

急速停止時および後進時におけるトルク変動の実態調査

上田 隆康* 佐々木紀幸** 菅井 信夫* 横尾 直幸*

Experimental Study on Torque Fluctuation During the Crash Stop Maneuver of the Large Tanker with Ducted Propeller

By

Takayasu UEDA, Noriyuki SASAKI, Nobuo SUGAI and Naoyuki YOKOO

Abstract

Fluctuation of shaft torque which occurs during the crash stop maneuver is considerably larger than that under the ordinary ahead condition.

It may be supposed that this phenomenon will be caused by the following reasons,

- 1) unstableness of flow field around a propeller,
- 2) stall of propeller blade,
- 3) resonance on torsional vibration of shaft.

But, there are only few studies with respect to the cause and the reduction methods of the torque fluctuation concerned, especially on ship with ducted propeller.

Thus, in order to measure the torque fluctuation during the crash stop motion, the experiments were conducted on the models of large tanker which large fluctuation of torque seemed to be influenced by the outfit of ducted propeller was experienced.

The effect of propulsion devices, that is, conventional and ducted propellers, and of duct shape on the torque fluctuation were investigated by means of experiments.

The main results obtained are as follows:

- 1) The torque fluctuation of ducted propeller during the crash stop maneuver was about two times that of conventional propeller, except the former part of decreasing advance speed.
- 2) The effect of duct shape on the torque fluctuation was not found on such a ship.

1. まえがき

船舶が、プロペラを逆回転させて急速停止や後進を行う場合には、通常の前進時にくらべ、主軸にかなり大きなトルク変動が発生する。

この原因としては、

- (1) 流場の不安定さ
- (2) プロペラ翼のストール¹⁾
- (3) 軸の振り振動(共振)

があげられるが、トルク変動はどのような状態の時に大きいのか、またプロペラの形態(ここではダクトプロペラとダクト無し普通型プロペラ)によって差異が現われるものなのかと言った疑問に答えた資料がこれまであまり見当たらない。

この報告は、実船において比較的大きいトルク変動が計測された大型タンカーの急速停止及び後進試験の記録とそれらに関して実施された模型実験の結果をとりまとめたものである。

2. 調査実船

調査対象とした実船は、ダクトプロペラを装備した

* 推進性能部

** 住友重機械工業株式会社

原稿受付：昭和55年9月2日

Table 1 Principal particulars of hull, propeller and duct

		Ship		Small model, for flow observation		Large model, M. S. No. 0178, for measurement of torque fluctuation	
HULL	$L_{PP}(m)$	358.0		3.100 (shortened from 7.200)		9.000 (360.0)*	
	$L_{WL}(m)$	368.0					
	$B_{MLD}(m)$	68.8		0.800		1.636 (65.5)*	
	$d_{MLD}(m)$	23.6		0.455		0.620 (21.6)*	
	C_B	0.812				0.819	
	L_{PP}/B	5.2		3.875		5.5	
	B/d	2.92		1.758		2.64	
	l_{CB}	-3.8%				-2.75%	
PROPELLER		Impeller of duct	Conven- tional	Imp. of duct	Conven- tional	Imp. of duct M. P. No. 0088	Conventional M. P. No. 0045
	$D(m)$	9.0	9.5	0.1800	0.1973	0.2312 (9.248)*	0.2413 (9.652)*
	ρ	0.967 at 0.7R	0.6747 const.	0.9786 at 0.7R	0.735 at 0.7R	0.935 const.	0.730 const.
	λ_B	0.1833	0.1737	0.2	0.186	0.180	0.1890
	a_E	0.6983	0.680	0.7185	0.60	0.75	0.575
	Rake	0°	4°56'			0°	9°58'
	Z	5	5	5	5	5	5
	Section	NACA-16	MAU			MAU	MAU
DUCT		Duct-49				Duct- 49	Duct- 19 a
	Length	0.45D		0.45D		0.45D	0.50D
ENG.		50,000 P S × 85rpm				(60,000 P S × 85rpm)*	

N. B., ()* : full scale

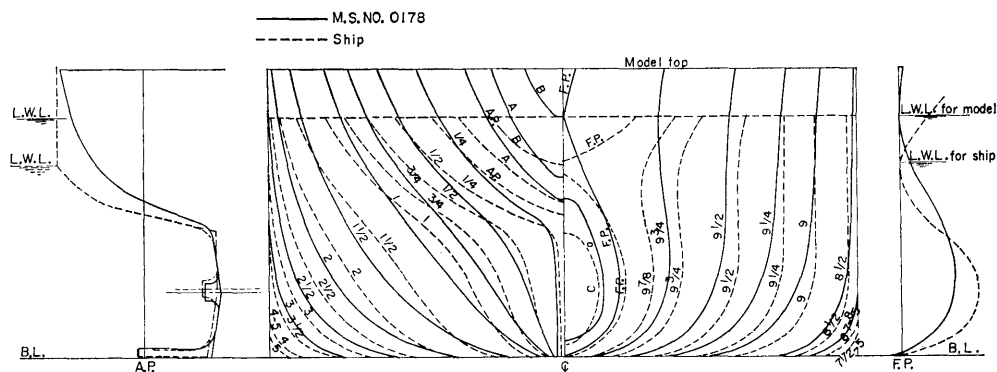


Fig. 1 Body plan and stem & stern profiles

大型タンカー（住友重機械工業㈱追浜造船所建造……以下本船と呼ぶ）であり、そのプロペラを含めた主要目を表一に、また正面線図及び船首尾形状を図一に示す。なお、ダクト形状は 図二に示すような加速型ダクトであり、その長さはプロペラ直径の45%である。

Duct no.	Length
Duct - 19a	0.50 D
Duct - 49*	0.45 D

N. B., * : installed to ship
D : Impeller diameter

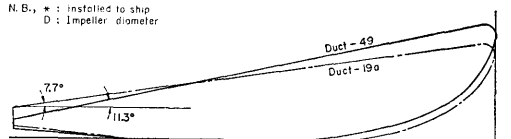


Fig. 2 Geometry of ducts

2.1 速力試験

満載状態の速力試験成績は水槽試験による馬力推定曲線とほぼ一致する結果が得られた。これらの比較を図三に示す。また、ダクト無しの場合の水槽試験結果も参考として同図中に示した。これによれば、ダクトプロペラによる馬力節減量は約6%であった。

2.2 急速停止及び後進試験

本船の試運転時に、図一四に示すような計測システムで主軸トルクを計測し、軸馬力を求めた。

計測結果を、船速、プロペラ回転数などと共に図一五に示すが、図中の区間①は、プロペラ回転方向と船速とが共に正、区間②はプロペラ回転方向が負、船速が正、区間③は、プロペラ回転方向と船速が共に負の状態である。

一般的に区間③は、トルク変動が大きい、本船は区間③もダクト無しの他の船舶と比較してやや変動が大きい様に見受けられた。

図一六～図一八は、計測されたトルク変動をフーリエ解析したものであるが、変動の大きい区間③、④は波形が非常に不規則であり、流場の時間的な不安定さを示唆している。

3. 模型実験

3.1 実験計画

試験の目的は、一定速力の航走中に急速停止や後進

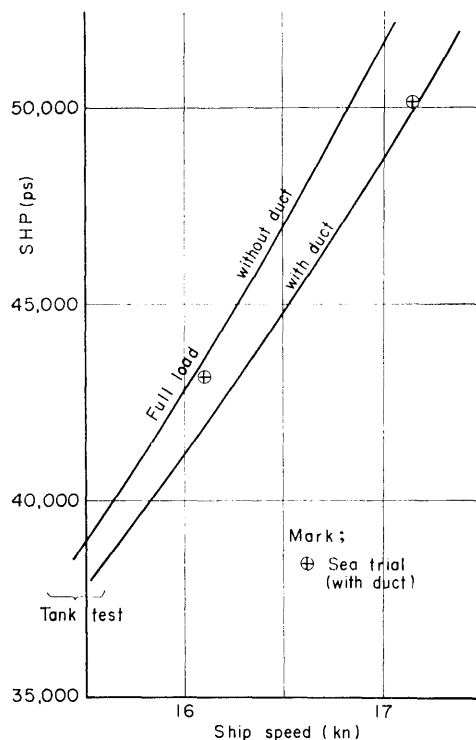


Fig. 3 Power curves

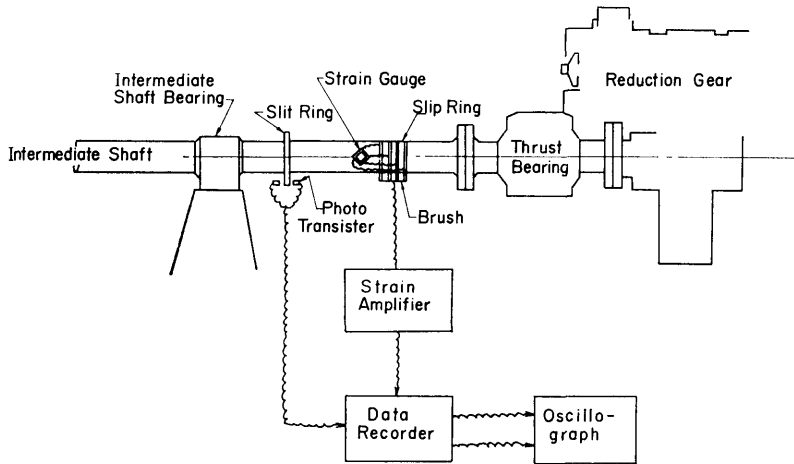


Fig. 4 Measuring system of shaft torque (ship)

の目的でプロペラを逆回転させたとき、ダクトの形状、ダクトの有無がトルク変動にどのような影響を及ぼすかを調査することである。

このために次のような実験計画をたてた。

はじめに、小型模型船を使って回流水槽にて船尾における流線観測を行う。これによってダクト有無の状態即ち、普通型プロペラとダクトプロペラの両状態にて、それぞれの正回転時と逆回転時における船尾流れの様子をつぶさに把握しておく。次いで大型模型船では、やはり普通型プロペラとダクトプロペラを使って曳航水槽にて種々の航行状態におけるトルク変動を計測する。又、プロペラ単独での後進特性を知るために、ダクトプロペラの逆回転時（第3，4象限）におけるプロペラ単独試験も実施することとした。

3.2 供試模型

実験に供した模型は、流線観測用の $L_{pp}=3.1\text{m}$ の小型模型船とトルク変動計測用の $L_{pp}=9\text{m}$ の大型模型船である。

それぞれの主要目を表一1中に、船体正面線図と船尾形状を小型模型船については図一9に、大型模型船については図一1中にそれぞれ示した。

小型模型船は表一1中に示すように代用のダクトプロペラの関係から $L_{pp}=7.2\text{m}$ を想定し、船体平行部を短縮した回流水槽用模型船である。大型模型船は、計測結果を実船に適用する場合も支障のないように要目を出来るだけ実船に近いものを選んだ。このようにいずれの模型船も保存中のものを用いたので対象実船と相似ではないが、流線観測、トルク変動計測に対し

ていずれも比較試験と言った意味からは、十分適用可能と判断した。

大型模型船で使用された普通型プロペラは、設計のみが実施された実船用普通型プロペラの要目を参考にして選定された。またダクトプロペラとしてはその形状の異なる2種類が用意された。これらの大型模型船用ダクトは、ダクト形状が急速停止時のトルク変動に及ぼす影響を調査するためであり、その1つは実船に装備された Duct-49 であり、他は本来、同模型船の MS. NO. 0178 用に設計された Duct-19a である。それぞれの断面形状は Duct-49 は NACA-16, Duct-19a は N. S. M. B. 型であり、いずれも加速型ダクトであるが、図一2に示すようにダクト長さ、傾斜角および後縁形状に差異がある。

模型船における普通型プロペラ、ダクトプロペラの船尾配置を、実船のダクトプロペラ配置とともに図一10に示す。さらにダクトを取付けた模型船の船尾まわりの様子を写真一1に示す。

3.3 試験および試験結果

3.3.1 流線観測

○試験装置

小型模型船による流線観測は、回流水槽にて行われたが、その可視化法としては、青色塗料（インク等）を注入管を通してねらいの個所に流出させる方法による。なお回流水槽の外形寸法は、長さ16m、幅8mである。計測部は長さ16mのうち、ほぼ中央部6mであり、幅2m、深さ0.2mの断面について均一な流速分布が得られるものである。

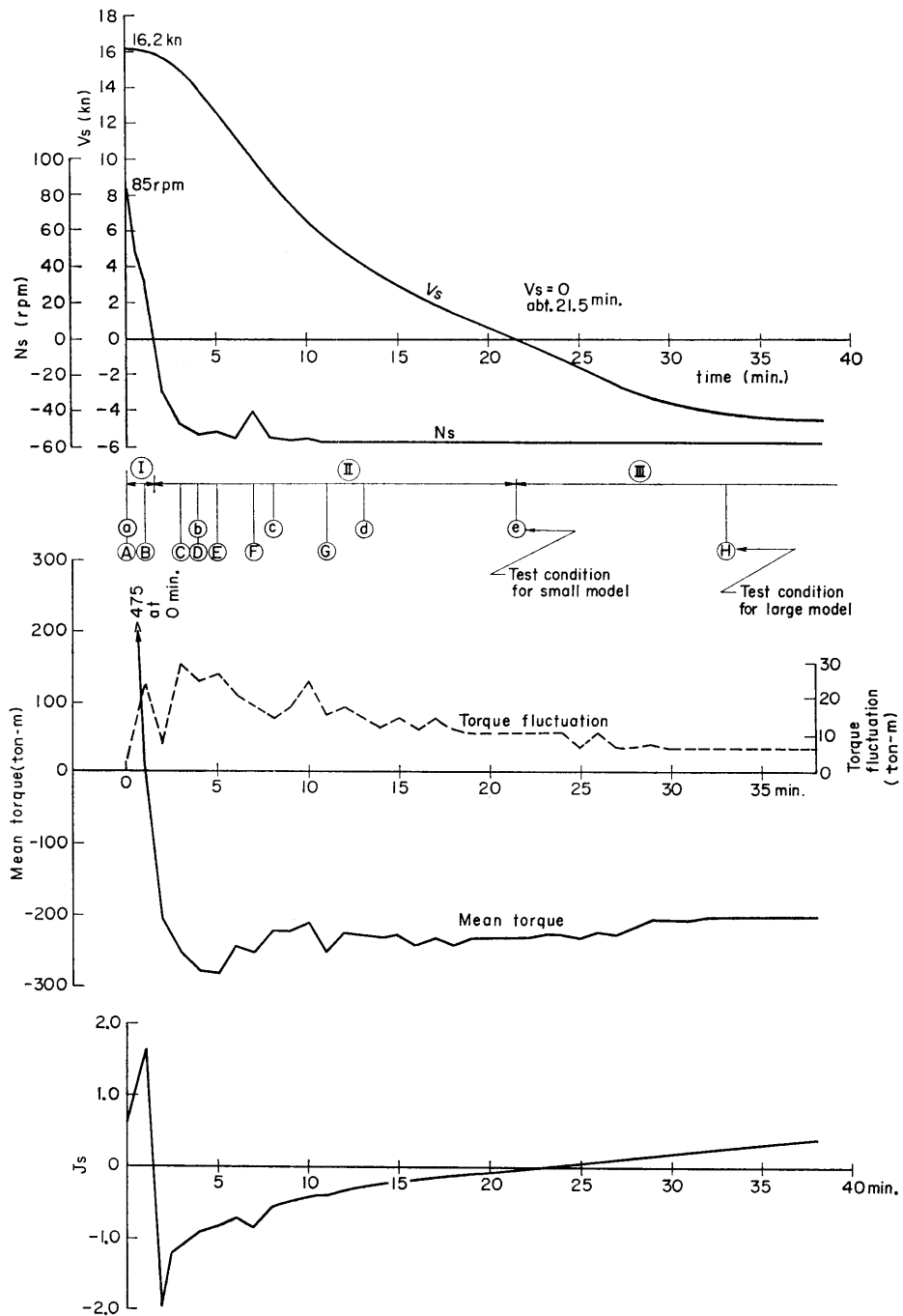


Fig. 5 Time history of crash stop maneuver

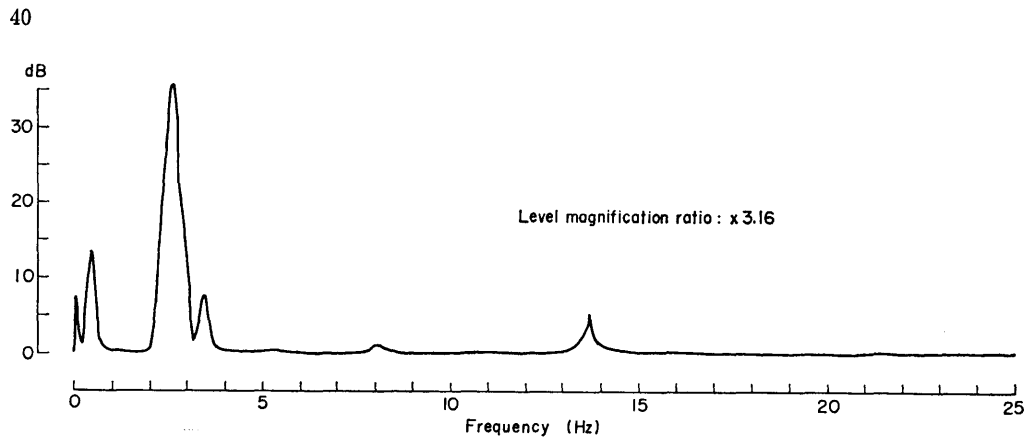


Fig. 6 Spectrum analysis of torque fluctuation
(1 min. after the order of crash stop)-interval ①-

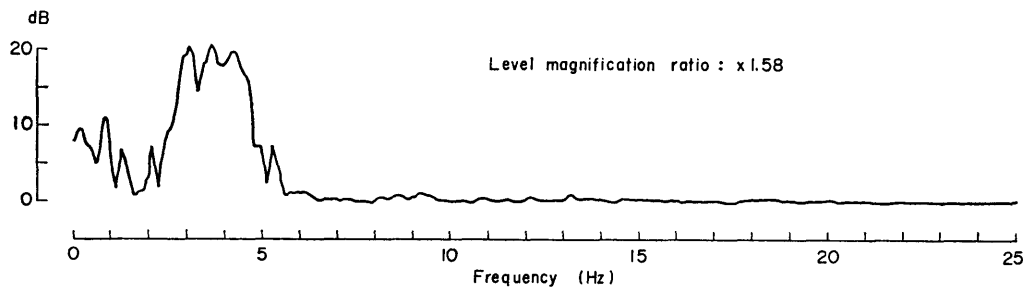


Fig. 7 Spectrum analysis of torque fluctuation
(14 min. after the order of crash stop) -interval ②-

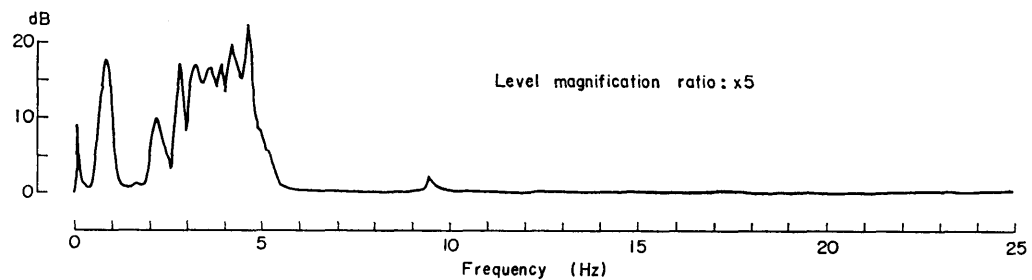


Fig. 8 Spectrum analysis of torque fluctuation
(36 min. after the order of crash stop) -interval ③-

○ 試験結果

実船の急速停止試験における経過時間とプロペラ回転数および船速の関係は図-5に示されているが、船が大きな慣性力をもつために、諸計測値の時間的变化はかなり緩かである。従ってこの非定常状態について、ある時刻のプロペラ作動状態を調査する目的に限れば、準定常的観点に立っても殆んど支障ないものと見做せる。模型試験の状態を決めるために、実船の急速停止時の経過から代表的と見られる5種類の状態を選んだ。模型船の試験速度の決定には、適当な相似則

て、ある時刻のプロペラ作動状態を調査する目的に限れば、準定常的観点に立っても殆んど支障ないものと見做せる。模型試験の状態を決めるために、実船の急速停止時の経過から代表的と見られる5種類の状態を選んだ。模型船の試験速度の決定には、適当な相似則

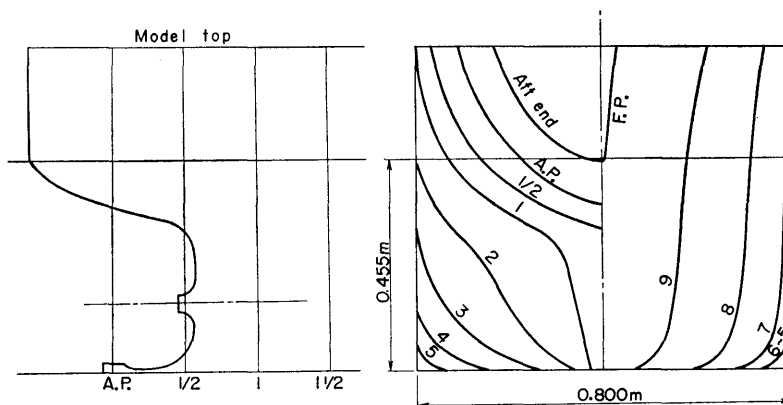


Fig. 9 Body plan & stern profile of $L_{pp}=3.1m$ model

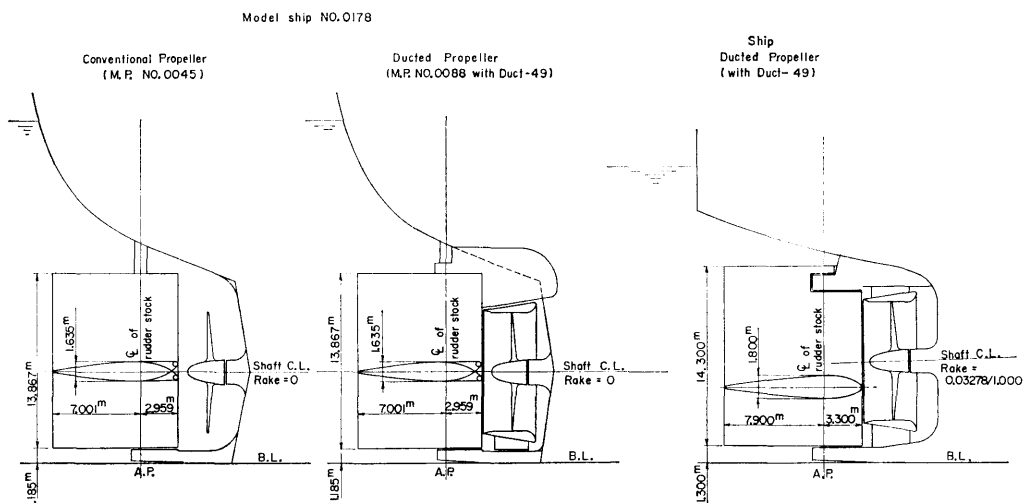


Fig. 10 Stern arrangement of ducted propeller

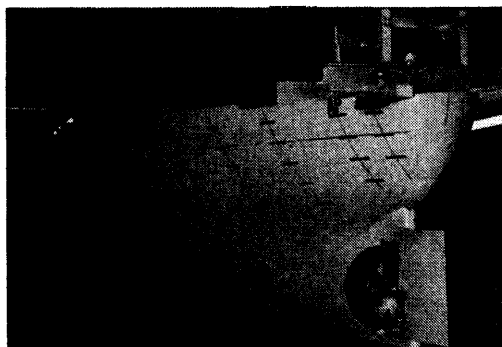


Photo 1 Large model ship with ducted propeller

がみあたらないので仮に模型船のフルード数を実船と等しくした。また模型プロペラの回転数としては、トルク変動の計測を想定した場合の S/N 比をあげるために、実船対応の回転数より高い値とした。

実船対応の回転数とは、船速を用いた模型プロペラの前進係数 ($J_M = V_M / N M D_M$) が実船のそれと等しいとして求められるものを意味する。

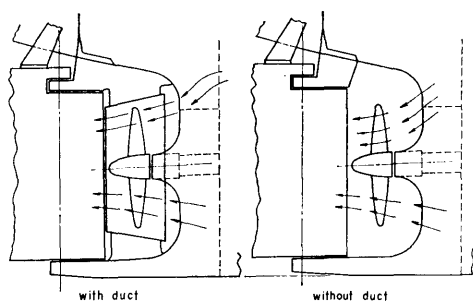
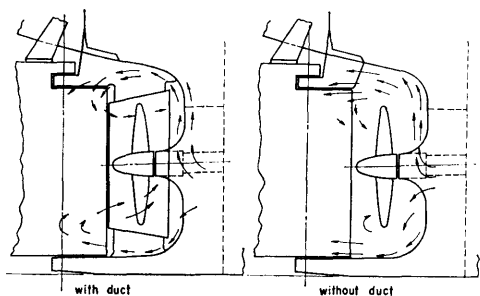
試験状態と観測結果をそれぞれ表-2, 図-11~図-15に示す。

これらの観測結果をみると、状態④のプロペラ正転時はダクトの有無に関係なく、特に無理な流れはないが、まだ前進速度が大きくかつ、プロペラが逆回転す

Table 2 Test conditions for flow observation

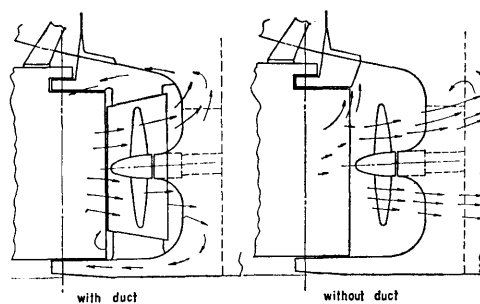
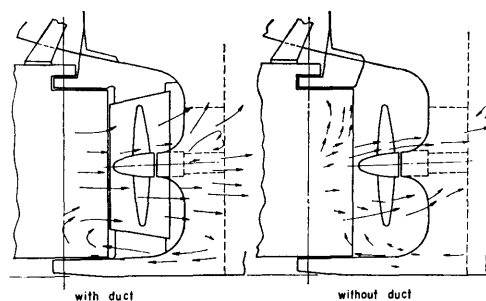
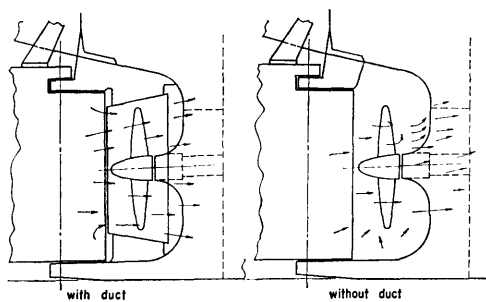
Full load condition		
V_M (m/s)	N_M (rps)	condition
1.2 (16.2kn)	15	㉔
1.03 (14.1″)	-4.8	㉕
0.6 (8.2″)	-10.5	㉖
0.3 (4.1″)	-10.5	㉗
0 (0″)	-10.5	㉘

N. B., () : on ship

**Fig. 11** Sketch of flow observation (condition ㉔)**Fig. 12** sketch of flow observation (condition ㉕)

る状態㉔では、プロペラの周辺に特異な流れ場が形成される。ダクトプロペラの場合は、この特異な流れ場が普通型プロペラの時より更に強調されている。状態㉖㉗では、前進速度はかなり落ちている状態であるが、この場合はプロペラを通過する流れ及びプロペラ周辺の流場は、プロペラ逆回転による流れが優勢になっている。しかし、普通型プロペラの方ではプロペラ上方の一部に船体周りの流れと混合する領域がみられ

(42)

**Fig. 13** sketch of flow observation (condition ㉖)**Fig. 14** Sketch of flow observation (condition ㉗)**Fig. 15** sketch of flow observation (condition ㉘)

るのに対し、ダクトプロペラでは本来の加速ダクトが減速ダクトの作用をなし、このためにダクトを通過した流れは、船の前進による流れの影響を受け、その結果ダクトを循環する流れとなり、これもかなり特異性をもつ流場を形成しているとみることが出来る。

㉘の状態では、プロペラ周辺の流場に特異性もなく、かつダクトの有無による差異も顕著ではない。唯プロペラに流入する流れはダクトを有する場合、ダクトの整流効果が現われている。

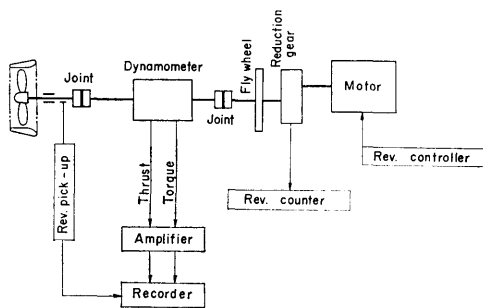


Fig. 16 Measuring system (large model)

このような流線観測の結果から、トルク変動が大きくなるのは、㉑のダクトプロペラと普通型プロペラ、

㉒のダクトプロペラの場合ではないかと考えられた。

3.3.2 トルク変動計測

○実験装置

概要を図-16に示すが、計測の主要部はプロペラから推進軸に伝達されるトルク変動を動力計内の振り磁歪管によって検出する部分である。プロペラに対する駆動力は、フィードバックによる回転数制御の行われた直流モータから、減速歯車を通し、フライホイールを介して動力計に伝えられ、動力計からさらに簡単な軸継手を使ってプロペラに伝達される。

この実験装置で一番問題となるのは、トルク変動を計測するための計測系全体の動的応答特性である。

トルク計測系の中には、トルクの伝達系と検出部が含

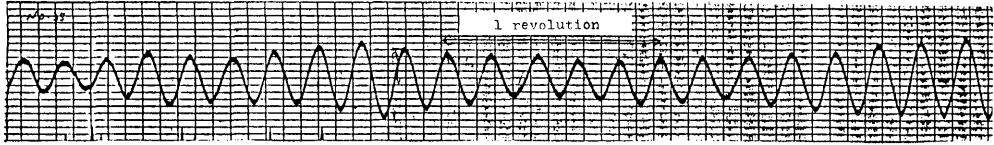
Table 3 Test conditions for measurement of torque fluctuation

V_S	N_S	$(N_M)^{*1}$	J_S	condition	V_M	N_M	$(N_S)^{*2}$
16.2kn	85.0rpm	(9.00rps)	0.648	㉑	1.321m/s	5.49rps 8.08 10.67	(53.4rpm) (78.5) (103.7)
16.1	30.0	(3.15)	0.288	㉒	1.313	2.20 3.59 4.98	(21.4) (34.9) (48.4)
15.2	-50.3	(-5.28)	-1.036	㉓	1.239	-3.04 -4.96 -6.88	(-29.6) (-48.2) (-66.9)
14.1	-53.2	(-5.59)	-0.909	㉔	1.150	-3.42 -5.57 -7.72	(-33.2) (-54.1) (-75.0)
12.8	-53.2	(-5.59)	-0.825	㉕	1.044	-3.36 -5.48 -7.60	(-32.7) (-53.3) (-73.9)
10.1	-53.2	(-5.59)	-0.651	㉖	0.824	-2.65 -4.32 -5.99	(-25.8) (-42.0) (-58.2)
5.7	-53.2	(-5.59)	-0.367	㉗	0.465	-3.68 -6.00 -8.32	(-35.8) (-58.3) (-80.8)
-4.0	-53.2	(-5.59)	0.258	㉘	-0.326	-3.68 -6.00 -8.32	(-35.8) (-58.2) (-80.8)

*1 : Corresponding speed to model propeller

*2 : " " " " full scale propeller

Conventional propeller



Ducted propeller (Duct-49)

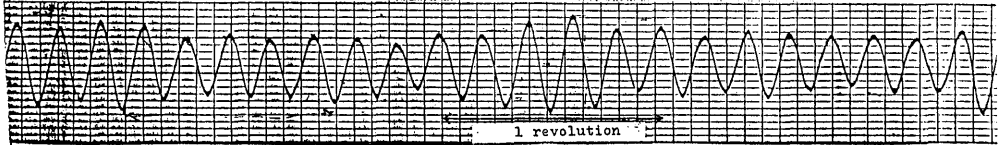
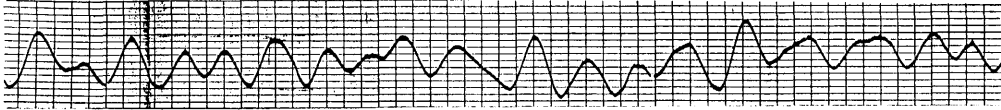


Fig. 17 Samples of raw data-torque fluctuation- (condition ①, $V_M=1.321\text{m/s}$, $N_M=8.08\text{rps}$), interval ①

Conventional propeller



Ducted propeller (Duct-49)

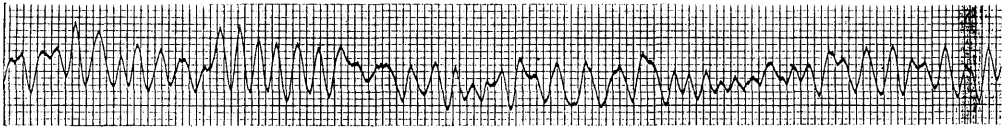
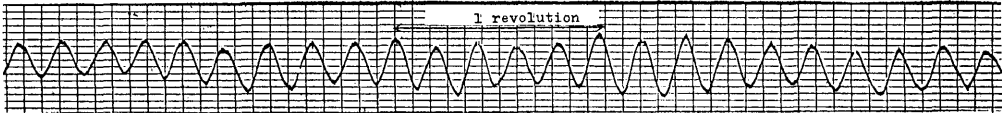


Fig. 18 Samples of raw data-torque fluctuation- (condition ③, $V_M=1.240\text{m/s}$, $N_M=-4.96\text{rps}$), interval ②

Conventional propeller



Ducted propeller (Duct-49)

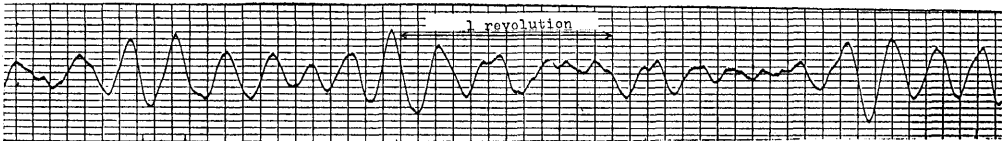


Fig. 19 Samples of raw data-torque fluctuation- (condition ④, $V_M=0.326\text{m/s}$, $N_M=-8.32\text{rps}$), interval ③

まれるが、この動的応答特性については、トルク変動の計測後、直ちに調査された。これについては3.3.4にて説明する。

○実験結果

実船における急速停止時及び後進時のタイムヒストリー（図-5参照）から表-3に示す8種類の状態を選んで模型試験を実施することとした。模型における試験状態の決め方は、実船と模型船のフルード数を等しくして模型船の速度を決め、船速を用いた前進係数 ($J=V/ND$) を実船と模型船で等しくする条件から模型試験時のプロペラ回転数を決めた。ただし、計測値の傾向を明確にとらえる目的から、プロペラ回転数は上の条件から求められた回転数をはさむ3種類の回転数で計測した。これらの回転数を表-3中に示す。試験時の模型船の載貨状態はすべて満載状態であり、普通型プロペラ (M. P. No. 0045) と2種類のダクトプロペラ M. P. No. 0088×Duct-19a と M. P. No. 0088×Duct-49 を使って表-3に示す試験状態での計測が実施された。

計測されたトルク変動の記録例を図-17～図-19に示す。不安定流場を呈する区間⑩においては、図-18にも見られるように、トルク変動は、図-17に示す区間⑩のトルク変動にくらべてかなり不規則となっている。平均値についても区間⑩においては、時間的に必

ずしも平均的ではなく、むしろ平均値の定めがたい場合も数例あった。計測結果の平均トルク \bar{Q} 、トルク変動の Peak to Peak 値 $\Delta Q_{(p-p)}$ の一例を図-20～図-22に示す。これらの図から実船の急速停止時のタイムヒストリーに対応した状態（表-3の左側欄）の回転数におけるトルク変動 $1/2 \cdot \Delta Q_{(p-p)}$ を読みとって図-23に示す。横軸は時間経過を追って選んだ状態を並べたものである。上段の図は船速、プロペラ回転数とも後進発令時を100%としてその時間経過による変化

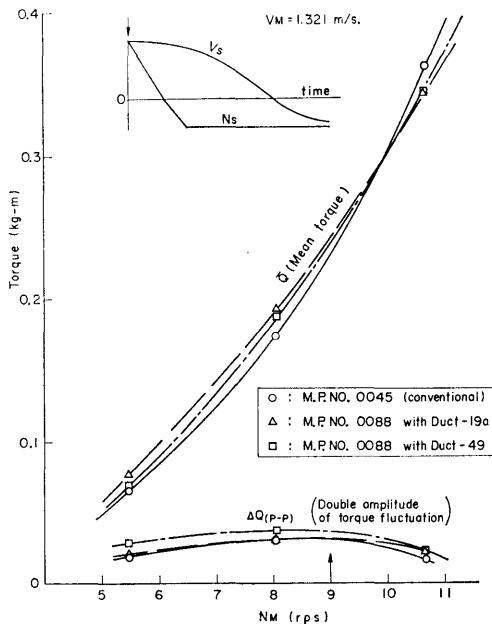


Fig. 20 Measured torque (condition ㉑)

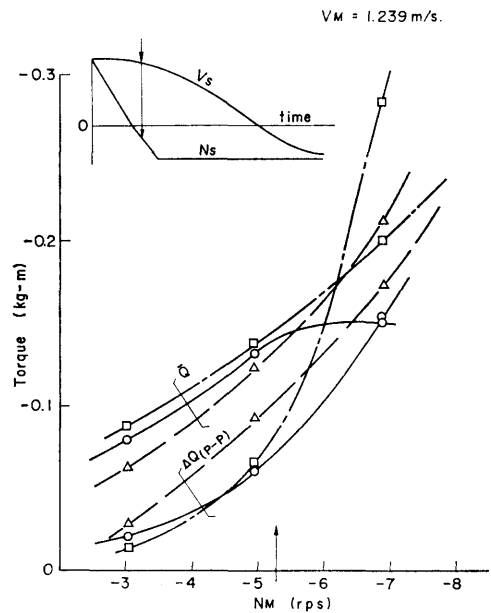


Fig. 21 Measured torque (condition ㉒)

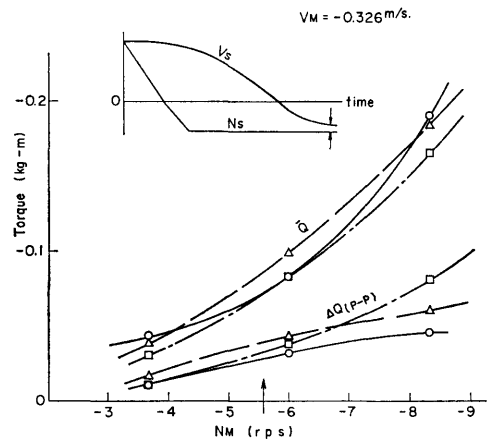


Fig. 22 Measured torque (condition ㉓)

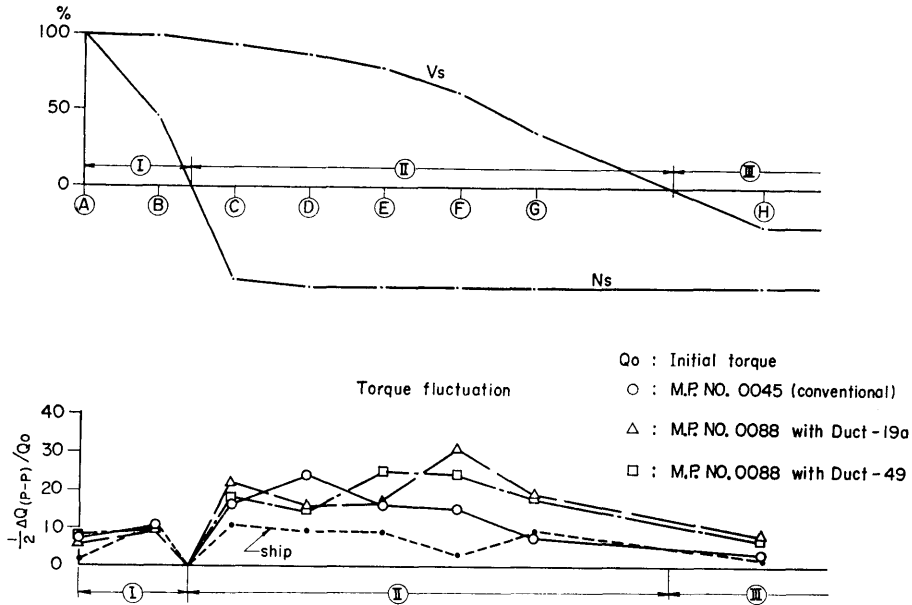


Fig. 23 Comparison of torque fluctuation (under the condition of same speed of propeller)

を示したものであり、下段の図は主機出力最大時の平均トルク Q_0 を使って $1/2 \cdot \Delta Q_{(p-p)}$ を無次元化したものである。

区間①(状態④, ⑤)では船体はほぼ全速前進中、プロペラは減速中の正回転であるが、このときは、3種類の推進器即ち、普通型プロペラと2種類のダクトプロペラにおける $1/2 \cdot \Delta Q_{(p-p)}$ の差は殆んどみられない。区間②の前半(状態⑥, ⑦, ⑧)では、船速は序々に落ちつつ前進中、プロペラは全力逆回転の状態であり $1/2 \cdot \Delta Q_{(p-p)}$ は、状態④のそれぞれ約2~3倍となっている。しかも、3種類の推進器による $1/2 \cdot \Delta Q_{(p-p)}$ の大きさは混然としていて、優劣は見出し難い。区間②の後半(状態⑨, ⑩)及び③の区間(状態⑪)は、プロペラは全力逆回転を続けており、船速は約半減状態から零に到り⑪では後進に移っているが、この区間では、ダクトプロペラより普通型プロペラの方が $1/2 \cdot \Delta Q_{(p-p)}$ は約半分となっている。2種類のダクトプロペラの間では Duct-49の方がわずかに良好である。状態⑩における M.P. No. 0088 × Duct-19a の $1/2 \cdot \Delta Q_{(p-p)}$ は、本実験中で最大値を示し、④における $1/2 \cdot \Delta Q_{(p-p)}$ の約4.5倍の値を示した。

実船におけるトルク変動の計測結果を図-23中に点

線で示したが、模型船の結果と比較して両者の傾向はほぼ一致している。

図-23は3種のプロペラがともに同一回転数で作動するものとしてトルク変動を比較したが、次はこれらのプロペラが同一馬力で作動すると仮定し、そのときのトルク変動を比較したものが図-24である。横軸のとり方および Q_0 は図-23と同じである。このような条件にて $1/2 \cdot \Delta Q_{(p-p)}$ を比較しても全体的な傾向は図-23に示した傾向と本質的には変わらない。

3.3.3 プロペラ単独試験

9 m模型船に使用したダクトプロペラについて3, 4象限(プロペラの回転方向は負でその進行方向は正と負)の単独性能試験を通常のプロペラ単独性能試験機を用いて実施した。この試験は、3, 4象限における単独特性を知ること²⁾³⁾⁴⁾、実船において3, 4象限で計測されたトルクと模型ダクトプロペラ単独時のトルクを比較することなどを目的とした。

模型によるダクトプロペラの単独性能試験結果を図-25に示す。ただし、単独試験に使用したダクトは Duct-19aであった。3象限の計測値は非常にバラツキが大きかったので、図中の曲線は実際はかなり幅をもったものである。バラツキの少なかったのは、4象限のすべての計測値と3象限のダクトの推力(T_N)

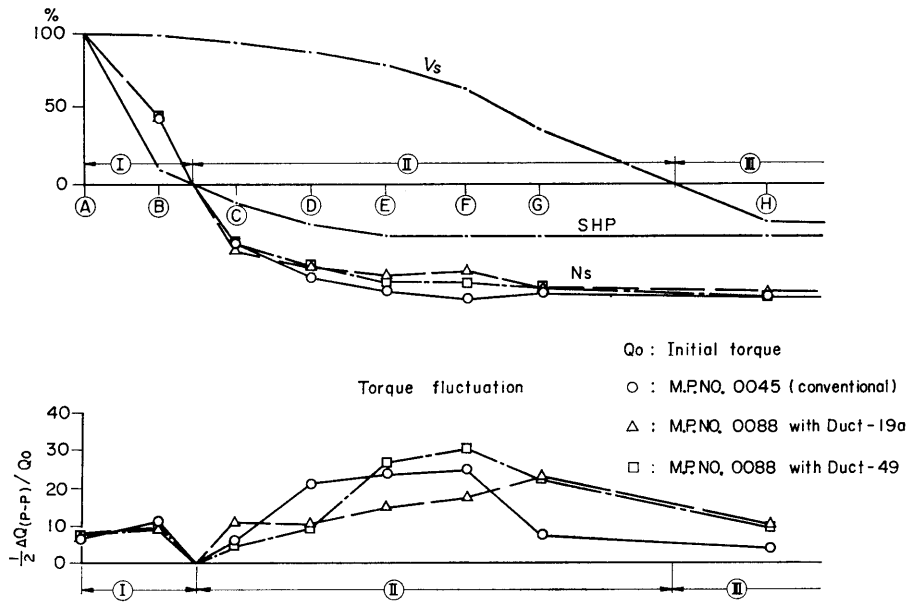


Fig. 24 Comparison of torque fluctuation (under the condition of same out-put of engine)

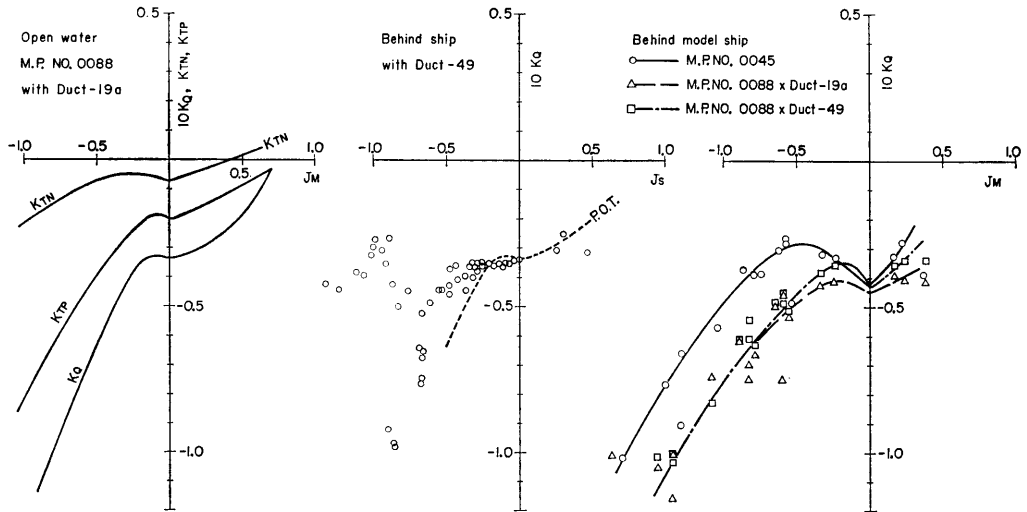


Fig. 25 Characteristics of ducted propeller etc.

であった。実船と模型船のダクトプロペラについて、 $J=0.3\sim-0.2$ の範囲では両者の K_Q がほぼ一致している。 $J<-0.3$ の範囲で両者の K_Q は大きな差異をみせているが、これは実船において後進発令後7分付近での回転数変化によるものである(図-5参照)。模型船によるトルク変動計測時の $J_M\sim K_Q$ の関係を

図-25の一番右側に示したが、傾向的には模型プロペラ単独時の性能と割合一致している。数値的な差は、船後流場と均一流場の差異によって生じたものである。

模型船と実船におけるプロペラ周辺の流場は、伴流の尺度影響によって相違していることは明らかであ

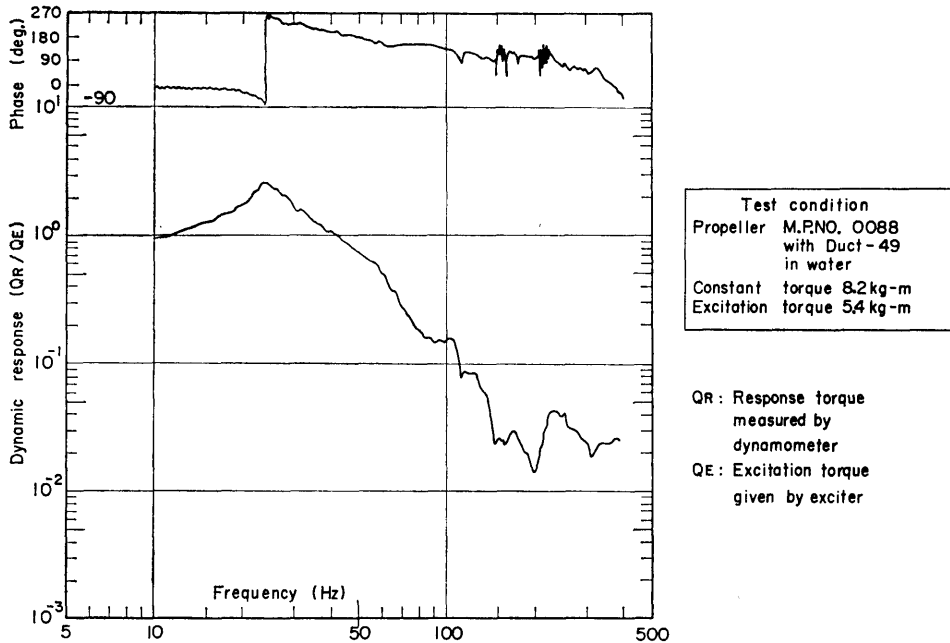


Fig. 26 Dynamic response of torque measurement

り、従ってプロペラの船後特性を実船と模型船で比較するには、船尾流場の尺度影響の解明が待たれる。

3.3.4 トルク変動計測装置の動的応答試験

トルク変動の計測には、磁歪管による総量計測方式を採用した自航動力計を用いたが、プロペラ、駆動軸系、動力計内検出部、軸継手など種々の機構上等の制約からトルク計測全体の系の応答周波数はあまり高くないと考えられた。従ってトルク変動の計測がどの程度の動的応答性のもとに行なわれたかについて調査された。これは、住友重機械工業㈱平塚研究所によって実施された。

図-16に示した計測装置を組込んだ模型船を実験台に置き、プロペラ取付部からねじり加振し、プロペラ駆動軸の各個所からのねじり応答加速度および動力計による応答トルクについて調査された。このねじり加振試験は、プロペラの有無、ダクトの有無、空气中、水中（喫水変化）、軸系中の固定端の位置変化などについて実施され、最大応答倍率の値、その時の周波数（共振周波数）、応答倍率、伝達関数がリアルタイム解析器によって求められた。トルク変動計測時と全く同じ状態での動的応答試験の結果、普通型プロペラ、ダクトプロペラについて共振周波数はともに約24Hz、最大応答倍率は約2.5と約2.7であった。応答特性の1

例を図-26に示す。

図-23におけるトルク変動の計測値は、状態③から⑩までが殆んど同一プロペラ回転数におけるものであり、これらの計測値に応答倍率の修正を施しても傾向、大きさの順位は変わらない。ただし、 $1/2 \cdot 4Q_{(p-p)}/Q_0$ の数値は応答倍率の影響を受けることは当然である。

4. ま と め

得られた主な結果を以下に記す。

(1) 図-23に示される様に、普通型プロペラとダクトプロペラではトルク変動のタイムヒストリーに明らかに差異がみられ、急速停止時の後期（区間⑩の後半）ではダクトプロペラの方がトルク変動が大きくなった。これは、インペラそのものが前進時のダクトによる加速効果を考慮して高ピッチに設計されているため、逆回転数を普通型プロペラと同一とすると、平均トルクも変動トルクも普通型プロペラと比較して大きくなる傾向にあると考えられる。

(2) 実船試験において、急速停止時の後期まで割合大きなトルク変動が計測されたが、模型試験でも同じ結果が得られた。

(3) 模型試験では2種類のダクトを使って、ダクト

形状が急速停止時のトルク変動に与える影響を調べたが、殆んどこの影響はみられなかった。

5. あとがき

急速停止時には殆んど船舶で割合激しい船尾振動が発生する。

一般にダクトプロペラは推進性能の向上を計るために採用される訳であるが、今回の調査によって急速停止時には、普通型プロペラよりダクトプロペラの方がトルク変動が大きくなることがわかった。

急速停止時の振動が短時間であっても、振動レベルが大きいかつ、その原因、影響が重大である場合もないとは限らないので当該問題を軽視することは出来ない。この種の振動の発生原因や、軽減対策について詳細に実施された研究が今まであまりなかったように思われるので、今後はこの面の調査研究が必要であると思われる。

本論に含まれる一連の実験は、船舶技術研究所と住友重機械工業(株)との共同実施によるものである。実験等の実施に当って、船舶技術研究所側にあつては、高橋 肇 推進性能部長、運動性能部 原口 富博技官

はじめ推進性能部の多くの方々から、住友重機械工業(株)側にあつては、牛島秀利 船舶海洋本部計画室部長、技術本部平塚研究所 永松秀一、酒戸恒男両主任研究員、川本国雄、渡辺哲郎両氏をはじめ多くの関係方々から御指導、御助言、御協力を頂きました。これらの方々から心からお礼を申し上げます。

参 考 文 献

- 1) Hewins, E. F., Chase, H. J. and Ruiz, A. L. : "The Backing Power of Geared-Turbine-Driven Vessels", Trans. S. N. A. M. E. Vol. 58, 1950
- 2) 矢崎敦生, 奥本明良 : "A U型5枚羽根プロペラの後進試験", 運輸技術研究所運輸技研資料 No. 18, 昭和34年5月
- 3) van Lammeren, W. P. A., van Manen, J. D. and Oosterveld, M. W. C. : "The Wageningen B-Screw Series", Trans. S. N. A. M. E. Vol. 77, 1969
- 4) Harvald, Sv. Aa. :, "Wake and Thrust Deduction at Extreme Propeller Loadings for a Ship Running in Shallow Water", Trans. RINA, Vol. 119, 1977