

單一推進器軸架間隙 及 螺槳與
其 周邊와의 間隔에 關한 研究

高 允 奎

A Study on the Clearance Between Propeller and Stern
Frame in a Single Screw Vessel

Koh Yoonsup

目 次	1
第一章 概 論	1
第二章 研究の對象及研究の目的	2
第三章 研究の方法及研究の設備	3
第四章 研究の結果	4
第五章 結 論	10
参考文献	11
謝 詞	12



General passenger boats are installed with compound (the main power shaft and horizontal shaft) when found to be growing, but it is not installed with compound each power and main diesel engines. The present state is that with compound main engine, the existing force vibration and accordingly the vibration of a ship will be a serious concern.

In order to reduce this vibration it is required, first of all, to reduce the existing force vibration and further, in order to reduce this existing force vibration and further, in order to reduce the existing force vibration, to consider factors, the propeller number and the number of blades, and the shape of the stern part should be taken into consideration.

In part of the fact that, in order to reduce the vibration, the compound shafts can not be designed and built in consideration to the factor which causes the vibration, and also they satisfied the distance which each location of distance and the round hull and the main complement, so new design of the hull and the stern part.

In this study, the main design of the stern part of the propeller and the propeller and

the hulls of homemade ships with that which each Register of shipping requires. And another attempt is to form an estimation of presumptive value, so as to be helpful to future ship-building.

記號說明

L : 배의 垂線間長	d : 프로펠러의 날개 끝과 스윙피스 上部와의 間隔
B : 배의 型幅	φ : 軸心上 $0.7 \cdot D/2$ 에서 水線角의 $1/2$ (radian)
D : 프로펠러 直徑	g : 스윙피스의 두께
$B.L.$: Base Line	n : 振動數
l : 舵의 길이	e : 舵와 프로펠러 後端間의 距離
$A.P$: 배의 後部垂線	T : 프로펠러의 推力
a : 프로펠러와 舵와의 間隔	h : 舵軸 中心에서 舵 前緣까지의 距離
b : 프로펠러와 船尾骨材와의 間隔(軸心 上部 $0.7R$)	N : 프로펠러 每分間 回轉數
b' : 프로펠러와 船尾骨材와의 間隔(軸心 下部 $0.7R$)	l_0 : 프로펠러의 보스 길이
c : 프로펠러의 날개 끝 間隔	l : 舵의 두께
l : 프로펠러 艙을 包含한 보스 全長	船尾材 보스 後端과의 距離
R : 프로펠러의 半徑	I : 프로펠러의 深度
f : 프로펠러 보스 前端과 船尾材보스 後端과의 距離	P : S. H. P (Shaft Horse Power)
C_0 : 方形 肥瘠 係數	V : 배의 速度(knots)
u : 船尾材 後緣 延長線과 軸心과의 交点에서	d_1 : 吃水(m)
	: 프로펠러 날개 數

I. 序 論

프로펠러에 의한 起振力은 機械的인 不均衡力, 날개 들의 間隔, 피치 또는 形狀의 不均一에 起因하는 것 外에 프로펠러와 不規則한 伴流 또는 船尾 近處 周邊과의 相互作用 때문에, 날개 振動數에 該當하는 振動이 일어날 수 있다.

沿岸 旅客船은 鋼船인 境遇 極히 輕構造로 되며, 船速을 爲主로 하게되는 關係上 大馬力の 推進 裝置가 據置되는 것이 通例이고, 또한 거의 모든 船主들은 低回轉 主機關을 願하게 된다. 小型이고 輕構造인 船체에 低回轉 主機에 連結되어 回轉하게 되는 큰 直徑의 프로펠러는, 그 周邊의 船体表面과의 狹小한 間隔으로 因한 그들 相互間의 作用과, 不規則한 伴流과 프로펠러와의

된다.

低廉한 船價를 願하게 되는 旅客船 船主들은 거의 모두가 單一 推進器 軸船을 願하게 되며, 主機 操作이나 補修의 簡便 및 長期 運轉을 目的으로 低回轉 主機가 據置되는 것이 通例인데, 이렇게 될 때 큰 直徑의 프로펠러와 그 上部 船底, 船尾 骨材, 슈우피스 및 舵와의 間隔은 매우 狹小해지는 곳도 있을 것이며, 이로 因하여 危險한 船體 振動이 誘發되기도 할 것이다.

(2) 其他 單一 推進器 軸船에서의 後部 船型이 振動 誘發에 미치는 影響^{6,7}.

高出力の 油槽船이나 貨物船에서는 振動 誘發이나 캐비테이션에 依한 浸食 等の 問題가 發生되었고 이 原因을 解消하고자 後部 船型의 廣範圍한 調査가 行하여 졌다. 그 結果에 의하면 極端的인 V型이 振動을 가장 많이 일으키기 쉬우며 마리나舵를 設備한 Hogner after body型이 가장 振動을 적게 일으키는 것으로 判明되었다.

III. 單一推進器 軸船에 있어서 프로펠러와 그 周邊과의 要求되는 間隔

單一 推進器 軸船인 境遇 船尾 構造는 大略 그림 1과 같으며, 프로펠러와 그 周邊과의 間隔은 起振力 發生에 크게 關係된다.

우선 間隔 b 가 狹小해진 境遇 프로펠러와 船體와의 相互 作用으로 因하여 軸 方向 間隔 表面力 및 軸 方向 間隔 베어링 傳達力이 發生하게 된다. 이와 같은 起振力을 最少로 하는 間隔을 定하기 爲하여 Breslin은 單一 推進器 軸船에 있어서의 間隔의 增加와 프로펠러 및 船體에 미치는 水平 力 減少를 調査하기 爲하여 平板 後方에서의 回轉渦가 平板에 미치는 날개 振動數(날개 수 \times

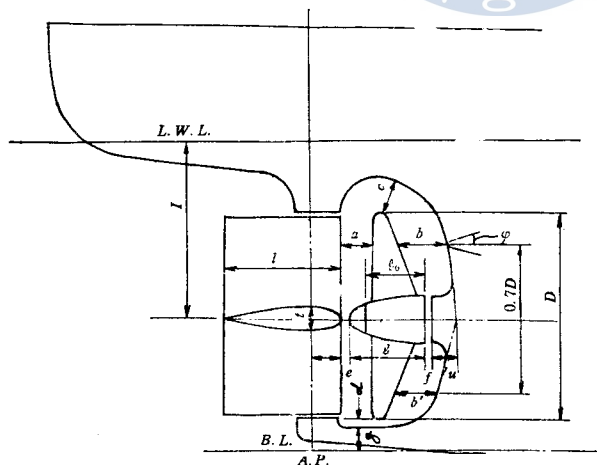


그림1. 프로펠러와 船尾骨材와의 關係지수

r. p. m)의 힘에 關한 理論式과 Lewis와 Tachmindji이, 推力과 프로펠러 間隔을 바꾸어 가며 行한 4-날개 프로펠러의 模型 實驗 등으로 프로펠러와 船尾 骨材와의 間隔에 對해 다음과 같은 關係가 얻어졌다⁽¹⁾.

$(b/D) = \text{const } T^{2/3} / L^{4/3}, n^{4/3}$ (3날개 프로펠러).....(1)

$(b/D) = \text{const } T^{2/7} / L^{4/7}, n^{4/7}$ (5날개 프로펠러).....(2)

이것은 相異한 變數의 相對的 重要度를 나타내는 데 지나지 않으므로 프로

펠러의 間隔의 絶對值는 아래와 같은 狀態에서 3-날개 때 $b/D = 0.15$, 5-날개 때 $b/D = 0.13$ 으로 되도록 常數項을 選定하여 決定하였다

L	T	N
120m	約 30,000kg	130 r. p. m
160m	約 40,000kg	115 r. p. m
200m	約 50,000kg	100 r. p. m

推力は 大体로 通常 狀態이며, $b/D=0.15, 0.13$ 은 經驗上 船체에 危險한 強制力의 影響을 受키 可하다. 尙한 一般的 3-4-날개 프로펠러의 b/D 에 關해서는 言及된 바 없으나, 理論的으로 是는 水平力의 作用 可하고, 上下力, 軸 方向力, 프로펠러에 對해서는 3-날개 葉의 間隔이 兩 適當 間隔으로 定해진다.

經驗上 後部 水線 形狀에 對한 補正이 要求되었을 時, 10餘年前 *D. n. V.*에서 $(1+\varphi)$ 를 乘入 可하다. φ 는 軸心에서 $0.7R$ 上方에서 後部 水線角(弧度)의 $1/2$ 이다.

프로펠러와 船尾骨材와의 間隔은 $0.7R$ 의 位置에서 最終的으로 다음과 같이 提案되었으나, 2년 2차는 이것을 圖表化한 것이다.

$$b/D = 47.6 T^{-0.17} (NL)^{0.12} (1+\varphi) \dots (3, 4\text{-날개 프로펠러}) \dots (3)$$

$$b/D > 0.15$$

$$b/D = 1.35 T^{-0.17} (NL)^{0.12} (1+\varphi) \dots (5\text{-날개 프로펠러}) \dots (4)$$

$$b/D > 0.13$$

船級協會에서는 이와 相當한 間隔을 다음과 같이 要求하고 있다. *

$$\text{Lloyds Register } b/D \geq 0.15 \dots (5)$$

$$\text{Det norske Veritas } b/D \geq 0.11(1+\varphi) \dots (6)$$

船尾骨材의 詳細 設計는 重要하다. 後端 半徑은 $40mm$ 를 超過하면 渦流가 發生하게 되며, 船

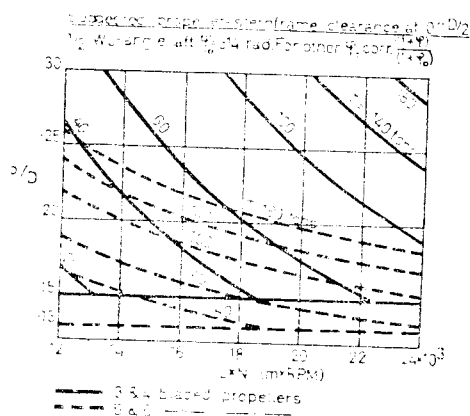


그림 2.

軸心 下部의 船尾骨材가 球狀인 것으로 採用 可한 例가 있는데, 振動의 立場에서는 오히려 最良 最近 그것 때문에 軸系에 極甚한 振動的 衝擊

* 表1 參照

을 받은 배가 있었다⁽¹⁾.

間隔 a 는* 각을수록 推進 效率이 좋아진다고 하지만 最近 船에 振動이 誘發되고서 부터는 큰 값이 採用되고 있다⁽²⁾. 實績에 依하면 a/D 는 D 나 L 의 크기에 關係없이 一定하다. 그러나 反動船나 遞減 피치式 프로펠러의 組立, 或은 中小型船에서는 比較的 작은 값을, 5-날개 乃至 6-날개 프로펠러를 裝備하는 大型船에서는 比較的 큰 값을 採用하는 것이 無難한 것으로 되어 있다.

b' 는 b 와* 같은 값을 擇하는 傾向이긴 하나, 水線이 이르는 角도 작아질 것이고 振動 誘發의 見地에서 影響이 적을 것으로 생각된다.

間隔 c 는* 프로펠러의 날개 끝과 船休와의 最短 距離로서, c/D 의 값은 D 나 L 의 變化에 關係 없이 船尾의 形狀에 支配되며, 그 範圍는 넓은 것으로 되어 있다⁽²⁾.

間隔 d 는* 프로펠러의 深度를 充分하게 하기 爲해서 되도록 적게 함이 바람직하나, 날개 끝의 캐비테이션, 슈우피이스의 腐蝕, 若干의 效率 低下 등으로 그 標準은 다음과 같다.

$$d/D = (4.5 \pm 1.5)\% \dots\dots\dots(7)$$

특히 吃水에 制限을 받을 때는 2% 程度로 될 때도 있으며, 船尾骨材가 組立形일 때는 d/D 의 값을 若干 크게하는 것이 타당할 것이다.

間隔 e 는** 實績上 D 가 5m 以下 일때와 5m를 超過할 때로 區分하여 다음과 같은 값이 되는 것을 권하고 있다.

$$\left. \begin{array}{l} D \text{가 } 5m \text{ 以下일 때 } e = (100 \pm 50)mm \\ D \text{가 } 5mm \text{를 超過할 때 } e = 0.02D \end{array} \right\} \dots\dots\dots(8)$$

間隔 f 는 프로펠러 軸徑, 船尾管 後部の 構造 및 프로펠러 팩킹 그랜드의 構造 등에 依해 最終的으로 決定된다. 이 標準을 나타내는 算式은 海水 潤滑 船尾管을 裝備하는 배에서 適用된다.

$$f/D = \{(11 - D) \pm 1.5\}\% \dots\dots\dots(9)$$

프로펠러의 길이 l_0 및 켈이 包含되는 全長 l 는 날개 數, 날개의 밑 部分에서의 幅, 組立形 또는 一體形, 그리고 켈의 形狀 등에 依해 一定치 않으나 l_0 또는 l 가*** 길 境遇 프로펠러 軸端이 船尾骨材에서 멀리 튀어 나오게 되어 回轉時 큰 모멘트를 받게 될 것이다. 統計的인 算式은 다음과 같다.

$$\left. \begin{array}{l} l_0/D = \left\{ \left(23 - \frac{D}{2} \right) \pm 3 \right\} \% \\ l/D = \left\{ \left(34 - \frac{D}{2} \right) \pm 4 \right\} \% \end{array} \right\} \dots\dots\dots(10)$$

g, h, u , 그리고 L 와 D 와의 關係는 直接 프로펠러 아파아처와는 關係치 않으나 아래의 標準을 軸系 初期 計劃上 參考가 된다.

* 表 1 參照
** 그림 7 參照
*** 그림 8 參照

$$\left. \begin{aligned} g &= (1.7L + 80)mm \\ h &= (6L + 100)mm \\ u &= 260(D - 3)mm \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(11)$$

$$\left. \begin{aligned} L \leq 160m \text{ 일 때 } D &= \left(\frac{4L}{100} + 0.4 \right) m \\ L \geq 160m \text{ 일 때 } D &= \left(\frac{L}{80} + 4 \right) m \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(12)*$$

프로펠러의 深度 I 는 吃水와 g, d, D 에서 決定되는 값이긴 하나 I/D 가 작으면 軸荷 航行時의 船體의 水面에 接觸과 지거나 露出되어 效率의 低下, 케비테이션, 空氣 吸入 現象의 發生 등을 等 惡影響이 뒤 따른다. I/D 는 實績에 따르면 約 0.85 程度가 下限으로 되어 있다. 배의 種類에 따라 다르기는 하나 約 0.9 以下로 되지 않도록 함이 要望된다. 그렇게 하기 爲하야 d, g 에 最少로 取을거나, D 를 若干 制限한다거나, 그때도 解決을 못 볼 境遇에는 主機關을 再選定 할수 있고, 따라서 船尾를 採用하는 等의 對策이 講究된다. 反面 I/D 가 커지면 上記의 여러가지 問題는 解決되나, 이렇게 하기 爲해서 回轉數를 높이고 D 를 작게하면 推進 性能이 低下의 傾向이 있다. I/D 의 實績에 依한 算式은 다음과 같다.

$$\left. \begin{aligned} L \leq 160m \text{ 일 때 } I/D &= 1.64 - \frac{4L}{1000} \\ L \geq 160m \text{ 일 때 } I/D &= \frac{L}{500} + 0.68 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(13)**$$

이 式에 依하면 L 가 約 160m 附近에서는 작고 그 以下 및 以上에서는 增大되는 傾向이 있다. 大型船이나 小型船에서는 船型과 主機 回轉數와의 關係를 改善할 餘地가 있다고 본다. 그러나 適當의 直徑을 크게하여 主機 回轉數를 낮추고 I/D 가 理想的으로 되도록 프로펠러 裝備을 可能하다면, 보다 좋은 推進 性能이 期待되는 때문이다.

다음은 表 1은 文獻이나 船級 協會에서 프로펠러와 船尾骨材 및 舵 等과의 最少 間隔을 要求하는 表이다.

表 1. 프로펠러와 그 周邊과의 最少 間隔

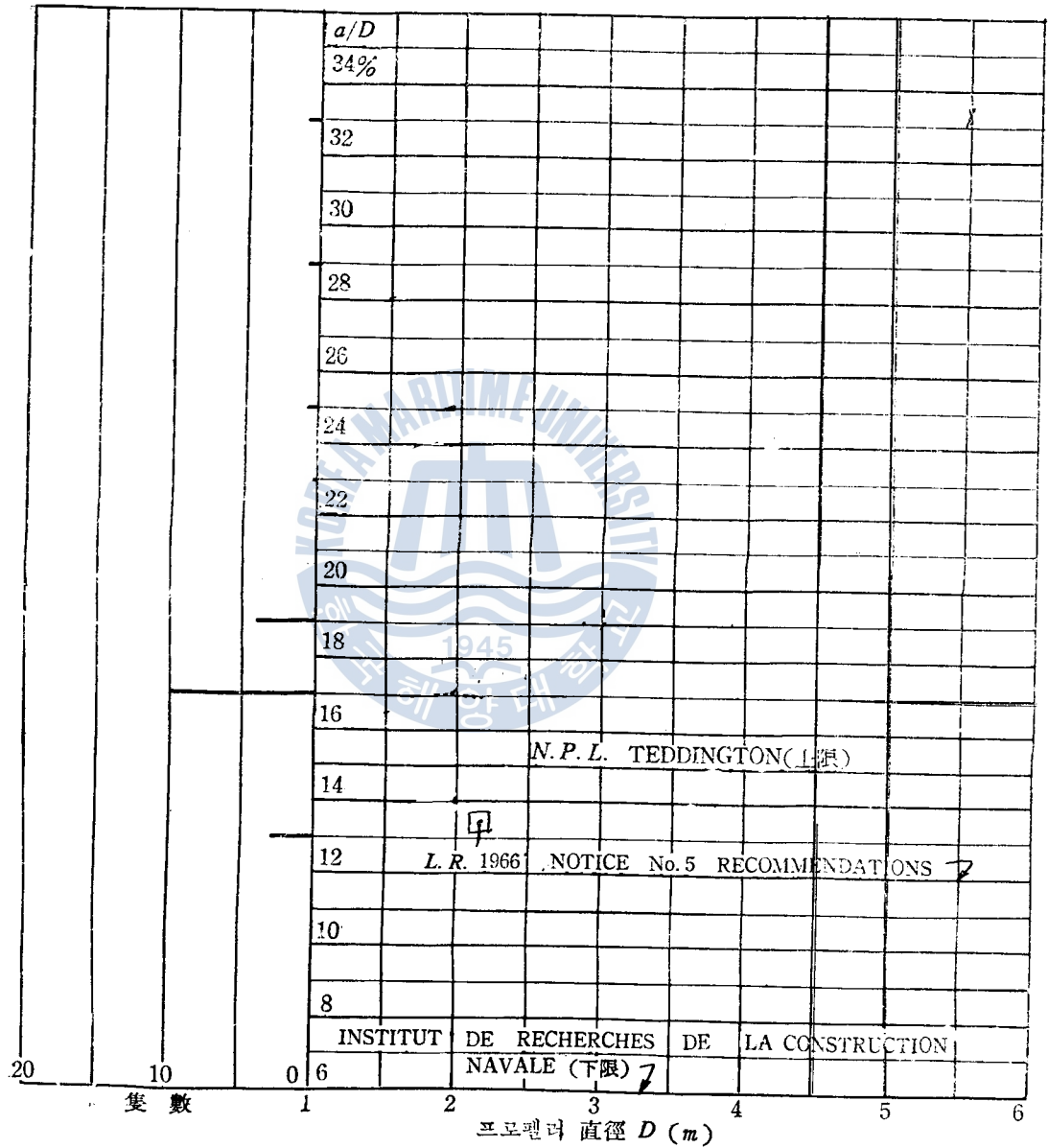
No.	間 隔 出 處	a	b	c	d	備 考
1	FORMULAE FORMERLY USED BY SHIPYARDS	0.08 D	0.15 D	—	—	No. 1~13까지 (a는 프로펠러 寬根과 船체의 最短거리, c는 날개 끝과 船체와의 最短거리)
2	DE ROOY'S FORMULAE IN PRACTISCHE SCHEEPSBOUW	—	0.10 D + 0.05	—	—	單位는 m
3	VAN LAMMÈREN IN WERKSTAND EN VOORTSTUWING VAN SCHEPEN (1912)	0.226 + 0.00167L - 0.0226l/t	0.004 L + 0.1524	0.002 L + 0.1524	0.001 L	單位는 m 係數的인 見地에서 定해졌다 함.
4	AMOS AYRE (1951)	0.04 D	0.17 D	—	—	最高의 效率를 나타낸다고 함.

* 그림 10 參照, ** 그림 9 參照

5	BUREAU VERITAS J. F. ALLAN (1954)	*1 0.08 D	0.13 D	0.08 D ~0.10 D	0.02 D ~0.03 D	*1 普通舵에 對해서
6	INSTITUT DE RECHERCHES DE LA CONSTRUCTION NAVALE (JUNE 1954)	0.06 D ~0.10 D	0.17 D	0.07 D	0.02 D ~0.03 D	
7	VAN AKEN(LIP'S SCHEEPSSCHROEVENVERGRIETERIJ)(FEB. 1955)	$0.545 \frac{t}{D}$ =FD *2	0.15 D	0.08 D	0.03 D ~0.04 D	*2 但, 效率의 인 點에 對해서 $F \leq 0.10$ 로 한다.
8	ZALT BOMMELSE STUWSCHROEVEN-FABRIEK (MAY 1953)	0.10 D 但 $a \leq t$	0.17	0.10 D	0.04 D	
9	INSTITUTE DE RECHERCHES	0.06 D ~0.10 D	0.15 D ~0.17 D	0.07 D	0.40 D	
10	N. P. L. TEDDINGTON	0.08 D ~0.15 D	0.20 D	0.08 D ~0.10 D	0.02 D ~0.03 D	
11	L. S. M. B. WAGENINGEN	0.08 D ~0.12 D	0.15 D ~0.20 D	0.10 D ~0.12 D	0.03 D	
12	Mn-BRONZE & BRASS Co	0.10 D	0.1675 D	0.10 D	60~150mm	
13	LIPS PROPELLER WORKS	*3 $\frac{1}{0.11} \frac{t}{D} - 0.06D$	—	—	—	*3 0.06D~0.10D 範圍로 한다.
14	VAN LAMMEREN IN RESISTANCE PROPULSION AND STEERING OF SHIPS (1948)	$\frac{12^{1/N} + L' - 400'}{50}$	$\frac{18^{1/N}}{30^{1/N}}$ (L=250FT) (L=500FT)	$\frac{12^{1/N}}{18^{1/N}}$ (L=250FT) (L=500FT)	$\frac{3^{1/N}}{6^{1/N}}$ (L=250FT) (L=500FT)	L' = 배의 길이 FEET
15	N 社	$10 \cdot D^{2/n}$ (mm)	$(0.14 \sim 0.15) \times \sqrt[n]{n} D$	$(0.07 \sim 0.78) \times \sqrt[n]{n} D$	$0.03 \sqrt[n]{n} D$ 但 75mm 以上	$b = b' \quad n = r. p. s.$ a는 反動舵 일때 13% 減, 最近 傾向으로 $a = 0.12 \sim 0.14D$ $b = 0.18 \sim 0.20D$
16	DET NORSKE VERITAS (1964)	$0.72 \frac{t}{D}$ 但 $a > 0.08D$ 그러나 0.15D를 超過할 必要는 없다.	$D(1+\phi)k_1$ 但 $b > 0.15D$	$c \geq (1.6 \times \frac{PN}{\sqrt{VLBd} \sqrt{z(zN+500)}} - 0.04)$ 但 LBD가 50,000 以上으로 取하지 말 것.	$0.0035D$ $k_1 = \frac{3600 T}{SN^2 D^4}$ ϕ 는 라디안으로 나타낸다. $1' = 0.01745$ 라디안	
17	LR 1966 NOTICE No. 5 RECOMMENDATIONS	0.12 D 但 $a > t$	$\frac{\alpha K_1 D}{K_1 = (0.1 + \frac{L}{3350}) \times (\frac{2.05 SHP}{L^2} + 0.3)}$	$\frac{\beta K_1 D}{\text{但 } c > 0.10 D}$	0.03 D	날개수 α β
						3 4 5 6 1.8 1.5 1.275 1.125 1.2 1.0 0.85 0.75

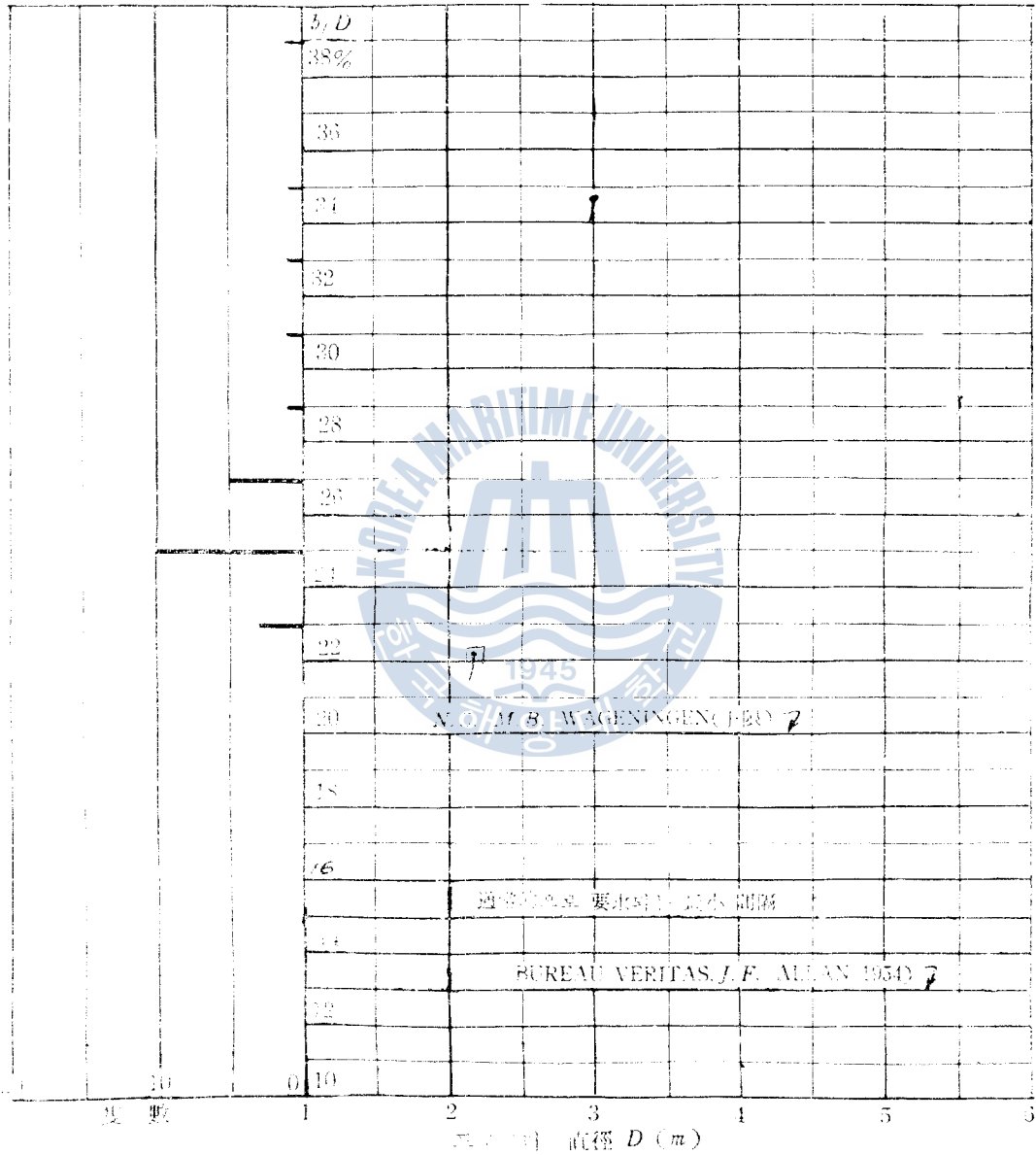
IV. 國內에서 建造된 單一 推進器 軸船의 프로펠러周邊 間隔과 最少 要求 間隔과의 對比

國內 建造船은 小型 旅客船, 遠洋漁船, 近海區域의 油槽船 및 貨物船 그리고 遠洋區域의 貨物船 및 油槽船 等의 多種에 이르고 있다. 이들 배들은 設計 當時 振動 誘發에 對한 配慮가 되



[] 表示는 振動이 심하였던 旅客船임.

그림3. a/D



二幅4. b/D 表13の振動時 船殼周圍 船殼周圍

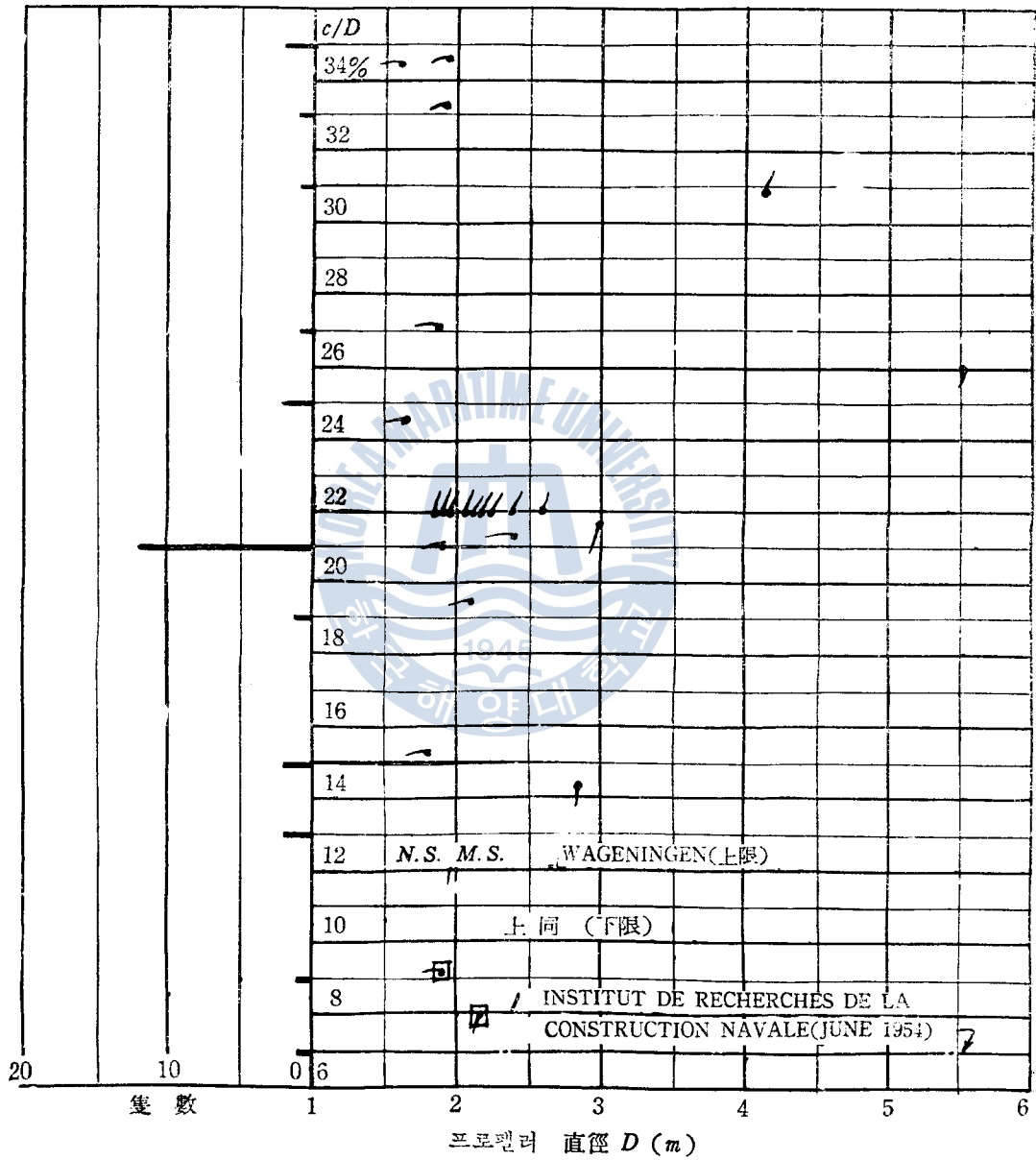


그림5. c/D

□ 表示는 振動이 심하였던 旅客船임.

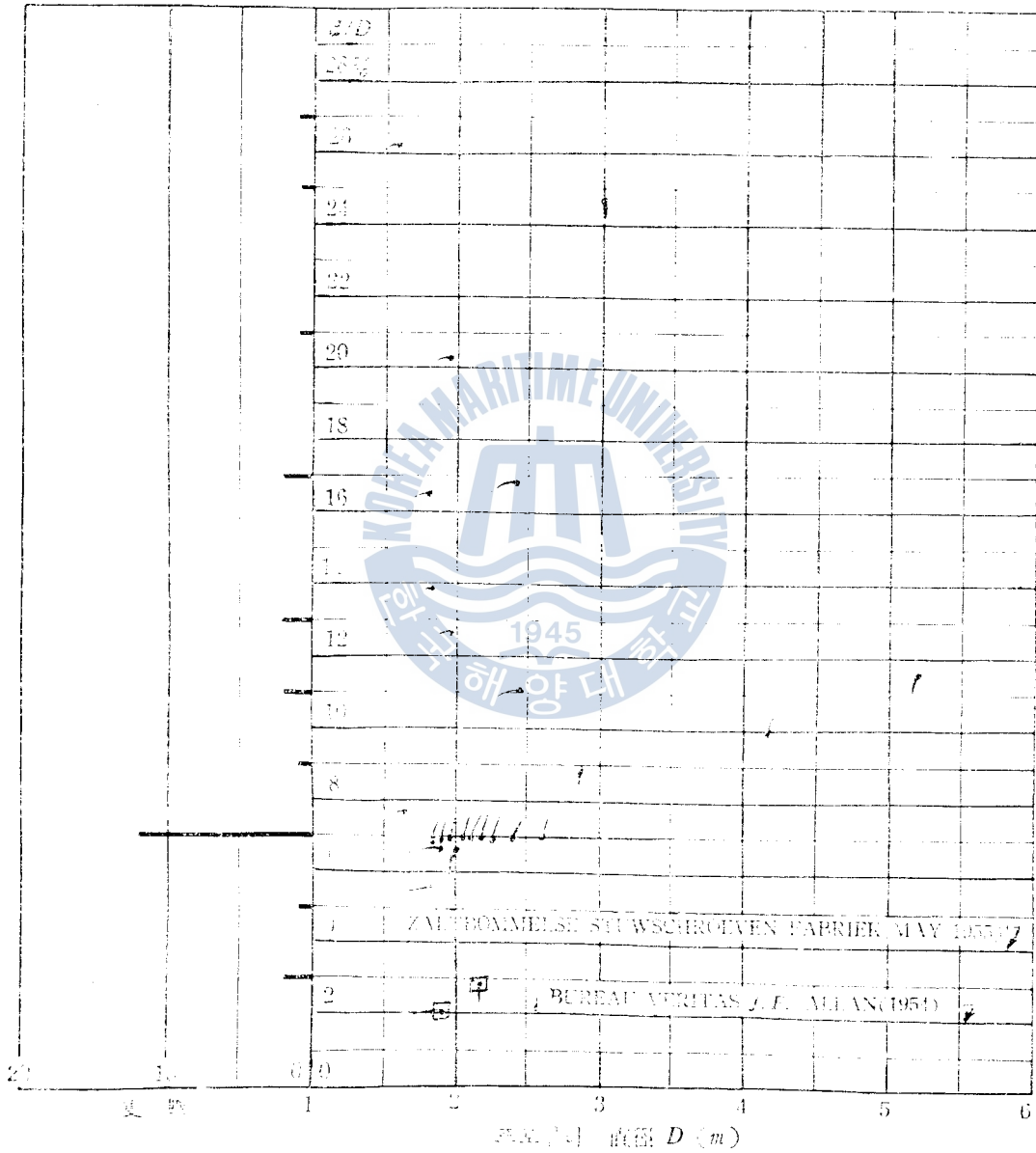


그림 6. d/D

□ 表示此振動中不對位時 旅客船艙

(14)

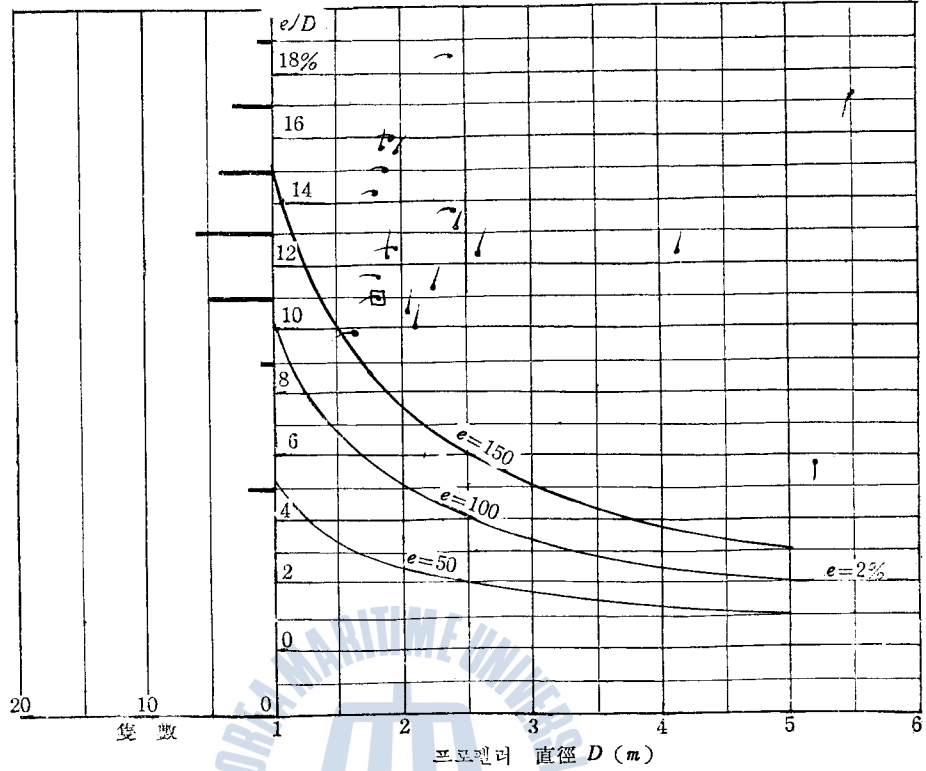


그림7. e/D

表示는 振動이 심하였던 旅客船인

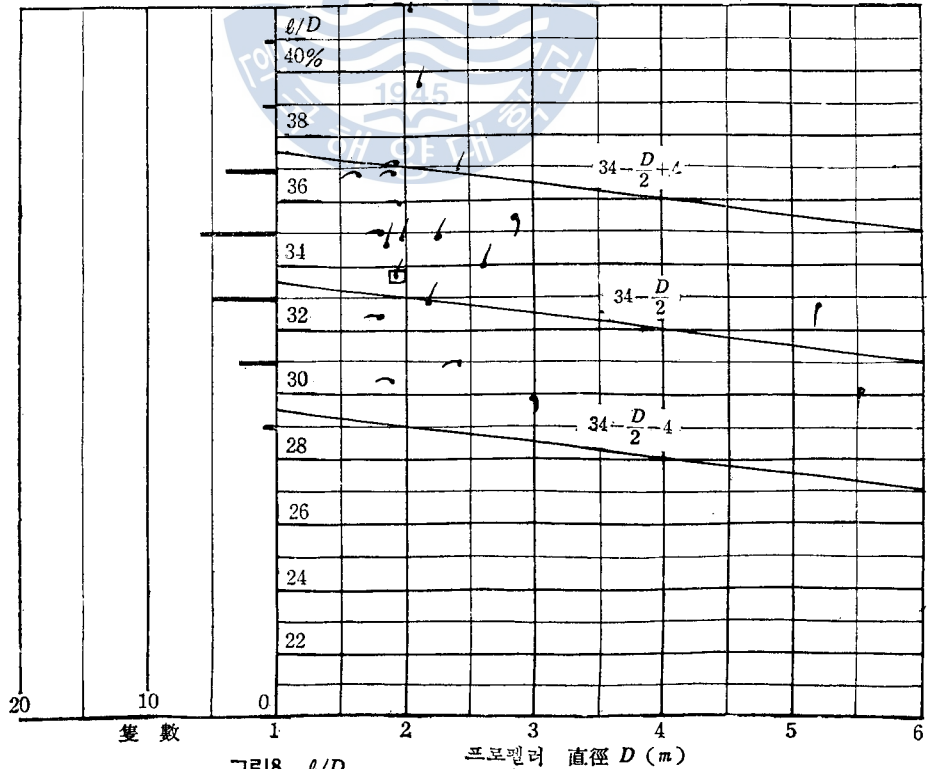


그림8. l/D

- 292 - 表示는 振動이 심하였던 旅客船인.

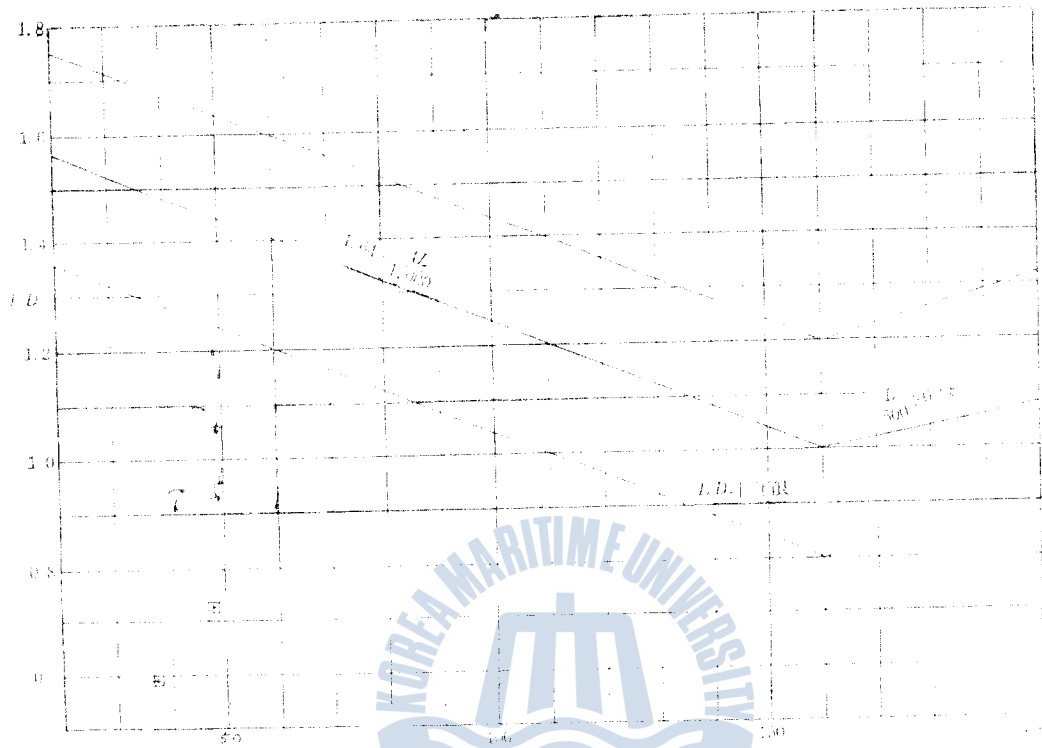


그림9. L/D와 RPM의 관계

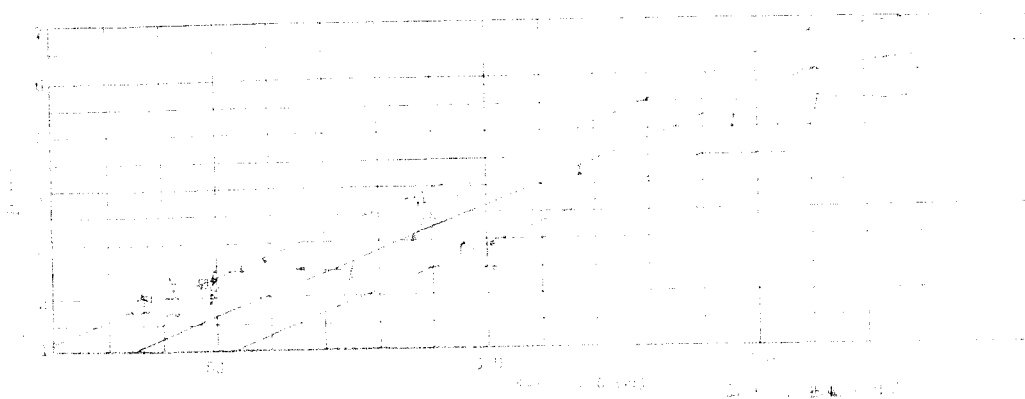


그림10. L/D와 RPM의 관계

생각된다.

그림 6에서의 實船의 d/D 의 값은 標準 制限值를 거이다 上廻하고 있으나, 小型船인 境遇 d/D 의 큰 값으로 因하여 c/D 나 I/D 의 값이 적어 질 우려성이 있다.

그림 7에서의 實船의 e/D 의 값은 標準值를 훨씬 上廻하고 있어 프로펠러 아파아처가 커질 念慮가 있다. 間隔 e 는 標準值를 考慮하여 프로펠러 캡 取付에 支障이 없는 限度로 定함이 오를 것이다.

그림 8에서의 實船의 l/D 의 값은 標準值內에 屬하고 있어-滿足할만 하다.

그림 9에서의 實船의 I/D 의 값은 旅客船이나 漁船인 境遇 標準 制限值에 未達되어 있다. I/D 의 작은 값은 振動에 惡影響을 미치게 되므로 d , g 의 값을 調節하여 되도록 標準值 範圍內에 屬하도록 하여야 한다.

그림 10에서의 D 와 L 와의 關係는 大體로 標準值內에 屬하긴 하나 小型船인 境遇 배의 크기에 比하여 主機 馬力이 크고 따라서 프로펠러 直徑이 커질 것으로 豫想된다.

V. 結 論

船體 振動 誘發을 減少시키기 爲하여서는 알맞는 船尾 船型이 要望된다. 旅客船인 境遇 지나치게 긴 巡洋艦 船尾 採擇과, 不必要하게 큰 프로펠러 아파아처 등은 船尾 剛性を 弱화시킬 것이며, 偏平한 프로펠러 上部 船底에서는 振動이 쉽게 誘發될 것이므로 바람직한 船型이 못된다.

프로펠러와 그 周邊과의 間隔에 對해서는 일단 標準 間隔을 採擇함이 옳을 것이나, 大馬力 低回轉 主機에 連結되어 回轉하는 프로펠러의 境遇, 그 起振力도 클 것이므로, b/D 는 그 下限을 20%로, 그리고 c/D 는 特히 날개 끝 上部 船底가 偏平할 境遇 그 下限을 12% 또는 그 以上으로 되게 推定함이 要望된다.

間隔 b 에 못지 않게 船尾 骨材 後方에서 渦流가 發生하지 않도록 船尾 骨材 詳細 設計가 要望된다.

끝으로 앞으로 建造되는 배 들에 對한 周邊 間隔 採擇時는 船體 全般에 걸친 立場에서 考察하여 間隔 相互間의 調和는 勿論 淺吃水船에서는 프로펠러 深度에 對해서도 各별한 注意가 뒤 따라야 할 것이다.

參考 文獻

1. Some Note on Propeller-Induced Hull and shaft Vibration in Single screw vessels By B. Bergtsson
European shipbuilding, No. 4, 1959 vol VIII.
2. Allan, J. F. :《Improvements in ship performance》. Ship b. and ship p. Rec. 82 (1953), pp.183-185 and pp.219-221.
3. 海文堂 發行, “造船設計便覽” 關西造船協會 編纂 377頁 1961年.

- 4) F. M. Lewis, "Propeller Vibration." Trans, SNAME 1935-6.
- 5) Baier and Odmendroyd. :《Vibration at Inst. Naval Arch. 93 (1951), p.141.
- 6) Praktische Anwendung Erkenntnisse über die wechselwirkung von schiff und Propeller auf den Boispielfall TS "Hugo Stinnes" Prof. Dr. S. schuster
Jahrbuch der S. T. G. 66 Band 1962 s 152-171.
- 7) The Effect of shape of Afterbody on Propulsion, by J. D. Manen and J Kamps, SNAME 1959, advance copy.



