

# 大型タンカーの旋回性能に関する系統的模型試験

小川 陽 弘\*      安藤 定 雄\*

## Model Experiments upon Turning Performance of Tanker Families

by

Akihiro Ogawa and Sadao Ando

Turning tests were carried out on two families of 4.5 meters free-running tanker models with block coefficients 0.80 and 0.81. The 0.80 family is consisted of three constant draft models with length-breadth ratio of 6.0, 6.5, and 7.0, each stem of them being convertible to normal or bulbous.

The 0.81 model family contains three breadth-draft ratio models with length-breadth ratios of 5.5, 6.42 and 7.5, and each of them was tested with rudders of various areas.

In some cases, the thrust increases in the turning were measured.

Thus, the results are expressed as four series of curves; length-breadth ratio (with constant breadth-draft ratio) series, length-breadth ratio (with constant length-draft ratio) series, rudder area ratio series and bulb area variation series, besides the curves of dimensionless angular velocities of turning, advances, transfers, tactical diameters and thrust increases against various helm angles.

### 1. 緒 言

最近、大型タンカーとして比較的多く採用されている船型の2組のL/Bシリーズ模型船について、三鷹第1船舶試験水槽で旋回試験を行なった。この試験にはL/Bシリーズの外に、舵面積比の変化、球状船首の面積比の変化などの影響の試験も含まれている。この種の船型のシリーズ試験はまだ数が少ないので、実用上も役に立つものと考えて資料としてまとめておくことにした。なお、旋回中のスラスト増加も測ったので、これも併せて発表する。

### 2. 模型船、舵およびプロペラ

実験に用いた模型船は、いずれも長さ4.5mの木製で、計測器、駆動機、操舵機等の所要機器類を積載し、無線によって制御されるいわゆる完全自航模型船で、運動性能部において常用される型式のものである。

模型船の要目はTable 1に、プロペラの要目はTable 2に示す通りである。

模型船の主要目の分布をFig. 1に、正面線図および船首尾形状図をFig. 2～7に、舵形状図をFig. 8～11に示した。模型船番号はこの報告中での説明の便宜上別につけたもので、最初の2桁で方形係数を、後の2桁でL/Bを表わしている。

図および表からわかる様に、模型船は $C_b=0.80$ と $C_b=0.81$ との2組のL/Bシリーズに分かれている。

方形係数0.80のものはL/d一定でL/Bを6.0, 6.5, 7.0に変化させたもので、舵およびプロペラは全部に共通のものを用いている。このシリーズの模型船は、船首部を着脱式にして、普通船首と2種の比較的断面積比の大きな球状船首とを自由に交換できるようにした。M. 8060とM. 8065については球状船首の影響に関する実験も行なった。

方形係数0.81のシリーズは、B/dが一定でL/Bを5.5, 6.42, 7.5に変化させたもので、プロペラは全部に共通であるが、舵はそれぞれ異なったものを用いている。また、このシリーズでは3隻全部の模型船について舵面積比を変えた実験を行っており、その値はM. 8155とM. 8175については $1/40$ ,  $1/60$ ,  $1/80$ であり、M. 8164については $1/60$ ,  $1/67$ ,  $1/80$ である。

\* 運動性能部

**Table 1** Principal Particulars of Model Ships

Model ship No.	8060		8065			8070	8155	8164	8175
	Normal	B <sub>2</sub>	Normal	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	Normal			
Length between perpendiculars, L (m)	4.500	"	"	"	"	"	"	"	"
Breadth extreme, B (m)	0.7500	"	0.6923	"	"	0.6429	0.8194	0.7011	0.6010
Draft, tested full load, d (m)	0.2475	"	"	"	"	"	0.3127	0.2695	0.2293
Displacement, ∇ (m <sup>3</sup> )	0.667	0.672	0.616	0.618	0.621	0.572	0.932	0.705	0.501
Block coefficient, C <sub>b</sub>	0.799	0.805	0.799	0.802	0.805	0.799	0.809	"	"
Prismatic coefficient, C <sub>p</sub>	0.803	0.809	0.803	0.806	0.809	0.803	0.814	"	"
Midship sectional area coefficient, C <sub>m</sub>	0.995	"	"	"	"	"	0.994	"	"
Longitudinal center of buoyancy, l <sub>cb</sub> (%L)	-1.45	-1.80	-1.43	-1.65	-1.81	-1.41	-2.06	"	"
Length-breadth ratio, L/B	6.00	"	6.50	"	"	7.00	5.50	6.42	7.50
Breadth-draft ratio, B/d	3.03	"	2.80	"	"	2.60	2.62	"	"
Bulb sectional area coefficient at F.P., A <sub>r</sub> /A <sub>m</sub>	0	0.160	0	0.119	0.167	0	.....	.....	.....
Actual ship length, L <sub>s</sub> (m)	225.0	"	"	"	"	"	276.0	"	"

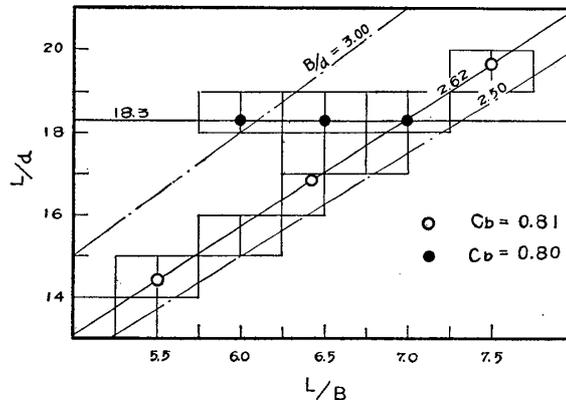
**Table 2** Principal Particulars of Model Propellers

Diameter, D (m)	0.1440	0.1206
Pitch (const.), H (m)	0.1020	0.0880
Pitch ratio, H/D	0.710	0.730
Boss ratio	0.180	0.189
Expanded area ratio	0.550	0.575
Mean blade width ratio	0.263	0.223
Blade thickness ratio	0.050	0.064
Angle of rake	10°	9°58'
Number of blades	4	5
Direction of turning	Right-handed	
Type of blade section	Modified AU	
Applied model ships, C <sub>b</sub>	80series	81series

### 3. 試験状態等

実験はすべて満載状態で行なった。試験時の速度は

(70)



**Fig. 1** Illustration of Model Parameter Distribution

直進時フルード数で示すと約0.20前後である。これはこの種の船型としてはやや高速であるが、従来の経験から旋回軌跡に関してはこの程度の速度以下では速度による影響はないことが知られており、また、三鷹第1船舶試験水槽は屋外にあるために風の影響を受けやすく低速の実験では測定時間も長くなってかえって精度が悪くなるために選ばれたものである。

旋回軌跡の測定は陸上の2点から方位観測によって2秒毎の重心位置で行なった。この軌跡から L/B,

舵面積や球状船首などの変化による旋回性能におよぼす影響、たとえば旋回径、縦距、横距、旋回圏等の変化の状況を調査した。

旋回中のスラスト増加は、模型船に積載した自航動力計を用いて測定したもので、スラストの記録は舵角プロペラ軸の回転数などとともに模型船に搭載したオシログラフにてとった。

#### 4. 結果および考察

試験の結果は Table 3 に示す順序で Fig. 12 以下に図示した。

まず、Fig. 12は  $C_b=0.81$  のもので  $B/d$  を一定にして、 $L/B$  を 5.5, 6.42, 7.5 に変化させたものである。また、このシリーズの模型船についての舵面積の影響に関する実験結果を Fig. 14, 15, 16に示してある。

$C_b=0.80$  シリーズは  $L/d$  一定で  $L/B$  が 6.0, 6.5, 7.0 に変化させたものであるが、その結果を Fig. 13 に示してある。このシリーズの  $L/B$  が 6.0, 6.5 についての球状船首の影響に関する試験結果を Fig. 17, 18にそれぞれ示してある。

Fig. 19~24 に示してある  $\delta-\Omega$  曲線は各模型船の実験結果である。

Fig. 25~29には縦距を示してあり、Fig. 30~35には横距と旋回圏を示してある。

旋回中のスラスト増加については、 $C_b=0.80$  のシリーズについての結果を Fig. 37 に、 $C_b=0.81$  のシリーズ模型船については Fig. 36 に示した。

これらの試験結果より大略次のことがいえる。

イ.  $L/B$  の変化による  $\Omega$  への影響について、 $B/d$  が一定の場合 (Fig. 12), 通常操舵する舵角の範囲において、舵面積が一定として考えれば、 $L/B$  の変化、旋回方向によって旋回径への影響は舵角が一定であれば、ほとんど見受けられない。しかし、通常一般の船舶では使用していない舵角45度を操舵した場合には、 $L/B$  が小さくなるに従って旋回径が小さくなる。

$L/d$  が一定の場合 (Fig. 13) では舵角のいかに拘わらず、 $L/B$ が小さくなるに従って徐々に旋回が容易になる。

ロ. 今回の試験結果では、舵角が20度以下では、舵面積比がこの種の船型で常用される  $1/60 \sim 1/80$  の範囲においては舵面積比の差は、旋回径にほとんど影響を及ぼさない。しかし、大舵角では、当然、舵面積が大

きくなるに従って旋回径は小さくなるが、この範囲内では、舵面積を多少増加させたとしても、縦距、横距等と考え合わせても、大きな利益が得られるという程ではない。

ハ. 球状船首の旋回径に及ぼす影響については、 $L/B$  が 6.0と6.5とでは逆の傾向が出ているが、この理由はここに得られた結果だけからは何ともいえない。しかし、実船に採用されている8~9%程度の球状船首では、全船体に較べて球状船首は非常に小さなものであり、造波現象の影響のほとんどない速度範囲の旋回にあっては、その影響は皆無であると考えて差支えないであろう。ただし、この場合  $C_b$  や側面積も変化してしまう。

ニ. 旋回中のスラスト増加については、従来のこの種の資料がなかったので、結果だけを図示した。ただし、この場合推進軸の回転数は直進時、旋回中でも、ほとんど変化はせず一定回転である。

$C_b=0.80$ のシリーズでは  $L/B$  が小さくなるに従って、右旋回の場合のスラスト増加量が左旋回に比べて少くなる。これは旋回時の船体と舵と推進器の相互干渉の程度の違いが現われたものと思われる。

$C_b=0.81$ のシリーズでは、この関係はもっと複雑で、右旋回の場合、ある舵角範囲でスラストはかえって減少している。この理由はまだよくわからないが、Fig. 38 に操舵後のスラストの様子を示しておいた。

#### 5. 結 言

今回の試験によって、大型タンカーとして比較的多く採用されている船型について、 $L/d$ ,  $B/d$  が一定の場合や舵面積比、球状船首の面積比などの変化した場合の旋回性への影響が把握したと思われる。

しかし、今後の研究課題として、 $L/B$  が一定での  $L/d$ ,  $B/d$  を変化させたものや、将来には、建造されるであろうと思われる  $C_b=0.85$ ,  $L/B=5.0$ ,  $B/d=3.5$  という超大型船についての研究を行なうことが必要であると思われる。

終りに当って、本実験は昭和37年度以降、三井造船株式会社および佐世保重工業株式会社と船舶技術研究所との共同研究として行なわれたうちの一部をとりまとめたものである。実験の計画、実行等に当って種々御協力下さった両者の各担当の方々および当運動性能部の各位に厚く御礼申し上げたい。

(原稿受付 1966. 2. 4)

Table 3 List of Figures

Fig. No.	M. S. No.	Contents		
1	A11	Illustration of Model Parameter Distribution		
2 3 4 5 6 7	8060 8065 8070 8155 8164 8175	Body Plan and Stem & Stern Profiles		
8 9 10 11	8060—70 8155 8164 8175	Rudder Profiles		
..... The followings are the test results .....				
		Ordinate	Abscissa	Parameter
12 13	8155—75 8060—70	L/R	L/B	$A_r/Ld, \delta$ $\delta$
14 15 16	8155 8164 8175	L/R	$A_r/Ld$	$\delta$
17 18	8060 8065	L/R	$A_f/A_m$	$\delta$
19 20 21	8155 8164 8175	L/R	$\delta$	$A_r/Ld$
22 23 24	8060 8065 8070	L/R	$\delta$	$A_f/A_m$
25 26 27	8155 8164 8175	A/L	$\delta$	$A_r/Ld$
28 29	8060 8065	A/L	$\delta$	$A_f/A_m$
30 31 32	8155 8164 8175	$T_r/L, T_D/L$	$\delta$	$A_r/Ld$
33 34 35	8060 8065 8070	$T_r/L, T_D/L$	$\delta$	$A_f/A_m$
36 37	8155—75 8060—70	$\Delta T/T$	$\delta$	L/B
38	8175	$\Delta T$	Time	$\delta$

Table 4 Nomenclature

A	Advance	R	Radius of turning circle
$A_f$	Bulb sectional area at F.P.	T	Thrust
$A_m$	Midship sectional area	$\Delta T$	Thrust increase in turning
$A_r$	Rudder area	$T_D$	Tactical diameter
B	Breadth of model ship	$T_r$	Transfer
d	Draft of model ship	$\delta$	Helm angle
L	Length (b.p.) of model ship	$\Omega = L/R$	Dimensionless angular velocity of turning

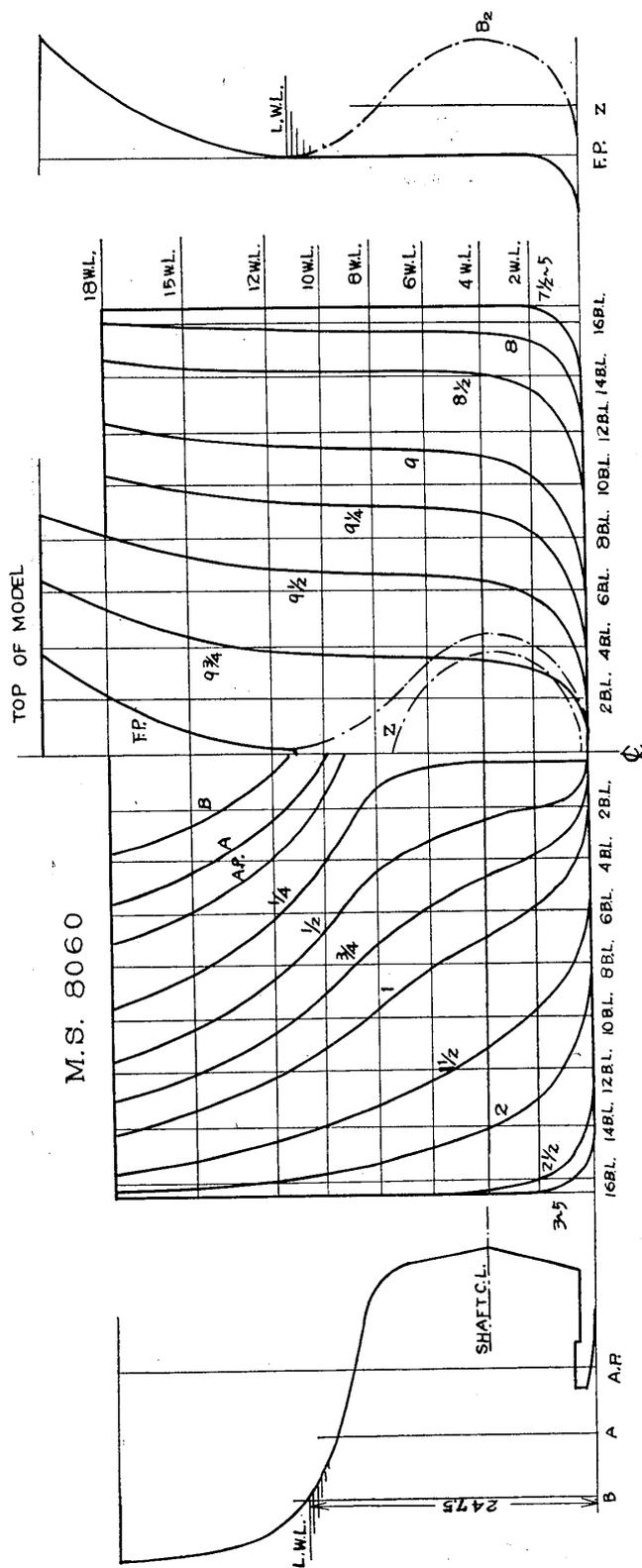


Fig. 2 Body Plan and Stern Profiles of M.S. 8060.

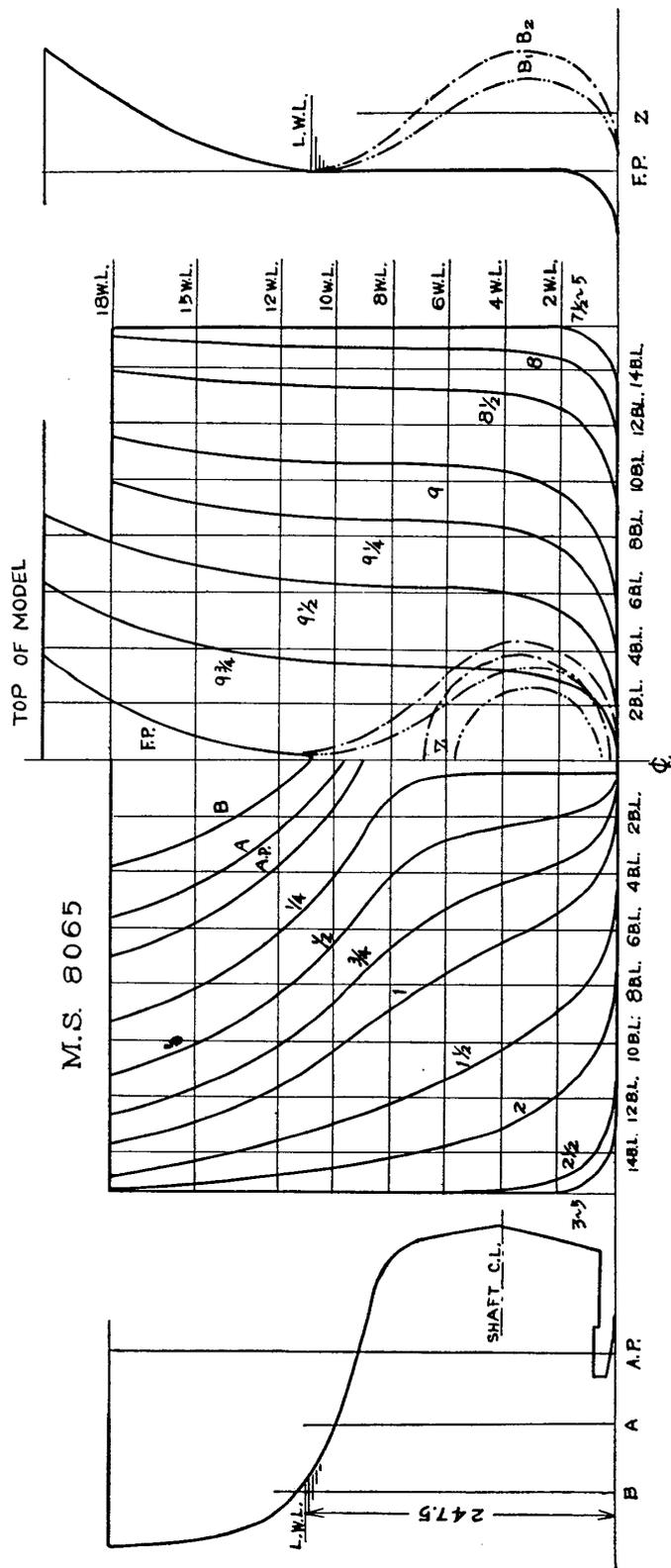


Fig. 3 Body Plan and Stern Profiles of M.S. 8065

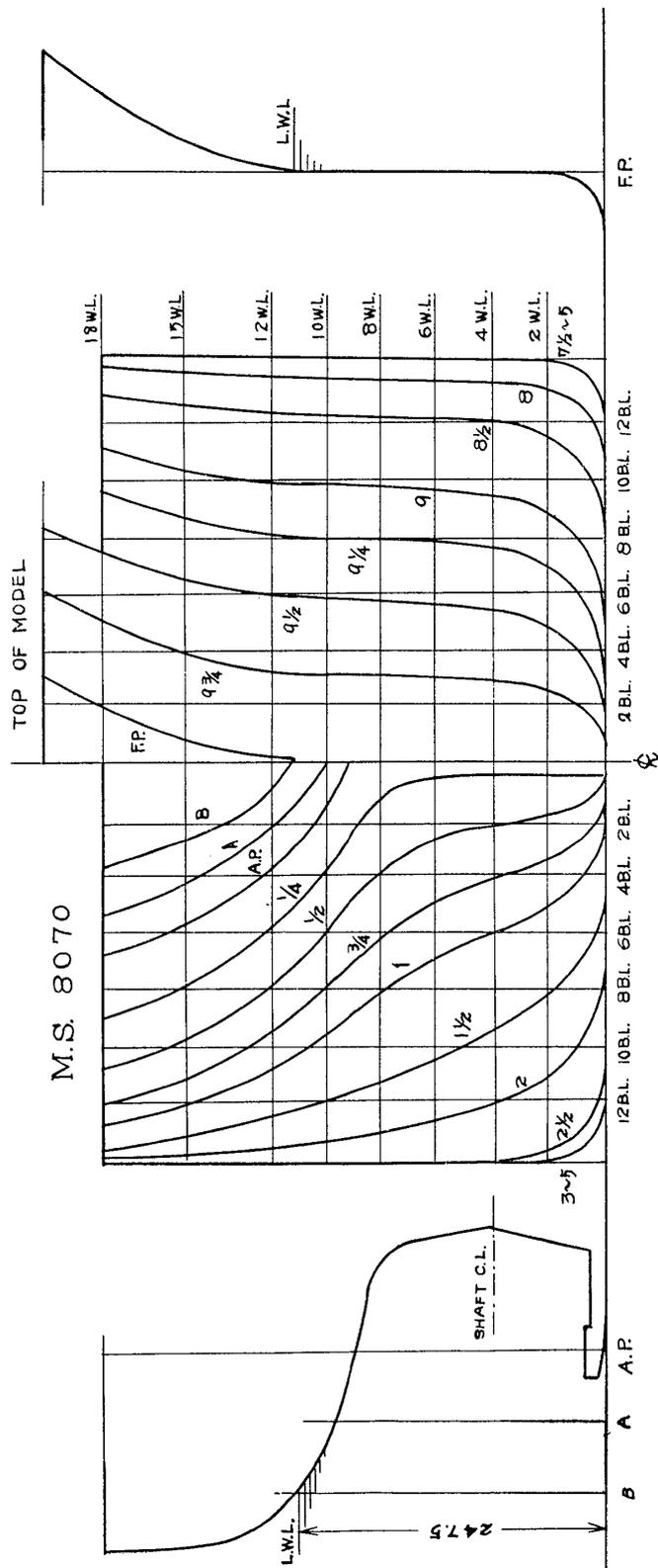


Fig. 4 Body Plan and Stern Profiles of M.S. 8070



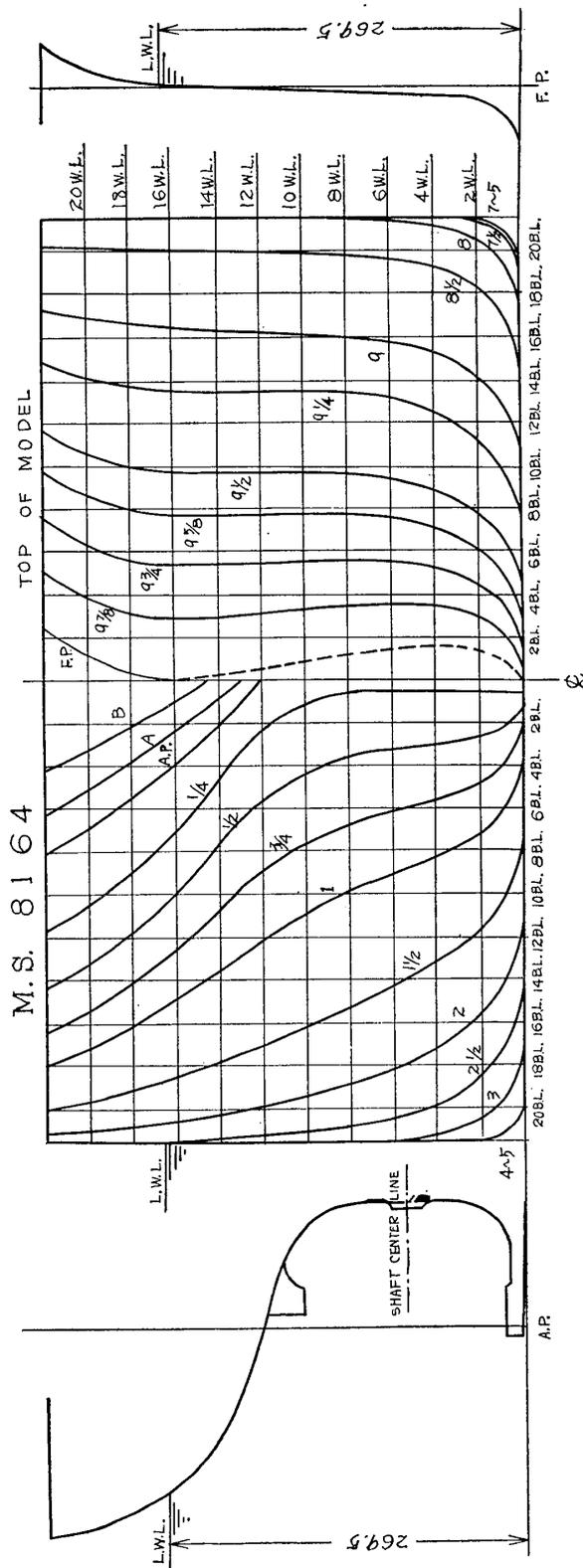


Fig. 6 Body Plan and Stern Profiles of M.S. 8164



$$A_r/L_d = 1/71.5$$

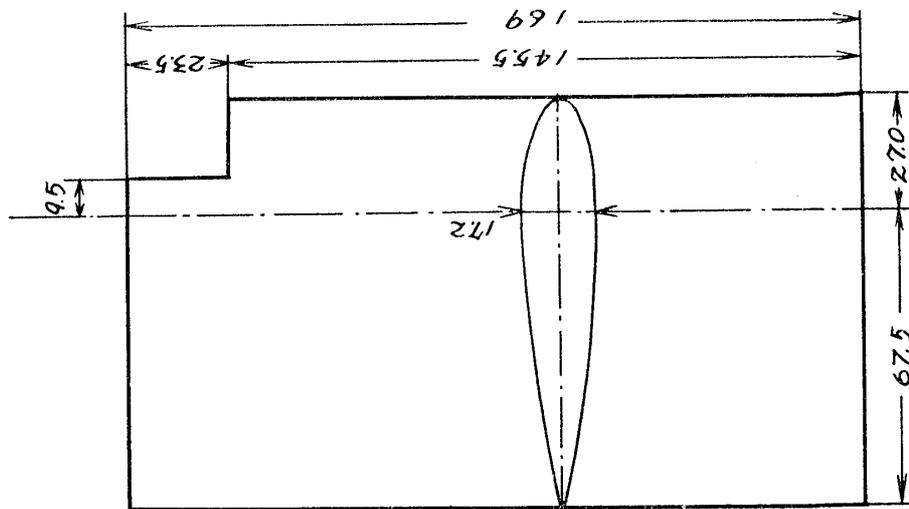


Fig. 8 Model Rudder Profile for M.S. 8060, 8065 and 8070

Rudder	Area Ratio
8155 A	$A_r/L_d = 1/40$
B	1/60
C	1/80

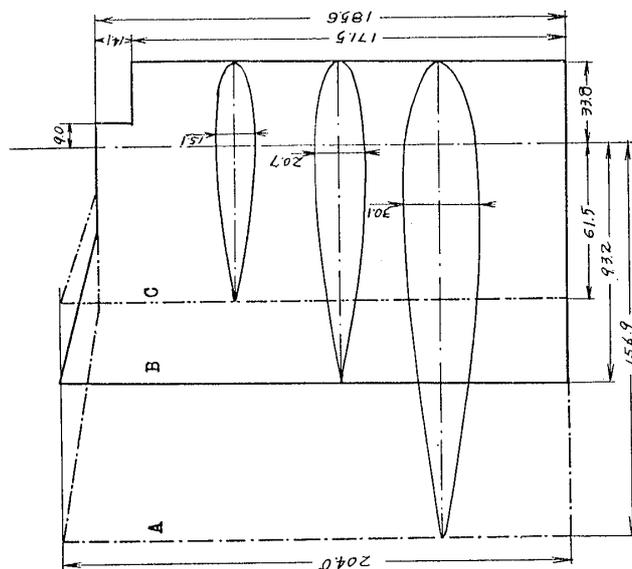


Fig. 9 Model Rudder Profiles for M.S. 8155

Rudder	Area Ratio
8164 A	$A_r/L_d = 1/60$
B	1/67.2
C	1/80

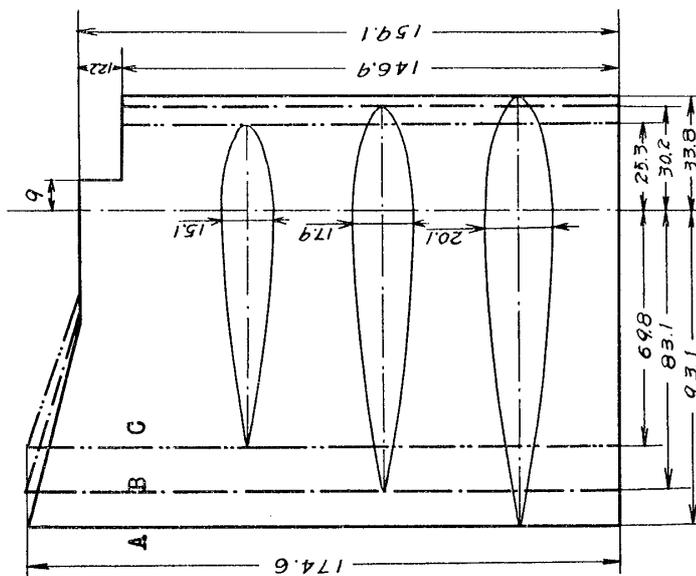


Fig. 10 Model Rudder Profiles for M.S. 8164

Rudder	Rudder Area Ratio
8175 A	$A_r/Ld = 1/40$
B	1/60
C	1/80

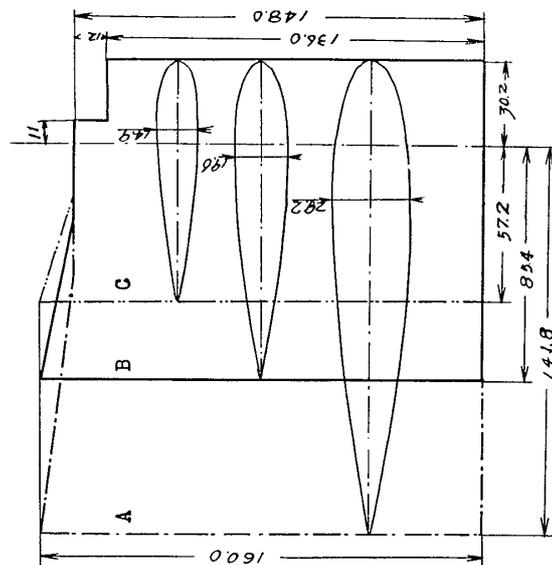


Fig. 11 Model Rudder Profiles for M.S. 8175

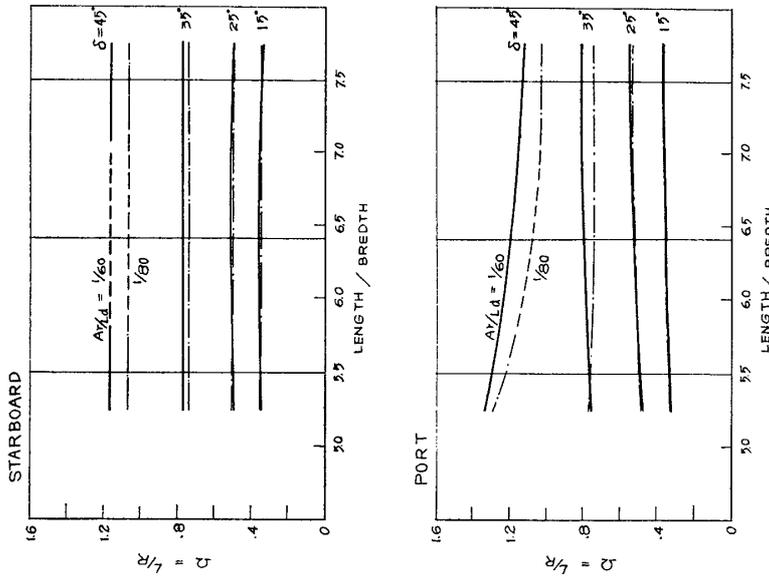


Fig. 12 Effect of L/B on Turning Radius of const. B/d model

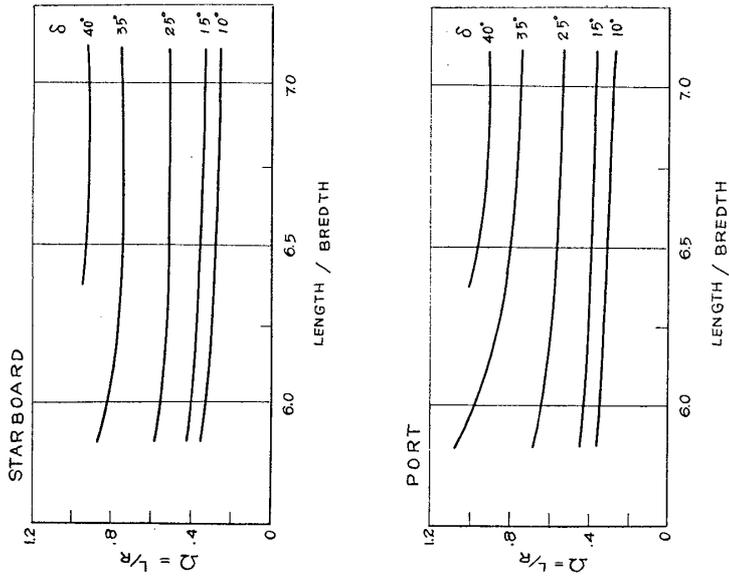


Fig. 13 Effect of L/B on Turning Radius of const. L/d model ( $C_b=0.80$ )

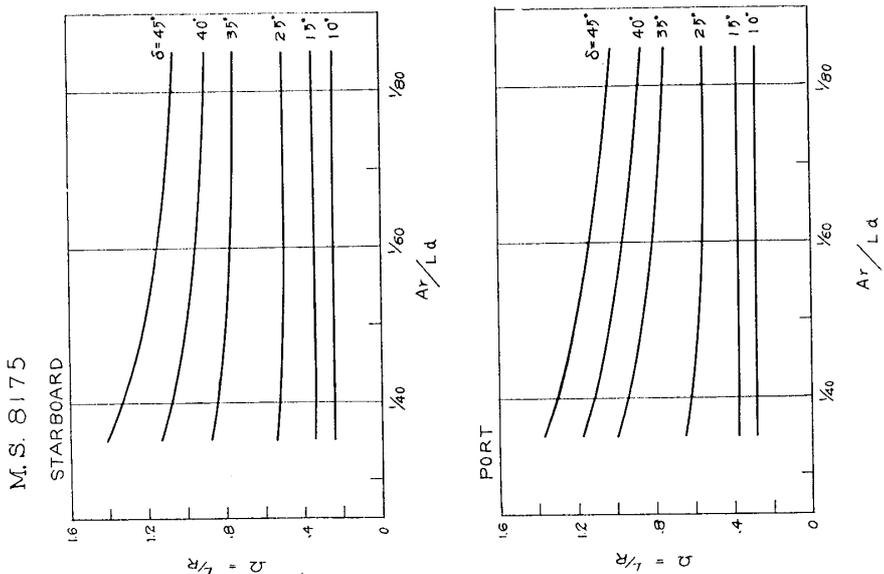


Fig. 14 Effect of Rudder Area on Turning Radius of M.S. 8155

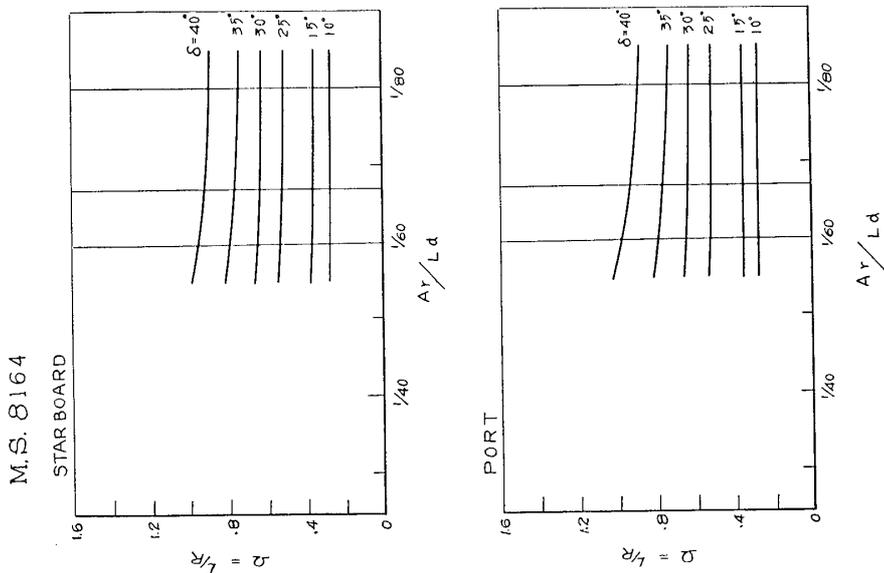


Fig. 15 Effect of Rudder Area on Turning Radius of M.S. 8164

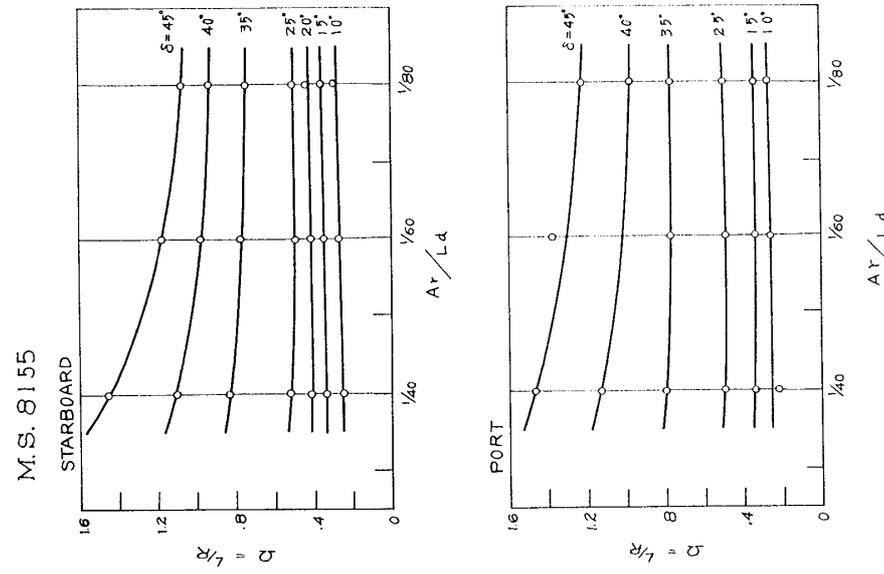


Fig. 16 Effect of Rudder Area on Turning Radius of M.S. 8175

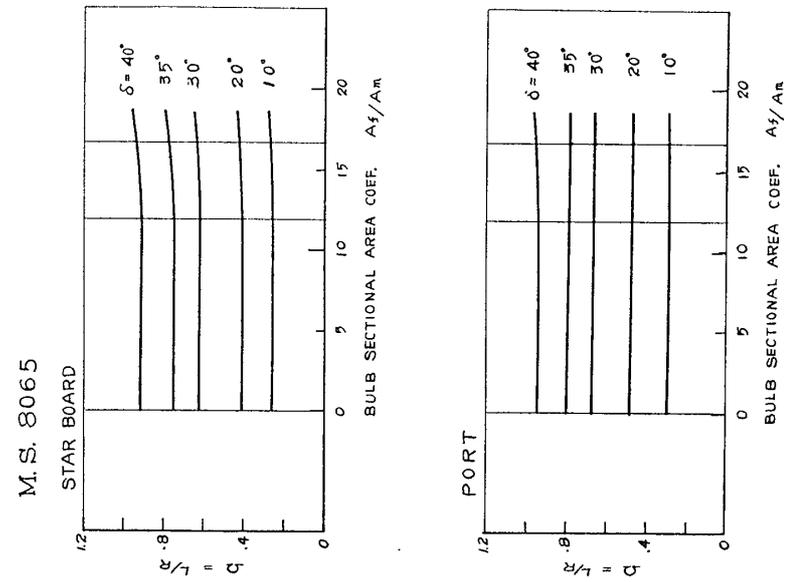


Fig. 18 Effect of Bulb on Turning Radius of M.S. 8065

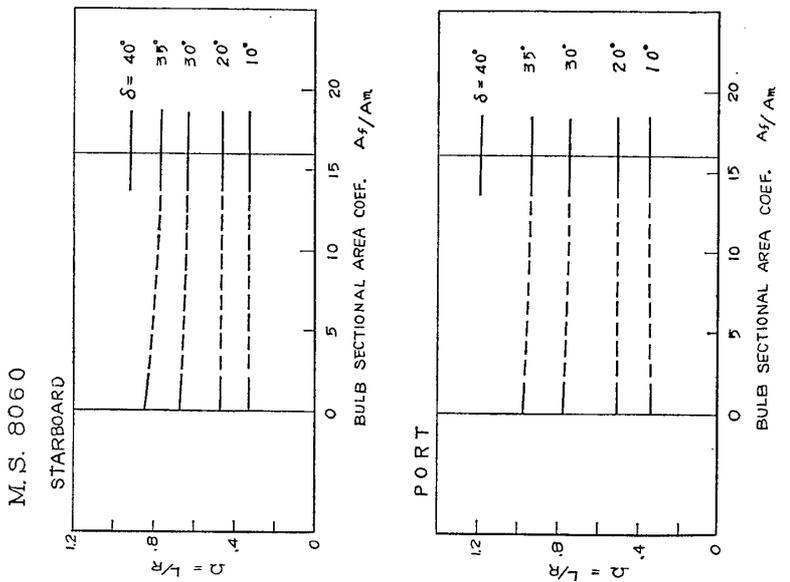


Fig. 17 Effect of Bulb on Turning Radius of M.S. 8060

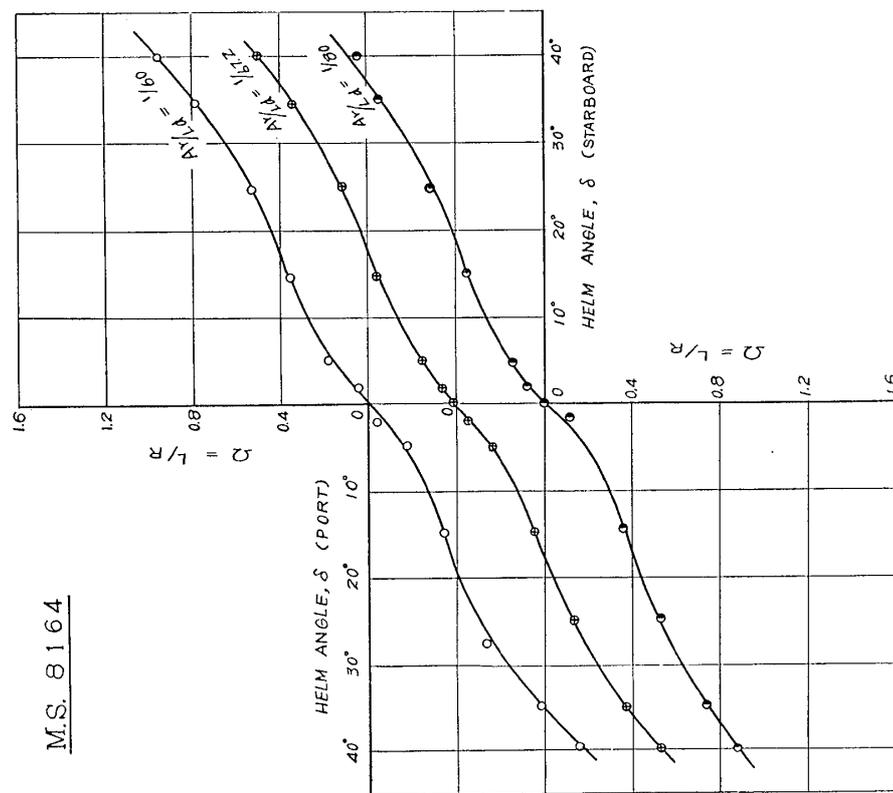


Fig. 20 Dimensionless Angular Velocity of Turning of M.S. 8164

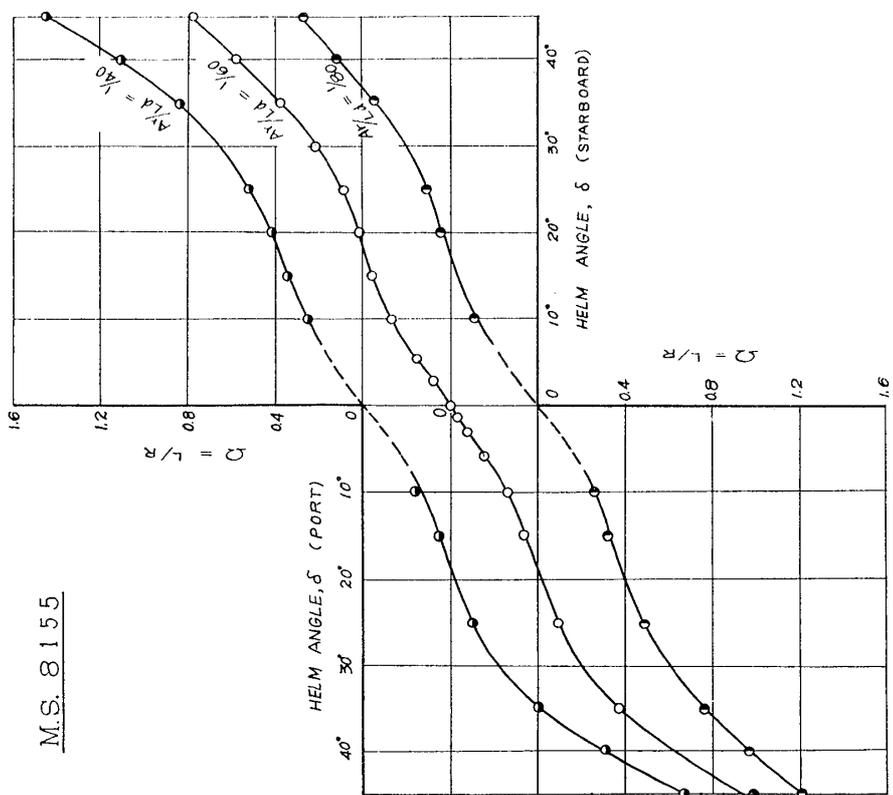


Fig. 19 Dimensionless Angular Velocity of Turning of M.S. 8155

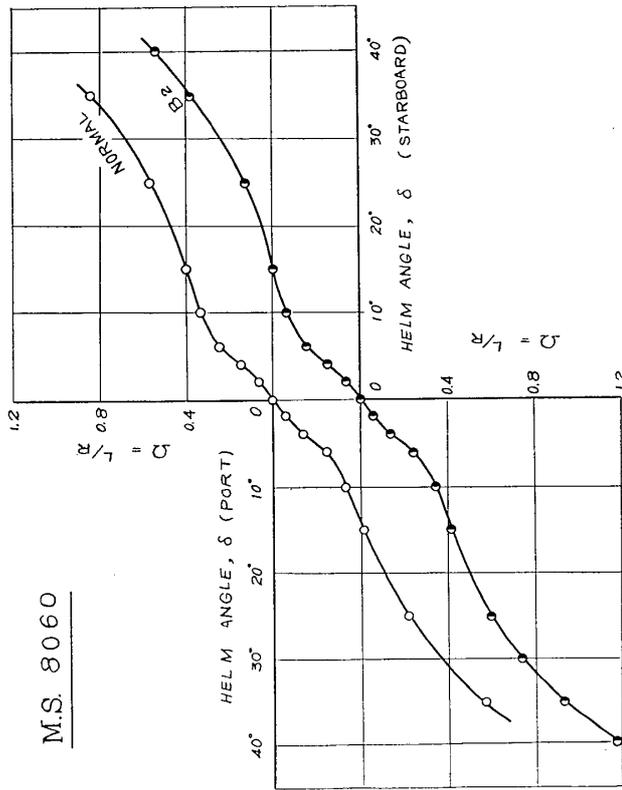


Fig. 22 Dimensionless Angular Velocity of Turning of M.S. 8060

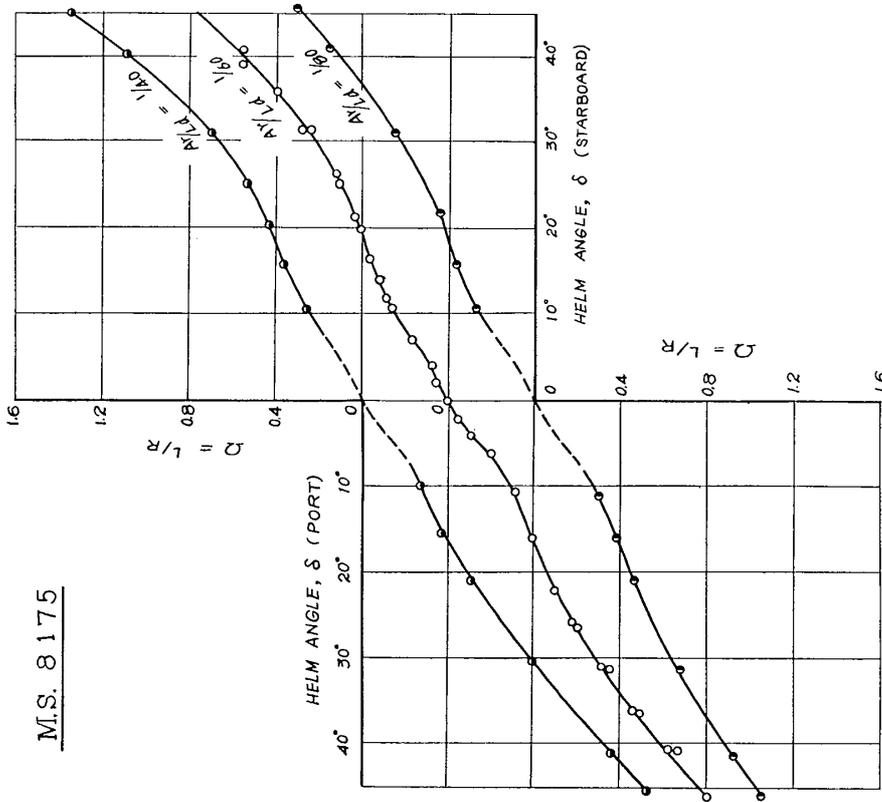


Fig. 21 Dimensionless Angular Velocity of Turning of M.S. 8175

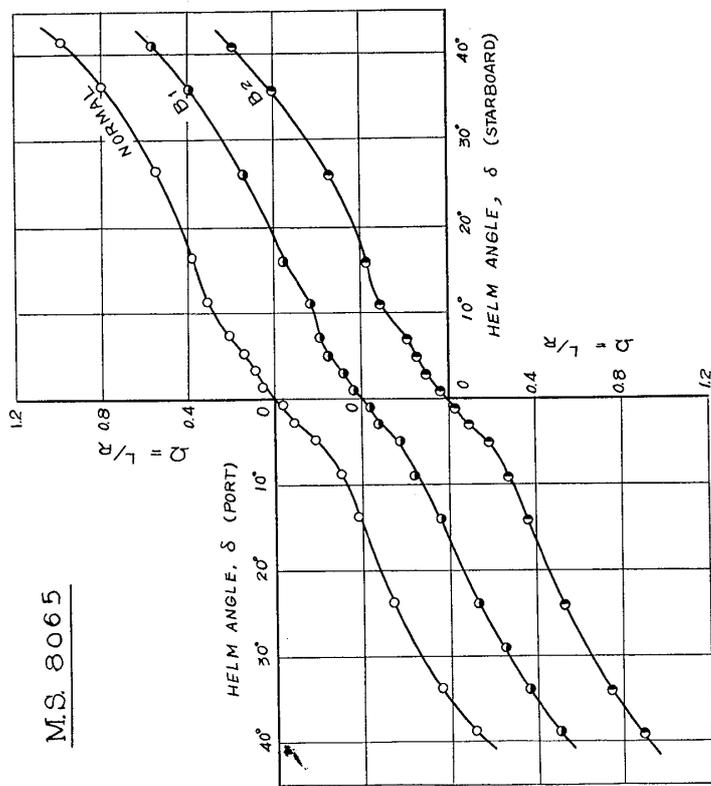


Fig. 23 Dimensionless Angular Velocity of Turning of M.S. 8065

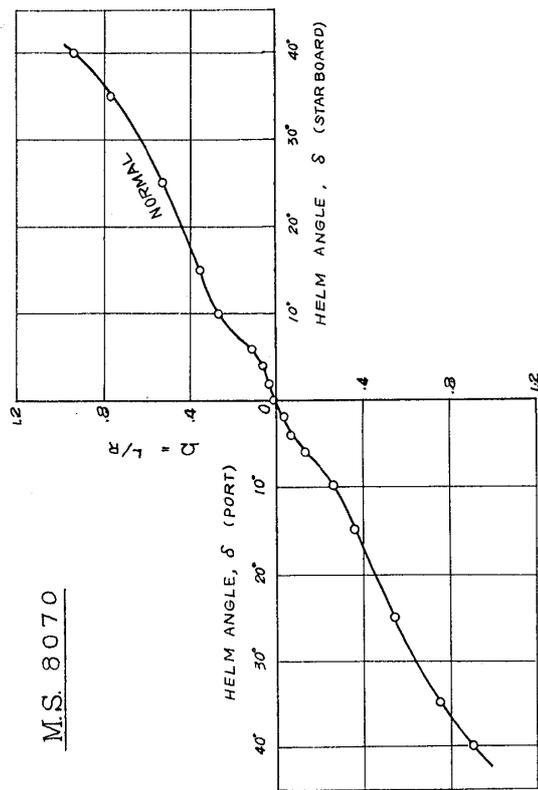


Fig. 24 Dimensionless Angular Velocity of Turning of M.S. 8070

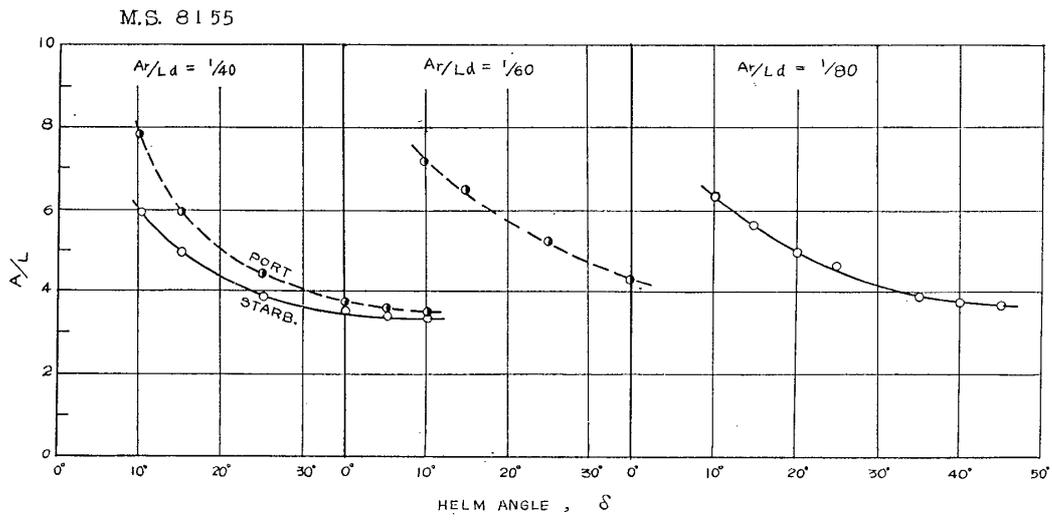


Fig. 25 Advance of M.S. 8155

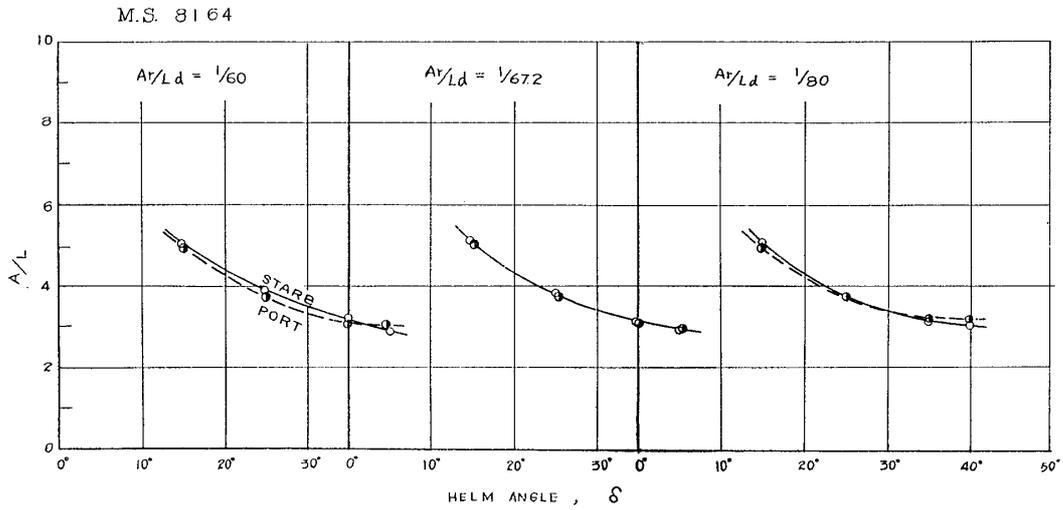


Fig. 26 Advance of M.S. 8164

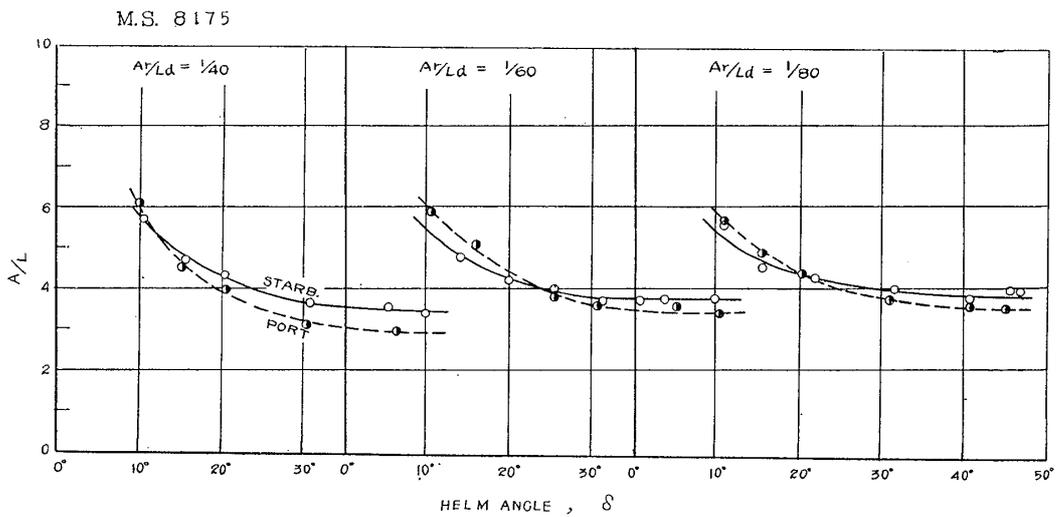


Fig. 27 Advance of M.S. 8175

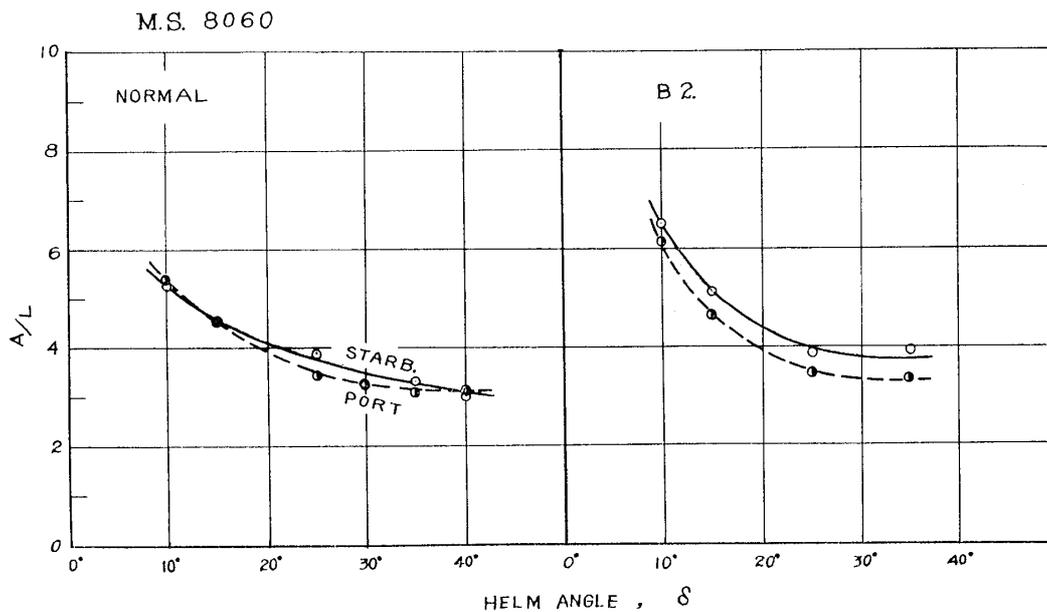


Fig. 28 Advance of M.S. 8060

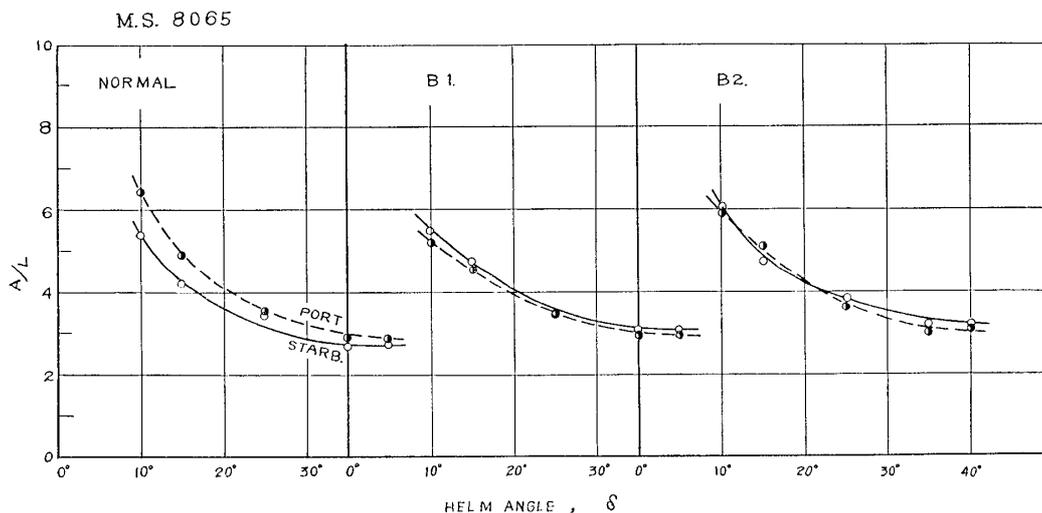


Fig. 29 Advance of M.S. 8065

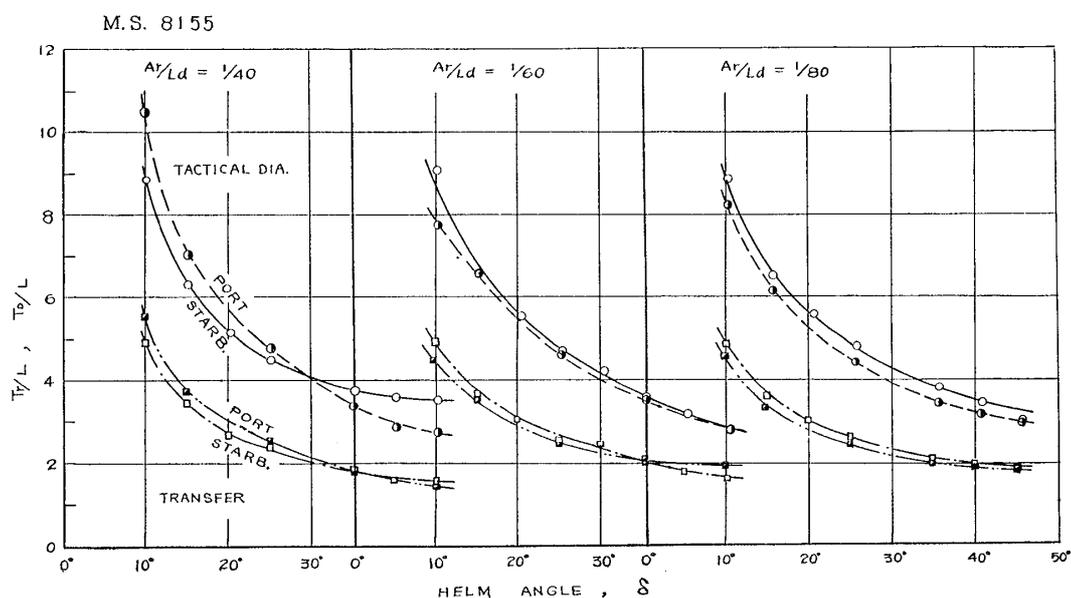


Fig. 30 Transfer and Tactical Diameter of M.S. 8155

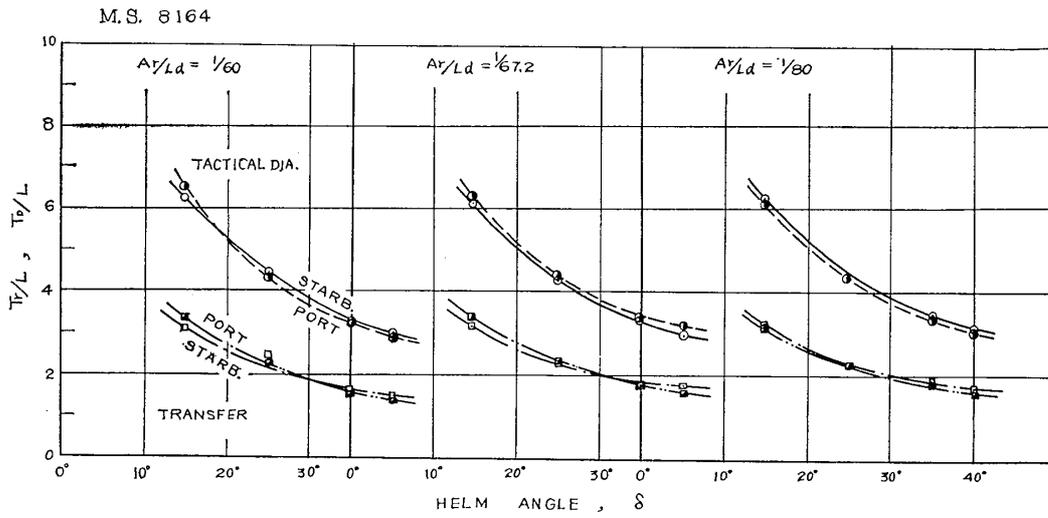


Fig. 31 Transfer and Tactical Diameter of M.S. 8164

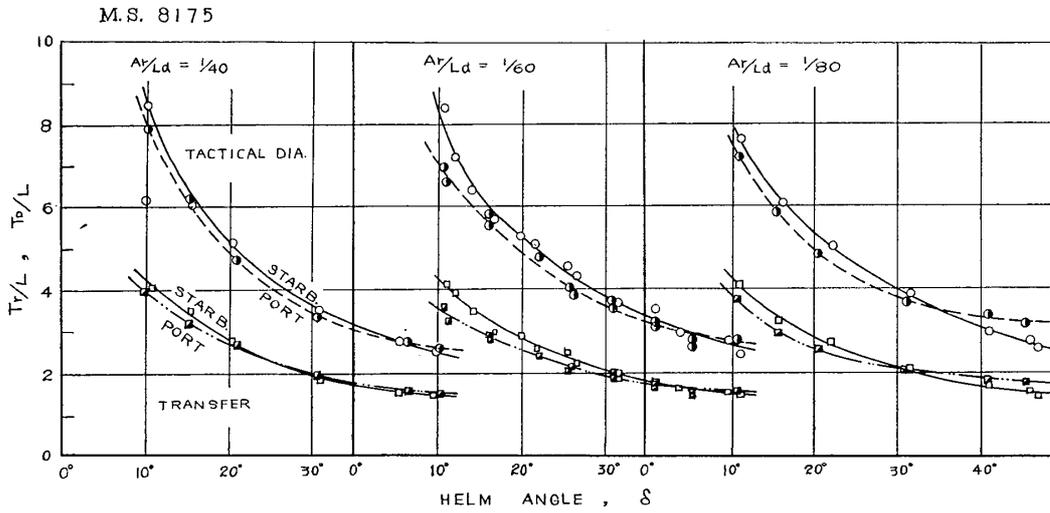


Fig. 32 Transfer and Tactical Diameter of M.S. 8175

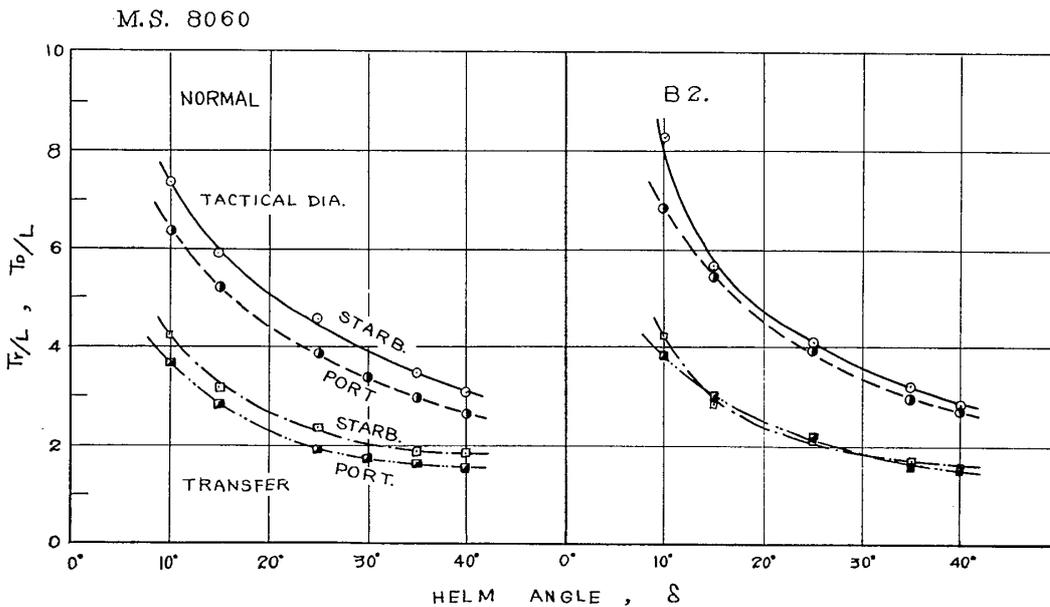


Fig. 33 Transfer and Tactical Diameter of M.S. 8060

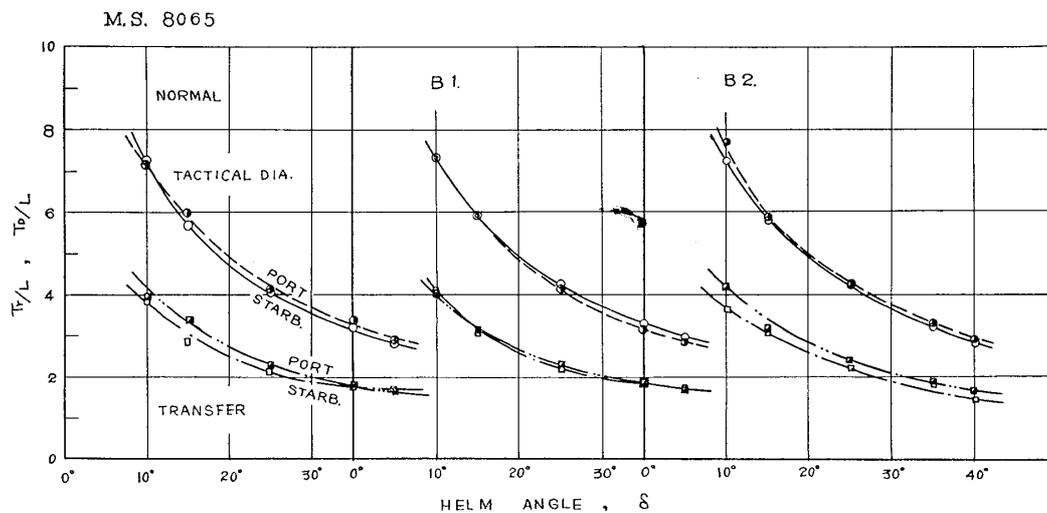


Fig. 34 Transfer and Tactical Diameter of M.S. 8065

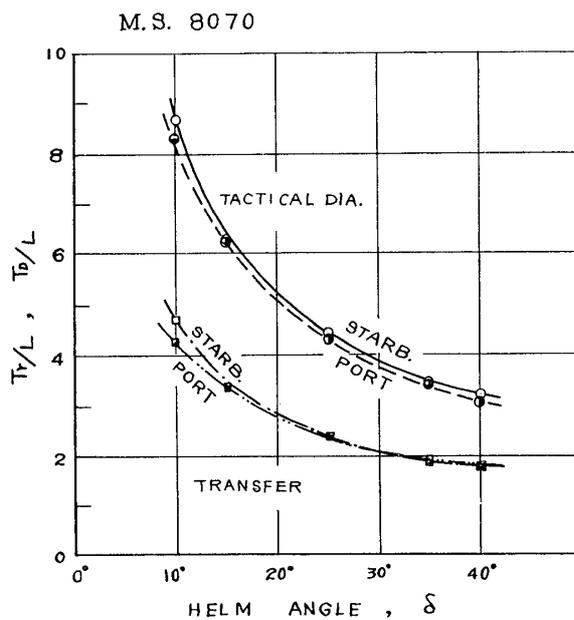
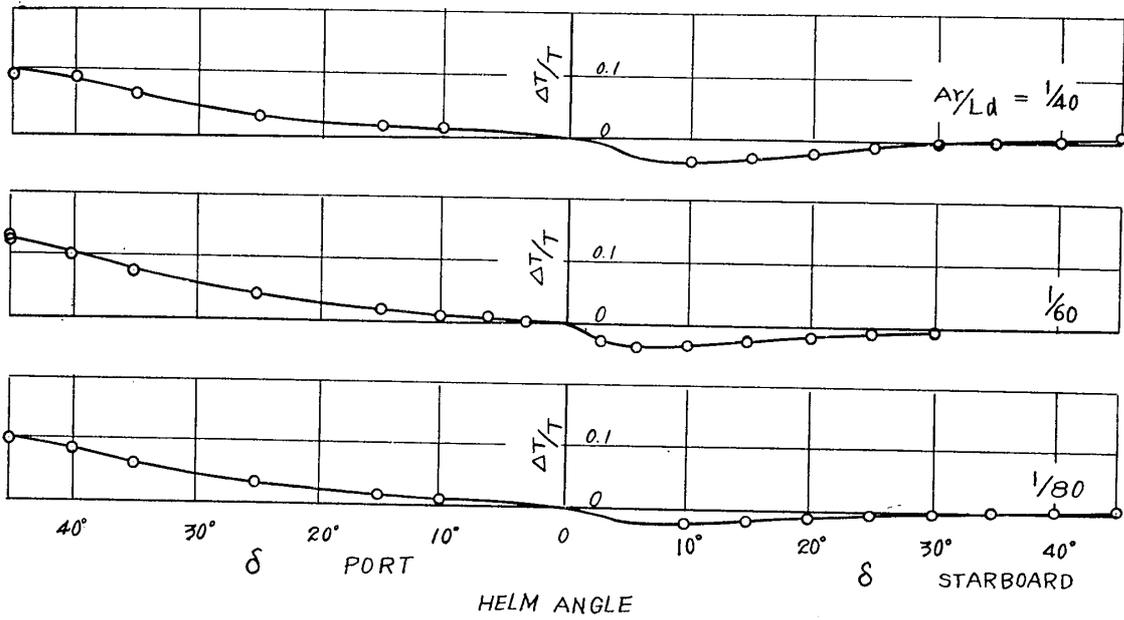


Fig. 35 Transfer and Tactical Diameter of M.S. 8070

M.S. 8155



M.S. 8175

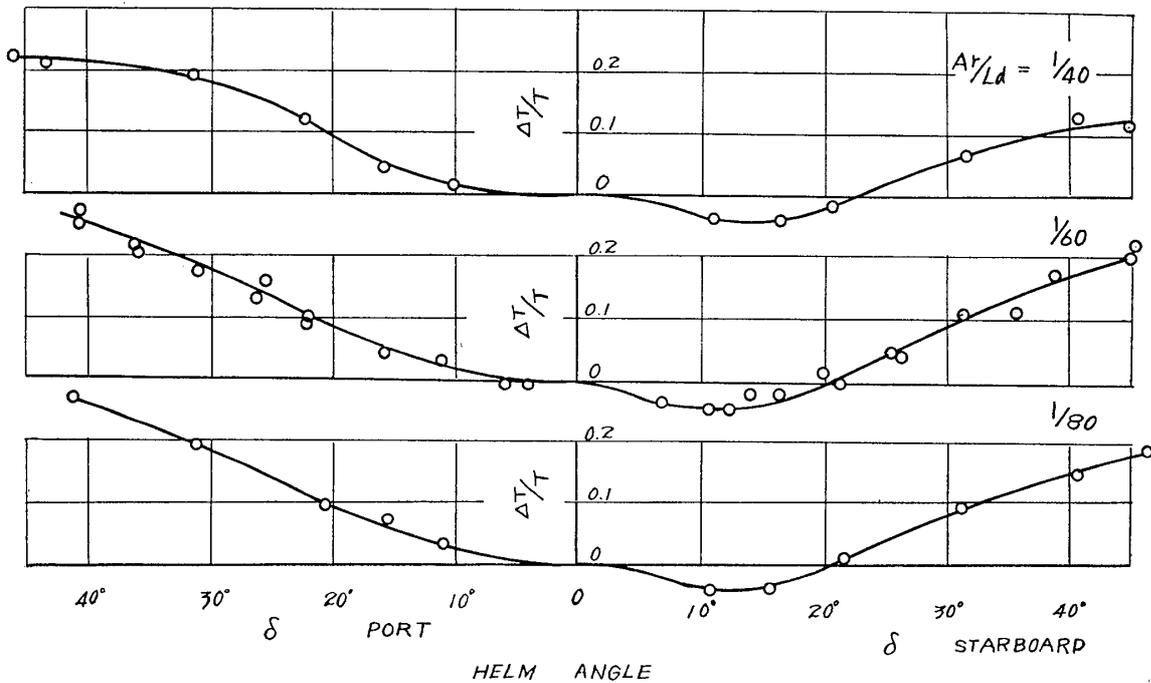


Fig. 36 Thrust Increase in Turning

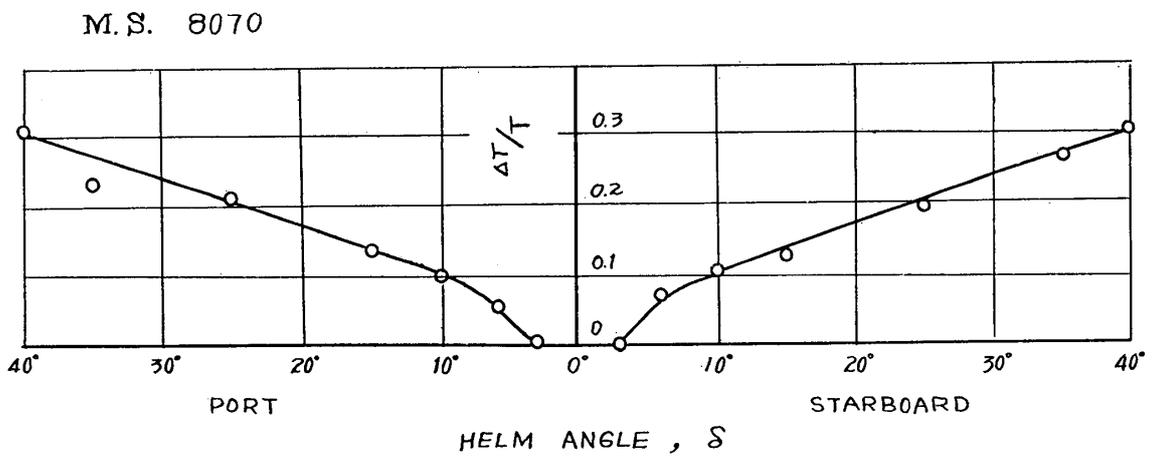
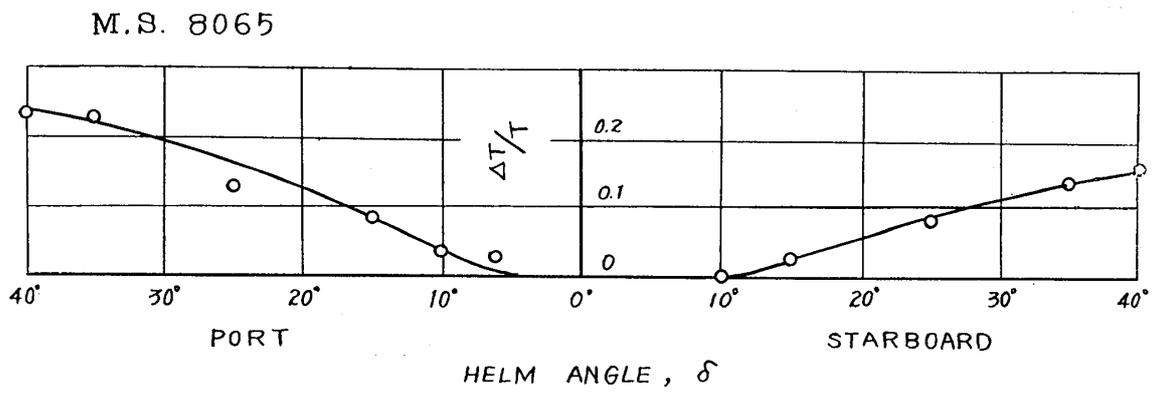
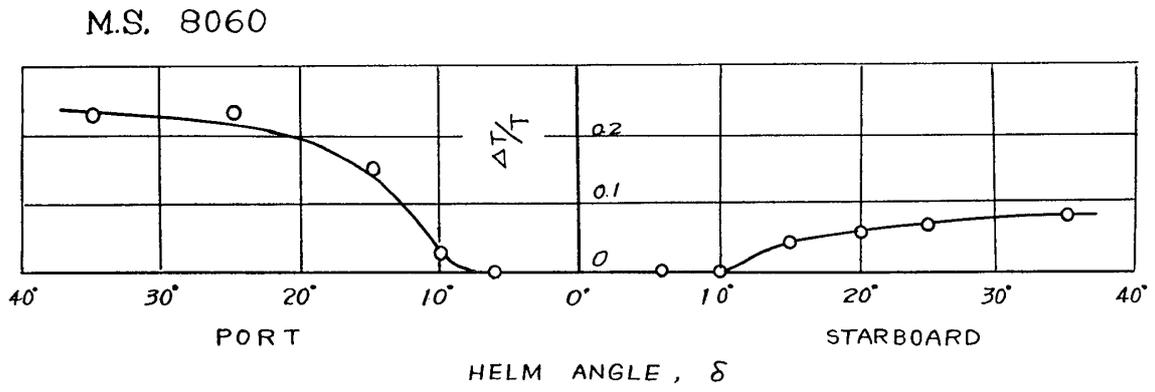
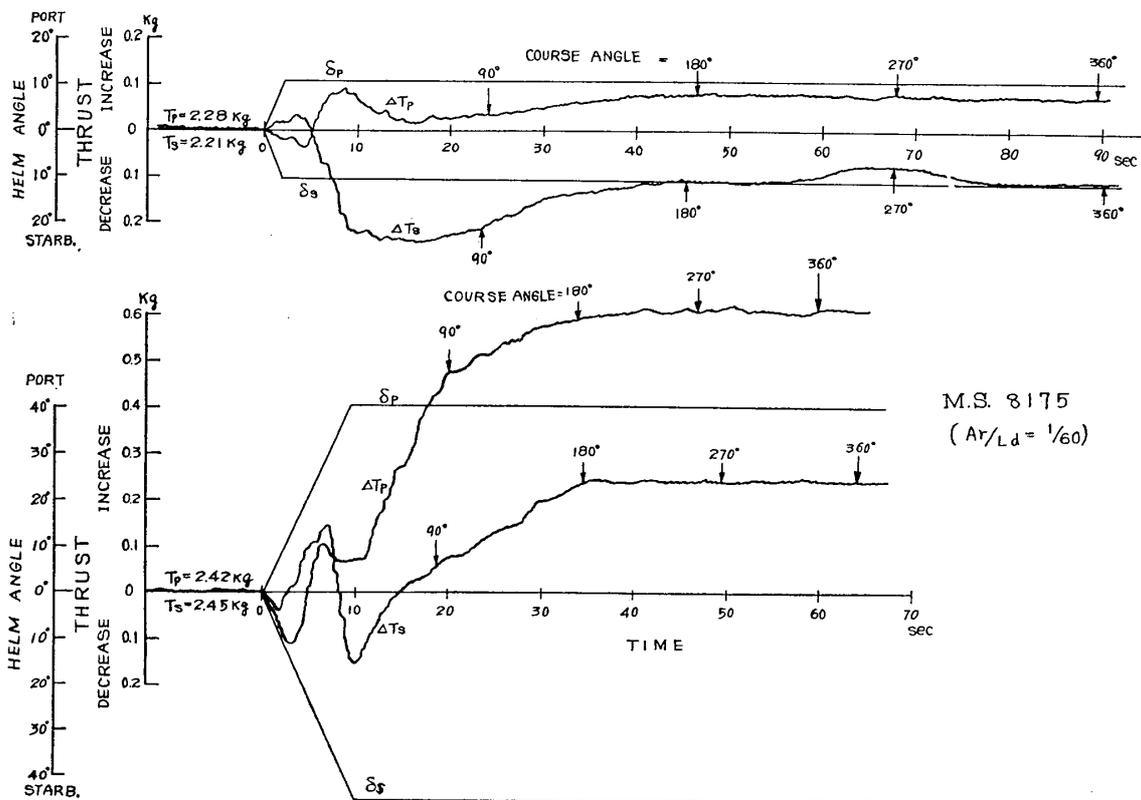


Fig. 37 Thrust Increase in Turning



M.S. 8175  
( $A_r/L_d = 1/60$ )

Fig. 38 Example of Thrust Variation after Steering