

プロペラの逆転による船体の回頭モーメント に関する模型試験

辻 豊 治*

Model Test about Turning Moment due to Reversing of the Propeller

By
Toyoji Tsuji

For the purpose of getting the fundamental information about maneuverability of a ship in a harbor area, the forces acting on a ship model in reversing propeller were measured.

The ship model was fixed to the three component dynamometer on the towing carriage, and the yawing moment and the side force were measured at various combinations of advance speed, rudder angle and propeller revolution in both directions of turning of a propeller.

目 次

1. ま え が き
2. 供試模型船およびプロペラ
3. 試験の種類と方法
4. 試験結果
5. む す び

1. ま え が き

船のプロペラの逆転は、外洋で航行中に行なわれる場合と、港内等狭隘な水路で行なわれる場合とでは、前者が衝突回避等緊急の際の手段として行なわれるに反し、後者は衝突回避はもちろんであるが、さらに操船の手段として行なわれる等、その目的に若干の差がある。

プロペラを逆転した際、船首を左、右舷いずれかの方向に偏針することは、経験的に良く知られている。輻轉する港内等においてはこの性質を巧みに利用し、操船が行なわれる。

出入港作業中の巨大船は、制動のためしばしば機関の逆転を行なう。したがって、それに伴う船首の偏針を適確に予測することは、航行船舶の輻轉する港内では操船上きわめて重要である。

本報告は、プロペラ逆転時の巨大船に働く回頭モー

メントを、模型試験により求めた結果をまとめたもので、上記問題解明のための資料である。

2. 供試模型船およびプロペラ

試験には鉾石運搬船K丸の3米木製模型船を使用した。その主要目を Table 1 に、正面線図および船首尾型状図を Fig. 1 に示す。

Table 1 Principal Dimensions

	Full Load Condition	
	Ship	Model
Length bet. P.P. L_{pp} (m)	244.000	3.000
Breadth Mld. B (m)	38.940	0.4788
Depth Mld. D (m)	20.900	0.2569
Draft Designed df (m)	14.600	0.1796
da (m)	14.600	0.1796
dm (m)	14.600	0.1796
Trim (m)	0	0
Displacement	115,252 ton	214,484 kg
C_B	0.821	0.821
$\ominus G$ (m)	-5.19	-0.064
$A_R/L \cdot d$	1/69.94	1/69.94

Note, (-); the Bow side

* 運動性能部 (原稿受付: 昭和46年11月10日)

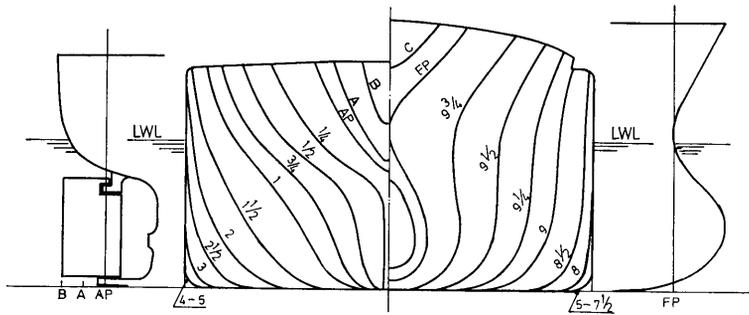


Fig. 1 Lines of the Model

Table 2 Dimension of the Propeller

Diameter	(mm)	82.38
Pitch Ratio		0.697
Pitch	(mm)	57.41
Expanded Area Ratio		0.62
Boss Ratio		0.18
Blade Thickness Ratio		0.0535
Angle of Rake		8°
Number of Blades		5
Direction of Turning		Right-handed
Blade Section Form		MAU

プロペラは5翼一体型でその要目を Table 2 に示す。

3. 試験の種類と方法

入港時における巨大船の船速は、特殊な場合を除き数ノット程度であり、港内ではさらに低速である。

また制動のためのプロペラの逆転は、本船の前進速度が4ノット以下で行なわれるようである。このことから試験時の船速は実船の4ノット以下に重点を置き、Table 3 に示す種類の試験を実施した。

この外プロペラ逆転時の船首の偏針を修正して、船

Table 3 Kind of Experiment

Advance Speed	Number of Revolution	Rudder Angle
$F_n=0$	-8, -11, -15 r.p.s	0° ~ ±30°
$F_n=0.022$		0° ~ ±35°
$F_n=0.031$		
$F_n=0.044$		

を直進させるため、逆転による回頭モーメントと同等の回頭モーメントを、普通の操舵で発生する舵角（以下この舵角を相等舵角という）を、模型船の前進速度 ($F_n=0.045$) を一定とし、プロペラの回転数をかえて調べた。

試験時の水深は $h/d=7.0$ (ただし h ; 水深, d ; 船の平均吃水) で、模型船はすべて直進状態である。

船体に働く力の測定は三分力測定用動力計¹⁾を使用し、横力と重心回りのモーメントを計測した。

4. 試験結果

停止中または前進中の船が、プロペラを逆転した際、船体に働く横力と回頭モーメントの計測結果は、次式により横力計数 C_Y 、モーメント係数 C_M と無次元化して表示した。

$$C_Y = \frac{R_Y}{1/2\rho(nP)^2Ld}$$

$$C_M = \frac{M}{1/2\rho(nP)^2L^2d}$$

ただし、

R_Y ; 船体に働く流体力の横力成分

M ; 重心回りのモーメント (Fig. 2 において時計回りを正とする)

ρ ; 水の密度

n ; プロペラの毎秒回転数

P ; プロペラピッチ

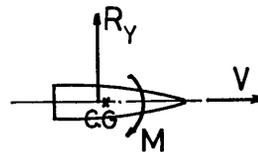


Fig. 2

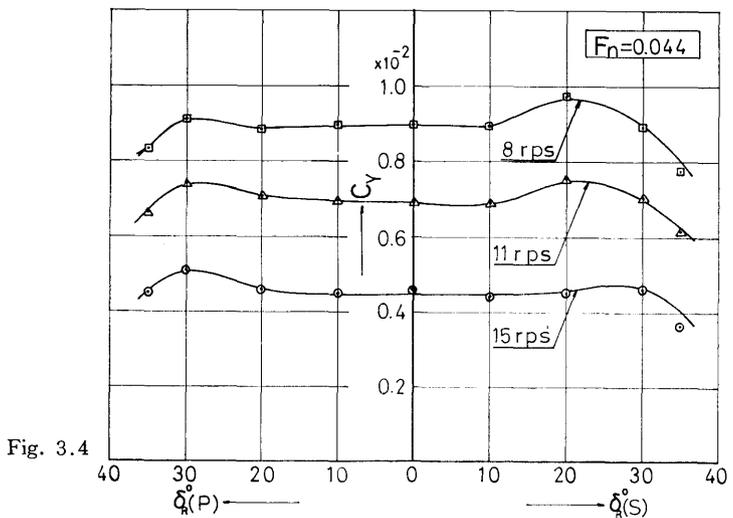
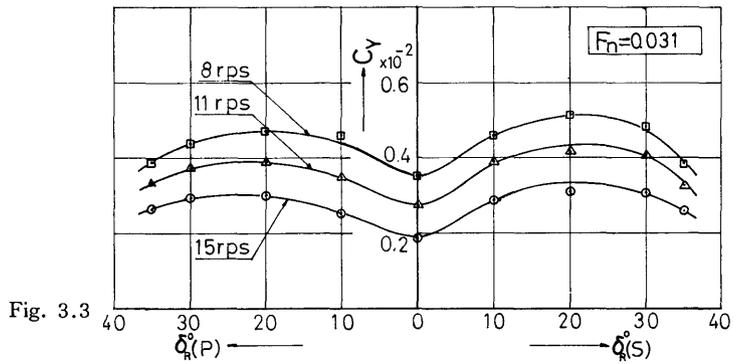
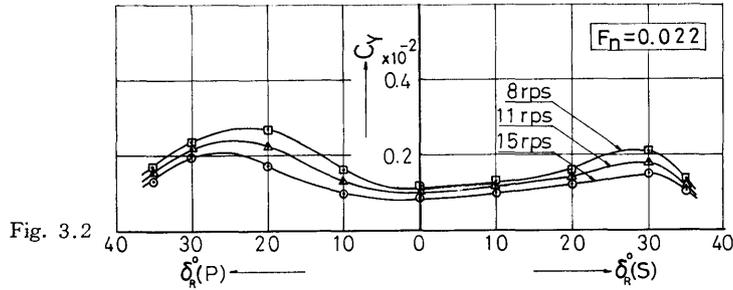
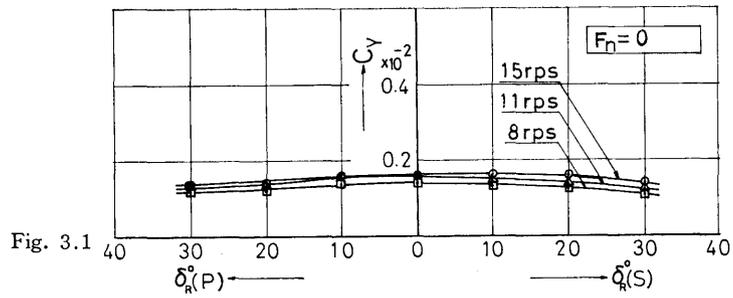


Fig. 3 Relation between Rudder Angle (δ_R) and Normal Force Coefficient (C_Y) (Reversing Propeller)

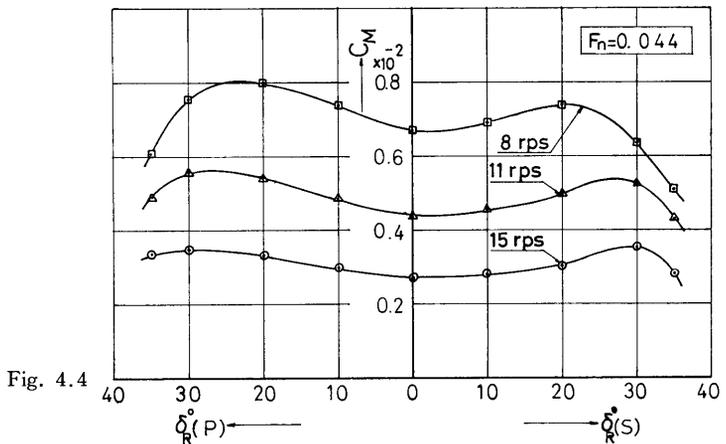
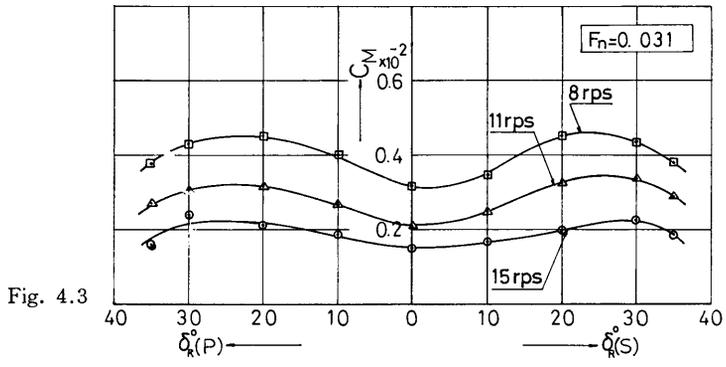
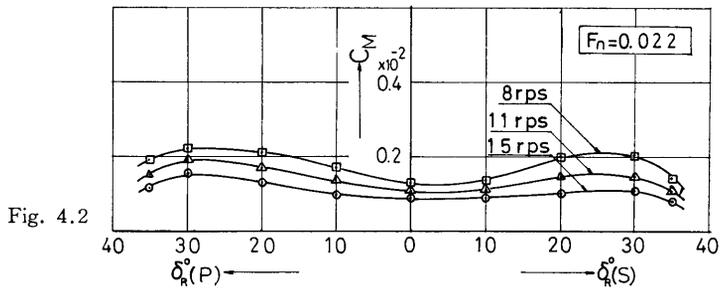
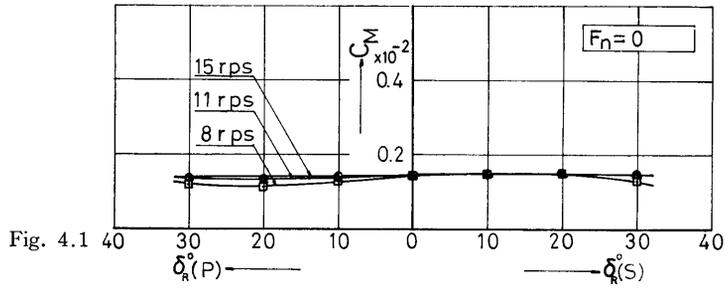


Fig. 4 Relation between Rudder Angle (δ_R) and Moment Coefficient (C_M) (Reversing Propeller)

L ; 船の垂線間長さ

d ; 船の平均吃水

Fig. 3.1~3.4 は横力係数 C_Y , Fig. 4.1~4.4 はモーメント係数 C_M と舵角 δ_R との関係を、それぞれプロペラ回転数をパラメータとして示す。

Fig. 3.1 および Fig. 4.1 は船が停止している場合の試験結果である。両図から横力係数 C_Y とモーメント係数 C_M は、舵を左右舷いづれの方方向に取っても一定の値を示し、かつプロペラ回転数の二乗に比例する大きさで、船首を右に偏針させるように働くことがわかる。

Fig. 3.2~3.4 および Fig. 4.2~4.4 は Table 3 に示す速度で前進している際の試験結果である。

それらの結果は、船が前進の場合にも、停止している時と同じように操舵方向に関係なく、常に船首を右に偏針させるような、横力と回頭モーメントが船体に働くことを示す。しかしこの状態では船の前進速度により、わずかながらも舵に力が発生するため、操舵の影響により、横力係数 C_Y 、モーメント係数 C_M と舵角 δ_R との各曲線に Hump, Hollow が現われる。Hump の現われる舵角は、船速によって若干の差はあるが、左右舷共 25° 附近であり、Hollow はほぼ 0° である。

Fig. 5 は Fig. 4.1~4.4 で、それぞれのプロペラ回転数について $\delta_R \sim C_M$ 曲線の平均的な値を取り、スリップ比 $(1-s)$ に対し、船速 (F_n) をパラメータとして示したものである。

同図から、回頭モーメントは、プロペラ回転数のみならず、船速によっても影響を受けることがわかる。

Fig. 6 および Fig. 7 は、前進時普通の操舵によ

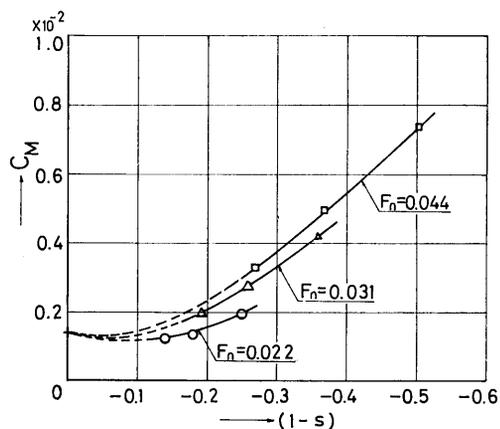


Fig. 5 Relation between $(1-s)$ and Moment Coefficient (C_M)

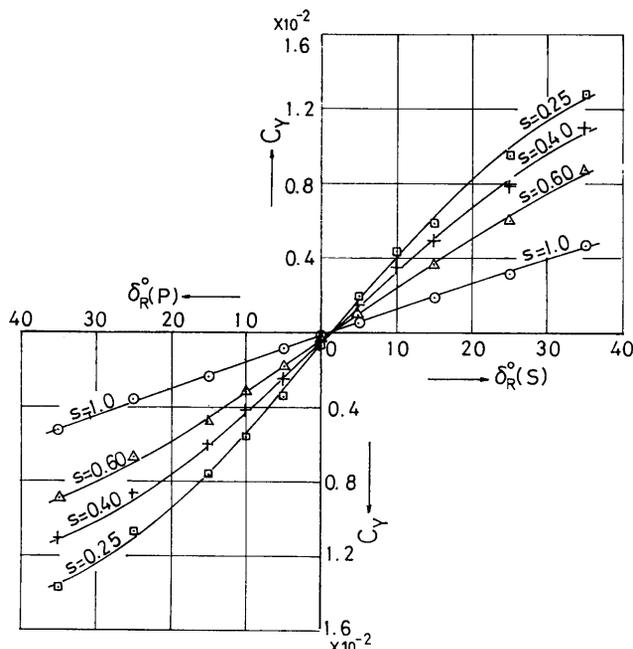


Fig. 6 Relation between Rudder Angle (δ_R) and Normal Force Coefficient (C_Y)

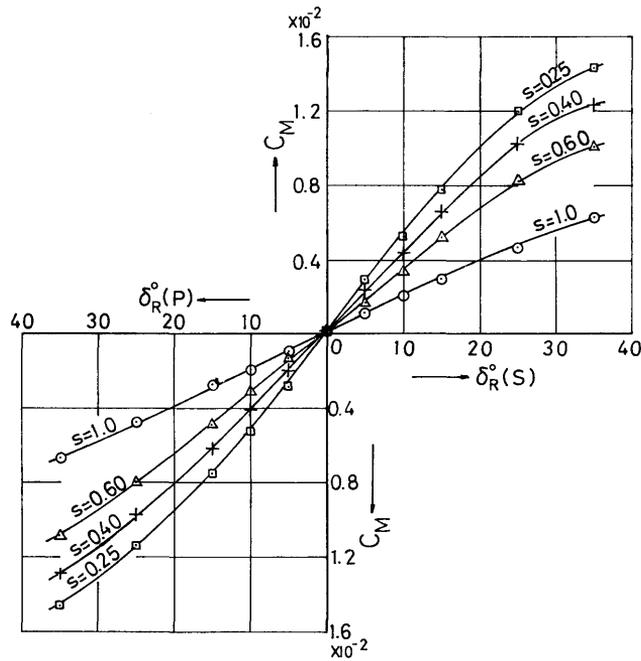


Fig. 7 Relation between Rudder Angle (δ_R) Moment Coefficient (C_M)

て船体に働く横力係数 C_Y 、モーメント係数 C_M と舵角 δ_R との関係、スリップ比 s をパラメータとしてあらわしたものである。

$F_n=0.022\sim 0.044$ の速度で前進中の船がプロペラを逆転した際の回頭モーメントに対する相等舵角は、Fig. 5 と Fig. 7 を比較して推定することが出来る。この実験条件では、それが数度～10 数度の範囲にある。

たとえば、本船が $F_n=0.031$ の船速で前進中プロペラを逆転したとする。その時のモーメント係数 C_M は $(1-s)=-0.4$ (Fig. 5) では 0.5×10^{-2} である。これに対する相当舵角は Fig. 7 より 10 数度であることがわかる。

5. む す び

低速航走中の巨大船がプロペラを逆転した際の、船

首を偏針する力とモーメントを数量的に求め、またそれが普通の操舵で何度かの舵角に相当するかを推定する資料を得た。しかし、これは深水中で、かつ直進している状態で得られた値であり、水深が浅く、船が斜航しているとき、または風を受ける状態では、この値と異なったものとなる。

終りにこの研究は日本作業船協会との共同研究によるものであることを附記する。

参 考 文 献

- 1) 辻豊治, 森信篤, 山内保文: “斜航する船体に働く水圧力について (続制限水路影響)” 船舶技術研究所報告, 第6巻第5号 (昭和44年9月)