

第3部 鋼船規則 CSR-B 編

ばら積貨物船のための共通構造規則の解説

はじめに

鋼船規則 CSR-B 編 ばら積貨物船のための共通構造規則の目次を以下に示す。

- 1章 一般原則
- 2章 一般配置設計
- 3章 構造設計の原則
- 4章 設計荷重
- 5章 ハルガーダ強度
- 6章 船体構造寸法
- 7章 直接強度評価
- 8章 構造詳細の疲労強度
- 9章 その他の構造
- 10章 船体艤装
- 11章 建造及び試験
- 12章 船級符号への追加の付記
- 13章 就航後の船舶、切替え基準

また、4章、5章、6章、7章及び8章には、規定の詳細及び適用などに関する事項を付録として規定している。

以下に、各章の主な規定の解説をする。なお、船級協会の規則を取り入れたものについてはその出所を示すが、RINA 規則と BV 規則は同一である。

なお、以下の見出し番号は、CSR-B 編本文の見出し番号と対応している。

1章 一般原則

1節 適用

1. 通則

1.1 構造要件

1.1.1

鋼船規則 A 編 1.1.2-1. の規定と重複するが、CSR-B 編単独でも適用が明確になるよう規定した。

1.1.2

CSR-B 編の対象船舶を明記した。規則に記載があるように、対象船舶は、船の長さ L が $90m$ 以上の船舶で、貨物倉構造として二重底、トップサイドタンク及びビルジホッパタンクを有し、船側構造を単船側又は二重船側構造とする典型的なばら積貨物

船を対象としている。CSR-B 編で対象とするばら積貨物船と SOLAS 条約 XII 章が対象とするばら積貨物船が異なることは、CSR の原案作成時から理解されていたが、まず、共通構造規則を作成することを優先したため、典型的なばら積貨物船のみを対象とした。なお、一部の貨物倉区域にトップサイドタンク及びビルジホッパタンクがあり、その他の貨物倉区域には、トップサイドタンク又はビルジホッパタンク或いはその両方がない構造（ハイブリッド構造）のばら積貨物船も適用対象である。

1.1.3

IACS UR S11 の適用のうち、船の長さに関するもの ($L < 500m$) を現実的な数値 ($L < 350m$) に修正して規定した。

1.1.6

構造用喫水は、指定乾舷に対応する喫水以上とすることのみを規定しており、木材乾舷取得時における構造用喫水と指定乾舷に対応する喫水との差が $300mm$ 以上の場合の取り扱いを定めている現行鋼船規則検査要領は適用できないことに留意する必要がある。

1.2 揚貨設備に対する適用

本規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 1, Sec 1, 1.2 の規定に基づく。

1.3 溶接施工方法に関する適用

本規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 12, Sec 1, 1.1 の規定に基づく。

2. 規則適用

2.1 から 2.3 の規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 1 Sec 1, 2.1 から 2.3 の規定に基づく。なお、船首部の構造は、基本的に船首隔壁より前方の構造部分と定義しているが、船首船底スラミング及び船首衝撃（バウフレアスラミング）に対する構造規定は、その適用範囲は、船首隔壁より後方も対象としているが、重複して規定することを避けるために、便宜上船首部に含めた。

3. 船級符号への付記

3.1 追加の付記 BC-A, BC-B 及び BC-C

本規定は、IACS UR S25, 3 の規定を取り入れたものである。

3.2 追加の付記 GRAB [X]

3.2.1

本規定は、SOLAS 条約 XII 章 6.5.1 規則に対応させる目的で設けたものである。現行鋼船規則 A 編 1.2.4-18. にも同様の規定があるが、CSR-B 編では、グラブの最小質量を 20 トンとし、CSR-B 編の 12 章に規定するグラブの衝撃荷重に対する強度要件を満足させなければならない。なお、グラブ最小質量の 20 トンは、港湾での貨物（鉱石、石炭、チップ等）の荷役に使用されるグラブの質量を調査した結果に基づくものである。

3.3 付記 CSR

3.3.1 適用

本規定は、鋼船規則 A 編 1.2.1-2 の規定と重複するが、CSR-B 編単独でも付記符号が明確になるよう規定した。

2 節 適合確認

1. 一般

これらの規定は、RINA 規則 Pt A, Ch 2, Sec 1, 2 の規定に基づく。

2. 提出書類

これらの規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 1, Sec 3, 1 の規定に基づくものである。なお、規則表 1 に掲げる含まれるべき情報は、図面審査する場合に必要な事項であり、必ずしも図面に明記する必要はなく、当該図面に関連する計算書などに記載してある場合でも問題ない。

3. コンピュータプログラム

これらの規定は、RINA における取り扱いを規定にしたものである。船級協会は、使用されるコンピュータプログラムの精度などの確認を行うが、汎用的に使用するプログラムとしては承認しない。

3 節 機能要件

本節の規定は、IMO で議論され、2006 年 5 月の第 81 回海上安全委員会で暫定的に承認された“Goal Based Standard”の第 2 層に規定される機能要求に対応する事項を規定したものである。

4 節 記号及び定義

特に解説する事項はないが、材料の公称降伏応力として、IACS UR Ws で使用される記号 R_{eH} を用いることとした。

2 章 一般配置設計

1 節 隔壁配置

1. 横置水密隔壁の数及び配置

1.1 水密隔壁の数

1.1.1

本規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 2, Sec 1, 1.1.1 に基づくもので、SOLAS 条約 Reg.II-1/11 と関連している。鋼船規則 C 編 13.1 の規定と対応している。

1.1.2

RINA 規則 Pt B, Ch 2, Sec 1, 1.1.2 に基づく規定で、鋼船規則 C 編 13.1.4-1 の規定と比較した場合、船の長さによる区分けが若干異なるほか、船尾に機関区域を有する船舶の場合、水密隔壁の要求総数がほぼ 1 枚減少する形となっている（それ以外の船舶ではほぼ同等）。しかしながら、当該要件は区画要件に適合することを要しない船舶に対する要件であり、CSR-B 編が適用となる船舶はすべて区画要件が適用されるため、現行規則 C 編 13.4.1-2 の規定により水密隔壁の省略が認められていることを考慮すれば、実質的に C 編 13 章及び CSR-B 編においても、水

密隔壁配置は区画要件により決定されることになり、実態として要件の変更は無いと考えられる。

2. 船首隔壁

2.1 船首隔壁の配置

2.1.1

本規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 2, Sec 1, 2.1.1 によるもので、SOLAS 条約 Reg.II-1/11.2 に基づいている。鋼船規則 C 編 13.1.1-1 前半の規定と対応している。

2.1.2

本規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 2, Sec 1, 2.1.2 によるもので、SOLAS 条約 Reg.II-1/11.3 に基づいている。鋼船規則 C 編 13.1.1-1 後半の規定と対応している。

2.1.3

本規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 2, Sec 1, 2.1.3 によるもので、SOLAS 条約 Reg.II-1/11.4 第 1 文に基づいている。鋼船規則 C 編 13.1.1-2 の規定と対応している。

3. 船尾隔壁、機関区域隔壁及び船尾管

3.1

3.1.1

RINA 規則 Pt B, Ch 2, Sec 1, 3.1.1 によるもので、基本的に SOLAS 条約 Reg.II-1/11.8 に基づくものであるが、船尾隔壁については SOLAS 条約 Reg.II-1/10.7 の旅客船に対する要件を準用している。鋼船規則 C 編 13.1.2-1 及び 13.1.5 の規定と対応している。

3.1.2

本規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 2, Sec 1, 3.1.2 によるもので、SOLAS 条約 Reg.II-1/11.9 に基づいている。鋼船規則 C 編 13.1.2-2 の規定と対応している。

4. タンク隔壁の数と配置

4.1 液体貨物を運搬するための区画の隔壁

4.1.1

本規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 2, Sec 1, 4.1.1 に基づくもので、鋼船規則 C 編 13 章では特に規定されていないが、C 編 14 章の規定から、現行鋼船規則と同様の取り扱いと考えられる。

5. 横置水密隔壁の配置

5.1 一般

5.1.1

本規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 2, Sec 1, 5.1.2 によるもので、SOLAS 条約 Reg.II-1/14.2.1 に基づいている。鋼船規則 C 編 13.2.8 の規定と対応している。

6. 水密隔壁の開口

6.1 一般

6.1.1

本規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 2, Sec 1, 6.1.1 によるもので、SOLAS 条約 Reg.II-1/25-9.1 及び IMO 決議 A.684(17) に基づいている。鋼船規則 C 編 4.3.1 の規定と対応している。

6.1.2

本規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 2, Sec 1, 6.1.2 によるもので、SOLAS 条約 Reg.II-1/15.3.1.1 の旅客船に対する要件を準用してい

る。鋼船規則 C 編 13.1.1-3.の規定と対応している。

6.1.3

本規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 2, Sec 1, 6.1.3 によるもので、SOLAS 条約 Reg.II-1/15.2.3 の旅客船に対する要件を準用している。

6.1.4

本規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 2, Sec 1, 6.1.4 によるもので、SOLAS 条約 Reg.II-1/15.2.2 の旅客船に対する要件を準用している。鋼船規則 D 編 13.2.5-1.の規定と対応している。

6.1.5

本規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 2, Sec 1, 6.1.5 及び IACS UR SC156 に基づいている。鋼船規則 C 編 13.3 の規定と対応している。

6.2 乾舷甲板より下方の水密隔壁における開口

6.2.1 から 6.2.4

これらの規定は、それぞれ RINA 規則 Pt B, Ch 2, Sec 1, 6.2.1 から 6.2.4 によるもので、SOLAS 条約 Reg.II-1/25-9.2, 9.3, 9.4 及び 9.5 に基づいている。鋼船規則 C 編 13.3 の規定と対応している。

6.3 乾舷甲板より上方の隔壁における開口

6.3.1

本規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 2, Sec 1, 6.3.1 に基づくもので、SOLAS 条約 Reg.II-1/25-6.1.1 に関連している。鋼船規則 C 編 4.3.1-1.の規定と対応している。

6.3.2 から 6.3.4

これらの規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 2, Sec 1, 6.3.2 から 6.3.4 によるもので、SOLAS 条約 Reg.II-1/25-9.2, 9.3 及び 9.5 に基づいている。鋼船規則 C 編 13.3 の規定と対応している。

2 節 区画配置

1. 定義

1.1 コファダム

1.1.1

本規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 2, Sec 2, 1.1.1 に基づく。

1.2 A 類機関区域

1.2.1

本規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 2, Sec 2, 1.2.1 によるもので、SOLAS 条約 Reg.II-1/3.31 に基づいている。鋼船規則 A 編 2.1.32 の規定と対応している。

2. コファダム

2.1 コファダム配置

2.1.1

本規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 2, Sec 2, 2.1.1 に基づくもので、鋼船規則 C 編 14.3.4-1.の規定と対応している。

2.1.2

本規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 2, Sec 2, 2.1.2 に基づく。

2.1.3

本規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 2, Sec 2, 2.1.3 の第 1 文に基づい

ており、鋼船規則 C 編 14.3.4-2.の規定と関連している。

2.1.4

本規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 2, Sec 2, 2.1.4 に基づく。

3. 二重底

3.1 一般

3.1.1

本規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 2, Sec 2, 3.1.1 によるもので、SOLAS 条約 Reg.II-1/12-1.1 に基づいている。鋼船規則 C 編 6.1.1-1.の規定と対応している。

3.1.2

本規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 2, Sec 2, 3.1.2 によるもので、SOLAS 条約 Reg.II-1/12-1.2 に基づいている。鋼船規則 C 編 6.2.2 及び 6.5.2 の規定と対応している。

3.1.3

本規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 2, Sec 2, 3.1.3 によるもので、SOLAS 条約 Reg.II-1/12-1.3 に基づいている。鋼船規則 C 編 6.1.3-2.の規定と対応している。

3.1.4

本規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 2, Sec 2, 3.1.4 によるもので、SOLAS 条約 Reg.II-1/12-1.4 に基づいている。鋼船規則 C 編 6.1.1-3.の規定と対応している。

4. 船首隔壁前方の区画

4.1 一般

4.1.1

本規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 2, Sec 2, 4.1.1 によるもので、SOLAS 条約 Reg.II-2/4.2.2.3.1 に基づいている。鋼船規則 R 編 4.2.2 (3) (a) の規定と対応している。

5. 最小船首高さ

5.1 一般

5.1.1 から 5.1.5

これらの規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 2, Sec 2 によるもので、国際満載喫水線条約 (以下、LL 条約という) Reg.39 (1), (2), (3), (4) (a) 及び (4) (b) に基づいている。鋼船規則の場合、V 編の規定により同条約の規定を適用する形となっている。

6. 軸路

6.1 一般

6.1.1

本規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 2, Sec 2, 6.1.1 によるもので、SOLAS 条約 Reg.II-1/10.8 の旅客船に関する規定を準用している。鋼船規則 C 編 22.1.1-1.の規定と対応している。

7. 水密通風筒及びトランク

7.1 一般

7.1.1

本規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 2, Sec 2, 7.1.1 によるもので、SOLAS 条約 Reg.II-1/19.1 末尾の規定に基づいている。

8. 燃料油タンク

8.1 一般

8.1.1 から 8.1.4

これらの規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 2, Sec 2, 8.1.1 から 8.1.4 によるもので、SOLAS 条約 Reg.II-2/4.2.2, 4.2.2.3.3 及び 4.2.2.6.2 の規定に基づいている。これらの規定は、鋼船規則 R 編 4.2.2 に該当する規定がある。

3 節 交通設備

1. 一般

1.1 から 1.3 の規定は、SOLAS 条約及び関連する IACS UI に基づくものである。

2. 交通設備の技術仕様

本規定は、BV 規則 Pt, Ch 2, Sec 3 によるもので、SOLAS 条約 Reg.II-1/3-6 及び IMO 決議 MSC.151 (78) に基づいている。また、1.2.1, 1.3.1, 1.3.2 及び 2.2.2 については、IACS UI SC191 も採用している。鋼船規則 C 編 35.2 の規定と対応している。

3. 軸路

3.1 一般

3.1.1

本規定は、BV 規則 Pt B, Ch 2, Sec 3, 4.1.1 に基づく。

3.1.2

本規定は、BV 規則 Pt B, Ch 2, Sec 3, 4.1.2 によるもので、SOLAS 条約 Reg.II-2/13.4.3 と関連している。鋼船規則検査要領 R13.4.3-1. に関連している。

4. 操舵機室への交通

4.1 一般

4.1.1

本規定は、BV 規則 Pt B, Ch 2, Sec 3, 5.1.1 によるもので、SOLAS 条約 Reg.II-1/29.13.1 の規定に基づいている。鋼船規則 D 編 15.2.8-1. の規定と対応している。

4.1.2

本規定は、BV 規則 Pt B, Ch 2, Sec 3, 5.1.2 によるもので、SOLAS 条約 Reg.II-1/29.13.2 の規定に基づいている。鋼船規則 D 編 15.2.8-2. 及び 3. の規定と対応している。

3 章 構造設計の原則

1 節 材料

1. 一般

材料規格、材料の試験及び製造方法については、各船級協会の規則に規定を有していることから、それらを参照する規定を一般規定として設けた。

2. 船体構造用圧延鋼材

2.1 一般

2.1 に規定する鋼材の種類、機械的性質等は、IACS UR W11 をとりいれたものである。

2.2 材料係数 k

2.2 に規定する材料係数は、IACS UR S4 の規定に、HT40 の材料係数として 0.68 を追記したものである。なお、HT40 の材料係数は、各船級協会の現行の取り扱いを基に定めたもので、CSR-T

編の値とも整合している。

2.3 鋼材のグレード及び低温大気に曝される構造

2.3 及び 2.4 に規定する鋼材のグレード及び材料の使用区分に関する規定は、IACS UR S6 を取り入れたものである。なお、CSR は、ネット寸法手法に基づき構造寸法を評価するが、鋼材の使用区分は、グロス寸法 (図面寸法) に基づくことになる。

また、SOLAS 条約 XII 章 6.5.3 規則及びその解釈である SLS.14 Circ.250 の 4.2 項にある「損傷が溶接部の亀裂損傷の場合は、それが瞬時に伝播するような事態を避けなければならない。これは、適切な設計及び材料の選定により達成できるであろう。」という要件に対応するため、CSR では、規則中の表 4 の鋼材の使用区分、グレード及び同表の備考(7)に、SOLAS 条約 XII 章 6.5.3 規則が適用される BC-A 船及び BC-B 船に対し、単船側構造の倉内肋骨下部ブラケット及び船側外板とビルジホップ斜板との交点から上下に倉内肋骨のスパンの 0.125 倍の箇所までの範囲の材料を、D/DH 級鋼以上とする旨規定した。

3. 鍛鋼品及び鋳鋼品

3.1 から 3.3. の規定は、鋳鋼品及び鍛鋼品の取り扱いに関する一般規定であり、鋼船規則 K 編の規定によることを原則としている。

4. アルミニウム合金構造

4.1 から 4.4 の規定は、BV 規則 Pt B, Ch 4, Sec 1, 4 の規定に基づく。

5. その他の材料及び製品

5.1 及び 5.2 の規定は、艀装品などに使われる様々な材料 (チェーン、ワイヤー、プラスチック、鋳鉄など) の取り扱いに関する一般規定で、鋼船規則 K 編, L 編, M 編の規定によることを原則としている。

2 節 ネット寸法手法

1. 一般原則

1.1 一般

1.1.1 の規定は、ネット寸法手法の考え方を示す規定である。現行鋼船規則 C 編の一般的な寸法規定及びばら積貨物船の波形隔壁の強度規定のように腐食予備厚を切替基準と関連づけて規定しているものもあれば、ばら積貨物船の浸水時の二重底強度のように、強度要件はネット寸法表示としているが、切替基準とは関連づけられていない規定もある。CSR-B 編では、CSR-T 編と同様に、疲労強度評価を含むすべての強度規定は、すべてネット寸法手法に基づくこととした。

2. 適用基準

2.1 一般

2.1.1

CSR-B 編においては、構造寸法はネット寸法手法に基づくが、経験的な算式により寸法が決定される船楼及び甲板室、舵構造並びに鍛鋼品及び鋳鋼品などのような塊状の構造にあっては、明確に強度的な寸法と腐食衰耗による寸法を区別できないため、ネット寸法手法を適用しない旨 2.1.1 に規定した。

2.1.2

本規定は、ネット寸法手法を適用する強度特性を記載したものである。

2.1.3

本規定は、建造寸法が要求グロス寸法以上であることを示したものである。船主の要求により板厚の追加がある場合、建造寸法はそれを含むことになる。なお、要求グロス寸法は、記号の説明として記載しているように、要求ネット寸法に3章3節に規定する腐食予備厚を加えた数値となる。ここで、腐食予備厚は、0.5mm単位であるが、要求ネット寸法は、0.5mm単位にはならない。そこで、要求ネット寸法を0.5mm単位に丸める手法として、小数点第1位の数値を二捨三入することとした。本手法は、CSR-T編の取り扱いと整合したものである。

3. ネット寸法手法

3.1 ネット寸法の定義

3.1.1

本規定は、ネット寸法手法を定義づけるために設けたものである。ネット寸法は、以下の2つに大別される。

- (a) 規則算式により求まる要求板厚
- (b) 規則算式により断面性能などの構造性能が求まるもの又は直接強度計算、縦曲げ強度或いは疲労強度評価により評価された板厚

前(a)を要求ネット寸法、前(b)を申請ネット寸法と定義し、それぞれの場合に対し、腐食予備厚の適用方法を明記した。

3.2 ネット寸法の考慮

3.2の各規定は、各強度評価における腐食予備厚の適用を示したもので、要約したものを、表3.3.1に示す。

表 3.3.1 腐食予備厚の適用

		腐食予備厚	HG応力	
局部部材及び150m未満の船舶の主要支持部材 (規則算式)	板厚 (最小板厚を含む)	t_{corr}	$0.5t_{corr}$	
	断面性能	t_{corr}	$0.5t_{corr}$	
FEA 150m以上の船舶の主要支持部材	応力評価	$0.5t_{corr}$	$0.5t_{corr}$	
	座屈評価	t_{corr}	$0.5t_{corr}$	
	最小板厚	t_{corr}		
HG	断面性能	$0.5t_{corr}$		
	座屈	t_{corr}	$0.5t_{corr}$	
縦曲げ最終強度		$0.5t_{corr}$	$0.5t_{corr}$	
疲労強度	防撓材		$0.5t_{corr}$	
			$0.5t_{corr}$	
	FEA	一般	$0.5t_{corr}$	$0.5t_{corr}$
		詳細	$0.5t_{corr}$	$0.5t_{corr}$

なお、直接強度計算やハルガーダ強度のように全体的な強度を評価する場合は、評価されるすべての構造部材が許容衰耗量まで衰耗すると仮定するのは安全側過ぎる仮定であり、腐食現象のばらつきを考慮すると、全体的には平均的な衰耗量として

も差し支えないことから、平均的な衰耗量として、半分の腐食予備厚を考慮する。また、座屈強度のように、作用応力は、構造物全体が平均的に腐食した状態のものであるが、評価するパネルや防撓材は、局所的な構造を対象とするため、当該構造の限界座屈応力を評価する場合には、安全側の評価となるよう100%の腐食予備厚を考慮することとした。

疲労強度評価は、想定使用期間内に遭遇する繰り返し荷重を考慮することになる。評価部材が全く腐食していない新造時から想定使用期間に想定される腐食量まで衰耗した状態までを、経過時間に応じて評価することは困難である。そこで、想定使用期間の間に生じる平均的な腐食衰耗した状態を想定することとした。なお、疲労強度評価における平均腐食量の適用は、腐食が塗装の有効な期間生じないことを無視しているため、かなり安全側の評価となるが、疲労強度用に腐食モデルを追加することなく100%の腐食予備厚と50%の腐食予備厚の2つのモデルでよいこととした。

3.3 構造図面に記載する情報

ネット寸法手法を適用した場合、ネット寸法は、切替基準となる板厚を意味する。従って、建造板厚と切替基準を構造図面に記載する必要がある。なお、船主による追加板厚があれば、それも図面に明記する必要がある。

3節 腐食予備厚

1. 腐食予備厚

1.1 一般

1.1.1

腐食予備厚は、第3部に解説したように、数十万点の板厚計測データ及び確率論に基づく腐食進行モデルにより25年における腐食量の推定値に基づき設定した。この際、バラスタタンク及び貨物倉内部材は、有効な塗装を施工することが要求されていることから、塗装要件と関連付ける規定を設けた。また、腐食予備厚の設定にあたっては、炭素鋼 (一般鋼) 以外の鋼材については、データがないため、別途考慮が必要な旨規定した。

1.2 腐食予備厚

1.2.1 鋼材の腐食予備厚

腐食予備厚は、鋼材が曝される腐食環境に強く依存するため、腐食環境の要因毎の腐食量を分析し、その結果をとりまとめたものが表1である。各構造部材、特に区画の境界を形成するものは、片面ずつの区画の用途を考慮して求めることになる。

なお、腐食環境の要因毎の腐食量は0.1mm単位であるが、鋼材の公称板厚が一般的に0.5mm単位であること及び切替基準との関係も考慮して、片面の腐食環境の数値にもう一方の面の腐食環境の数値を加えた値を、0.5mm単位に切り上げ、その数値に、検査間隔 (2.5年) の間に進行すると予想される腐食量の最大値0.5mmを加えた数値を腐食予備厚とすることとした。

なお、腐食予備厚の適用にあたって、一条の板の上下の位置や複数の腐食環境にある場合は、当該板に対し最大になる腐食予備厚を適用することとする。

1.2.2 アルミニウム合金の腐食予備厚

アルミニウム合金の使用に関し、各船級協会の規則では、耐食性のあるものを使用することを原則としており、腐食予備厚は、0mm としているため、CSR もそれに倣い規定した。

4 節 限界状態

1. 一般

1.1 一般原則

1.1.1

CSR において評価すべき強度特性について、船体構造を、板及び防撓材など局所的な荷重を考慮する局部構造、桁部材のように構造体が受ける荷重を分担する主要支持構造、船体構造全体を梁と看做すハルガーダに分類し、それぞれの構造分類に対して要求される強度評価項目を規則中の表 1 として示した。

1.1.2

強度特性は、非損傷時の構造の強度特性だけでなく、損傷時（損傷などの結果により生じる浸水状態）の強度も評価する旨規定したものである。

1.2 限界状態

本規定は、ISO 2394 に合致するよう限界状態を定義したものである。

2. 強度基準

それぞれの限界状態に対応する荷重レベルを記載したものであるが、事故限界状態は、浸水状態を想定したもので、既存の IACS UR を取り入れたものであるため、それぞれの規定を参照するにとどめている。

3. 衝撃荷重に対する強度基準

衝撃荷重は、一般的な波浪荷重と異なるため、その荷重レベルを議論することは困難である。よって、一般的な事項として 3.1.1 に記載し、3.1.2 において、CSR で採用している強度基準の考え方のみを記載した。

5 節 防食措置

1. 一般

1.1 保護されるべき構造

1.1.1 及び 1.1.2

現行規則及び SOLAS 条約 XII 章の規定に基づき防食措置により保護されるべき規定を明記した。

1.1.3 及び 1.1.4

現行規則では塗装を施す箇所のみを明記しているために、記載されていなかった燃料油を積載する区画及び狭隘区画について、現行規則の取り扱いと同様に規定したものである。なお、狭隘区画に充填するものは、一般的に乾燥空気とすることができると考える。

1.2 海水バラストタンク及び二重船側部の空所の保護

1.2.1

IACS UR Z8 の規定を採り入れたものである。なお、塗装の色については、「明るい色」とすることは、現行規定では推奨事項

であるが、検査のし易さ、疲労損傷の発見のし易さ及び防食性的にも十分な塗料が開発されていること並びにこれらの保守上の理由により CSR の規定を適用した船舶がより安全になると判断して CSR では強制要件とした。

1.2.2

IMO にて議論されていた "Performance Standard for Protective Coatings for ballast tanks and void spaces" について、船主の強い要望により取り入れることとした。本件については、2006 年 5 月に開催された IMO MSC81 において承認され、2006 年 12 月に開催される MSC82 において採択される予定である。本要件が IMO で採択されると、その日以降建造契約される船舶は、IMO における適用日より早く適用することになる。

1.3 貨物倉区域の保護

本規定は、IACS UR Z9 の規定を取り入れたもので、現行規則からの変更はない。

1.4 バラストホールドの保護

本規定は、IACS UR Z9 の規定を取り入れたもので、現行規則からの変更はない。

2. 犠牲陽極

本規定は、IACS UR F1 の規定を取り入れたものである。

3. 内張板による内底板の保護

本規定は、BV 規則 Pt B, Ch 11, Sec 1, 4 の規定を一部修正して入れたものである。

6 節 構造配置

1. 適用

貨物区域の構造の配置に関する規定を主として記載するために、適用規定を設けた。船首尾部の構造配置は、9 章のそれぞれの規定において構造配置と寸法要件を規定することとした。

2. 一般原則

2.1 定義

定義として、主要支持部材の心距及び縦通防撓材の心距を定義した。ここで、二次防撓材は、基本的には "Ordinary Stiffener" を想定しており、桁部材のウェブの座屈を防止するために設ける防撓材は含まれない。

2.2 構造の連続性

2.2.1 から 2.2.4

現行鋼船規則など構造の連続性、特に、縦強度部材の連続性に関する一般的な規定を設けた。

2.2.5 板部材

異なる板厚を繋ぐ場合の取り扱いとして、実際的な取り扱いである、厚い方の板厚の 50% 以上の板厚差は許容しない旨規定した。なお、50% 以上の板厚差が生じる場合、中間板を挿入し、かつ、厚い方の板をテーパーさせて、薄い方の板との連続性に留意することが必要である。

2.2.6 応力集中

構造的な応力集中箇所の回避及び開口配置について、各船級

協会規則の規定を参考に規定した。

2.3 高張力鋼との結合

高張力鋼の部材を低強度の構造部材に取り付ける場合の注意事項を、各船級協会の規定を参考に定めたものである。なお、ビルジキール、ハッチサイドコーミングなど甲板又は船底に取り付けられる部材は、縦強度部材として算入されないが、縦曲げの影響を受けることから、甲板及び船底と同一の強度を有する材料とする旨明記した。また、ハッチコーミングや縦強度部材として算入される桁材等に取り付けられる縦通していない防撓材、例えば、座屈防止用のために設ける両端スニップの防撓材を設ける場合、当該防撓材の材料は、防撓材が取り付けられる部材と同じ強度のものにする必要がある。

3. 板

3.1 板部材の連続性

板厚差がある場合に、構造の連続性を確保するための規定を設けたものである。なお、局所的な補強、例えば、開口部周辺の補強については明記していないので、従来各船級協会が認めていたものとする事ができる。

4. 防撓材

4.1 防撓材の形状

バルブプレート等を等価な型鋼として取り扱うために、断面係数、断面積などが等価となるような簡易算式をBV規則Pt B, Ch 4, Sec 3, 3.1.2から取り入れた。

4.2 防撓材のスパン

防撓材の有効スパンは、主要構造部材の一方が面材で、もう一方が板部材の場合と、二重底構造のように主要構造部材の両側に板部材がある場合などにより異なる。それらの取り扱いを明記したものである。本取り扱いは、基本的に現行鋼船規則C編1章にあるスパン修正と同じ考え方に基づくものである。なお、このスパンは、防撓材の曲げ強度及びせん断強度の評価に共通のものである。

また、二重底構造において主要支持部材(肋板)間に支材(ストラット)を設ける場合の取り扱いを、BV規則Pt B, Ch 4, Sec 3, 3.2.2から取り入れた。なお、ストラットの設置については、船主の要求を取り入れ、船の長さが120m以上の船舶にはその配置を認めないこととした。

4.3 取り付け板の有効幅

4.3.1 降伏強度評価における有効幅

防撓材の曲げ強度を評価する場合、防撓材の断面性能を評価する必要がある。この場合、防撓材が取り付けられる板は、その有効幅分考慮することとなる。この有効幅について、Shadeの理論に基づく簡易な指標である現行鋼船規則C編1.1.13-3の規定を取り入れた。

4.3.2 座屈強度評価における有効幅

CSR-B編の座屈強度規定は、GL規則に基づいており、座屈強度評価における有効幅も、GL規則に基づき規定した。

4.4 防撓材の形状特性

4.4.1 一般

CSRはネット寸法手法を取り入れているため、防撓材の強度特性である断面二次モーメント、断面係数、せん断面積、ウェブの細長比もネット寸法に対するもので、防撓材の申請寸法(図面寸法)から腐食予備厚を引いた寸法で評価することとなる。

4.4.2 取り付け板と垂直でない防撓材

防撓材が外板などの板に垂直に取り付けられない場合の取り扱いとして、防撓材と取り付け角度が75度より大きい場合、断面係数は、防撓材が垂直に取り付けられた場合との差が小さいため、垂直と仮定した断面性能を用いることとし、その角度が50度以上75度未満の場合は、その角度を考慮して修正する旨規定した。また、その角度が50度未満の場合は、トリッピングを設けることとした。なお、明記されていないが、防撓材と板部材の角度が50度未満の場合における防撓材の断面係数は、直接計算によることになる。

4.5 防撓材端部の固着

4.5.1 一般

防撓材が主要支持部材を貫通させるために、主要構造部材にスロットが設けられる。この場合の固着の例をBV規則Pt B, Ch 4, Sec 3, 3.5.1に従い示した。

4.5.2 防撓材の連続性

本規定は、鋼船規則C編1.1.15及びBV規則Pt B, Ch 4, Sec 3, 3.5.2の規定を参考に定めたものである。

4.5.3 端部の固着

本規定は、BV規則Pt B, Ch 4, Sec 3, 3.5.3の規定などを参考に規定した。

5. 主要支持部材

5.1 一般

5.1.1

構造の連続性に関する一般規定である。

5.1.2

主要支持部材の配置に関し、規則で規定する配置要件と異なる場合の取り扱いを規定したものである。

5.2 防撓材の配置

5.2.1

ここで対象としている防撓材は、主要支持部材(桁部材)に設けるものである。鋼船規則C編1.1.14を含む各船級協会の規則を参考に、本規定を定めた。

5.2.2から5.2.5

これらの規定は、BV規則Pt B, Ch 4, Sec 3, 4.7.4から4.7.7の規定に基づく。

5.3 主要支持部材のスパン

鋼船規則C編1.1.16の規定を参考に、本規定を定めた。

5.4 主要支持部材の有効幅

基本的には主要支持部材間の心距となるが、隣接する主要支持部材の心距が異なる場合は、その平均値とする旨規定した。

5.5 形状特性

防撓材と同様である。

5.6 ブラケットによる端部固着

鋼船規則 C 編 1.1.14 及び BV 規則 Pt B, Ch 4, Sec 3 の規定を参考に、本規定を定めた。

5.7 開口

BV 規則 Pt B, Ch 4, Sec 3, 4.6 及び鋼船規則検査要領 C15.2.3 の規定などを参考に本規定を定めた。

6. 二重底構造

6.1 一般

6.1.1 二重底の範囲

SOLAS 条約に基づく二重底の設置要求で、鋼船規則 C 編 6.1 の規定と同様の取り扱いとなる。

6.1.2 構造形式

鋼船規則 C 編では、90m 以上の船舶の二重底構造は縦式構造とすることを推奨するに留めているが、CSR では、120m 以上の船舶は、縦式構造にしなければならないこととした。

6.1.3 二重底高さ

鋼船規則 C 編 31 章の規定を取り入れた。

6.1.4 二重底構造の寸法

鋼船規則検査要領 C6.1.1-3 の規定を取り入れた。

6.1.5 入渠

鋼船規則 C 編 6.2.4 の規定 (具体的な配置要件も含む) を参考に定めたものであるが、CSR では、入渠するドックの盤木配置などにより配置要件は異なると考え、具体的な数値は規定しないこととした。

6.1.6 強度の連続性

強度の連続性に関する一般規定であるが、ホップタンクの最下層の板厚については、内底板との連続性を考慮して追記したものである。

6.1.7 補強

鋼船規則 C 編 6.2.1 の規定を参考に定めたものである。

6.1.8 マンホール及び軽目穴 及び 6.1.9 空気口及び排水口

鋼船規則 C 編 6.1.2 の規定を参考に定めた。

6.1.10 タンク頂板の排水

鋼船規則 C 編 6.1.3 の規定を参考に定めた。

6.1.11 当て板

鋼船規則 C 編 6.1.4 の規定を参考に定めた。

6.1.12 ダクトキール

鋼船規則 C 編 31.2.2-5 に規定及び既存船の配置実績を参考に、桁板の配置を見直した。

6.2 キール

キールの板の一条の板幅に関し、鋼船規則 C 編 1.1.11 にある舷側厚板、ビルジ外板などの規定を参考に規定した。

6.3 桁板

鋼船規則 C 編 6.2.1 及び 31.2.2 の規定を参考に規定した。

6.4 肋板

鋼船規則 C 編 6.3.1 及び 31.2.3 の規定を参考に規定した。

6.5 ビルジ外板及びビルジキール

ビルジキールについて、その端部に生じる損傷を防止すべきとのコメントが船主より数多く寄せられたことから、ビルジキールの材質について、ビルジ外板と同じ強度を有するものとし、IACS UR S6 に規定する 0.15L より長いハッチサイドコーミングと同様に、ビルジキールの長さが 0.15L より長い場合は、材質についてもビルジ外板と同じものを要求することとした。

7. 二重船側構造

7.1 適用

二重船側構造の構造様式は、縦式構造と横式構造の 2 つが考えられ、それらが適用になる旨明記した。

7.2 設計原則

二重船側部の用途が空所で、貨物倉に貨物密度の高い貨物の積載を計画している場合、二重船側の貨物倉側の構造には、局部的な荷重が作用しないことが想定される。このような場合でも、最低限度の板厚は必要と考え、二重船側部は、空所であっても、バラスタタンクと看做して、局部強度評価をする旨規定した。なお、腐食予備厚については、実際の使用環境、即ち、空所として取り扱う旨追記した。

7.3 構造配置

基本的に、二重底構造と同様に構造の連続性を主に規定したものである。

8. 単船側構造

8.1 適用

船側防撓構造として横式の倉内肋骨を適用とするが、特設肋骨を設ける場合又は水平桁を設ける場合は、二重船側構造に設けられる主要支持部材の配置要件を適用する。

8.2 から 8.6

これらの規定は、IACS UR S12 の規定を参考に、ネット寸法を考慮して規定したものである。

9. 甲板構造

9.1 適用

トップサイドタンク構造は、船の長さに関わらず縦式構造とすることを原則とする旨規定した。

9.2 一般配置

9.2.1

現行鋼船規則では規定していないトップサイドタンクの桁部材の配置は、縦強度、面外荷重、ハッチ、隔壁配置などを考慮して定められていると考えられ、現状の配置を参考に、桁部材の間隔の規定を設けた。

9.2.3 倉口間の甲板

倉口間の甲板、所謂、クロスデッキの構造は、船側外板から伝達される船幅方向の面内圧縮荷重が支配的になるため横式構造を原則とした。なお、「梁は適切に桁で支持され、倉口側桁からブルワークに向かって 2 番目の縦通部材まで延長されなければならない。」が適用される梁は、一般に横式の桁部材で、一般的な防撓材は対象としない。

9.2.4 トップサイドタンク構造

横部材の構造の連続性を規定したものである。トップサイドタンクの横桁配置は、倉口縁材の配置、隔壁配置に応じたものとなり、二重船側構造の桁配置は、二重底構造との連続性を考慮することから、すべての横部材を同一平面に設けることは実際的ではないことから、トップサイドタンク内においては、二重船側構造の桁を支持するような大きなブラケットを設けることも認めることとした。

9.2.5 梁上側板

IACS UR S6を取り入れた3章1節の鋼材の使用区分の規定は、中央部 0.4L 間の梁上側板に対するもので、本規定は、貨物区域全体に適用される規定である。

9.3 縦式甲板構造、9.4 横式甲板構造及び9.5 倉口支持構造

それぞれの構造形式における強度の連続性に関する規定を記載したものである。

9.6 強力甲板の開口

BV 規則 Pt B, Ch 4, Sec 6, 6 の規定に基づく。

10. 隔壁構造

10.1 適用

10.1.1

二重船側構造を考慮して縦通隔壁も対象とする旨明記した。

10.1.2

隔壁構造の形式の説明したもので、BV 規則 Pt B, Ch 4, Sec 7, 1.1.2 の規定に基づく。

10.2 一般

10.2.1

本規定は、BV 規則 Pt B, Ch 4, Sec 7, 1.2.7 の規定に基づいている。ただし、原文では縦通隔壁を対象としているが、一般に隔壁下部において考慮される面外荷重は隔壁上部のものより大きいため、すべての隔壁を対象に規定した。

10.2.2

本規定は、BV 規則 Pt B, Ch 4, Sec 7, 2.1.5 の規定に基づく。

10.3 平板隔壁

10.3.1

本規定は、基本的に、BV 規則 Pt B, Ch 4, Sec 7, 2.1.1 から 2.1.4 の規定に基づく。

10.3.2 防撓材の端部隔壁

本規定は、BV 規則 Pt B, Ch 4, Sec 7, 2.2.1 及び 2.2.2 の規定に基づく。

10.3.3 防撓材のスニップ端

本規定は、BV 規則 Pt B, Ch 4, Sec 7, 2.2.4 の規定に基づく。

10.3.4 防撓材のブラケット固着

本規定は、基本的に、BV 規則 Pt B, Ch 4, Sec 7, 2.3.1 及び 2.3.2 の規定に基づく。

10.4 波形隔壁

10.4.1 一般

CSR は、船の長さが 150m 以上の船舶に対し、直接強度計算に基づき主要支持部材の強度評価を実施するとともに、縦曲げ最終強度及び疲労強度評価も要求している。また、150m 以上の船

舶を対象としている IACS UR S17, S18 及び S20 の浸水時における強度要件並びに IACS URS25 もカバーしている。これらの適用を統一的に取り扱えるよう考慮し、かつ、現状よりロバストになるよう考慮して、波形隔壁におけるスツールの取り扱いを、UR S18 では 190m を基準に規定をさだめていたものを 150m と厳しくした。

10.4.2 から 10.4.15

基本的に IACS UR S18 に基づいている。

10.5 非水密隔壁

本規定は、BV 規則 Pt B, Ch 4, Sec 7, 4.1 及び 4.2 の規定に基づいている。

10.6 トランク及びトンネルの水密隔壁

SOLAS 条約II-1 章 19 規則の一部を取り入れたものである。

11. 梁柱

本規定は、BV 規則 Pt B, Ch 4, Sec 6, 4 の規定に基づく。

4章 設計荷重

1節 一般

1. 一般

1.1.1a 本規則における設計荷重は、4 節に記述される等価設計波（設計規則波）手法を用いる。

1.1.1b 等価設計波手法は、静水中及び波浪中における板部材に垂直な面外荷重とハルガーダ荷重を含む設計荷重の設定に用いられる。

1.1.2a 静水中における面外荷重は、以下に示す荷重を考慮する。

- (1) 静水圧
- (2) 貨物、バラスト等による静圧
- (3) 船体及び艀装品の自重
- (4) 安全弁の設定圧力（設定する場合）

1.1.2b 波浪中における面外荷重は、以下に示す荷重を考慮する。

- (1) 波浪変動圧
- (2) 貨物、バラストなどの慣性力による変動圧
- (3) 船体及び艀装品による慣性力
- (4) 船首フレア部及び船首船底部のスラミングによる変動圧
- (5) 青波による変動圧

1.1.3a 静水中垂直せん断力及び静水中縦曲げモーメント並びに波浪中垂直せん断力、波浪中縦曲げモーメント、波浪中水平曲げモーメント及び波浪中捻振りモーメントは、ハルガーダ荷重として考慮する。

1.1.4a 波浪中面外荷重及び波浪中ハルガーダ荷重による応力は、1.2 に記述する 4 つの等価設計波に対して、2.2 に定めるそれぞれの 8 つの荷重ケースにおける荷重組合せ係数（LCFs）を用いて組合せる。

2 節 船体運動及び加速度

1. 一般

1.1.1a 船体運動及び加速度は、周期的に変化するものとする。なお、本節の算式により算定される船体運動及び加速度の振幅は、振幅の山から谷までの半分とする。また、超過確率 10^{-8} レベルに対応する値は、船舶が一生を通じて受けるであろう船体運動及び加速度のうちの最大となる船体運動及び加速度に対応する。

1.1.1b 記号及び 2. に示されている加速度パラメータ a_0 、ロール角 θ 、ピッチ角 ϕ 及び本章の他の節に規定される波浪による荷重の簡易算式に超過確率レベル係数 f_p を掛けており、 10^{-8} レベルに対応する強度評価（例えば、降伏・座屈・最終強度）に対して 1.0、 10^{-4} レベルに対応する強度評価（疲労強度）に対して 0.5 とする。

1.1.1c この節に示す船体運動及び加速度は、主に 5 節に記述される波浪による変動圧及び 6 節に記述される波浪による動的な内圧の計算に用いる。

1.1.2a 船舶の特性及び計画されている運航に基づき、本会が適当と認める場合には、直接荷重計算又は模型水槽試験から得られた船体運動及び加速度の値をこの節の算式により求まる値に代わるものとして認めることがある。この場合、模型試験結果又は数値計算結果を、承認のために本会に提出しなければならない。

1.1.2b 一般的に、直接荷重計算又は模型水槽試験による船体運動及び加速度の推定値は、超過確率レベル 10^{-8} 又は 10^{-4} に対応したものとする。また、短期予測及び長期予測を行う時に用いる波スペクトル及び長期波浪頻度分布などは、以下に示すものを標準のものとする。

- (a) 長期波浪頻度分布：北大西洋の波浪環境 (IACS Rec. 34)
- (b) 波スペクトル：Piersion-Moskowitz型
- (c) 波の方向分布： \cos^2

2. 船体絶対運動及び加速度

ここに示される船体絶対運動及び加速度の簡易算式は、基本的に IACS WD-SL (IACS Wave Data and Sea Loads) 作業グループにより開発されたものを用いる。なお、これらの簡易算式及び加速度パラメータは、CSR-T 編と共通である。

2.1 ロール周期及びピッチ角

2.1.1a ロール周期 T_R は、ロールの固有周期であり、考慮する積付状態におけるロールの環動半径 k_r 及びメタセンタ高さ GM を用いて下記の式により推定できる。

$$T_R = C \frac{2k_r}{\sqrt{GM}} \quad (s) \quad (5)$$

ここで、係数 C は、大気中におけるロールの固有周期を、付加質量を考慮した海水中のものに変換する係数で、1.1

とする。

2.1.1b ロールの環動半径 k_r 及びメタセンタ高さ GM の値は、基本的に考慮する積付状態に応じてローディングマニュアル中の値を適用する。これらの値が、初期設計時においてあらかじめ得られていない場合には、4 章 2 節の表 1 に示されている値を用いて差し支えない。

2.1.1c ロール角 θ の簡易算式は、海中のロールの固有周期 T_R 、ビルジキールの影響 k_b 及び船幅 B などのパラメータより構成される。

2.2 ピッチ周期及びピッチ角

2.2.1a ピッチ周期 T_P は、ピッチ運動の応答関数 RAO が最大になる時の波周期（或いは波長 λ ）である。ピッチ運動は、一般的に向波状態で最大となる。

2.2.1b ピッチ運動の応答関数が最大になる時の規則波波長 λ は、4 節に規定される船体中央部における波浪中縦曲げモーメント最大時の規則波波長 λ_H とほぼ同じであるため、下記に示す同じ式を用いる。

$$\lambda = 0.6 \left(1 + \frac{T_{LC}}{T_S} \right) L = \frac{g}{2\pi} T_P^2 \quad (m) \quad (6)$$

ここに、 T_S は、構造用喫水 (m)、 T_{LC} は、考慮される積付状態での船体中央部における喫水 (m) である。

2.2.1c 波長 λ は、喫水が浅くなるにつれて短くなる。構造用喫水に対応する波長 λ は、最大で、船長の 1.2 倍となる。

2.2.1d ピッチ周期 T_P は、主に 3.2 に説明されるピッチの角加速度の計算に用いられる。

3. 船体相対加速度

3.1 一般

3.1.1a 貨物やバラストなどの慣性力による動的な圧力を推定するため、船体の任意点（例えば、貨物倉又はタンク中心）における X （船長方向）、 Y （船幅方向）及び Z （上下方向）方向の加速度が必要である。

3.1.1b これらの加速度は、2. に記述されたロール運動及びピッチ運動と、それらにより生じる角加速度成分並びに 2.3 から 2.5 までに規定される上下揺、左右揺及び前後揺による加速度により構成される。

3.2 加速度

3.2.1a 任意点における前後方向加速度 (a_X)、左右方向加速度 (a_Y) 及び上下方向加速度 (a_Z) の値は、3.1 に説明した各船体運動及び加速度成分の絶対値（超過確率レベルに応じる）と 4 節 2.2 に説明する荷重組合せ係数により、以下に示す算式より、各等価設計波の荷重ケースごとに推定できる。

$$a_X = C_{XG} g \sin \Phi + C_{XS} a_{surge} + C_{XP} a_{pitch \ x}$$

$$a_y = C_{YG}g \sin \theta + C_{YS}a_{sway} + C_{YR}a_{roll y}$$

$$a_z = C_{ZH}a_{heave} + C_{ZR}a_{roll z} + C_{ZP}a_{pitch z}$$

ここで、 C_{XG} 、 C_{XS} 、 C_{XP} 、 C_{YG} 、 C_{YS} 、 C_{YR} 、 C_{ZH} 、 C_{ZR} 及び C_{ZP} は、表 3.4.8 に規定する各等価設計波の荷重ケースごとの荷重組合せ係数である。

3.2.1b 任意点における前後方向加速度 (a_x) は、前後揺による加速度成分 (a_{surge})、ピッチの角加速度による前後方向の加速度成分 ($a_{pitch x}$) 及びピッチによる重力加速度の前後方向の傾斜成分 ($g \sin \Phi$) から構成される。

3.2.1b 船首揺による加速度は他の加速成分比べ小さいため、無視できるので、前後方向加速度は船長にわたり一定とする。

3.2.1c 任意点における左右方向加速度 (a_y) は、左右揺による加速度成分 (a_{sway})、ロールの角加速度による左右

方向の加速度成分 ($a_{roll y}$) 及び重力加速度の前後方向の傾斜成分 ($g \sin \theta$) から構成される。

3.2.1d 3.2.1b に述べた理由より、左右方向加速度は船幅にわたり一定とする。

3.2.1e 任意点における上下方向加速度 (a_z) は、上下揺による加速度成分 (a_{heave})、ロールの角加速度による上下方向の加速度成分 ($a_{roll z}$) 及びピッチの角加速度による上

下方向の加速度成分 ($a_{pitch z}$) から構成される。

3 節 ハルガーダ荷重

1. 一般

1.1 曲げモーメント及びせん断力の符号の定義

1.1.1a 強度解析又は強度評価のために、本節に規定する静水中及び波浪中における船体に働くせん断力及び曲げモーメントなどを考慮する必要がある。この節に規定するせん断力及び曲げモーメントは、それらの大きさ、即ち絶対値で表記している。せん断力及び曲げモーメントの符号は、表 3.4.8 (規則 4 章 4 節の表 3) の荷重組合せ係数に従う。

2. 静水荷重

2.1 一般

2.1.1a 一般的に、強度解析或いは強度評価に用いる静水中せん断力及び曲げモーメントは、計画される個々の積付状態毎に適用する。

2.1.1b 静水中のハルガーダ強度 (CSR-B 編 5 章) に関する検討を行う場合、各積付状態に対して、航海中のあらゆる中間状態における静水中せん断力及び縦曲げモーメントの最大値を用いる。

2.2 静水中縦曲げモーメント

2.2.1a 船体の任意横断面における設計静水中のホギング縦曲げモーメント及びサギング縦曲げモーメント ($M_{SW,H}$

及び $M_{SW,S}$) は、2.1.1 に説明される積付状態において、そ

れぞれ当該横断面でのホギング状態及びサギング状態の最大値を用いる。また、設計者は、より大きい静水中縦曲げモーメントを規定し、用いることができる。

2.2.2a 一般的に、設計初期段階において、任意の船体横断面における設計静水中曲げモーメントを設定するのは困難である。この場合は規則 4 章 3 節の 2.2.2 に示される静水中縦曲げモーメントの簡易算式及び分布関数を用いて、設計静水中縦曲げモーメントを推定することができる。

2.2.2b これらの算式は、最小ハルガーダ断面係数を規定する IACS UR S7 及びハルガーダの波浪曲げモーメントと許容ハルガーダ応力を規定する IACS UR S11 に基づくものである。

2.3 静水中せん断力

2.3.1a 任意の船体横断面における設計静水中せん断力 Q_{SW} は、2.1.1 に説明される積付状態において、当該横断面の静水中せん断力のうち、正負それぞれの最大値とする。また、設計者は、より大きい静水中せん断力を規定し、用いることができる。

2.4 浸水状態における静水中縦曲げモーメント及び静水中せん断力

2.4.1a 浸水状態の船体強度評価 (例えば、5 章 2 節のハルガーダの最終強度評価) において、浸水状態における静水中せん断力 Q_{SWF} 及び静水中縦曲げモーメント M_{SWF} (ホギング状態及びサギング状態) は、それぞれの貨物倉が、単独に最終平衡状態における喫水線まで浸水するシナリオを考慮して決定する。

2.4.1b 静水中せん断力及び静水中縦曲げモーメントを推定する場合には、二重船側内への浸水は考慮しなくても良い。また、倉内の最終平衡状態時の喫水線より上の部分への浸水を考慮する必要はない。

2.4.2a 浸水した水の質量を計算するための浸水率は、浸水した貨物倉及び積載される貨物の種類に応じて規定する。

2.4.3a ハルガーダの強度評価において、浸水による静水中縦曲げモーメント及び静水中せん断力に対する影響を検討し、定量化する必要がある。

3. 波浪荷重

3.1 波浪中縦曲げモーメント

3.1.1a 非損傷状態において、船体横断面における波浪中縦曲げモーメントは、波浪によるホギング状態とサギング状態での非対称となる非線形現象を考慮の上で、それぞれ与えられる。超過確率 10^{-8} レベルにおける波浪中縦曲げモーメントは、25 年間 (設計寿命) の最大値に対応する。非損

傷状態の波浪中縦曲げモーメント及び 3.2.1 に規定する非損傷状態の波浪せん断力は、IACS UR S11 に基づくものである。

3.1.2a 損傷時の波浪中縦曲げモーメントは、1年間の最大の波浪中縦曲げモーメント（非損傷状態の波浪中縦曲げモーメントの0.8倍（ $\{\log(10^8/25)\}/\log 10^8 \approx 0.8$ ）を用いる。

3.1.3a 港内状態において、船体に働く、波浪によって誘起される縦曲げモーメントは、通常の外洋航海状態と比べ、十分小さいと考え、非損傷状態の波浪中縦曲げモーメントの0.4倍の値を用いる。

3.2 波浪せん断力

3.2.1a 非損傷状態の船体横断面に働く波浪せん断力は、IACS UR S11 における算式を適用する。縦曲げモーメントと同様に、超過確率 10^{-8} レベルの波浪せん断力は、25年間（設計寿命）の最大値に対応する。

3.1.2.a 損傷時の波浪せん断力は、3.1.2に記載した理由により、一年間の最大の波浪せん断力（非損傷状態の波浪せん断力の0.8倍）を用いる。

3.2.3a 港内状態における波浪せん断力は、3.1.3 に記載した理由により、非損傷状態の波浪せん断力の0.4倍の値を用いる。

3.3 波浪中水平曲げモーメント

3.3.1a 局部強度及び直接構造解析の評価において、上述の波浪中縦曲げモーメントと波浪せん断力の他に、波浪に誘起される船体横断面に働く波浪中水平曲げモーメントを考慮する必要がある。

3.3.1b 波浪中水平曲げモーメントの推定算式は、IACS-WD-SL 作業グループにより開発されたものを用いる。波浪中縦曲げモーメントと波浪せん断力と同じく、超過確率 10^{-8} レベルにおける波浪中水平曲げモーメントは、25年間（設計寿命）の最大値に対応する。この値は、考慮する積付状態における喫水に依存する。

3.4 波浪中振りモーメント

3.4.1a 他の船体構造部材と同様に、船体のハッチコーナー部の構造部材に対して、4節に規定する4つの等価設計波（8つの荷重ケース）を考慮して、局部強度解析及び直接構造解析を行う必要がある。さらに、本項に規定される波浪中振りモーメントによるクロスデッキの曲げによって生じる応力に対する疲労強度を評価する必要がある。

3.4.1b 本項に規定される波浪中振りモーメントは、CSR-B 編 8章5節に規定するハッチコーナー部の構造部材の疲労強度評価のみに用いるため、超過確率 10^{-4} レベル（算式中の $f_p=0.5$ を用いる）に対応する値を適用する。なお、本算式は、GLの波浪中振りモーメントに基づいている。

4節 荷重ケース

1. 一般

1.1 適用

1.1.1a 本節に説明される荷重ケースは、強度解析又は強度評価に用いる。即ち、CSR-B編6章に規定される部材（板部材、防撓材、主要支持部材）寸法に対する局部強度解析、7章に規定される構造部材（主要支持部材）の直接強度解析及び8章に規定される構造詳細の疲労評価に適用する。

1.1.2a 局部強度解析及び直接強度解析に対して、1.2に規定している4つの等価設計波（設計規則波）に対応する8つの荷重ケース（H1, H2, F1, F2, R1, R2, P1及びP2）を考慮する。

1.2 等価設計波

1.2.1a 一般に、船体構造強度の解析又は評価は、設計荷重の設定、設計荷重による構造解析、解析結果を用いた降伏、座屈、疲労強度などの強度評価の手順でなされる。この内、設計荷重の設定は強度評価手順の上流に位置する。従って、設計荷重の精度が、最終的な構造寸法、延いては船体の構造安全性にまで大きく影響を及ぼすため、説明責任及び透明性の観点から非常に重要な要件である。また、設計荷重は船体構造強度に関する設計条件あるいは運航条件と密接に結びつくべきものであり、船舶の設計、建造から運航、廃船に至るまで船舶の一生を通して常に参照されるべきものである。

そこで、本規則の開発にあたって、ばら積貨物船の構造部材に対して支配的と考えられる設計海象の実用的設定法を開発した。提案した設計海象は、最大応答値が超過確率 10^{-8} レベルの長期予測値と等しい応答値を生じさせる短期海象とする。更に、より実用化のため、前述した設計海象下で発生する不規則波中の応答値と等価な応答値を発生させる規則波である等価設計波（EDW）の実用的設定法を開発した。規則において、1節に説明されている静水中及び波浪中における板部材に垂直な面外荷重及びハルガード荷重を含む設計荷重の設定に、等価設計波（EDW）を用いる。

1.2.1b 設計荷重の開発において、以下に示す設計条件は、CSRの基礎条件として考慮する。

- 運航海域：北大西洋（波浪データ：IACS Rec. No.34）
- 設計寿命：最小25年（超過確率： $Q=10^{-8}$ 対応）

以下に説明される技術背景は、主にばら積貨物船（BC）に対するものであるが、二重船殻油タンカーに対する検討の結果の一部も参考のため含まれる。

1.2.1c 船の一生に数度起こるか起こらないかといった超過確率の小さい範囲では、最も厳しい海象における船体構造の応答の最大期待値が応答の長期予測値と一致するという統計的性質（真野と上野 1972）を利用し、船体構造の応答値の標準偏差が最大となる海象を設計海象として提案する。

図 3.4.1 に示すケープサイズ BC ($L \times B \times D \times d = 280m \times 45m$)

× 24m × 18 m) 及びダブルハル VLCC (L×B×D×d = 320 m × 60 m × 29 m × 20 m) を用いて応力の短期予測値を算出した。

応力の算出箇所は、ケーブサイズ BC 及びダブルハル VLCC について、すべてのタンクにおいてそれぞれ図 3.4.2 及び図 3.4.3 に示す通り強度的に厳しいと考えられる部材を船舶の全長にわたり選び出している。算出する応力成分に関しては、板部材については船長方向、幅方向及び深さ

方向の直応力並びにせん断応力の内、各検討対象部材の強度に支配的と考えられる応力成分、面材については軸応力を選択した上で、積付状態毎にケーブサイズ BC 及びダブルハル VLCC に対してそれぞれ計 254 の応力の短期予測値を求めている。応力の応答関数及び短期予測値の算出に用いた解析条件を表 3.4.1 に示す。

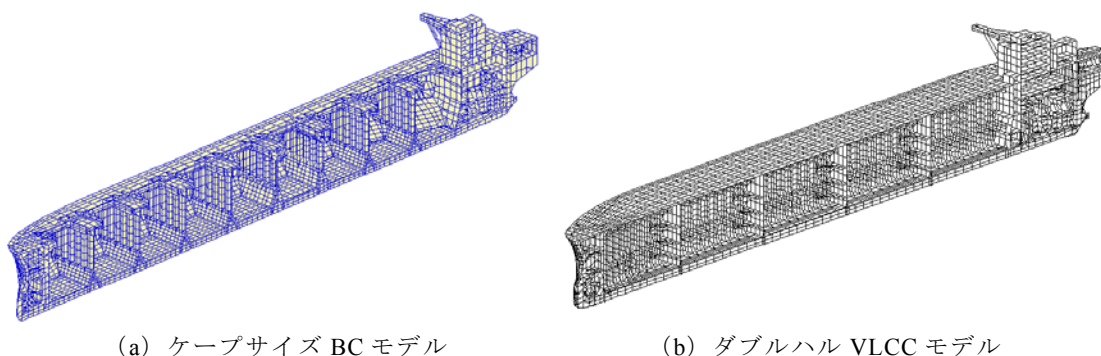


図 3.4.1 直接構造解析に用いる FE モデル

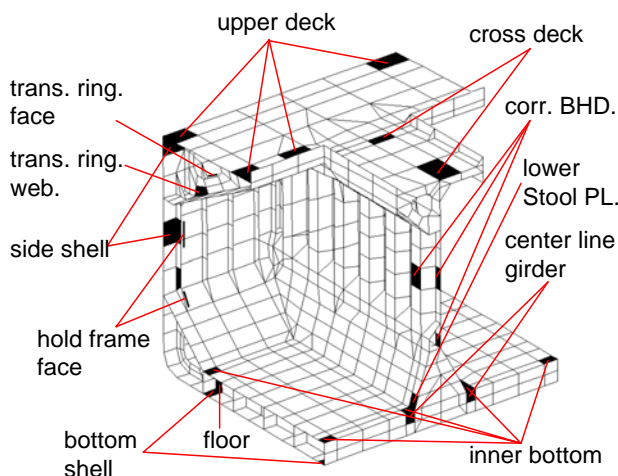


図 3.4.2 モデルの応力を算出した対象部材

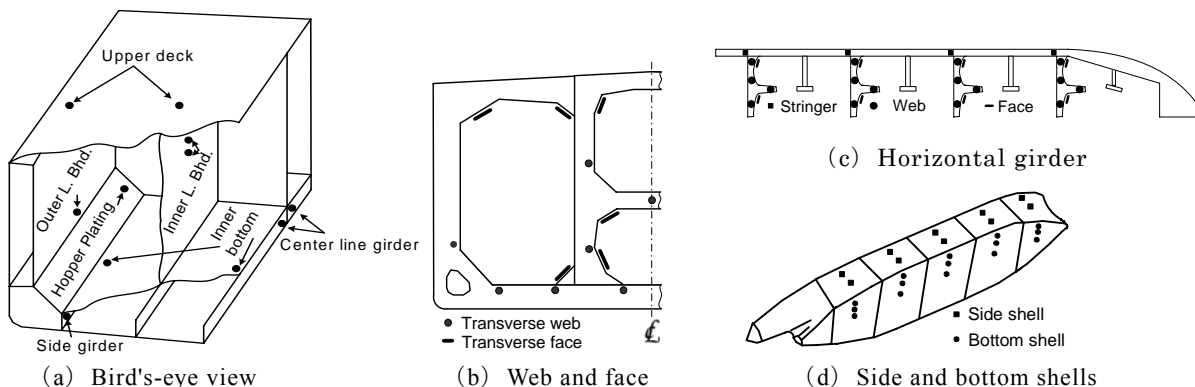


図 3.4.3 ダブルハル VLCC モデルの応力を算出した対象部材

表 3.4.1 解析条件

積付状態	タンカー	満載積付状態		部分積付状態	ノーマルバラスト状態
	BC	満載積付		バラスト状態	
		均等積付状	隔倉積付状態	ノーマルバラスト状態	ヘビーバラスト状態
波高	$H = 5.0 m$				
波長	$\lambda/L = 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.4, 1.7, 2.0, 2.3$				
波方向	$\chi = 0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ, 150^\circ, 180^\circ, 210^\circ, 240^\circ, 270^\circ, 300^\circ, 330^\circ$				
短期予測	波スペクトル: ISSC-1964; 方向性分布: $\cos^2\theta$				
長期予測	波浪統計データ (IACS Rec. No. 34, Rev.1)				

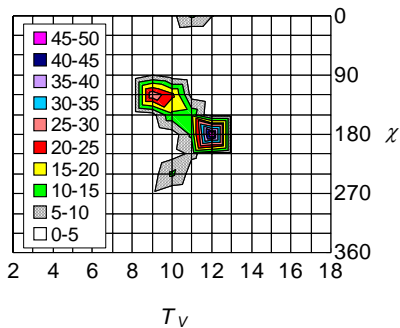
BC の満載均等積付状態とタンカーの満載積付状態を例にすべての応力成分に対して算出した支配的海象の分布を図 3.4.4 に示す。図中の数値は、単位有義波高あたりの標準偏差が最大となる平均波周期 (T_v) と出会角 (χ) が一致する検討対象箇所の合計数であり、数値が大きいほど、その平均波周期及び出会角が船体構造強度に対して支配的ということになる。これらの結果より、検討対象箇所の部材に対して積付状態毎に定まる設計海象は、ある特定の少数の短期海象で代表できることが確認できる。

度、波浪変動圧、波浪断面力など) を対応させることにより、BC 及びタンカーの構造部材の応力に支配的な最小限の荷重成分を特定した。これらの検討をすべての積付状態及び応力成分毎に実施し、最終的に BC 及びタンカーに対して以下の①～④の荷重成分を構造強度に対して支配的な荷重成分として選出された。

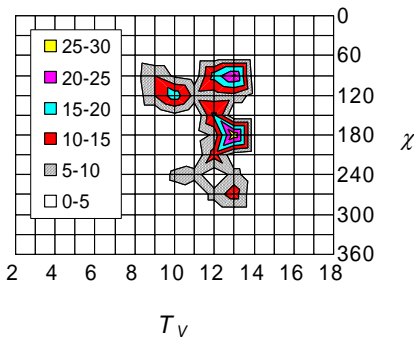
- ① 波浪中縦曲げモーメント (向波)
- ② 波浪中縦曲げモーメント (追波)
- ③ ロール
- ④ 喫水線における波浪変動圧

上記した①～④の支配的な荷重成分を利用し、各支配的な荷重成分の単位有義波高の標準偏差が最大になる海象の平均波周期及び波との出会角は、設計海象の平均波周期、波との出会角として容易に設定できる。

1.2.1d 船体の各種応答の長期予測値 (a) (超過確率レベル $Q=10^{-8}$, All Headings) を 1/1000 最大期待値として生じさせる場合の有義波高 (H_w) は以下の式により求めることができる。長期予測に際しては、IACS の Rec. No.34 の波浪データ (北大西洋, 通年) を用いた。



(a) ケープサイズ BC (均等満載積付状態)



(a) ダブルハル VLCC (満載積付状態)

図 3.4.4 支配的な海象の分布図

さらに、図 3.4.4 示す応力レベルで絞り込んだ構造強度に支配的な短期海象と代表的な荷重成分 (船体運動、加速

$$H_w = \frac{a(Q=10^{-8})}{2 \times [R_{LOAD} / H_w(T_v, \chi)]_{\max}} \times 1.9$$

ここで、 $[R_{LOAD} / H_w(T_v, \chi)]_{\max}$ は荷重成分の応答関数より求めた単位有義波高あたりの標準偏差の最大値、2 は標準偏差から不規則応答の極値の有義値を求めるための定数、1.9 は有義値から 1/1000 最大期待値を求めるための定数である。

それぞれサイズの異なる 22 隻の BC 及び 27 隻のタンカーに対して、直接荷重解析によるシリーズ計算を行った。波浪中縦曲げモーメント (M_y)、船体中央の喫水線における波浪変動圧 (P_{wl})、船底中央における波浪変動圧 (P_{cl})

及びロール (Roll) に対する有義波高を上記の式を用いて、積付状態毎に求めた結果を図 3.4.5 に示す。ここで、横軸は各荷重成分の応答関数が最大となる時の規則波の波長、縦軸は有義波高を示す。

図中の”B-fhom”, ”B-falt”, ”B-Pt”, ”B-hbal”及び”B-nbal”は、それぞれ BC の満載均等積付状態、満載隔倉積付状態、部分積付状態、ヘビーバラスト状態及びノーマルバラスト状態の結果を示す。また、図中の”T-full”, ”T-Pt”及び”T-nbal”はそれぞれタンカーの満載積付状態、部分積付状態及びノーマルバラスト状態の結果を示す。

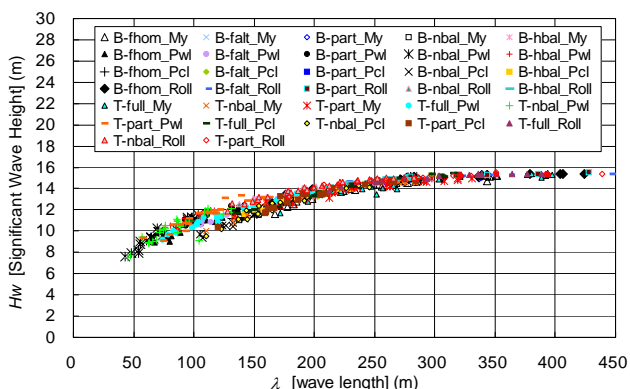


図 3.4.5 支配的な荷重成分による設計海象の有義波高

図 3.4.5 より、求められた有義波高は 1 つの曲線上に集まっていることから、有義波高は、船の種類、荷重成分の種類、船の長さ及び積付状態にかかわらず、各荷重の応答関数が最大となる時の規則波の波長に対して一定の関係を有すると考えられる。従って、各支配的な荷重成分の応答関数が最大となる時の波長を定め、[規則波の波長]-[有義波高]の関係式に当てはめることにより、有義波高を設定する

ことができる。

1.2.1e 1.2.1a~1.2.1d の検討から、①~④の支配的な荷重成分に対して設定される短期海象を設計海象として提案した。ここで、設計海象は船体の構造部材に対して応力の長期予測値 (超過確率 $Q=10^{-8}$, All Headings) と等価な応答値を生じさせる短期海象として定義される。

①による短期海象：設計海象 H

②による短期海象：設計海象 F

③による短期海象：設計海象 R

④による短期海象：設計海象 P

ここで、設計海象 H は縦曲げモーメントに加えピッチ及びヒープの連成による上下方向加速度並びに左右対称分布の波浪変動圧がほぼ最大となる短期海象である。設計海象 F は設計海象 H とほぼ同様であるが、上下方向加速度が最小となる (即ち、加速度による慣性力が最小となる場合) と共に波浪変動圧の船長方向変化が少ない短期海象である。また、設計海象 R はロールによる左右方向加速度及び左右逆対称分布の波浪変動圧がほぼ最大となる短期海象である。更に、設計海象 P は波上側の喫水線における波浪変動圧及びヒープによる上下方向加速度がほぼ最大となる短期海象である。

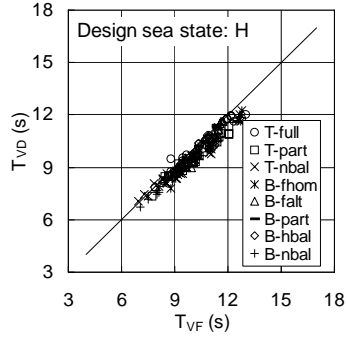
更に、22 隻の BC 及び 27 隻のタンカーに対する支配的な荷重成分の直接荷重解析の結果に基づき、設計海象の簡易推定手法を開発した。開発された設計海象の簡易算式を表 3.4.2 に示す。

設計海象 H, R 及び P の平均波周期及び有義波高について、直接荷重解析の結果により求めた場合 (T_{VD} と H_{WD}) と表 3.4.2 に示されている簡易算式により求めた場合 (T_{VF} と H_{VF}) の比較を、図 3.4.6 に示す。図 3.4.6 より、開発した簡易算式による各設計海象の平均波周期及び有義波高は、実用上十分な精度で推定できることが分かる。

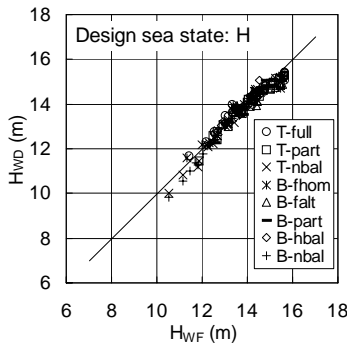
表 3.4.2 設計海象

設計条件	出会角 (χ_j)	平均波周期 (T_{Vj})	最大波高 (H_{Wj})
H	向波 180 (deg.)	$T_{Vj} = 0.85 \sqrt{\frac{2\pi\lambda_j}{g}}$ (s)	$H_{\max j} = C_3 \cdot H_{Wj}$ (m), ここで, $C_3: 1.9$ H_{Wj} : 有義波高で次の算式による。 $H_{Wj} = C_1 \cdot C_{2(j)}$ (m) C_1 及び $C_{2(j)}$ は次の算式による。 $C_1 = 10.75 - \left(\frac{300-L}{100}\right)^{1.5}$ $L \leq 300$ m $C_1 = 10.75$ 300 m < $L \leq 350$ m $C_1 = 10.75 - \left(\frac{L-350}{150}\right)^{1.5}$ 350 m < L $C_{2(j)} = 1.1 \sqrt{\frac{L + \lambda_j - 125}{L}}$
F	追波 0 (deg.)		
R	横波 90 (deg.)		
P	横波 90 (deg.)		

λ_j : 各設計海象に対応する設計規則波の波長, その簡易算式は表 3.4.3 に示す。



(a) 平均波周期



(b) 有義波高

図 3.4.6 直接荷重解析及び簡易算式による平均波周期及び有義波高の比較

1.2.1f 設計海象下において船体構造強度を推定するためには、予め応力の応答関数を求めた上で波スペクトルを用いて短期予測を実施するか、不規則波中のシミュレーションを実施する必要がある、設計上の観点からは未だ非現実的である。従って、等価設計波（設計規則波）に基づいて支配的荷重成分のための設計荷重を開発することとした。開発した等価設計波は、1.2.1e に提案した設計海象下で発生する不規則波中の応答値と等価な応答値を発生させる規則波である。

表 3.4.3 は、支配的荷重に対する直接荷重解析のシリーズ計算の結果に基づき開発された簡易算式による等価規則波の実用的設定法として纏めて示す。

2. 荷重ケース

2.1 一般

2.1.1a 各等価設計波は、2つの荷重ケースがある。即ち、等価設計波 H 及び F に対して、図 3.4.7 に示す波の谷ケース (H1 或いは F1) と波の山ケース (H2 或いは F2) であり、等価設計波 R 及び P に対して、図 3.4.8 に示す波上側 (左舷) Down ケース (R1 或いは P1) と波上側 (左舷) Up ケース (R2 或いは P2) である。詳細の等価設計波に対応する荷重ケースの定義は、表 3.4.4 に示す。対応するハルガーダ荷重及び船体運動は表 3.4.5 に示す。また、図 3.4.9 は、船体運動の定義の内、船首 Down の状態及び船首 Up の状態を示す。

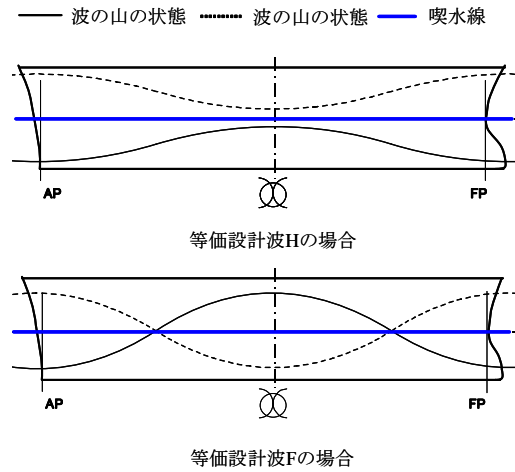
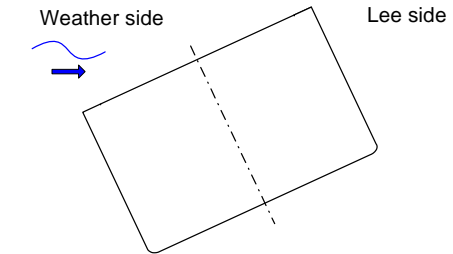
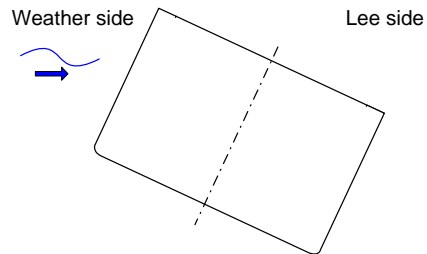


図 3.4.7 等価設計波 H 及び F に対する波の山の状態及び波の谷の状態の定義

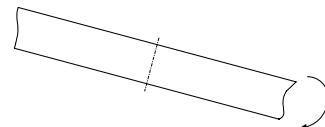


(a) 波上側 Down の状態

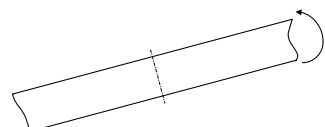


(b) 波上側 up の状態

図 3.4.8 等価設計波 R 及び P に対する波上側 (左舷) Down の状態及び波上側 (左舷) Up の状態の定義



(a) 船首 down の状態



(b) 船首 up の状態

図 3.4.9 船体運動の定義

表 3.4.3 等価設計波

設計条件	出会角 $[\lambda_j]$ (deg.)	波長 $[\lambda_j]$ (m)	規則波高 (H_j) (m)		
			C_4	C_5	
H	180 (向波) (deg.)	$\lambda_H = 0.6 \left(1 + \frac{T_{LC}}{T_S}\right) L$	$H_j = C_4 \cdot C_5 \cdot H_{\max(j)}$ (m) C_4 : 規則波高への修正係数 C_5 : 非線形影響及び3次元影響の修正係数	0.65	0.90
F	0 (追波) (deg.)	$\lambda_F = 0.6 \left(1 + \frac{2 T_{LC}}{3 T_S}\right) L$			
R	90 (横波) (deg.)	$\lambda_R = \frac{g}{2\pi} T_R^2$		0.42	0.80
P	90 (横波) (deg.)	$\lambda_P = \left(0.2 + 0.4 \frac{T_{LC}}{T_S}\right) L$		0.70	0.65
注:					
T_S : 構造用喫水 (m)					
T_{LC} : 考慮される積付状態での船体中央部における喫水 (m)					
H_j : 各設計海象に対応する等価設計波の波高 (m)					
H_{maxj} : 各設計海象に対応する最大波高 (m)					
L : 規則船長 (m)					
λ_j : 各設計海象に対応する等価設計波の波長 (m)					
T_R : ロール周期 (s)					

表 3.4.4 荷重ケースの定義

荷重ケース	H1	H2	F1	F2	R1	R2	P1	P2
等価設計波	H		F		R		P	
波向	向波		追波		横波 (左舷: 波上側)		横波 (左舷: 波上側)	
特性	最大縦曲げモーメント		最大縦曲げモーメント		最大ロール		最大波浪変動圧	
	サギング	ホギング	サギング	ホギング	(+)	(-)	(+)	(-)

表 3.4.5 ハルガーダ荷重及び船体運動

荷重ケース	H1	H2	F1	F2	R1	R2	P1	P2
縦曲げモーメント及びせん断力	考慮		考慮		-		考慮	
水平曲げモーメント	-		-		考慮		-	
上下揺	Down	Up	-	-	Down	Up	Down	Up
ピッチ	船首 down	船首 up	-	-	-	-	-	-
ロール	-	-	-	-	右舷 up	右舷 down	右舷 up	右舷 down
前後揺	船尾	船首	-	-	-	-	-	-
左右揺	-	-	-	-	-	-	左舷	右舷

2.1.1b 更に、船体構造又は貨物の積付が船体中心線に対して非対称となる場合には、上述した横波の荷重ケース (R1, R2, P1 及び P2) と逆の4つの荷重ケースについても強度評価を行なわなければならない。この4つの荷重ケースは、波が右舷から、即ち、右舷を波上側とした場合の横波状態に対応する。荷重ケース及び対応するハルガーダ荷重並びに船体運動の詳細定義を、表 3.4.6 及び表 3.4.7 に示す。

2.1.1c 22隻のばら積貨物船及び27隻のタンカーに対して、

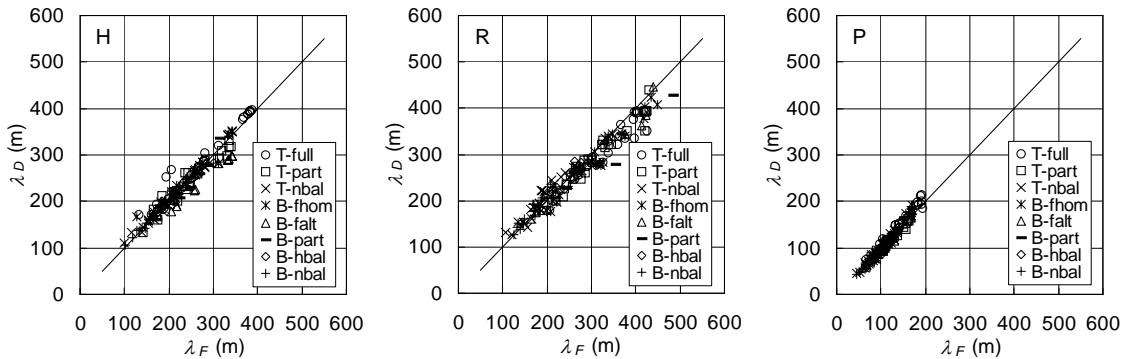
直接荷重解析より求めた波長 (λ_p) と、簡易算式により求めた波長 (λ_f) との比較を図 3.4.10 に示す。図 3.4.10 より、等価設計規波の波長の簡易算式は十分な精度を有していることが確認できる。

表 3.4.6 荷重ケースの定義 (船体構造又は貨物の積付が船体中心線に対して非対称となる場合に用いる)

荷重ケース	R1	R2	P1	P2
等価設計波	“R”		“P”	
波向	横波 (右舷: 波上側)		横波 (右舷: 波上側)	
特性	最大ロール		最大波浪変動圧	
	(-)	(+)	(+)	(-)

表 3.4.7 ハルガーダ荷重及び船体運動船体 (構造又は貨物の積付が船体中心線に対して非対称となる場合に用いる)

荷重ケース	R1	R2	P1	P2
波向	右舷			
縦曲げモーメント及びせん断力	-		考慮	
水平曲げモーメント	考慮		-	
上下揺	Down	Up	Down	Up
ピッチ	-	-	-	-
ロール	左舷 up	左舷 down	左舷 up	左舷 down
前後揺	-	-	-	-
左右揺	-	-	右舷	右舷
波上側と横波中の体運動の説明図				



(a) 等価設計波 H (b) 等価設計波 R (c) 等価設計波 P
図 3.4.10 直接荷重解析及び簡易算式による等価設計波の波長の比較

2.2 荷重組合せ係数

2.2.1

2.2.1a 荷重組合せ係数(LCF)は、各等価設計波 (H, F, R 及び P) に対して、支配的な荷重成分及び考慮する荷重成分の応答関数 (RAO) を用いて次の式により定められる。

$$C_{j,i} = \frac{RAO_j(\lambda_i, \chi_i)}{RAO_{j,max}} \times \cos\{\varepsilon_j(\lambda_i, \chi_i) - \varepsilon_i(\lambda_i, \chi_i)\}$$

ここに、

i : 第 i 番目の支配的な荷重成分。具体的には、それぞ

れ等価設計波 H と F における波浪中縦曲げモーメント、等価設計波 R におけるロール船体運動及び等価設計波 P における波浪変動圧を指している

j : 第 i 番目の等価設計波中考慮する第 j 番目の荷重成分

$\varepsilon_i(\lambda_i, \chi_i)$: 第 i 番目の等価設計波中の支配的な荷重成分の応答関数の位相

λ_i : 第 i 番目の等価設計波中の支配的な荷重成分の応答関数の波長

χ_i : 第 i 番目の等価設計波中の支配的な荷重成分の波の方向

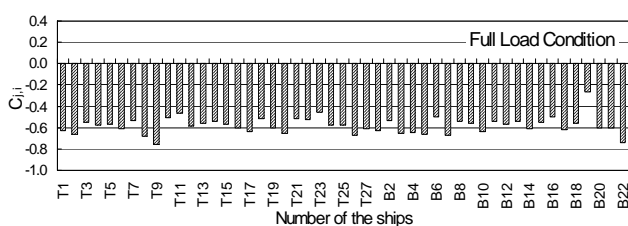
$\varepsilon_j(\lambda_i, \chi_i)$: 第 i 番目の等価設計波中の考慮する j 番目の荷

重成分の応答関数の位相

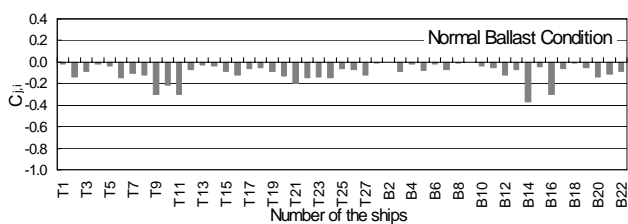
$RAO(\lambda_i, \chi_i)$: 第 i 番目の等価設計波中の考慮する j 番目の荷重成分の応答関数の振幅

RAO_{jmax} : 考慮する j 番目の荷重成分の応答関数の最大値

2.2.1b 図 3.4.11 に、船体中央部の喫水線における波浪変動圧が最大となる（波浪変動圧が正の場合）等価設計波 P において考慮する、波浪中縦曲げモーメントの LCF の値の例を示す。



(a) 均等積付状態



(b) ノーマルバラスト状態

図 3.4.11 等価規則波 P（荷重ケース P1）において考慮する荷重成分（波浪中縦曲げモーメント）の LCF の例

これらの図から、この LCF の平均値は、満載均等積付状態及びノーマルバラスト状態に対し、それぞれ凡そ -0.6 及び -0.1 であることがわかる。荷重組合せ係数の絶対値は、喫水の減少に従って小さくなる。これは、波浪変動圧が最大になる波長が、排水量の減少（喫水が小さくなる）と共に短くなり、その波長に対応する波浪中縦曲げモーメントの振幅と最大値との割合が小さくなるからである。また、LCF がマイナスであるため、波浪中縦曲げモーメントは、船体中央部の喫水線における波浪変動圧が正の最大となる時（即ち、荷重ケース P1 に対応する）に、船体甲

板に圧縮の応力を生じさせる。一方、船体中央部の喫水線における波浪変動圧が負の最大となる時（即ち、荷重ケース P2 に対応する）に、LCF は、大きさを変えないものの、符号が荷重ケース P1 と逆になる。即ち、波浪中縦曲げモーメントにより誘起される船体甲板の応力は、引張り応力になる。

2.2.1c 22 隻の BC 及び 27 隻のタンカーに対し、さまざまな積付状態時（BC に対しては、均等積付状態、隔倉積付状態、ヘビーバラスト状態、ノーマルバラスト状態及び多港積付状態の 5 種類を、タンカーに対しては、満載積付状態、部分積付状態及びノーマルバラスト状態の 3 種類を選択した。）における LCF を求めるために、直接荷重解析によるシリーズ計算を実施した。ここでは、1.2 に記述している 4 つの等価設計波、H (H1 と H2)、F (F1 と F2)、R (R1 と R2) 及び P (P1 と P2) に対応する構造解析で考慮すべき各荷重成分（船体運動、加速度、ハルガーダ力）の LCF を計算した。BC のシリーズ計算の結果を表 3.4.8 に示す。これらの値を、各荷重ケース H1、H2、F1、F2、R1、R2、P1 及び P2 に対する LCF とした。

2.2.1d 2.1 に説明された船体構造又は貨物の積付が船体中心線に対して非対称となる場合における逆の横波の 4 つ荷重ケースの LCF を、表 3.4.9 に示す。

2.2.2a 構造解析においては、2.1 に記述している荷重組合せケースに対応する波浪中のハルガーダ荷重を考慮する他に、3 節 2.2 に記述される静水中曲げモーメントも考慮しなければならない。

2.2.3a 5 節に規定する外圧の他に、構造解析に用いる内部荷重は、甲板積載を含む積荷（バラストを含む）に誘起される静圧又は静力及び加速度に誘起され積荷（バラストを含む）に作用する慣性圧力又は慣性力を考慮する。ここで、積荷（バラストを含む）による慣性圧力又は慣性力は、表 3.4.8 に示している各船体運動及び加速度の荷重組合せ係数を用いて 2 節の 3.2 に記述されている船体任意点における前後加速度、左右加速度及び上下加速度の計算方法及び 6 節に記述される計算方法により算出する。

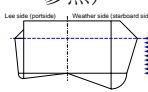
表 3.4.8 荷重組合せ係数(LCF)

	LCF	H1	H2	F1	F2	R1	R2	P1	P2
M_{WV}	C_{WV}	-1	1	-1	1	0	0	$0.4 - \frac{T_{LC}}{T}$	$\frac{T_{LC}}{T} - 0.4$
Q_{WV}	C_{QW}^*	-1	1	-1	1	0	0	$0.4 - \frac{T_{LC}}{T}$	$\frac{T_{LC}}{T} - 0.4$
M_{WH}	C_{WH}	0	0	0	0	$1.2 - \frac{T_{LC}}{T}$	$\frac{T_{LC}}{T} - 1.2$	0	0
a_{surge}	C_{XS}	-0.8	0.8	0	0	0	0	0	0
$a_{pitch x}$	C_{XP}	1	-1	0	0	0	0	0	0
$gsin\Phi$	C_{XG}	1	-1	0	0	0	0	0	0
a_{sway}	C_{YS}	0	0	0	0	0	0	1	-1
$a_{roll y}$	C_{YR}	0	0	0	0	1	-1	0.3	-0.3
$gsin\theta$	C_{YG}	0	0	0	0	1	-1	0.3	-0.3
a_{heave}	C_{ZH}	$0.6 \frac{T_{LC}}{T}$	$-0.6 \frac{T_{LC}}{T}$	0	0	$\frac{\sqrt{L}}{40}$	$-\frac{\sqrt{L}}{40}$	1	-1
$a_{roll z}$	C_{ZR}	0	0	0	0	1	-1	0.3	-0.3
$a_{pitch z}$	C_{ZP}	1	-1	0	0	0	0	0	0

備考：

(1) 表中の C_{QW} として規定する荷重組合せ係数は、船体中央断面より後方に対する値を示す。船体中央断面より前方については、正負を逆にした値を用いること。

表 3.4.9 荷重組合せ係数(LCF) (船体構造又は貨物の積付が船体中心線に対して非対称となる場合に用いる)

LCF		R1	R2	P1	P2
波向		右舷：波上側			
M_{WV}	C_{WV}	0	0	$0.4 - \frac{T_{LC}}{T_S}$	$\frac{T_{LC}}{T_S} - 0.4$
Q_{WV}	C_{QV}^1	0	0	$0.4 - \frac{T_{LC}}{T_S}$	$\frac{T_{LC}}{T_S} - 0.4$
M_{WH}	C_{WH}	$\frac{T_{LC}}{T_S} - 1.2$	$1.2 - \frac{T_{LC}}{T_S}$	0	0
a_{surge}	C_{XS}	0	0	0	0
$a_{pitch\ x}$	C_{XP}	0	0	0	0
$g\sin\Phi$	C_{XG}	0	0	0	0
a_{sway}	C_{YS}	0	0	-1	1
$a_{roll\ y}$	C_{YR}	-1	1	-0.3	0.3
$g\sin\theta$	C_{YG}	-1	1	-0.3	0.3
a_{heave}	C_{ZH}	$\frac{\sqrt{L}}{40}$	$-\frac{\sqrt{L}}{40}$	1	-1
$a_{roll\ z}$	C_{ZR}	-1	1	-0.3	0.3
$a_{pitch\ z}$	C_{ZP}	0	0	0	0
p^2	-	p_{R1} (CSR-B 編 4章 5 節の 1.4.1 参照) 	$-p_{R1}$	p_{P1} (CSR-B 編 4章 5 節の 1.5.1 参照) 	$-p_{P1}$
備考： (1) 表中の C_{QV} として規定する荷重組合せ係数は、船体中央断面より後方に対する値を示す。船体中央断面より前方については、正負を逆にした値を用いること。 (2) 波浪変動圧の修正は、CSR-B 編 4 章 5 節の 1.6 参照					

5 節 外圧

1. 船側及び船底に作用する外圧

1.1 一般

1.1.1a 構造解析及び強度評価に用いる外圧は、検討する部材の位置における静水圧 (p_s) 及び波浪変動圧 (p_w) の合計圧力 (p) である。

1.1.1b 波浪変動圧 (p_w) は、1.3, 1.4 及び 1.5 に説明されるように負圧になる場合がある。但し、合計圧力 (p) は、負の値としない。

1.1.1c 1.3, 1.4 及び 1.5 に規定される簡易算式による最大値は、波浪変動圧の最大値 (超過確率 10^{-8} レベルに対応する長期予測値) と等価な値を与える。

1.2 静水圧

1.2.1a 静水中は、検討する各積付状態における静水中に相当する静水圧を考慮する。

1.3 波浪変動圧 — 荷重ケース H1, H2, F1 及び F2

1.3.1a 4つの荷重ケース (H1, H2, F1 及び F2) に対する波浪変動圧の分布は、波浪縦曲げが最大となる等価設計波 H 及び F におけるものである。波浪変動圧は、4 節に規定された船体中央部の波浪中縦曲げモーメントが最大になる

等価設計波における波浪変動圧の応答関数 RAO に、対応する支配的荷重成分の等価設計波の規則波高 (表 3.4.3 参照) を乗じることより得られる。

1.3.1b 向波中に発生する船底中央部の波浪変動圧の振幅が最大になる波長は、波浪中縦曲げモーメントが最大となる時の波長とほぼ同じである。船底中央部の波浪変動圧が最大となる時には同じ断面内の他の場所の波浪変動圧もほぼ最大となり、かつ、位相もほぼ同じとなる。

1.3.1c 追波中の波浪変動圧は、向波のものに比べ若干小さくなるが、その差は 1 割程度であり、波長によって考慮される。

1.3.1d 向波中の波浪変動圧 (p_{H1} と p_{H2}) は、検討する船体断面における圧力分布 (p_{HF}) と船長方向の分布係数 (k_l) 並びに船長方向の位相関係を考慮した係数 (k_f) から構成される。

1.3.1e 追波時においては、船体運動がほとんど生じないため、船首及び船尾における波浪変動圧の振幅は中央部と同程度またはそれ以下の値となっているので、安全側の考慮として追波条件における波浪変動圧 (p_{F1} と p_{F2}) の船長方向分布は一定とする。

1.3.1f 超過確率 10^{-8} レベルにおける荷重ケース H1, H2, F1 及び F2 に対する波浪変動圧に対して, 水槽模型実験の結果に基づく非線形影響係数 0.9 を考慮する。

1.4 波浪変動圧 — 荷重ケース R1 及び R2

1.4.1a 荷重ケース R1 及び R2 に対する波浪変動圧の分布は, ロール船体運動が最大になる等価設計波 R におけるものである。波浪変動圧は, 4 節に規定されたロール最大時の波浪変動圧の応答関数 RAO に, ロールの等価設計波の規則波高 (表 5.4.3 参照) を乗じることにより得られる。

1.4.1b 波浪変動圧分布は, それぞれロール傾斜による静水圧の変動分 (非対称成分, CSR-B 編 4 章 5 節 1.4.1 に規定される算式の第 1 項) とヒープによる変動分 (対称成分, 上式の第 2 項) により構成される。

1.4.1c ロールが最大となる時の波浪変動圧は, 船長方向にほぼ一定であり, 位相も同じである。従って, 波浪変動圧の船長方向分布は一定とする。

1.4.1d 超過確率 10^{-8} レベルにおける荷重ケース R1 及び R2 に対する波浪変動圧に対して, 非線形影響係数 0.8 を考慮する。

1.5 波浪変動圧 — 荷重ケース P1 及び P2

1.5.1a 荷重ケース P1 及び P2 に対する波浪変動圧の分布は, 船体中央部の波浪変動圧が最大となる等価設計波 P におけるものである。波浪変動圧は, 4 節に規定される波浪変動圧が最大となる時の波浪変動圧の応答関数 RAO に, 波浪変動圧の等価設計波の規則波高 (表 3.4.3 参照) を乗じることにより得られる。

1.5.1b 波浪変動圧が最大となる場合は, 波浪変動圧は横波であるので, ロールに対する波浪変動圧と同じく, 船長方向にほぼ一定であり, 位相も同じである。従って, 波浪変動圧の船長方向分布は一定とする。

1.5.1c 超過確率 10^{-8} レベルにおける荷重ケース P1 及び P2 に対する波浪変動圧に対して, 非線形影響係数 0.65 を考慮する。

1.6 波浪変動圧の修正

1.6.1a 喫水線における波浪変動圧が正の値となる場合 (荷重ケース H1, H2, F2, R1, R2 及び P1) には, 喫水線より上方の波浪変動圧に関して, 喫水線における波浪変動圧を海水の水頭に換算し, 換算された水頭位置まで線形 (傾斜 45 度) で波浪変動圧を生じるものとする。

1.6.2a 喫水線における波浪変動圧が負の値となる場合 (荷重ケース H1, H2, F1, R1, R2 及び P2) には, 喫水線より下方の波浪変動圧に関して, 波浪変動圧と静水圧の合計圧力は負にならないとする。

2. 暴露甲板上的の外圧

2.1 一般

2.1.1a 暴露甲板に設置されるウォータブレイカの有無に関係なく, 2.2 及び 2.3 に規定される圧力を考慮する必要がある。

2.2 荷重ケース H1, H2, F1 及び F2

2.2.1a 向波及び追波の荷重ケース H1, H2, F1 及び F2 に対して, 暴露甲板の任意の位置における外圧 p_D は, LL 条約 (あるいは IACS UR S21) に規定される暴露甲板上に働く圧力 (p_W) と暴露甲板における圧力係数 (ϕ , 甲板の高さに応じる係数であり, 甲板が高くなると小さくなる。) により推定する。

2.3 荷重ケース R1, R2, P1 及び P2

2.3.1a 横波の荷重ケース R1, R2, P1 及び P2 に対して, 暴露甲板の任意の位置における外圧 p_D は, 1.4, 1.5 及び 1.6 に説明された暴露甲板の船側位置における波浪変動圧 (左舷及び右舷の内, 大きい方の値をとる。), 暴露甲板における圧力係数 (ϕ) 及び考慮する位置 z より推定する。

2.4 暴露甲板上的の積載物による荷重

2.4.1a 暴露甲板に分布積載物 (例えば木材など) を積載する場合には, それによる静的及び動的分布荷重を考慮する必要がある。

2.4.1b この分布荷重による静的圧力 p_S は, 基本的に設計者により規定するが, 10 kN/m^2 以上とする。

2.4.1c この分布荷重による動的圧力 p_W は, 積載物の重心における上下加速度 (a_z) と (2 節の 3.2 に規定されている算式による) 重力加速度 (g) との比率に静的圧力 p_S を乗ずることにより推定する。

2.4.1d 静的圧力 p_S と動的圧力 p_W との合計圧力 p は, 2.2 及び 2.3 に規定される青波による圧力 p_D と同時に考慮する必要は無く, 大きい方の値をとる。

2.4.2 積載物による集中荷重

2.4.2a 暴露甲板に集中積載物 (例えば艙装品など) を積載する場合には, それによる静的及び動的な集中荷重を考慮する必要がある。

2.4.2b 集中荷重による静的な力 F_S は, 集中積載物の質量と等しく, 動的な力 F_W は, 積載物の重心上下加速度 (a_z) に集中積載物の質量を乗ずることにより推定する。

2.4.2c 静的圧力 p_S と動的圧力 p_W との合計圧力 p は, 2.2 及び 2.3 に規定される青波による圧力 p_D と同時に考慮する必要は無い。

3. 船楼及び甲板室の外圧

3.1 暴露甲板

3.1.1a 2. に規定されている暴露甲板に対する外圧は, 船楼及び甲板室の暴露甲板にも適用する。但し, この外圧は, 3.2, 3.3 及び 3.4 に規定される外圧と共に, 9 章 4 節に規定される部材寸法要件のみに適用する。

3.2 暴露した操舵室の頂板

3.2.1a 暴露した操舵室の頂板に働く圧力 p は, 2.5 kN/m^2 以上とする。

3.3 船楼の側面

3.3.1a 船楼の側面に働く圧力は, 船楼における船長方向位置及び高さに応じて推定される。

3.4 船楼端隔壁及び甲板室壁

3.4.1a 船楼端隔壁及び甲板室壁に働く圧力は、隔壁（壁）の船長方向の位置及び高さに応じて計算される。

4. 船首部の圧力

4.1 船首フレア部の圧力

4.1.1a 船体構造補強のため、船首フレア部（船首から $0.1L$ 、かつ、ノーマルバラスト喫水より上方に位置する箇所）の構造部材の局部強度を評価する場合に、船首フレアスラミングによる圧力を考慮する必要がある。このスラミング圧力は、9章1節4.に規定される部材寸法要件のみに適用する。本算式は、GL 規則算式を CSR で想定している海象条件と整合するよう修正したものである。

4.2 設計船底スラミング圧

4.2.1a 船体構造補強のため、船首船底部（9章1節5.に規定される範囲）の構造部材の局部強度を評価する場合には、船底スラミングによる圧力を考慮する必要がある。このスラミング圧力は、規定される部材寸法要件のみに適用する。本算式は、GL 規則算式を CSR で想定している海象条件と整合するよう修正したものである。

5. ハッチカバーの外圧

5.1 一般

5.1.1a ハッチカバー上に貨物を積載する場合、積載物による静的及び動的な荷重は、積載物の種類によって、2.4により定める。

5.2 波浪外圧

5.2.1a ハッチカバーにおける波浪外圧は、基本的に、2.2.1に規定されている暴露甲板上に働く圧力の計算により推定する（LL 条約或いは IACS UR S21 の規定による）。この波浪外圧は、9章5節4.に規定されるハッチカバーの部材寸法要件のみに適用する。

6 節 内圧

1. ばら積貨物による面外圧力

1.1 ばら積貨物上面

1.1.1a 1.2 に規定される粒状貨物による静的な圧力及び1.3 に規定される粒状貨物による動的な圧力を推定する時に、粒状貨物の荷姿を設定する必要がある。

1.1.1b 貨物荷姿の上面がハッチコーミング上端まで達するような貨物密度（ ρ_C ）の小さい貨物の場合、ばら積貨物の上面は、貨物と壁面の間の摩擦影響などを考慮して、実用と安全側の配慮からトップサイドタンクを無視して均した貨物荷姿をする。

1.1.1c 積貨物の荷姿の高さ（ h_C 、内底板から仮定されたばら積貨物の上面までの垂直距離）は、等しい体積の貨物を考慮する貨物倉の船側外板又は縦通隔壁で囲まれる部分の幅で積載した状態を仮定して定める。

1.1.2.a 鉄鉱石等の密度の大きいばら積貨物が貨物倉に積載される場合、貨物荷姿の上面は、上甲板の位置まで達し

ない。内底板に加わる貨物圧力を安全側に設定するため、積貨物の荷姿の高さ（ h_C ）は、貨物の容積及び質量（ M ）を変えずに、考慮する貨物倉に等しい体積 M/ρ_C の貨物を、船体中心線上に $B_H/2$ （ B_H は、貨物倉の平均幅）の幅の水平面を有し、かつ、船側では安息角（ ψ ）の半分と等しい傾斜角を有する形状で積載したと仮定して定める。

1.2 静水中における粒状貨物による圧力

1.2.1a 粒状貨物による静的な圧力は、検討する場所の位置、積貨物の荷姿の高さ（ h_C ）及び静止土圧係数 K_0 と斜板の角度をパラメータとする見かけの静止土圧係数 K_C （ $K_C = \cos^2\alpha + K_0 \sin^2\alpha$ ）より推定できる。

1.2.1b 粒状貨物による静的及び動的な圧力の推定精度を向上させるため、 K_0 に Jaky 式（ $K_0 = 1 - \sin\psi$ ）及び Rankine 式（ $K_0 = \tan^2(45 - \psi/2)$ ）を用いて計算した静止土圧係数 K_C と、実験結果とを比較して、図 3.4.12 に示す。図 3.4.12 から、全体的な傾向としては K_0 に Jaky 式を用いた見かけの静止土圧係数 K_C が最も実験結果との相関が良く、また、安全側にあるので、本規則に見かけの静止土圧係数 K_C は Jaky 式を採用することとした。

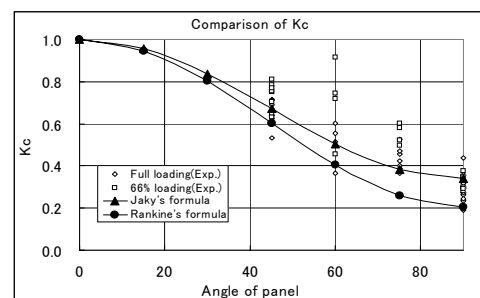


図 3.4.12 実験結果と見かけの静止土圧係数 K_C の比較

1.3 粒状貨物による慣性圧力

1.3.1a 粒状貨物の慣性力による動的な圧力は、4章4節の2に規定する各荷重ケース（H1, H2, F1, F2, R1, R2, P1 及び P2）に対して、検討する場所の位置、積貨物の荷姿の高さ（ h_C ）、見かけの静止土圧係数 K_C 及び4章2節の3.に規定する貨物倉の重心における前後方向加速、左右方向加速度と上下方向加速度などにより推定できる。

1.3.1b 構造強度評価のための支配的な加速度成分は、ピッチ及びロールによる角加速度、上下揺による上下加速度、ロールによる左右方向加速度及びピッチによる前後加速度を考慮する。ピッチ及びロールによる粒状貨物の変動圧は、角加速度成分による前後方向と左右方向の併進加速度成分とピッチ及びロールによる重力加速度の傾斜成分に分けることができる。

1.3.1c 水平動揺実験結果（前後又は左右方向）によると、水平加速度（前後又は左右方向）を受ける粒状貨物による変動圧（定常状態）は、液体貨物による変動圧の約10%程度しかない。これより、構造強度に与える影響は小さいと

考え、水平動揺による粒状貨物の変動圧力は考慮しないこととした。

1.3.1d 実験結果に基づき、ピッチ及びロールの傾斜（重力加速度の傾斜成分）による粒状貨物による変動圧は、 $\rho_C g \sin \Phi$ （又は $\rho_C g \sin \theta$ ）に貨物倉中心から評価点までの距離及び修正係数 C_ϕ (C_θ) を掛けることより近似的に推定できる。ここに、 Φ と θ は、それぞれ、ピッチ角及びロール角である。修正係数 C_ϕ (C_θ) は、実験結果に基づき 0.25 とする。図 3.4.13 は、ロールの傾斜（重力加速度の傾斜成分）による粒状貨物による変動圧分布の例である。

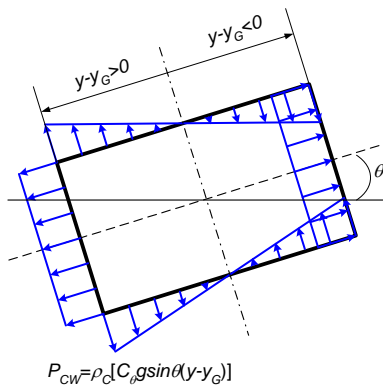


図 3.4.13 ロールの傾斜による粒状貨物による変動圧分布

1.4 粒状貨物によるせん断荷重

1.4.1a 直接構造解析において、FE 構造モデルの鉛直方向の全体的な内圧又は力（重力及び上下加速度による慣性力）のバランスを考慮するため、1.2.1 及び 1.3.1 に示される算式による静的な内圧及び動的な内圧の他に、1.4.1 に示される算式によるせん断荷重（Shear Load）考慮する必要がある。これらのせん断荷重は、ビルジホップ斜板、トップサイドタンクの斜板及び横隔壁の下部スツールの斜板に作用させる。具体的に、上述斜板の FE モデルの各節点に平均化されたせん断荷重を負荷させる。

1.4.2a 1.4.1 と基本的に同じ理由より、船長方向及び船幅方向には、前後及び左右方向加速度による慣性力しかないので、FE 構造モデルの前後・横方向の全体的な力（加速度による慣性力）のバランスを考慮するために、内底板に Shear Load を負荷させる。せん断荷重は直接構造解析の場合のみ考慮する。

2. 液体による面外圧

2.1 静水中における液体による圧力

2.1.1a 液体による静水圧は、基本的に空気管の高さを含む液体の水頭に基づき計算する。安全弁を装備する場合、設定圧力を考慮する。また、局部強度評価に対して、液体による静水圧は、 25 kN/m^2 以上とする。

2.1.2a フロースルー法によるバラスト水の交換を計画される場合には、局部強度評価及び 7 章に規定される直接強度解析に対して、液体による静圧力は、 25 kN/m^2 以上とす

る。また、配管及びポンプの設計により、より高い圧力が生じ得る場合には、この高い圧力を考慮する必要がある。

2.2 液体による慣性圧力

2.2.1a 液体による動的な内圧は、一般的に各荷重ケース（H1, H2, F1, F2, R1, R2, P1 及び P2）に応じて、貨物倉又はタンク中心における前後加速度、左右加速度及び上下方向加速度に参考点から評価する点までの距離を掛けることにより推定できる。表 3.4.10 は、各荷重ケースにおける動的な内圧の計算に考慮する加速度成分を示す。

表 3.4.10 動的な内圧の計算に考慮する加速度成分

荷重ケース	a_x	a_y	a_z
H1, H2	考慮	考慮せず	考慮
F1, F2	考慮せず	考慮せず	考慮せず
R1, R2	考慮せず	考慮	考慮
P1, P2	考慮せず	考慮	考慮

2.2.1b 図 3.4.14(a)と(b)は、それぞれ荷重ケース H1 において前後と上下加速度による動的な内圧分布を示す。また、図 3.4.15(a)と(b)は、それぞれ荷重ケース R1 或いは P1 における左右と上下加速度による動的な内圧分布を示す。更に、図 3.4.15(c)に左右加速度と上下加速度の合加速度による合成された動的な内圧分布を示す。

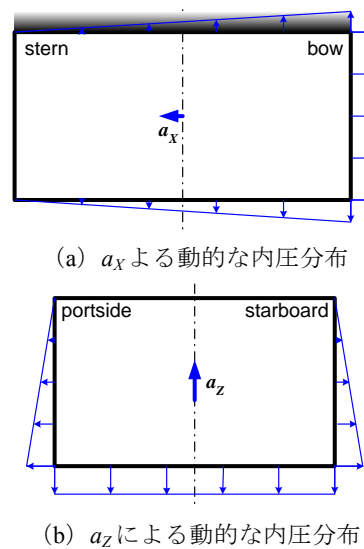


図 3.4.14 荷重ケース H1 における前後と上下加速度による動的な内圧分布を示す

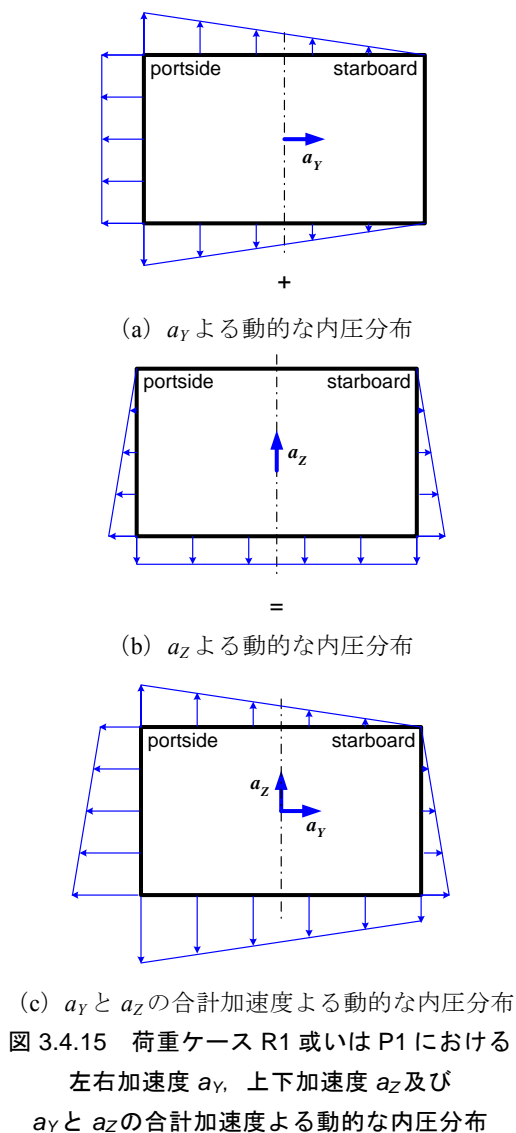


図 3.4.15 荷重ケース R1 あるいは P1 における
左右加速度 a_y 、上下加速度 a_z 及び
 a_y と a_z の合計加速度による動的な内圧分布

3. 浸水時における面外圧力及び力

3.1 適用

3.1.1a 浸水状態において、検討する部材に応じて、3.2 に一般のケース、3.3 に波型横置隔壁の特定ケース及び 3.4 に二重底の特定ケースに対する圧力の規定をそれぞれ示す。

3.2 一般

3.2.1a 一般のケースに対応する構造部材は、内底板及び船側外板を除く液体を積載しない区画の境界を構成する板部材とする。これらの板部材に加わる圧力は、4 章 6 節 3.2.1 に規定される算式により推定する。

3.3 立て式波型横置隔壁

3.3 の規定は、IACS UR S18 の規定を全面的に取り入れている。それぞれの貨物倉について、単独で浸水した状態を考慮する。

3.4 二重底

3.4 の規定は、IACS UR S20 の規定に基づく。各貨物倉がそれぞれ単独に浸水した場合を考慮する。

4 水圧試験時の圧力

4.1 静水圧力

4.1.1a 水圧試験が要求される板部材及び防撓材の局部強度評価において、水圧試験による静水圧を、水圧試験水頭及び構造部材における区画と位置により推定する。

7 節 積付状態

本節は、一部の用語・構成の変更を除けば、基本的に IACS UR S25 に規定されるばら積貨物船に対する設計条件をそのまま取り入れたものがある。しかしながら、一部の要件に変更が加えられているので、IACS UR S25 からの変更箇所についてのみ以下に解説する。

1. 適用

1.1

IACS UR S25 は、長さが 150m 以上のばら積貨物船に対し適用される規定である。150m 未満のばら積貨物船にあつては、IACS UR S25 の規定に拘わらず、実際に想定される積付条件に基づき設計するよう規定した。

4. 直接強度解析のために設計荷重条件

4.1 積付状態

4.1.1

直接強度解析において考慮すべき積付状態を、船の種類別（付記別）に整理し、規則中の表 1 にまとめた。

4.1.2

特殊な積付けを行う場合にあつては、別途考慮するよう規定した。

4.2 静水中縦曲げモーメント及びせん断力

直接強度解析においては、積付状態と荷重ケース（設計波）が組み合わせられるが、この際考慮すべき静水中縦曲げモーメントを表 2 に規定した。基本的には、ホギング及びサギングの許容値のうち、想定される荷重条件においてより厳しい結果となるもの、或いはその両方を考慮するよう規定している。しかしながら、通常起こりえない静水中縦曲げモーメントについては除外してある。また、均等積状態における静水中縦曲げモーメントは、許容値の 50% を用いることとした。表 3 に規定されるように、せん断力解析においては許容静水中せん断力を考慮する必要があるが、解析すべき積付状態は、隔倉積状態などの高せん断力を生じるものに限定した。また荷重ケースは、向い波或いは追い波に該当する H と F のみを考慮することとした。

8 節 ローディングマニュアル及び積付計算機

本節の規定は、IACS UR S1 及び S1A に基づいている。

付録 1 マスチャート

CSR-B 編は、トップサイドタンク及びビルジホップタンクを有する典型的なばら積貨物船を対象としており、船の長さが 150m 以上の船舶については、1 章 1 節 3.1 の規定に

より“BC-A”, “BC-B”又は“BC-C”の付記符号が船級符号に付記される。現行鋼船規則 C 編 34 章及び同検査要領の規定は一般的に適用できるものであるが, CSR では, 統一付記符号が付与される船舶に限定した規定を付録として設けた。

付録 2 直接強度評価で考慮する標準積付状態

直接強度計算において想定すべき積付状態, 喫水, 荷重ケース, 静水中縦曲げモーメントなどについては, 4 章 7 節の規則本文に規定されているが, これらの要件をより具体化したものが付録 2 にまとめられている。想定すべき積付状態を図を用いて表記し, 適用すべき喫水, 荷重ケース, 静水中縦曲げモーメントなども併せてまとめ, 設計者の便宜を図った。なお, 荷重ケースについては, 試算の結果支配的となると判断されたものが指定されてある。

付録 3 疲労強度評価で考慮する標準積付所状態

疲労強度評価のために実施される直接計算において想定すべき積付状態及び荷重ケースについては, 8 章 1 節の規則本文に規定されているが, これらの要件をより具体化したものを付録 3 にまとめた。

5 章 ハルガーダ強度

1 節 降伏強度評価

1. 船体横断面の強度特性

1.1 一般

1.1.1

CSR では, 設計荷重に関する規定を基本的に 4 章でまとめて規定することとしたため, 4 章 3 節のハルガーダ荷重の規定を参照し, 5 章の規定は, 強度評価に関する規定である旨記載した。

1.2 船体横断面

1.2.1 から 1.2.5

基本的に現行規則と同様である。

1.2.6

ヤング率が $2.06 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ の鋼以外の材料で縦強度部材を設ける場合の取り扱いを, BV 規則 Pt B, Ch 6, Sec 1, 2.1.6 に基づき規定した。また, CSR はネット寸法手法に基づくため, 申請寸法から $0.5t_c$ を差し引いた寸法で船体横断面性能の評価, 応力評価などを行う旨明記した。

1.3 強力甲板

1.3.1 及び 1.3.2

BV 規則 Pt B, Ch 6, Sec 1, 2.2.1 及び 2.2.2 に基づき規定した。適用に関わる $0.15L$ の取り扱いは, 鋼材の使用区分と整合したものである。

1.4 断面係数

1.4.1, 1.5.1 及び 1.6.1 がそれぞれ断面係数, 断面二次モーメント及び断面一次モーメントの定義であり, 1.4.2 の規定は, IACS

UR S5 に基づくものである。

2. ハルガーダ応力

2.1 直応力

2.1.1 一般

鋼以外の材料を用いた場合の直応力を, ヤング率の比により簡易に算定する旨規定した。

2.1.2 曲げによる直応力

非損傷時 (非浸水時) における縦曲げモーメントにより生じる直応力の算定算式を示したもので, 現行規則と同様である。

2.1.3 BC-A 船及び BC-B 船の浸水状態における直応力

浸水時における縦曲げモーメントによる直応力の算定算式を示したもので, 現行規則と同様である。

2.2 せん断応力

2.2.1 一般

せん断応力は, 直接解析により算定することとしている。直接解析により算定することは, 現行鋼船規則検査要領 C 編 C15.3.1-1.において, ビルジホップタンク又はトップサイドタンクの斜板が船側外板に結合され, せん断力の一部を有効に負担すると認められる場合には, 考慮している船体横断面におけるせん断流れを直接計算してビルジホップタンクなどの一部を構成する船側外板の板厚を定めることができる旨の規定と合致するものである。せん断力修正は, 簡易計算手法により考慮する旨規定した。なお, 本規定も現行鋼船規則検査要領 C 編 C15.3.1-2.に合致するものである。

2.2.2 せん断力により生じるせん断応力の簡易計算手法

本修正方法及びせん断力の分布係数等は, BV 規則 Pt B, Ch 6, Sec 2, 2.4.1 によるものである。

2.2.3 BC-A 船及び BC-B 船の浸水状態におけるせん断力

貨物質量に浸水した水の質量を含めたものに対し, 非損傷時と同様にせん断応力を修正する旨の規定である。

3. 評価基準

3.1 直応力

IACS UR S11 は, グロス寸法ベースで, 船体中央部 $0.4L$ 間における許容応力を 175 N/mm^2 (軟鋼ベース) としている。ネット寸法手法を採用している CSR では, 船体横断面の各船級協会の切替え基準となる元の断面係数の 0.9 倍であることから, グロス寸法における許容応力を 0.9 で除した値である 190 N/mm^2 ($175 \text{ kgf/mm}^2 / 0.9 \times 9.81 \approx 190$) を許容応力とした。なお, 3 章 3 節に規定する腐食量を現行船舶 (VLCC, Aframax, Capssize BC, Panamax BC 及び Handymax BC の 5 隻) に適用し, それぞれ甲板及び船底の断面係数を元の断面係数との比をとったものを図 3.5.1 に示す。この図からいずれの場合も凡そ断面係数は元の断面係数の約 0.9 倍となることから本許容値を用い, ネット寸法で評価することは, 現行規則と同等のものといえる。

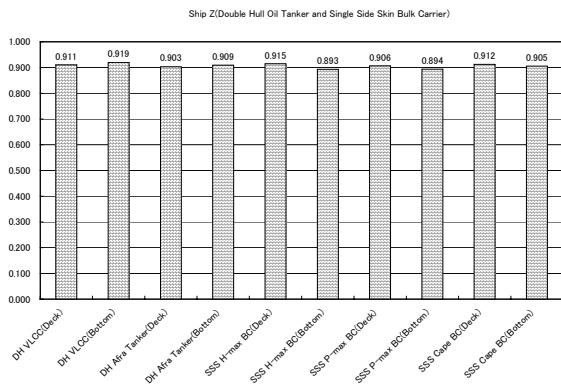


図 3.5.1 BC 及びタンカーの腐食を考慮した断面係数

また、中央部 0.4L 間以外についても、縦強度の連続性を確保させるために、端部 0.1L 及び 0.9L の箇所における許容応力を $130N/mm^2$ とした。

3.2 せん断応力

縦曲げによる応力と同様に、現行規則における許容応力 $110N/mm^2$ を 0.9 で除した値である $120N/mm^2$ をネット寸法手法におけるせん断応力の許容応力とした。

4. 断面係数及び断面二次モーメント

ネット寸法手法を採用したため、0.9 倍による操作をしているが、現行規則と同様である。

5. 許容静水縦曲げモーメント及びせん断力

これらの規定は、BV 規則 Pt B, Ch 6, Sec 2, 5 の規定及び当該規定の考え方を浸水時の縦強度に適用したものである。

2 節 ハルガーダの最終強度評価

本節に規定する内容は、第 3 部においてその技術的背景を記載したので、それを参照されたい。なお、ばら積貨物船規則においては、浸水時及び港内状態においてもハルガーダ最終強度の評価が必要であることに留意する必要がある。

付録 1 ハルガーダ最終強度

本付録は、Smith の手法によるハルガーダ最終強度の計算方法を詳細に示すものである。なお、ハルガーダ最終強度の考え方については、第 2 部を参照されたい。

6 章 船体構造寸法

1 節 板部材

1. 一般

1.1 適用

板部材の要求板厚は、船体縦曲げによる面内荷重及び面外荷重が作用した板に対する塑性強度に基づいている。この考え方は現行 C 編と同様である。基本算式は、以下の通り、タンカー規則と同じものである。

$$t_{req} = 15.8 C_a C_r s \sqrt{\frac{P}{\lambda_p R_y}} \quad (mm)$$

ここで、式中の記号は規則を参照。

式中の C_a は、パネルのアスペクト比による修正係数で、BV 規則を取り入れたものである。なお、式の形は異なっているが、タンカー規則においても同様の係数を導入しており、ほぼ同じ修正係数の値となる。例えば、船体構造で一般的にアスペクト比である 3 以上の場合、修正係数は 1.0 となり、アスペクト比が 1 の場合、約 0.7 となる。

C_r は、BV 規則に基づき、曲率を有する板に対する修正係数で、船首尾の板厚算式で考慮されることになる。なお、ビルジ部については、別途要求算式が用意されているため、本算式は適用されない。

P は面外荷重、 λ_p は船体縦曲げによる面内荷重を考慮した係数で、安全率も含まれる。

R_y は材料の降伏強度を材料係数で除したものである。

上述のように板の要求算式は、板の塑性曲げ理論に基づくものであるため、別途、座屈強度の評価が必要である旨規定した。

1.2 ネット板厚

上述の要求算式は、強度的に必要な板厚を与えるためのものであり、腐食予備厚は当然別途考慮する必要がある。腐食環境に応じて定めている腐食予備厚は、考慮する部材の腐食環境が異なる場合、適用する腐食予備厚が異なる。考慮する箇所に対し、2 以上の腐食予備厚がある場合は、大きい腐食予備厚を適用する旨 1.2.2 に記載した。

1.3 荷重の組み合わせ

考慮している板部材に対し、局所的な荷重が最大となるものを考慮することになる。従って、区画の境界をなす板部材については、一方の区画から局部荷重が作用する場合、もう一方の区画からは荷重が作用しない状態を考慮する。ただし、外板については、例えば、満載状態の場合、船側及び船底にある区画がバラスタタンクの場合、バラスタタンク内は空を想定するため、面外荷重は、船側或いは船底側からのみ作用するが、バラスタ状態の場合、バラスタタンクからバラスタ水による荷重が作用する一方、船側或いは船底側からも荷重が作用することになる。この場合、外板の要求板厚は、満載状態における要求板厚とバラスタ状態における要求板厚の大きい方となる。このように、外板と外板以外の部材では、荷重の取り扱いが異なるため、1.3.1 及び 1.3.2 の規定を設けた。

1.4 パネル

1.4.1

要求板厚の算式を適用される板部材（パネル）を定義した。

1.5 荷重評価点

板厚算式において、考慮する荷重は、基本的に安全側となる

よう荷重評価点を定め、規則中に図示した。

2. 一般規定

2.1 波形隔壁

波形隔壁の定義をした。なお、図に示したものは曲げ加工によるものであるが、溶接型の場合、波型部の面材幅 a は、全幅となることに留意する必要がある。

2.2 最小板厚

最小板厚は、各船級協会の経験に基づいているため、材料係数を用いたものや、船の長さに関する 1 次式や船の長さの平方根に基づくものなど種々ある。外板については、NK のグロス板厚を与える最小板厚算式である \sqrt{L} (mm) をベースに、ネット換算した係数として 0.85 倍することとした。また、水密横隔壁及び縦通隔壁は、実績船の板厚を考慮して、外板の係数を、0.7 倍した数値である 0.6 を乗じ、内底板、内殻、トップサイド斜板等は、その中間の数値である 0.7 とした。なお、二重船側部の二重船側部は、縦通隔壁ではなく、内殻として適用する。その他の算式は、各船級の算式をベースに、実績値を考慮して定めた。

2.3 ビルジ外板

2.3.1

一般的に、ビルジ外板は、縦通の防撓材が設けられないため、横式構造と看做される。ビルジの R 部が縦通部材で補強されたビルジ外板 (縦式構造) については、曲率を考慮した一般の板厚算式による旨規定した。

2.3.2

横式構造のビルジ外板の要求算式は、面外荷重を受ける円筒の座屈強度に基づく算式により、鋼船規則 C 編 16.3.5 と同様、ビルジ半径の 0.6 乗、荷重の 0.4 乗に比例する算式となっている。ただし、係数などは、面外荷重、実績を考慮して調整したものとした。

2.3.3

強度の連続性の観点から、ビルジ外板と接続する箇所から 2 m の範囲内にある船側外板及び船底外板のネット板厚は、ビルジ外板のネット板厚以上とする旨規定した。

2.4 平板竜骨

強度の連続性の観点から、ビルジ外板と船底外板又は船側外板と同様、隣接する 2 m 範囲内の船底外板と同じ板厚とする旨規定した。なお、現行 C 編では、外板に要求される板厚に 2 mm を加えることとしているが、強度的な観点ではないと判断し、当該規定は削除したが、最小板厚では、それを考慮することとした。

2.5 舷側厚板

2.5.1 から 2.5.4

本規定は、BV 規則 Pt B, Ch 7, Sec 1, 2.5 の規定に基づくものである。なお、強度の連続性に関する規定は、ビルジ外板及び平板竜骨と整合するよう修正して取り入れた。

2.6 梁上側板

2.6.1 から 2.6.3

これらの規定は、BV 規則 Pt B, Ch 7, Sec 1, 2.6 の規定に基づくものである。

2.7 スチールコイルを積載する船舶の内底板

2.7.1

一般規定として、鋼船規則検査要領 C 編 6 章図 C6.1.1-4. に示されるような積載方法を対象とする旨規定した。

2.7.2 及び 2.7.3

それぞれ内底板及びビルジホップ斜板の板厚を与える規定を設けた。

① 構造モデル

スチールコイルは、内底板にダンネージを敷いて積載され、考慮するパネルに作用する荷重は、ダンネージの幅に依存することになるが、基本的に、板の中央部に荷重が作用する図 3.6.1 のようなモデルとする。

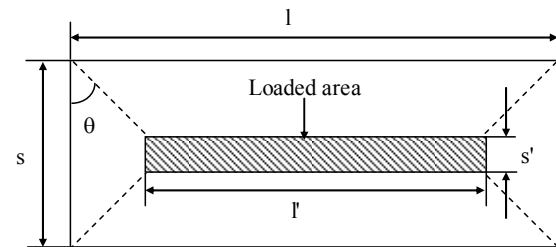


図 3.6.1 板部材の構造モデル

② 規則算式

仮想仕事の原則に基づき算式を導いたものである。パネルが崩壊するときの最大撓み量を δ 、そのときの曲げモーメントを M とすると、内力がなす仕事量は、以下の通りとなる。

$$U = \frac{4\delta}{s} M_p \left(\frac{s}{\cos \theta \sin \theta} + 2l - s \tan \theta + \frac{s}{\tan \theta} \right)$$

一方、スチールコイル積載による外力 $P (= (g+a_z) F)$ 、 a_z は、垂直方向の加速度) がなす仕事量は、次式となる。

$$W = \frac{s' \delta q_1}{2s \tan \theta} \left\{ 2ls \left(1 - \frac{s'}{2s} \right) \tan \theta + \left(ss' - s^2 - \frac{1}{3} s'^2 \right) \tan^2 \theta - (l - l')^2 \right\}$$

ここで、 $q_1 = \frac{(g+a_z)F}{l's'}$ 、 $s' = 0.3s$ とする。

また、一般の板厚算式と整合させるために、許容応力を $\sigma_y = \lambda_p R_y$ とすると、 $U = W$ の関係から、要求板厚の算式は、以下のようになる。

$$t = \sqrt{\frac{\{1.7ls \tan \theta - 0.73s^2 \tan^2 \theta - (l-l')^2\} (g+a_z)F}{2l'(2s+2l \tan \theta) \lambda_p R_y}}$$

ここで、 $\tan \theta$ の値を最小化したものが、最終的な要求値となることから、

$$\begin{aligned} \tan \theta &= -\frac{s}{l} + \sqrt{\left(\frac{s}{l}\right)^2 + \frac{2\left(1-\frac{s'}{2s}\right) + \left(\frac{l}{s}\right)^2 \left(1-\frac{l'}{l}\right)^2}{1-\frac{s'}{s} + \frac{1}{3}\left(\frac{s'}{s}\right)^2} + \frac{\left(\frac{l}{s}\right)^2 \left(1-\frac{l'}{l}\right)^2}{1-\frac{s'}{s} + \frac{1}{3}\left(\frac{s'}{s}\right)^2}} \\ &= -\frac{s}{l} + \sqrt{\left(\frac{s}{l}\right)^2 + 1.37\left(\frac{l}{s}\right)^2 \left(1-\frac{l'}{l}\right)^2 + 2.33} \equiv K_2 \end{aligned}$$

となる。

なお、規則中の表は鋼船規則検査要領C編と同じものである。

3. 面外荷重を受ける板部材の強度評価

3.1 荷重モデル

荷重は、CSR-B 編 4 章に規定する超過確率 10^{-8} レベルに対応するものを用い、縦曲げモーメントによる組み合わせのうちの厳しいもののみを考慮することとした。

3.2 板厚

3.2.1 非損傷状態

縦曲げモーメントによる軸力の影響をそれぞれ縦式構造及び横式構造について規定したものである。余裕分として 1.1 倍を考慮しているが、材料の降伏強度ではなく、材料係数を用いた値を用いているため、材料係数に含まれる余裕分も安全余裕として含まれる。なお、余裕分として考慮している 1.1 倍は、試算結果を考慮して定めたものである。

3.2.2 浸水状態に対するネット板厚

船底外板、船側外板、波形隔壁以外の部材に適用される算式で、浸水を仮定して板厚を与えることとした。なお、この場合、衝突隔壁以外の部材については、余裕分は、 $0.9 \times 1.15 = 1.035$ と 1 を超え、安全率がないことになるが、基本算式は、ミーゼスの降伏条件に対して 1.1 程度の余裕分があることを考慮すると、浸水状態に対しても適度な余裕がある。

3.2.3 浸水状態に対する立て式波形隔壁のネット板厚

本算式は、基本算式における係数 15.8 を 14.9 に、1.06 倍、荷重を 1.05 倍と強化していることから、 $1.06 / \sqrt{1.05} = 1.035$ と上記と同様の係数を用いている。

3.2.4 水圧試験状態

R_y に 1.05 倍を乗じているため、 $\sqrt{1.05} = 1.025$ を割り増した値を考慮することになるが、ミーゼスの降伏条件を考慮すると余裕をもった算式となっている。

2 節 防撓材

1. 一般

1.1 適用

防撓材の要求特性は、両端固定梁に対する曲げ強度及びせん断面積であり、船体縦曲げによる面内荷重及び面外荷重が作用した梁に対する弾性強度に基づいている。鋼船規則C編では、基本的に曲げ強度のみを対象としており、曲げ強度に対する考え方は同一であり、基本算式は以下の通りで、タンカー規則と基本的な考え方は同じものである。

$$(a) \text{ 曲げ強度 : } w = \frac{Psl^2}{m\lambda_s R_y} 10^3 \quad (cm^3)$$

$$(b) \text{ せん断強度 : } A_{sh} = \frac{5Psl}{\tau_a} = \frac{5\sqrt{3}}{R_y} Psl \quad (cm^2)$$

上記算式において、 m は、端部の固着条件に関わる係数で、縦式防撓材においては、両端固定条件に対応する 12 とする。また、垂直防撓材のように等分布荷重でない荷重が作用する場合、両端固定としても、上端と下端で係数が異なる。CSR では、不均一な荷重も中央部の値或いは両端における値の平均値が均一に作用すると看做し、簡易に $m = 10$ とすることとした。

なお、座屈強度については、6 章 3 節による旨規定した。

1.2 ネット寸法

防撓材の場合、図面寸法にある寸法は、申請寸法であるため、3 章 3 節に規定する腐食予備厚を申請寸法から差し引き、ネット寸法の断面性能を求めることとなる。このネット断面性能と要求値を比較することになる。

1.3 荷重組み合わせ

板部材と同様に、外板に取り付けられる防撓材と外板以外に取り付けられる防撓材とに分け、それぞれ荷重の組み合わせを考慮する旨規定した。

1.4 荷重評価点

垂直防撓材以外の防撓材にあつては、防撓材の中央における荷重（面外荷重及びハルガーダー荷重）を考慮することとし、垂直防撓材は、上述のように両端における荷重の平均値と防撓材のスパン中央における荷重の大きい方の値となるが、一端に荷重が作用しない場合は、荷重が作用している範囲の平均的な荷重とする。

2. 一般規定

2.1 波形隔壁

波形隔壁の曲げ特性は、150 m 未満の深水タンク囲壁と浸水時の強度における規定に適用される。

2.2 防撓材のウェブの最小ネット板厚

2.2.1 単船側構造のばら積貨物船の倉内肋骨以外の防撓材

ハンディサイズのバラストタンクに使用されている I.A 鋼のサイズを考慮して、防撓材のウェブの最小板厚を定めた。最小

板厚に関し、取り付け板(甲板、船底外板、内底板等)と防撓材のバランスを考慮したBV規則の規定を、ネット寸法に対応したものに修正した。即ち、取り付け板のネット板厚の40%を、防撓材ウェブの最小ネット板厚とすることにした。

2.2.2 単船側構造のばら積貨物船の最小板厚

基本的にIACS UR S12をネット寸法に変更したものである。しかし、UR S12では、船の長さ200mを上限としているが、実績を考慮して、船の長さの上限は撤廃した。

2.3 防撓材のネット寸法

2.3.1 平鋼

鋼船規則C編29.5.3では、防撓材の高さと防撓材ウェブの板厚との比を15未満としているが、ネット寸法になることを考慮して20未満とした。

2.3.2 T型鋼 及び 2.3.3 山形鋼

IACS UR S12の数値を、ネット寸法を考慮して修正したものとした。

2.4 支材

本規定は、3章6節の規定において120m未満の船舶に対し認められる支材の寸法算式で、BV規則Pt B, Ch 7, Sec 2, 2.3の規定に基づいている。

2.5 スチールコイル積載する船舶の縦通防撓材

基本的には、集中荷重を受ける両端固定梁の算式とし、他の算式と整合したものとした。

3. 降伏強度評価

3.1 荷重モデル

6章1節の板部材に対するものと同様の規定を設けた。

3.2 防撓材の強度基準(単船側のばら積貨物船の倉内肋骨を除く)

3.2.1 境界条件

両端固定の梁とする旨明記した。

3.2.2 同一寸法の防撓材群

例えば、二重底内のガーダ間で、異なる荷重状態により防撓材の要求寸法が異なる場合、1つ1つの異なる寸法の防撓材とするのではなく、そのガーダ間の防撓材の寸法を同一のものにすることができる規定を、BV規則Pt B, Ch 7, Sec 2, 3.7.2の規則に基づき取り入れた。

3.2.3 非損傷状態での防撓材の断面係数及びせん断面積

基本的に、1.1倍の安全余裕に材料係数に関わる余裕分を考慮した許容応力とした。なお、軸力を考慮する係数は、試計算結果に基づく数値とした。

3.2.4 L が150m未満の船舶のバラスト兼用倉の波形横置隔壁のネット断面係数

150m以上の波形隔壁の寸法算式は、浸水時に対する規定であり、非損傷時における強度評価は、直接強度計算によることとなる。船の長さが150m未満の船舶に対しては、貨物倉間にある横置隔壁は、積載物を考慮した浸水時に対する寸法算式により、非損傷時に対する要件はカバーされると考えられる。そこで、カバーされていないバラスト兼用倉の波形隔壁に対する要件を、

鋼船規則C編14章の規定を参考に取り入れた。

3.2.5 浸水状態に対する防撓材のネット断面係数及びネットせん断面積(貨物倉を区画する立て式波型横置隔壁を除く)

浸水時においては、それに耐えればよいことから塑性曲げモーメントを考慮し、それに対応する係数16を用いる算式とした。なお、せん断強度は、ウェブが全断面塑性する条件を防撓材に適用していることから、浸水時であっても、非損傷時と同様の算式とした。

3.2.6 浸水状態に対する水密波型横置隔壁の曲げ強度及びせん断強度

IACS UR S18の規定を船側構造に関わらず適用することとした。

3.2.7 水圧試験状態に対する防撓材のネット断面係数及びネットせん断面積

板部材と同様に許容応力の割り増し係数1.05を考慮した。

3.3 単船側構造のばら積貨物船の倉内肋骨に対する強度基準

3.3.1 倉内肋骨のネット断面係数及びネットせん断面積

CSR策定前にIACSにて見直し作業中であったUR S12の要求算式に基づいている。本見直しUR S12は、CSR策定に関わることからIACSは作業を凍結したため公表されていない。

なお、鋼船規則C編31章では、隔倉積みにおいて満載状態で空倉となる貨物倉の倉内肋骨の規定と、その他の貨物倉の倉内肋骨の規定に分けて規定しているが、CSRでは、隔倉積みする船舶(BC-A船)とその他の船舶に分けて規定し、BC-A船に対する規定は、基本的に、満載状態で空倉となる貨物倉に対する規定をすべての貨物倉に適用している。算式の中にある係数は、基本的にUR S12の見直しが議論されていたときの結果を考慮して定められたものである。

3.3.2 追加要件

本要件は、鋼船規則検査要領C編C9.4の規定を一部修正したものである。なお、船首隔壁より後方3本目までの倉内肋骨を対象としたのは、損傷実績、寸法要求値を考慮して定めたものである。

3.3.3 倉内肋骨のブラケット

IACS UR S12及びS31の規定を、ネット寸法を考慮して取り入れた。

3.4 倉内肋骨の上下端の固着

3.4.1 及び 3.4.2

これらの要件は、倉内肋骨の要求断面係数と同様に、UR S12の見直しの議論に基づき、倉内肋骨上下端に設けられるブラケットを有効に支持するために、ビルジホップタンク内及びトップサイドタンク内に設けられるブラケットの大きさ及びブラケットを支持する縦通肋骨に関する規定を設けた。

3.5 連続梁の強度基準

本規定は、BV規則Pt B, Ch 7, Sec 2, 3.4.9の規定に基づく。

4. 主要支持部材付き防撓材

4.1 ネット寸法

4.1.1 及び 4.1.2

主要支持部材（桁部材）に設けられる防撓材の要求算式を規定したこれらの規定は、BV 規則 Pt B, Ch 4, Sec 3, 4.7.2 及び 4.7.3 の規定に基づくもので、前者は、二重底内フロアに、縦通部材を繋ぐために設けられる防撓材の座屈強度に関連するもので、後者は、防撓材の形状を平鋼とする場合の算式で、前者は荷重を用いているものの経験に基づく算式である。

4.1.3

縦通材が貫通する箇所のスロット及び防撓材の疲労損傷を防止する目的で定められた鋼船規則検査要領 C 編 C1.1.14 の規定を、CSR に規定する加速度に改めて見直したものである。

3 節 防撓材及び防撓パネルの座屈・最終強度

1. 一般

本規則は、原則として DIN-standard 18800 に基づいている。最終強度を評価の基準としている。

3. パネルに対する評価基準

考慮する荷重は、x 方向、y 方向のメンブレン応力と面内せん断応力で、面外荷重は考慮しない。個々の部分パネルは、以下の条件式を満足することが要求される。

$$\left(\frac{|\sigma_x|S}{\kappa_x R_{eH}}\right)^{e_1} + \left(\frac{|\sigma_y|S}{\kappa_y R_{eH}}\right)^{e_2} - B \left(\frac{\sigma_x \sigma_y S^2}{R_{eH}^2}\right) + \left(\frac{|\tau|S\sqrt{3}}{\kappa_\tau R_{eH}}\right)^{e_3} \leq 1.0$$

上式の個々の項が 1.0 より小さいこと。また、腐食を考慮した条件で上記判定式を満足すること。

上記判定式の相関の例を図 3.6.2 に示す。この例は、正方形パネルで、 $S=1.0$ 、 $\tau=0$ とした場合の例である。ここで、 $\kappa_x = \kappa_y = 1.0$ では、相関式はミーゼスの降伏曲線に一致する。

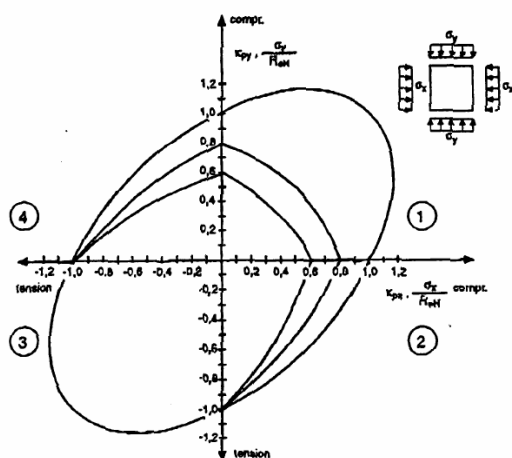


図 3.6.2 単一要素パネルの座屈・最終強度相関関係

上記判定式における B は応力の種類（圧縮か引張か）に依存

する係数で、 κ_x, κ_y の関数である。二軸圧縮領域では（図 3.6.2 のエリア①）、上記判定式の第 3 項目は $B = (\kappa_x \kappa_y)^5$ となる。

また、 σ_x か σ_y のどちらかがプラス（引張）の場合、（図 3.6.2 のエリア②と④）、上記判定式の第 3 項目は $B = 1.0$ となる。この σ_x か σ_y のどちらかがプラス（引張）でどちらかがマイナスの場合（図 3.6.2 のエリア③又はエリア④）は、解析結果からは、かなり安全側の推定結果を与える。

本規則では、座屈係数 K 及びアスペクト比 α の値に応じて、パネルとしての座屈（この場合は最終強度）とコラムとしての座屈（Linear buckling）に分けている。長辺方向圧縮を受けるパネルの場合には、コラムとしての座屈は生じないと仮定している。一方、短辺方向、即ち防撓材と直角方向の圧縮を受ける場合には、コラムとしての座屈も考慮している。図 3.6.3 は、パネル座屈とコラム座屈の境界線を示したものである。

規則の表 2 にある応力状態 2（buckling case 2）における係数 F は、コラム座屈が生じるかどうかの重み関数であり、 $F > 0$ のとき、コラムとしての座屈が考慮され、 $F \leq 0$ では、 $F = 0$ と算定され、パネルの座屈強度（最終強度）となる。図 3.6.3(a) に示される境界線は $F = 0$ の条件下での座屈係数 K と λ (Reference degree of slenderness で、オイラー応力 σ_e と材料の降伏強度 R_{eH} より、 $\lambda = (R_{eH}/\sigma_e)^{0.5}$ で表わされる。) の関係は、 $K = (\lambda^2 + 0.5) \cdot 0.91$ となる。

また、図 3.6.3(b) に示される境界線は、 $F = 0$ の条件下でのアスペクト比 α と λ の関係であり、3 種類の異なる応力比 ψ について示している。結果として、図 3.6.3(a) に示す境界線上の座屈係数 K を用いる場合、 $0 < \psi < 1.0$ の範囲で境界線上の α は、防撓材影響係数 F_1 （規則 6 章 3 節の表 1 参照）及び座屈係数 K を用いた下記の式となる。

$$\alpha = \sqrt{\frac{1}{\frac{K(\psi + 1.1)}{2.1F_1} - 1}}$$

パネルの長辺に加わる圧縮応力が、一様変位をもたらす、即ち、桁に曲げモーメントが作用するような場合には、コラム座屈の発生する範囲は、桁から $b/2$ の外側の範囲に限定される。この影響は係数 c_1 によって考慮される。このとき、 $c_1 = (1 - F_1/a)$ である。さらに、水密隔壁の強度については、永久変形の発生を許容しているので、コラム座屈は考慮せず $c_1 = 0$ とした。即ち、パネルの座屈強度（最終強度）で評価する。

防撓材方向に一様圧縮応力 σ_x を受ける縦防撓式のパネル（ $\sigma_y = \tau = 0$ ）で、 $K = 4$ 、 $\psi = 1.0$ のとき、強度算式は以下のよう

に書ける。

$$\sigma_x S = \kappa_{px} R_{eH}, \quad \kappa_{px} = 1.13 \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{0.22}{\lambda^2} \right) \leq 1.0$$

上式について、横軸を λ 、縦軸を κ_p としてグラフに表すと、

図 3.6.3(c)のような曲線となる。図 3.6.3(c)より、 $\lambda < 0.83$ では降伏応力が強度の上限となる。図 3.6.3(c)には、一様圧縮でアスペクト比無限大の横防撓式パネル ($\psi = 1.0, F_1 = 1.0$) の κ_p も合わせて示す。

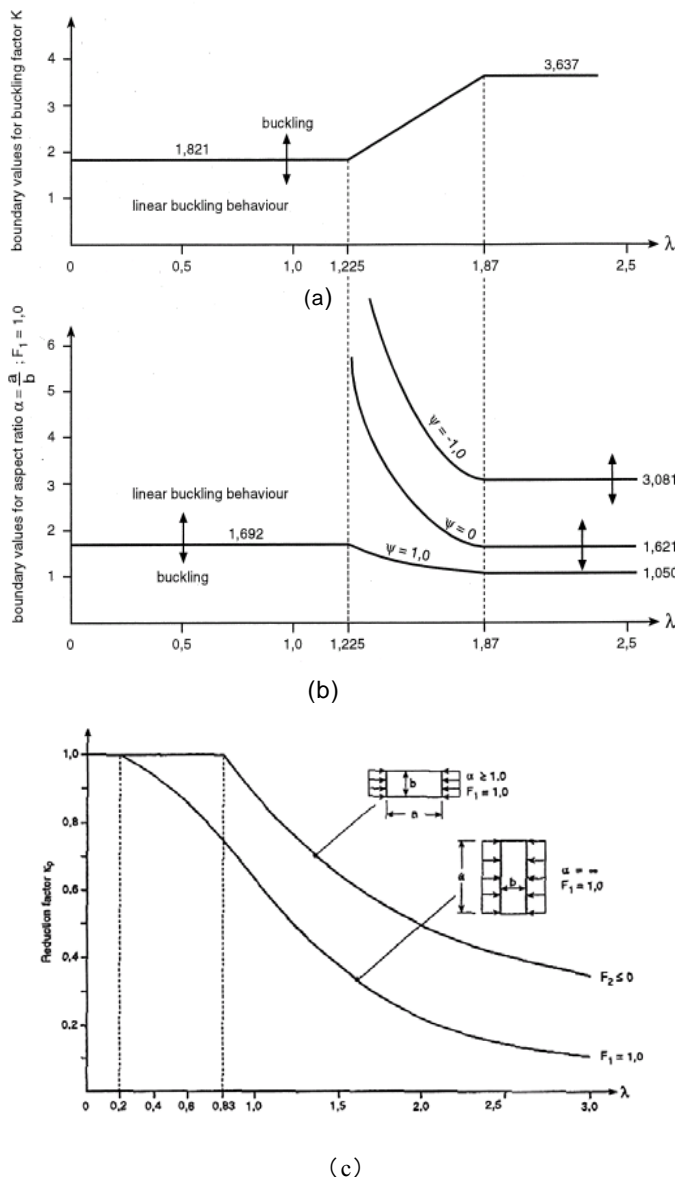


図 3.6.3 座屈係数等

メンブレン応力 σ_x, σ_y は、FEMによる結果か、或いは単純な梁理論により求める(例えば、従来の縦強度計算)。もし、FEMからの結果であれば、この応力にはすでにポアソン効果の影響が含まれているが、単純梁理論ではこの影響は含まれていない。両者による計算結果を同じ強度基準によって評価できるように、ポアソン効果がすでに含まれて

いる計算法によって得られた応力を減じることとする。この理由は、ポアソン効果の含まれたパネルの強度(長辺が変位しないように強固に押さえられている状態)は、長辺が自由に変位できる条件のパネルの強度より等しいか高いためである。しかしながら、この応力を減じる修正は、必ず行わなければならないものではない。あくまで、「しても

良い」という主旨であることに注意が必要である。また、この修正は、二軸応力のうち小さい方の応力が大きい方の応力の 0.3 以下であるなら、修正すべきでない。長辺に予期せぬ変形が起り、十分なポアソン効果が期待できない可能性が考えられるためである。ポアソン効果の含まれた応力を σ_x^* 、 σ_y^* とすると、座屈計算のためのインプットデータとなるポアソン修正された応力 σ_x 、 σ_y は以下のように書ける。

$$\begin{aligned} \sigma_x^* &= \sigma_x + \nu\sigma_y & \rightarrow & \quad \sigma_x = \sigma_x^* - \nu\sigma_y \\ \sigma_y^* &= \sigma_y + \nu\sigma_x & \rightarrow & \quad \sigma_y = \sigma_y^* - \nu\sigma_x \end{aligned}$$

これより、以下の式が得られる。

$$\sigma_x = \frac{\sigma_x^* - \nu\sigma_y^*}{1 - \nu^2} \quad \text{及び} \quad \sigma_y = \frac{\sigma_y^* - \nu\sigma_x^*}{1 - \nu^2}$$

4. 部分パネル及び集合パネル

面外座屈では、荷重成分として、防撓材方向の圧縮応力、防撓材と直角方向の圧縮応力、面内せん断応力及び面外荷重（水圧など）を考慮する。

(a) 防撓材方向の圧縮応力による荷重

図 3.6.4 に示す初期撓み w_0 を有するシングルスパンの梁・柱モデルに圧縮荷重 F が加わる場合を考える。このとき、梁・柱モデルの全たわみ w は下記のように書ける。

$$w = w_0 \frac{F_{Ki}}{F_{Ki} - F}$$

ここで、

$$F_{Ki} = \frac{\pi^2}{\ell^2} EI \quad \text{はオイラー座屈荷重}$$

座屈が生じる時の曲げモーメント M_ℓ は F を用いて、

$$M_\ell = wF$$

ここで、モーメント M_ℓ を等価なサイン分布の荷重

$q(x) = q \sin \frac{\pi x}{\ell}$ に仮定すると、 $x = 0.5\ell$ では以下ようになる。

$$M_\ell = wF = \frac{q\ell^2}{\pi^2}$$

これに全たわみ成分 w を考慮すると、 q は以下のように書ける。

$$q = wF \frac{\pi^2}{\ell^2} = F_{Ki} \frac{\frac{\pi^2}{\ell^2} F w_0}{F_{Ki} - F}$$

従って、 M_ℓ は以下のように求まる。

$$M_\ell = \frac{q\ell^2}{\pi^2} = F_{Ki} \frac{\frac{\pi^2}{\ell^2} F w_0}{\frac{\pi^2}{\ell^2} F_{Ki} - \frac{\pi^2}{\ell^2} F} = F_{Ki} \frac{p_{zx} w_0}{c_f - p_{zx}}$$

ここで、

$p_{zx} = \frac{\pi^2}{\ell^2} F = \frac{\pi^2}{\ell^2} \sigma_a A$ で、防撓材方向の軸力による荷重

$c_f = \frac{\pi^2}{\ell^2} F_{Ki}$ で、防撓材による弾性支持

σ_a : 防撓材方向の応力

A : 防撓材の断面積

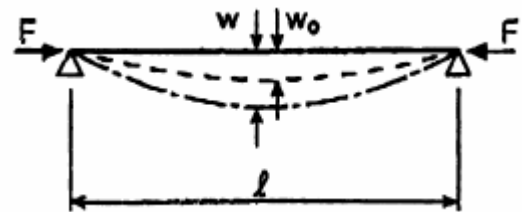


図 3.6.4 防撓材方向圧縮を受ける場合の梁・柱モデル

(b) 防撓材方向の圧縮応力による荷重

防撓材と直角方向の圧縮応力によって生じる防撓材と直角方向の荷重を評価する。この場合のモデルを図 3.6.5 に示す。この図は、防撓材のスパン中央部分の横断面を示したものである。

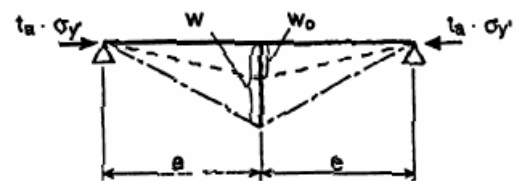


図 3.6.5 防撓材と直角方向圧縮を受ける場合の梁・柱モデル

このとき、幅方向の単位長さ当たりの曲げモーメントは以下のようになり、前述の p_{zx} と同様の表記となるよう等価な軸力

置き換える理想化を行うと、 p_{zy} が得られる。

$$p_{zy}' = 2t_a \sigma_y' \frac{w_0}{e} \text{ 及び } p_{zy} = \frac{p_{zy}'}{w_0} = 2\sigma_y' \frac{t_a}{e}$$

(c) 面内せん断応力による荷重

初期撓みを有する防撓パネルに対して、せん断応力による等価な軸力を導くことは、非常に困難である。従って、ここでは、せん断応力影響として近似的に等価荷重を評価する。この手法は、いくらかの代表的な船体構造要素で検証されている。図 3.6.6 に示すように、せん断応力は、縦防撓式防撓パネルの場合、Single plate field のパネルを幅方向に n 個考慮したサイズ ($a \times nb$) のものを対象とする。ここで、安全率を $S=1.0$ とすると、せん断応力 τ' は縦防撓式の場合、以下のように書ける。

$$\tau' = \frac{\kappa_\tau R_{eH}}{\sqrt{3}} = \frac{0.84 R_{eH}}{\lambda \sqrt{3}}$$

ここで、

$$\lambda = \sqrt{\frac{R_{eH}}{K \sigma_e}} = \sqrt{\frac{R_{eH}}{K 0.9 E \left(\frac{t}{nb}\right)^2}}$$

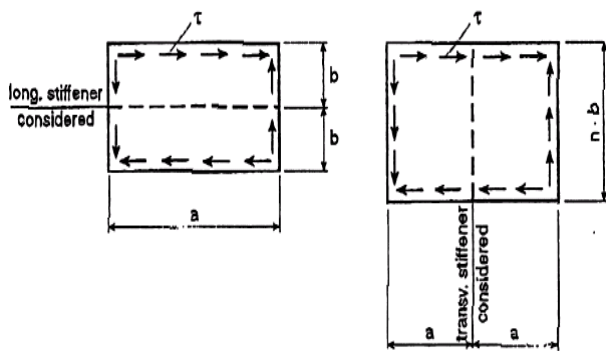


図 3.6.6 検討対象パネル

$$\frac{a}{nb} \leq 1.0 \text{ の場合 : } K = \sqrt{3} (4 + 5.34 / (\frac{a}{nb})^2)$$

$$\frac{a}{nb} > 1.0 \text{ の場合 : } K = \sqrt{3} (5.34 + 4 / (\frac{a}{nb})^2)$$

上式より、最終的にせん断応力 τ' は以下ようになる。

$$\tau' = t_a \sqrt{R_{eH} E \left(\frac{m_1}{a^2} + \frac{m_2}{b^2} \right)}$$

ここで、 m_1 、 m_2 はアスペクト比により変化する等価 Plate field に対する座屈係数である。

$\tau' < \tau$ であれば、防撓材による補強は必要ないということになるが、 $\tau' > \tau$ であれば、補強が必要である。結果として、 $\tau_1 = \tau - \tau'$ の値が、強度を支配していると考える。この応力 τ_1 を等価な軸応力成分と仮定して評価する。図 3.6.7 に示すように、引張応力と圧縮応力はお互いに直交しており、防撓材の軸に対してほぼ 45 度の角度を有している。ここで、引張応力成分を無視し、圧縮応力のみを考慮し、図 3.6.7 に示すモデルを用いて、等価な荷重成分を求めると、以下のように表せる。

$$p_{z\tau} = \sqrt{2} \tau_1 \frac{t_a}{b}$$

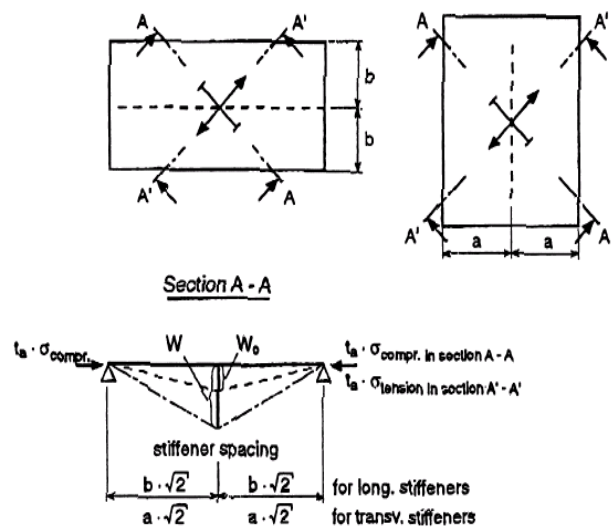


図 3.6.7 せん断応力を受ける場合の梁・柱モデル

以上より、二軸圧縮応力とせん断応力によって生じる等価荷重のトータルは以下ようになる。

$$p_z = p_{zx} + p_{zy} + p_{z\tau}$$

(d) 面外荷重

面外荷重はたわみと曲げモーメントによって生じる荷重である。座屈強度は防撓材スパン中央の値に支配されると考える。2種類の境界条件における防撓材スパン中央での曲げモーメント及びたわみ量は下式で計算される。

$$\text{両端単純支持の場合} : M_1 = \frac{pel^2}{8}, w_1 = \frac{5 pel^4}{384 EI}$$

$$\text{両端固定又は連続梁の場合} : M_1 = \frac{pel^2}{24}, w_1 = \frac{1 pel^4}{384 EI}$$

本規則では、縦式防撓材に対しては、両端固定の条件、横式防撓材に対しては、弾性支持の条件とし、この条件では両端単

純支持の条件に対して、固着係数 c_s を考慮して評価する。

以上の4種類の荷重を組み合わせ、等価面内荷重 p_z と面外荷重 p による全曲げモーメントが以下のように算定される。

$$M_b = M_0 + M_1$$

ここで、

$$M_0 = F_{Ki} \frac{p_z(w_0 + w_1)}{c_f - p_z}$$

(e) 振り座屈

圧縮応力を受ける防撓材は、振り座屈強度について検討しなければならない。基本的な条件は下式で与えられる。

$$\frac{\sigma_x S}{\kappa_T R_{eH}} \leq 1.0$$

式(22)における強度低下係数 κ_T は、細長比の参照次数

$$\lambda_T = \sqrt{\frac{R_{eH}}{\sigma_{KiT}}} \text{ を用いて、DIN18800, Pt 2, Sec 3 の b curve を用い}$$

て計算される。ここで、振り座屈強度 σ_{KiT} は以下の算式で求める。

$$\sigma_{KiT} = \frac{E}{I_p} \left(\frac{\pi^2 I_\omega 10^2}{a^2} \varepsilon + 0.385 I_T \right) \quad (N/mm^2)$$

ここで、

I_p : せん断中心回り極慣性モーメント

I_T : サンプナンの振り剛性

I_ω : 曲げ振り剛性

ε : パネルと防撓材ウェブの固着度

防撓材の捩れ変形に対するパネルの拘束影響 ε (固着度) は、以下の簡易算式により求める。

$$\varepsilon = 1 + 10^{-3} \sqrt{\frac{a^4}{\pi^4 I_\omega \frac{3}{4} \left(\frac{b}{t^3} + \frac{4h_w}{3t_w^3} \right)}}$$

上式の第2項は、パネルと防撓材ウェブの剛性の比を表しており、 ε の値が1.0のときは、パネルの防撓材の捩れに対する抵抗が期待できないことを意味している。

倉内構造部材の冗長性について

SOLAS 条約 XII 章 6.5.3 規則及びその解釈である SLS.14 Circ.250 の4.2項を除く規定として、「貨物倉に面する構造部材に取り付けられる1つの防撓材が、機械的要因による検知可能な局所的な変形又は亀裂損傷が生じた場合に、静的荷重+80%動的荷重の荷重条件下で、連鎖的に防撓パネル全体が崩壊しないこと」とする旨の解釈を定めた。条約及び合意された解釈を CSR に取り入れるために、以下の検討を行った。

- (a) 防撓材の端部における支持条件が固定から単純支持となる防撓材端部の亀裂損傷を想定する。
- (b) 機械的な要因による局所的な変形として、防撓材の中央部に、IACS Rec. No.47にある許容最大の変形(20mm又は防撓材スパンの6/1000のいずれか大きい量)が生じると仮定する。

前(a)について、一端固定一端支持の場合における固定端における曲げモーメントは、両端固定条件の梁における端部の曲げモーメントの1.5倍となる。しかし、防撓材の崩壊強度は、防撓材の初期降伏強度の1.5倍以上あり、かつ、上述の解釈にあるように動的荷重を80%とすることができることから、曲げ強度は十分余裕があることは明らかである。また、非損傷時及び損傷時における座屈強度を6章3節の座屈強度評価を用いて求めた。両者の解析結果の比を図3.6.8に示す。前(b)についても同様に、非損傷時及び損傷時における座屈強度を6章3節の座屈強度評価を用いて求めた。両者の解析結果の比を図3.6.9に示す。

これらの解析結果より、き裂損傷よりも局所的な変形を考慮した場合のほうが厳しい結果となっていることが分かる。また、トップサイドタンク内の縦通材を除けば、損傷時の座屈強度は非損傷時に比べ約30%低下することが分かる。これは、損傷した防撓材は、非損傷時における許容応力の約70%までしか荷重を分担できないことを意味する。よって、連鎖的な崩壊を防ぐため、両隣の防撓材は損傷が生じた防撓材から再配分される荷重(許容応力の15%)に耐える強度を持つ必要がある。以上により、6章3節の記号において、倉内に面する板に取り付けられる防撓材の曲げ座屈強度を評価する場合の安全係数を1.15とする旨記載した。

7章 直接強度評価

1節 主要支持部材の直接強度評価

1. 一般

1.1 適用

7章では、ばら積貨物船の直接強度評価計算の手法について述べている。CSRが要求する解析は規則に記述したように次の3種類あるが、1節では3種類の解析に共通する内容について記述した。

1.2 計算プログラム

直接強度評価の結果により寸法が増減することとなるので、FEAのソルバーばかりでなくプリ・ポストプロセッサを含め十分信頼性のあるプログラムを用いるべきであろう。しかしながら、規則上は特に承認あるいは指定されたプログラムを用いなければならないことはないのだからこういった記述を設けた。

なお、本会はCSR対応の計算プログラムとしてPrimeShip-HULL (CSR)を開発し公表している。この中にCSRの要求する直接強度解析と強度評価を行う直接強度評価システムも含まれているので、本会船級船設計の際には是非ご利用頂きたい。

1.4 ネット寸法

3章の腐食量は船舶の設計期間に衰耗すると考えられる最大期待値であるので、使用するホールドモデルのすべての部材から規定の衰耗量を控除することは過大であると考えられ、全体としては平均的な衰耗量を控除するほうがより妥当と考えた。平均的な衰耗量は規定量の半分と設定し、モデルに対しては平均的な衰耗量を控除することとした。

ただし、座屈の限界応力を求める場合は、考慮している個々のパネルにおいては、100%腐食していることが十分考えられるので、腐食控除量は100%としている。

2節 貨物倉構造全体の有限要素解析

1. 一般

Coarseメッシュ解析は、主要構造部材の主要部分の寸法(板厚)を決定することが目的で実施される。詳細部の部分的な補強や疲労破壊に対する耐力などの検討は、3節の詳細応力評価もしくは4節の疲労強度評価用ホットスポット応力解析で検討されることとなる。

2. 解析モデル

2.1 有限要素モデルの範囲

従来からのばら積貨物船の直接計算では、1/2+1/2もしくは1/2+1+1/2ホールド長さのモデルでモデル両端に対称条件を導入し、隔壁を支持するような境界条件を適用してきた。このようなモデル化範囲及び境界条件による解析では、次のような問題点があった。

- (1) 共通規則では隔壁部も強度評価対象としているため隔壁の応力状態を正しく解析する必要があるが、隔壁

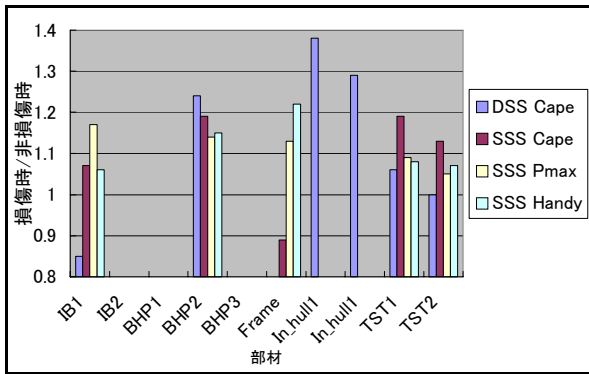


図 3.6.8 亀裂損傷を仮定したときの座屈強度の比

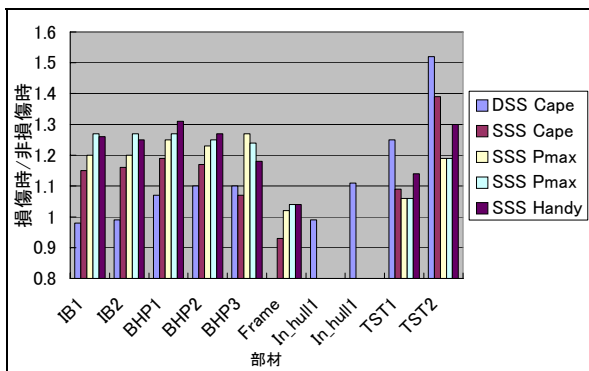


図 3.6.9 変形を仮定したときの座屈強度の比

4節 主要支持部材

1. 一般

1.1 適用

船の長さが150m以上の場合、IACS UR S20を取り入れた浸水時の二重底強度以外、主要支持部材は、直接強度計算により評価し、船の長さが150m未満の主要支持部材は、せん断強度に着目した強度算式を規定した。

1.4 ネット寸法

直接強度計算においては、腐食予備厚の半分を考慮するが、規則算式においては、主要支持部材を局部的に評価することから腐食予備厚の100%を考慮することとした。

1.5 主要支持部材のウェブの最小ネット板厚

実績値を考慮して、 $0.6\sqrt{L}$ とした。

2. Lが150未満の船舶の主要支持部材の寸法

基本的に、鋼船規則C編で規定している算式に基づき規定した。

3. BC-A船及びBC-B船の主要支持部材に対する追加要件

本規定は、IACS UR S20に基づく。

4. 梁柱

梁柱に作用する圧縮応力が、限界コラム座屈以下である旨規定した。

を支持する境界条件では隔壁に大きな支持反力が発生してしまう

- (2) ハルガーダ力も含めて応力を算出し評価するようになったため、隔壁を支持することで無視してきたハルガーダ力による応力成分を無視できなくなった。また、これまでの境界条件では負荷した設計荷重によるハルガーダ力が算出しにくい。
- (3) 従来は対称条件の導入することで、1/2 ホールド長さの部分も評価対象としていたが、隔壁下部に設けられるスツール（しばしば1トランススペースに亘る）の影響によりホールドの（長さ方向の）中央と二重底の中央がずれることがあり、最も注目すべき二重底部の応力状態が正しく解析されていない可能性がある。

これらの問題点を考慮し、CSR では、モデル化範囲を3ホールドモデルとした上で、中央ホールド及びその前後の隔壁を評価対象とし、評価対象となる隔壁の支持を削除した。

2.2 有限要素モデルの作成

ここではモデルに採用する有限要素のタイプについて記述した。従来から実施されてきたばら積貨物船のホールド解析での取り扱いを明記している。

また、二次元異方性要素を使用する場合の規定も設け、ロンジの剛性を板に含めて解析をおこなう手法も認めている。

2.3 境界条件

モデル両端で支持条件とした。

2.5 ハルガーダ力の考慮

各荷重条件ではハルガーダ力を考慮するが、曲げとせん断力の組み合わせについては、曲げが主となる曲げモーメント解析とせん断力が主となるせん断解析の2種に分けて解析を行うよう規定した。曲げモーメント解析はターゲットホールドの中央でモデルに生じる曲げモーメントが目標値になるように、また、せん断解析では前後どちらかの隔壁位置でモデルのせん断力が目標値になるようにハルガーダ力を調整するよう規定している。

なお、モデルに生じるハルガーダ力は、モデルが両端で単純支持される梁として計算している。(2.5.4)

2.5.6 及び 2.5.7 間接法と直接法

CSR-B 編では、局部荷重だけによる解析結果にハルガーダ応力を重ね合わせて評価用の応力を算出する“間接法”と、解析前にモデル両端に調整力（主に曲げモーメント）を負荷して考慮位置で所要の曲げモーメントが得られるようにする“直接法”のどちらかで解析を実行するよう規定している。

両手法のCSR への採用についてはIACS 内でも議論があったが、結果として、これまでの実績を考慮するとともに、試算結果から得られる要求板厚には両者に差がないことが示されたことで、CSR-B 編では曲げモーメント解析で間

接法と直接法の両手法を認めることとした。図 3.7.1 は既存の二重船側 Capsesize BC のバラスト兼用倉に対する直接法と間接法の計算結果の比較を示す。評価係数（Usage Factor：計算値/許容値）には両手法間に多少の差があるが、所要板厚まで求めた場合、その差は 0.5mm に収まっていることが分かる。

なお、せん断解析については直接法のみで解析するよう規定している。

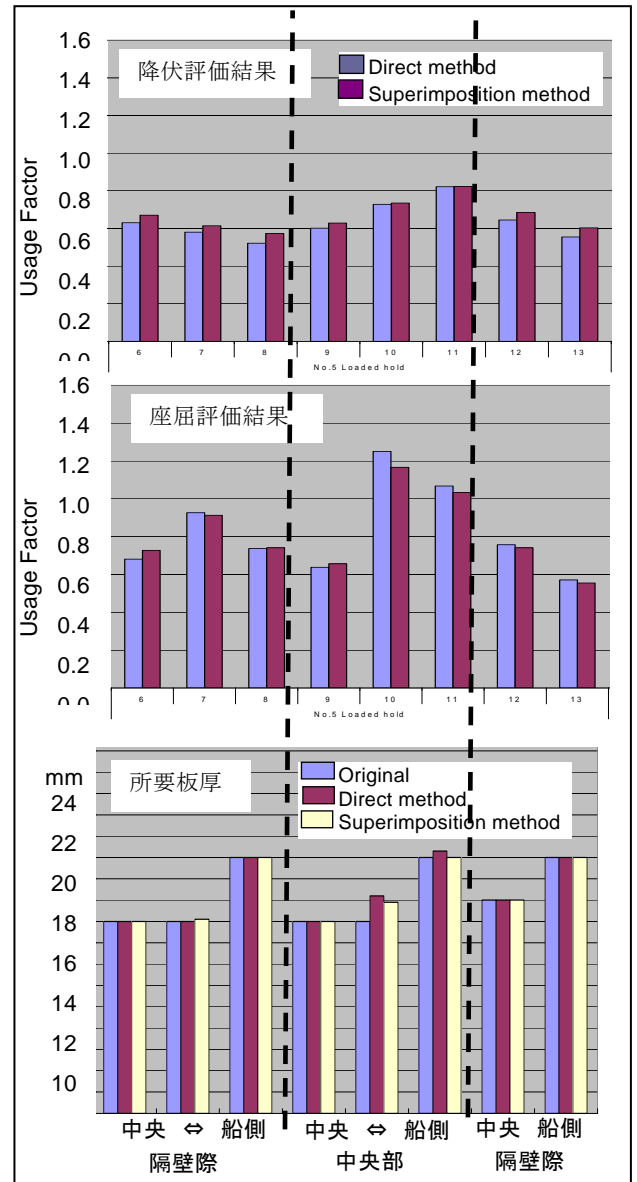


図 3.7.1 直接法と間接法による所用板厚比較結果

3. 強度基準

3.2 降伏強度

設計荷重として北大西洋航路を 25 年間運航するという最も過酷な条件が定められているため、許容値は材料の降伏強度とした。なお、高張力鋼の場合は、疲労強度が軟鋼材の場合と変わらないことや、変形の増大により付加的な応力が増大することから、材料の降伏強度ではなく、それよりも低くなるように材料定数を用いて許容値を修正する

こととした。

また、異方性要素を用いた場合の許容値は、同要素の使用実績がある協会の基準値を参考に定めた。

3.3 座屈及び最終強度

ホールドFEA結果に適用する6章3節に規定する座屈及び最終強度は、そもそもは骨組み要素モデルによる解析結果に適用する規定として開発されたものである。骨組み解析においては、例えば二重底などのようにフランジに相当する部材が連続している場合であっても、フロアやガーダを1本の骨としてモデル化しているため、フランジの連続性で生じるポアソン効果による応力上昇が含まれていないと考えられる。

一方、CSRの解析手法では、板要素でのFEAにおいてポアソン効果による応力上昇が含まれる。このため、本章による解析結果にそのまま6章3節の座屈及び最終強度を適用した場合、採用する安全率が同じであればFEAのほうが厳しくなる。そこで、FEAの結果からポアソン効果を除去するように修正を行った後に6章3節の基準を適用することとした。修正はポアソン効果による応力上昇が含まれる場合に限られるべきであるので、パネルの両軸応力がともに圧縮の場合にのみ適用することとしている。

3.4 主要支持部材のたわみ

二重底構造は3章6節6.1.3で深さを制限することにより十分な剛性を持つように規定されているが、ホールド解析結果によっても十分な剛性があることを確認する目的でFEA結果による二重底の相対変位を規制することとした。図3.7.2に従来船に対し、CSRに基づく解析結果から得られた二重底構造の相対変位量 (δ_{max}/l_i) を示す。

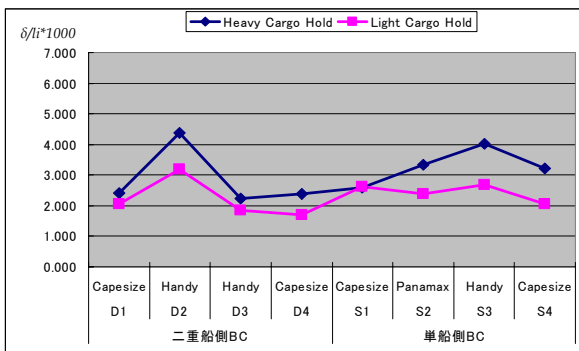


図 3.7.2 共通規則による既存船の二重底の相対変位量

3 節 詳細応力評価

本節に記載された詳細解析は、主に部分的な補強の必要性について検討するために実施される。

3. 評価基準

詳細応力評価では、貨物倉全体評価解析で用いたロングスペースの1/4のメッシュで行うことを求めている。試供船について実際に詳細解析を実施した結果、詳細メッシュ部の応力は coarse メッシュ解析の約1.2倍になるため、軟

鋼の場合の許容応力を $235N/mm^2$ の1.2倍の $280N/mm^2$ と規定した。

8 章 疲労強度評価

1 節 通則

1. 一般

1.1 適用

1.1a 疲労を考慮する上での設計寿命は、他の強度要件と同じ25年とし、150m未満のばら積貨物船に対しては、就航路の実績等から設計荷重が適切でないこと及び損傷実績を考慮して、適用外とした。

1.1b 設計荷重が通常の波浪変動に起因する外力評価に基づいていることから、これ以外の荷重要因は対象外とした。

1.1c 評価に用いる設計線図の根拠から、降伏点が $400N/mm^2$ 未満の構造用鋼に適用される。降伏点が $400N/mm^2$ より高い鋼材については、承認された試験方案から得られたデータを使用すること。上記のデータをまとめ疲労設計パラメータを提出することが、承認条件となる。

1.2 ネット寸法

1.2a 第3部解説を参照

1.3 対象部材

1.3a 疲労強度評価が必要な箇所は、標準的な構造のばら積貨物船の疲労損傷統計、強度評価結果に基づき選定している。

2. 定義

2a 疲労強度を評価する場合には、疲労亀裂が発生する可能性の有る箇所(ホットスポット)の局所の応力状態の評価結果に基づいて行う必要がある。

2b 構造的な不連続或いは付加物による応力上昇を含むホットスポット応力が局所の応力状態を表すが、亀裂の発生は溶接趾端の存在による形状不連続或いは切欠き等の存在による応力上昇の影響を受けるので、この影響を考慮したノッチ応力を用いることで、溶接継ぎ手と母材の区別無く統一的に疲労強度を評価できることになる。

3. 積付

3.1 積付条件

3.1a 疲労現象は長期間に亘る繰返し荷重による疲労被害の累積に依存するので、標準的なばら積貨物船における積付頻度を考慮して、代表的な条件を選定した。

3.2 荷重ケース

3.2a 荷重ケースの定義については4章4節の解説を参照

3.2b ハッチコーナー部の疲労を評価する場合には、ハッチコーナーに支配的な応力を生じさせる斜め波状態を考慮することとする。

2 節 疲労強度評価

1. 一般

1.1 適用

1.1a 疲労強度評価は、疲労設計線図（S-N 線図）に基づく線形累積被害則により評価する。

1.1b これまでの船体構造における疲労損傷の経験から、疲労損傷の発生傾向が橋梁等の陸上溶接構造物或いは海洋構造物に生じる疲労損傷とは異なり、この主たる要因が平均応力の影響であることがわかった。そこで、本規則では、この影響を考慮する等価ホットスポット応力範囲に基づく評価方法を用いている。

2. 等価ノッチ応力範囲

2.1 支配的な荷重ケース

2.1a 疲労強度評価は変動応力範囲の長期の頻度分布に基づき、疲労被害度の累積を算定して行う。この長期頻度分布は、船舶の長期就航を考えた場合、ほぼ指数分布に近い形状になるので、設計荷重ケースの中で最大組み合わせ応力範囲を与える荷重ケースでの応力範囲を用いることで、長期頻度分布の形を決定することができる。

2.1b 船体構造部材の応力応答には複数の荷重因子が関連しており、同じ部材であっても、積付状態が異なると支配的な荷重ケースが異なることに注意が必要である。

2.2 ‘状態1’の積付状態

2.2a 船体構造部材の疲労強度を評価する場合、平均応力影響の考慮が必要である。局所の平均応力状態は構造的な平均応力と残留応力の和で表すことができるが、繰返し応力範囲を考慮したときの最大応力が降伏応力を超える場合に、シェイクダウンにより残留応力が変化する。

2.2b 引張り側で最大応力が最も大きくなる積付状態により局所平均応力状態が決まれば、他の積付状態における局所平均応力状態は、この状態を基準として評価することができる。

2.3 等価ノッチ応力範囲

2.3a ホットスポット応力にノッチ係数を乗じてノッチ応力を評価することで、溶接部と非溶接部の疲労強度を統一的な参照応力で評価することができる。

2.3b ノッチ応力は、本来、切欠底におけるピーク応力として評価されるが、船体構造のように、疲労寿命を目視で亀裂を認知できる程度まで亀裂が進展した時点と考えた場合、亀裂の進展に伴い応力集中は切欠底における状態から徐々に緩和されたものとなる。設計 S-N 線図にはこの影響が含まれている。そこで、一般に提案されている設計 S-N 線図に含まれ、設計時に考慮する構造的な不連続による応力集中要因、溶接ビードの存在による局所応力集中要因を考慮して、疲労ノッチ係数を提示した。

2.3c ホットスポット部の局所の平均応力状態が疲労強度へ及ぼす影響は、MIL-HDBK で用いられている手法に倣い、利用の便から係数を与えた。局所の平均応力状態は構造的な平均応力と残留応力で表すことができるが、残留応力は

応力変動が負荷されたときの最大応力が降伏応力を超える場合にシェイクダウンにより変化するもので、変化量を考慮した局所平均応力を算式で与えた。この際、同じ積付状態で航行を継続する期間を考慮した中で期待される最大応力の発生時期と大きさの関係からシェイクダウン量を見積もった。

3. 疲労被害度計算

3.1 等価ノッチ応力範囲の修正

3.1a 評価した応力範囲を設計 S-N 線図に用いる際に、疲労強度へ影響のある平均応力以外の因子について考慮する必要がある。本規則では、腐食環境、材料強度、板厚の影響について考慮している。

3.1b 設計 S-N 線図は、腐食環境に無い大気中或いは腐食環境から保護された状態での疲労強度を与えるものである。腐食環境にある場合には、寿命を 1/2 とする旨が UK HSE の海洋構造物ガイドラインには記されている。本規則では設計寿命 25 年中 20 年間に亘り塗装が有効に腐食環境から保護していると考えて係数を設定した。明らかに腐食し易い環境とは言い難い区画については、塗装の有効期間を 22 年と設定した。

3.1c 母材については材料強度の向上に応じて疲労寿命が向上する。一方、溶接継手については溶接ままの、降伏応力に近い溶接残留応力が存在する場合には材料強度の違いに関わらず疲労強度は変わらないが、溶接残留応力の大きさが抑えられる場合には材料強度に応じて疲労強度が向上する。本規則では、材料の降伏応力に応じたシェイクダウンによる残留応力の大きさの見積もりを行い、平均応力影響を考慮しているため、評価の基準を平均応力=0 においている。従って、降伏応力に応じた疲労強度向上の効果を実験結果に基づき係数で与えている。溶接ままの、降伏応力に近い溶接残留応力を想定すれば、材料の種別に関わらず同じ疲労強度を与えることになる。

3.1d 板厚が増加する場合の疲労強度の低下については、UK HSE の海洋構造物ガイドラインの記述を取り入れた。

3.2 応力範囲の長期分布

3.2a 応力範囲の長期頻度分布は指数分布に近いワイブル分布により近似できる。ワイブル分布の形状を表す形状係数の値は、波浪環境、評価時の積付状態、船舶の大きさ、評価対象部材種類、評価対象部材の位置等、外荷重状態及び応力応答特性の違いにより一律に定めることができない。そこで、利用の便を考え、指数分布に従うと設定した。

3.3 疲労被害度

3.3a 疲労被害度は Palmgren-Miner の線形累積被害則に従って計算する。ただし、大頻度小応力範囲による疲労被害の取り扱いについては、Haibach 則に従って計算する。被害度算定に用いる設計 S-N 線図は UK HSE の海洋構造物ガイドラインで提案されている母材に対する B 線図で、2 標準偏差下限線であり安全余裕を含むものである。

3.3b 被害度の算定は設計寿命である 25 年間の波浪変動の繰返し数に対して行う。ただし、貨物の荷役、検査保守などの理由により停船すること及び、荷役地周辺の静穏海域の航海を考慮し、全寿命のうち 85% が有効であるとした。

3.3c 標準的なばら積貨物船の代表積付状態の頻度は船会社へのアンケート、コメントに基づき設定した。

4. 疲労強度基準

4.1 累積疲労被害度

4.1a 評価疲労被害度の基準値は、全ての場合について 1.0 とするが、用いる線図に安全余裕が含まれているので、評価結果に暗黙のうちにこの安全余裕が含まれる。

3 節 主要部材の応力評価

1. 一般

1.1 適用

1.1a 主要部材の疲労強度評価を行うための、ホットスポット応力の評価手順について記述する。

2. ホットスポット応力範囲

2.1 直接法による応力範囲

2.1a 主要部材のホットスポット部の応力を評価する場合には、詳細メッシュを用いたホールドモデルに設計荷重を負荷して評価する必要がある。直接法ではハルガーダモーメントと設計波による荷重とを同時にモデルに負荷させて応力を評価する。応力範囲は波の山谷の 2 状態における応力値の差から求める。

2.1b 詳細メッシュを用いたホールドモデルの応力解析は、規則 7 章 4 節を参照

2.2 重ね合わせ法による応力範囲

2.2a 重ね合わせ法では、設計波による荷重をモデルに負荷させて評価した応力に、別途求めるハルガーダモーメントによる応力を重ね合わせることで合応力を評価する。応力範囲は波の山谷の 2 状態における応力値の差から求める。

2.2b ハルガーダモーメントによる応力は、船体梁に曲げモーメントを考慮して求める。ホットスポット応力を求める際には、梁理論で求められた公称応力に応力集中係数を考慮するが、主要部材についてハルガーダモーメントによる応力に対する応力集中率が 1.0 に近い値を示すので、本規則ではハルガーダモーメントによる応力に対する応力集中率=1.0 を考慮する。

2.2c 詳細メッシュを用いたホールドモデルの応力解析は、規則 7 章 4 節を参照

3. ホットスポット平均応力

3.1 直接法による応力範囲

3.1a 主要部材のホットスポット部の平均応力を評価する場合には、詳細メッシュを用いたホールドモデルに波の山谷の 2 状態の設計荷重およびハルガーダモーメントを負荷して評価される応力値の平均から求める。

3.2 重ね合わせ法による平均応力

3.2a 重ね合わせ法では、波の山谷の 2 状態の設計波による荷重をモデルに負荷させて評価した応力の平均値に、別途求める静

水中縦曲げモーメントによる応力を加えることにより求める。

3.2b 静水中縦曲げモーメントは、規則 4 章 3 節を参照。

3.2c 初期設計の段階で静水中縦曲げモーメントが定められない場合に対して、許容静水中縦曲げモーメントを用いた各積付状態における評価式を示した。

4 節 縦通材の応力評価

1. 一般

1.1 適用

1.1a 縦通部材端部結合部の疲労強度評価を行うための、ホットスポット応力の評価手順について記述する。

2. ホットスポット応力範囲

2.1 直接法による応力範囲

2.1a 8 章 3 節 2.1 を参照

2.2 重ね合わせ法による応力範囲

2.2a 8 章 3 節 2.2 を参照

2.3 簡易手法による応力範囲

2.3a 梁理論により公称応力を評価し、応力集中係数を乗じることによりホットスポット応力を求める手法である。応力の評価は、荷重成分毎に梁理論により応力を求めて重ね合わせる。この際、面外圧力の負荷される方向により応力の符号が異なることに注意を要する。

2.3b 各成分の荷重は規則 4 章の該当節を参照

2.3c 縦通材が横置隔壁或いは横桁を貫通する位置において防撓材、肘板等で結合される場合、結合部分の構造的な不連続により応力が増加する。簡易手法では公称応力にこの影響を考慮した応力集中係数を乗じて評価を行う。縦通肋骨のこのような箇所の継ぎ手詳細構造については、これまで多くの設計建造実績があるので、設計の便を考え、これらの代表的な継ぎ手詳細に対する応力集中係数を示した。これら係数の値は、詳細モデルによる FE 解析の結果を取りまとめたものである。表中に示す評価点のうち、応力的に厳しくないことが自明な点については、貫通部をカラープレートで塞ぐか否かの違いによる係数の違いは無視できるので省略している。

2.3d 波浪、液体貨物、粒状乾貨物による応力を評価する場合、継手詳細形状に起因する応力集中係数とは別に非対称断面防撓材の横倒れに伴う応力上昇の影響を考慮し、弾性梁理論により求められた応力集中係数を考慮する。

2.3e 有効スパン及び心距の定義については、規則 3 章 6 節を参照

2.3f 波浪或いは液体貨物等の変動圧力による応力範囲を評価する場合、喫水或いは自由表面近傍においては、評価対象部材の位置と波面或いは液面変動の位置関係から圧力を受けない場合が生じる（負圧が生じない）。この影響は部材位置と波或いは液の変動面の位置関係を、また、変動面の高さは波浪或いは加速度の大きさとその発現頻度を考慮して評価する必要がある。本規則ではこれらを考慮し、波或いは液の変動に対して非線形な応力範囲を、確率的に等価な線形応力範囲で取り扱えるよう

に修正係数を与えた。

2.3g 縦通肋骨が横置隔壁を貫通する位置においては、貨物倉或いはタンク全体の変形が拘束されるので、隔壁貫通位置と前後の横桁等の貫通位置との相対変形による二次的な曲げ応力が生じる。本規則では弾性連続梁理論による公式化にFE解析の結果による係数の修正を施して、相対変形による応力の評価式を作成した。評価式を適用するに当たり、相対変位量はFEホールド解析から求める必要がある。

3. ホットスポット平均応力

3.1 直接法による応力範囲

3.1a 8章3節3.1を参照

3.2 重ね合わせ法による応力範囲

3.2a 8章3節3.1を参照

3.3 簡易手法による応力範囲

3.3a 簡易手法においては、静水中状態での応力評価により構造的な平均応力を評価する。

3.3b 各荷重要因に対する応力の評価手法については8章4節2.3を参照

9章 その他の構造

1節 船首部

1. 一般

1.1 適用

1.1.1

適用規定として、1章1節2.1.2に定義する船首部に適用する旨規定した。

1.2 ネット寸法

1.2.1

船首部の構造部材もネット寸法手法による旨明記した。

2. 配置

2.1 構造配置

各船級協会の規定を参考に貨物倉構造から船首部への構造の連続性に関する規定として2.1.2及び2.1.2を設けた。

2.2 トリッピングブラケット

2.2.1

IACS UR S12にて最前部貨物倉の倉内肋骨に要求される規定を横式構造の船首部にも適用することとした。

2.3 肋板及び桁

2.3.1 から 2.3.3

横式構造に関する規定は、GL規則による。縦式構造については、貨物区域の構造配置規定と同じ規定とした。

3. 荷重モデル

3.1 荷重評価点

3.1.1

局部強度評価における荷重評価点は、すべてに共通であるため、6章1節及び2節の該当規定を参照した。

3.2 船首フレア部の荷重

3.2.1 から 3.2.4 として、考慮すべき荷重を規定した。荷重に関する基本的な考え方として、静荷重、4つの荷重ケースに対応する波浪荷重及び水圧試験荷重とし、損傷状態は考慮しない。また、外板の荷重の評価にあたっては、内部区画がバラスタンのように、内部区画からの圧力と外部からの圧力が同時に作用する場合は、それを考慮することとしている。

3.3 船首フレア部の圧力

荷重（外圧）に関する規定は、4章5節にまとめたので、それを参照する規定を設けた。なお、4章5節4.1.1に規定するフレア部の圧力を用いて寸法計算する場合は、内圧は考慮しない。

3.4 船首船底におけるスラミング荷重

荷重（外圧）に関する規定は、4章5節にまとめたので、それを参照する規定を設けた。なお、4章5節4.2.1に規定する設計船底スラミング圧を用いて寸法計算する場合は、内圧は考慮しない。

4. 寸法

4.1 船首フレア部

GL規則に基づき、船首フレア部は、船尾から0.9Lより前方の箇所であつ、ノーマルバラスタ喫水より上方の構造を対象としている。

4.2 板厚

船首区域の最小板厚は、貨物区域に適用される最小板厚と同じとした。また、要求板厚の算式は、貨物区域における算式と共通であるが、縦曲げモーメントによる応力が小さいため、軸力及び安全余裕に関するパラメータを0.9に固定し、簡易に要求板厚が算定できるものとした。

4.3 防撓材

4.3.1 から 4.3.5

防撓材に関する規定は、基本的に貨物区域に適用されるウェブの最小板厚規定及び要求寸法規定と同一のものとした。なお、縦曲げモーメントによる応力については、前述の要求板厚の取り扱いと同様に、軸力及び安全余裕に関するパラメータを0.9に固定した。

4.3.6 及び 4.3.7

マルチスパンの規定は、6章2節3.5と同じである。

4.4 主要支持部材

主要支持部材の最小板厚規定は、貨物区域に適用される最小板厚規定 $0.6\sqrt{L}$ を、実績を考慮して $0.7\sqrt{L}$ と修正した。

その他、主要支持部材の要求寸法は、曲げ強度及びせん断強度のみとし、防撓材に対する算式と共通のものとした。

5. 船首船底補強

5.1 適用

鋼船規則C編6.8.2表C6.5に規定する船首船底補強部の要件、同6.8.3の規定により船首船底補強部から0.05L後方までの配置要件、及び損傷実績を考慮して、補強範囲を $0.2V\sqrt{L}$ とした。

なお、高さ方向の補強範囲は、GL 規則に基づく。

5.2 船底外板

板厚算式は、損傷実績を考慮して定めたため、一般の板厚要求算式において、材料の降伏強度及び軸力の影響を考慮しないものとした。また、通常の防撓材間隔に追加の防撓材（中間防撓材）を配置する船舶の場合、防撓材間隔が半分になり、それに比例してスラミング荷重も半分となり、損傷を説明できない場合があったため、考慮する荷重の面積に関わる割り増し係数を防撓材の算式も考慮して導入した。

5.3 防撓材

通常の荷重に対して防撓材は、弾性設計に基づく要求としたが、適用するスラミング荷重及び損傷との対応（図 3.9.1 参照）を考慮して、塑性モーメントを用いることとした。

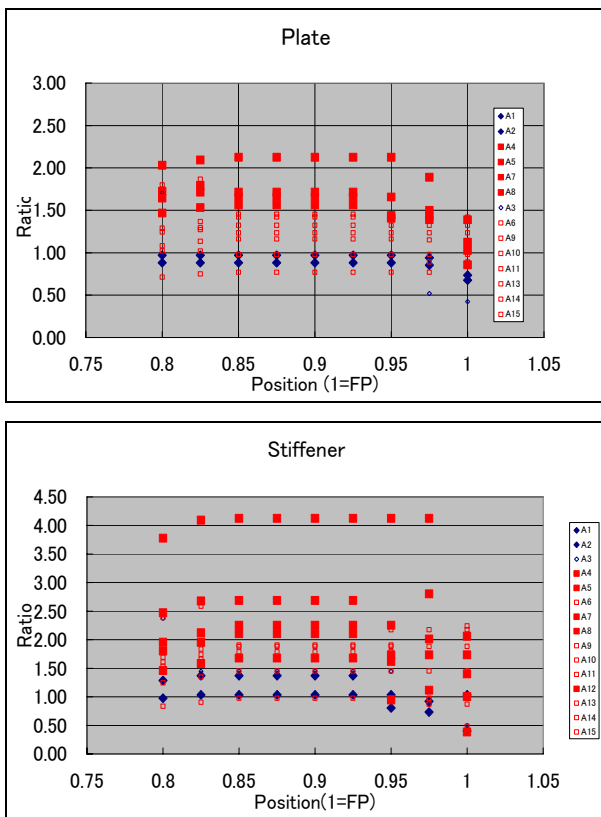


図 3.9.1 損傷データと要求値の比較

図 3.9.1 において、横軸は、船長方向の位置を示し、縦軸は、要求値と実際の寸法の比を示す。また、図中、大きい記号で示されるものは損傷データを示す。

この図から、FP 近傍の一部を除き損傷箇所は、補強が必要となるレベルの規定になっていることが分かる。

5.4 主要支持部材

5.4.1 及び 5.4.2

桁部材を梁と看做したときのせん断強度及びウェブのせん断座屈及び圧縮座屈に関する規定を、現行規則に基づき規定した。なお、船首船底スラミング荷重の作用面積を考慮する係数として、鋼船規則検査要領 C 編 C6.8.1-4. の $3/A$ を用いることとした。

6. 船首材

6.1 棒鋼船首材

本規定は、GL 規則 Ch I-1-1, Sec 13, B 1.1 及び 1.2 の規定に基づく。なお、本規定は、グロス寸法であることに留意する必要がある。

6.2 鋼板船首材及び球状船首

本規定は、GL 規則 Ch I-1-1, Sec 13, B 2.1 から 2.3 の規定に基づく。なお、GL 規則では最大板厚 $25\sqrt{k}$ となっており、これより小さい板厚であれば問題ないのであるが、実際的な数値にするため、 $22\sqrt{k}$ とした。また、本規定は、グロス寸法であることに留意する必要がある。

7. 船首楼

本規定は、IACS UR S28 を取り入れたものである。

2 節 船尾部

1. 一般

1.1 序

これらの規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 9, Sec 2, 1.1.1 及び 1.1.2 に基づく。なお、1.1.2 は、船尾部の構造であって、液体を積載しない区画の境界を構成する外板以外の構造部材は、浸水時の圧力を考慮した寸法とする設計思想で、基本的には鋼船規則 C 編の考え方と同一である。

1.2 船尾部と船尾隔壁前方の構造との結合

本規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 9, Sec 2, 1.2.1 に基づく。

1.3 ネット寸法

本規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 9, Sec 2, 1.3.1 に基づく。

2. 荷重モデル

これらの規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 9, Sec 2, 2.2 及び 2.3 に基づくもので、6 章 1 節及び 2 節の規定と同様である。

3. 船首倉

これらの規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 9, Sec 2, 3.1 の規定に基づく。

4. 寸法

4.1 船側外板

最小寸法は貨物区域の構造に要求されるものと整合させた。また、ネット要求板厚は、船首部と同様に、軸力及び安全余裕に関わる係数を 0.9 とし、4 章に規定する荷重を船尾部に適用する算式とした。

4.2 防撓材

船首部における規定と同じである。

4.3 主要支持部材

船首部における規定と同じである。

5. 船殻構造とラダーホーンの結合

これらの規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 9, Sec 2, 5.1 及び 5.2 の規定に基づく。

6. 船尾骨材

これらの規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 9, Sec 2, 6.1, 6.2, 6.3, 6.5 及び 6.7 の規定に基づく。

なお、規定中にある板厚は、ネット板厚である。

3 節 機関区域

1. 一般

これらの規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 9, Sec 3, 1.1 から 1.3 の規定に基づく。

2. 二重底

2.1 配置

これらの規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 9, Sec 3, 2.1.1 から 2.1.7 の規定に基づく。

2.2 最小板厚

これらの規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 9, Sec 3, 2.2.1 の規定のうち、材料係数を用いない算式に改めた。

2.3 船側

これらの規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 9, Sec 3, 4.1.1 から 4.1.3 の規定に基づく。

2.4 プラットフォーム

これらの規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 9, Sec 3, 5.1.1 及び 5.1.2 の規定に基づく。なお、ネット寸法については、RINA 規則では、L の関数で示されていたものを実績に基づき修正した。

2.5 梁柱

これらの規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 9, Sec 3, 6.1.1 から 6.1.3 の規定に基づく。

2.6 機関室囲壁

これらの規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 9, Sec 3, 7.1 から 7.3 の規定に基づく。

2.7 主機台

これらの規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 9, Sec 3, 8.1 及び 8.2 の規定に基づく。

4 節 船楼及び甲板室

1. 一般

1.1 定義

本規定は、GL 規則 Ch I-1-1, Sec 16, A1.1 から 1.6 及び 1.8 の規定に基づく。

1.2 グロス寸法

船楼に関する規定は、3 章 3 節と異なる考え方に基づく腐食予備厚を用いている LL 条約及び IACS UR に基づく規定が混在するため、すべてグロス寸法表示とする旨規定した。

2. 配置

本規定は、GL 規則 Ch I-1-1, Sec 16, A3, A4, B3 及び A5 の規定並びに LL 条約 12 規則 (1) 及び (3) などに基づく。

3. 荷重モデル

本規定は、6 章 1 節及び 2 節並びに 9 章 1 節及び 2 節の規定に整合するよう規定した。

4. 寸法

本規定は、GL 規則 Ch I-1-1, Sec 16, B1, B2, B3, D1 及び D2 に基づく。

5. 船楼端隔壁及び甲板室の壁

設計荷重は、IACS UR S3 に基づくもので、4 章 5 節に規定するほかは、GL 規則 Ch I-1-1, Sec 16, C3.1 及び 3.2 に基づく。

5 節 ハッチカバー

本節の規定は、満載喫水線規則、IACS UR S21 及びそれらを含む BV 規則 Pt B, Ch 9, Sec 7 の規定に基づく。バラスト兼用倉におけるバラスト水の内圧を考慮する場合、ハッチコーミングに設けられる通風口によりハッチカバーには静水圧は作用しないと看做せる。これを考慮するために、4 章 6 節に規定するバラスト兼用倉内のバラストによる荷重を静水圧と動的圧力に分離し、静水圧には 0、動的圧力には 0.9 を乗じることとした。

6 節 船体及び船楼の開口配置

本節の規定は、BV 規則 Pt B, Ch 9, Sec 9 の規定に基づく。なお、ガラスの材質などに関する規定は ISO 規格を参照するよう改めた。

10 章 船体艤装

1 節 舵及び操船装置

1. 一般

1.1 操船装置

1.1.1 から 1.1.3

これらの規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, A.1.1 から A.1.4 に基づく。

1.2 構造詳細

1.2.1

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, A.2.1 によるもので、IACS UR S10, 1.2.1 に基づいている。鋼船規則 C 編 3.10.1 の規定に対応している。

1.2.2

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, A.2.2 によるもので、IACS UR S10, 1.2.2 に基づいている。鋼船規則 C 編 3.10.2 の規定に対応している。

1.2.3

今回新たに明文化した規定であるが、構造の連続性については各協会の規則にそれぞれの規定があり、それらに沿ったものとなっていると考えられる。鋼船規則 C 編 3.6.3-4. にも同様に規定されている。

1.2.4

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, A.2.3 によるもので、IACS UR S10, 1.2.3 に基づいているが、後述する特殊な舵（ラダートランクを舵本体内部まで延長し、舵頭材を支持する構造となっているもの）を想定し、ラダートランクを

水密構造とする場合を含んだものとなっている。鋼船規則検査要領 C3.10.1-3の規定に対応している。

1.3 舵面積の大きさ

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, A.3 によるもので、船の長さ及び喫水をパラメータとして舵の標準的な面積を与えている。(推奨事項)

1.4 材料

1.4.1 から 1.4.4

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, A.4.1 から A4.4 によるもので、IACS UR S10, 1.3.1 から 10.1.3.3 に基づいている。鋼船規則 C 編 3.1.2-1..から-3の規定に対応している。

2. 舵力及び舵トルク

2.1 通常の舵における舵力及び舵トルク

2.1.1 及び 2.1.2

これらの規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14 の B.1.1 及び B1.2 によるもので、IACS UR S10, 2.1.1 及び 2.1.2 に基づいている。鋼船規則 C 編 3.2 及び 3.3.1 の規定に対応している。なお、不平衡舵のバランス比を一律に 0.08 としている。

2.1.3

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, B.1.3 による。

2.2 切り欠きを有する形状の舵における舵力及び舵トルク

2.2.1 から 2.2.3

これらの規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, B.2.1 から B.2.3 によるもので、IACS UR S10, 2.2 に基づいている。鋼船規則 C 編 3.2.2 の規定に対応している。

3. 舵頭材の寸法

3.1 舵頭材の直径

3.1.1

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, C.1.1 によるもので、IACS UR S10.3 に基づいている。鋼船規則 C 編 3.5.1 の規定に対応している。

3.1.2

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, C.1.2 によるもので、鋼船規則 D 編 15.2.2 (2) の規定に対応している。

3.1.3

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, C.1.3 による。

3.1.4

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, C.1.4 によるもので、鋼船規則 D 編 15.4.7-5 の規定に対応している。

3.2 舵頭材の補強

3.2.1

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, C.2.1 によるもので、IACS UR S10.4.3 に基づいている。鋼船規則 C 編 3.5.2 の規定に対応している。

3.3 解析

3.3.1 一般

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, B.3.1 によるもので、IACS UR S10, 附属書の 1.項に基づいているが、3.3.2 以降

に規定する解析用のデータについて、IACS UR に規定されている上部舵頭材及び底部ピントルで支持される舵（鋼船規則 C 編, 図 C3.1 の (B)), 吊り舵 (同 (C)) 及びマリナ型舵 (同 (D)) に加え、頸部ベアリングがラダーホーンで支持されるマリナ型舵及びラダートランクが舵本体内部まで延長され、舵頭材を支持する構造となっている吊り舵(フラップ付き舵で見られる)のものための簡易式が追加されている。前者については BV 規則 Pt B, Ch 10, Sec 1 に規定される Type 9 を採用したものであるが、後者についてはいずれの規則にもないもので、CSR 開発に当たり、新たに GL から提案されたものとなっている。鋼船規則 C 編 3.4.1 の規定に対応しているが、鋼船規則 C 編図 C3.1 の (A) 及び (E) に示す舵はカバーされていないため、これらの舵についての計算は鋼船規則 C 編の規定を準用することになる。

3.3.2 解析データ

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, B.3.2 によるもので、IACS UR S10, 附属書の 2.項に基づいているが、上記の通り、新規の規定が追加されている。鋼船規則検査要領 C3.4.1 の規定に対応している。なお、ラダートランクが舵本体内部まで延長され、舵頭材を支持する構造となっている吊り舵についての簡易式については、個々の舵の実際の支持構造に則していない場合が見られるため、実際の適用に当たってはそれぞれの構造に合わせて修正する必要があると思われる。

3.3.3 評価すべきモーメント及び力

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, B.3.2 によるもので、IACS UR S10, 附属書の 2.項に基づいているが、上記の通り、新規の規定が追加されている。鋼船規則検査要領 C3.4.1 の規定に対応している。なお、ラダートランクが舵本体内部まで延長され、上記の通り、それぞれの構造に合わせて修正して適用する必要があると思われる。

3.4 舵頭材を支持するラダートランク (原題は、単に『ラダートランク』となっている)

本規定は、BV 規則 Pt B, Ch 10, Sec 1, 5.6 によるもので、前述のラダートランクが舵本体内部まで延長され、舵頭材を支持する構造となっている吊り舵に関する規定に対応し、当該舵を支持するラダートランクに関する要件として規定されている。

4. 舵カップリング

4.1 一般

4.1.1

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, D.1.1 による。

4.1.2

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, D.1.2 による。実態としては、4.2 の規定でカバーされている。

4.1.3

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, D.1.3 によるもので、

鋼船規則 C 編 3.7.1-1.及び-3.並びに 3.7.3-1.及び-3.の規定に対応している。

4.1.4

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, D.1.4 による。

4.2 水平カップリング

4.2.1

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, D.2.1 によるもので、IACS UR S10.6.1.1 に基づいている。鋼船規則 C 編 3.7.1-2.の規定に対応している。

4.2.2

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, D.2.2 によるもので、IACS UR S10.6.1.2 及び 6.1.3 に基づいている。鋼船規則 C 編 3.7.1-4.及び-5.の規定に対応している。

4.2.3 から 4.2.5

これらの規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, D.2.3 から D.2.5 による。

4.3 垂直カップリング

4.3.1

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, D.3.1 によるもので、IACS UR S10.6.3.1 に基づいている。鋼船規則 C 編 3.7.3-2.の規定に対応している。

4.3.2

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, D.3.2 によるもので、IACS UR S10.6.3.2 に基づいている。鋼船規則 C 編 3.7.3-4.の規定に対応している。

4.3.3

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, D.3.3 によるもので、IACS UR S10.6.3.3 に基づいている。鋼船規則 C 編 3.7.3-5.及び-6.の規定に対応している。

4.4 キー付きコーンカップリング

4.4.1 及び 4.4.2

これらの規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, D.4.1.1 及び D.4.1.2 によるもので、IACS UR S10.6.2.1 に基づいている。鋼船規則 C 編 3.7.2-1 に対応している。

4.4.3

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, D.4.1.3 によるものであるが、CSR への取り入れにあたり、要求断面積を約 10% 増している。鋼船規則検査要領 C3.7.2-2. (1) の規定に対応しているが、せん断面積を約 15% 増す必要がある。

4.4.4

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, D.4.1.4 によるもので、鋼船規則検査要領 C3.7.2-2. (2) の規定に対応している。

4.4.5

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, D.4.1.5 によるもので、IACS UR S10.6.2.2 に基づいている。鋼船規則 C 編 3.7.2-2.の規定に対応している。

4.4.6

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, D.4.1.6 による。

4.5 差し込み及び抜き出しのための特別な配置のコーンカップリング

4.5.1

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, D.4.2.1 によるもので、IACS UR S10.6.2.3 に基づいている。鋼船規則 C 編 3.7.2-3.の規定に対応している。

4.5.2

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, D.4.2.2 によるもので、鋼船規則 C 編 3.7.2-4.の規定に対応している。

4.5.3 から 4.5.6

これらの規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, D.4.2.3 及び D.4.2.4 による。

5. 舵及び舵ベアリング

5.1 舵本体の強度

5.1.1

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, E.1.1 によるもので、鋼船規則 C 編 3.6.2-1.の規定に対応している。

5.1.2

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, E.1.2 による。

5.1.3 及び 5.1.4

これらの規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, E.1.3 によるもので、IACS UR S10.5.1 (a) 及び (b) に基づいている。鋼船規則 C 編 3.7.2-3 の規定に対応している。なお、一部、許容応力が修正されている。

5.2 舵板

5.2.1

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, E.2.1 によるもので、IACS UR S10.5.2 前半の規定に基づいている。鋼船規則 C 編 3.6.1 の規定に対応している。

5.2.2

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, E.2.2 によるもので、鋼船規則検査要領 C3.6.4 の規定に関連している。

5.2.3

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, E.2.3 によるもので、IACS UR S10.5.2 後半の規定に基づいている。鋼船規則 C 編 3.7.2-4.の規定に対応している。

5.3 舵板構造と鍛鋼又は鋳鋼の一体型部品との接合

5.3.7 を除く規定は、BV 規則 Pt 1, Ch 10, Sec 1, E7.4 による。5.3.7 の規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, E.3.2 の規定を採用している。

5.4 舵ベアリング

5.4.1 及び 5.4.2

これらの規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, E.4.1 及び E.4.2 による。

5.4.3

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, E.4.3 によるもので、

IACS UR S10 では明確には規定されていない。鋼船規則検査要領 C3.4.1-3. (3) の規定に対応しているといえるが、あくまで初期計算用の簡易式であり、最終的な強度検討に使用することは適切でない場合がある。

5.4.4

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, E.4.4 によるもので、IACS UR S10.8.1 に基づいている。鋼船規則 C 編 3.9.1 の規定に対応している。

5.4.5

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, E.4.5 による。

5.4.6

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, E.4.6 及び E4.7 によるもので、前半は IACS UR S10.8.2 に基づくものであるが、後半は GL 独自のものである。前者については鋼船規則 C 編 3.9.2 の規定に対応している。

5.5 ピントル

5.5.1

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, E.5.1 によるもので、IACS UR S10.7.1 後半の記述に基づいている。鋼船規則 C 編 3.8.1 の規定に対応している。

5.5.2

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, E.5.2 による。

5.5.3

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, E.5.3 によるもので、IACS UR S10.7.1 前半の記述に基づいている。鋼船規則 C 編 3.8.2-1. の規定に対応している。

5.5.4

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, E.5.4 によるもので、IACS UR S10.7.2 に基づいている。鋼船規則 C 編 3.8.2-2. の規定に対応している。

5.6 ペアリングクリアランス

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, E.6 によるもので、IACS UR S10.8.3 に基づいている。鋼船規則 C 編 3.9.3 の規定に対応している。

6. 舵頭材の設計許容モーメント

6.1 一般

6.1.1

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, F による。

7. 停止装置及び固定装置

7.1 停止装置

7.1.1

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, G.1 によるもので、鋼船規則 D 編 15.4.8-1. の規定に対応している。

7.2 固定装置

7.2.1

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, G.2 によるもので、鋼船規則 D 編 15.4.8-3. の規定に対応しているが、7.2.1 では具体的な強度要件が規定されている。

7.3

7.3.1

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, G.3 による。

8. プロペラノズル

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, H による。

9. ラダーホーン及びシューピースの寸法

9.1 シューピース

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 13, C4 によるもので、IACS UR S10.9.1 に基づいている。鋼船規則 C 編 2.2.3-1. の規定に対応している。

9.2 セミスピード型舵のラダーホーン (1点弾性支持の場合)

9.2.1

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 13, C.5.1 によるもので、IACS UR S10.9.2 に基づいている。鋼船規則 C 編 2.2.5-1. の規定に対応している。

9.2.2

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 13, C.5.2 によるもので、IACS UR S10.9.2 に基づいている。鋼船規則 C 編 2.2.5-1. (1) の規定に対応している。

9.2.3

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 13, C.5.3 によるもので、IACS UR S10.9.2 に基づいている。鋼船規則 C 編 2.2.5-1. (2) の規定に対応している。

9.2.4

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 13, C.5.4 によるもので、IACS UR S10.9.2.1 に基づいている。鋼船規則 C 編 2.2.5-1. (3) の規定に対応している。

9.2.5

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 13, C.5.5 による。

9.2.6 から 9.2.9

これらの規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 13, C.5.6 から C.5.9 によるもので、鋼船規則 C 編 2.2.5-2. の規定と関連している。

9.2.10

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 13, C.5.10 によるもので、鋼船規則 C 編 2.2.5-3. の規定と関連している。

9.3 セミスピード型舵のラダーホーン (2点弾性支持の場合)

9.3.6 の規定を除き、BV 規則 Pt B, Ch 10, App. 1, 1.7 による。なお、9.3.6 の規定は、ラダーホーンに対する一般規定として上記 9.2.5 から 9.2.10 (GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 13, C.5.5 から C5.10 の規定に基づくもの) を準用することを規定している。

10. 舵カップリングフランジ

本規定は、GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 19, B4.4 によるもの。なお、原文では Figure 20 中に GL 規則 Pt 1, Ch 1, Sec 14, E.3.1 (舵板の板厚を 5.2.1 に規定する値の 25% 増しとすることが規定されている) によることが規定されているが、当該規定を採用しなかったため、CSR-B 編では 5.2.1 に規定す

る板厚としている。

11. 旋回式推進装置

本規定は、BV 規則 Pt B, Ch 10, Sec 1, 11. の規定による。鋼船規則検査要領附属書 D1.1.3-3. に関連規定がある。

2 節 ブルワーク及びガードレール

1. 一般

1.1 序説

1.1.1

本規定は、BV 規則 Pt B, Ch 10, Sec 2 の 1.1.1 による。

1.2 一般

1.2.1

本規定は、BV 規則 Pt B, Ch 10, Sec 2, 1.2.1 によるもので、LL 条約 Reg.25 (2) 及び IACS UI LL14 に基づいている。鋼船規則 C 編 23.1.1-1. の規定に対応している。

1.2.2

本規定は、BV 規則 Pt B, Ch 10, Sec 2, 1.2.2 によるもので、LL 条約 Reg.25 (2) に基づいている。鋼船規則 C 編 23.1.2-1. の規定に対応している。

1.2.3

本規定は、BV 規則 Pt B, Ch 10, Sec 2, 1.2.3 によるもので、LL 条約 Reg.26 (7) に基づいている。鋼船規則 C 編 23.2.2-4. の規定に対応している。

1.2.4

本規定は、BV 規則 Pt B, Ch 10, Sec 2, 1.2.4 によるもので、LL 条約 Reg.25 (6) に基づいている。鋼船規則 C 編 23.2.1-4. の規定に対応している。

1.2.5

本規定は、BV 規則 Pt B, Ch 10, Sec 2, 1.2.5 による。

1.2.6

本規定は、BV 規則 Pt B, Ch 10, Sec 2, 1.2.6 によるもので、LL 条約 Reg.24 (4) に基づいている。鋼船規則 C 編 23.2.1-3. の規定に対応している。

1.2.7

本規定は、BV 規則 Pt B, Ch 10, Sec 2, 1.2.7 による。

2. ブルワーク

2.1 一般

本規定は、BV 規則 Pt B, Ch 10, Sec 2, 2.1 による。鋼船規則 C 編 23.1 に関連要件があるが、より具体的に規定されている。

2.2 寸法

本規定は、BV 規則 Pt B, Ch 10, Sec 2, 2.2 による。鋼船規則 C 編 23.1 に関連要件があるが、より具体的に規定されている。なお、2.2.1 については、BV 規則から一部修正されており、鋼船規則 C 編 23.1.3-1. の規定に対して要件強化となっている。また、2.2.4 の規定中の算式については、BV 規則の算式から一部修正されている。(長さが 92.5m の船舶に対する要件と同じになっている。)

3. ガードレール

3.1 一般

3.1.1

本規定は、BV 規則 Pt B, Ch 10, Sec 2, 3.1.1 による。

3.1.2

本規定は、BV 規則 Pt B, Ch 10, Sec 2, 3.1.2 によるもので、LL 条約 Reg.25 (3) に基づいている。鋼船規則 C 編 23.1.2-2. の規定に対応している。

3.1.3

本規定は、BV 規則 Pt B, Ch 10, Sec 2, 3.1.3 によるもので、LL 条約 Reg.25 (3) に基づいている。鋼船規則 C 編 23.1.2-4. の規定に対応している。

3.1.4

本規定は、BV 規則 Pt B, Ch 10, Sec 2, 3.1.4 によるもので、LL 条約 Reg.25 (3) (a) に基づいている。鋼船規則 C 編 23.1.1-2. (1) 及び (2) の規定に対応している。

3.1.5

本規定は、BV 規則 Pt B, Ch 10, Sec 2, 3.1.5 によるもので、LL 条約 Reg.25 (3) (c) に基づいている。鋼船規則 C 編 23.1.1-2. (3) の規定に対応している。

3.1.6

本規定は、BV 規則 Pt B, Ch 10, Sec 2, 3.1.6 によるもので、LL 条約 Reg.25 (3) (d) に基づいている。鋼船規則 C 編 23.1.1-2. (4) の規定に対応している。

3 節 艙装

1. 一般

1.1 一般

1.1.1 及び 1.1.2

これらの規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 10, Sec 4, 1.1.1 及び 1.1.2 による

1.1.3

本規定は、IACS UR A1.1.4 に基づく。

1.1.4

本規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 10, Sec 4, 1.1.3 による。

2. 艙装数

2.1 艙装数

2.1.1 及び 2.1.2

これらの規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 10, Sec 4, 2.1.1 及び 2.1.2 によるもので、IACS UR A1.2 に基づいている。鋼船規則 C 編 27.1.1-1. 及び 2. 並びに 21.1.2.-1. の規定に対応している。

3. 艙装

3.1 一般

3.1.1 及び 3.1.2

これらの規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 10, Sec 4, 3.1.1 及び 3.1.2 による。

3.2 アンカー

本規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 10, Sec 4, 3.2.によるもので、IACS UR A1.4.1 に基づいている。鋼船規則 C 編 27.1.1-4.及び 27.1.3, L 編 2.1.8 並びに船用材料・機器等の承認及び認定要領 (以下、認定要領という。) 第 2 編 1.6 及び 1.7 の規定に対応している。

3.3 アンカーのチェーンケーブル

本規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 10, Sec 4, 3.3によるもので、IACS UR A1.5 に基づいている。鋼船規則 C 編 27.1.4 及び L 編 3.1 の規定に対応している。

3.4 連結ピース

本規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 10, Sec 4, 3.4によるもので、鋼船規則 C 編 27.1.4 及び L 編 3.1 の規定に対応している。

3.5 曳航索及び係船索

本規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 10, Sec 4, 3.5によるもので、鋼船規則 C 編 27.1.5 及び L 編 4 章に対応しているが、IACS 勧告 No.10 (風圧面積による係船索の増加) は採用していない。また、3.5.6 に規定される合成繊維索に関する扱いは従来と異なる。

3.6 ホースパイプ

本規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 10, Sec 4, 3.6による。

3.7 ウインドラス

本規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 10, Sec 4, 3.7によるもので、IACS UR S27.4.2 の要件を含んでいる。鋼船規則 D 編 16.2.2 の規定に対応している。

3.8 チェーンストッパ

本規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 10, Sec 4, 3.8による。

3.9 チェーンロック

本規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 10, Sec 4, 3.9による。IACS UR L4 の要件を含んでいる。鋼船規則 C 編 27.1.6 及び 27.1.7 の規定に対応している。

3.10 フェアリード及びボラード

本規定は、RINA 規則 Pt B, Ch 10, Sec 4, 3.10による。

11 章 建造及び試験

1 節 構造

1. 構造詳細

1.1 切欠き, 開先

切断, 開先加工に関する注意事項のうち代表的なものを、RINA 規則に基づき規定した。

1.2 冷間加工

冷間格好の曲げ半径は、IACS Rec. No.47 の波形隔壁の曲げ加工において標準とされているものを規定した。なお、冷間加工に関する一般的に規定を RINA 規則に基づき規定した。

1.3 組み立て, 精度

IACS Rec. No.47 にある溶接継ぎ手の目違い標準の代表

的なものを記載した。なお、本件については、IACS の Rec. は、強制要件ではないこと、また、日本鋼船工作法標準など実績のある標準も認めるべきとの業界意見を反映して、船級協会が適当と認める工作標準とすることができることとした。

2 節 溶接

1. 一般

溶接に関する一般的な規定を、各船級協会の規定を参考に規定した。基本的には、各船級協会の溶接関連規定によることとした。

2. 溶接継手の種類

(1) 2.1 から 2.5, 2.7 及び 2.8 の規定は、各船級規則及び IACS UR S18 に基づく。

(2) すみ肉溶接

すみ肉溶接の溶接脚長に関する規定は、現行 C 編 1 章の規定及び現状の溶接を参考に、板厚が 50mm まで適用できるように定めた。なお、すみ肉溶接の寸法は、一般に脚長又はのど厚で表記されるが、現場にて確認し易い脚長表示とした。また、3 章 2 節で要求される腐食予備厚は、腐食環境に応じて定められたもので、すみ肉溶接の寸法決定においても腐食の影響を考慮する必要がある。しかし、構造部材が面する腐食環境を考慮すると、一方の腐食環境にしか曝されない溶接部は、区画境界の構造部材に対し、それぞれの溶接脚長を適用することとなり、現場にて混乱を来す恐れがあると判断し、構造部材に要求される全腐食予備厚を考慮することとした。なお、考慮する腐食予備厚として 4 mm を標準としたので、構造部材の腐食予備厚が 4mm より大きい部材に対しては、脚長の割り増しが必要となり、4 mm 未満の場合は、0.5 mm だけ減じることができることとした。

また、実際の運用において、断続溶接を適用する箇所が少ないことを考慮して、現行鋼船規則 C 編で F3 が要求される箇所は、両面連続溶接の F3 として、新たな基準を作成した。(図 3.11.1 参照)

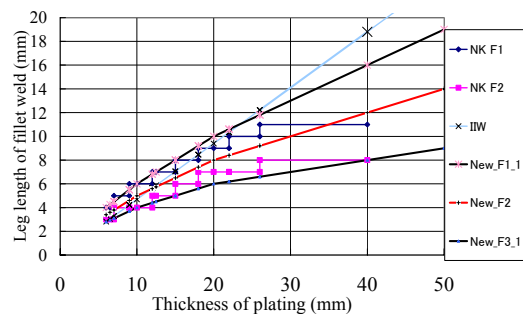


図 3.11.1 溶接脚長

図中、階段状になっているものが上から現行規則の F1 及び F2 である。また、国際溶接協会 (IIW) の指針に基づ

くものは、一般に現行鋼船規則でいう F1 相当といわれている。CSR に規定する溶接脚長は、腐食予備厚による調整を考慮すると、ほぼ現行鋼船規則と上限線と同等のものとした。また、CSR に規定する F3 は、現行鋼船規則の F2 の下限線と同等となるように定めた。

(3) 接合部の詳細

ビルジキールの溶接詳細は、GL 規則 Ch I-1-1, Sec 19, B2.4 の規定を参考に定めた。

3 節 区画試験

本規定は、IACS UR S14 を取り入れたものである。

12 章 船級符号への追加の付記

1 節 グラブ荷役

1. 一般

SOLAS 条約 XII 章 6.5.1 規則に対応した規定を、12 章として設けた。グラブの衝撃荷重に対する強度要件を満足する場合は、追加の付記符号を与える旨の規定を追記した。付記される符号は、考慮したグラブの質量が明確になるよう GRAB に続けて考慮したグラブの質量を記載する。なお、本規定の適用にあつては、SOLAS 条約で要求される BC-A 及び BC-B 船については強制要件であり、それら以外の船舶についてはオプションとなる。また、考慮するグラブの最小質量は、一般的な港湾の施設に用いられるグラブの質量を考慮して 20 トンとした。

2. 強度要件

強度要件として、他船級協会のグラブ関連規定を調査し、図 3.12.1 に示すように LRS 規則を参考に、グラブの質量、使用材料、ロンジ間隔をパラメータとする簡易な算式とした。

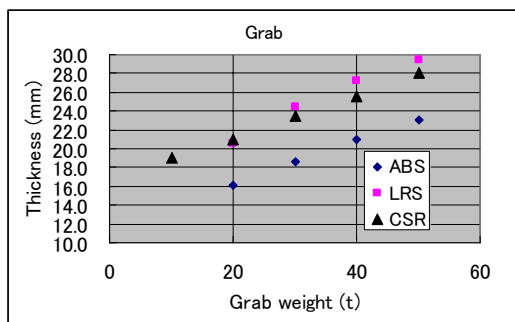


図 3.12.1 グラブによる要求板厚

13 章 就航後の船舶、切替え基準

1 節 船級維持

1. 一般

1.1 適用

船級維持検査は、IACS は UR Z シリーズによる旨規定し

た。

1.2 定義

著しい腐食の定義は、IACS UR Z7 を取り入れた。また、局部腐食について教科書的に定義した。

2 節 板厚計測及び許容基準

1. 適用

基本的には、ネット寸法手法に基づく許容基準を記載することとしたが、板厚計測に関する情報も必要と考え、板厚計測に関する事項、計測位置、許容基準の適用方法が適用となる旨規定した。

2. 計測位置及び位置決定に関する規則要件

規定の内容は、UR Z7, Z10.2 及び Z10.5 を概説したものである。なお、BV 規則を参考に板厚計測箇所を示す図を例示した。

3. 許容基準

3.1 定義

縦強度の許容衰耗限度を考慮するために、BV 規則を参考に構造部材に関する定義の規定を設けた。

3.2 局部強度に関する許容基準

3.2.1

局部強度の許容基準が適用される部材を明記した。

3.2.2 局部腐食以外の腐食に関する切替え基準

衰耗限度は、船主による追加がなければ、3 章 3 節に規定する腐食予備厚と同じ値となる。従って、計測板厚 t_{gauged} が、切替え基準 $t_{renewal} = t_{as-built} - t_c$ を下回った場合、切替えが要求される。また、計測板厚が、2.5 年の検査間隔の間の腐食進行分 ($t_{reserved}$) を考慮した板厚と切替え基準の間の値の場合 (下記条件式を参照)、塗装などの防食措置又は次回以降の年次検査において板厚計測が要求されることとした。

$$t_{renewal} < t_{gauged} < t_{renewal} + t_{reserved}$$

3.2.3 局部腐食に関する切替え基準

局部腐食に関する基準として IACS UR S12 及び S30 を取り入れた。

3.3 全体強度に関する許容基準

縦強度の観点から、船体梁の横断面係数の許容衰耗限度を定めたものである。船体横断面係数が 10% 以上減少した場合は、許容されないこととしている。なお、船底区域及び甲板区域と中性軸近傍の詳細な取り扱いについては、BV 規則を参考に規定した。