で，次の算式による値。

$=l_1 + l_2 + l_3 + \Delta l_{end} + \Delta l_{fore}$

（備考）

(1) 算式における荷重，せん断力及び調整垂直荷重の正方向は，**図 B.2.10** 及び**図 B.2.11** によること。

(2) $W1 + W3 = W2$

(3) 各タンク内においてフレーム心距が等間隔である場合にのみ，上記算式を適用すること（**2.5.3.3** 参照）。個々の貨物タンクの長さ及びフレーム心距は，異なっていることがある。

2.5.3.4　垂直荷重が発生する各横断面の構造部材に適用する調整荷重量 δw_i は，**図 B.2.12** によらなければならない。当該荷重は,構造部材の有限要素モデルの要素節点に分布させなければならない。4 節点又は 3 節点の有限要素を使用している場合，平面要素の各節点に適用する荷重は以下による。

$$F_{i-grid} = \frac{\sum_1^n 0.5A_{i-elem-net50}}{A_{s-net50}} F_s$$

F_{i-grid}：考慮している個々の構造部材（例えば**図 B.2.12** による船側外板，縦通隔壁及び船底縦桁，二重船殻部縦通隔壁，ホッパ斜板，二重船殻部上部斜板，側桁）の i 番目の有限要素の節点に適用する荷重

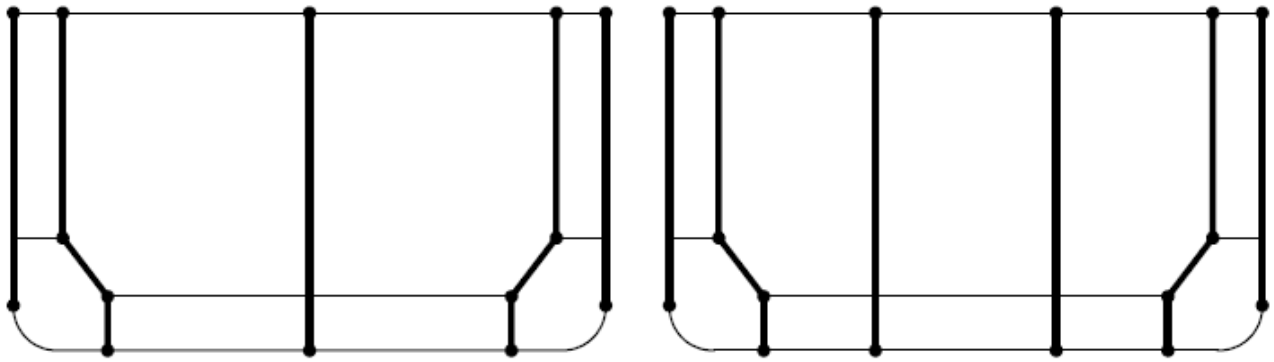
$A_{i\text{-}elem\text{-}net50}$：$i$ 番目の要素節点に接続している考慮する構造部材（**図 B.2.12** 参照。）の各々の平面要素の断面積

n：i 番目の要素節点に接続している平面要素の番号

F_s：**図 B.2.12** に規定する考慮する各々の構造部材に適用する総荷重

$A_{s\text{-}net50}$：考慮している個々の構造部材（例えば**図 B.2.12** による船側外板，縦通隔壁及び船底縦桁，二重船殻部縦通隔壁，ホッパ斜板，二重船殻部上部斜板，側桁）の板部材の断面積

図 B.2.12　　横断面における調整荷重分布



船側外板	$f \cdot \delta w_i$
ガーダー近傍を含む縦通隔壁	$f \cdot \delta w_i$
二重船側部を形成する縦通隔壁（垂直部分）	$f \cdot \delta w_i \cdot \frac{A_{Ih-net50}}{A_{2-net50}}$
ビルジホッパ斜板	$f \cdot \delta w_i \cdot \frac{A_{Hp-net50}}{A_{2-net50}}$
内殻の上部斜板	$f \cdot \delta w_i \cdot \frac{A_{Usp-net50}}{A_{2-net50}}$
側桁板	$f \cdot \delta w_i \cdot \frac{A_{Og-net50}}{A_{2-net50}}$

δw_i：各横断面に適用する垂直荷重（**2.5.3.3** 及び**表 B.2.7** 参照）

f: 中央部タンク位置における計算する構造部材のせん断力分布係数で，表 B.2.8 による。

$A_{Ih\text{-}net50}$：各二重船側部を形成する縦通隔壁の板断面積

$A_{Hp\text{-}net50}$：各ビルジホッパ斜板の板断面積

$A_{Usp\text{-}net50}$：各内殻の上部斜板の板断面積

$A_{Og\text{-}net50}$：各側桁板の板断面積

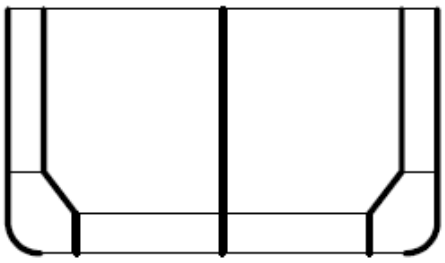
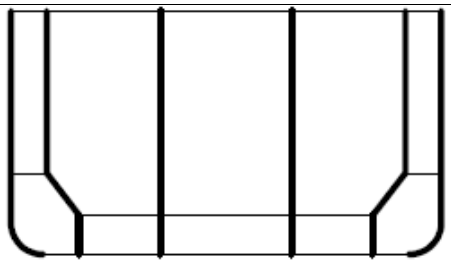
$A_{2\text{-}net50}$：**表 B.2.8** によって算定した板断面積

（備考）

(1)　調整荷重は，ビルジホッパ板及び内殻の上部斜板の平面に適用すること。

(2)　与えられた調整荷重は，各構造部材に適用すること。

表 B.2.8　　せん断力分布係数

	船側外板 $f = 0.055 + 0.097 \frac{A_{1-net50}}{A_{2-net50}} + 0.020 \frac{A_{2-net50}}{A_{3-net50}}$ 二重船側部を形成する縦通隔壁 $f = 0.193 - 0.059 \frac{A_{1-net50}}{A_{2-net50}} + 0.058 \frac{A_{2-net50}}{A_{3-net50}}$ 中心線縦通隔壁 $f = 0.504 - 0.076 \frac{A_{1-net50}}{A_{2-net50}} - 0.156 \frac{A_{2-net50}}{A_{3-net50}}$
	船側外板 $f = 0.028 + 0.087 \frac{A_{1-net50}}{A_{2-net50}} + 0.023 \frac{A_{2-net50}}{A_{3-net50}}$ 二重船側部を形成する縦通隔壁 $f = 0.119 - 0.038 \frac{A_{1-net50}}{A_{2-net50}} + 0.072 \frac{A_{2-net50}}{A_{3-net50}}$ 縦通隔壁 $f = 0.353 - 0.049 \frac{A_{1-net50}}{A_{2-net50}} - 0.095 \frac{A_{2-net50}}{A_{3-net50}}$

$A_{1\text{-}net50}$：ビルジ外板を含む船側外板の断面積（片舷分）
$A_{2\text{-}net50}$：ビルジホッパ斜板，直下の二重底側桁，内殻の上部斜板を含む，二重船側部を形成する縦通隔壁の断面積（片舷分）
$A_{3\text{-}net50}$：二重底縦桁を含む，縦通隔壁の断面積

（備考）

(1)　構造部材が垂直ではない箇所にあっては，断面積は垂直方向に投影した面積を用いて計算すること。

(2)　全ての板の断面積は，貨物タンクをモデル化した板厚に基づいて計算すること（**2.2.1.5** 参照）。

(3)　波形縦通隔壁にあっては，せん断力分布係数の計算による波形の厚さ f は，**4 節 2.6.4** に従って修正すること。

2.5.4　　船体縦曲げ及び水平曲げモーメントの適用手順

2.5.4.1　有限要素モデルの中央部タンクモデルにおいて規定する船体縦曲げモーメントを算出するために，付加縦曲げモーメントを当該モデルの両端部に与えること。当該端部付加縦曲げモーメントは，次の算式による。

$M_{v-end} = M_{v-targ} - M_{v-peak}$

M_{v-end}：有限要素モデルの両端部に与える付加縦曲げモーメント

M_{v-targ}：**2.4.5** に規定するホギング状態（＋方向）又はサギング状態（－方向）を考慮した船体縦曲げモーメント

M_{v-peak}：**2.5.2.3** に規定する局部荷重及び **2.5.3** に規定するせん断力算定に用いる付加垂直荷重により生じる，中央部タンクにおける最大又は最小曲げモーメント。M_{v-peak} は，M_{v-targ} がホギング状態（＋方向）の場合にあっては最大曲げモーメントとし，サギング状態（－方向）の場合にあっては最小曲げモーメントとする。M_{v-peak} は有限要素法解析から得ることもできるが，別途，単純支持の梁モデルに基づき，次の算式によっても差し支えない。

$M_{v\text{-}peak} = Max\ \{M_o + xF + M_{lineload}\}$

M_o：x 位置における縦曲げモーメントで，**2.5.2.3** に規定する局部荷重による

$M_{lineload}$：x 位置における縦曲げモーメントで，せん断力算定に用いる各フレームにおける垂直方向の荷重の適用による（**2.5.3** 参照）

F：各フレームに与える垂直荷重によって生じる端部反力（**2.5.3** 参照）

x：モデル端部から中央部タンクのフレームまでの船長方向の距離（**2.5.4.2** 参照）

2.5.4.2　横波及び斜波荷重ケースに対して，有限要素モデルの中央部タンク長さ範囲において規定する船体水平曲げモーメントを算出するために，付加水平曲げモーメントを当該モデルの両端部に与えること。当該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-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

M_{h-targ}：正又は負を考慮した水平曲げモーメント（**2.4.6** 参照）

M_{h-peak}：**2.5.2.3** に規定する局部荷重による中央部タンク長さ範囲内の最大又は最小水平曲げモーメント。M_{h-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），最小曲げモーメントとする。

2.5.4.3　船体縦曲げ及び水平曲げモーメントは，**2.5.4.1** 及び **2.5.4.2** に規定するそれぞれ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有限要素モデルの中央部タンク長さの範囲全体の計算を行わなければならない。

2.5.4.4　付加縦曲げモーメント M_{v-end} 及び付加水平曲げモーメント M_{h-end} は貨物タンク有限要素モデルの両端部に加えなければならない。また，曲げモーメントにあっては，**2.5.4.5** 又は **2.5.4.6** に規定する何れかの方法によって加えても差し支えない。

2.5.4.5　縦曲げモーメント及び水平曲げモーメントは，次の算式のように単純梁理論に従って，縦方向の全要素の節点に軸力を分布させてモデルに付加して差し支えない。

$$(F_x)_i = \frac{M_{v-end}}{I_{y-net50}} \frac{A_{i-net50}}{n_i} z_i \quad \text{付加縦曲げモーメント}$$

$$(F_x)_i = \frac{M_{h-end}}{I_{z-net50}} \frac{A_{i-net50}}{n_i} y_i \quad \text{付加水平曲げモーメント}$$

M_{v-end}：モデルの端部に適用する付加縦曲げモーメント

M_{h-end}：モデルの端部に適用する付加水平曲げモーメント

$(F_x)_i$：i 番目要素の節点に付加する軸力

$I_{y-net50}$：モデル端部における水平中性軸に対する断面二次モーメント

$I_{z-net50}$：モデル端部における垂直中性軸（通常は船体中心線）に対する断面二次モーメント

z_i：中性軸から i 番目要素の断面中心までの垂直距離

y_i：中性軸から i 番目要素の断面中心までの水平距離

$A_{i-net50}$：i 番目要素の断面積

n_i：ある断面積における i 番目要素の節点の数

（例えば，4 節点平面要素の場合は n_i =2）

2.5.4.6　縦曲げモーメント及び水平曲げモーメントは別の方法として，垂直中性軸（通常は船体中心線）と水平中性軸との交じわる独立点に付加してもよい（**図 B.2.13** 参照）。モデル端部の断面における縦通方向の全要素節点は，この独立点に θ_y（縦曲げに対して），θ_z（水平曲げに対して）及び δ_x に関して剛体結合すること。この独立点は当該剛体結合以外にモデルに結合しないこと。モデル端部断面は付加する曲げモーメントが作用しても平面が保持されるように剛体結合とし，これは単純梁理論に従って節点に変位を課すことに相当する。

2.6　境界条件

2.6.1　一般

2.6.1.1　**本 2.6** に規定する全ての境界条件は，**4 節 1.4** に規定する全体座標系によること。貨物タンク有限要素モデルの端部に適用する境界条件は，**表 B.2.9** によること。1 つの荷重ケースから得られる全荷重をモデルに負荷することによって解析を行ってもよい。又はいくつかのサブ・ケースから得られた個々の応力応答を組合せることによって解析を行っても差し支えない。

2.6.1.2　基盤ばね要素（すなわち，一端が 6 自由度拘束）で，全体座標系の y 方向自由度に剛性を有するばね要素にあっては，**図 B.2.13** に示すように上甲板，内底板，船底外板に沿って節点に与えること。

2.6.1.3　基盤ばね要素で，全体座標系の z 方向自由度に剛性を有するばね要素にあっては，**図 B.2.13** に示すように船側外板，二重船側部を形成する縦通隔壁及びタンク内油密縦通隔壁の垂直部に沿って節点に与えること。

図 B.2.13　　モデル端部のばね支持

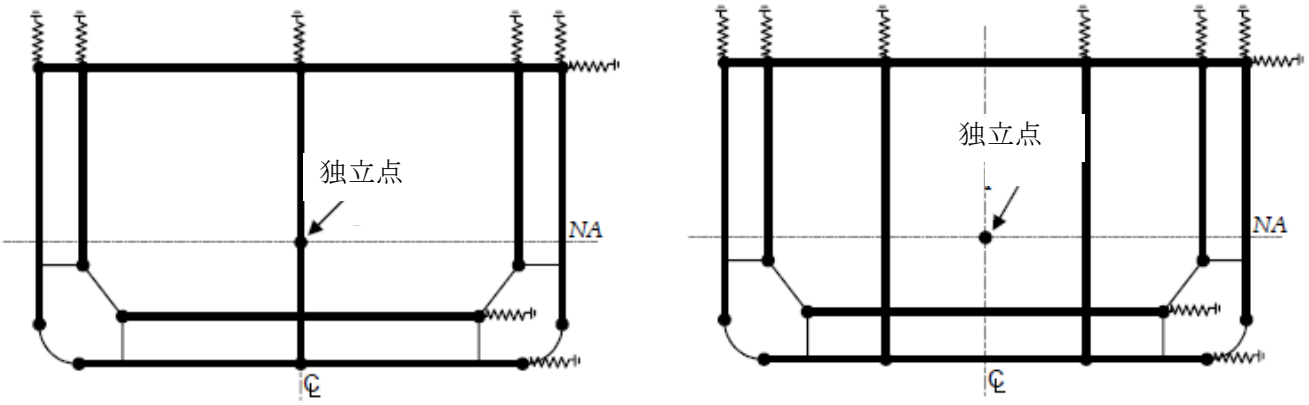


表 B.2.9　　モデル端部における拘束条件

位置	並進			回転		
	δ_x	δ_y	δ_z	θ_x	θ_y	θ_z
後端						
後端 （全ての縦部材）	*RL*	-	-	-	*RL*	*RL*
後端の独立点 （**図 B.2.13** 参照）	固定	-	-	-	$M_{v\text{-}end}$	$M_{h\text{-}end}$
上甲板，内底板及び全ての外板	-	バネ支持	-	-	-	-
船側外板，内側板及び縦通隔壁	-	-	バネ支持	-	-	-
前端						
前端 （全ての縦部材）	*RL*	-	-	-	*RL*	*RL*
前端の独立点 （**図 B.2.13** 参照）	-	-	-	-	$M_{v\text{-}end}$	$M_{h\text{-}end}$
上甲板，内底板及び全ての外板	-	バネ支持	-	-	-	-
船側外板，内側板及び縦通隔壁	-	-	バネ支持	-	-	-
- 拘束なし（自由） *RL* 中心線上の中立軸における独立点に剛性結合した全てのの縦部材の節点						

（備考）

(1) 全ての並進及び回転変位は，**4 節 1.4** に規定する全体座標系によること。

(2) $M_{h\text{-}end}$ を適用しない箇所にあっては，前端及び後端の独立点は θ_z に関して自由とする。

(3) $M_{v\text{-}end}$ を適用しない箇所にあっては，前端及び後端の独立点は θ_y に関して自由とする。

(4) 曲げモーメントを適用しない箇所にあっては，前端及び後端の独立点は θ_y と θ_z に関して自由とする。

(5) 曲げモーメントを節点荷重として適用する箇所にあっては，前端及び後端の独立点は回転に対応する自由度（すなわち，θ_y 又は θ_z の自由度）は拘束されない。

2.6.2　ばね剛性の計算

2.6.2.1　各構造部材に対する個々のばね要素の剛性 c は，貨物タンク有限要素モデルの両端部に適用し，次の算式による値とする。

$$c = \left(\frac{E}{1+v}\right)\frac{A_{s-net50}}{l_{tk}n} = 0.77\ \frac{A_{s-net50}E}{l_{tk}n}\ (N/mm)$$

$A_{s\text{-}net50}$：考慮する各構造部材（上甲板，内底板，船底外板，船側外板，船側縦通隔壁又はタンク内油密縦通隔壁の板部材）のせん断面積。$A_{s\text{-}net50}$ は考慮する各構造部材に対する**表 B.2.10** に示す部分の貨物タンク有限要素モデルの板厚を用いて算定する断面積とすること（mm^2）。

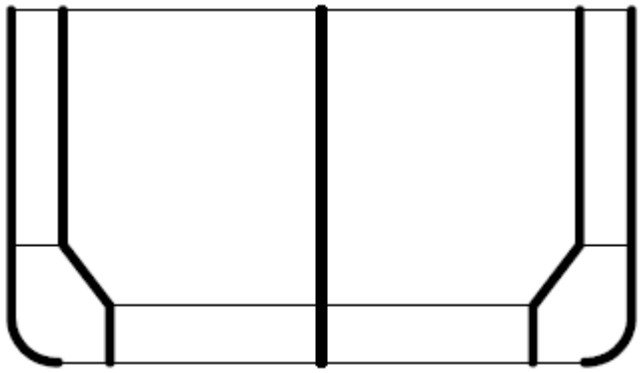
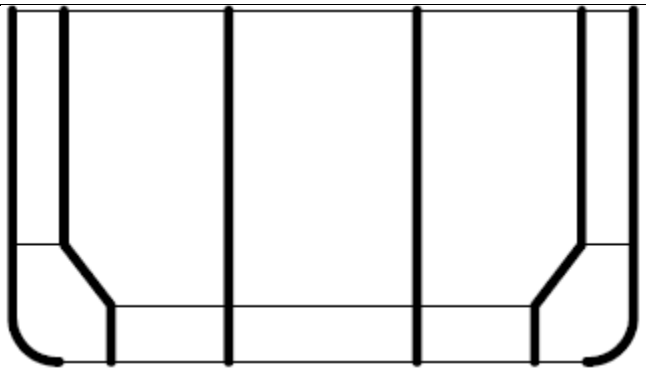
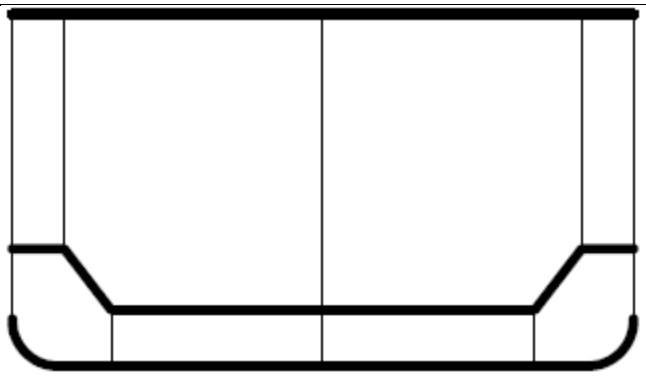
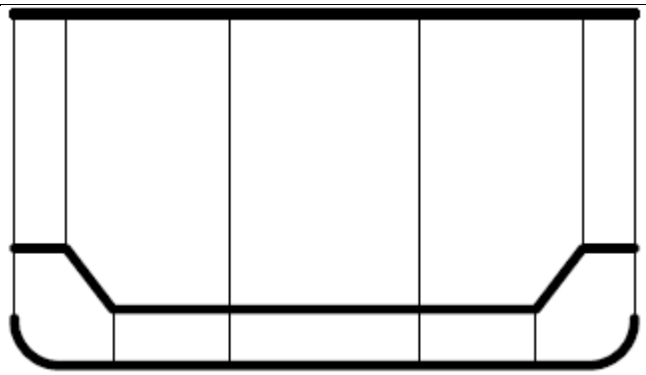
v：材料のポアソン比。

l_{tk}：貨物タンクの長さで，有限要素モデルの中央部タンクの横隔壁間の長さとする。

E：材料のヤング率（N/mm^2）。

n：考慮する構造部材におけるばね要素を適用する節点の総数。

表 B.2.10　　ばね剛性の計算に考慮するせん断面積

垂直ばね	
	船側外板　ビルジ外板を含む船側外板の断面積 二重船側部を形成する縦通隔壁　ビルジホッパ斜板，二重底側桁を含む二重船側部を形成する縦通隔壁の断面積 縦通隔壁　二重底桁を含む縦通隔壁の断面積
	（備考） 構造部材が垂直ではない箇所にあっては，断面積は垂直方向で投影した面積を用いて計算すること。
水平ばね	
	上甲板　上甲板の断面積 内底板　ビルジホッパ斜板，水平桁を含む内底板の断面積 船底外板　ビルジ外板を含む船底外板の断面積
	（備考） 構造部材が水平ではない箇所にあっては，断面積は水平方向で投影した面積を用いて計算すること。

2.6.2.2　波形縦通隔壁について，ばね剛性 c の値に対する波形の板厚は，**4 節 2.6.4** に従って計算すること。

2.6.2.3　ロッド要素をばね要素の代わりに用いても差し支えない。その場合，ロッド要素の等価断面積は，$(c \cdot l)/E$ で与えられる（l はロッド要素の長さ）。ロッド要素の一端は，6 自由度全てを拘束すること。

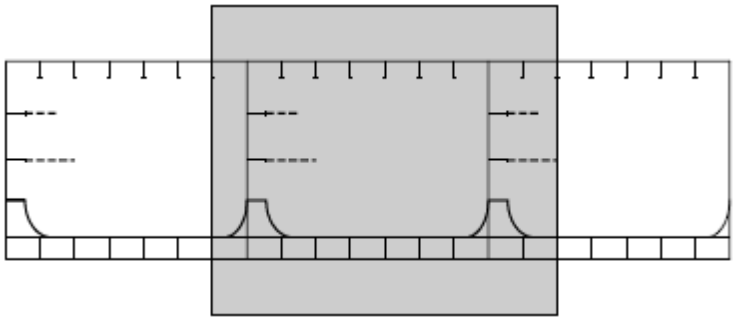
2.7　評価結果

2.7.1　一般

2.7.1.1　**図 B.2.14** に示すように，3 タンク有限要素モデルの中央部タンクとその前後部を含み，横隔壁付水平桁及び端部ブラケットを含む，長さ方向の範囲内にある各構造部材について，許容基準に対する解析結果の検証を行うこと。中央部貨物区域のタンク強度評価については，縦強度部材，主要支持部材及び横隔壁の応力値及び座屈強度を検証すること。せん断荷重に対する横隔壁の強度評価については，上部斜板，船側外板，ビルジホッパ斜板，二重底縦通桁及び縦通隔壁を含むタンク内縦通隔壁の応力値及び座屈強度を確認すること。

2.7.1.2　解析結果の検証は，**2.3.1** に規定する標準荷重ケースによるほか，**9 節 2.2.3** の規定により必要となる特殊な荷重ケースについても行うこと。

図 B.2.14　　有限要素モデルの評価範囲



2.7.2　応力評価

2.7.2.1　応力値は，**9 節 2.2.5** に規定する許容値以下でなければならない。

2.7.2.2　許容最大応力値は，**2.2** に規定するメッシュサイズ及び要素の種類に基づいて考慮すること。

2.7.2.3　*von Mises* の等価応力 σ_{vm} は，平面要素の面内直応力及びせん断応力を用いて計算すること。シェル要素を用いる場合にあっては，応力値は要素の板厚中央で評価すること。平面要素が用いられる場合には応力値は要素中心で評価すること。

2.7.2.4　**2.7.2.5** の場合を除き，桁板開口部の要素のせん断応力は，せん断面積の減少を考慮して，次の算式による修正を行うこと。許容基準に対する検証にあっては，当該修正せん断応力を要素の *von Mises* 等価応力の計算に用いること。

$$\tau_{cor} = \frac{h\, t_{\mathrm{mod}-net50}}{A_{s-net50}} \tau_{elem}$$

τ_{cor}：要素の修正せん断応力

h：開口部の桁板の高さ（**図 B.2.8** 参照）。開口部がモデル化されている場合にあっては，h は開口部の高さを差し引いた高さとすること。

$t_{mod\text{-}net50}$：開口部におけるモデルの桁板の板厚（**表 B.2.2** 参照）。

$A_{s\text{-}net50}$：**4 節 2.5** に従って計算する，防撓材貫通用スロットによる面積減少を考慮した実際の桁板の有効せん断面積。桁板の板厚は，グロス板厚から $0.5t_{corr}$ を差し引いたネット板厚に基づくものとする。

τ_{elem}：修正前の要素のせん断応力

2.7.2.5　次に示す状態にあっては，開口部がある場合の要素のせん断応力の修正を要求しない。

(a)　防撓材貫通用の全てのスロットに，ラグ固着又はカラープレートが取付けられている場合

(b)　板のモデルにおけるせん断面積と実際の有効せん断面積で **4 節 2.5.1** に従って算出した値 $A_{s\text{-}net50}$ の差が，モデルにおけるせん断面積の 20%未満の場合

(c)　降伏強度基準が **9 節表 9.2.1** の許容降伏強度基準の 80%未満の場合

2.7.2.6　波形隔壁が正確にモデル化されていない場合にあっては，波形隔壁のフランジ部の修正軸応力は，次の算式に

よる値以下としてはならない。

$$\sigma_{fl-act} = \sigma_{fl-FEM} \frac{Z_{corr-FEM-net50}}{Z_{corr-act-net50}} \frac{l_{corr-act}}{l_{corr-FEM}}$$

$\sigma_{fl-act} = \sigma_{fl-FEM}$

σ_{fl-FEM}：有限要素法解析から得られる軸応力（**図 B.2.15** 参照）

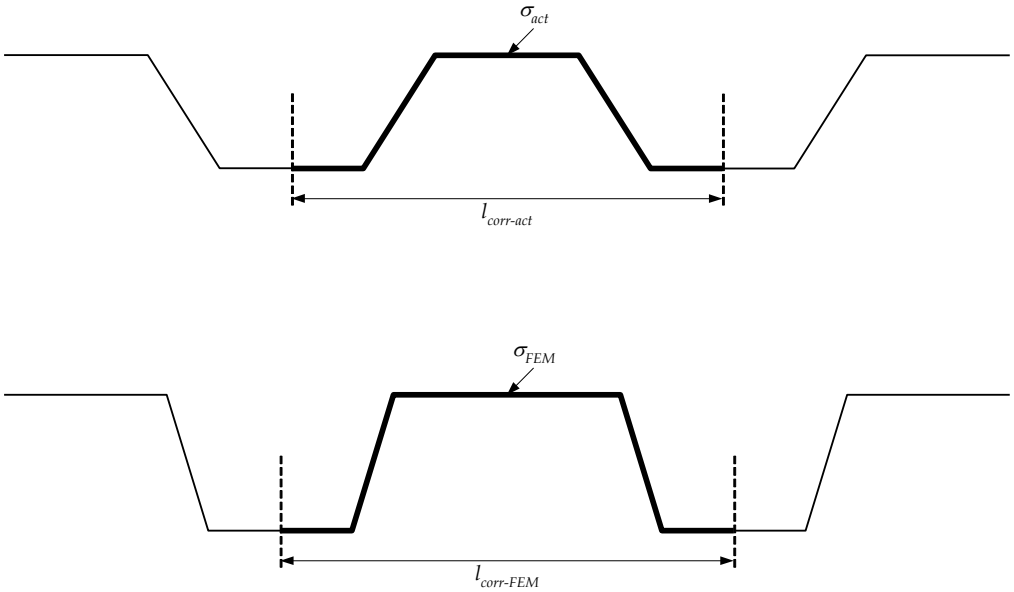
$Z_{corr-FEM-net50}$：**図 B.2.15** に示す箇所のモデル上の波形隔壁の有効断面係数

$Z_{corr-act-net50}$：**図 B.2.15** に示す箇所の実際の波形隔壁の有効断面係数

$l_{corr-act}$：**図 B.2.15** に示す波形隔壁の有効幅

$l_{corr-FEM}$：**図 B.2.15** に示す波形隔壁の有効幅

図 B.2.15　　波形フランジの軸曲げ応力



（備考）

$l_{corr-act}$　：$Z_{corr-act-net50}$ の算定に適用する波形断面の長さ

$l_{corr-FEM}$ ：$Z_{corr-FEM-net50}$ の算定に適用する波形断面の長さ

2.7.3　　座屈強度評価

2.7.3.1　縦強度部材，主要支持部材及び隔壁の板及び防撓パネルについては座屈強度評価を行わなければならない。上甲板，二重船側構造，船側外板，船底外板，二重底構造，ビルジホッパ，横及び立桁，水平桁，横隔壁及び縦通隔壁などが座屈評価の対象であるが，ビルジ部などの曲り板，主要支持部材の面材及び倒止ブラケットは，有限要素法解析で得られる応力結果に基づいた座屈強度評価は行わない。

2.7.3.2　全ての板及び防撓パネルの座屈強度評価に対する判定値は，**9 節 2.2.5** に規定する許容値以下でなければならない。板及び防撓パネルの座屈強度評価の手順は，**付録 D.5** の規定によること。

2.7.3.3　座屈強度評価は，有限要素法解析から得られる応力並びに全腐食予備厚 t_{corr} 及び（もしもあれば）船主要求による増厚分を差し引いたネット板厚に基づく座屈モデルを用いて行うこと。このネット板厚は全ての板部材並びに防撓材のウェブ及び面材に適用すること。

2.7.3.4　座屈強度評価は，平面要素の中心における膜応力に基づいて行わなければならない。シェル要素を用いる場合にあっては，当該要素の板厚中央における応力を用いて座屈強度評価を行うこと。

2.7.3.5　二軸圧縮応力，せん断応力及び面外荷重の組合せによる相互作用を考慮して座屈強度計算を行わなければならない。**2.7.2** の規定により有限要素応力に応力修正を行った場合にあっては，座屈強度評価はその修正応力に基づくこと。

2.7.3.6　クロスタイを有するタンカーは，**10 節 3.5.1** に規定する座屈算式に基づいてクロスタイ構造の支柱構造の座屈強度を評価しなければならない。断面に加わっている船体横断面内のクロスタイのスパンの中点の平均軸圧縮応力は，座屈評価に使用しなければならない。

2.7.3.7　波形隔壁のモデル化に対する適当な高度座屈強度解析手法が**付録 D.5** に規定されていないため，単位波形板の

フランジの局部座屈強度評価は **10 節 3.5.2** に従って行い **9 節 2.2.5** の判定基準により評価しなければならない。この評価は波形隔壁のナックル方向の単一軸応力（要素中心の膜応力）に基づいて行わなければならない。要素間の平均応力は用いてはならない。下部隔壁スツール上面から *s*/2（*s* はフランジの幅）上方の位置までの波形隔壁のフランジ部について，座屈強度評価に使用する応力は隔壁スツール上面上 *s*/2 の位置で得られる値より大きくする必要はない。また，*s*/2 位置の応力値を平面要素から直接得ることができない場合には補間法によって求めて差し支えない。

2.7.3.8　開口を有する板モデルに対する適当な高度座屈強度解析手法が**付録 D.5** に規定されていないため，主要支持部材の桁板開口部の局部座屈強度は **9 節 2.2.5** に規定する座屈判定値に従って **10 節 3.4** によって評価しなければならない。平面要素の中心における膜応力に基づいて評価しなければならない。座屈強度評価に用いる桁板の応力は，当該部の平面要素の平均応力とすること。貨物タンクの解析又は局部詳細メッシュ解析から得られる応力値の何れも当該評 価に用いることができる。開口による影響を貨物タンクの解析にて考慮しない場合は，有限要素法解析から得られる応力 値を **2.7.2.4** 及び **2.7.2.5** に従って修正しなければならない。

3 局部詳細メッシュ構造強度解析

3.1 一般

3.1.1 適用

3.1.1.1 一般的な配置のタンカーにあっては，**本付録 B.3** の規定に従って詳細メッシュ解析による検討を行わなければならない。

3.1.1.2 詳細メッシュ解析の追加の要求は，**9 節 2.3.1.3** 及び **9 節 2.3.1.4** によること。

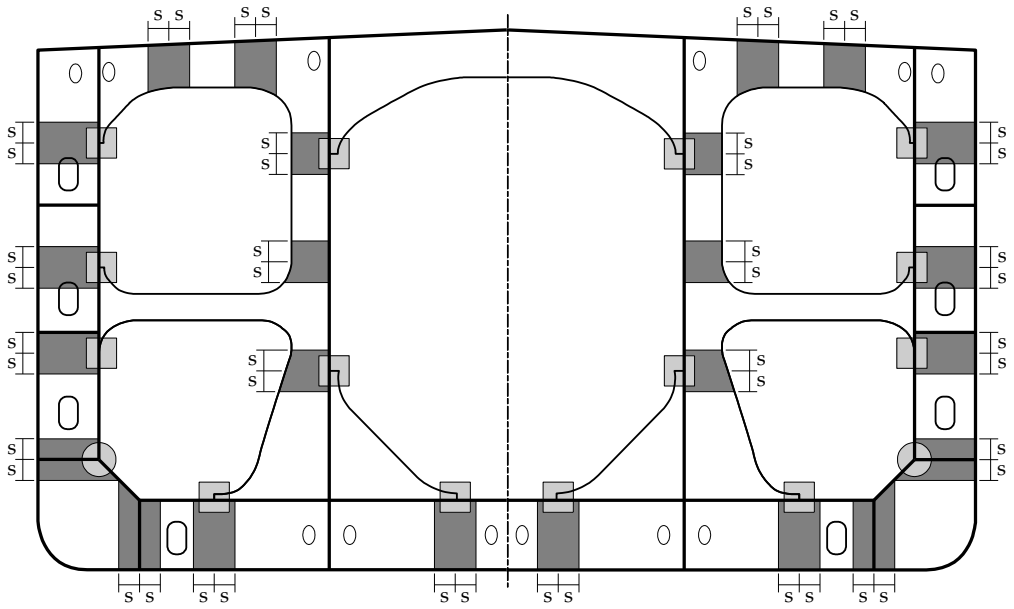
3.1.2 横桁及び制水隔壁

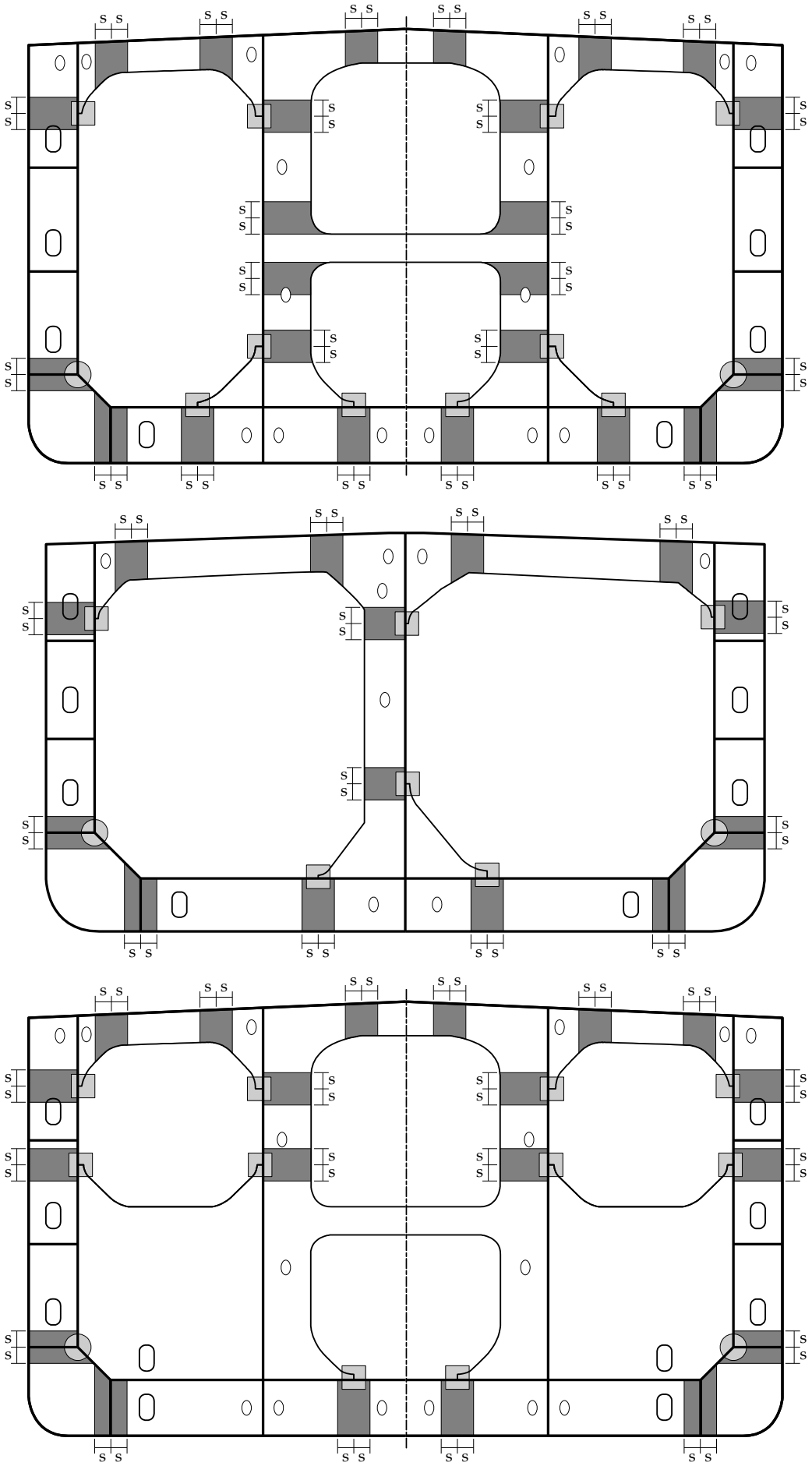
3.1.2.1 **図 B.3.1** に示す上部ビルジホッパナックル部は，モデルの中央部ホールドの典型的な横桁について詳細メッシュ解析を行い評価すること。制水隔壁が設けられている場合にあっては，**図 B.3.1** に示す横桁及び立桁の主要ブラッケット終端部及び開口部は詳細メッシュ解析を適用して評価すること。**3.1.6** によるスクリーニング基準に従うことが困難な場合にあっては，**図 B.3.1** に示す主要ブラケット終端部及び開口部は，詳細メッシュ解析を行い評価すること。

3.1.2.2 制水隔壁に接合している箇所にあっては，**3.1.6** によるスクリーニング基準に従うことが困難な場合にあっては，**図 B.3.1** に示す主要ブラケット終端部及び開口部は，詳細メッシュ解析を行い評価すること。

3.1.2.3 貨物タンクの解析の結果，最大の *von Mises* の等価応力を検出した桁部材にあっては，詳細メッシュ解析の対象とすること。

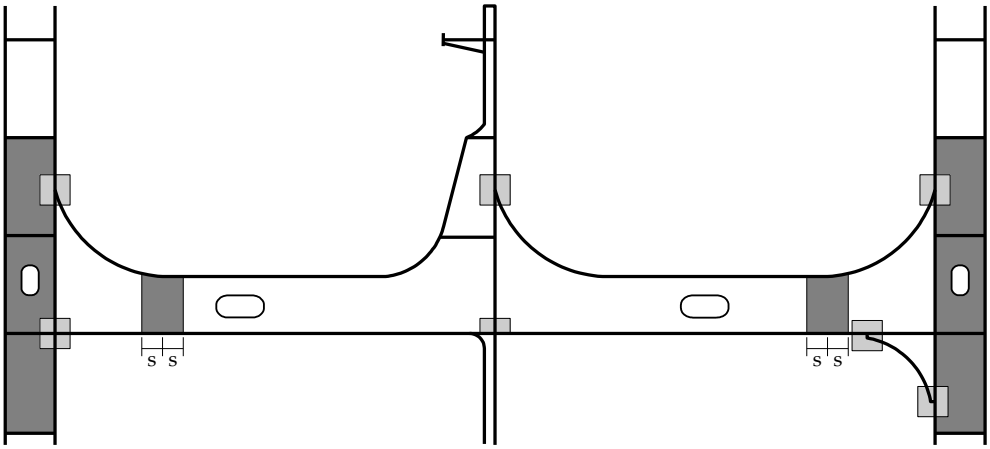
図 B.3.1 典型的な横桁，制水隔壁及び横隔壁に隣接する横桁における詳細メッシュ解析の検討を要求する範囲

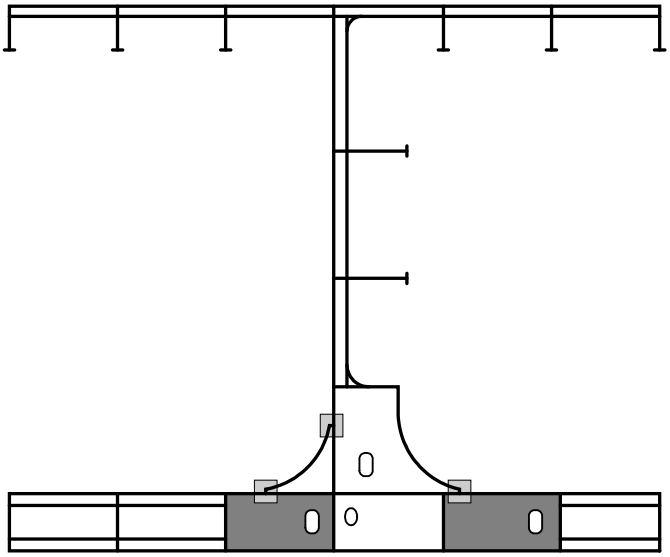



s s

上部ビルジホッパナックル部	・上部ビルジホッパナックルの詳細メッシュ解析は，**3.1.2** に示す典型的な横桁を有する貨物タンクに適用する。横隔壁に隣接する横桁の上部ビルジホッパナックル部にあっては，詳細メッシュ解析を要求しない。
ブラケット端部	・詳細メッシュ解析は, **3.1.6** に示すスクリーニング基準に従って行うこと。
開口部（影付き）	・影付きの全ての開口部にあっては，**3.1.6** に示すスクリーニング基準に従って，詳細メッシュ解析を行うこと。
開口部（影無し）	・次に示す影無しの開口部にあっては，**3.1.6** に示すスクリーニング基準に基づいた詳細メッシュ解析又はそれと同等な解析を要求しない。 i) $h_0/h < 0.35$ 且つ $g_0 < 1.2$ ii) 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 ここで，h_0，h 及び g_0（**表 B.2.2** に規定）並びに b は，開口部の最小の長さ又は幅とすること。その他の影無しの開口部にあっては，次に示す影無しの開口部にあっては，**3.1.6** に示すスクリーニング基準に従って，詳細メッシュ解析を行うこと。

図 B.3.2　　水平桁及び横隔壁と二重底の接合部における詳細メッシュ解析の検討を要求する範囲





詳細メッシュ解析における必要な考慮部分

3.1.6 に規定するスクリーニング基準を満たさない場合は，詳細メッシュ解析を行わなければならない。

ブラケット端部及びヒール部

開口部（影付き）

開口部（影無し）

・詳細メッシュ解析は，**3.1.6** に示すスクリーニング基準に従って行うこと。

・影付きの全ての開口部にあっては，**3.1.6** に示すスクリーニング基準に従って，詳細メッシュ解析を行うこと。

・次に示す影無しの開口部にあっては，**3.1.6** に示すスクリーニング基準に基づいた詳細メッシュ解析又はそれと同等な解析を要求しない。

i)　$h_0/h < 0.35$ 且つ $g_0 < 1.2$

ii)　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

ここで，h_0，h 及び g_0（**表 B.2.22** に規定）並びに b は，開口部の最小の長さ又は幅とすること。その他の影無しの開口部にあっては，次に示す影無しの開口部にあっては，**3.1.6** に示すスクリーニング基準に従って，詳細メッシュ解析を行うこと。

3.1.3　横隔壁付水平桁，端部ブラケット及び隣接する横桁

3.1.3.1　次に示す箇所にあっては，**3.1.6** に示すスクリーニング基準に従って詳細メッシュ解析を行うこと。

(a) **図 B.3.2** に示す横隔壁付水平桁の主要ブラケット終端部，ヒール部及び開口部。貨物タンクの解析の結果，最大の *Von Mises* の等価応力を検出した有限要素モデルの中央部タンクの前後横隔壁付水平桁にあっては，詳細メッシュ解析の対象とすること。

(b) **図 B.3.2** に示す横隔壁と二重底との取合い部又は端部ブラケット構造部における主要ブラケット終端部及び開口部。貨物タンクの解析の結果，最大の *Von Mises* の等価応力を検出した有限要素モデルの中央部タンクの前後横隔壁と二重底との取合い部又は端部ブラケット構造部にあっては，詳細メッシュ解析の対象とすること。

(c) 横隔壁に隣接して配置する立桁における，**図 B.3.1** に示す主要ブラケット終端部及び開口部。また，有限要素モデルの中央部タンクの前後横隔壁付水平桁と立桁との取合い部についても考慮すること。貨物タンクの解析の結果，最大の *Von Mises* の等価応力を検出した立桁にあっては，詳細メッシュ解析の対象とすること。

3.1.3.2　船側の水平桁と横隔壁付の水平桁との接合ヒール部における応力レベルが許容基準を超える場合にあっては，**付録 C.2.5** に従って裏当てブラケットを取付けることで当該応力を軽減することを推奨する。

3.1.4　上甲板，二重底縦通肋骨及びそれに取合う横隔壁付垂直防撓材

3.1.4.1　次に示す構造部材の端部接合部及びそれに付くウェブ付防撓材は評価対象とすること。

(a) 少なくとも 1 組の内底板付及び船底外板付縦通肋骨並びにそれに取合う横隔壁付垂直防撓材

(b) 少なくとも 1 つの上甲板付縦通肋骨及びそれに取合う横隔壁付垂直防撓材

3.1.4.2　解析対象となる縦通肋骨及び垂直防撓材は，当該部材の支持点間（例えば，フロアと横隔壁の間）の最大相対撓み量に基づいて選定すること。防撓材間において端部固着形状及び寸法で顕著な差がある場合は，追加の防撓材に対する解析を行うこととする。**図 B.3.3** に上甲板，内底板及び船底外板に付く縦通肋骨と横隔壁付垂直防撓材との取合い部において，詳細メッシュ解析を要求する箇所を示す。

3.1.5　波形隔壁

3.1.5.1　シェダープレートの無い又はガセットプレートの無いシェダープレートが，波形隔壁又は縦通波形隔壁に接合している場合にあっては，**図 B.3.4** に示す波形板下部スツール頂板及び下部支持構造との接合部は，詳細メッシュ解析により評価すること。下部スツールが無い場合は，波形板，内底板及び下部支持構造との接合部は，詳細メッシュ解析により評価すること。

3.1.5.2　ガセットプレート付シェダープレートが波形隔壁又は縦通波形隔壁に接合している場合にあっては，ガセットプレートの上縁部における波形板の接合部は，詳細メッシュ解析により評価すること。

3.1.5.3　詳細メッシュ解析の対象となる単位波形隔壁は，ホールド解析の応力結果を参考に選定すること。波形板接合部の最大 *von Mises* の等価応力が検出される個所を解析対象とすること。

3.1.5.4　波形横隔壁及び波形縦通隔壁が異なる形状又は寸法の場合にあっては，両隔壁に対して詳細メッシュ解析を行わなければならない。

3.1.5.5　波形板と下部スツールとの結合部において応力レベルが許容基準を超える場合にあっては，**付録 C.2.5** に従ってシェダープレート及びガセットプレートを取付けることで当該応力を軽減することを推奨する。下部スツールの無い波形隔壁に対する支持構造の配置にあっては，**8 節 2.5.7.9** を参照のこと。

図 B.3.3　　上甲板，内底板及び船底外板に付く縦通肋骨における
詳細メッシュ解析を要求する箇所

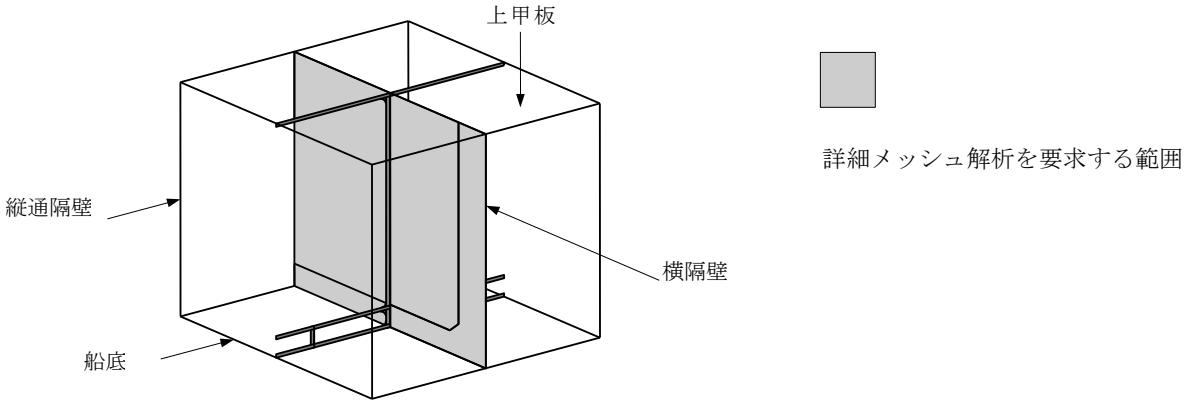
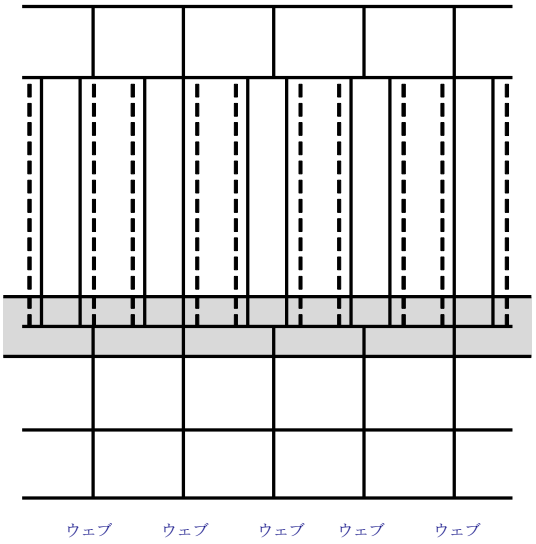


図 B.3.4　　波形隔壁と下部スツールの接合部における詳細メッシュ解析を要求する範囲



（備考）

詳細メッシュ解析を実施する単位波形部材の正確な位置は，ホールド解析の応力結果に基づいて選定すること。

3.1.6　　詳細メッシュ解析のスクリーニング基準

3.1.6.1　**本 3.1.6** に規定する基準は，詳細メッシュ解析による検討を必要とする個所を明確にすることを目的としている。**本 3.1.6** の基準は，横桁の開口部，ブラケット終端部及びヒール部，制水隔壁の立桁及び横桁，横隔壁の水平桁及びそれに取合う船側の水平桁，端部ブラケット及び船底縦桁に適用する。

3.1.6.2　**本 3.1.6** に規定する構造詳細の基準を満足している場合にあっては，当該構造詳細に対する詳細メッシュ解析は，**3.1.6.3** の規定を除いて省略することができる。当該基準は，全有限要素荷重ケースについて適合していることを確認しなければならない。

3.1.6.3　**表 B.2.2** の規定に従って貨物タンクの有限要素モデルにより形状を反映する必要のある大開口部については，詳細メッシュ解析で検討すること。

表 B.3.1　　主要支持部材の開口部に対する詳細メッシュ解析スクリーニング基準

次の場合，詳細メッシュ有限要素法解析を行わなければならない：

$\lambda_y > 1.7$　（荷重組合せ $S+D$）

$\lambda_y > 1.36$　（荷重組合せ S）

λ_y　降伏応力判定係数で次の算式による

$$= 0.85C_h\left(|\sigma_x+\sigma_y|+\left(2+\left(\frac{l_0}{2r}\right)^{0.74}+\left(\frac{h_0}{2r}\right)^{0.74}\right)|\tau_{xy}|\right)\frac{k}{235}$$

C_h　$= 1.0 - 0.23\left(\frac{h_0}{h}\right) + 2.12\left(\frac{h_0}{h}\right)^2$　舷側バラストタンク内の垂直桁及び水平桁，二重底フロア及び縦桁並びに横隔壁付水平桁の開口部に対して

$= 1.0$　主要ブラケット及び端部ブラケットの開口部に対して（下図参照）

r：開口部半径（mm）

h_0：開口部高さ（mm）

l_0：開口部長さ（mm）

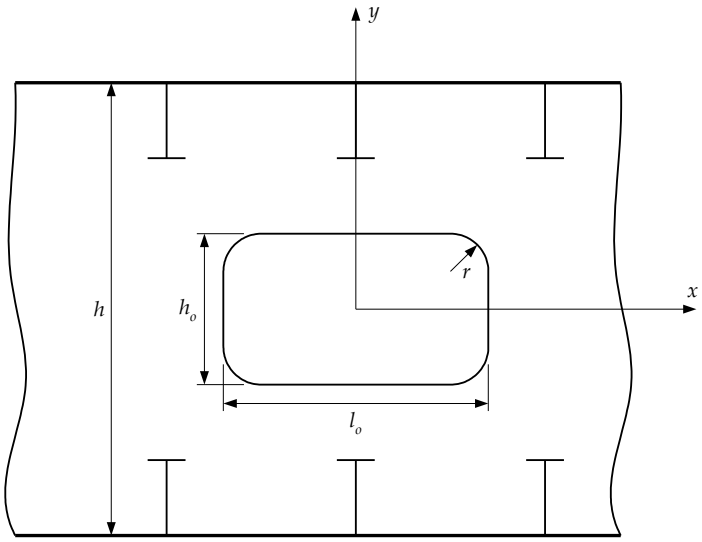
h：開口部のある縦桁のウェブ高さ（mm）

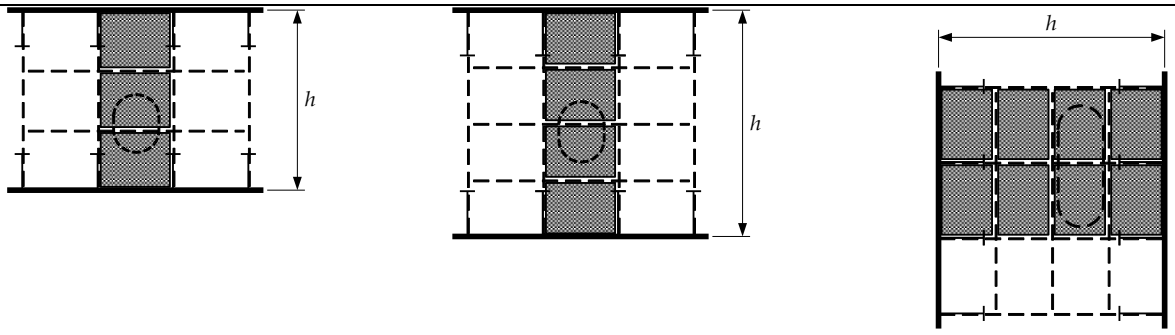
σ_x：貨物タンク有限要素法解析によって得られる，下図に示す座標系の x 方向の要素軸応力（N/mm^2）

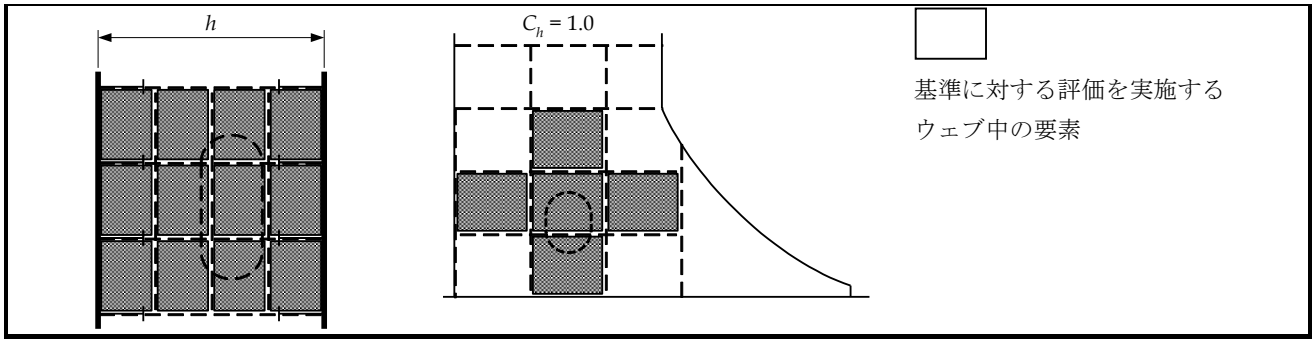
σ_y：貨物タンク有限要素法解析によって得られる，下図に示す座標系の y 方向の要素軸応力（N/mm^2）

τ_{xy}：貨物タンク有限要素法解析によって得られる，要素せん断応力（N/mm^2）(2)

k：**6 節 1.1.4** に規定する高張力鋼材係数。ただし，荷重組合せ $S+D$ に対して，0.78 以上とする。







（備考）

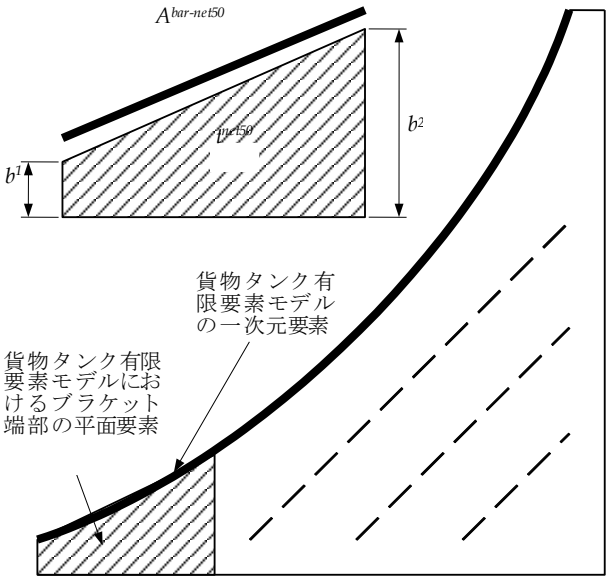
(1) モデル化された開口部周辺のせん断面積が実際のネットせん断面積と異なる開口にあっては，降伏応力判定係数を用いたスクリーニング判定に先立ち，要素せん断応力は付録 B/2.7.2.4 の算式により修正を行うこと。

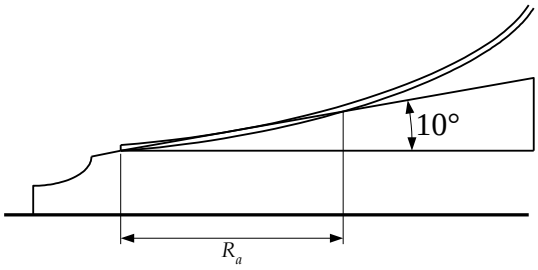
(2) **表 B.2.2** の規定により，開口の形状をモデル化することが要求される場合，応力レベルを評価するために詳細メッシュ FE 解析を行う必要がある。この場合，本表に規定されるスクリーニング基準は適用されない。

(3) スクリーニング判定基準は，貨物タンク有限要素モデル及び要素応力が，**本付録 B.2** の規定に従う場合にのみ適応可能である。

表 B.3.2　　主要支持部材のブラケット端部における詳細メッシュ解析スクリーニング基準

次の場合，詳細メッシュ有限要素法解析を行わなければならない： $\lambda_y > 1.5$　（荷重組合せ $S+D$） $\lambda_y > 1.2$　（荷重組合せ S）
λ_y　　降伏応力判定係数で次の算式による $= C_a\left(0.75\left(\frac{b_2}{b_1}\right)^{0.5}\lvert\sigma_{vm}\rvert + 0.55\left(\frac{A_{bar-net50}}{b_1 t_{net50}}\right)^{0.5}\lvert\sigma_{bar}\rvert\right)\frac{k}{235}$ $= 1.0 - 0.2\left(\frac{R_a}{1400}\right)^2$ C_a b_1，b_2：貨物タンク有限要素モデルにおけるブラケット端部の平面要素の高さ（mm） $A_{bar\text{-}net50}$：貨物タンク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一次元要素の断面積（mm^2） σ_{bar}：貨物タンク有限要素法解析から得られる一次元要素の軸応力（N/mm^2） σ_{vm}：貨物タンク有限要素法解析から得られるブラケット端部の平面要素の *Von Mises* の等価応力（N/mm^2） t_{net50}：ブラケット端部における平面要素の板厚（mm） R_a：下図に示すブラケット端部の長さ（mm）。ただし，1,400mm 以下とする。 k：**6 節 1.1.4** に規定する高張力鋼材係数。ただし，荷重組合せ $S+D$ に対して，0.78 以上とする。



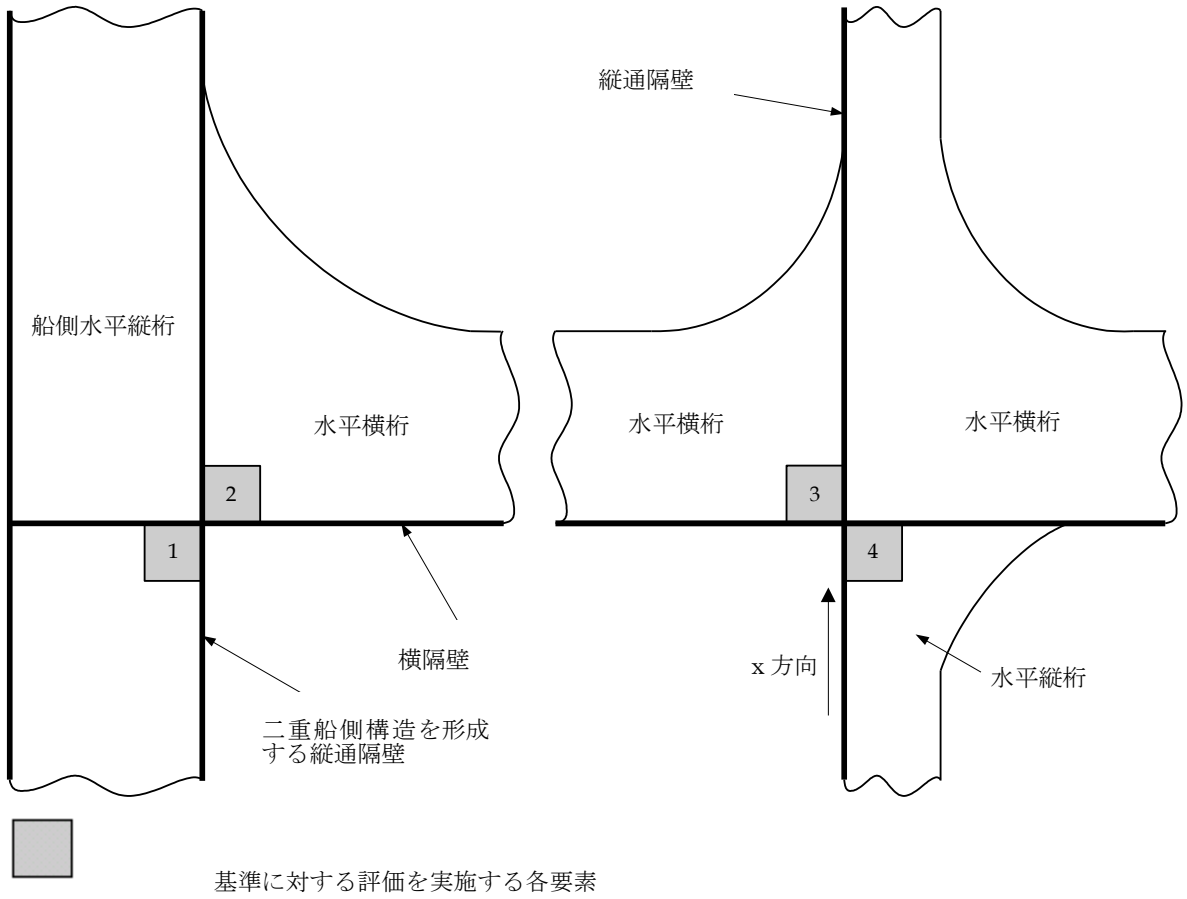


（備考）

(1) スクリーニング基準は，貨物タンク有限要素モデル及び要素応力が，**本付録 B.2** の要件に従う場合にのみ適用することができる。

表 B.3.3　　横隔壁付水平桁のヒール部における詳細メッシュ解析スクリーニング基準

次の場合，詳細メッシュ有限要素法解析を行わなければならない： $\lambda_y > 1.5$　（荷重組合せ $S+D$） $\lambda_y > 1.2$　（荷重組合せ S）
λ_y：降伏応力判定係数で次の算式による。 $= 3.0\lvert\sigma_{vw}\rvert \frac{k}{235}$　船側水平縦桁及び横隔壁付水平桁のヒール部に対して（下図の 1，2 及び 3 の箇所） $= 5.2\lvert\sigma_x\rvert \frac{k}{235}$　縦通隔壁付水平桁のヒール部に対して（下図の 4 の箇所） σ_x：貨物タンク有限要素法解析によって得られる，下図に示す座標系の x 方向の要素軸応力（N/mm^2） σ_{vm}：貨物タンク有限要素法解析によって得られる，水平桁ヒール部における平面要素の *Von Mises* の等価応力（N/mm^2） k：**6 節 1.1.4** に規定する高張力鋼材係数。ただし，荷重組合せ $S+D$ に対して，0.78 以上とする。



（備考）

(1) スクリーニング基準は，貨物タンク有限要素モデル及び要素応力が，**本付録 B.2** の要件に従う場合にのみ検証すること。

3.2　船体構造のモデル化

3.2.1　一般

3.2.1.1　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，貨物タンク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で行うことができる。また，貨物タンクモデルに直接詳細メッシュを適用しても差し支えない。

3.2.1.2　局部有限要素モデルのモデル化範囲は，検討対象領域にて算定した応力が境界条件及び適用荷重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，貨物タンクモデルの縦桁板，水平桁板及びフロアによる主要支持部材と一致させなければならない。

3.2.1.3　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。一般に，詳細メッシュ領域の範囲は検討する箇所から全方位に 10 要素以上広げること。

3.2.1.4　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。メッシュの大きさは徐々に変化させなければならない。詳細メッシュ領域内の要素はそのアスペクト比は，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におけるメッシュサイズのばらつき及び三角形要素の使用は，避けること。如何なる場合においても，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 60 度より小さい又は 120 度より大きい歪んだ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もよい。

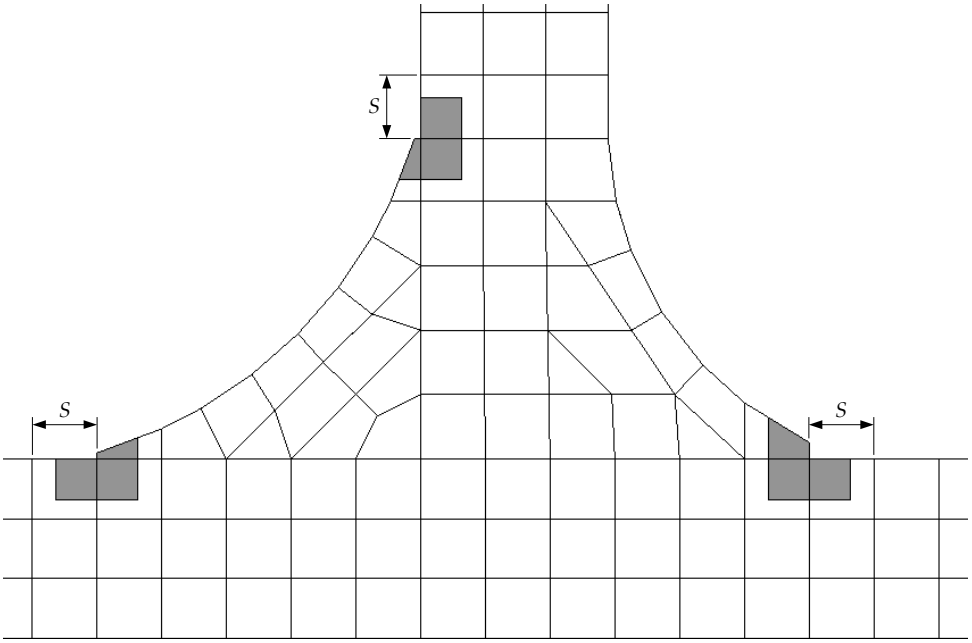
3.2.1.5　詳細メッシュ領域内の要素は，グロス板厚から全腐食予備厚 t_{corr} を差し引いたネット板厚を用いてモデル化しなければならない。詳細メッシュ領域外の構造部材に対して，貨物タンク有限要素法解析を行う場合と同様に **2.2.1.5** の規定に従ってグロス板厚から腐食予備厚の半分（0.5 t_{corr}）を差し引いたネット板厚を用いてモデル化しなければならない。

3.2.1.6　詳細メッシュ解析を主要ブラケット端部接合部に要求する場合，詳細メッシュ領域は当該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 B.3.5** 参照）。詳細メッシュ領域におけるモデルの適用寸法は **3.2.1.5** によらなければならない。

3.2.1.7　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部から二層目まではメッシュサイズを 50*mm*×50*mm* 以下とし，全腐食予備厚 t_{corr} を差し引いたネット板厚を用いてモデル化しなければならない。それ以外の要素は腐食予備厚として 0.5 t_{corr} を差し引いたネット板厚を用いなければならない（**3.2.1.5** 参照）。詳細メッシュから通常メッシュサイズへの移行は徐々に変化するように考慮すること。開口の自由端部に直接溶接された防撓材は平面要素でモデル化しなければならない。開口に近接する桁は，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要素又はビーム要素を用いてモデル化してもよい。開口部周りの代表的な詳細メッシュ図を**図 B.3.6** に示す。

3.2.1.8　開口部，主要支持部材及びそのブラケットに付く面材は，少なくともその幅方向に 3 要素に分割してモデル化しなければならない。

図 B.3.5　　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* x 50*mm*

範囲ー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。

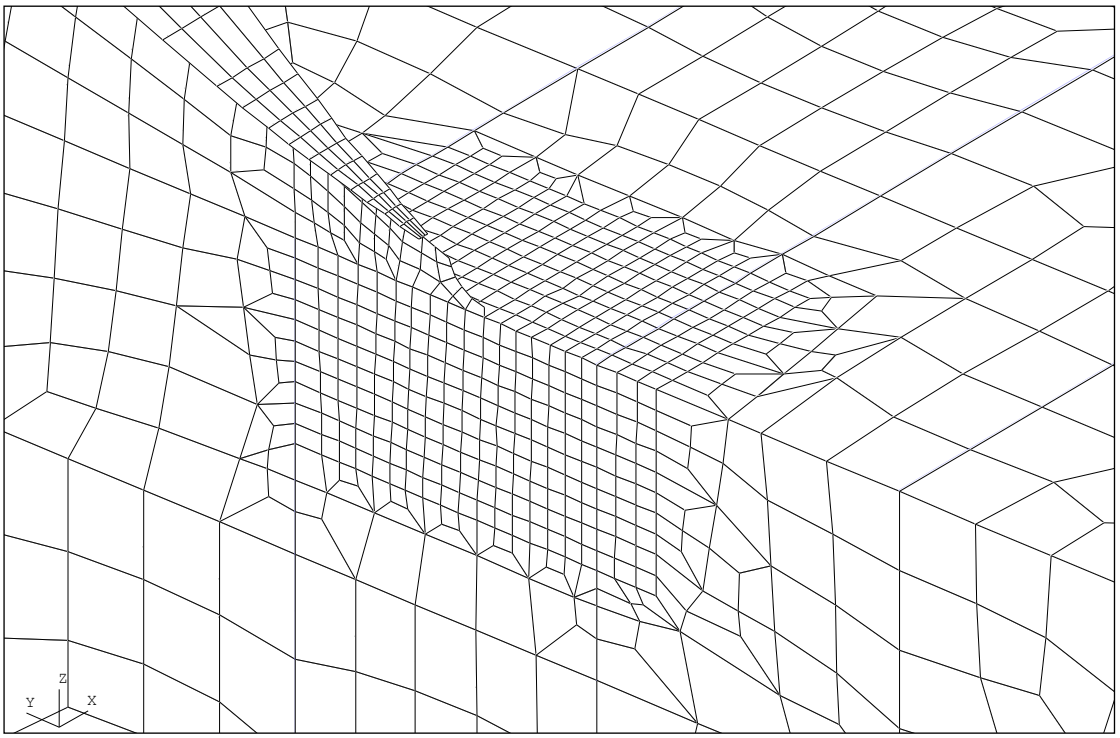
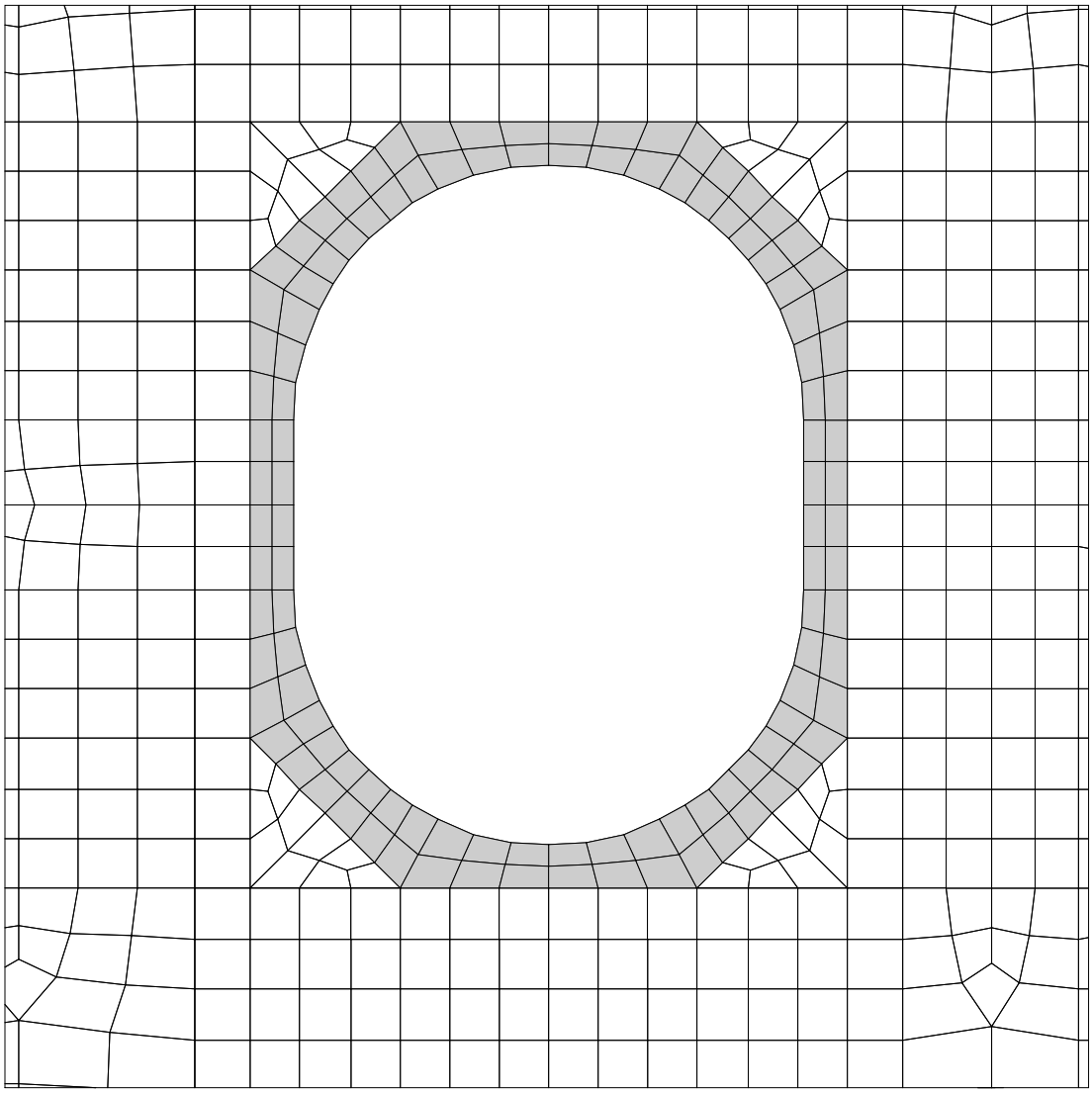


図 B.3.6　　開口部周りの詳細メッシュ領域



詳細メッシュ領域
要素サイズ ≤50*mm* x 50*mm*

3.2.2　　横桁

3.2.2.1　**3.2.1** の規定に加えて，**本 3.2.2** に規定するモデル化の要求事項にあっては，典型的な横桁の詳細メッシュ解析に適用する。

3.2.2.2　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。ただし，検討対象の前後の横桁は，当該サブモデルに含める必要はない。

3.2.2.3　船の全深さ及び全幅に亘って，モデル化しなければならない。（**図 B.3.7** 参照）

3.2.2.4　**図 B.3.8** 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 B.3.7　　横桁結合部及び開口部の詳細メッシュ解析に対するサブモデルの範囲

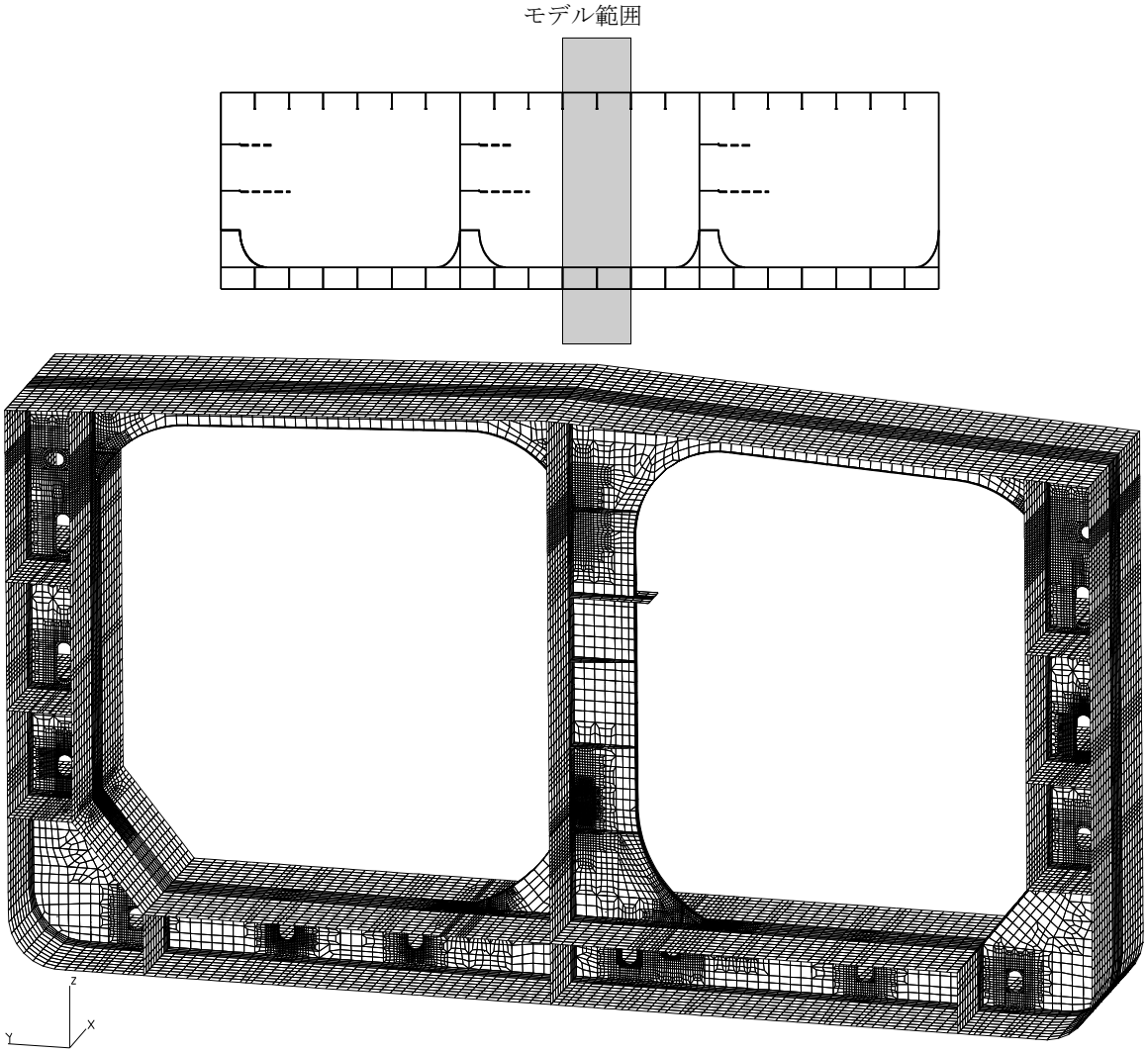
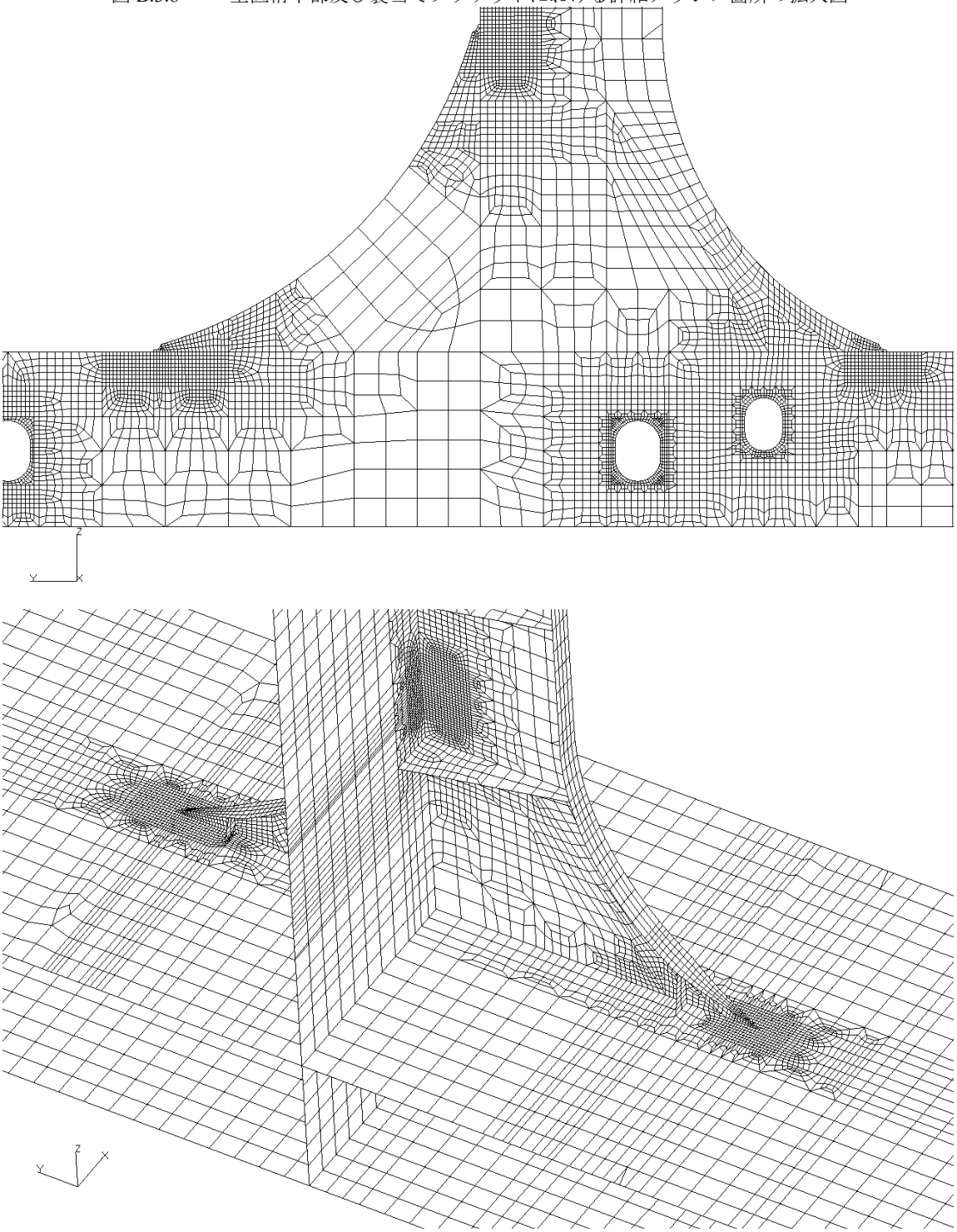


図 B.3.8　　垂直桁下部及び裏当てブラケットにおける詳細メッシュ箇所の拡大図



3.2.3　　横隔壁付水平桁，端部ブラケット及び隣接する横桁

3.2.3.1　**3.2.1** の規定に加えて，**本 3.2.3** に規定するモデル化の要求事項にあっては，**3.1.3** に規定する横隔壁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。

3.2.3.2　横隔壁，水平桁，横桁，上甲板及び船底構造それぞれの構造的な相互作用を考慮して，有限要素サブモデルは全船体横断面をモデル化することが望ましい。当該サブモデルの端部は，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 B.3.9** 参照）船体の全幅，全深さをモデル化すること。

3.2.3.3　それぞれの構造部材を別々に解析するため，**図 B.3.10** に示すように複数のサブモデルを使用して差し支えない。横隔壁付水平桁の解析にあっては，船体の全幅をモデル化すること。端部ブラケット構造の解析にあっては，サブモデルの範囲は少なくとも 4+4 縦通肋骨心距分とすること。すなわち，端部ブラケット構造の両側それぞれ 4 縦通肋骨心距分をモデル化すること。

3.2.3.4 **図 B.3.11** に横隔壁付水平桁の有限要素メッシュ図を示す。また，**図 B.3.12** に横隔壁及び二重底の端部ブラケット構造の取合い部並びに開口部に対する詳細解析用のサブモデルを示す。

図 B.3.9 横隔壁及び隣接構造の詳細メッシュ解析に対するサブモデルの範囲

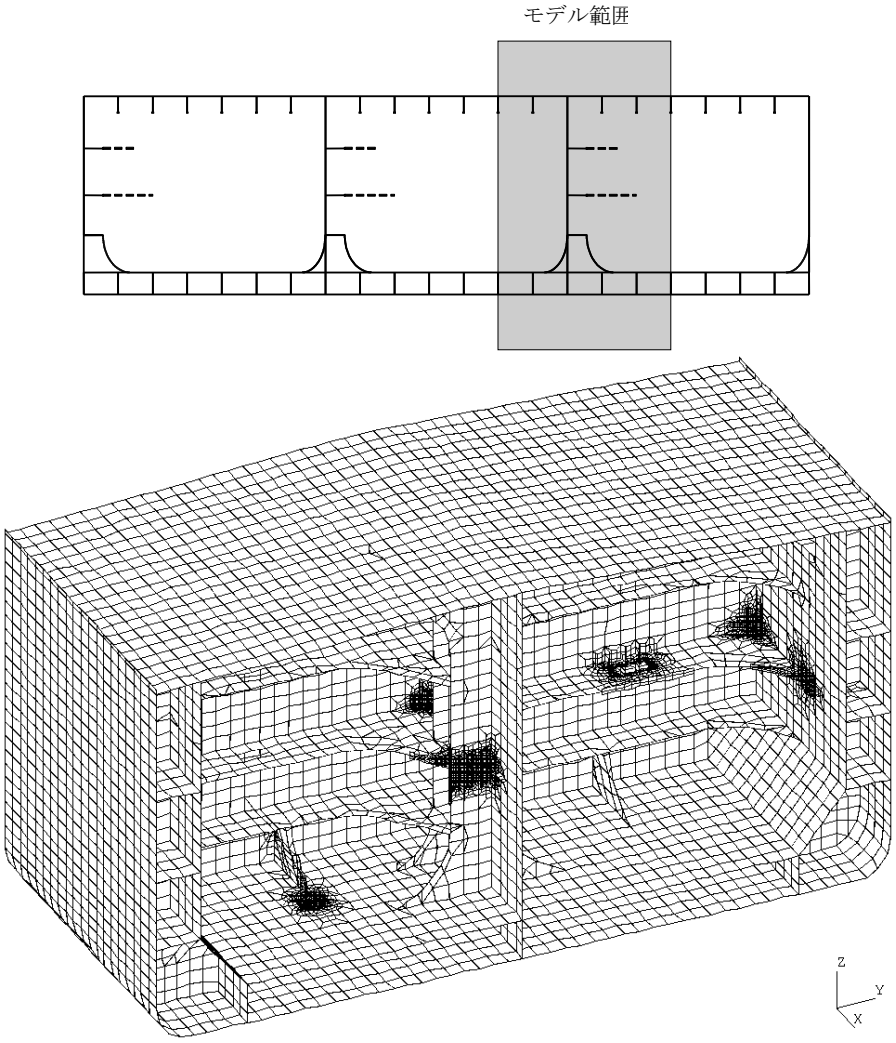


図 B.3.10　　横隔壁構造の解析用のサブモデル

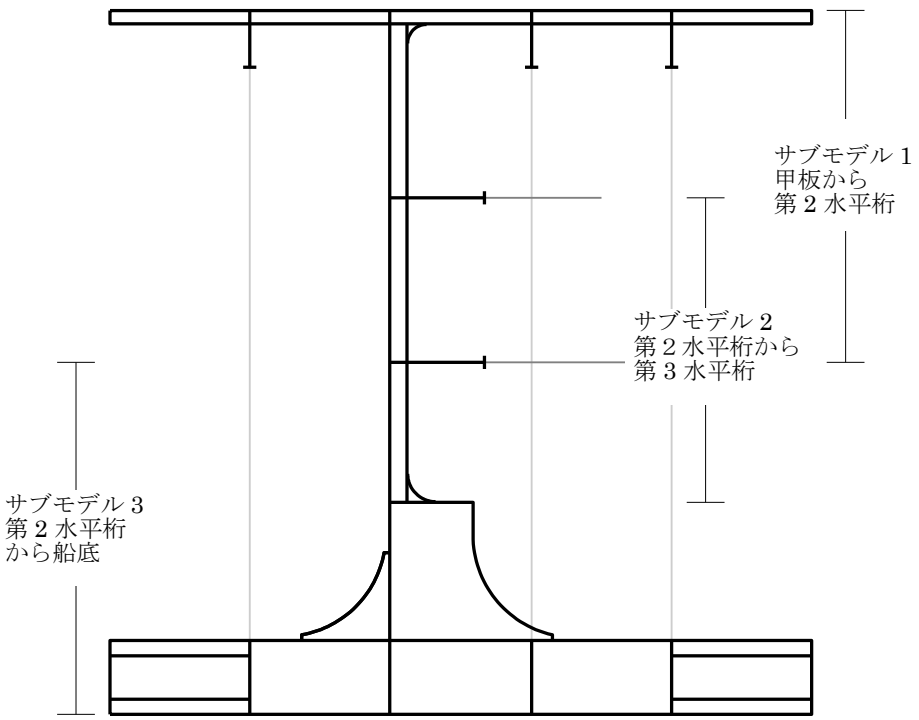


図 B.3.11　　横隔壁付水平桁の詳細メッシュ図
（左舷側を図示する）

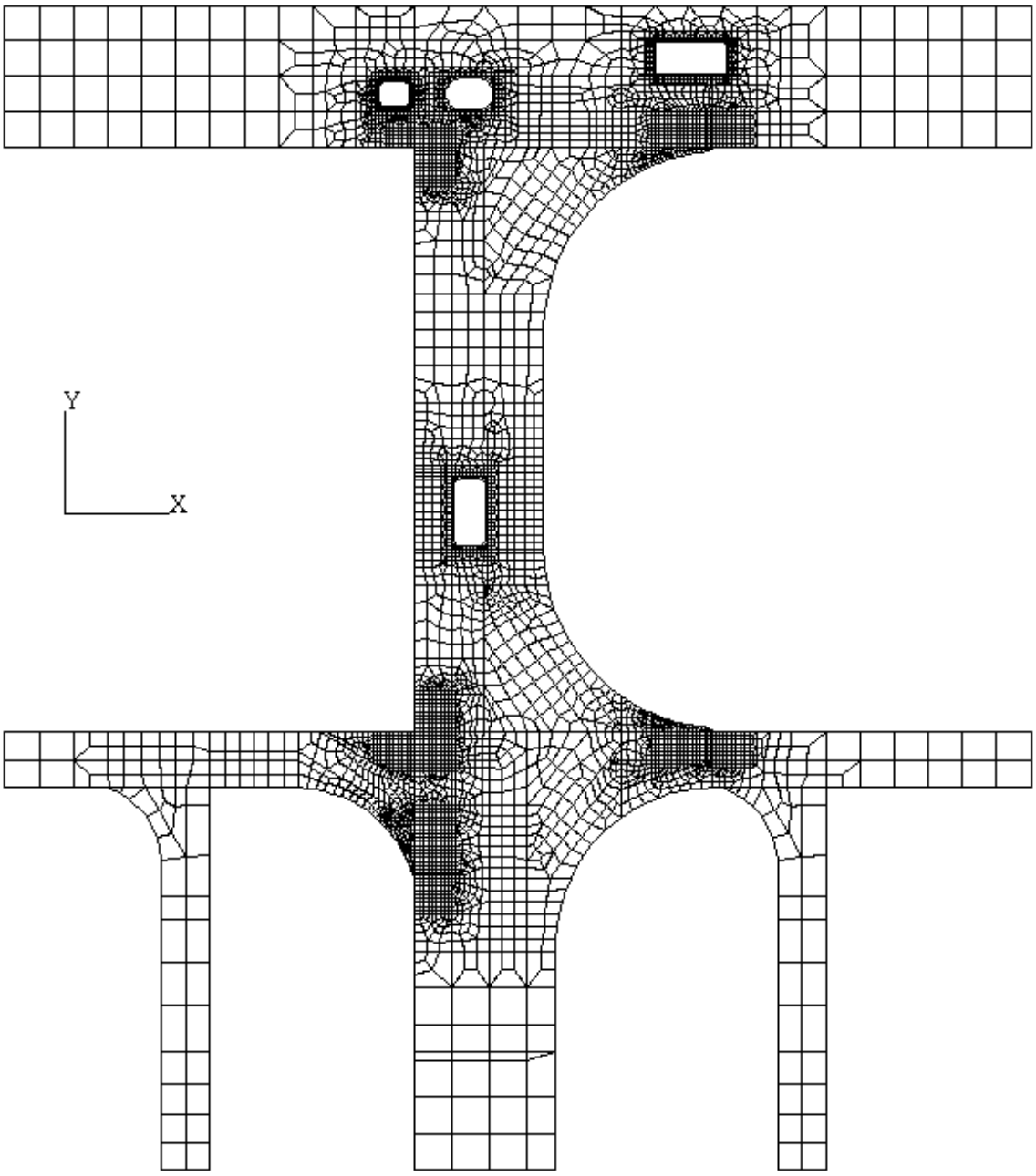
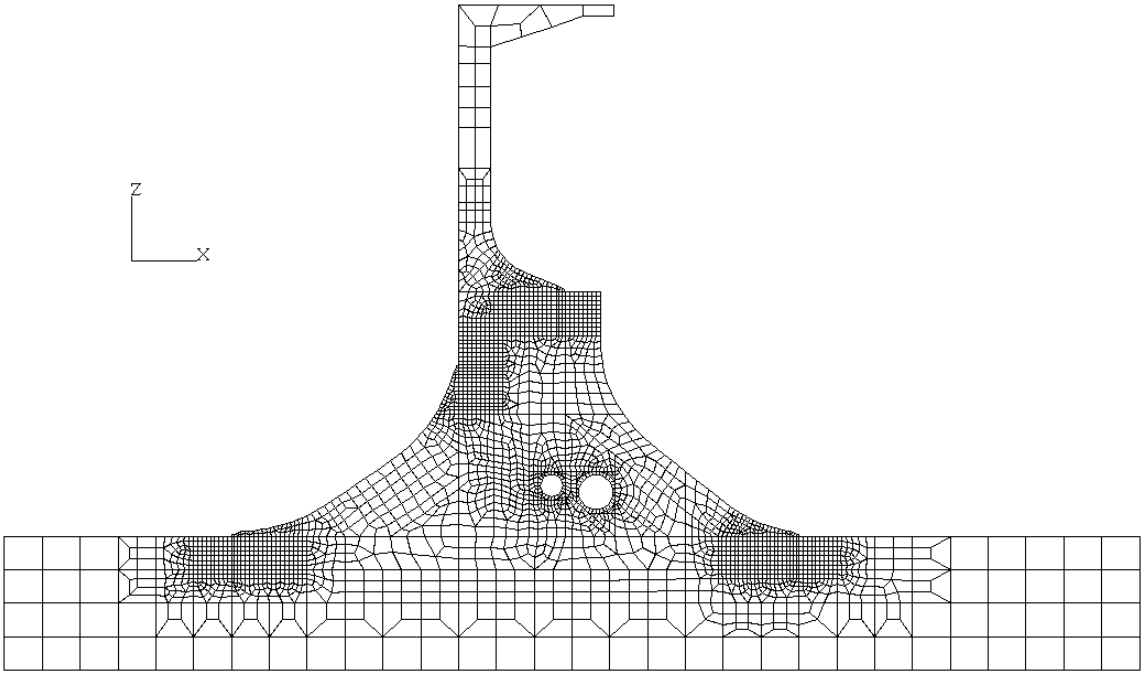
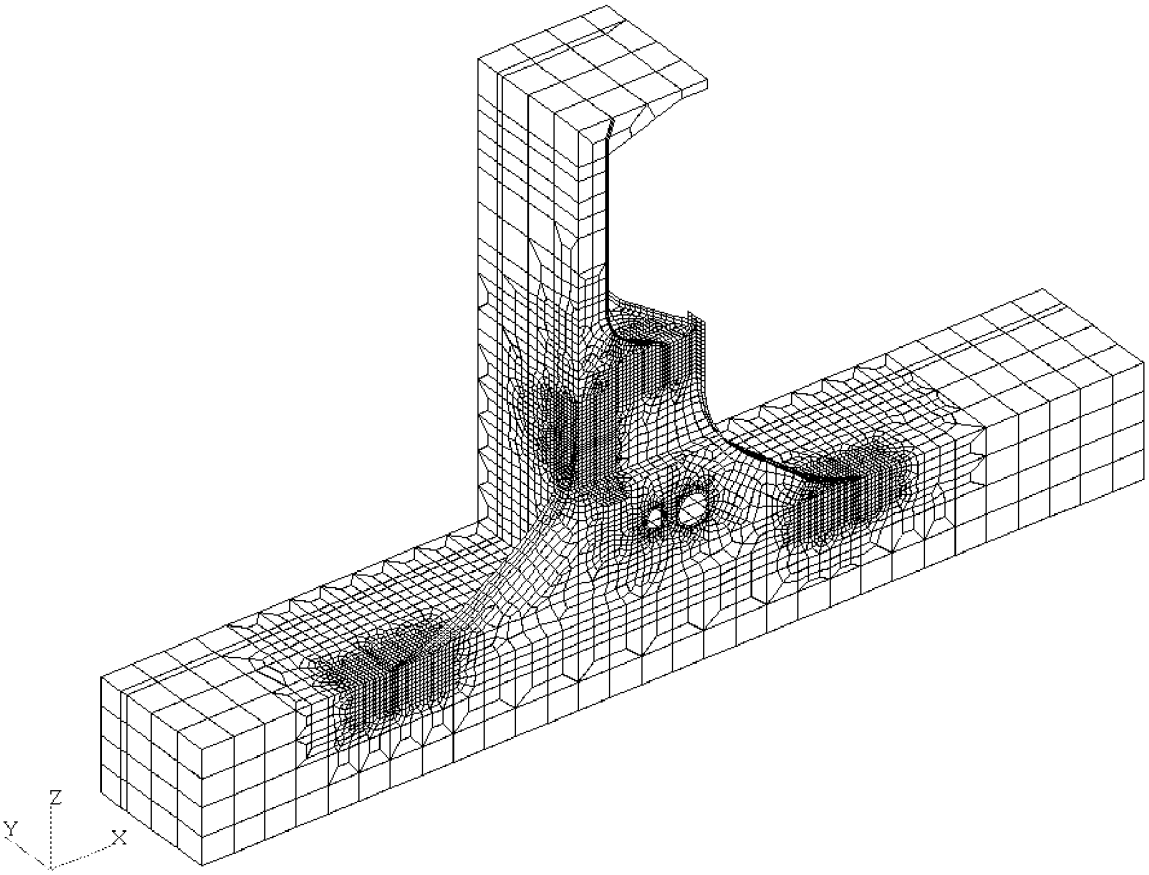


図 B.3.12　　隔壁と二重底構造間の端部ブラケット結合部解析用のサブモデル
（左舷側半分を図示する）





3.2.4 上甲板及び二重底縦通肋骨と取合う横隔付垂直防撓材

3.2.4.1 本 **3.2.4** に規定するモデル化の規定は，**3.1.4** に規定する縦通肋骨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。

3.2.4.2 有限要素サブモデルを用いる場合にあっては，当該サブモデルの端部は，少なくとも検討対象箇所から長さ方向前後に 2 横桁間隔分をモデル化すること。また，幅方向には，少なくとも 2+2 縦通肋骨心距分をモデル化すること。**図 B.3.13** に上甲板及び二重底縦通肋骨と取合う横隔壁付垂直防撓材の長さ方向の詳細解析用サブモデルの範囲を示す。

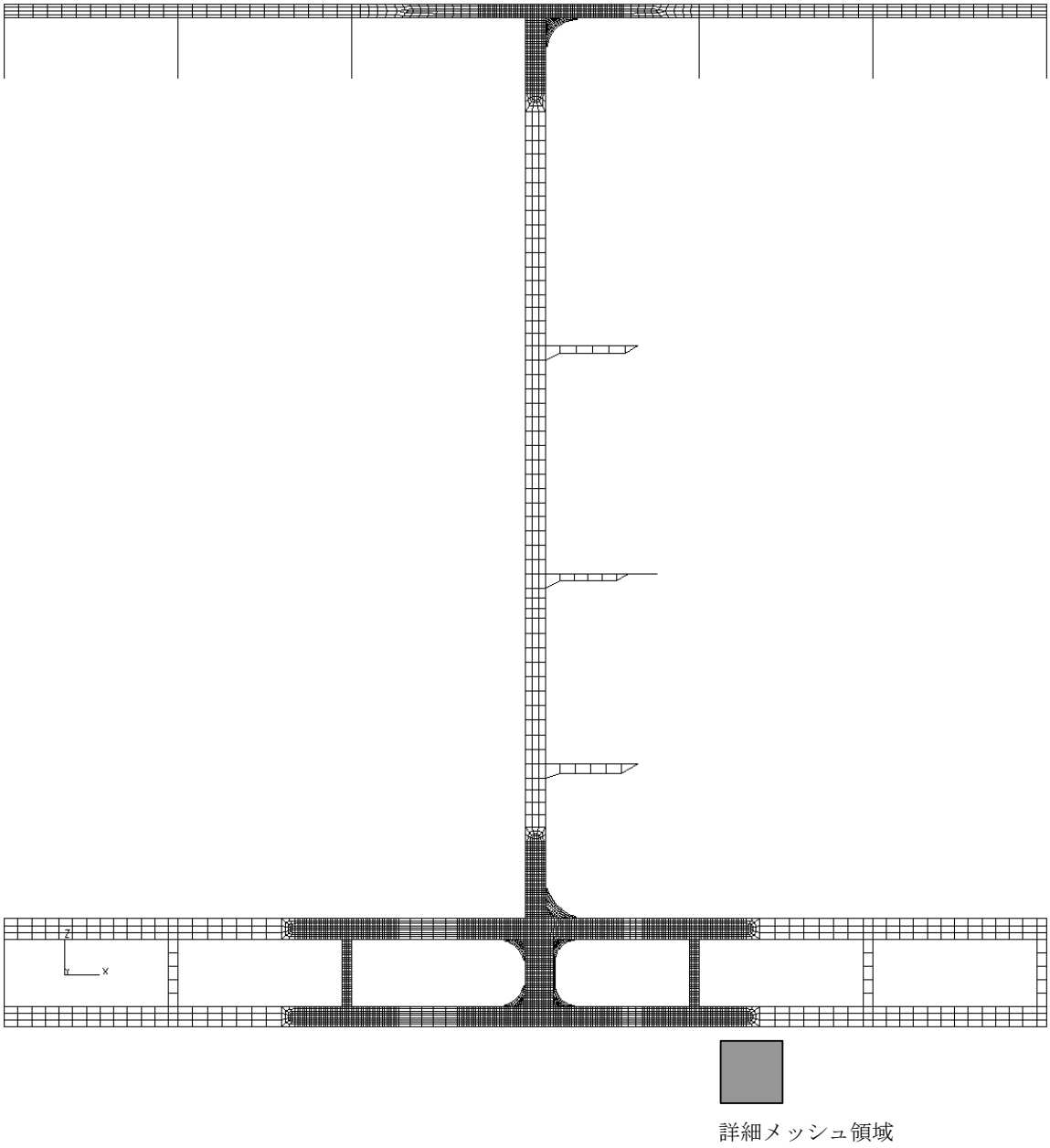
3.2.4.3 貨物タンク有限要素モデルから得られる変位又は荷重を貨物タンクモデルと一致するよう境界節点に与えること。

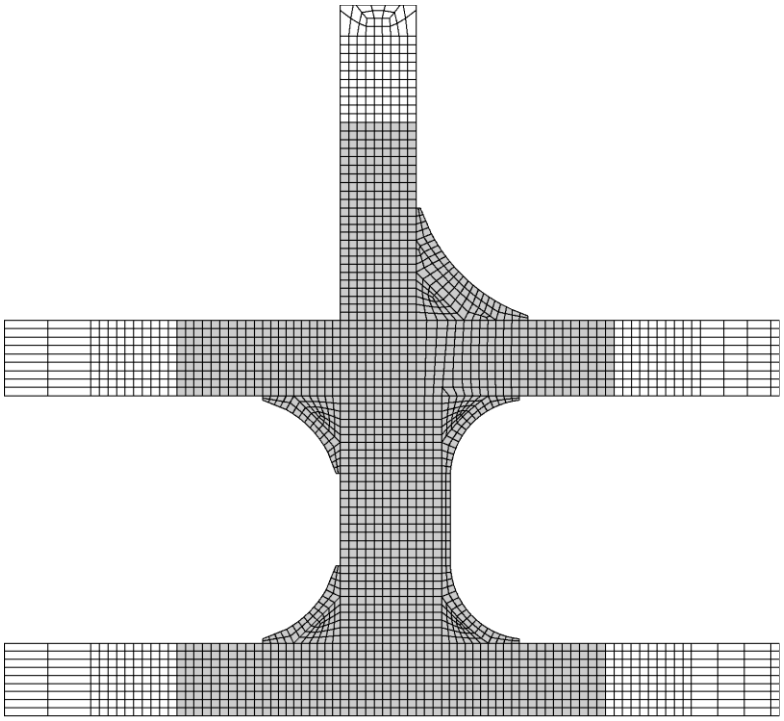
3.2.4.4 検討対象とする縦通防撓材及び垂直防撓材（ウェブ，面材及びそれに付く板材（ただし，1/2+1/2 縦通肋骨心距の範囲内）並びに関連するブラケット）は，グロス板厚から全腐食予備厚 t_{corr} を差し引いた板厚を用いてモデル化すること。上記以外の部材にあっては，腐食予備厚の半分（$0.5t_{corr}$）をグロス板厚から差し引いた板厚を用いてモデル化すること。

3.2.4.5 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。縦通防撓材及びそのブラケットに付く面材は少なくともその幅方向に 3 要素に分割してモデル化すること。

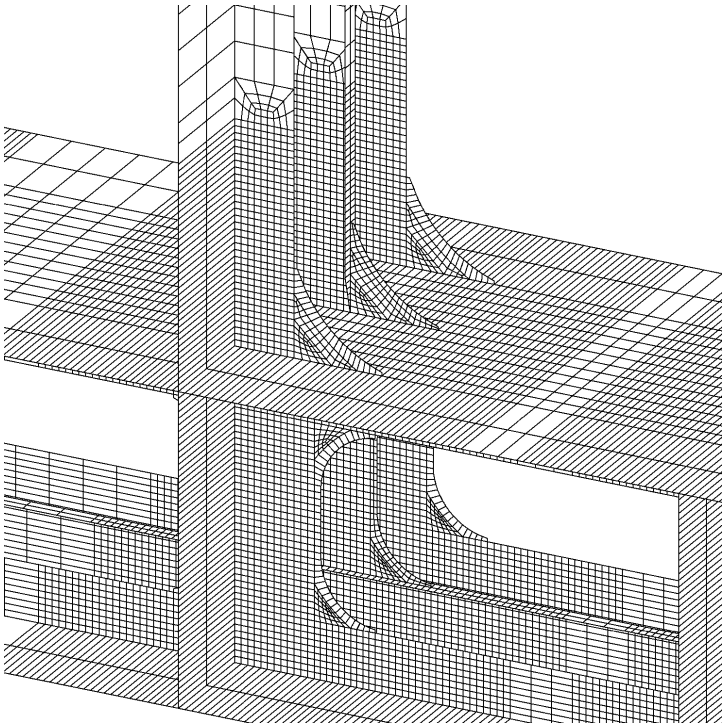
3.2.4.6 メッシュサイズ及び詳細メッシュ領域は **3.2.1.3** の規定によること。（**図 B.3.13** 参照）

図 B.3.13　　上甲板及び二重底縦通肋骨と横隔壁付垂直防撓材との端部結合部における詳細メッシュ解析用のサブモデル





要素サイズ≦50*mm* x 50*mm*



3.2.5　　波形隔壁

3.2.5.1　**3.2.1** の規定に加えて，**本 3.2.5** に規定するモデル化の要求事項にあっては，**3.1.5** に規定する波形隔壁と隔壁下部スツールとの接合部の詳細メッシュ解析に適用する。

3.2.5.2　サブモデルの最小モデル化範囲は，次の規定による（**図 B.3.14** 参照）。

(a) 垂直方向に対し，隔壁下部スツール底部から隔壁と隔壁下部スツール上面との接合部から上方に少なくとも 2*m* の位置まで。サブモデルの上部境界は，貨物タンク有限要素モデルの水平メッシュ線と一致させること。

(b) 波形横隔壁に対して，サブ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すること（すなわち，サブモデルは隔壁下部スツールの 2 ウェブ間隔を含むこと）。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，サブ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すること（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) 検討対象領域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，サブ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拘わらず詳細にモデル化すること。また，サブモデルは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 横桁までモデル化すること。

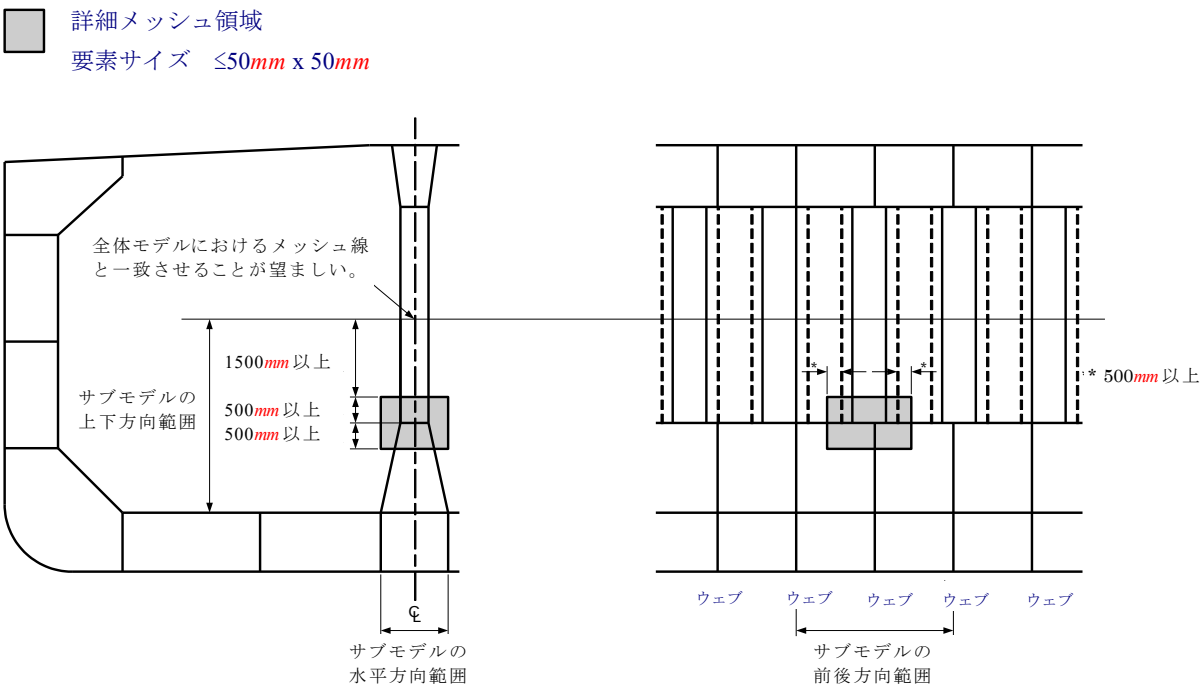
3.2.5.3　詳細メッシュ領域は，垂直方向に対して，波形板とスツール頂板の接合部から上下に少なくとも 500*mm*（10 要素）離れた位置までとすること。（**図 B.3.14** 参照）また，水平方向に対して，詳細メッシュ領域は少なくとも検討対象となる波形板のフランジ部を含み，フランジの両側につく波形板のウェブ及びその両端から 500*mm* の位置までとすること（すなわち，詳細メッシュ領域は波形板の 4 ナックルポイントを含む）（**図 B.3.14** 参照）。詳細メッシュ領域におけるメッシュサイズは 50*mm*×50*mm* 以下とすること。

3.2.5.4　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側板付立防撓材にあっては，サブモデル範囲内において実際の配置に従ってモデル化すること。ダイヤフラム板，ブラケット及び防撓材のウェブはシェル要素を用いてモデル化すること。防撓材及びブラケットの面材はビーム要素を用いること。

3.2.5.5　下部スツール側板の水平防撓材はビーム要素を用いること。

3.2.5.6　**図 B.3.15** に縦通隔壁と下部スツールとの接合部の詳細メッシュ解析に用いる有限要素サブモデルを示す。

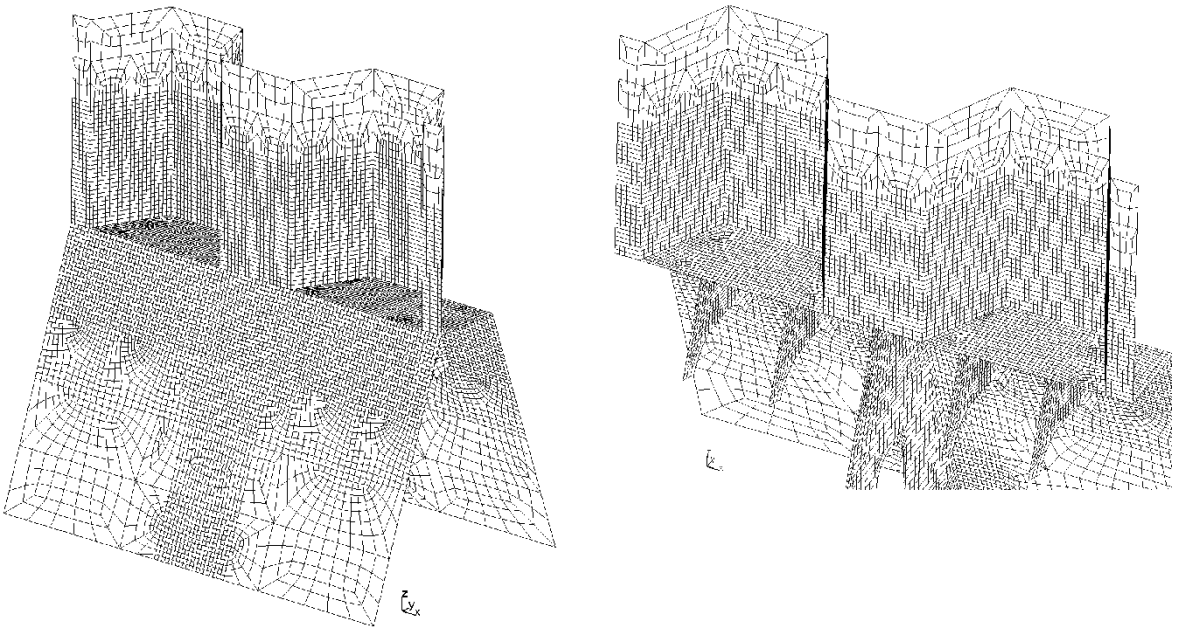
図 B.3.14　　波形隔壁と下部スツールの結合部解析による
サブモデル及び詳細メッシュモデル化範囲



（備考）

上図は，縦通波形隔壁と下部スツール結合部に対する部分構造モデルの範囲及び詳細メッシュ範囲を示している。横置き波形隔壁に対しても同様の範囲とする。

図 B.3.15　　縦通波形隔壁と下部スツールの結合部の解析用サブモデル



3.3 荷重条件

3.3.1 応力解析

3.3.1.1 詳細メッシュによる詳細応力解析は，**2.3.1** に規定する標準積付ケースのほか，**9 節 2.2.3** の規定により必要となる特殊な積付ケースの全てに対して行わなければならない。

3.4 荷重及び境界条件の適用

3.4.1 一般

3.4.1.1 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要素節点変位を局部モデルの対応する要素節点に変位として与えること。また，貨物タンクモデルの解析結果から得られる相当要素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。

3.4.1.2 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，多点強制変位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。

3.4.1.3 全ての局部荷重は，ハルガーダせん断力の修正に適用する如何なる垂直荷重を含め，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。

3.5 評価結果及び判定基準

3.5.1 応力評価

3.5.1.1 詳細メッシュ解析の応力強度評価は，**3.3.1** に規定する荷重ケースに対して行わなければならない。

3.5.1.2 *von Mises* の等価応力 σ_{vm} は平面要素の要素中心における面内直応力及びせん断応力から計算しなければならない。シェル要素を使用する場合，この応力は要素の板厚中央で評価しなければならない。

3.5.1.3 *von Mises* の等価応力は **9 節 2.3.5** に規定する許容応力以下でなければならない。

3.5.1.4 最大許容応力値は，**3.2.1** 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 *von Mises* 応力と許容応力値とを比較すること。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，応力の平均化を行うこと。平均応力は要素中心の応力を基に計算すること。内挿法又は外挿法によって得られる応力値は使用しないこと。応力の平均化は不連続部及び交差する部材間では行わないこと。

4 疲労解析に対するホットスポット応力の評価

4.1 適用

4.1.1 一般

4.1.1.1 **本付録 B.4** は，**付録 C.2** に従って疲労損傷被害度を求める際の幾何学的ホットスポット応力の評価による，超詳細メッシュを用いた有限要素法解析の手順について規定する。

4.1.1.2 有限要素法解析により疲労強度評価を行う箇所にあっては，**9 節 3.3** の規定に従うこと。

4.2 構造のモデル化

4.2.1 一般

4.2.1.1 疲労強度を判定するためのホットスポット応力の評価にあっては，高応力集中部に対する超詳細メッシュを適用すること。この超詳細メッシュ解析は，貨物タンクモデルから得られる境界条件を与えた超詳細メッシュ領域を持つ局部有限要素モデルを用いて行うことができる。代わりに，超詳細メッシュ領域を埋め込んだ貨物タンクモデルを使用しても差し支えない。

4.2.1.2 ホットスポット位置から全方位方向に少なくとも 500*mm* の範囲内にある全構造部材は，腐食予備厚の半分（$0.5t_{corr}$）をグロス板厚から差し引いたネット板厚を用いてモデル化しなければならない。

4.2.1.3 疲労強度評価に使用するホールド要素モデルは，**2.2** に従ってモデル化しなければならない。ただし，提示された板厚から腐食予備厚の 1/4（$0.25t_{corr}$）を差し引いたネット板厚を用いることとする。$0.5t_{corr}$ の板厚控除量に基づいている構造強度評価用のホールドモデルを用いる場合は，**付録 C2.4.2.7** に規定するモデル化修正係数 f_{model} を用いて修正を行わなければならない。

4.2.1.4 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貨物タンクモデルの縦通桁，水平桁及びフロアのような主要支持部材と一致させなければならない。ビルジホッパナックル部の局部有限要素モデルのモデル化範囲は **4.2.2** に規定によること。

4.2.1.5 ホットスポット応力の評価は，メッシュサイズが $t_{net50}\times t_{net50}$ のシェル要素に基づいたものでなければならない。ここで，t_{net50} は潜在的に疲労亀裂が最も発生し易い箇所のネット板厚とする。当該メッシュサイズは，疲労ホットスポット位置から全方位方向に少なくとも 10 要素は超詳細メッシュ領域内を維持しなければならない。一様な四辺形メッシュを用いて超詳細メッシュの領域をモデル化しなければならない。超詳細メッシュ領域へ移行するメッシュの細かさは除々に変化させなければならない。

4.2.1.6 超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。シェル要素は板の中央の応力及び板の曲げ特性を表さなければならない。溶接部の幾何学的形状と構造上の目 違いに対するモデル化は，要求しないこととする。

4.2.1.7 自由端部，角巻き溶接部（例えば，桁板の防撓材が貫通するスロット部等），板の突合せ溶接端部及びハッチコーナ部において応力評価を行う必要がある場合は，応力値を算定するために無視できるほど小さい断面積（例えば $1mm^2$）のロッド要素を使用しなければならない。

4.2.1.8 超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ること。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（例えば要素の角度が 60 度より小さい又は 120 度より大きい）の使用は避けること。

4.2.2 ビルジホッパナックル部

4.2.2.1 **4.2.1** の一般規定に加えて，**本 4.2.2** に規定するモデル化に関する規定は溶接構造を採用するビルジホッパナックル部に適用する。

4.2.2.2 船体中央部の貨物タンク区域において少なくとも 1 横桁分に対して内底板とビルジホッパ斜板とのナックル接合部の疲労強度を評価しなければならない。（**9 節 3.3.2** 参照）疲労強度評価は船体片舷における構造詳細に対して行うこと。

4.2.2.3　原則として，横隔壁間の中央部におけるビルジホッパナックル部を検討しなければならない。制水隔壁が配置されている場合，制水隔壁と貨物タンク端部横隔壁間の中央部ビルジホッパナックル部を検討しなければならない。疲労強度評価を行う桁の位置及び船側部を特定するため，**2.2** に規定する貨物タンク有限要素法解析の結果を用いて下部ビルジホッパナックル線に接する内底板の幅方向の最大面内応力を確認すること。

4.2.2.4　局部有限要素モデルを用いる場合，局部モデルの最小モデル化範囲は次によること。

(a) 船長方向に対して，モデル化は 2 横桁間隔分とすること（すなわち，検討対象部の横桁から片側に 1 横桁分モデル化すること）。モデル端部の横桁はモデル化する必要はない。

(b) 垂直方向に対して，モデルはベースラインから二重船側部バラストタンク内の下部ストリンガまでとすること。疲労強度評価を上部ナックル部に対して行う場合，二重船側部バラストタンク内の下部水平桁より上方 4 縦通肋骨心距分までとすること。

(c) 船幅方向に対して，モデルは船側から二重底側桁より船体中心方向に 4 縦通肋骨心距分までとすること。

4.2.2.5　ナックル部のメッシュサイズは $t_{net50}\times t_{net50}$ とすること。ここで，t_{net50} はグロス板厚から **4.2.1.2** に規定する $0.5t_{corr}$ を差し引いたナックル部に接する内底板のネット板厚とする。$t_{net50}\times t_{net50}$ メッシュの適用最小範囲は次によること（**図 B.4.1** 参照）：

(a) 内底板：船幅方向に対してナックル線から 10 要素，船長方向に対してフロアの前後に 10 要素

(b) スカーフィングブラケット，ビルジホッパタンク内の内底板（オーバーハング部）：船幅方向に対してナックル線から 10 要素，船長方向に対してフロアの前後に 10 要素

(c) ビルジホッパ斜板：船幅方向に対してナックル線から 10 要素，船長方向に対してビルジホッパウェブの前後に 10 要素

(d) 側桁板：垂直方向に対してナックル線から 10 要素，船長方向に対してビルジホッパウェブの前後に 10 要素

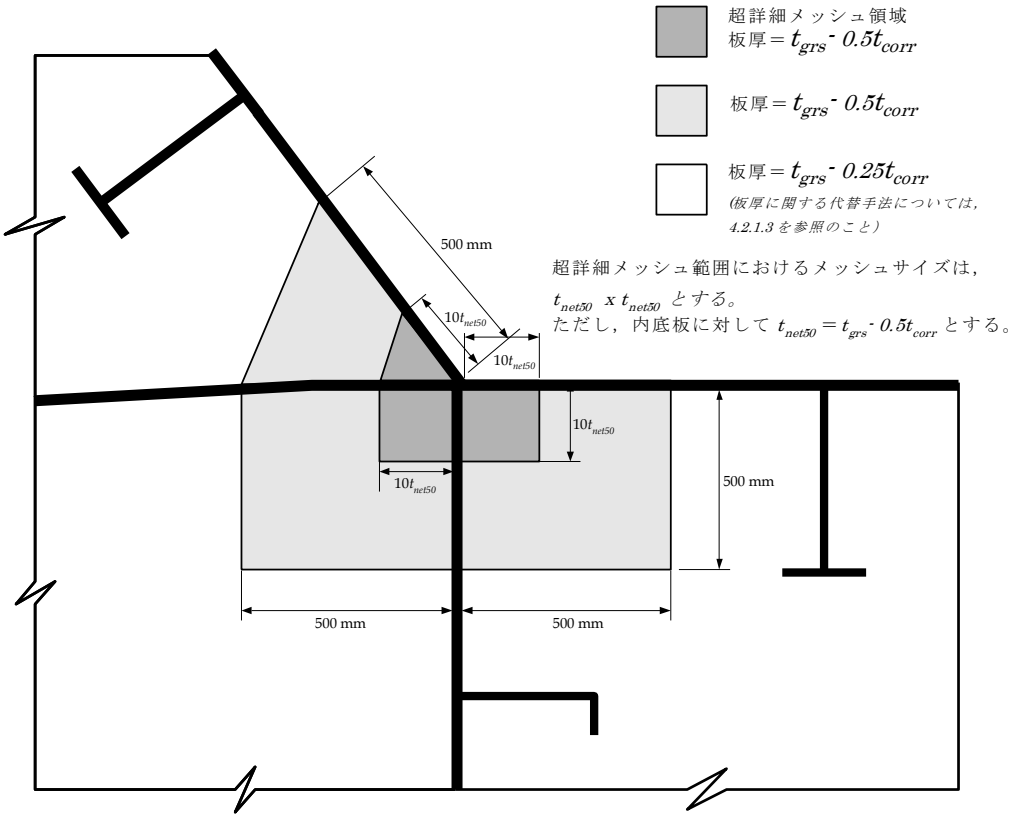
(e) フロア，ビルジホッパウェブ：船幅及び垂直方向に対してそれぞれナックル線から 10 要素

4.2.2.6　内底板に隣接する横桁付スカーフィングブラケット，カーリングと同様にナックル部から 1 本目の縦通肋骨及び桁板付ブラケットは，シェル要素を用いて正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肋骨にあっては，ビーム要素を用いてモデル化すること。ビルジホッパタンク内の内底板（オーバハング部）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。スカーフィングブラケットの範囲外の 内底板オーバハング部にあっては，相当する断面積を有する一次元要素を用いてモデル化すること。ナックル点から 1 防撓材間に設けられるケーブル貫通穴，パイプ貫通穴及び交通口等の何れの開口にあっても，正確にモデル化しなければならない。

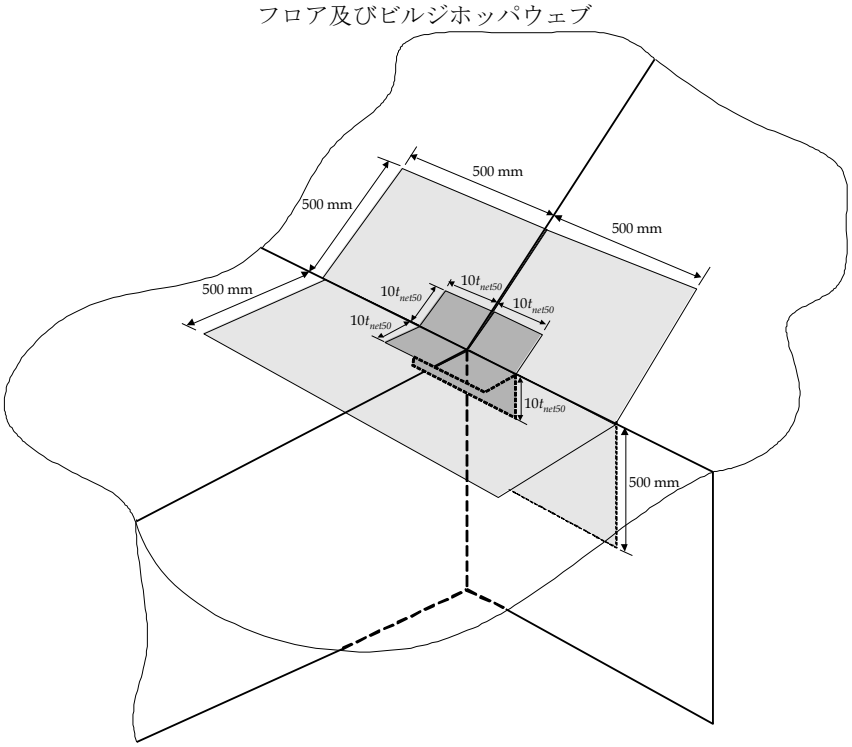
4.2.2.7　**図 B.4.1** は $t_{net50}\times t_{net50}$ メッシュサイズの領域及びそれ以外の箇所に適用するネット板厚の領域を示す。

4.2.2.8　**図 B.4.2** から **B.4.4** にビルジホッパナックル部の代表的な局部有限要素モデル及び $t_{net50}\times t_{net50}$ メッシュ領域の拡大図をそれぞれ示す。

図 B.4.1　　ビルジホッパ下部結合部における t_{net50}×t_{net50} メッシュ領域及び局部ネット板厚領域の最小範囲



フロア及びビルジホッパウェブ



縦桁，フロア及びビルジホッパ斜板

図 B.4.2　　ビルジホッパナックル結合部の局部有限要素モデル
（内底板及びビルジビルジホッパ斜板における t_{net50}×t_{net50} メッシュ）

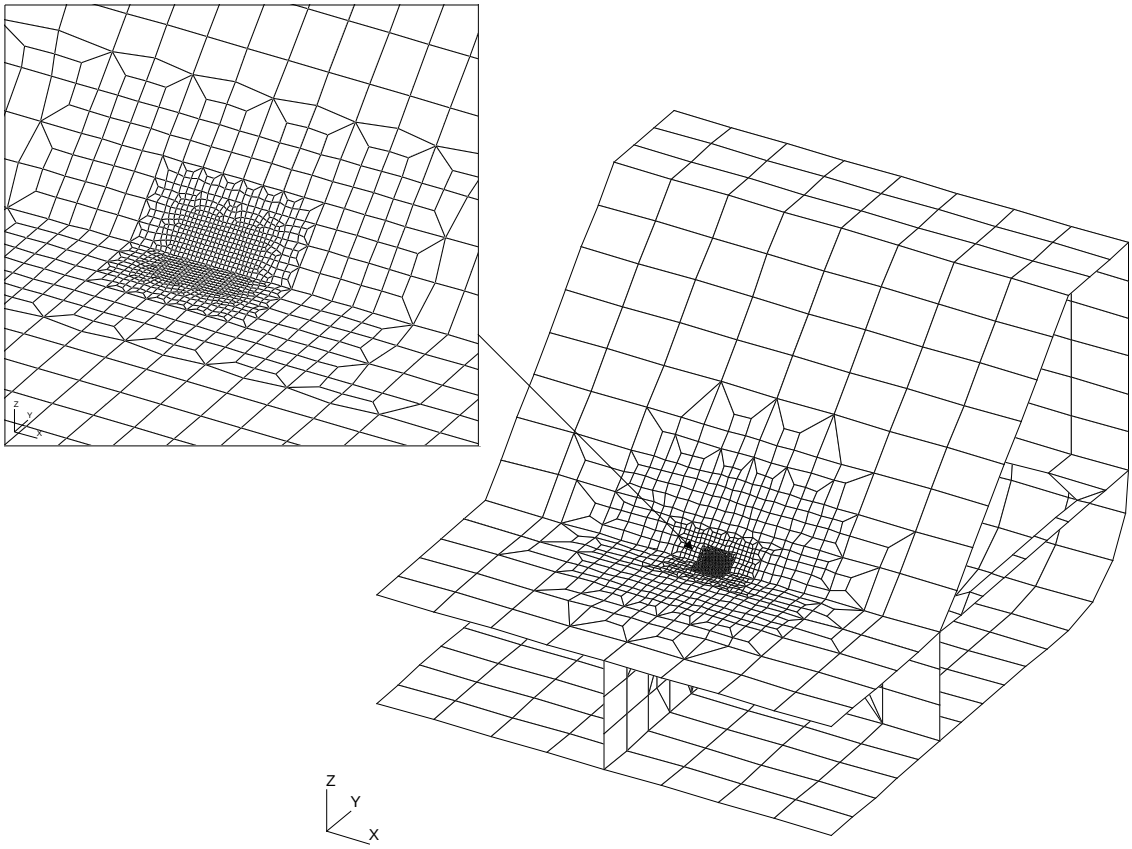
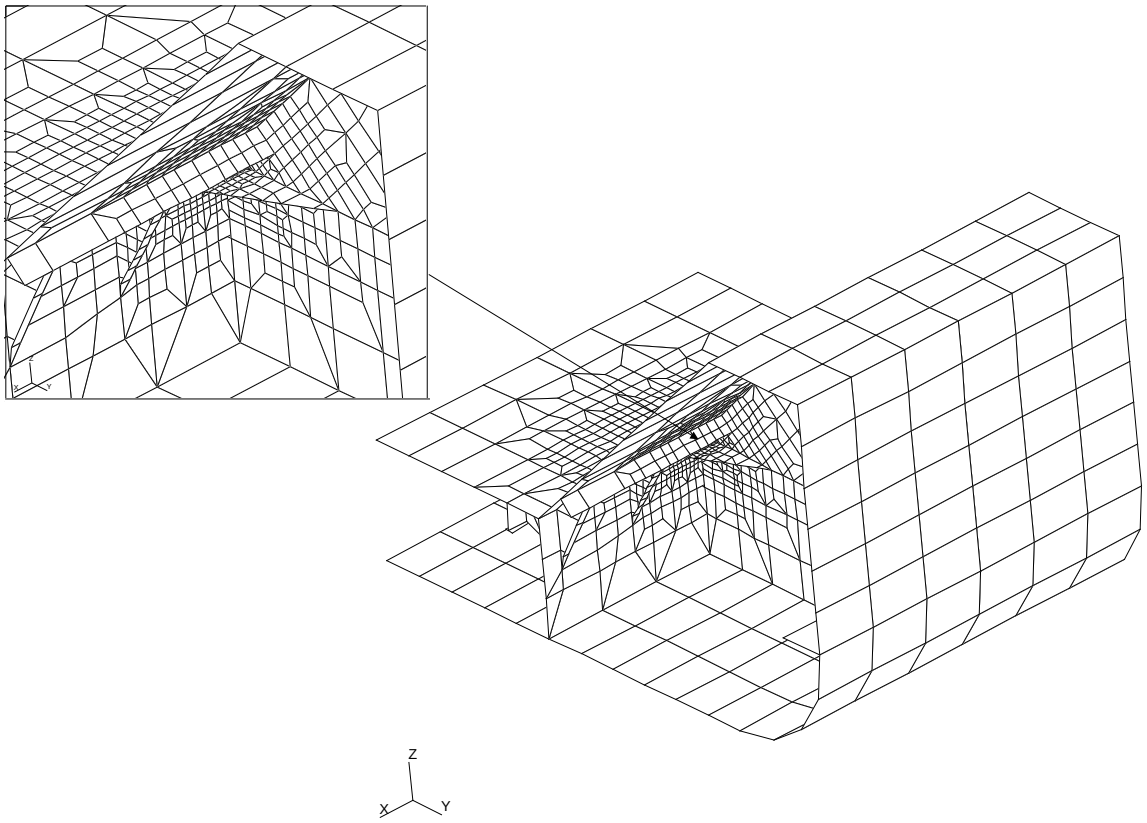


図 B.4.3　　ビルジホッパナックル結合部の局部有限要素モデル
（ビルジホッパ斜板，横桁，縦桁及びブラケットにおける t_{net50}×t_{net50} メッシュ）



4.3　積付状態

4.3.1　一般

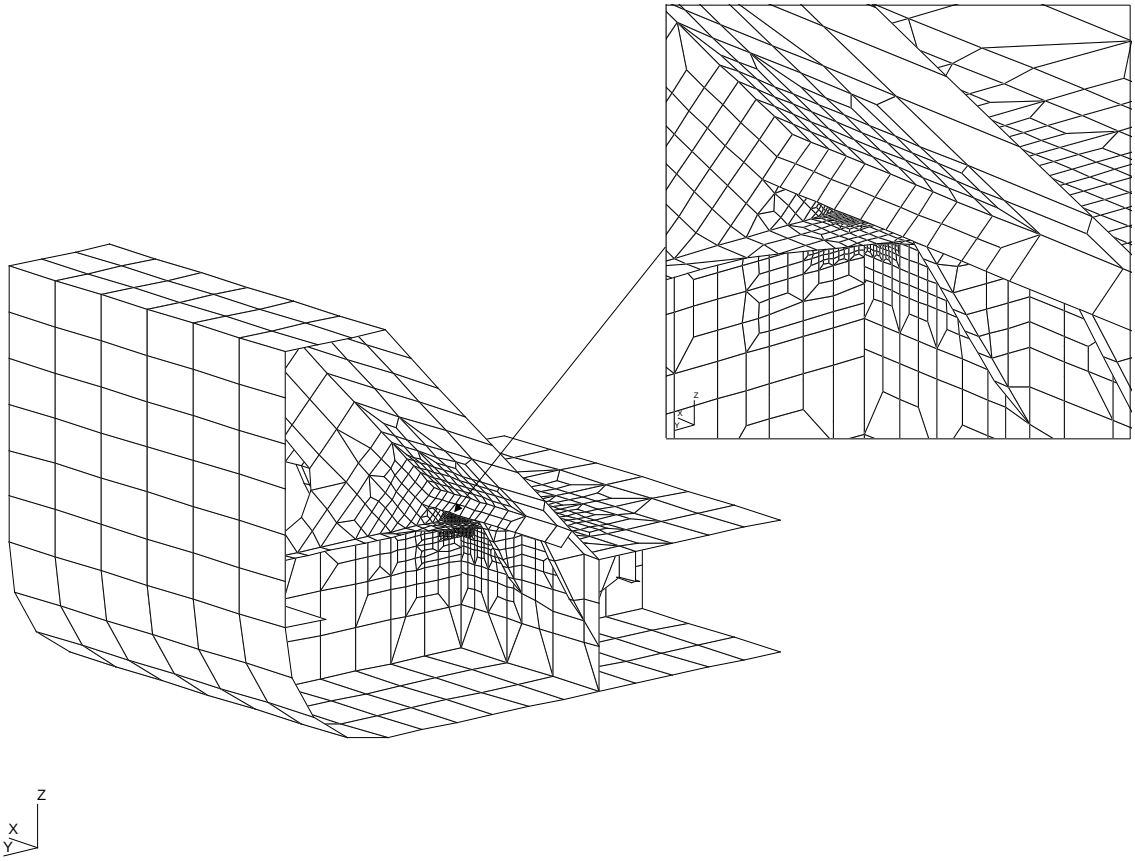
4.3.1.1　疲労強度評価のための応力変動幅を評価するために使用する積付状態は，付録 C.1.3.2 によらなければならない。

4.3.1.2　疲労強度評価に使用する貨物密度は，次によらなければならない。

(a)　縦通防撓材端部の結合部 – 貨物を均等積みした時の構造用喫水状態に対する規定の貨物密度及び 0.9（t/m^3）の大きい方

(b)　内底板とビルジホッパ斜板の結合部 – 0.9（t/m^3）

図 B.4.4　　ビルジホッパナックル結合部の局部有限要素モデル
（ビルジホッパ斜板，横桁，縦桁及びブラケットにおける t_{net50}×t_{net50} メッシュ）



4.3.2　　ビルジホッパナックル結合部に対する有限要素荷重ケース

4.3.2.1　**本 4.3.2** の規定は，ビルジホッパナックル結合部のホットスポット応力範囲の評価に適用する。

4.3.2.2　疲労応力範囲の評価にあたり，動的荷重のみ考慮すること。静的荷重は有限要素法解析に含める必要はない。

4.3.2.3　組合せ応力範囲を算定（**付録 C.2.4.2.7** 参照）するために各応力成分範囲を求める際に必要となる荷重ケースを**表 B.4.1** に示す。

4.3.2.4　ハルガーダ縦曲げモーメント及びハルガーダ水平曲げモーメントにより生じる応力は，疲労強度評価ための応力範囲に含めてはならない。ハルガーダ曲げの効果に起因する応力は，**4.5.2** に規定する手法に従って，疲労応力結果から推定及び計算しなければならない。

表 B.4.1　ビルジホッパナックル結合部に対する応力範囲評価のための荷重ケース

荷重ケース	応力成分	作用する荷重	荷重計算の変数
満載状態			
L1	s_{e1}	波浪変動圧力（両振幅）をビルジホッパナックル部を解析する方の船側にのみ作用する	喫水 ＝ ローディングマニュアルに規定する満載均等積み状態における船体中央部喫水（付録 C.1.3.2 参照） GM：7 節 3.1.3.4 を参照のこと $r_{roll\text{-}gyr}$：7 節 3.1.3.4 を参照のこと 貨物密度 ＝0.9（t/m^3）（最小値：**4.3.1.2** 参照）
L2	s_{e2}	波浪変動圧力（両振幅）をビルジホッパナックル部を解析しない方の船側にのみ作用する	
L3	s_{ix}	前後方向加速度による動的貨物圧力(両振幅)	
L4	s_{iy}	左右方向加速度による動的貨物圧力(両振幅)	
L5	s_{iz}	上下方向加速度による動的貨物圧力(両振幅)	
バラスト状態			
L6	s_{e1}	波浪変動圧力（両振幅）をビルジホッパナックル部を解析する方の船側にのみ作用する	喫水 ＝ ローディングマニュアルに規定する通常バラスト状態における船体中央部喫水 通常バラスト状態を規定していない場合は，軽バラスト状態における船体中央部喫水とする。（付録 C.1.3.2 参照）
L7	s_{e2}	波浪変動圧力（両振幅）をビルジホッパナックル部を解析しない方の船側にのみ作用する	
曲げモーメント修正のための荷重ケース			
C1	s_{VBM}	貨物タンクモデルの両端に単位縦曲げモーメントを作用させる	左記以外の荷重は作用させない。
C2	s_{HBM}	貨物タンクモデルの両端に単位水平曲げモーメントを作用させる	

s_{e1}，s_{e2}，s_{ix}，s_{iy}，s_{iz}：曲げモーメント修正前の応力成分（符号を考慮すること）(5)

s_{VBM}：貨物タンク両端に作用させる単位縦曲げモーメントによる応力応答

s_{HBM}：貨物タンク両端に作用させる単位水平曲げモーメントによる応力応答

（備考）

(1) 波浪変動圧に関する荷重ケースに対して，船体中央部における圧力分布を算定し，これを貨物タンク有限要素モデル全長に亘って作用させること。

(2) 動的貨物圧力に関する荷重ケースに対して，船体中央部の貨物タンク重心位置における上下，左右及び前後方向加速度を算定すること。また，各タンクにおける算定された加速度は，貨物タンク有限要素モデル全長に亘って，対応する貨物タンクに作用させること。

(3) 貨物タンク重心位置における上下，左右及び前後方向加速度は，7 節 3.3 に従って算定しなければならない。加速度による動的貨物圧力振幅は，7 節 3.5.4.7 に従って算定しなければならない。動的貨物圧力（両振幅）は，動的貨物圧力振幅の 2 倍とし，図 7.3.9 の分布に従わなければならない。これらの圧力分布は強度解析に使用するものとは異なることに留意すること。

(4) 波浪変動圧振幅は，7 節 3.5.2.3 に従って算定しなければならない。波浪変動圧（両振幅）は，波浪変動圧振幅の 2 倍としなければならない。波浪変動圧及びその分布形状は，強度解析に使用するものとは異なることに留意すること。

(5) 荷重ケース L1 から L7 に対して算定した応力成分（符号を考慮すること）は，縦曲げモーメント及び水平曲げモーメントによる成分を除去するように修正しなければならない（**4.5.2.2** 参照）。

4.4 境界条件

4.4.1 貨物タンクモデル

4.4.1.1 貨物タンクモデル端部に適用する境界条件は **2.6** の規定によらなければならない。単位船体縦曲げモーメント及び水平曲げモーメントの適用は **2.5.4.5** 又は **2.5.4.6** の規定によらなければならない。

4.4.2 局部有限要素モデル

4.4.2.1 局部有限要素モデルをホットスポット応力範囲の算定に用いる場合，貨物タンクモデルから得られる節点変位又はそれと同等の節点力を局部有限要素モデルの対応する境界節点に適用しなければならない。

4.4.2.2 貨物タンクモデルの節点と局所モデルの境界節点が一致しない場合，多点強制変位を用いてこれらの節点に強制変位を与えることができる。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。

4.4.2.3 局部有限要素モデルの構造部材に加わる全局部荷重はをモデルに適用しなければならない。

4.5 評価結果

4.5.1 一般

4.5.1.1 亀裂発生の予想される箇所における亀裂発生方向に直交する方向のホットスポット応力範囲に基づいて疲労被害度計算を行わなければならない。

4.5.1.2 溶接構造詳細に対して，溶接止端部から $0.5t_{net50}$ 離れた位置における溶接線に直交する表面応力からホットスポット応力範囲を算定しなければならない。ここで，t_{net50} は疲労亀裂の発生が予想される箇所のネット板厚とする。（付録 **C.2.4.2.6** 参照）

4.5.1.3 自由端における疲労強度評価に対して，自由端部の応力を算定するするためにロッド要素を使用すること。応力範囲はロッド要素の軸応力に基づくこと。

4.5.1.4 ビルジホッパナックル部の疲労被害度の算定については，**4.5.2** を参照のこと。

4.5.2 ビルジホッパナックル部

4.5.2.1 ビルジホッパナックル部溶接継手の疲労強度評価に用いるホットスポット応力範囲は，内底板とビルジホッパ斜板の交線に直交する方向の要素直応力を用いて算定しなければならない。当該応力範囲は，その交線から $0.5t_{net50} + x_{wt}$ 離れた位置におけるホッパ斜板及び内底板の上面にて評価しなければならない。ここで，t_{net50} は内底板のネット板厚とし，x_{wt} は溶接止端部の脚長とする。（**図 C.2.1** 参照）考慮する位置の応力は，ビルジホッパ斜板と内底板の交線から 1 番目及び 2 番目の要素の中心にて算定する表面応力を線形内挿することにより求めること。

4.5.2.2 応力成分の範囲は，**表 B.4.1** に示す荷重ケース L1 から L7 により算定した応力成分からハルガーダ縦曲げモーメント及びハルガーダ水平曲げモーメントの影響による応力を除去する事によって，計算しなければならない。

$S_{c_i} = |s_{c_i} - M_{V_i} s_{VBM} - M_{H_i} s_{HBM}|$

S_{c_i}：S_{e1}，S_{e2}，S_{ix}，S_{iy} 又は S_{iz} で曲げモーメントによる影響を修正した後の応力成分範囲

s_{c_i}：s_{e1}，s_{e2}，s_{ix}，s_{iy} 又は s_{iz} で荷重ケース L1 から L7 により計算される縦曲げモーメント及び水平曲げモーメントによる影響を含む応力成分（符号を考慮すること）（**表 B.4.1** 参照）

M_{V_i}：ホールド有限要素モデルに適用する荷重ケース L1，L2，L3，L4，L5，L6 又は L7 による荷重に対するハルガーダ縦曲げモーメント。曲げモーメントは長さ方向に対して，検討箇所のシェル要素の中心にて算定しなければならない。

M_{H_i}：ホールド有限要素モデルに適用する荷重ケース L1，L2，L3，L4，L5，L6 又は L7 による荷重に対するハルガーダ水平曲げモーメント。曲げモーメントは長さ方向に対して，検討箇所のシェル要素の中心にて算定しなければならない。

s_{VBM}：荷重ケース C1 から算定される単位縦曲げモーメントによる応力（**表 B.4.1** 参照）

s_{HBM}：荷重ケース C2 から算定される単位水平曲げモーメントによる応力（**表 B.4.1** 参照）

4.5.2.3 **4.5.2.2** に規定するハルガーダ縦曲げモーメント及びハルガーダ水平曲げモーメントは，要素の中心から横桁位置までの長さ方向の距離が 500*mm* 未満の場合にあっては，検討するビルジホッパナックル部横桁位置で算定して差し支えない。

4.5.2.4 満載状態における縦方向，横方向及び垂直方向の加速度の貨物変動圧力による応力成分範囲 S_i は次の算式によること。

$S_i = 0.4\,|S_{ix}| + 0.9\,|S_{iy}| + 0.9\,|S_{iz}|$

4.5.2.5　疲労被害度の算定に必要な組合せホットスポット応力範囲は，**付録 C.2.4.2.7** に従って算出しなければならない。

4.5.2.6　疲労被害度及び疲労寿命は，**付録 C.1.4.1** に従って算定しなければならない。

付録 C　　疲労強度評価

1　　公称応力手法

1.1　　一般

1.1.1　　適用

1.1.1.1　**本付録 C.1** は，船舶の構造詳細の疲労強度評価に使用する簡易型疲労強度評価について手順を規定したものである。当該疲労強度評価は，梁理論に基づいた公称応力手法を使用している。

1.1.1.2　疲労強度評価は，最小降伏応力が 400N/mm^2 未満の鋼材の溶接結合部に適用しなければならない。

1.1.2　　前提条件

1.1.2.1　疲労強度評価は，次の前提条件による。

(a)　線形累積被害度モデル（すなわち，*Palmgren-Miner* の線形被害則）は，**1.4.5** に規定する *S-N* データを使用する。

(b)　縦通防撓材の端部結合部にあっては，**1.4.2** から **1.4.4** に規定する経験式より得られる公称応力及び **1.3** に規定する規則荷重を用いる公称応力基準の疲労強度評価に基づく。

(c)　構造詳細の長期応力変動幅は，**1.4.1.5** 及び **1.4.1.6** に規定する修正 Weibull 確率分布パラメータ ξ によって表される。

(d)　構造詳細は，**1.5** の規定に従って理想化され，分類される。

1.1.2.2　**1.5** に規定する構造詳細の分類は，単純な荷重下における典型的な結合部様式を基本とする。構造詳細が **1.5** に示すものと異なっている場合，疲労強度の観点から当該詳細の同等性を証明するために適当な有限要素法解析を行わなければならない（**2.1.1.3** 参照）。

1.1.2.3　荷重又は形状が非常に複雑な場合にあっては，その詳細の疲労応力を算定するために有限要素法解析を行わなければならない。**付録 C.2** は，横式の主要支持部材の溶接構造のビルジホッパナックル結合部にある溶接止端部のホットスポット応力を算定及び評価するための有限要素解析の手順を規定している。曲げ構造のナックル部にあっては，**2.1.1.2** を参照のこと。

1.2　　腐食モデル

1.2.1　　ネット板厚

1.2.1.1　**6 節 3** に規定するネット板厚及び腐食予備厚を用いて，構造強度をモデル化しなければならない。

1.3　　荷重

1.3.1　　一般

1.3.1.1　船体構造は次に挙げる荷重を考慮すること。

(a)　貨物重量及び船殻重量を含む静荷重

(b)　波浪荷重

(c)　船底スラミング衝撃荷重，バウフレア衝撃荷重及び半載タンクにおけるスロッシング荷重のような衝撃荷重

(d)　主機又はプロペラより発生する振動の繰返し荷重

(e)　熱荷重のような過渡的な荷重

(f)　残留応力

1.3.1.2　疲労強度解析は，長期応力分布の計算に対して次の波浪荷重を考慮すること。

(a)　ハルガーダ荷重（すなわち，波浪縦曲げモーメント及び波浪水平曲げモーメント）

(b)　動的波浪変動圧

(c)　船体の動揺によるタンク内変動圧力

1.3.2　　積付状態の選択

1.3.2.1　疲労強度解析は，船舶の想定される運航状態における代表的な積付状態について行わなければならない。次の二つの積付状態を考慮しなければならない。

(a)　出港時の計画満載喫水 T_{full} における満載状態で，**4 節 1.1.5.4** を参照のこと。

(b)　出港時のノーマルバラスト喫水 $T_{bal\text{-}n}$ におけるバラスト状態で，**4 節 1.1.5.3** を参照のこと。ノーマルバラスト状態がローディングマニュアルに規定されていない場合にあっては，最小バラスト喫水 T_{bal}（**4 節 1.1.5.2** 参照）を使用しなければならない。

1.3.2.2　船体中央部における喫水は，疲労荷重の決定に対して使用しなければならない。

1.3.3　　荷重の決定

1.3.3.1　関連の積付状態に対する応力変動幅を決定するために，構造に適用する荷重を算定しなければならない。

1.3.3.2　全体的及び局部的な荷重の働きによる合成応力は，10^{-4} の確率レベルを考慮して **1.4.4** により計算しなければならない。

1.3.4　　波浪縦曲げモーメント

1.3.4.1　波浪縦曲げモーメントは，**7 節 3.4.1** により算定すること。満載状態及びバラスト状態に対する波浪縦曲げモーメント $M_{wv\text{-}v\text{-}amp}$ の振幅（半分の変動幅）値は次の算式によらなければならない。

$M_{wv-v-amp} = 0.5(M_{wv-hog} - M_{wv-sag})$（$kNm$）

$M_{wv\text{-}hog}$：波浪ホギング縦曲げモーメント（kNm）

$M_{wv\text{-}sag}$：波浪サギング縦曲げモーメント（kNm）

1.3.5　　波浪水平曲げモーメント

1.3.5.1　波浪水平曲げモーメントは，**7 節 3.4.2** により算定しなければならない。満載状態及びバラスト状態に対する波浪水平曲げモーメント $M_{wv\text{-}h\text{-}amp}$ の振幅（半分の変動幅）値は次の算式によらなければならない。

$M_{wv-h-amp} = 0.5(M_{wv-h-pos} - M_{wv-h-neg})$（$kNm$）

$M_{wv\text{-}h\text{-}pos}$：正の波浪水平曲げモーメント（$kNm$）

$= M_{wv\text{-}h}$

$M_{wv\text{-}h\text{-}neg}$：負の波浪水平曲げモーメント（$kNm$）

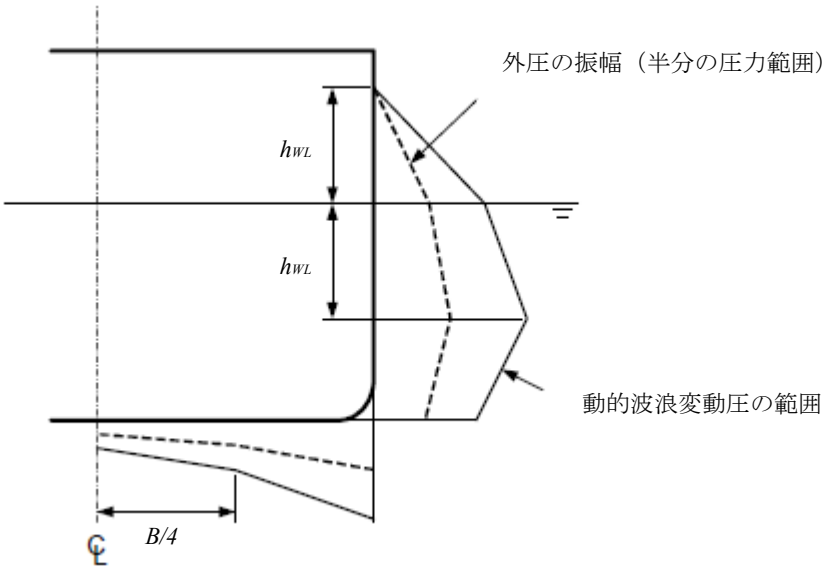
$= -M_{wv\text{-}h}$

1.3.6　　動的波浪変動圧

1.3.6.1　動的波浪変動圧は，**7 節 3.5.2** により算定しなければならない。

1.3.6.2　断続的な乾湿の区域による外圧の広がりを考慮する場合，外圧（半分の圧力変動幅）の振幅の詳細については，**7 節 3.5.2.3** の規定によること。また，当該外圧の振幅を**図 C.1.1** に図示する。

図 C.1.1　　動圧



1.3.7 タンク内変動圧力

1.3.7.1 タンク内変動圧力振幅 $P_{in\text{-}amp}$ は，**7 節 3.5.4.5** 及び **7 節 3.5.4.6** により算定しなければならない。ただし，甲板に対して，タンク内変動圧力は考慮しないこと。

1.4 疲労被害度の計算

1.4.1 疲労強度の決定

1.4.1.1 構造の疲労強度評価にあっては，次に規定する *Palmgren-Miner* の累積被害則を適用すること。累積被害度 *DM* が 1 を超えるような疲労強度の構造は認められない。*DM* は次の算式による値としなければならない。

$$DM = \sum_{i=1}^{i-n_{tot}} \frac{n_i}{N_i}$$

n_i： 応力変動幅 S_i における繰返し数

N_i：応力変動幅 S_i における疲労寿命

n_{tot}：応力変動幅のブロックの総数

1.4.1.2 溶接構造部材の疲労強度評価は，次の 3 つの手順によること。

(a) 応力変動幅の計算

(b) 設計 *S-N* 曲線の選択

(c) 累積被害度の計算

1.4.1.3 累積被害度 *DM* は，船舶の設計寿命に対して 1 未満としなければならない。また，設計寿命は 25 年以上としなければならない。他に規定がない限り，累積被害度は次の算式によらなければならない。

$$DM = \sum_{i=1}^{2} DM_i$$

DM_i ：適用する積付状態の累積疲労被害度

i： 1（満載状態）

2（ノーマルバラスト状態）

1.4.1.4 応力変動幅の長期分布が 2 母数 *Weibull* 確率分布に適合するとした場合，各関連積付状態の累積疲労被害度 DM_i は次の算式によらなければならない。

$$DM_i = \frac{\alpha_i N_L}{K_2} \frac{S_{Ri}^m}{(\ln N_R)^{m/\xi}} \mu_i \Gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}\right)$$

N_L：予想設計寿命の繰返し数。特に記述がなければ，N_L は次の算式によらなければならない

$$= \frac{f_o \mathrm{U}}{4 \log L_{CSR-T}}$$

繰返し数の値は，一般的に 25 年の設計寿命に対して 0.6×10^8 と 0.8×10^8 の間となる。

f_0：0.85 で，荷役，荷揚，修理等のような活動のための非航行時間を考慮した係数。

U：設計寿命（*sec.*）

$= 0.788\times10^9$（25 年の設計寿命）

$L_{CSR\text{-}T}$：**4 節 1.1.1.1** に規定する船の長さ（*m*）

m：**1.4.5.5** に規定する *S-N* 曲線のパラメータ

K_2：**1.4.5.5** に規定する *S-N* 曲線のパラメータ

α_i：船舶の寿命の比率

$\alpha_1 = 0.5$（満載状態）

$\alpha_2 = 0.5$（バラスト状態）

S_{Ri}：10^{-4} の代表的な確率レベルの応力変動幅（N/mm^2）

N_R：10,000 で，10^{-4} の確率レベルに対する繰返し数

ξ：*Weibull* 確率分布パラメータで，**1.4.1.6** の規定による

Γ：ガンマ関数

μ_i：*S-N* 曲線の傾きの変化を考慮した係数

$$\mu_i = 1 - \frac{\left\{\gamma\left(1+\frac{m}{\xi}, v_i\right) - v_i^{-\Delta m/\xi}\gamma\left(1+\frac{m+\Delta m}{\xi}, v_i\right)\right\}}{\Gamma\left(1+\frac{m}{\xi}\right)}$$

v_i：$\left(\frac{S_q}{S_{Ri}}\right)^{\xi} \ln N_R$

S_q：*S-N* 曲線の 2 つの傾きの異なった線の交差部の応力変動幅で，**表 C.1.6** による（*N/mm*^{2}）

Δm：*S-N* 曲線の上部－下部の傾きの変化で 2 とする。

$\gamma(a,x)$：不完全ガンマ関数（*Legendre* フォーム）

1.4.1.5　長期分布の応力変動幅（ハルガーダ＋局部曲げ）の確率密度関数は，2 母数 *Weibull* 分布により示さなければならない。これにより，*Weibull* 分布を 2 母数が決まれば，疲労寿命の計算のための閉じた方程式の使用が可能となる。確率密度関数 $f(S)$は次によらなければならない。

$$f(S) = \frac{\xi}{f_1}\left(\frac{S}{f_1}\right)^{\xi-1} \exp\left(-\left(\frac{S}{f_1}\right)^{\xi}\right)$$

S：応力変動幅（*N/mm*^{2}）

ξ：*Weibull* 確率分布パラメータで，**1.4.1.6** による

f_1：スケールパラメータで，次の算式による値

$$= \frac{S_R}{(\ln N_R)^{1/\xi}}$$

N_R：1/ N_R の超過確率に対応する繰返し数

S_R：1/ N_R の超過確率にある応力変動幅（*N/mm*^{2}）

1.4.1.6　考慮する各構造詳細に関して，*Weibull* 形状パラメータは繰返し応力を発生させている荷重の種類を考慮して選択しなければならない。*Weibull* 確率分布パラメータ ξ は次の算式によらなければならない。

$$\xi = fWeibull\left(1.1 - 0.35\frac{L_{CSR-T} - 100}{300}\right)$$

L_{CSR-T}：**4 節 1.1.1.1** に規定する船の長さ（*m*）

D：**4 節 1.1.4.1** に規定する船の型深さ（*m*）

$f_{Weibull}$：変動幅依存修正関数で，**表 C.1.1** 及び**図 C.1.2** による

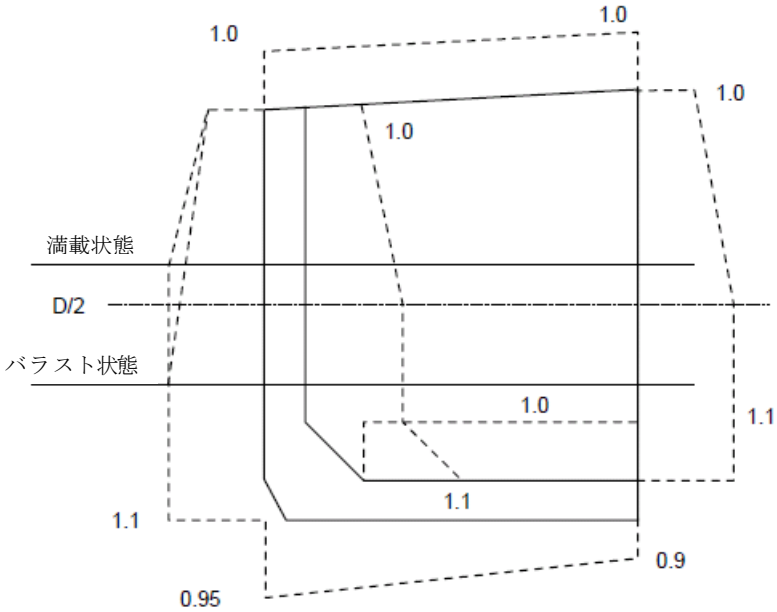
表 C.1.1　　$f_{Weibull}$ 関数の分布

板の範囲	$f_{Weibull}$
船底	船体中心線にあっては 0.9 船側にあっては 0.95
船側及びビルジ部	喫水線 T_{LC} 以下は 1.1 甲板にあっては 1.0
甲板	1.0
内底板	1.0
二重船側部を形成する縦通隔壁	$D/2$ 以下は 1.1 甲板にあっては 1.0
縦通隔壁	$D/2$ 以下は 1.1 甲板にあっては 1.0
中心線縦通隔壁	$D/2$ 以下は 1.1 甲板にあっては 1.0

（備考）

中間に位置する値は補間法によること。

図 C.1.2　　$f_{Weibull}$ 関数の分布



1.4.1.7　累計疲労被害度 DM は，次の算式に示す関係を使用して算定した疲労寿命として差し支えない。この形式にあっては，算定疲労寿命は船の設計寿命以上としなければならない。

$$\text{疲労寿命} = \frac{\text{設計寿命}}{DM} \quad (\text{年})$$

1.4.2　　使用応力

1.4.2.1　公称応力は，詳細の全般的な形状の変化を考慮して決定しなければならない。構造の不連続性，付着物及び溶接形状による応力集中の効果は考慮しないこと。

1.4.3　　公称応力計算

1.4.3.1　本 **1.4.3** は，船の応力応答の全体及び局部応力要素の組合せを規定する簡易手法について規定する。

1.4.3.2 応力応答は詳細のレベルを変えて計算しなければならない。簡易手法として次の手順を採用して差し支えない。

(a) ハルガーダは，ハルガーダを考慮する縦通要素における公称応力レベルに対する合理的な近似を得る方法として単純梁とすること。これは限界の詳細部におけるハルガーダの応力レベルの評価に使用する。

(b) 有効な板部材を有する構造部材は，波浪変動圧及びタンク内変動圧力による縦通肋骨及び横肋骨の公称応力応答の決定に使用する。部材端部の拘束及びモーメントは考慮すること。

1.4.4 応力成分の定義

1.4.4.1 動的応力変化は応力変動幅 S 又は応力振幅 σ の何れかを参照すること。

1.4.4.2 疲労強度解析で考慮する全体的な動的応力要素（主要応力）は，波浪中船体縦曲げ応力 σ_v 及び波浪中船体水平曲げ応力 σ_h とすること。

1.4.4.3 考慮する動的局部応力振幅は，波浪変動圧の荷重又はタンク内変動圧の荷重による合計局部応力振幅 $\sigma_{e\text{-}i}$ とすること。

1.4.4.4 局部応力成分は，縦桁方式の曲げによる二次応力 σ_2，縦桁支持間の防撓材の曲げによる応力振幅 σ_{2A} 並びに縦通肋骨間及び横肋骨間の防撓されていない板要素の曲げによる三次応力振幅 σ_3 とすること（**図C.1.3** 参照）。

1.4.4.5 波浪変動圧又はタンク内変動圧の荷重による合計局部応力 $\sigma_{e\text{-}i}$ は次の算式によること。

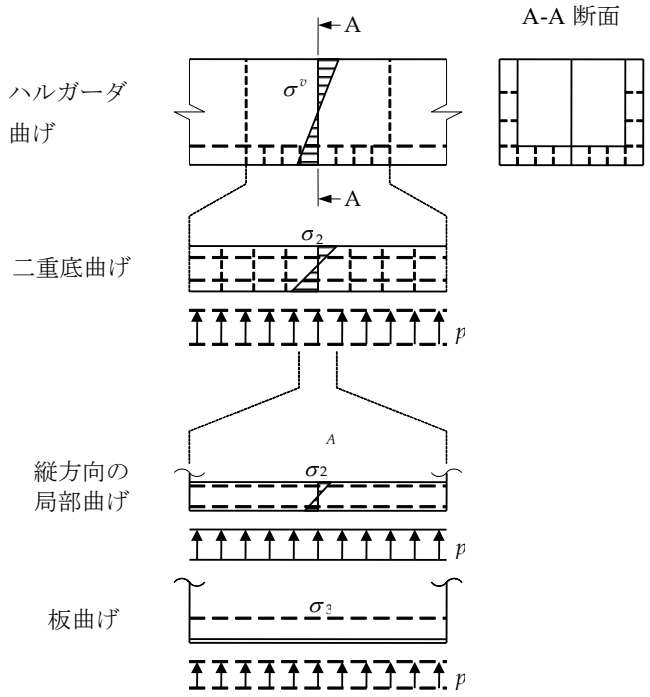
$\sigma_{e\text{-}i} = \sigma_2 + \sigma_{2A} + \sigma_3$（$N/mm^2$）

σ_2：**1.4.4.4** に規定する局部応力成分（N/mm^2）

σ_{2A}：**1.4.4.4** に規定する局部応力成分（N/mm^2）

σ_3：**1.4.4.4** に規定する局部応力成分（N/mm^2）

図C.1.3 局部応力成分の定義



1.4.4.6 応力成分の算定について，波浪中船体縦曲げ応力 σ_v は次の算式によること。

$$\sigma_v = \frac{M_{wv-v-amp}}{Z_{v-net75}} 10^{-3} \quad (N/mm^2)$$

$M_{wv\text{-}v\text{-}amp}$：**1.3.4** に規定する見かけ上の振幅（半分の変動幅）（kNm）

$Z_{v\text{-}net75} = \dfrac{I_{v-net75}}{|z - z_{NA-net75}|}$（$m^3$）（**4 節 2.6.1** 参照）

$I_{v\text{-}net75}$：水平中性軸に対する船体横断面のネット断面二次モーメント（m^4）

$I_{v\text{-}net75}$ は，全有効構造要素のグロス板厚から腐食予備厚 $0.25t_{corr}$ を差し引いた値を基に算定しなければならない（**4 節 2.6.1** 参照）。

z：基線から考慮する部材の評価位置までの距離（すなわち，縦通防撓材のフランジの頂部）（m）

$z_{NA\text{-}net75}$：基線から $I_{v\text{-}net75}$ にいう水平中性軸までの距離（m）

1.4.4.7　波浪中縦曲げモーメントに対応する応力変動幅 S_v は次の算式によらなければならない。

$S_v = 2\sigma_v$（N/mm^2）

σ_v：**1.4.4.6** に規定する波浪中船体縦曲げモーメント（N/mm^2）

1.4.4.8　波浪中船体水平縦曲げ応力 σ_h は以下とする。

$$\sigma_h = \frac{M_{wv-h-amp}}{Z_{h-net75}} 10^{-3} \quad (N/mm^2)$$

$M_{wv\text{-}h\text{-}amp}$：**1.3.5** の規定によること（$kNm$）

$Z_{h\text{-}net75}$：$\frac{I_{h-net75}}{|y|}$（m^3）（**4 節 2.6.2** 参照）

y：船体横断面の垂直中性軸から考慮する部材の評価位置までの距離（すなわち，縦通防撓材の面材の頂部）（m）

$I_{h\text{-}net75}$：垂直中性軸に対する船体横断面のネット断面二次モーメント（m^4）

$I_{h\text{-}net75}$ は，全有効構造要素のグロス板厚から腐食予備厚 $0.25t_{corr}$ を差し引いた値を基に算定しなければならない（**4 節 2.6.2** 参照）。

1.4.4.9　波浪中船体水平曲げモーメントに対応する応力変動幅 S_h は次の算式によらなければならない。

$S_h = 2\sigma_h$　（N/mm^2）

σ_h：**1.4.4.8** の規定によること（N/mm^2）

1.4.4.10 **1.4.4.4** に規定する二次応力 σ_2 の影響は，一般的に，二重船殻タンカーに対して小さいため，考慮しなくて差し支えない。

1.4.4.11 両端を桁（特設肋骨や横隔壁など）で支持される防撓材の曲げによって生じる応力振幅 σ_{2A} は次の算式によらなければならない。

$$\sigma_{2A} = K_n K_d \frac{M}{Z_{net50}} 10^3 \quad (N/mm^2)$$

K_n：**1.4.4.15** に規定する非対称形状に対する応力係数

K_d：支持間の相対変形により縦通防撓材に発生する曲げ応力に対する応力係数で，実際の相対変形を考慮する貨物タンクモデルの有限要素解析によって決定するか，あるいは以下の値とする。

1.0　：横桁との結合部

1.15：制水隔壁を含む横隔壁と縦通防撓材の全ての結合部。ただし，以下の場合を除く。

(a)　満載状態において

1.3：最下部の船側縦通桁と上甲板の中間にある船側縦通肋骨及びビルジ部の縦通肋骨

1.15：最下部の船側縦通桁及び上甲板における船側縦通肋骨及びビルジ部の縦通肋骨

中間に位置する場合は補間法によること

1.5：縦通隔壁，船底縦桁又はブラケット構造の中間の船底縦通肋骨

1.15　：縦通隔壁，船底縦桁又はブラケット構造における船底縦通肋骨

中間に位置する場合は補間法によること（**図 C1.4** 参照）

(b)　バラスト状態

1.5：縦通隔壁，船底縦桁又はブラケット構造の中間の船底縦通肋骨

1.15：縦通隔壁，船底縦桁又はブラケット構造における船底縦通肋骨

中間に位置する場合は補間法によること

M：防撓材の溶接終端部（例えばブラケットの終端部）の防撓材支持位置におけるモーメント（kNm）

$$= \frac{Psl_{bdg}^2 10^{-3}}{12} r_p$$

s：防撓材の心距（mm）

l_{bdg}：**図 C.1.5** に示す縦通防撓材の有効スパン（m）。ソフトトウのブラケットにあっては，**4 節図 4.2.1** 及び**図 4.2.2** を参照のこと。ソフトトウ付の防撓材頂部は，ソフトトウブラケット付の平鋼と同等としなければな

らない。スパンポイントは，部材の面材から測ったブラケット端部の深さが，部材の半分の深さと等しい点とする。

Z_{net50}：腐食予備厚 $0.5t_{corr}$ を差し引いたグロス板厚を基に算定した，有効なフランジ b_{eff} 付きの縦通防撓材の断面係数（cm^3）

b_{eff}：**4 節 2.3.3** の規定によること

r_p：防撓材の長さに沿ったトウの溶接部までの補間法に対するモーメント補間係数で次の算式による

$$= \left| 6\left(\frac{x}{l_{bdg}}\right)^2 - 6\left(\frac{x}{l_{bdg}}\right) + 1.0 \right| \quad (0 \le x \le l_{bdg})$$

ただし，x は**図 C.1.5** に規定するホットスポットまでの距離（m）

P：考慮する肋骨と隣接する肋骨間におけるスパン中間の変動横圧力振幅（kN/mm^2）。タンク内変動圧力 $P_{in\text{-}amp}$ は **1.3.7** の規定によらなければならない。波浪変動圧力 $P_{ex\text{-}amp}$ は **1.3.6** の規定によらなければならない。

図 C.1.4　　2 つの縦通隔壁を有する船に対する満載状態における隔壁係数 K_d の変化

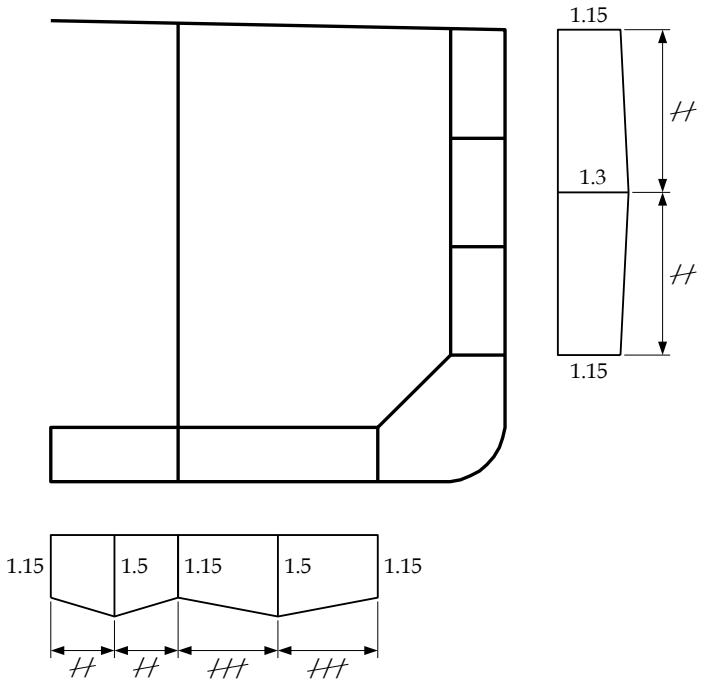
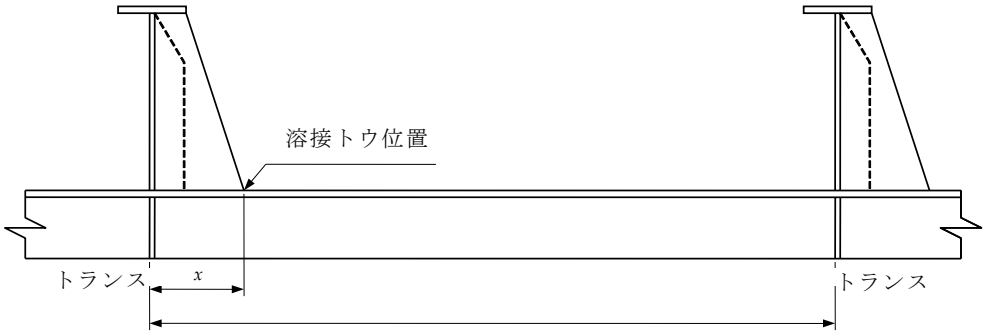
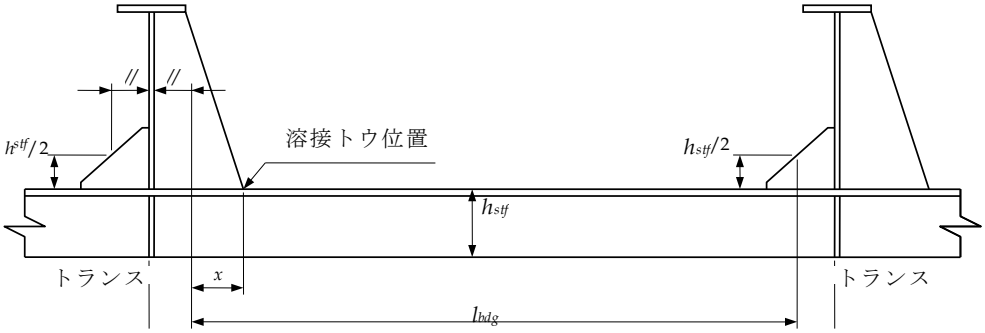


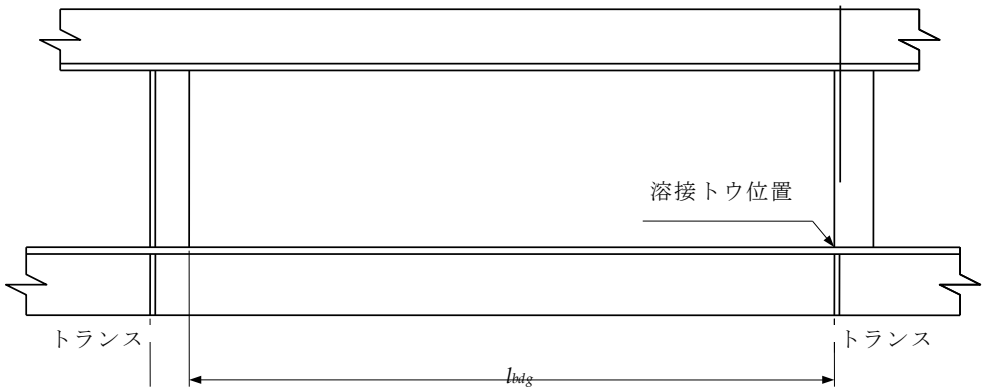
図 C.1.5　　有効スパン長さ



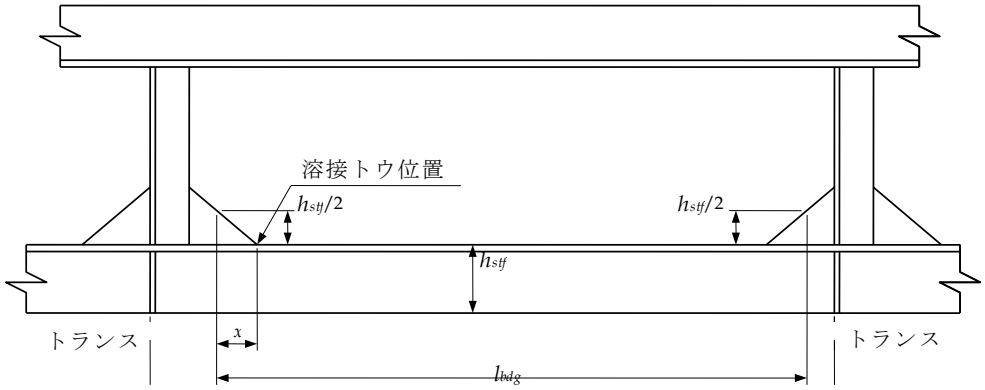
横方向の自由端フランジによる支持（1）



横方向の自由端フランジによる支持（2）



二重外板/横隔壁による支持（1）



二重外板/横隔壁による支持（2）

1.4.4.12 外部波浪圧力又は内部タンク圧力による応力変動幅 S_e 又は S_i は，次の算式によらなければならない。

$S_e = 2\sigma_{2Ae}$（N/mm^2）

$S_i = 2\sigma_{2Ai}$（N/mm^2）

σ_{2Ae} ：$P_{ex\text{-}amp}$ を使用する場合にあっては **1.4.4.11** に規定する応力振幅（N/mm^2）

σ_{2Ai} ：$P_{in\text{-}amp}$ を使用する場合にあっては **1.4.4.11** に規定する応力振幅（N/mm^2）

1.4.4.13 板，横肋骨又は隔壁交差部の溶接部における縦通局部板曲げ三次応力振幅 σ_3 は，考慮する重要部位に関連しないため，考慮してはならない。

1.4.4.14 端部の曲げに対する一様分布の横荷重を受ける（せん断遅れによる）曲げ防撓材（縦肋骨）の板フランジの有効幅は，**4 節 2.3.3** の規定によること。

1.4.4.15 **図 C.1.6** に示す，横荷重を受けるパネルの非対称防撓材のフランジの応力集中係数 K_{n1} 及び K_{n2} は，次の算式によらなければならない。

$$K_{n1} = \frac{1+\lambda\beta}{1+\lambda\beta^2\psi_z}$$ （フランジ端部）

$$K_{n2} = \frac{1+\lambda\beta^2}{1+\lambda\beta^2\psi_z}$$ （ウェブ）

縦通防撓材端部に対する疲労評価においては，通常 K_{n2} を使用する。

β ：$1 - \frac{2b_g}{b_f}$（組立形鋼）

：$1 - \frac{t_{w-net50}}{b_f}$（圧延形鋼）

b_g ：ウェブの中心線からのフランジ幅で**図 C.1.7** を参照のこと（mm）

$t_{w\text{-}net50}$ ：防撓材のウェブのネット板厚（mm）

d_w ：防撓材のウェブ深さで**図 C.1.7** を参照のこと（mm）

λ ：**1.4.4.17** に規定する係数

ψ_z ：フランジ位置で算定したフランジ付防撓材単独の断面係数と，防撓材パネルの断面係数との比で，次の算式による近似値を使用して差し支えない。

$$\frac{d_w^2 t_{w-net50}}{4Z_{net50}10^3}$$

Z_{net50} ：防撓材の心距を全幅 s とする取付け板を含めた防撓材パネルの断面係数（cm^3）。ただし，グロス板厚から腐食予備厚 $0.5t_{corr}$ 差し引いて計算しなければならない。

図 C.1.6　　同寸法のウェブ及びフランジ面積における対称及び非対称のパネル防撓材の曲げ応力

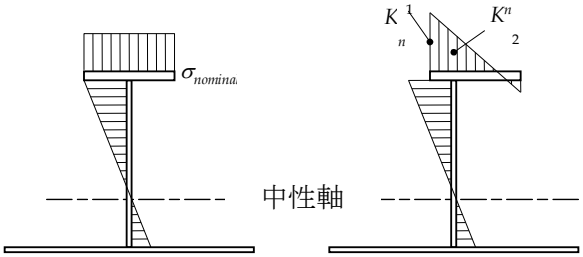
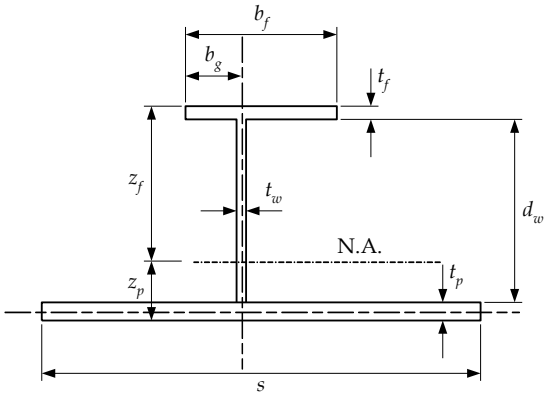


図 C.1.7　　防撓材の形状



1.4.4.16 バルブ形鋼にあっては，算式を直接適用することはできない。バルブ形鋼に対しては，**図 C.1.8** に示すように，同等の組立形鋼を考慮しなければならない。想定する組立形鋼のフランジは，垂直軸及び中性軸の位置において断面積及び断面二次モーメントに対するバルブフランジの性能と同等でなければならない。HP バルブ形鋼にあっては，同等の組立形鋼の寸法を規定しており，その例を**表 C.1.2** に記す。

1.4.4.17 連続した防撓材（固定端）において，支持位置における λ 係数は次によらなければならない。

$$\lambda = \frac{3\left(1+\frac{\eta}{280}\right)}{1+\frac{\eta}{40}}$$

$$\eta = \frac{l_{bdg}^4 10^{12}}{b_f^3 t_{f-net50} h_{stf}^2 \left(\frac{4h_{stf}}{t_{w-net50}^3} + \frac{s}{t_{p-net50}^3}\right)}$$

l_{bdg} ：縦通防撓材の有効曲げ長さ

b_f ：フランジ幅（*mm*）

$t_{f\text{-}net50}$：フランジのネット板厚（*mm*）

h_{stf}：面材厚さを含む防撓材のウェブ深さ（*mm*）

$t_{w\text{-}net50}$：防撓材ウェブのネット板厚（*mm*）

$t_{p\text{-}net50}$：ネット板厚（*mm*）

s ：防撓材間の板幅（*mm*）

図 C.1.8　　バルブ形鋼及び同等の組立形鋼のフランジ

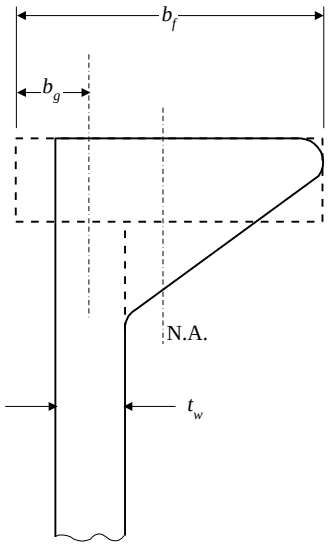


表 C.1.2　　HP バルブ形鋼と同等な組立形鋼の寸法

HP バルブ		同等な組立形鋼フランジ		
高さ（*mm*）	ウェブ厚さ t_w（*mm*）	b_f（*mm*）	t_f（*mm*）	b_g（*mm*）
200	9 – 13	t_w + 24.5	22.9	(t_w + 0.9)/2
220	9 - 13	t_w + 27.6	25.4	(t_w + 1.0)/2
240	10 – 14	t_w + 30.3	28.0	(t_w + 1.1)/2
260	10 – 14	t_w + 33.0	30.6	(t_w + 1.3)/2
280	10 – 14	t_w + 35.4	33.3	(t_w + 1.4)/2
300	11 – 16	t_w + 38.4	35.9	(t_w + 1.5)/2
320	11 – 16	t_w + 41.0	38.5	(t_w + 1.6)/2
340	12 – 17	t_w + 43.3	41.3	(t_w + 1.7)/2
370	13 – 19	t_w + 47.5	45.2	(t_w + 1.9)/2
400	14 – 19	t_w + 51.7	49.1	(t_w + 2.1)/2
430	15 – 21	t_w + 55.8	53.1	(t_w + 2.3)/2

1.4.4.18 各積付状態に対して，同時に働くタンク内変動圧及び波浪変動圧による合成局部応力成分は，波浪中船体縦曲げによる全体の応力成分と合成しなければならない。

1.4.4.19 全組合せ応力変動幅 S は次の算式によること。

$S = f_{SN}|f_1S_v + f_2S_h + f_3S_e + f_4S_i|$（$N/mm^2$）

f_1，f_2，f_3 及び f_4：**表 C1.3** から**表 C1.5** に規定する応力変動幅係数で，1.0 から-1.0 の間にある総合応力変動幅と各応力変動幅の成分間の位相の相関関係を表している。係数が 1.0 を超える場合にあっては，1.0 とすること。また，係数が-1.0 未満の場合にあっては，-1.0 としなければならない。

f_{SN}：結合部が，疲労に対して保護された環境と非保護の環境にある場合があることを考慮するための係数で，1.06 とする

S_v：縦曲げモーメントによる応答応力変動幅で，**1.4.4.7** の規定によること（N/mm^2）

S_h：水平曲げモーメントによる応答応力変動幅で，**1.4.4.9** の規定によること（N/mm^2）

S_e：外部波浪圧力及び内部タンク圧力による応力変動幅で，**1.4.4.12** の規定によること（N/mm^2）

S_i：外部波浪圧力及び内部タンク圧力による応力変動幅で，**1.4.4.12** の規定によること（N/mm^2）

1.4.4.20 次の区域に適用する応力変動幅の合成係数，f_1，f_2，f_3，及び f_4 は，**表 C.1.3** から**表 C .1.5** の規定によらなければならない。

(a) ゾーン M：船体中央部区域。当該区域は，タンクの LCG が AP から $0.35L_{CSR\text{-}T}$ と $0.8L_{CSR\text{-}T}$ の間にある全てのタンクの全長をいう。

(b) ゾーン A：後方区域。当該区域は，ゾーン M に隣接する後方のタンクの中央から，船尾タンク全長を含む，後方の区域をいう。

(c) ゾーン F：前方区域。当該区域は，ゾーン M に隣接する前方のタンクの中央から，船首タンク全長を含む，前方の区域をいう。

(d) ゾーン AT：ゾーン M とゾーン A の間の後方区域への移行区域。応力変動幅合成係数にあっては，ゾーン M 及びゾーン A の応力変動幅の合成係数の値を用いて補間法により算定すること。

(e) ゾーン FT：ゾーン M とゾーン F の間の前方区域への移行区域。応力変動幅合成係数にあっては，ゾーン M 及びゾーン F の応力変動幅の合成係数の値を用いて補間法により算定すること。

（備考）

バラストタンク，中央貨物タンク及び船側貨物タンクが同じタンク長さではない場合（例えば，スロップタンクがある場合），タンクの中央位置はより長いタンクの中央としなければならない。

表 C.1.3　　ゾーンMの応力変動幅合成係数

	防撓材位置		f_1	f_2	f_3	f_4	f_i
バラスト状態	船底外板	a_i	-0.49	0.49	-1.04	-0.13	$a_i\,(\lvert y\rvert/B) + b_i$
		b_i	0.97	0.17	0.87	0.56	
	$D/2$ より下方の船側外板及びビルジ外板	a_i	-1.48	0.50	-0.64	0.72	$a_i\,(z/D) + b_i$
		b_i	0.94	0.40	0.72	0.04	
	$D/2$ より上方の船側外板	a_i	1.70	-1.00	-1.10	-0.60	$a_i\,(z/D) + b_i$
		b_i	-0.65	1.15	0.95	0.70	
	内底板及び下部スツール	a_i	-0.18	0.34	0.00	-0.30	$a_i\,(\lvert y\rvert/B) + b_i$
		b_i	0.90	0.22	0.00	0.74	
	$D/2$ より下方の二重船側部を形成する縦通隔壁（ビルジホッパ斜板を含む）	a_i	-1.70	-0.90	0.00	1.04	$a_i\,(z/D) + b_i$
		b_i	1.15	0.70	0.00	0.45	
	$D/2$ より上方の二重船側部を形成する縦通隔壁	a_i	1.40	0.50	0.00	-1.94	$a_i\,(z/D) + b_i$
		b_i	-0.40	0.00	0.00	1.94	
	甲板及び上部スツール	a_i	-0.15	1.05	0.00	0.00	$a_i\,(\lvert y\rvert/B) + b_i$
		b_i	1.02	-0.27	0.00	0.00	
	$D/2$ より下方の船体中心線上の縦通隔壁	a_i	0.00	0.00	0.00	0.00	$a_i\,(z/D) + b_i$
		b_i	1.00	0.00	0.00	0.00	
	$D/2$ より上方の船体中心線上の縦通隔壁	a_i	0.00	0.00	0.00	0.00	$a_i\,(z/D) + b_i$
		b_i	1.00	0.00	0.00	0.00	
	$D/2$ より下方の縦通隔壁	a_i	-0.20	1.30	0.00	0.00	$a_i\,(z/D) + b_i$
		b_i	1.00	0.10	0.00	0.00	
	$D/2$ より上方の縦通隔壁	a_i	0.20	-1.30	0.00	0.00	$a_i\,(z/D) + b_i$
		b_i	0.80	1.40	0.00	0.00	
満載状態	船底外板	a_i	-0.43	0.78	-0.77	0.00	$a_i\,(\lvert y\rvert/B) + b_i$
		b_i	0.98	0.13	0.75	0.00	
	$D/2$ より下方の船側外板及びビルジ外板	a_i	-0.29	-0.47	0.14	0.00	$a_i\,(z/D) + b_i$
		b_i	0.19	0.78	0.92	0.00	
	$D/2$ より上方の船側外板	a_i	1.77	-0.05	-1.20	0.00	$a_i\,(z/D) + b_i$
		b_i	-0.84	0.57	1.59	0.00	
	内底板及び下部スツール	a_i	-0.71	1.13	0.00	0.55	$a_i\,(\lvert y\rvert/B) + b_i$
		b_i	1.03	0.18	0.00	-0.18	
	$D/2$ より下方の二重船側部を形成する縦通隔壁（ビルジホッパ斜板を含む）	a_i	-0.80	-1.70	0.00	2.60	$a_i\,(z/D) + b_i$
		b_i	0.55	1.20	0.00	-0.35	
	$D/2$ より上方の二重船側部を形成する縦通隔壁	a_i	1.90	0.30	0.00	-1.70	$a_i\,(z/D) + b_i$
		b_i	-0.80	0.20	0.00	1.80	
	甲板及び上部スツール	a_i	-0.26	1.40	0.00	0.00	$a_i\,(\lvert y\rvert/B) + b_i$
		b_i	1.02	-0.16	0.00	0.00	
	$D/2$ より下方の船体中心線上の縦通隔壁	a_i	-1.40	0.00	0.00	1.00	$a_i\,(z/D) + b_i$
		b_i	0.75	0.00	0.00	0.60	
	$D/2$ より上方の船体中心線上の縦通隔壁	a_i	1.70	0.00	0.00	-1.20	$a_i\,(z/D) + b_i$
		b_i	-0.80	0.00	0.00	1.70	
	$D/2$ より下方の縦通隔壁	a_i	-0.60	0.40	0.00	1.10	$a_i\,(z/D) + b_i$
		b_i	1.00	0.40	0.00	0.05	
	$D/2$ より上方の縦通隔壁	a_i	0.60	-0.84	0.00	-0.84	$a_i\,(z/D) + b_i$
		b_i	0.40	1.02	0.00	1.02	

表 C.1.4　　ゾーンAの応力変動幅合成係数

	防撓材位置		f_1	f_2	f_3	f_4	f_i
バラスト状態	船底外板	a_i	-0.20	-0.80	1.20	1.50	$a_i\ (\|y\|/B)\ + b_i$
		b_i	0.00	0.50	-0.25	1.07	
	$D/2$ より下方の船側外板及びビルジ外板	a_i	-1.00	1.20	-0.80	2.00	$a_i\ (z/D) + b_i$
		b_i	0.20	0.00	0.60	-0.40	
	$D/2$ より上方の船側外板	a_i	3.40	-1.20	-2.80	0.80	$a_i\ (z/D) + b_i$
		b_i	-2.00	1.20	1.60	0.20	
	内底板及び下部スツール	a_i	-0.50	-1.90	0.00	0.30	$a_i\ (\|y\|/B)\ + b_i$
		b_i	-0.05	0.60	0.00	0.85	
	$D/2$ より下方の二重船側部を形成する縦通隔壁	a_i	8.20	-2.80	0.00	0.20	$a_i\ (z/D) + b_i$
		b_i	-3.50	1.00	0.00	0.90	
	$D/2$ より上方の二重船側部を形成する縦通隔壁	a_i	0.60	2.80	0.00	-0.50	$a_i\ (z/D) + b_i$
		b_i	0.30	-1.80	0.00	1.25	
	甲板及び上部スツール	a_i	0.00	0.70	0.00	0.00	$a_i\ (\|y\|/B)\ + b_i$
		b_i	1.00	0.00	0.00	0.00	
	$D/2$ より下方のタンク内縦通隔壁	a_i	-1.20	2.00	0.00	0.00	$a_i\ (z/D) + b_i$
		b_i	1.10	0.00	0.00	0.00	
	$D/2$ より上方のタンク内縦通隔壁	a_i	1.50	-2.70	0.00	0.00	$a_i\ (z/D) + b_i$
		b_i	-0.25	2.35	0.00	0.00	
	$D/2$ より下方の船体中心線上の縦通隔壁	a_i	0.00	0.00	0.00	0.00	$a_i\ (z/D) + b_i$
		b_i	1.00	0.00	0.00	0.00	$a_i\ (z/D) + b_i$
	$D/2$ より上方の船体中心線上の縦通隔壁	a_i	0.00	0.00	0.00	0.00	$a_i\ (z/D) + b_i$
		b_i	1.00	0.00	0.00	0.00	$a_i\ (z/D) + b_i$
満載状態	船底外板	a_i	-2.20	1.50	2.60	0.00	$a_i\ (\|y\|/B)\ + b_i$
		b_i	1.20	-0.15	-0.30	0.00	
	$D/2$ より下方の船側外板及びビルジ外板	a_i	-1.20	-1.20	0.60	0.00	$a_i\ (z/D) + b_i$
		b_i	0.30	0.80	0.70	0.00	
	$D/2$ より上方の船側外板	a_i	3.00	-0.30	-0.50	0.00	$a_i\ (z/D) + b_i$
		b_i	-1.80	0.35	1.25	0.00	
	内底板及び下部スツール	a_i	-1.00	2.30	0.00	-0.20	$a_i\ (\|y\|/B)\ + b_i$
		b_i	1.00	-0.10	0.00	0.00	
	$D/2$ より下方の二重船側部を形成する縦通隔壁	a_i	-0.80	1.00	0.00	1.00	$a_i\ (z/D) + b_i$
		b_i	0.20	0.00	0.00	0.50	
	$D/2$ より上方の二重船側部を形成する縦通隔壁	a_i	3.20	-1.00	0.00	-0.80	$a_i\ (z/D) + b_i$
		b_i	-1.80	1.00	0.00	1.40	
	甲板及び上部スツール	a_i	-0.10	1.50	0.00	0.00	$a_i\ (\|y\|/B)\ + b_i$
		b_i	1.00	-0.15	0.00	0.00	
	$D/2$ より下方のタンク内縦通隔壁	a_i	-0.80	0.30	0.00	1.00	$a_i\ (z/D) + b_i$
		b_i	1.00	0.50	0.00	0.30	
	$D/2$ より上方のタンク内縦通隔壁	a_i	0.20	-0.90	0.00	-0.08	$a_i\ (z/D) + b_i$
		b_i	0.50	1.10	0.00	0.84	
	$D/2$ より下方の船体中心線上の縦通隔壁	a_i	-1.10	0.00	0.00	0.44	$a_i\ (z/D) + b_i$
		b_i	0.60	0.00	0.00	0.80	$a_i\ (z/D) + b_i$
	$D/2$ より上方の船体中心線上の縦通隔壁	a_i	1.30	0.00	0.00	-0.56	$a_i\ (z/D) + b_i$
		b_i	-0.60	0.00	0.00	1.30	$a_i\ (z/D) + b_i$

表 C.1.5　　ゾーン F の応力変動幅合成係数

	防撓材位置		f_1	f_2	f_3	f_4	f_i
バラスト状態	船底外板	a_i	-0.90	1.00	2.40	-1.20	$a_i\ (\lvert y\rvert/B)\ +\ b_i$
		b_i	0.85	-0.10	-1.00	1.10	
	$D/2$ より下方の船側外板及びビルジ外板	a_i	-0.60	-0.40	1.00	-1.80	$a_i\ (z/D) + b_i$
		b_i	0.00	0.50	-0.15	0.90	
	$D/2$ より上方の船側外板	a_i	0.60	-0.90	-2.70	3.00	$a_i\ (z/D) + b_i$
		b_i	-0.60	0.75	1.70	-1.50	
	内底板及び下部スツール	a_i	-0.30	-1.00	0.00	0.00	$a_i\ (\lvert y\rvert/B)\ +\ b_i$
		b_i	0.90	0.25	0.00	1.00	
	$D/2$ より下方の二重船側部を形成する縦通隔壁	a_i	-12.00	-2.40	0.00	1.20	$a_i\ (z/D) + b_i$
		b_i	5.00	1.00	0.00	0.50	
	$D/2$ より上方の二重船側部を形成する縦通隔壁	a_i	3.00	1.40	0.00	-0.90	$a_i\ (z/D) + b_i$
		b_i	-2.50	-0.90	0.00	1.55	
	甲板及び上部スツール	a_i	0.00	1.00	0.00	0.00	$a_i\ (\lvert y\rvert/B)\ +\ b_i$
		b_i	1.00	-0.10	0.00	0.00	
	$D/2$ より下方のタンク内縦通隔壁	a_i	-1.80	1.90	0.00	0.00	$a_i\ (z/D) + b_i$
		b_i	1.30	0.00	0.00	0.00	
	$D/2$ より上方のタンク内縦通隔壁	a_i	1.80	-2.50	0.00	0.00	$a_i\ (z/D) + b_i$
		b_i	-0.50	2.20	0.00	0.00	
	$D/2$ より下方の船体中心線上の縦通隔壁	a_i	0.00	0.00	0.00	0.00	$a_i\ (z/D) + b_i$
		b_i	1.00	0.00	0.00	0.00	$a_i\ (z/D) + b_i$
	$D/2$ より上方の船体中心線上の縦通隔壁	a_i	0.00	0.00	0.00	0.00	$a_i\ (z/D) + b_i$
		b_i	1.00	0.00	0.00	0.00	$a_i\ (z/D) + b_i$
満載状態	船底外板	a_i	-0.60	-0.15	0.00	0.00	$a_i\ (\lvert y\rvert/B)\ +\ b_i$
		b_i	-0.45	0.05	1.00	0.00	
	$D/2$ より下方の船側外板及びビルジ外板	a_i	-1.20	0.18	0.00	0.00	$a_i\ (z/D) + b_i$
		b_i	0.00	-0.03	1.00	0.00	
	$D/2$ より上方の船側外板	a_i	4.00	0.02	0.00	0.00	$a_i\ (z/D) + b_i$
		b_i	-2.60	0.05	1.00	0.00	
	内底板及び下部スツール	a_i	2.80	2.20	0.00	-1.00	$a_i\ (\lvert y\rvert/B)\ +\ b_i$
		b_i	-0.80	-0.30	0.00	1.10	
	$D/2$ より下方の二重船側部を形成する縦通隔壁	a_i	10.20	1.60	0.00	0.00	$a_i\ (z/D) + b_i$
		b_i	-4.50	-0.60	0.00	1.00	
	$D/2$ より上方の二重船側部を形成する縦通隔壁	a_i	-0.80	-0.90	0.00	0.00	$a_i\ (z/D) + b_i$
		b_i	1.00	0.65	0.00	1.00	
	甲板及び上部スツール	a_i	-0.24	1.80	0.00	0.00	$a_i\ (\lvert y\rvert/B)\ +\ b_i$
		b_i	1.00	0.00	0.00	0.00	
	$D/2$ より下方のタンク内縦通隔壁	a_i	-2.10	-1.00	0.00	1.50	$a_i\ (z/D) + b_i$
		b_i	1.15	0.60	0.00	0.35	
	$D/2$ より上方のタンク内縦通隔壁	a_i	0.40	-0.30	0.00	-0.40	$a_i\ (z/D) + b_i$
		b_i	-0.10	0.25	0.00	1.30	
	$D/2$ より下方の船体中心線上の縦通隔壁	a_i	-0.60	0.00	0.00	0.00	$a_i\ (z/D) + b_i$
		b_i	0.25	0.00	0.00	1.00	$a_i\ (z/D) + b_i$
	$D/2$ より上方の船体中心線上の縦通隔壁	a_i	0.20	0.00	0.00	0.00	$a_i\ (z/D) + b_i$
		b_i	-0.15	0.00	0.00	1.00	$a_i\ (z/D) + b_i$

1.4.5 *S-N* 曲線の選択

1.4.5.1 疲労強度に関する鋼材の溶接結合部の耐力は，詳細部に適用する応力変動幅及び損傷に至る一定の振幅荷重の繰返し数との関係を示す *S-N* 曲線によって表すこと。

1.4.5.2 船体構造詳細について，*S-N* 曲線は次の算式によること。

$S^m N = K_2$

S：**1.4.4.19** に規定する応力変動幅（N/mm^2）

N：応力変動幅 S における予測疲労寿命

m：**1.4.5.5** に規定する，材料及び溶接の種類，荷重の種類，形状及び環境条件（大気又は海水の状況）による定数

K_2：**1.4.5.5** に規定する，材料及び溶接の種類，荷重の種類，形状及び環境条件（大気又は海水の状況）による定数

1.4.5.3 実験に基づいた *S-N* 曲線は，平均疲労寿命及び標準偏差により規定すること。平均 S-N 曲線は，構造詳細が繰返し数 N の後に 50%の確率レベルにて破壊する応力レベル S を与えるものとする。本編にて考慮している *S-N* 曲線は，適切な実験データの統計解析に基づいており，かつ，疲労強度の平均値から 2 倍の標準偏差を差し引いて求めた下限線となっている。

1.4.5.4 実験測定値を直接利用することが出来ない場合にあっては，構造詳細の疲労強度評価に使用する *S-N* 曲線は，**1.4.5.5** から **1.4.5.16** の規定によらなければならない。

1.4.5.5 **図 C.1.9** に示すように，基本的な設計曲線は log(S)と log(N)の比例関係が成立ち，次の算式によらなければならない。*S-N* 曲線は，応力変動圧 S_q に対応する $N=10^7$ の繰返し数において m から $m+2$ まで負の傾きを有する。

$\log(N) = \log(K_2) - m\log(S)$

$\log(K_2) = \log(K_1) - 2\delta$

N ：応力変動幅 S における予測疲労寿命

K_1：**表 C.1.6** に規定する平均 *S-N* 曲線に関する定数

δ ：log(N)の標準偏差

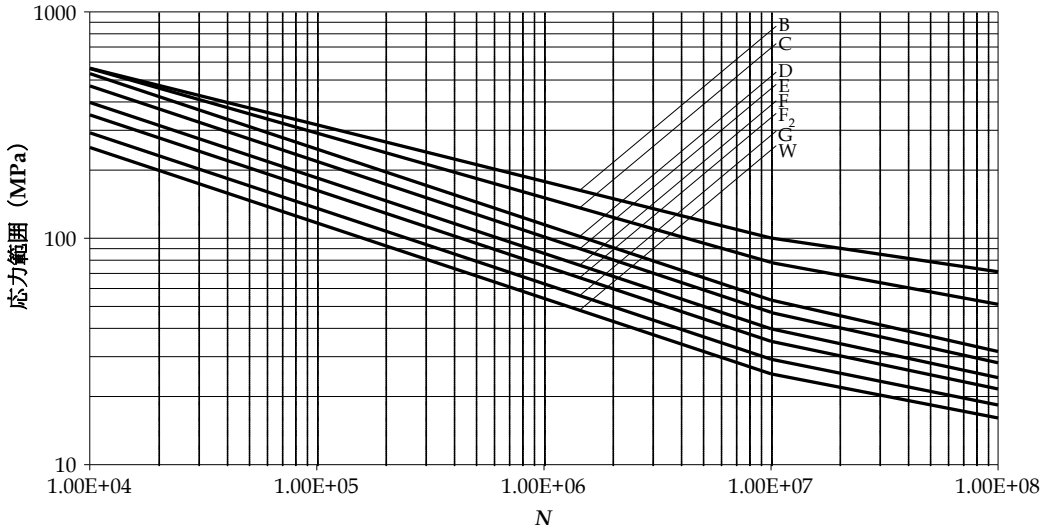
m ：**表 C.1.6** に規定する *S-N* 曲線の負の傾き

S_q：**表 C.1.6** に規定する *S-N* 曲線の 10^7 繰返しに対応する応力変動幅（N/mm^2）

表 C.1.6 大気中の *S-N* 曲線の基本データ

等級	K_1			m	標準偏差		K_2	S_q
		$\log_{10}$	$\log_e$		$\log_{10}$	$\log_e$		（N/mm^2）
B	2.343 E15	15.3697	35.3900	4.0	0.1821	0.4194	1.01E15	100.2
C	1.082 E14	14.0342	32.3153	3.5	0.2041	0.4700	4.23E13	78.2
D	3.988 E12	12.6007	29.0144	3.0	0.2095	0.4824	1.52E12	53.4
E	3.289 E12	12.5169	28.8216	3.0	0.2509	0.5777	1.04E12	47.0
F	1.726 E12	12.2370	28.1770	3.0	0.2183	0.5027	0.63E12	39.8
F_2	1.231 E12	12.0900	27.8387	3.0	0.2279	0.5248	0.43E12	35.0
G	0.566E12	11.7525	27.0614	3.0	0.1793	0.4129	0.25E12	29.2
W	0.368 E12	11.5662	26.6324	3.0	0.1846	0.4251	0.16E12	25.2

図 C.1.9　　大気中の *S-N* 曲線の基本設計



1.4.5.6　累積疲労被害度 *DM* の算定にあたって選択する *S-N* 曲線の等級は，使用する疲労強度評価方法及び解析する詳細の種類との整合性をとらなければならない。

1.4.5.7　実験 *S-N* 曲線は，公称応力変動幅及び疲労寿命との関係を示している。これらの *S-N* 曲線を使用する場合にあっては，算出した応力は当該曲線の作成時に使用する公称応力と同等でなければならない。

1.4.5.8　縦通防撓材端部の結合箇所の疲労強度評価に対して本付録において使用する基本的な *S-N* 曲線は，**表 C.1.6** に規定する *S-N* 曲線パラメータと共に **1.4.5.5** の規定によらなければならない。

1.4.5.9　原則として，次の事項を考慮して *S-N* 曲線の調整を行うこと。

a)　平均応力の効果

b)　板厚の効果

c)　溶接方法の改良

d)　環境の影響

1.4.5.10 平均応力の状態（引張状態又は圧縮状態）によって，応力変動幅を減じて差し支えない。圧縮応力が存在し，かつ，定量化が可能であることを確認できる場合，平均応力の効果は，応力変動幅を圧縮成分の 60%を加えた引張成分と同等であると仮定して差し支えない。満載状態又はバラスト状態の実際の静水中縦曲げモーメント *SWBM* 並びに静水圧及びタンク内圧は，平均応力レベルを算定時に使用しなければならない。

1.4.5.11 平均応力の効果を考慮する全応力変動幅は次の算式によらなければならない。

$S_{Ri} = \sigma_{tensile} - 0.6\,\sigma_{compressive}$　　（$\sigma_{compressive} < 0$ かつ，$\sigma_{tensile} > 0$ の場合）

$S_{Ri} = S$　　（$\sigma_{compressive} \geq 0$ の場合）

$S_{Ri} = 0.6S$　　（$\sigma_{tensile} \leq 0$ の場合）

$\sigma_{tensile}$：平均応力に応力変動幅の半分を加えたもの（N/mm^2）

$= \sigma_{mean} + S/2$

$\sigma_{compressive}$：平均応力に応力変動幅の半分を減じたもの（N/mm^2）

$= \sigma_{mean} - S/2$

σ_{mean}：満載状態又はバラスト状態の静水圧荷重成分による平均応力で，**1.3.2** を参照のこと（N/mm^2）

公称応力手法に対して，*S* 及び σ_{mean} は次の規定により算定しなければならない。

S：**1.4.4.19** に規定する全組合せ応力変動幅（N/mm^2）

$= \sigma_{tensile} - \sigma_{compressive}$

$\sigma_{mean} = \sigma_{hg} + \sigma_{ex} + \sigma_{in}$

σ_{hg}：満載状態又はバラスト状態の実際の静水中縦曲げモーメント *SWBM* にて得られる $M_{wv\text{-}v\text{-}amp}$ と共に **1.4.4.6** に規定する σ_v から算定する船体縦曲げによる平均応力（**1.3.2** 参照）。

σ_{ex}：外部静水圧による平均局部曲げ応力。σ_{ex} は，満載状態又はバラスト状態に対する実際の喫水を基に算定した *P* と共に **1.4.4.11** に規定する σ_{2A} から算定しなければならない（**1.3.2** 参照）。ただし，$P = P_{hys}$ で **7 節 2.2.2.1** を参照のこと。

σ_{in}：内部静水圧による平均局部曲げ応力。σ_{in} は，満載状態又はバラスト状態に対するタンクトップの水頭及びタンク容積を基に算定した P と共に **1.4.4.11** に規定する σ_{2A} から算定しなければならない（**1.3.2** 参照）。ただし，$P = P_{in\text{-}tk}$ で **7 節 2.2.3.1** を参照のこと。

（備考）

(1) P は，防撓材側に作用する圧力を正とし，板側に作用する圧力を負としなければならない。

(2) 防撓材が 2 つの貨物タンクの間の囲壁にある場合，平均圧力は防撓材に作用するネット圧力を考慮しなければならない。

(3) バラスト水及び貨物タンクは，100%積載していることを想定しなければならない。液体密度は，**7 節 2.2.3.1** によること。ただし，貨物密度は 0.9（t/m^3）以上としなければならない。

付録 C.2 のホットスポット応力手法において，平均応力は，適切な満載又はバラスト状態での有限要素モデルに適切な静荷重を適用して計算しなければならない。

代替として，有限要素モデルに静荷重を適用する代わりに，全振幅応力は **2.4.2.8** により計算しなければならない。

1.4.5.12 構造詳細の疲労強度は，部材の板厚に依存する。同等の応力変動幅において，部材の増厚により結合部の疲労限度は小さくなる。この効果（寸法効果）は，隣接する板の厚さ及び当該板厚の応力勾配に関連した溶接端部の局部形状によって起こる。基本的な設計 *S-N* 曲線は，考慮する板厚が 22*mm* を超えない場合に適用すること。板厚が 22*mm* を超える部材にあっては，ネット板厚 t_{net50} を考慮した結合部の *S-N* 曲線は次の算式によらなければならない。

$$\log(N) = \log(K_2) - m\log\left(\frac{S_{Ri}}{(22/t_{net50})^{0.25}}\right)$$

$\log(K_2) = \log(K_1) - 2\delta$

N ：応力変動幅 S における予測疲労寿命

K_1 ：**表 C.1.6** に規定する平均 *S-N* 曲線に関する定数

δ ：$\log(N)$の標準偏差

m ：**表 C.1.6** に規定する *S-N* 曲線の負の傾き

S_{Ri} ：**1.4.5.11** に規定する応力変動幅（N/mm^2）

1.4.5.13 縦通防撓材が平鋼又はバルブプレートの場合，**1.4.5.12** の寸法効果を適用しないこと。

1.4.5.14 溶接端部の表面処理の効果は，設計段階において考慮しないこと。ただし，表面処理による効果を考慮せず算定した疲労寿命が，設計疲労寿命の半分と 17 年のうち，何れか長い方の年数を超える場合にあっては，ビルジホッパ斜板と内底板の溶接結合部に対して特別に考慮することがある。表面処理を適用する場合にあっては，表面処理の範囲，表面粗さの詳細，最終溶接形状並びに表面処理の施工者の技量及び品質の判断基準を含む表面処理の全ての詳細は，適用される図面に明示し，算定した疲労寿命における提案する係数を裏付ける計算書と供に提出しなければならない。表面処理は，円を描く様にして行い，溶接端部の欠陥を除去できるように板の表面の内部まで処理することが望ましい。また，溶接端部の欠陥の周囲は，効果的な腐食防止対策を講じなければならない。補修は，目視可能なアンダカットの底部から少なくとも 0.5*mm* の深さまで板の表面を研磨することを含めて，溶接端部において滑らかにくぼんだ形状とすること。溝の深さは，最小に留めなければならない。また，原則として 1*mm* 以内とすること。2*mm* 又はグロス板厚の 7%のうちいずれか小さい方の値を超える表面処理の深さとしてはならない。表面処理は，高応力域の外側まで，広範囲にわたって施工すること。これらの推奨される施工を採用することを条件に，設計疲労寿命まで表面処理の効果を考慮することができる。

1.4.5.15 **図 C.1.9** に示す基本的な設計 *S-N* 曲線は，有効な塗装によって腐食を適切に保護する大気中に位置する結合部又は海水中の詳細部に有効である。非保護の海水中の詳細部にあっては，基本的な *S-N* 曲線は疲労寿命に対して係数を 2 減じなければならない。

1.4.5.16 **図 C.1.9** に示す基本的な設計 *S-N* 曲線は，本付録にて使用のこと。結合部が，疲労に対し保護された環境又は非保護の環境の状態があることを考慮して，係数 f_{SN} は全公称応力変動幅の計算に取入れる。

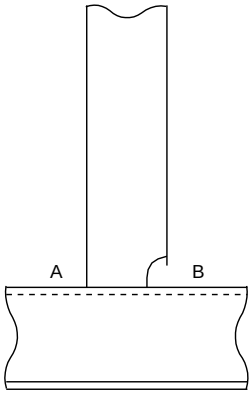
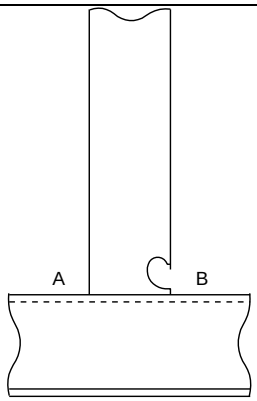
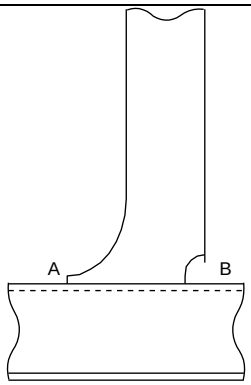
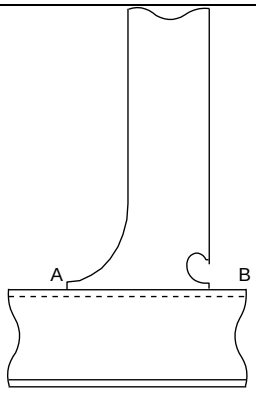
1.5 構造詳細の分類

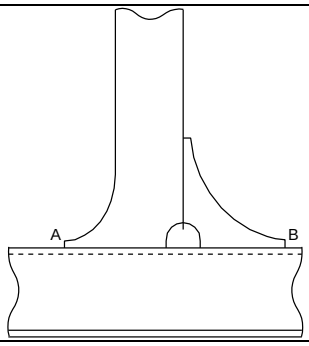
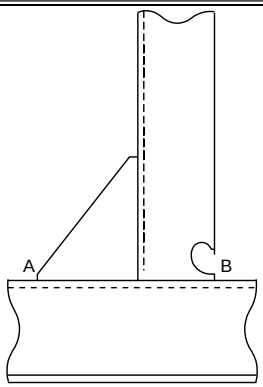
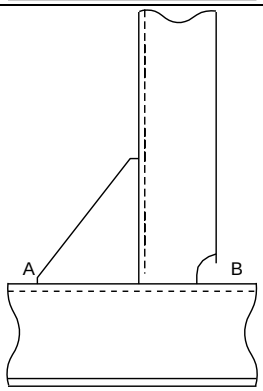
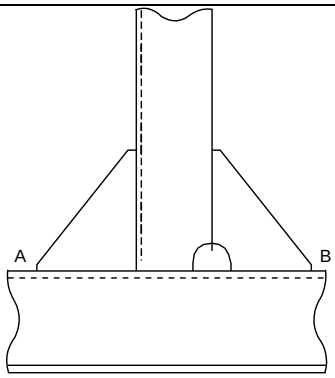
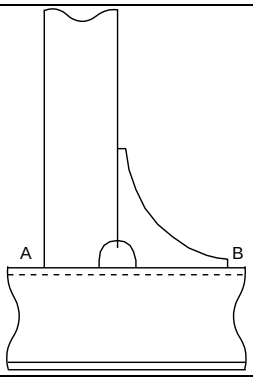
1.5.1 一般

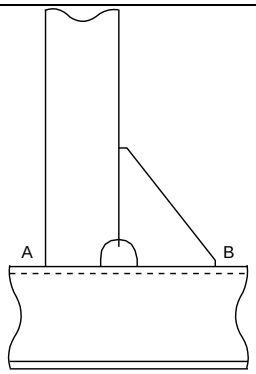
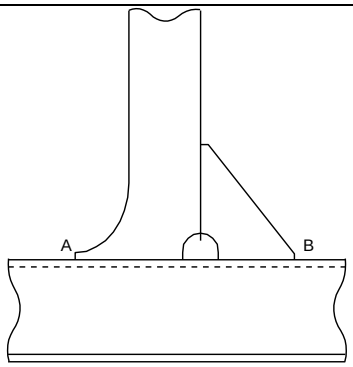
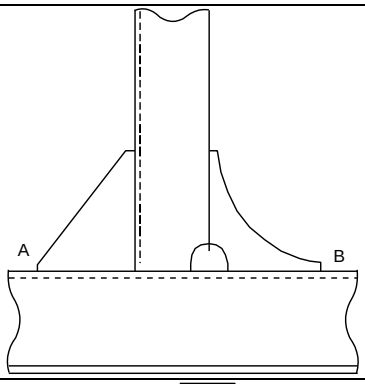
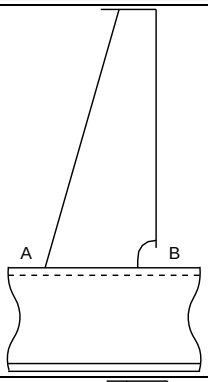
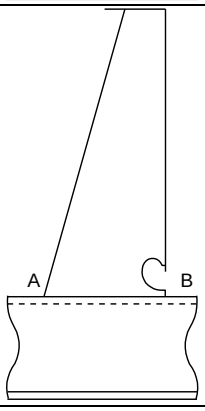
1.5.1.1 ソフトトウ及び後部ブラケットの設計が**図 C.1.10** と一致している場合，構造詳細の結合部の分類は，**表 C.1.7** によらなければならない。各々の設計を提示した場合，疲労強度の観点から考慮する妥当性は適した有限要素解析を使用して検証しなければならない（**2.1.1.3** 参照）。

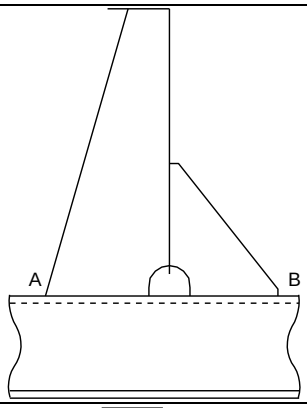
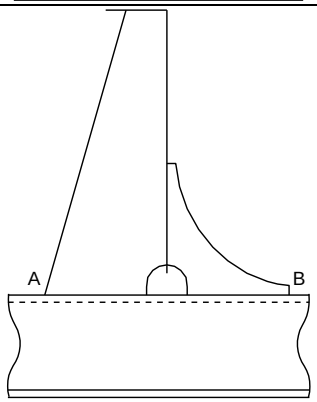
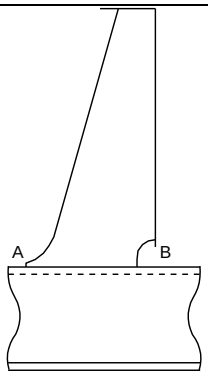
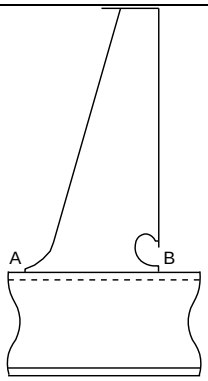
1.5.1.2 船底外板，船側外板及び内殻付き縦通防撓材の貫通部において，主要支持部材のウェブ防撓材が省略されるか，または縦通防撓材と連結されない場合にあっては，**表 C.1.7** の**備考(6)**を参照すること。

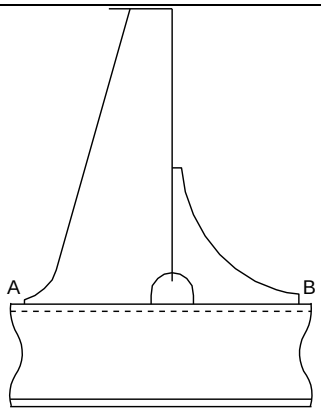
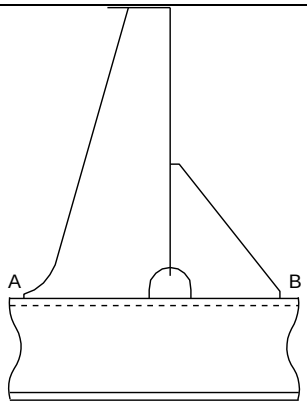
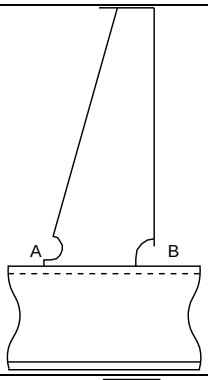
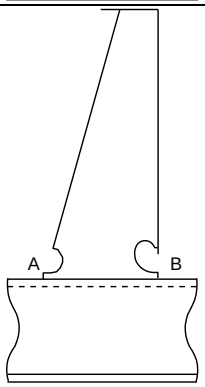
表 C.1.7　　構造詳細の分類

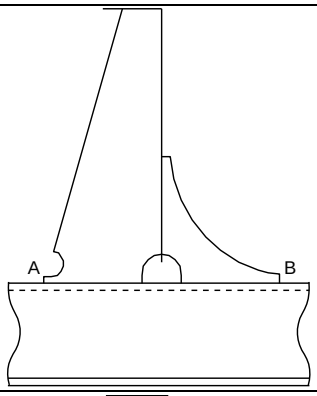
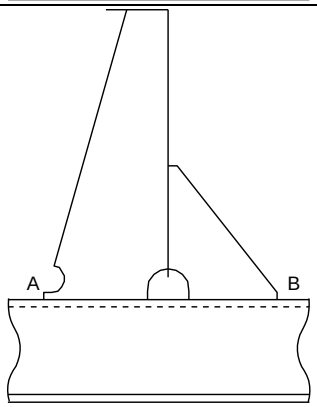
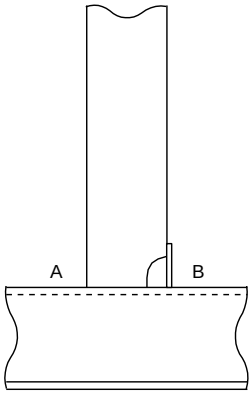
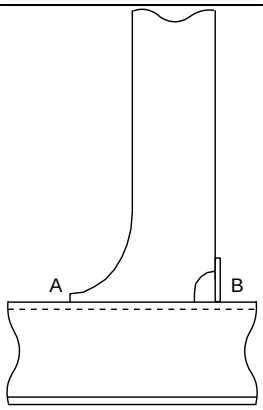
ID	結合部の種類	重要部位(1), (2), (3)	
		A	B
1		*F*2	*F*2
2		*F*2	*F*2(4)
3		*F*	*F*2
4		*F*	*F*2(4)

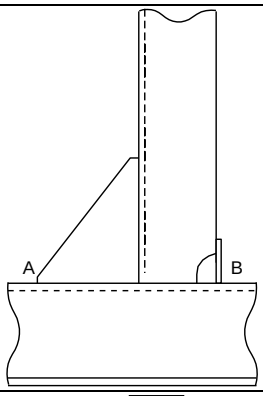
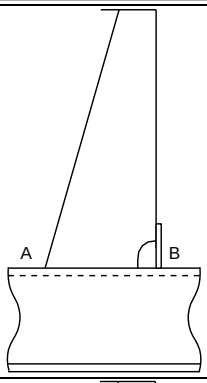
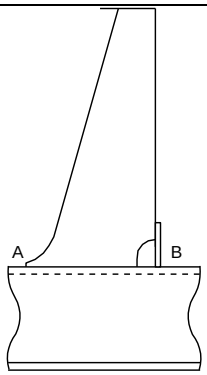
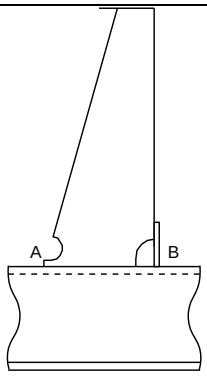
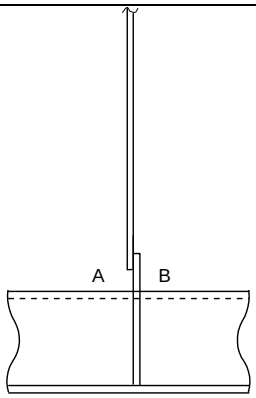
5		*F*	*F*
6		*F*2	*F*2(4)
7		*F*2	*F*2
8		*F*2	*F*2
9		*F*2	*F*

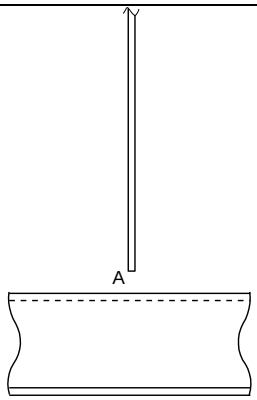
10		*F*2	*F*2
11		*F*	*F*2
12		*F*2	*F*
13		*F*2	*F*2
14		*F*2	*F*2[(4)]

15		*F2*	*F2*
16		*F2*	*F*
17		*F*	*F2*
18		*F*	*F2(4)*

19		*F*	*F*
20		*F*	*F2*
21		*F*	*F2*
22		*F*	*F2(4)*

23		*F*	*F*
24		*F*	*F*2
25		*F*2	*F*2(5 のみ)
26		*F*	*F*2(5 のみ)

27		*F*2	*F*2(5 のみ)
28		*F*2	*F*2(5 のみ)
29		*F*	*F*2(5 のみ)
30		*F*	*F*2(5 のみ)
31		*F*2(5，6 のみ)	*F*2(5，6 のみ)

32		$F^{(6,\ 7のみ)}$	*N/A*

（備考）

(1) 接合部の長さが 150*mm* 以下の場所にあっては，*S-N* 曲線は表中に指定の級から 1 つ級を上げること。例えば，表に示す級が *F*2 の場合，*F* に級を上げる。接合部の長さはスカラップを差し引かない縦通防撓材の面材上の溶接接合部の長さによって規定する。

(2) 縦通防撓材が平板の場合であって，かつ面材に防撓材又は肘板が溶接されている場合にあっては，*S-N* 曲線は表中にて規定した級から 1 つ級を下げること。例えば，表に示す級が *F*2 の場合，*G* に級を下げる。これはバルブ形鋼，アングル形鋼等の非対称材にあっても防撓材フランジ端部と接合部の面材との最小間隔が 8*mm* 未満の場合には同様に適用する。

(3) 接続部の重複（縦通肋骨のウェブに溶接するブラケット等）は採用してはならないため，表に記載していない。

(4) ソフトヒールの接続部に対して，軸荷重が支配的な場合にあっては，*F* 級を使用すること。甲板上及び甲板端部より下方 0.1*D* 以内に取付く防撓材にあっては，当該条件を満足するように考慮すること。

(5) 面材の周囲にカラーを有する接続部（*ID*25 から *ID*30）又は水密のカラーを有する接続部（*ID*31）に対して，軸荷重が支配的な場合にあっては，*F* 級を使用すること。甲板上及び甲板端部より下方 0.1*D* 以内に取付く防撓材にあっては，当該条件を満足するように考慮すること。

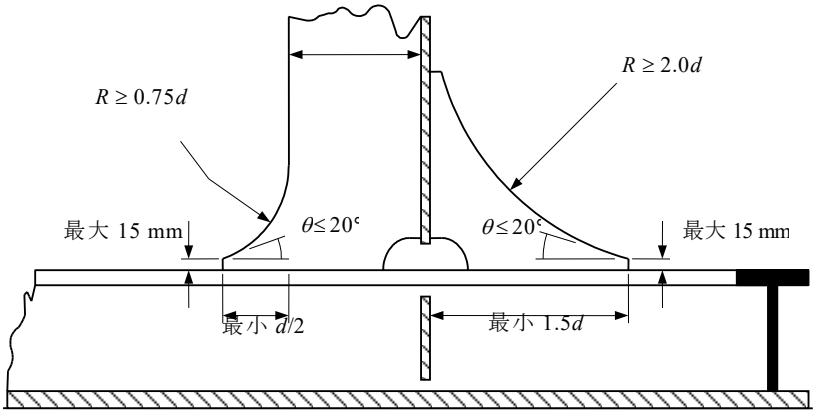
(6) *ID*31 及び *ID*32 に，ウェブ防撓材が省略又は縦通防撓材の面材に接合していない場合の接続部を示す。以下に示す箇所の接続部にあっては，水密のカラー（*ID*31），或いは**図 C.1.11** に示すスロット部の詳細設計又はそれと同等のものが要求される。

- 船側における波浪を受ける最も高い位置と甲板端部下 0.1*D* のうち，どちらか低い方の位置より下方
- 船底
- 船側における甲板端部下 0.1*D* より下方の縦通隔壁
- ビルジホッパー
- 内底板

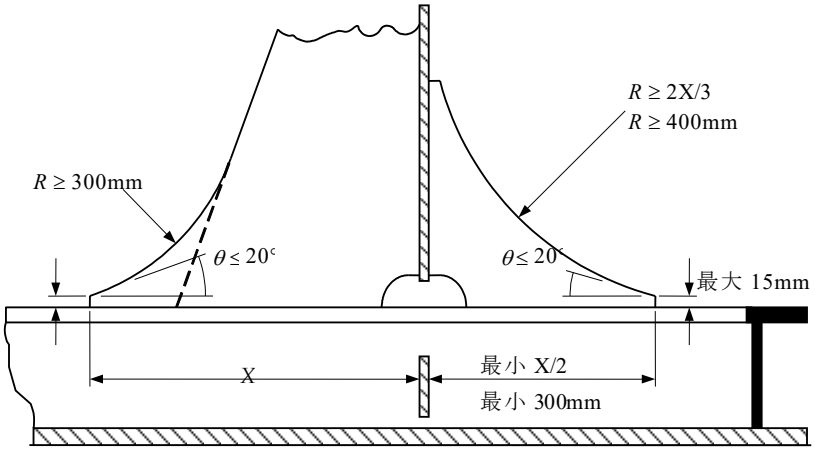
波浪を受ける最も高い位置は，**図 C.1.1** に示すように，満載喫水線に h_{WL} を加えた位置として定義される。**図 C.1.11** に示すスロット部の詳細設計と同等のものについては，*FEM* に基づいた主要支持部材及びカラーにおけるスロット部のホットスポット応力と比較して，疲労強度評価を満足することを実証しなければならない。

(7) カラーが面材に溶接されていない接続部（*ID*32）を強力甲板の縦通防撓材に用いる場合には，スロットの形状に係わらず，*F* 級を適用しなければならない。強力甲板以外に *ID*32 を用いる場合には，スロットの形状に係わらず *E* 級を適用して差し支えない。

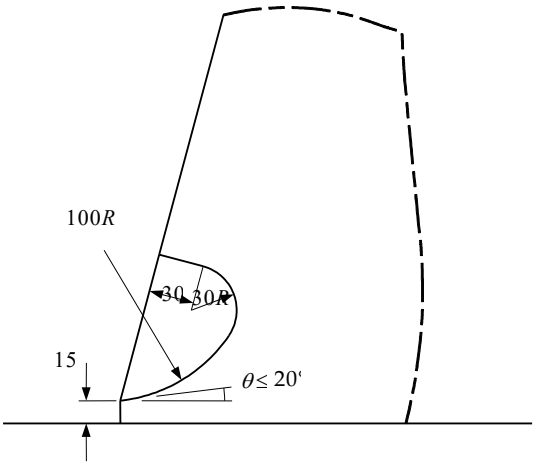
図 C.1.10　　ソフトトウ及び裏当てブラケットの詳細設計



ピラー防撓材のソフトトウ及び裏当てブラケットの推奨設計

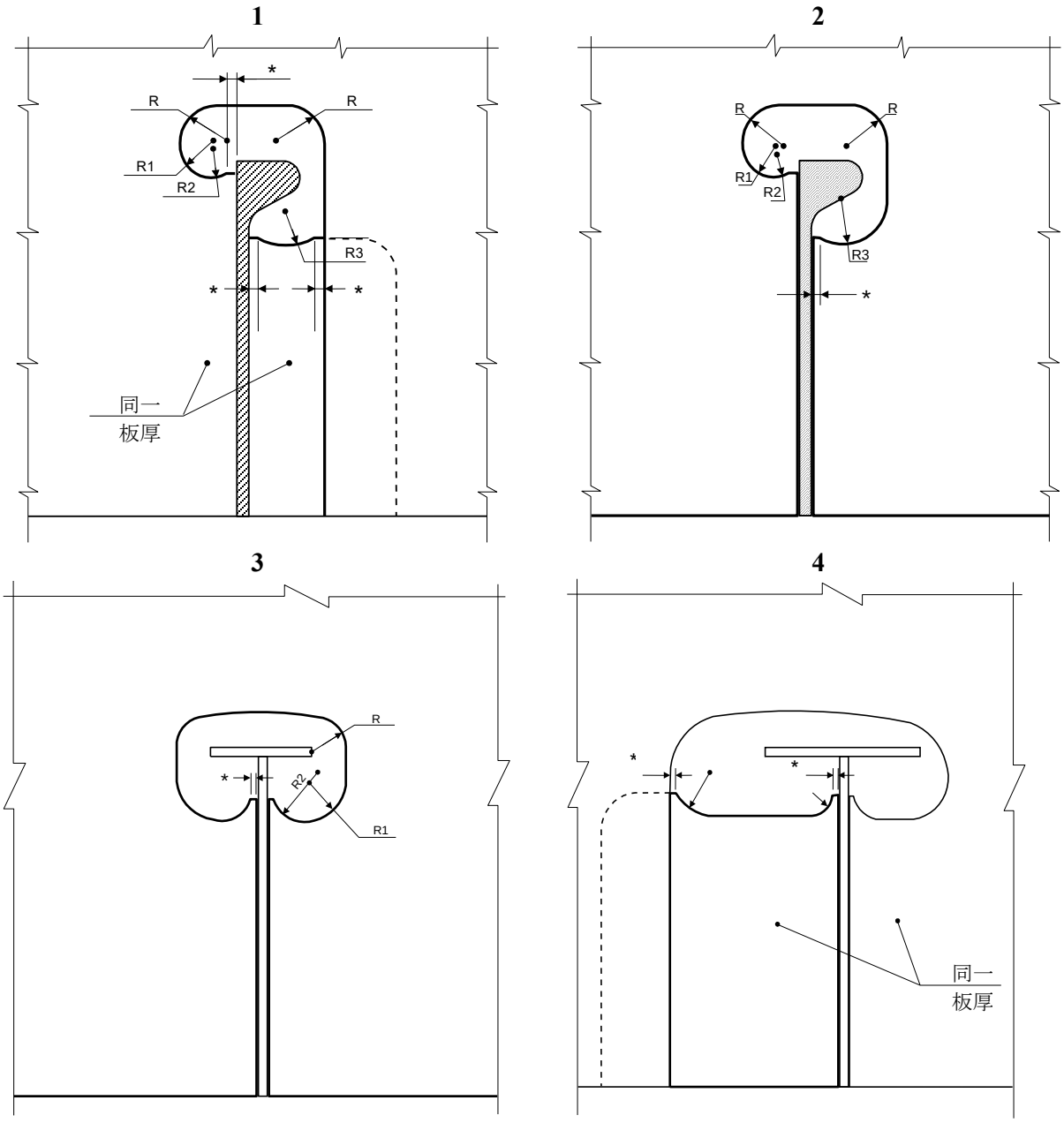


倒止ブラケットのソフトトウ及び
裏当てブラケットの推奨設計



倒止ブラケットのソフトトウの推奨代替設計

図 C.1.11　　スロットの設計



（備考）

(1) “*”印付のソフトトウは，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一致するように必要な寸法にしなければならない。最大 15*mm* とする。

(2) 形状 1 と 4 に示すように，ラグプレートを使用すること。また似た形状の突合せラグプレートを使用して差し支えない。

(3) 上図に示す形状と異なるものにあっては，*FEM* に基づくホットスポット応力による疲労評価を実施すること。

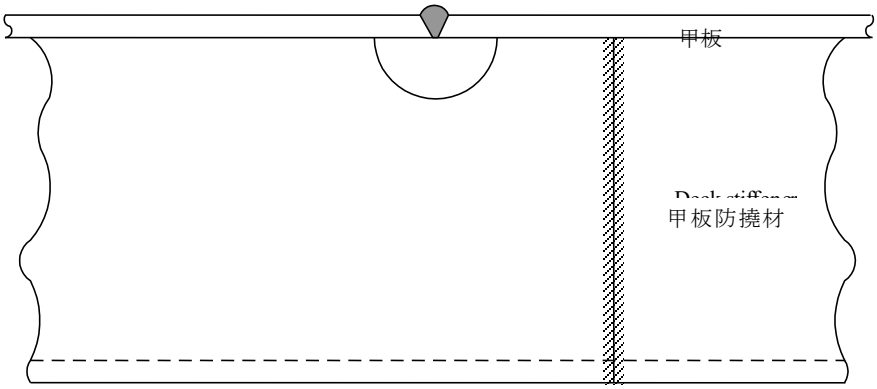
1.6　その他の詳細

1.6.1　ブロック結合部のスカラップ

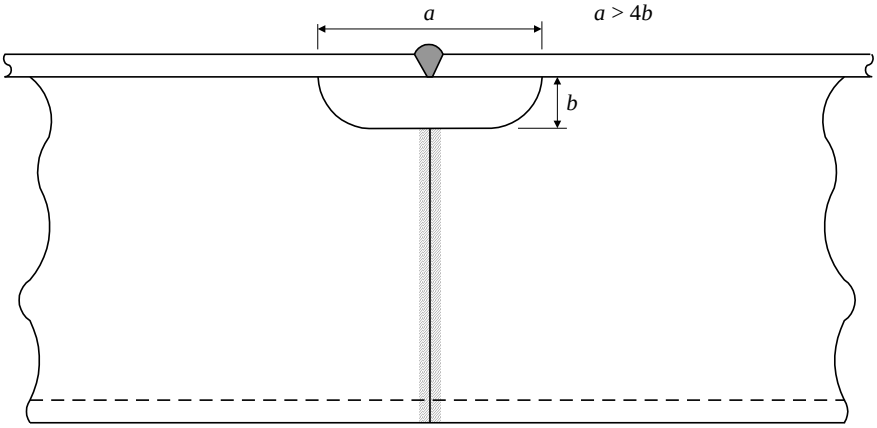
1.6.1.1　貨物タンク区域における強力甲板のブロック継手及び甲板下 0.1*D* より上方にあるブロック継手のスカラップ形状は**図 C.1.12** によること。ただし，**8 節 1.5.1.3** の規定を *F*2 級として満足する場合にあってはこの限りではない。

図 C.1.12　　ブロック結合部の甲板付防撓材の溶接

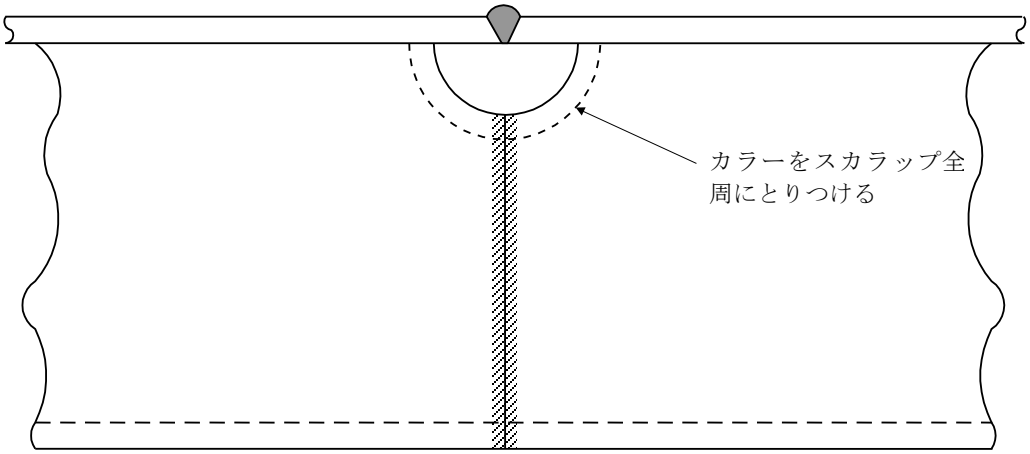
(I) 防撓材でのオフセット突合せ



(II) 防撓材での延長スカラップ



(Ⅲ) カラーを付けた接近スカラップ



（備考）

（II）に示す各スカラップの形状は，溶接箇所の追加応力集中係数，詳細メッシュを使用した *FEM* 解析及び *D* 級の *S-N* 曲線の適用を考慮して，ハルガーダ荷重を基に規定を満足した疲労寿命の検証を条件として認める場合がある。

2 ホットスポット応力手法（有限要素ベース）

2.1 一般

2.1.1 適用

2.1.1.1 **本付録 C.2** の手順は，ホットスポット応力手法に基づく有限要素（*FE*）を使用した，内底板とビルジホッパ斜板間の溶接ナックル部の疲労解析に適用する。また，**本付録 C.2** の規定以外に，公称応力手法に関する**付録 C.1** に規定する同様の適用方法を使用すること。

2.1.1.2 内底板とビルジホッパ斜板間のナックル部が曲げ構造の場合にあっては，**2.5.1.2** に規定する詳細設計基準に従うことを条件に，ホットスポット応力疲労強度評価は要求されない。これと異なる設計を申請する場合には，疲労強度の観点から細部の同等性を証明するために，適切な有限要素（*FE*）解析を使用すること。

2.1.1.3 ホットスポット応力手法が公称応力手法に代わって縦通防撓材端部接合部の同等性の検討に対して必要であると判断する場合にあっては，**付録 C.1** に規定する手順は，原則として，S_v，S_h，S_i 及び S_e が表面のホットスポット応力成分を使用する有限要素解析の箇所の垂線から直線により外挿して得られる取付材の中心線及び溶接止端部を除いて，**本付録 C.2** によること。また，**2.4.3** に規定する *S-N* 曲線を適用すること。

2.1.2 前提条件

2.1.2.1 前提条件は，**1.1.2** によること。

2.2 腐食モデル

2.2.1 ネット板厚

2.2.1.1 ネット板厚及び **6 節 3** に規定する腐食予備厚を，**付録 B.4** に規定するように構造強度を *FE* モデル化する際に組み入れなければならない。

2.3 荷重

2.3.1 一般

2.3.1.1 **1.3.6** 及び **1.3.7** に規定する内底板とビルジホッパ斜板間の溶接ナックル部の *FE* ベースの疲労解析においては，波浪変動圧及びタンク内圧力を考慮しなければならない。

2.4 疲労被害度の計算

2.4.1 疲労強度の算定

2.4.1.1 疲労強度の算定にあっては，**1.4** にいう手順を適用しなければならない。

2.4.1.2 内底板とビルジホッパ斜板間の溶接ナックル部に適用する *Weibull* 確率分布パラメータ ξ は，次の算式によらなければならない。

$$\xi = (1.1 - 0.35\frac{L_{CSR-T} - 100}{300})$$

L_{CSR-T}：**4 節 1.1.1.1** に規定する船の長さ（*m*）

2.4.2 使用する応力

2.4.2.1 ホットスポット応力を決定するために，3 次元の粗いメッシュの応力解析と共に，2 次元又は 3 次元の局部詳細メッシュ応力解析を使用しなければならない。高応力範囲，特に，構造の不連続付近にあっては，応力レベルは高応力勾配のために要素サイズに依存している。応力領域が一軸領域よりも複雑である場合，潜在的に亀裂が発生しやすい位置近傍の応力を使用しなければならない。また，メッシュサイズが急に変わることなく徐々に大きさが変化するように作成しなければならない。

2.4.2.2 局部構造のモデル化に対する一般的な原則は次によること。

(a) ホットスポット応力は，初期不整がないと理想化した溶接継手を使用して算定しなければならない。有限要素メッシュは，ホットスポットの付近で応力及び応力勾配が十分な精度となるように細かくしなければならない。

(b) 主要部材及び二次部材である板，ウェブ及び面材は，4 ノードの薄いシェル要素としてモデル化しなければならない。急な応力勾配の場合にあっては，8 ノードの薄いシェル要素を使用しなければならない。

(c) 薄いシェル要素を使用する場合，構造は板の中央でモデル化しなければならない。実用的な目的のために，隣接する異なった板厚は，中央線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。)

(d) 要素のアスペクト比は，ホットスポット近傍で 3 を超えてはならない。

(e) ホットスポット近傍に位置する要素の寸法は，構造部材のネット板厚との整合性をとらなければならない。

(f) 応力は，関連している箇所において板の曲げモーメントを考慮するために板の表面にて算定しなければならない。

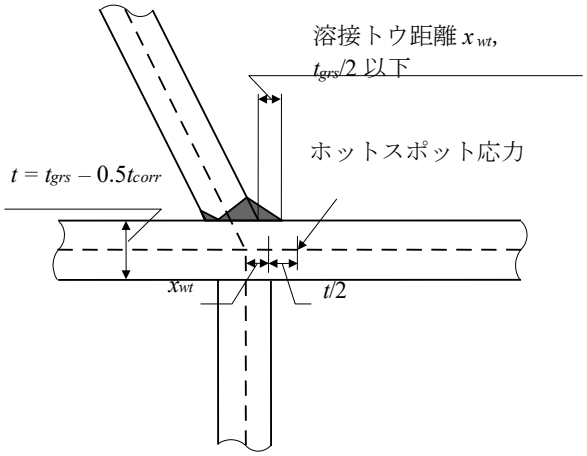
2.4.2.3 有限要素モデルを使用するホットスポット応力算定のあっては，**付録 B.4** に規定する。

2.4.2.4 一般に，要素の応力は，ガウス点にて算定すること。要素のタイプによって，考慮するホットスポットの位置で実応力を決定するための幾つかの補間法の適用がすること。

2.4.2.5 重要な構造詳細に関して，一般に，ホットスポット応力は構造を表すために使用する有限要素モデルに大きく依存している。ホットスポット応力を導出するためにここに規定する構造詳細に対する代替手順は，同様の構造詳細について有効な疲労試験の成績を参照して確認，又は，記録しなければならない。

2.4.2.6 ホットスポット応力は，溶接止端から 0.5t 離れた表面応力とすること（**図 C.2.1**）。当該ホットスポット応力は，構造の交差部から 1 番目及び 2 番目の要素における応力を使用し，船幅方向に対して線形補間法を適用して算定すること。

図 C.2.1 ホットスポット応力



2.4.2.7 **2.3** に規定する荷重による溶接に直角方向に沿った応力変動幅成分は，**付録 B.4** に基づいて計算しなければならない。全組合せ応力変動幅 S は次によらなければならない。

$S = f_{model}|0.85(S_{e1} + 0.25S_{e2}) - 0.3S_i|$ （満載状態）

$S = f_{model}|0.85\,(S_{e1} - 0.2S_{e2})|$ （バラスト状態）

S_{e1}：動的波浪変動圧を，評価対象のビルジホッパナックル部と同じ側の有限要素モデルにのみ作用させた場合の応力変動幅（N/mm^2）（**表 B.4.1** 参照）

S_{e2}：動的波浪変動圧を，評価対象のビルジホッパナックル部と反対側の有限要素モデルにのみ作用させた場合の応力変動幅（N/mm^2）（**表 B.4.1** 参照）

S_i：タンク内変動圧力を，有限要素モデルに作用させた場合の応力変動幅（N/mm^2）（付録 **B.4.5.2.4** 及び**表 B.4.1** 参照）

f_{model}：1.0， 疲労に対するネット板厚によって *FE* モデルを作成した場合。すなわち，ナックル部から 500*mm* 以内の範囲では 0.5t_{corr} の腐食予備厚を使用し，それ以外では 0.25t_{corr} の腐食予備厚を用いる場合。

0.95，強度評価に対する *FE* モデルを使用する場合。強度評価ための *FE* モデルは，ビルジナックル部を含むモデル全域に対して 0.5t_{corr} の腐食予備厚が適用される。

2.4.2.8 静荷重を *FE* モデルに適用する代わりに，平均応力効果を考慮して全応力変動幅は次の算式によること。

$S_{Ri} = 1.0S$ （満載状態）

$S_{Ri} = 0.6S$　（バラスト状態）

S：**2.4.2.7** に規定する全組合せ応力変動幅（N/mm^2）

2.4.3　S-N 曲線の選択

2.4.3.1　ホットスポット応力を **2.4.2.8** により算定する場合，溶接詳細部に対して *D* 級の *S-N* 曲線を適用して疲労強度解析を行わなければならない。また，**1.4.5.12** による寸法効果は適用して差し支えない。

2.5　詳細設計基準

2.5.1　ビルジホッパナックル部

2.5.1.1　ビルジホッパ斜板と内底板間の溶接ナックル部の設計詳細は，**図 C.2.2** によらなければならない。

（備考）

図 C.2.3 は，ビルジホッパ結合部の疲労強度の増加に対して任意に使用して差し支えない。

2.5.1.2　ビルジホッパ斜板と内底板間の曲げ構造のナックル部の設計詳細は，**図 C.2.4** の規定によらなければならない。

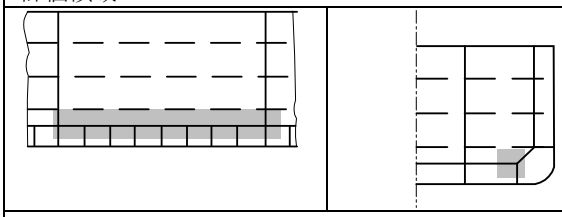
2.5.2　横隔壁付水平桁ヒール部

2.5.2.1　**図 C.2.5** による詳細設計は，油密横隔壁板及び制水隔壁板と内部縦通隔壁板との間の水平桁ヒール部における応力レベルの低減及び疲労強度の増加に対して推奨する。本推奨内容は，**付録 B.3.1.3** に規定する詳細メッシュ有限要素解析と共に考慮すること。

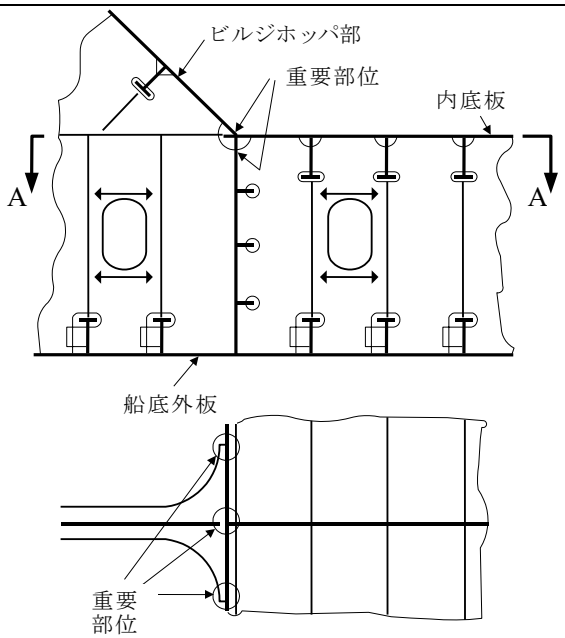
図 C.2.2　　ブラケット無しビルジホッパナックル結合部の詳細

二重底タンクから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間のビルジホッパ角部溶接結合部

評価領域

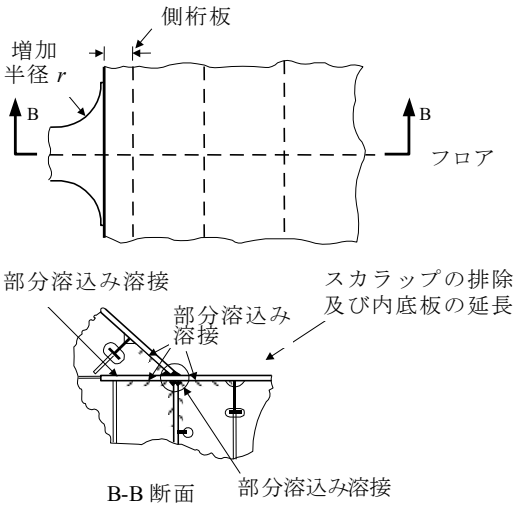


重要部位



A-A 断面

詳細設計基準 A



B-B 断面

ビルジホッパ斜板及び内底板との間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。
明らかなアンダカットは取り除くこと。
増し溶接及びグラインディングはフロア両側の 200*mm* の範囲に適用すること。

（備考）

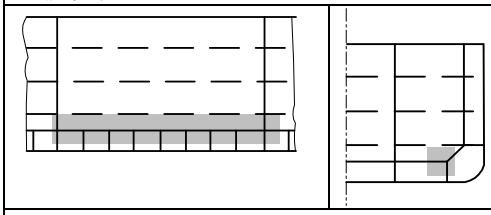
1. **6 節 5.3.4** に規定する部分溶込み溶接に対して，隣接する板厚の最大 1/3 のルート面とすること。
2. フロアのスパンが形状により減じることのできる No.1 タンクにあっては，グラインダ加工を適用しなくて差し支えない。
3. 横隔壁に位置するナックル接合部又は横隔壁に隣接したフロアにあっては，グラインダ加工を適用しなくて差し支えない。

最低要件	詳細設計基準 A 又は B とすることを最低要件とする。ただし，ビルジホッパ斜板の角度が 50 度を超える場合にあっては，更に検討すること。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成分の塗料のはけ塗り等のストライプ塗装によって保護しなければならない。
重要部位	フロアにおける内底板に接合するビルジホッパ傾斜板。 ビルジホッパ角部における内底板及び側桁に接合するフロア。
詳細設計基準	ビルジホッパ角部におけるスカラップを除去する。繰返し波浪変動外圧，貨物慣性応力及びハルガーダ荷重から生じる合成応力レベルを低減するために内底板を延長する。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。
建造許容差	内底板の板厚が *t* の場合，ビルジホッパ斜板の中央線は *t*/3 と 5*mm* のうち，小さい方の値の許容誤差で縦桁の中心線と一致させなければならない。許容誤差は内底板に平行に計測しなければならない。
溶接の要求	部分溶込み溶接（ビルジホッパ傾斜板と内底板との間）。部分溶込み溶接（フロアと内底板及び側桁との結合部，ビルジホッパ角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，内底板及び側桁との結合部）。

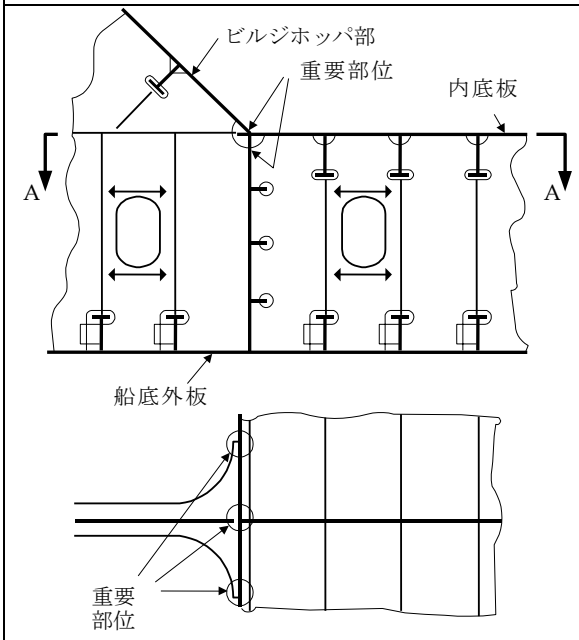
図 C.2.3　　ブラケットを有するビルジホッパナックル結合部の詳細（任意）

二重底タンクから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間のビルジホッパ角部溶接結合部

評価領域

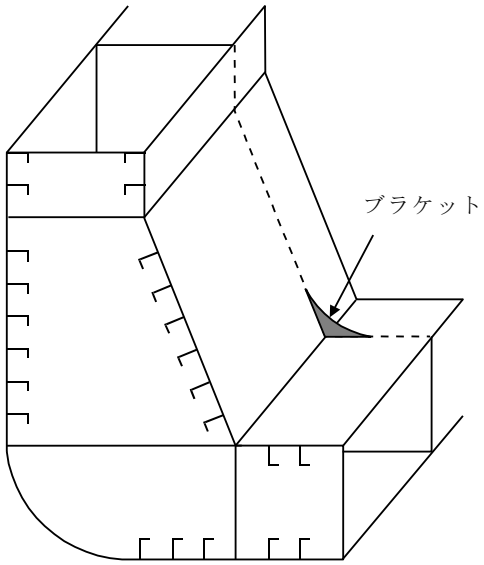


重要部位



A-A 断面

詳細設計基準 B



（備考）

1. ブラケットを貨物タンク側に設ける。
2. ブラケットの幅及び高さは，ほぼ当該結合部から数えて 1 本目の縦通防撓材までとする。
3. ブラケットトウはソフトな形状にする。
4. ブラケットトウ部は完全溶込み溶接とする。
5. ブラケットの材料を内底板と同じにする。
6. ブラケットの座屈を確認する。

$$d/t_{bkt} < 21\sqrt{235/\sigma_{yd}}$$

d =**表 10.2.3** に規定されるブラケット最大深さ

t_{bkt} = ブラケット板厚

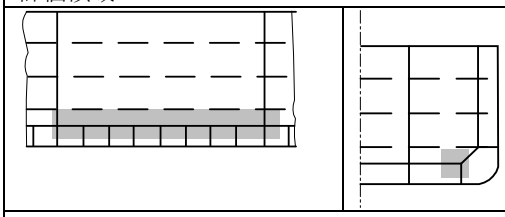
σ_{yd} = 材料の最小降伏応力

最低要件	詳細設計基準 A 又は B とすることを最低要件とする。ただし，ビルジホッパ斜板の角度が 50 度を超える場合にあっては，更に検討すること。
重要部位	フロアにおける内底板に接合するビルジホッパ傾斜板。 ビルジホッパ角部における内底板及び側桁に接合するフロア。
詳細設計基準	ビルジホッパ角部におけるスカラップを除去する。繰返し波浪変動外圧，貨物慣性応力及びハルガーダ荷重から生じる合成応力レベルを低減するために内底板を延長する。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。
建造許容差	内底板の板厚が t の場合，ビルジホッパ斜板の中央線は $t/3$ と 5*mm* のうち，小さい方の値の許容誤差で縦桁の中心線と一致させなければならない。
溶接の要求	部分溶込み溶接（ビルジホッパ傾斜板と内底板との間）。部分溶込み溶接（フロアと内底板及び側桁との結合部，ビルジホッパ角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，内底板及び側桁との結合部）。

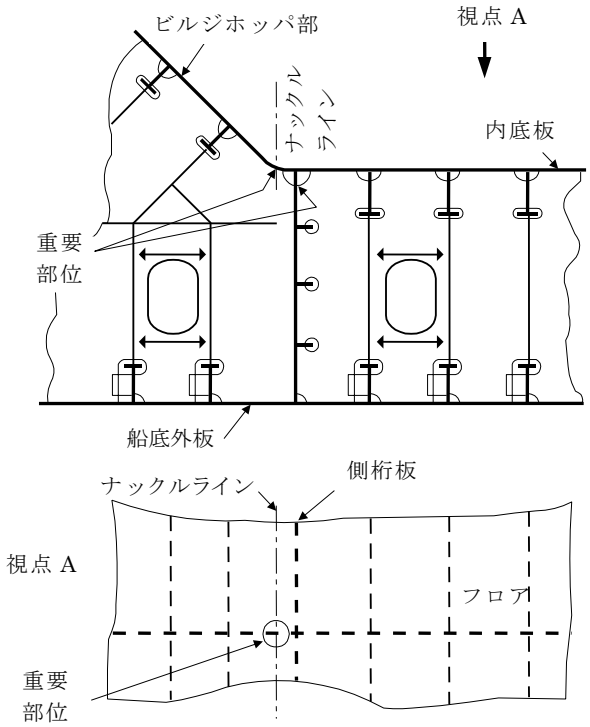
図 C.2.4　　曲げ構造のビルジホッパナックル結合部の詳細

二重底タンクから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間のビルジホッパ角部の曲げ構造

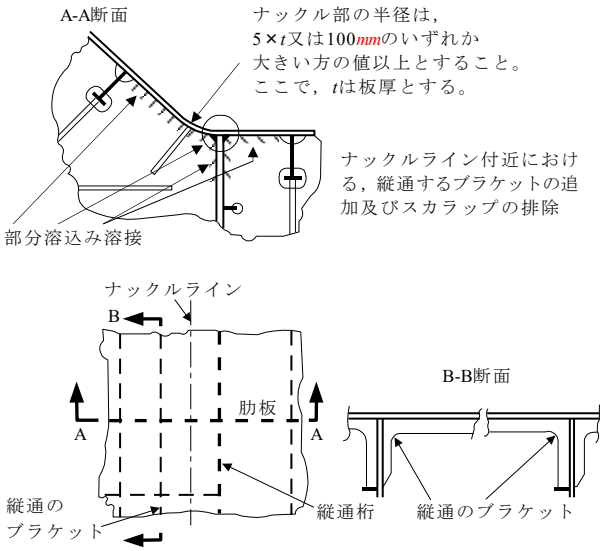
評価領域



重要部位



詳細設計基準 C



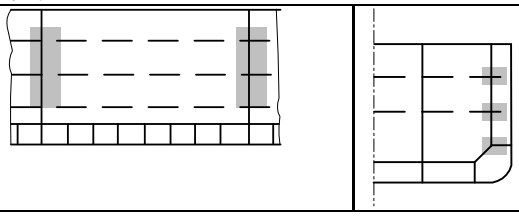
（備考）
縦通桁がナックルラインにおいて十分に支持機能を果たしていることを確認できる場合，縦通のブラケットは省略して差し支えない。

最小要求値	最小値として，詳細設計基準 C とすること。
重要部位	フロアにおける内底板に接合する側桁。 ビルジホッパ角部における内底板及び側桁に接合するフロア及びビルジホッパトランスウェブ。
詳細設計基準	ビルジホッパ角部におけるスカラップの除去並びに繰返し波浪変動外圧，貨物慣性応力及びハルガーダ全荷重から生じる合成応力レベルの低減による追加の縦通のブラケット。
建造許容差	強化基準とする。隣接する 2 つの部材（フロア及びビルジホッパウェブ並びに追加の支持ブラケット）の板厚中心の許容誤差は，当該部材に挟まれる板部材の板厚の 1/3 を超えないこと。
溶接の要求	隣接する板厚の最大 1/3 のルート面とする部分溶込み溶接（内底板及び側桁との結合部，フロアと内底板及び側桁との結合部，ビルジホッパ角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）。

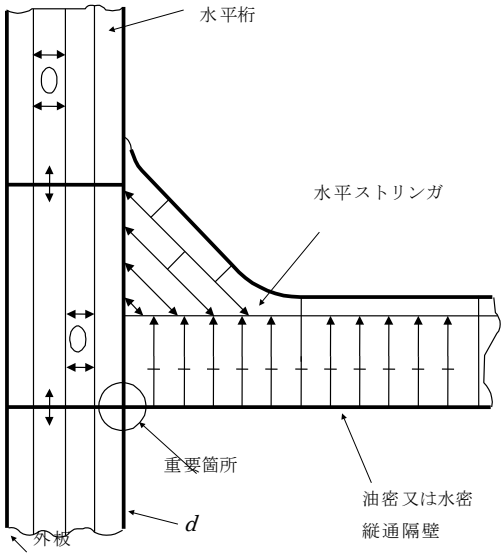
図 C.2.5　　横隔壁付水平桁のヒール部（任意）

二重船側タンクから横隔壁における水平桁の結合部
油密横式の平板隔壁又は制水隔壁に付く水平桁から船殻内部縦通隔壁の結合部

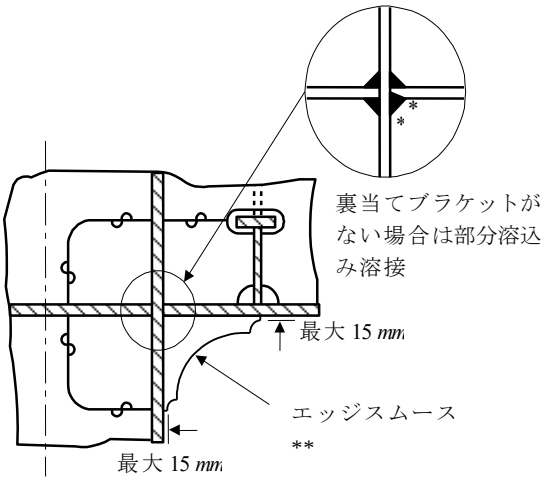
評価領域



重要部位



詳細設計の改良



（備考）
*　ブラケットがない場合，溶接先端部は滑らかで，目視できるアンダーカットは除去しなければならない。
**　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とすることを推奨する。（すなわちテーパ及びソフト形状）

重要部位	横隔壁付水平桁のウェブと四角形の角部を形成する二重船側タンクの水平桁の交差部。
設計変更の詳細	十字結合部にあるスカラップの除去並びに繰返し波浪変動外圧，貨物慣性応力及びハルガーダ荷重から生じる合成応力レベルの低減による局部に配置する *D* 級鋼挿入板（本編に規定する板厚に加えて最小 7*mm*）。また，適当な寸法のソフトトウの裏当てブラケットを配置しなければならない。ブラケットの寸法は次を推奨する。 ・VLCC：800×800×30　R600（図に示すソフトトウとする） ・スエズマックス及びアフラマックス：800×600×25　R550 （ブラケットの長腕が内部材に達している場合は，図に示すソフトトウとする。） 実際のブラケットの設計は**付録 B.3.1.3** により詳細メッシュ有限要素解析によって検証しなければならない。
建造許容差	強化基準とする。隣接する 2 つの部材（フロア及びビルジホッパウェブ並びに追加の支持ブラケット）の板厚中心の許容誤差は，当該部材に挟まれる板部材の板厚の 1/3 を超えないこと。
溶接の要求	裏当てブラケットを有する場合にあっては最小溶接係数 0.44 とした隅肉溶接とし，裏当てブラケットが無い場合にあっては部分溶込み溶接とする。部分溶込み溶接の範囲は，縦通方向に溶接する箇所とすること。スカラップを除去する場合は，隔壁における連続溶接施工後の状態に近い適当な形状の小さいスカラップを考慮すること。

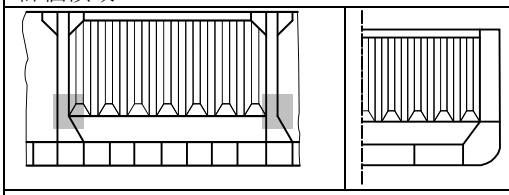
2.5.3 下部スツールと接合する波形横隔壁及び波形縦通隔壁

2.5.3.1 **図 C.2.6** による詳細設計改良は，波形横隔壁及び波形縦通隔壁と下部スツールとの結合部における応力レベルの低減に対して推奨する。本推奨内容は，**付録 B.3.1.5** に規定する詳細メッシュ *FE* と共に考慮すること。

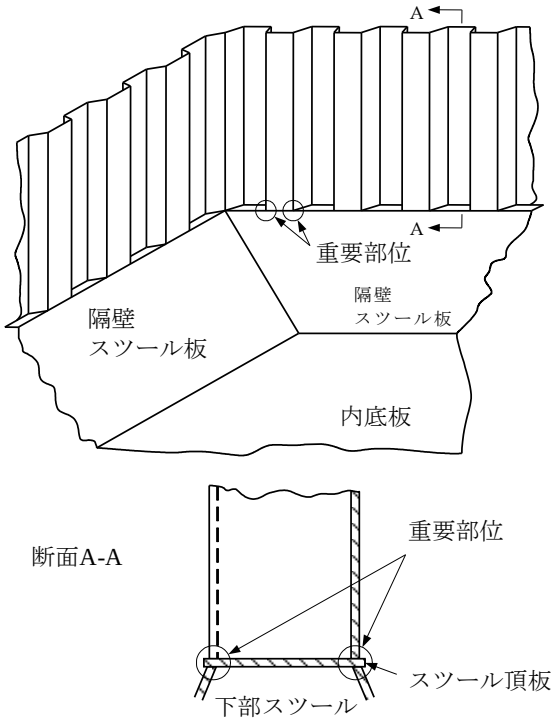
図 C.2.6 下部スツールと接合する波形横隔壁及び波形縦通隔壁

二重船側タンクの船側縦桁と横隔壁の結合部
高張力鋼ストリンガと水平桁と油密横隔壁板又は制水隔壁板付との結合部

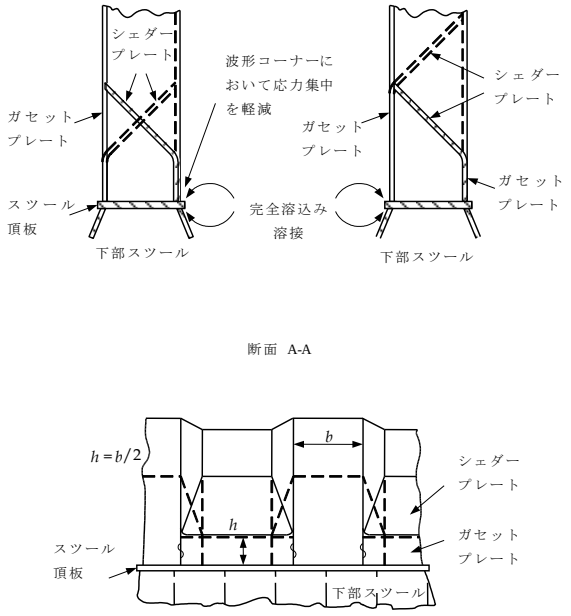
評価領域



重要部位



詳細設計の改良



（備考）

* 波形隔壁とスツール頂版との取り合い及びスツール頂板と下部スツールとの取り合いは完全溶込み溶接としなければならない。

** 隣接するシェダープレートが交差する場合，交差部にブラケット防撓材を設けなければならない。

重要部位	1. 波形隔壁と下部スツール及び下部スツール頂板との接合部 2. ガセットプレートがない場合，波形隔壁とシェダープレートとの接合部
設計変更の詳細	1. ガセットプレートは，波形隔壁角部において応力集中を減じるように波形隔壁の面材部に垂直に頂板に配置すること。ガセットプレートの最小高さは，波形隔壁のフランジ幅の半幅とすること。 2. シェダープレートの交差部における応力集中を減じるために，シェダープレートは図に示すように各形状に対して配置を考慮すること。また，支持防撓材をシェダープレート下部の交差部に配置することで対応してもよい。
建造許容差	可能な限り下部スツール斜板と波形隔壁の面材との接合は確実に良い配置とすること。2 つの隣接する部材の板厚の中心間の許容誤差は，当該部材に挟まれる板部材の板厚の 1/3 を超えないこと。
溶接の要求	完全溶込み溶接は隔壁の波形を形成する面材，ガセットプレート及び下部スツールの斜板と下部スツールの頂板（*Z* 級鋼板を推奨する）との結合部に使用すること。溶接部の始端部及び止端部は波形隔壁隅部からできる限り離すこと。

付録 D　　座屈強度評価

1　　高度座屈解析

1.1　　一般

1.1.1　　範囲

1.1.1.1　本付録は本編で要求する高度座屈強度解析法とその適用について記述する。高度座屈強度解析法は，防撓パネル又はパネルの複雑な挙動を推定できる非線形解析技術又は同等の手法に基づかなければならない。

1.1.2　　代替手法

1.1.2.1　本付録は一般的目的又は直接計算手法を用いる場合について記述している。**9 節表 9.2.2** の許容座屈の使用係数を定める際に用いられた参照の高度座屈解析手法と同等の結果を与えることを条件に，本付録に規定する高度座屈・最終強度解析法に代えて他の手法を使用して差し支えない（**1.1.2.3** 参照）。

1.1.2.2　高度解析法の代替手法を適用する場合，その技術的背景に関する資料及びその手法によって得られた結果並びにプログラムの結果の詳細な比較を検証のために提出しなければならない。

1.1.2.3　**付録 D** の技術背景に規定するテストケースに対して検証することを条件に，高度座屈解析手法の代替手法を使用して差し支えない。ただし，許容座屈使用係数は，次の算式を満足すること。

$$\eta_{all-alt} \leq \eta_{all} \cdot \left(\frac{\eta_{alt-i}}{\eta_{ref-i}} \right)$$

η_{all}　：　**9 節 表 9.2.2** に規定する板部材及び防撓パネルに対する許容座屈使用係数

η_{ref-i}　：　**付録 D** の技術的背景に規定するテストケース *i* に対応する高度座屈解析手法の座屈使用係数

η_{alt-i}　：　**付録 D** の技術的背景に規定するテストケース *i* に対応する代替手法の座屈使用係数

1.1.3　　定義

1.1.3.1 「座屈」とは，通常面内圧縮力又はせん断力下における構造強度を指す一般的用語である。座屈強度又は性能は状況に応じて，内部荷重の再配分を評価することが出来る。

1.1.3.2　荷重を再配分し，局部弾性座屈を許容する座屈強度を評価法 1 とする。座屈強度は防撓パネルの任意の箇所で面内応力が最初に降伏応力に達した荷重とする。本原則による座屈強度は，低めの最終強度，又は大きな恒久的な変形のないパネルの最大荷重を与える。評価法 1 の座屈強度評価は，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，荷重を再配分する。本手法を用いて計算した細長い構造の強度は，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，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。

1.1.3.3　評価法 2 は構造部材間に荷重の再配分を許容せず，理想化した弾性座屈応力及び評価法 1 による座屈強度の最小値を参照する。評価法 2 による座屈強度は，通常，細長比の小さいパネルに対しては評価法 1，細長いパネルに対しては理想化した弾性座屈応力（最小固有値切捨て）と，同じ強度となる。理想化した弾性座屈応力で制限することにより，大きな弾性変形及び面内剛性の低下を避けることになる。

1.1.3.4 「座屈崩壊モード」は座屈崩壊の特定のパターンを想定する。開断面の防撓パネルの代表的崩壊モードは，

(a)　パネルの座屈.

(b)　防撓材のねじり座屈

(c)　防撓材ウェブパネルの座屈.

(d)　防撓材の面外座屈.

2　高度座屈解析法

2.1　一般

2.1.1　考慮すべき影響

2.1.1.1　高度座屈評価法は次の**(a)**から**(g)**の影響を考慮することが可能でなければならない。

(a)　幾何学的非線形挙動

(b)　材料の非線形挙動

(c)　初期不整—幾何学的不整／非平面性

(d)　溶接残留応力

(e)　座屈モード及び構造要素（パネル，防撓パネル，桁等）間の相関

(f)　作用荷重の同時性；二軸圧縮／引張，せん断と面外荷重

(g)　境界条件

2.1.1.2　**2.1.1.1** に記載した項目の詳細要求事項は **2.1.2** から **2.1.8** に規定する。非線形有限要素モデルの適用に対する追加要求事項は **2.1.9** 及び **2.1.10** に規定する。

2.1.2　幾何学的非線形挙動

2.1.2.1　座屈解析法は非線形大たわみ板理論，又はこれと同等の理論に基づかなければならない。幾何学的非線形による二次的面内歪みを考慮しなければならない。

2.1.2.2　*von Karman* 及び *Marguerre* による非線形板理論は理想化弾性座屈限を越えた強度評価に適用して差し支えない。

2.1.3　材料の非線形挙動と特性

2.1.3.1　材料の非線形挙動を考慮しなければならない。座屈解析法が材料非線形性及び塑性域の広がりを取り扱えない場合，幾何学的な非線形挙動及び幾何学的不整による応力の再配分は *von Mises* の降伏基準以下にしなければならない。

2.1.3.2　代替案として，座屈解析法が材料非線形性を取り扱える場合，材料モデルは，塑性域において安全側の歪硬化係数を使用しなければならない。

2.1.3.3　材料特性は，降伏強度及びヤング率の特性値を使用すること。適切な場合には，歪硬化を無視した完全弾塑性体モデルを使用しなければならない。又は，接線係数を安全側の値としなければならない。塑性域の接線係数として，1,000*MPa* が軟鋼及び高張力鋼に対して妥当である。

2.1.4　初期不整—幾何学的不整／非平面性

2.1.4.1　初期不整は座屈評価の際に考慮しなければならない。

2.1.4.2　決定論的強度評価のため，幾何学的不整は規則的なモデルに変換しなければならない。

2.1.4.3　不整は局部不整（パネルの面外不整と防撓材の横倒れ）と，全体的不整（横／垂直方向の防撓パネルとしてのたわみ）に分けて差し支えない。

2.1.4.4　初期不整の形状は，最も支配的な崩壊モードが解析で再現できる形状としなければならない。一般的には，最低次の固有モードの組み合わせが適切である。支配的崩壊モードが最低次の固有モードとは異なる場合，細長比の高い板部材の場合及び荷重が同時に作用する場合を考慮しなければならない。

2.1.4.5　不整の初期値の最大は，本会が適当と認めた工作標準（JSQS 等）によらなければならない。ただし，通常モデルの不整の振幅は規定の最大公差値より，一般には小さくても差し支えない。通常モデルの不整は主として荷重比に依存し，また，溶接による不整も含むものとする。不整の実際の水準は解析法やモデルの範囲等に依存する。

2.1.5　溶接残留応力

2.1.5.1　残留応力は座屈評価において，含めなくても差し支えない（**2.1.4.5** 参照）。

2.1.6　座屈モードと構造要素の相関

2.1.6.1　高度座屈解析法は，各種構造要素間の及び異なる座屈モード間の相関を正確にモデル化すること。

2.1.6.2　すべての重大な初期不整形状は含まなければならない（**2.1.4** 参照）。

2.1.7　同時に作用する荷重

2.1.7.1　本手法では，2 軸面内圧縮，せん断力及び面外荷重のどの組み合わせ荷重もモデル化できなければならない。

2.1.7.2　変形を生じさせるため，面外荷重は解析の最初に負荷しなければならない。面外荷重は，一定に保たなければ

ならない。

2.1.7.3　面内荷重より異なる形態の変形が生じる面外荷重の効果は，最も支配的座屈モードが現れるように考慮しなければならない。

2.1.8　　境界条件

2.1.8.1　境界条件は板材又は防撓パネルの実際の応答を表すように設定しなければならない。面内及び面外の境界条件を考慮しなければならない。

2.1.8.2　パネルがより大きな連続した防撓パネルの一部である場合（例えば船底又は船側パネル），その端部における面内変位は非拘束として取り扱って差し支えない，ただし，直線を保持すること。パネルが隣接した構造部材で面内支持されていない場合（例えばストリンガーのウェブ又は船底桁のウェブ），パネル端部は完全に非拘束としなければならない。

2.1.8.3　防撓材からのパネルに対する回転の拘束影響は，パネル及び防撓材の相関の直接解析により算出しなければならない。規定的な境界条件は，通常認めない。

2.1.8.4　パネルは主要支持部材の箇所で横又は垂直方向に支持されているとして差し支えない。防撓材は主要支持部材と交差する位置（交差位置で傾き防止）で防撓材の水平方向に支持されているとして差し支えない。主要支持部材からのパネルに対する回転の拘束は無視しなければならない。

2.1.9　　モデル範囲

2.1.9.1　座屈評価に使用するモデル範囲は，検討対象パネルの周辺構造部材を十分に表現でき，また，境界条件による不確定性を軽減するようにモデル化しなければならない。

2.1.9.2　一般に，防撓材方向には 1 以上の防撓材スパン長さの範囲を，また防撓材の直角方向で 2 つの主要支持部材間の範囲をモデル化範囲に含むこと。

2.1.10　　非線形有限要素の要素サイズ

2.1.10.1 要素サイズは座屈変形を正確に表すのに十分小さいサイズにしなければならない。

2.1.10.2 メッシュサイズは複雑な形状及び荷重並びに使用する要素タイプに依存する。ただし，座屈半波の長さに対して，最低 5 要素に分割すること。

3 適用及び構造モデル化の原則

3.1 一般

3.1.1 範囲

3.1.1.1 高度座屈解析法適用のための標準的な仮定を以下に規定する。高度座屈解析法が構造部材のより正確な表現が可能である場合，これらの仮定を改善して差し支えない。

3.1.2 境界条件

3.1.2.1 境界条件は，隣接構造（例えば防撓材，主要支持部材及び隣接する板部材）による面内及び回転の拘束影響を正確に考慮すること。**3.1.2.3** から **3.1.2.4** に規定する仮定を適用しなければならない。

3.1.2.2 境界条件は，代表的な「板材端部が自由端」及び「連続した板材」の 2 つのグループに分けられる。後者は甲板，船底外板，船側外板等のような大きな防撓パネルを表し，一方，前者はガーダ，フロア，ストリンガー等を表す。

3.1.2.3 連続した板材の条件は周囲の構造部材による面内支持の条件を持つ要素とする。防撓パネルに対する境界条件は次の**(a)**から**(d)**の通りとしなければならない。

(a) 防撓材に垂直方向の防撓パネルの端辺は単純支持。

(b) 防撓材に平行方向の防撓パネルの端辺は，防撓パネル内の防撓材による回転の拘束と同等の回転の拘束を持つものとする。

(c) 防撓材端は連続パネルの一部とし，主要支持部材により横方向に支持されるとする。

(d) 全ての防撓パネル端辺は直線を保持するものとすること，ただし，面内の変位は自由とする。

3.1.2.4 端部が自由な板部材は，1 つ以上の弱い同一面内において支持している要素を表す。例えば，垂直防撓材付二重底フロア等。防撓パネルの境界条件は次の**(a)**から**(d)**の通りとしなければならない。

(a) 防撓材に垂直方向の防撓パネルの端辺は単純支持

(b) 防撓材に平行方向の防撓パネルの端辺は，防撓パネル内の防撓材による回転拘束と同等の回転拘束を持つものとする。

(c) 防撓材端部は隣接構造部材に直接取り付けられる場合には，横方向に支持されるものとする。それ以外は，単純支持とする。

(d) 全てのパネル周辺の面内変位は自由とする。自由端に補強を行う場合には，それによる回転の拘束を考慮して差し支えない。

3.1.2.5 防撓されないパネルの境界条件は次の**(a)**及び**(b)**の通りとしなければならない。

(a) パネル周辺は，特に定める他は単純支持とする。

(b) パネルの端辺が自由辺の場合，面内変位は自由とする。連続パネルの端辺では，直線を保つよう拘束すること。

3.1.3 構造の理想化

3.1.3.1 端部が自由端の板部材のモデル化と座屈評価法は次の**(a)**から**(c)**の通りとしなければならない。

(a) 防撓材と平行方向：
有意な応力勾配を持つ構造に対しては，通常 1 フレーム間でよい。縦通桁板のような防撓材と平行方向の端辺が自由辺である場合，一様圧縮の下で，複数フレーム間のモデルを考慮すること。

(b) 防撓材と垂直方向：
主要支持部材間，ただし，6 防撓材間までとして差し支えない。

(c) 評価法：
特に定める他は，荷重の再配分を許容しない座屈強度，評価法 2 とすること。

3.1.3.2 連続した板部材の構造のモデル化と座屈評価法は次の**(a)**から**(c)**の通りとしなければならない。

(a) 防撓材と平行方向：
隣接パネル間との不整量をモデル化するため，少なくとも 2 フレーム間とする。

(b) 防撓材と直角方向：
主要支持部材間，ただし，6 防撓材間までとして差し支えない。

(c) 評価法：

特に定める他は，荷重の再配分を許容する座屈強度，評価法 1 とすること。

4 評価基準

4.1 一般

4.1.1 座屈強度評価手法

4.1.1.1 座屈強度の値は，次の**(1)**及び**(2)**の評価手法の内のどちらかを基本としなければならない。

(1) 荷重の再配分を許容する座屈強度

(2) 荷重の再配分を許容しない座屈強度

使用する評価手法の適用は **3.1.3** に規定する。

4.1.2 評価法 1：荷重の再配分を許容する座屈強度

4.1.2.1 座屈強度の値は，防撓パネルのいずれかにおいて面内応力が降伏応力に達するときの荷重としなければならない。これは **1.1.3.2** に示す荷重の再配分を含むものとする。特に，次の**(a)**から**(c)**の箇所では *von Mises* 等価応力で当該箇所の降伏を確認しなければならない。

(a) 板部材の端部

(b) 板部材と防撓材の接合線上，特に防撓材の両端とスパン中央

(c) 防撓材フランジ部，特に防撓材の両端とスパン中央

4.1.3 評価法 2：荷重の再配分を許容しない座屈強度

4.1.3.1 座屈強度の値又は防撓パネルのいずれかにおいて面内応力が降伏応力に達するときの荷重は，**1.1.3.3** を参照のこと。

4.2 使用係数

4.2.1 一般

4.2.1.1 使用係数 η は座屈強度上の崩壊に対する安全余裕の尺度として使用する。使用係数は適用荷重と対応する最終強度又は座屈強度との比とする。

4.2.1.2 構造部材は以下の基準を満足する座屈強度を有していなければならない。

$$\eta_{act} \leq \eta_{allow}$$

η_{allow} ：**9 節 2.2.5** に規定する許容座屈使用係数

η_{act} ：設計適用荷重に基づく実際の座屈使用係数

4.2.1.3 組み合わせ荷重において，使用係数 η は適用等価荷重と対応する座屈強度との比とし，次式によらなければならない（**図 D.4.1** 参照）。

$$\eta = \frac{W_{act}}{W_u}$$

W_{act} ：組合せ面内荷重による適用等価荷重

$$= \sqrt{\sigma_{dx}^2 + \sigma_{dy}^2 + \tau_d^2} \quad (N/mm^2)$$

W_u ：座屈強度点における組合せ面内荷重による等価荷重

$$= \sqrt{\sigma_{cx}^2 + \sigma_{cy}^2 + \tau_{cr}^2} \quad (N/mm^2)$$

ここで，組合せ荷重は一定の比率によって全ての成分に分解しなければならない。また，作用荷重は一定に保たなければならない。

σ_{dx} ：x 方向の作用軸応力（N/mm^2）

σ_{dy} ：y 方向の作用軸応力（N/mm^2）

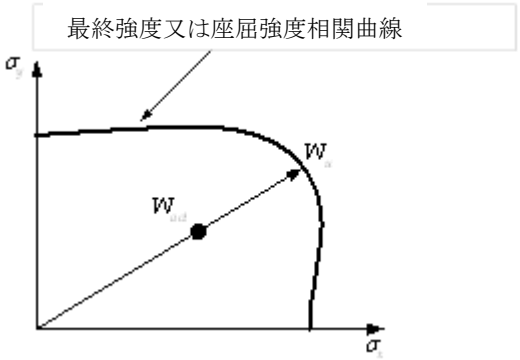
τ_d ：作用せん断応力（N/mm^2）

σ_{cx} ：x 方向圧縮下の座屈強度（N/mm^2）

σ_{cy} ：y 方向圧縮下の座屈強度（N/mm^2）

τ_{cr} ：せん断応力下の座屈強度（N/mm^2）

図 D.4.1　　二軸圧縮状態の使用係数の例



5 有限要素法による構造解析結果に対する座屈評価手順

5.1 一般

5.1.1 範囲

5.1.1.1 以下の手順は，設計検証手順の一部としての有限要素法強度評価における座屈評価に対して用いなければならない（**9 節 2** 参照）。

5.1.1.2 有限要素法解析における全ての構造要素は，個々に評価しなければならない。それぞれ板付き防撓材及び防撓材で補強されていないパネルに対して評価しなければならない。

5.1.1.3 各部材の座屈強度は以下の基準を満足すること。

$$\eta_{act} \leq \eta_{allow}$$

η_{allow}：**9 節 2.2.5** で規定する許容座屈使用係数。

η_{act} ：設計荷重に基づく座屈使用係数（**4.2.1** 参照）。

5.2 構造モデル及び強度評価法

5.2.1 一般

5.2.1.1 縦強度に有効な縦通部材は**表 D.5.1** 及び**図 D.5.1** に規定する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。これらは座屈強度評価法に用いる標準的な仮定を示す。

5.2.1.2 構造モデルは腐食予備厚の全厚 $1.0t_{corr}$ 及び船主追加板厚をグロス板厚より控除したネット板厚に基づかなければならない。この板厚控除は板材及び防撓材のウェブ並びに面材に適用する。

5.2.2 防撓パネル

5.2.2.1 板付き防撓材は**表 D.5.1** に規定する範囲の防撓パネルの一部としてなければならない。また，全体座屈挙動を正しくモデル化するため，より大きな構造体の一部であると仮定する。

5.2.2.2 一般に，板厚，防撓材寸法及び防撓材間隔が変化する防撓パネルを正しく評価できる手法を用いること。適用する高度座屈解析法がこれらの変化を正しくモデル化できない場合には，それぞれの防撓材及び防撓材間の板に対し別々な計算を行うこと。考慮する箇所の板厚，防撓材寸法及び防撓材間隔がパネル全体で同一と仮定して計算を行う。板厚，防撓材寸法及び防撓材間隔が防撓パネル内で異なる場合，全ての組み合わせについて計算しなければならない。防撓材間で板厚が変化する場合，板厚変化点に隣接する防撓材に対して，面積平均による平均板厚を組み合わせて差し支えない。面積平均による平均板厚の計算方法については **5.2.3.3** による。（**図 5.6** 参照）

5.2.3 非防撓パネル

5.2.3.1 評価法では板厚及びパネルの幾何学的形状の変化をモデル化すること。

5.2.3.2 ウェブフレーム，ストリンガー及びブラケットでは，パネルの幾何形状（防撓材又は面材に囲まれたパネル）は矩形でない場合がある。高度座屈解析法がパネルの幾何形状を正しくモデル化できない場合には，**図 D.5.5** に示す通り，等価な矩形板としてモデル化すること。ウェブ防撓材が縦通防撓材に連結しない場合にあっては，**図 D.5.6** に示すように等価なパネルを定義して差し支えない。等価な矩形パネルを適用する場合であっても，作用応力は，実際の形状をモデル化した *FE* 解析によって求めなければならない。**5.3.2.1** に従う平均応力の算定においては，等価なパネル内に要素中心を有する全ての要素応力を考慮すること。

5.2.3.3 高度座屈解析法でパネルのネット板厚の変更を正しくモデル化できない又はパネルが多数の有限要素から成り立っている場合には，以下に示す平均板厚を用いなければならない。

$$t_{avr} = \frac{\Sigma A_j t_i}{\Sigma A_j}$$

A_j ：パネルを構成する *j* 番目の板要素の面積

t_j ：パネルを構成する *j* 番目の板要素のネット板厚

表 D.5.1　有限要素法による強度評価に対する構造要素

構造要素	モデル化	評価法(1)	パネルの定義(2)
縦強度部材（**図 D.5.1** 参照）			
縦通防撓パネル 外板 甲板 内殻 ホッパタンク斜板 縦通隔壁 中心線縦通隔壁	防撓パネル	評価法 1	長さ方向：　ウェブフレーム間 幅方向：　主要支持部材間（*PSM*）(2)
縦通隔壁直下及びホッパタンク斜板を構成する二重底縦通桁のウェブ	防撓パネル	評価法 1	長さ方向：　ウェブフレーム間 幅方向：　全ウェブ深さ
ホッパタンク斜板を構成する二重船側内の水平桁のウェブ	防撓パネル	評価法 1	長さ方向：　ウェブフレーム間 幅方向：　全ウェブ深さ
縦通隔壁の直下にない及びホッパタンク斜板を構成しない二重底縦通桁のウェブ	防撓パネル	評価法 2	長さ方向：　ウェブフレーム間 幅方向：　全ウェブ深さ
ホッパタンク斜板を構成しない二重船側内の水平桁のウェブ	防撓パネル	評価法 2	長さ方向：　ウェブフレーム間 幅方向：　全ウェブ深さ
縦通桁のウェブ（上記以外）	非防撓パネル	評価法 2	局部補強の防撓材，面材及び主要支持部材間
横強度部材（**図 D.5.2** 参照）			
甲板横桁のウェブ（肘版も含む）	非防撓パネル	評価法 2	局部補強の防撓材，主要支持部材間
二重船側内縦通桁	防撓パネル	評価法 2	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パネル	非防撓パネル	評価法 2	局部補強の防撓材，主要支持部材間
二重底フロア	防撓パネル	評価法 2	長さ方向：　全ウェブ深さ 幅方向：　主要支持部材間
立桁（肘板も含む。）	非防撓パネル	評価法 2	防撓材，面材又は主要支持部材間
クロスタイのウェブ	非防撓パネル	評価法 2	立桁のウェブに取り付けられる防撓材，面材又は主要支持部材間
水密，油密横隔壁（**図 D.5.3** 参照） 非水密隔壁（**図 D.5.4** 参照）			
規則的に防撓された全ての隔壁パネル	防撓パネル	評価法 1	長さ方向：主要支持部材間 幅方向：主要支持部材間
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により防撓された隔壁(3)	防撓パネル	評価法 1	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全ての隔壁パネル，例えばホッパタンクやビルジ部	非防撓パネル	評価法 2	局部補強の防撓材又は面材間
隔壁付きストリンガーのウェブプレートで肘板も含む	非防撓パネル	評価法 2	ウェブ付防撓材又は面材間
波形横隔壁			
上下スツール（防撓材も含む。）	防撓パネル	評価法 1	長さ方向：スツール内ウェブダイアフラム間 幅方向：スツール側壁の長さ
スツール内のウェブダイアフラム	非防撓パネル	評価法 2	局部補強の防撓材，面材又は主要支持部材間

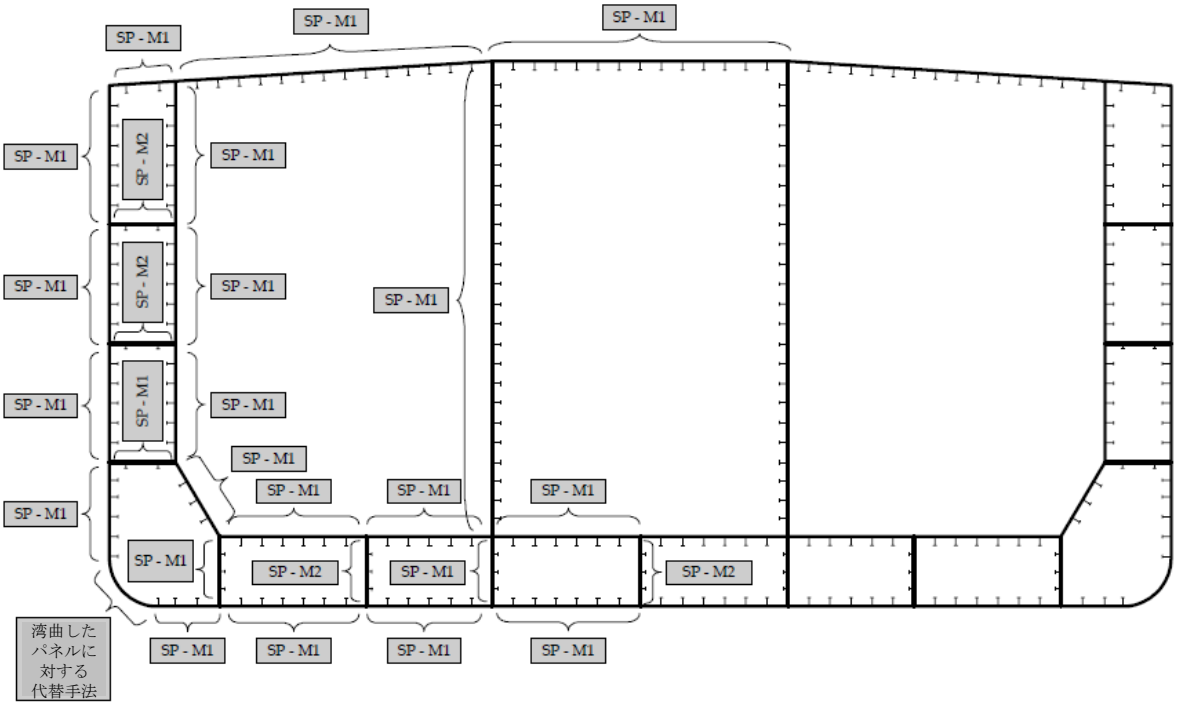
（備考）

(1) 座屈強度評価手法は規定される評価手法を用いなければならない（**4.1** 参照）。

(2) **3.1.3** に規定する構造のモデル化を参照。

(3) 二次防撓材は，スニップ又は連続するものとしてモデル化することができるが，防撓材の両端において回転が拘束されない限り，スニップ端として扱うこと。座屈防止のための防撓材により不規則に防撓される場合には，パネル内の板要素それぞれを非防撓パネルとみなし，評価法 2 を用いて評価しなければならない。

図 D.5.1　　縦強度の高度座屈評価

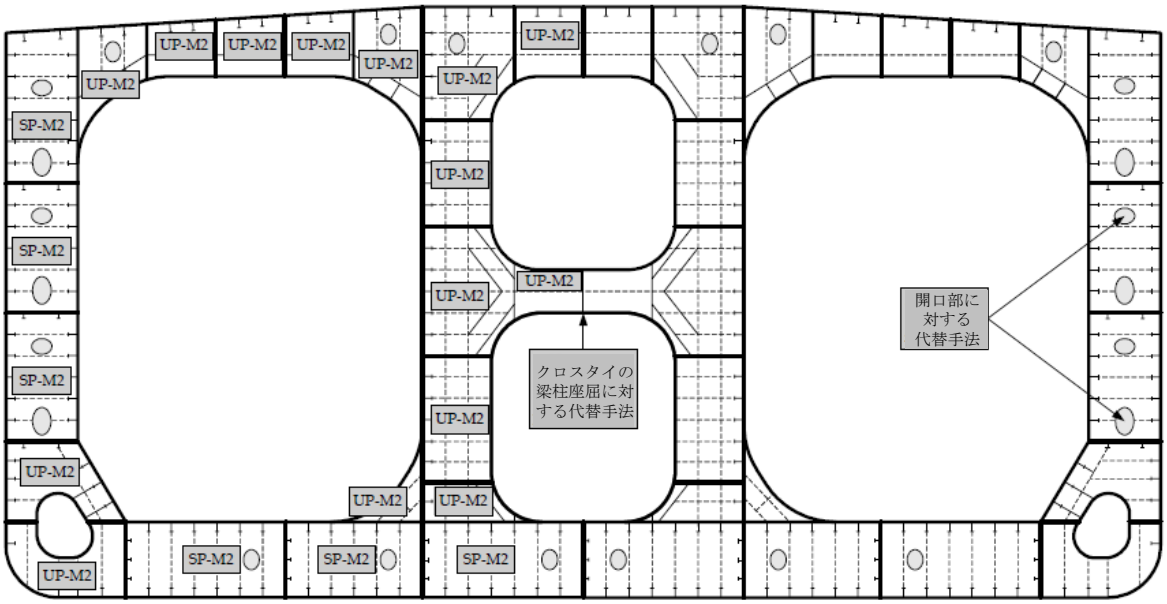


（備考）

(1)　SP – M1　評価法 1 により評価した防撓パネルの座屈強度を示す。

(2)　SP – M2　評価法 2 により評価した防撓パネルの座屈強度を示す。

図 D.5.2　　ウェブフレーム部材



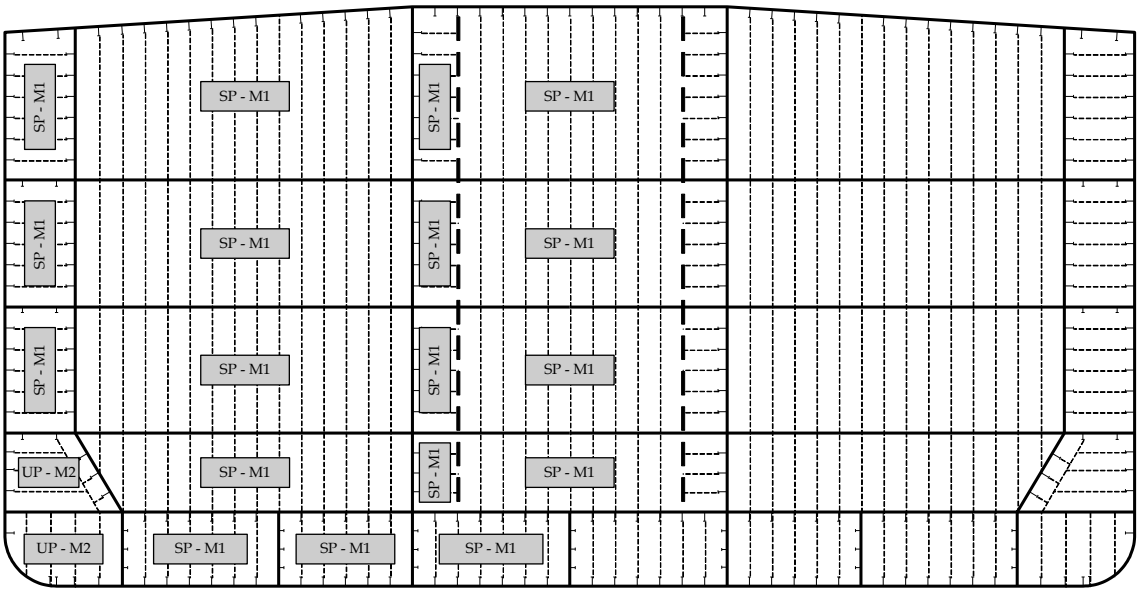
（備考）

(1)　SP – M1　評価法 1 により評価した防撓パネルの座屈強度を示す。

(2)　UP – M2　評価法 2 により評価した非防撓パネルの座屈強度を示す。

(3)　SP – M2　評価法 2 により評価した防撓パネルの座屈強度を示す。

図 D.5.3　　横隔壁

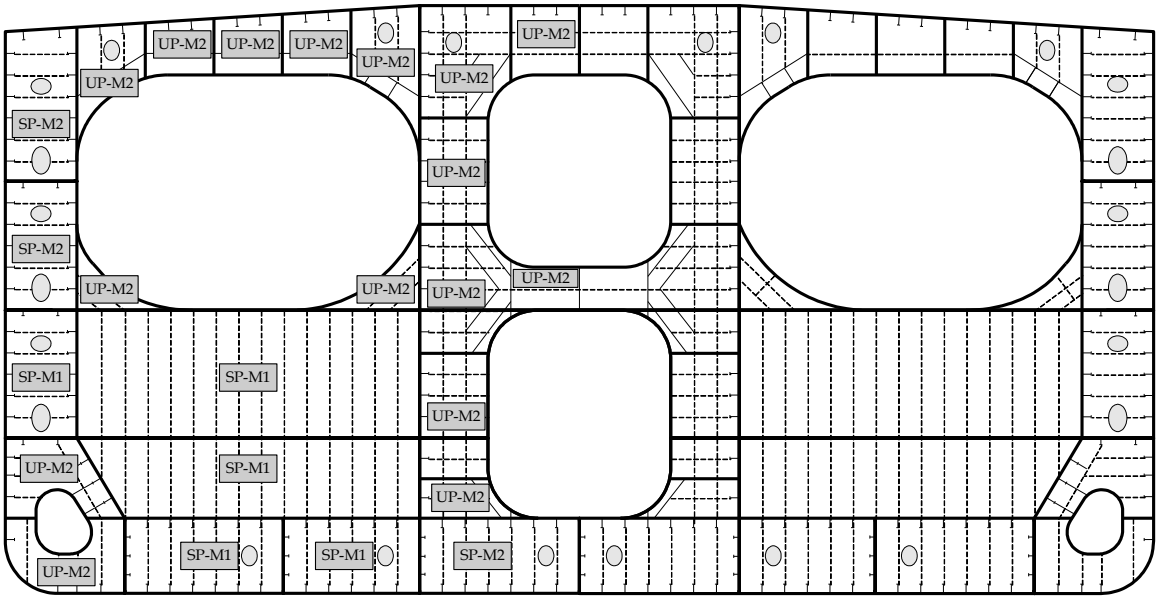


（備考）

(1)　SP – M1 評価法 1 により評価した防撓パネルの座屈強度を示す。

(2)　UP – M2 評価法 2 により評価した非防撓パネルの座屈強度を示す。

図 D.5.4　　クロスタイ



（備考）

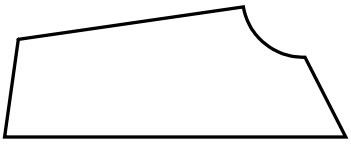
(1)　SP-M1　評価法 1 により評価した防撓パネルの座屈強度を示す。

(2)　UP-M2　評価法 2 により評価した非防撓パネルの座屈強度を示す。

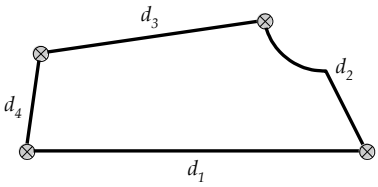
(3)　SP-M2　評価法 2 により評価した防撓パネルの座屈強度を示す。

図 D.5.5　　不規則な形状を有する非防撓パネルのモデル化

(a)　多角形プレートにおいて，最も 90 度に近い 4 つのコーナーを特定する。

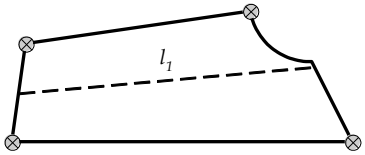


(b)　多角形の境界に沿ってコーナー間の距離を計算する。コーナー間の直線で計った距離の合計



(c)　向かい合う辺の合計した長さのうちの小さいほうを特定する。d_1+d_3 及び d_2+d_4 のうちの小さいほうの値

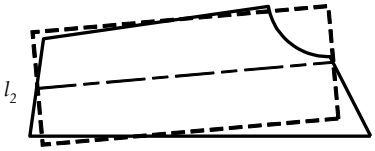
(d)　選んだ向かい合う辺のそれぞれ中間の点を直線で結ぶ。この線分は，強度モデルの長辺方向（x_1）と定義する。この線分の長さが強度モデルの長さ（l_1）として，定義する。



(e)　モデルの幅（l_2）は以下のように求めなければならない。

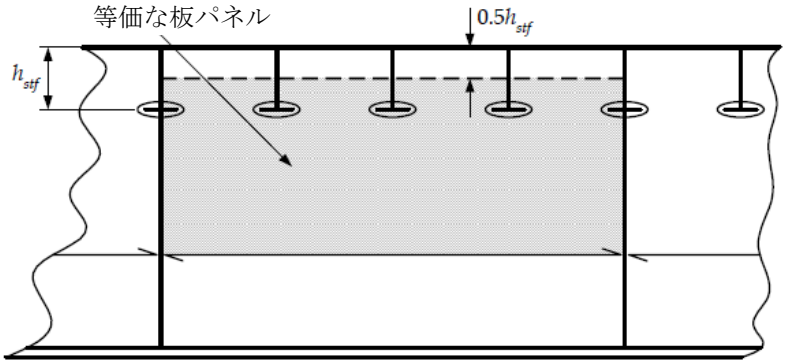
$l_2 = A_{pl}/l_1$

A_{pl}：プレート面積



(f)　有限要素法から求まる応力は，等価な矩形板の座標系で再度計算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。

図 D.5.6　　ウェブプレートの強度モデル



（備考）

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と固着している場合には，上図と異なるスロット形状であっても，パネル幅に対する同様な修正を行うことができる。

5.3 適用荷重

5.3.1 一般

5.3.1.1 最終強度又は座屈強度は，構造パネルに作用する面内 2 軸及びせん断応力の組み合わせ応力の影響を評価しなければならない。

5.3.1.2 軸圧縮及びせん断応力の分布は，有限要素法解析から求め，座屈評価モデルに適用しなければならない。有限要素法解析からの応力は，座屈による要求板厚の変更，有限要素法解析用には-0.5t_{corr}，座屈評価用には 1.0t_{corr} により修正してはならない。

5.3.1.3 有限要素解析に適用する面外荷重は座屈評価においても適用しなければならない。

5.3.1.4 応力は有限要素解析から得られる強制変位をパネル端に適用しても差し支えない。またはパネル端に荷重として適用しても差し支えない。

5.3.1.5 高度座屈解析法がパネル内の軸応力及びせん断応力の変化を正しくモデル化できない場合，**5.3.2** 及び **5.3.3** に規定する応力及び荷重は平均値を用いて差し支えない。

5.3.2 平均面内応力

5.3.2.1 パネルが多数の有限板要素から成り立っている場合，面内応力の平均は，次式による重み付け平均値を用いて計算しなければならない。

$$\sigma_{xm} = \frac{\sum_1^n A_i \sigma_{xmi}}{\sum_1^n A_i} \quad (N/mm^2)$$

$$\sigma_{ym} = \frac{\sum_1^n A_i \sigma_{ymi}}{\sum_1^n A_i} \quad (N/mm^2)$$

$$\tau_{xym} = \frac{\sum_1^n A_i \tau_{xymi}}{\sum_1^n A_i} \quad (N/mm^2)$$

σ_{xmi} ：パネル内の i 番目の板要素の図心における x 方向の面内応力（N/mm^2）

σ_{ymi} ：パネル内の i 番目の板要素の図心における y 方向の面内応力（N/mm^2）

τ_{xymi} ：パネル内の i 番目の板要素の図心における面内せん断応力（N/mm^2）

A_i ：パネルを構成する i 番目の板要素の面積（mm^2）

n ：パネル内の要素数

σ_{xmi} 又は σ_{ymi} が引張応力のとき，それぞれの値は 0 としなければならない。

5.3.3 平均面外荷重

5.3.3.1 パネルが多数の有限要素から成り立っているとき，平均荷重 P_{avr} は，次式による重み付け平均値を用いて計算しなければならない。

$$p_{avr} = \frac{\sum_1^n A_i P_i}{\sum_1^n A_i} \quad (kN/m^2)$$

P_i ：パネルを構成する i 番目の板要素に作用する荷重（kN/m^2）

A_i ：パネルを構成する i 番目の板要素の面積（mm^2）

n ：パネル内の要素数

5.4 高度座屈評価法の適用限度

5.4.1 一般

5.4.1.1 **表 D.5.2** に記載される構造要素に対する適当な座屈評価手法が存在しない場合，同表に記載する要件に従って座屈評価を行うことができる。

表 D.5.2　　高度座屈評価法が適用できない構造要素に対する要件

構造要素	座屈モード	参照規則
ビルジ外板	横方向弾性座屈	**8 節 2.2.3**
主要支持部材	全体座屈及び捩り座屈	**10 節 2.3**
主要支持部材のウェブの開口箇所	ウェブ板の座屈	**10 節 3.4**
クロスタイ	全体座屈	**10 節 3.5**
波形隔壁	フランジのパネル座屈	**10 節 3.2**
	全体座屈	**10 節 3.5**

6 ハルガーダの最終強度評価

6.1 一般

6.1.1 範囲

6.1.1.1 本手順は設計の検証手順の一部として，ハルガーダ最終強度の評価のための要件である。（9 節 1 参照）

6.1.1.2 強力甲板の全ての構造要素は個々に評価しなければならない。

6.2 適用荷重

6.2.1 一般

6.2.1.1 縦通肋骨式甲板パネルの最終強度評価のための軸圧縮応力は，防撓材と板の交差する点で計算しなければならない。

6.2.1.2 ハルガーダ応力は腐食予備厚の半分 $0.5t_{corr}$ 及び船主追加板厚を控除したネット板厚による断面係数特性に基づかなければならない。

6.2.1.3 面外荷重はハルガーダ最終強度の座屈評価には含めてはならない。

6.3 構造モデル及び座屈評価

6.3.1 一般

6.3.1.1 強力甲板の有効な縦強度部材は，最終強度を導く評価法 1 を用いて防撓パネルとしてモデル化しなければならない。

6.3.1.2 板付きの各甲板防撓材は 2 つの隣接主要支持部材間の範囲を防撓パネルとして表さなければならない。

6.3.1.3 座屈強度モデルは腐食予備厚の半分 $0.5t_{corr}$ 及び船主追加板厚をグロス板厚から控除したネット板厚に基づかなければならない。この板厚の控除は板材並びに防撓材のウェブ及び面材に適用する。

6.3.1.4 一般に，評価手法は，板厚，防撓材の寸法及びその間隔の変化を正しくモデル化しなければならない。高度座屈解析法がこれらの変化を正しくモデル化できない場合には，個々の防撓材及びその間の板材について別々に計算しなければならない。検討している箇所の板厚，防撓材特性と防撓材間隔はパネル全体に対して考慮しなければならない。板厚，防撓材特性及び防撓材間隔が防撓パネル内で異なる場合，全ての組み合わせについて計算しなければならない。