

DWT 60,000톤급 Bulk Carrier의 최적 주요치수 결정에 관한 고찰

고 상 용
조선 및 해양공학과
(1987. 4. 30 접수)

< 要 約 >

DWT 60,000톤급 Panamax형 살물선의 경제적 주요치수를 결정하기 위하여 주어진 속력과 선폭($B=32.2$ m)에 대하여 L/B , C_B 를 체계적으로 변화시켜가면서 소요 기관마력, 건조비, 운항비 및 최소요구 운임율 (Required Freight Rate;RFR)을 계산하였고 이를 토대로 건조비 및 RFR를 최소로 하는 최적 주요 치수를 고찰하였다.

A Study on the Determination of Optimum Principal Dimensions for DWT 60,000tons Class Bulk Carrier

Ko, Sang-Young
Dept.of Naval Architecture Shipbuilding & Oncean Engineering
(Received April 30,1987)

<Abstract>

This paper is aimed to calculate the required engine power, building cost, operation cost and required freight rate:(RFR) by changing L/B , C_B systematically under given speed and breadth($B=32.2$)to get economical principal dimensions for the class of dwt 60,000tons Bulk Carrier.

1. 서 론

초기 설계 단계에서의 주요치수 결정시에 구체적인 경제성 검토를 하므로써 조선소와 선주 모두에게 도움을 주기 위한 목적으로 실제 조선소의 최신 자료와 최근까지 발표된 가장 양호한 설계 Module을

조합하고 참고문헌[1]을 기초로 하여, 속력에 따른 체계적인 변화과정에서 최소 요구 운임율과 최소 건조비를 연관시켜 최적 주요치수 L/B , C_B 를 얻을 수 있도록 하였다.

본 연구에서 사용한 선박은 최근에 다량으로 건조되는 Panamax type의 재화중량 60,000톤급 살물선으로 하였다.

이 방법은 Panamax 이외의 선박에서도 조선소의 실제 설계와 선주의 사업성 검토에 응용될 수 있을 것으로 사려된다.

2. 설계모델

Panama 운하를 통과할 수 있는 Bulk Carrier의 최적 주요치수를 결정하기 위하여 주어진 재화중량, 속력에 대하여 L/B , C_B 를 체계적으로 변화시켜가면서 선박의 기본 성능을 추정하였고 이를 토대로 건조비, 운항비 등도 계산하였다. 이때 이용된 설계모델은 참고문헌 [1]에 발표된 것을 토대로 하였다.

주어진 조건 :

DWT 60,000ton
 $B=32.2m$ (Panama 운하 최대통과 폭)
 V_s (항해속력) = 12, 13, 14, 15, 16kts
 $L/B=5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 7.5, 8.0$
 $C_B=0.78, 0.80, 0.82, 0.84$

L/B , 와 C_B 의 변화범위는 저항추진 성능 및 건조비 추정시에 사용되는 계산방법의 적용범위를 고려하여 선정하였다.

2. 1. 경제성 기준

요구 운임율 (Required Freight Rate : RFR)

운항 수입의 예측이 불확실하고 특히 장래의 운임율을 알 수 없을 경우에는 각 선박의 annual transport capacity와 annual average cost로부터 요구되는 운임율을 구하여 이것이 최소가 되는 선박을 선택할 수 있다. RFR은 선박의 수명동안 화물을 수송하는데 필요한 매년 운항비(운용비+항해비)와 선박구입 상환액의 현재 가치의 합계를 매년 화물수송량의 합계로써 나눈 값으로서 수송화물의 단위톤 당 평균 예상 수송 경비를 나타낸다. 이를 수식으로 표시하면 다음과 같다.

$$RFR = \frac{\sum \{PW \times (\text{annual operating cost}) + PW \times (\text{ship acquisition cost})\}}{\text{annual cargo quantity}}$$

여기서, n : 선박수명년수

PW : Present Worth Factor

(미래에 예상되는 수입 또는 지출을

현재 시점의 가치로서 표시하는 계수)
 $= 1 / (1+i)^n$, i 는 연이자율.

따라서 RFR은 선주 혹은 해운회사가 선박을 운항하여 어떠한 수익을 올리려고 할 때 운임의 책정에 있어서 기준이 되는 값으로 운임이 최소한 RFR값보다는 높아야만 운항 채산성이 있다 하겠다. 선박의 경제성 평가시에는 RFR의 값이 작은 선박이 RFR의 값이 큰 선박보다 우수한 선박, 즉 경제성이 높은 선박이다. 만약 선박의 수명년동안 연간 운항비가 일정하고 선박의 선가를 일시불로 지불하고 선박을 구입하였다고 가정하면 RFR은 다음과 같이 간단히 표시한다.

$$RFR = (\text{annual operating cost} + CRF \times \text{ship first cost}) / \text{annual cargo quantity}$$

여기서, CRF : capital recovery factor (자본회수율) $= [i \times (1+i)^n] / [(1+i)^n - 1]$

본 연구에서는 건조비와 RFR을 최소로 하는 선박의 주요치수를 검토하였다.

2. 2. 경하중량 추정

일반적으로 경하중량은 선각강재, 선체의장, 기관부 및 전기부로 구분하여 추정하였다.

· 선각강재

주선체강재 : 일반적으로 최상층 전통 갑판 이하

상부구조강재 : 선수구조, 갑판실구조, 상갑판상의 독립구조물, bulwark

대형주단강품

1) 주선체 강재중량의 추정

Bulk Carrier의 Dnv의 공식 [2]에 따라 추정하였다.

$$Wv = Cl \times 4.274 \times z^{0.62} \times L \times (1.215 - 0.035 \times L/B) \times (0.73 + 0.025 \times L/B) \times (1.0 + (L-200)/1800) \times (2.42 - 0.07 \times L/D) \times (1.146 - 0.0163 \times L/B)$$

Cl : 유사실적선에 따른 수정계수

Z : 선체 중앙 횡단면 계수

적용범위 :

$$L/D=10\sim 14$$

$$L/B=5\sim 7$$

$$L=150\sim 380m$$

Mild Steel기중

2) 상부구조 강재의 중량추정

Mueller-Koester의 방법 [4]에 따라 추정하였다.

3) 선체의장, 기관부 및 전기부는 유사실적선 자료를 토대로 추출하였다.

2.3 저항, 추진성능 추정

기관마력 추정을 위하여 각각 저항 및 추진성능은 발표된 자료에 따라 추정하였다.

1) 저항 성능 추정

Holtrop and Mennen[5]의 자료에 따라 추정하였다.

2) 추진 성능 추정

B series propeller[6]의 자료를 이용하여 propeller의 날개 수는 5개, propeller회전수는 95rpm으로 가정하였고 항해 속력은 만재상태, 15% Sea Margin과 85%MCR에서의 속력으로 가정하였다.

2.4 건현 계산

국제만재출수선조약[7]에 따라 건현을 계산하였고, 선체의 깊이는 만재출수에 최소요구건현을 더한 값으로 가정하였다.

2.5 건조비 추정

실적선자료[8]를 참조하였다.

2.6 운항비 추정

1) 항차수계산

항속거리는 15,000해리, 화물의 비중은 0.9 t/m³년간 운항일수는 350일로, 1항차당 항구 정박일수를 4일로 가정하였으며 만재 상태와 ballast상태에서 같은 항해속력으로 운항한다고 가정하여 1항차당 항해일수 및 연간 항차수를

계산하였다.

2) 연료비 추정

주기관을 저속 디젤기관으로 가정하였고 마력당 시간당 연료소모율을 125g/ps.hr로 가정하였다. 연료유 가격은 현재 통용되고 있는 가격으로 계산하였다.

3) 자본비 추정

선가는 건조비를 그대로 사용하였고 CRF=0.15로 가정하였다.

4) 그 이외 운항비 추정

실적선 자료를 토대로 추정하였다.

3. 계산 결과에 대한 고찰

계산 결과를 Graph로 표시하고, 건조비, Maximum Continuous Rating(MCR)과 RFR을 L/B , C_B 및 V_s 의 함수로 표시하였다. (Fig 1~12)

Fig 1 및 2에서는 속력 12kts에서 $L/B=5.5\sim 8.0$, $C_B=0.78\sim 0.84$ 로 변화시켰을 때의 건조비와 RFR가 나타나 있다. 건조비는 일반적인 경향대로 C_B 의 값이 크고 L/B 가 작을수록 건조비가 낮은 것을 알 수 있으며 $L/B=5.5$, $C_B=0.84$ 에서 건조비가 최소인 것을 보여준다. RFR의 최소값도 $L/B=5.5$, $C_B=0.84$ 인 것을 보여주며 건조비가 RFR에 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

$V_s=12kts$, $L/B=5.5$ 에서의 C_B 의 변화에 따른 MCR 계산 결과는 Fig 3에 나타나 있다. 본 그림은 일반적으로 C_B 값이 커지면 MCR이 커지는데 이 경우 $C_B=0.80$ 에서부터 오히려 MCR이 감소함을 보여주고 있다. 이러한 경향은 저항이 예상대로 C_B 의 값이 증가함에 따라 커지며, 추진계수 특히 η_H 가 C_B 값이 증가함에 따라 커져서 저항이 증가하는 율보다 더 큰 효율로 추진 성능이 향상되어 C_B 값이 커짐에 따라 오히려 MCR이 감소하고 있기 때문이라고 사려된다.

즉 C_B 값이 증가함에 따라 η_H 가 커지는데 그 이유가 있다 하겠다.

$V_s=12kts$, $C_B=0.78$ 에서의 MCR은 일반적으로 L/B 가 커지면 MCR이 작아지는데 Fig. 4와 같이 이 경우는 $L/B=6.0$ 에서부터 오히려 반대현상이 나타난다. 그 이유는 L/B , C_B 의 값

은 조파저항에 큰 영향을 미치며, $V_s=12\text{kts}$ 의 저속에서는 전저항 중에서 마찰저항 성능이 대부분을 차지하기 때문에 전 저항이 L/B 가 커짐에 따라 증가하기 때문이라고 할 수 있겠다.

Fig. 5 및 6의 속력 13kts에서는 건조비와 RFR의 값이 속력12kts때와 똑같이 $L/B=5.5$, $C_B=0.84$ 에서 최소값을 보여주고 있다. $V_s=13\text{kts}$, $L/B=5.5$ 에서는 $C_B=0.84$ 에서보다 $C_B=0.82$ 의 MCR이 더 큰 이유는 C_B 의 값이 증가함에 따라 저항 및 침수표면적이 증가하나 η_D 특히 그중 η_H 가 커짐에 따라 η_D 가 향상되어 오히려 $C_B=0.84$ 일 때 engine power가 더 적어진다.

Fig. 7 및 8의 속력 14kts에서는 예상대로 건조비는 $L/B=5.5$, $C_B=0.84$ 이며, 최소 RFR은 $L/B=5.5$, $C_B=0.82$ 인 것을 보여주고 있다. 따라서 건조비가 최소로 되는 주요 치수가 반드시 RFR의 값도 최소는 아니라는 것을 알 수 있다.

Fig. 9 및 10의 속력 15kts에서는 $C_B=0.84$ 일 때 L/B 는 7.0까지는 건조비가 $C_B=0.84$ 일 때보다 작고, $L/B=7.5$ 에서는 C_B 값이 0.78일 때(4가지 값 중에서 제일 적은 값의 C_B) 건조비가 작은 값이 되는 것을 보여준다. RFR은 $C_B=0.78$ 일 때 $L/B=5.5$ 에서 높은 값이었으나 $L/B=6.5\sim 7.0$ 에서는 최소인 것을 보여주고 있다. 여기서 14kts 때와 마찬가지로 $L/B=5.5$, $C_B=0.84\sim 0.82$ 에서 건조비와 RFR가 최소가 된다.

Fig. 11 및 12의 속력 16kts에서는 속력이 커지면 소요기관 마력이 크게 급상승하여 선체 건조비보다 기관부 건조비가 더 크게 되어 오히려 C_B 의 값이 적은 것이 건조비가 높은 것을 알 수 있다. 여기서 $L/B=6.0\sim 6.5$, $C_B=0.78$ 일 때 이며 역시 기관 마력이 RFR에 큰 영향을 미치고 있다.

4. 결 론

3장의 고찰에서 다음과 같은 결론을 내릴 수 있겠다.

DWT 60,000톤급 Panamax형 살물선의 경제적 주요치수는

- (1) 속력 12kts~14kts에서 건조비 및 RFR이 최소가 되는 주요치수는 $L/B=5.5$, $C_B=0.84$ 이다.
- (2) 속력 15kts인 경우는 $L/B=5.5$ 에서 건조비를 최소로 하는 주요치수가 $C_B=0.80\sim 0.84$ 범위에 있고, RFR이 최소가 되는 주요치수는 $C_B=0.82$ 이다.
- (3) 속력 16kts에서는 $C_B=0.78$ 에서 건조비가 최소가 되는 주요치수는 $L/B=5.5$ 이며, RFR이 최소가 되는 주요치수는 $L/B=6.0$ 이다.
여기서 $L/B=5.5$ 보다 작은 범위에서도 최적치수를 가지는 경우도 있었으나, 선폭이 32.2m로 정하여져 있으며 요구하는 재화중량을 만족하기 위하여는 홀수가 길어져야 하는데 Panama운하 통과문제가 있으므로 본 연구에서는 제외하였다.

參 考 文 獻

- 1) Lee, K. Y., "Economic Ship Design For Variable Operating Conditions" PRADS 83
- 2) "Steel Weight Formulas", DNV, 1872 3) Johnson, R. and Rumble, H., "Weight, Cost and Design Characteristics of Tankers and Dry Cargo Ship", ISP, No. 120(1964)
- 4) Mueller-Koester, "Ein Beitrag zur Ermittlung des Stahlgewichtes von Aufbauten und Deckshaeusern von Handedsschiffen in Entwurfsstadium, Hansa, 1973, West Germany
- 5) Holtrop, J. and Mennen, G., "A Statical Power Prediction Method", ISP, Oct. 1978
- 6) Oosterveld, M. and Oosanen, V., "Further Computer-Analyzed Data of the Wageningen B--Screw Series", ISP, 1975
- 7) International Load Line Convention, 1966
- 8) Private Industrial Data File

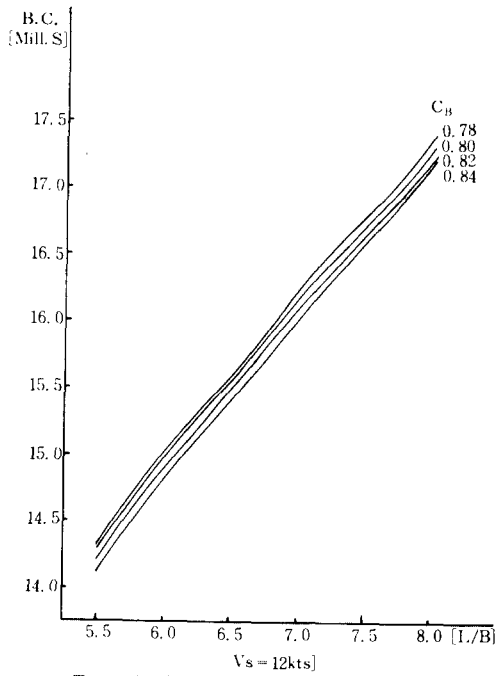


Fig 1 Building Cost(B.C.) as a function of C_B and L/B at given speed ($V_s = 12\text{kts}$)

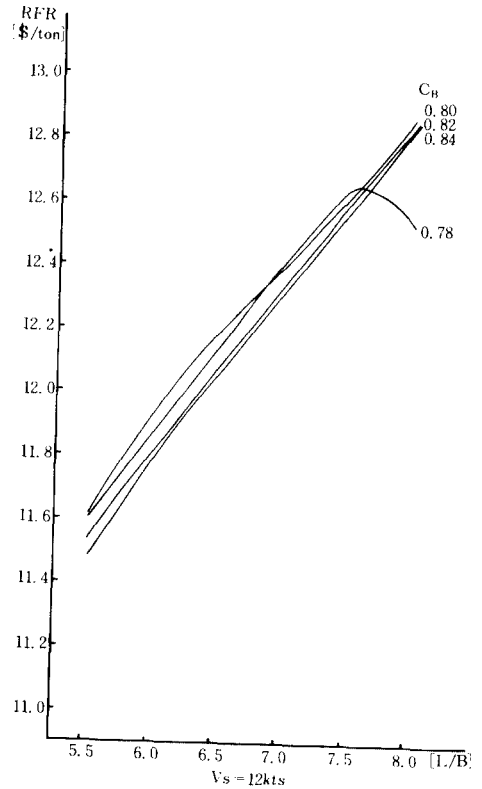


Fig 2 Required Freight Rate(RFR) as a function of C_B and L/B at given speed ($V_s = 12\text{kts}$)

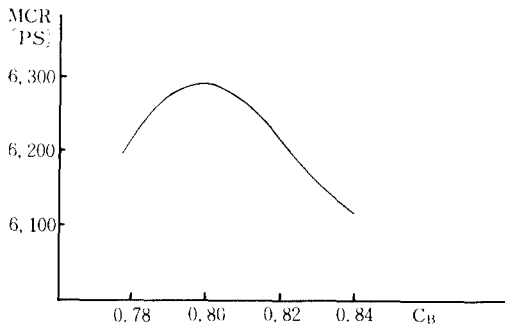


Fig 3 Maximum Continuous Rating(MCR) as a function of C_B at given speed ($V_s = 12\text{kts}$) and $L/B = 5.5$

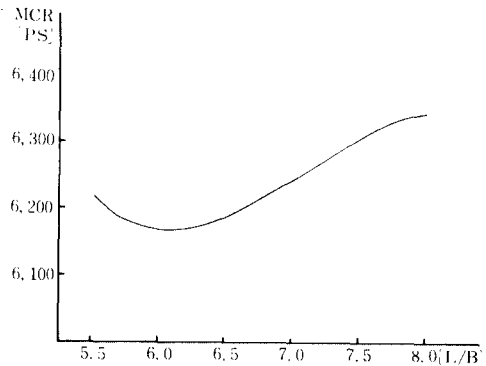
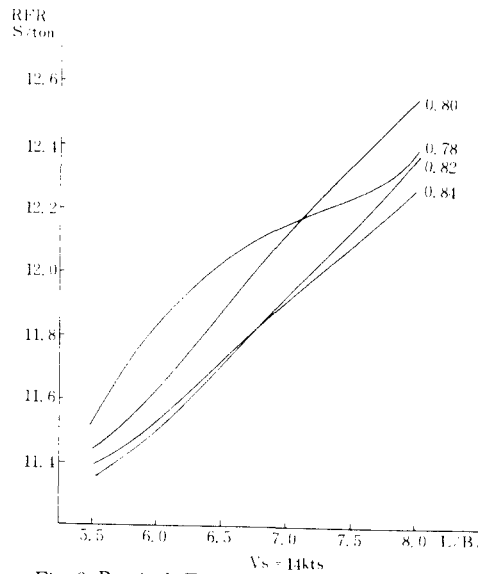
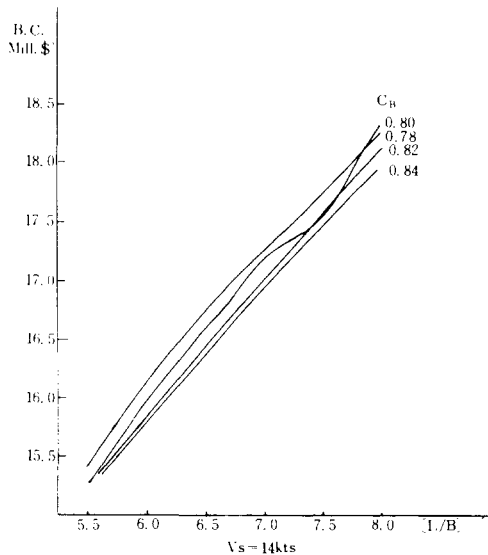
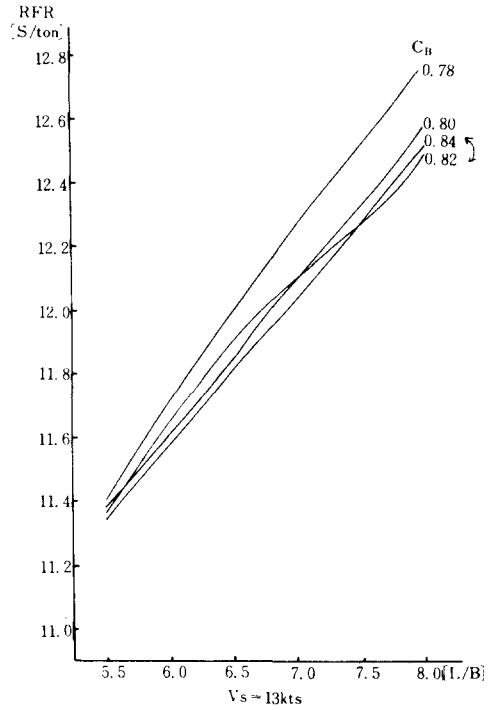
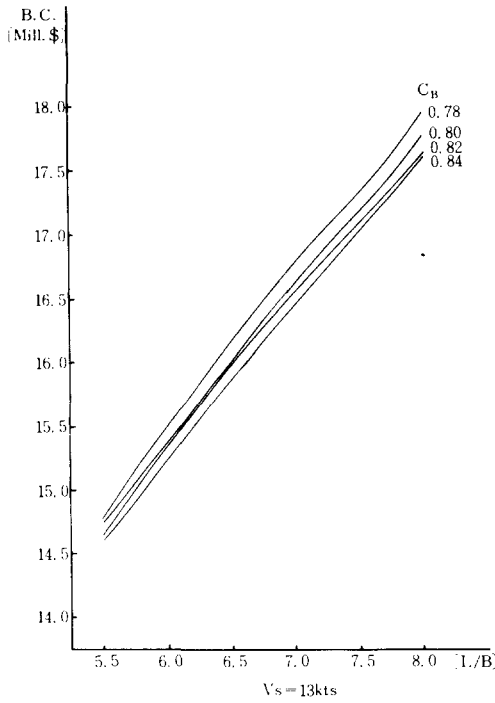


Fig 4 MCR as a function of L/B at given speed ($V_s = 12\text{kts}$) and $C_B(0.78)$



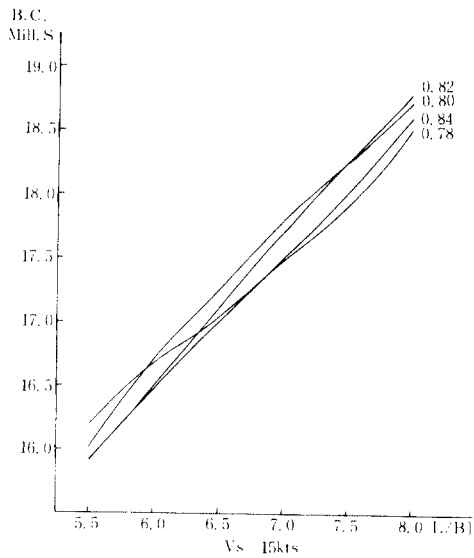


Fig 9 Building Cost (B.C.) as a function of C_B and L/B at given speed

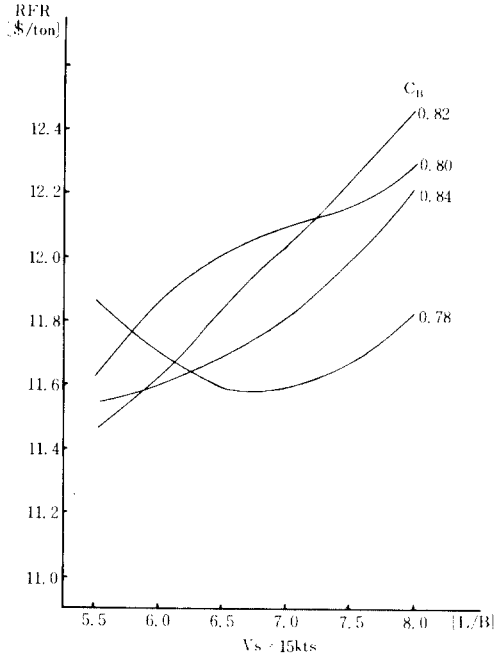


Fig 10 Required Freight Rate (RFR) as a function of C_B and L/B at given speed

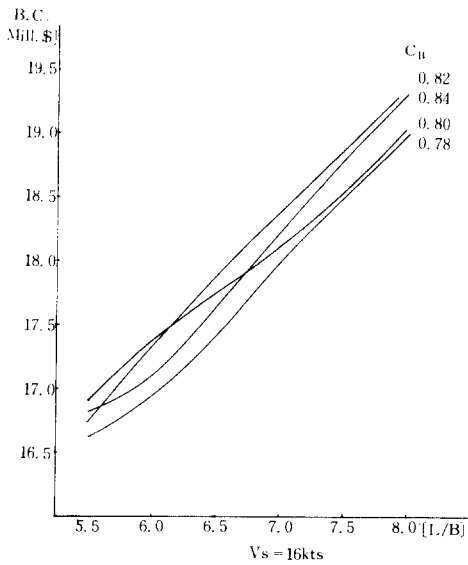


Fig 11 Building Cost (B.C.) as a function of C_B and L/B at given speed

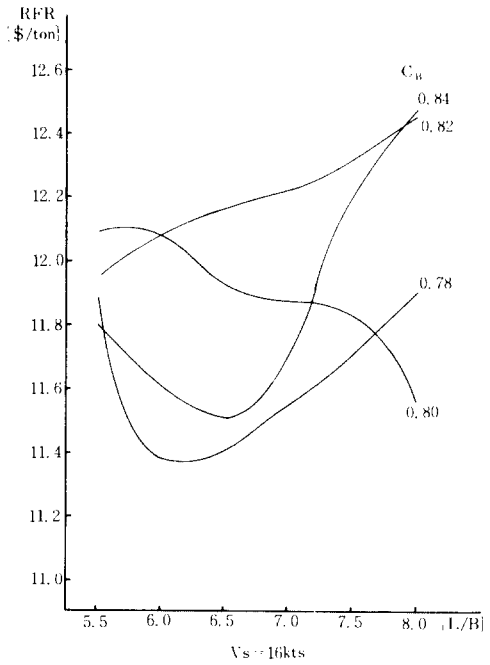


Fig 12 Required Freight Rate (RFR) as a function of C_B and L/B at given speed