KC#914

規則改正案

バラストにより生じる圧力による単船側構造の断面係数に関する要件

バラストにより生じる圧力を受ける単船側ばら積貨物船の倉内肋骨の要件について。6 章 2 節 3.3.1、及び IACS KC 457/215/356 に関連。

DNV による理解の要約、バラスト兼用倉を想定

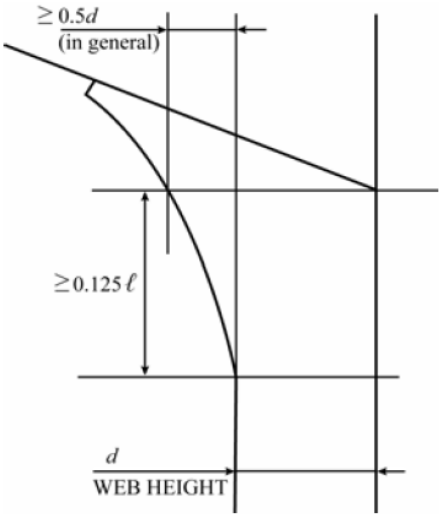
スパン中央部における断面係数

1. [3.3.1] (全圧力) 3 章 6 節図 16 で定義されている長さ
2. [3.2.3] (バラストにより生じる圧力のみ) 3 章 6 節図 2 略図 4 に定義されている長さ

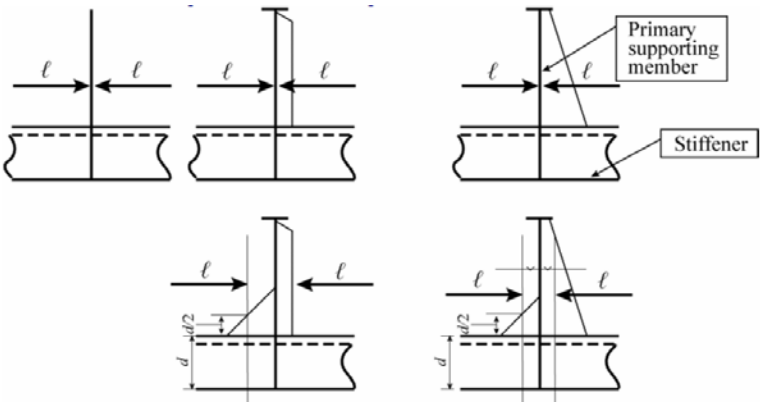
[3.3.3]/[3.3.4]による端部における断面係数

1. 2xW[3.3.1] (全圧力) 3 章 6 節図 16 で定義されている長さ
2. 2xW[3.2.3] (バラストにより生じる圧力のみ) 3 章 6 節図 2 で定義されている長さ

3 章 6 節図 20 によるブラケット長さの要件(UR S12 に同じ)



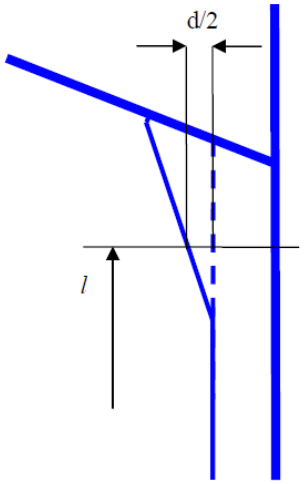
トップサイドタンクとの固着部において、ブラケット高さは 0.5d である。有効長さは 3 章 6 節図 2 に基づき計算される。



注目すべきは、UR S12 の規定による標準のブラケット配置であれば、有効長さはトップサイド及びホッパーナックル間の長さと等しくなる(l_{eff}=l)点である。すなわち、KC215 に示されるように、有効スパンによる減少がないということである。

KC356 ではl_{eff}=lについて[3.2.3]の断面係数は 2x[3.3.1]に等しいことが示されている。実際、これは係数mがm_{mid}=10 及びm_{end}=5 の場合に相当し、非常に安全側となる。また、m=10 の場合は通常、垂直防撓材の端部モーメントであることにも留意すること。

[3.2.3]の算式を満足するために、下図に示すような細長なブラケットを倉内肋骨に採用する設計が見られる。



このブラケットにより有効長さを大幅に減少させることができる。DNV は、本件によりスパンがある程度減少することで，DNV 規則で本来要求されるスパン中央の断面係数を下回る可能性があることを懸念している。
ブラケットの設計により要求値を操作する可能性を取り除くため、[3.2.3]の要件は肋骨のモーメント分布をより物理的に表す算式に置き換えられるべきであるというのが DNV の見解である。

以下に注目されたい。

1. 3 章 6 節図 2 に基づく有効スパンの評価は倉内肋骨に対して妥当ではない。
単船側の倉内肋骨のスパンは 3 章 6 節図 2 に基づかなくてはならない。図 2 は連続する防撓材の典型的な端部固着を示している。しかし防撓材が端部支持点で止まっている場合の端部固着は示されていない。また、例えば、図 2 では下部ブラケットが有効に支持されている場合にのみ適用される等の前提条件が述べられていない。従って、図 2 を単船側の倉内肋骨に用いるべきではない。

2. 倉内肋骨の曲げモーメント分布はトップサイドタンク及びホッパータンクの支持構造の弾性応答により制御される。
ばら積貨物船の倉内肋骨は、端部支持の有効性について疑問をもたれる典型的な箇所である。6 章 2 節[3.4.1]の倉内肋骨の上下端の固着の要件は、倉内肋骨の上部及び下部のブラケットを支持する縦通防撓材の断面係数に対する要件として定式化される。本要件は、端部固着部が倉内肋骨に働く海水圧に伴う曲げモーメント耐力(塑性)を持つことを保証する。海水圧又はバラストにより生じる圧力を受ける倉内肋骨に取り付けられるブラケットによる実際の曲げモーメントは、構造の弾性応答により決定する。
上端部の要求曲げモーメント耐力は下端部の要求値のわずか半分であることを指摘することもできる。

現行の断面係数の算式は両端部で同じ曲げモーメントと仮定している(m=5)。

3. **特設肋骨のブラケット長さの増加は特設肋骨の曲げモーメント分布を制限する効果がある。**
現行 CSR の 3 章 6 節図 2(スケッチ 4)によると、肋骨ブラケット長さの増加はスパン長さの減少を可能とする。それにより肋骨の断面係数も減少することとなる。上記 1 及び 2 を踏まえれば、ブラケット長さの増加は肋骨の曲げモーメントの余裕分を無くす効果があると想定できる。

従って、6 章 2 節 3.3.1 の最後の文の要件に対し、技術的背景資料を求める。

技術的背景資料が得られない場合は、バラストによる圧力を考慮する場合のスパンを，海水圧を考慮する場合のスパンと同じとするように算式要件を改正することを提案する。その場合、改正した算式には肋骨の曲げモーメント分布が支持構造であるホッパーおよびトップサイドタンクの内部構造の弾性応答により決定されることを反映しなければならない。以上の考察により、下部支持構造の弾性剛性は上部支持構造の剛性を上回る。加えて、肋骨の圧力分布も考慮されなければならない。

想定される規則算式
考察に基づき、以下の規則算式を提案する。算式は DNV 規則パート 5 の 2 章 8 節に基づき、バラストにより生じる圧力にのみ有効であるものとする。

$$W = \frac{l^2 s\left(P_s + P_w\right)}{0.9 m R_Y} 10^3$$

$m_{UpperEnd} = 12$，$m_{MidSpan} = 18$，$m_{LowerEnd} = 9$

スパン長さ l は 3 章 6 節図 19 に定義されている通りであり、UR S12 と同様。

変更理由：
1. 提案式は肋骨における曲げモーメント分布をより物理的に表している。
2. ブラケットの設計について、3 章 6 節図 20 により、断面係数の要件がより現実的となる。

$m_{UpperEnd}$ を 5 から 12 へ変更

$m_{MidSpan}$ を 10 から 18 へ変更

$m_{LowerEnd}$ を 5 から 9 へ変更

3. [3.2.3]の要件を現実的な値に戻すために、断面係数を細長いブラケットによって修正することを不可能とする。

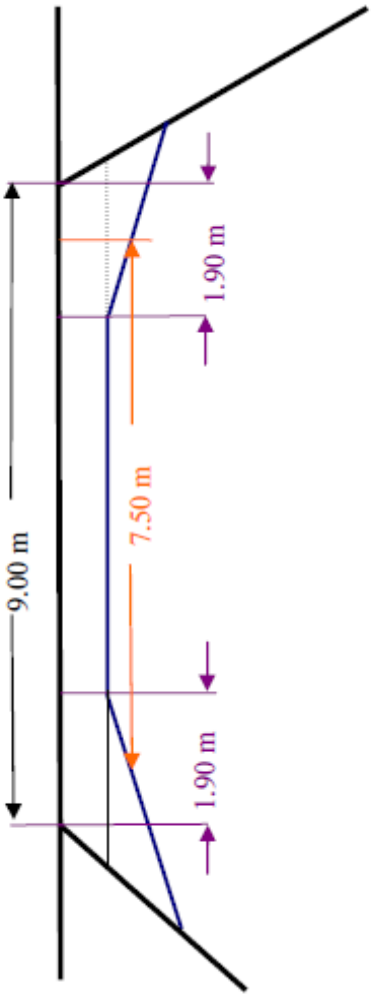
比較計算

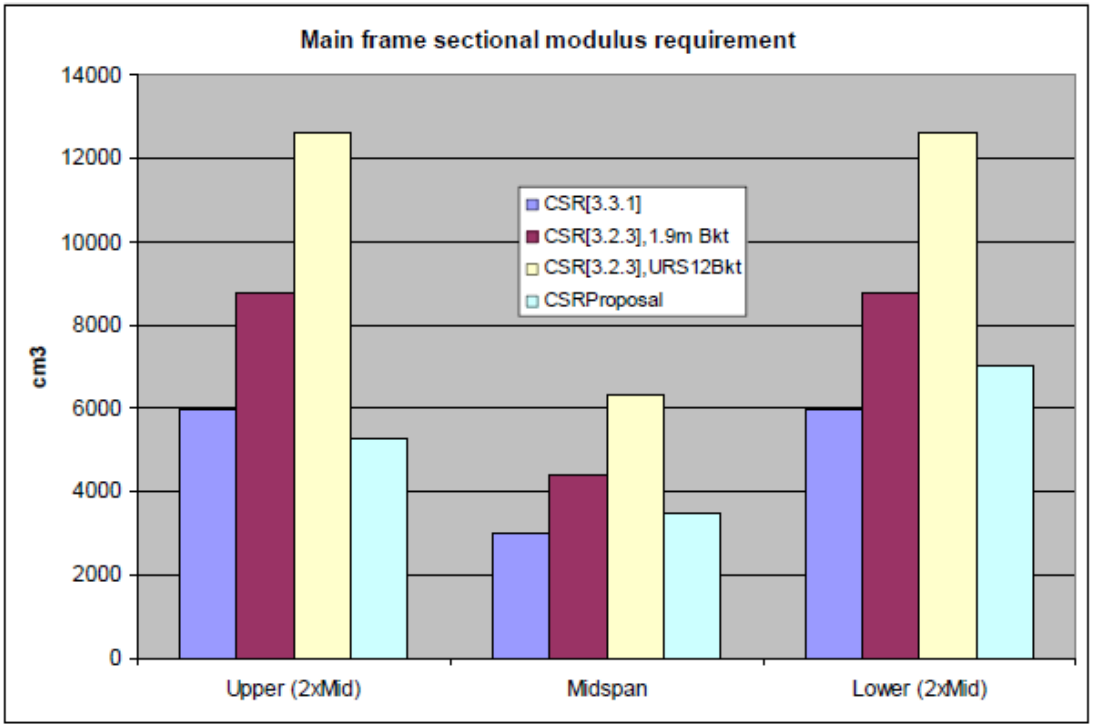
CSR ケープサイズばら積貨物船 BC-A

$P_{Ballast,MidSpan}$ 230 kN/m²

Fr. Sp. 920 mm

Steel 315 N/mm²



断面係数計算

	CSR[3.3.1]	CSR[3.2.3] BKT 1.9m	CSR[3.2.3] UR S12 Bkt	CSRProposal	
Upper (2xMid)	5973	8779	12642	5267	cm³
Midspan	2987	4390	6321	3512	cm³
Lower (2xMid)	5973	8779	12642	7023	cm³