

散積貨物船의 設計와 運航經濟性과의 評價에 關한 研究

朴 命 圭* · 崔 學 仙**

A Study on the Relation of the Design and Operating Economy for Bulk Carrier

Myung-Kyu Park · Hark-Sun Choi

〈目 次〉

Abstract

1. 序 論

2. 船舶設計

3. 船主의 要求事項

3.1 載貨容量

3.2 船舶의 速度

3.3 積付係數

4. 經濟性 檢討

4.2 最適化 技法

4.1 經濟性 檢討 基準

5. 프로그램의 作成

5.1 프로그램의 構成

5.2 프로그램의 內容

6. 計算結果 및 考察

7. 結 論

Abstract

A Study for the relation between design parameters in conceptual stage and freight cost in operation of ocean-going bulk carrier was presented by economic criterial. Ship design procedure was followed to traditional method and programmed. The measure of merit is the Required Freight Rate(RFR). Parametric method used insteady of optimization technicque due to easy to illustrate the results.

Calculation results to the relation ship dimension, speed and operating cost in this paper show the influence of oil price is very important. Particularly, when oil price estimated as go up, owner choose a ship

* 한국해양대학교 선박공학과 교수

** 해사기술 연구소 해양기술연구부 선임연구원

which length is long, breadth/draft is near 2.0 and speed is low.

This program is useful for shipyard, consultant officer and owner all together.

선박설계의 과정에서의 설계변수가 건조된 선박의 운항경제성에 미치는 영향을 조사하였다.

대상선박은 산적화물선으로하였고, 전통적인 설계방식을 전산화하였고, 건조비는 국내의 대형조선소의 경우로 하였다. 경제성검토기준은 貨物運賃率(Required Freight Rate, Unit : U.S.D./Ton)를 사용하였다. 계산결과와의 비교를 용이하게 하기위하여 선박의 주요치수는 무차원화하였다.

재화용량, 주요치수, 선형계수등이 운항비에 주는 영향으로 인하여 유가가 상승되면 속장비가 크고 속력이 비교적 작은 선박이 경제적으로 우수한것으로 판단되었다. 이 프로그램은 조선소의 수주와 선주의 경영에도 많은 도움이 될것으로 생각된다.

1. 序 論

船舶의 經濟性評價는 船舶設計의 電算化에 힘입어 Parametric Study와 Optimization Technique을 이용한 여러가지기법이 개발되고 있다[1], [2].

선박은 전통적으로 船主要求條件에 맞는 선박으로서 最少建造費가 되도록 설계되고 있다. 그러나, 오일파동으로 인한 유가의 폭등과 불안정은 海上貨物運送費에서 유류비의 비중을 증대시키므로써 經濟性을 고려한 선박설계를 요구하고 있다. 이에 따라서 선박경제성평가의 필요성이 提高되고 있다[3].

또한 선주의 船舶取得에 대한 財政的인 여건이 더욱 복잡해지고 있다. 통상 新造船舶의 建造에는 막대한 投資費가 소요되었으나, 최근에는 투자기금, 장기처리용자, 보조금 및 자유감가상각의 채택등으로 投資費用의 산정도 다양해지고 있다.

여기서는 實質的인 船舶設計가 典型的인 海運經濟에 미치는 영향을 보여주고, 또한 선박 經濟性評價를 전개하는 方法들도 다루었다.

2. 船舶設計

전통적인 선박설계의 과정은 Fig. 1과 같이 Design Spiral[4]에 의하여 수행된다. 따라서, 선주의 요구사항(주문사양)에 따라서 설계작업이 시작되

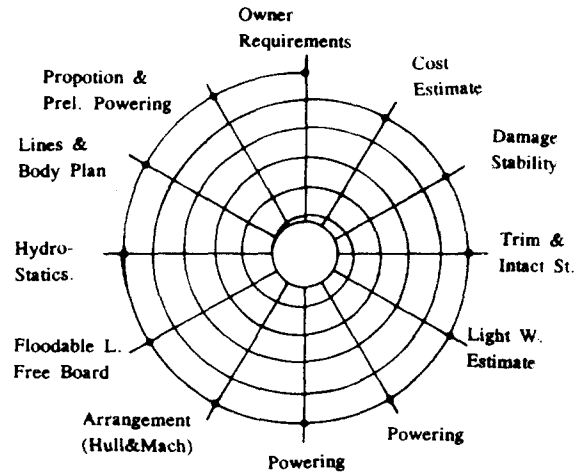


Fig. 1 The Design Spiral

며, 화물량과 속도에 의한 주요치수와 소요마력의 산정, 중량추정, 복원성 및 견현등의 안전성검토, 가격산정등의 순서로 진행된다. Spiral회수를 거듭해감에 따라 설계치의 정도를 향상시킨다. 이러한 작업은 많은 인력과 시간이 소모되므로 본 논문에서는 전산화하였다.

3. 船主의 要求事項

船舶은 注文生産이므로 船主의 要求事項을 만

족시켜야 하며, 船主의 要求事項은 종류가 다양하다. 그러나 선박의 價格과 性能에 영향이 큰 인자는 5개정도이며, 기타 要求事項은 Rule이나 Regulation에 의하여 구속, 결정하는 事項들로 간주할 수 있다[5].

- ① 재화용량(중량 또는 체적)
- ② 화물의 종류(Stowage Factor)
- ③ 항로 및 항속거리
- ④ 항해속력
- ⑤ 선급 및 법규

위와 같은 要求事項이 정해지면 寄港地의 設備能力이나 船舶의 揚貨率/積貨率, 航路水深에 의한 吃水制限, 運河의 통과여부, SEA MARGIN, 海洋汚染防止設備의 附着港口등을 調査하여 概念設計에 착수한다.

여기서 프로그램의 범용성을 위하여 ①, ②, ③, ④항만을 設計變數로 選定하였다.

3.1 載貨容量

재화용량은 投資에 대한 收益性에 영향을 주는 主要因子중의 하나이다. 재화용량은 豫想貨物量이 經濟的인 船齡期間중 增減의 與否判斷이 용이하지 않으며, 계절적인 영향 및 항로별 運貨率의 차이때문에 주로 단순한 방법을 택하여 왔으나, 豫想貨物量에 따른 經濟的인 船舶의 設計를 위하여 船舶의 크기, 즉 載貨容量의 선택이 되어져야 한다[6].

3.2 船舶의 速度

선박설계에 있어서 船舶의 速度는 주로 速長比(Speed-Length Ratio)에 의하여 결정되어진다. 그러나 운항경제적인면에서는 항속거리, 載貨容量, 揚貨率/積貨率등과 관련되어서 결정되어야 한다. 특히 積貨設備가 미비하거나 항구에서의 대기시간이 많은 경우에는 經濟速度算定이 어렵다.

3.3 積付係數(Stowage Factor)

散積貨物船(Bulk Carrier)는 輕貨物運搬船(Ca-

capacity Carrier)와 重貨物運搬船(Dead Weight Carrier)으로 구분된다[7]. Dead Weight Carrier는 만재할수선에 전현값만을 더하면 선박의 형심이 된다. 그러나 Capacity Carrier는 화물의 積付係數도 만족시켜 주어야 하므로 船舶設計과정에서 난해한 작업중의 하나이다. 화물적부계수는 建造費 및 運航費에 큰 영향을 준다. 본 프로그램에서는 이들에 대한 設計情報들만을 제공하고 設計者가 積付係數가 일치하는 船舶을 선택하도록 하였다.

4. 經濟性 檢討

선박의 概念設計段階에서 最適化技法은 Optimization Technique와 Parametric Study로 대별된다. 이 두가지 方法을 비교하면 다음과 같다.

4.1 最適化 技法

가. Optimization Technique

最適化技法은 변수의 수, 제한조건의 유무 및 선형성여부등에 따라서 적합한 技法을 선택한다. 最適技法은 最適解를 찾는데 所要時間이 작다는 長點이 있으나, 단지 最適點의 값만을 알려 주므로 最適點附近의 情報을 알수 없는 短點이 있다. 또 통상적으로 船舶設計의 目的函數가 Unimodal로 간주되나, Local Optimum Point로 收斂防止하기 위하여 始發點을 여러개로 수행한다.

최적화기법에는 종류가 많으며, 이들 最適化技法과 관련된 프로그램의 Source, I/O 및 Sample RUN이 [8]에 있다.

나. Parametric Study

Parametric Study는 設計變數(Free Variable)들을 系統的으로 變化시켜서 각각의 變數들에 대한 性質과 傾向을 조사하여 최적값을 구하는 方法이다.

이 방법은 制限條件(Constraint)이나 目的函數(Object Function)의 性質을 必要한 變數와의 關係式으로 圖示할 수 있는 長點이 있다. 그러나 變數의 數가 증가하면 오히려 短點이 된다[9].

본 論文에서는 경제성비교가 도식적으로 용이

한 Parametric Study 방식을 사용하였고, Fig. 2와 같이 주요치수를 無次元化하여 船主의 要求條件을 만족시키는 船舶들을 비교하였다.

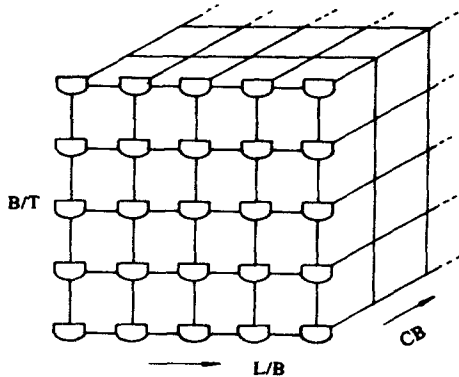


Fig. 2 Non-Dimension of Ship Parameters

4. 2 經濟性 檢討基準(Economic Criteria)

船舶의 經濟性 檢討基準은 여러가지 방법이 있으며, 그 結果는 매우 유사하다. 따라서 검토기준은 收支 및 利率等에 대한 情報의 有無等에 의하여 선정되어진다[10].

船舶運航의 經濟性은 最少의 輸送費用, 最大資本回收率 및 最大年間收益을 目的函數로 하는 것이 있으며, 다음과 같은 基準이 사용된다. 해운업은 타운수업계와 상당히 유사하나, 收益率이 낮고 長期的인 점이 특징이다.

1) NPV(Net Present Value)

船舶取得價格, 運航費, 運送貨物量과 貨物의 運賃率을 豫測할 수 있을 때 사용하며, 船舶의 經濟的인 수명에 걸친 모든 비용을 現在時價로 換算하여 비교하는 方法이다.

$$NPV = \sum_{T=1}^N PW(CT \times FR) - PW(OC) - PW(SAC)$$

여기서, PW : Present Worth
CT : Cargo Tonnage

FR : Freight Rate per tonnage

OC : Operation Cost

SAC : Ship Acquisition Cost

여기서, 資金의 流通이 均一하면 SPWF(Series Present Worth Factor)가 사용된다. NPV의 계산 結果는 相對值가 아니라 絶對值를 나타냄을 유의하여야 한다.

2) RFR(Required Freight Rate)

船舶取得價格, 運航費 및 運送貨物量의 豫測이 가능할때, 割引率(Discount Rate)을 가정하고 NPV를 0으로 하거나, 또는 지정된 NPV를 獲得하는데 必要한 運賃率을 구하여 비교하는 方法이다. 單位는 運送貨物의 噸당가격이므로, 通常貨物 1Ton當 달라가 주로 사용된다.

$$RFR = \sum_{T=1}^N \frac{PW(OP) + PW(SAC)}{\text{Annual CT}}$$

不均一한 Flow인 경우, NPV가 計算될 수 있도록 初期運賃率을 가정해야 하며, NPV가 0이 되는 運賃率을 구하려면 Trial & Error 方法으로 反復 修行해야 한다.

3) DCFR(Discount Cash Flow Rate off Return)

運賃率을 豫測할 수 있는 경우, NPV가 0이 되도록 Discount Rate인 利益率(Yield)를 구할 수 있다. 가정 Discount Rate에 대하여 NPV를 計算할 수 있다. 이 方法은 特殊한 條件들에 대하여서도 擴張이 可能하다.

5. 프로그램의 作成

5. 1 프로그램의 構成(OPTBULK)

본 프로그램은 1개의 主프로그램과 8개의 副프로그램으로 작성되었고, 흐름도는 Fig. 3과 같으며 Input Data KEY1에 의하여 Deadweight Carrier와 Capacity Carrier로 구분하여 計算한다. 또한 무차원화된 선박설계의 변수 B/D, B/T, T/D, L/B 및 CB등은 計算범위를 바꿀수 있다.

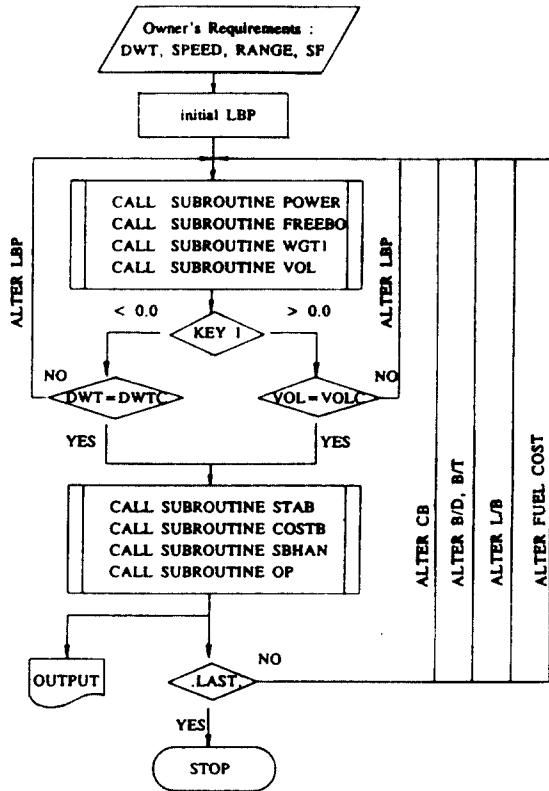


Fig. 3 Flow Chart

5.2 프로그램 內容

- MAIN : 설계변수의 범위 및 부프로그램들의 연결
- POWER : NSMB의 抵抗資料와 BSRA 準推進效率로 所要馬力 推定
- FREEBO: ILLC 1966에 의한 最少乾舷要求量 計算
- WGTI : 船舶自體重量(Light weight)의 그룹별 計算
- VOL : 貨物艙의 容積計算
- STAB : 復原性能(GM) 計算
- COSTB : 建造費用과 船主供給品을 合한 船舶取得價格
- SBHAN : 延拂輸出條件에 의한 引導時點의 現價와 殘存價 計算

○ OP : 經濟的 船齡중의 運航經費 및 噸當 運送價 計算

1) 馬力推定(POWER)

抵抗計算은 模型試驗資料를 分析한 HOLTROP의 NSMB보고서[11], [12]를 중심으로하고, 摩擦抵抗計算式은 G.Hughes 방식을 택하였다. 模型船-實船相關關係는 ITTC방식으로 計算하였고, 初期設計段階의 馬力推定에 適合한 準推進係數인 BSRA[13]方法을 사용하였다.

船舶의 主機關 選定은 최적프로펠러로 부터 主機關과의 關係式으로 부터 구하는 方法이 있으나, 여기서는 B & W社의 KF-Series를 택하였고 실린더수는 7개를 택하였다. 그리고 主機關의 RPM을 Linear하다고 假定하였다.

마력저항프로그램은 經濟性評價에서 매우 重要하므로, 프로그램의 信賴性確認을 위하여 海事技術研究所에서 수행한 3만톤급과 6만톤급의 模型試驗資料와 비교한 結果, 다른 方法보다 우수하였다.

2) 乾舷(FREEBO)

乾舷計算은 International Convernition on Load Lines, 1966[14]에 따라서 計算하였다. 본 프로그램에서는 액체화물선용의 A형은 생략하고, B형船舶의 乾舷計算만 可能하도록 하였다. 船樓는 船首樓만 고려하되 선수루길이는 전길이의 7%로 하고 현호는 없는 것으로 가정하여 계산식을 단 순화하였다.

型深의 85%에서의 CB는 W.H.Riddlesworth식을 택하였다. Deadweight Carrier인 경우는 吃水에 乾舷을 더한 값이 형심이 되도록 형심을 수정하였다. 최대허용오차는 2m/m이다. Capacity Carrier인 경우는 吃水에 乾舷을 合한 값이 형심보다 작은 경우만 수행하도록 하여 乾舷의 여유를 그대로 두었다.

3) 輕荷重量推定(WGTI)

輕荷重量推定은 船殼, 艤裝, 機關部 및 其他로 구분하여 計算하였다. 선각중량은 Volumetric 방식[15]을 택하였고, 계수는 실선자료를 이용하여

수정하였다.

4) 貨物艙容積(VOL)

貨物艙容積計算은 [16]方式을 택하고 Capacity Carrier의 Upper Wing Tank는 貨物艙으로, Lower Wing Tank는 二重底로 간주하였다. 기관실길이는 垂線間長과 馬力의 함수로써 추산하였다.

5) 復原性能(STAB)

KB 및 BM 계산은 Holtrop방식[17]을 따랐으나, 계수는 실선에 맞도록 수정을 하였다. KG는 경화상태에서 그룹별로 계산하고 다시 화물의 중심을 더하여 계산하였다. 그러나 Capacity Carrier는 경화 중량중심과 관계없이 KG를 형심의 70%로 간주하였다.

6) 現價計算(SBHAN)

外國船主가 國內에서 船舶을 建造할 경우 船價의 20%는 引渡前에 分割支拂하고, 나머지 80%는 年 8%의 利率로 2년거치 8년 상환 조건으로 船舶을 인도받게 된다. 이를 引渡時點에서의 現價計算(利率 LIBOR + α)으로 바꾸어 주고 殘存價格을 더해줌으로서 船主의 實質的인 投資費用을 計算한 다음 經濟的인 船齡동안에 선주의 利潤率을 고려하여 現가로 同一한 金額이 되는 年間投資費를 계산한다.

미국의 Prime Rate는 대체로 LIBO보다 높은 경향을 갖고 있어서 LIBO를 택했다.

이러한 延拂條件에 의하여 現가계산을 하면, 船舶의 實質的인 取得價格을 선주와 조선소간의 계약금액의 63%에 해당하였다. 經濟的인 船齡은 20년으로 계산했다.

減價償却方法은 매년초의 장부가액에 일정한 減價率을 곱하여 減價額을 정하는 定率法이 定額法보다 자산의 가치가 감소하는 경향을 사실에 가깝게 표시해 주므로 理論會計나 經濟性研究에서는 많이 사용되고 있으나, 운수업계에서는 초기년도의 運送貨物의 確保(가득화물량)을 고려하여 定額法이 많이 사용된다.

韓國國籍의 船舶은 償却期間을 18년으로 잡고 그 때의 殘存價値는 10%로 計算하고 있으나, 實

質的인 선령은 經濟的인 선령보다 상당히 같다.

7) 運航費(OP)

(1) 傭船

國內에서는 船主가 직접 船舶을 운항하고 있으나, 外國에서는 船主와 운항업자가 대체로 분리되어 있다. Voyage Charter는 화물의 積貨와 揚貨에 대한 費用의 부담자에 따라서 구분된다. 여기서는 Owner Operated Ship에 의하여 운항비를 계산했다.

(2) 운항시간

화물의 運送에 所要되는 時間은 크게 다섯가지로 구별할 수 있다.

- ① 화물적화에 사용된 시간
- ② 화물양륙에 사용된 시간
- ③ 연료급유에 사용된 시간
- ④ 정상적인 항로에서 소용되는 시간
- ⑤ 항구에서 지체되는 시간

여기서 ①, ②항은 船舶의 양화기 또는 항만하역설비에 좌우되며, 항만설비능력은 [18]에 잘 표시되어 있다. ③항은 인천항과 같이 해상오염방지를 규제하는 항구에서는 별도로 계산하며, 화물의 적화/양륙과 동시에 행하여지고 있다. ④항은 船舶의 所要馬力計算에서 考慮된 Sea Margin외에도 악천후의 기상상태를 감안하여 8%를 추가하였다. ⑤항은 평균 9시간동안 항구에서 지연되는 것으로 계산하였다. 최근 石炭港들을 社會的인 요인으로 수개월씩 지체되는 경우가 많으나, 이러한 영향은 本論文에서는 除外하였다.

6. 計算結果 및 考察

㉠ 載貨容量

載貨容量의 變化에 따른 RFR(Required Freight Rate Per Ton)을 調査하기 위하여 재화중량을 3,000톤에서 30,000톤까지 變化시켜 본 結果를 Fig. 4에 나타냈다.

일반적인 海運經濟論에서 논하는 데로 載貨容

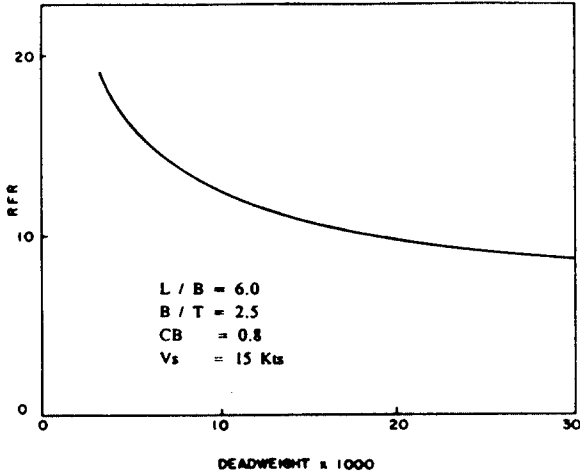


Fig. 4 Required Freight Rate for Ship Size in Dead Weight

량이 커짐에 따라 RFR이 감소하였다. 그리고 減少率은 指數函數의 형태로 나타났다. 따라서 滿載貨物量이 큰 대형선이 경제적으로 유리하다. 이는 유조선들이 대형화하는 경향을 잘 설명해 주고 있다.

⊕ 주요치수와 船型係數

Fig. 5는 선박의 길이와 方型肥脊係數(Block Coefficient)가 소요마력(SHP)에 미치는 영향을 나타내었다. 이에 의하여, 선박의 길이가 큰 선박일수록, 또한 방형비척계수가 작은 선박일수록 소요마력이 감소됨을 알수있었다.

Fig. 6는 船舶取得價格의 구성요소들과 선박의 速長比와의 상관관계를 圖示하였다. L/B가 증가함에 따라 機關重量과 所要馬力은 감소된다. 그러나 선각중량과 의장중량이 증가하며, 특히 선각중량의 급격한 증가로 인하여 선박의 배수량을 증대시키므로서 선가를 상승시키는 역할을 하였다. 따라서 선박의 건조가격(또는 취득가격)만을 볼때에는 L/B가 작은 선박이 유리하다.

Fig. 7은 동일한 Dead Weight를 갖는 선박들의 주요치수를 변경시켜서 이들의 운항경제성을 비

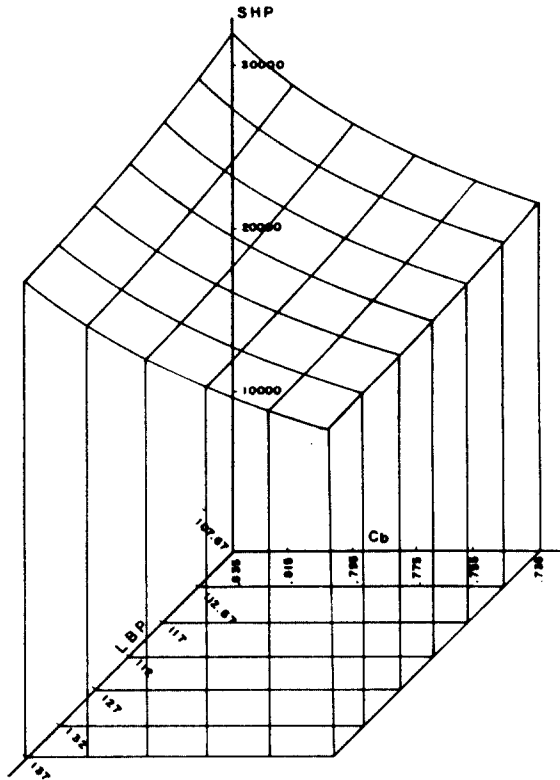


Fig. 5 Ship Length and Hull Form Parameter Effect on Shaft Horse Power

교한 것이다. L/B가 동일한 경우에는 폭이 넓은 선박, 즉 광폭천홀수선박의 운항경제성이 뛰떨어지며, L/B가 변함에 따라서 최선박의 B/T도 변한다. 이러한 경우에는 B/T가 작을수록 최적선박의 L/B는 증가하는 경향을 갖는것으로 나타났다.

Fig. 8은 선박의 주연료인 BUNKER-C의 가격을 \$150/톤, BUNKER-A는 \$240/톤 및 L.O가격을 \$1,200/톤으로 하였을 때와 이들 유류가격이 동일하게 각각 50%, 100% 인상되었을 때의 RFR을 나타내었다. L/B의 최적값이 각각의 경우에서 5.85, 6.20, 6.50을 갖는다. 따라서 선박의 주요치수는 건조가격이 우선될것이 아니고, 장기적인 면

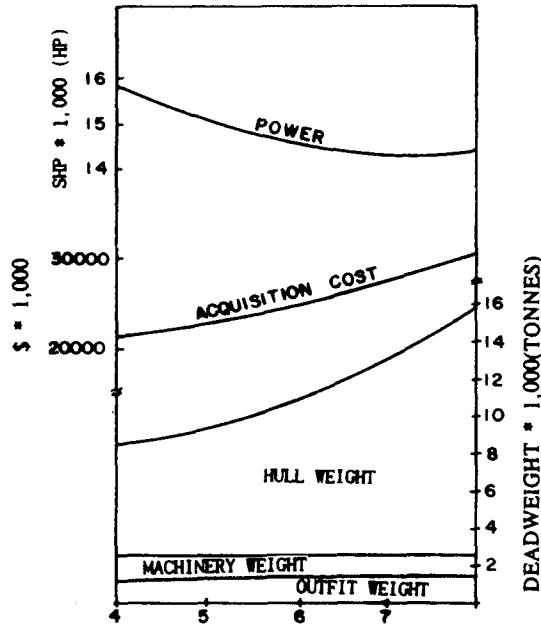


Fig. 6 L/B Effect on Weight

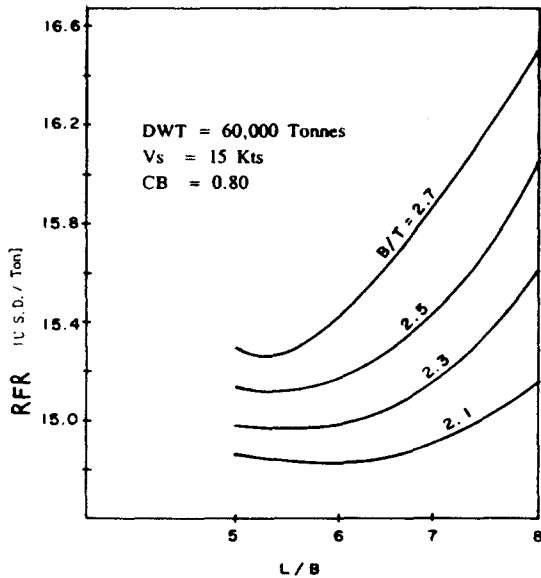


Fig. 7 Fuel Cost Effect on Required Freight Rate

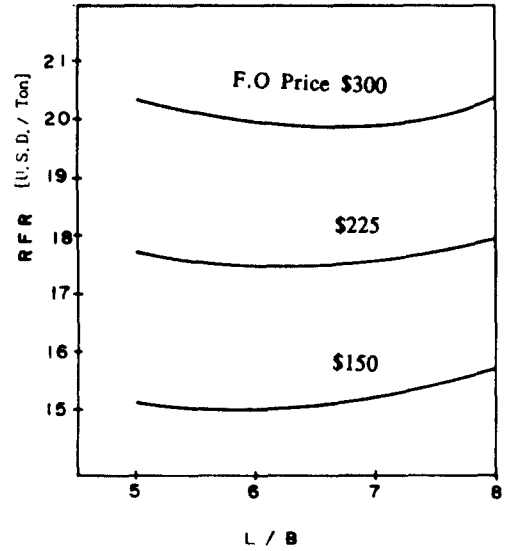


Fig. 8 L/B & F.O Price Effect on R.F.R

에서 經濟的船齡內的 유류가격의 引上分을 고려하여 L/B를 선택해야 할 것으로 생각된다.

㊦ 速度

Fig. 9는 B/T를 2.1로 고정시킨 상태에서 L/B는 5에서 8까지, 선박의 속도는 13Knot에서 17Knot 까지 변화시킨 경우의 RFR이다. 선박의 복원성능 상 B/T가 정해지는 경우의 경제적인 선박이 주요치수는 속도가 고려되어야 한다. 또한 속도가 증가함에 따라서 운항비가 증가되는데, 港次數의 增加率이 작으므로 RFR을 크게 감소시키지 못한다.

Fig. 10와 Fig. 11는 Fig. 9와 같은 설계범주이나 단지 B/T만을 각각 2.1에서 2.5와 2.9로 증가시켜 본 것이다. 이 결과에 의하면 B/T가 적은 선박이 보다 경제적인 경향을 갖고있으며, 특히 저속에서 RFR에 미치는 영향이 두드러진다.

L/B가 작은 船舶일수록 속도의 증가에 따른 운항비의 增加率이 높는데, 이는 L/B가 큰 船舶이 조파저항이 작는데 기인한 것으로 생각된다.

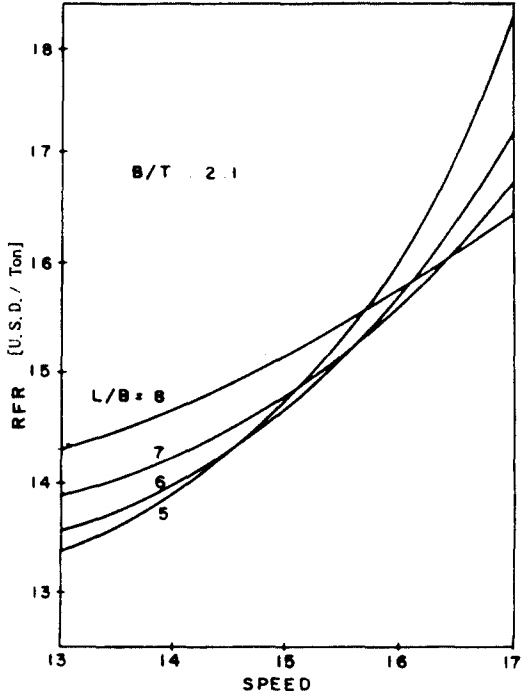


Fig. 9 L/B & Speed Effect on R.F.R.(B/T=2.1)

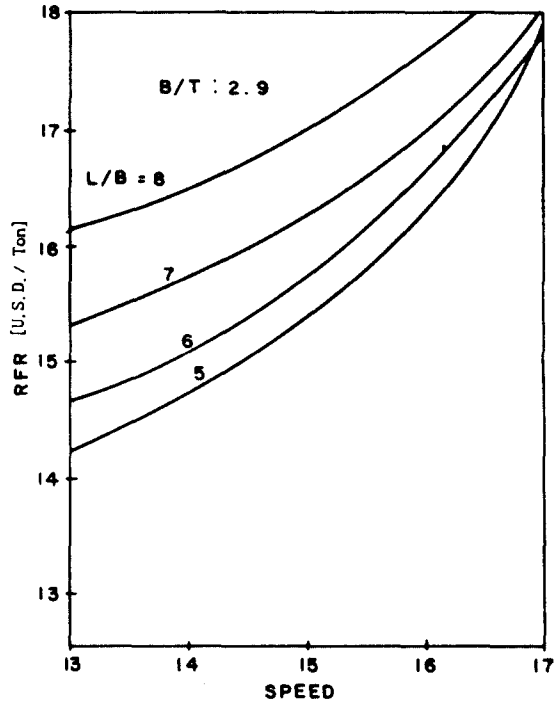


Fig. 11 L/B & Speed Effect on R.F.R.(B/T=2.9)

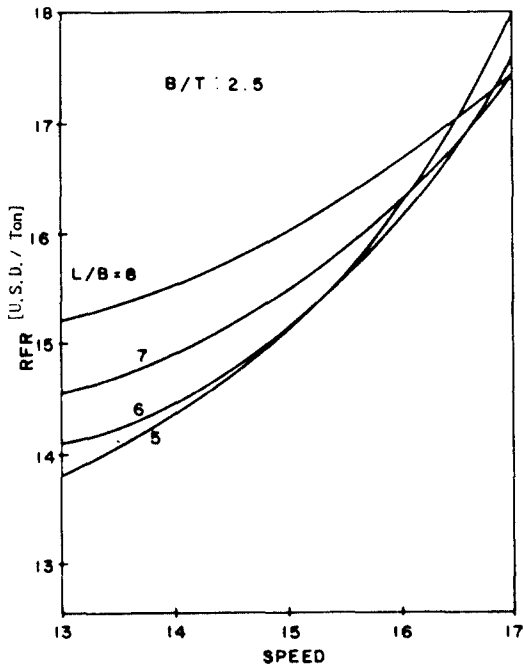


Fig. 10 L/B & Speed Effect on R.F.R.(B/T=2.5)

연료비가 US\$ 75/톤, US\$ 150/톤인 경우 최적속도가 각각 13Knot, 11.2Knot로 나타났다. 따라서 유가의 상승은 저속선의 출현을 예고한다. 그러나 速度는 경쟁회사의 船舶速度와의 관계를 考慮하여 決定하여야 할 事項이다.

㊦ 積付係數

화물의 적부계수가 선박의 주요치수에 미치는 영향은 주요치수들간의 無次元係數로서 Table 1 및 Table 2에 나타내었다. 실제로 船主가 要求하는 積付係數는 어느정도 여유치가 있으며, 특히 곡물, 석탄, 철강석의 적부계수의 범위는 매우 다양하다.

Table 1. T/D Effect on Stowage Factor

선주요구 Volume (M ³)	T/D	Calculation Results		
		Volume(M ³)	DWT(Ton)	FT ³ /Ton
60,000	0.70	60,009	48,368	63.9
	0.75	60,005	48,777	62.8
	0.80	60,006	49,143	61.9
70,000	0.70	70,004	56,506	63.7
	0.75	70,005	57,018	62.6
	0.80	70,007	57,471	61.6
80,000	0.70	80,005	64,614	63.6
	0.75	80,006	65,232	62.4
	0.80	80,008	65,777	61.5

Table 2. L/B and B/D Effect on Stowage Factor

B/D L/B	5.0	6.0	7.0	8.0
1.80	60.5	62.0	63.8	66.1
1.90	61.2	62.8	64.8	67.4
2.00	61.9	63.6	65.9	68.7
2.10	62.6	64.5	66.9	70.0
2.20	63.3	65.4	68.0	71.4

7. 結 論

傳統적으로 船舶設計에 있어서는 建造費節減을 위하여 船舶의 길이/폭비(L/B)가 감소되어 왔다. 그러나 油價上昇에 따른 선박의 運航經濟性を 고려하면 L/B가 다시 增加되어질 것으로 예상된다. 따라서 燃料를 기름에 의존하고 있는 선박은, 본 논문에서 계산된 결과와 같이 經濟性を 감안한 주요치수의 選定 즉, L/B비가 크고, B/T비가 적절하며, 船速이 비교적 低速이어야 한다.

이와 같이 經濟的인 效果가 勘案된 未來型 船舶設計能力的 確保는 造船所에게는 受注活動에 커다란 역할을 할 것이며, 船主나 傭船者의 立場에서는 建造以前에 運航經濟性を 評價하므로써 運航效率을 極大化시키는 效果를 가져올 수 있을

것으로 判斷된다.

참 고 문 헌

1. Fisher, "Economic Optimization Procedures in Preliminary Ship Design", RINA, 1970.
2. Pratyush, "Optimal Ship Choice under Uncertain Operating Conditions", RINA, 1977.
3. Williams, "What can New Hull Forms do to Minimize Fuel Costs", SSPA No. 87, 1980.
4. "Ship Design and Construction", SNAME, 1980.
5. Buxton, "Engineering Economics and Ship Design", BSRA TM No. 382, June 1970.
6. Benford, "General Cargo Ship Economic & Design", Univ. of Michigan, 1968.
7. Watson & Gilfillan, "Some Ship Design Methods", RINA, 1976.
8. Kuester & Mizo, "Optimization Techniques with Fortran", IBM.
9. Nowacki, "Optimization Methods", BSRA TM No. 410, 1971.
10. Buxton, "Engineering Economics Applied to Ship Design", RINA, 1972.
11. Holtrop, "A Statistical Analysis of Performance Test Results", ISP No. 540, 1977.
12. Holtrop & Mennen, "A Statistical Power Prediction Method", ISP No. 603, 1978.
13. Write, "Propulsion Factor", BSRA NS. 333, 1971.
14. "International Load Line Convention 1969", IMO, 1968.
15. Benford, "Fundamental of Ship Design", Univ. of Michigan, 1968.
16. Benford, "Some Aspect of Fuel Economic in Bulk Carrier Design and Operation", University of Michigan, 1980.
17. Holtrop, "Computer Programs for the Design

- and Analysis of General Cargo Ships”, NSMB No. 1157s, 1971.
18. 日本海技協會, “世界主要港灣”, 1980.
19. A.White, H.Agee, “Principles of Engineering Economic Analysis”, JOHN WILEY & SONS, 1990.

1) Main Program에 의한 I/O List

OWNER'S REQUIREMENTS :			
DWT=	60000.	V(KNOT)=	15.0
ENDU=	10000.	S.F=	42.
LBP=	191.440	BREADTH=	31.910
DEPTH=	16.800	DRAFT=	12.590
L/B=	6.000	B/D=	1.900
T/D =	.750	CB=	.800
CP=	.808	CM =	.990
CW =	.885	FN=	.176
LCB=	3.000	LWL=	196.000
KB=	6.550	BM=	8.570
KG =	9.573	GM =	5.550
WEIGHT GROUP :			
STEEL	7292.	(TON)	
ACCOMM AND FCL	299.	(TON)	
OUT FIT	1281.	(TON)	
MACHINARY	1111.	(TON)	
MACHI. OIL	1249.	(TON)	
MISCELANEOUS	378.	(TON)	
SCRAP	250.	(TON)	
LIGHT SHIP	11859.	(TON)	
POWERING :			
VISCOSITY	48246.0		
WAVE	8481.5		
CA	10450.5		
EHP	6912.	(HP)	
ETAD	.657		
SHP	12876.	(HP)	
FREEBOARD :			
	1.564	(M)	
VOLUME :			
TOTAL	86004.	(M**3)	
DOUBLE BOTTOM	4456.	(M**3)	
ENGINE ROOM	12510.	(M**3)	
CARGO HOLD	60004.	(M**3)	
STOWAGE FACTOR	42.	(M**3)	
MAX.S.F.(INC.UHT)	59.	(M**3)	
BUILDING COST :			
STEEL	8875002.	(U.S.D)	
OUT AND HULL ENGINEERING	7037193.	(U.S.D)	
MACHINERY	4576226.	(U.S.D)	
ELECTRI, ELECTRO EQUIPMENT	295000.	(U.S.D)	
BUILDER PROFIT MARGIN	1556507.	(U.S.D)	
BUILDING COST	22309930.	(U.S.D)	
OWNER SUPPLY ITEMS	1115496.	(U.S.D)	
ACQUISITION COST	23425420.	(U.S.D)	
ECONOMIC CONDITION :			
DEFERRED PAYMENT	8 YEARS WITH 2 YEARS		
ECONOMIC LIFE OF SHIP	20.		
INTEREST RATE FOR DEFERMENT	.080		
INTERNATIONAL INTEREST RATE	.080		
INFLATION FOR LIFE OF SHIP	.140		
ANNUAL COST :			
ANNUAL CAPITAL CHARGE	1986297.	(U.S.D)	
WAGES	580545.	(U.S.D)	
HULL INSURANCE	122886.	(U.S.D)	
MACHINERY INSURANCE	9212.	(U.S.D)	
WAR INSURANCE	3514.	(U.S.D)	
P AND I INSURANCE	24658.	(U.S.D)	
HULL MAINTERNANCE	317329.	(U.S.D)	
MACHINERY MAINTERNANCE	107924.	(U.S.D)	
OVERHEAD	132000.	(U.S.D)	
FUEL OIL (A)	1091768.	(U.S.D)	
FUEL OIL (C)	116455.	(U.S.D)	
LUBRICATION	47792.	(U.S.D)	
PORT CHARGE	19857.	(U.S.D)	
LOAD/UNLOADING FEE	1177985.	(U.S.D)	
TOTAL	5858224.	(U.S.D)	
RFR : REQUIRED FREIGHT RATE 17.405 (U.S.D/Ton)			

2) Main Program

```

C      MAIN PROGRAM
C      SAME DWT(OR CAPACITY)CARRIERS DESIGN AND ANALYSIS PROGRAM
C      -MADE BY HARK SUN CHOI, JUNE, 1981
C      ALL DIMENSION USED IN METRIC SYSTEM
0001  IMPLICIT REAL*4(A-Z)
0002  INTEGER*4 I
0003  COMMON/BB/ CB,DEPTH,LWL,DRAFT,FB,KEY1
0004  COMMON/WTOP/NC,FRT
0005  COMMON/ST /KB,PM,GM,U,IG,DWTC
0006  COMMON/WTCOS/WS,WHOUSE,WO,WHE,WM,WFO,WMISCE,SCRAP,CEE
      :      ,OWNER,FRON,CBUI
0007  COMMON/RO /EHF,ETAD,RESIV,RESIW,RCOREA,RESIT
0008  COMMON/TAH/EZAR,INFLA,CFR,EL,EZ
0009  COMMON/UM /FOF,CREW,HINS,MINS,WINS,PANI,HMAIN,
      :      MMAIN,OVERH,FO,GO,LO,CPORT,CTOT,CQUAY
0010  COMMON/VO /LPEAK,DBD,DER,VOLT,VULDB,VOLER
0011  COMMON/PULR/BUL,AREA,HB
0012  DATA PHI/3.14159/,MCONVF/3.108/,CONVM/0.3048037/
0013  ONEPT = 1.0 / 3.0
0014  READ(3,1)KEY1, DN , V, ENDUR, SF,PRI
0015  READ(3,1)LBO,BIO,PTO,TDO,CBO,VO
0016  READ(3,1)LBL,BDL,BTL,TDL,CBL,VL
0017  READ(3,1)LBI,BDI,BTI,TDI,CBI,VI
0018  READ(3,1)BUL,AREA,HB
0019  1 FORMAT (BF10.3)
0020  DN=0.
0021  FOF=75.
0022  I=0
0023  ITER=0.0

C
0024  LBYB =LBO
0025  BBYD =BDO
0026  BBT =BTO
0027  TBYD =TDO
0028  TBYD1=TBYD
0029  CB=CBO

C
0030  VKNOT=V
0031  9 CONTINUE
0032  DO 300 LBYB =LBYB,LBL,LBI
0033  DO 200 CB =CB ,CBL,CBI
0034  DO 100 VKNOT=VKNOT,VL,VI
0035  V= VKNOT
0036  V=V*1852./3600.0
0037  LBP0 = 6.0 * DWT**ONEPT * VKNOT/(VKNOT+2.0)
0038  LBP=LBP0

C
0039  6 CONTINUE
0040  LKFF = LBP * MCONVF
0041  LWL = LBP * 1.022
0042  LWLF = LWL * MCONVF

C
0043  BREAD = LBP/LBYB
0044  DEPTH = BREAD / BBYD
0045  DRAFT = DEPTH * TBYD
0046  DEPTH = DRAFT/TBYD1
    
```

```

C
0047 IF (KEY1.EQ.1.0) GO TO 3
0048 DRAFT = BREAD/BBYT
0049 DEPTH = DRAFT/TBYD
0050 3 CONTINUE

C
0051 VF = V*MCONVF
0052 VPERL = V / SQRT (LWL)
0053 VPERLF = VF / SQRT (LWLF)
0054 VPERLZ = VKNOT/ SQRT(LWLF)
0055 GRAVIT = 9.80665
0056 FN = V / (GRAVIT * LWL) ** 0.5
0057 COEF1 = 25.0 * (0.23 - FN)

C
0058 CB = 0.65 + 1.0 /8.0 * ATAN (COEF1)
0059 ITER=ITER+1.0
0060 CM = 0.977+0.018*VPERLZ+0.076*VPERLZ**2-0.115*VPERLZ**3
0061 CP = CB /CM
0062 CW = 0.878 * CP + 0.164
0063 IF (CP.GT.0.8) CW =0.6 * CP +0.4
0064 DISPV = 1.005 * LBP * BREAD * DRAFT * CB
DISP = 1.025 * DISPV

C
0065 CALL POWER(VKNOT,LBP,CB,CM,CW,SHP,RPM,BREAD,DRAFT,FN,LCP)

C
0066 CALL FREEBO

C
0067 CALL WGT1(LBP,BREAD,DRAFT,DEPTH,CB,CM,VKNOT,SHP,RPM,ENDUR.
: DISP,WLIG,KG,WLG)

C
0068 DWTC =DISP-WLIG
0069 DWTCH=DWT-DWTC
0070 IF (KEY1.EQ.1.0) GO TO 5

C
C
0071 DEAD WEIGHT CARRIER CHECK
0072 IF (DWTCH.GT.DWT-10.0.AND.DWTC.LT.DWT+10.0) GO TO 5
0073 IF (DWT.GT.DWTC) LBP =LBP*(DWT/DWTC)**0.2
0074 IF (DWT.LT.DWTC) LBP =LBP*(DWT/DWTC)**0.17
0075 GO TO 4
0076 5 CONTINUE

C
0077 CALL VOL(KEY1,LBP,BREAD,DEPTH,DRAFT,CB,SHP,VOLC,VOLC2)
IF (KEY1.EQ.0.0) GO TO 7

C
C
0078 VOLUME CARRIER CHECK
0079 IF (VOLC.GT.DWT-10.0.AND.VOLC.LT.DWT+10.0) GO TO 7
0080 WTOT =WLIG+ VOLC/(SF*FCONVM**3.0/1.016)
0081 IF (DWT.GT.VOLC) LBP=LBP*(DWT/VOLC)**0.2
0082 IF (DWT.LT.VOLC) LBP=LBP*(DWT/VOLC)**0.21
0083 GO TO 4
0084 7 CONTINUE
0085 SF1=VOLC /DWTC*35.878
SF2=VOLC2/DWTC*35.878

C
0086 CALL STAB(KEY1,CB,CW,DRAFT,KG,GMR,BREAD,DEPTH,SF,CM)

C
0087 CALL COSTB(SHP,CBUILD,CSS,CDD,CMM)

```

```

0088      C      CALL SBHAN(CBUILD,PAY)
0089      C      CALL IIP(DWT,ENDUR,LBP,BREAD,DEPTH,PAY,CBUILD,RF,R,U,SHP)
0090      C
0091      DN=DN+1.
0091      WRITE(6,8) LBYB,BBYD,BBYT,TBYD,CB,RF,R,U,SHP,
          SHP,CMM,CBUILD,VOLC,DWTC,SF1,SF2,GMR
0092      B      FORMAT(8F7.3,5F11.0,3F4.1)
0093      IF(PRI.LT.1) GO TO 20
0094      PRINT(6,10) DWT,VKNOT,ENDUR,SF
0095      10      FORMAT(1H1,1X,21HOWNER'S REQUIREMENTS:
          *          'DWT=', F7.0,3X,'V(KNOT)=' ,F5.2,3X,
          *          'ENDUR=',F6.0,3X,'S.F. =' ,F5.2)
0096      WRITE(6,11) DN,LBP,BREAD,DEPTH,DRAFT,LBYB,BBYD,TBYD,CB,CP,
          * CM,CW,FN,LCB,LWL,KB,BM,KG,GM,WS,WHOUSE,WO,WM,WLG,WMISCE,SCRAP,
          * WLIG,RESIV,RESIW,RCOREA,EHP,ETAD,SHP,FB,VOLT,VOLDB,VOLER,VOLC,
          * SF1,SF2,
          * CSS,COO,CMM,CEE,FROM,CBUI,OWNER,CBUILD
0097      11      FORMAT(1X,'DESIGN NO. ':F5.0, //,
          *5X,'LBP=',F7.2,5X,'BREADTH=',F5.2,5X,'DEPTH=',F5.2,
          *5X,'DRAFT=',F5.2, //,
          *5X,'L/B=',F6.2,5X,'B/D=',F5.3,5X,'T/D=',F5.3, //,
          *5X,'CB=',F5.3,5X,'CP=',F5.3,5X,'CM=',F5.3,5X,'CW=',F5.3, //,
          *5X,'FN=',F5.3,5X,'LCB=',F5.3,5X,'LWL=',F6.0, //,
          *5X,'KB=',F5.2,5X,'BM=',F5.2,1X,'KG=',F9.3,5X,'GM=',F5.2, //,
          *1X,'WEIGHT GROUP', //,
          *16X, 'STEEL',12X,F7.0, //,
          *16X, 'ACCOMM AND FCL',3X,F7.0, /,
          *16X, 'OUT FIT',10X,F7.0, /,
          *16X, 'MACHINERY',8X,F7.0, /,
          *16X, 'MACHI. OIL',7X,F7.0, //,
          *16X, 'MISCELLANEOUS',5X,F7.0, //,
          *16X, 'SCRAP',12X,F7.0, //,
          *16X, 'LIGHT SHIP',6X,F7.0, //,
          *1X, 'POWERING', //,
          *16X, 'RESISTANCE', //,
          *19X, 'VISIBILITY',6X,F7.1, //,
          *19X, 'WAVE',11X,F7.1, //,
          *19X, 'CA',13X,F7.1, //,
          *19X, 'EHP',7X,F6.0, //,
          *19X, 'ETAD',5X,F6.3, //,
          *19X, 'SHP',7X,F6.0, //,
          *1X, 'FREEBOARD REQUIREMENT',2X,F6.3, //,
          *1X, 'VOLUME', //,
          *16X, 'TOTAL',12X,F8.0, //,
          *16X, 'DOUBLE BOTTOM',4X,F8.0, //,
          *16X, 'ENGINE ROOM',6X,F8.0, //,
          *16X, 'CARGO HOLD',7X,F8.0, //,
          *16X, 'STOWAGE FACTOR',9X,F8.0, //,
          *16X, 'MAX.S.F.(INCLD UHT)',3X,F8.0, //,
          *1X, 'BUILDING (OST)', //,
          *16X, 'STEEL',4X,F10.0 //,
          *16X, 'OUT AND HULL ENGINEERING',5X,F10.0, //,
          *16X, 'MACHINERY',20X,F10.0, //,
          *16X, 'ELECTRI,ELECTRO EQUIPMENT',4X,F10.0, //
    
```

```

#16X,      'BUILDER PROFIT MARGIN',8X,F10.0,  /,
#16X,      'BUILDING COST',16X,F10.0,      /,
#16X,      'OWNER SUPPLY ITEMS',11X,F10.0,  /,
#16X,      'ACQUISITION COST',12X,F11.0,   //,
#1X,'DEFERRED PAYMENT 8 YEARS WITH 2 YEARS')
0098      WRITE(6,12)EL,EZAR,EZ,INFLA,PAY
0099      12 FORMAT(1X,
#1X,'ECONOMIC LIFE OF SHIP      ', F3.0,    /,
#1X,'INTEREST RATE FOR DEFERMENT ', F5.3,    /,
#1X,'INTERNATIONAL INTEREST RATE ', F5.3,    /,
#1X,'INFLATION FOR LIFE OF SHIP ', F5.3,    //,
#1X,'ANNUAL COSTS    --DOLLARS',           //,
#1X,'ANNUAL CAPITAL CHARGE      ', F10.0
0100      WRITE(6,13)CCREW,HINS,MINS,WINS,PANI,HMAIN,
*          MMAIN,OVERH,FO,GO,LO,CPORT,CQUAY,
*          CTOT,RFR
0101      13 FORMAT(
#1X,'WAGES                      ', F10.0,    /
#1X,'HULL INSURANCE              ', F10.0,    /
#1X,'MACHINERY INSURANCE         ', F10.0,    /
#1X,'WAR INSURANCE               ', F10.0,    /
#1X,'P AND I INSURANCE           ', F10.0,    /
#1X,'HULL MAINTERNANCE          ', F10.0,    /
#1X,'MACHINERY MAINTERNANCE     ', F10.0,    /
#1X,'OVERHEAD                   ', F10.0,    /
#1X,'FUEL OIL (A)                ', F10.0,    /
#1X,'FUEL OIL (C)                ', F10.0,    /
#1X,'LUBRICATION                 ', F10.0,    /
#1X,'PORT CHARGE                 ', F10.0,    /
#1X,'LOAD/UNLOADING FEE         ', F10.0,    /
#1X,'TOTAL                       ', F10.0,    //
#1X,'REQUIRED FREIGHT RATE     ', F10.3)
0102      20 CONTINUE
0103      100 CONTINUE
0104      UKNOT=VO
0105      200 CONTINUE
0106      CB=CBO
0107      300 CONTINUE
0108      LBYB=LBO
0109      IF(KEY1.EQ.0) GO TO 14
0110      BBYD=BBYD+BDI
0111      IF(BBYD.LE.BDL) GO TO 9
0112      BBYD=RDO
0113      TBYD=TBYD+TDI
0114      IF(TBYD.LE.TDL) GO TO 9
0115      TBYD=TDO
0116      14 CONTINUE
0117      IF(KEY1.NE.0) GO TO 15
0118      BBYT=BBYT+BTI
0119      IF(BBYT.LE.BTL) GO TO 9
0120      BBYT=BTO
0121      15 CONTINUE
0122      FOP=FOP+75.
0123      IF(FOP.LE.300.) GO TO 9
0124      STOP
0125      END

```


- 3) 마력추정 서브루틴(생략)
- 4) 건현재산 서브루틴(생략)
- 5) 중량추정 서브루틴(생략)
- 6) 용적 및 톤수의 추정 서브루틴(생략)
- 7) 복원력 서브루틴(생략)
- 8) 건조비의 견적 서브루틴①

```

C      BUILDING COST CALCULATION SUBROUTINE
C      ALL COSTS ARE DOLLARS, IN INTERNATIONAL MARKET PRICES 1980
C      REF.  GENERAL CARGO SHIP ECONOMICS & DESIGN
C      OPTIMAL SHIP CHOICE UNDER UNCERTAIN OPERATION CONDITIONS.
0001  SUBROUTINE COSTB (SHP, CRUILD, CSS, COO, CMM)
0002  IMPLICIT REAL*4 (A-Z)
0003  COMMON/WTCD/WS, WHOUSE, WO, WHE, WM, WFO, WMISCE,
:      SCRAP, CEE, OWNER, PROM, CBUI
C      STEEL HULL MAN HOUR † 68000† WELL EQIP. & EXERIECED YARD
C      140000† SMALL & INEXPERIENCED YARD
C      90000† TYPICAL YARD
C      OWNER: OWNER SUPPLY ITEMS(%) FOR BUILDING COST
C      MISC: MISCELOUSE COST
C      OVERH: OVER HEAD
0004  MISC=0.3
0005  OVERH=1.7
0006  OWNFR=0.05
0007  MHS = 90000.0 * (WS / 1000.0) **0.85*(1.+MISC)
0008  CSTEEL = 460.0 * (WS +WHOUSE)
0009  WAGE = 5.0
0010  CSS = WAGE * MHS *OVERH+CSTEEL

C
C      OUT AND ENGINEERINGFIT
0011  MHO= 270.*WO**0.9
0012  COUT = 4350.0 *WO
0013  COO = WAGE * MHO *OVERH+COUT

C
C      MACHINERY INCLUDING LABOR AND OVER HEAD
0014  CMM=620000*(SHP/1000.)**0.75+28.1*SHP
C      CMM=8090.*(SHP)**0.65+28.1*SHP
0015  CEE =295000
C      PROFIT MARGIN
0016  FROM = 0.075
0017  FROM =(CSS+COO+CEE+CMM)*(0.+ PROM)
0018  CBUI =CSS+COO+CEE+CMM+PROM
0019  OWNER =CBUI*OWNER
0020  CRUILD=CBUI+OWNER
0021  RETURN
0022  END
    
```

9) 건조비의 견적 서브루틴②

```

C      PRESENT WORTH CALC. FOR BUILDING COST SUBROUTINE
C
C      REFERENCE- S.B. HAN KRIS(KIHN) REPORT NO.TNS-8-81, 1980
C
C      CONDITION: DEFERRED PAYMENT IN 8 YEARS WITH 2 YEARS
C      X: PRINCIPAL DIVIDED      Y: INTEREST
C      EZAR: INTEREST RATE PER YEAR FOR DEFERMENT
C      EZA: INTEREST RATE PER HALF-YEAR FOR DEFERMENT
C      EL: ECONOMIC LIFE OF SHIP
C      EZ: LIDO + ALPA(1.) /16/2=8.
C      ROR: RATE OF RETURN
0001  SUBROUTINE SBHAN(CBUILD,PAY)
0002  IMPLICIT REAL*4 (A-Z)
0003  INTEGER*4 N
0004  COMMON/HAN/EZAR,INFLA,CRF,EL,EZ
0005  DIMENSION S(20), U(20), Q(20)
0006  A= 0.
0007  EZAR=0.08
0008  EZA=EZAR/2.
0009  EZ=0.08
0010  INFLA=0.14
0011  DO 10 N=1,4
0012  X=5.
0013  Y=0.
0014  U(N)=X+Y
0015  10 CONTINUE
0016  DO 20 N=5,8
0017  X=0.
0018  Y=80.*EZA
0019  U(N)=X+Y
0020  20 CONTINUE
0021  DO 30 N=9,20
0022  X=80./12.
0023  Y=80.*(21.-N)/12.*EZA
0024  U(N)=X+Y
0025  30 CONTINUE
C
C      CONVERT TO DELIVERY TIME
0026  CON=1./((1.+EZA)**3
0027  DO 40 N=1,20
0028  Q(N)=1./((1.+EZ)**(N-1)) *U(N)
0029  S(N)=Q(N)*CBUILD/100.
0030  A = A +S(N)
0031  40 CONTINUE
0032  A1=A*CON
C
C      SCRAP VALUE: SV
0033  SV=CBUILD*0.01
0034  A1=A1-SV
C
C      CRF: CAPITAL RECOVERY FACTOR
0035  EL=20.
0036  CRF=INFLA*(1.+INFLA)**EL/((1.+INFLA)**EL-1.)
0037  PAY=A1*CRF
0038  RETURN
0039  END

```

10) 오러레이팅 서브루틴

```

C      SHIP OPERATING ANALYSIS SUBROUTINE
C
C      REFERENCE- GETZ, JAN R, DIAMOND MEETING SNAME, 1969
0001  SUBROUTINE OP(DWT,ENDUR,L,B,D,PAY,CBUILD,RFR,V,SHF
0002  IMPLICIT REAL*4 (A-Z)
0003  COMMON/OPE/FOP,CCREW,HINS,MINS,WINS,FANI,HMAIN,
      MMAIN,OVERH,FO,GO,LO,CPORT,CTOT,CQUAY
0004  COMMON/WTOP/NC,FRT
0005  CN=(L*B*D)*35.13/100.
C      CHR=CARGO HANDLING RATE
0006  CHR= 0.0226*DWT+20.
C      AVAIL: AVAILABE CARGO AMOUNT, ASSUMED 100%
0007  AVAIL=1.0
C      HO: HIRE- OFF DAYS IN A YEAR
0008  HO=15.
C      FOP: FUEL OIL (BUNKER-C) PRICE
C      GOP: GENERATOR FUEL OIL (BUNKER-A) PRICE
0009  GOP=FOP*240./150.
C      LOP=LUBRICATING OIL PRICE
0010  LOP=FOP*8.5
0011  QQ=1
C      OPERATING BREAK DOWN
C      ADDITIONAL TIME AT SEA DUE TO BAD WEATHER: ADD=0.06
0012  ADD=0.06
0013  TSEA=ENDUR/V/24.*(1,+ADD)
0014  TLOA=QQ*DWT*AVAIL/CHR/24.*3/V**0.6
0015  TUNL=QQ*DWT*AVAIL/CHR/24.*3/V**0.6
0016  T0IL=0.
0017  TOFF=2*12./24.*3/V**0.6
0018  TTOT=TSEA+TLOA+TUNL+T0IL+TOFF
C
0019  NTRIP=(365,-HO)/TTOT
0020  CCREW=75000.*NC**0.8+4100.*NC
0021  CCREW=19600.*NC
0022  HINS=6.2*(L*B*D*35.31)**0.685
0023  MINS=6.*(SHF*1.1)+9.5*(SHF*1.1)**0.6+SHF*0.1
0024  WINS=CBUILD*0.00015
0025  FANI=CBUILD/950.
0026  INS=HINS+MINS+WINS+FANI
0027  HMAIN=10.2*(L*B*D*35.31)**0.685
0028  MMAIN=6.*SHF*1.1+9.5*(SHF*1.1)**0.6+20000
0029  CHAIN=HMAIN+MMAIN
0030  OVERH=2.2*DWT
C
0031  FO1=NTRIP*1SEA*24.*SHF*FRT
0032  FO=FO1*FOP
0033  GO=FO1/15.*GOP
0034  LO=FO1*0.0103*LOP/2.
0035  OIL=FO+GO+LO
0036  CPORT=QQ*NTRIP*DWT*0.059
0037  CQUAY=QQ*NTRIP*DWT*3.50
0038  CTOT=CCREW*INS+OVERH+OIL+PAY+CPORT+CHAIN+CQUAY
C
0039  RFR=CTOT/(QQ*DWT*AVAIL*NTRIP)
0040  RETURN
0041  END

```