

Volume 2

Number 3

造船研究

昭和35年10月



社団法人 日本造船研究協会

The Shipbuilding Research Association of Japan.

Yozan

目 次

研究部会

第 23 研究部会第 2 小委員会

復原性に関する研究成果の適用に

関する研究 1

研究部会

第 23 研究部会第 2 小委員会

「復原性に関する研究成果の適用に関する研究」

緒 言

1. 委員会設置の経緯

船舶の復原性の法制化については昭和 28 年以来、運輸省造船技術審議会船舶安全部会及び運輸省船舶局の船舶安全法関係法令改正準備室において調査検討が進められ次の経過を経て、現在に至っている。

1. 昭和 28 年 11 月 20 日、小型船舶安全規則（小型船舶の復原性試験及び復原性の基準）を公布、即日施行

2. 昭和 28 年 12 月 18 日、平水区域の旅客船に対して復原性の基準による検査を通牒により実施

3. 昭和 30 年 6 月 17 日、沿海以上の区域の旅客船に対して復原性の基準による検査を通牒により実施

4. 昭和 31 年 12 月 28 日、船舶安全法施行規則の一部を改正する省令及び船舶復原性規則（旅客船及び国際航海に従事する 500GT 以上の非旅客船に対する復原性試験、復原性資料、復原性注意書ならびに旅客船に対する復原性の基準）を公布、昭和 32 年 2 月 1 日施行

5. 昭和 32 年 11 月 1 日、船舶安全法施行規則の一部を改正する省令（現存船に対する取扱い）を公布、即日施行

6. 昭和 34 年 5 月 9 日、船舶安全法施行規則の一部を改正する省令（国内航海に従事する 500GT 以上で沿海以上の区域の非旅客船に対する復原性試験、復原性資料及び復原性注意書）を公布、昭和 34 年 6 月 1 日施行

上記の如く、昭和 30 年 6 月 17 日の通牒をもって、旅客船に対する一連の復原性の基準の作成と、これらの基準による検査の実施について、一応の完成をみたわけであるが、その後、これらの基準を実際に適用し、法制化し、更に常に近代化された水準に維持するために、常時、調査研究を進める必要があることは当然のことであった。

復原性については、従来から各方面で研究が進められて居り、復原性の根本的な問題は、これらの研究に委ねるとしても、その得られた成果を基準に、如何に取り入れるか及び基準を如何に運用するかを主眼とした研究が、常時行われることが、特に痛感される場所であった。このため「船舶の安全性向上に関する研究」を行っていた日本造船研究協会第 23 研究部会に「復原性に関する研究成果の適用に関する研究」を行うための第 2 小

委員会が設置されることになり、昭和 30 年 10 月 3 日その第 1 回会合が開催されることとなった。

2. 委員会の構成

第 2 小委員会を構成する委員の名簿は次のとおりである。

第 23 研究部会委員

山 県 昌 夫（日本海事協会） 第 23 研究部会主査
横 山 渉（富士船舶工業） 第 2 小委員会主査

第 23 研究部会第 2 小委員会委員

井 上 正 祐（九州大学）
岩 田 秀 一（海上保安庁）
内 田 守（運輸省） 幹事
江 田 治 三（運輸技術研究所）
加 藤 弘（東京大学）
佐 藤 美 津 雄（運輸省）
志 波 久 光（運輸技術研究所）
菅 井 和 夫（運輸技術研究所）
栞 田 吉 郎（日本海事協会） 幹事
元 良 誠 三（東京大学） 幹事
山 内 保 文（運輸技術研究所）
渡 辺 梅 太 郎（国内旅客船公団）
渡 辺 恵 弘（九州大学）

3. 委員会の研究経過

第 2 小委員会は、前記 1. の趣旨に基づき、研究を進めたが、その内容を大別すれば、次のとおりとなる。

1. 船舶復原性規則（施行前は通牒）の運用上の問題点
2. 船舶復原性規則（施行前は通牒）の妥当性
3. 海上保安庁巡視船の復原性

これらについての研究成果の概要を第 1 編以降に示す。

なお、この研究は専ら日本造船工業会、日本海事協会、日本船主協会及び全国モーターボート競走会連合会の御援助によつて遂行し得たものであり、既に本研究の成果報告書を配布済みであるが改めてここに深甚の謝意を表する次第である。

また、本小委員会成果を本誌に掲載するに際して、次の 2 氏に原稿の整理・取り纏めをお願いした。ここに厚く感謝する次第である。

堀 之 北 克 朗 氏（運輸省船舶局）
岩 田 秀 一 氏（海上保安庁）

第1編 船舶復原性規則の運用

第1章 復原性試験

§1 光学的精密傾斜計

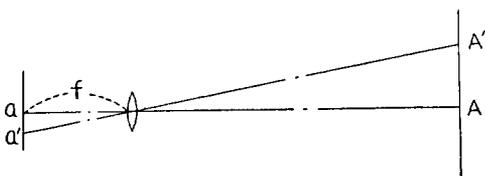
1. 序

船の重心を求めるとに行なう傾斜試験は、動揺、復原性の見地から、近來、特にその精度向上が望まれている。一方、最近船舶は大型化の趨勢にあり、これら船舶では、重錘移動の点で制肘されるため、微小傾斜角を極めて精密に求める測定法が要求される訳であるが、一般に傾斜試験の際には、船は風又は波等の外力の影響を受けて、微小乍らも絶えず複雑な動揺を行なっており、この中から重錘の移動によつて誘起される微小傾斜角を適確に求める事は、従來使用されている下げ振り等では、それ自身が固有周期を持つている関係上、充分の精度を期待し難い。

そこで、計器自体に固有の周期がなく、極めて微量の傾斜角の変化も検出することが可能で、かつ比較的的操作が簡単であることに重点をおいて考察の結果、カメラによる光学的方法を有利と判断し、数船についての予備実験を行なつた。その結果、略々満足し得る結果が得られたので試作品を製作した。以下にその概要を報告する。

2. 原理

今、カメラを船の真横方向に固定し、なるべく遠くの対称物 A を撮影するものとする。船が始めの位置から θ だけ傾斜したとすると、相対的には、対称物 A が A' に移動したと等しく最初のフィルム面上 a にあつた対称物の像は a' に変位する。このとき、レンズの焦点距離を f とすると、像の変位量と傾斜角との間には、



$$\tan \theta = \frac{aa'}{f}$$

の如き関係が成立つ。 aa' に比べて f が充分大なる場合には、

$$\theta \approx \frac{aa'}{f}$$

の如き極めて簡単な関係となる。

従つて、このような光学的計測法によれば、計器自体は振動系とならず、又、長焦点レンズを使用することにより振子の長さを長くしたと同等の効果があるため、精度の高い計測が可能である。

以上のような原理で微小傾斜角を光学的に測定する場合、その総合的精度はどの位あるであろうか。先づ原理的に言つて、変位量に比べてレンズの焦点距離を長くする程精度は向上する。また、レンズの歪曲は、長焦点レンズになる程少なくなるのが普通であり、35 mm フィルムで 135 mm の焦点距離のものをを用いた場合、画像の歪曲は問題とならない程度である。次に、フィルムは、操作の過程において、ゼラチンの変位があるため、現像と潜像とは厳密には一致しない。又、フィルムの変位量は、コンパレーターで読取るが、この読取機自体の精度及びその際の個人誤差も考慮しなければならない。

以上の点より、この方法の総合的な精度を検討するため、次のような実験を行なつた。即ち、極めて精密な傾斜試験台に 135 mm レンズを取り付けたキャノンカメラを固着し、充分遠い物体を被写体として、傾斜を順次変えて撮影を行なつた。その結果、理論値に対する読取値のバラツキは、約正負 4/1000 度内におさまり、従つて充分精度の高いものである事が認められた。

3. 性能

試作した精密傾斜計の性能は次の通りである。

使用フィルム 36×24 mm シネフィルム
(100 フィート)

レンズ 135 mm 長焦点レンズ

シャッター フォーカスプレーン B. 1/25~1/500

フィルム巻上はレバー式で最高撮影速度は 1 秒間に 1 駒である。暗箱の脚は微調整が可能で、具附の水準器により、水平に設置できるようになつている。その概観は写真 1.1.1 に示す通りである。

光学的精密傾斜計による傾斜試験で注意すべき点は、次の通りである。

(1) 傾斜計の設定

計測位置には、近傍に陽炎等を見ないようにところを選定する必要がある。傾斜計は、レンズが正しく船の真横方向を向くように水平に設置し、計測中は、船との相対関係が全く狂わぬよう完全に固定しなければならない。

(2) 被写体の選定

被写体の選択は直接精度を左右するものであるから、極めて重要である。被写体は、ほぼ画面の中央に位置

し、比較的遠距離の固定物とする。一般に傾斜試験を行なう場所は、船渠内に限られず、試験中の時間も比較的長いから潮汐の干満があり、また地形により水位の周期的高低が見られる。従つて、この水位の変化に伴い、被写体と傾斜計との間の距離が精度に影響するからその距離はなるべく大きくとる事が望ましく、然らざる場合には、要求される精度に応じて、水位の時間的変化に伴う修正を加えなければならない。一方、フィルム上の変位量はコンパレーターで読取るから鮮明な像を得る事が結局読取精度を高める事となる。従つて、被写体は、コントラストの良好なものを選ぶ必要があり、この点から言えば、あまり遠距離過ぎても適当ではない。

4. 光学的精密計測による傾斜試験例

光学的精密傾斜計を使用した実験の例として、巡視船“S丸”の第 1 回重心査定試験の結果について説明する。

測定にあつては、各状態共、2 秒毎に 3 分間連続撮影を行ない、その平均値から傾斜角を算出した。その結果は、第 1.1.1 表に示す如くで、振子による傾斜角とかなり一致した値となつている。

第 1.1.1 表

番号	状 態	傾 斜 角 (光学的傾斜計による)	傾 斜 角 (振子による)
(0)	直 立	1.86°	1.81°
(1)	左 舷	1.85°	1.84°
(2)	直 立	1.80°	1.84°
(3)	右 舷	1.80°	1.84°
(4)	直 立	1.81°	1.85°
平 均		1.83°	1.84°
tan θ		0.0320	0.0319

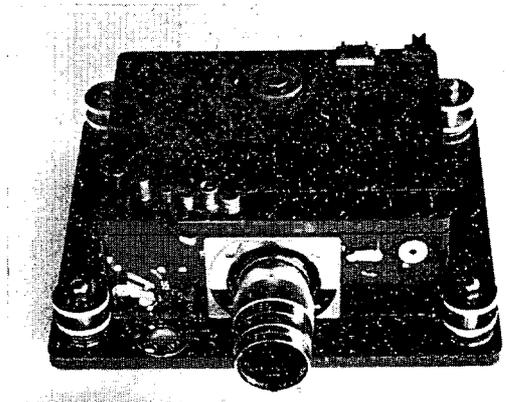
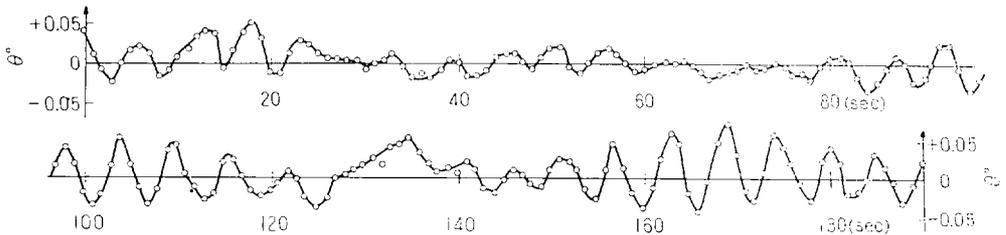


写真 1.1.1

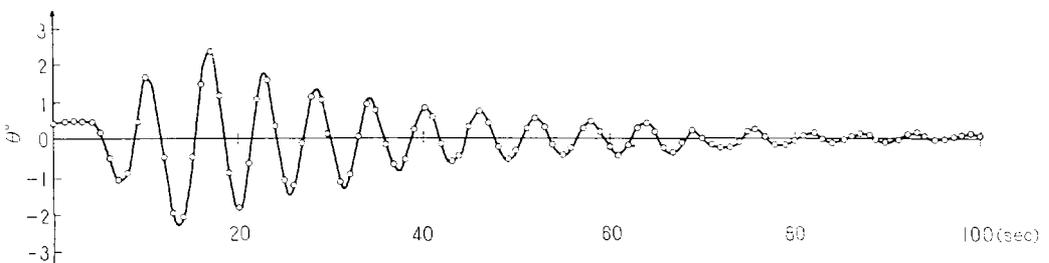
第 1.1.1 図は、直立状態 (2) について、連続的に撮影して得られた傾斜角の記録を一例として示したものである。このように、風向風速は、第 1.1.5 に示す如く割合平穏であつたにもかかわらず、船はたえず微小不規則動揺を続けており、その振幅の最大は、約 0.05° 程度であることが分る。また傾斜角の平均値は、風の影響等により時間と共に僅かに変動している。傾斜角測定結果が同じ負荷モーメントに対して多少バラツキを示すこと及び、光学的傾斜計と振子による結果が必ずしも一致しない事等は、この平均値が時間的に僅かに変動することが一因と考えられる。

第 1.1.2 図は人間の移動による強制動揺試験の一例であり、光学的方法によるとこのような強制動揺の刻々の動揺角の記録もとることが出来る。

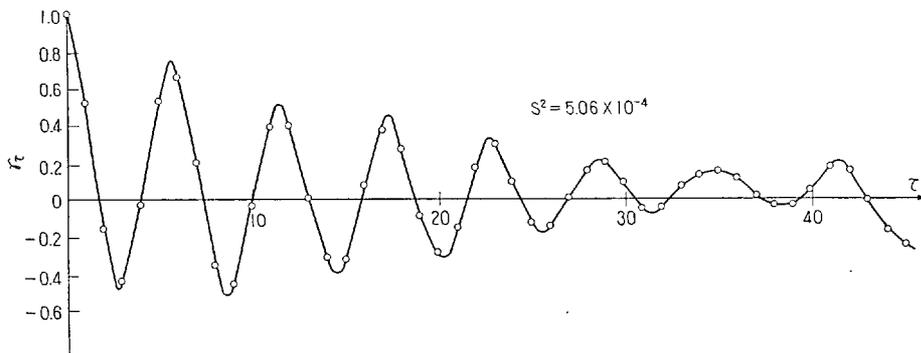
上記第 1.1.1 図の直立状態の連続記録を定常不規則な変化と考えて、統計的解析を行なつた結果、得られたエログラム及びスペクトラムを第 1.1.3 及び第 1.1.4 に



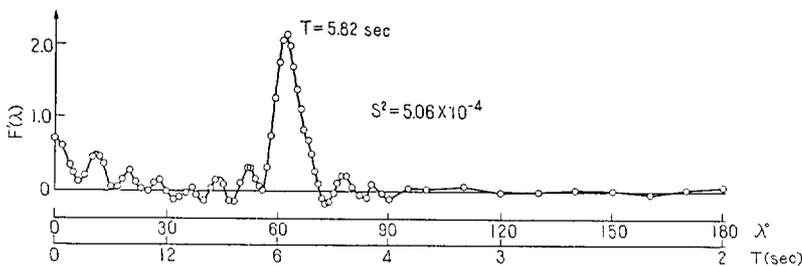
第 1.1.1 図



第 1.1.2 図



第 1.1.3 図



第 1.1.4 図

示す。図において卓越した周期は 5.82 秒であるが、これは船の横揺固有周期を示すものと考えられ、強制動揺試験でストップウォッチで測定した横揺周期 5.84 秒とよく一致している。このように、光学的方法によれば、特に動揺試験を行なわなくても、傾斜試験時の記録よりその船の動揺周期を求める事が出来る事は着目すべき事である。

なお、この実験では、被写体は、距離約 1 杆のところにある堤防であり、計測時間中の水位変化は小さかつたのでこの為の修正は必要としなかつた。

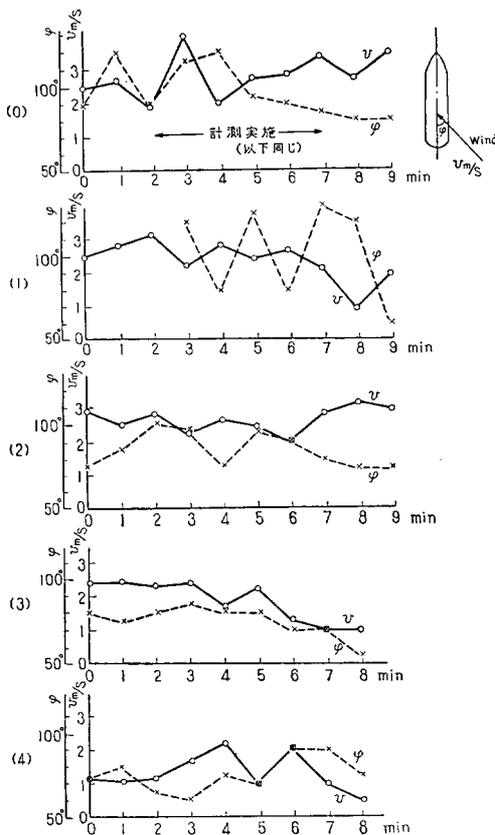
以後、巡視船“S丸”“H丸”で数回の実験を行なつたが、いずれも良好な結果を得ている。なお、これらの実験では、振子式のものと同然ど同一結果を得ているが、これは船が比較的小型であるため、大きな傾斜角が得られた事、および波、風等の外的攪乱が少なかつた事等によるが、大型船ではかなり精度に差が生ずるものと考えられる。

5. 結 論

以上、光学的精密傾斜計を使用した実験結果より次のように結論する事が出来る。

(1) 光学的精密計測法によれば、計器自体が固有周期を持たないため、風、波等の外的攪乱の影響の中から、微小傾斜角を精密に求める事が可能であり、その精度は 4/1000 度程度に期待出来る。

(2) 傾斜試験中の微小動揺は、定常時系列と考えられるから、これを統計的に解析する事により船の横揺固有



第 1.1.5 図

有周期を求める事が出来る。

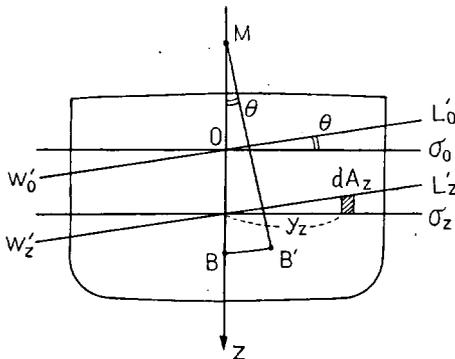
§2 比重の影響

1. 序

一般に傾斜試験を行なう場所は、必ずしも比重均一な海面とは限らず、特に河口附近等で行なう場合には、深さによつてかなり比重の異なる場合が多い。この章では、かように深さによつて比重の異なる水面で傾斜試験を行なつた場合のデータの取り扱い方を例をあげて説明し、かかる場所における傾斜試験の信頼性について見解を述べる。

2. 比重が水深により異なる場合の排水量、 \overline{BM} 、 \overline{KB} 等

第 1.1.6 図において水面を原点とし下向に Z 軸をと



第 1.1.6 図

水面の比重	σ_0
“ 水線面積	A_0
“ 慣性モーメント	I_0
Z の深さのところの比重	σ_z
“ 水線面積	A_z
“ 慣性モーメント	I_z

とすると、排水量、平均密度、 \overline{BM} 、 \overline{KB} 等は次のように表わされる。

(1) 排水量

$$W = \int \sigma_z A_z dZ$$

(2) 平均密度

$$\bar{\sigma} = \frac{W}{V}$$

で表わされるような平均密度 $\bar{\sigma}$ を考えると

$$\bar{\sigma} = \frac{\int \sigma_z A_z dZ}{\int A_z dZ}$$

(3) \overline{BM}

船を θ だけ傾けた時の復原モーメント δM を求めてみよう。第 1.1.6 図のように、比重の異なる二つの層に

わたつて船が浮いているものとすれば、

$$\begin{aligned} \delta M &= 2\sigma_0\theta \int y_0^2 dA_0 + 2(\sigma_z - \sigma_0)\theta \int y_z^2 dA_z \\ &= \sigma_0 I_0 \theta + (\sigma_z - \sigma_0) I_z \theta \end{aligned}$$

今密度が連続的に変化していると考えると

$$\delta M = \sigma_0 I_0 \theta + \theta \int \frac{\partial \sigma_z}{\partial Z} I_z dZ$$

一方 $\overline{BM} \cdot \theta = \overline{BB'}$ は浮心の移動距離であるから

$$\overline{BM} = \frac{\overline{BB'}}{\theta}$$

しかるに

$$\overline{BB'} = \delta M / W$$

$$\overline{BM} = \frac{\overline{BB'}}{\theta} = \frac{\delta M}{W \cdot \theta}$$

故に

$$\overline{BM} = \frac{\sigma_0 I_0 + \int \frac{\partial \sigma_z}{\partial Z} I_z dZ}{\int \sigma_z A_z dZ}$$

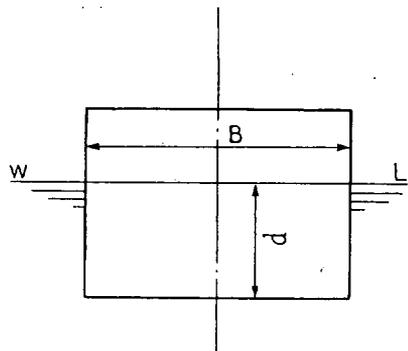
(4) \overline{KB}

$$\overline{KB} = \frac{\int \sigma_z A_z (d-Z) dZ}{\int \sigma_z A_z dZ}$$

3. 計算例

前節の理論に従つて、深さにより比重の異なる場合、はたしてどの位 \overline{KB} 、 \overline{BM} 等に差を生ずるものか例をあげて説明する。

(1) 例 1……箱船の場合



第 1.1.7 図

第 1.1.7 図のように、幅と吃水の比が 2.5 の箱船が、水面の比重が 1.000、深さ d のところの比重が 1.025、その間比重は深さにより直線的に変化しているような海面に浮んでいるものとする。即ち、

$$\sigma_z = 1.000 + 0.025 \frac{Z}{d}$$

第 1.1.3 表

項目	試験(時期)		新造時 (昭和32年4月5日)		第1回 (昭和33年7月7日)				
	状態 使用 曲線	試験状態	標準状態		試験状態		標準状態		
			ボンヂャ ン曲線	排水量 等曲線	ボンヂャ ン曲線	排水量 等曲線	ボンヂャ ン曲線	排水量 等曲線	ボンヂャ ン曲線
比重 ρ_0		1.020		1.025		1.015		1.025	
前部吃水 d_f (米)		0.490		0.441		0.575		0.534	
後部吃水 d_a (米)		1.166		1.115		1.176		1.092	
平均吃水 d_m (米)		0.828		0.778		0.876		0.813	
相当吃水 d_e (米)				0.816				0.843	
トリム T (米)		0.676		0.674		0.601		0.558	
計画トリム (米)		0.450		0.450		0.450		0.450	
トリム差 T' (米)		0.226		0.224		0.151		0.108	
$\frac{T'}{L} \times 100$		1.61				1.08			
排水量 W (トン)		13.231	13.257	12.428		14.841	14.912	13.418	
BM (米)		1.976	2.046		2.177	1.813	1.838		2.035
KB (米)		0.355	0.349		0.336	0.377	0.380		0.352
KM (米)		2.331	2.395		2.513	2.190	2.218		2.387
GM (米)		1.302	1.299		1.514	1.132	1.127		1.401
KG (米)		1.029	1.096		0.999	1.058	1.091		0.986
𠂇 B (船尾) (米)		1.165	0.638		1.154 (𠂇 G)	0.978	0.657		0.884 (𠂇 G)
LBM (米)			32.400				29.850		
LKM (米)			32.749				30.230		
LGM (米)			32.653				29.139		
$BG = \frac{T' \cdot LGM}{L}$ (米)			0.527				0.314		
𠂇 G (船尾) (米)			1.165				0.971		
𠂇 B (船尾) (米)									0.639
𠂇 G (船尾) (米)					1.154				0.884
BG (米)					0.534				0.245
LBM (米)									32.250
LKM (米)									32.602
LGM (米)									31.616
$T' = \frac{BG \cdot L}{LGM}$ (米)					0.224				0.108
𠂇 F (船尾) (米)									0.763

第 23 研究部会第 2 小委員会「復原性に関する研究成果の適用に関する研究」

第 2 回 (昭和 33 年 5 月 1 日)				第 3 回 (昭和 34 年 4 月 28 日)			
試験状態		標準状態		試験状態		標準状態	
ボンヂャ ン曲線	排水量 等曲線	ボンヂャ ン曲線	排水量 等曲線	ボンヂャ ン曲線	排水量 等曲線	ボンヂャ ン曲線	排水量 等曲線
1.018		1.025		1.010		1.025	
0.575		0.537		0.671		0.588	
1.191		1.113		1.191		1.140	
0.883		0.825		0.931		0.864	
		0.856				0.892	
0.616		0.576		0.520		0.552	
0.450		0.450		0.450		0.450	
0.166		0.126		0.070		0.102	
1.19				0.50			
15.197	15.231	13.874		16.651	16.596	15.246	
1.780	1.808		1.970	1.670	1.668		1.816
0.383	0.382		0.360	0.406	0.407		0.381
2.163	2.190		2.330	2.076	2.075		2.197
1.131	1.129		1.372	1.017	1.021		1.186
1.032	1.061	0.958		1.059	1.054	1.011	
1.007	0.658	0.921 (∞ G)		0.800	0.661	0.870 (∞ G)	
	29.480				27.700		
	29.862				28.107		
	28.801				27.053		
	0.341				0.135		
	0.999				0.796		
			0.644				0.658
		0.921				0.870	
			0.277				0.212
			31.480				29.600
			31.840				29.981
		30.882				28.970	
		0.126				0.102	
			0.750				0.713

とすれば、排水量は

$$W = \int \sigma_z A_z dZ = 1.0125 \times L \times B \times d$$

となり、約 1.3% の増加となる。また \overline{BM} は

$$\overline{BM} = \frac{\sigma_0 I_0 + \int \frac{\partial \sigma_z}{\partial Z} \cdot I_z dZ}{\int \sigma_z A_z dZ}$$

であるが、 $I_z = I_0 = \frac{B^3}{12} L$, $\frac{\partial \sigma_z}{\partial Z} = 0.025/d$ であるから

$$\overline{BM} = \frac{1.000 \frac{B^3}{12} L + 0.025 \frac{B^3 L}{12}}{1.0125 \times L \times B \times d} = \frac{1.025 \times B^3}{12 \times 1.0125 \times d}$$

$B = 2.5d$ とすると

$$\overline{BM} = \frac{6.25 \times 1.025}{12 \times 1.0125} d = 0.5273d$$

となる。また \overline{KB} は

$$\overline{KB} = \frac{\int \sigma_z A_z (d-Z) dZ}{\int \sigma_z A_z dZ} = d - \frac{1}{2} + \frac{0.025}{3} d$$

$$= 0.4980d$$

となる。従つて、 \overline{BM} の増加量と \overline{KB} の減少量とは打消し合わず

$$\overline{KM} = \overline{KB} + \overline{BM} = 0.4980d + 0.5273d = 1.0253d$$

となり、比重が均一に 1.000 であつた場合の値

$$\overline{KM}_0 = \overline{KB}_0 + \overline{BM}_0 = 0.5000d + 0.5208d = 1.0208d$$

と比べると、大凡 0.005d だけ \overline{KM} は増加する。

(2) 例 2... 実船の場合

$L \times B \times d$ が 45M \times 7.3M \times 2.25M の実船が、ある河口の造船所で傾斜試験を行なつた時の事例について述べる。このときの深さによる比重の変化の様子を試験前と試験後に測定した結果は第 1.1.8 図に示す如くであり、表面は殆んど真水、また船底は海水の比重に近い状態で

第 1.1.2 表

		比重変化を修正したもの	排水量等測線図より
排水量	Δ トン	390.3	399.5
\overline{BM}	m	2.171	2.155
\overline{KB}	m	1.359	1.360
\overline{KM}	m	3.530	3.515

あつた。第 1.1.2 表は、本章の理論に従い、このように深さにより比重が異なる場合の排水量、 \overline{BM} 、 \overline{KB} 、 \overline{KM} 等を計算し、同一吃水における排水量等測線図 (比重 1.025) より求めた値と対比したものである。

このように、実船の例でも、 \overline{BM} は増加し、 \overline{KB} は減少しているが、これらは打消し合わず、結局 \overline{KM} の値で約 15 mm の増加となつている。傾斜試験で測定するのは \overline{GM} の値であり、 \overline{KM} の計算にこの位の誤差があると、そのまま G の位置の推定に誤差を生ずることとなる。

4. 結 論

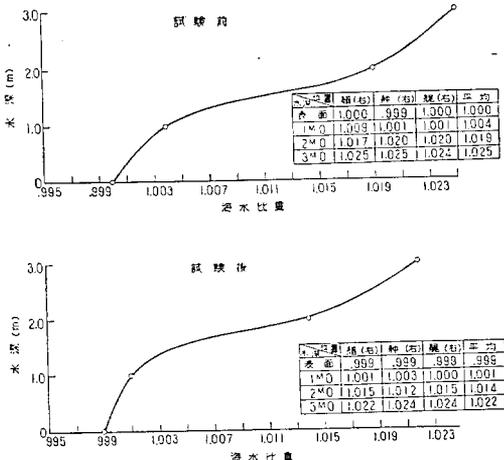
(1) 以上、例をあげて説明したように、河口附近等で傾斜試験を行なう場合には、深さにより比重が変化するため、排水量、 \overline{BM} 、 \overline{KB} 等はすべて排水量等測線図より求めた値とは、違つた値となる。

(2) これらの正確な値を求めるためには、各深さにおける比重を精確に求め、複雑な計算を行なわなければならない。しかし、いろいろな深さのところの比重を求める事は困難であり、且つ時間的にも変化するものであるから、結局、複雑な計算をした割には精度は期待できない。

(3) 従つて、傾斜試験は、原則として比重が均一な水面で行なうべきであり、表面と船底で甚しく比重の異なるような所で行なうのは、望ましい事ではない。

§3 トリムの影響

傾斜試験の際のトリムが計画トリムと異なると、試験時のメタセンタ M' の位置は、排水量等曲線図で求めた M の位置と異なり、一般には、船尾トリムの場合に M' は M より高い位置にある。従つて、試験時の重心位置を、 M を使用して算出すると実際の重心位置と異なり、一般には、船尾トリムの場合には重心位置を実際の位置より低く算出することになる。このため、試験時のメタセンタの位置は、試験時の実際の吃水面について計算して求めることとすればよいが、すべての場合にこれを行なうことは面倒であり、その限度を定める必要があるので、船舶検査心得として、試験時のトリムと計画トリムとの差が、船の長さの 2% をこえる場合は、この計算を行なうこととした。



第 1.1.8 図

第 1.1.3 表に § 3 に述べる巡視艇 H 丸についての比較計算を示すが、 M と M' の異なる程度は、船型によって異なることは当然であり、船型に応じて、上記の限度をどの程度に定めるか、今後更に検討する必要がある。

のものであるか把握して置く必要がある。このため、鋼船及び木船、それぞれ 1 隻について毎年 1 回、精密な傾

第 1.1.4 表

船 名		S 丸	H 丸
船 質		鋼	木
総 ト ン 数		314.22	19.12
進 水 年 月		昭 32.5	昭 32.3
船の長さ (垂線間)	米	45.00	14.00
船の幅	米	7.28	3.43(含外板)
船の深さ	米	4.09	1.78
傾斜試験	新 造 時	昭 34.6.24	昭 32.4.5
	第 1 回	昭 32.7.4	昭 32.7.27
	第 2 回	昭 33.7.17	昭 33.5.1
	第 3 回	昭 34.7.10	昭 34.4.28

§ 4 年月による復原性の自然変化

船舶は、新造時より年月を経るに従い、乗員の手廻り品、ペイント、木材の吸湿等により、排水量及び重心位置が除々に変化するが、その実態と量は詳しく調査されたことがない。一方、船舶復原性規則では、傾斜試験は、第 1 回定期検査の際施行し、以後、復原性が変化して管海官庁が必要と認める場合に施行することとしている。従つて、改造その他目立つた工事を施行した場合は問題はないが、上記の如く、年月によつての変化がどの程度

第 1.1.5 表

標 準 状 態	項 目		新 造 時	第 1 回	第 2 回	第 3 回
		重 心 試 験 期 日		昭 32.4.5	昭 32.7.7	昭 33.5.1
重 量 内 訳 (ト ン)	排 水 量 W (トン)		12.428	13.418 (0.990)	13.874 (1.446)	15.246 (2.818)
	相 当 吃 水 d (米)		0.816	0.843 (0.027)	0.856 (0.040)	0.892 (0.076)
	$K M$ "		2.513	2.387 (-0.126)	2.330 (-0.183)	2.197 (-0.316)
	$K G$ "		0.999	0.986 (-0.013)	0.958 (-0.041)	1.011 (0.012)
	$G M$ "		1.514	1.401 (-0.113)	1.372 (-0.142)	1.186 (-0.328)
重 量 内 訳 (ト ン)	船 殻		6.350	6.350 (0)	6.355 (0.005)	※6.455 (0.105)
	機 装		1.401	1.471 (0.070)	1.563 (0.162)	※1.945 (0.544)
	固 定 齊 備		0.280	0.360 (0.080)	0.340 (0.060)	0.340 (0.060)
	航 海		0.108	0.108 (0)	0.108 (0)	0.108 (0)
	電 気		0.982	0.982 (0)	0.943 (-0.039)	※0.703 (-0.279)
	機 関 (水, 油 を 含 む)		2.505	2.475 (-0.030)	2.475 (-0.030)	2.475 (-0.030)
	一 般 齊 備 (需 品 関 係)		0.290	0.290 (0)	0.335 (0.045)	※0.540 (0.250)
	乗 員		0	0	0	0
	所 持 品		0.080	0.080	0.080	0.080
	糧 食		0	0	0	0
便 乗 者		0	0	0	0	
清 水		0	0	0	0	
燃 料		0	0	0	0	
潤 滑 油		0	0	0	0	
不明重量	新 造 時		0.432	0.432	0.432	0.432
	造 後 (KG 米)		0	0.870 (0.827)	1.243 (0.587)	2.168 (0.836)
計			12.428	13.418 (0.990)	13.874 (1.446)	15.246 (2.818)
備 考			() 内の数は新造時との差を示すこととする。但し新造後の不明重量の KG は除く。			※消防設備新設により重量変化す。 トン 船 殻 0.100 機 装 0.382 電 気 0.020 一 般 齊 備 0.205 計 0.707 上下モー トン・米 メント 1.218

斜試験を施行して、それぞれの復原性の変化を調査することとし、海上保安庁巡視船（鋼船、木船それぞれ各1隻）について試験を行なった。両船の要目及び試験施行年月日は、第1.1.4表のとおりである。

両船とも、試験は、未だ数回に過ぎず、特にS丸については、変化の傾向も現われていないので、H丸についてのみ標準状態について比較したものを第1.1.5表、第1.1.9図及び第1.1.10図に示す。なお、第3回試験時に、消防設備の新設により重量及び重心が階段的に変化している。H丸の例を見ても、不明重量は増加しつつあるが、更にどのように変化して行くか今後適当な機関において、検討が続けられることを期待したい。なお、H丸の標準状態は、次のものとしている。

船殻、艀装、固定齊備、航海、電機、機関（水、油を含む）、一般齊備（需品関係）、乗員の所持品、不明重量：標準状態に含む。

乗員、糧食、便乗者、清水、燃料、潤滑油：標準状態に含まず。

第2章 船舶の使用状態

§1 船舶の標準状態

船舶の使用状態における復原性に関する事項は、復原性試験における測定値に基づいて、算定するわけであるが、この場合船舶の使用状態として、如何なる状態を取るべきかが問題となる。勿論、個々の船舶について、それぞれ、起り得るすべての使用状態について計算すればよいが、その状態は非常に多く、実際問題として、非常に困難である。従つて幾つかの標準状態を定めて置く必要があり、船舶の航行区域に応じて、第1.2.1表のとおりとした。

なお米国、ソ連等の諸外国でも船舶の標準状態について定めており、旅客船の場合を例にとれば第1.2.1表のとおりである。

第1.2.1表

船舶の標準状態		平水	沿海	近海以上	米国	ソ連
軽	荷	○	○	○	○	○
使用状態	空倉出港	—	○	○	—	○
	空倉入港	—	○	○	—	○
	旅客満載	—	—	—	○	○
	空倉出港	—	—	—	○	○
	旅客満載	—	—	—	○	○
	空倉入港	—	—	—	○	○
	満載出港	○	○	○	○	○
	満載50%消費	—	—	—	—	○
	満載80%消費	—	—	○	—	—
	満載入港	—	○	○	○	○
他に予想される最悪状態	○	○	○	○	○	

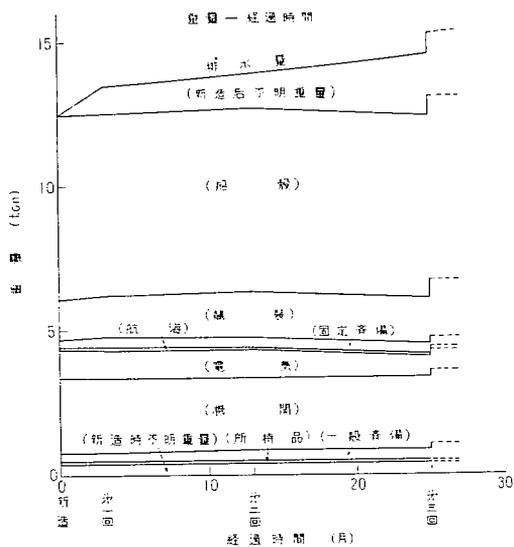
上記の標準状態について更に検討を加えて見ると、次の諸点に留意する必要がある。

1. 固定バラスト

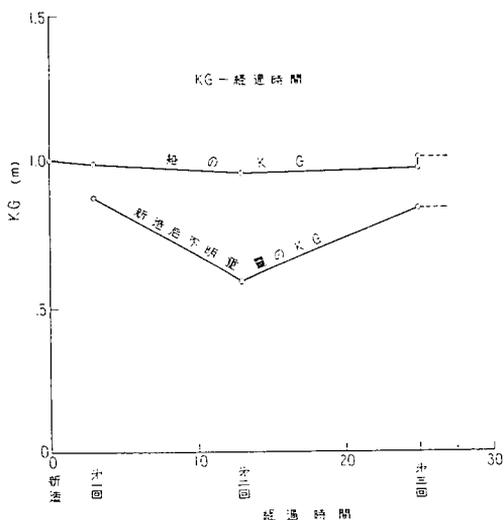
米国では、軽荷状態として固定バラストを含むものと及び含まれないものの両方の場合について計算し、ソ連では固定バラストを含むものとしている。固定バラストはとう載して復原性試験を行なう方が望ましいし、また固定バラストの重量及び位置を正確に算定することが困難な場合も多いので、固定バラストは軽荷状態に算入した方が妥当と思われる。

2. 消耗品等

入港状態における食料、清水、燃料等の消耗品は、す



第1.1.9図



第1.1.10図

べて 100% 消費したものとする。なお米国でも 100% 消費したものとしているが、ソ連では 10% の消耗品をとう載した状態としている。

3. 液体バラスト

第 1.2.1 表の各使用状態で旅客船の復原性の基準に適合するための液体バラストのとう載は、米国では満載出港状態、ソ連では満載出港状態及び満載 50% 状態では認めていない。復原性の基準に適合するための液体バラストのとう載を満載出港状態で認めないことは当然であるが、満載入港状態であっても、沿海以下の如き短航海の船舶では、液体バラストのとう載を認めることは適当ではないと思われる。

次に、油タンクに液体バラストをとう載する問題であるが、本来このようなことは望ましいことではないが、移民船の損傷時復原性の場合の如く、これを全然認めないことは、現段階では酷と思われるので、遠洋区域の船舶についてのみ、油タンクとバラストタンクの兼用を認めることとし、兼用するバラストの量は兼用タンクの容積の 50% までを有効とすることとした。

バラストについては、造船及び運航の両面に関連し、また船舶の安全以外に油による海水汚濁の問題にも影響するので、今後とも一層検討を進める必要がある。

4. 人員及び手廻品

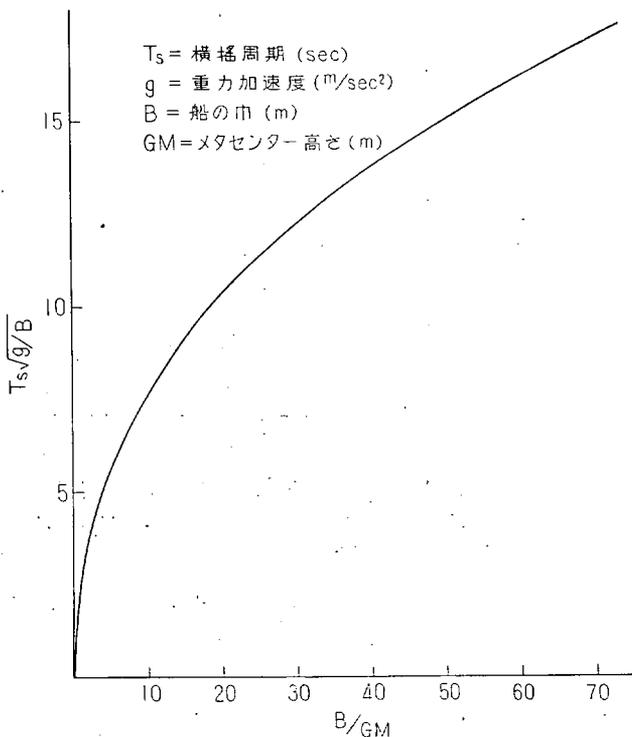
旅客及び船員は、特定の基準を適用する場合を除き、定員定位置とすることが適当であるが、この場合、その 1 人当りの重量が問題となるので、第 1.2.2 表のとおりとした。なお米国では、手廻品を除き 1 人当り 150 ポンド (68 kg)、ソ連では手廻品を除き 1 人当り 75 kg、重心は立席は床上 1.1 m、座席は座席上 0.3 m としている。

第 1.2.2 表

航行区域	船員及び手廻品	旅客及び手廻品
近海以上	120 kg	110 kg
沿海	一般	90 kg
	限定	70 kg
平水	80 kg	70 kg
備考	船員室のない船舶: 60 kg	遊覧船: 60 kg 客用荷物室: 別に加える
重心位置	床上 1.00 m	床上 1.00 m

§2 横揺周期

復原性規則の復原性の基準には、船舶の使用状態における横揺れ周期の値が必要である。すなわち動揺試験の結果から使用状態の値を算出することになるが、この場



第 1.2.1 図

合、重量重心計算と同じように、卸すべきもの及びとう載すべきものについて修正すればよいわけであるが計算が極めて煩雑であり、従つてある程度の推定方法を加味したものとするのも己むを得ない。

横揺周期の推定方法としては第 1.2.1 図に示す Rollzahl によるもの、次式に示す加藤博士の推定式を始め種々ある。

$$T_s = 2\pi \frac{K}{\sqrt{g \cdot GM}} = 2.01 \frac{K}{\sqrt{GM}}$$

$$\left(\frac{K}{B}\right)^2 = f \left[C_b C_u + 1.10 C_u (1 - C_b) \left(\frac{H_s}{d'} - 2.20 \right) + \frac{H_s^2}{B^2} \right] \quad (1.2.1)$$

$$f = 0.125$$

T_s = 横揺周期 (sec)

K = 環動半径 (m)

GM = メタセーター高さ (m)

B = 船の型幅 (m)

C_b = 方形係数

C_u = 上甲板面積係数

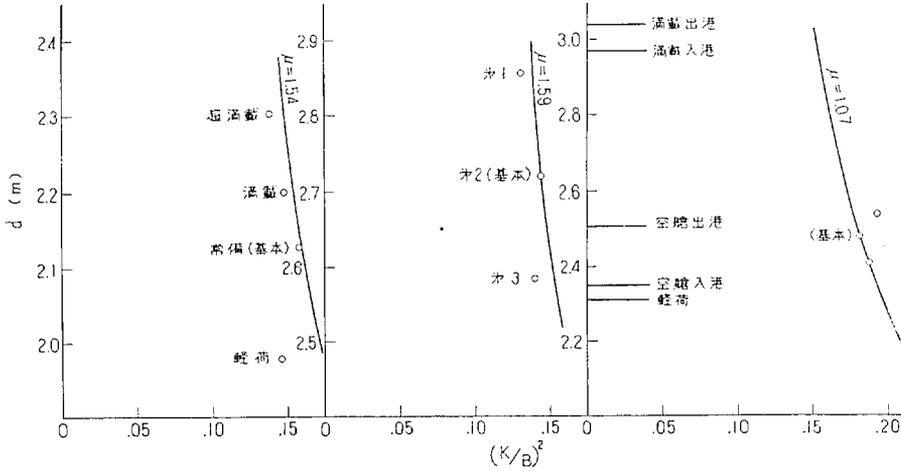
$$H_s = \text{船の有効深さ} = D + \frac{A_s}{L} \quad (\text{m})$$

D = 船の型深さ (m)

A_s = 船楼及び甲板室の投影側面積 (m²)

L = 船の垂線長さ (m)

d' = 型喫水 (m)



第 1.2.2 図 巡視船 Y丸
45.00×7.28×4.09

第 1.2.3 図 巡視船 S丸
51.50×7.70×4.50

第 1.2.4 図 旅客船 Y丸
57.00×9.30×4.30

○: 実測値

$$—: 0.125 \left[C_0 C_u + 1.10 C_u (1 - C_0) \left(\frac{H_s}{d'} - 2.20 \right) + \frac{H_s^2}{B^2} \right] \mu$$

使用状態の横揺周期を算出するには上式を使用することとしたがこの場合上記の f の精度を増加させるため、次の方法によることとした。

$$\left(\frac{K}{B} \right)^2 = \mu \left(\frac{K}{B} \right)^2_{A_0} \quad (1.2.2)$$

$$\left(\frac{K}{B} \right)^2_{A_0} = (1.2.1) \text{ 式で計算した } \left(\frac{K}{B} \right)^2$$

$$\mu = \left(\frac{K}{B} \right)^2_{\text{実測}} / \left(\frac{K}{B} \right)^2_{A_0}$$

$$\left(\frac{K}{B} \right)^2_{A_0} = \text{基本状態における実際の } \left(\frac{K}{B} \right)^2$$

$$\left(\frac{K}{B} \right)^2_{A_0} = (1.2.1) \text{ 式で計算した基本状態における } \left(\frac{K}{B} \right)^2$$

なお、基本状態は軽荷状態とし通常の場合動揺試験状態としてもさしつかえないが、動揺試験状態が軽荷状態と相当異なる場合は、動揺試験状態から軽荷状態まで卸すべきもの又はとう載すべきもの修正を行なう必要がある。すなわち次式により基本状態（軽荷状態）を算出した後、前記の方法で使用状態を算出するものとする。

$$K_0^2 = \frac{W_T(K_T^2 + l^2) + \sum w_0(R_0^2 + r_0^2)}{W_0}$$

W_0 = 基本状態の排水量

W_T = 動揺試験状態の排水量

K_T = 動揺試験状態の環動半径

l = 両状態の重心の垂直距離

w_0 = とう載すべきもの（卸すべきものは負）の重量

R_0 = とう載すべきもの（卸すべきもの）自体の環動

半径

r_0 = 基本状態の重心と、とう載すべきもの（卸すべきもの）との距離

上記の (1.2.2) 式による方法を検討するため、巡視船 Y丸及び S丸ならびに旅客船 Y丸について、行なつた実船試験の結果を第 1.2.2 図、第 1.2.3 図及び第 1.2.4 図に示す。これらのうち Y丸及び S丸については、船舶の各状態をタンクの水のみによつて調整したため、試験の各状態は実際の使用状態と相当異なつたものになつたものと思われる。しかしいずれにしても今後更に資料特に一隻の船舶について幾つかの異なつた状態における資料を得て検討をつづける必要がある。

§3 船内自由表面

船内自由表面の影響を考える場合、その静的及び動的両方について検討する必要があるが、現在各国とも静的に見掛けの重心の上昇を算出する方法を取っている。しかし静的といつても次の諸点が問題となる。

1. タンクが満水又は満油の場合に自由表面を考慮するか。
2. タンクが空の場合に残水又は残油の自由表面を考慮するか。
3. どのタンクが同時に自由表面を有するものとするか。
4. タンクの水又は油の量は満水又は満油から残水又は残油まで変化するが、タンクのどのような状態で計算するか。
5. 船舶の傾斜角による自由表面の形状の変化をどの

程度考慮するか。

しかも上記の 3, 4 及び 5 は相互に組合つて、殆んど無数に近い計算が必要となり、実際問題として、ある程度の仮定を設けて計算を簡単にする必要がある。例えば米国では、次のタンクの自由表面について計算し、その影響の合計をメタセンタ高さに対する余裕として考えるべきものとしている。

Reserve feed tank 各げん 1 個づつ

Washing-water tank 各げん 1 個づつ

Culinary-water tank 各げん 1 個づつ

Ballast-water tank 各げん 1 個づつ

Fuel-oil storage tank 各げん 1 個づつ

すべての fuel oil setting 及び service tank

船舶復原性規則の通牒ではタンクの残水又は残油の自由表面は考慮しないものとし、また満水の自由表面は考慮しないが満油は自由表面を考慮するものとした。すなわち、船舶の入港状態は水タンク、油タンクのいずれについても考慮せず、出港状態は油タンクについて計算するものとした。しかし船内自由水の問題は前記の如く、広範な面について種々検討する必要がある、このため附録 I に示す計算及び実験を行なつた。

すなわち、これによれば、船内自由表面は静的には、船舶の大角度傾斜においては、タンクの形状及び液体の量に応じて復原艇の減少の様子が著しく異なり、また動的にはタンク内の液体の固有周期、液体の量、タンクの形状及び位置に応じて差はあるが、船舶の横揺角を減少せしめている。従つてこの計算及び実験の結果から、前記の問題点を解決して、通牒を再検討する必要があると思われる。

なお最近ソ連は 1960 年の海上人命安全会議への提案において、船内自由表面は、同時に排出又は注入し得るタンクについて考慮し、タンクの組合せのうち、自由表面による復原艇修正量の船舶の傾斜角 45 度まで積分値が最大であるものを取るものとしている。この場合実際の張水（油）にかかわらずタンクの容量の 50% の液体として自由表面を計算し、更に空のタンクの残水又は残油は計算しないものとしている。しかし動的な影響を取り入れるには至っていない。

第 3 章 復原性の基準

§1 風圧面積

船舶復原性規則において、風圧面積は「直立状態における船舶の喫水線上の部分の船体縦断面に対する投影面積(平方メートル)」と定められており、字義通り解釈するならば風圧面積として喫水線上にある船体構造物、艤製品のすべての投影面積を考えることになるが、規則制

定に当り、風速の水面上の高さによる変化、構造物、艤製品の形状による抵抗係数の変化、風圧艇の取り方等について、単純化した取り扱いをしていることから、投影面積の計算についても同等程度の単純化を行なうことは、判定の精度の面から見て差しつかえないものと思われる。

1. 抵抗係数

復原性規則の制定に当つて、風圧力 F_W は次式により表わされるものと仮定している。

$$F_W = 0.76 \times 10^{-4} V^2 \cdot A$$

V : 風速

A : 風圧面積

この式から逆に抵抗係数を推定すると、その値は 1.21 ~ 1.22 程度になる。

造船研究協会第 17 研究部会の報告書に記載された 9 隻の船の 12 の実験値では直立時の抵抗係数は 1.00 ~ 1.33 であり平均値は 1.16 になつている。

ここで参考のために種々の物体の抵抗係数を掲げると大体第 1.3.1 表のようなものである。

この表から見ると船体各部の抵抗係数は、概して、水面に近い全通甲板下の部分が最も大きく、上方に行くに従つて段々小さくなる傾向にあると考えられる。これは丁度、水面上の風速分布とは逆の傾向になるから、そのいづれをも一定と考えた規則制定の際の単純化も風圧力については、単純化による誤差が若干でも打消される方向にあると云える。

二・三の船について、煙突、マスト等円筒形物体の抵抗係数を船体の平均の抵抗係数と同じにした場合と、その約 1/3 にした場合との風圧傾斜偶力艇を計算した例では後者の値は前者の約 90% になつている。

2. 風圧面積算入範囲

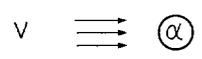
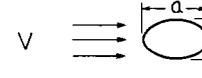
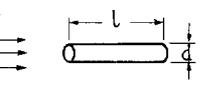
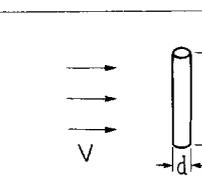
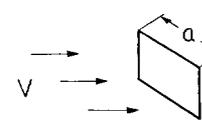
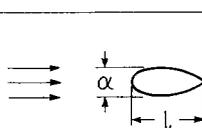
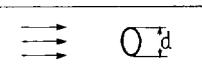
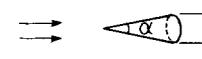
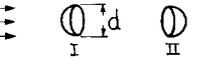
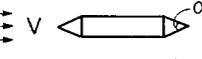
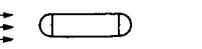
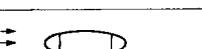
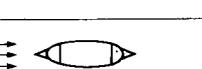
既に述べた通り、基準の計算においては、各因子が計算結果に及ぼす影響を考え、それらが独立の因子でないならば、各因子にそれぞれバランスのとれた精度を持たせることが必要であり、又それで充分な筈である。船舶の復原性を検討する際の外力として風のみを考える場合でも、風圧による傾斜偶力の算定には、水面上の風速分布、船体各部の抵抗係数、水圧中心、横流れの速度、風圧面積、及び船体横傾斜角に応じた前記諸因子の変化量等多くの因子が必要である。

造船研究協会第 17 研究部会の実験で示された様に、水面下の船体形状により、水圧中心が相当大きく変化するものであるならば、二隻の船を比較する場合、一つの船の風圧力が数 % 他の船より大きいときでも、水圧中心が上方にあるため風圧艇が 10% 小さくなるならば、風圧による傾斜偶力艇は寧ろ前者の方が小さくなることは明らかであり、similar ship の比較計算の場合を除い

第 1.3.1 表

種々の物体の抵抗係数

$C_x = \frac{R_x}{\frac{1}{2}\rho \cdot V^2 \cdot S}$ 抵抗係数
 ρ 流体の密度
 V 一様流の速度
 S 流れに直角な物体の最大断面積
 R_x 物体の受ける抗力
 R レイノルズ数

物体名	物体形状	寸法の割合	R	S	C _x
球			$R > 1.5 \times 10^5 \sim 4.05 \times 10^5$ $R < 1.5 \times 10^5 \sim 4.05 \times 10^5$	$\frac{\pi}{4} d^2$	0.09~0.18 0.47
回転楕円体		$a/b = 0.75/1$ $a/b = 1/1.8$	$R < 5 \times 10^5$ $R > 5 \times 10^5$ $R > 10^5$	$\frac{\pi}{4} b^2$	0.60 0.21 0.09
円柱		$l/d = 1$ 2 4 7		$\frac{\pi}{4} d^2$	0.9 0.85 0.87 0.99
円柱		$l/d = 1$ 2 5 10 40 ∞	$R < \text{下限臨界}$ レイノルズ数 $\approx 9 \times 10^4$ $R > 5 \times 10^5$	$d \cdot l$	0.63 0.68 0.74 0.82 0.98 1.20 0.35
長方形板		$a/b = 1$ 2 4 10 18 ∞		$a \cdot b$	1.12 1.15 1.19 1.29 1.40 2.01
流線形の柱		$l/d = 2$ 3 5 10 12	$R > 10^6$		0.20 0.10 0.06 0.083 0.094
円板				$\frac{\pi}{4} d^2$	1.11
円錐		$\alpha = 60^\circ$ 30°		$\frac{\pi}{4} d^2$	0.51 0.34
半球		I (凸) II (凹)		$\frac{\pi}{4} d^2$	0.34 1.33
		$\alpha = 90^\circ$ 60°			0.736 0.740
		両端が半球の場合			0.61
		両端が楕円体で、その主軸の半分が円筒の直径に等しいとき			0.48
回転体		両端が楕円体でその主軸が円筒の直径の3倍のとき			0.45
		同上、但しその両端に母線が軸と 30° の角度をなす母線を附したとき			0.44
	〃	同上、但し円錐の母線が軸と 20° の角度をなすとき			0.43
	〃	同上、但し円錐の母線が軸と 10° の角度をなすとき			0.41

ては、一・二の因子のみ高い精度で求めることは、判定の実質的精度という点からは余り意味がない。喫水線上の船体の投影面積は詳細な計算を行なえば幾らでも精度を高め得るものであるだけに、特にこの点に留意して算入範囲を決定すべきものであると考える。

先づ復原性規則において、風圧面積以外の因子については全く正確に算定されたものと仮定して、風圧面積の算入範囲を変えた場合、判定値 (C-value) がどう変化するかを二・三の船につき調査した結果が第 1.3.2 表である。この計算において、ハンドレール、スタンション、索類は考慮されていない。第 1.3.2 表の算入範囲と C との関係を図示したものが第 1.3.1 図である。

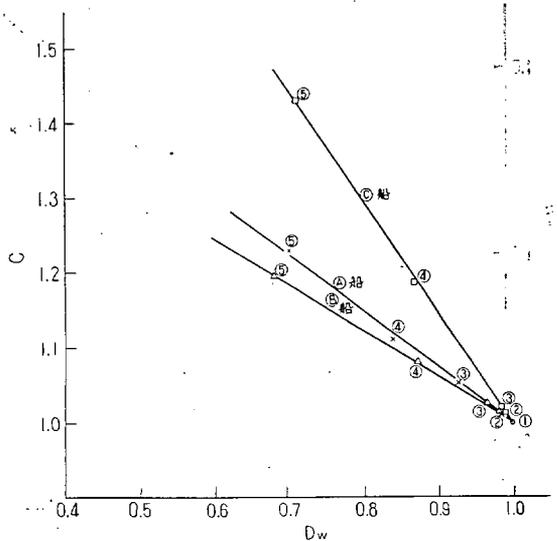
風圧面積以外の因子の精度を考えた場合、風圧面積算

第 1.3.2 表

項目	風圧面積算入範囲	① 船	② 船	③ 船
風圧面積 A	①	1.000	1.000	1.000
	②	0.989	0.987	0.993
	③	0.959	0.971	0.990
	④	0.915	0.921	0.921
	⑤	0.811	0.720	0.802
風圧挺 h	①	1.000	1.000	1.000
	②	0.996	0.997	0.998
	③	0.967	0.992	0.997
	④	0.915	0.948	0.940
	⑤	0.862	0.882	0.884
風圧偶力挺 D _w	①	1.000	1.000	1.000
	②	0.984	0.983	0.991
	③	0.925	0.964	0.987
	④	0.838	0.872	0.866
	⑤	0.698	0.678	0.708
判定値 C	①	1.000	1.000	1.000
	②	1.011	1.012	1.013
	③	1.053	1.023	1.018
	④	1.109	1.079	1.186
	⑤	1.227	1.196	1.430

註 ①=(イ)+(ロ)+(ハ)+(ニ)+(ホ),
 ②=(イ)+(ロ)+(ハ)+(ニ),
 ③=(イ)+(ロ)+(ハ),
 ④=(イ)+(ロ),
 ⑤=(イ),
 (イ): 船体主要部, 船楼, 甲板室, 機関室圍壁
 (ロ): 舷樁, 煙突, 端艇
 (ハ): マスト, デリックブーム, 天窓, 倉口, 甲板
 上タンク
 (ニ): ダビット, 甲板機械
 (ホ): 通風筒

この表は算入範囲を①としたときの, A, h, D_w, C を 1.000 とし, 算入範囲を変えた場合の A, h, D_w, C の値を比率で示したものである。



第 1.3.1 図

入範囲は第 1.3.2 表の③程度で充分と思われる。更に加えるとすれば、荒天時でも取外さない大型の通風筒位であろう。

§2 有効波傾斜係数

基準において、有効波傾斜係数は次式で与えられる。

$$\gamma = 0.73 + 0.6 \frac{OG}{d}$$

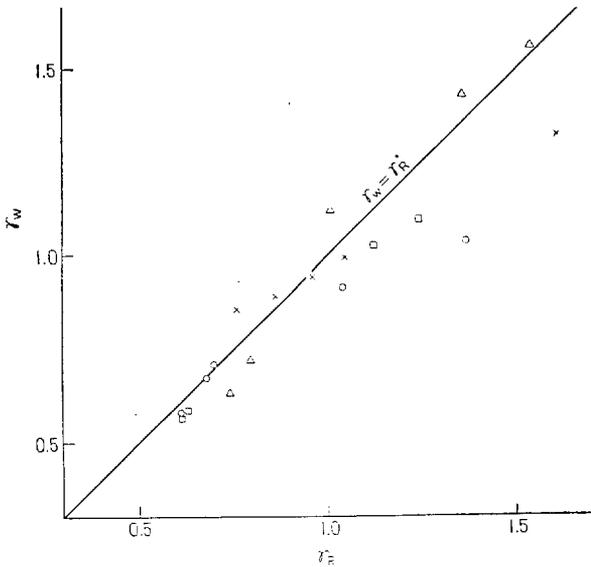
OG: 直立状態における船舶の重心から水線面迄の垂直距離(メートル), ただし船舶の重心が水線面下にあるときは負とする。

d: 鋼船ではキールの上面から, 木船ではキールのラベットの下面から測つた船舶の平均喫水(メートル)

この式は、基準制定の際、多くの船について計算した有効波傾斜係数の値を直線で置き換えたものであり、精密計算値と較べて幾分のバラツキがあることは当然であるが、 γ が 1.0 より大きくなる状態の船では、そのバラツキが一方に偏る傾向があるように思われるので、数隻の船について検討してみた。

その結果は第 1.3.2 図に示す通りで、 γ の値が 1.0 以上になると、基準の γ は渡辺博士の計算式により求めた γ より大きくなる場合が多いようである。

尤もこの程度のバラツキは現在の規準の精度から見て、充分許容し得るものとも考えられ、寧ろこのバラツキによつて、合否の判定が左右されるような船は、実際には安定性能を向上させるため、何らかの適当な対策を考えることが望ましいのではあるが、逆に基準が、その精度を考え、或る程度の子猶を持つものとするならば、基準の算式による γ の代りに、精密計算による γ を使用



第 3.1.2 図

すれば格合となる様な船は、一応基準に適合していると考えることも可能であろう。

従つて基準の運用に当つては、基準の算式による γ を使用しても、他の適当と思われる精密計算式、例えば渡辺博士の計算式による γ を使用しても差しつかえないこととして、それ程不当ではないであろう。

§3 動揺減減係数

1. 序

船の減衰係数の表現法にはいろいろあるが、元来船の横揺には非線型的要素が多分にあり、従つて簡単な表現法では広い動揺角にわたつて完全な減衰を表わすことは難しい。復原性限界を求める上では Bertin の減減係数即ち

$$d\theta_m = N\theta_m^2$$

で表現される所謂 N 係数を用いるのが適当であるが、これも平均横揺角 θ_m により変化するものであり復原性基準では 20° における値をとつている。

復原性基準においては、船の同調横揺角を次の算式によつている。

$$\theta_0 = 0.7 \sqrt{\frac{\pi \gamma \theta_w}{N}}$$

ここで θ_w は波の岨度、 γ は有効波傾斜係数である。この式でみる如く、同調横揺角を決め、ひいては C 値を算定する上に N 係数の推定は極めて重要である。復原性基準では普通の船型を有し通常の大さのビルヂキールを有する鋼船の N 係数が大凡 0.02 である事から船型によらず一律にこの値を採用している。これは N 係数を船型等により詳しく算定することは現段階では困

難であり、一方 C 値そのものが理論的限界値を定めたものではなく多くの経験的事実の上立つて居り、従つて N 係数を一律に 0.02 に定めてもこの定めから来る誤差は多くの因子と組み合わせつた上で C 値の限界値を定める際のマージンの中に含まれてしまうという考え方に基づいている。故に復原性基準を、より合理的にするためにはこの方面の学問的進歩と相俟つて船型、船の状態、ビルヂキールの大きさ等により、 N 係数をそれぞれある算式に従つて推定するにしなければならない。しかしそのためには次の様な事から解決して行かねばならない。

(1) N 係数の測定は殆んど模型船によつて居るがこれの尺度影響、実船との相違を明らかにする必要がある。

(2) 船型、船の状態、ビルヂキールの大きさ等を考慮した N 係数の推定式は一応作られているが(後述)、実船の N 係数の測定を多量集積し、これより推定式の妥当性を検討し、精度を高めて行く必要がある。

(3) 復原性基準では、 N 係数は約 20° の値をとる事にしているが実船、模型船とも 20° の如き大角度の N 係数を求める事は難しい。又 20° では甲板縁が没水する場合が多いからかかる大角度における N 係数の取り扱い方を研究する必要がある。

(4) 特殊な船型を有するもの、特殊な状態における N 係数を求める必要がある。このように解決すべき問題点があり、従つてもつと詳しい N 係数の推定法は将来に残された問題である。

2. N 係数の推定法

以下に説明するのは第 17 研究部会で研究された N 係数の推定法であり、普通の船型、ビルヂキールを有する船舶に適用されるものである。結果だけについて述べると N 係数は次のようにして求められる。

$$N = n \frac{Ld}{W \cdot m T_s^2} \left\{ B^2 \left(1 + \frac{1}{4} \frac{d^2}{B^2} \right) + \frac{f(C_W)}{64} \frac{B^4}{d} \right\}$$

ここに $l = \frac{d}{2} + \overline{OG}$

$$f(C_W) = 1 - \frac{1}{m+1} + \frac{6}{2m+1} - \frac{4}{3m+1} + \frac{1}{4m+1}$$

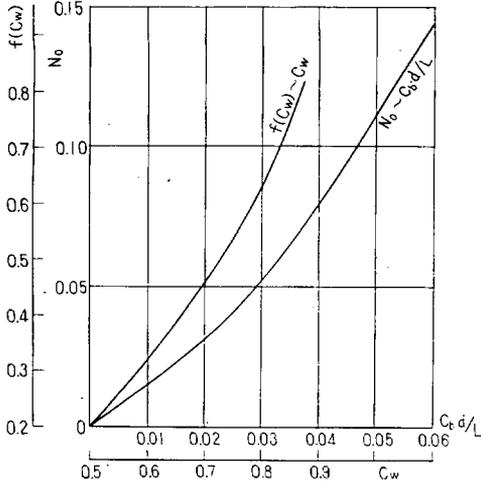
$$m = \frac{C_W}{1 - C_W}$$

C_W = 水線面積係数

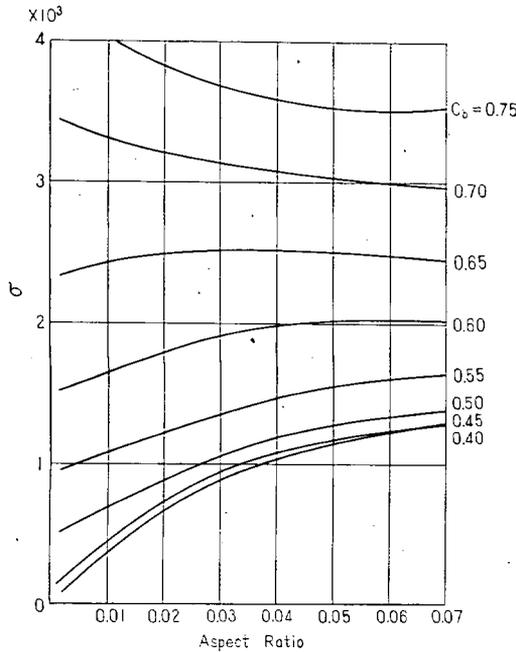
n はビルヂキールの面積、縦横比及び船の肥瘠係数に關係している。即ちビルヂキールの面積を Ab とすると θ_m が 20° のときには

$$n = n_0 + \frac{2}{3} \sigma \frac{d}{L} \frac{Ab}{L^2}$$

で表わされる。ここで n_0 は $C_b \cdot d/L$, σ は C_b とビルヂキールの縦横比のそれぞれ函数であり、第 1.3.3 図及び第 1.3.4 図に示す如くである。



第 1.3.3 図



第 1.3.4 図

3. 角型船の動搖減減係数

木船には角型の肋骨形状をもつたものが非常に多いがこれら角型船の動搖性能に関する資料はほとんど知られていないのが現状である。これらに対する一つの資料を提供するため模型船による静水中自由横揺試験を行なった。即ち主要寸法が殆んど同じで唯肋骨形状だけが角型と丸型と全く違つた形をしている 2 隻の木船を選び、そ

の 1/20 模型により横揺減減係数を求め、これをもととして、両船型の比較を行なつた。またこれらの船にいろいろの大きさのスケグビルヂキールがついた場合、これらの横揺減減効果が船型により、いかに相違するかについても検討を加えた。角型と丸型の肋骨形状及びその主要目は第 1.3.5 図に示す如くである。各状態に対し、両船の横揺減減係数を求めた結果は、第 1.3.3 表及び第 1.3.4 表に示す通りである。

今 N 係数は次の式の様に表わすことが出来るとする。

$$N = K \cdot C \left(2 \frac{\rho A b \gamma b^3}{T^2 W \cdot m} + n \frac{\rho A s \gamma s^3}{T^2 W \cdot m} \right) + N_0$$

ここに K : スケグとビルヂキールのその船型における効果係数

C : スケグとビルヂキール相互の干渉による効果減少係数

n : ビルヂキールの効果を 1 とした場合のスケグの効果係数

N_0 : スケグ及びビルヂキールを除いた N 係数

Ab : ビルヂキールの面積 (片側のみ)

γb : 重心よりビルヂキールの図心までの距離

As : スケグの面積

γs : 重心よりスケグの図心迄の距離

この式に両船の横揺減減係数を入れた結果、次のような各係数の値を得ることが出来た。

	A 船 (角型)	B 船 (丸型)
K	4.0	2.8
n	0.69	0.58
C	0.83	0.75
N_0	0.0174	0.0113

以上の結果を要約すると次の如くである。

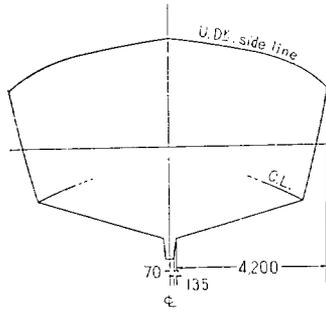
(1) ビルヂキール及びスケグの無い場合、即ち主として船型自身の影響による場合は、上記 N_0 の値を比較しても明らかなように角型船の方が丸型船よりも約 30% も大きな値となつている。

(2) ビルヂキールやスケグをつけた場合には、 K の値を比較しても明らかなように角型につけた方が丸型につけた場合よりも大凡 30% も効果が大きい。

(3) スケグとビルヂキールの効果を比べた場合、一般にスケグの方が重心からの距離が小であるから効きが悪くなるのは当然であるが、もし、同一距離にあるとしても n の値をみても明らかなように両船共スケグはビルヂキールの約 60~70% 程度の効果しかない。

(4) ビルヂキールとスケグとが両方つけられた時には相互の干渉により各々単独につけられた場合の和よりも効果が減少するが、これは C の値をみても明らかなように約 70~80% 程度となつている。

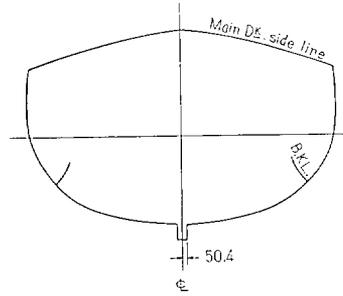
(5) 同じ程度のスケグ及びビルヂキールをつけた角



A 船

Principal Dimensions

Length (Over All)	45.500M
Breadth (Extreme)	8.400
Depth (Moulded)	3.850
Length (At 1 W. L.)	42.976
Breadth (At 1 W. L.)	7.760
Draft (N. Condition...1 W. L.)	2.350
Displacement (N. Condition...1 W. L.)	365 t



B 船

Principal Dimensions

Length (Over All Moulded)	44.129M
Length (Between P. P.)	41.900
Beam (Maximum Moulded at Main Deck)	8.330
Depth (Rabbit to Deck Station 10)	4.070
Draft (Moulded)	2.180
Displacement	367 t

第 1.3.5 図

第 1.3.3 表 A 船横揺減減係数

番 号	状 態		実験時の 固有周期	横 揺 減 減 係 数		
	ビルヂキール	ス ケ グ		a	b	N ₁₀
A-II	有	原 型	1.266 sec	0.0939	0.0233	0.0345
A-III	無	〃	1.247	0.0721	0.0212	0.0298
A-IV	有	B船と同じ	1.266	0.0888	0.0233	0.0339
A-V	有	無	1.228	0.0563	0.0189	0.0256
A-VI	無	無	1.207	0.0870	0.0164	0.0174

第 1.3.4 表 B 船横揺減減係数

番 号	状 態		実験時の 固有周期	横 揺 減 減 係 数		
	ビルヂキール	ス ケ グ		a	b	N ₁₀
B-I	原 型	A船と同じ	1.290 sec	0.0715	0.0179	0.0264
B-II	無	原 型	1.274	-0.0194	0.0194	0.0171
B-III	船と同じ	A船と同じ	1.283	0.0285	0.0152	0.0186
B-IV	無	〃	1.273	-0.0356	0.0279	0.0177
B-V	〃	無	1.235	0.0542	0.0048	0.0113
B-VI	船と同じ	無	1.236	0.0734	0.0072	0.0160

型船と丸型船の N 係数を比較すると、丸型船は、角型船の約 50% 位の値となり相当大きな相違があることがわかる。

4. 結 論

以上、通常船型の N 係数推定法及び角型船の N 係数について述べたが、本章の結論は次の通りである。

(1) 復原性規準をより合理的にするためには船型、船の状態、ビルヂキールの大きさ等を考慮した N 係数の推定式を作る方向に進むべきである。

(2) しかしそれには、実船により多数の N 係数測定を行なうと共に、これに関する多くの研究題目を解決して行かねばならない。

(3) 従つて、現段階では N 係数は船型等によらず一律に 0.02 とするがこれはすでに述べた如く C 値による判定そのものが経験的事実の上に立つた、ある程度マージンを含んだものであるから、問題はないものと考えられる。

第 2 編 船舶復原性規則の妥当性

第 1 章 追加すべき事項

§1 復原性範囲等

復原性の要素としては、メタセンタ高さ GM 、最大復原艇 GZ_m 、復原性範囲 θ_r 、最大復原艇の生ずる傾斜角 θ_m 、動復原力 S_d 等が考えられるが、船舶復原性規則では、旅客船について GM 、 GZ_m 及び S_d を規制している。しかし小数の例ではあるが、 GM 、 GZ_m 及び S_d が規則に適合していても復原性範囲が著しく小さくなる旅客船がある。一般にこのような例は上部構造物が大きいため重心の位置が高く、これを補うため船の幅を大きくしてメタセンタの位置を高くすることにより、 GM を大きくした船舶で従って乾げんも相対的に小さいものに多い。このため規則の基準に適合しても、復原性範囲が著しく小さい旅客船については一応、特別の船舶として、個々に検討して処理するものとはしたが、その具体的な数値を定める必要がある。

復原性範囲の最小値については、従来から 50 度から 70 度の間で種々の提案があり、例えば、渡辺博士も 60 度を提唱し、ソ連でも 60 度を採用して居り、一般には 60 度が適当であると思われる。一方、復原性範囲の最小値ではないが船舶復原性規則の適用を受けた船舶の資料では、航行区域の限定沿海、一般沿海及び近海以上に応じて θ_r がそれぞれ 45 度、50 度及び 55 度程度は少なくとも必要であると思われる。

しかし、いずれにしても、 θ_r 又は θ_m 、或いはその両方について最小値を決定して、船舶復原性規則の GM 、 GZ_m 及び S_d の基準に追加する必要がある。

なお、この問題については、その後 1960 年の海上人命安全会議の準備のために船舶局に設けられた復原性研究会において更に検討され、一応次の結果が得られている。

1. 実船の資料では θ_m/θ_r は平均 0.55 で略々一定であるので θ_r 又は θ_m の何れか一方を規制すればよい。
2. 復原力曲線には、海水流入角を考慮するので、 θ_r よりも θ_m を規制するものとし、また、 GM が非常に大きく θ_m が小さい船舶では船舶の傾斜が θ_m を超えると僅少の傾斜の増加でも、極端に復原力が減少することが想定されるので、この意味からも θ_m を規制する方がよい。

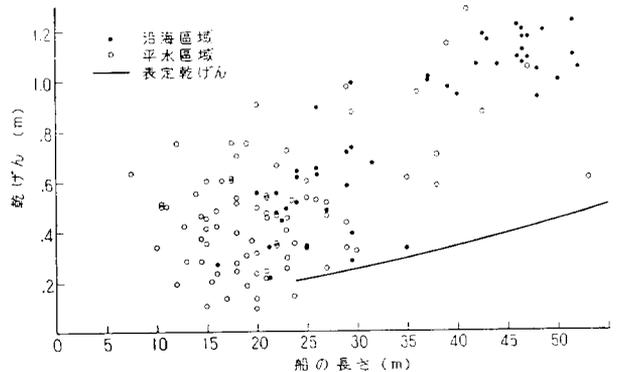
3. θ_m の最小値は 30 度、但し国内航海の旅客船では 25 度とする。

§2 乾 げ ん

現在船舶満載吃水線規程は、近海以上の航海区域の 150 GT 以上の船舶に適用され、従って沿海以下の船舶は満載吃水線を標示していない。一方、船舶設備規程において、旅客定員は、管海官庁が充分と認める乾げん及び復原性を保持し得るものであることを規制している。

更に、旅客船は船舶復原性規則に適合する必要があるため、その満載状態における乾げんは復原性の見地から必要な乾げんということにもなる。すなわち、沿海以下の船舶であつても、旅客船については、復原性という面から乾げんが規制されているということもできる。

第 2.1.1 図は船舶復原性規則に適合する沿海以下の旅



第 2.1.1 図

客船の乾げんと船舶満載吃水線規程の表定乾げんとを比較したものである。この図から判るように、船舶復原性規則に適合する乾げんは、沿海区域の旅客船については、表定乾げんを充分上廻っているが、平水区域の旅客船については、表定乾げんを下廻るものもある。

これらの船舶は、船舶の大きさに比して、旅客数が少なく、 GM が大きいものに多い。このことは、船舶復原性規則の平水の旅客船に対する基準が

$$GM \geq \frac{M_w + M_p}{W \tan \theta}$$

M_w = 風圧による傾斜偶力

M_p = 旅客の移動による傾斜偶力

W = 排水量

θ = 限界傾斜角

=乾げんの 80% が没水する傾斜角

$$\tan \theta = \frac{1.6f}{B}$$

f = 乾げん

B = 船の幅

で現われ、旅客数が少なく、GM の大きな船舶では、乾げんが小さくてもよいためである。また、平水の旅客船には無甲板船も多く、甲板縁の没水が船舶の安全性に極めて有害であり、有甲板船に比して、乾げんの意義は一層重要である。

沿海以下の船舶に対する表定乾げんの妥当性は別として平水区域の旅客船に対する上記の復原性の見地からの乾げんが、必ずしも、それだけで船舶として必要な乾げんを規制しているとはいえないので、復原性の基準とは別の意味で乾げんの最小値を規制する必要があると思われる。

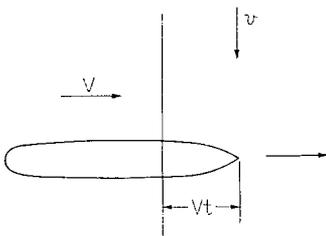
§3 潮流に対する考慮

船舶復原性規則の基準は、ある一定の海象状態を標準として、それに耐えるに必要な船舶の復原性を規制したものであることはいままでのない。従つて、基準に直接算入していない外力で、通常の船舶よりも特に大きい外力を受けるような船舶、例えば、特に高速で操舵の影響を特別に考慮すべきもの等については、特別の船舶として、個々に検討することとしている。しかし最近、一部の自動車航送船、鳴門観潮船等の如く、潮流の強い場所を横断する船舶が増大し、従つて、このような船舶に対して、潮流の影響を考慮した具体的な基準を定める必要がある。

この場合、次の 2 つの場合について、検討する必要がある。勿論、潮流の激しい場所に生ずる波の特異性の問題についても検討する必要があるが、これについては、早急に結論を得ることは困難と思われる。

1. 流れに直角に乗り入れる場合

第 2.1.2 図の如くある場所から潮流が v の速度で一樣に流れているものとし、船がそれに対し V の速度で乗り入れるとする。船首が潮流にかかつてから t 時間後には約 Vt だけ潮流に乗り入れるわけである。



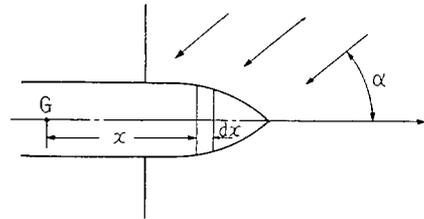
第 2.1.2 図

(1) 略近的な考え方で、船速がかなり速く船体が全部潮流に入る迄に、船の方位角が変化しないと考える場合

(a) 船体の一部しか潮流に入らない場合、即ち $Vt < L$ の場合には、船体には、揚力は有効に作用せず、抗力のみが作用すると思われる。そして相対流速は

$$\sqrt{V^2 + v^2}$$

その方向は $\tan \alpha = \frac{v}{V}$ である。第 2.1.3 図において船体の G より x の位置の dx の長さの抗力係数 (α の迎角の流れに対する) を C_{Dx} とすると、船体に直角な力は



第 2.1.3 図

$$F = \frac{1}{2} \int_{L-Vt}^L \rho C_{Dx} \cdot d \cdot (V^2 + v^2) dx \times \frac{v}{\sqrt{V^2 + v^2}}$$

この力が吃水線より $d/2$ 下の所に働き、また仮に $OG = 0$ とすると、傾斜は

$$\theta \approx \frac{M}{W \cdot GM} = \frac{1}{W \cdot GM} \frac{d^2}{4} \int_{L-Vt}^L \rho C_{Dx} v \sqrt{V^2 + v^2} dx$$

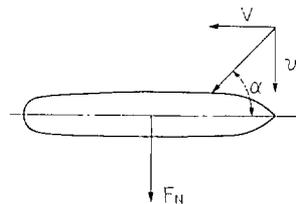
$V \gg v$ ならば

$$\theta \approx \frac{d^2 \rho v \cdot V}{4W \cdot GM} \int_{L-Vt}^L C_{Dx} dx$$

となる。 C_{Dx} が場所に拘らず一定と考えれば、乗り入れの長さ Vt が大きい程又流れの速度が大きい程、傾斜が大きいことになる。

(b) 船体全体が流れに入った場合

船体全体として揚力が作用する。第 2.1.4 図において



第 2.1.4 図

垂直力 (主として揚力による) を F_N 、垂直力係数を C_N とすると

$$F_N = \frac{1}{2} \rho C_N A (V^2 + v^2)$$

(A = 水中側面積)

これが $d/2$ の所に作用すると

$$\theta \doteq \frac{F_N \cdot d}{W \cdot GM} = \frac{\rho \cdot d \cdot C_N \cdot A}{4W \cdot GM} (V^2 + v^2)$$

やはり流れの速い程傾斜が大きく又細長い吃水の深い船程傾斜が大きいことになる。

以上は F_N により船が drift を起さないと考えた場合であるが、実際は drift を起こし、その為相対速度が減じ傾斜偶力も減ずる。

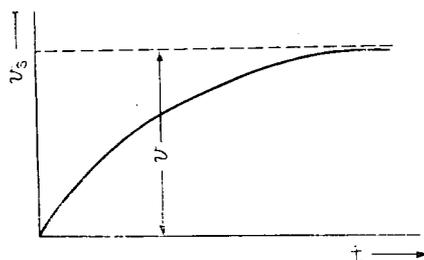
(b) の場合について考えると船の drift の速度を v_s とすると流れの速度は $v - v_s$ になったと同じになり

$$F_N = \frac{1}{2} \rho C_N A \{V^2 + (v - v_s)^2\}$$

一方 v_s は

$$(m + my) \frac{dv_s}{dt} = F_N = \frac{1}{2} \rho C_N A (V^2 + v^2 - 2vv_s + v_s^2)$$

なる式で与えられるから上式より第 2.1.5 図の如く

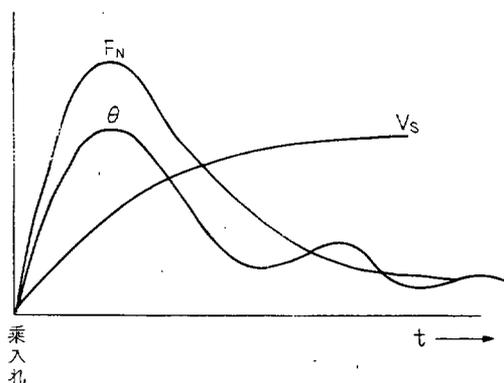


第 2.1.5 図

$v_s = v_s(t)$ として時間の函数として (時間と共に略々指数的に増加する) 求められる。

従つて F_N は急速に時間と共に減少する。

以上の事から定性的に各因子は第 2.1.6 図の如く変化すると予想される。



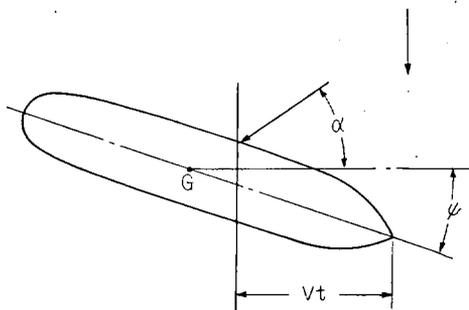
第 2.1.6 図

(2) 船の旋回を考える場合

上記 (1) は略近的な考え方で船の向きが変わらないとしたが実際は船体全部が流れに入る迄には向きが変る。

従つてこの場合には刻々船の向きが変化することを考えなければならぬ。

第 2.1.7 図において今船が潮流に乗り入れて t 時間経つたとしその時の船の方位角を Ψ とすると、水流は $\alpha + \Psi$ の方向から船体に当ることになる。



第 2.1.7 図

船体に直角な力は

$$F = -\frac{\rho d}{2} \int_{L-Vt}^L C_{Dx} (V^2 + v^2) dx \times \sin(\alpha + \Psi)$$

G に対する旋回モーメントは

$$F \times \left(L - \frac{V \cdot t}{2}\right)$$

従つて船の方位角は

$$T \frac{d\Psi}{dt} + \Psi = T \cdot \frac{F \times \left(L - \frac{V \cdot t}{2}\right) g}{I_Z}$$

但し T は追従性指数 (sec)

I_Z は G の周りの見掛の Mt. of Inertia

この微分方程式より船の向き θ が求められるわけであるが、 F の中に Ψ が入っているので積分方程式となつて厳密に Ψ を求めることは不可能である。従つて略近的に Ψ を仮定して式を解き大体仮定と同じ値の Ψ を得れば、それがその時間の船の向きとなり、それを入れて F を求めれば (1) と同様に

$$\theta \doteq \frac{F \cdot d/2}{W \cdot GM}$$

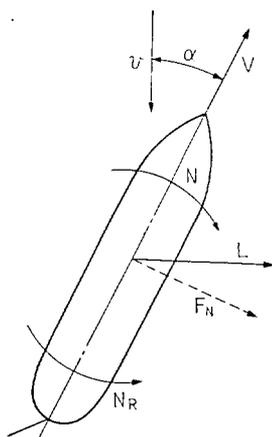
により傾斜角を求めることが出来る。

2. ある角度を持つて流れに乗り入れる場合

例えば鳴門は観潮船がやつている様に流れにある角度を持つて乗り入れ以後角度を一定に保つ場合を考える。

第 2.1.8 図の如く、流れに対する角度を α とすると船には揚力 L 、不安定なモーメント N が働く、船を取つて、そのモーメント N_R が不安定モーメント N に等しくする様にすれば、船は迎角 α を保ちつ揚力 L により流れに直角に進む。

$V \cos \alpha > v$ ならやや流れを廻り $v \cos \alpha < v$ なら落さるが今は簡単な為 $V \cos \alpha = v$ と考える。



第 2.1.8 図

勿論舵は $NR > N$ になる丈の力を持つ必要がある。
垂直力を F_N 、迎角 α に対する垂直力係数を $C_{N\alpha}$ とすると

$$F_N = \frac{1}{2} \rho C_{N\alpha} A v^2$$

$$\theta \doteq \frac{F_N \cdot \frac{d}{2}}{W \cdot GM} = \frac{\rho \cdot d \cdot C_{N\alpha} \cdot A v^2}{4W \cdot GM}$$

やはり潮流が速い程又迎角 α が大きい程、傾きが大きく吃水の深い船は傾斜が大きい。

又水圧中心位置から考えて C_b の大きい船程傾斜が大きいと考えられる。

上式をもう少し変形すると

$$\theta = \frac{\rho \cdot C_{N\alpha} \cdot A \cdot d}{4L \cdot B \cdot d \cdot C_b \cdot \rho g GM} v^2 = \frac{C_{N\alpha} \cdot d}{4g C_b \cdot B \cdot GM} v^2$$

例 $v = 10 \text{ kt} = 5 \text{ m/sec}$

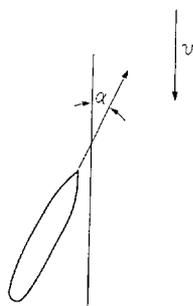
$$d/B = 0.3 \quad C_b = 0.6 \quad \alpha = 15^\circ \quad C_{N\alpha} = 0.1$$

$$\theta = \frac{0.1}{4 \times 9.8 \times 0.6} \times 0.3 \times \frac{25}{GM} = \frac{0.0319}{GM} \text{ (rad)}$$

$$GM = 1 \text{ m} \quad \theta = 1.8^\circ$$

$$GM = 0.5 \text{ m} \quad \theta = 3.6^\circ$$

この様に定常的になった後は、それ程傾斜は大きくな



第 2.1.9 図

い。問題は流れに突込む時で第 2.1.9 図の如く突込む時
大体流れの方向に対し α の方向を向き且つ $V \cos \alpha \doteq v$
になつていて流れに入るわけであるから、乗り入れた瞬間
は流速は約 2 倍になる。従つて θ は約 4 倍となり

上記の例で

$$GM = 1 \text{ m} \quad \theta = 7.2^\circ$$

$$GM = 0.5 \text{ m} \quad \theta = 14.4^\circ \text{ となる。}$$

更に突風の場合と同じく動的影響を考えれば、更にこの傾斜は大きくなると考えなければならない。

第 2 章 再検討すべき事項

§1 基準の妥当性

船舶復原性規則はその施行以来、旅客船の安全性確保に寄与しつつあるが、現在までの適用結果を総合すれば一般的には、略々妥当であるが、大型船にはやや緩く、小型船にはやや酷であると思われる。すなわち、

1. 大洋を横断するような大型船では、船舶復原性規則の要求する復原性は、損傷時復原性の基準の要求する復原性より極端に小さくなり、このような船舶では、殆んど船舶復原性規則の基準を考慮する必要がない。

2. 限定沿海を航行する 100 GT 未満程度の小型船では重心の位置、非水密開口の位置、船楼の大きさ等について従来の船舶より格段の努力を払わなければ船舶復原性規則に適合することが困難である。

しかし、本来、大型船及び小型船の復原性はそれぞれ充分及び不充分なものであつて、規則の要求する復原性は妥当なものであるか、或いは規則の要求する復原性が大型船及び小型船に対して、それぞれ過小及び過大なものであるかは、充分検討しなければ即断することはできない。

一方、第 17 研究部会の研究においても、規則に取り入れるべき個値ある種々の成果が得られて居り、今後更にこれらの点を含めて、基準の妥当性について、検討を進める必要がある。

§2 横 揺 角

規則の横揺角 θ_0 は

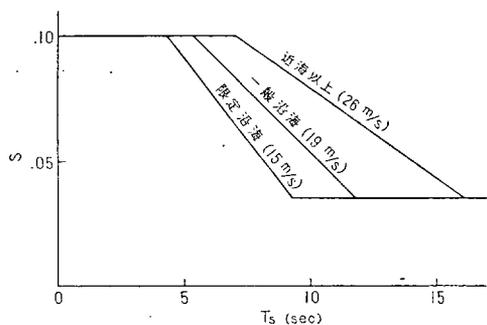
$$\theta_0 = \sqrt{138rs/N}$$

r = 有効波傾斜係数

s = 波の岨度

N = 動揺減減係数

で計算するものとしている。この式は波の不規則性を考慮して、規則波中の同調横揺角の 70% を取つたものであり、また波の岨度 s は H. U. Sverdrup 及び W. H. Munk の論文を利用して、第 2.2.1 図に示すものとしている。

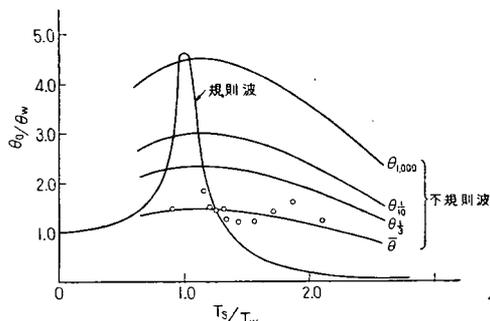


第 2.2.1 図

限定沿海の小型の旅客船の横揺周期 T_s は殆んど 5~6 秒程度であり、また近海以上の旅客船では、14~15 秒程度を超えるものも多い。従つて、第 2.2.1 図からは前者は略々 0.08 以上、後者は 0.05 以下程度のものが多い。このため、横揺角は反つて前者のものが後者のものより大きくなり、場合によっては、それぞれ 15 m/sec 及び 26 m/sec の風による傾斜偶力を含めても、規則の動復原力の基準が後者よりも、前者に酷となり、§1 で述べた事項の理由の一つともなる。また第 2.2.1 図の如く、 s の値は、 T_s の値に対して、相当急激に変化するので、 T_s の僅かの増大に対して、横揺角は相当減少し、安全示数の値に大きく影響する。

前記のことから直ちに規則の横揺れ角の妥当性について結論を下すことはできないが、特に次の点については充分検討する必要がある。

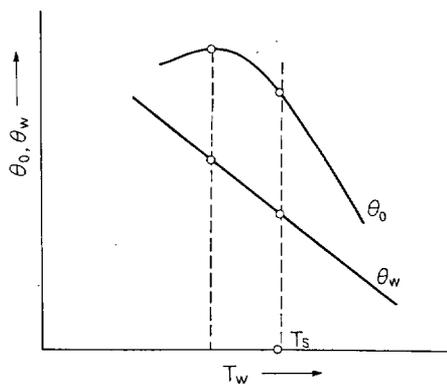
1. 不規則波中の船舶の横揺れについては、第 17 研究部会で種々検討されているが、第 2.2.2 図はその成果



第 2.2.2 図

の一例である。これは Neumann's Spectrum を有する波を受けた場合の横揺角を M. St. Denis 及び W. J. Pierson の方法によつて計算したものを横揺角 θ_0 /波傾斜 θ_w と船の横揺周期 T_s /波の周期 T_w とで示したものである。すなわち、不規則波中では同調の山は規則波中に比して著しく低くなり 1,000 揺れ中の最大値でもなお規則波中の同調横揺角には達しないし、また同調以外の所では逆に規則波中よりも大きくなつてゐる。このことは

第 17 研究部会で行なわれた海岸における実際の不規則波中の模型実験でも確かめられている。なお船舶復原性規則で、規則波中の同調横揺角の 70% を採用したことは、第 2.2.2 図の意味からいへば、略々 50 揺れ中の最大値ということになる。第 2.2.1 図の如く、波の岨度 s の値が T_s の値に対して相当急激に変化すること及び第 2.2.2 図の如く、不規則波中の横揺れでは、同調の山が規則波中のものほど鋭くはないことから、横揺れ角は、 T_w が T_s よりもやや小さい場合に最大となる。すなわち、第 2.2.3 図の如く、 T_w が T_s より小さい所では、



第 2.2.3 図

T_w が T_s と等しい所よりも、第 2.2.1 図から、波の岨度 s 従つて、波の傾斜 θ_w が相当増大し、第 2.2.2 図から θ_0/θ_w はそれほど減少しないため、 θ_0 としては増大する。従つてその点を取り入れて再検討する必要がある。

この場合横揺角は、現行の規則のものより、船舶の横揺周期に対して変化が緩かになるが、絶対値は増大して、現行のものより酷となると問題を生ずる。

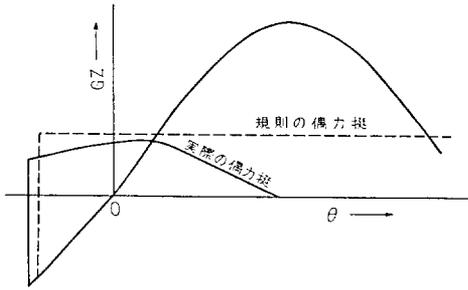
2. 船舶復原性規則の横揺角は前述の如く、波の不規則性を考慮して、規則波中の同調横揺角の 70% を取つたもので、略々 50 揺れ中の最大値に相当する。

近海以上、一般沿海、限定沿海等の船舶の航行区域に応じて、船舶の遭遇する波の発達程度、不規則性の程度等の差異については、勿論今後共検討を進める必要があるが、これらの問題を別にしても幾揺れ中の最大値をとるべきかは、船舶の航行時間が僅か数時間に過ぎないものと、数日に及ぶものによつて差を設けることも考えられ、従つて、波の不規則性を考慮した前記の軽減係数 70% は、船舶の航行区域に応じて一層妥当なものとするよう再検討する必要がある。

§3 風 圧 偶 力

第 17 研究部会における風圧偶力に関する研究では風圧偶力は船舶の傾斜角によつて変化すること、水圧中心

の位置が吃水の2等分点付近ではなく、 C_b 、ビルヂキールの有無、傾斜角漂流速度等によつて、変化することを示し、風圧偶力全体としては、船舶復原性規則の動復原力の基準と同一の風速を取れば、第2.2.4図の如くになる。



第2.2.4図

る。また、これにより安全示数 C を検討しているが、規則と同じ風速にすれば C を 2.2 に、逆に C を規則と同じ値 1.0 にすれば、風速を近海以上 41 m/sec、一般沿海 25 m/sec にすることにより、規則と同じ程度の

基準となる。従つて現状においては、直ちに現行の基準を修正する必要はないが前記 §1 に関連して、大型船の標準風速を再検討する場合、或いは後記する海水打込を検討する場合には、この面からの検討も必要と思われる。

なお米国では、水圧中心の位置は、船舶水線下の部分の投影側面積の中心、ソ連では水線とし、風圧偶力はいずれも船舶の傾斜角に対して一定としている。

§4 その他

再検討すべき事項は第17研究部会をはじめ、各方面の研究成果において、前記の他種々見受けられるが、これらについては、未だ具体的に結論を得ていないものが多いのでさし当り検討を要する主なる問題点のみを列挙するにとどめる。

1. 海水打込みの影響
2. 航海中の水線面の変化の影響
3. 大傾斜角における復原力曲線の有効性

第3編 巡視船の復原性 (近海区域)

第1章 基本方針

§1 判定の考え方

さきに船舶安全法の中に、船舶復原性規則（以下規則という）が設けられ、旅客船は一般に規則の甲、乙、丙の三基準に適合しなければならない。

之等の基準を構成している思想は巡視船にそのまま適用しても何等差支えないものと思われる。ただ巡視船は客船と用途が異なるため、船型を初め構造、設備、状態等も自ら異なるのは当然のことである。従つて規則の基準を検討してみるに、そのまま巡視船の復原性判定に適用出来る面も多いが、中には出来ない面もあり、一方巡視船特有の面も少くないので、その復原性判定の基本的考え方として現行規則の基準に則り、之に巡視船の特質を加味したものとし、若し規則に改廃が行われれば之を検討し、要すれば巡視船においても之を考慮する方針とする。

§2 巡視船の特質

巡視船が客船と類似している点は規則を踏襲することで問題なく、その特質のみ検討を要するわけであるが、その中復原性能に関係があると思われるものを分類すれば次の通りである。

1. 船型の相違。
2. 船舶の状態変化が少い。
3. 海水打込みの影響の少い船が多い。
4. 船内重量物の移動が少い。
5. 荒天中の航海
6. 荒天中の操舵
7. 荒天中の甲板作業
8. 遭難船の救助
9. 冬期北海道々東道北の航海

§3 検討すべき問題点

§2 に列挙した巡視船の特質の各項目を規則の基準に照合して如何なる点を検討すべきかを調べ、各項目毎の問題点を次の通りとする。

当然のことながら客船で考慮されているが巡視船には必要のない点、逆に客船に考慮されていないが巡視船には考慮しなければならない点が存在する。

1. 船型の相違
 - (1) 風圧中心 (風圧面積中心)
 - (2) 水圧中心 (水線下面積中心)
 - (3) 横揺周期 (計算式と実験値)
 - (4) 有効波傾斜係数 ($\gamma = 0.73 + 0.60 \frac{\overline{OG}}{d}$)
 - (5) 横揺減減係数 ($N = 0.2$)

2. 船舶の状態変化が少い。
 - (1) 横揺周期
 - (2) 横揺減減係数
 3. 海水打込みの影響の少ない船が多い。
 - (1) 海水の打込み
 4. 船内重量物の移動が少ない。
 - (1) 船内重量物の移動
 5. 荒天中の航海
 - (1) 風, 風速 (26 m/sec) 及び風速変動率 ($\sqrt{1.5}$)
 - (2) 波, (26 m/sec の風速で起りうる波の中で, 船の横揺周期と等しい周期の波)
 - (3) 波の不規則性 (横揺角 $= \alpha \sqrt{\pi \gamma \cdot 180 \delta / 2 N}$ とし $\alpha = 0.7$)
 - (4) 乗心地 (直接考慮されていない)
 6. 荒天中の操舵
 - (1) 操 舵 (直接の計算値に入れていない)
 7. 荒天中の甲板作業 (考慮されていない)
 - (1) メタセンター高さ
 - (2) 乗心地
 - (3) 常時の最大横揺角
 8. 遭難船の救助 (考慮されていない)
 - (1) 操 舵
 - (2) 曳 航
 9. 冬期北海道東道北の航海 (考慮されていない)
 - (1) 着 水
- 註 () 内は規則の基準の内容。

第 2 章 計算に使用するべき諸数値等

§1 船舶の状態

判定する船舶の状態は、運航中遭遇する最悪状態をとればよい。従つてすべての使用状態における復原性を検討することは規則通りであるが、従来巡視船にあつては一般に次の 4 状態が整理されており、之等を使用して特に不都合が生ずるとは思われないので之を用いることとする。

1. 満載状態
2. 常備状態
3. 補填軽荷状態
4. 軽荷状態

この中で軽荷状態は使用状態と考える必要はないこととする。従つて残りの 3 状態について計算すればよいわけであるが、一般には補填軽荷状態が最悪状態となるので一応これを判定の状態とすることとする。

船により他に最悪と認められる使用状態があればそれによることは勿論である。

§2 着 水

北海道東道北海域航行中の船舶に生ずる現象で、復原性に及ぼす主な影響は、排水量、風圧側面積、 KG 、横環動半径等の変化である。ところが、之等を算定する基礎資料がなく、ソビエト船級協会の復原力に関する規定*により 270 屯型巡視船について計算してみたが大した影響はない様であつた。その後現地よりの報告資料に基づき、着水時の状態変化を想定し規則の乙基準で検討してみたが、相当の悪影響を与え、そのまま看過出来ないと思われるに至つた。

従つて機会を得て実船実験を実施、その影響を研究することになった。

§3 曳 航

遭難船の救助に伴い、該船の曳航が附随して起ることは当然予想され、曳航索の張力が、曳船の復原性に及ぼす影響が考えられる。然しこの張力は気象、海象状況、船速、波との出合角、被曳船の大きさ等に応じ、色々に変化し、之を定量的に求めることは頗る困難である。

たまたま巡視船による設標船の実船曳航試験が行われたのを機会に必要な諸計測を行つた。

それによると静水中被曳船が舵中央にて曳航されれば、左右に船首を振り何等かの曳船に対する横傾斜偶力を与えることが予想されるが、試験結果によると曳船は全々横傾斜を起していない。

又旋回中曳船は曳索により旋回圏の内側に傾斜偶力を受けるが、操舵による外傾と消し合うことも考えられ、之を試験結果よりみると矢張り曳船は傾斜を殆んど起していない。

以上を総合し、操船者が操船に充分留意すれば曳航の復原性に及ぼす影響は特に考慮の必要はないと認め、一応傾斜の外力に入れないこととしている。

§4 操 舵

船が舵をとれば一般に最初内傾し、次に横動揺し乍ら外傾に転じ、最大傾斜を起し、徐々に横動揺が消えて完全な定傾斜となる。

船の復原性上最も重要なのは当然最大傾斜であるうが、之を求める適当な計算法が今のところない。一方復原性能の判定は一応比較計算であれば定傾斜で扱つても支障はない。そこで定傾斜を求める式を次に考えてみる。

W : 排水量 (t)

d : 吃 水 (m)

m : 船の質量 W/g

* 昭和 30 年 3 月造船協会誌第 316 号

m_x : x 方向の見掛質量

G : 船の重心

B : 船の浮心

R : 旋回半径 (m)

α : 偏角 (deg)

v : 船速 (m/sec)

F_N : 舵面の垂直力 (t)

$$F_N = \frac{1}{2} \cdot C_n \cdot \frac{\rho}{g} \cdot A \cdot v^2 \cdot \cos \delta$$

C_n : 垂直力係数

ρ : 水の密度 (t/m³)

A : 舵面積 (m²)

v : 舵の流速 (m/sec)

δ : 舵角 (deg)

C : F_N の作用点

θ : 船の傾斜角 (deg)

M_t : 傾斜偶力 (t-m)

GM : 横メタセンター高さ (m)

然るとき、傾斜偶力は次式で求められる。

$$M_t = \left\{ m \cdot \frac{v^2}{R} \cdot \cos \alpha \left(\overline{OG} + \frac{d}{2} \right) + m_x \cdot \cos \alpha \cdot \frac{v^2}{R} \cdot \left(\frac{d}{2} - \overline{OB} \right) + F_R \left(\frac{d}{2} - \overline{OC} \right) \right\} \cos \theta \quad 3.2.1$$

一方船の復原偶力は $W \cdot GM \cdot \sin \theta$ 3.2.2

3.2.1 3.2.2 は等しい故

$$\tan \theta = \frac{M_t / \cos \theta}{W \cdot GM} \quad 3.2.3$$

実船について M_t を算出の結果 3.2.1 の第 2, 3 項は第 1 項に比べて極めて小さく、之を無視することにし、旋回時の定傾斜角の算出は次式によることとする。

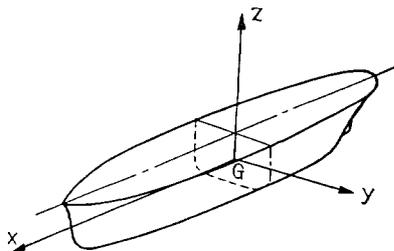
$$\tan \theta = \frac{1}{g \cdot GM} \cdot \frac{v^2}{R} \cdot \left(\overline{OG} + \frac{d}{2} \right) \quad 3.2.4$$

3.2.4 式で舵角、之に応じた v, R が問題となるが今のところ $\delta = 35^\circ$ に対するものを考え、実船実験成績より $v = 0.70 V_{max}$

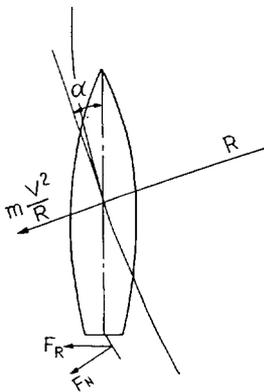
とすることになっている。

R に関してはこれまで行われた巡視船その他海上保安庁所属船舶の旋回力公試成績を解析し第 3.2.4 図の (2) 曲線によることとしている。この場合 C_n は Joessel の式による。

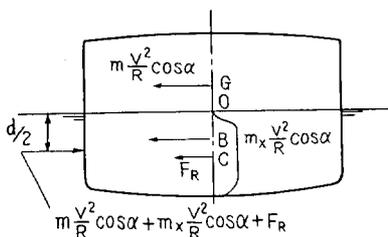
水圧中心に関しては実船による旋回試験成績を解析したところ、水面下約 1/4 吃水のところにあつた。この値



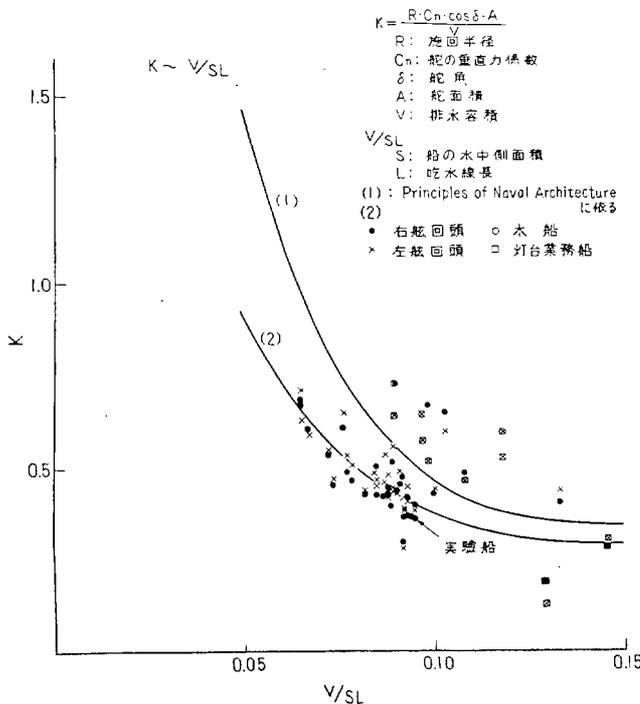
第 3.2.1 図



第 3.2.2 図



第 3.2.3 図



第 3.2.4 図

を如何に取り入れるかは更に実船及び模型試験を行い、乙基準の水圧中心と総合して考えることとなっている。

§5 横揺周期

横揺周期は次式で求める。

$$T = \frac{2.01 K}{\sqrt{GM}}$$

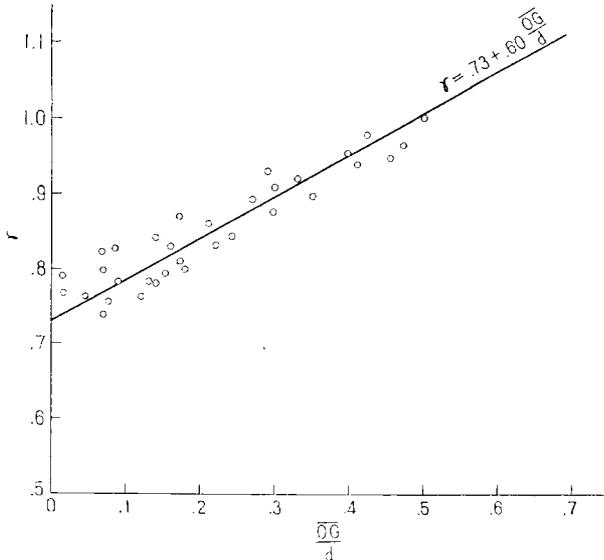
巡視船は状態の変化が少く、第 1 編、第 2 章 §2 に述べてある様に状態変化に依る K の変化は少いので、今のところ実船の横揺試験より K を求め、その K をすべての使用状態において不変とすることとなっている。

§6 有効波傾斜係数

有効波傾斜係数 r は渡辺博士の方法で求められるが、規則は次式を採用している。

$$r = 0.73 + 0.60 \frac{OG}{d}$$

巡視船について算出した渡辺博士の式による r の値と規則の算式による値の関係を第 3.2.5 図に示す。同図を参照し、規則の算式をそのまま採用することとしている。



第 3.2.5 図

§7 横揺減減係数

海上保安庁発足以来の近海以上の航行区域を有する新造巡視船から代表船を選び、その模型による系統実験を行い、その成績を解析して簡単な図を作成し、これより求めることにしている。

参照：造船協会論文集第 107 号 巡視船の横揺減減係数について

§8 水圧中心

実船による旋回試験成績によれば定常旋回中の水圧中心は水面下 1/4 吃水位のところにあつた。この値をどう基準に取り入れるかは乙基準に關係ある横漂流中の水圧中心及び風圧中心も考慮し、更に実船と模型船による実験を続けその成績により結論を出すこととなっている。

§9 その他 (今後の問題点)

以上で計算に使用すべき諸数値を述べたが、まだまだ研究を要するものがあり、今後の問題点として残るわけで、現在研究を続けているもの、及び将来更に研究しようとするものを次に述べる。

1. 着水

既に述べてある通り、出来れば数隻の実船について着水の復原性に及ぼす量を求め、統計的な Data を求めて着水量の基準を作る。

2. 操舵

実船試験を更に続けて必要な諸要素を求めて操舵を基準に入れることにより間接的に OG の値を抑える。

3. 横揺周期

着水による環動半径の変化の研究。

4. 風圧中心

第 17 研究部会研究報告書によれば、数隻の模型について求めた風圧中心の実験成績が記載されている。然し巡視船の Data は皆無であるので近い将来模型試験で求める予定である。

5. 水圧中心

横漂流中の水圧中心は模型船により求めるべく実験実施中である。

旋回中の水圧中心も実船と模型船により求めるべく実験計画中である。

第 3 章 保持すべき復原性

§1 甲 基準

傾斜偶力として定常風圧と規則の旅客の移動の代りに旋回時の傾斜偶力を組合せ、基準の構成は規則に準ずるものとする。

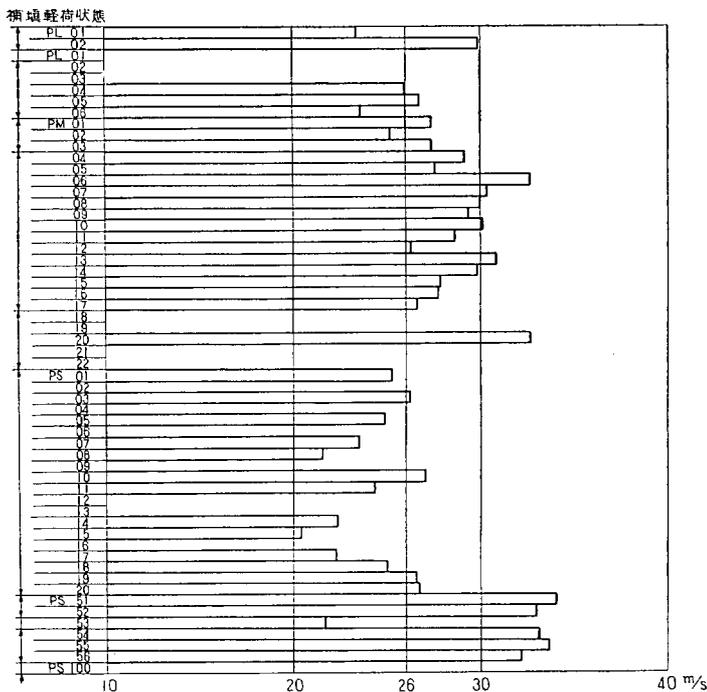
即ち傾斜偶力は

1. 真横の定常風によるもの。風速は乙基準の風速とし一応 26 m/sec とする。

2. 船速 4/4 (新造時計画船速)、舵角 35° における定常旋回時の傾斜偶力、定常旋回時の船速は直進時の 0.7 とする。

風圧、操舵による傾斜偶力算式を夫々次の通りとする。

$$M_{w0} = 0.76 \times 10^{-4} A h \times 26^2 \cdot \cos \theta$$



第 3.3.1 図

$$M_s = \frac{W \cdot v^2}{g \cdot R} \left(\overline{OG} \times \frac{d}{2} \right) \cdot \cos \theta$$

傾斜角の算式を次の通りとする。

$$\sin \theta = \frac{M_w + M_s}{W \cdot GM}$$

この限界傾斜角を規則第 12 条通りとする。

然し既に述べた様に水圧，風圧中心に関する研究の成果によつては傾斜偶力の算式を変更する予定である。一方傾斜角も上記算式によるか，復原力曲線によるか検討する積りである。

一応これまで纏めた算式により風速と限界傾斜角との関係を第 3.3.1 図に示す。これより風速 26 m/sec に及ばぬ船舶が相当あり，一部船舶は乙基準の面より近く改造の予定であるが，算式そのものも果して妥当なものか，多少 severe に過ぎぬか充分検討を要するところである。

§2 乙 基 準

規則の基準と全く同一であるが巡視船の特質のみ考慮した。即ち規則と異なる点は横揺周期と横揺減係数の計算法である。

補填軽荷状態の安全示数 C と風速の関係を示す。

水圧中心に関しては風圧中心の実験結果を総合的に考慮することとなつてゐる。

§3 丙 基 準

海水打込みの影響及び船内重量物の移動の少ない船が多く，この面では非常に safety side にあり，この基準は軽くてもよいと思われるが，一応規則通りとし，海上保安庁所属船舶の主なものについて算出した結果を第 3.3.3 図に示す。

§4 その他 (問題点)

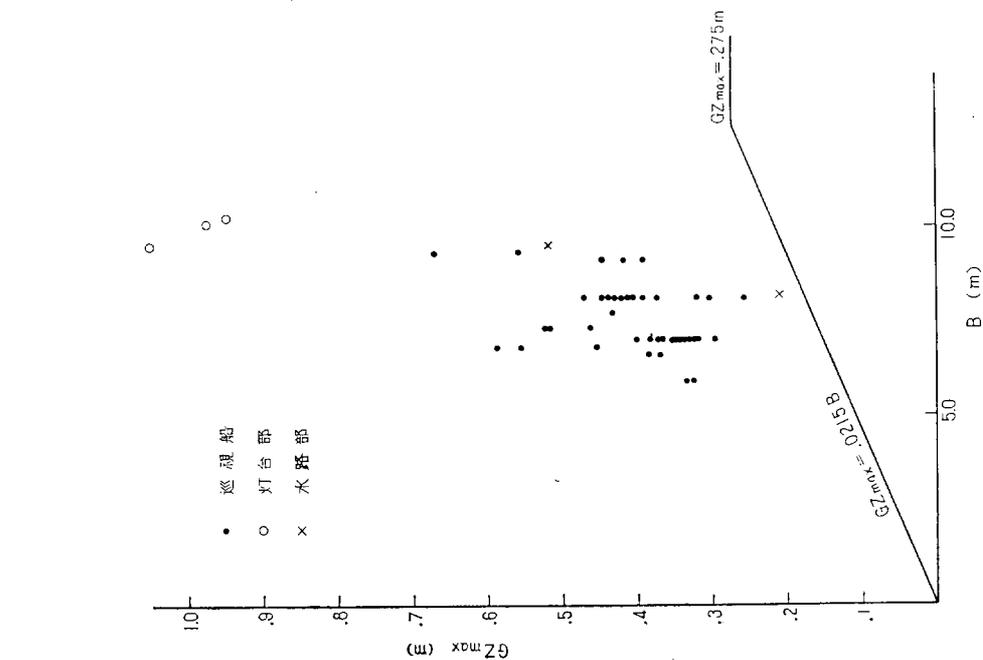
以上で基準の点は終るが，基準の対象が自ら設計，計算して造つた自分の船であるので，不必要に大きな復原性を持たせる事もないわけで出来れば基準の上限值をおさえ，余つたものは乗心地の方に取入れる。

又荒天中好むと好まざるとに拘らず航行を要求されるので常時の最大横揺角の検討をする。

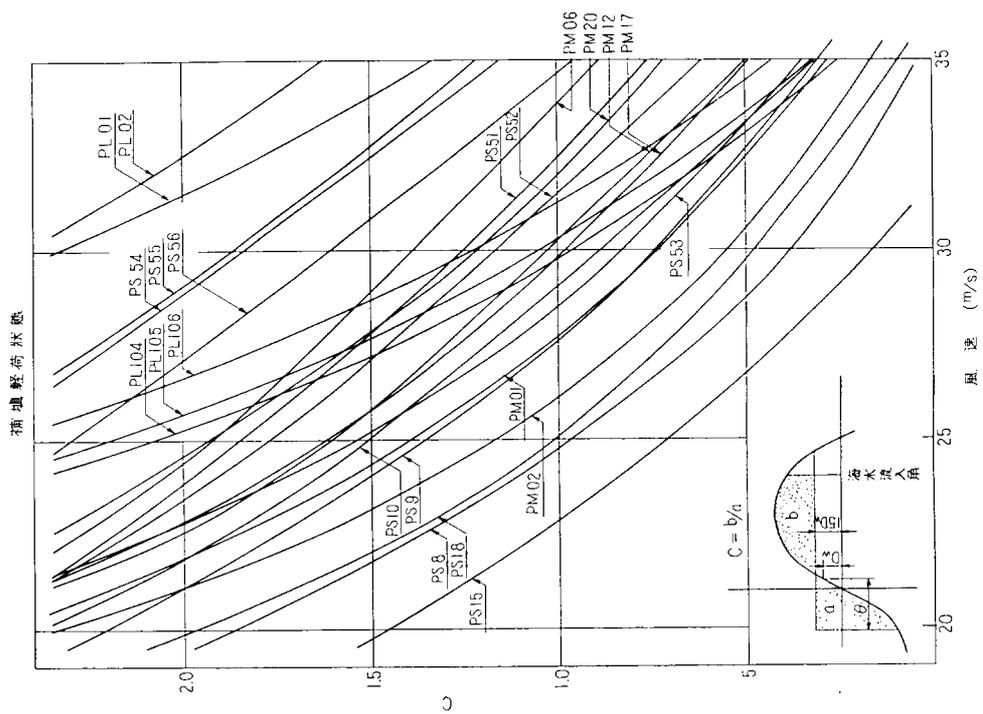
結 言

以上述べたように第 2 小委員会は，船舶の復原性に関して，法制化及びその運用の如く極めて実際的な分野において研究を進めて来た。勿論，研究成果の中には最終結論を得ていないものも多く含まれているが，船舶復原性規則の今後の運用又は改正に際して，或は，巡視船の建造に際して，極めて有用な指針とされるであろうことを期待したい。

復原性の基準についての規則は，米，独，ソ連，ポーランド等においても作成されて居り，また近くロンドンで開催される海上人命安全会議でも論議されることが予想され，今後，内外を問わず重要性が増大する情勢にある。従つて本研究部会としての研究は終了したが，この種の研究が今後とも適当な機関において進められ，規則が常に近代的な水準に維持され，且つ，運用されて行くことを期待するものである。



第 3.3.3 図



第 3.3.2 図

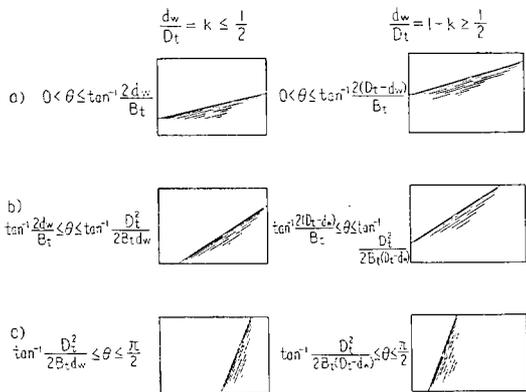
附録 I 船内自由表面の影響

第1章 静的影響 (水の移動による偶力)

§1 Tank の水量の影響

Tank の水量によつて、傾斜時の偶力がどう変わるかを考えて見ると次の二つの興味ある結論が得られる。

1) Tank の水量が共転な場合、即ち或る水量の時と、その時の空間に相当する水量の時とで水の移動の為の偶力は相等しい。即ち Tank の深さを D_t とし水量の深さを d_w とすると、次の相対応する二つの場合の偶力は等しい。



第 1 図

この時の水の移動偶力 m は、

w …… 水量

B_t …… Tank の幅

θ …… 傾斜角 として次の式で表わされる。

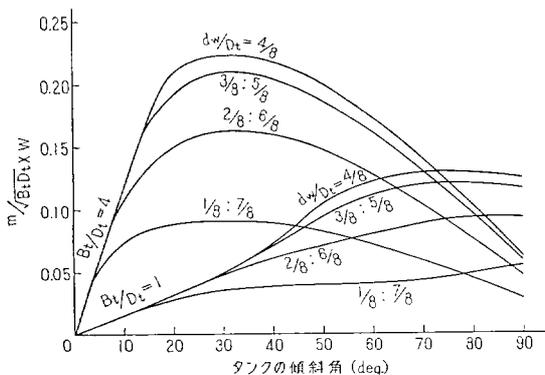
$$a) \quad m = \frac{w B_t^2}{24 d_w} (2 + \tan^2 \theta) \sin \theta \quad (1)$$

$$b) \quad m = w \left\{ \frac{1}{2} (B_t \cos \theta - d_w \sin \theta) + \frac{1}{3} \sqrt{2 B_t d_w} (\sqrt{\tan \theta} \sin \theta - \sqrt{\cot \theta} \cos \theta) \right\} \quad (2)$$

$$c) \quad m = \frac{w}{2} \left\{ \left(1 - \frac{d_w}{D_t} \right) (B_t + D_t \tan \theta) - \frac{D_t^3}{12 B_t d_w} (2 + \cot^2 \theta) \right\} \cos \theta \quad (3)$$

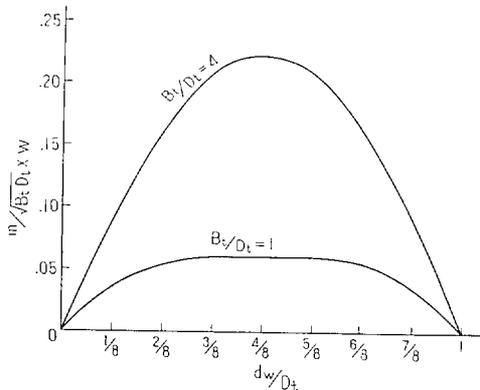
この式により計算した偶力 m を、第 2 図に示す。

2) 1) の結果より自明の事であるが次の結果として



第 2 図 水量による傾斜偶力の変化

Tank の水量が $1/2$ の時に最も傾斜偶力が大きい。即ち Tank の静的な影響を考える時は水量 $1/2$ の時について考えるのが最も Severe Side と云う事になる。第 3 図にこの関係を図示してある。



第 3 図 水量による傾斜偶力の変化
タンクの傾斜角 = 35°

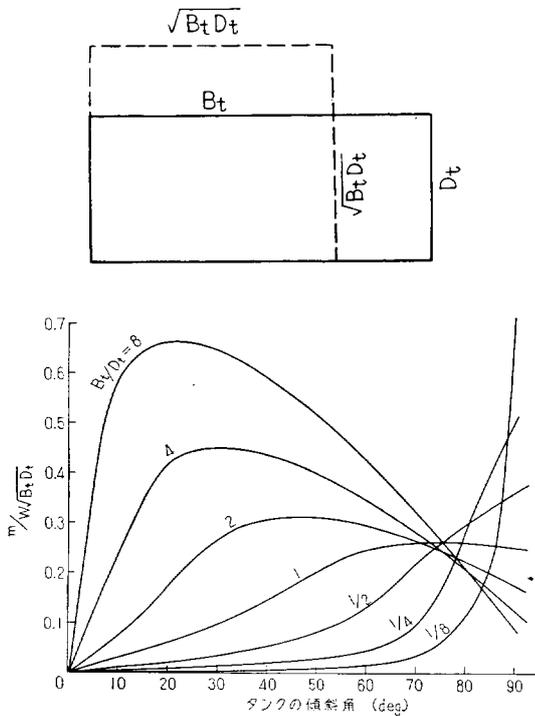
§2 Tank の形状の影響

Tank の形状、特に深さと幅の比は水の移動偶力に大きな影響を有する。

§1 で最も大きな偶力を生ずるのは水量 $1/2$ の時であることが判つているので今水量 $1/2$ の場合について Tank の扁平を即ち B_t/D_t を種々に変えて移動偶力を計算すると第 4 図の如くなる。

第 4 図では偶力を無次元化する為、偶力 m を水量と、 $\sqrt{B_t D_t}$ の積で割つてある。 $\sqrt{B_t D_t}$ は Tank と同一断面積を有する正方形の一辺の長さで $B_t/D_t = 1$ のものに相当する。

従つて第 4 図の読み水量 m と $\sqrt{B_t D_t}$ を掛ける事により任意の形状、大いさの Tank の水の移動による



第 4 図 B_t/D_t による傾斜偶力の変化

偶力を求める事が出来る。

第 4 図を見ると次の事が判る。

1) Tank が扁平な程小角度で水の移動が大きいため移動の偶力は大きい直ぐに水面が天井に達して以後偶力が減ずる。之に反し縦長な Tank では最初は偶力が小さいが、水面が天井に達する時期が遅く、大角度で偶力が大きくなる。

§3 復原挺曲線の修正

1) 従来の修正方法

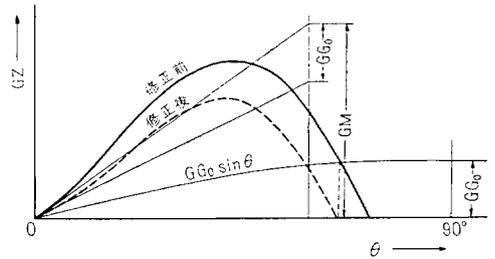
通常船内に自由水がある時は次の様な修正を行っている。

i) GM は自由表面の為の見掛の重心の上り丈減少すると考える。

ii) GZ は上記の見掛上の重心の上りを GG_0 として

$$GG_0 \sin \theta$$

丈減少すると考える。



第 5 図

この修正方法では幅の広い Tank では Severe に過ぎ、幅の狭い Tank では逆に過少に見積られることは、第 4 図より明らかである。

今種々の縦横比 B_t/D_t の Tank 1 個につき修正量の積分値 (動的復原力の減少量に相当する) を 45° 及び 90° につき計算すると第 1 表の如くなる。

表中各々第 1 欄は傾斜偶力挺の積分値、 $\frac{1}{w} \int_0^\theta m d\theta$ と従来の方法による修正偶力の積分値 $\int_0^\theta GG_0 \sin \theta d\theta$ の比であつて、幅の狭い Tank では過少見積りであり幅の広い Tank では過大で、 B_t/D_t 1~2 位の Tank で大体妥当な値となることが判る。然し乍ら通常 Tank は扁平なものの方が多いので過大見積りの方が多い訳である。

第 2 欄は各 Tank の正確な修正値 $\frac{1}{w} \int_0^\theta m d\theta_s$ の $B_t/D_t=1$ の修正値に対する比を示してある。

茲で興味あるのは 90° 迄の積分値で見ると、 $\frac{1}{w} \int_0^\theta m d\theta_s$ は大体 $\sqrt{B_t D_t}$ に比例することである。

2) 正確な修正方法

縦横比及び容量の異なる Tank が多数ある場合には GZ

第 1 表

B_t/D_t	0 ~ 45°		0 ~ 90°	
	$\frac{\frac{1}{w} \int m d\theta_s}{\int GG_0 \sin \theta d\theta_s} \times 100$	$\frac{1}{w} \int m d\theta_s$ の $B_t/D_t=1$ に対する比	$\frac{\frac{1}{w} \int m d\theta_s}{\int GG_0 \sin \theta d\theta_s} \times 100$	$\frac{1}{w} \int m d\theta_s$ の $B_t/D_t=1$ に対する比
1/8	122 %	4.5%	1170 %	34.5%
1/4	122	12.6	590	49.3
1/2	122	35.7	300	70.5
1	120	100	150	100
2	97.7	229	68.7	130
4	69.8	462	37.6	200
8	39.9	745	18.9	283

の減少量はその Tank の半分の水量 w , 幅 B_t , 深さ D_t として, 各 Tank の B_t/D_t に応じて第4図より各 θ に対する $\sigma_{\theta i} = m_i/w_i \sqrt{B_t D_t}$ を読み取り,

$$\delta GZ_{\theta} = -\frac{\sum \sigma_{\theta i} \sqrt{B_t D_t} w_i}{W} \quad (W: \text{船の排水量}) \quad (4)$$

より求めなければならない。然し乍ら第4図より夫々の Tank の $\sigma_{\theta i}$ を角度毎に読み取るのは可成りの手間を要する。

3) 略近法

$\sigma_{\theta i}$ は各 Tank により一々異なる訳であるが, 若し幅の狭い大きな Tank があればその影響が大きく響く事を考えて, 各 Tank の縦横比 B_t/D_t にその水量の 1/2 を掛けて平均した平均の縦横比

$$\overline{B_t/D_t} = \frac{\sum w_i (B_t/D_t)_i}{\sum w_i} \quad (5)$$

を求め, この $\overline{B_t/D_t}$ に対する $\overline{\sigma_{\theta}} = m/w \sqrt{\overline{B_t/D_t}}$ を第4図より求め

$$\delta GZ_{\theta} = \frac{\sigma_{\theta} \sum w_i \sqrt{B_t D_t}}{W} \quad (6)$$

より修正量を計算すれば簡単であろう。

以上を総合して自由水の復原力に対する静的な影響は次の如く考えられる。

i) 小角度傾斜に対しては GM の減少として考えられ, その量は従来の方法

$$GG_0 = \frac{\sum p_i i_i}{V}$$

i_i : 各水槽の水面の軸の回りの慣性率

p_i : 各水槽の液体の海水に対する比重

V : 船の排水 vol.

で求められる。

ii) 大角度傾斜に対しては復原挺 GZ が或程度減少するものと考えられその程度は水槽の縦横比によつて著しく異なる。

Tank が多数ある時は正確には (4) 式で, 略近的には (6) 式で求められる。

iii) Tank の水量が 1/2 の時に最も影響が大きい。

第2章 動的影響

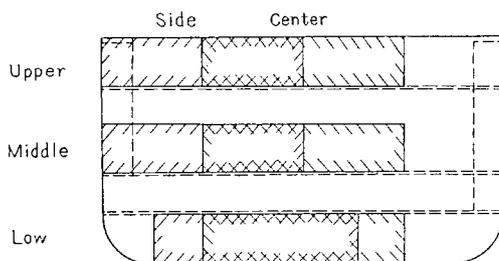
§1 実験方法

1. 装置 本実験では船内の自由水の影響がその水量, 水槽の形状, 及びその位置により如何に表われるかを調べるために二次元的なパラレルボデイの模型船中で水を入れた直方形の水槽を系統的に移動させる事にした。

即ち, 水量の影響を調べるために, 自由水の最大容積は船の排水量の約 1 割迄とれる様にし, 水量の変化はその水槽の全容積の 8 分の 1 を単位として行つた。

水槽の形状の影響を調べるために水槽として幅 20cm, 深さ 5 cm, 長さ 40 cm のものと, 幅 15 cm, 深さ 7 cm, 長さ 40 cm の 2 種類を作つた。

水槽の位置の影響を調べるにはその位置を第6図の如く変化せしめた。



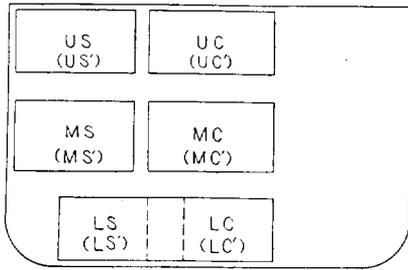
第6図

尚水槽の位置を変化させても重心位置が変わらない様に平衡重錘をつけて調節を行つた。模型の要目等を第2表に示す。

第2表

模 型 船	長	60 cm
	幅	40 cm
	深	22 cm
	吃	9.83 cm
	Bilge Circle	5 cm
	GM	7.85 cm
船	BM	13.9 cm
	KG	11.0 cm
	排水量	22.95 kg
	材	Brass
水	長	40 cm
	幅	20 cm
	深	5 cm
	重量	0.98 kg
	材	Brass
槽	長	40 cm
	幅	15 cm
	深	7 cm
	重量	0.9 kg
	材	Brass
平衡用重錘	直	8 cm
	高	5 cm
	重	2.75 kg
	箇	2ヶ
	材	Lead

2. 状態 Tank の水量は 0 から満水迄を 1/8 宛変えて行い、水槽の位置は第 7 図の如く 6 通り変えて行つた。

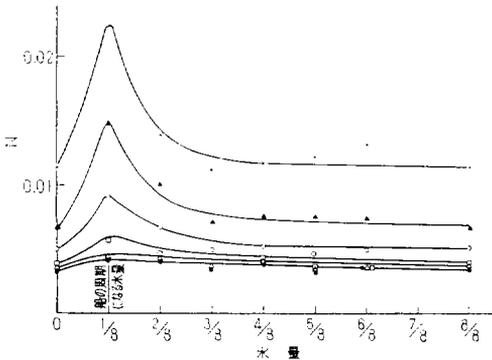


第 7 図

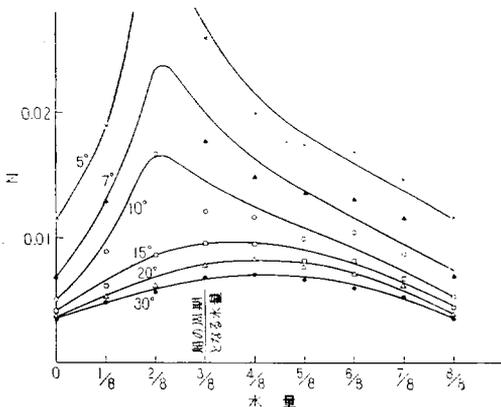
§ 2 N 係数に対する影響

1. 水量変化の影響

水量を種々に変化させた時の N 係数を水量を基線とし、横揺角度を parameter として第 8 図及び第 9 図に示す。

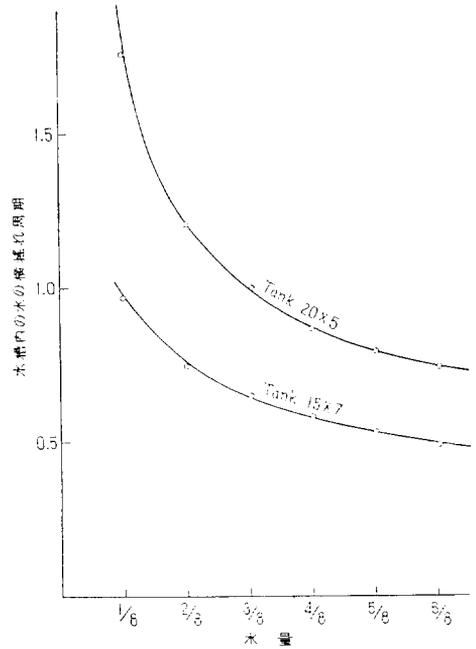


第 8 図 Box-15×7 N-水量関係曲線



第 9 図 Box-20×5 N-水量関係曲線

何れの場合にも或水量の時、特に減衰が大きいが、特に幅の狭い方の Tank ではその傾向が著しい。

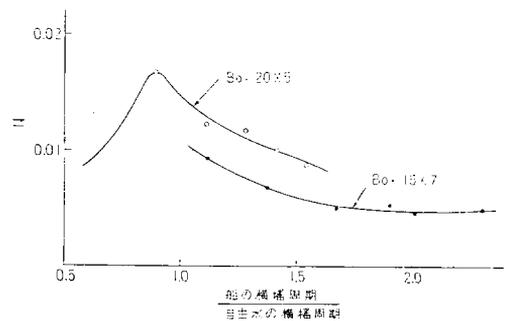


第 10 図 水の周期と水量との関係

Tank 内の水の固有周期は第 10 図に示す様に水量によつて変化するが丁度船体の固有周期 1.0 秒に相当する水量を取ると 20×5 の広幅 Tank では約 3/8, 15×7 の Tank では約 1/8 となる。

15×7 の Tank の N の山は丁度この同調周期を生ずる水量に相当し 20×5 の方はそれより稍々少ない水量の方に寄つてゐるが何れにせよ Tank の水の固有周期と船の固有周期が近い時に減衰は大きくなる。

第 11 図には船の固有周期と Tank の水の固有周期の比を base として N 係数の変化を示してある。



第 11 図 N 係数と 船の横揺周期 / 自由水の横揺周期 との関係曲線 $\theta=10^\circ$

尚 Tank の容量は満 Tank で排水量の約 10% であるから N 係数の山を生じる所では夫々 17×5 の Tank では 1.2%, 20×5 の Tank では 2.5% の水量になる。

2. 位置変化の影響

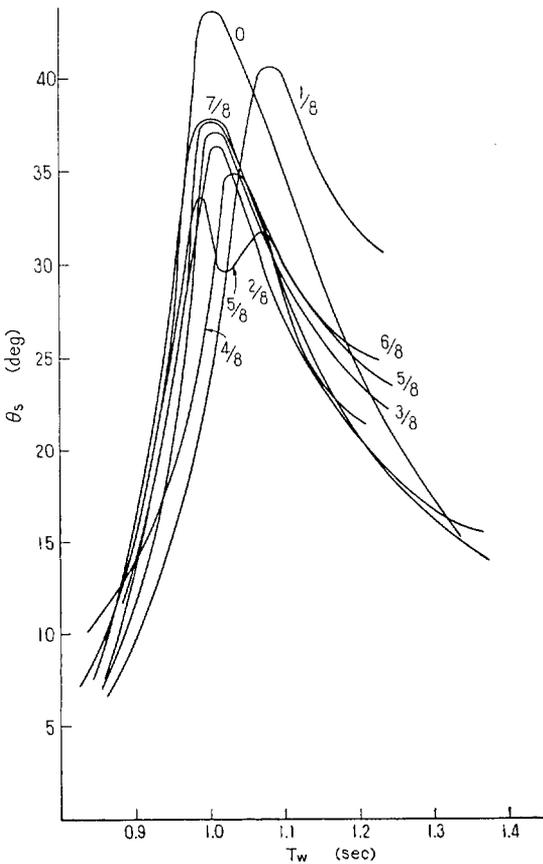
水量一定で位置を変えた場合には大して N 係数に変化はない。

以上の結果から Tank の水の固有周期が船の固有周期に近い場合を除けば Tank の水によつて減衰係数は増加するがその増加の量は大した事はない。通常の size の Tank では Tank 内の水の固有周期が船の固有周期に等しくなることは、水量が余程少ない時以外はないから、Tank の存在によつて減衰係数は増加しないとするのが安全側であろう。

§3 横揺角度に対する影響

1. Tank の水量の影響

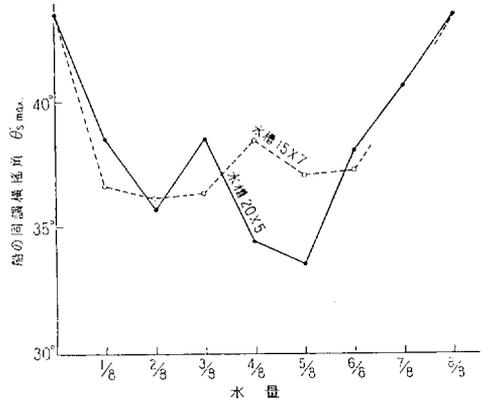
水量を変化せしめた時の同調曲線を第 12 図に示す。何れも自由表面の無い時に較べて減少している。



第 12 図 Tank の水量の影響

更に各状態の最大動揺角度を取つて水量を base にして示すと第 13 図のようになる。

どちらの Tank も水量が 1/2 附近の時が影響大きく動揺角度が減少しているが 20×5 の水槽では 5/8 位の時特に角度が小さい。



第 13 図 同調横揺角と水量との関係

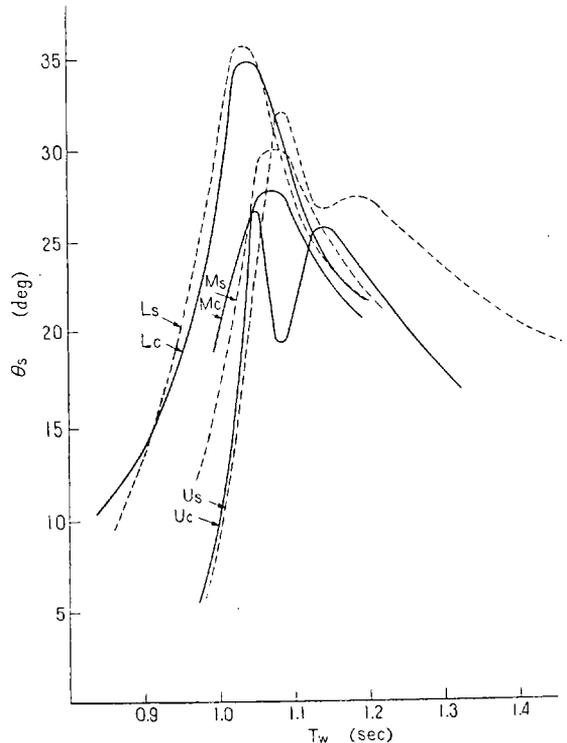
動揺角度の減少は静的影響の一番大きかつた水量 1/2 の所で小さ目に見て 5° 位即ち、12.5% の減少である。

そしてこの時の水量は排水量の 5% であるから、大ざつぱりに考えて排水量の 1% の自由水につき横揺角度の減少は 2.5% 位と見て差支えない。

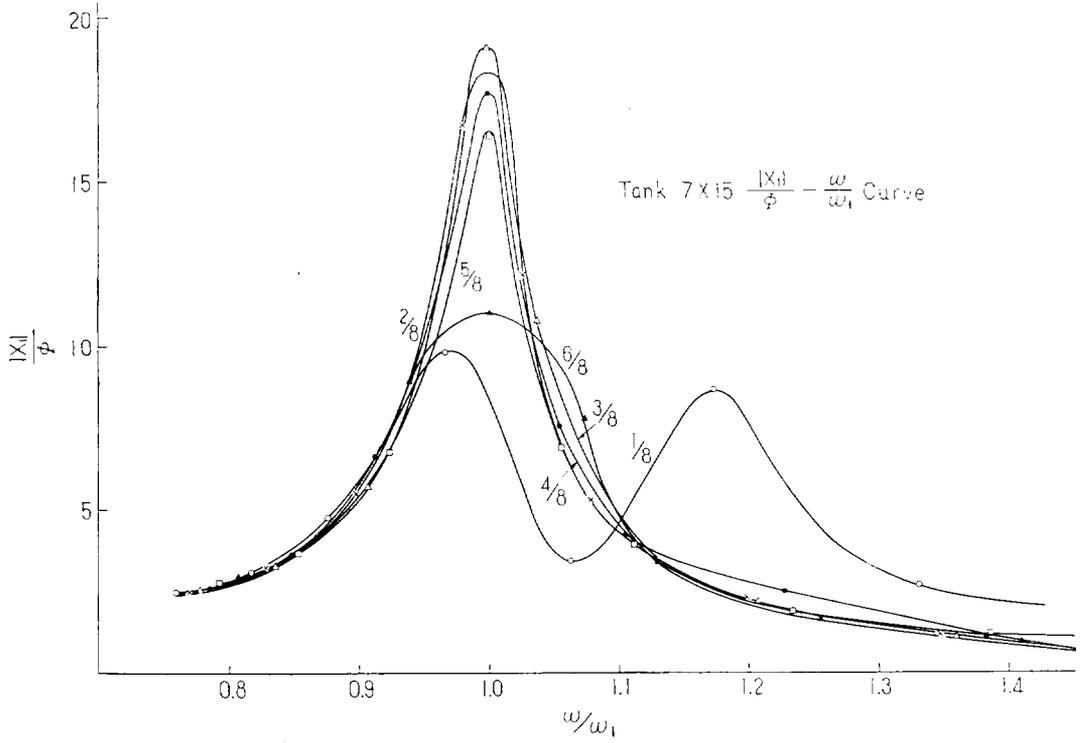
2. Tank の位置の影響

第 14 図に水量 4/8 で Tank の位置を変化した時の同調曲線を示してある。

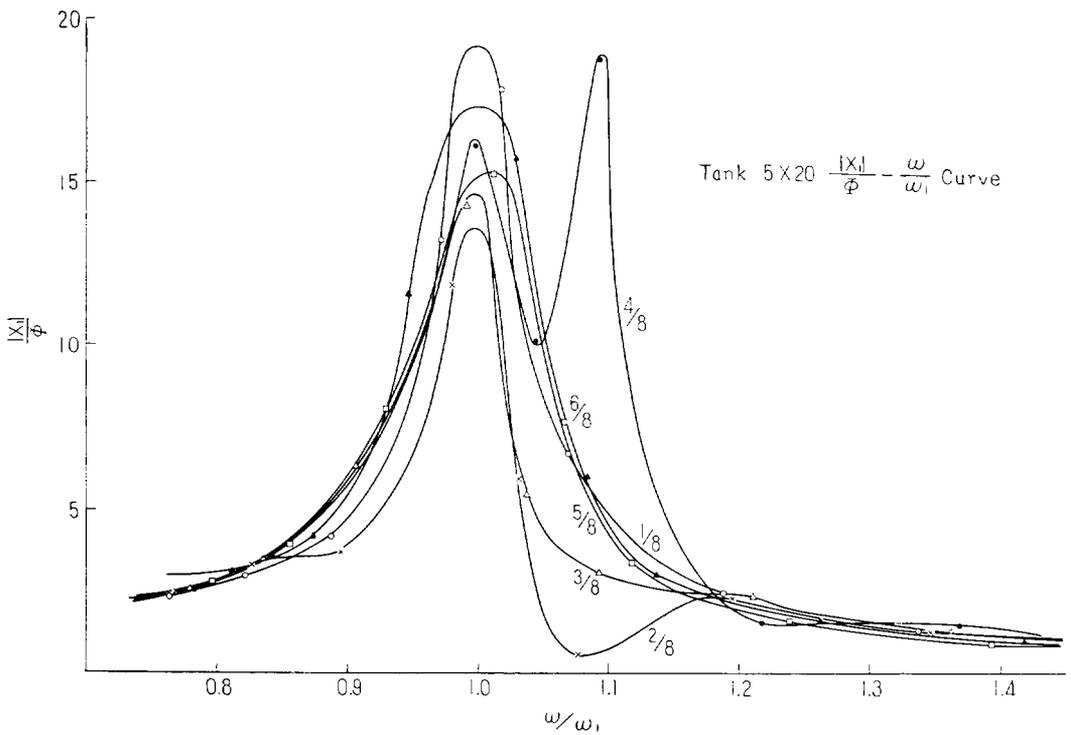
大体傾向として Tank が重心より外れた所にある程影響が少いがその差はそれ程大きくない。



第 14 図 Tank の位置の影響



第 15 図



第 16 図

第3章 綜合影響

以上述べた様に静的には水量 1/2 の時最も影響が大きく、復原力を悪くする方向に働くが、動的にはやはり水量 1/2 位の時最も影響が大きく然も動揺角度を減ずる方向に作用する。

そこでこの二つの影響を船舶の安全と結びつけて考えるには次の様な幾通りかの考え方が出て来る。

§1 船内自由水の影響を次の様に取り扱う

1) 船内自由水により静的復原力は害される。その量は最も影響の大きな水量 1/2 の時を取り各 Tank の size の影響を考慮して第1章 (4) 式又は略近的に (5) 式で復原挺の減少量を算出し、それを引き去つた残りの復原挺を以てその船の復原挺曲線とする。

2) 船内自由水により船の横揺角度は減少するので横揺角度に関する限り安全側に働く。

横揺角度の減少はやはり水量 1/2 の時が最も大きく水

量がそれより増えても減つても影響は減ずる。水量 1/2 の時の横揺角度の減少は Tank の全水量が船の排水量の 1% の時約 2.5% 程度で水量に比例する。

従つて船の横揺角度を計算による同調角度より、次の算式で減ずる。

$$\theta_s = \theta_s (\text{計算}) \left(1 - 2.5 \frac{\sum w}{W}\right) \quad (7)$$

茲に $\sum w$ は Tank の水の重量の和

W は船の排水量である。

3) 安全指数の計算上、横揺角度が減少する点で + 復原力曲線が小さくなる点で - の影響となり総合して + か - かは Tank の size と重量和により変る。

§2

1) 静的影響は前の儘

2) 動的影響は小さいのと安全側なので省略

§3 静的影響と動的影響は Cansel するとして Tank の自由水の影響は一切考えない。

超大型船に関する研究成果発表会のお知らせ

昭和 32 年度より着手した超大型船に関する研究が、この程殆んど全研究を終了致しましたので下記により研究成果発表会を開催いたします。

一、場 所 神田・学士会館

二、日 時

第 1 日 12 月 1 日 (木)

09.00~09.15 開会の辞 社団法人日本造船研究協会常務理事 出 淵 巽

09.15~12.00 超大型船の建造に際しての厚板の切欠脆性に関する研究

座長 第 37 研究部会主査 吉 識 雅 夫

13.00~16.00 超大型船の構造法に関する研究

座長 第 38 研究部会主査 吉 識 雅 夫

第 2 日 12 月 2 日 (金)

09.00~12.00 超大型船の建造に際しての厚板の溶接施工法に関する研究

座長 第 39 研究部会主査 木 原 博

13.00~16.00 超大型船の運航性能に関する研究

座長 第 41 研究部会主査 出 淵 巽

海外文献リスト

(昭和 35 年 7 月～9 月到着分)

U. S. A.

Ship Structure Committee

- SSC-121 Manual of Isotope Radiography
 SSC-128 Influence of Steel-Making Variables on
 Notch Toughness

Journal Volume 15, No. 4
 Journal Volume 15, No. 5

Canada

National Research Council of Canada

- MS-101 Thermal Stressing due to an Arbitrary
 Heat Source in a Circular Cut-Out
 LR-276 Structural Analysis of Multi-Hinged
 Control Surface
 MK-4 Analysis and Computer Study of an
 Adaptive Control System
 LR-279 A Heat-Meter for Use with Thin Film
 Surface Thermometers

England

The British Shipbuilding Research Association

Journal Volume 15, No. 3

Italy

Istituto Nazionale per Studi Esperienze di Architetture Navale

The Standard Ship-Model Correlation Method
 to be adopted in Routine Works for
 Customers by the Rome Towing Tank

Norway

Det Norske Veritas

"Veritas" Nr. 20

Netherlands

Netherlands' Research Center T. N. O. for Shipbuilding and Navigation

Report No. 36S Experimental Determination of
 Bending Moment for Three Models of
 Different Fullness in Regular Waves

行事表

(昭和 35 年 7 月～9 月)

7 月 1 日	第 50 研究部会	5 日	第 41 研究部会
8 日	第 45 研究部会	12 日	第 53 研究部会
〃	第 94 回技術委員会	18 日	第 48 研究部会調査小委員会
13 日	第 46 研究部会幹事会	19 日	第 43 研究部会第 1 小委員会
14 日	第 50 研究部会	29 日	第 60 回常任理事会
15 日	第 51 研究部会	31 日	第 45 研究部会
18 日	第 45 研究部会	9 月 1 日	第 39 研究部会
20 日	第 49 研究部会	9 日	第 95 回技術委員会
〃	第 52 研究部会	13 日	第 52 研究部会
25 日	第 9 期年度臨時総会 第 34 回理事会	〃	第 43 研究部会第 2 小委員会
27 日	第 43 研究部会第 1 小委員会	15 日	第 49 研究部会幹事会
8 月 1 日	第 46 研究部会	16 日	第 43 研究部会第 2 小委員会
2 日	第 47 研究部会	21 日	第 41 研究部会
〃	第 41 研究部会	26 日	第 61 回常任理事会
4 日	第 45 研究部会	28 日	第 45 研究部会

昭和 35 年 10 月 20 日印刷

昭和 35 年 10 月 25 日発行

造船研究

Vol. 2, No. 3

発行所 社団法人日本造船研究協会

発行人 出 淵 巽
 東京都中央区東橋 1ノ2
 セントラルビル 電話 (281) 1409

印刷所 (有) 啓文堂松本印刷
 電話 (341) 4853