

高速コンテナ船の斜め波中におけるスラスト, トルク変動に関する模型実験(第2報)

—L/B=6.89 の 1 軸船について—

吉野 泰平*・松元 尚義*
猿田 俊彦*・吉野 良枝*

Model Tests on Thrust and Torque Increase and Fluctuations Acting on the Propeller Shaft of High-speed Container Ship with Single Screw in Oblique Waves (Part 2)

By

Taihei YOSHINO, Naoyoshi MATSUMOTO
Toshihiko SARUTA and Yoshie YOSHINO

Abstract

The model test on the high-speed container ship with $L/B=6.89$ was carried out in the Seakeeping Tank of S.R.I. Torque, thrust and revolution of the propeller shaft as well as ship motions were measured in oblique regular and irregular waves. This test is the succession of the former tests on two container ship models with $L/B=8$.

The main parts of the test were performed on the model driven by an uncontrolled electric motor while some test runs were done under such the condition that the torque of the driving motor was controlled to hold the predetermined value by compensating load fluctuations of the propeller in waves.

1. ま え が き

船舶が波浪中を航行する場合、波による抵抗増加のため、平水中と同じ速度を維持するためには余分な馬力を必要とする。また、波に基づく船体動揺や波の orbital motion などのため、プロペラのスラスト、トルク、回転数などが変動する。これらプロペラのスラスト、トルク、回転数などの増加量や変動量がどれほどの大きさであるかを正確に推定することは、高速コンテナ船のように大馬力、高速の船舶の設計者や運航者にとって重要な問題である。

著者らは先に超高速コンテナ船の耐航性能に関する

研究の一環として、船長/船幅 (L/B) が 8 の 1 軸および 2 軸コンテナ船の斜め波中におけるスラストとトルクの増加、および変動についての模型実験結果を報告したりが、今回引き続き L/B が 6.89 の 1 軸高速コンテナ船について前回と同様な模型実験を行なった。今回はさらに不規則波中の実験を付け加えるとともに、トルク制御装置を使用してトルクを一定になるように制御した場合の波浪中の実験、ならびにプロペラ負荷の変化が緩やかな平水中の定常旋回試験を行ない、駆動機の特徴がこれら運動時の負荷特性におよぼす影響を調べた。

* 運動性能部 原稿受付: 昭和 51 年 5 月 12 日

2. 実験方法

2.1 模型船

模型実験に使用した模型船は $L/B=6.89$ の1軸コテナ船で、その船型は(社)日本造船研究協会 SR 108 研究部会が設計した船型で、船長 5.00 m, 縮尺 1/35 の木製模型である。Fig. 1 にその線図を示したが、S-7 Type が今回使用した模型船で、S-8 Type は文献¹⁾で使用された模型船である。また、実験時の模型船の主要目と、想定した実船に換算した主要目とを Table 1 に示す。

2.2 実験方法

模型実験は船舶技術研究所の三鷹第1船舶試験水槽(80 m×80 m×4.5 m)で行なった。模型船は無線で操縦される自航模型船で、計測中の操舵は自動方位設定装置で行なわれ、指定した針路が保たれる。プロペラ駆動用の主機は D.C. 24 V, 560 W, 3000 R.P.M. 定格の直流分巻電動機で、その駆動力は減速比 1/2.5 の減速ギヤーおよびプロペラ動力計を介してプロペラに伝えられる。スラストとトルクの検出には磁わい管が用いられ、プロペラ回転数はパルスカウンターでデジタル量として検出(100パルス/1回転)されるほか、アナログ量にも変換される。

実験は主として規則波中で行なわれ、波長(λ)は船長(L)の 0.35, 0.5, 0.75, 1.0, 1.25, 1.5 倍の6種類、波高(ζ_w)は λ/L が 1.5~0.5 までの波に対しては 12.5 cm ($\zeta_w/L=1/40$) の一定波高としたが、 λ/L が 0.35 の波の波高は $\lambda/L=0.5$ の波と同じ波傾斜となる 8.75 cm とした。波との出合角度(χ)は 180° ($\chi=180$ を向かい波, $\chi=0^\circ$ を追波とする)から 30° の斜

め追波まで 30° 間隔に6種類、船速はフルード数 ($F_n=v_m/\sqrt{gL}$) で 0.15 から 0.3 まで数種類に変えて航走した。

Table 1 Principal dimensions of the ship and model

Items		Model	Ship
Length betw. P.P.	L (m)	5.000	175.000
Breadth Mld.	B (m)	0.726	25.400
Draft mean	d_m (m)	0.271	9.500
Trin	t (m)	0	0
Block Coeff.	C_B	0.572	0.572
Midship Coeff.	C_M	0.970	0.970
Wate Plan Coeff.	C_W	0.711	0.711
Displacement Vol.	V (m ³)	0.563	24,119.2
Position of C.G.	l_{ob} (m)	0.074	2.48
Height of C.G.	\overline{KG} (m)	0.272	9.52
Metacentric Height	\overline{GM} (m)	0.029	1.015
Rolling Period	T_ϕ (sec)	3.07	18.16
Radius of Gyration	K_{yy}/L	0.237	
	K_{xx}/B	0.360	
Rudder Area	A_R (m ²)	0.0218	26.69
Bilge	Depth (m)	0.0192	0.45
Keel	Length (m)	1.250	43.75
Propeller	Diameter D_P	0.186	6.500
	Pitch Ratio P	1.055	1.055
	Exp. Area Ratio	0.730	0.73
	Boss Ratio	0.185	0.185
	No. of Blade	5	5
Direction of Turning		Right	Right

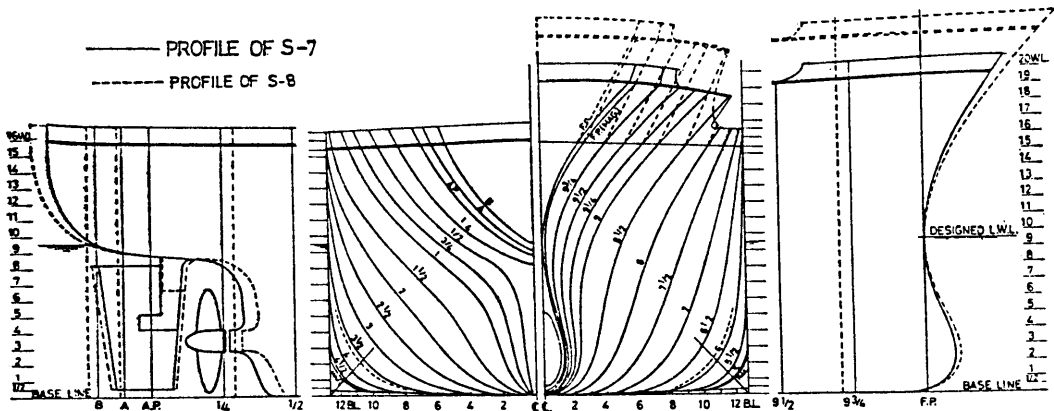


Fig. 1 Body plan

不規則波中の実験は、平均波周期が1.8秒、有義波高が17.4cm (sea condition I と呼ぶ)、21.0cm (sea condition II)、25.1cm (sea condition III) の3種類の波を用い、主として向かい波中の実験を行なった。不規則波発生のための造波プログラムは、造波開始から終了まで400秒であるのに対し、模型船の1航走の造波時間は2分程度、計測時間は正味30秒前後で非常に短い。そのため不規則波中の実験は造波プログラムを3分割し、1種の不規則波につき3航走ずつ同一条件の計測を行なって造波プログラムの全部を使用するようにした。Fig. 2 に水槽の定置波高計で記録した不規則波のエネルギースペクトラムを示した。この図の縦軸(波高のエネルギー)は3分割して起こしたそれぞれの不規則波の波高のエネルギーの平均値である。

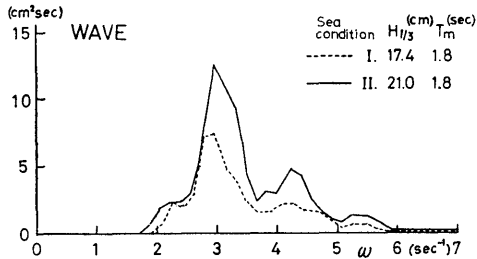


Fig. 2 Spectra of the irregular waves

計測項目は船内にセンサーを有するプロペラのスラスト、トルク、回転数、縦揺れ、横揺れ、船首揺れ、船首揺れ角速度、舵角の8項目のほか、定置波高計により波高と波周期を、また、自動航跡自画装置により船速と波との出合角度を計測した。これらの記録はペン書きオシロに記録されるとともに、A-D 変換されて磁気テープにも記録された。

3. 実験結果

3.1 実験結果の表示

ペン書きオシロに記録された規則波中の船体動揺や、スラスト、トルクなどの記録は、船体運動や舵角については変動振幅を、また、スラスト、トルク、回転数については変動振幅と変動の中心の零点からの偏差を読みとった。船体運動やスラスト、トルクなどの周期的な変動振幅の値は Fig. 3 に示した一例のように、応答振幅と船速の関係を λ/L をパラメータとした図を画き、この図から F_n が 0.15, 0.20, 0.25, 0.275 などの船速のときの各波長に対する値を補間に

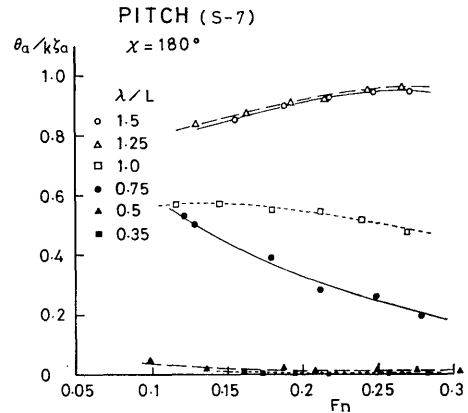


Fig. 3 An example of the results of ship motions measurement

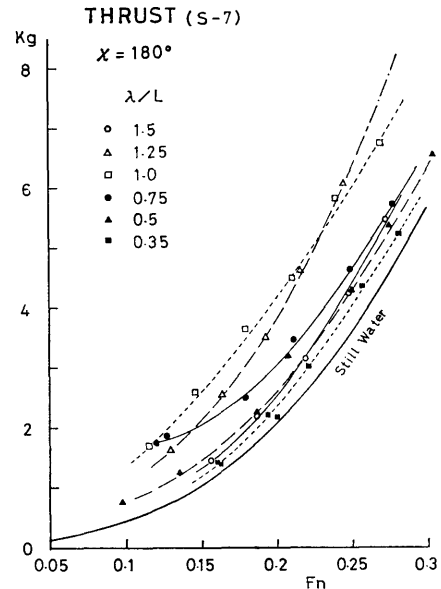


Fig. 4 An example of thrust measurement

よって求めた。波浪中のスラスト増加、トルク増加、回転数増加については Fig. 4 に示す一例のように、 λ/L をパラメータとして船速に対する波浪中のスラスト(トルク、回転数)の平均値の図を画いた。この図から F_n が 0.15, 0.20, 0.25, 0.275 などの船速のときの波浪中のスラスト(トルク、回転数)の平均値と、平水中のスラスト(トルク、回転数)との差を読みとり、これを波によるスラスト増加(トルク増加、回転数増加)とした。不規則波中の実験の解析にあたっては、ペン書きオシロのスラスト、トルク、回転

数の記録からは、変動の一つ一つの振幅と変動の中心の零点からの偏差を読みとり、変動振幅については全振幅の頻度解析を行ない、増加量については規則波の場合と同様に、船速に対するスラスト、トルク、回転数の図を画き、平水中のそれぞれの値を差し引いて増加量とした。

船体動揺、舵角、ならびにスラスト、トルク、回転数の実験結果は、下記のように無次元化して表わす。

縦揺れ $\mu_\theta = \theta_a / k \zeta_a$
 横揺れ $\mu_\varphi = \varphi_a / k \zeta_a$
 船首揺れ $\mu_\psi = \psi_a / k \zeta_a$
 船首揺れ角速度 $\mu_{\dot{\psi}} = \dot{\psi}_a / \omega_e k \zeta_a$
 舵角 $\mu_\delta = \delta_a / k \zeta_a$

- ここに θ_a : 縦揺れ振幅
 φ_a : 横揺れ振幅
 ψ_a : 船首揺れ振幅
 $\dot{\psi}_a$: 船首揺れ角速度振幅
 δ_a : 舵角振幅
 $k \zeta_a$: 最大波傾斜 $k = 2\pi/\lambda$
 ω_e : 出合波の円周波数

スラスト増加 $\tau_r = T_{AW} / \{(\rho g \zeta_w^2 B^2) / L\}$
 トルク増加 $\kappa_r = Q_{AW} / \{(\rho g \zeta_w^2 D_p B^2) / L\}$
 回転数増加 $\nu_r = n_{AW} D_p^3 V / \{(g \zeta_w^2 B^2) / L\}$
 スラスト変動振幅 $\tau_f = T_{AF} / \{(\rho g \zeta_w^2 B^2) / L\}$
 トルク変動振幅 $\kappa_f = Q_{AF} / \{(\rho g \zeta_w^2 D_p B^2) / L\}$
 回転数変動振幅 $\nu_f = n_{AF} D_p^3 V / \{(g \zeta_w^2 B^2) / L\}$

- ここに T_{AW} : スラスト増加量
 Q_{AW} : トルク増加量
 n_{AW} : 回転数増加量
 T_{AF} : スラスト変動の全振幅
 Q_{AF} : トルク変動の全振幅
 n_{AF} : 回転数変動の全振幅
 ρ : 水の密度
 g : 重力の加速度
 ζ_w : 波高 $= 2 \zeta_a$
 L : 船長
 B : 船の幅
 D_p : プロペラの直径
 V : 船速

また、不規則波中のスラスト、トルク、回転数の増加量ならびに変動量の無次元化にあたっては、規則波の波高 (ζ_w) の代わりに不規則波の有義波高 ($H_{1/3}$) を使用した。

3.2 船体動揺

Fig. 5~Fig. 9 に船が規則波中を $Fn=0.25$ で航走

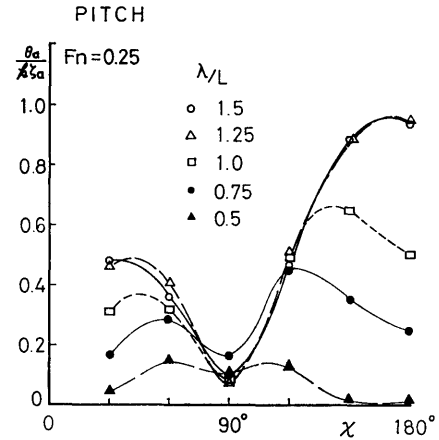


Fig. 5 Pitching amplitude versus heading angle

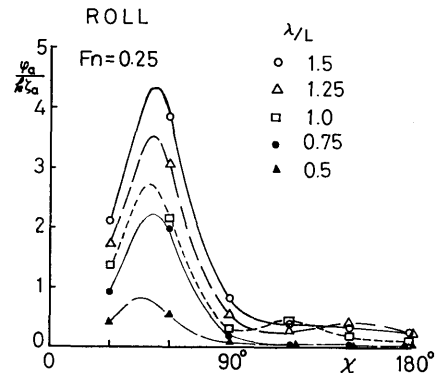


Fig. 6 Rolling amplitude versus heading angle

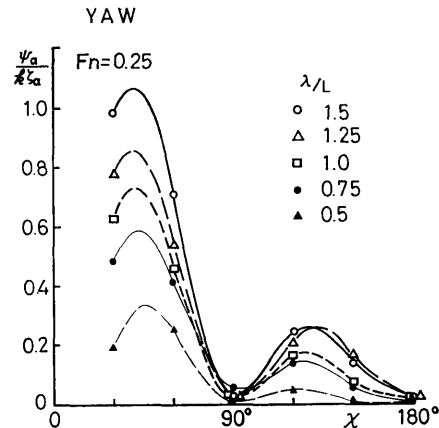


Fig. 7 Yawing amplitude versus heading angle

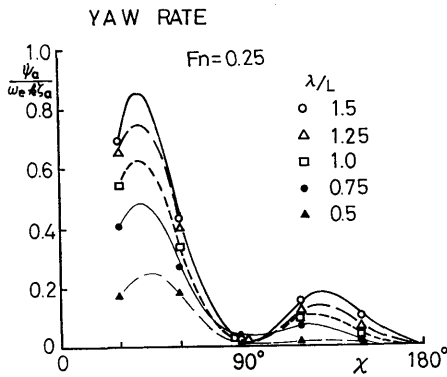


Fig. 8 Amplitude of yawing rate versus heading angle

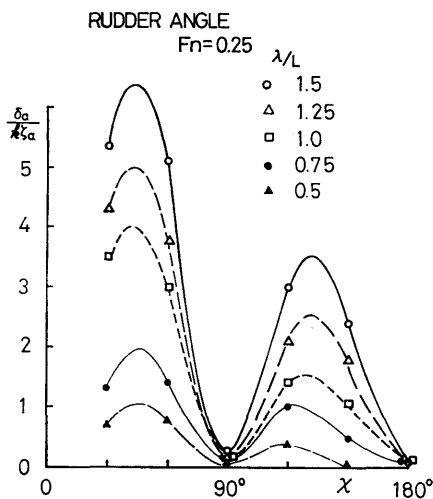


Fig. 9 Amplitude of rudder angle versus heading angle

するときの、波との出合角度に対する縦揺れ、横揺れ、船首揺れ、船首揺れ角速度、および舵角の変動振幅の応答を、波長 (λ/L) をパラメータとして画いたものを示す。

縦揺れの応答は向かい波や斜め向波のときに大きく、横波中では小さい。波長に対しては波長が長いほど縦揺れは大きい。横揺れの応答は $\chi=50^\circ \sim 60^\circ$ の斜め追波中で大きく、向かい波から横波にかけては小さい。これは模型船の横揺固有周期が 3.07 秒であるのに対し、本実験で使用した規則波の波周期が 1.06 ~ 2.19 秒であり、斜め追波中で同調横揺れを起こすためである。船首揺れと船首揺れ角速度の振幅応答は、いずれも斜め追波中で大きく、波長の長いほど大きな

値を示している。また、向かい波や横波中での応答は小さい。舵角振幅の出合角度に対する応答は斜め追波のときに最も大きく、斜め向波では斜め追波のときの約 1/2 の大きさである。また、波長が長いほど応答は大きい。斜め追波中の応答のピークの値は、 λ/L が 1.5, 1.25, 1.0 のときはいずれも約 20° の舵角に相当し非常に大きい。これは実験時の自動方位設定装置の helm adjust (偏り角に比例して舵角を決める係数: a) と checking rudder adjust (回転角速度に比例して舵角を決める係数: b) の設定がそれぞれ 2 および 5.4 で、追波における b の設定を向かい波と同じにしたため、追波に対しては b の値が大き過ぎた結果と考えられる。

3.3 規則波中のスラスト、トルク、回転数

規則波中のスラスト、トルク、ならびに回転数の増加を、船速をパラメータとし、波長に対してプロットした図を Fig. 10 ~ Fig. 15 に示す。また、 $Fn=0.25$ のときのスラスト、トルク、回転数の増加を、波との出合角度に対してプロットしたものを Fig. 16 ~ Fig. 18 に示した。これらの図から、スラストとトルクの増加は向かい波および斜め向波のときに大きく、横波や斜め追波では小さいこと、増加量が最大となるときの波長は向かい波では λ/L が 1.1 付近であり、出合角度が小さくなるに従って短い波長の方に移動すること、船速が大きいほどスラスト増加、トルク増加は大きくなるが、波長の短いところでは船速の影響が少ないことなどがわかる。回転数増加も向かい波およ

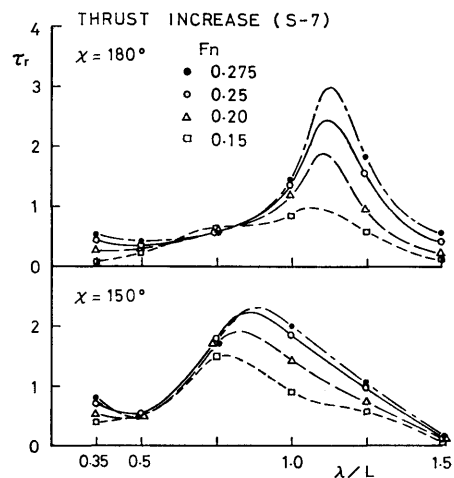


Fig. 10 Mean thrust increase versus wave length

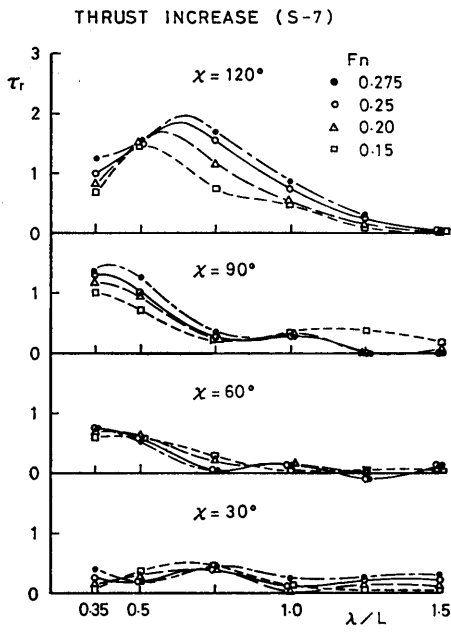


Fig. 11 Mean thrust increase versus wave length

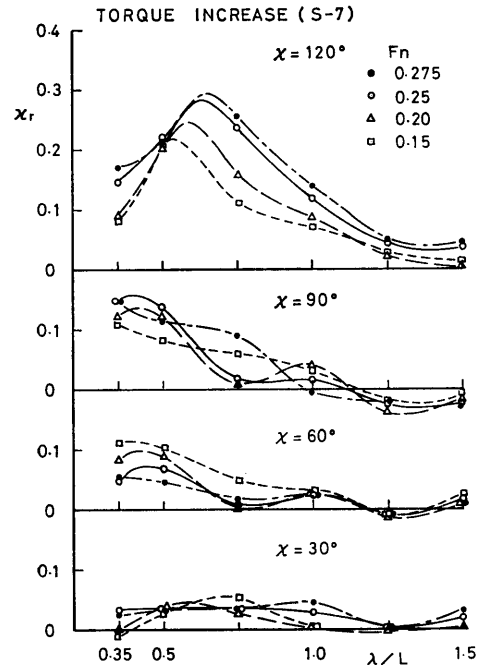


Fig. 13 Mean torque increase versus wave length

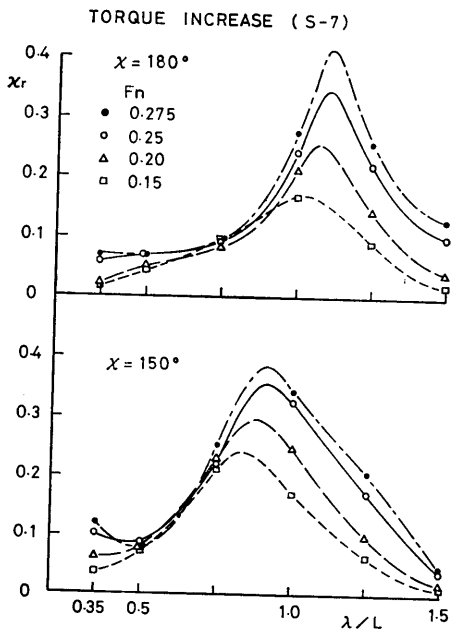


Fig. 12 Mean torque increase versus wave length

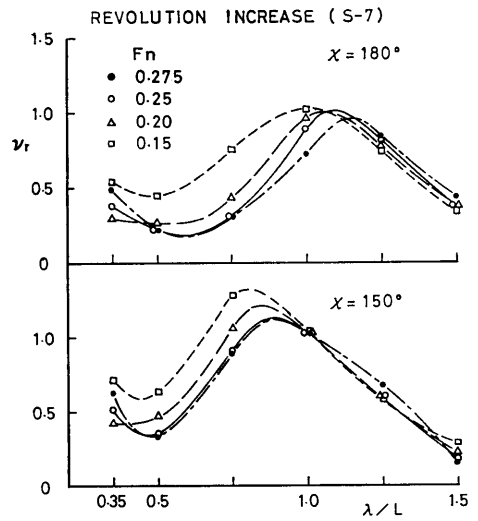


Fig. 14 Mean revolution increase versus wave length

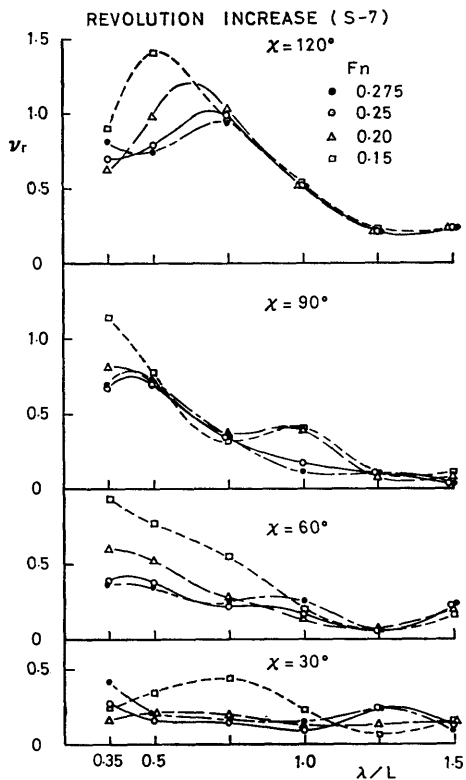


Fig. 15 Mean revolution increase versus wave length

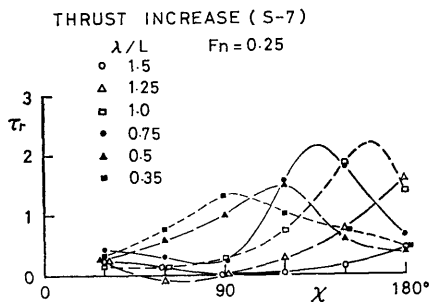


Fig. 16 Mean thrust increase versus heading angle

び斜め向波で大きく、横波から追波に近づくとき小さくなる傾向が見られる。船速の影響は船速が小さいほど大きくなるが、波長の長いところでは船速の影響はあまり見られない。

規則波中におけるスラスト、トルク、ならびに回転数の変動を Fig. 19~Fig. 27 に示した。Fig. 19~Fig. 24 はスラスト、トルク、回転数の変動を波との出合

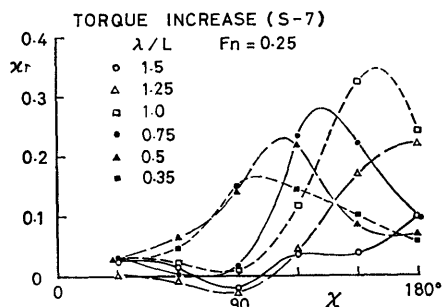


Fig. 17 Mean torque increase versus heading angle

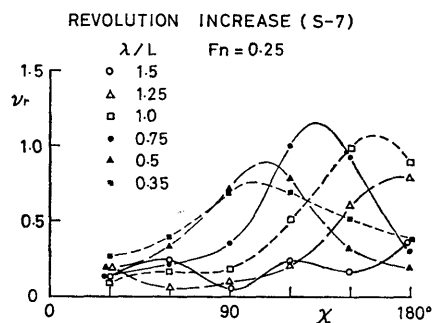


Fig. 18 Mean revolution increase versus heading angle

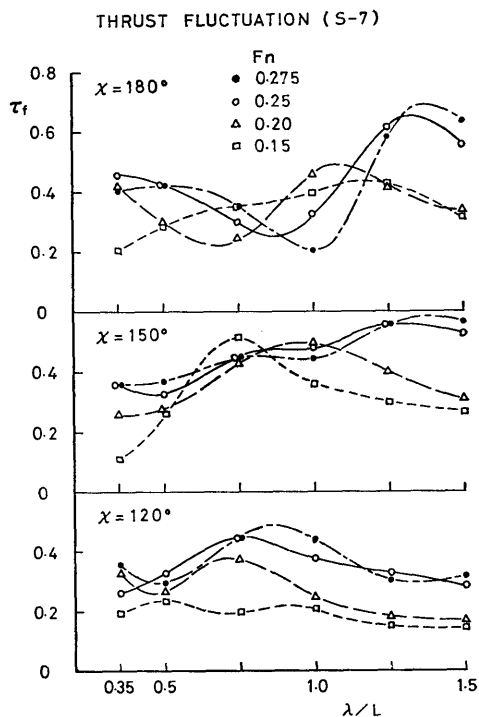


Fig. 19 Amplitude of thrust fluctuation versus wave length

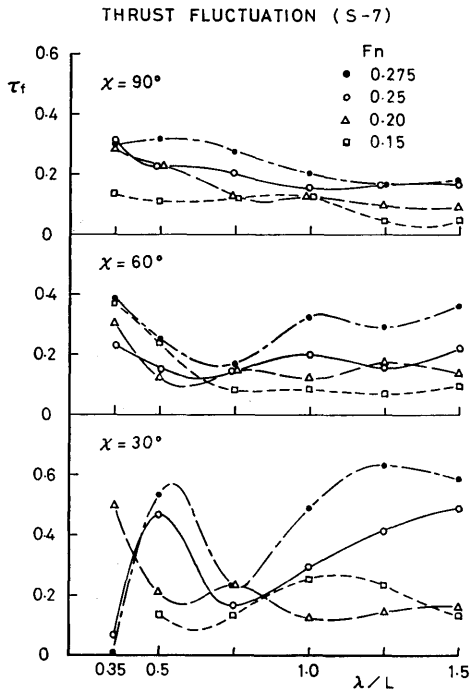


Fig. 20 Amplitude of thrust fluctuation versus wave length

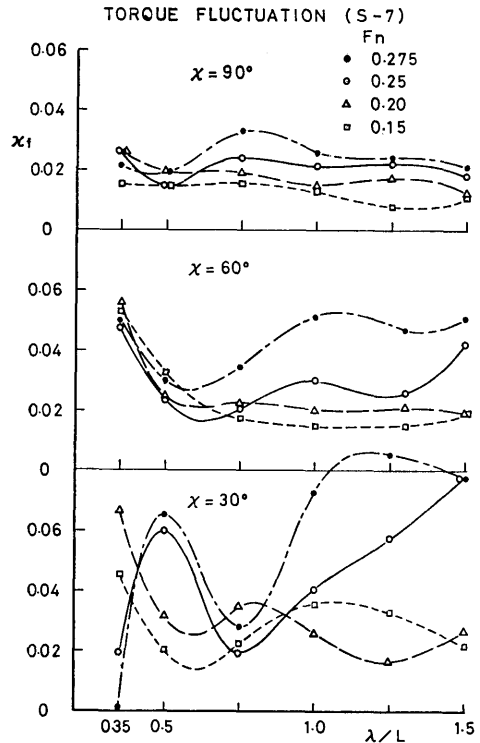


Fig. 22 Amplitude of torque fluctuation versus wave length

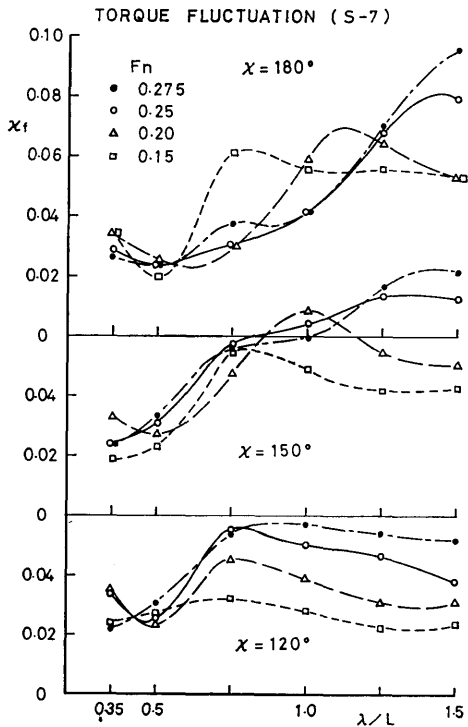


Fig. 21 Amplitude of torque fluctuation versus wave length

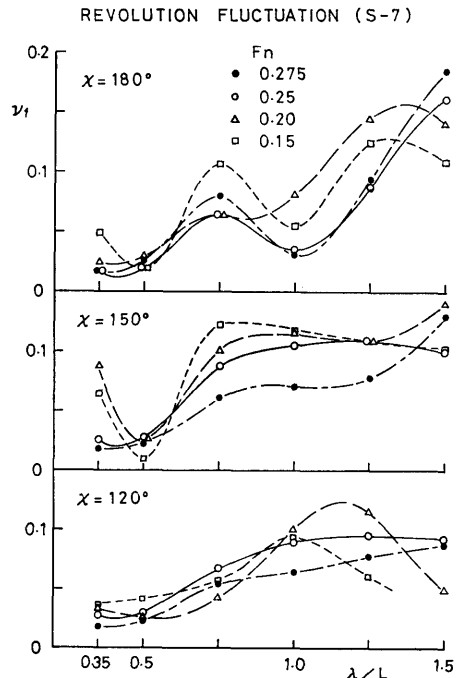


Fig. 23 Amplitude of revolution fluctuation versus wave length

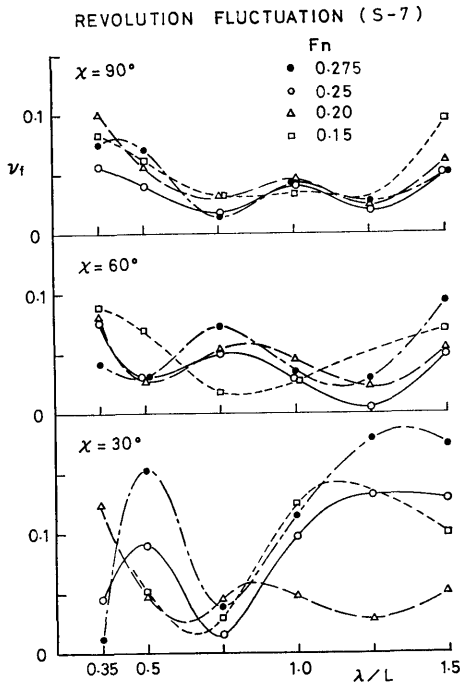


Fig. 24 Amplitude of revolution fluctuation versus wave length

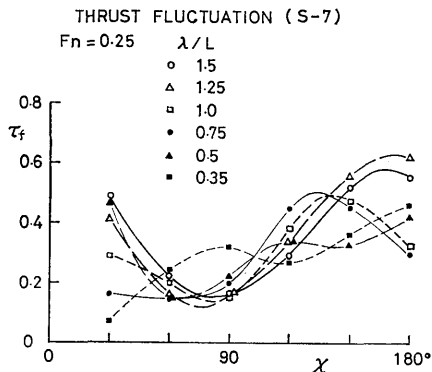


Fig. 25 Amplitude of thrust fluctuation versus heading angle

角度ごとに、船速をパラメータとして波長に対してプロットした図であり、Fig. 25~Fig. 27 は $F_n=0.25$ のときのスラスト、トルク、回転数の変動を出合角度に対してプロットした図である。これらの図から、スラスト、トルク、および回転数の変動は、波長や船速および波との出合角度によって大きく変化するが、一般的には向かい波や斜め波のときに大きく、横波中では小さいことがわかる。また波長が長いほど変動は大きい。

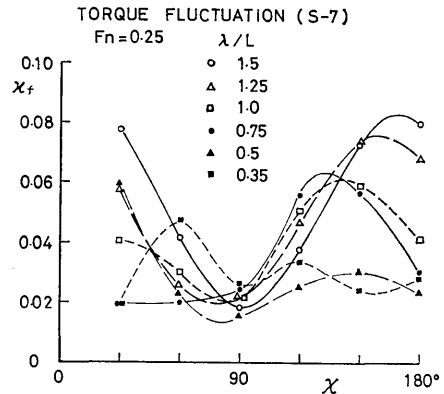


Fig. 26 Amplitude of torque fluctuation versus heading angle

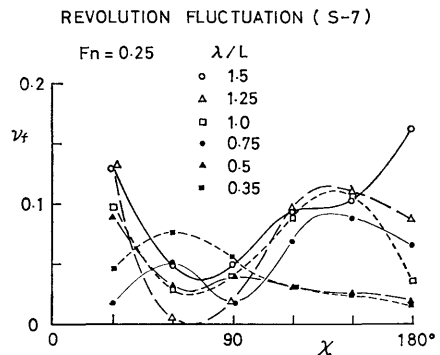


Fig. 27 Amplitude of revolution fluctuation versus heading angle

規則波中の波との出合角度に対するスラスト増加ならびにトルク増加の応答 (Fig. 16, Fig. 17) を G. Vossers の Series 60 模型による実験から $L/B=7$, $C_B=0.572$, $F_n=0.25$ の場合のスラスト増加およびトルク増加を補間によって求めた実験結果 (文献 1) の Fig. 45, Fig. 46) と比較してみると、Vossers の実験に使用された規則波の波長 (λ/L) が本実験と異なるため厳密な比較は困難であるが、両者の実験結果はほぼ一致している。

3.4 不規則波中のスラスト、トルク、回転数

不規則波中のスラスト増加、トルク増加、および回転数増加を船速に対してプロットしたものを Fig. 28 ~Fig. 30 に示した。これらの図から、不規則波中でのスラストやトルク、ならびに回転数の増加は $\chi=180^\circ$ の向かい波で大きく、 $\chi=60^\circ$ の斜め追波では小さいこと、船速が大きくなるほどスラスト増加とトルク増加は大きくなるが、回転数増加は船速の影響が少ないこ

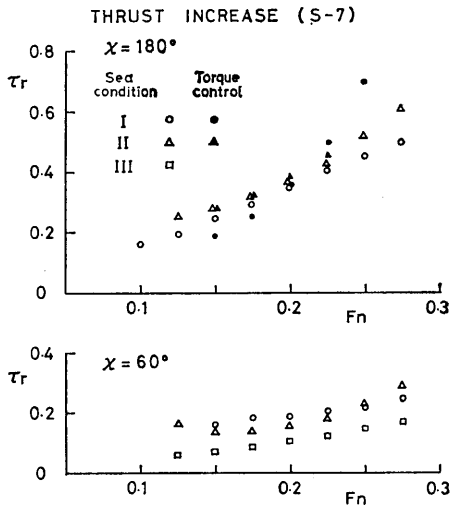


Fig. 28 Mean thrust increase in irregular waves

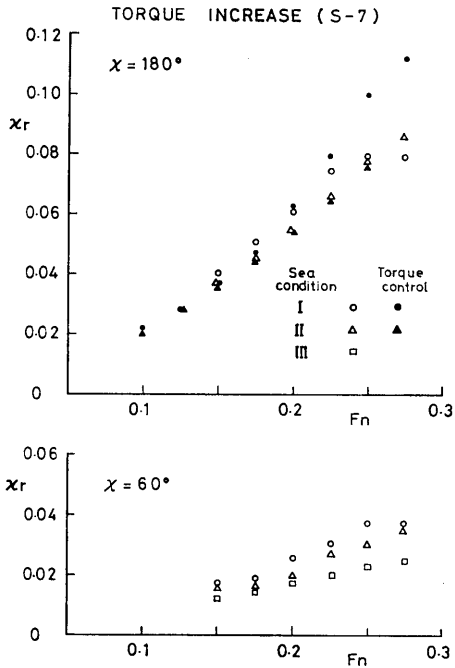


Fig. 29 Mean torque increase in irregular waves

と、などがわかる。Fig. 31 および Fig. 32 はそれぞれ不規則波、向かい波中のスラストおよびトルクの変動振幅の頻度分布を示したものである。この図から、スラストおよびトルクの変動振幅は船速の増加に従って大きくなること、波高が大きいかほど変動振幅が大きくなること、Fig. 33 はスラスト変動とトルク変動の平均の無次元値を船速に対してプロットした

図である。この図から、スラストとトルクの変動の無次元値は船速の増加とともに増すことがわかる。

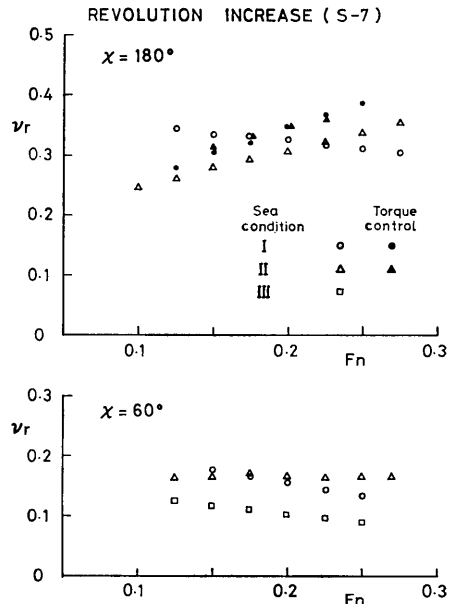


Fig. 30 Mean revolution increase in irregular waves

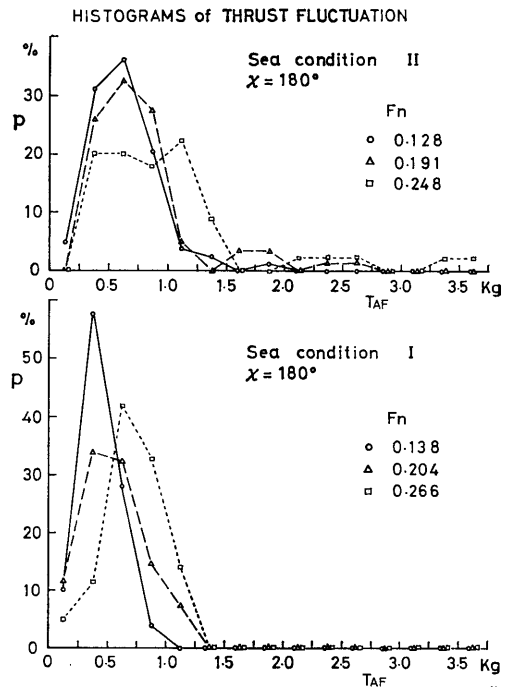


Fig. 31 Histograms of thrust fluctuation in irregular waves

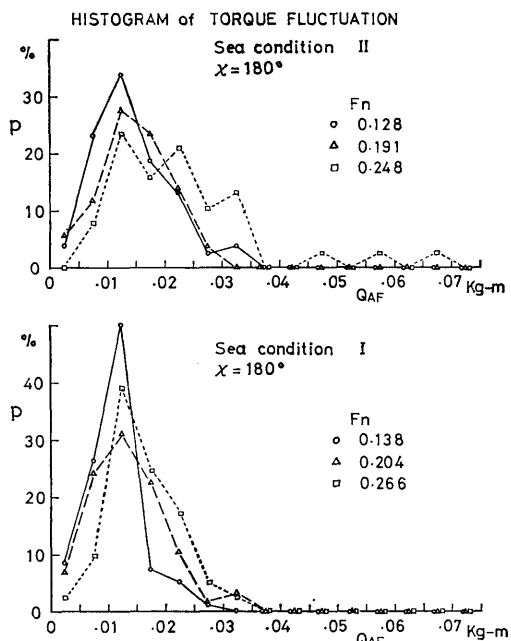


Fig. 32 Histograms of torque fluctuation in irregular waves

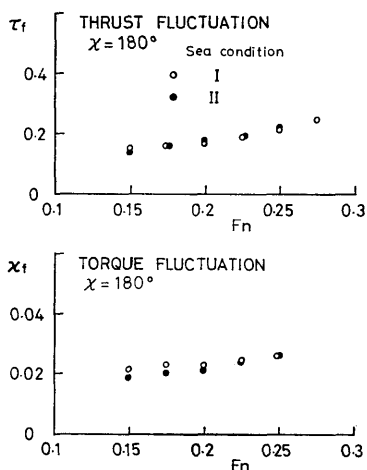


Fig. 33 Mean amplitude of thrust and torque in irregular waves

3.5 トルク一定制御を行なった場合のスラスト、トルク、回転数

プロペラのスラスト、トルク、および回転数の変動量はプロペラ駆動機の特長により変化する²⁾。模型船の自航試験によく使用される直流分巻電動機は、回転子電圧を一定にした場合には負荷変動にかかわらずその回転数はほとんど一定であり、一方、実船に使用さ

れているディーゼル機関では、燃料ハンドルの位置を一定にしておくのとトルク一定であるといわれる。そこで著者らはトルク一定制御装置を試作してプロペラ軸トルク一定の実験を行ない、従来のトルク制御をしない場合との比較を行なった。トルク一定制御装置は、Fig. 34 のブロック図に示すようなものである。すなわち、差動増幅器はトルク設定器の出力電圧 Q_1 とプロペラ動力計のトルク出力電圧 Q_2 とを比較し、 $Q_1 - Q_2$ が常に予定したトルクに対応した設定電圧 Q_3 になるような働きをする。 Q_3 は電流制御回路においてプロペラ駆動用電動機の回転子電流を制御して、設定したトルクを一定に保つ働きをする。

Fig. 35, 36 に規則波中および不規則波中でトルク一定制御装置を使用した場合と使用しない場合のスラスト、トルク、回転数の記録の例を示した。これらの図から、トルク一定制御をすると、スラストとトルクの変動振幅が小さくなり、プロペラ回転数の変動振幅が大きくなる様子が見られる。Fig. 37~Fig. 39 は規則波の向かい波中でトルク一定制御した場合と制御しない場合のスラスト、トルク、および回転数の増加について比較したものである。また Fig. 40~Fig. 42 にはそれぞれの変動について比較した図を示した。これらの図から、トルク一定制御をした場合のスラスト増加、トルク増加、回転数増加にはトルク制御しない場合との違いはあまり見られないが、それらの変動には明瞭な相違が見られる。すなわち、トルク一定制御をすると、スラスト変動とトルク変動とは減少するのに対し、回転数変動は逆に増加する。また、トルク一定制御をすると、スラスト変動とトルク変動は波長が長いほど、船速が小さいほど変動応答が小さくなるのに対し、回転数変動は波長が長いほど、船速が小さいほど大きな変動応答をしている。これは電動機、減速ギヤ、プロペラ動力計などの駆動軸系の慣性のため、

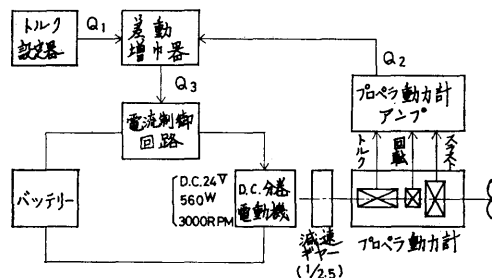


Fig. 34 Block diagram of the torque control system

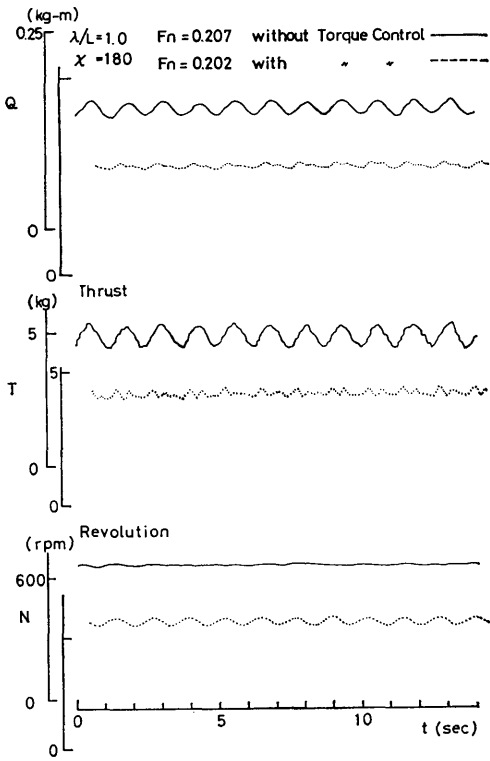


Fig. 35 An example of record for thrust, torque and revolution in regular waves

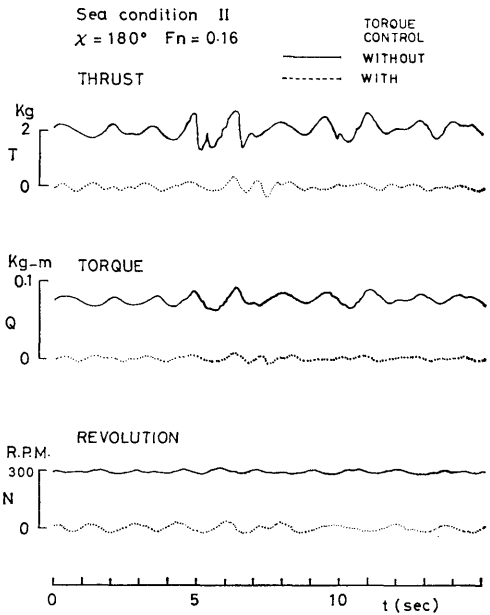


Fig. 36 An example of record for thrust, torque and revolution in irregular waves

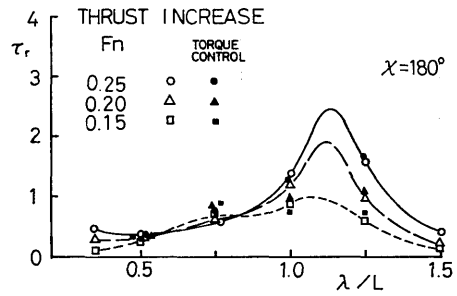


Fig. 37 Comparison of mean thrust increase with and without torque control in regular waves

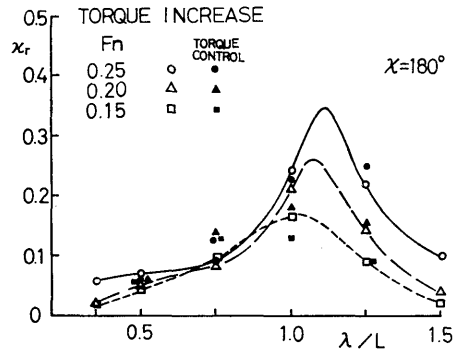


Fig. 38 Comparison of mean torque increase with and without torque control in regular waves

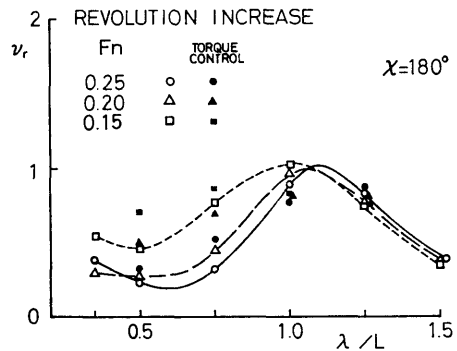


Fig. 39 Comparison of mean revolution increase with and without torque control in regular waves

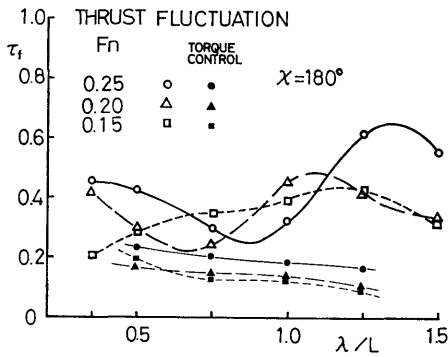


Fig. 40 Comparison of thrust fluctuation with and without torque control in regular waves

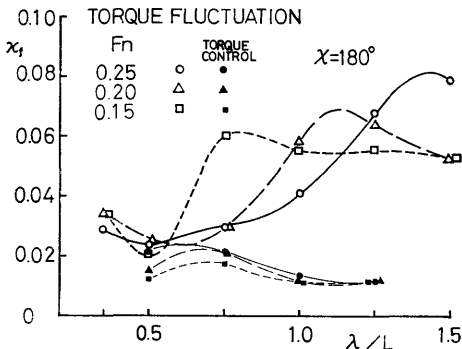


Fig. 41 Comparison of torque fluctuation with and without torque control in regular waves

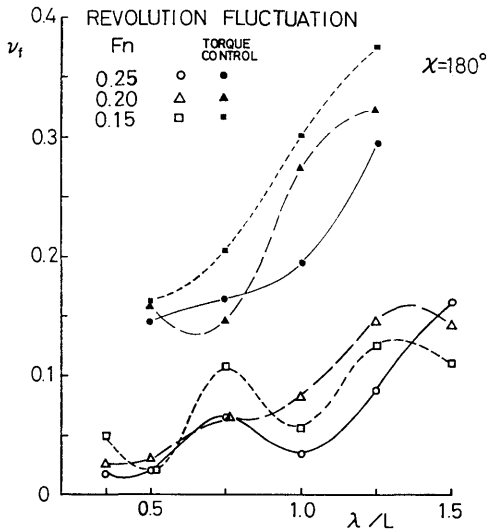


Fig. 42 Comparison of revolution fluctuation with and without torque control in regular waves

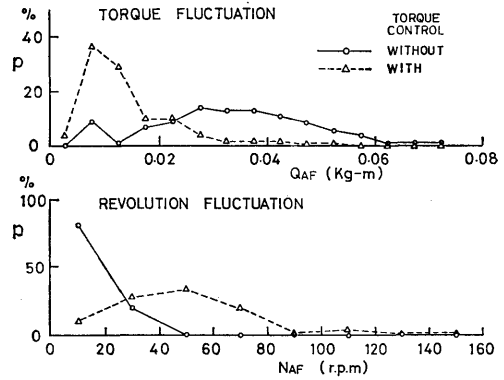


Fig. 43 Comparison of histograms for torque fluctuation and revolution fluctuation with and without torque control

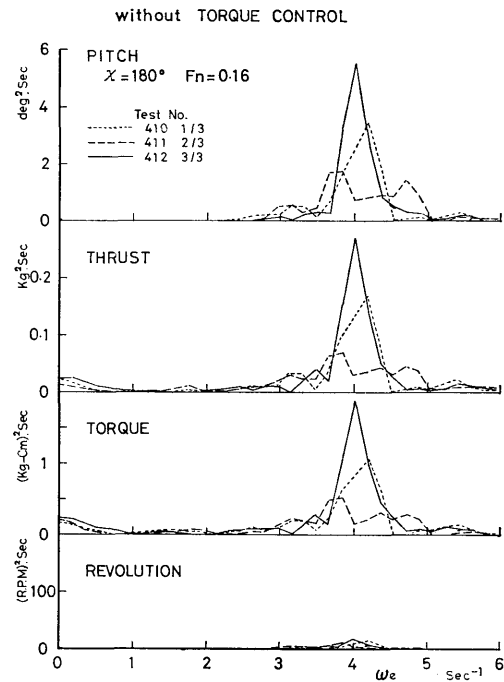


Fig. 44 Spectra of pitch, thrust torque and revolution in irregular waves (without torque control)

周期の短い変動に対するトルク一定制御装置の応答が不十分であったと思われる。

不規則波の向かい波中でトルク一定制御した場合のスラスト増加, トルク増加, ならびに回転数増加の実験結果を Fig. 28~Fig. 30 に併記してある。この実験結果を見ると, 不規則波中でトルク一定制御した場合のスラスト, トルク, 回転数の増加は, トルク制御し

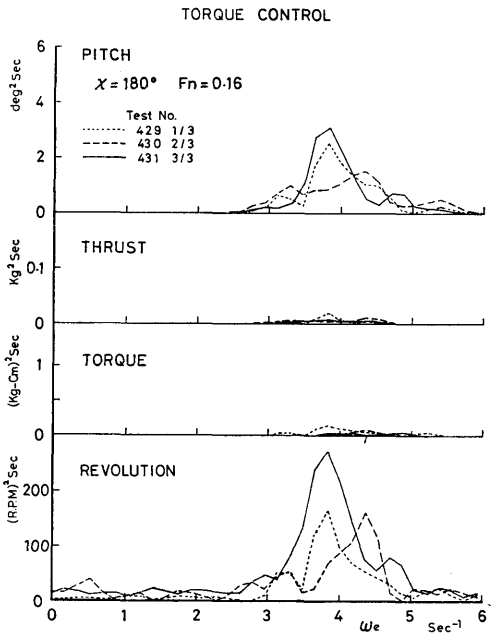


Fig. 45 Spectra of pitch, thrust torque and revolution in irregular waves (with torque control) without Torque Control

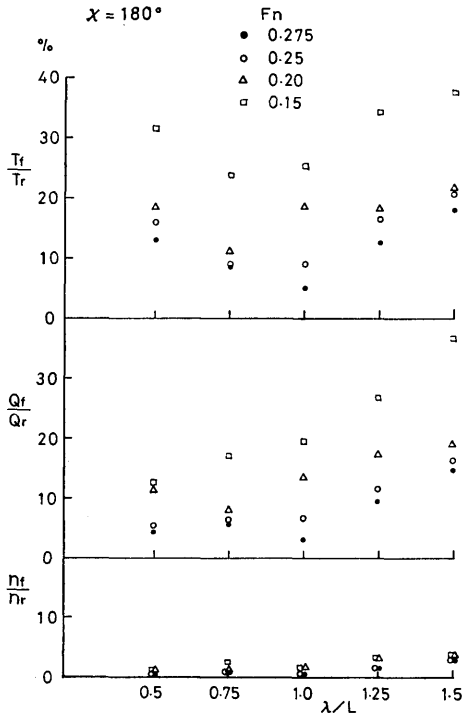


Fig. 46 Fluctuation ratio of thrust, torque and revolution in regular waves (without torque control)

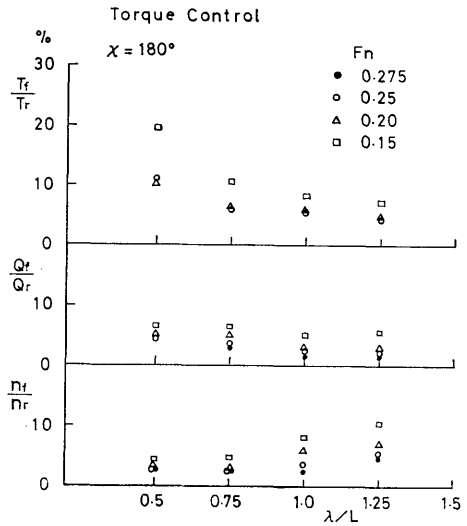


Fig. 47 Fluctuation ratio of thrust, torque and revolution in regular waves (with torque control)

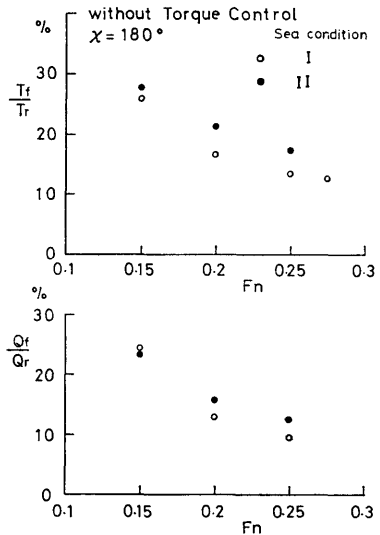


Fig. 48 Ratio of fluctuation to thrust and torque in irregular waves (without torque control)

ない場合とほとんど変わらない。Fig. 43 は sea condition II の不規則波中を航走したときのトルクと回転数の変動振幅を、トルク一定制御した場合と制御しない場合について、変動振幅の頻度分布の形で比較したものである。この図から、不規則波中でもトルク一定制御をするとトルク変動は小さくなり、逆に回転数変動が大きくなることわかる。Fig. 44, Fig. 45 は Sea condition II の不規則波中の縦揺れとスラスト、

トルクおよびプロペラ回転数の変動のスペクトラムを示したもので、Test No. の後の 1/3, 2/3, 3/3 と記してあるのは 3 分割した造波プログラムの前部、中間部、後部を使用して造波したことを示す。これらの図を比較してみても、トルク一定制御をするとスラストおよびトルクの変動が減少し、逆に回転数変動が増大していることがわかる。

Fig. 46, Fig. 47 に規則波中を向かい波で航走したときのスラスト、トルク、および回転数の変動率 (T_f/T_r , Q_f/Q_r , n_f/n_r) を示した。 T_r , Q_r , n_r はそれぞれスラスト、トルク、回転数の平均値で、 T_f , Q_f , n_f はそのときの変動量の全振幅である。トルク一定制御をしない場合を Fig. 46 に、トルク一定制御した場合を Fig. 47 に示してある。これらの図によれば、トルク一定制御をしない場合のスラストとトルクの変動率は、波長が長く船速が小さいときに最も大きくなり約 35% に達しているが、回転数の変動率は波長や船速にあまり関係なく、その値は 3% 程度で小さい。トルク一定制御をすると、トルク変動率は 7% 程度にまで減少し、スラスト変動率も 10% 程度まで減少するのに対し、回転数の変動率は波長が長く船速が小さい場合には 10% 程度にまで増加している。Fig. 48 は不規則波、向かい波中をトルク制御しない場合のスラストとトルクの変動率を示したものであるが、いずれも船速が大きくなるほど変動率が小さくなる傾向を示している。

3.6 定常旋回試験

トルク一定制御をした場合と制御しない場合の定常旋回試験結果を Fig. 49~Fig. 51 に示した。Fig. 49 は舵角 (δ) 35° 、旋回初速 (V_a) 約 2 m/sec ($F_n=0.286$) で左旋回したときのトルク、スラスト、回転数、船速および舵角の時間経過を示す記録で、操舵点を時間軸の零点としてある。また、この図には右 35° 旋回の記録も比較のために併記してあるが、縦軸の零点はズラしてある。この図によれば、トルク一定制御をした場合はトルク制御しない場合に比べ、トルクは直進時の値とほとんど変わらず、スラスト、プロペラ回転数、および船速が小さくなっているのがわかる。この定常旋回のように、船体運動がゆるやかな場合にはトルク制御装置が十分に動作している様子がわかる。Fig. 50 は定常旋回中のトルク増加率、スラスト増加率、および回転数減少率を比較したもので、縦軸は定常旋回中のトルク、スラスト、回転数の値 (Q_t , T_t , N_t) と直進中のそれぞれの値 (Q_0 , T_0 , N_0) との比である。こ

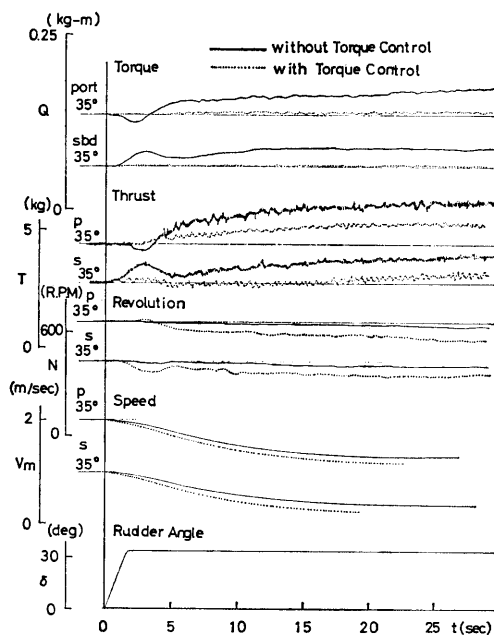


Fig. 49 An example of record of steady turning test

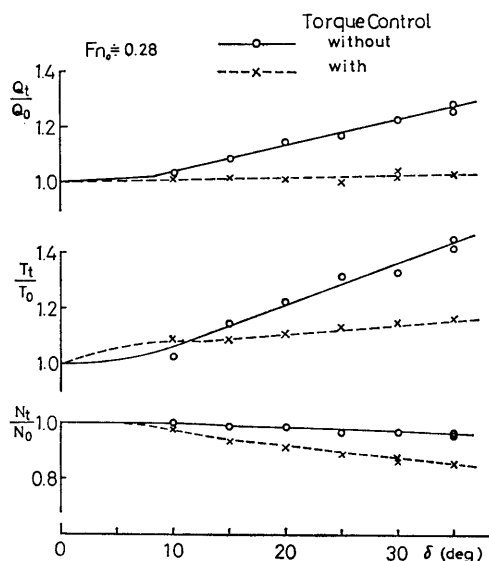


Fig. 50 Comparison of torque, thrust and revolution versus rudder angle of steady turning test with and without torque control

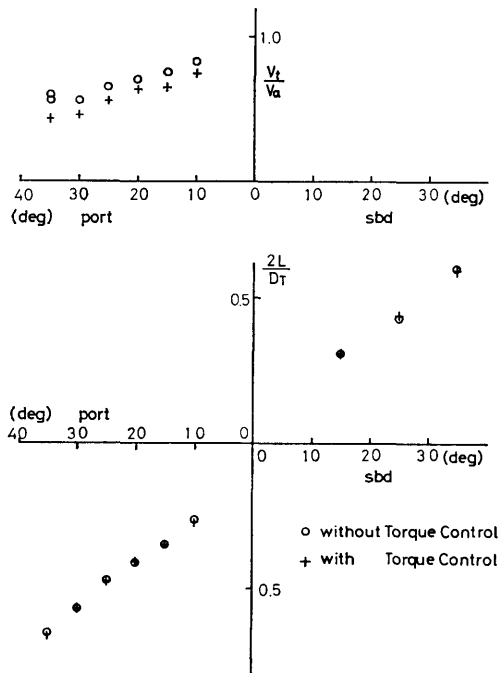


Fig. 51 Comparison of turning rate and speed versus rudder angle of steady turning test with and without torque control

の図から、トルク一定制御の場合と制御しない場合とのトルク増加率、スラスト増加率、および回転数減少率の相違は、旋回時の舵角が大きいほど著しいことがわかる。Fig. 51 に定常旋回時の舵角に対する速力減少率（旋回速度と旋回初速の比 V_t/V_a ）および定常旋回径（船長と旋回半径の比）を比較したものを示す。この図によると、トルク一定制御をしても定常旋回径は変わらないが、速力減少率は大きくなるがわかる。

4. むすび

今回の実験では従来の回転数一定に近い特性の駆動機による実験のほかに、一部分ではあるがトルク一定制御装置を使用してトルク変動を押えた実験も行なって両者を比較し、プロペラ駆動用電動機の特制制御の可能性を示す実験結果、ならびにトルク一定制御時のプロペラ負荷変動の概要を知ることができた。

プロペラのスラスト、トルク、および回転数の変動はプロペラ駆動機の特制によって異なるといわれる。従って、スラスト、トルク、回転数の変動に関する自航模型船による実験では、模型船のプロペラ駆動機の特制を実船の駆動機に近づけることが望ましい。今回の実験は将来、実船の機関特制をシミュレートした模型実験の可能性の道を開くものである。

なお、本研究の一部は(社)日本造船研究協会 SR 125 部会との共同研究であることを付記する。

参考文献

- 1) 吉野泰平他: 高速コンテナ船の斜め波中におけるスラスト、トルク変動に関する模型実験, 船舶技術研究所報告, 第 11 巻, 第 4 号(昭和 49 年 7 月)
- 2) 田崎 亮: 波浪中自航試験における駆動機特性, 造船協会論文集, 第 101 号(昭和 32 年 8 月)