300総トン級船の舵面積についての一考察

久々宮 久*

Rudder Area for 300 GT Class Ships

H. Kugumiya

Abstract

In Japan, average values of rudder areas as fractions of lateral plane area $A_R/(L \cdot dm)$ for the class of ships which length between perpendiculars has 40 meters or so are as follows;

tug boats.....1/23

fishing vessels.....1/35

cargo vessels.....1/46

Tokyo University of Mercantile Marine has replaced recently its training and experimental ship which it had used since 1952. This ship, "Shioji Moru II" has her values of $A_R/(L \cdot dm)$ of 1/38.4, and of L_{pp} of 37.0 meters.

After maneuverability tests, it is found that she is directionally unstable, and they have fitted a fin to her stern for the compensation.

Author reports here the results of Spiral Tests, the effectiveness of the fin, and propose the lower limit value of $A_R/(L \cdot dm)$ for the same class ships.

1. は し が き

舵面積の決定は、従来の実績によつてなされるのが普通のようなのである。この実績によれば一般に船長40m前後の船の舵面積比は曳船が1/23前後、漁船が1/35前後、貨物船が1/46前後のようである。

東京商船大学では去る1967年3月に汐路丸の代船として二世汐路丸を建造したが、運動性能測定の結果針路不安定であることが明らかとなつた。本船の舵面積比は計画吃水に対して1/38.4である。

以下測定に使用したスパイラルテストの結果、不安定を補償するために装備したフィンの効果について報告し、更に舵面積比について一つの提案を試みる。

2. 供試船主要目と試験当日の状態

これらについて表I, IIに一覧にして示す。

* 東京商船大学（東京都江東区深川越中島）

表 I

要 目	船 名	一世汐路丸	二世汐路丸
全 長 LOA		32.65m	41.70m
垂線間長 LPP		29.00m	37.00m
型 幅 B		6.20m	8.00m
型 深 D		3.45m	3.70m
計画常備吃水 d		2.459m	2.70m
総トン数		148.99 t	331.37 t
舵面積 A_R		2.277m ²	2.60m ²
舵面積比 $A_R/(L \cdot d)$		1/28	1/38.4
方形係数 C_b		0.530	0.565

表 II

項 目	実験年月日	62. 10. 9.	67. 5. 31.	68. 3. 15.	68. 6. 7.	68. 6. 14.
d_f (m)		2.05	1.62	2.12	2.15	2.10
d_a (m)		2.70	3.24	3.20	3.25	3.25
d_m (m)		2.375	2.43	2.66	2.70	2.675
トリム (m)		+0.65	+1.62	+1.08	+1.10	+1.15
排水量 (t)		240	383	438	447	440
方形係数 C_b		0.53	0.54	0.56	0.57	0.56
舵面積比 $A_R/L \cdot d_m$		1/30.3	1/34.6	1/37.9	1/38.4	1/38.0
フィンの有無		—	なし	あり	あり	あり
速 力(k/t)		10	10	10	9.5	9.5
関係図面番号		1	2, 3, 8	5, 8	6, 7	7

3. スパイラルテストの結果

比較のために針路安定であつた一世汐路丸のスパイラルテスト結果を Fig. 1. に示す.*

二世汐路丸が竣工して東京に回航されたのは1967年4月であつたが、約2カ月後の5月31日に実施したスパイラルテスト結果を Fig. 2. に示す。不安定ループ幅が約8°の針路不安定であることが見られる。この不安定ループ付近を拡大置点したものが Fig. 3. である。

この付近の船の回頭運動はほぼ次のようである。

ゆつくり一方向旋回を続けるが、かすかな外乱（遠くを通過する船からの波である場合が殆んどであつた）によつて旋回速度が低下してやがて直進となり、しばらくして反対方向旋回を始め定常旋回に移行する。定常旋回を続ける時間は10秒間の船首変化量を数回計測できる程度に安定しているが、外乱による旋回状態の移行は10~20秒程度で終ることが多く、直進状態も旋回角

Fig 1. 一世汐路丸スパイラルテスト結果

Fig 2. 二世汐路丸スパイラルテスト結果

Fig 3. 二世汐路丸スパイラルテスト結果

速度0とするほど長くは続かないのが殆んどである。

針路不安定であることが明らかになったので補償工事のための入渠を利用して船尾にフィンを取付けた。この取付略図をFig. 4. に示す。フィン面積は約 0.82m^2 である。フィン面積を A_F とかけば $(A_F + A_R)/(L \cdot d_m) = 1/29.2$ となる。

フィン取付後実施したスパイラルテスト結果を Figs. 5, 6, 7 に示す。更にフィンの効果を見るためにFig. 2. にFig. 5. を加えたものがFig. 8. である。

Fig 4. フィン構造 (単位mm)

4. 考 察

テストの再現性については、各グラフから (特にFig. 7 など) 問題はないようである。

フィンの効果について考察を加える。Figs. 5, 6, 7 から不安定幅が約 5° となつていことが見られる。フィンなしの時の不安定幅が約 8° であつたから可成り有効であるといえる。

更にFig. 8. によればフィン取付後の方が舵角が大きい場合に角速度が大きい。これは一見

Fig 5. 二世汐路丸スパイラルテスト結果 (フィン取付工事後)

Fig 6. 二世汐路丸スパイラルテスト結果

Fig 7. 二世汐路丸スパイラルテスト結果

Fig 8. 二世汐路丸スパイラルテスト比較

矛盾であるが、'67. 5. 31. 実験のときは+1.62mトリム、'68. 3. 15. 実験では+1.08m トリムであるから、フィン装着による船尾側の浸水面積増加の効果よりも、トリムが艀トリムに近づいたために船首側の相対的浸水面積増加の効果が優越したわけである。

つまりフィンは旋回性に対しては負の効果をもち、船首トリムは正の効果をもつ。'68. 3. 15. 実験では後者が前者に優越したとみられる。したがって'68. 3. 15. 実験を'67. 5. 31. 実験と同じトリム状態に引き戻したならば不安定幅はより狭くなることが期待できる。

なお二世汐路丸は45° 転舵が可能なごとく設計されている。舵に発生するストールのために一般に舵角は35° で押えられているが、Fig. 6. によれば45° 舵角は35° 舵角に比べて角速度の伸びは鈍つてはいるがなお有効であることが見られる。これについては稿を改めて報告したい。

5. 同クラス船の形状比較と結論

二世汐路丸と、同一の造船所で建造された神戸商船大学の三世深江丸とを舵及び推進器関係について比較したものを表Ⅲに示す。三世深江丸には二世汐路丸のような不安定は見られないということである。

針路安定性には舵面積の他に舵形状をも含めた船尾付近の形状が大きく影響する。二世汐路丸と三世深江丸との船尾影状をFigs. 9, 10, 11. に示す。

これらの図によれば船尾付近は三世深江丸に比べて二世汐路丸の方がずんぐりしていることがわかる。この相違がどの程度両船の針路安定性に影響を与えているかは定かでないが、伴流の舵効に及ぼす影響からみて深江丸の方が有利であろう。

表 III

船名		二世汐路丸	三世深江丸
要目			
LOA (m)		41.70	41.50
LPP (m)		37.00	37.00
B (m)		8.00	7.80
D (m)		3.70	4.10
d (計画) (m)		2.70	2.70
C _b		0.575	0.565
舵 関 係	A _R (m ²)	2.60	2.788
	A _f (m ²)	0.65	0.697
	A _a (m ²)	1.95	2.091
	A _f / A _a	1/3	1/3
	A _R / (L·d)	1/38.4	1/35.8
	a (m)	2.00	2.05
	b (m)	1.30	1.36
	t / b	0.1845	0.1765
	A / b ²	1.54	1.507
a/Propeller dia		1.226	0.954

Fig. 9. 船尾形状 (I) 1/50

Fig. 10. 船尾形状 (II) 1/50 実線 二世汐路丸, 破線 三世深江丸

Fig 11. 船尾形状 (Ⅲ) 実線 二世汐路丸, 破線 三世深江丸

次に舵と推進器との関係について著しい両船の相違について言えば $a/\text{propeller dia}$ から明らかに、三世深江丸の舵は二世汐路丸に比べて推進器後流の中にある部分が多い。これは少なくとも推進器が前進推力を得ている間は舵効には有利な条件である。

これらはいずれも針路安定性の見地からのみ決定されるものではない。ともかく舵面積比 1/38.4はこのクラスの船にとつても必ずしも小さすぎるとはいえないであろう。

しかし本報告の例もあり、このクラス船のいわゆる漁船タイプの建造に当つて、舵面積比は 1/30よりも小さくしないことが望ましいと思われる。

御批判を乞いたい。

終りに、種々御教示をいただいた東京商船大学の谷教授、汐路丸船長及川助教授以下乗組員各位の御協力に厚く謝意を表する。

神戸商船大学の本田助教授は三世深江丸の諸資料の使用を許可され、また著者に有益な御教示をされた。併記して厚く感謝する。

* 谷, 久々宮 未発表

質 疑 答 応

二世汐路丸の針路不安定性について、数回のスパイラルテストの結果をご発表になり、今後この種の舵の設計に得難い資料を与えて下さったことを感謝します。

この結果に関する限り、舵面積比を1/30以上とすることが望ましいという結論は正しいと思いますが、三世深江丸の結果から、この結論はいわゆるずんぐり型に限るのが妥当と考えます。

船体後半部のずんぐり型が水流に及ぼす影響については、多くの実験結果が発表されておりますが、例えば G. S. Baker はその著書 “Ship Design” (1933) の中で、船体後部に著しい渦の発生を避けるための標準として

$$L_r > 4.08 \sqrt{A_m}$$

なる式を示しています。(式中 L_r は船体最大横断面の後端から船体後部までの長さ、 A_m は最大横断面積)

この式を参考として、針路不安定の実績を持つ船のずんぐり型の限界を探ることが出来たら、ご研究の結果はさらに明確なものとなるのではないかと愚考いたします。(野原威男)

〔答〕御討論を感謝します。著者の見解は、針路安定性に及ぼす船型要素の重要さは前提において、なお一応の舵面積比の限界を示すことができるのではないかとという点にあります。

本論文ではふれませんでした。針路安定の目安とされる操縦性指数 T の値は、汐路丸一世、深江丸二世、汐路丸二世の順で大きくなっています。深江丸二世的舵面積比は1/39前後で、しかも針路安定な船であります。つまり舵面積比が小さくなる程、不安定に近づくということが一般

的には言えます。船型を決定するには多くの要求を考慮しなければならないので、船体線図とは一応別個に舵面積の目安は立てられるのが望ましいと考えます。

参 考 文 献

- (1) Turnipg and Course-Keeping Qualities
KENNETH S. M. DAVIDSON, and LEONARD I. SCHIFF, SNAME 1946 Vol. 54
- (2) Researches on the Manoeuvrability of Ships in Japan.
The Society of Naval Architects of Japan, 60th Anniversary Series Vol. 11