

昭和 63 年鋼船規則及び同検査要領 C 編, CS 編, Q 編改正の解説

はじめに

昭和 63 年 6 月 17 日付規則 12 号及び達 6 号並びに同年 6 月 28 日付達 7 号により改正された規定のうち、C 編に関連するものは次のとおりである。

- (1) 片持梁（規則 12 号及び達 6 号）
- (2) 船尾材に隣接する外板の厚さ（規則 12 号及び達 6 号）
- (3) SI 単位の導入（規則 12 号及び達 6 号）
- (4) 縦通板部材の圧縮座屈強度（達 7 号）
- (5) 倉口蓋の風雨密確保の方法（達 7 号）

以下、上記の各項目ごとに改正した規定について解説を行う。

I 片 持 梁

改正の主旨

二層甲板船の第二甲板等に設けられる片持梁が、その肘板部分で座屈等を起し、甲板が垂下する損傷が見うけられた。この種の損傷は、主に積載貨物の過大な積付等に原因がある。

第二甲板の設計荷重は、通常、甲板上に貨物が均一に積載されるものとして定められている（図 1 (1) 参照）。一方、このような船舶の上甲板（暴露甲板）の倉口縁材

は、約 1～1.5 m の高さを有しているため、この倉口縁材で囲まれる部分にも貨物が積載されることが考えられる（図 1 (2) 参照）。また、比重の大きな貨物を第二甲板に半載する場合でも、荷役時から均一に積付けていれば問題ないが、ややもすると図 1 (3) に示すように、倉口直下に集中的に貨物が積載される場合も考えられる。このような積付をしないよう操船上注意すれば損傷も防止できるが、この種の損傷は、一度発生すると、本船及び積載貨物に重大な損害を与えることとなる。

このため、片持梁構造において、甲板荷重を算定する際にこれまで考慮に入れていなかった上甲板の倉口縁材の高さを考慮し、図 1 (2) に示す貨物積付状態を仮定して定めるよう、また、片持梁の曲げ強度における許容応力及び座屈強度についても見直しを行い、より強固な構造とするよう規定を改めた。これにともなって、貨物甲板の甲板荷重の規定についても見直しを行い、次の改正を行った。

- (1) 本規定は、通常の貨物を積載する甲板に対する規定である旨明記して、特に軽い貨物を積載する場合の軽減規定を削除。
- (2) 前(1)の代替として、甲板荷重を設計者が任意に定められるようにし、その場合であっても、実際の貨物の荷姿を考慮して定めるよう規定。

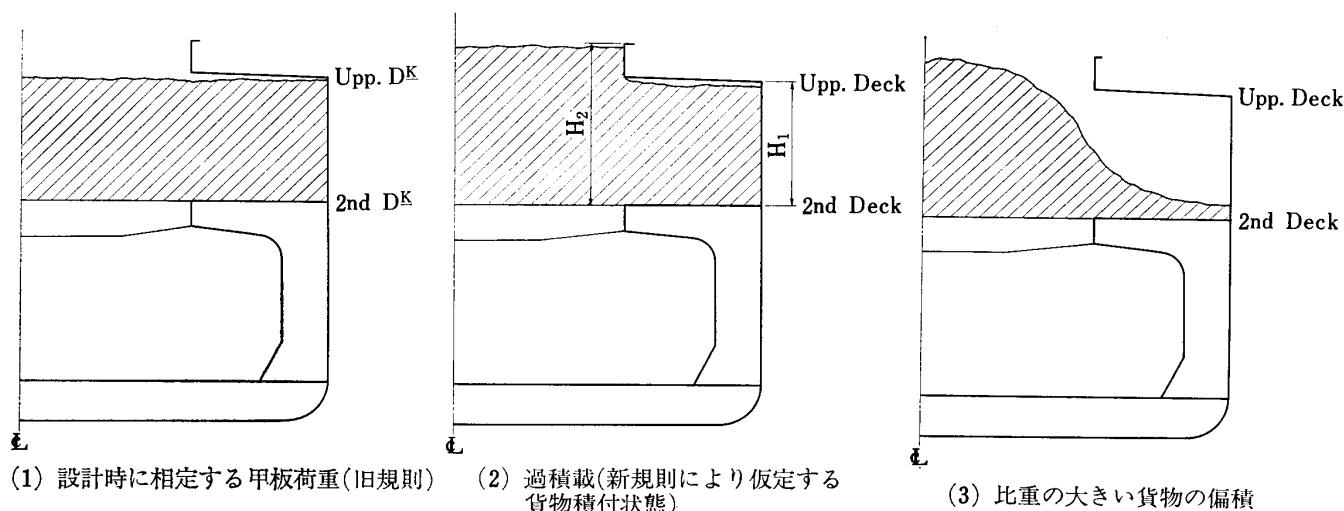


図 1 2nd Deck 上の貨物の荷姿

また、検査要領では、片持梁の肘板部の補強方法を具体的に明記するとともに、甲板荷重の定め方の改正にもなって、甲板の設計荷重を船長への情報としてローディングマニュアル等に必ず記載するよう改めた。

改正の解説

鋼船規則

C編 船体構造及び船体舾装

7章 肋骨

7.5 片持梁構造

7.5.1 片持梁

許容曲げ応力及びせん断応力並びに倉口蓋上の甲板荷重について見直しを行い、(3)の断面係数と h_2 の規定及び(5)に規定する t_1 の算式を改めた。

旧規則における片持梁の許容曲げ応力並びにせん断応力は、それぞれ、 156 N/mm^2 (16 kg/mm^2) 及び 117 N/mm^2 (12 kg/mm^2) であった。今回、これらの許容応力を各々10%ずつ下げ、曲げについては 140 N/mm^2 、せん断は 105 N/mm^2 とした。したがって、(3)の断面係数算定式及び(5)の t_1 の算式において、係数を10%ずつ上げ、さらに甲板荷重の h_1 及び h_2 がSI単位(kN/m^2)で与えられることを考慮すれば、Zの係数63は、

$$63 \times 1.1 \div 9.81 = 7.06 \approx 7.1$$

また、 t_1 の係数0.084は、

$$0.084 \times 1.1 \div 9.81 = 0.0094 \approx 0.0095$$

となる。

なお、片持梁のモデル化等については、会誌116号及び172号を参照されたい。

次に、倉口上の荷重(h_2)については、甲板を3種類に分類してより明確な規定とした。これらの中で、暴露甲板の h_2 は、

① C編10.2.1-2.に規定する波浪荷重。なお、倉口縁材の高さを考慮できるようにした。

② 倉口蓋上の貨物荷重

③ ILLCに規定する倉口蓋の設計荷重

のうち最大のものを取るよう規定した。また、特に第二甲板の h_2 の算定にあたっては、暴露甲板の倉口縁材も考慮しなければならないことを明示するため、図を入れている。

7.5.2 特設肋骨

片持梁を支える特設肋骨においても、片持梁と同一の強度基準を用いているため、7.5.3と同様の改正を行い、対応する算式の係数を改めた。ただし、7.5.2(5)は、

甲板荷重がSI単位で与えられることによる算式の修正のみである。

10章 梁

10.2 甲板荷重

10.2.1 h の値

-1. 貨物甲板の h の値

特に軽い貨物に対する軽減規定(旧規則の(4))を削除し、主文において本規定は通常の貨物を積載する甲板に対する規定である旨明記した。

さらに、(1)においては、旧規則では貨物の最小の単位体積当りの荷重を 0.7 t/m^3 としていたものを、SI単位導入にともない 7 kN/mm^3 にするとともに、貨物積付高さとして直上甲板の形状、特に暴露甲板の倉口縁材の高さも考慮するよう改めた。また、旧規則の(4)の代替として、甲板間高さの7倍を標準的なものであるとし、甲板の計画最大貨物積載重量が定められた場合には、これが優先する旨規定した。

したがって、本改正規則が適用された船舶においては、これまでのように船倉の高さに応じて甲板荷重が定められていない場合もあり得るので、特に操船者及び荷役作業者は、安全な運航のために、本船の設計時の甲板荷重を十分認識する必要がある。このため、検査要領において甲板の制限荷重をローディングマニュアル(これがない場合は、船長のための復原性資料等)に記載するよう規定している(要領C10.2.1参照)。

すでに就船している実船の片持梁について、これらの改正規定を適用し、試算を行ったのでこれを表1に示す。なお、同表中⑤番船は、第二甲板の垂下損傷を起こした船である。

CS編 小型鋼船の船体構造及び船体舾装

CS編においては、8章に片持梁構造、10章に甲板荷重の規定があるので、C編に合せて改正を行った。

Q編 鋼製はしけ

Q編においては、片持梁構造の規定はないが、甲板荷重の規定が14章にあるので、C編10.2.1-1.に合わせて改正した。

鋼船規則検査要領

B編 船級検査

B2 登録検査

B2.1 製造中登録検査

表 1 2nd Deck 片持梁の新規則による残計算

	L×D (m)	甲 ^{*1} 板間高さ (m)		甲板荷重(kN/m ²)			断面係数 (cm ³)				ウェブの板厚 (mm) ^{*3}		
				h ₁	h ₂		新 規 則 要 求 値	旧 規 則 要 求 値	本 船 実 寸 法	(参) L R 要 求 値	新 規 則 要 求 値	旧 規 則 要 求 値	本 船 実 寸 法
		H ₁	H ₂		新 規 則 に よ る ^{*2}	旧 規 則 に よ る							
① 船	105.0×10.5	3.00	4.40	25.0	36.7	25.0	6158	3884	4904	6374	12.8	9.8	12.0
② 船	106.0×11.9	4.70	6.40	32.3	43.9	32.3	5380	3720	4042	5168	11.6	10.1	12.0
③ 船	81.5× 9.7	3.07	4.62	17.7	26.6	17.7	2638	1629	2069	2859	10.5	9.4	10.0
④ 船	70.0× 7.5	2.20	3.65	11.8	19.5	11.8	1937	1099	2001	2159	9.3	8.2	10.0
⑤ 船 (損傷船)	82.2× 9.5	3.12	4.87	17.7	27.6	17.7	3705	2229	2391	4031	10.5	9.2	9.0

*1: H₁, H₂ は, 図 1 (2) 中の H₁, H₂ を表わす.

*2: h₁ の値から貨物比重 (kN/m³) を算出し, これに H₂ をかけた.

*3: 算定位置は, 肘板の内端とした.

B2.1.2 提出図面その他書類

規則 C 編 10.2.1-1. の改正にともない, 承認用として提出される中央横断面図に, 承認上の設計条件である甲板荷重を記載するよう規定を改めた.

C 編 船体構造及び船体艤装

C 7 肋 骨

C7.5 片持梁構造

C7.5.3 片持梁と特設肋骨との固着

片持梁の損傷は, 多くの場合, 肘板の座屈により発生していると考えられる. そこで, 肘板の座屈を防止するよう防撓材の配置方法を例示するとともに, 防撓材の位置と肘板の厚さとの関係を定めた.

肘板の面材と面材に平行に配置された防撓材までの距離を S_1 とし (要領図 C 7.5.3-1. 参照), S_1 を短辺とする矩形パネルを考える. このパネルの長辺方向に圧縮応力が作用した場合の弾性座屈限界応力 σ_{cr} は,

$$\sigma_{cr} = K \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t'}{S_1} \right)^2 \quad (1)$$

となる. ここに, t' は腐食予備厚を除いた肘板の厚さとする. また, K は各辺の支持条件及びパネルのアスペクト比 β により定まる係数である. 本パネルにおいては, 四辺単純支持 (安全側を考え $\beta > 4.0$) とし, $K = 4.0$ を仮定した.

一方, 作用応力としては, 本パネルの長辺方向に, 静

的応力として許容曲げ応力の 140 N/mm^2 が, また, 船体運動等による付加応力として静的応力の 50 %, すなわち 70 N/mm^2 が加わるものと仮定して, 全圧縮応力は 210 N/mm^2 とした. したがって, 本パネルの座屈限界応力が 210 N/mm^2 より大となるよう t'/S_1 の値を定めればよい.

さて, 一般に(1)式における σ_{cr} が降伏応力 σ_Y の 1/2 を越える場合, 塑性修正が必要となる. 本規定においては, 次の Johnson-Ostenfeld の修正式を採用した.

$$\frac{\sigma_{cr}'}{\sigma_Y} = 1 - \frac{\sigma_Y}{4\sigma_{cr}} \quad (2)$$

ここに, σ_{cr}' は, 修正された塑性座屈応力である.

今, 限界座屈応力が 210 N/mm^2 であり, この値は, 軟鋼の許容応力 ($\sigma_Y = 235 \text{ N/mm}^2$) の 1/2 を越えている. したがって, (2)式における σ_{cr}' を 210 N/mm^2 とおいて, (2)式を解けば,

$$\sigma_{cr} = 552 \text{ N/mm}^2 \quad (3)$$

となる. この値を(1)式に代入し, $E = 2.06 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$, $\nu = 0.3$ とすれば, S_1 と t' の関係式として, 次の算式を得る.

$$S_1 = 36.7 t' \quad (4)$$

t' の係数を安全側にまらめ, 腐食予備厚 2.5 mm を考慮して,

$$S_1 = 35(t - 2.5) \quad (5)$$

を規定-2. の算式とした.

C10 梁

C10.2 甲板荷重

C10.2.1 h の 値

規則 C 編 10.2.1-1. (1) の改正に伴って、本船の甲板荷重設計値が、標準値（甲板間高さの 7 倍）より小さくなる場合が考えられる。このような情報が本船の運航上の関係者に伝わるよう、規定を加えた。

C15 縦 強 度

C15.1 一 般

C15.1.3 ローディングマニュアル

ローディングマニュアルが省略された場合には、甲板荷重の記載をも省略するのはなく、別途適当な書類に記載の必要がある旨規定した。

ローディングマニュアルに関する検査要領

2. 概説に解説すべき内容

C 10.2.1 でローディングマニュアルが引用 されるため、関連規定を改めた。

CS 編 小型鋼船の船体構造及び船体艤装

検査要領 C 編の準用

片持梁の肘板の補強方法及び甲板荷重の適当な書類への記載について、小型鋼船にも適用するため、各々 C7.5.3 及び C 10.2.1 を引用した。

Q 編 鋼製はしけ

検査要領 C 編の準用

規則 Q 編 14 章において甲板荷重の規定を C 編に合わせて改めたため、同様に検査要領においても C 10.2.1 を引用することとした。

Ⅱ 船尾材に隣接する外板等の厚さ

鋼船規則

C 編 船体構造及び船体艤装

16 章 平板竜骨及び外板

C16.4 外板に対する特別規定

C16.4.5 船尾材に隣接する外板及び眼鏡形ボス部の外板

規則 C 編 7.2.1 の規定によると、船首尾倉内の横肋骨心距は、寸法等に適当な考慮が払われない限り、610 mm を超えることができないことになっている。一方、船の

長さが 200 m を超える大型船では、船尾倉内の横肋骨心距が 610 mm を超えるものが増加しているにもかかわらず改正前の本規定には、肋骨心距による修正項がない。これは、規定を制定した当時（昭和 29 年版の規則には、すでに本算式が規定されている）は大型船の建造が少なく、船尾部の肋骨心距が 610 mm を超える船舶は稀であったためと考えられる。

そこで、本規定は、船の長さが 200 m 以下で、かつ、肋骨心距が 610 mm を超えない船舶のみに適用されると解釈し、その旨規定した。なお、肋骨心距が 610 mm を、船の長さが 200 m を超える場合の取扱いは、要領に規定した。

鋼船規則検査要領

C 編 船体構造及び船体艤装

C16 平板竜骨及び外板

C16.4 外板に対する特別規定

C16.4.5 船尾材に隣接する外板及び眼鏡形ボス部の外板

規則に新たに規定した条文により、船の長さが 200 m を超えるか又は肋骨心距が 610 mm を超える場合の船尾材に隣接する外板及び眼鏡形ボス部の外板の厚さについて、実船寸法例に基づいてその標準値を定めた。

標準値は、船の長さが 200 m を超えるものと 200 mm 以下の 2 つの場合にわけて以下のように算定した。

(1) $L \geq 200$ m の場合

まず、当該外板の厚さを次に示す形の一般的な算式

$$t = \alpha S \sqrt{L} + \beta \quad (\text{mm}) \quad (6)$$

によって与えられるものと仮定した。ここに、 S は肋骨心距 (mm)、 L は船の長さ (m) で、 α 及び β は未知である。過去 3 年間に建造された実船例うち、 $L > 200$ m で $S > 610$ mm となるもの（表 2）について外板の厚さと船の長さとの関係を調査し、最小二乗法により (6) 式の α と β の値を求めた（図 3 参照）。

$$t = 1.84 \times 10^{-3} S \sqrt{L} + 6.45 \quad (7)$$

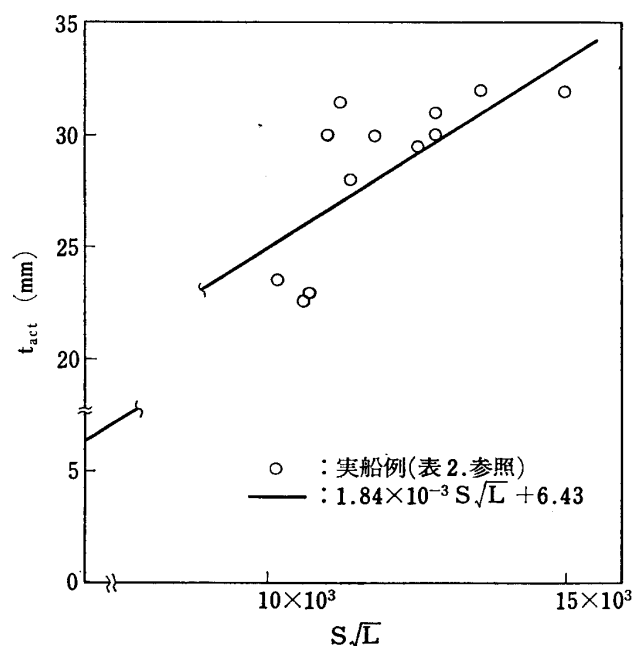
この算式に S 及び L の値を代入し、二捨三入によって要領の表 C 16.4.5-1. 中の $L \geq 200$ m の場合の外板の厚さを定めた。

(2) $L < 200$ m の場合

$L = 200$ m で $S = 610$ mm の場合の板厚を規則 C 編 16.4.5 の算式により、22.5 mm と定め、次に $L = 200$ m における $S > 160$ mm の場合の補正として、前述の (7) 式による値と 22.5 mm との差を求めた。この差

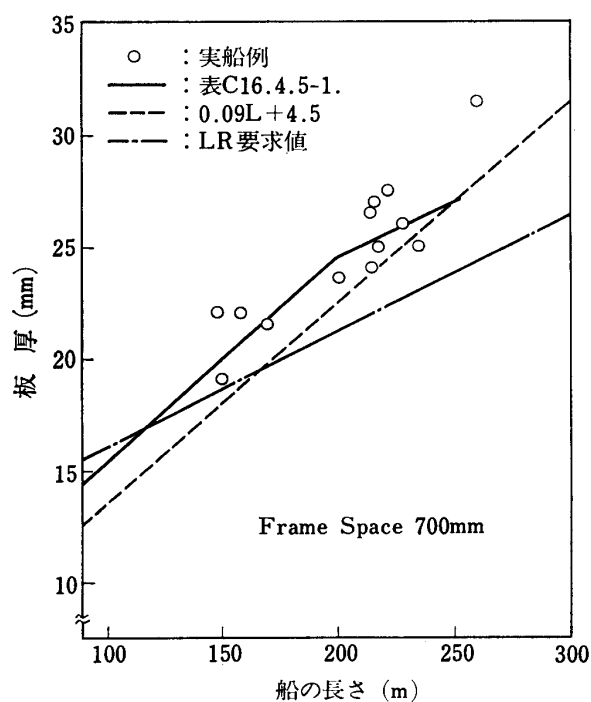
表 2 採用した実船例

Ship No	船の長さ (m)	肋骨心距 (mm)	板 厚 (mm)
1	307.0	780.	32.0
2	295.0	750.	31.0
3	280.0	750.	29.5
4	280.0	900.	32.0
5	260.0	685.	30.0
6	260.0	700.	31.5
7	233.0	750.	28.0
8	220.0	800.	30.0
9	204.0	750.	23.0
10	204.0	900.	30.0
11	202.0	750.	22.5
12	202.0	720.	23.5

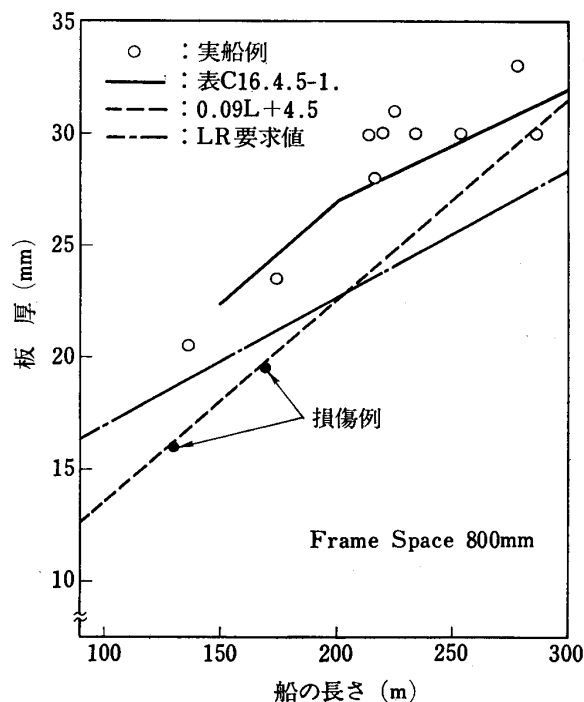
図 3 t と $S\sqrt{L}$ との関係

を $S > 610 \text{ mm}$ の場合の増吹量として $L \leq 200 \text{ m}$ の場合にも適用し、表 C 16.4.5-1. の $L \leq 200 \text{ m}$ の場合の板厚を定めた。

新要領による標準値と実船例との比較を、 $S=700, 800, 900 \text{ mm}$ の場合について図 4 (1)~(3) に示す。同図には実船例の他、LR 規則による要求値を参考として示した。

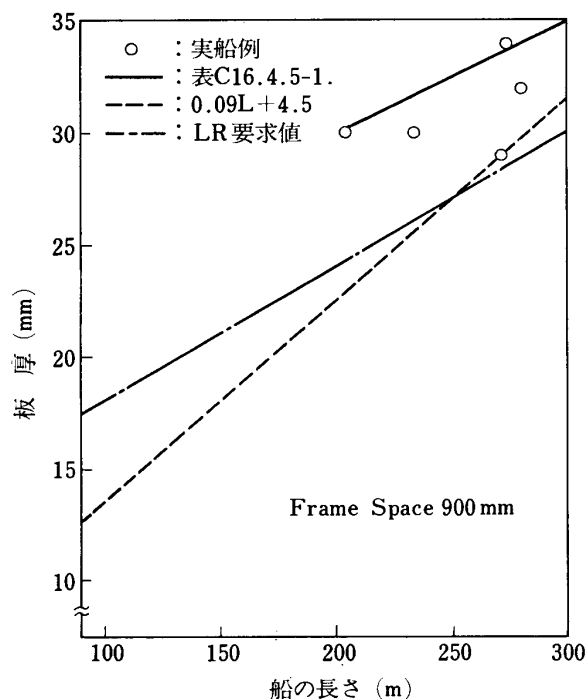


(1) 肋骨心距が700mmの場合



(2) 肋骨心距が800mmの場合

図 4 表 C 16.4.5-1 の要求値と実船例



(3) 肋骨心距が900mmの場合

図4 表 C 16.4.5-1 の要求値と実船例

Ⅲ SI 単位系の導入関連

改正主旨

鋼船規則及び同検査要領 C 編 (但し, 28 章を除く.) C S 編, Q 編の各規定を SI 単位系に統一するため改正を行なった。

改正解説

A, SI 単位系を導入するにあたり, その導入方法について述べる。

1. 使用した SI 単位及び換算定数

今回新たに使用した SI 単位及び換算定数は従来の換算に用いた数値と同じであり, 表 3 に示すとおりである。

表 3 新たに使用する SI 単位及び換算定数

量	従来単位	SI 単位	換 算 定 数
力	kg	N	$1 \text{ kg} = 9.81 \text{ N}$
応 力	kg/mm^2	N/mm^2	$1 \text{ kg/mm}^2 = 9.81 \text{ N/mm}^2$
圧 力	kg/cm^2	MPa	$1 \text{ kg/cm}^2 = 0.0981 \text{ MPa}$
水 頭	t/m^2	m	

表記方式としては, 原則として「SI 単位に基づく数値」のみ表記した。ただし, アンカー等の切断

荷重については, 規則 L 編との関係もあり, 従来単位を併記することとした。今後規則 L 編の改正時に SI 単位のみを表示とする予定である。又, 水頭については, 水圧を意味することから (MPa) にすべきであるが, 便宜上混乱を招かぬよう, 本来の単位である (m) とした。

なお, 下記の従来単位はそのまま使用することとした。

船速: knot

角度: 度, 分, 秒

2. SI 単位による数値の決め方

従来単位から SI 単位に換算する際の数値の決め方については, 現行規則で適合している規定が適合しなくなることを防ぐ等, 規則の運用上, 混乱を招かぬよう配慮した。

2.1 数値の丸め方

- (1) IACS Req. 運輸省省令等にあるものはそのまま用いた。
- (2) 許容応力等, 区切りとして用いている数値は二捨三入してきりのいい数値とした。
- (3) 上記以外のものは JIS Z 8401 (数値の丸め方) によった。

2.2 けた数

- (1) 従来, 有効数字が 3 ケタ以上のものは, すべて 3 ケタとした。
- (2) 従来, 有効数字が 2 ケタ以下のもの (x とする) は原則として, 2 ケタの数値 (y とする) とした。ただし, 例えば荷重の換算の場合, y が換算した値 ($x \times 9.81$) の 1 % 以上の誤差を有する場合には, 3 ケタとした。

3. 注意すべき語句

「重量」という用語は, 「質量と重力加速度の積」を意味するので, 「重量」を「質量」の単位で用いている場合は, 「質量」に改めた。ただし, 「載貨重量」, 「排水量」のように一般に定義されている用語は除いた。

B. 主な改正箇所

1. 甲板荷重

規則 C 編 10.2.1 の甲板荷重及び単位面積当りの計画最大貨物積載重量を (kN/m^2) で定義した。これに伴い, 規則 C 編 10.2.1 を引用している条文の算定式及び単位を改正した。(規則 C S 編, Q 編についても同様)

2. 水頭

規則 C 編 18.2.1, 18.2.2 及び 19.2.1 の水頭を前

述の通り (m) で表わした。(CS 編, Q 編についても同様)

3. 切断荷重

規則 C 編 27.1 及び表 C 27.1 の切断荷重を SI 単位で定義し, 従来単位と併記した。(CS 編, Q 編についても同様)

4. スラミング衝撃圧力

従来, 規則 C 編 6.8.4 及び 16.4.4 において単位の記述がなかったものに (kPa) の記述を加え, それを引用する算定式及び表を改正した。

IV 縦通板部材の圧縮座屈強度関係

C15 縦 強 度

C15.4 座屈強度

C15.4.1 圧縮座屈強度

-1. の規定は, 昭和 62 年 6 月に改正されたものであるが, 軟鋼を使用して建造されるケミカルタンカー, プロダクトキャリアなどについては, これまでの就航実績から判断して, 従来の設計寸法でも縦曲げによる圧縮座屈に対して十分な強度を有すると考えられるので, 塗装の有効性が十分に保持されると考えられる船舶については, -1. の規定による板厚要求値を減ずることができるように同規定を改めた。

-1. (4) の規定を適用できる船舶としては, ケミカルタンカー, プロダクトキャリア, 自動車運搬船, 冷蔵運搬船などがあるので, これらについて同規定の適用例を表 4 に示す。

V 倉口蓋の風雨密確保の方法

検査要領

C 編 船体構造及び船体舩装

C20 倉口, 機関室口その他の甲板口

C20.2 倉 口

C20.2.9 鋼製風雨密蓋

鋼製倉口蓋の風雨密確保の方法として IACS Recommendation No. 14 “Hatch cover securing and tightness” が制定された。本会においては, 規則 C 編 20.2.9 (5) に対する取扱いとしてこれらの要件を検査要領に取り入れた。

-1. は, 一般的な要件について述べた。特に(3)及びの(4)算式の根拠は次のとおりである。

(3) 締付装置の断面積

ガスケットに作用する線圧力を 5 N/mm と仮定し, 締付装置の間隔を $a\text{ (m)}$ とすれば, ボルト又はナットに加わる力 $F\text{ (N)}$ は,

$$F = 5a \times 10^3 \quad (\text{N})$$

となる。ボルトの安全係数を 6.5 とし, 材料として軟鋼 ($\sigma_T = 235\text{ N/mm}^2$) を仮定すれば, 許容応力は 36 N/mm^2 となる。したがって, 所要断面積 A は,

$$A = \frac{5a \times 10^3}{36} (\text{mm}^2) = 1.4a \text{ (cm}^2\text{)}$$

となる。なお, 規定中の f は, 高張力ボルトに対する修正係数である。

(4) 倉口蓋端部材の断面二次モーメント

端部材を締付装置で支持された両端支持梁にモデル

表 4 強力甲板又は船底外板に対する圧縮座屈強度規定の適用例

	船の種類	船の長さ (m)	位 置	縦通肋骨 心 距 (m)	縦曲げに よる作用 圧縮応力 (N/mm ²)	旧規定に よる要求 値 (mm)	改正規定 による要 求値 (mm)	NV 規則 による要 求値 (mm)	実 寸 法 (mm)
A 船	P C C	170.00	甲 板	0.775	61.2	9.7	8.7	6.9	9.0
B 船	プロダクト	96.00	甲 板 船 底	0.750 0.750	116 111	12.6 12.4	11.1 10.9	10.2 10.1	11.0 11.5
C 船	ケ ミ カ ル	101.85	甲 板	0.690	92	10.9	9.4	8.5	10.0
D 船	ケ ミ カ ル	133.00	甲 板	0.765	149	14.2	12.7	11.9	12.5
E 船	プロダクト	158.00	甲 板	0.840	134	14.6	13.1	12.2	12.0

化する。作用荷重としてガスケットの線圧力 p (N/m^2) が一様に加わるものとする。この時の梁の中央部における最大たわみ y_{max} は、

$$y_{max} = \frac{5pa^4}{384EI} \quad (mm) \quad (10)$$

となる。許容たわみを 1 mm に設定して、 I について (10) 式を解けば、

$$I = 6.32 \times 10^{-8} pa^4 \quad (mm^4)$$

a を m 単位で、 I を cm^4 単位で表わし、数値を丸め、

$$I = 6pa^4 \quad (cm^4)$$

を得る。

-2. は、倉口蓋上に貨物を積載する場合の特別規定である。貨物の重さにより風雨密性がそこなわれないよう規定している。

次に、-3. の規定は、倉口蓋の操作マニュアルを規定

した。なお、この手引書は、要件ではなく推奨するものである。

IACS の Recommendation No. 14 には、要領に取り入れたもの以外に、試験要件があるが、これらはすでに規則 B 編で従来より要求しているものであり、今回は特に改正の必要はなかった。

C S 編 小型鋼船の船体構造及び船体艀装

C S 19 倉口、機関室口その他の甲板口

C 19.2 倉 口

C S 19.2.9 鋼製風雨密蓋

C S 編にも C 編と同様の規定があるので、C 20.2.9 を引用することとした。ただし、C S 編が小型船に適用されることを考慮し、締付装置の間隔について本会のこれまでの取扱いを規定した。