

適定 Bow Thruster System 選定에 對하여

高 斗 煥*

On the Selection for Bow Thruster System

Doo Hwan Koh*

1. 序 論

Bow Thruster는 선박의 조정성능을 증대시키고, 특히 항만에서 접안을 신속, 안전하게 함으로써 지난 수년간 매우 효과적으로 이용되어 왔다. 그러나 船種과 사용 목적에 따라 그 사용범위가 매우 광범위하고, 형태가 다양화되어 적정한 선정을 하는데 몇 가지 까다로운 점이 있다. 이는 장치의 적정용량의 추정방법과 이에 따른 부가적인 船速에 미치는 저항문제, Thruster Propeller Cavitation 문제, 그리고 각 특성별 장치의 적용문제와 기타 장치의 크기, 중량 및 초기가격에 대해 초기 설계단계에서 고려되어야 할 점들이 다소 있어 本稿에서 선주나 조선설계자들을 위해 이를 정리하여 보았다.

2. 抵 抗

지난 몇 년간 Side Thruster 장치가 船速에 미치는 저항성분을 규명하기 위해 많은 노력을 하여 왔으며, 그 중 수 많은 Tank Test를 하였으나, Ship Model보다도 적고 Scale이 달라 만족스러운 계수를 찾아내지 못하였다. 그러나 實船으로부터 얻은 부가적인 저항의 개략적인 추정

치는 Thruster 開口(opening)가 Fairing 되지 않은 Bow Thruster에 대해 약 4~7%정도 증가됨을 알 수 있다.

다음 식은 일반적인 Thruster 開口(opening)에 대한 부가적인 저항 성분계수를 나타낸 식이고, 표 1은 船種에 따라 Thruster 開口로 인해 부가되는 저항계수이다.

$$C_D = K \times A \times V^2$$

여기서,

K : 開口(opening)형태에 따른 계수

A : Thruster Tunnel의 측면적

V : 배의 속도

이다.

表 1. Tunnel Opening에 대한 船種別 저항계수

Ship Type	Speed Knot	Tunnel Dia Ft	C_D
Ferry	17	4.82	0.078
Dry Cargo Liner	18	6.00	0.041
Passenger Ship	22	8.22	0.085
Ore Carrier	15	6.00	0.045

그리고 첨부하는 참고문헌에 따르면 운항속도가 빠른 선박, 즉 Cargo Liner나 Container Ship에 대해서도 Tunnel 開口(opening)가 Fairing 되어 있다든지 Rib 또한 Stream Line에 평행한 開口로 되어 있는 형태는 저항성분을 약 4% 정도로 감소시킬 수 있다.

* 大德船舶分所 圖面檢討室, Member of Drawing Evaluation Group

3. Transverse Thrust

Bow Thruster 와 만족스러운 조정성의 연관성을 규명하고, 각 장치별 성능 평가를 하기 위해서 그림 1~5에서 船種別 Thruster 장치 추정치 값을 나타내었다.

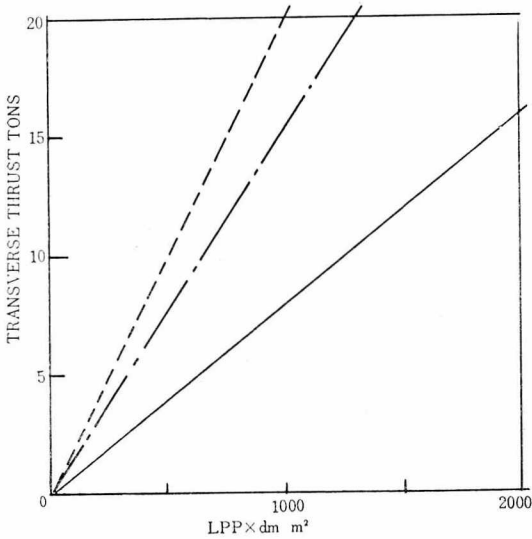


그림 1. CONTAINERSHIP, PASSENGERLINER ROLL-ON/ROLL-OFF

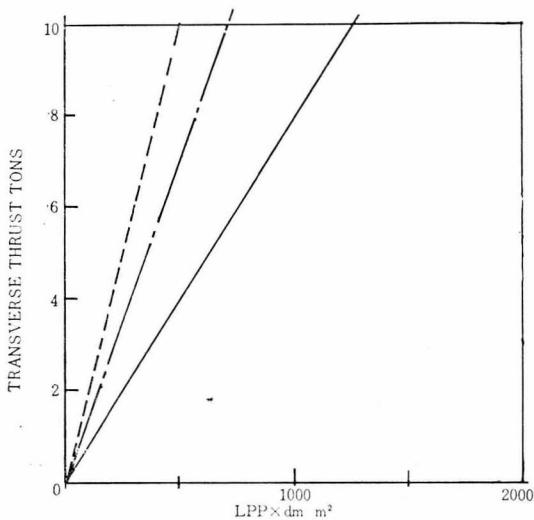


그림 2. CARGO LINER

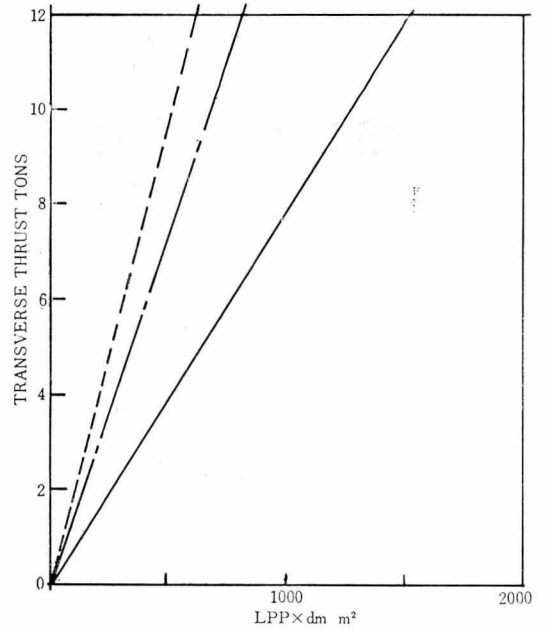


그림 3. TANK-BULK

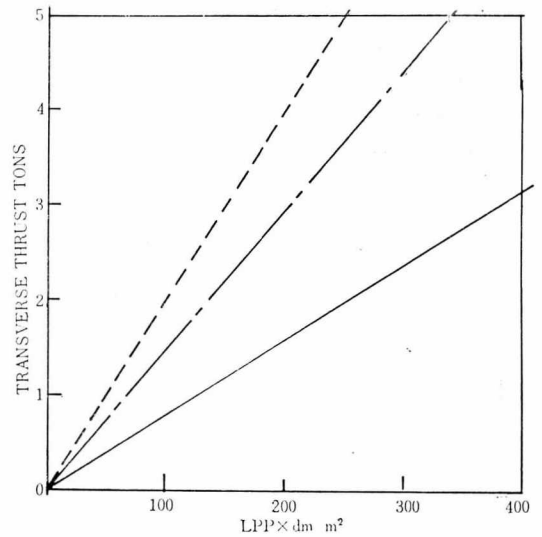


그림 4. FISHERY VESSEL

이 그림의 各線들은 조정성 성능평가 기준을 정하기 위해 다음과 같이 불량, 보통, 양호의 3 단계 구분으로 하였으며, Transverse Thrust 는 $LPP \times dm$ 과 같이 침수 측면적에 기초로 하였다.

CL = 0-8 불량 (Bad Manoeuvrability) ; _____
 = 8-15 보통 (Satisfactory Manoeuvrability) ; — • —

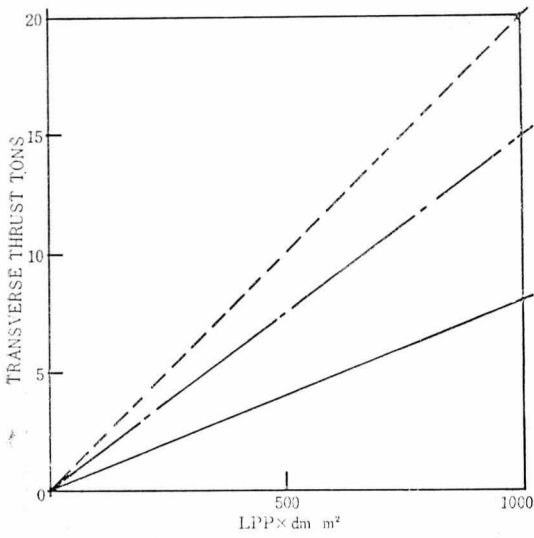


그림 5. CAR FERRY

= 15-20 양호 (Good Manoeuvrability)
; -----

여기서,

$$CL = \frac{TO}{AL}$$

CL : Transverse Thrust 계수 (KP/m²)

TO : 전체 Transverse Thrust (KP)

AL : LPP × dm (m²)

LPP : Length Between Perpendiculars (m)

dm : draft (m)

이다.

4. Thruster Propeller의 特性

Thruster 장치를 선체에 설치할 때에 중요문제는 Propeller의 Cavitation이나 소음이 없는 Thrust System 이어야 할 것이다. 또한 Thrust Unit 설치 위치와 프로펠러구성을 보다 더 증진시키기 위해 다음과 같은 점을 고려하여야 한다.

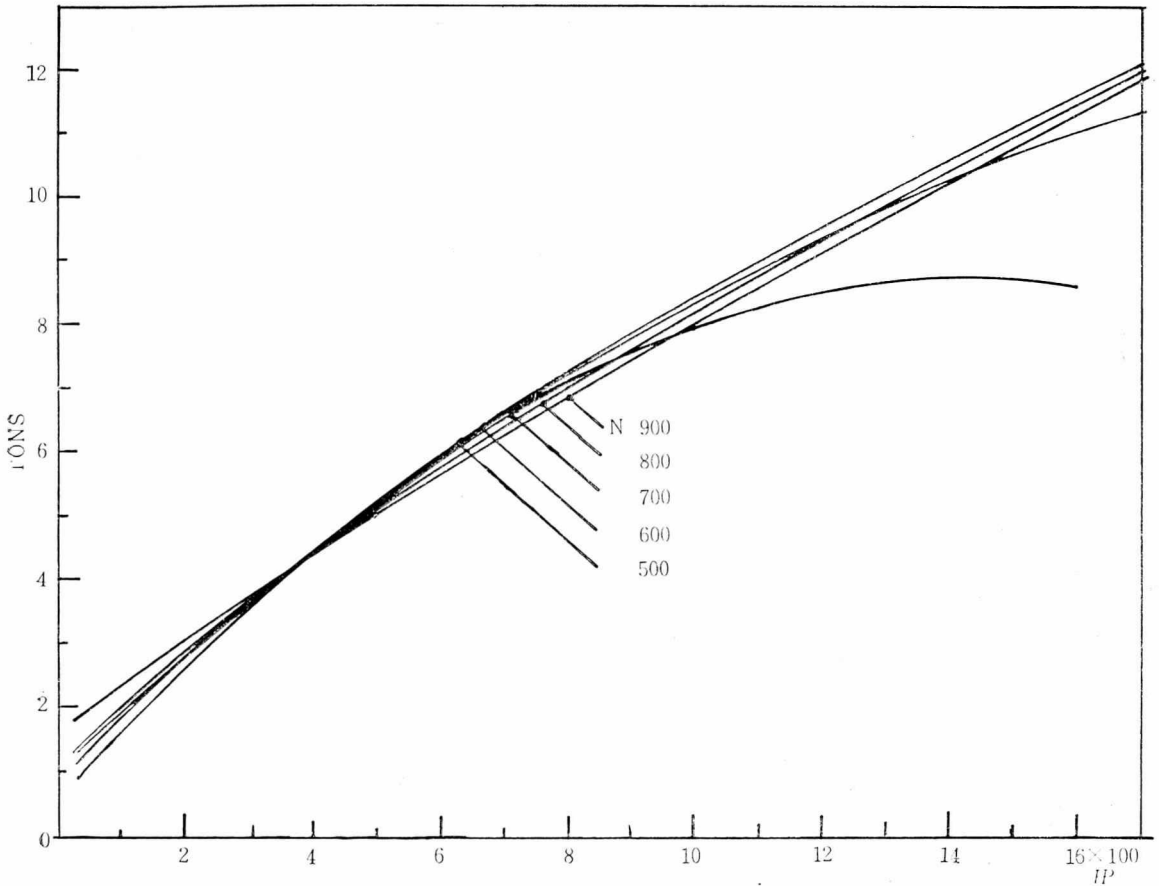


그림 6. DIAMETER 1.0M

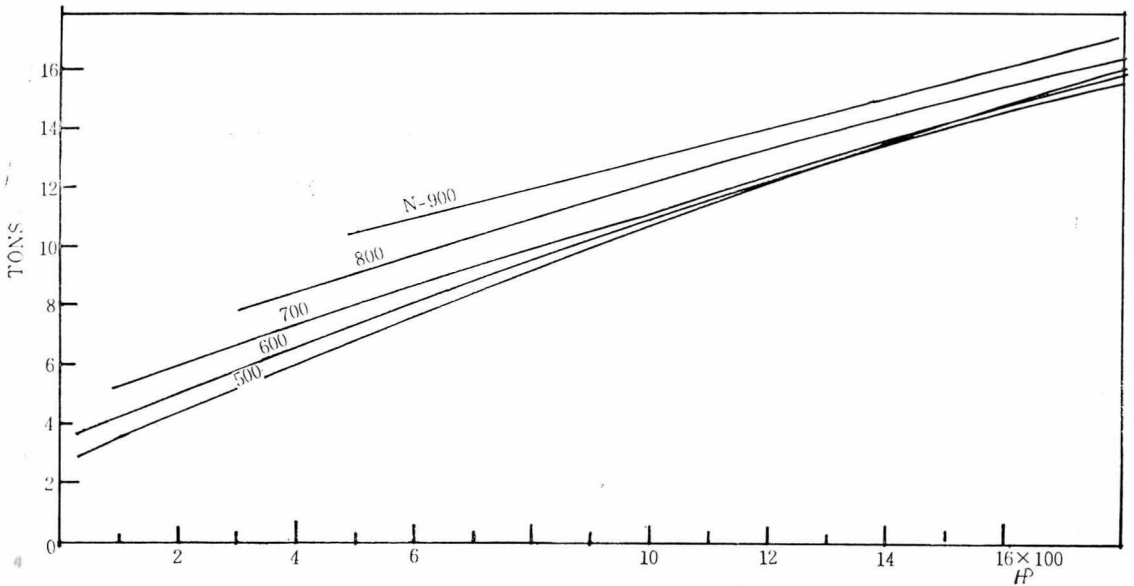


그림 7. DIAMETER 1.5M

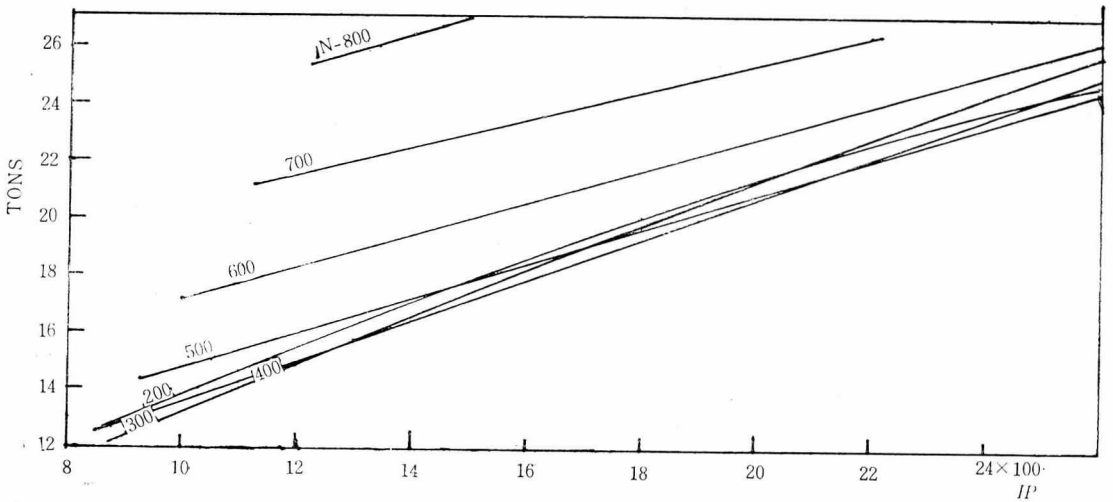


그림 8. DIAMETER 2.0M

① 최소한 침수 깊이는 Base Line 으로부터 프로펠러 中心線까지 거리만큼 보다 더 침수되어야 하고,

② 가능한 한 프로펠러 직경을 증가시키고,

③ 회전수를 줄이고,

④ 프로펠러의 외면으로부터 0.7 라디안 위치의 Pitch 를 감소시켜야 한다.

이와 같이 침수깊이에 대한 Cavitation 문제는 그림 6~8에서 본 바와 같이 매우 중요하다고

할 수 있다. 또한 Tunnel 이 짧을수록 효과적이라 할 수 있고, 프로펠러 직경의 증가는 Thrust 와 Power 가 일정하게 유지될 때 Cavitation 을 고려해서 증가시킬 수 있다.

한편 다른 방법으로 Propeller Diameter 를 증가하는 대신에 적은 2개의 Unit 를 부착시킬 수 있다. 이것은 저항을 감소시킬 수 있을 것이나, 물론 Unit 초기 가격이 증가됨을 고려하여야 한다. 그리고 프로펠러 회전수의 감소는 Cavitation

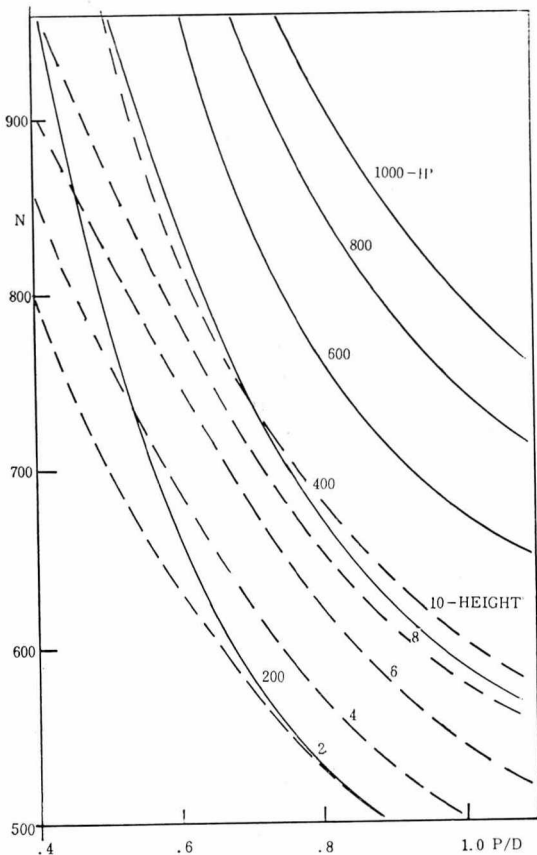


그림 9. DIAMETER 1.0M CAVITATION CONTROL

을 줄이는데 가장 좋은 방법인데, 그림 9~11이 나 아래 식 어느 쪽에서든지 이를 알 수가 있다.

즉, Cavitation Number,

$$a = 0.2039 \times \frac{P_0 \times \delta \times h - e}{\rho \times D^2 \times N^2}$$

여기서

P_0 —대기압(kg/m²)

δ —물의 비중(kg/m³)

h —침수거리(m)

e —물의 증기압(kg/m²)

ρ —물의 밀도(kg sec²/m⁴)

D —Propeller 직경(m)

N —회전수(rev/sec)

일반적으로 $P_0 - e = 10100$ (kg/m²)

그림 6~11은 초기 설계시 프로펠러의 주요 크기를 계산하는데 적당한 값이며, 다음 범위

내에 있어야 적정하다.

- ① Propeller pitch(P/D at 0.7 R) 0.7-0.8
- ② Tunnel 길이 2.0-4.0m
- ③ AE/AO 0.5-0.6
- ④ boss diameter $0.30 \times D$

여기서 AE —expanded area

AO —area of propeller disk

그리고 계산 과정은 다음과 같다.

① 필요한 Thrust Power를 그림 1~5에서 구하고,

② Thrust Power와 Propeller Dia 및 특성별 소요 마력을 그림 6~8에서 찾아,

③ 그림 9~11에서 P/D 값을 구한다. 이 때 침수선이 장치보다 왼쪽에 있으면 Cavitation이 적을 것이다.

④ 그러면 다음과 같이 주요 특성을 알 수 있다.

—Thrust

—Rev

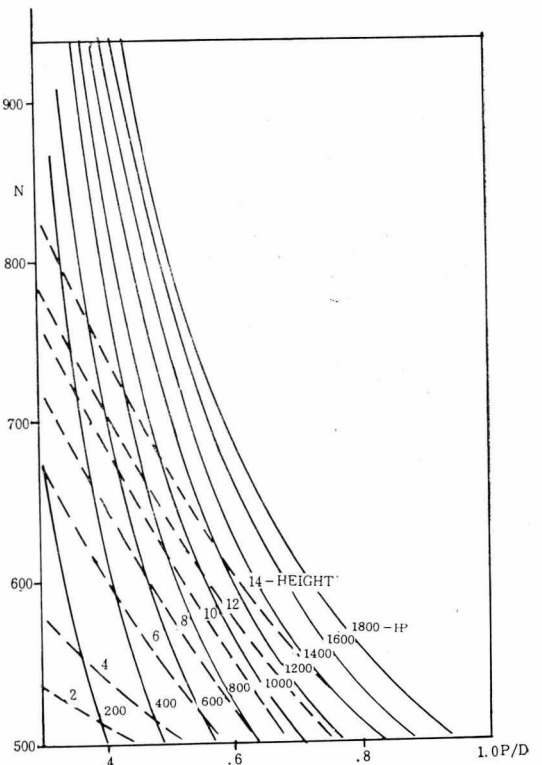


그림 10. DIAMETER 1.5M CAVITATION CONTROL

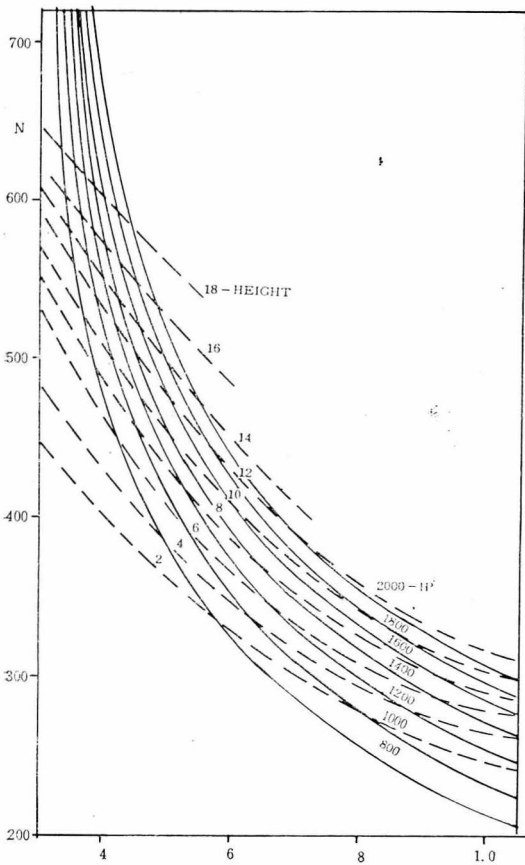


그림 11. DIAMETER 2.0M CAVITATION CONTROL

- Has Power
- Diameter
- Length between 2.0—4.0m
- AE/AO between 0.5~0.6
- Pitch
- Cavitation의 영향

5. 裝置의 特性 比較

5.1 구동장치(Prime Mover System)

Thrust 를 구동하는 데는 크게 나누어 Electric Motor 나 Hydraulic Motor, Diesel Engine 등을 사용하는 방법들이 있는데, 이는 초기 선정시 매우 중요하다고 하겠다.

첫째로 Electric Motor 는 일반적으로 많이 사

용하는 형태로서 설치 비용이 싸고, 무게가 가볍고, 설치 장소도 적게 들어 취급이 용이하나, 용량이 충분한 발전기를 소유한 대형선박에서 대부분 사용한다.

둘째로 Hydraulic Motor 를 사용하는 때는 主機·補機로부터 Hydraulic Pump 장치가 설치되어 있는 선박(예를 들면 어선이나 특수한 소형선박에 장치되어 있는 Hydraulic power pack system 이 되어 있는 선박)들이다.

셋째로 Diesel Engine 을 구동하는 선박은 主機나 발전기 용량이 적다든지, 또는 Cable 및 유압 Piping 설치가 곤란한 선박으로서 발전기나 Fire Pump 와 같이 Thrust 를 겸용으로 사용될 수 있는 선박에 이를 채택하여 사용되거나 초기설치비가 비싸고, 중량 및 설치장소를 특별히 고려해야 되는 단점이 있다.

5.2 Controllable Pitch Propeller 와 Fixed Pitch Propeller

Propeller 의 Thrust 변화는 Propeller 회전속도를 변화시키는 Fixed Pitch Propeller Type 과 Propeller Pitch 를 조정하는 Controllable Pitch Propeller Type 이 있는데, 이는 어느 쪽이든지 요구된 Thrust 量의 변화와 Total Thrust Vector 의 方向이 각각 일정하게 Thrust 를 전달할 수 있어야 한다. 이와 더불어 장치의 인도, 설치, 초기 가격, 유지 문제 등을 고려하고, 특별히 사용목적에 부합될 수 있는지의 여부를 검토하여야 하며, 다음 요소는 형태 선정에 매우 중요하다고 볼 수 있다.

① thruster Hardware 의 설치문제, 예로서 Gear Box 등이며,

② 변속할 수 있는 D.C Motor 사용이나 일정한 속도인 A.C Motor 의 사용문제와 구동장치가 Diesel Driven 사용문제에 대한 Thrust Driven System 의 특성을 고려하고,

③ 시스템의 信賴性·整備性 및 수리의 용이성을 고려하여야 하며,

④ 시스템의 성능과,

⑤ 중량, 크기 및 가격 등을 고려하여야 한다.

다음 그림 12 와 13 은 C.P.P 와 F.P.P Thruster Type 의 성능과 가격 비교를 한 것이다.

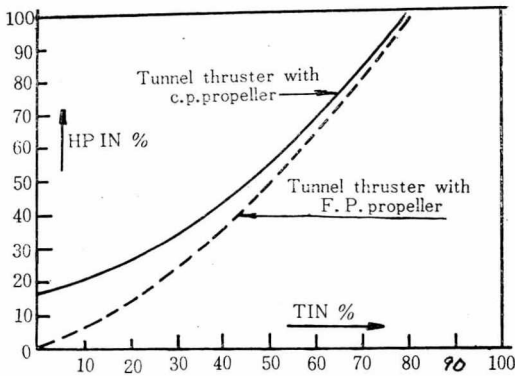


그림 12. C.P.P 와 F.P.P Thruster 성능비교

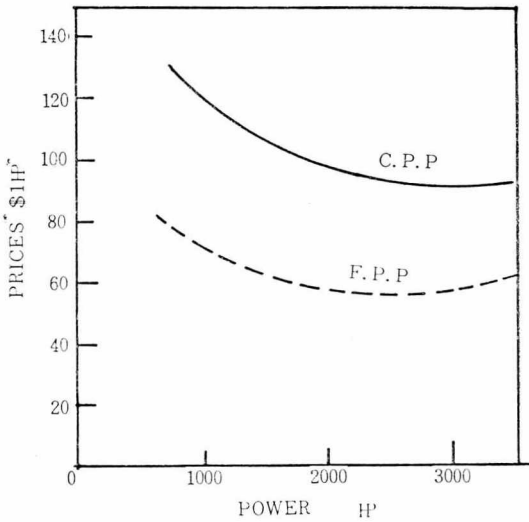


그림 13. C.P.P 와 F.P.P Tunnel Thruster Type 별 가격비교(1976년 기준)

6. 重 量

그림 14는 Thruster 구동 특성에 따라 각각 裝置의 重量을 표시하였으며, 그림 13, 14의 重量 곡선은 이제까지 제작회사로부터 얻어진 정보에 의하여 만들어졌다. 그림 15는 Propeller Diameter 및 Tunnel 길이에 따라 추정된 重量 곡선으로서 초기 기본설계시 고려하여야 될 것이다.

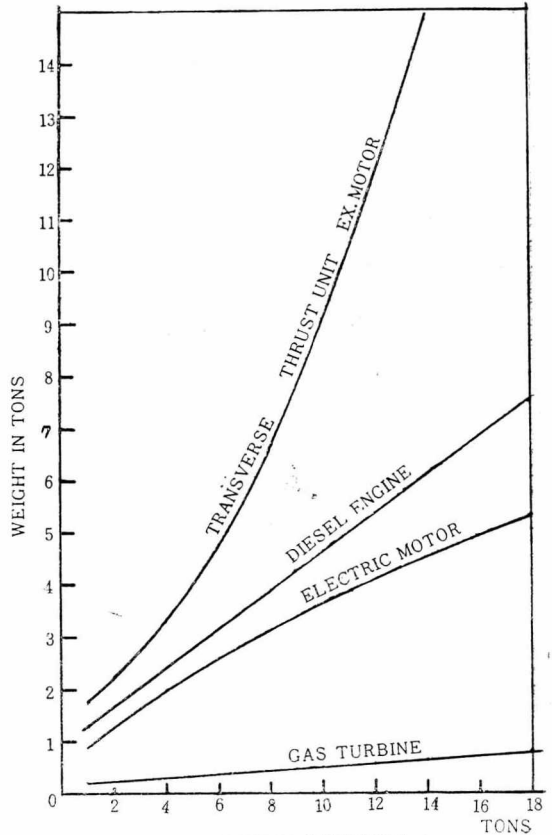


그림 14. TYPE 별 WEIGHT 비교

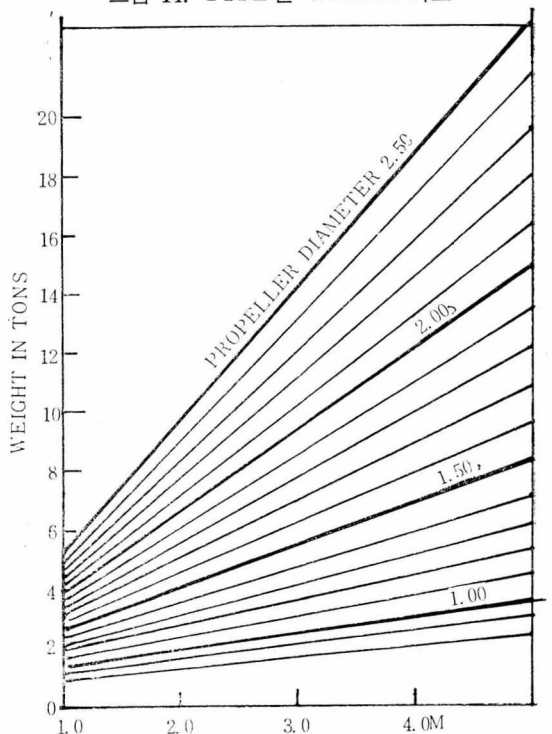


그림 15. TUNNEL 길이별 WEIGHT 비교

7. 結 言

이상과 같이 一般的인 商船에 적용하는 Bow Thruster System 에 대해 현장 조선 설계자나 선주로서 고려되어야 할 문제들을 정리하여 보았으나, Tug Boat, Supply Ship, Fire Fighting Ship, Drilling Ship 과 같은 특수한 용도에 쓰이는 Steerable Thruster System 에 대해서는 이번 기회에 기술하지 못하고 차후의 과제로 남기게 되었다.

參 考 文 獻

1) HENNING ϕ POULSSON, *The Design of tra-*

nverse thmster, Y-ARD Technical report 22, Feb. 1972.

2) George R. Stuntz, Rebert J. Taylor, *Some Aspects of Bow-thruster Design*, SNAME transaction, Vol. 72, 1964.

3) H. VAN LEET, O.BUSSEMAKER, *The performance and characteristics of thruster*, offshore south East Asia Conference paper, No. 40.

4) DONAID. E. Ridley, *A Simplified Approach to Bow thmster sizing*, SNAME, SANDIEGO SECTION, JAN. 20, 1970.

5) Masake Fujino, *On the Effectiveness of sicke thruster*, university of Tokyo.