(昭和 29 年 5 月 造船協会春季講演会に於て講演)

旧海軍小艦艇の復原性能の解析

正員 工学士 川 島 栄 一

正員 朝 倉 五 郎

Abstract.

The Analysis of the Stability of Small War Crafts of defunct Japanese Navy.

By Eiichi Kawashima, *Kogakushi, Member*
and Gorō Asakura, *Member.*

Now defunct Japanese Navy prescribed, at its designing of war crafts, in consideration of their stability capacity, the permissible lowest values of GM, OG, Stability range, etc. separately, in accordance with the class of vessels and their sizes.

Later on, however, due to the development of stability theory, it became possible to determine the stability capacity, by applying the organic relation of these values mentioned above and obtaining a value that is the combination of these values.

In this thesis the authors, basing upon the "Theory of Safety Criterion of a Ship" established by Prof. Watanabe, have calculated the Safety Criterion c Value, studying the actual instances of 15 vessels, including destroyers and torpedo boats of the defunct Japanese Navy, and about 90 of their different conditions and analysed them from various angle, such as the transition of the history, and the statistic distributional state.

This study of the authors has led to the possibility to determine the permissible lowest value of safety criterion of naval small crafts.

§ 1. は し が き

駆逐艦早蕨, 水雷艇友鶴の転覆に鑑み, 旧日本海軍に於ては艦艇の設計に当り, 復原性能を定める際の指針として艦種並に船の大きさに応じての GM, OG, stability range 等の目標を定めた。其後復原性理論の発展に伴い上記の諸値は相互に有機的な関係を持つものであるから, 之等を綜合したある値に依つて復原性能を判定することの可能性が生れて来た。

本調査はそれ等の理論のうち, 渡辺博士の理論を既往の多数の旧海軍小艦艇の資料に適用し, その結果を解析して復原性能設計上の指針を得んとするものである。

§ 2. 復原安全示数 c に就いて

Strength に於て, 外力のモーメントに対して船の断面係数より stress を求め, 許容応力に対する安全係数を検討すると云う方法論をとると同様に, stability に於ても外力(風波)に対して船の抵抗力 (GM, Dynamical Stability 等) を考えて外力に対する安全係数を求め, 総合的に復原性能を判定せんとする方法が近時体系化されて来た。その代表的なものは渡辺博士⁽¹⁾, 加藤博士⁽²⁾の理論である。

ここに渡辺博士の復原安全示数 C の求め方を簡単に紹介する。

(1) 先ず船が波浪中に直進中に波をうけて共振横揺をしている時に突風をうけて, 更に傾斜する状態を考えその傾斜角を最大にする如き波長 L_w を求める。その場合

$$\begin{aligned} \text{共振横揺角 } \theta_0 &\propto \sqrt{\theta_{we}} & \theta_{we} &= \text{有効波傾斜} \propto \left(\frac{H_w}{L_w} \right) \\ \text{突風に依る風圧} &\propto V_w^2 & V_w &= \text{風速} \propto (L_w) \\ & & L_w &= \text{波長 (M)}, H_w = \text{波高 (M)} \end{aligned}$$

の関係があり、 θ_0 は L_w が大きくなる程小となるに反し、風による傾斜は L_w が大きくなる程大となるから、その間に船の傾斜を最大にする如き L_w が存在するわけである。

船速及び船の自己動揺周期 T_s よりこの L_w を求め以下此の L_w に就いて計算する。

(2) 共振横揺角

船の周期 T_s 、船速 V_s (M/sec) 及び L_w が既知ならば共振を起すとき

$$\text{波の方向は } \cos \alpha = \frac{1.25 \sqrt{L_w} - L_w / T_s}{V_s}$$

$$\text{有効波傾斜は } \theta_{we} = \frac{133.8}{\sqrt{L_w}} \gamma \sin \alpha \quad (\theta_{we} \text{ in degree})$$

$$\text{従つて 共振動揺角は } \theta_0 = \sqrt{\frac{\pi}{2N} \theta_{we}}$$

ここに N は $\delta\theta = N\theta_0^2$ とせる時の減衰係数、又 γ は有効波傾斜係数

(3) 風圧に依る偶力

定常風に依る風圧 $Rat = 0.076 A \sin^2 \alpha \cdot V_w^2 \dots \text{kg}$

A = 風圧面積 (M^2)

V_w = 風速 (M/sec) 但し $L_w = 1.65 V_w^{4/3}$ とす。

$$\text{定常風圧による偶力矩 } D_w = \frac{Rat \cdot h}{W}$$

h = 風圧中心より水戸中心までの垂線距離 (M)

W = 排水量 (Kg)

突風に依る風速の増加を 40% と仮定すると、そのための偶力矩の増加量は $D_w' \doteq D_w$ となる。

(4) 上記の傾斜の関係を GZ 曲線に入れると次の如

くなる。

面積 HIGF = 面積 BFLM とすると、突風のために θ' ま
で傾くことになるから、安全性のためには面積 BGD > 面
積 HIGF でなければならない。

$$\text{又は } S_a - D_w \theta_r - \frac{1}{2} m \theta_0^2 > 2 D_w \theta_0$$

S_a = 動的復原矩

$m = GM$ 但し等時性と仮定す。

$$S_a > D_w (\theta_r + 2 \theta_0) + \frac{1}{2} m \theta_0^2$$

$$c = \frac{S_a}{D_w (\theta_r + 2 \theta_0) + \frac{1}{2} m \theta_0^2} > 1$$

この c の値 (復原安全示数) は 1 以上でなければならないのであるが、これをどの位に採るべきかは多くの実船の資料の解析に基いた設計者の判断にまつわけである。

§ 3. 復元安全示数 c 値の実例

旧海軍艦艇のうち駆逐艦水雷艇の小艦艇 15 隻、約 90 状態に就いて復原安全示数 c 値を計算した。

計算に必要な資料はすべて旧海軍編纂の「復原性能比較表」に依つた。

(1) 計算に於ける仮定

計算の過程に於いては次の如き仮定を設けた。

船速 V_s は荒天中の速力低下を考慮して試運転速力の 70% を用いた。

動揺周期 T_s は動揺試験成績の明らかなものは、之を使用したがいしからざるものは

$$T_s = 2\pi \sqrt{\frac{K^2}{mg}} \quad (K = C \cdot B)$$

とし、 C は資料を解析の結果平均 0.4 を得たので、之を用いて動揺周期を推定した。

第一図

有効波傾斜係数 γ はすべて 0.8 とした。

又減衰係数 N もすべて 0.02 とした。

γ 及び N に就いては数例に依つて計算してみたが、大体上の値と大差ない結果を得た。

又上記復元性能比較表のうちに風圧面積及び風圧モーメントレバーの明らかでないものもあつたが、これは同型船の値を流用したり、又類似船の資料に依り推定した。

計算の一例を第一表に示す。

(2) 計算結果の整理方法

c 値の計算は各船の公試状態、満載状態、軽荷状態、補填軽荷状態の各々に就いて求めた。又同一艦に於ても復元性能悪く改造を行つたものに就いては、改造前の要目、改造計画値改造後の実績の各々に就いて c 値を求めて比較に便する如くにした。尚改造後の実績の不明なものに就いては同艦型の改造実績値に就いて c 値を求めたものもある。

計算に使用した資料及び c 値の結果は第二表より第五表に示した。尚以下の解析の便宜のために艦名に計画年次の古いものから順次に一括番号を附した。又改造を行つたものに就いては改造前のものを A、改造計画値を B、改造実績値を C の記号にて表わした。

更に公試状態を T、満載状態を F、軽荷状態を L、補填軽荷状態を H なる記号にて表わした。従つて [4BT] は「初春」の公試状態に於ける改造計画時の c 値を表わすことになり、[3CF] は「暁」の満載状態の改造後の実績に基く c 値を表わすことになる。

§4. 復元安全示数 c 値の解析

(1) c 値の歴史的変遷

各船の建造された年度を横軸にとり、各船の公試状態に於ける c 値を(改造せるものは改造前の値)縦軸にプロットしたのが第二図である。此の図より明らかな如く c 値は昭和9年を境として1以下のグループと 1.3 以上のグループとに判然と分れる。此の昭和9年とは3月12日に「友鶴」転覆事件が発生し、次いで同年4月5日臨時艦艇性能調査委員会が成立した宿年の年である。

此の事件を転機として旧海軍の設計陣が復元性能改善の大問題に真剣にとりくんだ努力の効果が c 値の向上に歴然と表われているのは誠に興味深い。尚同図中「白露」、「鴻」は「反鶴」事件当時基本計画が進められていたが、この事件に鑑み全面的に計画を変更して起工されたのであり、実績は昭和9年以後のグループに入るのであるが、参考のため計画当時の c 値を(6AT)、(7AT)として図中に記入した。

第一表

Safety Criterion of Stability						DATA NO. 5AT
Ship Name 友鶴						
Condition 公試状態						Note 建造時実績
Given Item						
L	M	Ts	Rolling Period	Sec	Actual 875	by Ts=201/K(K=0.48)
B	8.12	Vs	Ship Speed	M/Sec	25	$25 \times 0.514 = 12.85$
D		A	Exposed Area	M ²	404	
d	2.241	A	Distance betw. C.G.	M	4.255	
for		D.S.	Dynamical Stability	M-KT	142	
W	737	Sd	Dr. Slab Lever	M	$\frac{D.S.}{W} = 0.193$	
M(GM)	0.696	Or	Stability range		64.2(deg) = 1.1205(rad)	
OL	1.093	GZmax		M	0.283	
		Ormax			31.4(deg)	

Calculated Item (註) F14 B 9 10 は 復元係数 論文中の図表を参照。

①	Lw	Wave length - from (Fig. 8)	170m	$\sqrt{Lw}$	13.04
②	Vw	Speed - from (Fig. 9)	32.8	Vw^2	1,075.8
③	α	Direction from (Fig. 10)	109.5°	Sind α	0.9426
④	Str ² d		0.8885		
⑤	N	Extinction Coefft	0.02	$\frac{\pi}{2N}$	78.54
⑥	β^*	Reduction Coefft for effective wave	0.80		
⑦	Red	$0.76 \times 10^{-6} A^2 S^2 \sin^2 \alpha Vw^3$ (KT)	29.348		
⑧	Rad x A	⑦ x A (M-KT)	124.876		
⑨	Dw	$\frac{Rad \cdot A}{W} = \frac{⑧}{W}$	0.1694		
⑩	Orwe	$\frac{1.878}{\sqrt{Lw} \cdot Vw^2} \cdot Sind \alpha$ (deg)	7.737		
⑪	$\frac{\pi}{2N} Orwe$	$78.54 \times ⑩$	607.6640	$\sqrt{\frac{\pi}{2N} Orwe}$	24.651
⑫	Or	$\sqrt{\frac{\pi}{2N} Orwe}$ (Radian)	0.430	Or^2	0.185
⑬	Or+2Or	$Or + 2 \times ⑫$ (Radian)	1.981		
⑭	$\frac{1}{2} m \theta^2$		0.064		
⑮	$Dw(Or+2Or)$	⑨ x ⑬	0.336		
⑯		⑭ + ⑮	0.400		

$C = \frac{Sd}{Dw(Or+2Or) + \frac{1}{2} m \theta^2} = \frac{Sd}{⑯} = 0.483$

第二図 公試状態に於ける c 値の歴史の変遷

第
一
編

[illegible]

第三景 C组音乐的点评：“《心》的钢琴像是‘流水’，小提琴像是‘风铃’。”

[illegible]

(2) C値の頻度分布

公試、満載、軽荷、補填軽荷の各状態に就いて横軸に c 値をとり、頻度曲線を示したものが第三、四、五、六図である。既に第二図に於いてみられた復原性能の変遷がこれらの図に依つて更に明瞭となる。

公試状態（第三図）に就いてみれば友鶴の完成時（5 AT）は c が極めて低く友鶴事件以前に計画された桃（1 AT），夕顔（2 AT），暁（3 AT），初春（4 AT）と共に c はいずれも 1.0 以下にして不十分のものである。それらが臨時艦艇性能調査委員会の結論に従つて改造されたのであるが、その計画値及び実績値（BT），（CT）に於いては c が 1.0 以下にとどまり、十分なる復原性能を附与し得たとは思われない。

此の事実は改造の如き応急対策に依ては抜本的な復原性能の改良が得られないことを物語っている。又前述の如く白露，鴻は友鶴事件に鑑みて復原性を考慮して根本的に計画を変更したものであるが、その実績値（6 CT），（7 CT）は何れも 1.3 以上に改善されている。

更に友鶴事件以後に計画された朝夕（10 T），陽炎（11 T），巻雲（12 T），秋月（13 T），島風（14 T），松（15 T）に至りて c は 1.3~1.7 に向上している。

満載状態（第四図）に於いても同様な変遷の跡を辿る事が出来る。軽荷状態（第五図）にあつては公試、満載状

態に比較して c の傾向は判然としない。然しこれは当然のことであつて、軽荷状態と云うものは復原性の比較を論ずる場合何等意味のないものであり、補填軽荷状態を考えて始めて復原性能上の意味をもつものである。

第六図は資料不足ではあるが、復原性能良好なる船の補填状態の c 値の範囲が一応限定されるのを見ることが出来る。

(3) c 値の限界値

前述の如く頻度分布図に於て復原性能良好なるグループと復原性能不良なるグループとの c 値が明瞭に分れてゐることより判断して、 c 値の許し得る最小限界値を決定することの可能性が大となつたのであるが、本報告に於いてはその限界線の決定を保留することにする。

公試状態に於いては友鶴事件の貴重な体験及び渡辺博士の理論より判断し、 c が 1.0 以下では不十分なること明らかであるが、 c が 1.3 辺の艦艇に於いても復原性能十分と云い得るのか、或いは 1.6 辺の艦艇にして始めて十分なるものと云い得るかは頻度分布に現われたそれらの c 値の実績に就いての設計当事者の見解、用兵者の意見をまつて始めて決定し得るものである。

(4) c 値と DS/W との関係

復原性能に關係する諸要素と c 値との關係を種々調査せる結果、 c 値の大きさを支配する最も大きな要素は DS/W であるとの結論を得た。第七図に DS/W を横軸にとつて、A. 改造前、B. 改造計画、C. 改造実績と新造艦の三グループに分けて c 値を置点した。各艦の排水量の状態は記号によつて分類した。A グループと C グループとの c 値の相違は、 DS/W の大小が決定的であることが図より明瞭である。特に第七図 (C) は、安全示数 c の最小限界値を条件に艦艇を設計せんとする場合、 DS/W の必要量を推定できるので、設計者にとつて大きな意義をもつものと思われる。

§5. あとがき

復原性に関する個々の要素を綜括的に表現する復原性安全示数の理論に基づいて、旧海軍小艦艇の復原性能資料を解析し、安全示数 c の頻度分布を求めた。その結果復原性能の良好なる艦艇の c 値のグループと然らざるものの c 値のグループと判然と分れる事が明らかになった。

又この頻度分布図より c 値の許し得る最小限界を決定することの可能性が生じたのであるが、それに就いては更に艦艇設計の当事者及び用兵者の意見を待つ点が多く、本報告に関してその様な立場に在られた方々よりの御批判を期待する次第である。

(1) 渡辺恵弘：船舶復原性より見たる安全示数，造船協会々報第79号

(2) 加藤 弘：小型船の復原性について，造船協会々報第83号