

前進時	$k_n = 1.33$ の場合; 0.034 推進器なき場合; 0.022
後進時	
後進時	$k_n = -1.19$ の場合; 0.007 推進器なき場合; 0.007
後進時	

すなわち前進時推進器後流の影響は全舵効の約1/3を占めている。しからばこの影響が実際上無くなる後進時の舵効は前進時の全舵効の2/3になるかといえ、これは前進時推進器後流の影響を受けないときの舵効の僅か1/3に過ぎない。言いかえれば後進したための舵効の減少は、推進器後流の影響を受けなくなつたための舵効の減少よりもずっと大きい。ところがこの試験に用いた舵の形状からみて、舵を単独に試験した場合に前進と後進とで舵の力に大きな差を生ずることは考えられない。したがって上にみたような後進時の舵効の減少は、全く舵背後の水の流れに起因するものと考えられる。たとえば左舵をとつて後進する場合には、舵には左向きの力が、また推進器や力材には右向きの力がはたらき、もし舵と力材との間に間隙がなければこれらの力の大きさがほぼ等しくなるものと考えられる。

このような後進時の操縦性を改良するには、単舵ならば力材を小さくするかまたは舵を大きくし、あるいは双舵ないし3枚舵を採用して舵前方の力材を相対的に小さくするのが良いようである。(谷 初蔵)

## 復原性の実際的研究

H. E. Steel TINA 1956

### 緒論および沿革

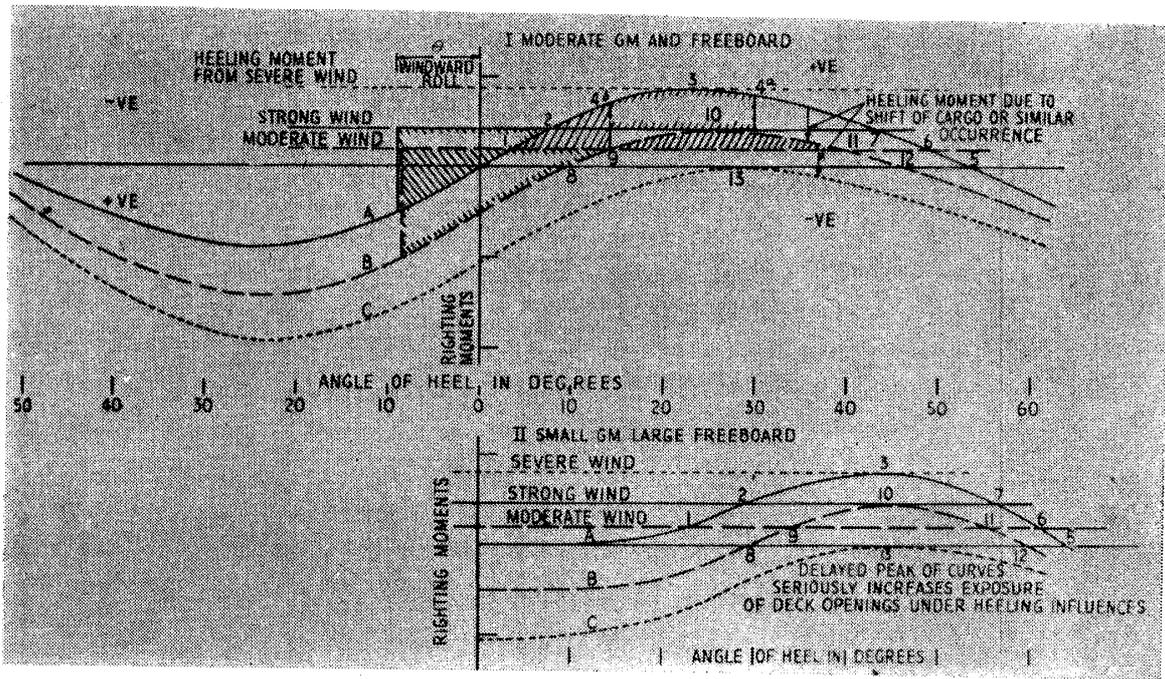
この二節では船の復原性向上のため実際面から B.O.T. 始め造船関係者の払つて来た努力を紹介している。復原性について考えるべきものは所謂復原力の他に損傷打ちあげられた水、積荷の移動、航海中復原力条件の変化、乗容の集中的移動等である。理論的には早くから静的復原力が研究され (Atwood 他)、傾斜試験や復原力計算法等は一応種々発表されて来た。又海難事故の究明を契機として満載吃水線会議、諸委員会が開かれて船の建造に復原性の条件も取り入れられるようになった。乾舷はその最初のものである (尤もその意義は後程多少変化する)。これに関係して復原性と積付の結びつきが問題にされ、粒状貨物の問題も Elgar その他に採り上げられたがそれらの実際の活用は建造時にも航海時にも19世

紀末には行われて居なかつた。復原性関係のデータも第一次世界大戦頃には揃い運航関係者の関心も高まつて来た。特に損傷時の復原性も隔壁委員会、安全会議で扱われ始め 1920 年頃から小型船の復原性も注目をあびて来た。それから残存復原力も含んだ復原性資料も B.O.T. その他の努力で船に備えられるようになった。第二次大戦から復原性全般が再検討され、海水の打ち込みの研究も進められた。例としては古く 1861 年 London 号からある。とに角船を守るために 1882 年の B.O.T. の条文に始り設備も含めて事ある毎に完全を目指して法規の改良が進められて来たが、非損傷時の復原性については 1948 年の第3回国際安全会議で確立され、実用に供されて来た。例えば 505 G.T. 以上の建造船に対し信頼すべき復原データの備え付けが義務づけられている。種類も hydro-curve から free-surface に至るまで揃い完全と思われる。損傷時復原性についても隔壁規則の詳細化と並んで又一步が進められた。勿論復原性関係諸理論についてもその後多数の人々により改良が続けられている。

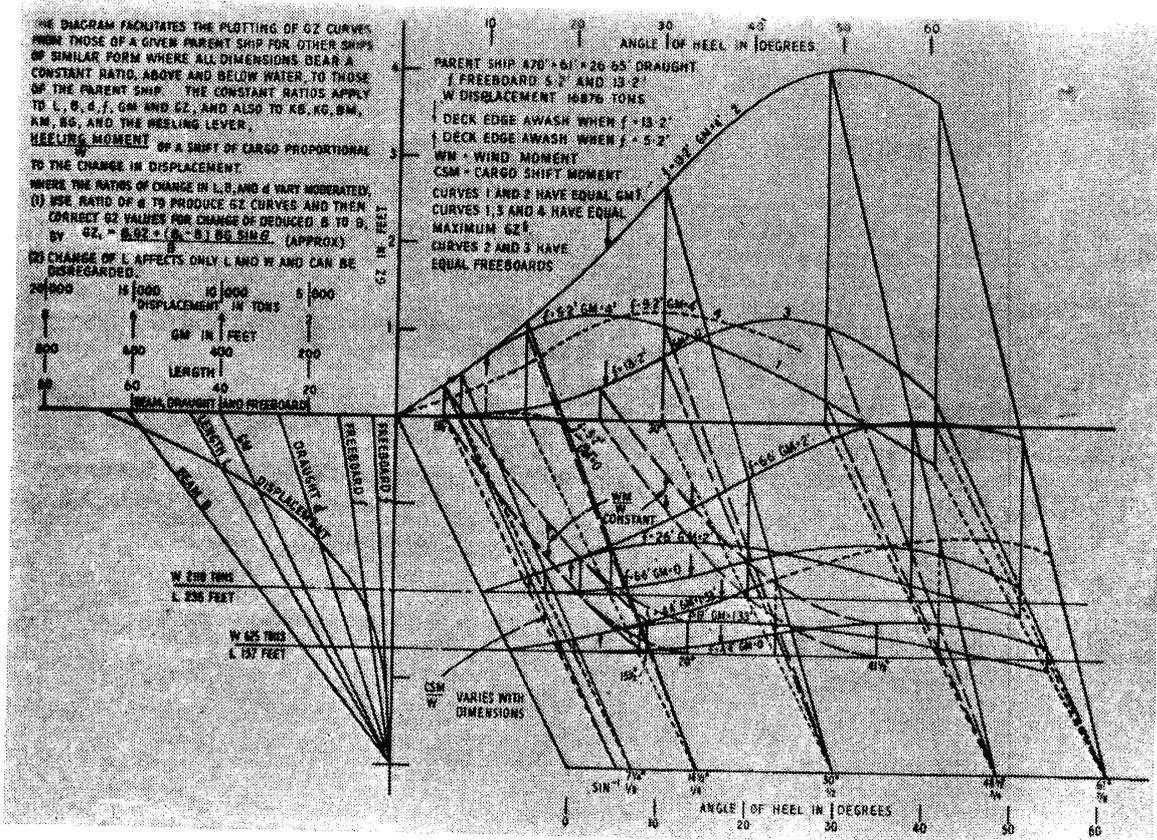
### 静的復原力 (Statical Stability)

昔でも静的復原力曲線の不備から設計を誤つたり、その資料なしに必要なに迫られて無理な操船をする様な事は一部を除いてはなかつた。ある種の船では特にこれに注意が払われて居り、GZ Curve は浚漕船、曳船などに対して要求され客船や貨物船では特にGZに条件をつけた設計も望まれた。

こゝでは GZ Curve を机上で仮定の船型や条件についていろいろいじるよりも実際例を多く扱つてそれについての知識を深める様にしたい。復原艇 GZ は船の寸法と一次的な関係にあり静的復原力の比較に便利だが各船の解析にはおよそ長さの四乗に關係する復原モーメント W. GZ が用い易い。第1図で curve A は載荷状態で、適当な乾舷を有する船の GZ であり、curve B は更に積荷移動等による定常的な傾斜モーメントを考えたもの C は更にならかなり大きい貨物の附加や海水侵入等を考えたものである。水平の線は風のモーメントを示す。数字は各釣合又は転覆点を示す。I 群は中くらいの GM と乾舷を有するものであり、II 群は GM が小さく、乾舷の大きなものを示す。III 群は I 群に比し 1, 2, 8, 9 各点傾斜角が大きくなり船楼や開口が海水の衝撃や侵入にさらされ、重量物の亡りの危険もます事になる。転覆角 3, 10, 13; 5, 6, 7 が大きくなつたという事は 1A の  $\theta_R$  即ち 0~5 が適当に (45°~70° 位) 大きい限り大して役に



第 1 図



第 2 図

立たない。第Ⅰ群を第Ⅰ群に近づけるにはGM増加による。platformの高さも開口侵水に効いてくるが、他にも直接的ではないが何らかの原因で傾斜がふえて人に恐怖を起させ、操船及び救命装置利用を困難にし、遂に海

水侵入も招くといった危険も忘れてはならない。第2図は長さ470'の船で吃水一定とし乾舷を2種かえたGZ Curveである。任意の相似船型や配置の船では一様に一次的関係がL, B, d, f, GM, GZ, KB, KM, KG等につ

き成立する。貨物移動も相似的ならその移動モーメント/排水量も一次の関係である。風のモーメント/排水量は一定と見られる。只船型に対して三種のGM, 乾舷の組み合わせの curve があり, 他の寸法の時の curve も求められる。故に相似船型に対して充分なGZをもつGMと乾舷の組み合わせを求め得る。図からGM 1'としてGZが小貨物船ではつぶれて行く事, shelter deck等の乾舷の大きい船はGMが小さくてもGZ<sub>max</sub>がかなり大きく安全に思われる事がわかる。又実際ある状態についてはGZの山を小角度に移す事が望ましいが, その改善の方向が本図からわかる。太い破線は風が大船よりも小船に影響を及ぼす事を示す。貨物移動モーメントが船の寸法に比例的に変化するという仮定は特に妥当な訳ではなく合理的な仮定がのぞましい。(風のモーメントレバーを基にするなど)。なおこのGZから仮に乾舷を決める時には中央3/4 L間の船楼の平均を考慮するのが妥当であろう。

### 典型的な事故の例

Pescodの石炭運搬船の例についての発表によれば, GZがごく低かつた事を示している(30°で0.149'但しハッチを考えると0.216'とふえる)。他の同種船の例では動揺中没水したfreeing portの有効性, 甲板上の水がPipeから二重底に入つて自由表面を作つたか等が疑われ, 後者によるGM激減が算定された。一方Gの上昇を無視した巾増加によるGZ増加の誤信が同じ計算で指摘されている。本質的な復原性の弱さは操船等で補うべきものではなく船長もそのデータを持ち, 水密確保とか貨物のずれ阻止とかfreeing port改良等の処置をとるべきである。小石炭運搬船についても主に突然の揺れ, 衝撃等による多量の積載石炭の移動の事故が報告され, 石炭船ではないが湿式処理の鉱石かす等の運搬に当り湿気で上層部が自由表面的になつてGM減少を招いた例もある。又バラスト排水不完全による傾斜も時にある。これらに関連して大きい船での深くはないが広い浸水面による事故で自由表面の問題が明るみに出された。

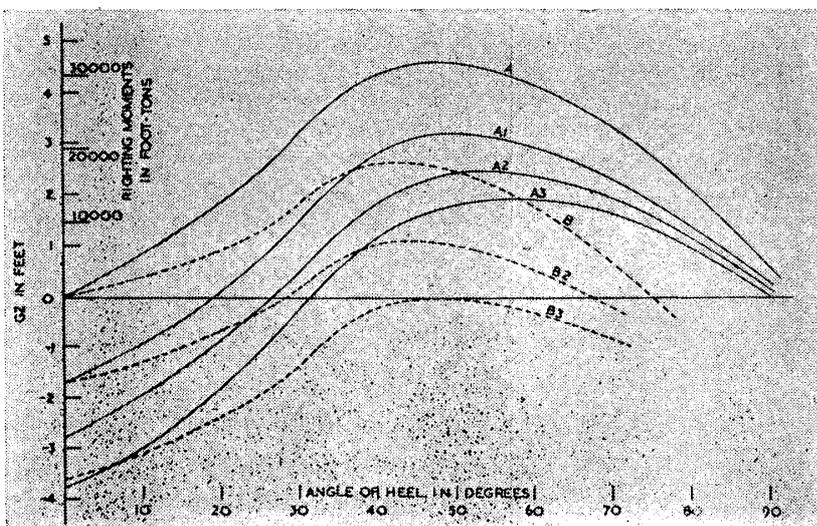
これについては一般に小角度でのGMに対応する修正量  $i/V$  が考えられるが, 深さにより相当変わるのでごく小角度にのみ適用すべきで, 例えばGMが負になつて少し傾いた後はGZに対応して水の量と重心の水平レバーの積  $W \times d$  を修正量とな

すべきである。小角度の時は  $w \times d = W \times GM \sin \theta$  を利用しても良い。二重底の自由水による修正復原モーメントは25°~35°で正にかわるようである。

曳船では作業中の危険が多くこれに対応したロープ設備, 充分なGM, 開口縁の高さ, 大きいFreeing Portが必要である。トロールの風下の船の巻取り時も同様の危険がありウインチや索の緊急時開放, 浸水排除等の考慮を要する。

木材運搬船についてはまず悪い記録はなく, 負のGM, 傾斜, 過積載等の航行例もある。ただ積付中heelを一々直すためにバラスト注水する習慣はGMに不利を招く。航海中のGM及び乾舷の保持は水, 油の消費と悪天候時甲板木材の水吸収を僅少にすることとで守られる。水の吸収や風の吹付けで傾きがますます材木のずれが起りやすく, その際材木の一部を索をゆるめて船外に出して復原力, 乾舷, 直立状態を回復し得る。ただその際開口部や通風筒の損傷による水の浸入に気を付けねばならない。この種の船で乾舷及び初期GMの小さい事に依る低GZは材木の残存浮力により一時的に救われるが濡れてしまうと実際のGZ増加はずつと小さくなり, かつて上記浸水に注意せねばならぬ。英国での事故例は浸水によるものだけである。バルチック海と同種船の規制の試みをへて満載吃水線会議では積付高さの制限, 積付固定方法, 緊急時の索開放, 燃料や水消費と木材の水吸収等を特に考えた。特に上記損傷に対し開口部, pipeの保護が必要である。かくて木材運搬船が一般船舶の復原性向上の有益な先駆となろう。

次に固体バラスト運搬船でその量の戦時増加に伴う事故例について第3図に示す。二甲板で1500tの固体を含むバラスト状態の排水量6910tの船でバラスト位置



第3図

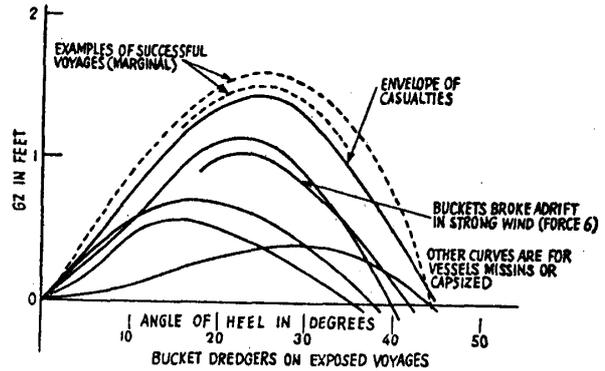
の影響は次のようである。curve A, A<sub>1</sub>~A<sub>3</sub> はバラストを 750 t づつ中甲板及び船倉に入れて GM は 4.8', B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> は 1500 t を中甲板のみにおいたものでこれらは更に有効な Shifting board に関して細分され、バラストの最大移動による傾角及び range of stability を附記すれば次の如くである。

A <sub>1</sub>	shifting board	両方	19°	91°
A <sub>2</sub>	"	"	中甲板	26.5° 92°
A <sub>3</sub>	"	"	なし	32° 尙 92°
B <sub>2</sub>	"	"	中甲板	27° 67°
B <sub>3</sub>	"	"	なし	沈没 —

(dynamical stability にして B<sub>2</sub>=1/3 A<sub>2</sub>)

又三つの相似船での実例があるが殆ど皆固体のバラスト 0.3~0.7 D.W. をもつとき、(i) 1000 t づつ中甲板と船倉に入れ、shifting board なしで GM=5.4' 最大傾斜 32~40° に対し、1500 t を中甲板におき、shift. board をもたない場合 GM=3.4~4' で沈没、持つ場合でも GM=3.3' でバラストが移動し板を破つてしまった事から固体バラストには強い shift. board が要る他に GM 減少 2' にしてバラスト移動が生じる事がわかった。このように移動を防ぐ丈夫な板仕切と GM の他に移動が生じてもそれに耐えうる復原力が要求される。これは pig-iron や粒状貨物を積んだ船等にも当てはまる事である。

第4図に国内航路で沈んだ非水密の船首楼、結合船橋船尾楼の船の例を示す。舷側に freeing port をもつ。上部構造を浮力に算入した curve (a) は GM=12" で良い値を示すがこれは一時的で貨物移動で生ずる損傷箇所や開口から水が入り浮力は失われ、(b), (c) と悪化する。開口や諸管類が安全法規でやかましいのはこのため、悪化の推定は開口の性質も充分考えてなさるべきである。又算入すべき space も 1949 年の条令等で規定して居るが中央附近の舷側迄の上部構造は完全水密でなくとも dynamical stability には効果あり、特に小



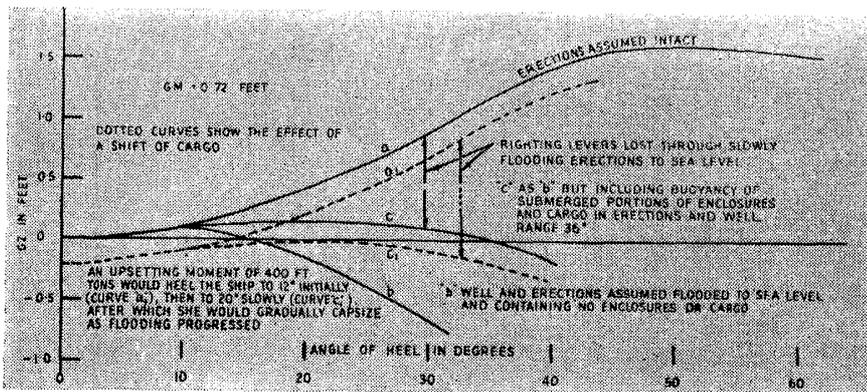
第 5 図

型船で重要となる。

バケツ浚渫船については、風よりも激しい横揺れが危い (高い重心と箱型船型とにより、又歪やもれが生じやすいので)。桁板、肘板等で充分補強してバケツ帯の機構をがっちりさせ、浚渫物の移動も防ぐのが大切で従来の木の仕切り、ワイヤーロープ、くさび等ではぶらぶらした部分が well の外板にぶつかって浸水を起す心配がある。水もりは主船体と二つの well 側部の結合する所が側部の揺れや浚渫機構から伝わる振動等によつてこわれ易い。航行時の復原性については一般には危険はない。沈没した例を第5図に示す。I を減らし同時に復原力をますにはバケツ帯やタンブラーを上からはずすのが普通である。平常では GM, 乾舷共に 4' 以上欲しく、バケツを上に取りつけて GM が 2.9' になつて沈没した例もある。浅水中の箱型浚渫船は上部が重く  $\theta_R$  も小さい。そのため巾をまして GZ を確保するが、荒天中は pitching でもひどいと甲板に水がたまって BM が減り GM 不足の転覆のおそれがある。浚渫船では一般に甲板の水密が必要とされる。

crane 船では 又別の問題もあり、更に理論的な追求がのぞまれる。

遭難事故の解析

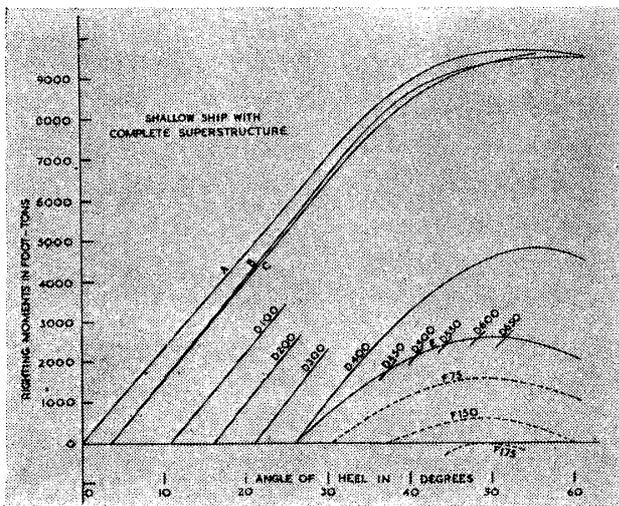


第 4 図

大型客船の船楼やその他の部分へ徐々に浸水が行われれば、その船はゆつくりと傾斜し転覆するわけであるが、それが何時間もの間の僅かの排水量変化の為にプロメタセンター法や幾つかの GZ カーブを取り上げて研究されたということは不適當であつた。そこで、stability に影響のある転覆又は直立させる力に対する最初の GZ カーブを 4 時間おきに修正する方法がとられた(TINA 1930

p. 134~135)。

他の代表的な研究としては次の様なものがある。第二甲板あるいは正甲板迄適当に小さい乾舷を持ち、船楼中甲板に横隔壁があり、その甲板は $\alpha$ より後方で船首隔壁の上にある。そのような船楼をもつた船は船首隔壁を破つて入ってくる損傷に耐えるであろう。船は船倉にのみ荷物を積み GM は充分にある。荷物が少しばかり移動すれば船は  $3^\circ$  傾く。裂け目から時々入る水は、海面上の $\alpha$ の low side 部分に浸水しそして後には船楼中甲板の後部にも入ることが考えられる。



第 6 図

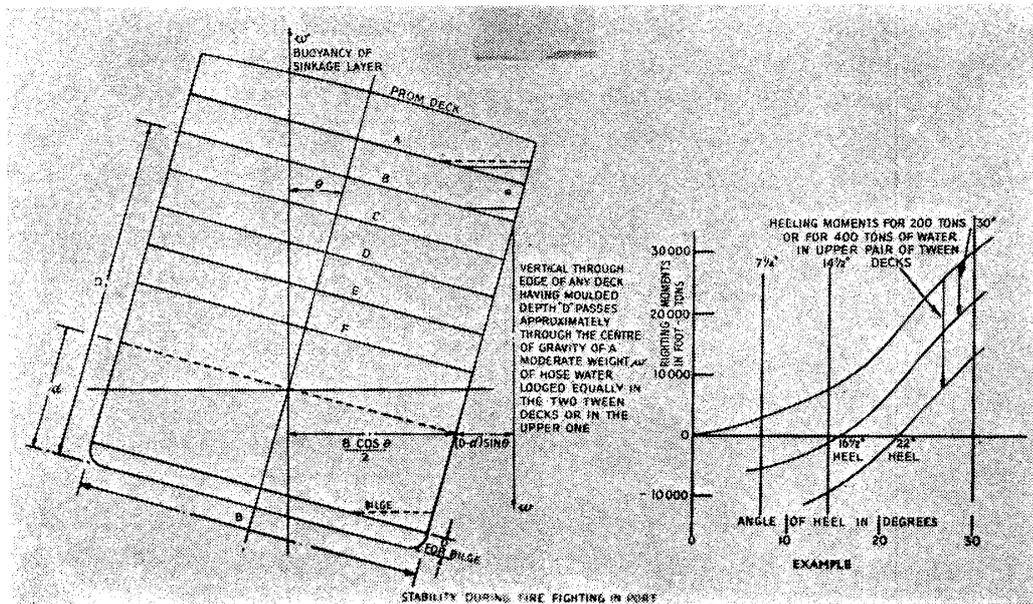
第6図でAカーブは最初の GZ カーブである。荷物の移動によりBカーブに、二重底浸水によりCカーブに修

正される。カーブ D (100) から D (400) までは船楼内にたまった水に対する修正である。船はこれらのカーブの base line との交点 b, c, d 迄傾くであろう。中甲板の水が裂け目の端まで浸るようになると、水が入ると一時的に傾斜は増すが又流れ出て  $\alpha$  (400) の傾斜角迄戻る。カーブ E の ordinates は前部甲板に水が入っている時の直立モーメントを示す。F (175) は船が f (175) で転覆するであろうということを示す。トリムを考慮に入れた研究を繰返すことは必要であるかも知れないが、免も角この例から船楼に水の入らない利益はどんなものであるかがはつきり判る。

### 港内火災による沈没

大型船の火災に際して、吃水の読みから船上に溜つた水は約 900 トンと推定された。火災発生時には船は直立であると考え、水の溜る甲板の面積が大きくなるにつれて自由水効果により船は早く傾く。甲板 camber 部に層をなして水が溜るようになり、その水が片側に移動すると水の縦方向の分布は問題ではなくなる。それは横傾斜を左右するのは水線面の中央線に関する水平モーメントが沈下量の重心だからである。

第7図によると水を下方に排水するに従つて傾斜モーメントは減るが、客船ではそのようなことは余り有り得ない。又同様に船が修理中にすべての船側開口部を閉めておくことも極めて困難なことであり、盲蓋が閉ざされているのでなければ舷窓ガラスが火災により破られる危険が常にあるわけである。



第 7 図

そこで次のような案が提唱されている。

(1)  $GM=0$  の仮定のもとに残留直立モーメントのクロスカーブを用意する。カーブは  $7\frac{1}{4}^\circ$ ,  $14\frac{1}{2}^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $48\frac{1}{2}^\circ$  の傾斜に対するもの。

(2) 船楼中甲板に片側 100 t の浸水によつて生ずる転覆モーメントの傾斜カーブ。

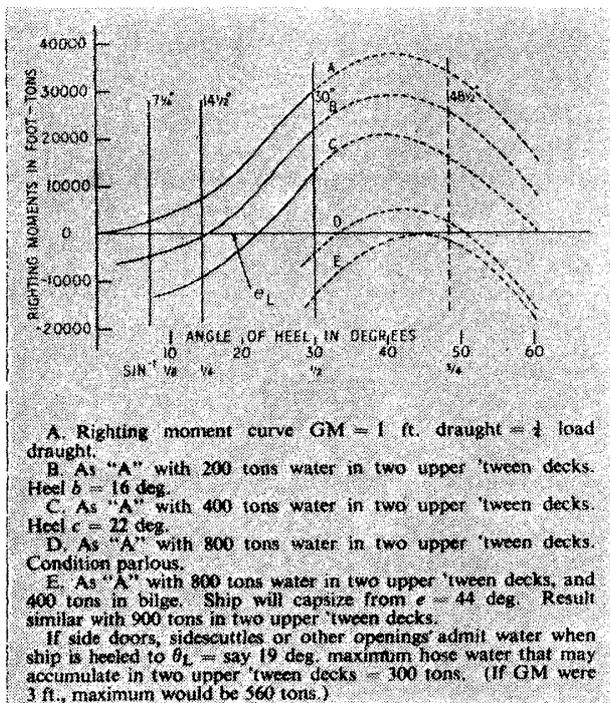
(3) 竪の bilge に 100 t の浸水時の同様のカーブ。

(4) base に (1) に述べた傾斜角度をとり直立モーメントとその修正を plot する。

(5) 毎日午後平均吃水を測り自由表面に対する修正をした  $GM$  を見積る。もし出来れば、吃水が 1 ft 増した時最低の舷窓が水に没する傾斜を見積る。

(6) sheet (4) に (1) に述べた傾斜角で平均吃水に対する残留直立モーメントを記入し、それらの点から排水量  $\times GM$  の  $1/8$ ,  $1/4$ ,  $1/2$ ,  $3/4$  を各々記入する。後者のカーブは火災時に用いる直立モーメントの修正カーブである。

(7) (6) の後のカーブは 100 t の水の影響が増すにつれて修正される。これは 200 t についても同じである (第 8 図参照)。



第 8 図

(8) 二つの中甲板に入る最大限の水の量は (5) で述べた最低の船側開口部又は舷窓迄の傾斜から得られる。

(9) それらの用紙は火災時にすぐ用いられる様にし

ておくべきである。

(10) 実際面で船上に溜る水の概算は吃水変化とポンプによる供給とから決る。

この計算からは危険な水量を与えるだけであるが、船が港内又は修理中にある時に実際に必要な吃水と  $GM$  の重要性を強調している。

### Stability の標準

客船などで乗心地のために  $GM$  を小さくしているものは巾が広いので横揺れには大した気遣いは必要としないが、損傷時の stability は良く考える必要がある。早く傾き易い小型客船はこの様な傾向があるが、適当な乾舷があれば必ずしもさほど重要ではなくなる。

航洋船では出港と入港状態では  $GM$  変化があるが、時折入港時に  $GM < 0$  ということもある。これは満載出港時に  $GM$  に制限をつけるためと思われる。これは船楼が不連続な時は特に重大である。只言えることは、少くとも実際に有り得る最悪の状態での入港は取り止めるべきであり、もつと stability の知識を持つべきである。

小型船の傾向はこれ迄復元性を改良し、造船所で  $GZ$  カーブを作りそれについて想像的に考えるだけであつた。著者は国内貿易や沿岸の貨物船にとつて、 $GM=18'$  に対する  $30^\circ$  から  $45^\circ$  の傾斜で  $GZ=1'$  という確信をもっているが、そのことはこのような基準を満足することなしに夫々の航路を安全に過ぎて来た過去現在の多くの船を信用しないというのではないし、又不注意な積付けや軽卒な航海を正当化するというのではない。

適当な stability への近道というものはない。船の型、航路、貨物の種類そしてすべての他の要素が経験や遭難の説明に考慮に入れられるべきである。完全な運航を行つて始めて計算された Stability の小さい margin が生きてくるのである。しかし、十分に計算された stability が予測せぬ遭難や天候等に対処出来ることを見逃してはならぬ。故に最小の標準を満足することで安心したり、計算された stability や他の要素について満たすだけで充分とすることはいましむべきことである。

(元 良 誠 三)