

32. 鋼船規則 C 編及び CS 編並びに関連検査要領における改正点の解説 (コンテナ運搬船規則の見直し)

1. はじめに

2011年11月1日付一部改正により改正されている鋼船規則 C 編及び CS 編並びに関連検査要領中、コンテナ運搬船規則の見直しに関する事項について、その内容を解説する。なお、本改正は、2012年5月1日以降に建造契約が行われる船舶に適用される。ただし、船舶の所有者から申込みがあれば、施行日前に建造契約が行われた船舶に適用することができる。

2. 改正の背景

コンテナ貨物は、物流量の急速な増加に伴い、1960年代後半頃からコンテナ専用船で運送されるようになった。以後、数多くのコンテナ運搬船が建造されており、これまでに十分な運航実績を積み上げている。また、近年では、昨今の海上輸送量の増加に伴い、経済的かつ効率的にコンテナ貨物を運送するため、コンテナ運搬船の大型化が進んでいる。(図6参照)

本会では、コンテナ運搬船特有の船体構造(船型がやせており、甲板部に大倉口を有している等)に対する特別要件として、1983年に鋼船規則 C 編 32 章としてコンテナ運搬船の専用規則を整備している。その後、コンテナ運搬船の損傷のフィードバックとして、パワフレア部の構造等に対して、適宜規則改正を行ってきている。

しかしながら、その他の一般規定については、専用規則が制定されて以来、特に大きな見直しは行われていないことから、この度、コンテナ運搬船に対する腐食、損傷実績を調査し、さらに他船級規則との比較も行い、より合理的な規則とすべく、コンテナ運搬船に関する構造要件を改めた。

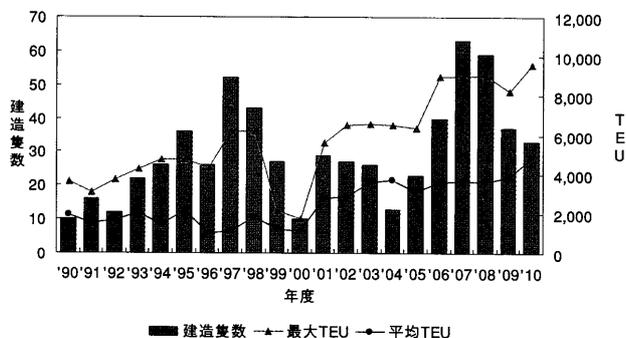


図6 NK 船におけるコンテナ運搬船の建造隻数及び TEU

3. 改正の内容

主な改正点は以下のとおりとなっている。

- (1) 鋼船規則 C 編 1.1.7-2.において、高張力鋼の材料係数に関し、特別な考慮を払った場合には本会の承認を得て異なる値とすることができるように改めた。
- (2) 鋼船規則 C 編 1.1.13-7.及び鋼船規則 CS 編 1.3.2-5.として、防撓材に対して CSR にて採用されているグループピングの概念を採用し、防撓材の寸法については、連続して配置された等しい寸法である防撓材をグループとして、当該グループの寸法は次のうち大きい方の値とすることができる旨規定した。ただし、本規定は疲労強度評価には適用してはならない。
 - (a) グループ内の個々の防撓材に要求される寸法の平均値
 - (b) グループ内の個々の防撓材に要求される寸法の最大値の 90%
- (3) 鋼船規則 C 編 32 章において、コンテナ運搬船の二重底及び二重船側部の構造部材に関する規則算式について、腐食予備厚、安全率及び荷重を改めた。詳細については、付録3に示す。
- (4) 鋼船規則検査要領 C 編附属書 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」に関し、鋼船規則 C 編 32 章に規定するコンテナ運搬船の部材寸法に関する算式については、直接規則上で適用できるよう改めた。本改正に伴い、同附属書から、コンテナ運搬船に関する規定である 1.2.2-11.並びに表 1.2-11.(1)及び(2)を削除した。
- (5) 鋼船規則検査要領 C 編附属書 C1.1.23-1.「縦通防撓材の疲労強度評価に関する検査要領」において、コンテナ運搬船についても、タンカー及びばら積貨物船と同様に、船底縦通肋骨及び船側縦通肋骨に対する疲労強度評価に関する要件を規定した。詳細については、付録4に示す。

付録1. コンテナ運搬船の腐食

コンテナ運搬船の腐食予備厚について、213隻のコンテナ運搬船、約21万点の板厚計測データを基に、CSRと同様の手法を用いて各部材に対する腐食評価を行った。その結果を図7から図14に示す。

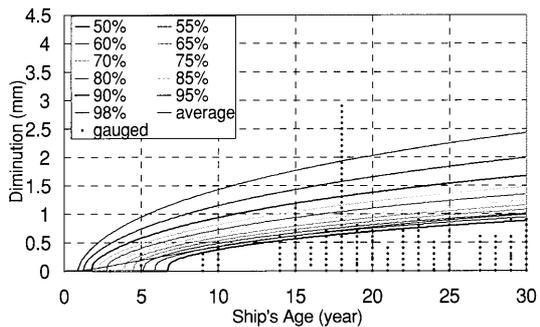


図7 船側外板

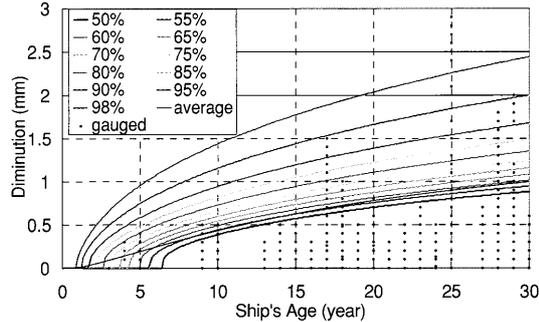


図11 船側縦通肋骨

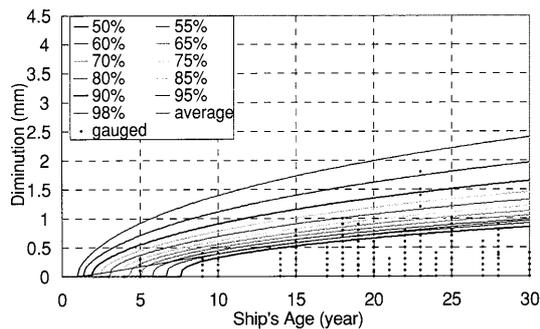


図8 船底外板

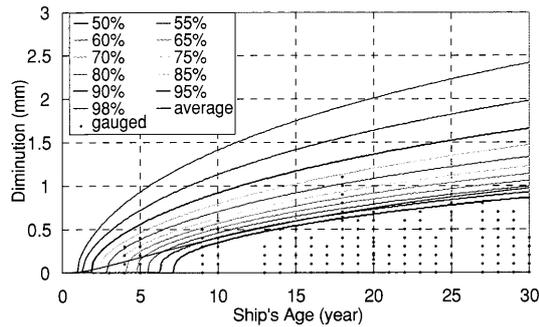


図12 船底縦通肋骨

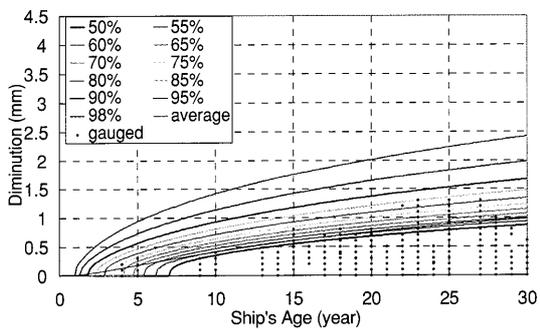


図9 縦通壁

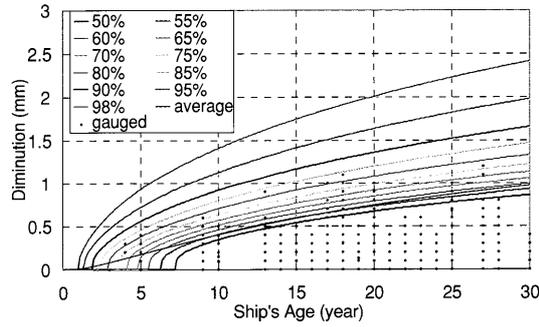


図13 縦通壁付縦通防撓材

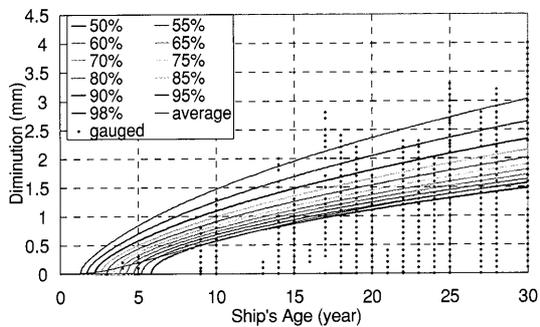


図10 内底板

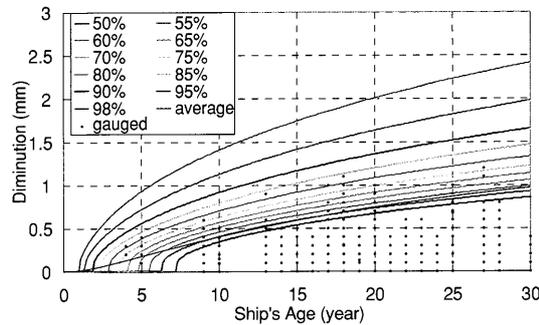


図14 内底縦通肋骨

腐食量の経過年数及び累積確率レベルは、CSRと同様にそれぞれ25年及び95%を採用すると、各部材に対する腐食量は表5のとおり推定される。

表5 評価結果による推定腐食量 (mm)

板部材	腐食量	骨部材	腐食量
船側外板	1.8	船側縦通肋骨	1.8
船底外板	1.8	船底縦通肋骨	1.8
縦通壁	1.8	縦通壁付縦通防撓材	1.8
内底板	2.4	内底縦通肋骨	1.8

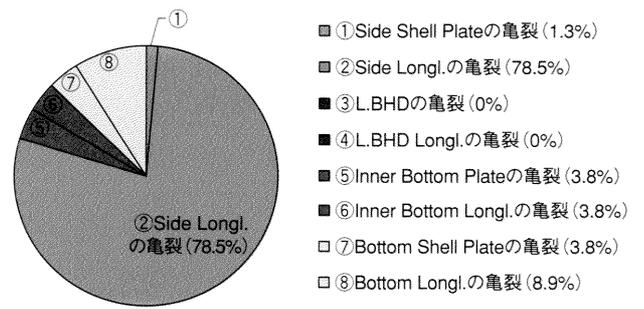


図17 損傷割合

付録2. コンテナ運搬船の損傷

付録2.1 コンテナ運搬船の損傷箇所 (二重船殻部)

コンテナ運搬船の貨物区域における損傷について、図15に示す二重船殻部の板及び骨部材において発生した亀裂損傷の割合を調査した。結果を図16及び図17に示す。

調査の結果、船側縦通肋骨の亀裂損傷が最も多く、全体の約78%を占めており、次いで船底縦通肋骨の亀裂損傷で約9%であった。その他の構造部材については、ほとんど損傷は発生していなかった。なお、図16でいう損傷件数とは、1隻の船舶に同時期に発生した同種の損傷を1件として数えている。例えば、ある検査において、船側縦通肋骨に5ヶ所、船底縦通肋骨に2ヶ所の亀裂が発見された場合、損傷件数は2件とする。

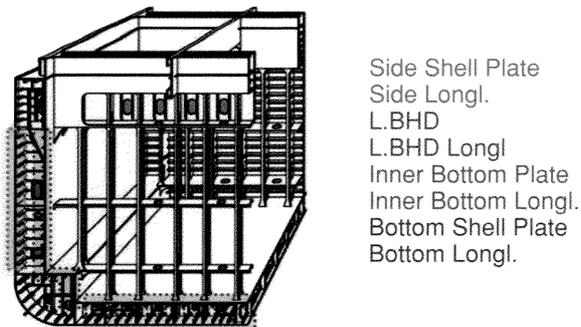


図15 コンテナ運搬船の二重船殻部

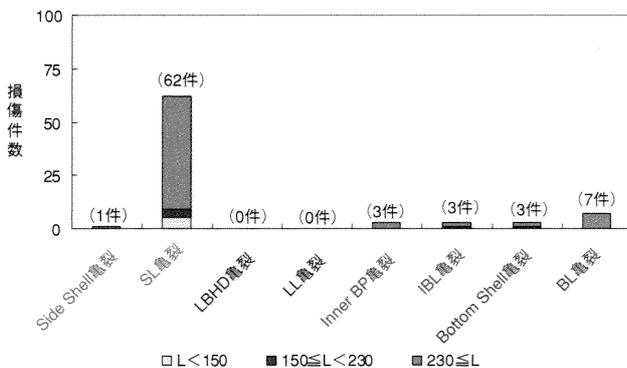


図16 損傷件数

付録2.2 損傷船の建造年度による傾向

付録2.1で用いた損傷データを、その船の建造年度別に整理した。(図18及び図19参照) この結果から、以下のことがわかった。

- (1) 損傷が多く発生しているコンテナ運搬船は、1990年代に建造されたものが多い。
- (2) 船側縦通肋骨の亀裂は、1990年から1995年に建造されたコンテナ運搬船に特に多い。
- (3) 船底縦通肋骨の亀裂は、1998年に建造された船舶のみが発生している。なお、これらの損傷について調査した結果、これらは特定の同型船に発生していることがわかった。

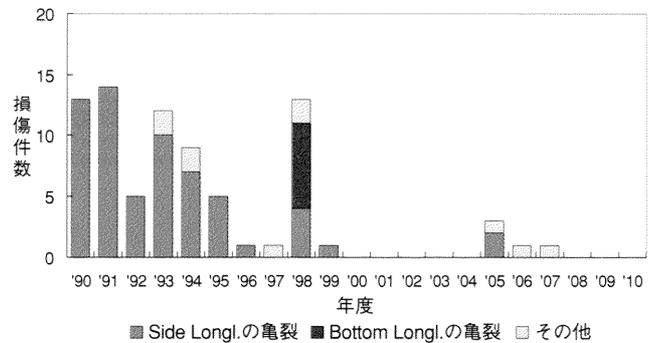


図18 損傷船の建造年度別の損傷件数

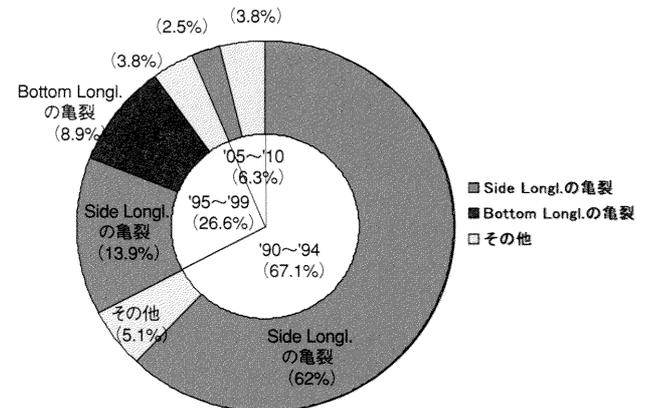


図19 損傷船の建造年度の割合

付録 2.3 損傷時の船齢による傾向

次に、付録 2.1 で用いた損傷データを、損傷時の船齢別に整理した。(図 20) この結果から、船側縦通肋骨の亀裂は、船齢 10 年未満では比較的少ないが、10 年以上になると増加していく傾向にあることがわかる。

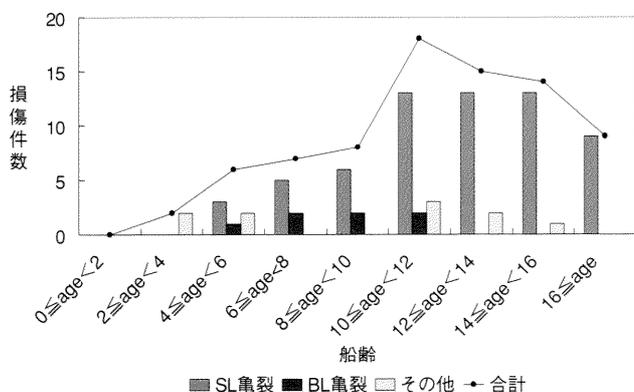


図 20 損傷船の建造年度の割合

付録 3. コンテナ運搬船の二重船殻部の構造部材に関する規則算式の改正の概要

付録 3.1 腐食予備厚の見直し

付録 1 の腐食評価結果及び付録 2 の損傷調査結果に基づき、二重底及び二重船側部の構造部材における腐食予備厚を見直した。

(1) 板部材

付録 1 の腐食評価結果から腐食予備厚の値を以下のとおり改めた。

(a) 船側外板及び縦通壁

評価結果による腐食量を考慮し、旧規則よりそれぞれ 0.5mm 及び 1mm 減少させた。

(b) 内底板

評価結果による腐食量は 2.4mm あること、また、試算による他船級規則のグロス要求値との比較も考慮して、現行規則のままとした。

(c) 船底外板

今回、波浪荷重の見直しも行っていること、また、他船級規則のグロス要求値との比較も考慮して、現行規則のままとした。

(d) 二重底及び二重船側構造内の区画が、空所、燃料油タンク等、海水を積載しない区画を構成する板部材については腐食量が少ないと考えられることから、規則要求値よりさらに 0.5mm 減じてよいこととした。

上記をまとめたものを表 6 に示す。ここで、二重底及び二重船側構造内の区画は、バラスタタンクと仮定している。なお、バラスタタンクについては、今後、PSPC (IMO

塗装性能基準) の適用により、さらに腐食量は減少すると考えられることから、本改正による腐食予備厚は十分に安全側の値と考えられる。

表 6 板部材の腐食予備厚

部材	評価結果 (mm)	改正腐食予備厚 (mm) (旧規則との差)
船側外板	1.8	2.0 (-0.5)
船底外板	1.8	2.5 (0)
縦通壁	1.8	2.0 (-1.0)
内底板	2.4	3.0 (0)

(2) 骨部材

旧規則において、縦通防撓材の腐食に対する考慮は、要求断面係数に対して、腐食予備係数として一律 1.2 として規定していた。

$$Z = C_{corr} \frac{M_{max}}{\sigma_y} = 1.2 \frac{M_{max}}{\sigma_y}$$

今回、縦通防撓材についても、付録 1 の腐食評価結果に基づき、コンテナ運搬船に対する腐食予備係数の見直しを行った。腐食予備係数の見直しにあたっては、腐食が防撓材の強度に及ぼす影響について、下式のように、オリジナル寸法の断面係数 ($Z_{original}$) とオリジナル寸法から評価結果による腐食量を差し引いた後の断面係数 ($Z_{aftercorr}$) との比を取ることで C_{corr} を求め、大型船から小型船までの各部材の代表的な寸法に対する C_{corr} の平均を取るとともに、前述のとおり、バラスタタンクについては、今後 PSPC の適用により、さらに腐食量は減少すると考えられることから、一律 1.1 とした。(表 7 参照)

$$C_{corr} = \frac{Z_{original}}{Z_{aftercorr}}$$

表 7 骨部材の腐食予備係数

部材	評価結果 (mm)	C_{corr} (平均値)	改正腐食予備係数
船側縦通肋骨	1.8	1.14	1.1
船底縦通肋骨	1.8	1.12	
縦通壁付縦通防	1.8	1.15	
内底縦通肋骨	1.8	1.13	

付録 3.2 深水タンクにおける縦通防撓材に対する安全率の見直し

付録 2 の損傷調査結果より、二重底及び二重船側部の縦通防撓材については、船側縦通肋骨及び一部の船底縦通肋

骨を除き、これまでに大きな損傷は発生していない。この実績に基づき、今回、二重底及び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防撓材に対する安全率を見直すこととした。

旧規則において、深水タンクにおける縦通防撓材は、その端部の固着条件に応じた固着度を持つ梁と考え、この梁の最大モーメントに対して、腐食予備係数 1.2, 荷重に対する安全率を 1.25 として規定していた。

$$Z = \frac{C_{corr} C_{load}}{\sigma_y} M_{max} = \frac{1.2 \times 1.25}{\sigma_y} M_{max}$$

今回、損傷実績及び他船級規則との比較計算を行い、荷重に対する安全率を 1.25 から 1.1 に改めた。また、付録 3.1 の腐食予備係数の見直しにより、腐食予備係数が 1.2 から 1.1 に改められ、これらの見直しにより改正算式が導かれる。

$$Z = \frac{C_{corr} C_{load}}{\sigma_y} M_{max} = \frac{1.1 \times 1.1}{\sigma_y} M_{max}$$

また、旧規則の鋼船規則 C 編 32.4.3 (2) にて考慮していた船の長さに応じた安全率の修正係数である係数 C_1 については、深水タンクにある骨部材に対しては船の長さによる影響は小さいと考えられることから、削除することとした。

付録 3.3 水平曲げ応力の見直し

旧規則において、縦通部材の局部強度については、船体縦曲げ及び水平曲げによる軸力の影響を考慮していた。水平曲げ応力について、旧規則では、船の長さに応じて、船の長さが 230m 以下のときは 6kg/mm^2 、400m 以上のときは 10.5kg/mm^2 、その間は補間法で求めるよう規定していたが、実際に作用する水平曲げ応力は、船の断面性能等により様々であることから、今回、現行鋼船規則検査要領 C 編 32 章に規定している水平曲げ応力の算式を参考に、水平曲げモーメント及び船体水平曲げに対する断面係数により求めるよう改めた。

付録 3.4 波浪荷重の見直し

(1) 船底に対する波浪荷重の見直し

旧規則において、船底に対する波浪荷重は、不規則波中の波浪変動圧の長期予測より、発現確率 10^{-8} レベル程度の変動圧を用い、外板に対して「 $0.035L'$ 」と規定していた。また、縦通肋骨の縦通肋骨等の骨部材に対しては、弾性解析を前提としていることから、発現確率 10^{-6} レベル程度の値として「 $0.026L'$ 」を与えていた。

これらの荷重について、本会発行の「コンテナ運搬船の構造強度に関するガイドライン」(以下、ガイドラインという)による波浪変動圧(向い波)の算式による値と比較した結果を図 21 に示す。ここで、本ガイドラインにおける設計荷重は発現確率 10^{-8} レベルの長期予測値により規定した算式である。また、破線は、発現確率 10^{-6} レベル程度の値に修正して算定した値である。

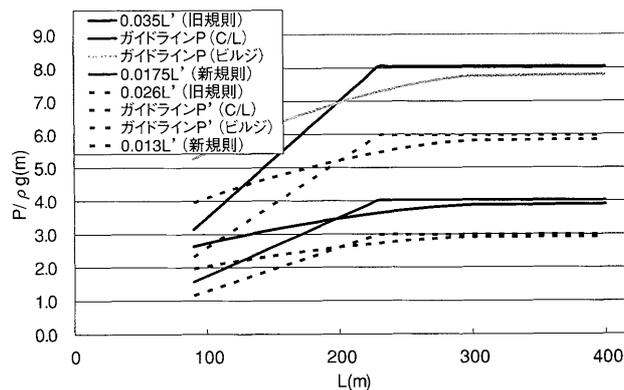


図 21 船底に対する波労荷重

旧規則では、ビルジ部付近の波浪変動圧を代表させて、幅方向に一樣に与えていることから、図 21 を参照すると、船体中心線付近では若干厳しい値を与えていることがわかる。よって、本改正では、船底に作用する波浪荷重を、実際に作用している荷重と同様に、船の幅方向に変化させて与えることとした。(図 22 参照)。

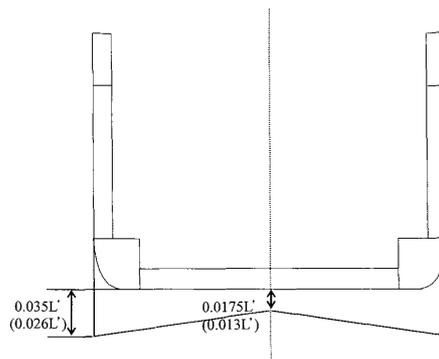


図 22 船底に対する波労荷重

(2) 船首部域に対する波浪荷重の見直し

一般に、船体中央部の波浪変動圧と比較して、船の中央部より前方では、ピッチング等の影響により波浪変動圧が上昇する。旧規則においては、船底外板及び船側外板に対しては、この船首部域の波浪変動圧の上昇の影響を考慮しているが、船底縦通肋骨及び船側縦通肋骨に対しては考慮されていなかった。

また、コンテナ運搬船の船首部域における損傷(バウフレア部を除く)を調査した結果、船側縦通肋骨等に降伏又は座屈強度に起因すると考えられる損傷が何件か報告されている。

よって、今回、船底縦通肋骨及び船側縦通肋骨に対しても、船首部域の波浪変動圧の上昇に関する要件を適用し、船の中央部より前方の船側縦通肋骨等の構造寸法要件を見直した。

旧規則及びガイドラインにおける波浪変動圧の船首方向への上昇分の分布を図 23 に示す。なお、図中、ガイドラインによる値は、 $L' = 230\text{m}$, $y = B/2$ (船の中央部における舷側),

$C_b=0.6$ における値としている。

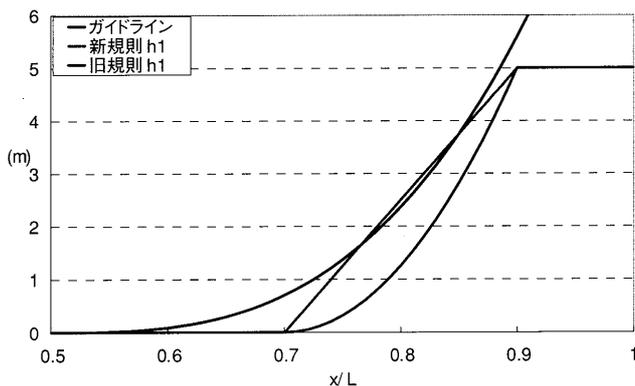


図 23 波浪変動圧の船首方向での上昇分の分布

図 23 に示すように、現行規則における船首部域の波浪変動圧の上昇の影響を考慮した算式 h_1 は二次曲線で与えられているため、0.7L から 0.9L 間で垂れ下がった分布となっている。しかしながら、ガイドラインによる曲線が示すように、実際に波浪変動圧は船体中央部からすぐに立ち上がり始め、特にコンテナ運搬船のようなやせた船型の船舶では、肥大船と比較して上昇量が大きい。また、前述のように、コンテナ運搬船では船の中央部より前方において数は少ないものの損傷が報告されていることから、今回の規則改正後も、船の中央部より前方にある船側縦通肋骨等に対しては、旧規則と同程度の要求値を維持するよう次のとおり h_1 を規定した。

船尾から 0.9L の位置での値を、旧規則による h_1 と同じ値とし、0.7L から 0.9L 間では、波浪変動圧の上昇の立ち上がりの影響を簡便に表すため、以下のように線形で与えることとした。なお、本算式は、規則の整合性を考慮して、外板にも適用することとしているが寸法への影響はほとんどない。

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

ここで、 $x = \frac{X}{0.3L}$

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。

付録 3.5 船側外板

旧規則において、船側外板に作用する荷重は、ビルジ上端部の荷重を代表させて、その値を船側外板全体に適用するよう規定していた。ここで、静水圧の算定においては、計算の簡易化を考慮し、ビルジ上端部の高さを 0.125D と近似している。

船側外板に作用する荷重：

$$\underbrace{d - 0.125 D}_{\text{静水圧成分}} + \underbrace{0.05 L + h_1}_{\text{波浪変動圧成分}} + \underbrace{h_1}_{\text{船首部における波浪変動圧の上昇の考慮}}$$

しかしながら、一般に、コンテナ運搬船のビルジ R は 0.125D よりも大きい場合が多いことから、上記規則算式の技術的背景に基づき、実際のビルジ上端部の高さを直接とることとした。ここで、ビルジ上端部の高さとは、船体中央部におけるビルジ部上端の板の曲がりが終わる点をいう。

付録 3.6 最小板厚

現行鋼船規則 C 編 16.3.1 に規定する最小板厚は、水圧又は波浪外力以外に船が航行中に生じる浮遊物等との接触に対し、必要な強度を持たせるという条件で以下の算式を規定している。

$$t_{\min} = \sqrt{L}$$

本規定は、船の長さに伴って想定される浮遊物の大きさ、速度が増大するという前提で要求板厚が増大するが、想定する浮遊物の大きさ等にも限度があり、大型船に対しては浮遊物の影響は比較的少ないと考えられることから、今回、鋼船規則 C 編 32 章において、船の長さ制限を設けることとした。

付録 3.7 まとめ

以上の改正について、旧規則における規則算式の考え方を部材毎に比較したものを、表 8 にまとめて示す。

表 8 新規則と旧規則の比較 (1) 船側外板

	新規則 (C 編 32.4.5-2.)	旧規則 (C 編 16.3.2)
荷重 (m)	$d - z' + 0.05 L + h_1$ 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) $h_1 = \frac{3}{2}(17 - 20C_b')(1 - x)$	$d - 0.125 D + 0.05 L + h_1$ $h_1 = \frac{9}{4}(17 - 20C_b')(1 - x)^2$
腐食予備厚 (mm)	2.0	2.5

船体水平曲げによる軸応力 (kg/mm ²)		$\frac{1}{9.81} \frac{M_H}{I_H} y_H \times 10^5$	L が 230 m 以下のとき : 6.0 L が 400 m 以上のとき : 10.5 L がその間は補間法による
規則算式	横式	$t = C_1 C_2 S \sqrt{d - z^4 + 0.05L' + h_1} + 2.0$	$t = C_1 C_2 S \sqrt{d - 0.125D + 0.05L' + h_1} + 2.5$
	縦式	$t = C_1 C_2 S \sqrt{d - z^4 + 0.05L' + h_1} + 2.0$	$t = C_1 C_2 S \sqrt{d - 0.125D + 0.05L' + h_1} + 2.5$
		新規則 (C 編 32.4.5-3.)	旧規則 (C 編 16.3.1)
最小板厚		$t = \sqrt{KL'}$ L' : 船の長さ。ただし, L が 330 m を超えるときは, 330 m とする。	$t = \sqrt{KL}$

(2) 船底外板

		新規則 (C 編 32.3.5-1.)	旧規則 (C 編 16.3.4)
荷重 (m)		$d + 0.0175L' \left(\frac{2}{B} y + 1 \right) + h_1$ $h_1 = \frac{3}{2} (17 - 20 C_b) (1 - x)$	$d + 0.035L' + h_1$ $h_1 = \frac{9}{4} (17 - 20 C_b) (1 - x)^2$
規則算式	横式	$t = C_1 C_2 S \sqrt{d + 0.0175L' \left(\frac{2}{B} y + 1 \right) + h_1} + 2.5$	$t = C_1 C_2 S \sqrt{d + 0.035L' + h_1} + 2.5$
	縦式	$t = C_1 C_2 S \sqrt{d + 0.0175L' \left(\frac{2}{B} y + 1 \right) + h_1} + 2.5$	$t = C_1 C_2 S \sqrt{d + 0.035L' + h_1} + 2.5$

最小板厚要件 : (1) と同じ (32.3.5-2.)

(3) 縦通壁

		新規則 (C 編 32.4.3 (1))	旧規則 (C 編 32.4.3 (1))
荷重 (m)		h ₁ : タンク頂板からオーバーフロー管の上端までの距離の1/2の点と当該隔壁板の下縁との垂直距離 (m) h ₂ : 0.85(h ₁ + Δh) h ₃ : 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	h ₁ : タンク頂板からオーバーフロー管の上端までの距離の1/2の点と当該隔壁板の下縁との垂直距離 (m) h ₂ : 0.85(h ₁ + Δh)
腐食予備厚 (mm)		2.0 (バラストタンク) 1.5 (バラストタンク以外)	3.0 (バラストタンク) 2.5 (バラストタンク以外)
船体縦曲げによる軸応力 (kg/mm ²)		$15.5 f_B \left(1 - \frac{z}{z_B} \right) \dots \dots z \leq z_B$ $15.5 f_D \frac{z - z_B}{Z'} \dots \dots z_B < z$	$15.5 f_{BH} K \left(1 - \frac{y}{y_B} \right) \dots \dots y \leq y_B$ $15.5 f_{DH} K \frac{y - y_B}{Y'} \dots \dots y_B < y$
船体水平曲げによる軸応力 (kg/mm ²)		$\frac{1}{9.81} \frac{M_H}{I_H} y_H \times 10^5$	$k \left(1 - 2 \frac{d_1}{B} \right)$ k: L が 230 m 以下のとき : 6.0 L が 400 m 以上のとき : 10.5 L がその間は補間法による
C	横式	$\frac{27.7}{\sqrt{767 - \alpha^2 K^2}}$	$\frac{27.7}{\sqrt{767 - \alpha^2}}$
	縦式	$\frac{3.72}{\sqrt{27.7 - \alpha K}}$	$\frac{3.72}{\sqrt{27.7 - \alpha}}$
規則算式		$t = 3.6CS \sqrt{Kh} + 2.0$ (バラストラック) $t = 3.6CS \sqrt{Kh} + 1.5$ (バラストラック以外)	$t = 3.6CS \sqrt{Kh} + 3.0$ (バラストラック) $t = 3.6CS \sqrt{Kh} + 2.5$ (バラストラック以外)

(4) 内底板

深水タンク要件 : (3) と同じ (C 編 32.3.4-2.)

(5) 船側縦通肋骨

	新規則 (C編 32.4.6-1.)	旧規則 (C編 7.4.1 第1式)
荷重(m)	$d + 0.038 L' + h_1 \quad h_1 = \frac{3}{2} (17 - 20 C_b')(1-x)$	$d + 0.038 L'$
腐食予備係数	1.1	1.2
船体縦曲げによる軸応力 (kg/mm ²)	$\alpha = 15.5 f_B \left(1 - \frac{z}{z_B}\right) \dots\dots z \leq z_B$ $\alpha = 15.5 f_D \frac{z - z_B}{Z'} \dots\dots z_B < z$	$15.5 f_B \left(1 - 2.5 \frac{y}{D_s}\right)$
船体水平曲げによる軸応力 (kg/mm ²)	$\frac{1}{9.81} \frac{M_H}{I_H} y_H \times 10^5$	6
許容応力	$\frac{K}{24 - \alpha K}, \quad \min. \frac{K}{18}$	$\frac{1}{24 - \alpha K}$
規則算式	$Z = 90 C S h l^2$	$Z = 100 C K S h l^2$

深水タンク要件

	新規則 (C編 32.4.6-2.)	旧規則 (C編 32.4.3(2))
荷重(m)	h ₁ : タンク頂板からオーバーフロー管の上端までの距離の1/2の点と当該隔壁板の下縁との垂直距離 (m) h ₂ : 0.85(h ₁ + Δh) h ₃ : 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	h ₁ : タンク頂板からオーバーフロー管の上端までの距離の 1/2 の点と当該隔壁板の下縁との垂直距離 (m) h ₂ : 0.85(h ₁ + Δh)
腐食予備係数	1.1	1.2
安全率	1.1	1.25
船体縦曲げによる軸応力 (kg/mm ²)	$15.5 f_B \left(1 - \frac{z}{z_B}\right) \dots\dots z \leq z_B$ $15.5 f_D \frac{z - z_B}{Z'} \dots\dots z_B < z$	$15.5 f_{BH} K \left(1 - \frac{y}{y_B}\right) \dots\dots y \leq y_B$ $15.5 f_{DH} K \frac{y - y_B}{Y'} \dots\dots y_B < y$
船体水平曲げによる軸応力 (kg/mm ²)	$\frac{1}{9.81} \frac{M_H}{I_H} y_H \times 10^5$	$k \left(1 - 2 \frac{d_1}{B}\right)$ k: L が 230 m 以下のとき : 6.0 L が 400 m 以上のとき : 10.5 L がその間は補間法による
C	$C_1 = \frac{K}{24 - \alpha K}, \quad \min. \frac{K}{18}$	$C_2 = \frac{K}{24 - \alpha}, \quad \min. \frac{K}{18}$
規則算式	$Z = 100 C_1 C_2 S h l^2$	$Z = 125 C_1 C_2 C_3 S h l^2$

(6) 船底縦通肋骨

	新規則 (C編 32.3.2-1.)	旧規則 (C編 32.3.2-1.)
荷重(m)	$d + 0.013 L' \left(\frac{2}{B} y + 1\right) + h_1$ $h_1 = \frac{3}{2} (17 - 20 C_b')(1-x)$	$d + 0.026 L'$
腐食予備係数	1.1	1.2
規則算式	$Z = \frac{90CK}{24 - 15.5 f_B K} \left\{ d + 0.013 L' \left(\frac{2}{B} y + 1\right) + 0.75 h_1 \right\} S l^2$	$Z = \frac{100CK}{24 - 15.5 f_B K} (d + 0.026 L') S l^2$

(7) 縦通壁付縦通防撓材及び内底縦通肋骨

深水タンク要件 : (5) と同じ (C編 32.4.3 (2))

付録4. 縦通肋骨に対する疲労強度

付録4.1 改正の背景

付録2の損傷調査結果から、損傷が発生している船側縦通肋骨及び船底縦通肋骨については、疲労による損傷と推察されることから、今回、タンカー及びばら積貨物船と同様に、疲労強度に関する要件を次のとおり規定した。

- (1) 疲労強度評価方法については、鋼船規則検査要領C編附属書C1.1.23-1. 縦通防撓材の疲労強度評価に関する検査要領と同様の考え方でコンテナ運搬船にも適用を拡大することとした。
- (2) コンテナ運搬船への適用にあつては、同附属書中、波浪荷重による応力、船体動揺加速度による応力及び疲労被害度の算定に関する要件を「コンテナ運搬船の構造強度に関するガイドライン」ベースで規定した。
- (3) コンテナ運搬船では、満載状態、ノーマルバラスト状態以外の中間喫水で航行することが考えられるため、種々の喫水において、かつ、それぞれの喫水においてバラストタンクが満載及びび空の両方の状態を考慮し、種々の検討を行った。その結果、コンテナ運搬船の船側縦通肋骨及び船底縦通肋骨の疲労強度評価を行う場合、考慮すべき船舶の状態は満載状態とバラスト状態の2状態とし、どちらの状態においても、バラストタンクにバラストを満載にした状態を考慮することで実際の損傷傾向との対応が取れることから、これらの2状態を検討の対象とするよう規定した。
- (4) 許容疲労被害度については、損傷調査結果との比較からコンテナ運搬船に対してもタンカー及びばら積貨物船と同様0.6に設定した。
- (5) ただし、バラストタンクの状態について、現実的には25年間常にバラストを満載して航行するという事はないため、前(3)の状態は、現実に船舶が遭遇する状態よりも厳しいものとなっている。よって、今回、許容疲労被害度を0.6に設定した場合に実際の損傷傾向と対応が取れるよう疲労被害度に対する補正係数を見直している。
- (6) コンテナ運搬船の船底縦通肋骨及び船側縦通肋骨について損傷を調査した結果、疲労強度に起因すると思われる損傷のほとんどが船の中央部に発生している。(図24参照) 中央部以外の箇所でも損傷が多少見られるが、過去20年間に建造された船舶ではほとんど損傷が発生していないこと、また、付録3.4(2)のとおり、船の中央部より前方の箇所については、損傷を2次的に防止するため、規則算式において構造部材の寸法を強化していることから、今回、コンテナ運搬船の縦通肋骨に対する疲労強度評価は、船の中央部について行う旨規定した。なお、船の中央部以外の箇所においても、本会が必要と認める場合(例えば、部材の形状が

変わる箇所又は部材寸法が大きく変わる箇所等)には、疲労強度評価を行う必要がある旨規定した。

- (7) タンカー及びばら積貨物船については、現在そのほとんどがCSRを適用することとなり、同附属書C1.1.23-1.の要件は、CSR適用船以外の船舶に適用される。タンカー及びばら積貨物船の船底縦通肋骨及び船側縦通肋骨についても損傷を調査した結果、CSR非適用船では疲労強度に起因すると思われる損傷のほとんどが船の中央部に発生していることから、今回、タンカー及びばら積貨物船についてもコンテナ運搬船と同様に、本会が必要と認める場合を除き、縦通肋骨に対する疲労強度評価は船の中央部について行うこととした。

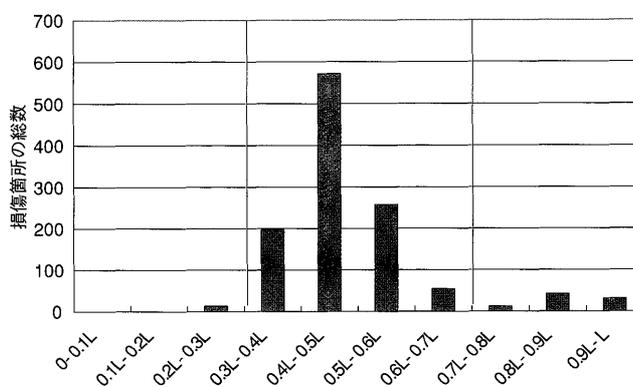


図24 コンテナ運搬船の疲労損傷発生箇所の船長方向分布

付録4.2 試算結果

付録4.1の疲労強度評価法に基づき、コンテナ運搬船29隻を対象として、船底縦通肋骨及び船側縦通肋骨の疲労強度評価を行った。結果を図25に示す。ここで、図中の赤線は許容疲労被害度を示しており、横軸は船齢が古い順に並んでいる。

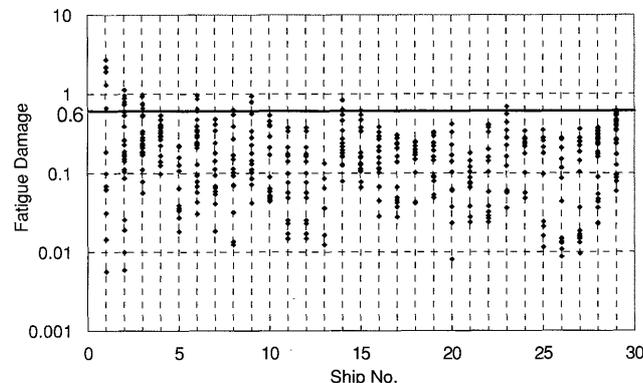


図25 コンテナ運搬船の縦通防撓材に対する疲労被害度の検討結果(赤: 損傷部材, 青: 非損傷部材)

この結果より、疲労による損傷は船齢の古い船舶で発生しており、一部の船舶において許容値よりも小さい疲労被害度で損傷が発生しているケースは見られるものの、概ね損傷傾向との対応が取れている。

また、損傷が発生している船舶のうち代表的な船舶（図25におけるShip No.2, 3及び6）について、損傷発生箇所及びその詳細等を調査した。結果をそれぞれ図26(a)から(c)に示す。

図26(a)：船側部上側のタンクにおいて、タンク下部で損傷が発生しており、試計算による疲労被害度の判定結果と概ね一致している。一方、船側部下側のタンクにおいては、疲労被害度が許容値を超えているが損傷は発生していない。本タンクはFOタンクであるが、試計算では常に燃料を満載にした状態を考慮している。しかしながら、実際のFOタンクでは航海中燃料の消費に伴い内圧も減少するため、傾向が一致しないものとする。このように今回規定した疲労強度評価で考慮すべき状態が実際の状態と異なることにより疲労被害度が厳しくなると考えられるタンクについては、附属書C1.1.23-1の1.1.3-3の規定により実際に想定される積付頻度を考慮して検討して差し支えないこととした。

図26(b)：船側部タンクの下部で損傷が発生しており、試計算による疲労被害度の判定結果と概ね一致している。

図26(c)：船側部タンクの下部で損傷が発生しており、1部材において疲労被害度が許容値よりも小さい箇所では損傷が発生しているものの、試計算による疲労被害度の判定結果と概ね一致している。

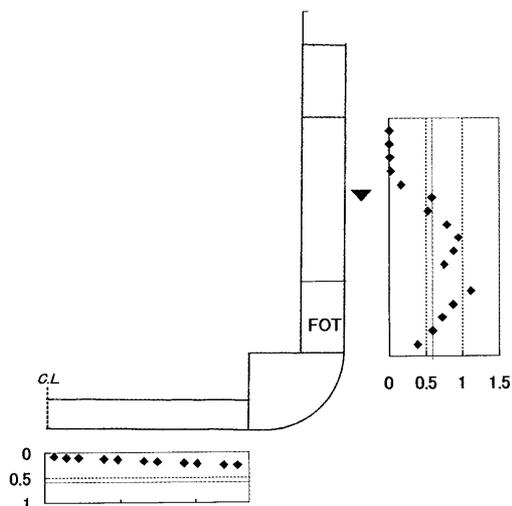


図26(a) 損傷船に対する疲労強度検討結果 (Ship No.2)

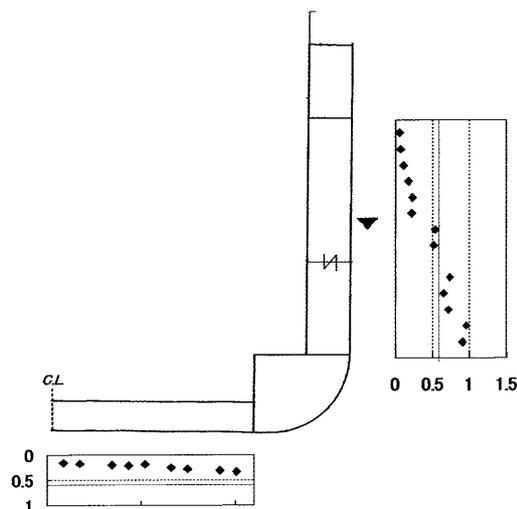


図26(b) 損傷船に対する疲労強度検討結果 (Ship No.3)

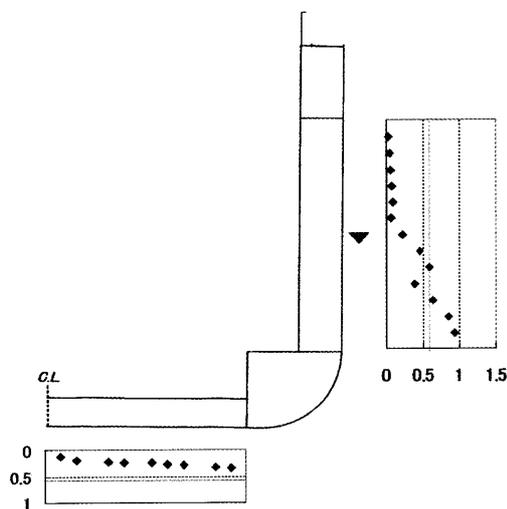


図26(c) 損傷船に対する疲労強度検討結果 (Ship No.6)

付録5. 部材寸法の試計算結果

本改正による規則算式の妥当性を検証するため、1,000TEUから10,000TEUの10隻のコンテナ運搬船を対象として、船体中央部及び中央部0.4L間より前方部の2断面における二重船殻構造部材の要求寸法について、旧規則との比較を行った。結果を表9に示す。

船側外板については、腐食予備厚の減少分に加え、ビルジ高さの修正又は水平曲げの影響等の見直しに伴い、旧規則と同等から最大で1.5mm程度の軽減となっている。

船底外板については、腐食予備厚は旧規則のままとしたが、波浪荷重の見直しに伴い、最大で1.0mm程度の軽減となっている。

縦通壁については、腐食予備厚の減少分により、1.0mm程度の軽減となっている。

内底板については、今回、特段改正は行っていないため、

旧規則と同等である。

骨部材については、腐食予備係数の見直し、深水タンクに対する安全率の見直し等により、基本的には5%～最大で25%程度の軽減となっている。ただし、船側縦通肋骨については、今回追加した疲労強度要件に基づき、10%～15%程度の強化が必要となる場合がある。なお、船底縦通肋骨については、疲労強度評価の結果、すべての試算対象船において疲労強度を満足する結果であった。

表9 新規則と旧規則の比較

	部材	旧規則からの増減	
		中央部	前方部
板部材	船側外板	-1.5 ~ -0.5mm	-1.5 ~ 0mm
	船底外板	-1.0 ~ 0mm	-1.0 ~ 0mm
	内底板	0mm	0mm
	縦通壁	-1.0mm	-1.0mm
骨部材	船側縦通肋骨	-15 ~ +15 %	-20 ~ +10 %
	船底縦通肋骨	-20 ~ -5 %	-10 ~ -5 %
	内底縦通肋骨	-20 ~ -10 %	-20 ~ -10 %
	縦通壁付縦通防撓材	-25 ~ -10 %	-20 ~ -10 %

33. 鋼船規則 C 編及び CS 編並びに関連検査要領における改正点の解説 (チェーンロッカに設けられる交通口の蓋)

1. はじめに

2011年11月1日付一部改正により改正されている鋼船規則 C 編及び CS 編並びに関連検査要領中、チェーンロッカに設けられる交通口の蓋に関する事項について、その内容を解説する。なお、本改正は、2012年1月1日以降に建造契約が行われる船舶に適用されている。

2. 改正の背景

チェーンロッカに設けられる交通口の蓋は、IACS 統一規則 L4 において密に配置されたボルトにより締め付けることが要求されているが、このボルトの間隔が具体的に規定されていなかった。このことから、IACS は統一規則 L4 を見直し、当該交通口の蓋及びその締付装置は、水密マンホールに関する ISO, JIS 等の規格によるもの又はこれと同等なものとするを要件として加え、また、この締付装置にバタフライナット及びヒンジボルトの使用を禁止する

統一規則 L4 (Rev.3) を 2011 年 3 月に採択した。

このため、IACS 統一規則 L4 (Rev.3) に基づき、関連規定を改めた。

3. 改正の内容

- (1) 規則 C 編 27.1 及び CS 編 23.1 のチェーンロッカに関する規定において、チェーンロッカの交通口の蓋及びその締付装置は本会が適当と認めるものとするよう規定した。
- (2) 検査要領 C 編 C27.1 のチェーンロッカに関する規定において、前(1)の「本会が適当と認めるもの」とは JIS F 2304, JIS F 2329 もしくは ISO 5894:1999 によるもの又はこれと同等のものである旨規定した。また、検査要領 CS 編においては、前(1)の「本会が適当と認めるもの」については、付録1「検査要領 C 編の準用」において、検査要領 C 編 27.1 の規定を準用するよう規定した。

34. 鋼船規則 C 編、CS 編及び CSR-B 編並びに関連検査要領における改正点の解説 (ブルワークステイ基部の構造)

1. はじめに

2011年6月30日付一部改正により改正されている鋼船規則 C 編、CS 編及び CSR-B 編並びに関連検査要領中、ブルワークステイ基部の構造に関する事項について、その内容を解説する。本改正は、2011年12月30日以降に建造契約が行われる船舶に適用されている。

2. 改正の背景

上甲板に木材を積載することが計画されたばら積貨物船、一般貨物船等には、ブルワークが上甲板に備えられており、ブルワークを支持するステイ基部において船体縦曲げによる応力の流入が原因と考えられる亀裂損傷が散見されていた。

ブルワークステイの構造様式としては、一般的に、ブラケットタイプ及びガセットタイプの2種類があるが、損傷調査を実施した結果、亀裂損傷の大部分が、ガセットタイ