

鋼船規則

規
則

C 編

船体構造及び船体艤装

2015 年 第 3 回 一部改正

2015 年 12 月 25 日 規則 第 54 号

2015 年 11 月 19 日 技術委員会 審議

2015 年 12 月 14 日 理事会 承認

2015 年 12 月 25 日 国土交通大臣 認可

「鋼船規則」の一部を次のように改正する。

C 編 船体構造及び船体艤装

1 章 通則

1.1 一般

1.1.3 特殊な形状, 特殊な主要寸法比又は特別な貨物を運搬する船舶

-4.を次のように改める。

-4. コンテナを積載する場合の補強については, ~~32.34.1~~ によらなければならない。セルガイドを有する場合については, ~~32.711~~ によらなければならない。

1.1.7 材料

-2.を次のように改める。

-2. **K 編 3 章**に規定する高張力鋼材を使用する場合の構造及び寸法は, 次の(1)から(3)によらなければならない。

(1) 船体横断面の断面係数は, ~~15章15.2~~, または, **32 章**が適用される船舶の場合 **32.2.4**の規定による値に次の係数を乗じた値以上とすること。ただし, 特別な考慮を払った場合, 本会の承認を得て異なる値とすることができる。また, 高張力鋼を使用する範囲については本会の適当と認めるところによる。

KA32, KD32, KE32, 又は KF32 を使用する場合 : 0.78

KA36, KD36, KE36, 又は KF36 を使用する場合 : 0.72

KA40, KD40, KE40, 又は KF40 を使用する場合 : 0.68

KE47 を使用する場合 (ただし, **32 章**が適用される船舶に限る。) : 0.62

((2)及び(3)は省略)

15章 縦強度

15.1 一般

15.1.1 を次のように改める。

15.1.1 適用の特例

-1. 32章が適用される船舶にあっては、本章の規定に関わらず32章の規定によらなければならない。

-2. 次の(1)から(5)に掲げる船舶で、本章の規定をそのまま適用することが合理的でないと認められる事項がある場合には、それらの事項について本会が適当と認めるところによらなければならない。

- (1) 主要寸法比が特殊な船舶
- (2) 倉口が特に大きい船舶
- (3) C_b が特に小さい船舶
- (4) フレアが大きく、かつ、船の速力が大きい船舶
- (5) (1)から(4)の他、特殊な船型若しくは構造の船舶又は特殊な積付けをする船舶等

16章 平板竜骨及び外板

16.1 一般

16.1.2 を次のように改める。

16.1.2 座屈に対する考慮

外板の座屈防止に関しては、15.4、または、32章が適用される船舶の場合32.2.7の規定によるほか、十分な考慮を払わなければならない。

17章 甲板

17.2 強力甲板の有効断面積

17.2.1 を次のように改める。

17.2.1 用語一般

-1. 強力甲板の有効断面積とは、中央部 $0.5L$ 間以上を縦通するか又は縦通すると認められる鋼甲板、縦通梁及び縦通桁等の船体中心線の各側における断面積をいう。

-2. 32章が適用される船舶にあっては、本節の規定に代えて 32.2 の規定を適用しなければならない。

17.2.2 強力甲板の有効断面積

-1. 15章の規定により船体横断面の断面係数が規定される船の中央部の箇所では、強力甲板の有効断面積はその規定を満足したもの以上となるよう定めなければならない。

-2. 船の中央部より前後では、強力甲板の有効断面積を船の中央部の端部の値より漸次減じて差し支えない。ただし、 L の前後端からそれぞれ $0.15L$ の箇所において中央に機関を備える船舶では L の中央の有効断面積の 40%、船尾に機関を備える船舶では 50%未満としてはならない。

-3. 船の中央部以外の箇所の船体横断面の断面係数が本会の承認を得た値以上の場合は、-2.のただし書の規定を適用しなくても差し支えない。

17.2.3 船首尾両端からそれぞれ $0.15L$ の箇所より前後の強力甲板

船首尾両端からそれぞれ $0.15L$ の箇所より前後では、有効断面積及び板厚を急激に変化しないように減じて差し支えない。

17.2.4 長い船尾楼内の強力甲板の有効断面積

長い船尾楼内の強力甲板の有効断面積は、17.2.2 の規定にかかわらず、適当に参酌して差し支えない。

17.2.5 船楼甲板を強力甲板とする場合の船楼内の甲板

船楼甲板を強力甲板とする場合には、船楼外の強力甲板は有効断面積を減ずることなく、ほぼ $0.05L$ の長さにわたり船楼内に延長し、それより内側においては漸次厚さを減じて差し支えない。

32 章を次のように改める。

32 章 コンテナ運搬船

32.1 一般

32.1.1 適用等

- 1. コンテナ運搬船として登録を受けようとする船舶の構造及び艤装については、本章の規定による。
- 2. 特に本章に規定されていない事項については、鋼船の構造及び艤装に関する一般規則を適用する。
- 3. 本章の規定は、一層甲板船で専らコンテナ貨物を運送する船舶であつて、甲板には大きな倉口、貨物倉内には二重底を有し、甲板及び船底は縦式構造の船舶について定めたものである。
- 4. 前-3.に掲げるものと異なる構造のコンテナ運搬船で、この規則により難いと認められる場合は、本会の適当と認めるところによる。

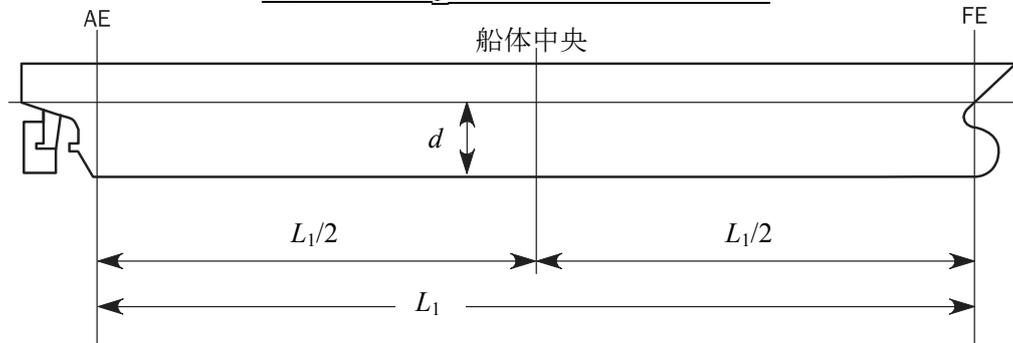
32.1.2 定義

- 1. L_1 並びに L_1 の前端及び後端の定義は、表 C32.1 及び図 C32.1 による。

表 C32.1 L_1 並びに L_1 の前端及び後端の定義

	定義
L_1	A 編 2.1.2 に定める船の長さ (m) と計画最大満載喫水線上における船の全長 (m) の 97%のうちいずれか小さい値
FE	L_1 の前端で、計画最大満載喫水線上における船首材の前面を通る垂線面
AE	L_1 の後端で、FE から船尾方向に距離 L_1 の点を通る垂線面

図 C32.1 L_1 の前端及び後端の定義

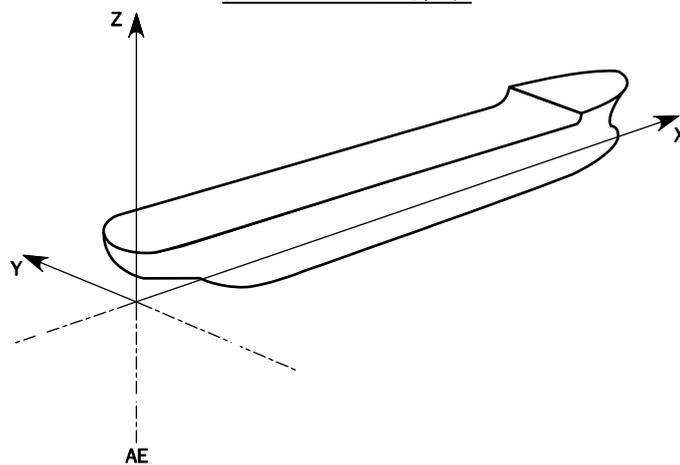


-2. 船舶の形状、運動、加速度及び荷重に対する座標系の定義は、表 C32.2 及び図 C32.2 による。

表 C32.2 座標系の定義

	定義
原点	船舶が対称となる縦通平面, L_1 の後端 (AE) 及び基線の交点
X軸	船首方向が正の縦軸
Y軸	左舷方向が正の横軸
Z軸	上方向が正の垂直軸

図 C32.2 座標系

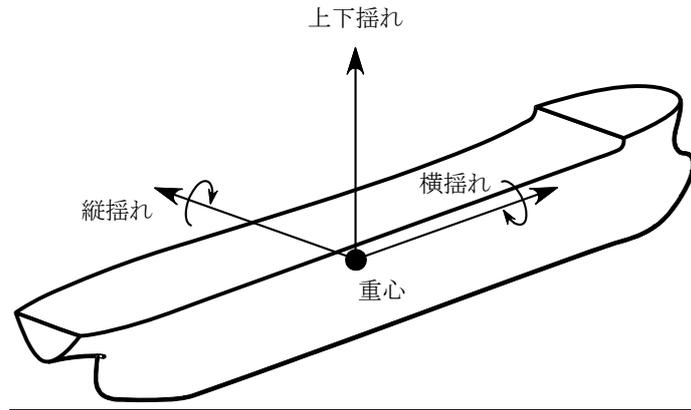


-3. 船体運動の正負の定義は、表 C32.3 及び図 C32.3 による。

表 C32.3 船体運動の正負の定義

	正負の定義
上下揺れ	Z軸において上方向を正とする。
横揺れ	重心を通る縦軸の正の方向（右舷下降，左舷上昇）への回転を正とする。
縦揺れ	重心を通る横軸の正の方向（船首下降，船尾上昇）への回転を正とする。

図 C32.3 船体運動の正負の定義

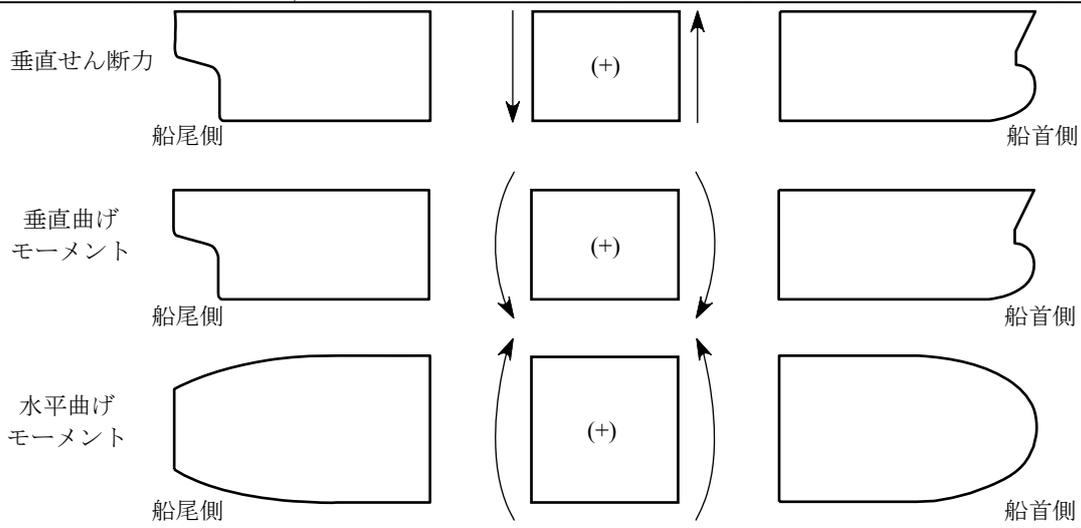


-4. 船体横断面における垂直せん断力、垂直曲げモーメント及び水平曲げモーメントの正負の定義は、表 C32.4 及び図 C32.4 による。

表 C32.4 垂直せん断力、垂直曲げモーメント及び水平曲げモーメントの正負の定義

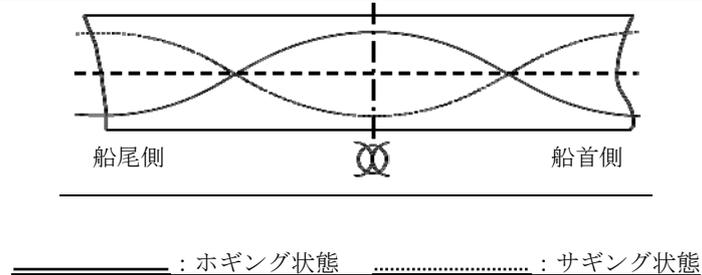
	正負の定義
垂直せん断力 (kN)	考慮する船体横断面の前に上向きの力が作用し、考慮する船体横断面の後ろに下向きの力が作用する場合を正とする。
垂直曲げモーメント (kN-m)	強力甲板が引張となる状態を正 (ホギング) とし、船底が引張となる状態を負 (サギング) とする。
水平曲げモーメント (kN-m)	右舷側が引張となる状態、左舷側が圧縮となる状態を正とする。

図 C32.4 垂直せん断力、垂直曲げモーメント及び水平曲げモーメントの正負の定義



-5. ホギング状態及びサギング状態の波の定義は、図 C32.5 による。

図 C32.5 ホギング状態及びサギング状態の波の定義（満載積付状態の場合）



32.1.3 ネット寸法手法

-1. 32.2 及び 32.9 においては、特に規定されない限り、ネット寸法を用いて強度評価を行わなければならない。また、32.3 から 32.8 においては、グロス寸法を用いて評価する。ここで、グロス寸法とは建造寸法をいう。

-2. 板、ウェブ及びフランジのネット板厚 t_{net} (mm) は、次によらなければならない。

$$t_{net} = t_{as_built} - t_{vol_add} - \alpha t_c$$

t_{as_built} : 建造板厚 (mm)

t_{vol_add} : 任意の追加板厚 (mm)

α : 腐食予備厚係数で、表 C32.5 による。

t_c : 腐食予備厚 (mm) で-4.による。

-3. 任意の追加板厚を考慮している場合は、その値を図面に明記しなければならない。

-4. 腐食予備厚は、考慮する部材に応じて、次の(1)から(3)によらなければならない。

(1) 構造部材の両側の合計腐食予備厚は次の算式によること。

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

t_{c1}, t_{c2} : 構造部材の片面の腐食予備厚で、表 C32.6 による。

(2) 区画内の内部部材の合計腐食予備厚は次の算式によること。

$$t_c = 2t_{c1} + 0.5$$

t_{c1} : 前(1)による。

(3) 防撓材の腐食予備厚は、当該防撓材が取り付けられる位置の区画の種類に応じて定めること。

表 C32.5 腐食予備厚係数の値

要件		α
剛性評価及び降伏強度評価 (32.2.5 及び 32.2.6)		0.5
座屈強度評価 (32.2.7)	ハルガーダ曲げ応力及びハルガーダせん断応力計算	0.5
	限界座屈応力計算	1.0
縦曲げ最終強度評価 (32.2.8)		0.5
直接強度計算による強度評価 (32.9.8 及び 32.9.9)	作用応力計算	0.5
	限界座屈応力計算	1.0

表 C32.6 構造部材の片面の腐食予備厚

区画の種類	片面の腐食予備厚 t_{c1}, t_{c2} (mm)
海水暴露	1.0
大気暴露	1.0
バラスタタンク	1.0
空所及びドライスペース	0.5
清水, 燃料油, 潤滑油タンク	0.5
居住区	0.0
コンテナ貨物倉	1.0
上記以外の区画	0.5

32.1.4 最小板厚

-1. 二重底構造内（ビルジ部を含む）及び深水タンクとして使用される二重船側構造内の各種の縦、横、立て、水平の各桁、支材、これらの端部肘板及び各種の隔壁板の最小板厚（グロス寸法）は、表 C32.7 によらなければならない。

-2. 貨物倉内の水密隔壁構造及び部分隔壁構造並びに深水タンクとして使用されない二重船側構造内の各種の縦、横、立て、水平の各桁、これらの端部肘板及び各種の隔壁板の最小板厚（グロス寸法）は、表 C32.7 による厚さより 1.0mm 減じた値として差し支えない。

-3. 貨物倉内、二重底構造内及び二重船側構造内の構造諸材の厚さ（グロス寸法）は、6mm 未満としてはならない。

表 C32.7 最小板厚（グロス寸法）

船の長さ L (m)	以上	90	105	120	135	150	165	180	195	225	275
	未満	105	120	135	150	165	180	195	225	275	
厚さ (mm)		7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5

32.2 縦曲げ強度

~~32.2.1 曲げ強度~~

~~船体横断面の断面係数は、15章の規定による。ただし、船体横断面の断面形状が著しく変化する場合には、船体の撓みに十分注意を払わなければならない。~~

~~32.2.2 曲げ振り強度~~

~~船の中央部における倉口の幅が $0.7B$ を超える場合には、曲げ振りによる付加的な応力や倉口の变形に対して、特別の考慮を払わなければならない。ただし、二列以上の倉口を有する場合には、倉口幅としては最も外側の倉口側線間の距離をとるものとする。~~

~~32.2.3 疲労強度~~

~~コンテナ運搬船の船底縦通肋骨、船側縦通肋骨、倉口隅部、ハッチサイドコaming、船首部船倉のひな壇隅部等の応力集中部の詳細構造については、疲労強度に対して十分な配慮を払わなければならない。~~

32.2.1 一般

-1. 本節に規定される波浪荷重に関する要件は、次の(1)から(3)のすべてに該当する船舶に対して適用する。

(1) 船の長さ L_1 $90m \leq L_1 \leq 500m$

(2) 形状 $5 \leq L_1/B \leq 9, 2 \leq B/d \leq 6$

(3) 計画最大満載喫水線における方形係数 $0.55 \leq C'_b \leq 0.9$

ここで、 C'_b は、計画最大満載喫水線に対する型排水容積を $L_1 B d$ で除した値

-2. 前-1.(1)から(3)のいずれかに該当しない船舶は、適用する波浪荷重を直接荷重解析等により特別に考慮しなければならない。

-3. 構造の連続性は、船の全長にわたり確保されなければならない。

-4. 構造様式が著しく変化する箇所においては、適切に中間部材を設ける等、強度の連続性に十分注意を払わなければならない。

32.2.2 強度評価の適用範囲

-1. 本節に規定される剛性評価、降伏強度評価、座屈強度評価及び縦曲げ最終強度評価は、別途規定されているものを除き、 $0.2L_1$ から $0.75L_1$ 間で行わなければならない。なお、船体横断面が著しく変化する位置において、特段の注意を払わなければならない。

-2. $0.2L_1$ から $0.75L_1$ 間以外の箇所については、少なくとも最前端貨物倉の前端、最後端貨物倉の後端及び船体横断面が著しく変化する位置において、本会が適当と認める手法による強度評価を行わなければならない。

32.2.3 荷重

-1. 静水中垂直曲げモーメント M_S (kN-m) 及び静水中垂直せん断力 F_S (kN) は、原則として、出港状態及び入港状態における燃料油、清水及び貯蔵物の積載量に基づき、設計貨物積付状態及び設計バラスト積付状態に対して、船の全長にわたり、各断面において計算しなければならない。

-2. 航海中の任意の中間状態において消耗品の積載量及び配置がより過酷な条件を与

えると考えられる場合には、出入港状態での積付状態に加え、中間状態における計算結果を本会に提出しなければならない。

-3. 航海中にバラストの漲水又は排水を行うことを計画する場合には、すべてのバラストタンクの漲水又は排水の直前及び直後の状態における計算結果を本会に提出するとともに、承認されたものをローディングマニュアルに記載しなければならない。

-4. 航海中の許容最大静水中垂直曲げモーメント M_{Smax} (kN-m) 及び許容最小静水中垂直曲げモーメント M_{Smin} (kN-m) 並びに許容最大静水中垂直せん断力 F_{Smax} (kN) 及び許容最小静水中垂直せん断力 F_{Smin} (kN) は、船長方向の任意の位置において、次の(1)及び(2)の値を包括したものでなければならない。

(1) ローディングマニュアルに記載される航海中の積付状態に対する最大静水中垂直曲げモーメント及び最小静水中垂直曲げモーメント並びに最大静水中垂直せん断力及び最小静水中垂直せん断力

(2) 設計者によって定められた最大静水中垂直曲げモーメント及び最小静水中垂直曲げモーメント並びに最大静水中垂直せん断力及び最小静水中垂直せん断力

-5. ローディングマニュアルには、航海状態の静水中のハルガード荷重を包括した現実的な積付状態を含めなければならない。また、本会が別途定める積付状態も含めなければならない。

-6. 船の全長にわたる波浪中垂直曲げモーメント M_W (kN-m) の分布は、図 C32.6 による。なお、図中の $M_{W-Hog-Mid}$ 、 $M_{W-Sag-Mid}$ は次による。

$$M_{W-Hog-Mid} = +1.5 f_R L_1^3 C C_W \left(\frac{B}{L_1} \right)^{0.8} f_{NL-Hog}$$

$$M_{W-Sag-Mid} = -1.5 f_R L_1^3 C C_W \left(\frac{B}{L_1} \right)^{0.8} f_{NL-Sag}$$

f_R : 係数で、0.85

C : 波パラメータで次による。

$$L_1 \leq L_{ref} \text{ の場合, } C = 1 - 1.50 \left(1 - \sqrt{\frac{L_1}{L_{ref}}} \right)^{2.2}$$

$$L_1 > L_{ref} \text{ の場合, } C = 1 - 0.45 \left(\sqrt{\frac{L_1}{L_{ref}}} - 1 \right)^{1.7}$$

L_{ref} : 参照長さ (m) で、次による。

$$L_{ref} = 315 C_W^{-1.3}$$

C_W : 計画最大満載喫水における水線面係数で、次による。

$$C_W = \frac{A_W}{L_1 B}$$

A_W : 計画最大満載喫水における水線面積 (m²)

f_{NL-Hog} : ホギングに対する非線形影響係数で、次による。

$$f_{NL-Hog} = 0.3 \frac{C'_b}{C_w} \sqrt{d}, \text{ ただし, } 1.1 \text{ 以下とする。}$$

f_{NL-Sag} : サギングに対する非線形影響係数で、次による。

$$f_{NL-Sag} = 4.5 \frac{1+0.2f_{Bow}}{C_w \sqrt{C'_b L_1}^{0.3}}, \text{ ただし, } 1.0 \text{ 以上とする。}$$

f_{Bow} : バウフレア形状係数で、次による。

$$f_{Bow} = \frac{A_{DK} - A_{WL}}{0.2L_1 Z_f}$$

A_{DK} : $0.8L_1$ より前方の最上部甲板の水平面の投影面積 (m^2) で、船首楼甲板がある場合は船首楼甲板も含む。ただし、ブルワーク等の他の部材は考慮しない。(図 C32.7 参照)

A_{WL} : 計画最大満載喫水における $0.8L_1$ より前方の水線面積 (m^2)

Z_f : FE における計画最大満載喫水線から最も上方の甲板(または船首楼甲板)までの距離 (m) で、ブルワーク等の他の部材は考慮しない。(図 C32.7 参照)

C'_b : 計画最大満載喫水線に対する型排水容積を $L_1 B d$ で除した値

図 C32.6 船の全長にわたる波浪中垂直曲げモーメント M_w の分布

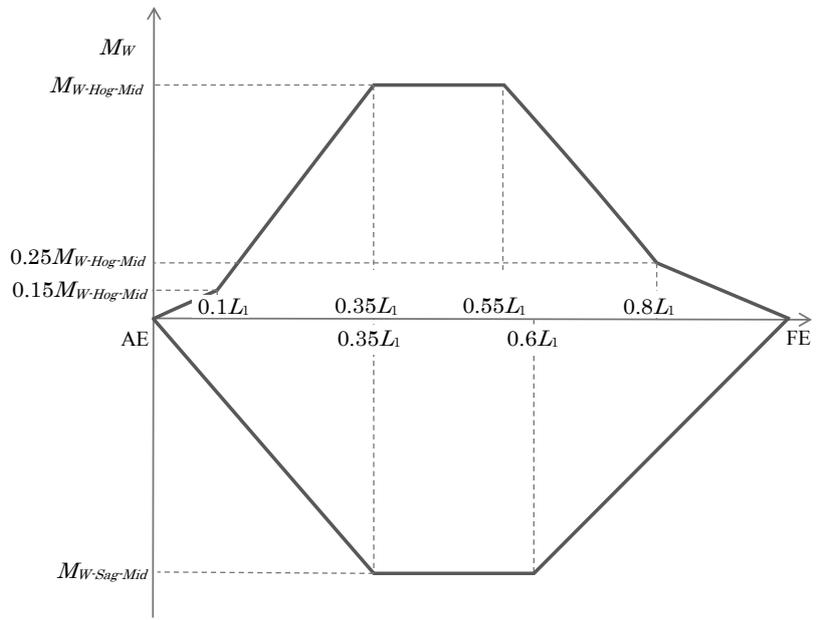
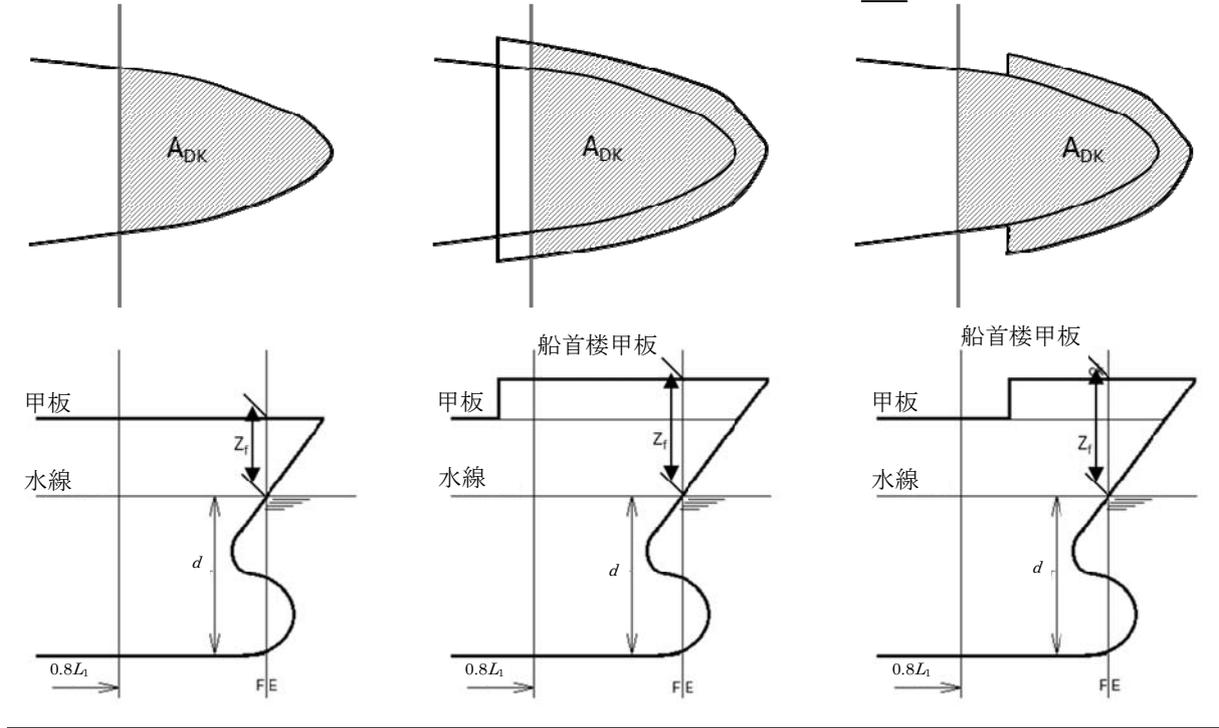


図 C32.7 投影面積 A_{DK} 及び垂直距離 Z_f



-7. 船の全長にわたる波浪中垂直せん断力 F_W (kN) の分布は、図 C32.8 による。なお、

図中の $F_{W-Hog-Aft}$ 、 $F_{W-Hog-Fore}$ 、 $F_{W-Sag-Aft}$ 、 $F_{W-Sag-Fore}$ 、 F_{W-Mid} は次による。

$$F_{W-Hog-Aft} = +5.2 f_R L_1^2 C C_w \left(\frac{B}{L_1} \right)^{0.8} (0.3 + 0.7 f_{NL-Hog})$$

$$F_{W-Hog-Fore} = -5.7 f_R L_1^2 C C_w \left(\frac{B}{L_1} \right)^{0.8} f_{NL-Hog}$$

$$F_{W-Sag-Aft} = -5.2 f_R L_1^2 C C_w \left(\frac{B}{L_1} \right)^{0.8} (0.3 + 0.7 f_{NL-Sag})$$

$$F_{W-Sag-Fore} = +5.7 f_R L_1^2 C C_w \left(\frac{B}{L_1} \right)^{0.8} (0.25 + 0.75 f_{NL-Sag})$$

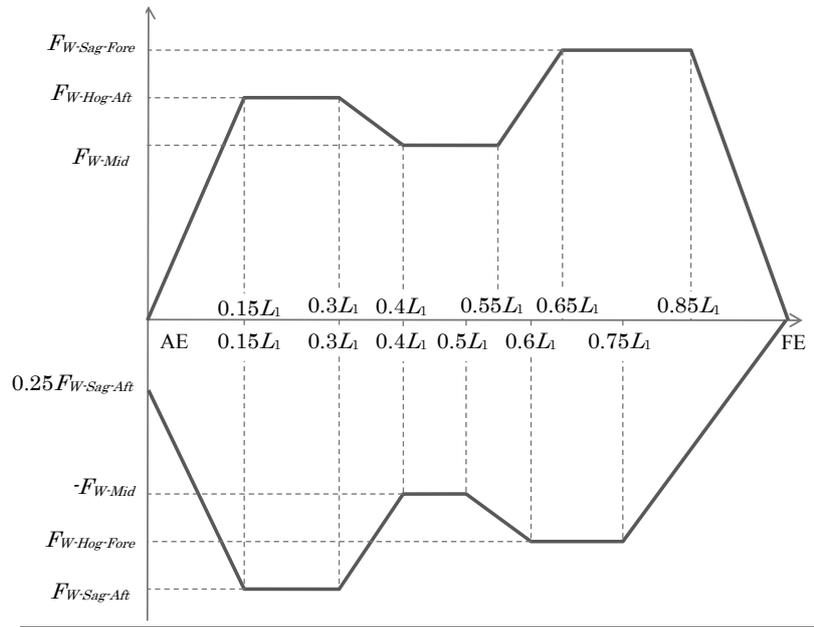
$$F_{W-Mid} = +4.0 f_R L_1^2 C C_w \left(\frac{B}{L_1} \right)^{0.8}$$

f_R 、 C_w 、 f_{NL-Hog} 及び f_{NL-Sag} : 前-6.による。

C : 前-6.による。ただし、 L_{ref} は次による。

$$L_{ref} = 330 C_w^{-1.3}$$

図 C32.8 船の全長にわたる波浪中垂直せん断力 F_W の分布

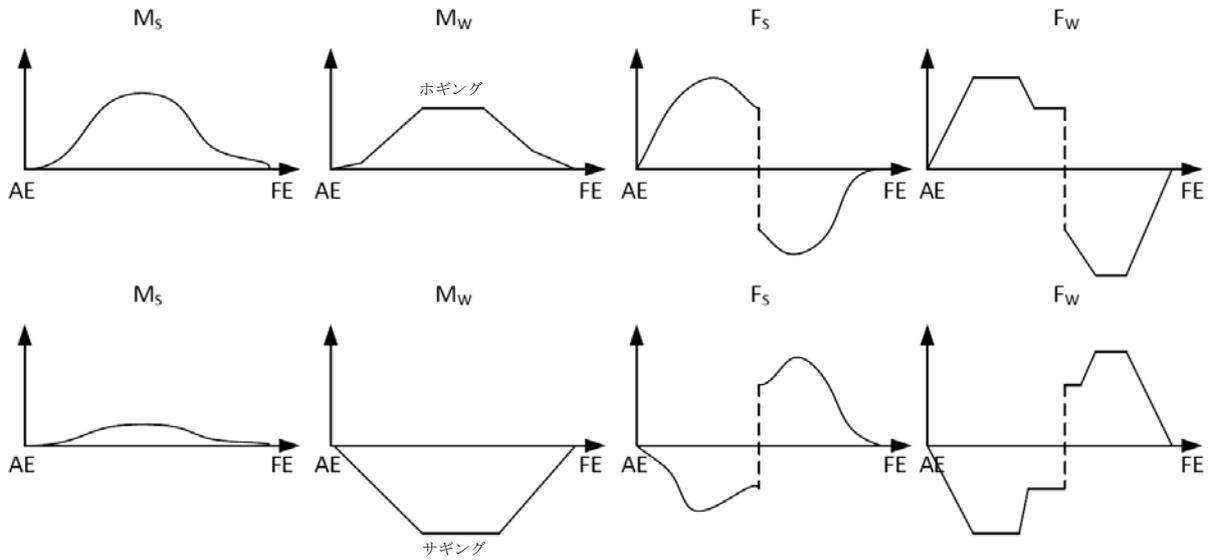


-8. 強度評価においては、表 C32.8 に示すホギングモーメントが最大となる荷重ケース及びサギングモーメントが最大となる荷重ケースを考慮しなければならない。各荷重ケースに対して、前-1.から-5.に規定される各断面の静水中の状態並びに前-6.及び-7.に規定される波浪中の状態を組み合わせなければならない。(図 C32.9 参照)

表 C32.8 静水中及び波浪中垂直曲げモーメント並びにせん断力の組合せ

荷重ケース	曲げモーメント		せん断力	
	M_S	M_W	F_S	F_W
ホギング	M_{Smax}	M_{W-Hog}	$x \leq 0.5L_1$ のとき, F_{Smax}	$x \leq 0.5L_1$ のとき, F_{Wmax}
			$x > 0.5L_1$ のとき, F_{Smin}	$x > 0.5L_1$ のとき, F_{Wmin}
サギング	M_{Smin}	M_{W-Sag}	$x \leq 0.5L_1$ のとき, F_{Smin}	$x \leq 0.5L_1$ のとき, F_{Wmin}
			$x > 0.5L_1$ のとき, F_{Smax}	$x > 0.5L_1$ のとき, F_{Wmax}
(備考)				
M_{Smax} : 考慮する船体横断面における航海中の許容最大静水中垂直曲げモーメント (kN-m)				
M_{Smin} : 考慮する船体横断面における航海中の許容最小静水中垂直曲げモーメント (kN-m)				
M_{W-Hog} : 考慮する船体横断面におけるホギングの波浪中垂直曲げモーメント (kN-m) で、正とする。(図 C32.6 参照)				
M_{W-Sag} : 考慮する船体横断面におけるサギングの波浪中垂直曲げモーメント (kN-m) で、負とする。(図 C32.6 参照)				
F_{Smax} : 考慮する船体横断面における航海中の許容最大静水中垂直せん断力 (kN)				
F_{Smin} : 考慮する船体横断面における航海中の許容最小静水中垂直せん断力 (kN)				
F_{Wmax} : 考慮する船体横断面における波浪中垂直せん断力 (kN) の最大値で、正とする。(図 C32.8 参照)				
F_{Wmin} : 考慮する船体横断面における波浪中垂直せん断力 (kN) の最小値で、負とする。(図 C32.8 参照)				

図 C32.9 表 C32.8 に示すホギングモーメントが最大となる荷重ケース及びサギングモーメントが最大となる荷重ケースを求めるための荷重組合せ



-9. ハルガーダ曲げ応力 σ_{HG} (N/mm^2) 及びハルガーダせん断応力 τ_{HG} (N/mm^2) は、次の(1)及び(2)に示す算式による。

(1) ハルガーダ曲げ応力 σ_{HG}

$$\sigma_{HG} = \frac{\gamma_S M_S + \gamma_W M_W}{1000I} (z - z_n)$$

γ_S, γ_W : 部分安全係数で、1.0 とする。

M_S, M_W : 32.2.3-8. に示すホギング及びサギングの荷重ケースに対する静水中垂直曲げモーメント及び波浪中垂直曲げモーメント

I : 考慮する位置における断面二次モーメント (m^4)

z : 考慮する位置の垂直方向座標 (m)

z_n : 基線から中性軸までの距離 (m)

(2) ハルガーダせん断応力 τ_{HG}

$$\tau_{HG} = \frac{1000(\gamma_S F_S + \gamma_W F_W) q_v}{t}$$

γ_S, γ_W : 前(1)による。

F_S, F_W : 32.2.3-8. に示すホギング及びサギングの荷重ケースに対する静水中垂直せん断力及び波浪中垂直せん断力

q_v : 考慮する船体横断面に単位せん断力が作用する時の各位置におけるせん断流 (N/mm) で、本会が別途定める計算方法による。

t : 考慮する板の厚さ (mm)

32.2.4 最小断面係数

-1. 船体中央における船体横断面のグロス断面係数は、次の W_{gr_min} (cm^4) の値未満と
してはならない。

$$W_{gr_min} = C_1 L_1^2 B (C_b' + 0.7)$$

C_1 : 次の算式による値

$$L_1 \leq 300m \text{ の場合: } 10.75 - \left(\frac{300 - L_1}{100} \right)^{1.5}$$

$$300m < L_1 \leq 350m \text{ の場合: } 10.75$$

$$350m < L_1 \text{ の場合: } 10.75 - \left(\frac{L_1 - 350}{150} \right)^{1.5}$$

C_b' : 計画最大満載喫水線に対する型排水容積を $L_1 B d$ で除した値とする。ただし、
0.6 未満のときは 0.6 とする。

-2. 船の中央部の縦通部材の寸法は、船体横断面の断面形状の変化にともなって変わる
ものを除き、-1.により定まる船体中央の縦通部材の寸法より小としてはならない。

32.2.5 剛性評価

断面二次モーメント I (m^4) は、次の算式を満足しなければならない。

$$I \geq 1.55 L_1 |M_S + M_W| 10^{-7}$$

M_S , M_W : 32.2.3-8.に示すホギング及びサギングの荷重ケースに対する静水中
垂直曲げモーメント及び波浪中垂直曲げモーメント

32.2.6 降伏強度評価

-1. 等価ハルガード応力 σ_{eq} (N/mm^2) は、32.2.3-8.に示すホギング及びサギングの荷重
ケースに対して、次の算式を満足しなければならない。

$$\sigma_{eq} < \sigma_{perm}$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau^2}$$

ここで、 σ_x 及び τ は、ハルガード応力の組合せで、曲げ強度評価及びせん断強度
評価に応じて、次による。なお、 σ_{HG} 及び τ_{HG} は、32.2.3-9.による。

曲げ強度評価に対して、 $\sigma_x = \sigma_{HG}$, $\tau = 0$

せん断強度評価に対して、 $\sigma_x = 0$, $\tau = \tau_{HG}$

σ_{perm} : 許容応力 (N/mm^2) で、次による。

$$\sigma_{perm} = \frac{\sigma_Y}{\gamma_1 \gamma_2}$$

σ_Y : 使用材料の最小降伏応力 (N/mm^2)

γ_1 : 材料の部分安全係数で、次による。

$$\gamma_1 = K \frac{\sigma_Y}{235}$$

γ_2 : 荷重組合せ及び許容応力に対する部分安全係数で、次による。

曲げ強度評価に対して、 $\gamma_2 = 1.24$

せん断強度評価に対して、 $\gamma_2 = 1.13$

K : 使用する鋼材の材料強度に応じた係数で、軟鋼材の場合は、1.00、高張力鋼材の場合は、1.1.7-2.(1)に規定する値とする。

-2. 曲げ強度及びせん断応力の評価箇所は、次の(1)及び(2)による。

(1) 曲げ強度の評価箇所は、船体横断面の次の(a)から(d)に示す位置とする。

(a) 船底

(b) 甲板

(c) ハッチコーミングトップ

(d) 材料の降伏強度が変化する位置

(2) せん断応力の評価箇所は、せん断強度に影響するすべての構造要素とする。

32.2.7 座屈強度評価

-1. ハルガーダ曲げ応力及びハルガーダせん断応力を受ける板パネル及び縦通防撓材に対して、次の算式を満足しなければならない。

$$\eta_{act} \leq 1$$

η_{act} : 座屈使用係数で、本会の別途定めるところによる。

-2. 座屈強度評価の際、32.2.3-8.に示すホギング及びサギングの荷重ケースに対して、次の(1)及び(2)に示す応力組み合わせを考慮しなければならない。なお、 σ_{HG} 及び τ_{HG} は、

32.2.3-9.による。

(1) $\sigma_{HG}, 0.7\tau_{HG}$

(2) $0.7\sigma_{HG}, \tau_{HG}$

32.2.8 縦曲げ最終強度評価

-1. 船の長さ L_1 が 150m 以上の船舶は、次の算式を満足しなければならない。

$$\gamma_S M_S + \gamma_W M_W \leq \frac{M_U}{\gamma_M \gamma_{DB}}$$

γ_S : 静水中垂直曲げモーメントに対する部分安全係数で、次による。

$$\gamma_S = 1.0$$

γ_W : 波浪中垂直曲げモーメントに対する部分安全係数で、次による。

$$\gamma_W = 1.2$$

M_S, M_W : 32.2.3-8.に示すホギング及びサギングの荷重ケースに対する静水中垂直曲げモーメント及び波浪中垂直曲げモーメント

M_U : 縦曲げ最終強度 (kN-m) で、本会が別途定める計算方法による。

γ_M : 縦曲げ最終強度に対する部分安全係数で、次による。

$$\gamma_M = 1.05$$

γ_{DB} : 二重底曲げの影響を考慮した部分安全係数で、次による。ただし、考慮する船体横断面における内底板の幅が船の中央における内底板の幅よりも小さい場合、または考慮する船体横断面における二重底の構造が船の中央の構造と異なる場合（機関室等）、本会の承認を得て、ホギング状態における γ_{DB} の値を適当に減じて差し支えない。

- ・ホギング状態： $\gamma_{DB} = 1.15$
- ・サギング状態： $\gamma_{DB} = 1.0$

-2. 前-1.の規定に加え、船の長さ L が $300m$ 以上の船舶または船の幅 B が $32.26m$ を超える船舶は、ホギング状態に対して、次の算式を満足しなければならない。なお、本項の規定にかかわらず、本会が適当と認める場合には、より直接的に面外荷重の影響を考慮した縦曲げ最終強度及びホイッピングの影響を算定することができる。本規定は、船体中央に位置する貨物倉の中央付近の船体横断面に適用する。

$$\gamma_S M_{S_{max}} + \gamma_{Wh} M_{W-Hog-Mid} \leq M_{U_DB}$$

γ_S : 静水中垂直曲げモーメントに対する部分安全係数で、次による。

$$\gamma_S = 1.0$$

γ_{Wh} : ホイッピングの影響を考慮した部分安全係数で、次による。

$$\gamma_{Wh} = 1.5$$

$M_{S_{max}}$: 考慮する船体横断面における航海中の許容最大静水中垂直曲げモーメント

$M_{W-Hog-Mid}$: 32.2.3-6.の規定による。

M_{U_DB} : 面外荷重の影響を考慮した縦曲げ最終強度 ($kN\cdot m$) で、本会が別途定める計算方法による。

32.2.9 断面係数及び断面二次モーメントの算定

本章に規定する船体横断面の断面係数及び断面二次モーメントの算定については、次の(1)から(6)の規定によらなければならない。

- (1) 算入部材は、縦強度に寄与するとみなされるすべての縦通部材とする。
- (2) 強力甲板上の開口は、甲板断面積より減じなければならない。ただし、小開口（長さ $2.5m$ 以下で、かつ、幅が $1.2m$ 以下のもの）を設ける場合、強力甲板の同一横断面にある小開口の幅の合計が $0.06(B - \Sigma b)$ 以下である限り、これらの小開口はないものとみなして差し支えない。なお、 Σb は、当該横断面にある長さが $2.5m$ を超える開口又は幅が $1.2m$ を超える開口の幅の和 (m) とする。
- (3) 前(2)の規定にかかわらず、強力甲板の同一断面にある小開口の幅の合計が、強力甲板及び船底に対する断面係数を 3% 以上減少させない限り、これらの小開口はないものとみなして差し支えない。
- (4) 前(2)又は(3)の適用において、小開口の中心を通り船の長さ方向に引いた線上に頂点を有し、かつ、頂角 30 度で当該開口に接する線分と、当該開口とで囲まれた範囲の部分も開口とみなす。
- (5) 強力甲板に対する断面係数は、当該横断面の水平中性軸に対する断面二次モーメントを次の(a)及び(b)に示す値のうちいずれか大きい値で除したものとす。
 - (a) 中性軸から強力甲板梁の船側における上面までの垂直距離 (m)

(b) 次の算式による値 (m)

$$Y(0.9 + 0.2 \frac{X}{B})$$

Y: 水平中性軸から強力甲板上の算入部材頂部までの垂直距離 (m)

X: 船体中心線から, 強力甲板上の算入部材頂部までの水平距離 (m)

この場合, Y及びXは, 算式による値が最大となる点で測るものとする。

(6) 船底に対する断面係数は, 当該横断面の水平中性軸に対する断面二次モーメントを水平中性軸から竜骨上面までの垂直距離で除したものとする。

32.3 曲げ振り強度

32.3.1 一般

船の中央部における倉口の幅が 0.7B を超える場合には, 曲げ振りによる付加的な応力や倉口の変形に対して, 特別の考慮を払わなければならない。ただし, 二列以上の倉口を有する場合には, 倉口幅としては最も外側の倉口側線間の距離をとるものとする。

32.34 二重底構造

32.34.1 一般

-1. 専らコンテナを積載する貨物倉の二重底構造については, 32.34の規定による。32.34に規定していない事項については, 6章の規定によらなければならない。

-2. コンテナ隅金具の下方の二重底内には, 側桁板又は実体肋板を設ける等, コンテナの荷重を有効に支持する構造としなければならない。

~~-3. 内部が深水タンクとして使用される二重底構造内の各種の縦, 横, 立て, 水平の各桁, 支材, これらの端部肘板及び各種の隔壁板の厚さは, タンクの種類又は大きさに応じ, 14.1.4の規定によらなければならない。ただし, 14.1.4の規定を適用するにあたり, 表 C14.1による厚さより 1.0mm 減じた値として差し支えない。~~

~~-4. 前-1.の規定を適用するにあたり, 二重底区画の船底外板及び内底板が, において, 空所, 燃料油タンク等, 航海中, 海水を積載しない区画を構成する船底外板及び内底板の場合, その厚さは, 32.3に規定する厚さそれぞれ適用する規定による値より 0.5mm を減じたものとして差し支えない。~~

32.34.2 縦通肋骨

-1. 船底縦通肋骨の断面係数 Z は, 次の算式による値以上としなければならない。

$$Z = \frac{90CK}{24 - 15.5f_B K} \left\{ d + 0.013L' \left(\frac{2}{B}y + 1 \right) + h_1 \right\} S l^2 \quad (cm^3)$$

C: 次の係数。ただし, 肋板に設ける立て形鋼及び形鋼支柱の幅が特に広い場合は適当に減じて差し支えない。

肋板間の中間に 32.34.3 に規定する形鋼支柱を設けないとき C=1.0

肋板間の中間に 32.34.3 に規定する形鋼支柱を設けるととき C=0.625

h₁: 次の(I)及び(II)による。

(I) 船首端から 0.3L 間に対して

$$h_1 = \frac{3}{2}(17 - 20C'_b)(1 - x)$$

C'_b : 方形係数 C_b 。ただし、 C_b が 0.85 を超える場合は、0.85 とする。

(II) (I)以外の箇所に対して

0

x : 次の算式による値

$$\frac{X}{0.3L}$$

X : 船首端から当該箇所までの距離 (m)。ただし、 X が $0.1L$ 未満のときは、 $0.1L$ とし、また、 $0.3L$ を超えるときは $0.3L$ とする。

f_B : ~~15章の規定による軟鋼ベースの船体横断面の断面係数と、船の船底に対する船体横断面の断面係数との比~~次式で求める軟鋼ベースの船体横断面の断面係数 Z'_σ と、船の船底に対する船体横断面のネット断面係数との比

$$Z'_\sigma = 5.27 |M_S + M_W| \text{ (cm}^3\text{)}$$

M_S, M_W : 32.2.3-8.に示すホギング及びサギングの荷重ケースに対する静

水中垂直曲げモーメント及び波浪中垂直曲げモーメント

K : 使用する鋼材の種類材料強度に応じた係数で、軟鋼材の場合は、1.00、高張力鋼材の場合は、1.1.7-2.(1)に規定による値とする。

L' : 船の長さ L (m)。ただし、 L が $230m$ を超えるときは $230m$ とする。

y : 船体中心線から当該縦通肋骨までの水平距離 (m)

l : 肋板間の距離 (m)

S : 縦通肋骨の心距 (m)

-2. 内底縦通肋骨の断面係数 Z は、次の算式による値以上としなければならない。ただし、その箇所における船底縦通肋骨の規定の断面係数の 75% 未満としてはならない。

$$Z = 100C_1C_2Shl^2 \text{ (cm}^3\text{)}$$

C_1 : 次の算式による値。ただし、 h_2 及び h_3 に対する C_1 は $\frac{K}{18}$ とする。

$$C_1 = \frac{K}{24 - \alpha K}, \text{ ただし、} \frac{K}{18} \text{ 未満としてはならない。}$$

α : 次の算式による値

$$\alpha = 15.5 f_B \left(1 - \frac{z}{z_B} \right)$$

K 及び f_B : 前-1.の規定による。

z : 竜骨上面から内底板下面までの垂直距離 (m)

z_B : 船の中央部における竜骨上面から、船体横断面の水平中性軸までの垂直距離 (m)

C_2 : 表 C32.19の規定による。

S : 防撓材の心距 (m)

h : 次の h_1 から h_3 による値。ただし、空所の場合には、 h_1 による値とする。

h_1 : 内底板下面からオーバーフロー管の上端までの距離の $\frac{1}{2}$ の点までの垂直距離

(m)

h_2 : 次の算式による。

$$h_2 = 0.85(h_1 + \Delta h)$$

Δh : 次の算式による。

$$\Delta h = \frac{16}{L}(l_1 - 10) + 0.25(b_1 - 10) \quad (m)$$

l_1 : タンクの長さ (m)。ただし、10m 未満の場合は 10 とする。

b_1 : タンクの幅 (m)。ただし、10m 未満の場合は 10 とする。

h_3 : 内底板下面からオーバーフロー管の上端上 2.0m までの垂直距離に 0.7 を乗じた値。

l : 桁板の心距 (m)

表 C32.19 C₂ の値

他端	一端		
	強固な肘板固着	柔軟な肘板固着	桁で支持又はラグ固着
強固な肘板固着	0.70	1.15	0.85
柔軟な肘板固着	1.15	0.85	1.30
桁で支持又はラグ固着	0.85	1.30	1.00

(備考)

1. 強固な肘板固着とは、二重底又は当該防撓材と同程度以上の隣接面内防撓材との肘板固着か、これと同等の固着をいう。
(図 C13.1(a)参照)
2. 柔軟な肘板固着とは、梁、肋骨等の直交材との肘板固着等をいう。(図 C13.1(b)参照)

32.34.3 形鋼支柱

形鋼支柱を設ける場合、その断面積 A は次の算式による値以上としなければならない。

$$A = 0.9CKSb(d + 0.026L') \quad (cm^2)$$

C : 係数で次の算式により定まる値。ただし、1.43 未満としてはならない。

$$C = \frac{1}{1 - 0.5 \frac{l_s}{k\sqrt{K}}}$$

K : 32.34.2-1.の規定による。

l_s : 形鋼支柱の長さ (m)

k : 形鋼支柱の最小環動半径で、次の算式により定まる値 (cm)

$$k = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

I : 形鋼支柱の最小断面二次モーメント (cm^4)

A : 形鋼支柱の断面積 (cm^2)

S : 肋骨心距 (m)

b : 形鋼支柱で支えられる部分の幅 (m)

32.4.4 内底板の厚さ

-1. 内底板の厚さは、~~6.5.1-1.~~の規定による。この場合、~~同規定の第二の算式の適用において、 h は次の算式による値とする~~次の3つの算式による値のうち最も大きいもの以上でなければならない。

~~$$h = 1.13(d - d_0)$$~~

 ~~d_0 : 中心線桁板の高さ (m)~~

~~2. 前1.にかかわらず、内底板の厚さ t は、次の算式による値以上としなければならない。~~

~~$$t = 3.6C_3S\sqrt{Kh} + 3.0 \text{ (mm)}$$~~

$$t_1 = \frac{C_1}{1000} \cdot \frac{B^2 d}{d_0} + 2.5 \text{ (mm)}$$

$$t_2 = C_2 S \sqrt{1.13(d - d_0)} + 2.5 \text{ (mm)}$$

$$t_3 = 3.6C_3 S \sqrt{Kh} + 3.0 \text{ (mm)}$$

C_1 : 係数で、 $\frac{B}{l_H}$ の値に応じ、次に示す b_0 又は $\alpha'b_1$:

$$\frac{B}{l_H} < 0.8 \text{ のとき : } b_0$$

$$0.8 \leq \frac{B}{l_H} < 1.2 \text{ のとき : } b_0 \text{ と } \alpha'b_1 \text{ のうち大きい値}$$

$$1.2 \leq \frac{B}{l_H} \text{ のとき : } \alpha'b_1$$

l_H : 船倉の長さ (m)

b_0 及び b_1 : $\frac{B}{l_H}$ の値に応じ、表 C32.10 により定まる値。ただし、横式構造の場合の b_1 は表により定まる値を1.1倍した値とする。

α' : 次の算式による値

$$\frac{13.8}{24 - 11f_B}$$

f_B : 32.4.2-1.の規定による。

d_0 : 中心線桁板の高さ (m)

C_2 : 係数で、 $\frac{l}{S}$ の値に応じ、次の算式により定まる値

$$1 \leq \frac{l}{S} < 3.5 \text{ のとき : } 0.43 \frac{l}{S} + 2.5$$

$$3.5 \leq \frac{l}{S} \text{ のとき : } 4.0$$

l : 縦式構造の場合は肋板間の距離 (m) , 横式構造の場合は桁板間の距離 (m)

S : 防撓材の心距 (m)

h : ~~32.34.2-2~~の規定による。

K : ~~32.34.2-1~~の規定による。

C_3 : 係数で内底板の防撓方式に応じ、それぞれ、次の算式による値とする。ただし、 h_2 及び h_3 に対する C_3 は1とする。

(a) 横式構造の場合

$$C = \frac{27.7}{\sqrt{767 - \alpha^2 K^2}}$$

$$C_3 = \frac{27.7}{\sqrt{767 - \alpha^2 K^2}}$$

α : ~~32.34.2-2~~の規定による。

(b) 縦式構造の場合

$$C = \frac{3.72}{\sqrt{27.7 - \alpha K}}$$

$$C_3 = \frac{3.72}{\sqrt{27.7 - \alpha K}}, \text{ ただし, } 1.0 \text{ 未満としてはならない。}$$

α : ~~32.34.2-2~~の規定による。

表 C32.10 係数 b_0 又は b_1

B/l_H	以上	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
	未満	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
b_0		4.4	3.9	3.3	2.2	1.6	-	-
b_1		-	-	-	2.2	2.1	1.9	1.7

~~32.~~ コンテナ隅金具の下端が接触する箇所の内底板は、二重張りその他の適当な方法により補強しなければならない。

~~32.34.5~~ 船底外板

-1. 船底外板の厚さ t は、次の~~(1)又は(2)~~2つの算式又は~~6.5.5~~の規定により算定したる値のうち大きい方のもの以上としなければならない。ただし、~~6.5.5~~の規定を適用するにあたり、~~16.3.4~~の規定の算式を適用する必要はない。

$$t_1 = \frac{C_1}{1000} \cdot \frac{B^2 d}{d_0} + 2.5 \text{ (mm)}$$

$$t_2 = C_2 C_3 S \sqrt{d + 0.0175 L' \left(\frac{2}{B} y + 1 \right) + h_1} + 2.5 \text{ (mm)}$$

d_0 : 中心線桁板の高さ (m)

C_1 : ~~32.4.4-1~~の規定による。ただし、 α' は次の算式による。

$$\alpha' = \frac{13.8}{24 - 15.5 f_B}$$

~~(1) 横式構造の場合は、次の算式による値以上としなければならない。~~

~~$$t = C_1 C_2 S \sqrt{d + 0.0175 L' \left(\frac{2}{B} y + 1 \right) + h_1 + 2.5} \quad (mm)$$~~

~~S: 横肋骨心距防撓材の心距 (m)~~

~~L, y 及び h₁: 32.34.2-1.の規定による。~~

~~C₁C₂: L の値に応じ定める係数で次による。~~

~~L が 230m 以下のとき C₁C₂=1.0~~

~~L が 400m 以上のとき C₁C₂=1.07~~

~~L が上記の中間にあるときは補間法による。~~

~~C₂C₃: 係数で船底外板の防撓方式に応じ、それぞれ、次の算式による。~~

~~$$C_2 = \frac{91}{\sqrt{576 - (15.5 f_B x)^2}}$$~~

~~(a) 横式構造の場合~~

~~$$C_3 = \frac{91}{\sqrt{576 - (15.5 f_B)^2}}$$~~

~~f_B: 32.4.2-1.の規定による。~~

~~(b) 縦式構造の場合~~

~~$$C_3 = 13 \sqrt{\frac{K}{24 - 15.5 f_B K}} \quad \text{ただし、} 3.78\sqrt{K} \text{ 未満としてはならない。}$$~~

~~f_B 及び K: 32.4.2-1.の規定による。~~

~~*: 次の算式による値~~

~~$$\frac{X}{0.3L}$$~~

~~X: 船体中央より前方にある外板に対しては船首端から、また、船体中央より後方にある外板に対しては船尾端から、当該箇所までの距離(m)。ただし、Xが0.1L未満のときは、0.1Lとし、また、0.3Lを超えるときは0.3Lとする。~~

~~(2) 縦式構造の場合は、次の算式による値以上としなければならない。~~

~~$$t = C_1 C_2 S \sqrt{d + 0.0175 L' \left(\frac{2}{B} y + 1 \right) + h_1 + 2.5} \quad (mm)$$~~

~~S: 縦通肋骨心距 (m)~~

~~L, C₁ 及び h₁: 前(1)の規定による。~~

~~C₂: 係数で次による。ただし、3.78√K 未満としてはならない。~~

~~$$C_2 = 13 \sqrt{\frac{K}{24 - 15.5 f_B K x}}$$~~

~~*: 前(1)の規定による。~~

-2. 前-1.にかかわらず、船底外板の厚さは、次の算式による値未満としてはならない。

~~$$t = \sqrt{KL} \quad (mm)$$~~

~~$$t = \sqrt{KL'} \quad (mm)$$~~

L: 船の長さ L。ただし、L が 330m を超えるときは、330m とする。

K: 32.34.2-1.の規定による。

~~-3. 平骨竜骨の幅及び厚さは、16.2.1の規定によらなければならない。ただし、16.2.1-2の規定を適用するにあたり、規定中「16.3.4」を「32.3.5」に読み替えて適用すること~~

~~-3. 平板竜骨の幅は、その全長を通じて、次の算式による値以上としなければならない。
$$2L+1000 \text{ (mm)}$$~~

~~-4. 平板竜骨の厚さは、その全長を通じて、本 32.4.5 に規定する船の中央部の船底外板の厚さに 2.0mm を加えた値以上としなければならない。ただし、これに隣接する船底外板の厚さ未満としてはならない。~~

32.45 二重船側構造

32.45.1 一般

-1. 船倉部の船側構造はなるべく二重構造とし、内部には船側横桁及び船側縦桁を設ける等十分な防撓構造としなければならない。

-2. 専らコンテナを積載する貨物倉の二重船側構造については、32.45の規定による。32.45に規定していない事項については、13章の規定によらなければならない。

-3. 内部が深水タンクとして使用される二重船側構造について、32.45に定められていない事項については14章の規定によらなければならない。

~~-4. 内部が深水タンクとして使用される二重船側構造内の各種の縦、横、立て、水平の各桁、支材、これらの端部肘板及び各種の隔壁板の厚さは、タンクの種類又は大きさに応じ、14.1.4の規定によらなければならない。ただし、14.1.4の規定を適用するにあたり、表 C14.1 による厚さより 1.0mm 減じた値として差し支えない。~~

~~-5. 前-2.から-4.及び-3.の規定を適用するにあたり、二重船側区画の船側外板及び縦通壁が、空所、燃料油タンク等、航海中、海水を積載しない区画を構成する場合、その厚さは、それぞれ適用する規定による値より 0.5mm を減じたものとして差し支えない。~~

~~-6. 船側縦桁は、船倉の深さを考慮して適当な間隔で設けなければならない。また、船側横桁は二重底内の実体肋板の位置に設けなければならない。~~

~~-7. ビルジ部において二重船側の幅が変化する場合の構造寸法については、本会の適当と認めるところによる。~~

~~-8. 船倉の中間に、甲板構造及び船側構造を有効に支持する構造が設けられる場合には、本 32.45 の各規定を適当に参酌して差し支えない。~~

~~-9. 計画最大満載喫水線から強力甲板までの高さが特に大きい場合の構造寸法については、本会の適当と認めるところによる。~~

~~-10. 縦通壁と内底板とが取り合う箇所においては、応力集中の生じないように、その構造配置について考慮を払わなければならない。~~

~~-11. 二重船側構造の前後端部では、構造及び強度の連続性について十分注意しなければならない。~~

32.45.2 船側横桁及び船側縦桁

-1. 船側横桁の厚さは、次の算式による値のうちの最も大きいもの以上としなければならない。ただし、桁の圧縮座屈強度について別途検討する場合は t_3 に替えて板厚を定めることができる。

$$t_1 = 0.083 \frac{CKSl_H}{d_1 - a} (d + 0.038L') + 2.5 \text{ (mm)}$$

$$t_2 = 8.63 \sqrt{\frac{d_1^2(t_1 - 2.5)}{kK}} + 2.5 \quad (mm)$$

$$t_3 = \frac{8.5}{\sqrt{K}} S_2 + 2.5 \quad (mm)$$

C: 次式により定まる値

$$C = (C_1 + \beta_T C_2) C_3$$

C₁及びC₂: h/l_H の値に応じて表 C32.211により定まる値とする。ただし、 h/l_H が表の間にあるときには補間法により定める。

表 C32.211 係数 C₁, C₂

h/l_H	0.50 以下	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75 以上
C ₁	0.18	0.21	0.24	0.25	0.26	0.27
C ₂	0.05	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12

K: 32.34.2-1の規定による。

h : 内底板上面から船側における強力甲板までの垂直距離 (m)

l_H : 船倉の長さ (m)

β_T : 次の算式による値

$$\beta_T = 1 + \frac{0.42 \left(\frac{B}{D_s} \right)^2 - 0.5}{0.59 \frac{D_s - \frac{d_0}{2}}{B - d_1} \left(\frac{d_0}{d_1} \right)^2 + 1.0}$$

d_0 : 中心線桁板の高さ (m)

d_1 : 船側横桁の深さ (m)。ただし、ウェブに桁の長さ方向の防撓材を設けてウェブの深さを分割する場合は、 t_2 及び t_3 の算式において、 d_1 を分割された深さとして差し支えない。

C₃: 次式により定まる値。ただし、0.2未満としてはならない。

$$C_3 = 1 - 1.8 \frac{y}{h}$$

y : h の下端から考慮している位置までの距離 (m)

S : 船側横桁が支持する部分の幅 (m)

a : 考慮している位置における開口の深さ (m)

L' : 船の長さ L (m)。ただし、 L が230mを超えるときは230mとする。

k : 船側横桁のウェブに設けられる、桁の深さ方向の防撓材の心距 S_1 (m) と d_1 との比に応じて表 C32.312により定まる係数とする。ただし、 S_1/d_1 が表の間にあるときには補間法により定める。

S_2 : S_1 と d_1 とのうちの小さい方のもの

表 C32.312 係数 k

S_1/d_1	0.3 以下	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.5	2.0 以上
K	60.0	40.0	26.8	20.0	16.4	14.4	13.0	12.3	11.1	10.2

-2. 船側縦桁の厚さは、次の算式による値のうちの最も大きいもの以上としなければならない。ただし、桁の圧縮座屈強度について別途検討する場合は t_3 に替えて板厚を定めることができる。

$$t_1 = 0.083 \frac{CKSl_H}{d_1 - a} (d + 0.038L') + 2.5 \quad (mm)$$

$$t_2 = 8.63 \sqrt{\frac{d_1^2 (t_1 - 2.5)}{kK}} + 2.5 \quad (mm)$$

$$t_3 = \frac{8.5}{\sqrt{K}} S_2 + 2.5 \quad (mm)$$

C : 次式により定まる値

$$C = (C_1 - \beta_L C_2) C_3$$

C_1 及び C_2 : h/l_H の値に応じて表 C32.413 により定まる値とする。ただし、 h/l_H が表の中間にあるときには補間法により定める。

K : 32.34.2-1.の規定による。

β_L : 次の算式による値

$$\beta_L = 1 + \frac{0.18 \left(\frac{B}{D_s} \right)^2 - 0.5}{0.59 \frac{D_s - d_0}{B - d_1} \left(\frac{d_0}{d_1} \right)^2 + 1.0}$$

h, l_H, d_0 及び L' : 前-1.の規定による。

d_1 : 船側縦桁の深さ (m)。ただし、ウェブに桁の長さ方向の防撓材を設けてウェブの深さを分割する場合には、 t_2 及び t_3 の算式において、 d_1 を分割された深さとして差し支えない。

C_3 : 次式により定まる値

$$C_3 = \left| 1 - \frac{2x}{l_H} \right|$$

x : l_H の端から考慮している位置までの距離 (m)

S : 船側縦桁が支持する部分の幅 (m)

a : 考慮している位置における開口の深さ (m)

k : 船側縦桁のウェブに設けられる、桁の深さ方向の防撓材の心距 S_1 (m) と d_1 との比に応じて表 C32.312 により定まる係数とする。ただし、 S_1/d_1 が表の中間にあるときには補間法により定める。

S_2 : S_1 と d_1 とのうちの小さい方のもの

表 C32.413 係数 C_1, C_2

h/l_H	0.50 以下	0.75	1.00	1.25	1.50 以上
C_1	0.20	0.24	0.26	0.26	0.26
C_2	0.07	0.05	0.03	0.01	0.00

32.45.3 縦通壁

二重船側構造の内部が深水タンクとして使用される場合の、縦通壁の板の厚さ t 及び縦通防撓材の断面係数 Z は、それぞれ次の(1)及び(2)に定めるところによる。

(1) 縦通壁の板の厚さは、次の算式による値以上としなければならない。

$$t = 3.6CS\sqrt{Kh} + 2.0 \quad (mm)$$

S : 防撓材の心距 (m)

K : **32.34.2-1**の規定による。

h : 次の h_1 から h_3 による値。

h_1 : 当該隔壁板の下縁からタンク頂板上、オーバーフロー管の上端までの距離の $\frac{1}{2}$ の点の垂直距離 (m)

h_2 : 次の算式による。

$$h_2 = 0.85(h_1 + \Delta h)$$

Δh : 次の算式による。

$$\Delta h = \frac{16}{L}(l_t - 10) + 0.25(b_t - 10) \quad (m)$$

l_t : タンクの長さ (m)。ただし、10m 未満の場合は 10 とする。

b_t : タンクの幅 (m)。ただし、10m 未満の場合は 10 とする。

h_3 : 当該隔壁板の下縁からオーバーフロー管の上端上 2.0m までの垂直距離に 0.7 を乗じた値。

C : 係数で縦通壁の防撓方式に応じ、それぞれ、次の算式による値とする。ただし、 h_2 及び h_3 に対する C は 1 とする。

(a) 横式構造の場合

$$C = \frac{27.7}{\sqrt{767 - \alpha^2 K^2}}$$

α : z の値に応じて定まる次の算式の第一式又は第二式のいずれかによる値と第三式による値のうちいずれか大きいもの

$$\alpha = 15.5f_B \left(1 - \frac{z}{z_B}\right) \dots\dots z \leq z_B \text{ のとき}$$

$$\alpha = 15.5f_D \frac{z - z_B}{Z'} \dots\dots z_B < z \text{ のとき}$$

$$\alpha = \frac{1}{9.81} \frac{M_H}{I_H} y_H \times 10^5$$

f_B : **32.34.2-1**の規定による。

z : 竜骨上面から縦通壁板の下縁までの垂直距離 (m)

z_B : **32.34.2-2**の規定による。

f_D : **15章32.4.2-1**の規定による軟鋼ベースの船体横断面の断面係数と、

船の強力甲板に対する船体横断面のネット断面係数との比。

Z': ~~15.2.3(5)(a)及び(b)~~32.2.9(5)(a)及び(b)に規定する値のうちの大きい方のもの

M_H : 次の算式による値

$$M_H = 0.45C_1L^2d(C_b + 0.05)C_H \quad (kN\cdot m)$$

C_1 : 次の算式による値

$$L_1 \leq 300m \text{ の場合: } C_1 = 10.75 - \left(\frac{300 - L_1}{100} \right)^{1.5}$$

$$300m < L_1 \leq 350m \text{ の場合: } C_1 = 10.75$$

$$350m < L_1 \text{ の場合: } C_1 = 10.75 - \left(\frac{L_1 - 350}{150} \right)^{1.5}$$

~~L_1 : A編 2.1.2 に定める船の長さ (m) と計画最大満載喫水線上における船の全長 (m) の97%のうちいずれか小さい値~~

C_H : L の後端から考慮している断面位置までの距離 x (m) と L との比に応じ、表 C32.514により定まる係数で、 x/L が表の中間にある場合には補間法により定める。

I_H : 考慮している船体横断面の垂直中性軸に対する断面二次モーメント (cm^4)

y_H : 垂直中性軸から評価位置までの水平距離 (m)

(b) 縦式構造の場合

$$C = \frac{3.72}{\sqrt{27.7 - \alpha K}}, \text{ ただし, } 1.0 \text{ 未満としてはならない。}$$

α : 前(a)による。

(2) 縦通壁付き縦通防撓材の断面係数 Z は、次の算式による値以上としなければならない。

$$Z = 100C_1C_2Shl^2 \quad (cm^3)$$

C_1 : 次の算式による値。ただし、 h_2 及び h_3 に対する C_1 は $\frac{K}{18}$ とする。

$$C_1 = \frac{K}{24 - \alpha K}, \text{ ただし, } \frac{K}{18} \text{ 未満としてはならない。}$$

α : 前(1)(a)による。

C_2 : ~~32.34.2-2~~の規定による。

S : 防撓材の心距 (m)

h : 前(1)(a)による。ただし、「当該隔壁板の下縁」を「当該防撓材」と読み替えて適用する。

l : 桁板の心距 (m)

表 C32.514 係数 C_H

x/L	0.0	0.4	0.7	1.0
C_H	0.0	1.0	1.0	0.0

32.4.4 肘板

~~二重船側構造の内部の上下隅部には、防撓方式が横式の場合には各肋骨位置毎に、縦式の場合には船側横桁間に適当な間隔で、肘板を設けなければならない。~~

32.4.5 32.5.4 船側外板

-1. 強力甲板より下方の船側外板については、~~32.4.5~~**32.5.4**の規定による。~~32.4.5~~**32.5.4**に規定していない事項については、16章の規定によらなければならない。

-2. 強力甲板より下方の船側外板の厚さ t は、16.3.3に規定する舷側厚板を除いて、~~15.3.1、15.3.2~~の規定によるほか、次の算式による値以上としなければならない。

(1) ~~横式構造の場合は、次の算式による値以上としなければならない。~~

$$t = C_1 C_2 S \sqrt{d - z' + 0.05L' + h_1} + 2.0 \quad (\text{mm})$$

~~S ：横肋骨心距 (m)~~

~~L' 、 C_1 及び h_1 ：32.3.5-1.(1)の規定による。~~

~~z' ：船体中央部における竜骨上面からビルジ部上端までの垂直距離 (m)。ここで、ビルジ部上端とは彎曲部における板の曲がりが終わる点をいう。~~

~~$C_2 C_1$ ：係数で船側外板の防撓方式に応じ、それぞれ、次による。~~

$$\del{C_2 = 91 \sqrt{\frac{K}{576 - \alpha^2 K^2 x^2}}}$$

(a) 横式構造の場合

$$C_1 = 91 \sqrt{\frac{K}{576 - \alpha^2 K^2}}$$

K ：32.34.2-1.の規定による。

α ：次の算式による値のうち大きい方のもの

$$\alpha = 15.5 f_B \left(1 - \frac{z}{z_B} \right)$$

$$\alpha = \frac{1}{9.81} \frac{M_H}{I_H} y_H \times 10^5$$

z_B ：32.34.2-2.の規定による。

z ：竜骨上面から当該船側外板の下縁までの垂直距離 (m)

f_B ：32.34.2-1.の規定による。

M_H 、 I_H 及び y_H ：32.45.3(1)(a)の規定による。

~~x ：32.3.5-1.(1)の規定による。~~

(b) 縦式構造の場合

$$C_1 = 13 \sqrt{\frac{K}{24 - \alpha K}} \quad \text{ただし、} 3.78\sqrt{K} \text{ 未満としてはならない。}$$

K 及び α ：前(a)の規定による。

S ：防撓材の心距 (m)

C_2 、 L' 及び h_1 ：32.4.5-1.の規定による。

z' ：船体中央部における竜骨上面からビルジ部上端までの垂直距離 (m)。ここで、ビルジ部上端とは彎曲部における板の曲がりが終わる点をいう。

(2) ~~縦式構造の場合は、次の算式による値以上としなければならない。~~

~~$$t = C_1 C_2 S \sqrt{d - z + 0.05L' + h_1 + 2.0} \quad (mm)$$~~

 ~~S : 縦通肋骨心距 (m)~~
 ~~z , L' , C_1 及び h_1 : 前(1)の規定による。~~
 ~~C_2 係数で次による。ただし, $3.78\sqrt{K}$ 未満としてはならない。~~

~~$$C_2 = 13 \sqrt{\frac{K}{24 - \alpha K x}}$$~~

 ~~K , α 及び x : 前(1)の規定による。~~

-3. 前-2.にかかわらず, 強力甲板より下方の船側外板の外板の厚さは, ~~32.3.5-2.~~ 次
の算式による値未満としてはならない。

$$t = \sqrt{KL'} \quad (mm)$$

L' : 船の長さ L 。ただし, L が $330m$ を超えるときは, $330m$ とする。

K : 32.4.2-1.の規定による。

~~32.4.6~~32.5.5 船側縦通肋骨

-1. 乾舷甲板下に設ける船側縦通肋骨の断面係数 Z は, 次の(1)及び(2)の算式による値のうち大きい方のもの以上としなければならない。

(1) $Z = 90CSl^2 \quad (cm^3)$

S : 縦通肋骨の心距 (m)

l : 桁板の心距 (m)

h : 当該肋骨から竜骨上面上 $d+0.038L'+h_1$ の点までの距離 (m)

h_1 , K 及び L' : ~~32.34.2-1.~~の規定による。

C : 係数で次による。

$$C = \frac{K}{24 - \alpha K}, \quad \text{ただし, } \frac{K}{18} \text{ 未満としてはならない。}$$

α : z の値に応じて定まる次の算式の第一式又は第二式のいずれかによる値と第三式による値のうちいずれか大きいもの

$$\alpha = 15.5 f_B \left(1 - \frac{z}{z_B} \right) \dots\dots z \leq z_B \text{ のとき}$$

$$\alpha = 15.5 f_D \frac{z - z_B}{Z'} \dots\dots z_B < z \text{ のとき}$$

$$\alpha = \frac{1}{9.81} \frac{M_H}{I_H} y_H \times 10^5$$

z : 竜骨上面上, 当該肋骨までの垂直距離 (m)

z_B : ~~32.34.2-2.~~の規定による。

f_B , f_D 及び Z' : 32.45.3(1)(a)の規定による。

M_H , I_H 及び y_H : 32.45.3(1)(a)の規定による。

(2) $Z = 2.9K\sqrt{L'S}l^2 \quad (cm^3)$

K , L' , S 及び l : 前(1)の規定による。

-2. 二重船側構造の内部が深水タンクとして使用される場合の, 船側縦通肋骨の断面係数は, 32.45.3(2)の規定にもよらなければならない。

32.56 横隔壁

32.56.1 構造

横隔壁は甲板の位置において十分支持された構造としなければならない。横隔壁の幅が特に広い場合には、横隔壁の上部を箱型構造とするなど適当に補強しなければならない。

32.56.2 部分隔壁

貨物倉内に非水密の部分隔壁を設ける場合、その構造及び寸法については、貨物倉の大きさ及び隔壁の深さ等を考慮して、十分な強度及び剛性を有するものとしなければならない。

32.67 甲板構造

32.67.1 甲板口側線内甲板

甲板の面内曲げに関し、横隔壁の位置における甲板口側線内甲板の寸法は、それぞれ、次の(1)、(2)及び(3)に定めるところによる。この場合、断面係数及び断面二次モーメントの算定においては、甲板口側線内甲板をウェブとし、倉口端縁材をフランジとみなして算定するものとする。

箱型構造の場合にはこれに準ずるが、甲板の厚さの算式の第二項を 5.0 としなければならない。

- (1) 甲板の厚さ t (箱型構造とする場合はその底板の厚さを含めたもの) は、次の算式による値以上としなければならない。

$$t = 0.00417C_1K \left(\frac{l_v^2 l_c}{w_c} \right) + 2.5 \quad (mm)$$

K : 32.34.2-1.の規定による。

l_v : 船体中心線において測った、内底板上面から隔壁甲板までの距離 (m)

l_c : 倉口の幅 (m)。ただし、二列以上の倉口を有する場合は最も広い倉口の幅をとるものとする。

w_c : 甲板口側線内甲板の幅 (m)

C_1 : α の値に応じ表 C32.615 により定まる値。ただし、 α が表の中間にあるときには補間法により定める。

α : 次の算式による値

$$\alpha = 0.5l_c^4 \sqrt{\frac{3}{4Sl_v^3} \frac{I_v}{I_c}}$$

S : 横隔壁に設けられる立て桁の心距 (m)

I_v : 横隔壁に設けられる立て桁の断面二次モーメント (cm^4)

I_c : 甲板口側線内甲板の断面二次モーメント (cm^4)

- (2) 断面係数 Z は、次の算式による値以上としなければならない。

$$Z = 1.43C_2Kl_v^2 l_c^2 \quad (cm^3)$$

C_2 : α の値に応じ表 C32.615 により定まる値。ただし、 α が表の中間にあるときに

は補間法により定める。

α , l_v 及び l_c : 前(1)の規定による。

(3) 断面二次モーメント I は、次の算式による値以上としなければならない。

$$I = 0.38 \frac{l_c^4}{S l_v^3} I_v \quad (\text{cm}^4)$$

S, l_c, l_v 及び I_v : 前(1)の規定による。

表 C32.615 係数 C_1, C_2

α	0.5 以下	1.5 以上
C_1	1.00	0.37
C_2	0.50	0.10

32.67.2 クロスタイ

- 1. 倉口の長さが倉口の幅に比べて大きい場合には、倉口部に適当な間隔でクロスタイを設けなければならない。
- 2. クロスタイの位置において、船倉内に船側及び甲板からの荷重を有効に支持する構造が設けられていない場合には、クロスタイの構造寸法について特別の考慮を払わなければならない。

32.67.3 板厚の連続性

甲板の板厚の連続性に考慮を払い、特に甲板口側線の内側と外側とで、板厚に著しい差が生じないようにしなければならない。

32.6.4 構造詳細

~~1. ハッチサイドコーミングの倉口隅部を含むフリーエッジ部は、ノッチ等の疲労強度上有害な欠陥を有さないようにしなければならない。また、角エッジ処理を含む適切な端部処理を施し、当該部が十分な疲労強度を有さなければならない。端部処理の詳細は、原則として関連図面に明記しなければならない。~~

~~2. ハッチカバーパッドやコンテナパッド等の艀装品の取付けにあたっては、艀装品と船体構造との間に極端な剛性の違いが生じないように、艀装品端部にテーパを設ける、取付け箇所の板厚を適宜増厚する等の対策を講じなければならない。艀装品の材質及び取付けのための溶接方法に配慮しなければならない。本会が必要と認める場合、当該部に対して疲労強度の検討を要求することがある。~~

~~3. ハッチサイドコーミングの端部（強力甲板とのすみ肉溶接部を含む）は、十分な疲労強度を有するように設計されなければならない。そのために、原則として詳細有限要素解析を含む疲労強度検討を実施しなければならない。ハッチサイドコーミング端部と強力甲板とのすみ肉溶接は、原則として一定の範囲を完全溶け込み溶接としなければならない。また端部の角巻き溶接部は、グラインダー処理等により滑らかにしなければならない。~~

~~4. ハッチサイドコーミングに設けられるドレーンホール等にあたっては、疲労強度に十分な配慮を払わなければならない。~~

32.7 セルガイド

32.7.1 一般

- ~~1. セルガイドは、二重底構造、船側構造及び横隔壁等へ荷重を有効に伝達しうる構造としなければならない。~~
- ~~2. セルガイドの強度は、船底及び船側からの荷重並びに積載したコンテナの荷重に対して十分なものとしなければならない。~~

32.8 フレアが特に大きい箇所の強度

32.8.1 外板

フレアが大きい箇所の外板においては、船首波浪衝撃等に対する補強について十分な考慮を払わなければならない。

32.8.2 肋骨

船首フレア部の波浪衝撃が大きいと考えられる箇所の肋骨については、その防撓性を増し、端部の固着に注意しなければならない。

32.8.3 桁部材

船首フレア部の波浪衝撃が大きいと考えられる箇所の桁部材については、その防撓性を増し、端部の固着に注意しなければならない。

32.9 主要構造部材の直接強度計算

32.9.1 適用

-1. 船の長さ L_1 が 150m 以上の船舶にあつては、本節に規定する直接強度計算により、主要構造部材の配置及び寸法を定めなければならない。ここで、主要構造部材とは外殻及び貨物倉境界の全体的な構造健全性を供する部材で次の(1)から(4)による。

- (1) 二重底構造（船底外板、内底板、中心線桁板、側桁板及び肋板）
- (2) 二重船側構造（船側外板、縦通隔壁、船側縦桁及び横桁）
- (3) 隔壁構造
- (4) 甲板構造及び甲板口側線内甲板構造

-2. 船の長さ L_1 が 150m 未満の船舶にあつては、本会が適当と認める直接強度計算により、前-1.に示す主要構造部材の配置及び寸法を定めることができる。

-3. 前-1.及び-2.の規定により主要構造部材の配置及び寸法を定める場合、本章に規定する算式のうち、直接強度計算により代替することができる算式は適用しなくても差し支えない。

32.9.2 計算方法及び解析精度の確認

-1. 直接強度計算により主要構造部材の構造配置及び寸法を定める場合には、その計算方法について、事前に本会の承認を得なければならない。

-2. 解析プログラムは十分な解析精度を有すると認められるものでなければならない。本会が必要と認めた場合、解析に使用したシステムの資料提出、精度確認等を要求する場

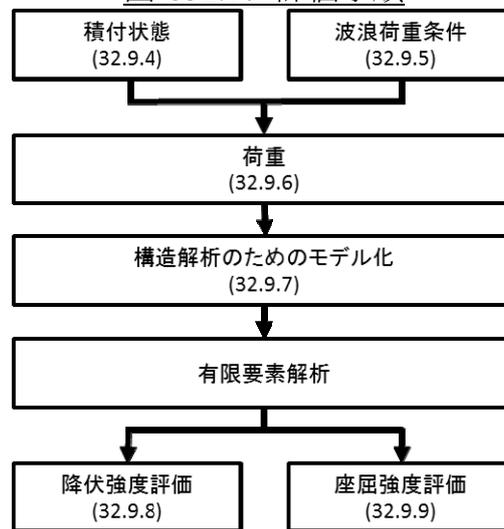
合がある。

32.9.3 評価手順

主要構造部材の直接強度計算の手順は、次の(1)から(4)による。(図 C32.10 参照)

- (1) 構造モデルは、解析対象範囲内の部材をモデル化したものとし、腐食予備厚を差し引いたものとする。解析対象範囲は、原則として3ホールドとする。
- (2) 各荷重ケースとして、考慮する積付状態及び波浪荷重条件の組み合わせを考慮する。
- (3) 荷重ケースに対する荷重及び境界条件を構造モデルに負荷して3次元の有限要素法(FEM)を用いた構造解析を行い、応力を算出する。
- (4) 算出した応力を用いて降伏強度評価及び座屈強度評価を行う。評価範囲は3ホールドの中央のホールドとし、当該ホールド前後部の水密隔壁及びその支持部材を含むものとする。

図 C32.10 評価手順

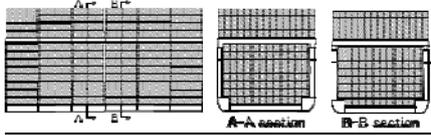
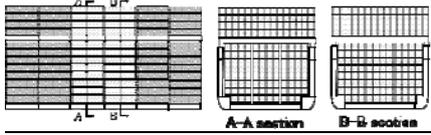
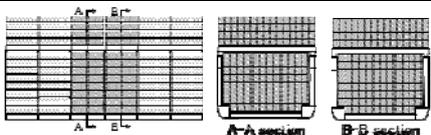
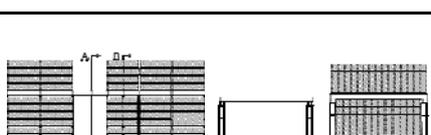


注：括弧の中の数字は対応する規則番号を示す。

32.9.4 積付状態

降伏強度評価及び座屈強度評価にあつては、表 C32.16 に規定する積付状態を考慮しなければならない。ただし、本会が必要と認める場合、ローディングマニュアルに記載される積付状態を追加で考慮する必要がある。

表 C32.16 考慮すべき積付状態

積付状態	積付パターン	喫水	評価する ホールドの コンテナ 貨物重量	バラスト タンク 及び燃料油 タンク	静水中垂直曲げ モーメント M_S
40 フィート コンテナ貨物 積付状態 <i>FH4</i>		d	40 フィート コンテナ貨物 ⁽¹⁾	空	M_{Smax}
40 フィート 軽量コンテナ貨物 積付状態 <i>FL4</i> ⁽⁴⁾		d	40 フィート軽量 コンテナ貨物 ^{(2),(3)}	空	M_{Smax}
20 フィート コンテナ貨物 積付状態 <i>RH2</i> ⁽⁵⁾		$0.9d$	20 フィート コンテナ貨物 ⁽¹⁾	空	M_{Smin}
ワンベイ空倉 積付状態 <i>OH4</i> ⁽⁶⁾		d	40 フィート コンテナ貨物 ⁽¹⁾	空	M_{Smax}
<p>(備考)</p> <p>M_{Smax} : 考慮する船体横断面における航海中の許容最大静水中垂直曲げモーメント (kN-m)</p> <p>M_{Smin} : 考慮する船体横断面における航海中の許容最小静水中垂直曲げモーメント (kN-m)</p> <p>注 1 : 各コンテナ貨物の重量は、許容スタック重量を計画積付段数で除した値とする。</p> <p>注 2 : 倉内における各軽量コンテナ貨物の重量は、許容スタック重量を計画積付段数で除した値の 50%とする。</p> <p>注 3 : 甲板上における各軽量コンテナ貨物の重量は、許容スタック重量を計画積付段数で除した値の 50%とする。また、17 ton を超えないものとする。</p> <p>注 4 : 積付状態 <i>FL4</i> を考慮する際、評価範囲の貨物倉以外は 40 フィートコンテナ貨物を積載することを想定する。</p> <p>注 5 : 積付状態 <i>RH2</i> を考慮する際、評価範囲の貨物倉以外は 40 フィート軽量コンテナ貨物を積載することを想定する。</p> <p>注 6 : 評価範囲の貨物倉に 2 つ以上のベイを有する場合、ワンベイ空倉積付状態として、倉内の各ベイを空にしたコンテナ貨物積載パターンを全て考慮する。なお、倉内のベイが空の場合、その上部の甲板上のベイも空として考慮する。また、その他のベイは満載とする。</p>					

32.9.5 波浪荷重条件

-1. 本節で考慮する波浪荷重条件を表 C32.17 に示す。波上側 down の状態及び波上側 up の状態の定義は図 C32.11 による。

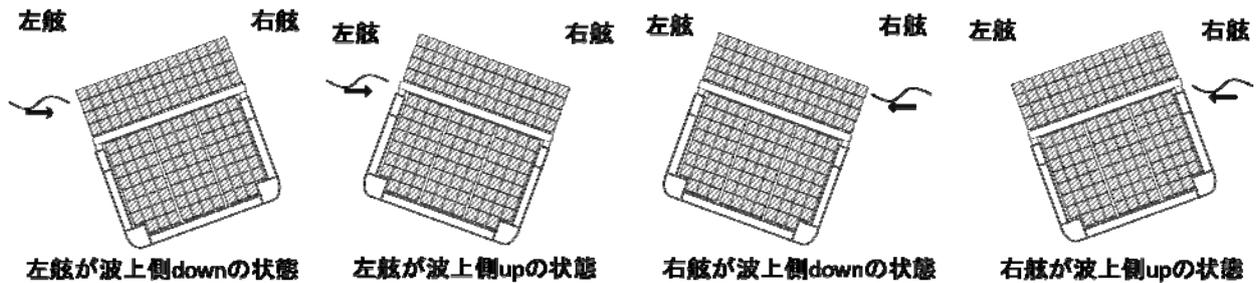
-2. 前-1.にかかわらず、航行区域が平水区域や沿海区域等に限定して計画されている船舶であって、航行区域を制限する条件で登録される船舶の場合には、限定された航行区域の海象条件に基づき波浪荷重を設定することができる。

-3. 前-1.にかかわらず、閉囲された海域または港内等、波浪の影響が少ない海域に限定される積付状態に対しては波浪荷重を適当に減じることができる。

表 C32.17 波浪荷重条件

波浪荷重条件		波向き	状態	
L-180	L-180-1	向波	ホギング状態	向波中で垂直曲げモーメントが最大となる荷重条件
	L-180-2	向波	サギング状態	向波中で垂直曲げモーメントが最大となる荷重条件
L-0	L-0-1	追波	ホギング状態	追波中で垂直曲げモーメントが最大となる荷重条件
	L-0-2	追波	サギング状態	追波中で垂直曲げモーメントが最大となる荷重条件
R	R-P1	横波	左舷が波上側 down	横揺れが最大となる荷重条件
	R-P2	横波	左舷が波上側 up	横揺れが最大となる荷重条件
	R-S1	横波	右舷が波上側 down	横揺れが最大となる荷重条件
	R-S2	横波	右舷が波上側 up	横揺れが最大となる荷重条件
P	P-P1	横波	左舷が波上側 down	喫水線位置における波浪変動圧が最大となる荷重条件
	P-P2	横波	左舷が波上側 up	喫水線位置における波浪変動圧が最大となる荷重条件
	P-S1	横波	右舷が波上側 down	喫水線位置における波浪変動圧が最大となる荷重条件
	P-S2	横波	右舷が波上側 up	喫水線位置における波浪変動圧が最大となる荷重条件

図 C32.11 波上側 down 及び波上側 up の定義



32.9.6 荷重

-1. 船体運動及び加速度は、次の(1)から(3)によらなければならない。

(1) 縦揺れによる縦傾斜角 θ 及び横揺れによる横傾斜角 ϕ は表 C32.18 による。

表 C32.18 船体運動

縦揺れによる縦傾斜角	$\theta = \frac{5.4}{L_1^{1.2} \sqrt{C'_b}} H_{L-180} \text{ (rad.)}$
横揺れによる横傾斜角	$\phi = \frac{4}{T_R \sqrt{B}} H_R \text{ (rad.)}$
<p>(備考)</p> <p>C'_b : 32.2.4-1.による。</p> <p>H_{L-180} : 次の算式による。</p> $H_{L-180} = 1.1 C_1 C_2 \sqrt{\frac{L_1 + \lambda_{L-180} - 25}{L_1}}$ <p>H_R : 次の算式による。</p> $H_R = 0.64 C_1 C_2 \sqrt{\frac{L_1 + \lambda_R - 25}{L_1}}$ <p>C_1 : 係数で、次の算式による。</p> <p>$L_1 \leq 300 \text{ m}$ の場合 : $C_1 = 10.75 - \left(\frac{300 - L_1}{100} \right)^{1.5}$</p> <p>$300 \text{ m} < L_1 \leq 350 \text{ m}$ の場合 : $C_1 = 10.75$</p> <p>$350 \text{ m} < L_1$ の場合 : $C_1 = 10.75 - \left(\frac{L_1 - 350}{150} \right)^{1.5}$</p> <p>$C_2$: 係数で、次の値による。</p> $C_2 = 0.85$ <p>λ_{L-180} : 次の算式による。</p> $\lambda_{L-180} = 0.5 \left(1 + \frac{d_i}{d} \right) L_1 \text{ (m)}$ <p>λ_R : 次の算式による。</p> $\lambda_R = \frac{g}{2\pi} T_R^2 \text{ (m)}$ <p>d_i : 積付状態に対応する中央部喫水 (m)</p> <p>g : 重力加速度で、9.81 m/s^2 とする。</p> <p>T_R : 次の算式による。</p> $T_R = C \frac{2K_{xx}}{\sqrt{GM}} \text{ (s)}$ <p>C : 係数で、1.1 とする。</p> <p>K_{xx} : 縦軸回りの環動半径 (m) で、実際の設計値を用いる。ただし、K_{xx} の値が予め得られていない場合には、$K_{xx} = 0.35B$ とする。</p> <p>GM : メタセンタ高さ (m) で、ローディングマニュアルに記載されている各積付状態における値を用いる。ただし、GM の値が予め得られていない場合には積付状態に応じて次の算式により求まる値として差し支えない (表 C32.16 参照)。ただし、$0.06B$ 未満としてはならない。</p> <p>積付状態 $FH4, FL4, OH4$ の場合 : $GM = 0.52B - 0.55D_s - 5.26$</p> <p>積付状態 $RH2$ の場合 : $GM = 0.52B - 0.53D_s - 4.84$</p>	

(2) 縦揺れによる船体重心加速度 a_{pitch} 、横揺れによる船体重心加速度 a_{roll} 及び上下揺れによる船体重心加速度 a_{heave} は表 C32.19 による。

表 C32.19 船体重心加速度

縦揺れによる船体重心加速度	$a_{pitch} = \theta \cdot \frac{2\pi \cdot g}{\lambda_{L-180}} \text{ (rad./s}^2\text{)}$
横揺れによる船体重心加速度	$a_{roll} = \phi \cdot GM \left(\frac{\pi}{C \cdot K_{xx}} \right)^2 \text{ (rad./s}^2\text{)}$
上下揺れによる船体重心加速度	$a_{heave} = \frac{5.4g}{(B \cdot L_1)^{0.6} \sqrt{C'_b}} H_p \text{ (m/s}^2\text{)}$
<p>(備考)</p> <p>C'_b、θ、ϕ、λ_{L-180}、GM、K_{xx}：表 C32.18 による。</p> <p>g：重力加速度で、9.81m/s^2 とする。</p> <p>C：係数で、1.1 とする。</p> <p>H_p：次の算式による。</p> $H_p = 0.93C_1C_2 \sqrt{\frac{L_1 + \lambda_p - 25}{L_1}}$ <p>C_1 及び C_2：表 C32.18 による。</p> <p>λ_p：次の算式による。</p> $\lambda_p = \left(0.2 + 0.15 \frac{d_i}{d} \right) L_1 \text{ (m)}$ <p>d_i：積付状態に対応する中央部喫水 (m)</p>	

(3) コンテナ貨物の重心における上下方向加速度 a_v 、左右方向加速度 a_l 及び前後方向加速度 a_f は表 C32.20 による。

表 C32.20 コンテナ貨物の重心加速度

波浪荷重条件		コンテナ貨物の重心加速度 (上下方向加速度) (m/s^2)	コンテナ貨物の重心加速度 (左右方向加速度) (m/s^2)	コンテナ貨物の重心加速度 (前後方向加速度) (m/s^2)
<u>L-180</u>	<u>L-180-1</u>	$a_v = -0.3a_{heave}$	0	$a_\ell = g\theta + (z_i - z_g)a_{pitch}$
	<u>L-180-2</u>	$a_v = 0.3a_{heave}$	0	$a_\ell = -g\theta - (z_i - z_g)a_{pitch}$
<u>L-0</u>	<u>L-0-1</u>	0	0	0
	<u>L-0-2</u>	0	0	0
<u>R</u>	<u>R-P1</u>	$a_v = 0.1a_{heave} + y_i a_{roll}$	$a_t = -g\phi - (z_i - z_g)a_{roll}$	0
	<u>R-P2</u>	$a_v = -0.1a_{heave} - y_i a_{roll}$	$a_t = g\phi + (z_i - z_g)a_{roll}$	0
	<u>R-S1</u>	$a_v = 0.1a_{heave} - y_i a_{roll}$	$a_t = g\phi + (z_i - z_g)a_{roll}$	0
	<u>R-S2</u>	$a_v = -0.1a_{heave} + y_i a_{roll}$	$a_t = -g\phi - (z_i - z_g)a_{roll}$	0
<u>P</u>	<u>P-P1</u>	$a_v = a_{heave} + 0.5y_i a_{roll}$	$a_t = -0.5g\phi$	0
	<u>P-P2</u>	$a_v = -a_{heave} - 0.5y_i a_{roll}$	$a_t = 0.5g\phi$	0
	<u>P-S1</u>	$a_v = a_{heave} - 0.5y_i a_{roll}$	$a_t = 0.5g\phi$	0
	<u>P-S2</u>	$a_v = -a_{heave} + 0.5y_i a_{roll}$	$a_t = -0.5g\phi$	0

(備考)
 g : 重力加速度で、 $9.81m/s^2$ とする。
 θ 及び ϕ : 表 C32.18 による。
 a_{pitch} 、 a_{roll} 及び a_{heave} : 表 C32.19 による。
 y_i : コンテナ貨物の重心位置の Y 座標 (m)。ただし、コンテナの体積中心の位置とみなして差し支えない。
 z_g : 船体重心の Z 座標 (m)
 z_i : コンテナ貨物の重心位置の Z 座標 (m)。ただし、コンテナの体積中心の位置とみなして差し支えない。

-2. 船体に加わる外圧として、海水圧を考慮しなければならない。海水圧は、静水圧及び波浪変動圧の和とし、0 以上とする。また、静水圧及び波浪変動圧は次の(1)及び(2)によらなければならない。

- (1) 静水圧として、各積付状態における静水中喫水に相当する静水圧を考慮する。静水圧は表 C32.21 による。
- (2) 波浪変動圧は、次の(a)から(c)による。
 - (a) 波浪荷重条件 L-180 及び L-0 に対する波浪変動圧 P は表 C32.22, 図 C32.12 及び図 C32.13 による。
 - (b) 波浪荷重条件 R に対する波浪変動圧 P は表 C32.23, 図 C32.14 による。
 - (c) 波浪荷重条件 P に対する波浪変動圧 P は表 C32.24, 図 C32.15 による。

表 C32.21 静水圧

考慮する位置	静水圧 (kN/m^2)
$z \leq d_i$	$\rho g(d_i - z)$
$z > d_i$	0
(備考) ρ : 海水比重で, $1.025 t/m^3$ とする。 g : 重力加速度で, $9.81 m/s^2$ とする。 d_i : 積付状態に対応する中央部喫水 (m) z : 考慮する位置の Z 座標 (m)	

表 C32.22 波浪荷重条件 L-180 及び L-0 に対する波浪変動圧

波浪荷重条件		波浪変動圧 (kN/m^2)		
		$z \leq d_i$	$d_i < z \leq d_i + h_w$	$z > d_i + h_w$
L-180	L-180-1	$P = \max(P_{D,L-180}, \rho g(z - d_i))$	$P = P_{WL} - \rho g(z - d_i)$	$P = 0$
	L-180-2	$P = \max(-P_{D,L-180}, \rho g(z - d_i))$		
L-0	L-0-1	$P = \max(P_{D,L-0}, \rho g(z - d_i))$		
	L-0-2	$P = \max(-P_{D,L-0}, \rho g(z - d_i))$		
(備考) $P_{D,L-180}$: 次の算式による。 $P_{D,L-180} = 2.3C_3 \left(\frac{z}{d_i} + \frac{ 2y }{B} + 1 \right) H_{L-180}$ $P_{D,L-0}$: 次の算式による。 $P_{D,L-0} = 2.3C_3C_{L-0} \left(\frac{z}{d_i} + \frac{ 2y }{B} + 1 \right) H_{L-0}$ C_3 : 係数で, 次の値による。 波浪荷重条件 L-180 の場合 : $C_3 = 0.5$ 波浪荷重条件 L-0 の場合 : $C_3 = 1$ C_{L-0} : 係数で, 次の値による。 $C_{L-0} = 0.8$ d_i : 積付状態に対応する中央部喫水 (m) y : 考慮する位置の Y 座標 (m) z : 考慮する位置の Z 座標 (m) H_{L-180} : 表 C32.18 による。 H_{L-0} : 次の算式による。 $H_{L-0} = 1.1C_1C_2 \sqrt{\frac{L_1 + \lambda_{L-0} - 25}{L_1}}$ C_1 及び C_2 : 表 C32.18 による。				

表 C32.22 波浪荷重条件 $L-180$ 及び $L-0$ に対する波浪変動圧 (続き)

(備考)	
λ_{L-0} :	次の算式による。
	$\lambda_{L-0} = 0.5 \left(1 + \frac{2 d_i}{3 d} \right) L_1 \text{ (m)}$
P_{WL} :	考慮する波浪荷重条件での喫水線における波浪変動圧で、 $z = d_i$ の場合の P
h_W :	喫水線における圧力と同等の水頭 (m) で、次の算式による。
	$h_W = \frac{P_{WL}}{\rho g}$
ρ :	海水比重で、 1.025 t/m^3 とする。
g :	重力加速度で、 9.81 m/s^2 とする。

図 C32.12 船体中央断面における波浪変動圧分布 (波浪荷重条件 $L-180-1$ の場合)

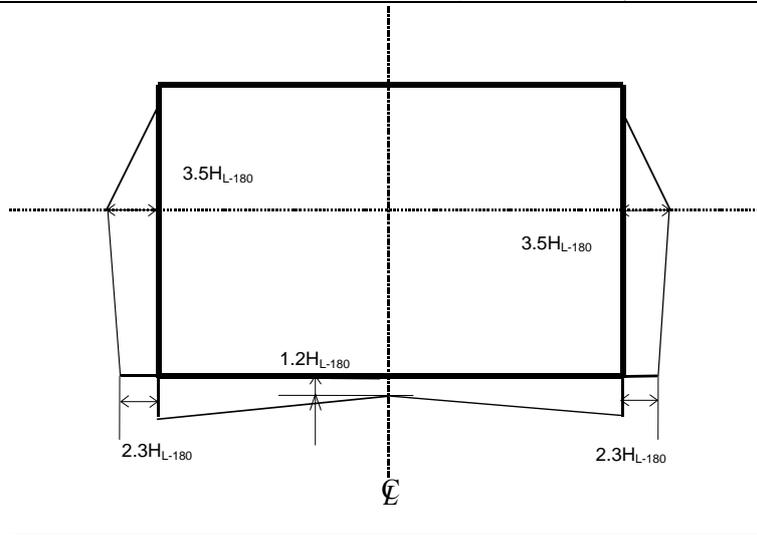


図 C32.13 船体中央断面における波浪変動圧分布 (波浪荷重条件 $L-0-1$ の場合)

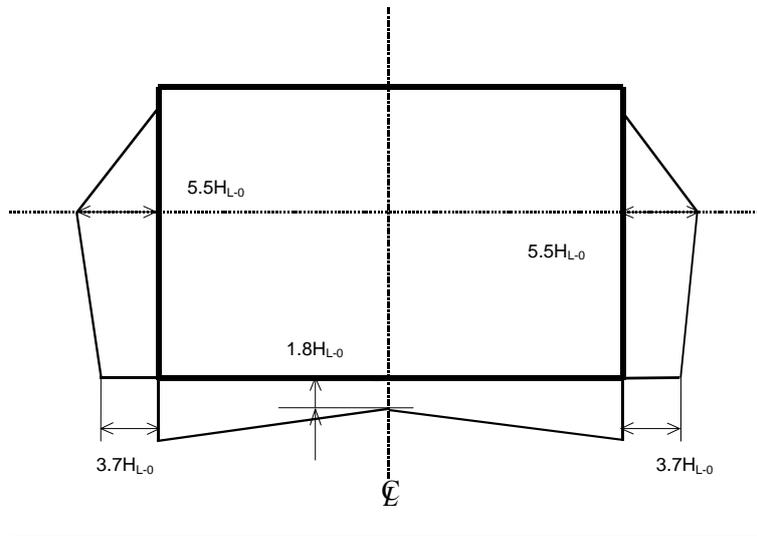


表 C32.23 波浪荷重条件 R に対する波浪変動圧

波浪荷重条件		波浪変動圧 (kN/m ²)		
		$z \leq d_i$	$d_i < z \leq d_i + h_w$	$z > d_i + h_w$
R	R-P1	$P = \max(P_{D,R-P}, \rho g(z - d_i))$	$P = P_{WL} - \rho g(z - d_i)$	$P = 0$
	R-P2	$P = \max(-P_{D,R-P}, \rho g(z - d_i))$		
	R-S1	$P = \max(P_{D,R-S}, \rho g(z - d_i))$		
	R-S2	$P = \max(-P_{D,R-S}, \rho g(z - d_i))$		
<p>(備考)</p> <p>$P_{D,R-P}$: 次の算式による。</p> $P_{D,R-P} = 10y \sin \phi + \left(\frac{ 2y }{B} + 1 \right) H_R$ <p>$P_{D,R-S}$: 次の算式による。</p> $P_{D,R-S} = -10y \sin \phi + \left(\frac{ 2y }{B} + 1 \right) H_R$ <p>y : 考慮する位置の Y 座標 (m) z : 考慮する位置の Z 座標 (m) ϕ 及び H_R : 表 C32.18 による。</p> <p>P_{WL} : 考慮する波浪荷重条件での喫水線における波浪変動圧で、$z = d_i$ の場合の P h_w : 喫水線における圧力と同等の水頭 (m) で、次の算式による。</p> $h_w = \frac{P_{WL}}{\rho g}$ <p>ρ : 海水比重で、1.025 t/m^3 とする。 g : 重力加速度で、9.81 m/s^2 とする。</p>				

図 C32.14 船体中央断面における波浪変動圧分布 (波浪荷重条件 R-P1 の場合)

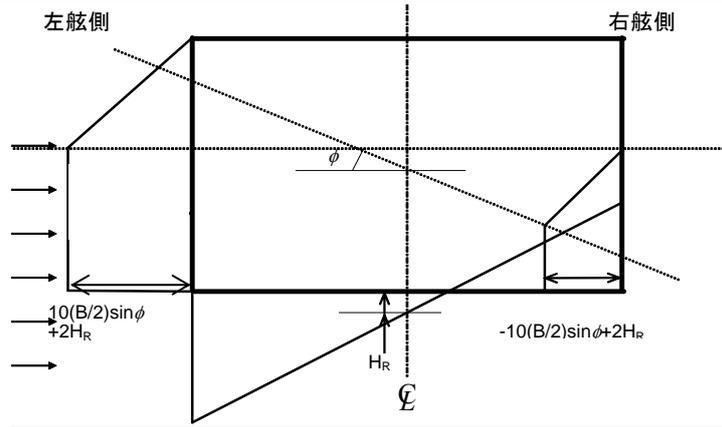
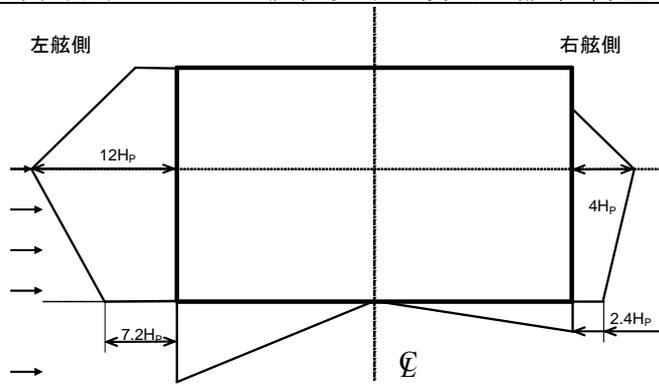


表 C32.24 波浪荷重条件 P に対する波浪変動圧

波浪荷重条件		横方向の位置	波浪変動圧 (kN/m^2)		
			$z \leq d_i$	$d_i < z \leq d_i + h_w$	$z > d_i + h_w$
P	$P-P1$	$y \geq 0$	$P = \max(P_{D,P}, \rho g(z - d_i))$	$P = P_{WL} - \rho g(z - d_i)$	$P = 0$
		$y < 0$	$P = \max\left(\frac{1}{3} P_{D,P}, \rho g(z - d_i)\right)$		
	$P-P2$	$y \geq 0$	$P = \max(-P_{D,P}, \rho g(z - d_i))$		
		$y < 0$	$P = \max\left(-\frac{1}{3} P_{D,P}, \rho g(z - d_i)\right)$		
	$P-S1$	$y \geq 0$	$P = \max\left(\frac{1}{3} P_{D,P}, \rho g(z - d_i)\right)$		
		$y < 0$	$P = \max(P_{D,P}, \rho g(z - d_i))$		
	$P-S2$	$y \geq 0$	$P = \max\left(-\frac{1}{3} P_{D,P}, \rho g(z - d_i)\right)$		
		$y < 0$	$P = \max(-P_{D,P}, \rho g(z - d_i))$		
<p>(備考)</p> <p>$P_{D,P}$: 次の算式による。</p> $P_{D,P} = 2.4 \left(2 \frac{z}{d_i} + 3 \frac{ 2y }{B} \right) H_p$ <p>y : 考慮する位置の Y 座標 (m) z : 考慮する位置の Z 座標 (m) , $\max(z) = d_i$ d_i : 積付状態に対応する中央部喫水 (m) H_p : 表 C32.19 による。</p> <p>P_{WL} : 考慮する波浪荷重条件での喫水線における波浪変動圧で, $z = d_i$ の場合の P h_w : 喫水線における圧力と同等の水頭 (m) で, 次の算式による。</p> $h_w = \frac{P_{WL}}{\rho g}$ <p>ρ : 海水比重で, $1.025 t/m^3$ とする。 g : 重力加速度で, $9.81 m/s^2$ とする。</p>					

図 C32.15 船体中央断面における波浪変動圧分布 (波浪荷重条件 $P-P1$ の場合)



-3. 内圧として、コンテナ貨物による荷重を考慮しなければならない。コンテナ貨物による荷重は、静的荷重及び動的荷重の和とする。また、コンテナ貨物の静的荷重及び動的荷重は次の(1)及び(2)によらなければならない。

- (1) コンテナ貨物の静的荷重として、コンテナ貨物重量 W_S (kN) を考慮する。
 (2) コンテナ貨物の動的荷重として、コンテナ貨物の変動荷重 W_C (kN) を考慮する。コンテナ貨物の変動荷重は表 C32.25 による。

表 C32.25 コンテナ貨物の変動荷重

上下方向の荷重 W_{CV} (kN)	左右方向の荷重 W_{CT} (kN)	前後方向の荷重 W_{CL} (kN)
$-W_S \frac{a_v}{g}$	$-W_S \frac{a_t}{g}$	$-W_S \frac{a_l}{g}$
(備考) g : 重力加速度で、 $9.81m/s^2$ とする。 W_S : コンテナ貨物重量 (kN) a_v 、 a_t 及び a_l : 表 C32.20 による。		

-4. 船殻重量の影響は、静的荷重に対しては考慮するが、動的荷重に対しては考慮しないものとする。

-5. 直接強度計算において考慮する垂直曲げモーメント及び水平曲げモーメントは、次の算式によらなければならない。

垂直曲げモーメント: $M_{V-HG} = M_S + C_4 M_W$ (kN-m)

水平曲げモーメント: $M_{H-HG} = C_5 M_H$ (kN-m)

C_4 : 表 C32.26 による。

C_5 : 表 C32.26 による。

M_S : 考慮する船体横断面における静水中垂直曲げモーメント (kN-m) で、考慮する積付状態に対応する値 (表 C32.16 参照)

M_W : 考慮する船体横断面における波浪中垂直曲げモーメント (kN-m) で、表 C32.26 による。(32.2.3-6.参照)

M_H : 考慮する船体横断面における波浪中水平曲げモーメント (kN-m) で、表 C32.26 による。ただし、波浪荷重条件に応じて $M_H(+)$ 又は $M_H(-)$ とする。

$$M_H(+)= 0.32C_1L_1^2d_i\sqrt{\frac{L_1-35}{L_1}} \text{ (kN-m)}$$

$$M_H(-)= -0.32C_1L_1^2d_i\sqrt{\frac{L_1-35}{L_1}} \text{ (kN-m)}$$

C_1 : 表 C32.18 による。

d_i : 積付状態に対応する中央部喫水 (m)

表 C32.26 波浪中垂直曲げモーメント及び水平曲げモーメントの重ね合せ比率

波浪荷重条件		C_4	M_W	C_5	M_H
$L-180$	$L-180-1$	1.0	ホギング M_{W-Hog}	=	=
	$L-180-2$		サギング M_{W-Sag}		
$L-0$	$L-0-1$	0.8	ホギング M_{W-Hog}	=	=
	$L-0-2$		サギング M_{W-Sag}		
R	$R-P1$	$0.75 \frac{d_i}{d} - 0.55$	サギング M_{W-Sag}	$1.2 - \frac{d_i}{d}$	左舷側 (圧縮) $M_H(+)$
	$R-P2$		ホギング M_{W-Hog}		左舷側 (引張) $M_H(-)$
	$R-S1$		サギング M_{W-Sag}		右舷側 (圧縮) $M_H(-)$
	$R-S2$		ホギング M_{W-Hog}		右舷側 (引張) $M_H(+)$
P	$P-P1$	$\frac{d_i}{d} - 0.55$	サギング M_{W-Sag}	$0.7 - 0.6 \frac{d_i}{d}$	左舷側 (圧縮) $M_H(+)$
	$P-P2$		ホギング M_{W-Hog}		左舷側 (引張) $M_H(-)$
	$P-S1$		サギング M_{W-Sag}		右舷側 (圧縮) $M_H(-)$
	$P-S2$		ホギング M_{W-Hog}		右舷側 (引張) $M_H(+)$
(備考)					
d_i : 積付状態に対応する中央部喫水 (m)					
M_{W-Hog} : 考慮する船体横断面におけるホギングの波浪中垂直曲げモーメント (図 C32.6 参照)					
M_{W-Sag} : 考慮する船体横断面におけるサギングの波浪中垂直曲げモーメント (図 C32.6 参照)					

32.9.7 構造解析のためのモデル化

- 1. 船の両舷をモデル化しなければならない。
- 2. モデル化する部材は解析対象範囲内の縦強度部材及び主要支持部材とし、縦通防撓材並びに水密隔壁及び桁部材に付く防撓材等も荷重伝達材として構造モデルに含めなければならない。
- 3. モデル化にあたっては、モデルの板厚及び防撓材の寸法は、**32.1.3** に規定するネット寸法としなければならない。
- 4. 要素の種類は次の(1)から(3)によらなければならない。
 - (1) 板は、シェル要素を用いてモデル化する。
 - (2) 防撓材は、ビーム要素を用いてモデル化する。
 - (3) 主要支持部材の面材及びブラケットの面材は、ロッド又はビーム要素を用いてモデル化する。
- 5. 評価範囲内で構造の応答を精度良く再現できるようにメッシュ分割を行わなければならない。
- 6. 本会が必要と認める場合は、開口をモデル化しなければならない。
- 7. 荷重の構造モデルへの負荷は、次の(1)から(3)によらなければならない。
 - (1) 要素中心で計算された圧力を一様圧力として、荷重を受ける面 (外圧については外板及び甲板, 内圧については貨物倉の境界) のシェル要素に与える。
 - (2) コンテナ貨物による荷重は、節点荷重としてコンテナ貨物が接触する部位の近接の節点に与える。

(3) 評価範囲の中央部における垂直曲げモーメント及び水平曲げモーメントが **32.9.6-5.** に規定する垂直曲げモーメント及び水平曲げモーメントの値以上となるような調整モーメントをモデル前後端部に負荷する。

-8. 境界条件は、構造モデルの前後端において単純支持とし、前-7.(3)の規定による調整モーメントによって生じる応力の分布が正しく再現されるよう設定しなければならない。

32.9.8 降伏強度評価

-1. 評価範囲に含まれる各要素において、次の算式を満足しなければならない。

$$\sigma_{ref} \leq \frac{235}{K}$$

σ_{ref} : 次による。

ロッド要素の場合、軸応力 σ_a (N/mm²)

シェル要素の場合、板厚中心の等価応力 σ_{eq} (N/mm²) で、次による。

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_1^2 - \sigma_1 \cdot \sigma_2 + \sigma_2^2 + 3\tau_{12}^2}$$

σ_1, σ_2 : 板厚中心の面内直応力 (N/mm²)

τ_{12} : σ_1, σ_2 に対応する板厚中心のせん断応力 (N/mm²)

K : 使用する鋼材の材料強度に応じた係数で、軟鋼材の場合は、1.00、高張力鋼材の場合は、**1.1.7-2.(1)**に規定する値とする。

-2. 開口をモデル化しない場合、本会が適当と認める方法で開口の周辺要素の応力を修正しなければならない。

32.9.9 座屈強度評価

-1. 評価範囲内において、パネル及び防撓材についての座屈強度を評価しなければならない。

-2. 各構造部材は、次の算式による座屈強度基準を満足しなければならない。

$$\eta_{act} \leq 1$$

η_{act} : 構造解析により得られた応力に対する座屈使用係数で、本会の別途定めるところによる。

-3. 開口を有する主要支持部材のウェブは、本会が適当と認める方法により評価しなければならない。

32.10 疲労強度

32.10.1 疲労強度評価

船底縦通肋骨、船側縦通肋骨、倉口隅部、ハッチサイドコーミング、船首部船倉のひな壇隅部等の応力集中部の詳細構造については、疲労強度に対して十分な配慮を払わなければならない。本会が必要と認める場合、詳細な疲労強度の検討を要求することがある。

32.10.2 構造詳細

-1. ハッチサイドコーミングの倉口隅部を含むフリーエッジ部は、ノッチ等の疲労強度上有害な欠陥を有さないようにしなければならない。また、角エッジ処理を含む適切な端

部処理を施し、当該部が十分な疲労強度を有さなければならない。端部処理の詳細は、原則として関連図面に明記しなければならない。

-2. ハッチカバーパッドやコンテナパッド等の艀装品の取付けにあたっては、艀装品と船体構造との間に極端な剛性の違いが生じないように、艀装品端部にテーパを設ける、取付け箇所の板厚を適宜増厚する等の対策を講じなければならない。艀装品の材質及び取付けのための溶接方法に配慮しなければならない。本会が必要と認める場合、当該部に対して疲労強度の検討を要求することがある。

-3. ハッチサイドコーミングの端部（強力甲板とのすみ肉溶接部を含む）は、十分な疲労強度を有するように設計されなければならない。そのために、原則として詳細有限要素解析を含む疲労強度検討を実施しなければならない。ハッチサイドコーミング端部と強力甲板とのすみ肉溶接は、原則として一定の範囲を完全溶け込み溶接としなければならない。また端部の角巻き溶接部は、グラインダー処理等により滑らかにしなければならない。

-4. ハッチサイドコーミングに設けられるドレーンホール等にあつては、疲労強度に十分な配慮を払わなければならない。

32.11 セルガイド

32.11.1 一般

-1. セルガイドは、二重底構造、船側構造及び横隔壁等へ荷重を有効に伝達しうる構造としなければならない。

-2. セルガイドの強度は、船底及び船側からの荷重並びに積載したコンテナの荷重に対して十分なものとしなければならない。

32.912 溶接

32.912.1 適用

-1. 強力甲板並びに強力甲板下方 $0.25D$ の位置より上方の船側外板及び縦通隔壁に、ウェブの厚さが 40mm を超え 80mm 以下の縦通防撓材を使用する場合のすみ肉溶接に適用する。

-2. ウェブの厚さが 80mm を超える縦通防撓材を使用する場合の溶接の種類及び寸法は、本会が適当と認めるところによる。

32.912.2 すみ肉溶接

-1. すみ肉溶接は、連続溶接としなければならない。

-2. すみ肉溶接の脚長は、 8mm 以上としなければならない。

32.1013 極厚鋼板を使用するコンテナ運搬船に対する特別規定

32.1013.1 一般

本節は、極厚鋼板をコンテナ運搬船の縦強度部材に使用する場合において、脆性亀裂の発生を防止すると共に、万一亀裂が発生した場合にあつても脆性亀裂の伝播を停止させることにより脆性破壊による大規模損傷を防止することを目的とする。

32.4013.2 適用

-1. 本節は、板厚が 50mm を超え 100mm 以下の KA36, KD36, KE36, KA40, KD40, KE40, 又は KE47 を用いた鋼板（以下、極厚鋼板という）をコンテナ運搬船の縦強度部材に使用する場合に適用する。

-2. 板厚が 50mm 以下の鋼板をハッチサイドコーミング（頂板及び縦通防撓材を含む）に使用する場合にあっては、強力甲板の板厚及び鋼種に関わらず、本節を適用しなくても差し支えない。

-3. 極厚鋼板を使用するコンテナ運搬船の構造諸材については、32.4013の規定に加え、32.1 から 32.912にも適合するものでなければならない。

32.4013.3 脆性破壊防止対策

極厚鋼板の脆性破壊防止対策は、ハッチサイドコーミングの鋼種及び板厚に応じて、表 C32.727 に示す組み合わせとしなければならない。

表 C32.727 脆性亀裂アレスト設計の適用区分

ハッチサイドコーミング		規則 M 編 1.4.2-1.(3)に規定する 建造時の非破壊検査	32.4013.4 に規定する 脆性亀裂アレスト設計
鋼種	板厚 (mm)		
KA36 KD36 KE36	50 < t ≤ 100	適用	非適用
KA40 KD40 KE40	50 < t ≤ 85	適用	適用 ⁽¹⁾
	85 < t ≤ 100		
KE47 (船体ブロックのバット溶接 がエレクトロガス溶接の場合)	50 < t ≤ 100	適用	適用
KE47 (船体ブロックのバット溶接 がエレクトロガス溶接以外の 場合)	50 < t ≤ 100	適用	適用 ⁽¹⁾

(備考)

(1) 本会は脆性亀裂アレスト設計と同等の効果があると認められる他の対策を認めることがある。

32.4013.4 脆性亀裂アレスト設計

-1. 貨物区域において万一脆性亀裂が発生した場合にあっては、脆性亀裂の伝播を適当な箇所で停止させることで船体の大規模損傷を防ぐため、脆性亀裂アレスト設計を行わなければならない。

-2. 脆性亀裂の発生箇所として次の(1)及び(2)を考慮しなければならない。

- (1) ハッチサイドコーミング及び強力甲板の船体ブロック間のバット継手
- (2) ハッチサイドコーミング及び強力甲板の船体ブロック間のバット継手以外の溶接部

-3. 脆性亀裂の伝播ケースとして次の(1)から(3)を考慮しなければならない。

- (1) 船体ブロック間のバット継手から脆性亀裂が発生し、当該バット継手に沿って脆性亀裂が伝播するケース

- (2) 船体ブロック間のバット継手から脆性亀裂が発生し、当該バット継手から逸れて脆性亀裂が母材に伝播するケース
- (3) 船体ブロック間のバット継手以外から脆性亀裂が発生し、母材に伝播するケース
- 4. 前-3.を考慮し、脆性亀裂アレスト設計として次の(1)から(3)の対策を講じなければならない。
 - (1) 強力甲板に高アレスト鋼を用いること。
 - (2) ハッチサイドコーミングに高アレスト鋼を用いること。ただし、ハッチサイドコーミングに付く頂板及び縦通防撓材には高アレスト鋼を用いなくても差し支えない。
 - (3) ハッチサイドコーミングと強力甲板の結合部で船体ブロック間のバット継手に沿って伝播する脆性亀裂を停止させるための適切な措置を講じること。
- 5. 前-4.の規定にかかわらず、技術資料や脆性破壊試験等によって、その有効性が確認できる場合、本会は前-4.に規定する以外の脆性亀裂アレスト設計を認めることがある。
- 6. 前-4.(1)及び(2)にいう高アレスト鋼とは、規則 K 編 3.12 に規定する脆性亀裂アレスト特性の特定区分が A600、又はこれと同等以上の鋼材をいう。ただし、板厚が 80mm を超える鋼板を高アレスト鋼として使用する場合にあつては、高アレスト鋼として必要な脆性亀裂アレスト特性は、本会の適当と認めるところによる。

附 則

- 1. この規則は、2016年4月1日（以下、「施行日」という。）から施行する。
- 2. 施行日前に建造契約が行われた船舶にあつては、この規則による規定にかかわらず、なお従前の例によることができる。

鋼船規則検査要領

C 編

船体構造及び船体艤装

要
領

2015 年 第 3 回 一部改正

2015 年 12 月 25 日 達 第 74 号

2015 年 7 月 28 日 / 2015 年 11 月 19 日 技術委員会 審議

2015年12月25日 達 第74号
鋼船規則検査要領の一部を改正する達

「鋼船規則検査要領」の一部を次のように改正する。

C 編 船体構造及び船体艤装

改正その1

C29 タンカー

C29.6 桁部材

C29.6.2 桁部材の直接強度計算

-3.を次のように改める。

-3. 荷重

構造モデルに付加する荷重は、次に規定する内圧と外圧の組合せとする。ただし、他の荷重の組合せの方が明らかに厳しい場合にはその組合せは省略することができる。

(1) 内圧

(a) 水圧試験状態

水圧試験状態における水頭は各位置から甲板の船側における~~上面~~タンク頂部の 2.45m 上方の点までの垂直距離 (m) とする。例を表 C29.6.2-1.から表 C29.6.2-3.に示す。

(b) 航海状態

(本文は省略)

((2)は省略)

C29.12 倉口及び放水設備に対する特別規定

C29.12.2 貨物油タンクに設ける倉口

-3.を次のように改める。

-3. 貨物油タンクに設けるタンククリーニングハッチカバーの締付け装置は、上甲板上 ~~2.45m~~ の水頭に対して、ハッチカバーが十分な水密性を維持し得るものとする必要がある。なお、以下に示すいずれかの構造又はこれと同等の構造とする場合には規則 C 編 20.2.2-2.及び同 20.2.5-4.(2)の規定により、同 20.2.2-1.に規定される倉口縁材の高さを減じることができる。

((1)及び(2)は省略)

C30 鉱石運搬船

C30.1 一般

C30.1.2 直接強度計算

直接強度計算により，鉱石運搬船の寸法を定める場合は，次の(1)から(4)による。

((1)は省略)

(2) 荷重，境界及び支持条件並びにモデル化

計算に用いる荷重，構造モデル，境界及び支持条件については次のとおりとする。

(a) 荷重

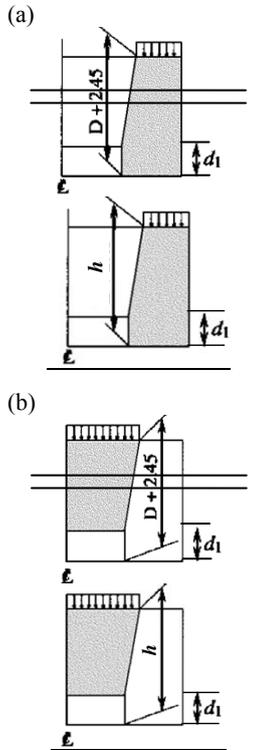
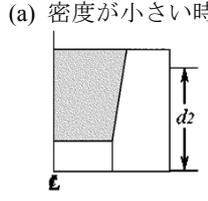
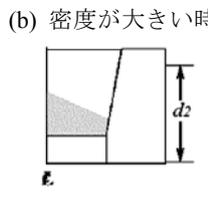
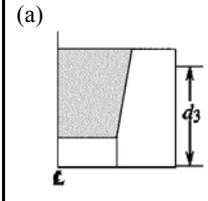
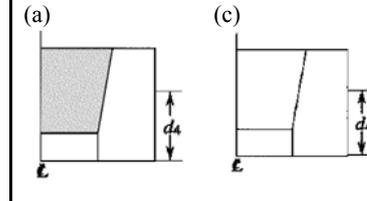
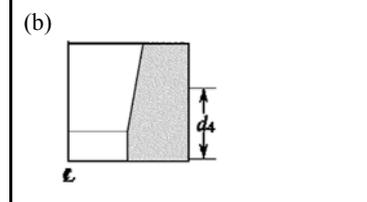
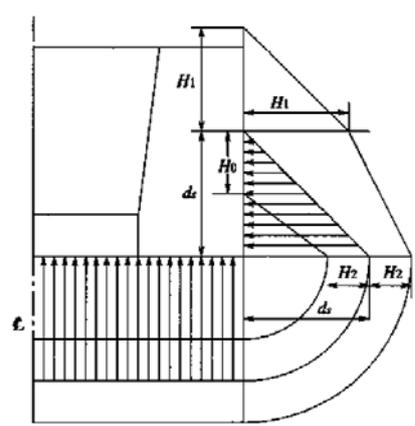
表 C30.1.2-1.の荷重の欄による。ただし，水圧試験状態(b)，貨物油載貨状態及びバラスト状態(a)の荷重条件は鉱石兼油タンカーにのみ適用する。

((b)及び(c)は省略)

((3)及び(4)は省略)

表 C30.1.2-1.を次のように改める。

表 C30.1.2-1.

		水圧試験状態	鉱石載貨状態	貨物油載貨状態	バラスト状態
荷重	静水中	 <p>(a) $d_1 = 1/3 \times$ 計画最大満載喫水 $h =$ 竜骨の上面からタンク頂部までの垂直距離 +2.4(m)</p>	<p>(a) 密度が小さい時</p>  <p>(b) 密度が大きい時</p>  <p>$d_2 =$ 計画最大満載喫水</p>	<p>(a)</p>  <p>$d_3 =$ 計画最大満載喫水</p>	<p>(a) (c)</p>  <p>(b)</p>  <p>$d_4 =$ バラスト喫水</p>
	波浪中	X	 <p>d_s ; 静水中喫水 H_w ; $0.61L^{1/2} \dots L \leq 150m$ $1.41L^{1/3} \dots 150m < L \leq 250m$ $2.23L^{1/4} \dots 250m < L \leq 300m$ $9.28m \dots 300m < L$</p> <p>$H_0 = H_w / 2$ $H_1 = h_1 \times H_0$ $H_2 = h_2 \times H_0$ $h_1 = 1.8$ $h_2 = 0.5$</p> <p>上図のとおり d_s に H_0, H_1, H_2 を加減する。</p>		
強度計算範囲	全トランス	(a)から(c)の荷重の該当範囲			
<p>(備考) 1. 鉱石載貨状態, 貨物油載貨状態及びバラスト状態における積荷の密度, 積付高さ, 安息角は <i>Loading manual</i> を参照して決定する。ただし, 安息角について指定のない場合は 35° とする。 2. バラスト喫水は <i>A.P.</i> 及び <i>F.P.</i> における喫水の平均値とする。 3. <i>Loading manual</i> 等で特に指定のない限り, 貨物の密度を $3.0(t/m^3)$ と見掛け密度 (W/V) で計算する。 (W は当該貨物倉における最大積載質量 (t), V は倉口部を除く当該貨物倉の容積 (m^3))</p>					

C31 ばら積貨物船

C31.1 一般

C31.1.5 直接強度計算

直接強度計算により、ばら積貨物船の貨物倉構造の各部材の寸法を定める場合、その計算方法について、必要な資料を提出し、あらかじめ本会の承認を得たうえで、次の(1)から(4)までによること。

(1)は省略

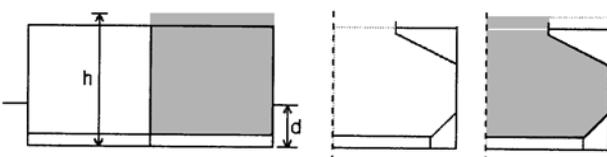
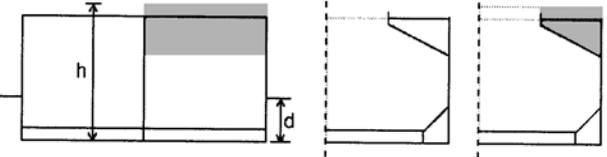
(2) 荷重

(a) 考慮すべき載貨状態は、原則として次の状態とし、特殊な載貨状態及び特に密度の高い貨物の積載が想定される場合においては、これも含むものとする。一例を表 C31.1.5-1.に示す。

(i)から vi)は省略

表 C31.1.5-1.を次のように改める。

表 C31.1.5-1. 載貨状態 (例)

	載貨状態	参考図	評価対象部材
1	水圧試験状態(a) Centre Tank Test	 <p>水圧試験の水頭 h は各位置から甲板の船側における上面とタンク頂部の $2.45m$ 上方の点までの垂直距離(m)とする。 $h = D - \text{竜骨の上面からタンク頂部までの垂直距離} + 2.45(m)$ $d = 1/3 \times \text{計画最大満載喫水}$</p>	横隔壁板、スツール斜板、二重底、トップサイドタンク、ビルジホップタンク、倉内肋骨
2	水圧試験状態(b) Side Tank Test	 <p>水圧試験の水頭 h は各位置から甲板の船側における上面とタンク頂部の $2.45m$ 上方の点までの垂直距離(m)とする。 $h = D - \text{竜骨の上面からタンク頂部までの垂直距離} + 2.45(m)$ $d = 1/3 \times \text{計画最大満載喫水}$</p>	トップサイドタンク
(省略)			

附属書 C1.1.22-1. 直接強度計算に関する検査要領

1.2 荷重

1.2.3 静水圧

-2.(1)を次のように改める。

-1. 静水中喫水における静水圧

船底及び船側にかかる静水圧として、各載貨状態での静水中喫水(d_s)における水頭(m)を考慮する。

-2. 水圧試験状態における荷重

(1) 水圧試験を行うタンクの水頭の上端は、タンク~~の頂板上~~頂部の 2.45m 上方の位置とする。

(2) 水圧試験状態における船側及び船底水圧は、計画満載喫水の 1/3 の喫水に相当する静水圧とする。

附 則 (改正その1)

1. この達は、2016年1月1日（以下、「施行日」という。）から施行する。
2. 施行日前に建造契約*が行われた船舶にあっては、この達による規定にかかわらず、なお従前の例によることができる。
* 建造契約とは、最新の IACS Procedural Requirement (PR) No.29 に定義されたものをいう。

IACS PR No.29 (Rev.0, July 2009)

英文 (正)

1. The date of “contract for construction” of a vessel is the date on which the contract to build the vessel is signed between the prospective owner and the shipbuilder. This date and the construction numbers (i.e. hull numbers) of all the vessels included in the contract are to be declared to the classification society by the party applying for the assignment of class to a newbuilding.
2. The date of “contract for construction” of a series of vessels, including specified optional vessels for which the option is ultimately exercised, is the date on which the contract to build the series is signed between the prospective owner and the shipbuilder. For the purpose of this Procedural Requirement, vessels built under a single contract for construction are considered a “series of vessels” if they are built to the same approved plans for classification purposes. However, vessels within a series may have design alterations from the original design provided:
 - (1) such alterations do not affect matters related to classification, or
 - (2) If the alterations are subject to classification requirements, these alterations are to comply with the classification requirements in effect on the date on which the alterations are contracted between the prospective owner and the shipbuilder or, in the absence of the alteration contract, comply with the classification requirements in effect on the date on which the alterations are submitted to the Society for approval.The optional vessels will be considered part of the same series of vessels if the option is exercised not later than 1 year after the contract to build the series was signed.
3. If a contract for construction is later amended to include additional vessels or additional options, the date of “contract for construction” for such vessels is the date on which the amendment to the contract, is signed between the prospective owner and the shipbuilder. The amendment to the contract is to be considered as a “new contract” to which 1. and 2. above apply.
4. If a contract for construction is amended to change the ship type, the date of “contract for construction” of this modified vessel, or vessels, is the date on which revised contract or new contract is signed between the Owner, or Owners, and the shipbuilder.

Note:

This Procedural Requirement applies from 1 July 2009.

仮訳

1. 船舶の「建造契約日」とは、予定所有者と造船所との間で建造契約のサインが交わされた日をいう。なお、この契約日及び契約を交わす全ての船舶の建造番号（船番等）は、新造船に対し船級登録を申込む者によって、船級協会に申告されなければならない。
2. オプションの行使権が契約書に明示されている場合、オプション行使によるシリーズ船の「建造契約日」は、予定所有者と造船所との間で建造契約のサインが交わされた日をいう。本 Procedural Requirement の適用において、1つの建造契約書に基づく船舶が同一の承認図面によって建造される場合は、シリーズ船と見なす。しかしながら、以下の条件を満たす設計変更があつては、シリーズ船は原設計から設計変更を行うことができる。
 - (1) 設計変更が船級要件に影響を及ぼさない、又は、
 - (2) 設計変更が船級規則の対象となる場合、当該変更が予定所有者と造船所との間で契約された日に有効な船級規則に適合している、又は設計変更の契約が無い場合は承認のために図面が船級協会に提出された日に有効な船級規則に適合している。オプションによる建造予定船は、シリーズ船の建造契約が結ばれてから1年以内にオプションが行使される場合、シリーズ船として扱われる。
3. 建造契約の後に追加の建造船又は追加のオプションを含める契約の変更がなされた場合、建造契約日は予定所有者と造船所との間で契約変更がなされた日をいう。この契約変更は前 1. 及び 2. に対して、「新しい契約」として扱わなければならない。
4. 船舶の種類の変更による建造契約の変更があつた場合、改造された船舶の「建造契約日」は、予定所有者と造船所との間で契約変更又は新規契約のサインが交わされた日をいう。

備考:

1. 本 PR は、2009年7月1日から適用する。

C15 縦強度

C15.1 一般

C15.1.1 を次のように改める。

C15.1.1 適用の特例

規則 C 編 15.1.1-2.(1)から(5)に掲げる船舶の取扱いは、次による。

- (1) (省略)
- (2) 倉口が特に大きい船舶
船の中央部において倉口の幅が $0.7B$ を超える船舶にあつては、**C32.23** を準用して
曲げ振り強度を検討すること。
(3)から(5)は省略

C15.2 曲げ強度

C15.2.2 を次のように改める。

C15.2.2 船の中央部以外の箇所における曲げ強度

規則 C 編 15.2.2-2.にいう「前-1.の規定によることが適当でないと本会が認める場合」とは、次の(1)から(3)のいずれかに該当する箇所の曲げ強度を検討する場合であり、規則 C 編 15.2.1-1.に規定する係数 C_2 は規則の **図 C15.2** 中の点線の値を用いて同規則を準用する。

- (1) すべての船舶について、次の(a)から(d)に示す箇所
 - (a) 機関室前端
 - (b) 最前端貨物倉の前端
 - (c) 船体横断面が著しく変化する箇所
 - (d) 防撓方式が変化する箇所
- (2) ~~コンテナ運搬船のように~~上甲板に大開口を有する船舶については、前(1)に加え、次の(a)から(c)に示す箇所。ただし、(b)及び(c)は船楼、甲板室又は機関室の後方に貨物倉を有する船舶の場合に限る。
 - (a) 船首尾両端からそれぞれ $0.25L$ の位置付近
 - (b) 最後方貨物倉の後端
 - (c) 甲板室又は機関室のいずれかの後端
- (3) 次の(a)及び(b)に示す船舶については、前(1)及び(2)に加え、本会が特に必要と認める箇所
 - (a) C_b が 0.7 未満の船舶
 - (b) 船の中央部以外の箇所における静水中縦曲げモーメントが船の中央部のものと同程度あるいはそれ以上となる船舶

C32 を次のように改める。

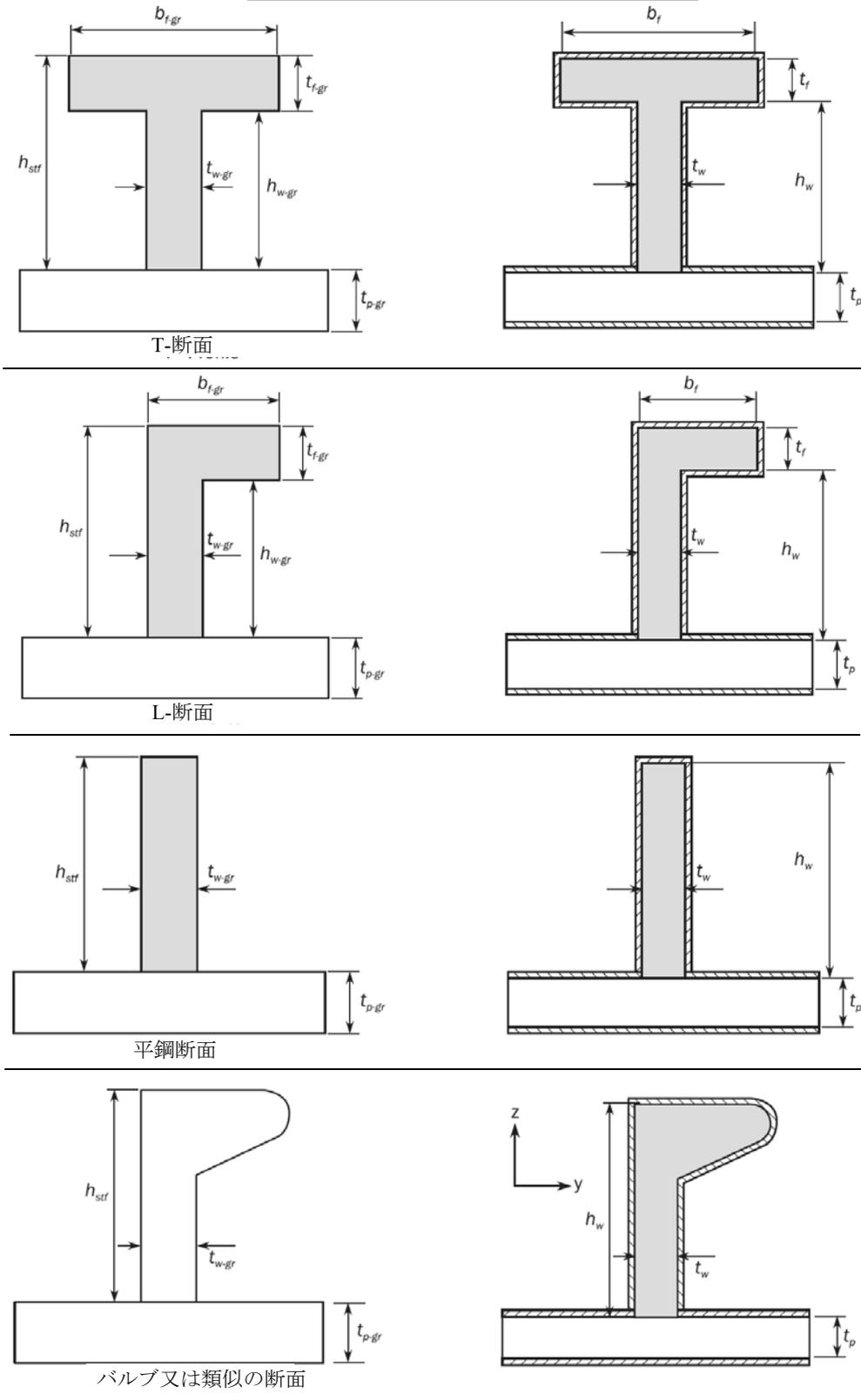
C32 コンテナ運搬船

C32.1 一般

C32.1.3 ネット寸法手法

防撓材のネット断面係数，ネット断面二次モーメント及びネットせん断面積は，図 C32.1.3-1. に示すように付き板，ウェブ，フランジのネット寸法を用いて計算すること。なお，ネット横断面積，付き板に平行な軸周りの断面二次モーメント及びその中性軸の位置は，横断面の表面から腐食量 $0.5a_c$ を差し引いて計算すること。

図 C32.1.3-1. 防撓材のネット断面



C32.2 縦曲げ強度

~~C32.2.1 縦曲げ強度~~

~~1. L の中央における船体横断面の断面二次モーメントは、次の値以上とする。~~

$$\del 3.2W_{\min}L_1 \text{ (cm}^4\text{)}$$

~~W_{\min} ：規則 C 編 15.2.1 に規定する W_{\min}~~

~~L_1 ：規則 C 編 15.2.1.1 に規定する L_1~~

~~2. 船の中央部の縦通部材の寸法は、船体横断面の断面形状の変化にともなうて変わるものを除き、前 1. 及び規則 C 編 15.2.1.2. により定まる L の中央の縦通部材の寸法より小としてはならない。~~

~~C32.2.2 曲げ振り強度~~

~~1. 船体の曲げ振り強度に関しては、次の(1)又は(2)によること。~~

~~(1) 船体の曲げ振り強度に関しては、船首隔壁から機関室前端の水密隔壁までのいずれの断面位置においても、次の関係を満足すること。~~

$$\del \sqrt{(0.75\sigma_v)^2 + \sigma_H^2 + \sigma_w^2 + \sigma_s} \leq \frac{1000}{5.72K}$$

~~σ_s, σ_v 及び σ_H ：それぞれ次の算式による値。~~

~~ただし、貨物の偏積によって船体に振りモーメントが発生する場合には、この振りモーメントによる船体のそり応力の値を σ_s に加える。~~

$$\del \sigma_s = 1000 \frac{|M_s|}{Z_V}$$

$$\del \sigma_v = 1000 \frac{M_W}{Z_V}$$

$$\del \sigma_H = 1000 \frac{M_H}{Z_H}$$

~~M_s ：規則 C 編 15.2.1.1. による。~~

~~M_W ：規則 C 編 15.2.1.1. に規定する $M_W(+)$ 又は $M_W(-)$ のうち、 M_s と同符号のものである。~~

~~M_H ：次の算式による値~~

$$\del 0.45C_1L^2d(C_b + 0.05)C_H \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

~~C_H ： L の後端から考慮している断面位置までの距離 $x(m)$ と L との比に応じて、表 C32.2.8-1. により定まる係数で、 x/L が表の中間にある場合には補間により定める。~~

~~表 C32.2.2-1. 係数 C_H~~

x/L	0.0	0.4	0.7	1.0
C_H	0.0	1.0	1.0	0.0

~~Z_V ：考慮している断面位置の強甲板における、船体縦曲げに対する断面係数 (cm³)~~

~~Z_H : 考慮している断面位置の倉目側部における、船体水平曲げに対する断面係数(cm^2)~~

~~C_T : 規則 C 編 15.2.1.1.の規定による。~~

~~σ_ω : 船体の曲げ振りによるそり応力(N/mm^2)で、通常の構造の場合は船体中央断面における寸法を用いて次式により算定する。なお、これ以外の値については本会の適当と認めるところによる。~~

~~$$0.000318 \frac{\omega_C M_T}{I_\omega + 0.04I_C^2 J}$$~~

~~M_T : 次式による値~~

~~$$7.0K_2 C_w^2 B^3 \left(1.75 + 1.5 \frac{e}{D_s} \right) (kN \cdot m)$$~~

~~C_w : 水線面積係数~~

~~e : 次の算式による値~~

~~$$e = \frac{d_0}{2}$$~~

~~d_0 : 次の算式による値~~

~~$$\frac{(3D_1 - d_1)d_1 t_d + (D_1 - d_1)^2 t_s}{3d_1 t_d + 2(D_1 - d_1)t_s + B_1 t_b / 3}$$~~

~~d_0 : 二重底の高さ(m)~~

~~d_1 : 二重船側の幅(m)~~

~~D_1 : 次の算式による値~~

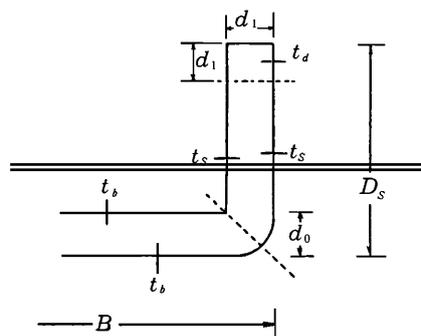
~~$$D_s \frac{d_0}{2}$$~~

~~B_1 : 次の算式による値~~

~~$$B - d_1$$~~

~~t_d, t_s 及び t_b : 甲板部、船側部及び船底部の平均板厚さ(m)で、それぞれの範囲は図 C32.2.8-1.による。またこの範囲内に含まれる縦強度部材を含めて平均板厚を求めて差し支えない。~~

図 C32.2.2-1.



~~K_2 : 次の算式による値~~

$$\text{ ~~} L_1 \text{ が } 300 \text{ m 未満の船舶では : } \sqrt{1 - \left(\frac{300 - L_1}{300}\right)^2}~~$$

~~} L_1 が 300 m 以上の船舶では : 1.0~~

~~w : 次の算式による値~~

$$\text{ ~~} \frac{B_1(D_1 - e_1) + \frac{d_1}{2}(D_1 + e_1)}{2}~~$$

~~t_c : 船首隔壁から機関室前端の水密隔壁までの距離(m)~~

~~I_o : 次の算式による値~~

$$\text{ ~~} B_1^2 \{ d_1 t_d I_d + (D_1 - d_1) t_s I_s + B_1 t_b I_b \}~~$$

~~I_d : 次の算式による値~~

$$\text{ ~~} (D_1 - e_1) \left\{ \frac{3}{2}(D_1 - e_1) - d_1 \right\} + \frac{d_1^2}{3}~~$$

~~I_s : 次の算式による値~~

$$\text{ ~~} (D_1 - d_1) \left\{ \frac{1}{3}(D_1 - d_1) - e_1 \right\} + e_1^2~~$$

~~I_b : 次の算式による値~~

$$\text{ ~~} \frac{e_1^2}{6}~~$$

~~J : 次の算式による値。ただし、平均板厚 t'_d, t'_s, t'_b は強力甲板、船側外板、船底外板、内底板及び縦通隔壁のみを用いて計算することとし、他の縦強度部材は含めない。~~

$$\text{ ~~} \frac{2\{Bd_0 + 2(D_s - d_0)d_1\}^2}{\frac{3d_1}{t'_d} + \frac{2(D_1 - d_1)}{t'_s} + \frac{B_1}{t'_b}}~~$$

~~K : 使用する鋼材の材料強度に応じた係数で、軟鋼材の場合は、1.00、高張力鋼材の場合は、規則 C 編 1.1.7.2.(1)に規定する値とする。~~

~~(2) 「コンテナ運搬船の構造強度に関するガイドライン」の「船体曲げ振り強度評価ガイドライン」に示す手法により、曲げ振り強度の評価を行うこと。~~

~~2. 前1.にかかわらず、本会が必要と認める場合、前1.(2)に示す手法による曲げ振り強度の評価を要求することがある。~~

~~C32.2.3 疲労強度~~

~~1. 船底縦通肋骨、船側縦通肋骨の疲労強度評価については、C 編 1.1.23.4.及び 5.の規定による。~~

~~2. ハッチサイドコーミングを含む上甲板部の縦通部材、船首部船倉のひな壇隅部の疲労強度については、以下によることとする。~~

~~(1) ハッチサイドコーミング頂板倉口隅部~~

~~(a) ハッチサイドコーミング頂板倉口隅部は、十分な疲労強度を有すること。使用~~

~~される鋼材の種類、船の大きさ、構造様式等に応じて、「コンテナ運搬船の構造強度に関するガイドライン」の「疲労強度評価ガイドライン」による疲労強度評価を要求することがある。この場合、倉口隅部のホットスポット応力（ホットスポット平均応力及びホットスポット応力変動範囲）は、詳細メッシュ要素を用いた詳細有限要素解析により求めること。要素サイズ等、解析の詳細は本会の適当と認めるところによる。~~

~~(b) ハッチサイドコーミングの突合せ継手及び艀装品等取り付けのためのすみ肉溶接継手は、倉口隅部から十分に離し、応力集中の影響を受けないようにすること。本会は、これらの溶接継手配置に関する図面、資料の提出を要求することがある。~~

~~(2) ハッチサイドコーミングの溶接継手部~~

~~ハッチサイドコーミングの突合せ溶接継手部及びすみ肉溶接継手部（艀装品等の取り付け溶接を含む）は、十分な疲労強度を有すること。使用される鋼材の種類、船の大きさ、構造様式等に応じて、関連する疲労強度検討書の提出を要求することがある。~~

~~(3) ハッチサイドコーミング以外の箇所の疲労強度~~

~~(a) ハッチサイドコーミング以外の上甲板部の縦通部材（強力甲板、舷側厚板、縦通隔壁最上層一条）の疲労強度については、ハルガードー応力（縦曲げ応力、曲げ振り応力）の上昇を考慮して、十分な注意を払うこと。~~

~~(b) 使用される鋼材の種類、船の大きさ、構造様式等に応じて、強力甲板の倉口隅部について、「コンテナ運搬船の構造強度に関するガイドライン」の「疲労強度評価ガイドライン」による疲労強度評価を要求することがある。この場合、倉口隅部のホットスポット応力の算定のために、詳細有限要素解析を要求することがある。~~

~~(c) 船首部船倉のひな壇隅部の疲労強度について、注意を払うこと。本会が必要と認める場合、当該部の疲労強度に関する検討を要求することがある。~~

~~3. 本会が必要と認める場合、(1)から(3)以外の構造部材について、疲労強度評価を要求することがある。~~

C32.2.2 強度評価の適用範囲

~~-1. 規則 C 編 32.2.2 にいう「船体横断面が著しく変化する位置」とは、例えば、防撓方式が変化する位置、機関室前後端または2アイランド型の場合の前方船橋ブロックの前後の位置等をいう。~~

~~-2. 規則 C 編 32.2.2-2.にいう「本会が適当と認める手法による強度評価」とは、規則 C 編 32.2.6 及び規則 C 編 32.2.7 の規定を準用した降伏強度評価及び座屈強度評価をいう。~~

C32.2.3 荷重

~~-1. 規則 C 編 32.2.3 の適用上、静水中垂直曲げモーメントの計算は次による。~~

~~(1) 静水中垂直曲げモーメントの計算を行う場合、その計算法は、必要な資料を提出のうえ、あらかじめ本会の承認を得る必要がある。~~

~~(2) 製造中の登録検査を受けようとする船舶については、実際の積付け計画における静水中の縦強度計算書及びその計算に必要な諸データを本会に提出する必要がある。~~

~~(3) 登録検査では、船舶の完成時に各種の使用状態における静水中の縦強度計算を行い、これらの計算に必要な諸データ及び計算結果を、規則 C 編 34.1.1 に定めるロ~~

ーディングマニュアルに記載する必要がある。

-2. 規則 C 編 32.2.3-3.の規定の適用にあたっては、附属書 C15.2.1「バラストの漲水／排水に係る縦強度の検討に関する指針」を参照すること。

-3. 規則 C 編 32.2.3-5.にいう「本会が別途定める積付状態」とは、附属書 C34.1.2「ローディングマニュアルに関する検査要領」の 1.3.1-1.(1)に規定する積付状態をいう。

-4. 規則 C 編 32.2.3-9.(2)にいう「本会が別途定める計算方法」とは、附属書 C32.2.3-4.「せん断流の計算に関する検査要領」に規定する方法をいう。

C32.2.7 座屈強度評価

-1. 規則 C 編 32.2.7-1.に規定する座屈使用係数は、附属書 C32.2.7「座屈強度評価に関する検査要領」により計算すること。

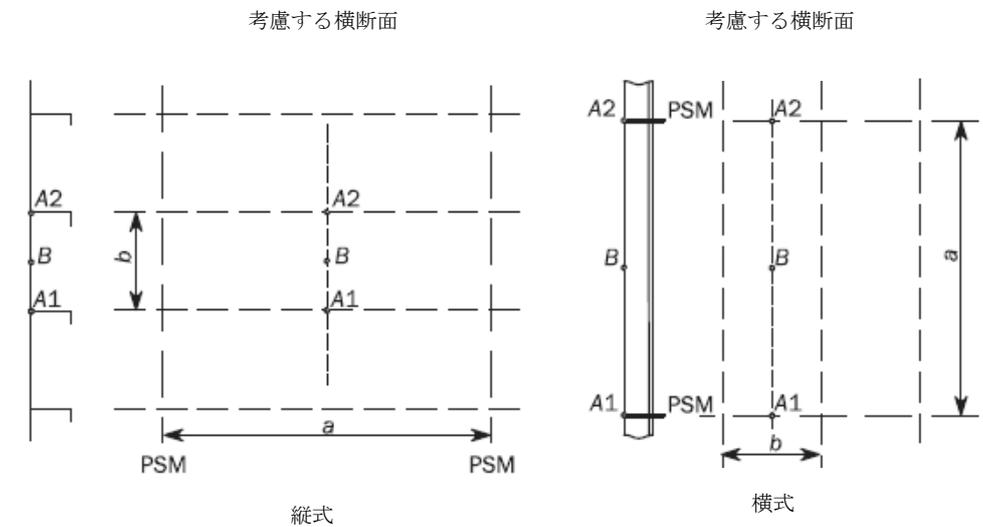
-2. 基本板パネルに対するハルガード曲げ応力及びせん断応力は、表 C32.2.7-1.に示す荷重計算点で求めること。ここで、基本板パネルとは、防撓材や主要支持部材間で、端部が周辺構造や隣接する板により直線保持されている板部材をいう。

-3. 縦通防撓材に対するハルガード曲げ応力及びせん断応力は、考慮する防撓材の全長 l の中点であって、防撓材と付き板の交点で求めること。

表 C32.2.7-1. 板の座屈評価に対する荷重計算点 (LCP) 座標

LCP 座標	ハルガード曲げ応力		ハルガードせん断応力
	水平板部材以外	水平板部材	
X 座標	基本板パネルの長さの中間		
Y 座標	X 座標及び Z 座標に倣う	基本板パネルの舷外側及び舷内側 (点 A1 及び点 A2 で、図 C32.2.7-1.参照)	基本板パネルの中間 (点 B で図 C32.2.7-1.参照)
Z 座標	基本板パネルの上端及び下端 (点 A1 及び点 A2 で図 C32.2.7-1. 参照)	X 座標及び Y 座標に倣う	

図 C32.2.7-1. 板の座屈評価のための荷重計算点 (PSM は主要支持部材)



C32.2.8 縦曲げ最終強度評価

-1. 規則 C 編 32.2.8-1.にいう縦曲げ最終強度 M_U (kN-m) を算定するための「本会が別途定める計算方法」とは、附属書 C32.2.8-1.「縦曲げ最終強度評価に関する検査要領」に規定する方法をいう。

-2. 規則 C 編 32.2.8-2.にいう面外荷重影響を考慮した縦曲げ最終強度 $M_{U,DB}$ (kN-m) を算定するための「本会が別途定める計算方法」とは、附属書 C32.2.8-2.「面外荷重影響を考慮した縦曲げ最終強度評価に関する検査要領」に規定する方法をいう。

C32.2.9 断面係数及び断面二次モーメントの算定

-1. 船体横断面の断面係数及び断面二次モーメントの有効数字は5桁とする。

-2. 縦強度算入部材の算入の割合は次による。

(1) 断切板は、そのすみ肉溶接が規則 C 編表 C1.5 の備考 1 による場合は 100%算入する。

(2) 二重張りはその断面積を新造の場合 100%、改造の場合 90%を算入する。

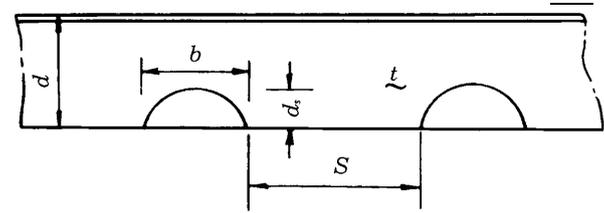
(3) 船側縦通桁は肋骨の切欠き部分を控除する。

(4) スカラップは、次の条件を満足する場合には、断面積から控除する必要はない(図 C32.2.9-1.参照)。

(a) d_s が $\frac{d}{4}$ 以下で、かつ、 $7t$ 以下の場合 (ただし、最大 75mm)

(b) S が $5b$ 以上で、かつ $10d_s$ 以上の場合

図 C32.2.9-1. スカラップの S , b , d_s



(5) 2列又は3列の倉口を有する船舶の倉口間縦通甲板の断面積の算入率は表 C32.2.9-1. のとおりとする。 ξ 又は l/L が表の中間にあるときは補間法により定めるものとする。

$$\xi = \frac{ab^3}{I_C} \left\{ \frac{1+2\mu}{6(2+\mu)} \times 10^4 + 2.6 \frac{I_C}{a_c b^2} \right\}$$

I_C : 倉口端縁材を含めた倉口間甲板の断面二次モーメント (cm^4)

a_c : 倉口間甲板のせん断有効断面積 (cm^2)

a : 倉口間縦通甲板の断面積 (片舷) (cm^2)

l : 倉口の長さ (m)

μ 及び b : 図 C32.2.9-2.による (m)

表 C32.2.9-1. 断面積の算入率

ξ	倉口数 2			倉口数 3 以上		
	l/L					
	0.10	0.20	0.30	0.10	0.15	0.20
0	0.96	0.85	0.70	0.96	0.91	0.85
0.5	0.65	0.57	0.48	0.89	0.80	0.69
1.0	0.48	0.43	0.36	0.83	0.73	0.62
2.0	0.32	0.29	0.25	0.73	0.63	0.53
3.0	0.24	0.22	0.18	0.65	0.57	0.47

(6) 甲板に設ける小開口の配置等の関係から縦通部材を連続させられない場合でも、隣接する部材で断面積を補えば連続していない縦通部材を算入して差し支えない。

-3. 強力甲板における開口の取扱いは次による。

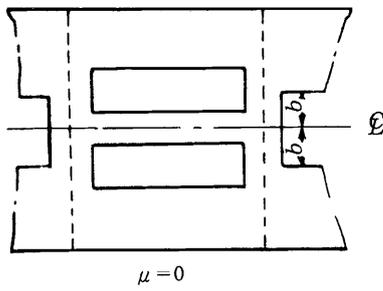
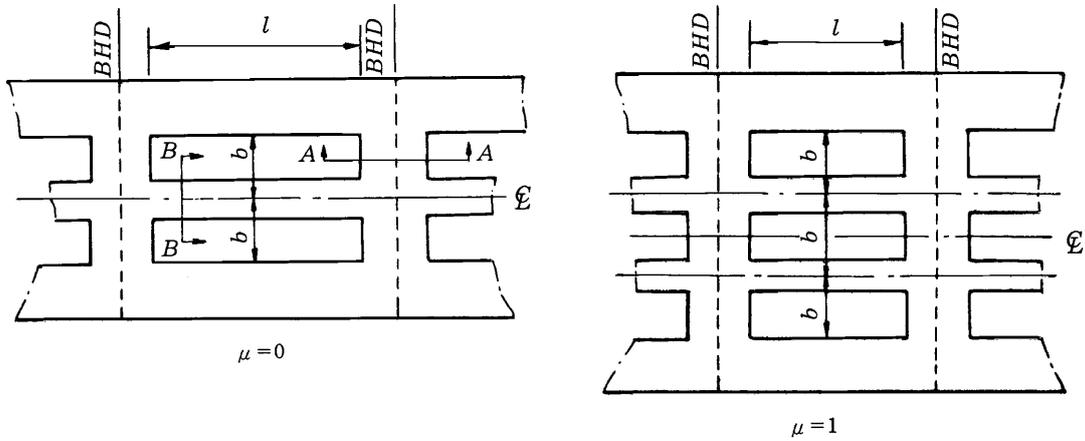
(1) 開口の形状及び大きさが、表 C32.2.9-2.を満足しない場合は、リング、厚板等による補強を行う（図 C32.2.9-3.及び図 C32.2.9-4.参照）。

(2) 開口の心距等 e が図 C32.2.9-5.を満足しない場合は前(1)による補強を行う。

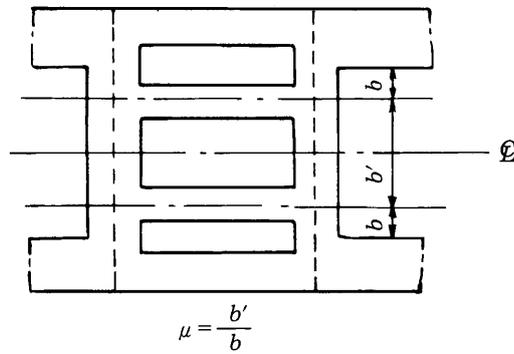
表 C32.2.9-2.

楕円孔	円孔
$\frac{a}{b} \leq \frac{1}{2}, a \leq 0.03(B - b_H)$	$a \leq 0.015(B - b_H)$
(最大 450mm)	(最大 200mm)

図 C32.2.9-2. l, b 及び μ

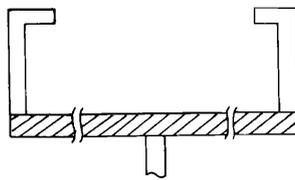


2列倉口



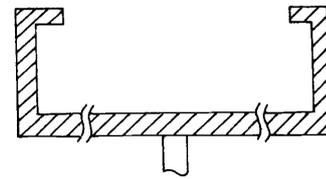
3列倉口

A-A断面



$Bhd.PL$

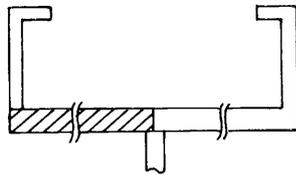
a_c (斜線部分の断面積)



$Bhd.PL$

I_c (斜線部の断面2次モーメント)

B-B断面



a (斜線部分の断面積)

図 C32.2.9-3. 楕円孔と円孔が同一断面上にある場合

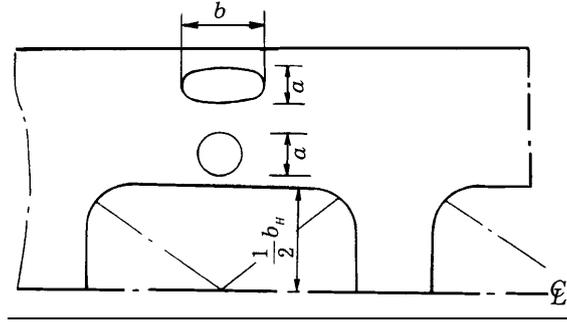


図 C32.2.9-4. リングによる補強

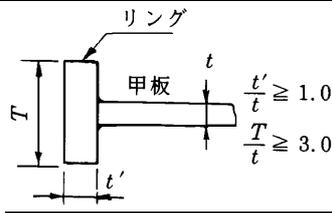
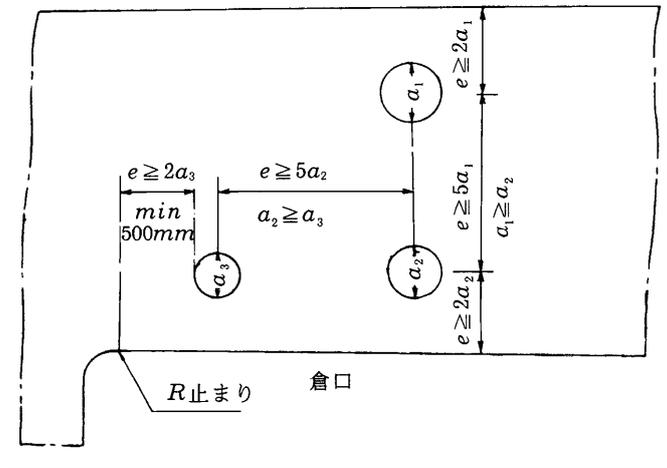


図 C32.2.9-5. 開口の心距離等



C32.3 曲げ振り強度

C32.3.1 一般

-1. 船体の曲げ振り強度に関しては、次の(1)又は(2)による。

(1) 船体の曲げ振り強度に関しては、船首隔壁から機関室前端の水密隔壁までのいずれの断面位置においても、次の関係を満足すること。

$$\sqrt{(0.75\sigma_V)^2 + \sigma_H^2 + \sigma_\omega^2} + \sigma_S \leq \frac{1000}{5.72K}$$

σ_S 、 σ_V 及び σ_H : それぞれ次の算式による値。

ただし、貨物の偏積によって船体に振りモーメントが発生する場合には、この振りモーメントによる船体のそり応力の値を σ_S に加える。

$$\sigma_S = 1000 \frac{|M_S|}{Z_V}$$

$$\sigma_V = 1000 \frac{M_W}{Z_V}$$

$$\sigma_H = 1000 \frac{M_H}{Z_H}$$

M_S : 規則 C 編 15.2.1-1.による。

M_W : 規則 C 編 15.2.1-1.に規定する $M_W (+)$ 又は $M_W (-)$ のうち、 M_S と同符号のもの。

M_H : 次の算式による値

$$0.45 C_1 L^2 d (C_b + 0.05) C_H \quad (kN-m)$$

C_H : L の後端から考慮している断面位置までの距離 x (m) と L との比に応じ、表 C32.3.1-1.により定まる係数で、 x/L が表の中間にある場合には補間により定める。

表 C32.3.1-1. 係数 C_H

x/L	0.0	0.4	0.7	1.0
C_H	0.0	1.0	1.0	0.0

Z_V : 考慮している断面位置の強力甲板における船体垂直曲げに対する断面係数
(cm^3)

Z_H : 考慮している断面位置の倉口側部における船体水平曲げに対する断面係数
(cm^3)

C_1 : 規則 C 編 15.2.1-1.の規定による。

σ_ω : 船体の曲げ振りによるそり応力 (N/mm^2) で、通常の構造の場合は船体中央断面における寸法を用いて次式により算定する。なお、これ以外の値については本会の適当と認めるところによる。

$$0.000318 \frac{\omega_C M_T}{I_\omega + 0.04 I_C^2 J}$$

M_T : 次式による値

$$7.0 K_2 C_w^2 B^3 \left(1.75 + 1.5 \frac{e}{D_S} \right) \quad (kN-m)$$

C_w : 水線面積係数

e : 次の算式による値

$$e_1 = \frac{d_0}{2}$$

e_1 : 次の算式による値

$$\frac{(3D_1 - d_1)d_1 t_d + (D_1 - d_1)^2 t_s}{3d_1 t_d + 2(D_1 - d_1)t_s + B_1 t_b / 3}$$

d_0 : 二重底の高さ (m)

d_1 : 二重船側の幅 (m)

D_1 : 次の算式による値

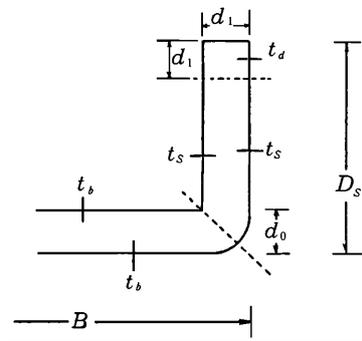
$$D_s - \frac{d_0}{2}$$

B_1 : 次の算式による値

$$B - d_1$$

t_d, t_s 及び t_b : 甲板部, 船側部及び船底部の平均板厚さ (m) で, それぞれの範囲は図 C32.3.1-1. による。またこの範囲内に含まれる縦強度部材を含めて平均板厚を求めて差し支えない。

図 C32.3.1-1.



K_2 : 次の算式による値

$$L_1 \text{ が } 300\text{m 未満の船舶では : } \sqrt{1 - \left(\frac{300 - L_1}{300}\right)^2}$$

L_1 が 300m 以上の船舶では : 1.0

ω : 次の算式による値

$$\frac{B_1}{2}(D_1 - e_1) + \frac{d_1}{2}(D_1 + e_1)$$

l_C : 船首隔壁から機関室前端の水密隔壁までの距離 (m)

I_ω : 次の算式による値

$$B_1^2 \{d_1 t_d I_d + (D_1 - d_1) t_s I_s + B_1 t_b I_b\}$$

I_d : 次の算式による値

$$(D_1 - e_1) \left\{ \frac{3}{2} (D_1 - e_1) - d_1 \right\} + \frac{d_1^2}{3}$$

I_s : 次の算式による値

$$(D_1 - d_1) \left\{ \frac{1}{3} (D_1 - d_1) - e_1 \right\} + e_1^2$$

I_b : 次の算式による値

$$\frac{e_1^2}{6}$$

J : 次の算式による値。ただし、平均板厚 t'_d 、 t'_s 、 t'_b は強力甲板、船側外板、船底外板、内底板及び縦通隔壁のみを用いて計算することとし、他の縦強度部材は含めない。

$$\frac{2\{Bd_0 + 2(D_s - d_0)d_1\}^2}{\frac{3d_1}{t'_d} + \frac{2(D_1 - d_1)}{t'_s} + \frac{B_1}{t'_b}}$$

K : 使用する鋼材の材料強度に応じた係数で、軟鋼材の場合は、1.00、高張力鋼材の場合は、規則 C 編 1.1.7-2.(1)に規定する値とする。

(2) 「コンテナ運搬船の構造強度に関するガイドライン」の「船体曲げ振り強度評価ガイドライン」に示す手法により、曲げ振り強度の評価を行うこと。

-2. 前-1.にかかわらず、本会が必要と認める場合、前-1.(2)に示す手法による曲げ振り強度の評価を要求することがある。

C32.3 二重底構造

C32.3.1 一般

~~内底板の厚さについて、規則 C 編 6.5.1 を適用する場合、同-3.の規定を適用して増厚する必要はない。~~

C32.45 二重船側構造

C32.45.1 一般

-1. ビルジ部において二重船側構造の幅が変化する構造の場合には、次により規則 C 編 32.45.2-1.及び-2.の t_1 を算定する。

(1) β_T 及び β_L は次の算式による。

$$\beta_T = 1 + \frac{0.42 \left(\frac{B}{D_s} \right)^2 - 0.5}{0.59 \frac{D_s - \frac{d_0}{2} - l_{0R}}{B - d_1 - 2l_{1R}} \left(\frac{d_0}{d_1} \right)^2 + 1.0}$$

$$\beta_L = 1 + \frac{0.18 \left(\frac{B}{D_s} \right)^2 - 0.5}{0.59 \frac{D_s - \frac{d_0}{2} - l_{0R}}{B - d_1 - 2l_{1R}} \left(\frac{d_0}{d_1} \right)^2 + 1.0}$$

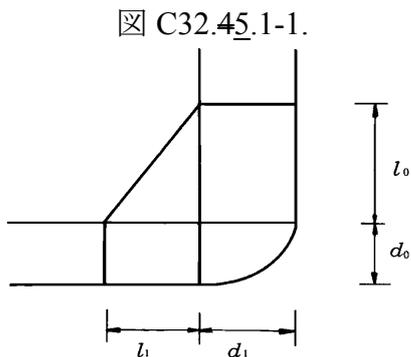
l_{0R} 及び l_{1R} : それぞれ次による。

(a) ビルジホッパ型の場合 (図 C32.45.1-1.参照)

(b) ひな段型の場合 (図 C32.45.1-2.参照)

(2) h の下端を, 内底板上面上 l_{0R} の位置とする。

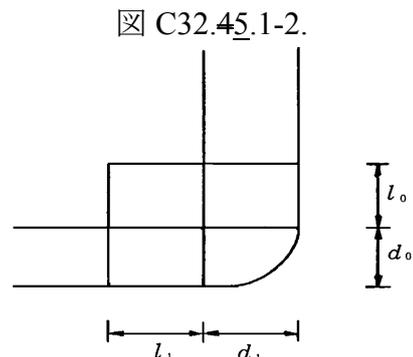
(3) $(d+0.038 L')$ の代わりに, $(d-l_{0R}+0.038 L')$ を用いる。



(備考)

$$l_{0R} = \frac{l_0 l_1}{d_1 + l_1}$$

$$l_{1R} = \frac{l_0 l_1}{d_0 + l_0}$$



(備考)

$$l_{0R} = l_0$$

$$l_{1R} = l_1$$

-2. 船倉の中間に, 十分大きい断面積を有するクロスタイと非水密の部分隔壁などの構造を設ける場合には, 規則 C 編 32.45 の各規定の l_H を, 水密隔壁からこの構造の位置までの距離として差し支えない。

-3. 計画最大満載喫水線から強力甲板までの高さが特に大きい場合には, 次により規則 C 編 32.45.2-1. 及び -2. の t_1 を算定する。

(1) β_T 及び β_L は次の算式による。

$$\beta_T = 1 + \frac{0.42 \frac{B^2}{D_s D'} - 0.5}{0.59 \frac{D_s - \frac{d_0}{2} \left(\frac{d_0}{d_1} \right)^2}{B - d_1} + 1.0}$$

$$\beta_L = 1 + \frac{0.18 \frac{B^2}{D_s D'} - 0.5}{0.59 \frac{D_s - \frac{d_0}{2} \left(\frac{d_0}{d_1} \right)^2}{B - d_1} + 1.0}$$

D' : 船の深さ (m)。ただし、**C1.1.3-2.(1)**に定める仮想乾舷甲板がある場合には、竜骨の上面からこの仮想の甲板までの高さ (m) を用いて差し支えない。

(2) $(d+0.038L')$ の代わりに、次の算式を用いる。

$$(d + 0.038L') \times \sqrt{\frac{D'}{D_s}}$$

D' :(1)による。

-4. 二重船側構造の防撓材を支持する形鋼支柱又は船側の桁に付く平鋼の幅が特に広い場合、**C1.1.13-1.**の規定を準用して差し支えない。

C32.8 フレアが特に大きい箇所の強度

C32.8.1 外板

船首から $0.2L$ の箇所より前方及び満載喫水線より上方のフレアが特に大きい箇所の外板の厚さについては、**C16.4.1**の規定によること。

C32.8.2 肋骨

船首から $0.2L$ の箇所より前方及び満載喫水線より上方のフレアが特に大きい箇所の肋骨のウェブの厚さ t_w 及び塑性断面係数 Z_p については **C7.1.8-1.**の規定によること。

C32.8.3 桁板部材

-1. 船首から $0.2L$ の箇所より前方及び満載喫水線より上方のフレアが特に大きい箇所の桁板のウェブの厚さ t_{wG} 及び断面係数 Z_G については **C8.1.4-1.**の規定によること。

-2. 前-1.の桁部材のウェブの座屈強度は、**C8.1.4-2.**及び-3.の規定による方法により検討すること。

C32.9 主要構造部材の直接強度計算

C32.9.1 適用

規則 C 編 32.9.1-3.にいう「直接強度計算により代替することができる算式」とは、表 C32.9.1-1.に示す算式をいう。

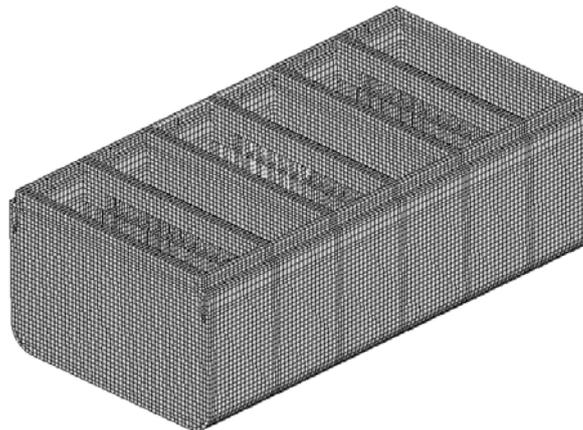
表 C32.9.1-1. 直接強度計算により代替することができる算式

規則 C 編	算式
32.4.4-1.	内底板の厚さの算式のうち, 第一式
32.4.5-1.	船底外板の厚さの算式のうち, 第一式
32.5.2-1.	船側横桁の厚さの算式
32.5.2-2.	船側縦桁の厚さの算式
32.7.1(1)	甲板口側線内甲板の厚さの算式
32.7.1(2)	甲板口側線内甲板の断面係数の算式
32.7.1(3)	甲板口側線内甲板の断面二次モーメントの算式
6.2.3(1)及び(2)	中心線桁板及び側桁板の厚さの算式
6.3.2(1)及び(2)	実体肋板の厚さの算式

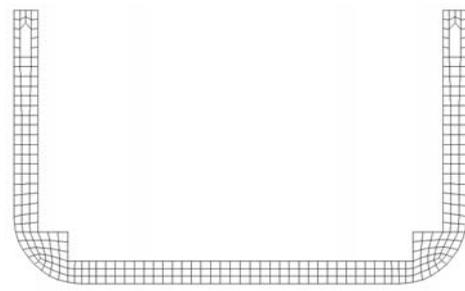
C32.9.7 構造解析のためのモデル化

-1. モデルの例を図 C32.9.7-1.に示す。

図 C32.9.7-1. 構造モデルの例



(a) 全体図



(b) 横断面図

-2. 防撓材をモデル化する際は, 中性軸の偏心を考慮する。

-3. 規則 C 編 32.9.7-5.で要求されるメッシュ分割について, シェル要素のメッシュは, 可能な限り実際の構造の防撓システムに合わせて, 防撓材間の実際の板パネルを示すため, 原則として, 次の(1)から(4)による。

(1) 各縦通防撓材間で 1 要素とする。縦通方向にあつては, 主要支持部材間に 3 要素以上とし, 要素長さは縦通防撓材心距の 2 倍以下とする。

- (2) 横隔壁の各防撓材間で1要素とする。
- (3) 横桁及び立て桁並びに水平横桁の防撓材間で1要素とする。
- (4) 横桁及び立て桁並びに横隔壁付水平横桁は、その深さ方向に3要素以上に分割する。

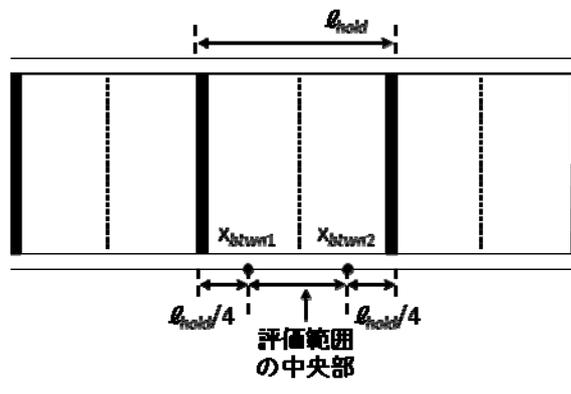
-4. 規則C編32.9.7-6.にいう「本会が必要と認める場合」とは、例えば、ビルジトランスに開口を設ける場合及び部分隔壁の垂直桁部材に開口を設ける場合等をいう。開口のモデル化は、詳細なメッシュによって開口形状を再現する、または、開口の位置及び大きさに相当する要素を取り除くこと等により行う。

-5. 規則C編32.9.7-7.の規定によりコンテナ貨物による荷重を設定する場合、コンテナ貨物の変動荷重はコンテナ貨物の重力及び慣性力の向きに応じて与えることとし、次の(1)及び(2)による。

- (1) 倉内のコンテナ貨物においては、上下方向の荷重はコンテナスタックの底部に接する構造部材に、前後左右方向の荷重はセルガイドが取り付けられる構造部材に与える。なお、倉内のコンテナ貨物に対する前後左右方向の変動荷重は、その半分の値を考慮する。
- (2) 甲板上のコンテナ貨物においては、上下方向の荷重はハッチコーミング最上部に、前後左右方向の荷重はハッチカバーの固定装置の位置に与える。なお、ハッチカバー毎にハッチカバーに積載されるすべてのコンテナ貨物を1つの積載物として考慮して差し支えない。

-6. 規則C編32.9.7-7.(3)にいう「評価範囲の中央部」とは、図C32.9.7-2.に示す中央部 $\ell_{hold}/2$ の範囲をいう。

図 C32.9.7-2. 解析対象範囲



-7. 規則C編32.9.7-7.(3)の規定によりモデル前後端部に調整モーメントを負荷する場合、その手順は次の(1)から(3)による。

- (1) 評価対象の貨物倉内の位置 x_{btwn1} における局部荷重による垂直曲げモーメント及び水平曲げモーメントの値と位置 x_{btwn2} における局部荷重による垂直曲げモーメント及び水平曲げモーメントの値のうち大きい方の値 M_{V_Max} 及び M_{H_Max} 、並びに、小さい方の値 M_{V_Min} 及び M_{H_Min} は、次の算式による。なお、局部荷重として船殻重量、コンテナ貨物の重量及び変動荷重並びに静水圧及び波浪変動圧を考慮する。

$$\underline{M_{V_Max} = \max(M_{V_FEM}(x_{btwn1}), M_{V_FEM}(x_{btwn2}))} \quad \underline{(kN\cdot m)}$$

$$\underline{M_{V_Min} = \min(M_{V_FEM}(x_{btwn1}), M_{V_FEM}(x_{btwn2}))} \quad \underline{(kN\cdot m)}$$

$$\underline{M_{H_Max} = \max(M_{H_FEM}(x_{btwn1}), M_{H_FEM}(x_{btwn2}))} \quad \underline{(kN\cdot m)}$$

$$\underline{M_{H_Min} = \min(M_{H_FEM}(x_{btwn1}), M_{H_FEM}(x_{btwn2}))} \quad \underline{(kN\cdot m)}$$

$M_{V_FEM}(x)$: 任意の位置 x における局部荷重による垂直曲げモーメントで、次の算式による。

$$\underline{M_{V_FEM}(x) = -(x - x_{aft})R_{V_aft} - (x - x_i) \sum_i^{x_i < x} f_{vi}} \quad \underline{(kN\cdot m)}$$

$M_{H_FEM}(x)$: 任意の位置 x における局部荷重による水平曲げモーメントで、次の算式による。

$$\underline{M_{H_FEM}(x) = (x - x_{aft})R_{H_aft} + (x - x_i) \sum_i^{x_i < x} f_{hi}} \quad \underline{(kN\cdot m)}$$

x_{aft} 、 x_{fore} : 構造モデル前後端支持点の X 座標 (m)

R_{V_fore} 、 R_{V_aft} 、 R_{H_fore} 、 R_{H_aft} : 構造モデル前後端支持点における垂直反力及び水平反力で、次の算式による。

$$\underline{R_{V_fore} = -\frac{\sum_i (x_i - x_{aft}) f_{vi}}{x_{fore} - x_{aft}}} \quad \underline{(kN)}$$

$$\underline{R_{V_aft} = -\sum_i f_{vi} - R_{V_fore}} \quad \underline{(kN)}$$

$$\underline{R_{H_fore} = -\frac{\sum_i (x_i - x_{aft}) f_{hi}}{x_{fore} - x_{aft}}} \quad \underline{(kN)}$$

$$\underline{R_{H_aft} = -\sum_i f_{hi} - R_{H_fore}} \quad \underline{(kN)}$$

x_i : 船長方向位置 i の X 座標 (m)

f_{vi} 、 f_{hi} : x_i における局部荷重の垂直方向成分及び水平方向成分 (kN)

x_{btwn1} : 評価対象の貨物倉の後端から、評価範囲の長さ ℓ_{hold} の 1/4 前方の位置の X 座標 (図 C32.9.7-2, 参照)

x_{btwn2} : 評価対象の貨物倉の後端から、評価範囲の長さ ℓ_{hold} の 3/4 前方の位置の X 座標 (図 C32.9.7-2, 参照)

(2) 垂直曲げ調整モーメント及び水平曲げ調整モーメント M_{V_end} 及び M_{H_end} は、次の算式による。

$$\underline{M_{V_targ} \geq 0 \text{ の場合 : } M_{V_end} = M_{V_HG} - M_{V_Min}} \quad \underline{(kN\cdot m)}$$

$$\underline{M_{V_targ} < 0 \text{ の場合 : } M_{V_end} = M_{V_HG} - M_{V_Max}} \quad \underline{(kN\cdot m)}$$

$$M_{H-targ} \geq 0 \text{ の場合: } \underline{M_{H-end} = M_{H-HG} - M_{H_Min} \text{ (kN-m)}}$$

$$M_{H-targ} < 0 \text{ の場合: } \underline{M_{H-end} = M_{H-HG} - M_{H_Max} \text{ (kN-m)}}$$

M_{V-HG} , M_{H-HG} : 規則 C 編 32.9.6-5.に規定する垂直曲げモーメント及び水平曲げモーメント

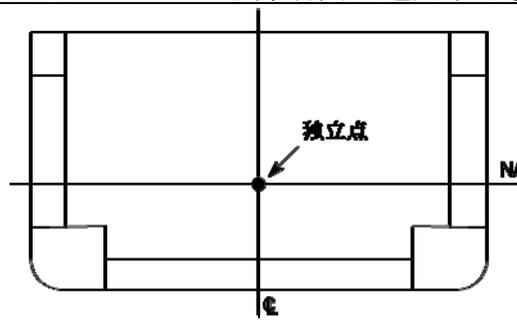
(3) 前(2)により求めた調整モーメント M_{V-end} 及び M_{H-end} をモデルの前後端支持点に負荷する。

-8. 規則 C 編 32.9.7-8.の適用上, 貨物倉構造モデルの端部に適用する境界条件は表 C32.9.7-1.による。剛体結合は, モデル端部の断面に位置する縦通部材上の節点と中心線上の中性軸における独立点を結ぶものとする。

表 C32.9.7-1. モデル端部における境界条件

位置	並進			回転		
	δ_x	δ_y	δ_z	θ_x	θ_y	θ_z
後端						
独立点	-	固定	固定	固定	$-M_{V-end}$	$-M_{H-end}$
断面	剛体結合	剛体結合	剛体結合	剛体結合	剛体結合	剛体結合
前端						
独立点	固定	固定	固定	固定	$+M_{V-end}$	$+M_{H-end}$
断面	剛体結合	剛体結合	剛体結合	剛体結合	剛体結合	剛体結合
(備考)						
M_{V-end} , M_{H-end} : 垂直曲げ及び水平曲げ調整モーメントで, C32.9.7-7.(2)による。						
注1: [-]は拘束なし(自由)を意味する。						
注2: 図 C32.9.7-3.参照						

図 C32.9.7-3. モデル端部断面に適用する境界条件



C32.9.8 降伏強度評価

-1. 規則 C 編 32.9.8 の規定を適用するにあたり, C32.9.7-3.に示す標準的な要素サイズよりも詳細な要素サイズを用いる場合には, 標準的な要素サイズに相当する平均応力を用いて差し支えない。

-2. 規則 C 編 32.9.8-2.にいう「本会が適当と認める方法」とは、開口による断面積の減少を考慮し、せん断応力及び桁スパン方向の応力を次の(1)及び(2)に従って修正した上で等価応力を算出することをいう。

(1) ウェブの両側が板部材の場合は、せん断応力を次の通り修正し、等価応力 σ_{eq_cor} を算出する。

$$\sigma_{eq_cor} = \sqrt{\sigma_{elem_s}^2 - \sigma_{elem_s} \cdot \sigma_{elem_d} + \sigma_{elem_d}^2 + 3\tau_{cor}^2}$$

τ_{cor} : 修正後の要素のせん断応力 (N/mm^2) で、次による。

$$\tau_{cor} = \frac{ht_{mod-n50}}{A_{shr-n50}} \tau_{elem}$$

τ_{elem} : 修正していない要素のせん断応力 (N/mm^2)

$t_{mod-n50}$: 開口部におけるモデルの桁板の板厚 (mm)

h : 開口部の桁板の高さ (mm)

$A_{shr-n50}$: 開口による面積減少を考慮した桁板の有効ネット断面積 (mm^2) で、算出の際に用いるウェブの有効深さ h_{eff} (mm)

は、次の算式による値のうち最も小さい値とする。

$$h_{eff} = h_w$$

$$h_{eff} = h_{w3} + h_{w4}$$

$$h_{eff} = h_{w1} + h_{w2} + h_{w4}$$

h_w : 主要支持部材のウェブの深さ

h_{w1} 、 h_{w2} 、 h_{w3} 、 h_{w4} : 図 C32.9.8-1. に示す寸法

σ_{elem_s} : 修正していない要素の桁スパン方向の応力 (N/mm^2)

σ_{elem_d} : 修正していない要素の桁の深さ方向の応力 (N/mm^2)

(2) ウェブの両側が前(1)以外の場合は、せん断応力及び桁スパン方向の応力を次の通り修正し、等価応力 σ_{eq_cor} を算出する。

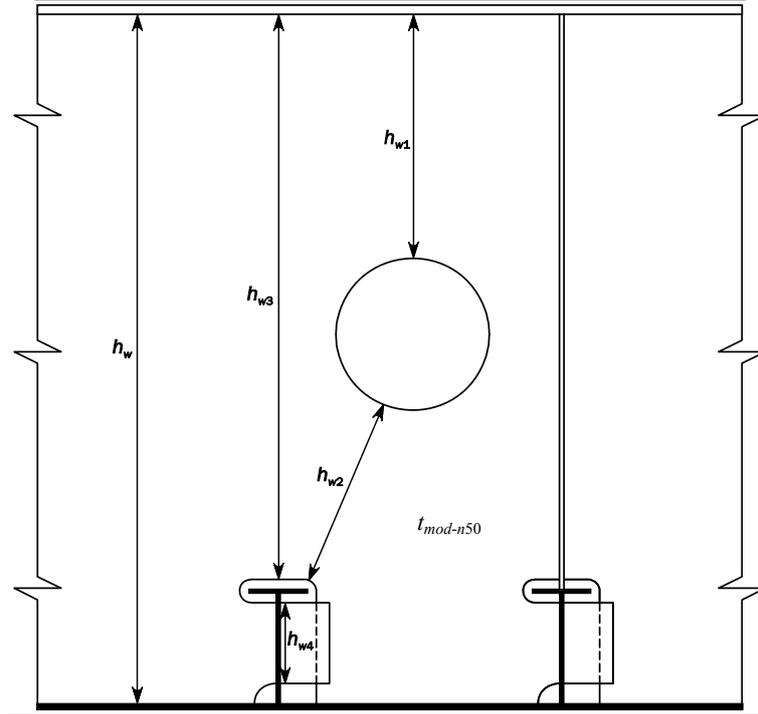
$$\sigma_{eq_cor} = \sqrt{\sigma_{cor_s}^2 - \sigma_{cor_s} \cdot \sigma_{elem_d} + \sigma_{elem_d}^2 + 3\tau_{cor}^2}$$

σ_{cor_s} : 修正後の要素の桁スパン方向の応力 (N/mm^2) で次による。

$$\sigma_{cor_s} = \frac{ht_{mod-n50}}{A_{shr-n50}} \sigma_{elem_s}$$

τ_{cor} 、 σ_{elem_s} 、 σ_{elem_d} 、 $t_{mod-n50}$ 、 h 、 $A_{shr-n50}$: 前(1)による

図 C32.9.8-1. ウェブに開口を有する有効断面積



C32.9.9 座屈強度評価

-1. 座屈強度評価において考慮する板厚は、評価する板内で板厚が一定でない場合、次に示す面積加重平均を用いて修正する。

$$t_{avr} = \frac{\sum_1^n A_i t_i}{\sum_1^n A_i}$$

A_i : i 番目の板要素の面積

t_i : i 番目の板要素のネット板厚

n : 座屈パネルを構成する有限要素の数

-2. パネルの降伏応力 σ_{yp} は、パネル内の要素の降伏応力の最小値とする。

-3. パネルの座屈強度評価は、パネルの連続性や境界条件を考慮して、次の2つの手法の内のいずれかによって実施する。

手法 A: パネルの全ての境界辺が周辺構造や隣接する板により直線保持されていることを想定して限界座屈応力を求める。

手法 B: パネルの境界辺が面内剛性の低い構造に接している、または、周辺構造や隣接板がないため、直線保持されないと想定して限界座屈応力を求める。

-4. 座屈強度評価にあたっては、各適用部材に対して、次の規定による。

(1) 船体構造の全ての板部材及び桁部材について、防撓材、桁材等で分けた平板パネルとしてモデル化し、パネル毎に、次の(a)及び(b)を考慮の上、附属書 C32.2.7「座屈強度評価に関する検査要領」に示す方法により座屈使用係数を求める。

- (a) 板部材にあって規則正しく防撓材が配置され、矩形の形状を有するパネル及び規則的に桁の深さ方向に防撓されている桁材のパネルについては、手法 A
 - (b) 不規則な間隔又は不規則な角度の防撓材で防撓された板部材及び桁部のパネル並びに桁のスパン方向に防撓されている桁材のパネルについては、手法 B。
また、非矩形の形状を有するパネルについては、適切な方法により等価な矩形パネルに置き換えて座屈使用係数を求める。
 - (2) 次の(a)及び(b)に示す防撓材に対して、附属書 C32.2.7「座屈強度評価に関する検査要領」に示す方法により座屈使用係数を求める。
 - (a) 縦強度部材に付く防撓材
 - (b) (a)以外の防撓材で、大きな圧縮荷重が作用する防撓材
 - (3) 特別な理由により前(1)及び(2)により難しい部材の場合は、非線形解析等により座屈使用係数を求めることができる。
- 5. 規則 C 編 32.9.9-3.にいう「本会が適当と認める方法」とは、附属書 C32.2.7「座屈強度評価に関する検査要領」の 2.5 に示す方法をいう。

C32.10 疲労強度

C32.10.1 疲労強度評価

- 1. 船底縦通肋骨、船側縦通肋骨の疲労強度評価については、規則 C 編 1.1.23-4.及び-5.の規定による。
- 2. ハッチサイドコーミングを含む上甲板部の縦通部材、船首部船倉のひな壇隅部の疲労強度については、以下による。
 - (1) ハッチサイドコーミング頂板倉口隅部については、次の(a)及び(b)による。
 - (a) ハッチサイドコーミング頂板倉口隅部は、十分な疲労強度を有すること。使用される鋼材の種類、船の大きさ、構造様式等に応じて、「コンテナ運搬船の構造強度に関するガイドライン」の「疲労強度評価ガイドライン」による疲労強度評価を要求することがある。この場合、倉口隅部のホットスポット応力（ホットスポット平均応力及びホットスポット応力変動範囲）は、詳細メッシュ要素を用いた詳細有限要素解析により求める。要素サイズ等、解析の詳細は本会の適当と認めるところによる。
 - (b) ハッチサイドコーミングの突合せ継手及び艀装品等取り付けのためのすみ肉溶接継手は、倉口隅部から十分に離し、応力集中の影響を受けないようにすること。本会は、これらの溶接継手配置に関する図面、資料の提出を要求することがある。
 - (2) ハッチサイドコーミングの突合せ溶接継手部及びすみ肉溶接継手部（艀装品等の取り付け溶接を含む）は、十分な疲労強度を有する。なお、使用される鋼材の種類、船の大きさ、構造様式等に応じて、関連する疲労強度検討書の提出を要求することがある。
 - (3) ハッチサイドコーミング以外の箇所の疲労強度は次の(a)から(c)による。
 - (a) ハッチサイドコーミング以外の上甲板部の縦通部材（強力甲板、舷側厚板、縦通隔壁最上層一条）の疲労強度については、ハルガーダ応力（縦曲げ応力、曲げ捩り応力）の上昇を考慮して、十分な注意を払う。
 - (b) 使用される鋼材の種類、船の大きさ、構造様式等に応じて、強力甲板の倉口隅

部について、「コンテナ運搬船の構造強度に関するガイドライン」の「疲労強度評価ガイドライン」による疲労強度評価を要求することがある。この場合、倉口隅部のホットスポット応力の算定のために、詳細有限要素解析を要求することがある。

(c) 船首部船倉のひな壇隅部の疲労強度について、注意を払うこと。本会が必要と認める場合、当該部の疲労強度に関する検討を要求することがある。

-3. 本会が必要と認める場合、前-1.及び-2.以外の構造部材について、疲労強度評価を要求することがある。

C32.4013 極厚鋼板を使用するコンテナ運搬船に対する特別規定

C32.4013.3 脆性破壊防止対策

-1. 規則 C 編 ~~32.4013.3~~ の表 ~~C32.727~~ 中、備考(1)にいう「脆性亀裂アレスト設計と同等の効果があると認められる他の対策」とは、検査要領 M 編附属書 ~~M1.4.2-1.(3)~~M1.4.2-3.(1)「船体構造の溶接部の内部欠陥に対する非破壊試験に関する検査要領」1.1.2-3.に規定する TOFD 法による超音波探傷試験により同附属書 1.2.4 に規定する非破壊検査を実施する場合をいう。

-2. 前-1.に規定する対策が講じられた場合、規則 C 編 ~~32.4013.4-4.(2)~~及び(3)に規定する対策と同等の効果のある対策とみなして差し支えない。

C32.4013.4 脆性亀裂アレスト設計

-1. 規則 C 編 ~~32.4013.4-4.(3)~~にいう、「適切な措置」とは、ハッチサイドコーミングの船体ブロック間のバット継手と強力甲板の船体ブロック間バット継手は、原則 300mm 以上離すことをいう。この場合、ハッチサイドコーミングと強力甲板の溶接継手については、強力甲板の船体ブロック間バット継手の両側適当な範囲を開先なしのすみ肉溶接とすること。

-2. 前-1.の代替として、本会にその妥当性を示す詳細な資料（施工方法及び当該継手の非破壊試験要領等を含む）を提出し、承認を得た場合、次の(1)又は(2)とすることができる。なお、この場合、本会は、これら措置の有効性を確認するための脆性破壊試験を要求することがある。

(1) ハッチサイドコーミングの船体ブロック間バット継手の下端部にアレストホールを設けること。この場合、アレストホール周辺の疲労強度について特に配慮すること。

(2) ハッチサイドコーミングの船体ブロック間バット継手の下端部に高アレスト鋼を用いたインサートプレートをはめ込むか、又は十分な脆性亀裂アレスト特性を持つ溶接金属により埋め込むこと。

-3. 規則 C 編 ~~32.4013.4-6.~~において、規則 K 編 3.12 に規定する以外の評価方法により評価した鋼材を高アレスト鋼とする場合にあつては、その評価方法の妥当性及び脆性亀裂アレスト特性が規則 K 編 3.12 に規定する A600 と同等であることを示す技術資料を本会に提出し承認を得ること。なお、本会が必要と認めた場合にあつては、追加の試験等を要求する場合がある。

C34 ローディングマニュアル及び積付計算機

C34.1 一般

C34.1.3 積付計算機

-2.を次のように改める。

-2. 計算精度に関しては、当該船舶のローディングマニュアルに記載されている積付状態の中から 4 つ以上選定し、次のいずれかの方法でその精度を確認しなければならない。なお、静水中縦曲げモーメント及び静水中剪断力の絶対値が特に小さい値となる箇所では適当に斟酌して差し支えない。

(1) (省略)

(2) 規則 C 編 15.2.1-1.及び 15.3.1-1.にいう「本会が適当と認めた計算方法」により計算された静水中縦曲げモーメント及び静水中剪断力の値、または、32 章が適用される船舶にあつては規則 C 編 32.2.3 により計算された静水中垂直曲げモーメント及び静水中垂直せん断力の値と、当該計算機により計算した値を比較し、誤差がそれぞれ±3%以内であること。この場合、それらの資料は本会に提出する。

附属書 C15.2.1 バラストの漲水／排水に係る縦強度の検討に関する指針

1.1 一般

1.1.1 を次のように改める。

1.1.1 適用

本附属書は、規則 C 編 15 章、または、規則 C 編 32 章が適用される船舶の場合規則 C 編 32.2に規定する縦強度要件の適用に関し、航海中にバラストタンクを部分積付状態とする船舶及び航海中にバラストの漲水／排水を計画する船舶について、検討すべき積付状態を決定するための一般的な指針を示すものである。

1.2 検討指針

1.2.1 を次のように改める。

1.2.1 縦強度を検討すべき積付状態

-1. 航海中にバラストタンクを部分積付状態とするよう計画する船舶にあつては、出航から入港の間の当該積付を継続するすべての状態において、当該バラストタンクを満載又は空としたいずれの場合でも規則 C 編 15 章、または、規則 C 編 32 章が適用される船舶の場合規則 C 編 32.2に規定する縦強度要件を満足するよう設計する必要がある。このため、当該積付の開始前及び完了後の状態について、当該バラストタンクを部分積付状態の場合に加え、満載とした場合及び空とした場合の両方の条件で規則 C 編 15 章、または、規則 C 編 32 章が適用される船舶の場合規則 C 編 32.2に規定する縦強度の検討を行うこと。

(C15.2.1(4)参照)

-2. (省略)

-3. 航海中にバラストの漲水／排水を計画する船舶については、バラスト漲水／排水操作の前後の各ステップ（個々のバラストタンクの漲水／排水の開始前の状態及び完了後の状態とする。）を、出入港状態の中間状態としてローディングマニュアルに記載する標準積付状態に加え、これらの状態についても規則 C 編 15 章、または、規則 C 編 32 章が適用される船舶の場合規則 C 編 32.2に規定する縦強度の検討を行うこと。（附属書 C34.1.2 の 1.3.1-2.及び C15.2.1(4)参照）

(-4.から-6.は省略)

附属書 C32.2.3-4.として次の附属書を加える。

附属書 C32.2.3-4. せん断流の計算に関する検査要領

1.1 一般

1.1.1 一般

本附属書は、船体梁に作用するせん断力によって船体横断面に生じるせん断流の計算の手順を規定する。船体横断面の各位置におけるせん断流 q_v は、考慮する船体横断面において深さ方向に $1N$ のせん断力が作用するものとして算出する。せん断流 q_v (N/mm) は、次による。

$$q_v = q_D + q_I$$

q_D : 静定せん断流で、**1.2**の規定による。

q_I : 閉じたセル周りの非静定せん断流で、**1.3**の規定による。

単位せん断流 q_v の算出においては、縦通防撓材を考慮すること。

1.2 静定せん断流

1.2.1 静定せん断流

船体横断面の各位置における静定せん断流 q_D (N/mm) は、次の算式による。

$$q_D(s) = -\frac{1}{10^6 I_y} \int_0^s (z - z_n) t ds$$

s : 船体横断面に沿った曲線座標系の座標値 (m)

I_y : 船体横断面の断面二次モーメント (m^4)

t : 板部材の板厚 (mm)

z_n : 水平中性軸の Z 座標 (m)

船体横断面が図 1 による線分で構成されており、各線分が一定値の板厚であることを想定すると、静定せん断流は次の算式による。

$$q_{Dk} = -\frac{t\ell}{2 \times 10^6 I_y} (z_k + z_i - 2z_n) + q_{Di}$$

q_{Dk}, q_{Di} : 節点 k 及び節点 i における静定せん断流 (N/mm)

ℓ : 線分の長さ (m)

y_k, y_i : 線分の端部 k 及び i の Y 座標 (m) で、図 1 による。

z_k, z_i : 線分の端部 k 及び i の Z 座標 (m) で、図 1 による。

船体横断面が閉じたセルを含む場合、静定せん断流を求めるため、図 2 に示すように閉じたセルを仮想スリットによって分割する。ただし、他の閉じたセルの境界にもなっている共有壁には、仮想スリットは入れない。分岐点における静定せん断流は、図 2 に示すように水流の性質もしくはそれと同様の考え方に基づき算出する。

図1 線分の定義

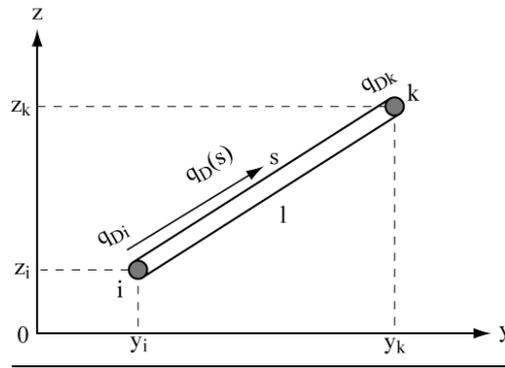
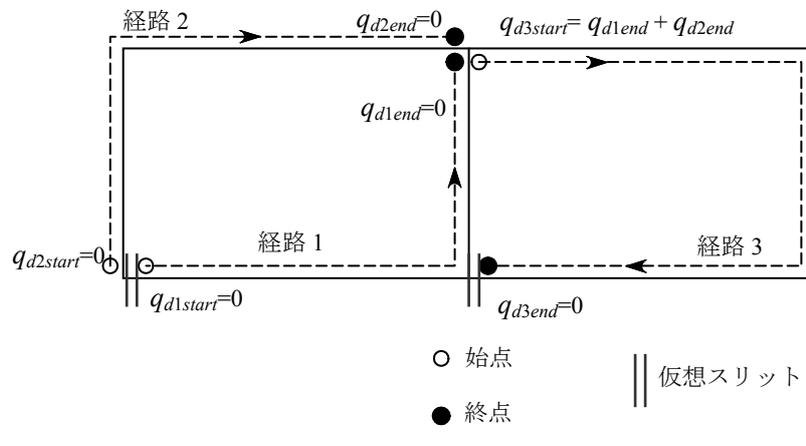


図2 仮想スリットの位置及び分岐点における静定せん断流の計算



1.3 不静定せん断流

1.3.1 不静定せん断流

閉じたセル周りに作用する不静定せん断流は、同一のセル内において一定値であると考えられる。不静定せん断流を求める連立方程式は次による。本算式において、あらゆる閉じたセルについて閉曲線積分を行う。

$$q_{lc} \oint_c \frac{1}{t} ds - \sum_{m=i}^{N_w} q_{lm} \oint_{c \& m} \frac{1}{t} ds = - \oint_c \frac{q_D}{t} ds$$

N_w : セル c とそのほかのすべてのセルによって共有される壁の数

$c \& m$: セル c 及び m によって共有される壁

q_{lc}, q_{lm} : 閉じたセル c 及び m 周りの各不静定せん断流 (N/mm)

図1に示すように線分の集合体であり、各線分は一定の板厚と仮定すると、上記の算式は以下の通り表される。

$$q_{lc} \sum_{j=1}^{N_c} \left(\frac{\ell}{t} \right)_j - \sum_{m=1}^{N_w} \left\{ q_{lm} \left[\sum_{j=1}^{N_m} \left(\frac{\ell}{t} \right)_j \right]_m \right\} = - \sum_{j=1}^{N_c} \phi_j$$

$$\phi_j = \left[- \frac{\ell^2}{6 \times 10^3 I_y} (z_k + 2z_i - 3z_n) + \frac{\ell}{t} q_{Di} \right]_j$$

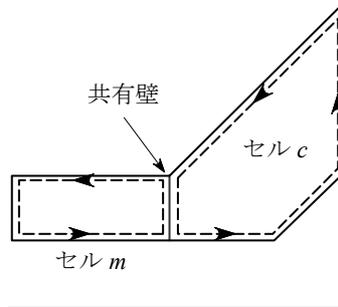
N_c : セル c の線分の数

N_m : セル c 及び m に共有される壁の線分の数

q_{Di} : **1.2** によって計算される静定せん断流 (N/mm)

1.2 に規定するせん断流の曲線座標系の方向の違いを考慮する。

図 3 閉じたセル及び共有壁



1.4 断面特性の計算

1.4.1 断面特性の計算

船体横断面を線分の集合体であると仮定すると、船体横断面の断面特性は次の算式による。

$$\ell = \sqrt{(y_k - y_i)^2 + (z_k - z_i)^2}$$

$$a = 10^{-3} \ell t \quad A = \sum a$$

$$s_y = \frac{a}{2} (z_k + z_i) \quad S_y = \sum s_y$$

$$i_{y0} = \frac{a}{3} (z_k^2 + z_k z_i + z_i^2) \quad I_{y0} = \sum i_{y0}$$

a, A : 線分及び船体横断面の面積 (m^2)

s_y, S_y : 基線に対する線分及び船体横断面の断面一次モーメント (m^3)

i_{y0}, I_{y0} : 基線に対する線分及び船体横断面の断面二次モーメント (m^4)

水平中性軸の高さ z_n (m) は次による。

$$z_n = \frac{S_y}{A}$$

水平中性軸に対する断面二次モーメント (m^4) は次による。

$$I_y = I_{y0} - z_n^2 A$$

附属書 C32.2.7 として次の附属書を加える。

附属書 C32.2.7 座屈強度評価に関する検査要領

1.1 一般

1.1.1 定義

- 1. 本附属書で使用する記号の定義は、特に定める場合を除き、表 1 による。
 -2. なお、本附属書 C32.2.7 においては、圧縮応力を正、引張応力を負の値とする。

表 1 使用する記号の定義

記号	単位	意味
x axis		矩形座屈パネルの長辺に平行な局部座標軸
y axis		矩形座屈パネルの長辺に垂直な局部座標軸
σ_x	N/mm^2	板部材に作用する x 軸方向の直応力
σ_y	N/mm^2	板部材に作用する y 軸方向の直応力
τ	N/mm^2	板部材に作用するせん断応力
σ_a	N/mm^2	防撓材の軸応力で、2.4.4-2.による。
σ_b	N/mm^2	防撓材の曲げ応力で、2.4.4-3.による。
σ_w	N/mm^2	振り変形による応力で、2.4.4-4.による。
$\sigma_{cx} - \sigma_{cy} - \tau_c$	N/mm^2	板に対する限界応力で 2.2.1-1.による。
σ_{YS}	N/mm^2	防撓材の材料の最小降伏応力で、2.4.4-1.による。
σ_{YP}	N/mm^2	板の材料の最小降伏応力
a	mm	パネルの長辺方向の長さ (表 4 参照)
b	mm	パネルの短辺方向の長さ (表 4 参照)
d	mm	表 5 に規定する湾曲パネルに対応する円柱軸に平行な辺の長さ
σ_E	N/mm^2	弾性座屈参照応力で、次による。 2.2.1-2.による板部材の限界状態を適用する場合： $\sigma_E = \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t_p}{b} \right)^2$ 2.2.2 による湾曲パネルを適用する場合： $\sigma_E = \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t_p}{d} \right)^2$
ν		ポアソン比で、0.3 とする。
t_p	mm	パネルの板厚
t_w	mm	防撓材のウェブの板厚
t_f	mm	フランジの板厚
b_f	mm	防撓材のフランジの幅
h_w	mm	防撓材のウェブの深さ
e_f	mm	付き板からフランジ中央までの距離で、次による。 平鋼の場合： $e_f = h_w$ バルブプレートの場合： $e_f = h_w - 0.5 t_f$ 山型鋼及び T 型鋼の場合： $e_f = h_w + 0.5 t_f$

表1 使用する記号の定義 (続き)

α		パネルのアスペクト比で、次による。 $\alpha = \frac{a}{b}$
β		係数で、次による。 $\beta = \frac{1-\psi}{\alpha}$
ψ		端部応力比で、次による。 $\psi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}$
γ		荷重に掛ける応力の乗数。作用荷重が損傷限界状態に達する場合、 $\gamma = \gamma_c$ となる。
γ_c		崩壊時の応力の乗数
σ_1	N/mm^2	最大応力
σ_2	N/mm^2	最小応力
R	mm	湾曲パネルの半径
E	N/mm^2	ヤング率で、 $2.06 \times 10^5 (N/mm^2)$ とする。
ℓ	mm	防撓材のスパンで、主要支持部材間の心距に等しい。
s	mm	防撓材の心距で、考慮する防撓パネル内での防撓材間の平均距離とする。

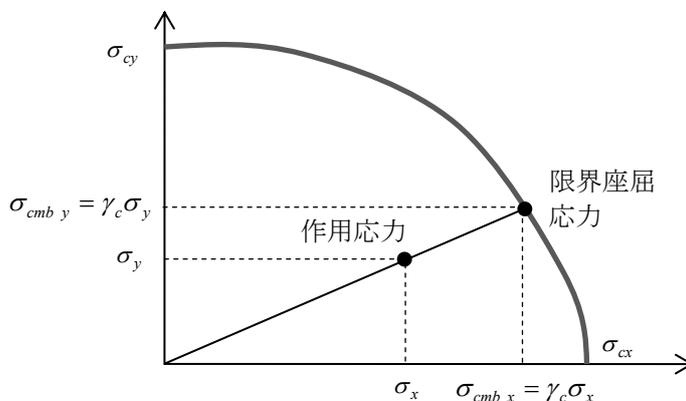
1.1.2 座屈使用係数の算出

座屈使用係数は、次の算式による。

$$\eta_{act} = \frac{1}{\gamma_c}$$

γ_c : 崩壊時の応力の乗数で、板の座屈強度評価の場合 **2.2.1** または **2.2.2** の規定、防撓材の座屈強度評価の場合 **2.3.1** 及び **2.4.4** の規定による。また、構造部材に作用する組合せ応力に対して、崩壊時の応力の乗数を求める概念を **図1** に示す。

図1 損傷限界状態曲線



(備考)

σ_x, σ_y : 座屈強度に対して適用される応力組み合わせ

$\sigma_{cmb_x}, \sigma_{cmb_y}$: 応力組み合わせ σ_x 及び σ_y に対する限界座屈応力

2.1 基本板パネル (EPP)

2.1.1 定義

基本板パネル (EPP) とは、防撓材や主要支持部材間の板部材をいう。基本板パネルの端部全ては、周辺構造や隣接する板により直線保持されているものとする。(ただし、面内変位は自由) (一般に甲板、船底外板、内底板、船側外板及び縦通隔壁における縦式構造の防撓パネル)

2.1.2 板厚が変化する場合の EPP

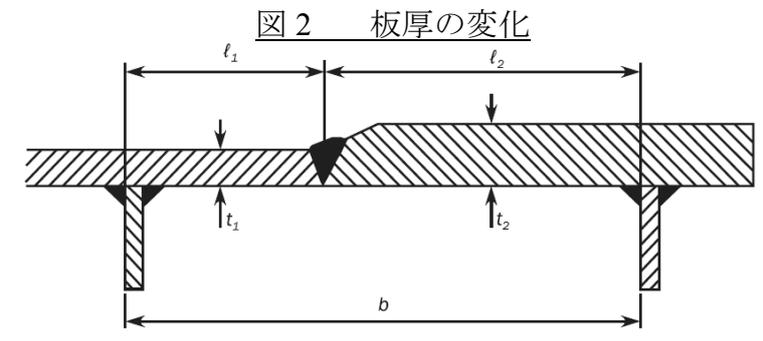
-1. 板厚が変化する場合の縦式に防撓された EPP

縦式構造において、パネル幅 b の範囲内で板厚が変化する場合、板厚を薄い方の板厚 t_1 とする等価パネルを用いて座屈評価を行うこと。等価パネルの幅 b_{eq} は、次の算式により求まる値とする。

$$b_{eq} = \ell_1 + \ell_2 \left(\frac{t_1}{t_2} \right)^{1.5}$$

ℓ_1 : 薄い方の板厚 t_1 の箇所のパネル幅 (mm) (図 2 参照)

ℓ_2 : 厚い方の板厚 t_2 の箇所のパネル幅 (mm) (図 2 参照)



-2. 板厚が変化する場合の横式で防撓された EPP

横式構造において、EPP 内で板厚が変化する場合、EPP の板厚を EPP 内に存在するある板厚で一定と仮定した上で、EPP 内に存在する板厚毎に板部材及び防撓材の座屈評価を行うこと。

2.2 板部材の座屈強度

2.2.1 板パネル

-1. 板部材の限界状態

板部材の限界状態は、次の相関式による。

$$\left(\frac{\gamma_{cl} \sigma_x}{\sigma_{cx}} \right)^{e_0} - B \left(\frac{\gamma_{cl} \sigma_x}{\sigma_{cx}} \right)^{e_0/2} \left(\frac{\gamma_{cl} \sigma_y}{\sigma_{cy}} \right)^{e_0/2} + \left(\frac{\gamma_{cl} \sigma_y}{\sigma_{cy}} \right)^{e_0} + \left(\frac{\gamma_{cl} |\tau|}{\tau_c} \right)^{e_0} = 1$$

$$\underline{\sigma_x \geq 0 \text{ の場合}} : \frac{\left(\frac{\gamma_{c2} \sigma_x}{\sigma_{cx}} \right)^{2/\beta_p^{0.25}} + \left(\frac{\gamma_{c2} |\tau|}{\tau_c} \right)^{2/\beta_p^{0.25}}}{\phantom{\frac{\left(\frac{\gamma_{c2} \sigma_x}{\sigma_{cx}} \right)^{2/\beta_p^{0.25}} + \left(\frac{\gamma_{c2} |\tau|}{\tau_c} \right)^{2/\beta_p^{0.25}}}} = 1$$

$$\underline{\sigma_y \geq 0 \text{ の場合}} : \frac{\left(\frac{\gamma_{c3} \sigma_y}{\sigma_{cy}} \right)^{2/\beta_p^{0.25}} + \left(\frac{\gamma_{c3} |\tau|}{\tau_c} \right)^{2/\beta_p^{0.25}}}{\phantom{\frac{\left(\frac{\gamma_{c3} \sigma_y}{\sigma_{cy}} \right)^{2/\beta_p^{0.25}} + \left(\frac{\gamma_{c3} |\tau|}{\tau_c} \right)^{2/\beta_p^{0.25}}}} = 1$$

$$\frac{\gamma_{c4} |\tau|}{\tau_c} = 1$$

$$\gamma_c = \min(\gamma_{c1}, \gamma_{c2}, \gamma_{c3}, \gamma_{c4})$$

σ_{cx} : 座屈パネルの長辺に平行な方向の最大限界応力 (N/mm^2) で、**-3.**の規定による。

σ_{cy} : 座屈パネルの短辺に平行な方向の最大限界応力 (N/mm^2) で、**-3.**の規定による。

τ_c : 最大限界せん断応力 (N/mm^2) で、**-3.**の規定による。

$\gamma_{c1}, \gamma_{c2}, \gamma_{c3}, \gamma_{c4}$: 上記の異なる限界状態における崩壊時の応力の乗数。 γ_{c2} 及び γ_{c3} は、それぞれ $\sigma_x \geq 0$ 及び $\sigma_y \geq 0$ の場合のみ考慮する。

B : 係数で表 2 による。

e_0 : 係数で表 2 による。

β_p : 板部材の細長パラメータで、次による。

$$\beta_p = \frac{b}{t_p} \sqrt{\frac{\sigma_{YP}}{E}}$$

表 2 係数 B 及び e_0 の定義

作用応力	B	e_0
$\sigma_x \geq 0$ 及び $\sigma_y \geq 0$	$0.7 - 0.3 \beta_p / \alpha^2$	$2 / \beta_p^{0.25}$
$\sigma_x < 0$ 又は $\sigma_y < 0$	1.0	2.0

-2. 参照細長比

参照細長比 λ は、次による。

$$\lambda = \sqrt{\frac{\sigma_{YP}}{K \sigma_E}}$$

K : 表 4 及び表 5 に規定する座屈係数

-3. 最大限界応力

板部材の最大限界応力 σ_{cx} 及び σ_{cy} (N/mm^2) は、次による。

$$\sigma_{cx} = C_x \sigma_{YP}$$

$$\sigma_{cy} = C_y \sigma_{YP}$$

せん断力を受ける板部材の最大限界応力 τ_c (N/mm^2) は、次による。

$$\tau_c = C_\tau \frac{\sigma_{YP}}{\sqrt{3}}$$

C_x, C_y, C_τ : 表 4 に規定する軽減係数で、次による。

前-1.の第 1 算式において、 $\sigma_x < 0$ 又は $\sigma_y < 0$ の場合、軽減係数は次による。

$$C_x = C_y = C_\tau = 1$$

その他、手法 A (C32.9.9-3.参照) の場合、表 4 に従って C_y を計算する際には次を用いる。

$$c_1 = \left(1 - \frac{1}{\alpha}\right) \geq 0$$

その他、手法 B (C32.9.9-3.参照) の場合、表 4 に従って C_y を計算する際には次を用いる。

$$c_1 = 1$$

板の境界条件は、表 4 のケース 1, 2 及び 15 に示すように、単純支持として考慮すること。境界条件が単純支持と大きく異なる場合は、本会の同意を条件として、表 4 の別のケースに従って、より適切な境界条件を適用して差し支えない。

-4. 修正係数 F_{long}

座屈パネル端部の長辺方向の防撓材のタイプにより決定される修正係数 F_{long} は、表 3 による。異なる防撓材を持つ板部材に対しては、 F_{long} の平均値を用いる。防撓材のタイプが表 3 に示すもの以外の場合は、 c の値は本会の同意を得た値とする。また、非線形有限要素解析を用いたパネルの座屈強度評価により c の値を検証し、かつ、本会が適当と認める場合にあつては、表 3 に示す c の値より大きい値を用いて差し支えない。

表 3 修正係数 F_{long}

構造要素のタイプ		F_{long}	c	
非防撓パネル		1.0	N/A	
防撓パネル	両端固定以外の防撓材	1.0	N/A	
	両端固定の防撓材	平鋼 ⁽¹⁾	$\frac{t_w}{t_p} > 1$ の場合 $F_{long} = c + 1$	0.10
		バルブプレート		0.30
		山型鋼	$\frac{t_w}{t_p} \leq 1$ の場合 $F_{long} = c \left(\frac{t_w}{t_p}\right)^3 + 1$	0.40
		T 型鋼		0.30
剛性の高い桁部材 (船底の横桁部材等)	1.4	N/A		

注 1 : t_w は、2.4.3-5.に規定する修正を含まないウェブの板厚 (mm) とする。

表4 平板パネルの座屈係数及び軽減係数

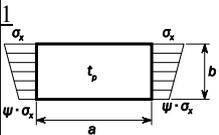
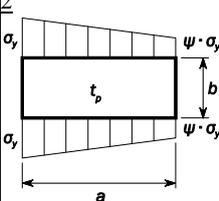
ケース	応力比 ψ	アスペクト ト比 α	座屈係数 K	軽減係数 C
	$1 \geq \psi \geq 0$		$K_x = F_{long} \frac{8.4}{\psi + 1.1}$	$\sigma_x \leq 0$ の場合： $C_x = 1$
	$0 \geq \psi > -1$		$K_x = F_{long} [7.63 - \psi(6.26 - 10\psi)]$	$\sigma_x > 0$ の場合： $\lambda \leq \lambda_c$ の場合 $C_x = 1$ $\lambda > \lambda_c$ の場合 $C_x = c \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{0.22}{\lambda^2} \right)$ $c = (1.25 - 0.12\psi) \leq 1.25$
	$\psi \leq -1$		$K_x = F_{long} [5.975(1 - \psi)^2]$	$\lambda_c = \frac{c}{2} \left(1 + \sqrt{1 - \frac{0.88}{c}} \right)$
	$1 \geq \psi \geq 0$		$K_y = \frac{2 \left(1 + \frac{1}{\alpha^2} \right)^2}{1 + \psi + \frac{(1 - \psi)}{100} \left(\frac{2.4}{\alpha^2} + 6.9f_1 \right)}$	$\sigma_y \leq 0$ の場合： $C_y = 1$
		$\alpha \leq 6$	$f_1 = (1 - \psi)(\alpha - 1)$	$C_y = c \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{R + F^2(H - R)}{\lambda^2} \right)$
		$\alpha > 6$	$f_1 = 0.6 \left(1 - \frac{6\psi}{\alpha} \right) \left(\alpha + \frac{14}{\alpha} \right)$ ただし、 $14.5 - \frac{0.35}{\alpha^2}$ を超える値としないこと。	$c = (1.25 - 0.12\psi) \leq 1.25$ $\lambda < \lambda_c$ の場合 $R = \lambda(1 - \lambda/c)$ $\lambda \geq \lambda_c$ の場合 $R = 0.22$
	$0 > \psi \geq 1 - \frac{4\alpha}{3}$		$K_y = \frac{200(1 + \beta^2)^2}{(1 - f_3)(100 + 2.4\beta^2 + 6.9f_1 + 23f_2)}$	$\lambda_c = 0.5c \left(1 + \sqrt{1 - 0.88/c} \right)$
		$\alpha > 6(1 - \psi)$	$f_1 = 0.6 \left(\frac{1}{\beta} + 14\beta \right)$ ただし、 $14.5 - 0.35\beta^2$ を超える値としないこと。 $f_2 = f_3 = 0$	$F = \left[1 - \left(\frac{K}{0.91} - 1 \right) / \lambda_p^2 \right] c_1 \geq 0$ $1 \leq \lambda_p^2 \leq 3$ の場合 $\lambda_p^2 = \lambda^2 - 0.5$
		$3(1 - \psi) \leq \alpha \leq 6(1 - \psi)$	$f_1 = \frac{1}{\beta} - 1$ $f_2 = f_3 = 0$	c_1 は 2.2.1-3. の規定による。 $H = \lambda - \frac{2\lambda}{c(T + \sqrt{T^2 - 4})} \geq R$ $T = \lambda + \frac{14}{15\lambda} + \frac{1}{3}$

表4 平板パネルの座屈係数及び軽減係数 (続き)

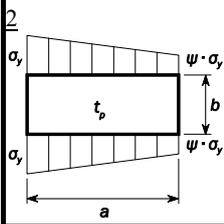
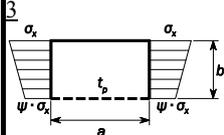
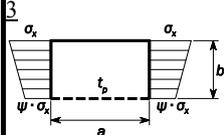
	$0 > \psi \geq 1 - \frac{4\alpha}{3}$	$1.5(1-\psi) \leq \alpha < 3(1-\psi)$	$f_1 = \frac{1}{\beta} - (2 - \omega\beta)^4 - 9(\omega\beta - 1)\left(\frac{2}{3} - \beta\right)$ $f_2 = f_3 = 0$	$\sigma_y \leq 0$ の場合 : $C_y = 1$
		$1 - \psi \leq \alpha < 1.5(1 - \psi)$	$\alpha > 1.5$ の場合 : $f_1 = 2\left(\frac{1}{\beta} - 16\left(1 - \frac{\omega}{3}\right)^4\right)\left(\frac{1}{\beta} - 1\right)$ $f_2 = 3\beta - 2$ $f_3 = 0$	$\sigma_y > 0$ の場合 : $C_y = c\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{R + F^2(H - R)}{\lambda^2}\right)$ $c = (1.25 - 0.12\psi) \leq 1.25$
		$0.75(1 - \psi) \leq \alpha < 1 - \psi$	$\alpha \leq 1.5$ の場合 : $f_1 = 2\left(\frac{1.5}{1 - \psi} - 1\right)\left(\frac{1}{\beta} - 1\right)$ $f_2 = \frac{\psi(1 - 16f_4^2)}{1 - \alpha}$ $f_3 = 0$ $f_4 = (1.5 - \text{Min}(1.5; \alpha))^2$	$\lambda < \lambda_c$ の場合 $R = \lambda(1 - \lambda/c)$ $\lambda \geq \lambda_c$ の場合 $R = 0.22$ $\lambda_c = 0.5c(1 + \sqrt{1 - 0.88/c})$ $F = \left[1 - \left(\frac{K}{0.91} - 1\right)/\lambda_p^2\right]c_1 \geq 0$
		$\psi < 1 - \frac{4\alpha}{3}$	$f_1 = 0$ $f_2 = 1 + 2.31(\beta - 1) - 48\left(\frac{4}{3} - \beta\right)f_4^2$ $f_3 = 3f_4(\beta - 1)\left(\frac{f_4}{1.81} - \frac{\alpha - 1}{1.31}\right)$ $f_4 = (1.5 - \text{Min}(1.5; \alpha))^2$	$1 \leq \lambda_p^2 \leq 3$ の場合 $\lambda_p^2 = \lambda^2 - 0.5$ c_1 は 2.2.1-3.の規定による。 $H = \lambda - \frac{2\lambda}{c(T + \sqrt{T^2 - 4})} \geq R$
	$1 \geq \psi \geq 0$	$K_y = 5.972 \frac{\beta^2}{1 - f_3}$	$T = \lambda + \frac{14}{15\lambda} + \frac{1}{3}$	
		$\psi < 1 - \frac{4\alpha}{3}$	$f_3 = f_5\left(\frac{f_5}{1.81} + \frac{1 + 3\psi}{5.24}\right)$ $f_5 = \frac{9}{16}(1 + \text{Max}(-1; \psi))^2$	
	$1 \geq \psi \geq 0$	$K_x = \frac{4(0.425 + 1/\alpha^2)}{3\psi + 1}$	$\lambda \leq 0.7$ の場合 $C_x = 1$	
		$0 > \psi \geq -1$	$K_x = 4(0.425 + 1/\alpha^2)(1 + \psi) - 5\psi(1 - 3.42\psi)$	$\lambda > 0.7$ の場合 $C_x = \frac{1}{\lambda^2 + 0.51}$

表4 平板パネルの座屈係数及び軽減係数 (続き)

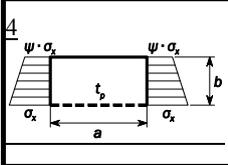
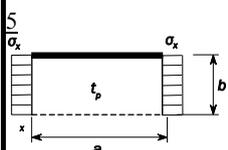
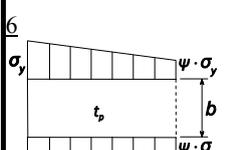
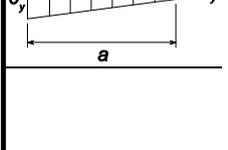
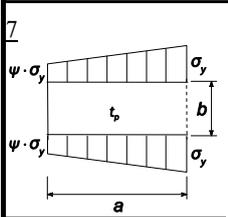
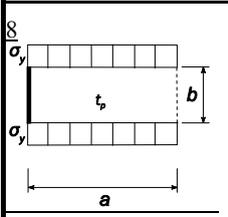
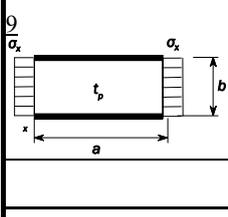
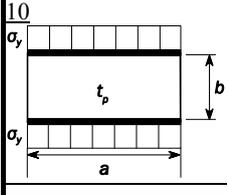
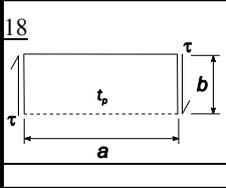
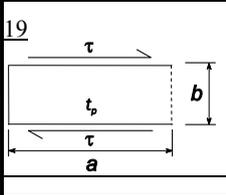
<p>4</p> 	$1 \geq \psi \geq -1$	$K_x = \left(0.425 + \frac{1}{\alpha^2} \right) \frac{3 - \psi}{2}$	
<p>5</p> 	\vdots	$a \geq 1.64$ $K_x = 1.28$	$\lambda \leq 0.7$ の場合 $C_x = 1$
	\vdots	$a < 1.64$ $K_x = \frac{1}{\alpha^2} + 0.56 + 0.13\alpha^2$	$\lambda > 0.7$ の場合 $C_x = \frac{1}{\lambda^2 + 0.51}$
<p>6</p> 	$1 \geq \psi \geq 0$	$K_y = \frac{4(0.425 + \alpha^2)}{(3\psi + 1)\alpha^2}$	
	$0 > \psi \geq -1$	$K_y = 4(0.425 + \alpha^2)(1 + \psi) \frac{1}{\alpha^2}$ $- 5\psi(1 - 3.42\psi) \frac{1}{\alpha^2}$	$\lambda \leq 0.7$ の場合
<p>7</p> 	$1 \geq \psi \geq -1$	$K_y = 4(0.425 + \alpha^2) \frac{(3 - \psi)}{2\alpha^2}$	$\lambda > 0.7$ の場合 $C_y = \left(\frac{1}{\lambda^2 + 0.51} \right)$
<p>8</p> 	\vdots	$K_y = 1 + \frac{0.56}{\alpha^2} + \frac{0.13}{\alpha^4}$	
<p>9</p> 	\vdots	$K_x = 6.97$	$\lambda \leq 0.83$ の場合 $C_x = 1$
<p>10</p> 	\vdots	$K_y = 4 + \frac{2.07}{\alpha^2} + \frac{0.67}{\alpha^4}$	$\lambda > 0.83$ の場合 $C_y = 1.13 \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{0.22}{\lambda^2} \right)$

表4 平板パネルの座屈係数及び軽減係数 (続き)

<p>11</p>	<p>=</p>	<table border="1"> <tr> <td>$\alpha \geq 4$</td> <td>$K_x = 4$</td> </tr> <tr> <td>$\alpha < 4$</td> <td>$K_x = 4 + 2.74 \left[\frac{4 - \alpha}{3} \right]^4$</td> </tr> </table>	$\alpha \geq 4$	$K_x = 4$	$\alpha < 4$	$K_x = 4 + 2.74 \left[\frac{4 - \alpha}{3} \right]^4$	<table border="1"> <tr> <td>$\lambda \leq 0.83$ の場合</td> <td>$C_x = 1$</td> </tr> <tr> <td>$\lambda > 0.83$ の場合</td> <td>$C_x = 1.13 \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{0.22}{\lambda^2} \right)$</td> </tr> </table>	$\lambda \leq 0.83$ の場合	$C_x = 1$	$\lambda > 0.83$ の場合	$C_x = 1.13 \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{0.22}{\lambda^2} \right)$
$\alpha \geq 4$	$K_x = 4$										
$\alpha < 4$	$K_x = 4 + 2.74 \left[\frac{4 - \alpha}{3} \right]^4$										
$\lambda \leq 0.83$ の場合	$C_x = 1$										
$\lambda > 0.83$ の場合	$C_x = 1.13 \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{0.22}{\lambda^2} \right)$										
<p>12</p>	<p>=</p>	<p>K_y はケース 2 において決定される K_y</p>	<table border="1"> <tr> <td>$\alpha < 2$ の場合</td> <td>$C_y = C_{y2}$</td> </tr> <tr> <td>$\alpha \geq 2$ の場合</td> <td>$C_y = \left(1.06 + \frac{1}{10\alpha} \right) C_{y2}$</td> </tr> <tr> <td colspan="2">C_{y2} : ケース 2 において決定される C_y</td> </tr> </table>	$\alpha < 2$ の場合	$C_y = C_{y2}$	$\alpha \geq 2$ の場合	$C_y = \left(1.06 + \frac{1}{10\alpha} \right) C_{y2}$	C_{y2} : ケース 2 において決定される C_y			
$\alpha < 2$ の場合	$C_y = C_{y2}$										
$\alpha \geq 2$ の場合	$C_y = \left(1.06 + \frac{1}{10\alpha} \right) C_{y2}$										
C_{y2} : ケース 2 において決定される C_y											
<p>13</p>	<p>=</p>	<table border="1"> <tr> <td>$\alpha \geq 4$</td> <td>$K_x = 6.97$</td> </tr> <tr> <td>$\alpha < 4$</td> <td>$K_x = 6.97 + 3.1 \left[\frac{4 - \alpha}{3} \right]^4$</td> </tr> </table>	$\alpha \geq 4$	$K_x = 6.97$	$\alpha < 4$	$K_x = 6.97 + 3.1 \left[\frac{4 - \alpha}{3} \right]^4$	<table border="1"> <tr> <td>$\lambda \leq 0.83$ の場合</td> <td>$C_x = 1$</td> </tr> <tr> <td>$\lambda > 0.83$ の場合</td> <td>$C_x = 1.13 \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{0.22}{\lambda^2} \right)$</td> </tr> </table>	$\lambda \leq 0.83$ の場合	$C_x = 1$	$\lambda > 0.83$ の場合	$C_x = 1.13 \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{0.22}{\lambda^2} \right)$
$\alpha \geq 4$	$K_x = 6.97$										
$\alpha < 4$	$K_x = 6.97 + 3.1 \left[\frac{4 - \alpha}{3} \right]^4$										
$\lambda \leq 0.83$ の場合	$C_x = 1$										
$\lambda > 0.83$ の場合	$C_x = 1.13 \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{0.22}{\lambda^2} \right)$										
<p>14</p>	<p>=</p>	$K_y = \frac{6.97}{\alpha^2} + \frac{3.1}{\alpha^2} \left[\frac{4 - 1/\alpha}{3} \right]^4$	<table border="1"> <tr> <td>$\lambda \leq 0.83$ の場合</td> <td>$C_y = 1$</td> </tr> <tr> <td>$\lambda > 0.83$ の場合</td> <td>$C_y = 1.13 \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{0.22}{\lambda^2} \right)$</td> </tr> </table>	$\lambda \leq 0.83$ の場合	$C_y = 1$	$\lambda > 0.83$ の場合	$C_y = 1.13 \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{0.22}{\lambda^2} \right)$				
$\lambda \leq 0.83$ の場合	$C_y = 1$										
$\lambda > 0.83$ の場合	$C_y = 1.13 \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{0.22}{\lambda^2} \right)$										
<p>15</p>	<p>=</p>	$K_\tau = \sqrt{3} \left[5.34 + \frac{4}{\alpha^2} \right]$									
<p>16</p>	<p>=</p>	$K_\tau = \sqrt{3} \left\{ 5.34 + \text{Max} \left[\frac{4}{\alpha^2}, \frac{7.15}{\alpha^{2.5}} \right] \right\}$	<table border="1"> <tr> <td>$\lambda \leq 0.84$ の場合</td> <td>$C_\tau = 1$</td> </tr> <tr> <td>$\lambda > 0.84$ の場合</td> <td>$C_\tau = \frac{0.84}{\lambda}$</td> </tr> </table>	$\lambda \leq 0.84$ の場合	$C_\tau = 1$	$\lambda > 0.84$ の場合	$C_\tau = \frac{0.84}{\lambda}$				
$\lambda \leq 0.84$ の場合	$C_\tau = 1$										
$\lambda > 0.84$ の場合	$C_\tau = \frac{0.84}{\lambda}$										
<p>17</p>	<p>=</p>	<p>$K_\tau = K_{\tau \text{ case15}} r$</p> <p>$K_{\tau \text{ case15}}$: ケース 15 での K_τ</p> <p>r : 開口による軽減係数で、次による。</p> <p>$\frac{d_a}{a} \leq 0.7$ かつ $\frac{d_b}{b} \leq 0.7$ の場合</p> $r = \left(1 - \frac{d_a}{a} \right) \left(1 - \frac{d_b}{b} \right)$									

表4 平板パネルの座屈係数及び軽減係数（続き）

<p>18</p> 	<p>=</p>	$K_{\tau} = \sqrt{3}(0.6 + 4/\alpha^2)$	$\lambda \leq 0.84$ の場合 $C_{\tau} = 1$
<p>19</p> 	<p>=</p>	$K_{\tau} = 8$	$\lambda > 0.84$ の場合 $C_{\tau} = \frac{0.84}{\lambda}$
<p>板部材周縁の境界条件： ----- 自由端 _____ 単純支持 = 固定端</p>			
<p>(備考) F_{long} : 係数で、2.2.1-4の規定による。 ω : 係数で、次による。 $\omega = \min(3; \alpha)$</p>			
<p>注1：明記されているケースは一般的なものを示す。各応力成分(σ_x、σ_y)は局部座標系による。</p>			

2.2.2 湾曲パネル

本規定は、 $R/t_p \leq 2500$ の湾曲パネルに適用する。その他の湾曲パネルについては、2.2.1-1の規定による限界状態の規定を適用する。湾曲パネルの限界状態は、次の相関式による。

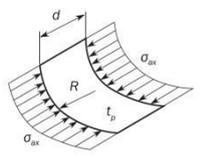
$$\left(\frac{\gamma_c \sigma_{ax}}{C_{ax} \sigma_{YP}} \right)^{1.25} + \left(\frac{\gamma_c \tau \sqrt{3}}{C_{\tau} \sigma_{YP}} \right)^2 = 1.0$$

σ_{ax} : 湾曲パネルの作用軸応力 (N/mm^2)。引張の場合、0とする。

C_{ax} 、 C_{τ} : 湾曲パネルの座屈軽減係数で、表5による。

湾曲パネルの崩壊時の応力の乗数 γ_c は、2.2.1-1により展開した平板パネルの崩壊時の応力の乗数 γ_c より小さくする必要はない。

表5 湾曲パネルの座屈係数及び軽減係数

ケース	アスペクト比	座屈係数 K	軽減係数 C
<u>1</u> 	$\frac{d}{R} \leq 0.5 \sqrt{\frac{R}{t_p}}$	$K = 1 + \frac{2}{3} \frac{d^2}{R t_p}$	一般的な場合： $\lambda \leq 0.25$ の場合 $C_{ax} = 1$ $0.25 < \lambda \leq 1$ の場合 $C_{ax} = 1.233 - 0.933\lambda$
	$\frac{d}{R} > 0.5 \sqrt{\frac{R}{t_p}}$	$K = 0.267 \frac{d^2}{R t_p} \left[3 - \frac{d}{R} \sqrt{\frac{t_p}{R}} \right]$ $\geq 0.4 \frac{d^2}{R t_p}$	$1 < \lambda \leq 1.5$ の場合 $C_{ax} = \frac{0.3}{\lambda^3}$ $\lambda > 1.5$ の場合 $C_{ax} = \frac{0.2}{\lambda^2}$ 平面パネルと境界を成す湾曲パネル(ビルジ外板等)の場合： $C_{ax} = \frac{0.65}{\lambda^2} \leq 1.0$
<u>2</u> 	$\frac{d}{R} \leq 8.7 \sqrt{\frac{R}{t_p}}$	$K = \sqrt{3} \sqrt{28.3 + \frac{0.67d^3}{R^{1.5}t_p^{1.5}}}$	$\lambda \leq 0.4$ の場合 $C_r = 1$ $0.4 < \lambda \leq 1.2$ の場合 $C_r = 1.274 - 0.686\lambda$
	$\frac{d}{R} > 8.7 \sqrt{\frac{R}{t_p}}$	$K = \sqrt{3} \frac{0.28d^2}{R \sqrt{R t_p}}$	$\lambda > 1.2$ の場合 $C_r = \frac{0.65}{\lambda^2}$
境界条件： _____ 単純支持			

2.3 防撓パネルの座屈強度

2.3.1

弾性防撓パネルの限界状態は、次の相関式による。

$$\frac{P_z}{c_f} = 1$$

$c_f P_z$ ： 2.4.4-3.の規定による。

2.4 縦通防撓材の座屈強度

2.4.1 防撓材の座屈強度

縦通防撓材の座屈強度は次の限界状態を確認する。

- (1) 防撓材に起因する崩壊 (SI)
- (2) 板に起因する崩壊 (PI)

2.4.2 面外圧

面外圧は、縦通防撓材の座屈強度評価において一定値として考慮すること。

2.4.3 防撓材の理想化

-1. 防撓材の有効長さ l_{eff}

防撓材の有効長さ l_{eff} (mm) は、次による。

両端固定の防撓材の場合： $\underline{\underline{l_{eff} = \frac{l}{\sqrt{3}}}}$

一端単純支持，他端固定の防撓材の場合： $\underline{\underline{l_{eff} = 0.75l}}$

両端単純支持の防撓材の場合： $\underline{\underline{l_{eff} = l}}$

-2. せん断遅れによる影響を無視した付き板の有効幅 b_{eff}

せん断遅れによる影響を無視した防撓材の付き板の有効幅 b_{eff} (mm) は，次による。

$\sigma_x > 0$ の場合： 有限要素解析の場合： $\underline{\underline{b_{eff1} = C_x b}}$

規則計算による評価の場合： $\underline{\underline{b_{eff1} = \frac{C_{x1}b_1 + C_{x2}b_2}{2}}}$

$\sigma_x \leq 0$ の場合： $\underline{\underline{b_{eff1} = b}}$

C_x ： 表 4 に規定する軽減係数

C_{x1} ， C_{x2} ： 表 4 に規定する軽減係数で，ケース 1 に従い考慮する防撓材の両側の EPP1 及び EPP2 に使用する。

b_1 ， b_2 ： 考慮する防撓材の両側のパネルの幅 (mm)

-3. 付き板の有効幅 b_{eff}

防撓材の付き板の有効幅 b_{eff} (mm) は，次による。

$\sigma_x > 0$ の場合： 有限要素解析の場合： $\underline{\underline{b_{eff} = \min(C_x b, \chi_s s)}}$

規則計算による評価の場合： $\underline{\underline{b_{eff} = \min(\frac{C_{x1}b_1 + C_{x2}b_2}{2}, \chi_s s)}}$

$\sigma_x \leq 0$ の場合： $\underline{\underline{b_{eff} = \chi_s s}}$

C_x ： 表 4 に規定する軽減係数

C_{x1} ， C_{x2} ： 表 4 に規定する軽減係数で，ケース 1 に従い考慮する防撓材の両側の EPP1 及び EPP2 に使用する。

b_1 ， b_2 ： 考慮する防撓材の両側のパネルの幅 (mm)

χ_s ： 有効幅に関する係数で，次による。

$$\underline{\underline{\frac{l_{eff}}{s} \geq 1 \text{ の場合： } \chi_s = \min \left[\frac{1.12}{1 + \frac{1.75}{\left(\frac{l_{eff}}{s}\right)^{1.6}}}; 1.0 \right]}}$$

$$\underline{\underline{\frac{l_{eff}}{s} < 1 \text{ の場合： } \chi_s = 0.407 \frac{l_{eff}}{s}}}$$

l_{eff} ： 防撓材の有効長さ (mm) で，-1.による。

-4. 付き板の板厚

付き板の板厚 t_p は，次による。

(1) 規則計算による評価の場合

付き板の板厚 t_p は，2つのパネルの平均板厚とする。

(2) 有限要素解析の場合

付き板の板厚 t_p は、防撓材の片側において考慮する EPP の板厚とする。

-5. 平鋼のウェブの板厚

局所的な面外変形による剛性の低下を考慮するため、防撓材の断面積 A_s 、断面係数 Z 及び断面二次モーメント I の計算において、次に示す平鋼防撓材のウェブの有効板厚 t_{w_red} (mm) を用いる。

$$t_{w_red} = t_w \left(1 - \frac{2\pi^2}{3} \left(\frac{h_w}{s} \right)^2 \left(1 - \frac{b_{eff1}}{s} \right) \right)$$

-6. 防撓材の断面係数

板の有効幅を含む防撓材の断面係数 Z (cm³) は、次による。

(1) 防撓材に起因する崩壊 (SI) の場合

防撓材の断面係数 Z は、防撓材のフランジの頂部側で計算される断面係数とする。

(2) 板に起因する崩壊 (PI) の場合

防撓材の断面係数 Z は、付き板側において計算される断面係数とする。

-7. 防撓材の断面二次モーメント

付き板の有効幅を含む防撓材の断面二次モーメント I (cm⁴) は、次の関係を満足すること。

$$I \geq \frac{st_p^3}{12 \times 10^4}$$

-8. バルブプレートの理想化

バルブプレートの断面形状は、等価な山型鋼の断面形状として考慮する。等価な組立形鋼の断面の寸法は、次による。

$$h_w = h'_w - \frac{h'_w}{9.2} + 2 \quad (mm)$$

$$b_f = \alpha \left(t'_w + \frac{h'_w}{6.7} - 2 \right) \quad (mm)$$

$$t_f = \frac{h'_w}{9.2} - 2 \quad (mm)$$

$$t_w = t'_w \quad (mm)$$

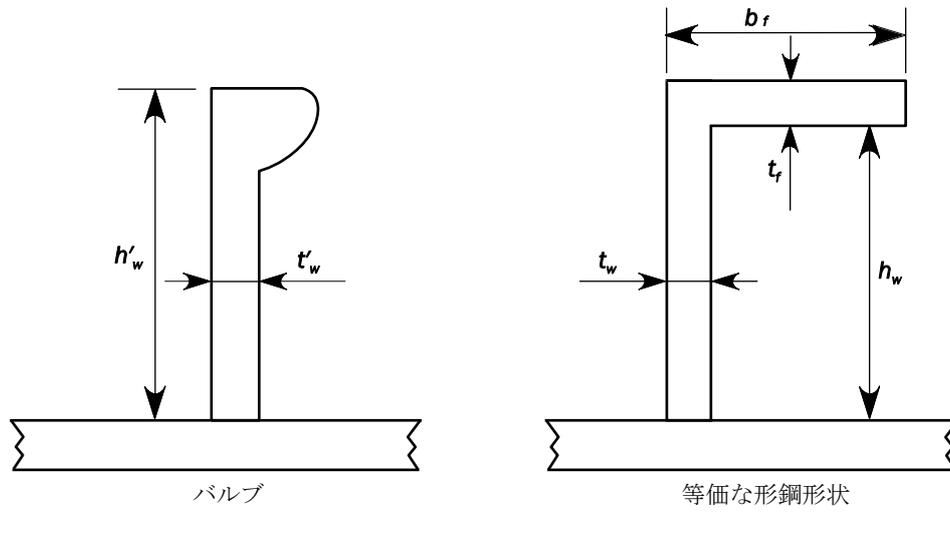
h'_w, t'_w : バルブプレートの断面の高さ及び板厚 (mm) (図 3 参照)

α : 係数で、次による。

$$h'_w \leq 120 \text{ の場合} : \alpha = 1.1 + \frac{(120 - h'_w)^2}{3000}$$

$$h'_w > 120 \text{ の場合} : \alpha = 1.0$$

図3 防撓材の寸法



2.4.4 座屈強度

-1. 縦通防撓材の最終状態

$\sigma_a + \sigma_b + \sigma_w > 0$ の場合、防撓材の座屈強度は、次の相関式に従って評価する。

$$\frac{\gamma_c \sigma_a + \sigma_b + \sigma_w}{\sigma_Y} = 1$$

σ_a : 防撓材のスパン中央における有効軸応力 (N/mm^2) (-2.参照)

σ_b : 防撓材の曲げ応力 (N/mm^2) (-3.参照)

σ_w : 捩り変形による応力 (N/mm^2) (-4.参照)

σ_Y : 材料の最小降伏応力 (N/mm^2)

防撓材に起因する崩壊 (SI) の場合 : $\sigma_Y = \sigma_{YS}$

板に起因する崩壊 (PI) の場合 : $\sigma_Y = \sigma_{YP}$

-2. 有効軸応力 σ_a

付き板を有する防撓材に作用する防撓材のスパン中央における有効軸応力 σ_a (N/mm^2) は、次による。

$$\sigma_a = \sigma_x \frac{st_p + A_s}{b_{eff1} t_p + A_s}$$

σ_x : 付き板を有する防撓材に作用する公称軸応力 (N/mm^2) で、次による。

有限要素解析の場合 : 防撓材に平行な方向の付き板内の有限要素修正応力を σ_x とする。 (-5.参照)

規則計算による評価の場合 : 防撓材の荷重計算点において計算される軸応力を σ_x とする。

b_{eff1} : せん断遅れによる影響を無視した防撓材の付き板の有効幅で、2.4.3-2.による。

A_s : 防撓材の断面積 (mm^2)

-3. 防撓材の曲げ応力 σ_b

防撓材の曲げ応力 σ_b (N/mm^2) は、次による。

$$\sigma_b = \frac{M_0 + M_1}{Z} 10^{-3}$$

Z : 板の有効幅を含む防撓材の断面係数 (cm^3) で、**2.4.3-6.**による。

M_1 : 面外荷重 P による曲げモーメント ($N\cdot mm$) で次による。

連続する防撓材の場合: $M_1 = C_i \frac{|P|s\ell^2}{24} 10^{-3}$

スニップ端の防撓材の場合: $M_1 = C_i \frac{|P|s\ell^2}{8} 10^{-3}$

P : 面外荷重 (kN/m^2) で、次による。

有限要素解析の場合: 付き板内の平均圧力を P とする。

規則計算による評価の場合: 防撓材の荷重計算点において計算される圧力を P とする。

C_i : 圧力に関する係数で次による。

防撓材に起因する崩壊 (SI) の場合: $C_i = C_{SI}$

板に起因する崩壊 (PI) の場合: $C_i = C_{PI}$

C_{PI} : 板に起因する崩壊における圧力に関する係数で、次による。

面外圧が防撓材の逆側から作用する場合: $C_{PI} = 1$

面外圧が防撓材と同じ側から作用する場合: $C_{PI} = -1$

C_{SI} : 防撓材に起因する崩壊における圧力に関する係数で、次による。

面外圧が防撓材の逆側から作用する場合: $C_{SI} = -1$

面外圧が防撓材と同じ側から作用する場合: $C_{SI} = 1$

M_0 : 防撓材の面外変形 w による曲げモーメント ($N\cdot mm$)

$$M_0 = F_E \left(\frac{P_z w}{c_f - P_z} \right) \quad \text{ただし } c_f - P_z > 0$$

F_E : 防撓材の理想弾性座屈力 (N)

$$F_E = \left(\frac{\pi}{\ell} \right)^2 EI 10^4$$

P_z : 防撓材のスパン中央部の付き板内の応力 σ_x , σ_y 及び τ による、防撓材に作用する公称面外荷重 (N/mm^2) で、次による。

$$P_z = \frac{t_p}{s} \left(\sigma_{xl} \left(\frac{\pi s}{\ell} \right)^2 + 2c\gamma\sigma_y + \sqrt{2}\tau_1 \right)$$

$$\sigma_{xl} = \gamma\sigma_x \left(1 + \frac{A_s}{st_p} \right) \quad \text{ただし, } 0 \text{ 未満としないこと。}$$

$$\tau_1 = \gamma|\tau| - t_p \sqrt{\sigma_{YP} E \left(\frac{m_1}{a^2} + \frac{m_2}{s^2} \right)} \quad \text{ただし, } 0 \text{ 未満としないこと。}$$

σ_y : 座屈パネルの辺上に作用する y 軸方向の応力 (N/mm^2) で、次による。ただし、0 未満としないこと。
有限要素法の場合：防撓材に垂直な方向の付き板内の有限要素修正応力を σ_y とする。 (-5.参照)

規則計算による評価の場合：0 とする。

τ : 作用するせん断応力 (N/mm^2) で、次による。
有限要素法の場合：付き板の参照せん断応力
規則計算による評価の場合：防撓材の付き板の荷重計算点において計算されるせん断応力を τ とする。

m_1, m_2 : 係数で、次による。

$$\alpha \geq 2 \text{ の場合 } \quad m_1 = 1.47, m_2 = 0.49$$

$$\alpha < 2 \text{ の場合 } \quad m_1 = 1.96, m_2 = 0.37$$

w : 防撓材の変形量 (mm)

$$w = w_0 + w_1$$

w_0 : 仮想初期不整量 (mm) で、次による。

$$\text{一般的な場合：} \quad w_0 = \ell 10^{-3}$$

両端スニップの防撓材で、防撓材に起因する崩壊 (SI) を

$$\text{考慮する場合：} \quad w_0 = -w_{na}$$

両端スニップの防撓材で、板に起因する崩壊 (PI) を考慮

$$\text{する場合：} \quad w_0 = w_{na}$$

w_{na} : 付き板の板厚中心から付き板の有効幅を含めて計算した防撓材の中性軸までの距離

w_1 : 面外荷重 P による防撓材のスパン中央における防撓材の変形量 (mm)。等分布荷重の場合、 w_1 は次による。

$$\text{一般の場合：} \quad w_1 = C_i \frac{|P|s\ell^4}{384EI} 10^{-7}$$

$$\text{両端スニップの防撓材の場合：} \quad w_1 = C_i \frac{5|P|s\ell^4}{384EI} 10^{-7}$$

c_f : 防撓材による弾性支持 (N/mm^2)

$$c_f = F_E \left(\frac{\pi}{\ell} \right)^2 (1 + c_p)$$

c_p : 係数で、次による。

$$c_p = \frac{1}{1 + \frac{0.91}{c_{xa}} \left(\frac{12I}{st_p^3} 10^4 - 1 \right)}$$

c_{xa} : 係数で、次による。

$$\ell \geq 2s \text{ の場合：} \quad c_{xa} = \left(\frac{\ell}{2s} + \frac{2s}{\ell} \right)^2$$

$$\ell < 2s \text{ の場合 : } c_{xa} = \left(1 + \left(\frac{\ell}{2s} \right)^2 \right)^2$$

-4. 捩り変形による応力 σ_w

捩り変形による応力 σ_w は、次による。

$$\text{防撓材に起因する崩壊 (SI) の場合 : } \sigma_w = Ey_w \left(\frac{t_f}{2} + h_w \right) \Phi_0 \left(\frac{\pi}{\ell} \right)^2 \left(\frac{1}{1 - \frac{0.4\sigma_{YS}}{\sigma_{ET}}} - 1 \right)$$

板に起因する崩壊 (PI) の場合 : $\sigma_w = 0$

y_w : 防撓材の断面中心から防撓材のフランジの自由端までの距離 (mm) で、次による。

$$\text{平鋼の場合 : } y_w = \frac{t_w}{2}$$

$$\text{山型鋼及びバルブプレートの場合 : } y_w = b_f - \frac{h_w t_w^2 + t_f b_f^2}{2A_s}$$

$$\text{T型鋼の場合 : } y_w = \frac{b_f}{2}$$

Φ_0 : 係数で、次による

$$\Phi_0 = \frac{\ell}{h_w} 10^{-3}$$

σ_{ET} : 捩り座屈に対する参照応力 (N/mm^2)

$$\sigma_{ET} = \frac{E}{I_p} \left(\frac{\varepsilon \pi^2 I_\omega}{\ell^2} 10^2 + 0.385 I_T \right)$$

I_p : 図 4 に示す C 点に対する防撓材の断面極二次モーメント (cm^4) (表 6 参照)

I_T : 防撓材のサンブナンの捩り抵抗モーメント (cm^4) (表 6 参照)

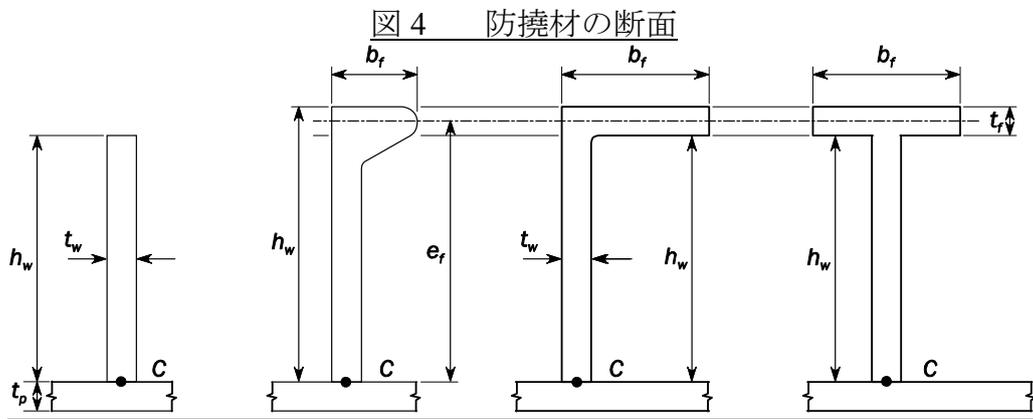
I_ω : 図 4 に示す C 点に対する防撓材の慣性面積モーメント (cm^6) (表 6 参照)

ε : 固着率で、次による。

$$\varepsilon = 1 + \frac{\left(\frac{\ell}{\pi} \right)^2 10^{-3}}{\sqrt{I_\omega \left(\frac{0.75s}{t_p^3} + \frac{e_f - 0.5t_f}{t_w^3} \right)}}$$

表6 慣性モーメント

	平鋼	バルブプレート、山型鋼及びT型鋼
I_P	$\frac{h_w^3 t_w}{3 \times 10^4}$	$\left(\frac{A_w (e_f - 0.5 t_f)^2}{3} + A_f e_f^2 \right) 10^{-4}$
I_T	$\frac{h_w t_w^3}{3 \times 10^4} \left(1 - 0.63 \frac{t_w}{h_w} \right)$	$\frac{(e_f - 0.5 t_f) t_w^3}{3 \times 10^4} \left(1 - 0.63 \frac{t_w}{e_f - 0.5 t_f} \right) + \frac{b_f t_f^3}{3 \times 10^4} \left(1 - 0.63 \frac{t_f}{b_f} \right)$
I_ω	$\frac{h_w^3 t_w^3}{36 \times 10^6}$	バルブプレート及び山型鋼の場合 $\frac{A_f e_f^2 b_f^2}{12 \times 10^6} \left(\frac{A_f + 2.6 A_w}{A_f + A_w} \right)$ T型鋼の場合 $\frac{b_f^3 t_f e_f^2}{12 \times 10^6}$
A_w : ウェブの断面積 (mm^2)		
A_f : フランジの断面積 (mm^2)		



-5. 有限要素解析より得られた参照応力の修正

有限要素解析により得られる参照応力 σ_x 及び σ_y が共に圧縮の場合、これらの応力は次の算式により修正する。

(1) $\sigma_x < 0.3\sigma_y$ の場合：

$$\sigma_{xcor} = 0$$

$$\sigma_{ycor} = \sigma_y$$

(2) $\sigma_y < 0.3\sigma_x$ の場合：

$$\sigma_{xcor} = \sigma_x$$

$$\sigma_{ycor} = 0$$

(3) 上記以外の場合：

$$\sigma_{xcor} = \sigma_x - 0.3\sigma_y$$

$$\sigma_{ycor} = \sigma_y - 0.3\sigma_x$$

2.5 主要支持部材

2.5.1 開口を有するウェブ

-1. 開口を有するウェブ

開口を有する主要支持部材のウェブは、軸圧縮応力とせん断応力の組合せに基づき座屈評価を行う。

開口部に位置するウェブは、表 7 に示すようにそれぞれ単独の非防撓パネルとして考慮する。2.2.1-1.に規定する相関式においては、次の応力を用いる。

$$(1) \quad \sigma_x = \sigma_{av}$$

$$(2) \quad \sigma_y = 0$$

$$(3) \quad \tau = \tau_{av}$$

σ_{av} : 考慮するウェブ領域 (表 7 に示す P1, P2 又は P3) の加重平均圧縮応力
(N/mm^2)

τ_{av} : 考慮するウェブ領域の加重平均せん断応力 (N/mm^2)

表 7 の適用にあたり、加重平均せん断応力は次による。

(1) 主要支持部材に開口をモデル化する場合：

τ_{av} : 考慮するウェブ領域 (表 7 に示す P1, P2 又は P3) の加重平均せん断
応力 (N/mm^2)

(2) 主要支持部材に開口をモデル化しない場合

τ_{av} : 加重平均せん断応力 (N/mm^2) で、表 7 による。

-2. 開口を有するウェブの軽減係数

開口部に位置するウェブパネルの軽減係数 (C_r と組合せる C_x 又は C_y) は、表 7 による。

表 7 軽減係数

配置	C_x, C_y	C_r	
		PSM にモデル化された開口	PSM にモデル化されない開口
<p>(a) 遊辺補強なしの場合</p>	<p>P1 領域及び P2 領域に対し、応力比 $\psi = 1.0$ として表 4 のケース 3 又はケース 6 を適用し軽減係数を個別に求める。</p>	<p>P1 領域及び P2 領域に対し、表 4 のケース 18 又は 19 を適用し軽減係数を個別に求める。</p>	<p>表 4 のケース 17 を適用する場合： 表 4 のケース 17 を適用して得られる共通の軽減係数を P1 領域及び P2 領域に用いる。この場合、 $\tau_{av} = \tau_{av}(web)$ とする。</p> <p>表 4 のケース 17 を適用しない場合： P1 領域及び P2 領域に対し、表 4 のケース 18 又は 19 を適用し軽減係数を個別に求める。この場合、 $\tau_{av} = \tau_{av}(web)h/(h-h_0)$ とする。</p>
<p>(b) 遊辺補強ありの場合</p>	<p>P1 領域及び P2 領域に対し、応力比 $\psi = 1.0$ として、表 4 を適用し軽減係数を個別に求める。ケース 1 に対しては C_x を、ケース 2 に対しては C_y を使用する。</p>	<p>P1 領域及び P2 領域に対し、表 4 のケース 15 を適用し軽減係数を個別に求める。</p>	<p>P1 領域及び P2 領域に対し、表 4 のケース 15 を適用し軽減係数を個別に求める。この場合、 $\tau_{av} = \tau_{av}(web)h/(h-h_0)$ とする。</p>
<p>(c) 開口を有するウェブの例</p>	<p>パネル P1 及びパネル P2 は、(a) に従って評価する。パネル P3 は、(b) に従って評価する。</p>		
<p>(備考)</p> <p>h : 開口のある主要支持部材のウェブの深さ (m)</p> <p>h_0 : ウェブの深さ方向に対する開口の深さ (m)</p> <p>$\tau_{av}(web)$: 主要支持部材のウェブの深さ h における加重平均せん断応力 (N/mm²)</p>			
<p>注 1 : 開口部の座屈において考慮を払うウェブのパネルは、影付きで P1, P2 等で示す。</p>			

附属書 C32.2.8-1.として次の附属書を加える。

附属書 C32.2.8-1. 縦曲げ最終強度評価に関する検査要領

1.1 一般

1.1.1 定義

本附属書で使用する記号の定義は、特に定める場合を除き、表 1 による。

表 1 使用する記号の定義

記号	単位	意味
I_x	m^4	考慮する船体横断面の水平中性軸に対する断面二次モーメント
Z_B, Z_D	m^3	船底及び甲板における断面係数
σ_{YS}	N/mm^2	防撓材の材料の最小降伏応力
σ_{YP}	N/mm^2	板の材料の最小降伏応力
A_s	cm^2	防撓材の断面積
A_p	cm^2	付き板の断面積

2.1 前提条件

2.1.1

縦曲げ最終強度の算定においては、全ての主要な縦強度部材の重要な崩壊モードを特定する。

2.1.2

座屈限界を超えて圧縮を受ける構造の耐荷能力は減少する。横式部材間の最小崩壊モードを特定するため、個々の構造要素に関連する全ての崩壊モード、例えば、板の座屈、防撓材の捩り座屈、防撓材のウェブの座屈、防撓材の曲げ座屈、防撓材の全体座屈及びこれらが連成したモードを考慮する。

2.2 増分反復法

2.2.1 前提条件

増分反復法を適用する場合、一般に、次に示す条件を前提とする。

- (1) 縦曲げ最終強度は、隣り合う 2 つの横桁間の船体横断面について計算する。
 - (2) 各ステップにおいて曲率が増加しても、船体横断面の平面は保持される。
 - (3) 船体横断面を構成する構造部材は、弾塑性挙動を示す。
 - (4) 船体横断面は一組の要素に分割され、互いに独立した挙動を示す。(2.2.2-2.参照)
- 反復法では、曲率 χ_i における船体横断面に作用する縦曲げモーメント M_i は、各要素に

作用する応力 σ による寄与を足し合わせるにより算出される。ひずみ ε に対応する応力 σ は、各々の曲率の増分毎に要素の応力-ひずみ曲線から求める。

応力-ひずみ曲線は、要素の崩壊挙動を考慮し、2.2.3 に規定する算式により求める。応力 σ は、考慮する各応力-ひずみ曲線から求められる値のうち、最小値のものとする。

ホギング及びサギング状態において、要求される曲率が次の算式により得られる χ_F (m^{-1}) の値まで繰り返し計算を行う。

$$\chi_F = \pm 0.003 \frac{M_Y}{EI_y}$$

M_Y : 次の M_{Y1} 及び M_{Y2} のうちの小さい方の値 (kN-m)

$$M_{Y1} = 10^3 \sigma_Y Z_B$$

$$M_{Y2} = 10^3 \sigma_Y Z_D$$

χ_F の値が、 $M-\chi$ 曲線のピークを評価するのに十分でない場合には、要求曲率が縦曲げモーメントの最大値を評価できるようになるまで、各ステップを繰り返して計算を行う。

2.2.2 手順

-1. 一般

応力-ひずみ曲線 $M-\chi$ は次による。

- (1) $M-\chi$ 曲線は、増分反復法により求める。評価手順の概要を図 1 に示す。
- (2) この手順において、縦曲げ最終強度 M_U は、船体横断面の曲率 χ に対する縦曲げモーメント M を示す曲線の最大値とする。(図 1 参照) この曲線は、増分反復法により求める。
- (3) 増分法の各ステップにおいて、曲率 χ_i での船体横断面における縦曲げモーメント M_i を求める。
- (4) 各ステップにおける χ_i の値は、前ステップ χ_{i-1} の値に曲率の増加分 $\Delta\chi$ を加えることにより求める。この曲率の増加は、水平中性軸に対する船体横断面の回転角の増加に対応する。
- (5) この回転角の増加は、各構造部材の位置に応じたひずみ ε を生じさせる。ホギング状態において中性軸より上方の部材については引張り、下方の部材については圧縮となる。サギング状態はその反対となる。
- (6) ひずみ ε により各部材に生じる応力 σ は、各部材の非線形弾塑性領域を考慮した応力-ひずみ曲線により求める。
- (7) 応力-ひずみ関係は非線形であるため、船体横断面を構成する全ての部材に生じる応力分布が各ステップに対し中性軸位置を決定する。船体横断面の全ての部材に生じる応力が平衡状態となるように繰り返し計算することで、考慮しているステップにおける中性軸の位置が求められる。
- (8) 中性軸の位置が決定され船体横断面における各部材の応力分布が求めれば、各要素に応力の増加分を加えることにより、考慮しているステップにおいて曲率 χ_i に関して求められた新たな中性軸に対する船体横断面の縦曲げモーメント M_i を求める。
- (9) 増分反復法の手順の概要を次に示す。(図 1 も参照すること)
 - (a) Step 1: 船体横断面を構成する全ての縦強度部材を各種の要素に分割する。

(b) Step 2: 全ての要素に対して、応力-ひずみ関係を表 2 により決定する。

(c) Step 3: 第 1 ステップにおける曲率 χ_1 及び中性軸の初期値を、曲率の増分を用いて次の算式により定める（曲率は強力甲板において降伏応力の 1% に相当する応力を生じさせるものとする）。

$$\chi_1 = \Delta\chi = 0.01 \frac{\sigma_Y}{E} \frac{1}{z_D - z_n}$$

z_D : 強力甲板の船側位置での Z 座標 (m)

z_n : 船体横断面の水平中性軸に対する Z 座標 (m)

(d) Step 4: 各要素について、相当ひずみ $\varepsilon_i = \chi(z_i - z_n)$ 及び相当応力 σ_i を求める。

(e) Step 5: 各船体横断面で作用している応力が平衡状態となるようにすることで、各増分ステップでの中性軸位置 z_{NA_cur} を決定する。

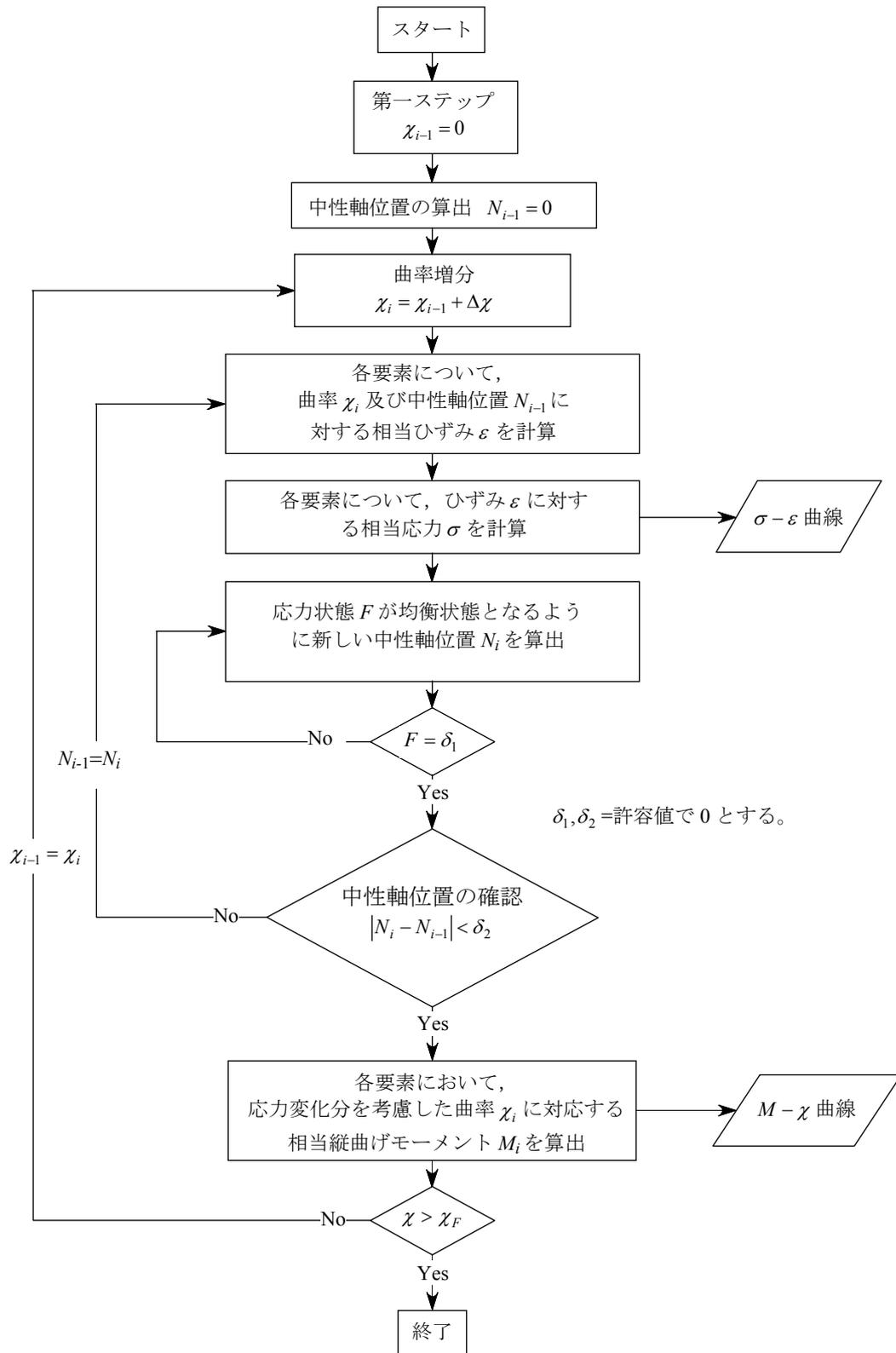
$$\sum A_i \sigma_i = \sum A_j \sigma_j \quad (i \text{ 番目の要素は圧縮状態, } j \text{ 番目の要素は引張状態とする})$$

(f) Step 6: 次の算式により、全ての要素の寄与分を加えた相当縦曲げモーメントを求める。

$$M_U = \sum \sigma_{Ui} A_i |z_i - z_{NA_cur}|$$

(g) Step 7: 新たに求めた縦曲げモーメントと、前ステップでの縦曲げモーメントを比較する。M- χ 関係における傾きが負の固定値より小さい値であれば繰返し計算を終了し、最大値 M_U を決定する。傾きが正である場合には曲率を $\Delta\chi$ だけ増加して Step 4 の手順に戻り計算を繰り返す。

図1 $M-\chi$ 曲線の評価手順の概要



-2. 構造部材の分類

船体横断面は、縦曲げ最終強度に寄与する構造部材によって構成されるものとして考慮する。スニップ端の防撓材については、縦曲げ強度に寄与しないことを考慮した上で、モデル化する。構造部材は防撓材要素、横式防撓パネル要素又はハードコーナー要素に分類される。中心線桁板、側桁板又は船側縦桁のウェブを含むパネルは、横式防撓パネル要素、防撓材要素の付き板又はハードコーナー要素に分類される。パネルは長辺が縦方向にある、縦式の防撓パネル又は長辺が縦方向と垂直な方向にある、横式の防撓パネルの2種類に分類される。

(1) ハードコーナー要素

ハードコーナー要素は、船体横断面を構成するより強固な要素であり、通常、弾塑性の損傷モード（材料の降伏）により崩壊する。ハードコーナー要素は一般に、同一平面に無い2つの板により構成される。

板の交差点からハードコーナー要素の範囲は、横式防撓パネルの場合 $20t$ 、縦式防撓パネルの場合 $0.5s$ とする。（図2参照）

t : パネルの板厚 (mm)

s : 隣接する縦式防撓材の心距 (m)

ビルジ要素、舷側厚板及び梁上側板からなる要素、ガーダと甲板の結合部及び大型ガーダにおける面材とウェブの結合部などが典型的なハードコーナーである。

(2) 防撓材要素

防撓材要素は防撓材と付き板から構成される。

付き板の幅は原則として次のとおりとする。

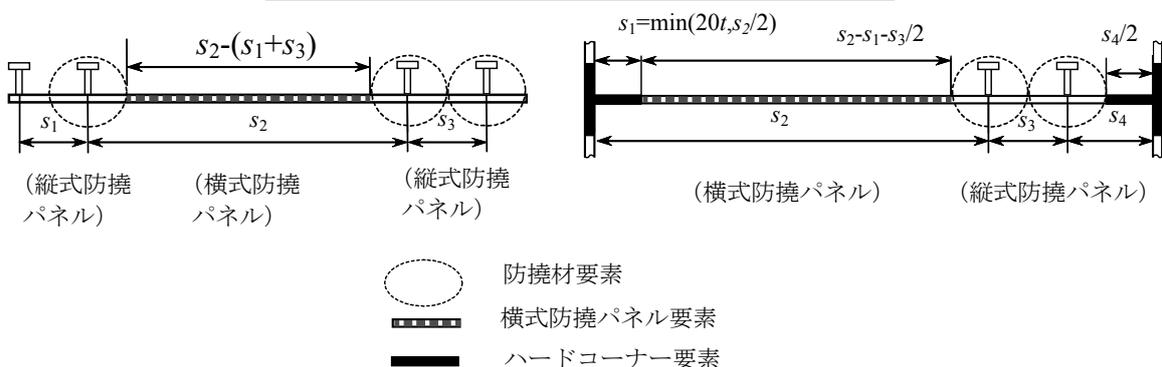
(a) 防撓材の両側が縦式防撓パネルである場合、防撓材の平均心距とする。

(b) 防撓材の片側が縦式防撓パネルで、他方が横式防撓パネルである場合、縦式防撓パネルの幅とする。（図2参照）

(3) 横式防撓パネル要素

防撓材要素間、防撓材要素とハードコーナー要素の間、またはハードコーナー要素間のパネルを横式防撓パネル要素として取り扱う。（図2参照）

図2 付き板及びハードコーナー要素の幅



-3. 船体横断面のモデル化

船体横断面のモデル化の典型的な例を図3に図示する。-2.の原則に関わらず、上甲板、舷側厚板及びハッチコーミングのモデル化には、図3を適用する。

(1) 図4に示すようなナックル部の場合、30度より大きい角度を持つナックル部に隣

接するパネルはハードコーナーとして定義する。ハードコーナー片側の範囲は、ナックル部より、横式パネルの場合 $20t$ 、縦式パネルの場合 $0.5s$ とする。

- (2) 板部材が不連続な縦式防撓材により防撓される場合、不連続な防撓材は板部材を異なるパネル要素に分割するものとしてのみ考慮する。
- (3) 付き板が異なる板厚又は最小降伏応力の鋼材から成る場合、次の算式により平均化された板厚又は最小降伏応力を用いて計算する。

$$t = \frac{t_1 s_1 + t_2 s_2}{s}$$

$$\sigma_{YP} = \frac{\sigma_{YP1} t_1 s_1 + \sigma_{YP2} t_2 s_2}{ts}$$

σ_{YP1} 、 σ_{YP2} 、 t_1 、 t_2 、 s_1 、 s_2 及び s : 図 5 による。

図 3 船体横断面の防撓材要素及びハードコーナー要素の配置例

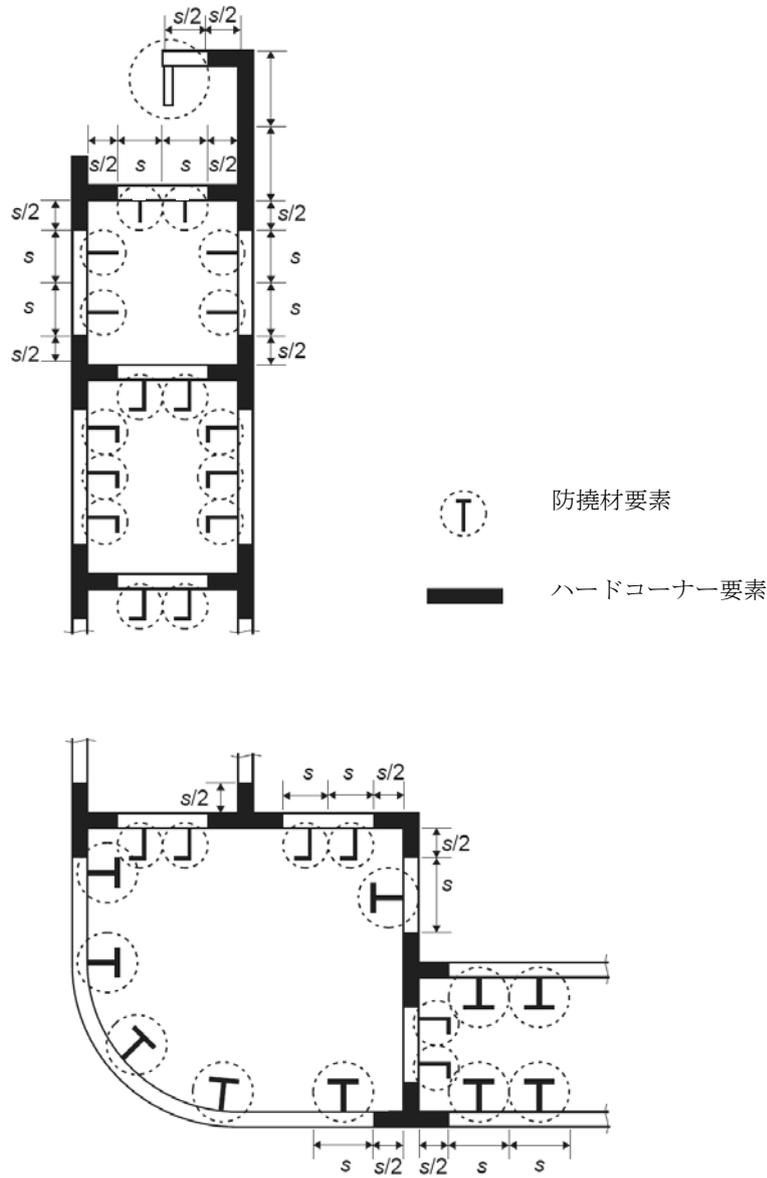


図4 ナックル部を有する板

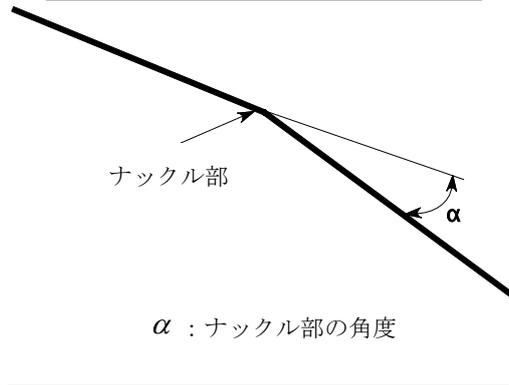
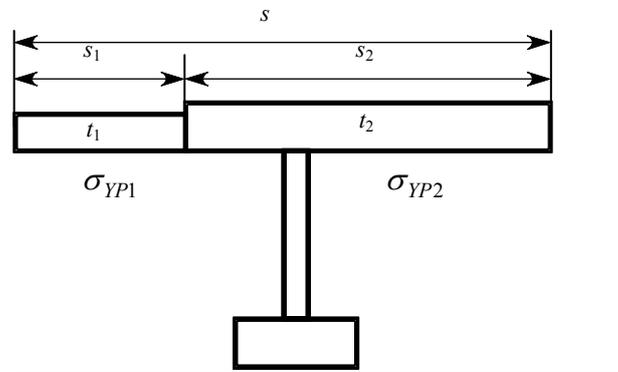


図5 異なる板厚及び異なる最小降伏応力を持つ要素



2.2.3 応力-ひずみ曲線

-1. 横式防撓パネル要素及び防撓材要素

船体横断面を構成する横式防撓パネル要素及び防撓材要素は、表2に規定する崩壊モードのいずれか一つに従い崩壊する。

- (1) 板部材が不連続な縦式防撓材によって防撓される場合、要素の応力は、不連続な縦式防撓材を考慮して-2.から-7.の規定により求める。縦曲げ最終強度を評価するための全荷重の計算において、不連続な縦式防撓材の面積は0として評価する。
- (2) 横式防撓パネル要素に開口が設けられる場合、縦曲げ最終強度を評価するための全荷重の計算において、考慮する横式防撓パネル要素の面積は、パネルから開口面積を控除して求める。
- (3) 横式防撓パネル要素において、応力-ひずみ曲線の圧縮荷重を受ける場合のパネルの有効幅は、パネル全幅として取り扱う。すなわち、パネルの有効幅は他の板との交差部又は縦式防撓材までであり、ハードコーナー要素端部又は防撓材要素の付き板からではない。縦曲げ最終強度を評価するための全荷重の計算においては、横式防撓パネル要素の面積は防撓材要素とハードコーナー要素の間又はハードコーナー要素間とする。

表2 横式防撓パネル要素及び防撓材要素の崩壊モード

要素	崩壊モード	応力-ひずみ曲線
引張荷重を受ける横式防撓パネル要素 又は防撓材要素	弾塑性崩壊	<u>2.2.3-2.</u>
圧縮荷重を受ける防撓材要素	梁柱座屈	<u>2.2.3-3.</u>
	振り座屈	<u>2.2.3-4.</u>
	フランジタイプの防撓材ウェブの局部座屈	<u>2.2.3-5.</u>
	平鋼タイプの防撓材ウェブの局部座屈	<u>2.2.3-6.</u>
圧縮荷重を受ける横式防撓パネル要素	板の座屈	<u>2.2.3-7.</u>

-2. 構造部材の弾塑性崩壊（ハードコーナー要素）

船体横断面を構成する構造部材の弾塑性崩壊に対する応力-ひずみ曲線 $\sigma - \varepsilon$ は、次の算式による。

$$\sigma = \Phi \sigma_{YA}$$

σ_{YA} : 考慮する要素の等価最小降伏応力 (N/mm^2) で、次による。

$$\sigma_{YA} = \frac{\sigma_{YP} A_p + \sigma_{YS} A_s}{A_p + A_s}$$

Φ : 端部関数で、次による。

$$\varepsilon < -1 \text{ の場合 : } \Phi = -1$$

$$-1 \leq \varepsilon \leq 1 \text{ の場合 : } \Phi = \varepsilon$$

$$\varepsilon > 1 \text{ の場合 : } \Phi = 1$$

ε : 相対ひずみで、次による。

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_E}{\varepsilon_Y}$$

ε_E : 考慮する要素のひずみ

ε_Y : 降伏応力における要素のひずみで、次による。

$$\varepsilon_Y = \frac{\sigma_{YA}}{E}$$

-3. 梁柱座屈

船体横断面を構成する縦式防撓材の梁柱座屈に対する応力-ひずみ曲線 $\sigma_{CRI} - \varepsilon$ は、次による。

$$\sigma_{CRI} = \Phi \sigma_{C1} \frac{A_s + A_{pE}}{A_s + A_p}$$

Φ : 端部関数で、-2.の規定による。

σ_{C1} : 限界応力 (N/mm^2) で、次による。

$$\sigma_{E1} \leq \frac{\sigma_{YB}}{2} \varepsilon \text{ の場合 : } \sigma_{C1} = \frac{\sigma_{E1}}{\varepsilon}$$

$$\sigma_{E1} > \frac{\sigma_{YB}}{2} \varepsilon \text{ の場合 : } \sigma_{C1} = \sigma_{YB} \left(1 - \frac{\sigma_{YB} \varepsilon}{4 \sigma_{E1}} \right)$$

σ_{YB} : 考慮する要素の等価最小降伏応力 (N/mm^2) で、次による。

$$\sigma_{YB} = \frac{\sigma_{YP} A_{pE} \ell_{pE} + \sigma_{YS} A_s \ell_{sE}}{A_{pE} \ell_{pE} + A_s \ell_{sE}}$$

A_{pE1} : 有効面積 (cm^2) で、次による。

$$A_{pE1} = 10 b_{E1} t$$

ℓ_{pE} : 幅 b_{E1} の付き板と防撓材の中性軸から付き板底部までの距離 (mm)

ℓ_{sE} : 幅 b_{E1} の付き板と防撓材の中性軸から防撓材頂部までの距離 (mm)

ε : 相対ひずみで、-2.の規定による。

σ_{E1} : オイラーの座屈応力 (N/mm^2) で、次による。

$$\sigma_{E1} = \pi^2 E \frac{I_E}{A_E \ell^2} 10^{-4}$$

I_E : 防撓材の断面二次モーメント (cm^4) で、防撓材の付き板の幅は b_{E1} とする。

A_E : 有効幅 b_E の付き板を含む防撓材の断面積 (cm^2)

b_{E1} : 防撓材の付き板の相対ひずみに対する補正有効幅 (m) で、次による。

$$\beta_E > 1.0 \text{ の場合 : } b_{E1} = \frac{s}{\beta_E}$$

$$\beta_E \leq 1.0 \text{ の場合 : } b_{E1} = s$$

β_E : 次による。

$$\beta_E = 10^3 \frac{s}{t} \sqrt{\frac{\varepsilon \sigma_{YP}}{E}}$$

A_{pE} : 有効幅 b_E の付き板の断面積 (cm^2) で、次による。

$$A_{pE} = 10 b_E t$$

b_E : 防撓材の付き板の有効幅 (m) で、次による。

$$\beta_E > 1.25 \text{ の場合 : } b_E = \left(\frac{2.25}{\beta_E} - \frac{1.25}{\beta_E^2} \right) s$$

$$\beta_E \leq 1.25 \text{ の場合 : } b_E = s$$

-4. 振り座屈

船体横断面を構成する防撓材の振り座屈に対する応力-ひずみ曲線 $\sigma_{CR2} - \varepsilon$ は、次による。

$$\sigma_{CR2} = \Phi \frac{A_s \sigma_{C2} + A_p \sigma_{CP}}{A_s + A_p}$$

Φ : 端部関数で、-2.の規定による。

σ_{C2} : 限界応力 (N/mm^2) で、次による。

$$\sigma_{E2} \leq \frac{\sigma_{YS}}{2} \varepsilon \text{ の場合 : } \sigma_{C2} = \frac{\sigma_{E2}}{\varepsilon}$$

$$\sigma_{E2} > \frac{\sigma_{YS}}{2} \varepsilon \text{ の場合 : } \sigma_{C2} = \sigma_{YS} \left(1 - \frac{\sigma_{YS} \varepsilon}{4\sigma_{E2}} \right)$$

ε : 相対ひずみで、-2.の規定による。

σ_{E2} : オイラーの捩り座屈応力 (N/mm^2) で、附属書 C32.2.7「座屈強度評価に関する検査要領」の 2.4.4-4.の σ_{ET} を参照すること。

σ_{CP} : 防撓材の付き板における付き板単独の座屈応力 (N/mm^2) で、次による。

$$\beta_E > 1.25 \text{ の場合 : } \sigma_{CP} = \left(\frac{2.25}{\beta_E} - \frac{1.25}{\beta_E^2} \right) \sigma_{YP}$$

$$\beta_E \leq 1.25 \text{ の場合 : } \sigma_{CP} = \sigma_{YP}$$

β_E : 係数で、-3.の規定による。

-5. フランジのある防撓材ウェブの局部座屈

船体横断面を構成するフランジのある防撓材ウェブの局部座屈に対する応力-ひずみ曲線 $\sigma_{CR3} - \varepsilon$ は、次による。

$$\sigma_{CR3} = \Phi \frac{10^3 b_E t \sigma_{YP} + (h_{we} t_w + b_f t_f) \sigma_{YS}}{10^3 s t + h_w t_w + b_f t_f}$$

Φ : 端部関数で、-2.の規定による。

b_E : 防撓材の付き板の有効幅 (m) で、-3.の規定による。

h_{we} : ウェブの有効深さ (mm) で、次による。

$$\beta_w > 1.25 \text{ の場合 } h_{we} = \left(\frac{2.25}{\beta_w} - \frac{1.25}{\beta_w^2} \right) h_w$$

$$\beta_w \leq 1.25 \text{ の場合 } h_{we} = h_w$$

β_w : 次による。

$$\beta_w = \frac{h_w}{t_w} \sqrt{\frac{\varepsilon \sigma_{YS}}{E}}$$

ε : 相対ひずみで、-2.の規定による。

-6. 平鋼タイプの防撓材ウェブの局部座屈

船体横断面を構成する平鋼タイプの防撓材ウェブの局部座屈に対する応力-ひずみ曲線 $\sigma_{CR4} - \varepsilon$ は、次による。

$$\sigma_{CR4} = \Phi \frac{A_p \sigma_{CP} + A_s \sigma_{C4}}{A_p + A_s}$$

Φ : 端部関数で、-2.の規定による。

σ_{CP} : 防撓材の付き板における付き板単独の座屈応力 (N/mm^2) で、-4.の規定による。

σ_{C4} : 限界応力 (N/mm^2) で、次による。

$$\sigma_{E4} \leq \frac{\sigma_{YS}}{2} \varepsilon \text{ の場合 : } \sigma_{C4} = \frac{\sigma_{E4}}{\varepsilon}$$

$$\sigma_{E4} > \frac{\sigma_{YS}}{2} \varepsilon \text{ の場合 : } \sigma_{C4} = \sigma_{YS} \left(1 - \frac{\sigma_{YS} \varepsilon}{4 \sigma_{E4}} \right)$$

σ_{E4} : オイラーの局部座屈応力 (N/mm^2) で、次による。

$$\sigma_{E4} = 160000 \left(\frac{t_w}{h_w} \right)^2$$

ε : 相対ひずみで、**-2.**の規定による。

-7. 板の座屈

船体横断面を構成する横方向に防撓された板の座屈に対する応力-ひずみ曲線 $\sigma_{CR5} - \varepsilon$ は、次による。

$$\sigma_{CR5} = \min \left\{ \begin{array}{l} \sigma_{YP} \Phi \\ \Phi \sigma_{YP} \left[\frac{s}{\ell} \left(\frac{2.25}{\beta_E} - \frac{1.25}{\beta_E^2} \right) + 0.1 \left(1 - \frac{s}{\ell} \right) \left(1 + \frac{1}{\beta_E^2} \right)^2 \right] \end{array} \right.$$

Φ : 端部関数で、**-2.**の規定による。

β_E : 係数で、**-3.**の規定による。

s : 板の幅 (m) で、防撓材の心距とする。

ℓ : 板の長辺方向の長さ (m)

2.3 代替手法

2.3.1 一般

-1. 代替手法を適用する場合には、事前に本会の同意を得ること。また、解析手法に関する資料及び代替手法による結果の詳細比較を本会に提出し承認を得ること。代替手法を用いた場合、部分安全係数の再検討を要求することがある。

-2. 曲率に対する縦曲げモーメントの関係 ($M-\chi$ 曲線) は、代替手法により導いて差し支えない。モデル化にあたっては、次に示す非線形構造応答において重要な影響因子を考慮する。

- (1) 幾何学的非線形挙動
- (2) 材料の非弾性挙動
- (3) 初期不整及び残留応力 (板及び防撓材の初期たわみ量)
- (4) 組合せ荷重
 - (a) 二軸圧縮
 - (b) 二軸引張
 - (c) せん断及び面外荷重
- (5) 境界条件
- (6) 座屈モード間の相関

(7) 板，防撓材，桁等の構造要素間の相関

(8) 座屈後の耐荷力

(9) 船体横断面において，二重底効果又は類似の影響により板及び防撓材等に局所的な塑性変形又は座屈損傷を引き起す可能性がある過大な圧縮応力を受ける要素

2.3.2 非線形有限要素解析

-1. 高度な非線形有限要素解析モデルを縦曲げ最終強度の評価に使用して差し支えない。モデル化にあたっては，2.3.1-2.に示す非線形構造応答において重要な影響因子を考慮する。

-2. 初期不整の形状及び大きさのモデル化には，特別な注意を払うこと。初期不整の形状及び大きさが最も支配的な崩壊モードの要因であることを確認する。

附属書 C32.2.8-2.として次の附属書を加える。

附属書 C32.2.8-2. 面外荷重影響を考慮した縦曲げ最終強度評価に関する検査要領

1.1 一般

1.1.1 定義

本附属書で使用する記号の定義は、特に定める場合を除き、表 1 による。

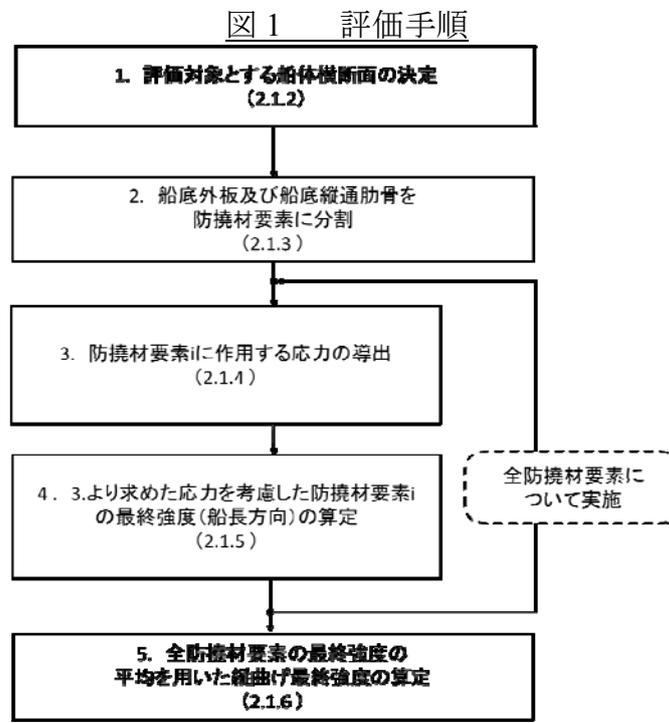
表 1 使用する記号の定義

記号	単位	意味
Z_B	m^3	船底における断面係数
σ_{YS}	N/mm^2	防撓材の材料の最小降伏応力
σ_{YP}	N/mm^2	付き板の材料の最小降伏応力
A_S	cm^2	防撓材の断面積
A_P	cm^2	付き板の断面積
t	mm	付き板の板厚
b_f	mm	防撓材の面材幅
t_f	mm	防撓材の面材の板厚
h_w	mm	防撓材のウェブの深さ
t_w	mm	防撓材のウェブの板厚
ℓ	m	付き板の長辺方向の長さ
s	m	付き板の幅
E	N/mm^2	ヤング率で、 2.06×10^5 (N/mm^2) とする。
ν		ポアソン比で、0.3 とする。

2.1 面外荷重影響を考慮した縦曲げ最終強度の評価手法

2.1.1 概要

面外荷重影響を考慮した縦曲げ最終強度の評価手順を図 1 に示す。



注：括弧の中は対応する規則番号を示す。

2.1.2 評価船体横断面の決定

規則 C 編 32.2.8-2.にいう「船体中央に位置する貨物倉の中央付近の船体横断面」とは、表 2 に示す計算条件において規則 C 編 32.9 の規定により求まる船底外板に発生する船長方向応力が最大となる位置での船体横断面とする。

表 2 計算条件

積付状態	波浪荷重条件
ワンベイ空倉 積付状態	L-180-1

2.1.3 防撓材要素のモデル化

船底外板及び船底縦通肋骨のモデル化にあたっては、次の(1)から(3)による。

- (1) モデル化の対象範囲は、前 2.1.2 で定める船体横断面を含む隣り合う 2 つの横桁間の船底外板及び船底縦通肋骨とする。ただし、ビルジ部及びひな壇直下の船底外板及び船底縦通肋骨を除く。
- (2) 対象範囲を 1 つの船底縦通肋骨及びその付き板から成る防撓材要素 i に分割する。なお、付き板の幅は防撓材の平均心距とする。(図 2 参照)
- (3) 防撓材要素の付き板が異なる板厚及び最小降伏応力の鋼材から構成される場合、平均化された付き板の板厚 t (mm) 及び最小降伏応力 σ_{YP} (N/mm²) は次による。(図

3 参照)

$$t = \frac{t_1 s'_1 + t_2 s'_2}{s}$$

$$\sigma_{YP} = \frac{\sigma_{YP1} t_1 s'_1 + \sigma_{YP2} t_2 s'_2}{ts}$$

t_1, t_2 : 付き板を構成する板の板厚 (mm)

$\sigma_{YP1}, \sigma_{YP2}$: 付き板を構成する板の最小降伏応力 (N/mm²)

s'_1, s'_2 : 付き板を構成する板の幅 (m)

図2 防撓材要素の分割方法

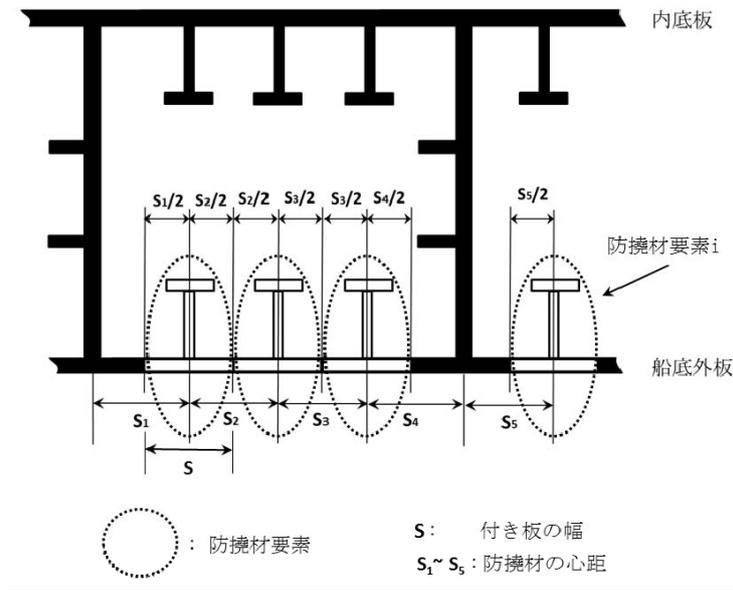
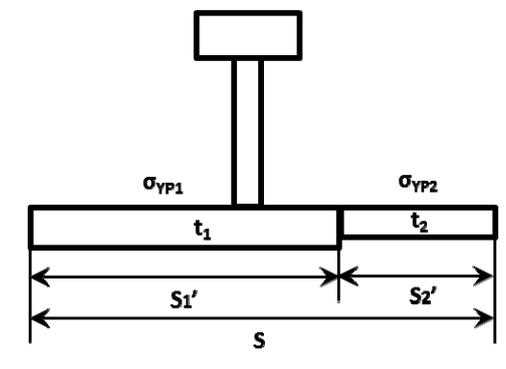


図3 異なる板厚及び最小降伏応力を持つ防撓材要素



2.1.4 防撓材要素に作用する応力の導出

表2に示す計算条件において規則C編32.9の規定より、防撓材要素*i*の位置での船底外板に発生する船長方向応力 σ_{xi} (N/mm²)及び船幅方向応力 σ_{yi} (N/mm²)を求める。

2.1.5 防撓材要素の最終強度の算定

防撓材要素 i の最終強度 σ_{USi} (N/mm^2) は次による。ただし、0 以上とする。

バルブプレート、山型鋼及び T 型鋼の場合：
$$\sigma_{USi} = \min(\sigma_{US1i}, \sigma_{US2i}, \sigma_{US3i}) - \sigma_{x0i}$$

平鋼の場合：
$$\sigma_{USi} = \min(\sigma_{US1i}, \sigma_{US2i}, \sigma_{US4i}) - \sigma_{x0i}$$

σ_{x0i} ：面外荷重により防撓材要素 i に作用する船長方向応力 (N/mm^2) で、次による。

$$\sigma_{x0i} = \sigma_{xi} - \sigma_{HG}$$

σ_{xi} ：前 2.1.4 により求まる船長方向応力 (N/mm^2)

σ_{HG} ：ハルガード曲げ応力 (N/mm^2) で、次による。

$$\sigma_{HG} = \frac{M_{S\max} + M_{W-Hog-Mid}}{Z_B} 10^{-3}$$

$M_{S\max}$ ：評価する船体横断面における航海中の許容最大静水中垂直曲げモーメント

$M_{W-Hog-Mid}$ ：規則 C 編 32.2.3-6. の規定による。

$\sigma_{US1i}, \sigma_{US2i}, \sigma_{US3i}, \sigma_{US4i}$ ：防撓材要素 i の各崩壊モードにおける最終強度 (N/mm^2) で、次の(1)から(4)による。なお、次の(1)から(4)に示す記号は全て防撓材要素 i に関する記号とする。

(1) 梁柱座屈に対する最終強度 σ_{US1i} (N/mm^2) は、次による。

$$\sigma_{US1i} = \sigma_{C1} \frac{A_S + A_{PE}}{A_S + A_P}$$

σ_{C1} ：限界応力 (N/mm^2) で、次による。

$$\sigma_{E1} \leq \frac{\sigma_{YB}}{2} \text{ の場合： } \sigma_{C1} = \sigma_{E1}$$

$$\sigma_{E1} > \frac{\sigma_{YB}}{2} \text{ の場合： } \sigma_{C1} = \sigma_{YB} \left(1 - \frac{\sigma_{YB}}{4\sigma_{E1}} \right)$$

σ_{YB} ：最小降伏応力 (N/mm^2) で、次による。

$$\sigma_{YB} = \frac{\sigma_{YP} A_{PE1} \ell_{PE} + \sigma_{YS} A_S \ell_{SE}}{A_{PE1} \ell_{PE} + A_S \ell_{SE}}$$

ℓ_{PE} ：幅 b_{E1} の付き板と防撓材の中性軸から付き板底部までの距離 (mm)

ℓ_{SE} ：幅 b_{E1} の付き板と防撓材の中性軸から防撓材頂部までの距離 (mm)

A_{PE1} ：付き板の有効面積 (cm^2) で、次による。

$$A_{PE1} = 10b_{E1}t$$

b_{E1} ：付き板の補正有効幅 (m) で、次による。

$$\underline{\beta_E > 1.0 \text{ の場合}} \quad \underline{b_{E1} = \frac{s}{\beta_E}}$$

$$\underline{\beta_E \leq 1.0 \text{ の場合}} \quad \underline{b_{E1} = s}$$

$\underline{\beta_E}$: 係数で、次による。

$$\underline{\beta_E = \sqrt{\frac{k\pi^2}{12(1-\nu^2)}} \cdot \sqrt{\frac{\sigma_{YP}}{\sigma_E}}}$$

\underline{k} : 係数で、次による。

$$\underline{k = \left(\frac{m_0 s}{\ell} + \frac{\ell}{m_0 s} \right)^2}$$

$\underline{m_0} : \sqrt{m_0(m_0 - 1)} < \frac{\ell}{s} \leq \sqrt{m_0(m_0 + 1)}$ を満たす整数。ただし、1以上とする。

$\underline{\sigma_E}$: 付き板の弾性座屈応力 (N/mm^2) で、次による。

$$\underline{\sigma_E = \frac{Ek'\pi^2}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t}{10^3 s} \right)^2 - \left(\frac{\ell}{ms} \right)^2 \sigma_{yi}}$$

\underline{m} : 係数で次による。

$\underline{\sigma_{yi} \leq \sigma_{ycm}}$ または $\underline{m_0 \leq 2}$ の場合 : $\underline{m = m_0}$

$\underline{\sigma_{yi} > \sigma_{ycm}}$ の場合 : $\underline{m = m_0 - 1}$

$$\underline{\sigma_{ycm} = \frac{E\pi^2}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t}{10^3 s} \right)^2 \left(1 - m_0^2 (m_0 - 1)^2 \left(\frac{s}{\ell} \right)^4 \right)}$$

$\underline{k'}$: 係数で、次による。

$$\underline{k' = \left(\frac{ms}{\ell} + \frac{\ell}{ms} \right)^2}$$

$\underline{\sigma_{yi}}$: 前 **2.1.4** により求まる船幅方向応力 (N/mm^2)

$\underline{\sigma_{E1}}$: オイラーの座屈応力 (N/mm^2) で、次による。

$$\underline{\sigma_{E1} = \pi^2 E \frac{I_E}{A_E \ell^2} 10^{-4}}$$

$\underline{I_E}$: 防撓材の断面二次モーメント (cm^4) で、付き板の幅は b_{E1} とする。

$\underline{A_E}$: 付き板の幅 b_E を含む防撓材の断面積 (cm^2)

$\underline{b_E}$: 付き板の有効幅 (m) で、次による。

$$\underline{\beta_E > 1.25 \text{ の場合}} : \underline{b_E = \left(\frac{2.25}{\beta_E} - \frac{1.25}{\beta_E^2} \right) s}$$

$\beta_E \leq 1.25$ の場合： $\underline{b_E = s}$
 A_{PE} ：有効幅 b_E の付き板の断面積 (cm^2) で、次による。
 $A_{PE} = 10b_E t$

(2) 振り座屈に対する最終強度 $\underline{\sigma_{US2i}}$ (N/mm^2) は、次の算式による。

$$\sigma_{US2i} = \frac{A_S \sigma_{C2} + A_P \sigma_{CP}}{A_S + A_P}$$

σ_{C2} ：限界応力 (N/mm^2) で、次による。

$$\sigma_{E2} \leq \frac{\sigma_{YS}}{2} \text{ の場合： } \underline{\sigma_{C2} = \sigma_{E2}}$$

$$\sigma_{E2} > \frac{\sigma_{YS}}{2} \text{ の場合： } \underline{\sigma_{C2} = \sigma_{YS} \left(1 - \frac{\sigma_{YS}}{4\sigma_{E2}} \right)}$$

σ_{E2} ：オイラーの振り座屈応力 (N/mm^2) で、附属書 C32.2.7「座屈強度評価に関する検査要領」の 2.4.4-4.の σ_{ET} を参照すること。

σ_{CP} ：付き板の座屈応力 (N/mm^2) で、次による。

$$\beta_E > 1.25 \text{ の場合： } \underline{\sigma_{CP} = \left(\frac{2.25}{\beta_E} - \frac{1.25}{\beta_E^2} \right) \sigma_{YP}}$$

$$\beta_E \leq 1.25 \text{ の場合： } \underline{\sigma_{CP} = \sigma_{YP}}$$

β_E ：前(1)による。

(3) フランジのある防撓材ウェブの局部座屈に対する最終強度 $\underline{\sigma_{US3i}}$ (N/mm^2) は、次による。

$$\sigma_{US3i} = \frac{10^3 b_E t \sigma_{YP} + (h_{we} t_w + b_f t_f) \sigma_{YS}}{10^3 s t + h_w t_w + b_f t_f}$$

b_E ：前(2)による。

h_{we} ：防撓材のウェブの有効深さ (mm) で、次による。

$$\beta_w > 1.25 \text{ の場合： } \underline{h_{we} = \left(\frac{2.25}{\beta_w} - \frac{1.25}{\beta_w^2} \right) h_w}$$

$$\beta_w \leq 1.25 \text{ の場合： } \underline{h_{we} = h_w}$$

β_w ：係数で、次による。

$$\beta_w = \frac{h_w}{t_w} \sqrt{\frac{\sigma_{YS}}{E}}$$

(4) 平鋼タイプの防撓材ウェブの局部座屈に対する最終強度 $\underline{\sigma_{US4i}}$ (N/mm^2) は、次による。

$$\sigma_{US4i} = \frac{A_P \sigma_{CP} + A_S \sigma_{C4}}{A_P + A_S}$$

σ_{CP} : 前(2)による。

σ_{C4} : 限界応力 (N/mm^2) で、次による。

$$\sigma_{E4} \leq \frac{\sigma_{YS}}{2} \text{ の場合 : } \sigma_{C4} = \sigma_{E4}$$

$$\sigma_{E4} > \frac{\sigma_{YS}}{2} \text{ の場合 : } \sigma_{C4} = \sigma_{YS} \left(1 - \frac{\sigma_{YS}}{4\sigma_{E4}} \right)$$

σ_{E4} : オイラーの局部座屈応力 (N/mm^2) で、次による。

$$\sigma_{E4} = 160000 \left(\frac{t_w}{h_w} \right)^2$$

2.1.6 縦曲げ最終強度の算定

面外荷重影響を考慮した縦曲げ最終強度 M_{U_DB} ($kN\cdot m$) は次による。

$$M_{U_DB} = \alpha_U \sigma_{US_avg} Z_B 10^3$$

σ_{US_avg} : 全防撓材要素の平均最終強度 (N/mm^2) で、次による。

$$\sigma_{US_avg} = \frac{\sum_{i=1} (\sigma_{USi} A_i)}{\sum_{i=1} A_i}$$

σ_{USi} : 前 2.1.5 による。

A_i : 防撓材要素 i の横断面積 (cm^2) で次による。

$$A_i = A_p + A_s$$

α_U : 修正係数で、次による。

$$\alpha_U = 1.25$$

附属書 C34.1.2 を次のように改める。

附属書 C34.1.2 ローディングマニュアルに関する検査要領

1.1 ローディングマニュアルの構成

(省略)

1.2 概説に記載すべき内容

(1.2.1 及び 1.2.2 は省略)

1.2.3 静水中縦曲げモーメント及び静水中せん断力の許容値

-1. 本附属書の 1.4 において算定される静水中縦曲げモーメントと静水中せん断力の許容値を付録 C2「ローディングマニュアルの作成に関する手引書」1.2 及び 1.3 にならぬ明記する。さらに、曲げモーメント及びせん断力の正負の符号の定義を伴記する。(規則 C 編 15.2.1-1. 及び 15.3.1-1. 並びに 32 章が適用される船舶の場合 32.1.2 参照)

-2. 本船の縦強度上の応力レベルを付録 C2「ローディングマニュアルの作成に関する手引書」1.4 に示す程度に明記する。

1.2.4 貨物の偏積による船体の振りモーメントの許容値

-1. 規則 C 編 32 章の規定が適用される船舶では、~~C32.2.2~~C32.3.1 の規定を適用する際に考慮した貨物の偏積による船体の振りモーメントの値をその許容値として明記する。

1.3 標準積付状態

(省略)

1.4 縦強度上の許容値

1.4.1 一般

-1. 規則 C 編 32 章の規定が適用される船舶以外の船舶の場合、ローディングマニュアルに記載される静水中縦曲げモーメント及び静水中せん断力の許容値は、当該船舶の設計条件も考慮して定める。ただし、本会が必要と認めた船体横断面の位置において、次の 1.4.2(1) から 1.4.4(3) による値を超えてはならない。

(1) 静水中縦曲げモーメントの許容値

考慮している船体横断面の位置における静水中縦曲げモーメントは、正及び負のそれぞれにつき、次の算式により算定される値とする。ただし、この値は、規則 C 編 15.4 の規定を満足する必要がある。

縦曲げ強度により定まる値

$$\text{正の値} : \frac{fZ}{5.72C} - M_w(+)$$

(kN-m)

$$\text{負の値} : -\frac{fZ}{5.72C} - M_w(-) \quad (kN\cdot m)$$

f : 次の(a)又は(b)による。

(a) 規則 C 編 1.1.7-2.(1)及び CS 編 1.3.1-2.(1)の規定を適用しない船舶では 1.0。ただし、規則 C 編又は要領 C 編に規定する f_B 又は f_D を用いた規定を適用する場合には、その値とする。

(b) 規則 C 編 1.1.7-2.(1)又は CS 編 1.3.1-2.(1)の規定を適用する船舶では附属書 C1.1.7-1.「高張力鋼を使用する場合の船体構造に関する検査要領」の 1.2.1-2.(1)に規定する f_{BH} 又は f_{DH} の値。

Z : 当該位置における船底又は強力甲板に対する船体横断面の断面係数 (cm^3)

C : C15.1.1(3)に規定する係数。ただし、 $C'_b \geq 0.65$ のとき 1.0 で、 C'_b は、規則 C 編 15.2.1-1.に規定する係数。

$M_w(+)$ 及び $M_w(-)$: 規則 C 編 15.2.1-1.による。

(2) 静水中せん断力の許容値

(a) 縦通隔壁を有さない船舶の静水中せん断力の許容値は、次の算式による値とする。

$$\text{正の値} : \frac{t_s I}{0.455mK} - F_w(+)$$

$$\text{負の値} : -\frac{t_s I}{0.455mK} - F_w(-)$$

t_s : 考慮している位置における船側外板の厚さ (mm)

$I, m, F_w(+)$ 及び $F_w(-)$: 規則 C 編 15.3.1-1.の規定による。

K : 1.0。ただし、船底又は強力甲板に高張力鋼を使用する場合は、規則 C 編 1.1.7-2.(1)に掲げる値とする。

(b) C15.3.1-1.の規定により船側外板の厚さを定めた船舶では、前(a)の値と次の算式による値のうちいずれか小さいものとする。

$$\text{正の値} : F \frac{\tau_p}{\tau} - F_w(+)$$

$$\text{負の値} : -F \frac{\tau_p}{\tau} - F_w(-)$$

F : 直接計算に用いた船体横断面に作用するせん断力で C15.3.1-1.(1)の算式による値 (kN)

$F_w(+)$ 及び $F_w(-)$: 規則 C 編 15.3.1-1.の規定による波浪せん断力 (kN)

τ_p : C15.3.1-1.(2)による許容応力 (N/mm^2)

τ : 直接計算より算定されるせん断応力で、船側外板、ビルジホップタンク又はトップサイドタンクに発生するもののうち最大のもの (N/mm^2)

(c) 1列ないし4列の縦通隔壁を有する船舶に対するせん断力の許容値は、次の i) 及び ii)の規定による。

i) 静水中せん断力の許容値は、次の算式による値

$$\text{正の値} : \frac{\sum tI}{0.455mK} - F_w(+)\text{ (kN)}$$

$$\text{負の値} : -\frac{\sum tI}{0.455mK} - F_w(-)\text{ (kN)}$$

$I, m, F_w(+)$ 及び $F_w(-)$: 規則 C 編 15.3.1-1.の規定による。

$\sum t$: 考慮している位置における船側外板及び各縦通隔壁板の板厚の合計
(mm)

K : 前(a)による。

ii) 各縦通隔壁に作用するせん断力の許容値は、次の算式による値
(片舷)

$$\text{正の値} : \frac{tI}{0.910mK} - \alpha F_w(+)\text{ (kN)}$$

$$\text{負の値} : -\frac{tI}{0.910mK} - \alpha F_w(-)\text{ (kN)}$$

$I, m, F_w(+)$ 及び $F_w(-)$: 規則 C 編 15.3.1-1.の規定による。

t : 考慮している位置における各縦通隔壁板の板厚 (mm)

α : 各縦通隔壁のせん断力の分担率で規則 C 編 15.3.2 による。

K : 前(a)による。

(d) 前(a)から(c)によるせん断力 F_s の許容値は、規則 C 編 15.4 の規定を満足する必
要がある。

(3) 港内における静水中縦曲げモーメント及び静水中せん断力の許容値

港内等波浪の影響を受けない水域における静水中縦曲げモーメント及び静水中せん断力の許容値は前(1)及び(2)において、波浪中縦曲げモーメント及び波浪中せん断力をそれぞれ前(1)及び(2)に規定する値の 1/2 として算定される値として差し支えない。

-2. 規則 C 編 32 章の規定が適用される船舶の場合、ローディングマニュアルに記載される静水中垂直曲げモーメント及び静水中垂直せん断力の許容値は、規則 C 編 32.2.3-4.に規定する許容静水中垂直曲げモーメント及び許容静水中垂直せん断力とする。ただし、港内における静水中垂直曲げモーメント及び静水中垂直せん断力の許容値は、上記の許容静水中垂直曲げモーメント及び許容静水中垂直せん断力に規則 C 編 32.2.3-6.及び-7.に規定する波浪中垂直曲げモーメント及び波浪中垂直せん断力の 1/2 を加えた値として差し支えない。

-23. 規則 C 編 34.1.1-2 の規定により積付計算機を備える船舶にあつては、ローディングマニュアルに積付計算機及びその取扱説明書を備える旨を記載すること。

1.4.2 静水中縦曲げモーメントの許容値

1. 規則 C 編 32 章の規定が適用される船舶に対して、考慮している船体横断面の位置における静水中縦曲げモーメントは、正及び負のそれぞれにつき、次の(1)又は(2)により算定される値のうちいずれか小さいものとする。ただし、この値は、C15.4.1 の規定を満足する必要がある。

(1) 縦曲げ強度により定まる値

~~正の値：
$$\frac{fZ}{5.72C} M_w(+)$$
 (kN-m)~~

~~負の値：
$$-\left[\frac{fZ}{5.72C} + M_w(-) \right]$$
 (kN-m)~~

 ~~f ：次の(a)又は(b)による。~~
~~(a) 規則 C 編 1.1.7 2.(1) 及び CS 編 1.3.1 2.(1) の規定を適用しない船舶では 1.0。ただし、規則 C 編又は要領 C 編に規定する f_B 又は f_D を用いた規定を適用する場合には、その値とする。~~
~~(b) 規則 C 編 1.1.7 2.(1) 又は CS 編 1.3.1 2.(1) の規定を適用する船舶では附属書 C1.1.7 1.「高張力鋼を使用する場合の船体構造に関する検査要領」の 1.2.1 2.(1) に規定する f_{BH} 又は f_{DH} の値。~~
 ~~Z ：当該位置における船底又は強力甲板に対する船体横断面の断面係数 (cm^3)~~
 ~~C ：C15.1.1(3) に規定する係数。ただし、 $C_b \geq 0.65$ のとき 1.0 で、 C_b は、規則 C 編 15.2.1 1. に規定する係数。~~
 ~~$M_w(+)$ 及び $M_w(-)$ ：規則 C 編 15.2.1 1. による。~~
~~(2) 曲げ振り強度により定まる値~~
~~貨物の偏積によって船体に振りモーメントが発生する場合には、C32.2.2 の規定を適用するとき用いた振りモーメントによるそり応力の値を次の算式中の [] の値より差し引く必要がある。~~

~~正の値：
$$\left[\frac{1000}{5.72K} \sqrt{\{0.75\sigma_V(+)\}^2 + \sigma_H^2 + \sigma_\omega^2} \right] \frac{Z_V}{1000}$$
 (kN-m)~~

~~負の値：
$$-\left[\frac{1000}{5.72K} \sqrt{\{0.75\sigma_V(-)\}^2 + \sigma_H^2 + \sigma_\omega^2} \right] \frac{Z_V}{1000}$$
 (kN-m)~~

 ~~$\sigma_V(+)$ 及び $\sigma_V(-)$ ：それぞれ次の値とする。~~

~~$$\sigma_V(+)=1000 \frac{M_w(+)}{Z_V}$$~~

~~$$\sigma_V(-)=1000 \frac{M_w(-)}{Z_V}$$~~

 ~~$M_w(+)$ 及び $M_w(-)$ ：規則 C 編 15.2.1 1. による。~~
 ~~σ_H, σ_ω 及び Z_V ：C32.2 による。~~
 ~~K ：1.0。ただし、船底又は強力甲板に高張力鋼を使用する場合は、規則 C 編 1.1.7 2.(1) に掲げる値とする。~~
~~2. 規則 C 編 32 章の規定が適用されるもの以外の船舶の場合は、考慮している船体横断面の位置における静水中縦曲げモーメントは、正及び負のそれぞれにつき、前 1.(1) により定まる値で、C15.4.1 の規定を満足するものとする。~~

1.4.3 静水中せん断力の許容値

~~1. 縦通隔壁を有さない船舶の静水中せん断力の許容値は、次の算式による値とする。~~

~~正の値：
$$\frac{t_s I}{0.455mK} - F_w(+)$$
 (kN)~~

~~負の値：
$$\left[\frac{t_s I}{0.455mK} + F_w(-) \right]$$
 (kN)~~

~~t_s : 考慮している位置における船側外板の厚さ (mm)~~

~~$I, m, F_w(+)$ 及び $F_w(-)$: 規則 C 編 15.3.1.1. の規定による。~~

~~K : 1.4.2.1.(2) による。~~

~~2. C15.3.1.1. の規定により船側外板の厚さを定めた船舶では、前 1. の値と次の算式による値のうちいずれか小さいものとする。~~

~~正の値 : $F \frac{\tau_p}{\tau} - F_w(+)$ (kN)~~

~~負の値 : $-\left[F \frac{\tau_p}{\tau} + F_w(-) \right]$ (kN)~~

~~F : 直接計算に用いた船体横断面に作用するせん断力で C15.3.1.1.(1) の算式による値 (kN)~~

~~$F_w(+)$ 及び $F_w(-)$: 規則 C 編 15.3.1.1. の規定による波浪せん断力 (kN)~~

~~τ_p : C15.3.1.1.(2) による許容応力 (N/mm²)~~

~~τ : 直接計算より算定されるせん断応力で、船側外板、ビルジホップタンク又はトランプサイドタンクに発生するもののうち最大のもの (N/mm²)~~

~~3. 1 列ないし 4 列の縦通隔壁を有する船舶に対するせん断力の許容値は、次の (1) 及び (2) の規定による。~~

~~(1) 静水中せん断力の許容値は、次の算式による値~~

~~正の値 : $\frac{\sum t l}{0.455mK} F_w(+)$ (kN)~~

~~負の値 : $-\left[\frac{\sum t l}{0.455mK} + F_w(-) \right]$ (kN)~~

~~$I, m, F_w(+)$ 及び $F_w(-)$: 規則 C 編 15.3.1.1. の規定による。~~

~~$\sum t$: 考慮している位置における船側外板及び各縦通隔壁板の板厚の合計 (mm)~~

~~K : 1.4.2.1.(2) による。~~

~~(2) 各縦通隔壁に作用するせん断力の許容値は、次の算式による値 (片舷)~~

~~正の値 : $\frac{t l}{0.910mK} \alpha F_w(+)$ (kN)~~

~~負の値 : $-\left[\frac{t l}{0.910mK} + \alpha F_w(-) \right]$ (kN)~~

~~$I, m, F_w(+)$ 及び $F_w(-)$: 規則 C 編 15.3.1.1. の規定による。~~

~~t : 考慮している位置における各縦通隔壁板の板厚 (mm)~~

~~α : 各縦通隔壁のせん断力の分担率で規則 C 編 15.3.2 による。~~

~~K : 1.4.1.1.(2) による。~~

~~4. 前 1. から 3. によるせん断力 F_s の許容値は、C15.4.1 の規定を満足する必要がある。~~

1.4.4 港内における静水中縦曲げモーメント及び静水中せん断力の許容値

港内等波浪の影響を受けない水域における静水中縦曲げモーメント及び静水中せん断力の許容値は 1.4.2 及び 1.4.3 において、波浪縦曲げモーメント及び波浪せん断力をそれぞれ 1.4.2 及び 1.4.3 に規定する値の 1/2 として算定される値として差し支えない。

付録 C1 設計に関する参考資料

1.4 を次のように改める。

1.4 コンテナ船の偏積による船体の振りモーメントの標準値 (~~C32.2.2~~C32.3 関連)

1.4.1

~~C32.2.2~~C32.3 の規定を適用する場合に考慮すべき「貨物の偏積により船体に発生する振りモーメント」は、次に示す M_{TC} の値を標準とする。

$$M_{TC} = 0.23LN_R W_C \quad (kN\cdot m)$$

N_R : 倉内に積載するコンテナの最大列数

W_C : 積載する 20ft コンテナ当りの平均重量 (kN) で通常 100kN とする。

また、 M_{TC} により船体に発生するそり応力 (N/mm^2) は、次に示す σ_{ω} の算式により求めることができる。

$$\sigma_{\omega} = 0.000318 \frac{\omega l_C M_{TC}}{I_{\omega} + 0.04 l_C^2 J}$$

ω , ~~l_C~~ , I_{ω} 及び J : ~~C32.2.2~~C32.3.1 による。

附 則 (改正その 2)

1. この達は、2016 年 4 月 1 日 (以下、「施行日」という。) から施行する。
2. 施行日前に建造契約が行われた船舶にあっては、この達による規定にかかわらず、なお従前の例によることができる。