

IACS 縦強度統一規則とその背景

新田 顕*・荒井 宏範**・馬飼野 淳**

1. まえがき

各国の船級協会では、船舶の構造、設備、検査等に関するさまざまな規則を設けており、これらの船級規則にもとづいて、数多くの船舶が建造され、かつ、運航されている。一方、船級協会の協議機関である IACS (International Association of Classification Society) では、これらの船級規則を画一的なものに改めるため、IACS 統一規則の策定を図ってきた。最近にいたり、船体強度に関する根幹的な規定ともいえるべき“Longitudinal Strength Standard”—IACS Requirement S11 がまとめられ、1991 年 4 月を目途に、その内容を各船級規則に取り入れられることが第 22 回 IACS 理事会により決定された。この統一規則の制定により、永年の懸案であった「船舶の強度基準の統一化」に向けて大きな前進をみることとなった。そこで、本稿においては、この IACS Requirement S11 の概要とその背景を紹介するとともに、さらに各船級規則による当該規定との関連について考察を行ってみることとした。

2. 縦強度統一規則作成への経緯

1989 年 5 月、IACS 理事会において、船体縦強度に関する統一規則案が承認され、IACS Requirement S11¹⁾として実施されることになった。そこで、これと密接な関係にある IACS Requirement S7²⁾も含めて、S11 が作成されるまでの経緯を簡単に紹介したい。

船体構造強度の基本ともいえるべき縦強度に関する規定の統一は、IACS の発足当時から Working Party on Strength of Ships (WP/S) に課せられた最大の検討課題であった。いうまでもなく、縦強度は、甲板、船側外板、船底外板、二重底構造、縦通隔壁等船体構造の主要構造部材の寸法を支配するものであり、したがって船殻重量ひいては載貨重量や船価などを左右する最大要因となっている。この基準を船級協会間で統一することの必要性については、学界、造船界、海運界において長年にわたって論じられてきた。しかし、各船級協会がそれぞれ独自で研究調査して作り上げた既存の船級規則の実績

を考慮したとき、各協会の関連規定をひとつの統一された規定に変更するためには、多大の時間を要することが予想された。なぜなら、新たな統一規則の裏付けをする十分な根拠をかため、さらに各メンバー協会の理解と協力を得なければならなかったからである。

そこで IACS は、まず当面の第一段階の解決策として、1973 年に縦強度の統一規則としては初めての UR No. 61 というものを作成した。その後、この規則は 1976 年と 1978 年に 2 回改正されて現在の IACS Requirement S7 として実施されている。この IACS Req. S7 は、当時の就航船の構造寸法に関する実績値をもとにして定められたもので、船舶の主要寸法をパラメータとして算定する船体横断面の断面係数の最低要求値を規定したものである。船体に発生するであろう縦曲げ応力に対する明確な基準を与えたものではない。

一方、この統一規則が作成された当時から、それぞれの船級規則には、静水中曲げモーメントと波浪曲げモーメントとによって船体に発生する縦曲げ応力をベースとして定める船体横断面の断面係数の規定がすでにあつたので、当然、次の段階としてその規定の統一も必要であつた。しかし、前述のとおりその統一を行うことは極めて困難であり、そのためには波浪曲げモーメントおよびせん断力の算定式と許容応力を統一しなければならなかった。

このうち、波浪曲げモーメントについては、各船級規則がそれぞれ詳細に規定を設けており、また、研究分野ではストリップ法による解析がかなり広範囲にわたって行われ、ひとつのまとまった計算結果も得られている。さらに、近年指摘されている波浪荷重の非線形性についても模型実験や理論解析の結果を参考にしてより合理的な基準算式を導くこともできると考えられた。そこで、これらの実績と理論との両面からの詳細な検討を進めることにより、ひとつの統一規則にまとめる方向で作業が進められた。

一方、せん断強度については、従来から具体的に検討された例が少なく、各協会間における現行規定のバラツキも比較的大きく、さらに曲げ強度との整合性についての配慮も必要であつたので、今回の統一規則立案に際しての難点のひとつとなった。

* 日本舶用品検定協会専務理事 (元開発部)

** 開発部

毎年開催される WP/S の会議での討論とその間に交わされる文書による検討とを重ねて 10 年の歳月を経て、ようやく 1989 年 5 月の IACS 理事会にその最終案 (IACS Requirement S11) が提出されて全協会一致で承認された。

なお、縦通部材の座屈強度および疲労強度の問題は、上述の曲げ強度やせん断強度とともに縦強度の重要な部分を占めるため、この統一規則の策定に引き続いて現在 WP/S で詳細な検討が行われており、将来これらに関する統一規則が策定されるであろうことを付け加えておく。

3. IACS Requirement S11

IACS Requirement S11 は、「船舶の就航中の波浪荷重の最大値および静水中の荷重を定め、さらに就航船舶の寸法実績を考慮した許容応力を定める。」という各協会間のコンセンサスがベースとなって作成されている。主な内容を紹介しますと次のとおりである。

3.1 適用

S11.1 は、この規則の適用範囲を示したもので、下記 (i)~(vii) の特徴を有する船舶に対して、この統一規則の規定に加えて別途考慮を払う必要があることを明記している。

- (i) 主要寸法比 $L/B \leq 5$, $B/D \geq 2.5$
- (ii) 船の長さ $L \geq 500\text{m}$
- (iii) 方形係数 $C_b < 0.6$
- (iv) 大きな倉口
- (v) 大きなフレア
- (vi) 加熱された貨物の積載
- (vii) その他特殊な設計等

3.2 静水中曲げモーメントおよびせん断力

S11.2.1 には、静水中の荷重、すなわち、静水中曲げモーメント (SWBM) 及びせん断力 (SWSF) を求めるための標準的な積付状態を示し、更に、波浪荷重と重ね合わせるべきこれらの荷重の正負の符号を図 1 のよう

に定義している。これまで造船所等で行ってきた静水中の荷重の計算やローディングマニュアルに示される荷重の計算法においては、この符号の定義がまちまちであったので、今後注意を要すると思われる。

3.3 波浪曲げモーメント

S11.2.2.1 には、波浪曲げモーメント (WIBM) を、船舶の就航期間中の最大値として定め、波浪荷重の長期予測における発現超過確率がほぼ 10^{-6} 程度のものとし、さらに、これまでの船体応答の非線形計算の結果や各船級規則の規定算式などを参考にして次のように定めている。(4.1 節参照)

$$\left. \begin{aligned} Mw(+) &= +0.19MCL^2BC_b \\ &\quad (\text{kN}\cdot\text{m}) \cdots \cdots \text{hogging moment} \\ Mw(-) &= -0.11MCL^2B(C_b+0.7) \\ &\quad (\text{kN}\cdot\text{m}) \cdots \cdots \text{sagging moment} \end{aligned} \right\} (1)$$

ただし、

L = 船の長さ (m)

B = 船の幅 (m)

C_b = 方形係数、ただし 0.6 未満としない。

$$\begin{aligned} C &= 10.75 - \left[\frac{300-L}{100} \right]^{1.5} & 90 \leq L \leq 300 \\ &= 10.75 & 300 < L < 350 \\ &= 10.75 - \left[\frac{L-350}{150} \right]^{1.5} & 350 \leq L \end{aligned}$$

M = 分布係数で図 2 に示す値

3.4 波浪せん断力

S11.2.2.2 では、波浪せん断力 (WISF) の値を波浪曲げモーメントと同じく、船舶の就航期間中の最大値として定め、さらに船体形状に起因する非線形性による影響などを考慮に入れた算定式で次のように表されている。

$$\left. \begin{aligned} Fw(+) &= +0.3 F_1 CLB(C_b+0.7) & (\text{kN}) \\ Fw(-) &= -0.3 F_2 CLB(C_b+0.7) & (\text{kN}) \end{aligned} \right\} \cdots \cdots (2)$$

ただし、

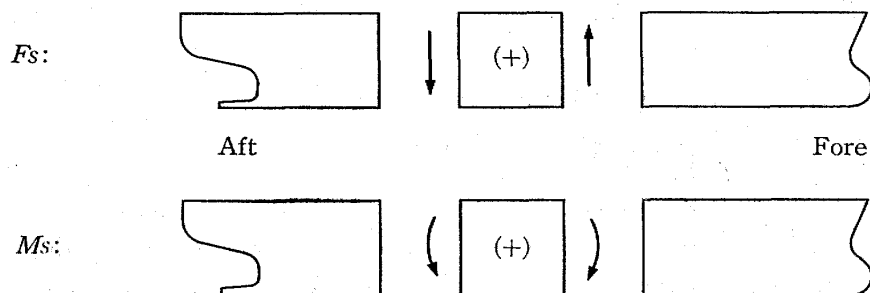


図 1 Sign Conventions of M_s and F_s

L , B , C_b 及び $C=3.3$ 節に示す値

F_1 及び F_2 =分布係数で図3及び図4に示す値

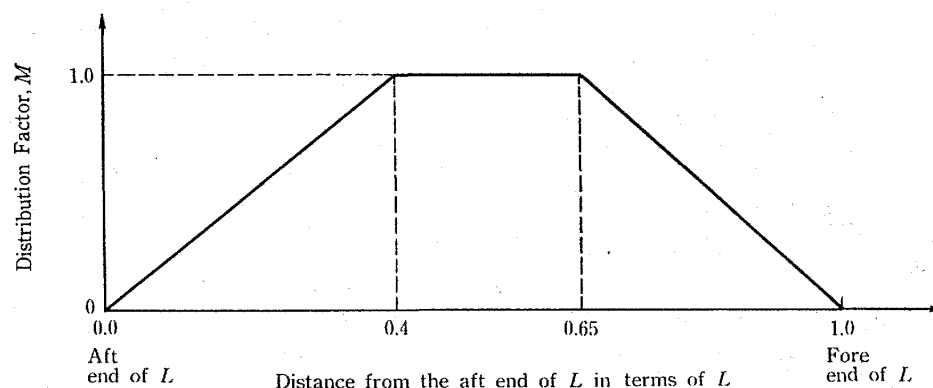


図2 Distribution Factor of Wave Induced Bending Moment, M

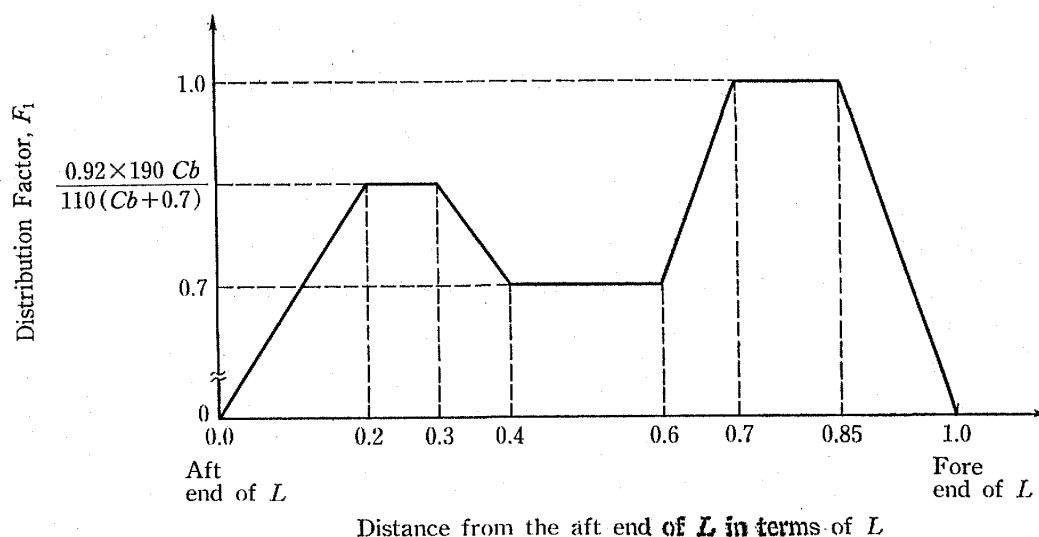


図3 Distribution Factor of Wave Induced Shear Force, F_1

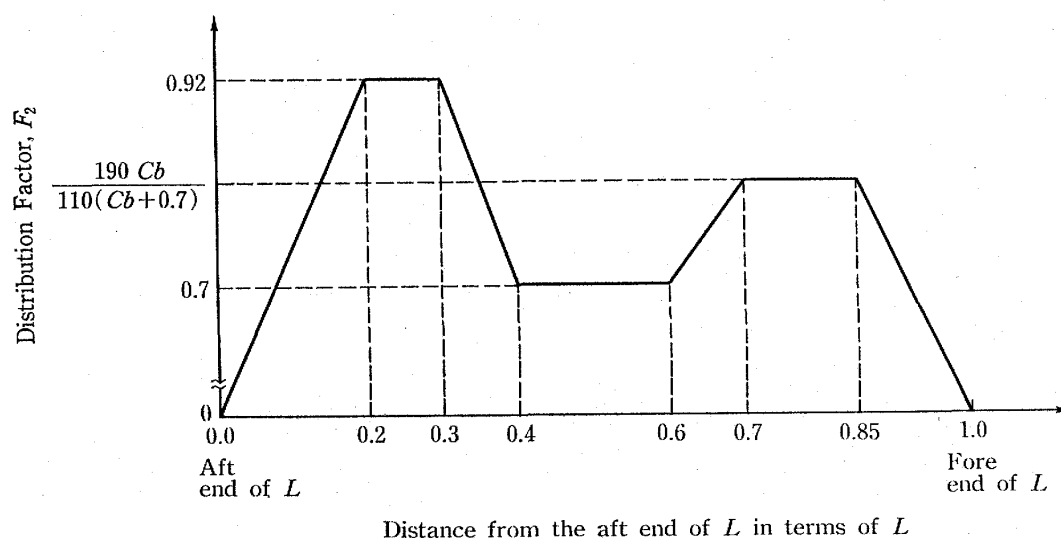


図4 Distribution Factor of Wave Induced Shear Force, F_2

3.5 曲げ強度

S11.3では、曲げ強度の規定を、船体中央部0.4L間に対して設けている。また、船体の前後部の曲げ強度は、船体中央部に比べて構造部材の寸法決定要因になることが少ないことや各船級協会の現行の取り扱い方が必ずしも一致していないことなどを理由に、統一的な規定設をけるに至っていない。

船体中央部の曲げ強度は、船体横断面の断面係数及び断面二次モーメント³⁾によって規定している。断面係数は、3.3節に示す波浪曲げモーメント及び3.2節に示す規定に従って求まる静水中曲げモーメントとの和、すなわち、全モーメントのもとで作用する応力が許容応力を超えないよう定め、さらに断面係数の最小値を与えるIACS Requirement S7の規定に従うよう定められている。許容応力については、これまで船体の縦強度部材の寸法が各船級規則の縦強度の規定に従って決定されて船舶が建造されてきたという実績を尊重して175N/mm²と定められた。

また、IACS Requirement S7では、船体横断面の断面係数の最小値(Wmin)は次のように規定されている。

$$Wmin = CL^2B(C_b + 0.7) \quad (cm^3) \quad \cdots\cdots(3)$$

この規定は、前述したように就航船の実績から定められたものであるが、今回新しく制定されたIACS Req. S11との関連については、(1)及び(3)式から、次の関係が導かれる。

$$Wmin = \frac{|Mw(-)|}{110(N/mm^2)} \quad \cdots\cdots(4)$$

すなわち、「静水中曲げモーメントが無視できるような積付状態の船舶についても、波浪曲げモーメントによって船体に発生する縦曲げ応力が常に110N/mm²以下になるように断面係数を確保する。」ことを規定している」とみなせる。

3.6 せん断強度

S11.4では、せん断強度についての規定が定められており、船体の全長に亘って船側外板及び縦通隔壁の板厚寸法が波浪せん断力、静水中せん断力及び許容応力によって定まるよう規定されている。許容応力については、曲げ強度と同様に就航船の実績を尊重して110N/mm²と定められた。

そのほか、ばら積貨物船等が隔倉積みをする場合には静水中せん断力の一部が二重底の構造部材によって分担されることを考慮して3.2節による静水中せん断力を修正して船側外板に作用する静水中せん断力とすること、油槽船等で発生する局部荷重による影響を考慮して静水中せん断力を修正すること、並びに船側外板と縦通隔壁

とのせん断力の分担率を考慮することなどが規定されたが、それらの詳細については統一に至らなかったため、各船級協会の裁量に委ねることとなった。

4. 考察

ここでは、前に紹介したIACS Requirement S11の規定内容のうち、主な事項について考察を加えてみたい。

4.1 波浪曲げモーメント

3.3節に示すS11の波浪曲げモーメントの算式は、現在、各船級規則^{4)~14)}に規定されている波浪曲げモーメントの算式を参考にして定められたものであるので、ここで、これらを比較してみることにする。

各船級規則に規定される波浪曲げモーメントの算式は、各協会がそれぞれ独自の方法で定めた波浪荷重に関する長期予測値と発現超過確率に対応するものとして導かれている。すなわち、発現超過確率のレベルについても、各協会によってその解釈が異なり、10⁻⁴~10⁻⁸とばらついている。そこで、波浪曲げモーメントの長期分布を指数分布と仮定して各船級協会の波浪曲げモーメントの算式を10⁻⁸レベルに対応するよう変換すると、発現超過確率10⁻⁸レベルにおいて、3.3節に示すS11の波浪曲げモーメントの算式(1)と各船級協会の波浪曲げモーメントの算式を比較することができる。表1の上段の値は、長さL=約90~320mの就航船について、その主要寸法から上記の方法で求めた各船級協会の規則による波浪サギングモーメントの値を3.3節の(1)式のMw(-)による値で除したものの平均値を示している。下段の値は、各船級規則の規則による波浪ホギングモーメントを同じくMw(+)の値で除したものの平均値である。この表からわかるように、S11のMw(-)は各船級規則の波浪サギングモーメントの平均値に近く、また、Mw(+)は各船級規則の波浪ホギングモーメントの平均値に比べて7%程度小さくなっている。

つぎに、波浪曲げモーメントの算式(1)を、線型計算に基づく長期予測の理論解析結果の値と比較してみる。この長期予測の計算¹⁵⁾は、IACSのメンバー協会がそれぞれ有している独自の船体波浪応答計算用のコンピュータプログラムを用いて行われた。計算に用いた船は、主要寸法がL×B×D×C_b=158.48m×24.23m×14.07m×0.567のコンテナ船で、その結果を図5に示す。この各協会の計算では、波浪データや応答解析用パラメータなどについて各協会独自のものを用いているため、計算結果は、かなりバラついている。しかし、これらの計算結果から見ると、S11の算式(1)による波浪曲げモーメン

表1 Comparison of wave induced bending moment between IACS Req. S11 and Rules of Classification Societies at 10^{-8} probability level (average of 12 ships)

Rules of Classification Societies		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Average
WIBM (Rule of Classification Society)	Sag	0.89	0.95	0.97	0.93	1.04	0.91	1.04	1.16	1.06	1.07	1.00
WIBM (IACS Req. S11)	Hog	0.97	0.93	0.97	0.95	1.14	1.00	1.14	1.27	1.17	1.17	1.07

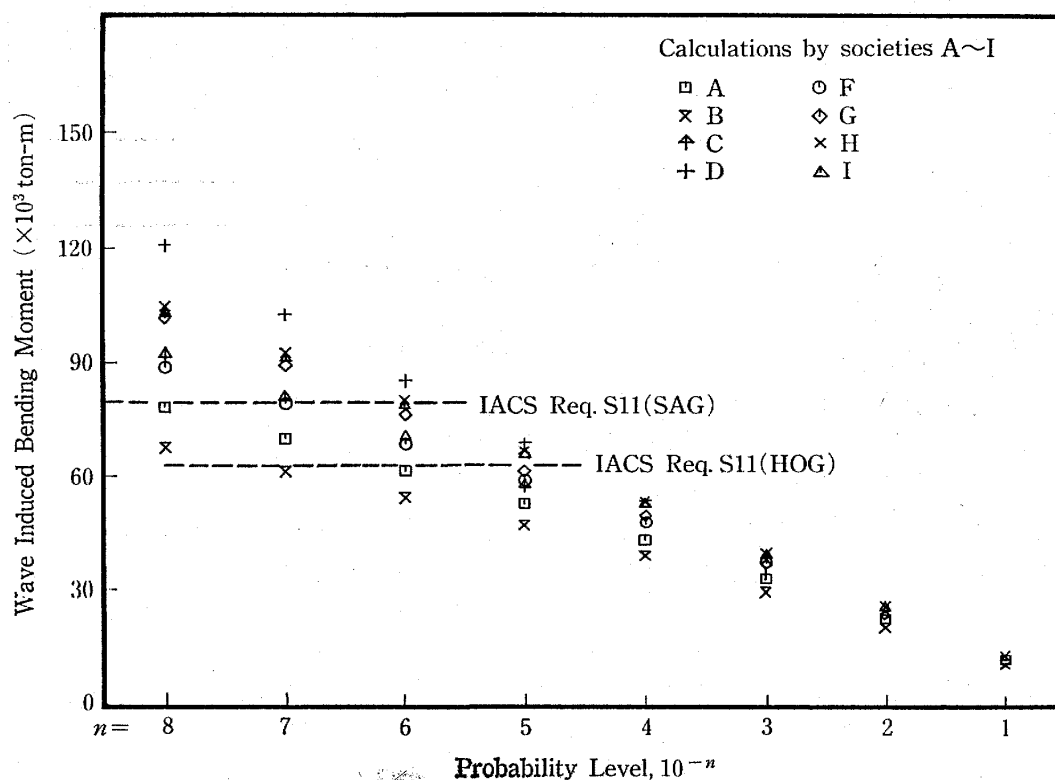


図5 Comparison of Wave Induced Bending Moments between IACS Req. S11 and the Results of Theoretical Calculations on the Long-Term Prediction Performed by Classification Societies on a Container Ship with Principal Dimensions of $L \times B \times D \times C_b = 158.48\text{m} \times 24.23\text{m} \times 14.07\text{m} \times 0.567$ and $V=0$ knot

トの値は、サギングモーメント $Mw(-)$ で $10^{-6} \sim 10^{-9}$ の長期予測計算の結果に、また、ホギングモーメント $Mw(+)$ で $10^{-5} \sim 10^{-8}$ の計算結果に対応しているので、S11の算式を 10^{-8} レベルのものとみることはこの結果とほぼ整合すると考えられる。

さらに、サギングモーメントとホギングモーメントの算式の相違について注目してみる。ストリップ法による船体応答計算において非線形の影響を考慮した場合、計算結果として得られるサギングモーメントとホギングモ

ーメントとの値に差が生じることはよく知られており、また、模型実験により確認されている。

例えば、文献16)によれば、大坪らは、不規則波(有義波高8m 平均波周期11.6秒の向かい波90波)中を航行するコンテナ船($L=200\text{m}$, $C_b=0.581$)について波浪曲げモーメントの解析を行っており、その結果から図6の◇印で示すような曲げモーメントの分布係数(各船体位置での値をサギングモーメントの最大値で除した値)が得られる。これまでに数多く行われた非線形計算

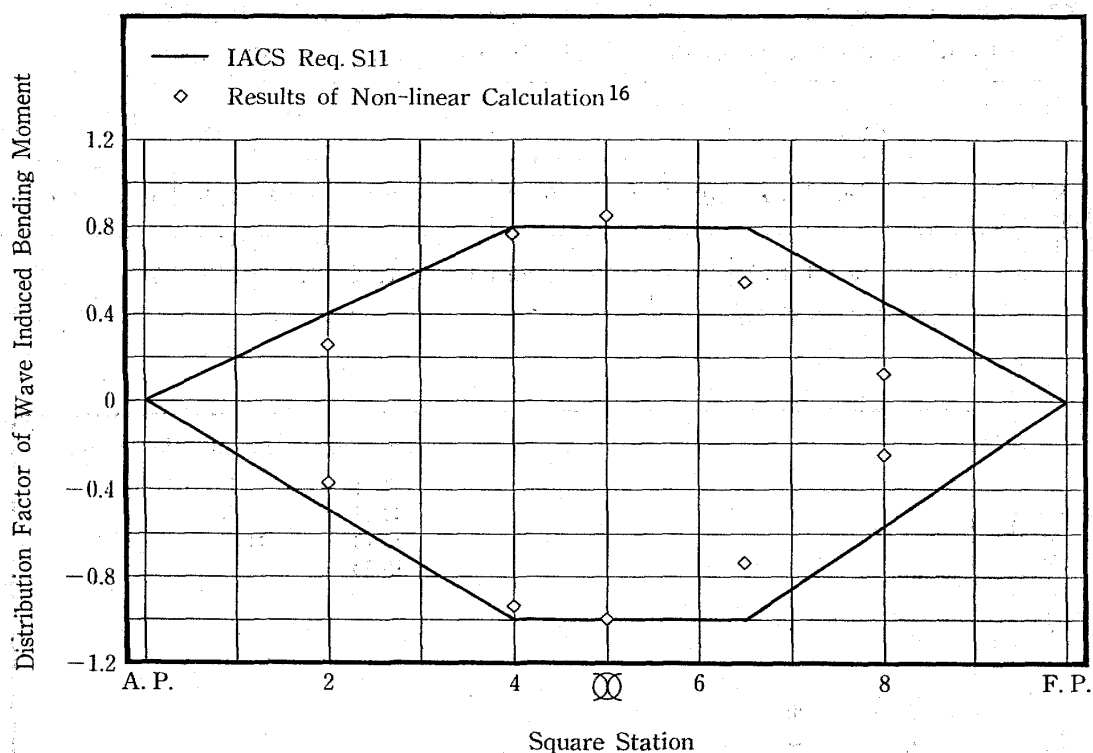


図6 Comparison of Distribution Factor of Wave Induced Bending Moment between IACS Req. S11 and Results of Non-linear Calculation

の結果では、船体形状の非線形性及び Slamming や Whipping による非線形荷重を考慮すると C_b が小さくなるほどサギングモーメントの最大値とホギングモーメントの最大値の差は大きくなり、それらの最大値の現れる船体位置も互いに異なることなどが指摘されていた^{17)~24)}。IACS Req. S11 では、特にサギングモーメントとホギングモーメントの値の差に着目して、波浪曲げモーメントの分布係数を図6中の実線のように規定したが、上記計算結果ともよく一致する。

さて、IACS Req. S11 では、ホギングモーメントとサギングモーメントの比は、(1)式により次のように表せる。

$$\frac{|Mw(+)|}{|Mw(-)|} = \frac{1.73C_b}{C_b+0.7} \quad \text{.....(5)}$$

ただし、 $C_b \leq 0.6$ の場合には $C_b = 0.6$ とする。

これを図示すると、図7の実線のようになる。また、GL, BV 及び DnV 規則による値も、それぞれ同図中の鎖線及び破線で示してある。

一方、これと比較するため、文献16), 18)~22)による非線形計算の結果のうち、船体形状の非線形のみを考慮した場合を+印で、さらに Slamming 及び Whipping による非線形荷重の影響をも考慮した場合を◇印で

記入した。この図からわかるように、「IACS Req. S11 では、Slamming や Whipping の影響は荒天回避や減速などの運航方法によってある程度避けうるものと考えて、スラミング等による荷重増分はとくに考慮せず、主として船体形状の非線形性による影響を考慮している。」と評価することができよう。

4.2 波浪せん断力

前述の3.4節に紹介した波浪せん断力については、船の後端から $0.2L$ 及び $0.7L$ の位置における正の値 $Fw_2(+)$ 及び $Fw_7(+)$ 並びに負の値 $Fw_2(-)$ 及び $Fw_7(-)$ を、それぞれ、次のように表すことができる。(図3及び図4参照)

$$\left. \begin{aligned} Fw_2(+) &= 0.476CLBC_b = -0.92Fw_7(-) \\ Fw_2(-) &= -0.276CLB(C_b+0.7) \\ &= -0.92Fw_7(+) \end{aligned} \right\} \quad \text{.....(6.1)}$$

$$\left. \begin{aligned} Fw_7(+) &= 0.30CLB(C_b+0.7) \\ &= -2.7 \frac{Mw_5(-)}{L} \\ Fw_7(-) &= -0.52CLBC_b = -2.7 \frac{Mw_5(+)}{L} \end{aligned} \right\} \quad \text{.....(6.2)}$$

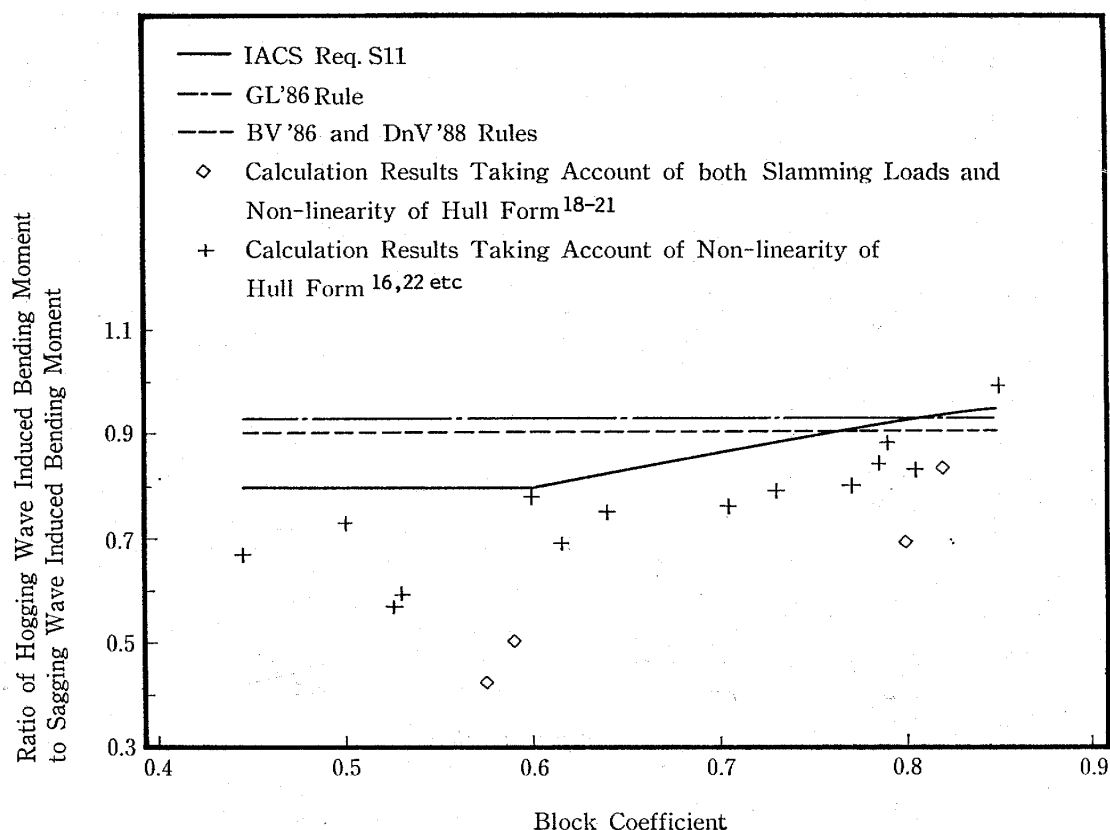


図7 Non-linearity in Wave Induced Bending Moment

ここで、 $Mw_5(+)$ 、 $Mw_5(-)$ は、それぞれ、船体中央におけるホギング及びサギングの波浪曲げモーメントである。上式からわかるように、 $Fw_7(+)$ 及び $Fw_2(-)$ は、船体中央におけるサギングモーメント $Mw_5(-)$ に、直接、比例するものであり、換言すれば、サギング波によって発生する波浪せん断力を表わしている。同様に、 $Fw_7(-)$ 及び $Fw_2(+)$ は、船体中央におけるホギングモーメント $Mw_5(+)$ に比例し、ホギング波によって発生する波浪せん断力を表している。この意味において、IACS Req. S11 の波浪せん断力の算式は、波浪曲げモーメントとの整合性を明確に示したものと評価することができる。

さらに、波浪せん断力における非線形影響については、(6.1) 式及び (6.2) 式から、

$$\frac{|Fw_2(+)|}{|Fw_2(-)|} = \frac{|Fw_7(-)|}{|Fw_7(+)|} = \frac{|Mw_5(+)|}{|Mw_5(-)|} \quad \dots\dots(7)$$

となり、波浪せん断力においても、波浪曲げモーメントと同様に船体形状による非線形影響を考慮していることがわかる。さらに、本算式による波浪せん断力と文献16)による大坪らの非線形計算の結果と比較すると図8のようになり、両者の関係にはかなり良い一致があるこ

とを示している。

つぎに、IACS Req. S11 の波浪せん断力の算式による要求値と各船級規則の波浪せん断力の値とを、波浪曲げモーメントの場合と同様の方法で発現超過確率 10^{-8} レベルに換算して比較すると、表2のようになる。各協会の規則に定める波浪せん断力の算式中の船体形状に関するパラメータのいくつかが異なるため、12隻の船について計算したせん断力の値が各船級規則間で船ごとによりバラついている。そのため、表2ではその12隻の船についての計算値の平均値によって比較を行っている。表1と表2からわかるように、波浪せん断力の値は、波浪曲げモーメントに比べて各船級規則間でバラツキが大きく、また、IACS Req. S11 の波浪せん断力の値は、各船級規則による規定値の平均値より、サギング状態で約8%、ホギング状態で約17%小さくなっている。

4.3 曲げ強度の要求値

船体横断面の断面係数の要求値について、IACS Req. S11 と各船級規則との間で比較を行った例を紹介する。図9は、就航船の積付状態のうち、サギング状態になるSWBM と WIBM の合モーメントから断面係数の要求

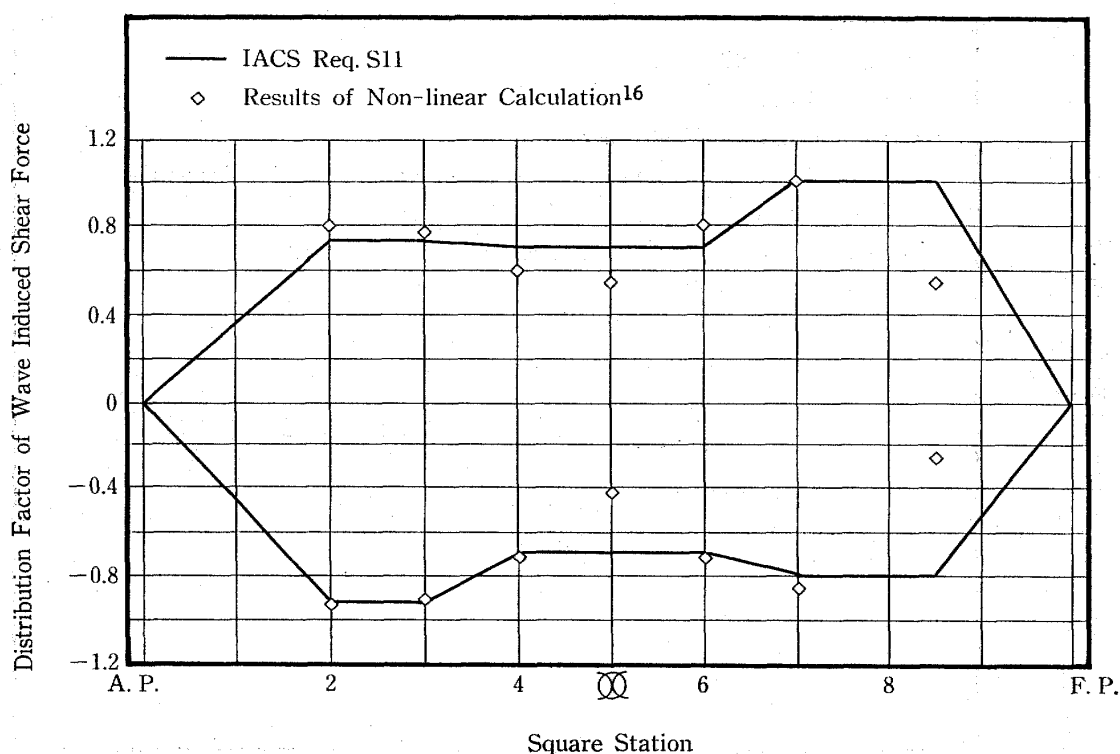


図8 Comparison of Distribution Factor of Wave Induced Shear Force between IACS Req. S11 and Results of Non-linear Calculation

表2 Comparison of wave induced shear force between IACS Req. S11 and Rules of Classification Societies at 10^{-8} probability level (average of 12 ships)

Rules of Classification Societies		A	B	C	D	E	F	G	I	J	Average
WISF (Rule of Classification Society)	Sag	0.85	1.13	1.25	1.10	1.39	0.77	1.23	0.92	1.08	1.08
	Hog	0.93	1.24	1.37	1.11	1.53	0.85	1.35	1.01	1.18	1.17

値を求めたものである。これを見ると、IACS Req. S11の要求値は、各船級規則の要求値のほぼ平均的なものになっていることがわかる。これに対して図10は、ホギング状態の要求値を示したもので、IACS Req. S11の要求値が各船級規則の要求値の平均よりやや小さくなっている。従って、コンテナ船のように、静水中曲げモーメントが主としてホギング状態になるような船舶では、IACS Req. S11の要求値は、これまでの船級規則の要求値より若干小さくなることがあると予想される。

4.4 セン断強度の要求値

せん断強度に関して、船の後端から $0.7L$ の点における船側外板の板厚要求値について、IACS Req. S11と

各船級規則による要求値との比較を行った例を紹介する。図11は、就航船の積付状態のうち、サギング状態になる SWSF と WISF との合せん断力から板厚要求値を求めたものである。一方、図12は、ホギング状態の要求値を示したものである。これらの図を見ると、サギング及びホギング両状態とも、IACS Req. S11の要求値は、各船級規則による要求値の平均的レベルより若干大きいことがわかる。

5. 統一規則の今後

IACS のメンバー協会は、現時点において各協会の技術基準に取り入れて実施できる縦強度の統一規則として

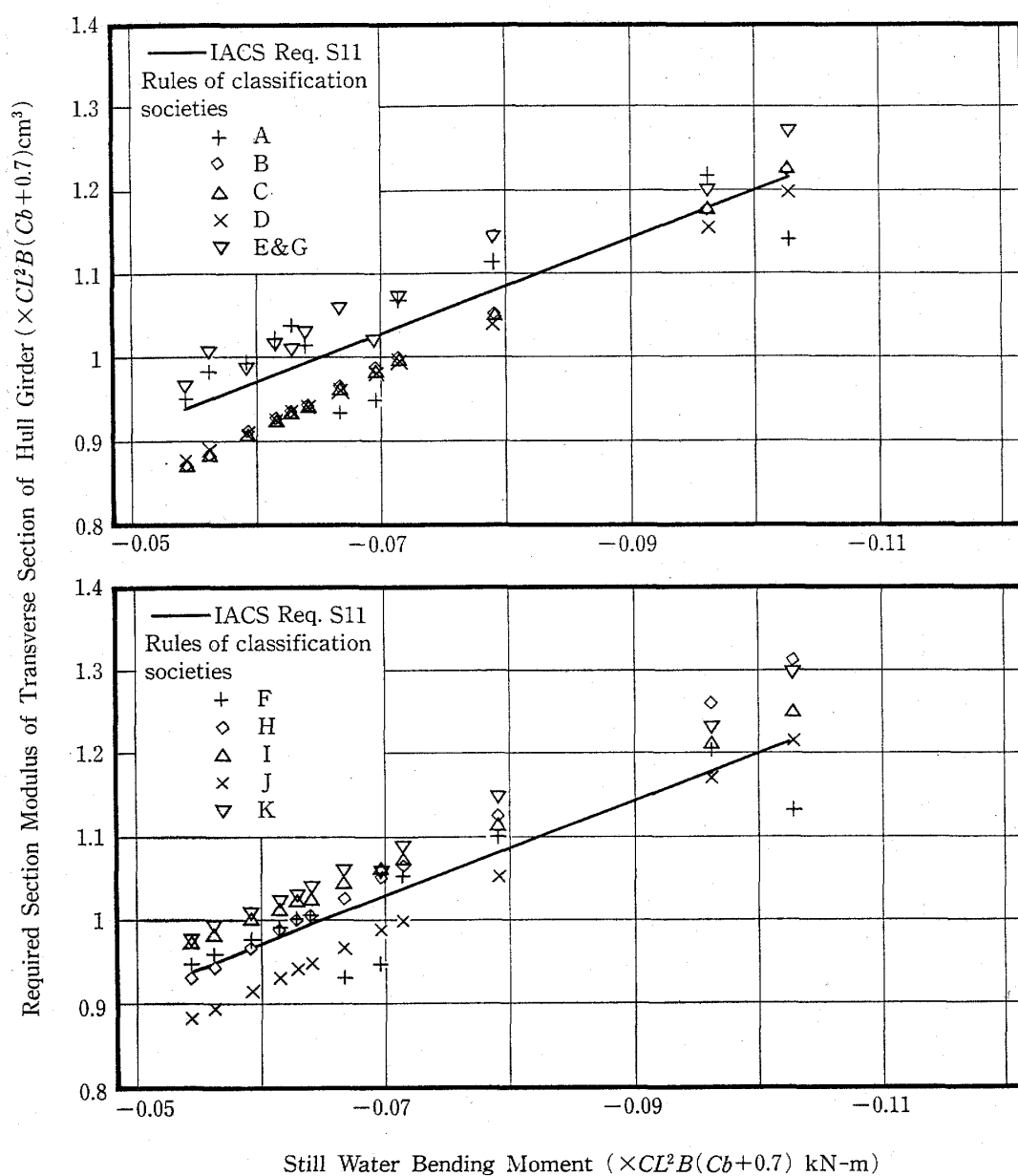


図9 Comparison of Bending Strength Requirement between IACS Req. S11 and Rules of Classification Societies in Sagging Condition at Midship Section

は、この基準案が適切なものであると判断している。この統一規則は、3.1節で示したような航路制限のない通常の航海を行う通常の船型の船舶に適用されるのであるから、IACS メンバー協会の船級船については、その大多数が船体の縦曲げ及びせん断強度のある一定水準を保ち、少なくとも、船舶の構造設計において同一の水準のものとなることはいうまでもない。特殊な船型の船舶や特定の海域を航行する船舶、特殊な業務に従事する船舶などに対しては、それぞれの船級協会が独自にその個々

の船舶の安全性と経済性を考慮しつつ、合理的な設計基準を定めてゆくこととなる。

また、この IACS の統一規則も、就航船の就航実績からのフィードバックを通して、常に再評価して改善してゆくべき性質のものであるから、この統一規則の適用に際して不合理な問題が生ずれば、徹底した調査検討を行わなければならない。この意味において、縦強度基準というものは、全メンバー協会の合意のもとで一度は統一されていなければならないものであり、そうすれば、将

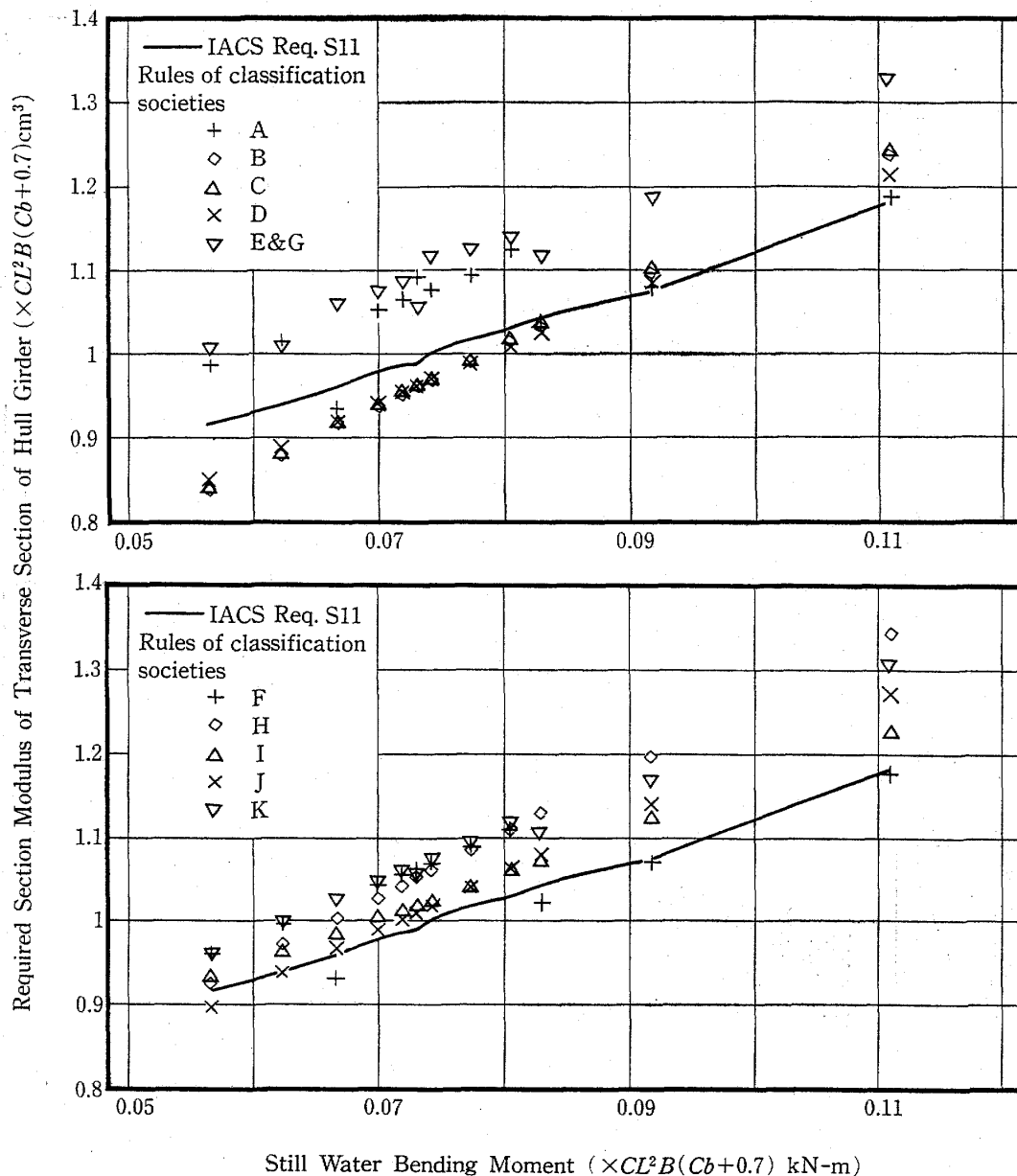


図10 Comparison of Bending Strength Requirement between IACS Req. S11 and Rules of Classification Societies in Hogging Condition at Midship Section

来そのような問題が生じた場合でもIACS はその統一規則をもとにして容易に規則改正に対処できるということを念頭に入れておくべきであろう。

統一規則の策定作業の過程において、いわゆる最新の信頼性工学の手法の適用の可能性についても検討が試みられた。現在では、その手法の理論も十分に確立され、船舶の設計法に対する適用についての研究成果が数多く報告されている。しかし、就航船の実際の挙動に関連した適切なデータの不足により、それらの多くは、ある想

定した運航条件下での限られた崩壊モードなどに関するものであるにすぎない。信頼性に関する多くの研究において指摘されているように、外力荷重の適切な評価こそが、強度基準の公式化において解決されていなければならない最も重要で支配的な課題のひとつであろう。一例として、最近、ISSC 技術委員会 I.2 において紹介された波浪データ²⁵⁾などは、波浪荷重の決定においてまさしく一役を担うもので、特筆すべきであろう。

従って、著者らの見解として、今後行われる広範囲な

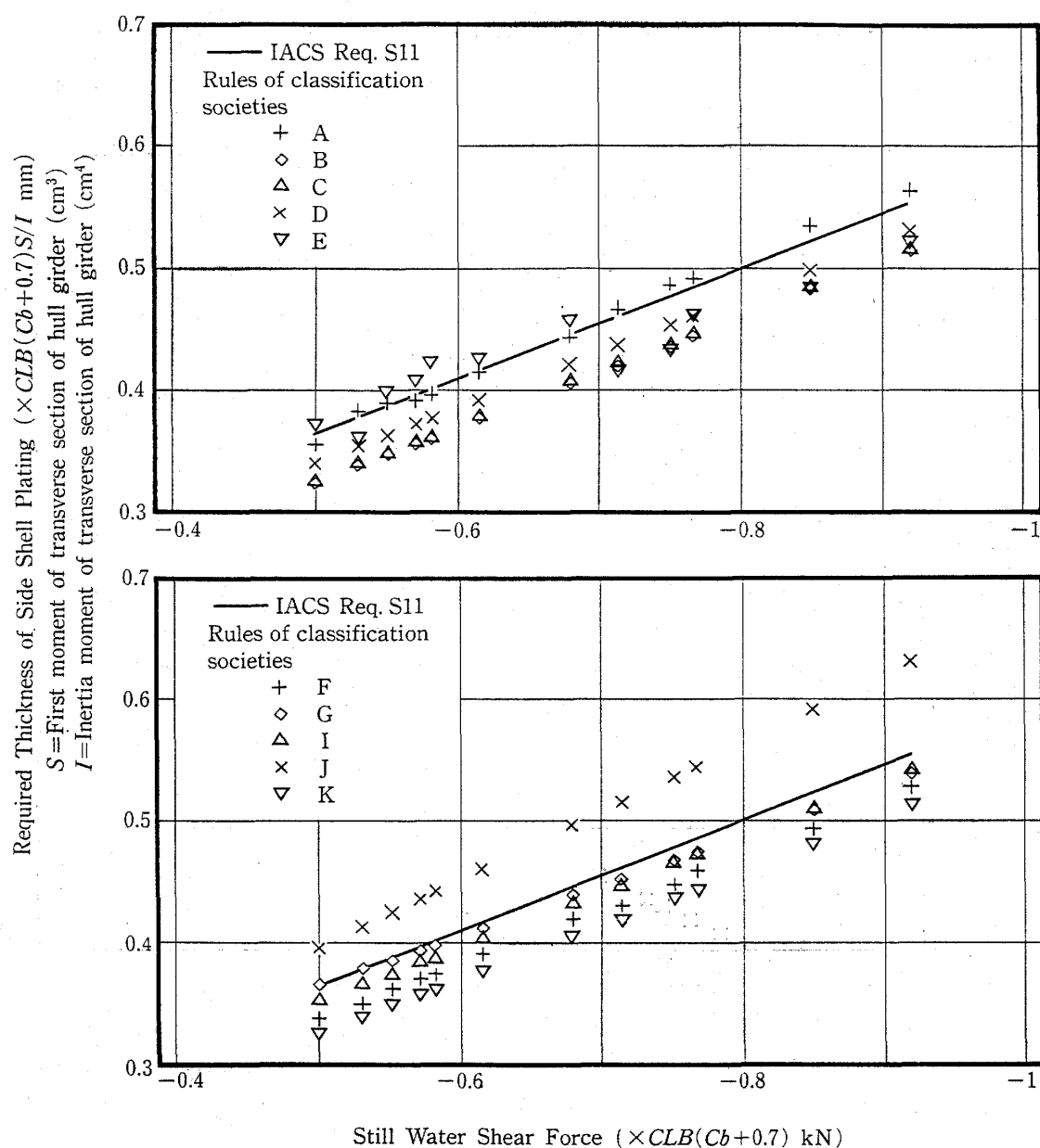


図11 Comparison of Shearing Strength Requirement between IACS Req. S11 and Rules of Classification Societies in Sagging Condition at $0.7L$ from A.P.

研究成果—特に船体縦強度に関するより信頼性の高い基準の作成に関するデータの評価という点に重点を置いた研究成果—を活用して、本統一規則をさらに合理的なものに向けて改善してゆくよう努力しなければならないと考える。

6. まとめ

以上の説明でも理解できるように、この IACS Req. S11 という統一規則は、現行の各船級規則による要求

値すなわち“船級船の実績”をベースにして策定されたものではあるが、新しい考え方として、船体形状の非線形性による影響などを考慮に入れた波浪荷重の算定式が導入され、また、波浪荷重が船舶の就航期間中の最大値として定められたことは、特筆すべき点である。各船級規則がこの統一規則によって統一されれば、船舶の設計や運航の際にこれまででない利点がいくつか見つかるであろう。そのなかでも、設計段階などで姉妹船の設計基本思想を変えることなく船級を自由に選択できること

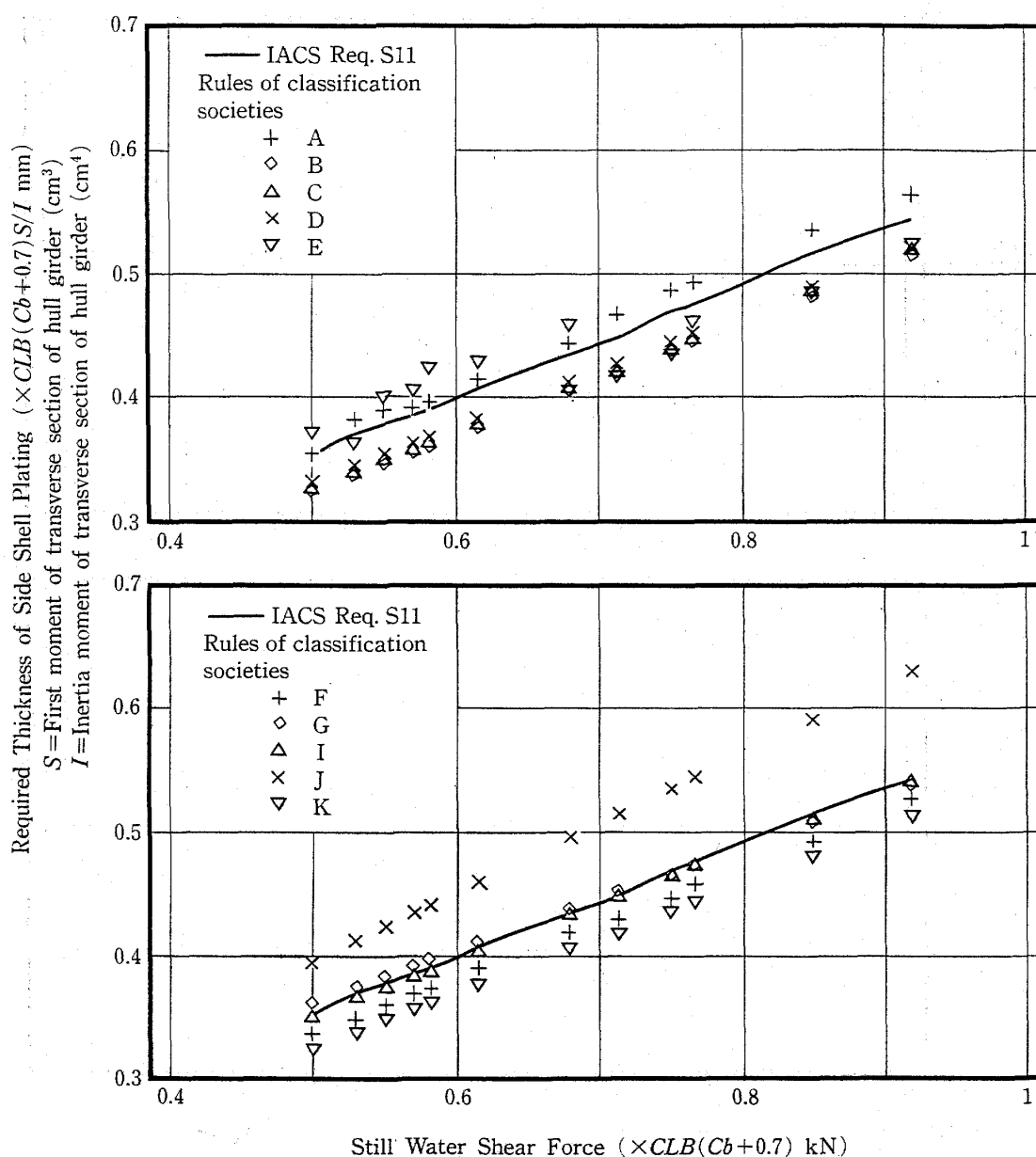


図12 Comparison of Shearing Strength Requirement between IACS Req. S11 and Rules of Classification Societies in Hogging Condition at 0.7L from A.P.

や、就航船の船級変更時に大きな積み付け制限を受けることがなくなること等は、船舶の設計者、船主および運航者に大きな利点となると考えられる。

謝 辞

最後に、20年近い年月に亘ってこの縦強度規則の統一のために尽力されてきた IACS メンバーの船級協会の方々の数多くの方々や、ご助力を頂いた関係業界の方々に対して心から感謝の意を表したい。特に、本統一規則の原案

作成に携わった IACS Working Party on Strength of Ships の元 Chairman—Mr. Chr. Mürer (DnV) 及び Dr. D. Liu (ABS) ならびに現 Chairman—Mr. D. Beghin (BV) はじめメンバー各位に深甚の敬意を表する。

また、IACS の WP/S で行われた調査・検討の過程において、数多くの資料がメンバー協会によって用意され、有益な技術情報の交換が行われた。この解説では、それらの資料のいくつかを参照し、各協会の規則が従来

定めていた波浪荷重の算式についての解析のために使用している。

参考文献

- 1) IACS Requirement S11, Longitudinal Strength Standard.
- 2) IACS Requirement S7, Minimum Longitudinal Strength Standards.
- 3) IACS Requirement S4, Criteria for the Use of High Tensile Steel with Yield Points of 315 N/mm² and 355 N/mm² with respect to Longitudinal Strength.
- 4) American Bureau of Shipping, Rules for Building and Classing Steel Ships, 1988.
- 5) Bureau Veritas, Rules and Regulations for the Classification of Steel Ships of More than 45m in Length, 1986.
- 6) Det Norske Veritas, Rules for Classification of Steel Ships, 1988.
- 7) Germanischer Lloyd, Rules for the Classification and Construction of Seagoing Steel Ships, 1986.
- 8) Korean Register of Shipping, Rules for the Classification of Steel Ships, 1986.
- 9) Lloyd's Register of Shipping, Rules and Regulations for the Classification of Ships, 1987.
- 10) Nippon Kaiji Kyokai, Rules and Regulations for the Construction and Classification of Ships, 1986.
- 11) Polski Register Statkow, Rules for the Classification and Construction of Sea-going Ships, 1982.
- 12) Registro Italiano Navale, Rules for the Construction and Classification of Ships, 1986.
- 13) USSR Register of Shipping, Rules for the Classification and Construction of Sea-going Ships, 1987.
- 14) Register of Shipping of the People's Republic of China, Rules and Regulations for the Construction and Classification of Seagoing Steel Ships, 1983.
- 15) IACS WP/S AHG/WRC, Report on Wave Response Calculation for IACS Ship. April 1982, April 1987.
- 16) Ohtsubo, H. & Kuroiwa, Non-linearity in Sagging Moment and Shear Force of Fine Ships. Technical Bulletin of Nippon Kaiji Kyokai, Vol. 143, (1978).
- 17) Jensen J. J. & Pedersen, P. T., Bending Moments and Shear Forces in Ships Sailing in Irregular Wave. Journal of Ship Research, Vol. 25, No. 4, (1981).
- 18) Yamamoto, Y., Fujino, M. & Fukasawa, T., Motion and Longitudinal Strength of a Ship in Head Sea and the Effects of Non-Linearities. Journal of SNAJ, Vol., 143, (1978).
- 19) Yamamoto, Y., Fujino, M. & Fukasawa, T., Motion and Longitudinal Strength of a Ship in Head Sea and the Effects of Non-linearities (3rd Report). Journal of SNAJ, Vol. 145 (1979).
- 20) Watanabe, I. et al., Model Experiments on Slamming and Hull Girder Responses of a Bulk Carrier in Fully Loaded Condition Using the Elastic Model Technique. Journal of SNAJ, Vol. 154 (1983).
- 21) Toki, N. et al., Experimental and Theoretical Approach to the Estimation of Non-Linear Vertical Waves. Journal of SNAJ, Vol. 154 (1983).
- 22) Fujino, M. et al., Application of Nonlinear Simulations of Wave Loads to the Design of Ship Structures. Research project grant-in-aid for scientific research (1), Project No. 63850095 (1989).
- 23) Dawkins, R. A., Practical Prediction Methods for Short and Long Term Sagging and Hogging Moments. CADMO 1986 Paper.
- 24) Børrensen, R. & Tellsgård, F., Time History Simulation of Vertical Motions and Loads on Ships in Regular, Head Waves with Large Amplitudes. Norwegian Maritime Research, Vol. 8, No.2 (1980).
- 25) 2.4.4 Long-term response in Report of Committee I.2, Proceeding of the 10th International Ship & Offshore Structures Congress, Vol. 1. Department of Ocean Engineering Technical University of Denmark, Lyngby, 1988. pp. 121-2.