

小型船の安全性

by H. E. Skinner O. B. E. B. Sc. R. C. N. C.
(Member) T. I. N. A. 1951.

§ 緒 言

この論文の目的は、1930年の満載吃水線会議で定められた、小型の平甲板船及び船楼の短い船に対して、乾舷を増すと云う処置が、果して経済的に可能なものか、又適切であるかと云う事を検討するにある。茲で小型船と云うのは長さ400'未満の船で、その多くは200'近傍である。

全世界の船舶の75%は400'乃至未満で、その中の3/4は200'近傍又はそれ以上である。

近年海難によつて失われる船の数は著しく減少したが、その中で比率から云つてこの400'未満の小型船の海難が非常に大きい。

小型船の海難に関する信頼するに足る報告は少ないが、Monleyにより1949年¹⁾及び1950年²⁾に海難により失われた船の統計が発表されている。

この報告には種々の興味ある事実が含まれているがその中でも次の事項は特記すべきことである。

a) 貨物船では201'~400'の船の海難の数はそれ以上の大型船のそれに較べて約6倍であり、両groupに属する船の数は略々同数である。

又この比率は船齢5年以内のものと、それより古いものと較べてどちらも同じ比率である。

b) 空艙状態では大型、小型共に満載の船より海難が少い。

c) 客船の損失は非常に少く、僅かに1934~1938の間に3隻が失われているに過ぎない。

d) 沈没した船の84%は冬季の航海で失われ、冬季には大体夏季の倍の数の船が失われている。

e) 全数の38%は英連邦及び北欧海域で沈み、特にこれらは300'以下の小型船である。

f) 海難を起した300'以下の船の45%は重いバラ積貨物を運ぶ船である。

g) 密度の小さな固型貨物を運ぶ船は全般的に見て密度の大きな固型貨物を積む船より安全である。

h) 油槽船は一般の船に較べて安全度が高い。

猶この報告の外に、Board of Tradeから度々指摘された運炭船に関する非公式な委員会の報告を多少つけ加えたい。この報告の要点は1948年の国際海上安全会議

で英国の運輸省より各国代表に公表された³⁾。

その要点は

j) この50年間には、復原性の不足による海難は著名な内国航路の船には無かつた。

k) 復原性の見地より船は二つのclassに分たれる。即ち一つは重貨物船の如く大巾に復原性の变化するものであり、他の一つは軽貨物船又は客船の様に殆んど復原性の变化しないものである。

l) 最近の運炭船は乾舷が小さくhatchが大きくなつていて、D.W.一杯に石炭を積むと極めて復原力が少なくなる。hatchは適当に補強するか密閉するかしないと危険である。

m) 満載時にも尙十分な復原力を持つ為には普通に設計された船ならば或限度の船巾対夏期吃水の比率を持たなければならない。

n) trawler, tug 小型沿岸航路船の様に乾舷の小さなものでは、GMが相当あつても静的又は動的復原力が不足し勝ちである。

o) 静的復原力は船体の保全、即ち水はけをよくするが、荷物の移動を防ぐ等の処理と関連がある。

p) 発表の中で取扱われた20隻の船(1929~1947に沈んだもの)は復原性が不足していたものと考えられ、又19隻は400'以下の船であつた。

q) この内遮浪甲板船は一隻も無く、12隻はraised quarter deck 又はwell-deck typeで、16隻が種々の型のwellを持つていた。

r) 調査の範囲内では軽荷状態のものは一隻も無く、全部が乾舷標識迄沈んでいた。以上に述べた事実は乾舷と復原性との関係を検討する一つの基礎と成るものである。

§ 横 揺 れ

船が小さい振巾で揺れている時は、波の週期を反映して週期が変化するが、大角度で揺れる時は殆ど週期が一定となる。此の変化は大体10°内外を境として起こる。

船の安全性は主として大角度の動揺と関連があるから、横揺れの固有週期は安全性に対する適当な標準とする事が出来よう。大洋波の週期は6乃至7秒位が最も多く⁴⁾、従つて大型船の長週期のものより、小型船の短週期のものが同調し易い。此の点からも小型船は不利である。尙安全性の見地からは、単なる横揺れの他に次の三つの原因による危険を考えなければならない。

a) 船がもとえ戻らんとする時に更に波をかぶる場合。

b) 風の傾斜遇力。

c) 海水の打込み。

これ等が重複して起こると、船の安全性は非常な試練を受けることとなる。

最初に風に就いて考えると、渡辺教授⁹⁾は、風による遇力は復原性に重大な影響を与えることを指摘した。

風の影響を、満載時と軽貨時に分けて、風圧力を $28lb/\square'$ として図示したものが Fig. 2 である。軽貨時には、風圧面積が大なるにも拘らず安全である。

海水の打込みの影響に就いて考えると、船が一方に傾いて水を掬うと *freeing port* はこれを十分早くはけ得ないから、また同じ側に傾いて水を掬う様になる。例として捕鯨船 ($125' \times 26' \times 14\frac{1}{2}'$, $A = 620t$, $KG = 10.8'$, $M = 1, 73'$, $d = 12'4''$) では bulwark の高さ $3'$ として 18° で約 $23t$ の水を溜める。此の水の復原性への影響は Fig 6, Fig 7, に示す。

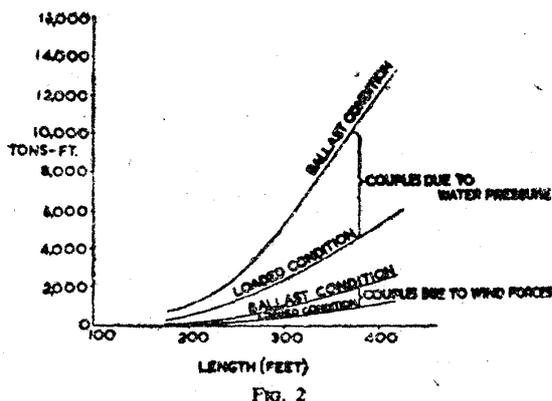


FIG. 2

Fig 7 の *abe* は水が徐々に溜った時の effective *GZ* で, dynamical に一度に溜ると *dce* が effective *GZ* となる。 ($dode = doxy$ となる) 此の海水打込みの影響は bulwark の代りに rail を用いることにより減ずることが出来る。海水の打込みは、著るしく復原性を損ずるが、それだけでは沈没には至らないが、尚この上に不愉快な *balked roll* がある。(Fig 8 の θ) これは、角度 θ 迄傾いて仲々起上らない現象である。従つてそこを起点として次の *rolling* の cycle を始めることも考えられる。

此の他荷物及び自由水の片寄りによる傾斜遇力も勿論考えなければならない。大型の二層甲板船では、荷物の片寄りによる顛覆と見なされるものがあるが、小型船ではこの様にして顛覆したと見なされるものは少い。

小型船の沈没の原因は多く過度の傾斜によるものであり、その原因は風及び波の combine せるものである。多くの船は過度の傾斜によつて海水が船内に打込む結果、

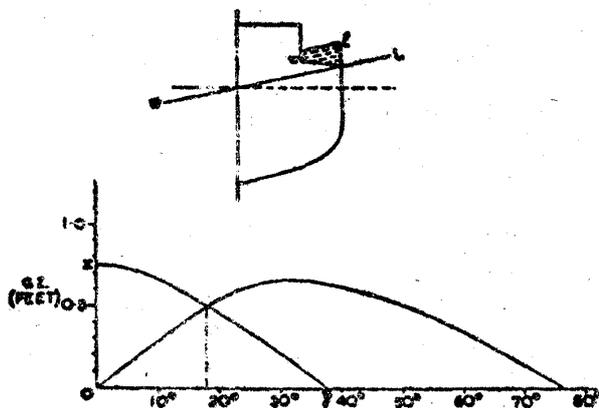


FIG. 6

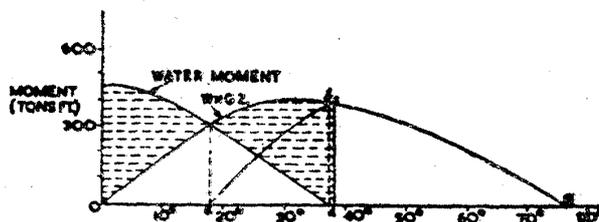


FIG. 7

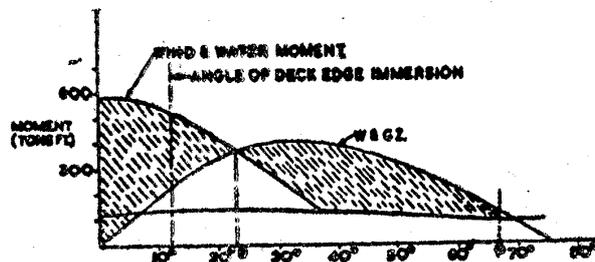


FIG. 8

reserved buoyancy を喪失して平らに沈むものである。此の他に言及すべき因子は, seamanship である。時宜を得た航路変更等に対する判断が、多くの船を救つたことはよく知られている。しかし Pierrottet⁴⁾が指摘した如く、乗組員が熟練しているから船の安全性を減じてもよいと云う理屈は成り立たない。耐航性を持つ為の条件としては、次の二つが考えられる。

a) upright position を中心として常に動揺すること。

b) 大角度傾斜しても危険な開口が没水しないこと。此の二つの条件を結合すると

$$\alpha \text{ を deck edge が没する角度}$$

$$\theta \text{ を外力のモーメント } M \text{ による傾斜角として}$$

$$\alpha - \theta = \max$$

となれば二つの条件は満足される。

$$\tan \alpha - \tan \theta = \frac{2F}{B} - \frac{M}{A(KB - KG + BM)}$$

茲で M は外力のモーメント

F は free board

$KB-KG=A$, $BM=\kappa B^2$ と置く

B につき微分して

$$\frac{dy}{dB} = -\frac{2F}{B^2} + \frac{2M\kappa B}{A(A+\kappa B^2)^2} = 0$$

A が非常に小さなものと考え

$$B = \frac{M}{FA\kappa}$$

茲で

$$\kappa = \frac{0.08}{d} \quad (d \dots \text{drabt}) \text{ であるから}$$

$$\frac{BF}{dL} \propto \frac{M}{AL} \quad (\text{両辺を } L \text{ で割る})$$

M/AL という無次元数は外力のモーメントの一つの表現法であり, BF/dL は外力に対する船の抵抗力を表わすものである。

多くの船では B/L は大体一定値であるから F/d が外力に対する船の抵抗力を左右する。

この事から F/d が大きい程良いことが判る。

安全性に対する他の要求は動的復原力であろう。

動的復原力を左右する主な factor は GZ_{max} と range である。そしてこの二者は互に関連があるから、どちらかが或る限度内にあれば、大体動的復原力も十分であると云える。

種々の経験により、range は 65° より大きくなければ具合が悪い様である。

実験式¹⁰⁾では平均3% 最大7%の error でこの range を推定出来ると云われる。此の式は upper deck が fair curve である様な船に対してよく合、上部の election がある場合には、実際より小さ目に出るし、free board を上部の election 迄取れば過大に出るわけである。

$$R = \frac{C \times A \times KB \times B \times p}{BG \times d}$$

R復原性限界角

C係数 (約 1.5)

A水密甲板の舷側が水に没する角度 $\tan^{-1} F/1/2 B$

KB ... keel より浮心迄の垂直距離

BG ... 浮心より重心迄の垂直距離

B最大巾

pprismatic coeff.

ddraft.

尙この式を絶対値でなく、船と船との比較

に使うならば更に簡単化されて

$$R = \frac{1.5}{BG} \times \frac{F}{1/2 B} \times 55 \times KB \times \frac{B}{d} \times p$$

$$= 91 \frac{pF}{BG} \left(\frac{KB}{d} = 0.55 \text{ と仮定} \right)$$

となる。

§ 乾 舷

前述の近似式に於て更に $KG=0.65D$ $p=0.7$ とする

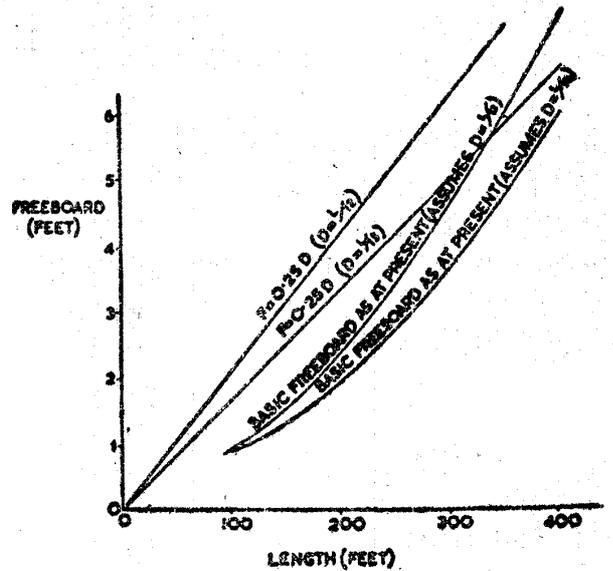


FIG. 9

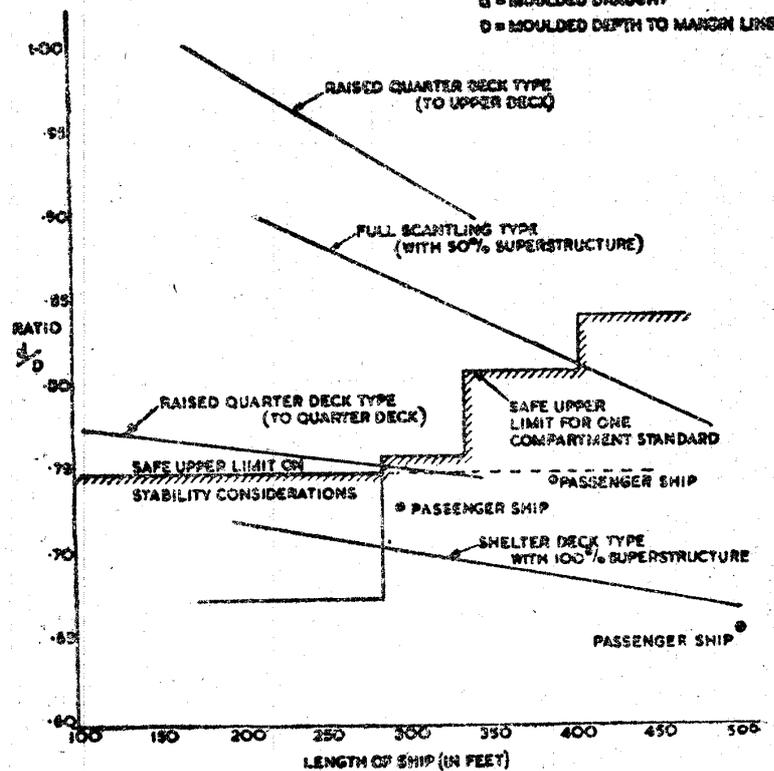


FIG. 10

と限界角が 65° 以上と云う条件に対して

$$F \geq 0.23D$$

となる。即ち最小の F は D の $1/4$ 以上ということになる。この様に F/D が小型船の復原性に重要な関連を持つと云う事に関しては、十分な根拠があるが、国際的な安性に関する取締法規には、幾分この事が無視されている様に思われる。

Fig.9 は復原性の見地より定めた乾舷が現行の満載規定による乾舷より大きい事を示す。この事は、小型船では、復原性の見地より乾舷を定める必要のある事を物語っている。

Fig.10 は安全範囲を区分しようとする、一つの試みである。図中斜線で囲まれる部分より上に距たる程安全性が不足する事を示す。小さな船になる程、三島型船は良くなく、それに比べて客船又は遮浪甲板船は安全であることは特記すべき事である。この事は又海難の統計からも裏書きされる事である。又、Fig.12 は one-compartment standard に対する d/D の限界が記入してあるが、これは商船の区画に関する論文¹¹⁾より取つたものである。

§ 重心の影響

次に重心 G の移動を考えて見ると、Fig.11 の様になる。Table I は種々の長さの船に就き、満載吃水船規程

TABLE I

L	Basic freeboard (in feet)	D = L/15	F/D	K G/D from Fig. 11	K G/D actual ships from Fig. 12
100	0.83	6.7	0.12	0.60	—
200	1.92	13.4	0.14	0.61	0.67
210	2.07	14.0	0.15	0.61	0.65
220	2.22	14.7	0.15	0.61	0.64
230	2.37	15.4	0.15	0.61	0.63
240	2.53	16.0	0.16	0.62	0.62
250	2.70	16.7	0.16	0.62	0.62
300	3.62	20.0	0.18	0.62	0.60

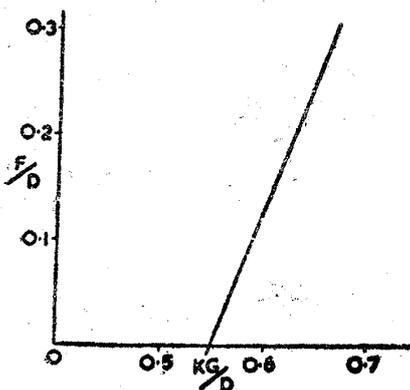


Fig. 11

で与えられる乾舷と、その F/D に相当する復原性上必要な KG/D を Fig.11 より求めたものを示す。

最後の欄は第 12 図に示す実船より取つた KG/D の値である。

この事より、現行の吃水に対しては少しく低目に重心を定めなければならない事が判る。

尙、初期復原力の必要な事は前にも述べたが、面白い事に $F \geq 1/4D$ にすると自然に十分な初期復原力を持つ様になる。

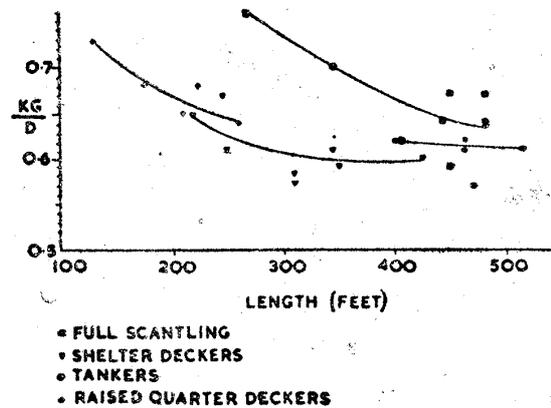


Fig. 12

§ Election の影響

Election を設ければ、それが空の時は勿論、そこに hold と同じ密度の荷物を積んでも尙復原性より見て利益がある。この事は Fig 12 によつても判る。即ち遮浪甲板船は他の船に比べて KG/D が小さい。

今 $F/D=0.25$ とし、これに 100% の election をつけた時の影響を考えて見ると、Fig 13 の如くなる。この図によると election をつけない場合は、復原性の見地より必要な乾舷は現行の乾舷より大きく、逆に election をつけた場合は現行の乾舷より小さくなる事が判る。

§ 設計に対する影響

上の基礎に立つて商業価値を減らすことなしに、安全性の見地よりどのような改良が出来るかを考えて見る。Fig. 15 (省略) は raised quarter deck coaster でその要目は Table II に示してある。

Fig. 16 (省略) に示してある復原性曲線から見て、限界角は大きくない。

先ず最初に well を埋める。この為の鋼材重量の増加は不必要になつた scarping や doubler の重量と cancel する。

次に船首楼を廃止して前部の舷弧を増す。かくして d

TABLE II

Item	Type ship	Proposed ship
Length	174 ft.	174 ft.
Breadth	27 ft. 6 in.	27 ft. 6 in.
Depth of upper deck	11 ft. 7 in.	15 ft. 4 in.
Depth of R.Q. deck	15 ft. 1 in.	—
Draught	11 ft. 6 in.	11 ft. 6 in.
Standard for subdivision	None	Unity
Light weight	451 tons	454 tons
Deadweight	719 tons	716 tons
Displacement	1,170 tons	1,170 tons
Gross tonnage	600	645
Nett tonnage	300	325*
Grain capacity	38,000 cu. ft.	38,000 cu. ft.
Length No. 2 hold	63 ft.	54 ft.
Length No. 1 hold	49 ft.	44 ft.
G M loaded	2.0 ft.	1.55 ft.
Maximum G Z	0.55	—
Stability range ex erections..	46 deg.	75 deg.

* Assumes water ballast deduction is limited to 14 per cent of gross.

は D の 0.75 となる。この比較は Table II に示してある。GM は 45' 減少するがこれで十分であり、復原性範囲は格段に大きくなる。又、どの一つの区画に浸水しても、例えその場所の浸透率に反比例する free water が生じても GM は正である。

この他 hold の容積が増える為、船首隔壁を後に下げることが出来、fore peak tank の容量を増すことが出来る等種々の利点を生ずる。

§ 結 論

1) 客船, complete super structure vessel, shelter deck vessel 及び軽荷状態の船は乾舷が大きく、従つて動的復原力の予備が大なる為、海難を起こす率が少い。

2) 復原性限界角は復原力の重要な目安となり、且つ近似式によつて設計の過程で容易に推定出来る。

3) 乾舷に対する制限の必要なのは、冬季の風浪に対してである。

4) 重貨物を運ぶ船に海難が多いのは吃水が深く乾舷が少い為であり、軽貨物を運ぶ遮浪甲板船は乾舷が大きい為海難が少い。

5) tanker が乾舷が小さな割に海難が少いのは、重心が下であり、開口が無く、且つ bulwark が無い為である。

6) 小型船では、bulwark をつけることは望ましくない。rail に帰る事と hatch を補強することを提唱する。(元良誠三)

参 考 文 献

1) MANLEY, C. V.; "A Fifty Years' Survey of Casualties, etc.," TINA 1950, p. 59.

2) MANLEY, C. V.; "A Further Examination of

Casualties, etc." TINA, 1951, p. 95.

3) MINISTRY of TRANSPORT; "Stability of Ships," S. A. F. C. O. N. 41. May 1948.

4) PIERROTTET, E.; "A Standard of Stability of Ships," TINA 1935 p. 208.

5) BURRILL, L. C.; "Seaworthiness of Collier Types," TINA, 1931, p. 75.

6) LAURENSEN, R.; "Ship Rolling Constants," Marine Eng. & Shipp. Rev. May 1949.

7) SCHNADEL, G. "Ocean Waves, Freeboard and Strength of Ships," TINA. 1938, p. 387.

8) FROUDE, W.; "On the Practical Limits of the Rolling of a Ship in a Sea Way," TINA, 1865, p. 175.

9) WATANABE, Y.; "Some contributions to the Theory of Rolling," TINA, 1938, p. 408.

10) MANTELL, M. L.; "Stability of Naval Vessels," Mar. Eng. & Shipp. Rev. July 1946.

11) SKINNER, H. E. and PHILLIPS, J.; "Merchant Ship Subdivision," TINA, 1949, p. 233.

12) ALEXANDER, F. H.; "The Stability of a vessel with a List," TINA, 1930, p. 149.

13) KENT, J. L.; "Approximate Ship Length for Minimum Pitching and Maximum Seaworthiness," TINA, 1934, p. 85.

14) HAVELOCK, T. H.; "Notes on the Theory of Heaving and Pitching," TINA, 1945, p. 109.

15) KENT, J. L.; "The Design of Sea-kindly Ships," TNEC. Inst., 1950.

造船に於ける電子管装置

研究部門に於ける数例の応用について

Electronics in Naval Architecture: Some Applications to Research Problems, by L. C. Burril & A. G. Boggis, Transactions of North East Coast Institution of Engineers and Shipbuilders, 1950~51.

本論文は造船に関する研究調査に於て、変位、加速度、及び歪の測定に用いられる電子管装置の発達及び使用の