

となる状態が生じるため部分積付タンクとなる。

この場合、APTにおいてDepartureで0%及び100%，Arrivalで0%及び100%の状態にて確認計算を行う必要があるかどうかだが、今改正の主旨はバラスト水位が少しでも設計状態から変わると縦強度を満足しなくなるような余裕度のない設計を排除することにあるため、基本的に必ずし

も上述の4ケースについて計算を行う必要はなく、DepartureからArrivalまでのある中間時点(例えば、Half Bunker状態時)にてAPTの0%及び100%の2ケースを確認すればよいと考える。ただし、全ての船に対してこれで十分とはならないため各船毎に柔軟に対応する必要がある。

13. 鋼船規則C編及び関連検査要領における改正点の解説 (縦通肋骨等のスパン修正)

1. はじめに

2002年12月27日付規則第65号及び達第72号（日本籍船舶用）並びに2002年12月27日付Rule No.72及びNotice No.77（外国籍船舶用）により、鋼船規則C編及び同検査要領C編が一部改正された。以下、改正された規則及び検査要領について解説する。

2. 改正の背景

従来の規則及び検査要領では、タンカーのみ縦通肋骨の断面係数に関する規定において、スパン（支点間距離）修正を認めないこととしている。これは、ダブルハルタンカー規則制定当時、大型のシングルハルタンカーの船側縦通肋骨に疲労亀裂が多数報告されていたことを考慮しての措置であった。今般、新たに開発された疲労強度評価基準（本号に後述する技術規則解説14.参照）に基づいて、過去十数年の縦通肋骨の疲労亀裂損傷を調査・分析することによって、縦通肋骨等の疲労強度が十分精度良く評価できるように

なったことから、タンカーの縦通肋骨等に対するスパン修正が適用できるよう改正した。

3. 改正の内容

タンカーの縦通肋骨等に対してスパン修正が認められることにより、全船種に対してスパン修正が認められることになるため、鋼船規則検査要領C6,C31及びC32の各規定を削り、鋼船規則C編1章及び同検査要領C1に当該規定を整理する。従来の規則ではスパン修正適用可否が曖昧であったため、適用対象を二重底または二重船側部のようないわゆるサンドイッチ構造のものに限るよう明確化した。改正箇所は以下の通りである。

- (1) 規則C編1.1.13-4.及び-5.をそれぞれ-5.及び-6.とし、-4.を新たに加えた。
- (2) 検査要領C6.4.3-2.を削りC1.1.13を加えた。C1.1.13は、従来のC6.4.3-2.を適用対象を明確にするため適宜語句修正を行った上で移動させたものである。
- (3) 検査要領C31.2.5及びC32.3.2を削った。

14. 鋼船規則C編及び関連検査要領における改正点の解説 (縦通防撓材の疲労強度)

1. はじめに

2002年12月27日付規則第65号及び達第72号（日本籍船舶用）並びに2002年12月27日付Rule No.72及びNotice No.77（外国籍船舶用）により、鋼船規則C編及び同検査要領C編が一部改正された。以下、改正された規則及び検査要領について解説する。

2. 改正の背景

シングルハルタンカーの船側縦通肋骨の疲労損傷が、多く報告されたことから、縦通防撓材のうち、タンカーの船

側縦通肋骨については、疲労強度に関する規定がある。しかし、バルクキャリアのビルジホッパタンク内の船側縦通肋骨や船底縦通肋骨にも疲労損傷が報告されていることから、タンカー以外の船舶にも適用する必要があり、さらに、船側縦通肋骨だけでなく、船底縦通肋骨にも適用する必要がある。また、最近の研究によれば、疲労強度は、平均応力の影響が無視できないことが挙げられる。このことから、適用船舶や適用箇所について汎用性があり、かつ、縦通防撓材に作用する平均応力を考慮できる疲労強度評価手法が望まれていた。今般、シングルハルタンカーの船側縦通肋骨やバルクキャリアにおける船側及び船底縦通肋骨の水密

隔壁以外の桁部材を貫通する箇所における疲労損傷がほぼ説明できる疲労強度評価手法が開発された。また、隔壁貫通部については、相対変位を考慮する必要があるが、これについては、タンカーの状態評価 (CAP) に用いられている評価手法により評価しており、十分な実績がある。そこで、これらの手法を取り入れ、縦通防撓材の疲労強度に関する規定を整備することとした。

3. 改正の内容

主な改正内容は、以下のとおりである。

- (1) 附属書として「縦通防撓材の疲労強度評価に関する検査要領」を制定し、タンカー又はばら積み貨物船の縦通防撓材の疲労強度評価は、当該附属書によることとした。
- (2) 「縦通防撓材の疲労強度評価に関する検査要領」の主な概要は、以下にとおりである。
 - (a) 疲労強度評価用の荷重を整備した。
 - (b) 横桁を貫通する縦通防撓材の評価応力は、梁理論により算定した縦通防撓材の応力に、現行鋼船規則検査要領に示す応力集中係数を乗じた応力とした。
 - (c) 隔壁を貫通する縦通防撓材の疲労強度評価は、直接荷重解析に基づく荷重を用い、構造解析の結果得られる相対変位の影響を考慮することとした。なお、疲労強度的に十分と判断されるソフトブレケットを施す場合は、疲労強度評価を省略できることとした。
 - (d) 標準状態として、満載状態とバラスト状態の2状態を仮定した。
 - (e) 疲労強度評価は、線形被害則に基づく累積疲労被害度とした。

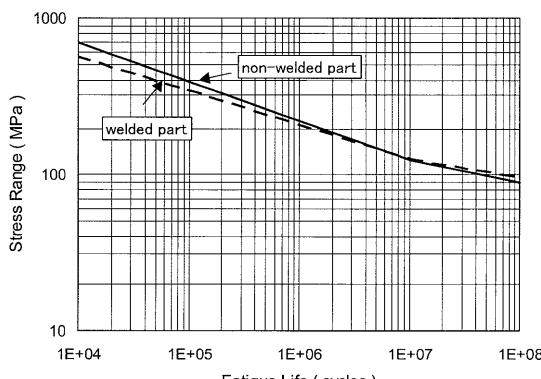


図1 S-N線図

(f) 平均応力及び残留応力の影響を考慮できる等価応力変動幅を与える算式を使用した。

(g) S-N線図は、UK-HSEのD平均線図を基に溶接残留応力の影響を考慮したものとした。

(h) 許容累積疲労被害度は、シングルハルタンカーにおける船側縦通肋骨の疲労損傷の解析から得られた97%下限値とした。

(i) 船舶による係数を運航する海域や疲労損傷との検証結果から与えた。

(3) 「縦通防撓材の疲労強度評価に関する検査要領」を制定したことにより、現行鋼船規則検査要領C29.5.1の船側縦通肋骨の疲労強度に関する規定を削除した。

4. 縦通防撓材の疲労強度評価

4.1 疲労被害度の評価

疲労強度評価は、次式で計算される累積疲労被害度と許容値との比較により行う。

$$\mathbf{D} = \mathbf{D}_1 + \mathbf{D}_2$$

$$\mathbf{D}_k = \sum_i \frac{\mathbf{n}_i}{N_i} = \sum_i \frac{\mathbf{n}_i}{\mathbf{C}} \Delta \sigma_{eq}^m \quad (1)$$

\mathbf{D}_1 ; 「状態1」での累積疲労被害度

\mathbf{D}_2 ; 「状態2」での累積疲労被害度

ここで、状態1とは、縦通防撓材が横桁などを貫通する箇所における縦通防撓材の面材に作用する平均応力が引張側に厳しい状態をいい、状態2とは、状態1でない状態をいう。

なお、状態1及び状態2は同じ繰り返し数あるものとする。また、疲労強度の評価に用いるS-N線図は、UK-HSEのD平均線図を基に溶接残留応力の影響を考慮したもので、表1及び図1に示す溶接部に対するものを用いた。

4.2 S-N線図に適用する応力変動幅

S-N線図に適用する応力変動幅は、次式で表される平均応力及び残留応力(350N/mm^2)を考慮したものとする。(日本海事協会会誌No.257, 2001(IV)参照)

$$\Delta \sigma_{eq1} = \Delta \sigma^\alpha \left(350 - \frac{0.96 \Delta \sigma^* - \Delta \sigma_1}{2} \right)^{1-\alpha}$$

表1 S-N線図

	m	C	m'	C'
非溶接部	4	2.34E+15	7	4.44E+21
溶接継手	4.63	5.46E+16	8.25	2.35E+24

$$\Delta \sigma_{eq,2} = \begin{cases} \Delta \sigma^{\alpha} \left(350 - \frac{0.96 \Delta \sigma^* - \Delta \sigma_2}{2} - (\sigma_{m1} - \sigma_{m2}) \right)^{1-\alpha} & ; (700 - \Delta \sigma^*) > (\sigma_{m1} - \sigma_{m2}) \\ \Delta \sigma^{\alpha} \left(\frac{0.96 \Delta \sigma^* + \Delta \sigma_2}{2} - 350 \right)^{1-\alpha} & ; (700 - \Delta \sigma^*) \leq (\sigma_{m1} - \sigma_{m2}) \end{cases}$$

- σ_{m1} ; 引張り側に厳しい状態となる「状態1」における構造的平均応力
 σ_{m2} ; 「状態2」における構造的平均応力
 $\Delta\sigma_i$; 各状態における応力変動幅
 $\Delta\sigma^*$; 「状態1」における 10^{-5} 超過確率レベルの応力変動幅

4.3 縦通防撃材の応力評価

縦通防撃材の応力は、静水圧などの静的荷重による応力、波浪変動圧による応力、タンク内変動圧による応力、ハルガーダーモメントによる応力を梁理論により求める。なお、波浪変動圧及びタンク内変動圧については、日本海事協会誌 No.257、2001(IV)に解説されているので、参照されたい。

これらの応力を、詳細に計算した応力応答結果にあうよう組み合わせ係数を表2のように定めた。

この場合、喫水線近傍（特に上方）においては波浪変動圧は、波の山のときにのみ荷重が作用することになり、波の谷のときには波浪変動圧は作用しない。この場合の取り

扱いを模式的に図2に示す。

応力変動幅の長期分布は、Weibul形状母数=1の指指数分布と仮定しているので、各確率レベルの応力が計算できる。この場合、喫水線近傍の縦通防撃材については、図2に示す修正を行う。さらに、表2により応力成分を組み合わせて、(2)式により等価応力を算定し、(1)式の疲労被害度が計算できる。

表2 応力の組み合わせ

設計条件		波浪変動圧による応力	タンク内加速度による応力	ハルガーダーモメントによる応力
L-180	満載状態	-0.5	-1	1
	バラスト状態	0.8	-0.8	1
L-0	満載状態	1	-	1
	バラスト状態	1	-	1
R	満載状態	1	1	-
	バラスト状態	1	1	-
P	満載状態	1^{*1}	1^{*1}	0.4
	バラスト状態	1^{*1}	1^{*1}	0.8

(備考)

*1 波浪変動圧が作用する箇所にあっては波浪変動圧による応力とタンク内加速度による応力の0.7倍をした応力の和が波浪変動圧による応力の0.7倍より小さい場合、波浪変動圧による応力とタンク内加速度による応力の和は、波浪変動圧の0.7倍とする。

*2 波浪変動圧が作用する箇所にあっては波浪変動圧による応力とタンク内加速度による応力の0.7倍をした応力の和が波浪変動圧による応力の0.8倍より小さい場合、波浪変動圧による応力とタンク内加速度による応力の和は、波浪変動圧の0.8倍とする。

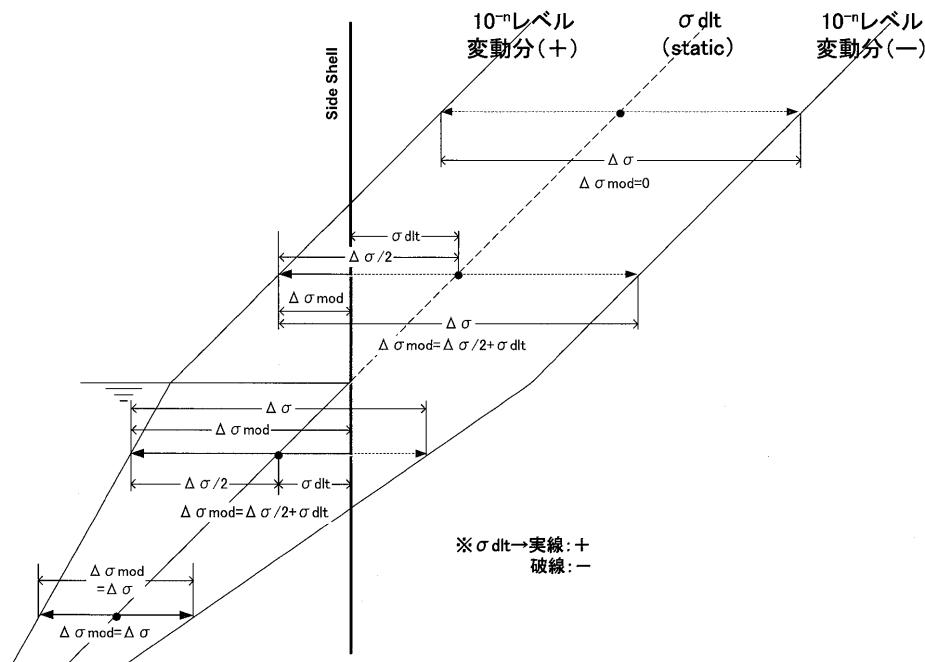


図2 喫水線近傍の波浪変動圧による応力の非線形性の取り扱い

4.4 許容疲労被害度

許容疲労被害度は、シングルハルタンカーの船側縦通肋骨における損傷・非損傷の調査結果に基づき、0.6と定めた。また、疲労は、実際に遭遇する荷重を想定するために、

タンカー及びばら積貨物船の標準的な航路及び積付頻度を船会社にアンケートし、その結果に基づき影響係数を表3のとおり定めた。

表3 標準航路などの影響係数

船の種類	縦通防撓材のある箇所		η
タンカー	船側及び船底	0.5	
	上記以外	0.4	
バルクキャリア	Lが200m以上	船側及び船底	0.55
		上記以外	0.45
	Lが200 m未満	本会が適当と認める値とする。	

15. 鋼船規則C編及び関連検査要領における改正点の解説 (縦通肋骨等が貫通する桁板又は肋板に取付けられる防撓材の強度評価)

1. はじめに

2002年12月27日付Rule No.72/Notice No.77(外国籍船舶用)及び2002年12月27日付規則第65号/達72号(日本籍船舶用)により、鋼船規則C編及び同検査要領の「縦通肋骨が貫通する桁板又は肋板に取付けられる防撓材の強度評価関連」の改正が行われた。以下、改正された内容について解説する。

2. 改正の背景

桁板や肋板を縦通肋骨等が貫通する箇所には、桁板や肋板と縦通肋骨等を結ぶ防撓材が取り付けられる。当該防撓材は、船底外板などを介して縦通肋骨等に伝わる荷重を桁部材に伝える役割を担っている。現行規則ではこの防撓材について、桁板又は肋板の座屈を防止する目的で鋼船規則C編6章の二重底及び30章の鉱石運搬船に防撓材の寸法に関する規定が設けられている。しかしながら、桁板や肋板の縦通肋骨等の貫通部では開口周辺や防撓材基部に亀裂が生じることが報告されており、実験結果等によれば、損傷の順番はまず防撓材基部に始まり防撓材基部が切損後、スロット周辺の応力が増加しスロット周辺に亀裂が発生するという経過をたどることが示されている。また、この亀裂損傷は、船体の破壊あるいは油の漏洩など致命的なダメー

ジを与えるものではないが、肋板・桁板毎に縦通肋骨等が貫通する箇所は非常に多いため、亀裂損傷が多くの箇所に生じ、修理のための時間・費用を考えると、重大な損傷と言わざるを得ない。

そこで今回これらの防撓材について、従来の桁板や肋板の座屈防止を目的とする規定に加え、防撓材基部の亀裂損傷の防止を目的とする規定を設けることとした。

3 改正の内容

3.1 鋼船規則C編

1.1.14-3.として、図1に示すような桁板又は肋板の縦通肋骨等の貫通部で桁板又は肋板に取付けられる防撓材について、縦通肋骨等との固着部に対し疲労強度に配慮する規定及び桁板又は肋板の座屈防止を目的とする規定を新たに設けた。また、6.3.3-2.及び30.1.5-2.(5)(a)に、これらの防撓材について桁板又は肋板の座屈防止を目的とする規定が設けられていたが、1.1.14-3.によることとした。

3.2 鋼船規則検査要領C編

C1.1.14として、二重底タンク及び深水タンク内に設けられる図1に示すような桁板又は肋板の縦通肋骨等の貫通部で桁板又は肋板に取付けられる防撓材について、縦通肋骨等との固着部の疲労亀裂防止を目的とする算式を設けた。