

중대형 상선의 개략 원가 추정

고상용
조선및 해양공학과

<요 약>

$H=\alpha X^n$ 의 일반형 곡선의 성질을 응용하여 원가 산출식을 유도하고, 배수량, 기장 중량, 순수 재화 중량 변화에 따른 원가 변화를 Katsoulis 식, Admiralty 계수등을 이용하여, 초기 설계단계에서 중대형 상선의 개략적인 원가를 얻기위한 방법을 제시 하였다. 신조선 원가와 주요 변수의 수정에 의한 원가의 변화를 알고자하는 선박 설계자, 학생및 기타 관심 있는 사람들에게 일종의 길잡이가 될것이다. 이것은 조선소의 실제원가를 얻지 못하는 경우 유용하게 사용 되리라 사료된다.

An Approximate Cost Estimation for Medium/Large Size Merchant Ships

Ko, Sang-Yong
Dept. of Naval Architecture and Ocean Engineering

<Abstract>

Using a general curve of $H=\alpha X^n$ equation, a cost estimation equation is established. The behaviors of the costs of a ship against changes of displacement, machines weight, deadweight are formulated using Katsoulis's equation, Admiralty coefficient etc.. The method is applicable at the initial design stage of medium/large size merchant ships. It may be a kind of guides for ship designers, students and persons who are intended to know about new building ship's cost and the cost change with alterations of design variables. Although paper will not be precise enough for professional estimators it may be useful in case of actual

shipyard costs are not available.

1. 서 론

중대형 선박의 원가는 상이한 종류 즉 기술적, 관리적, 재정적, 정치적 및 시간적 변수들의 함수이다. 따라서 선박원가를 추정하기 위하여는 조선은 물론이고 경제, 원가회계, 계획 생산관리, 조선소 관리, 보험 등 기타 많은 인자들의 지식이 필요하다.

본논문에서는 개략적인 선박 원가를 추정하기 위하여, 고려하는 선박의 어느 정도의 물리적 특성만을 알면 구할수있는 방법을 도출코저 한다. 우리가 주목할것은 선박의 총원가와 관계있는 설계변수 들이고, 이들의 상관관계를 이해하면 될것이다.

원가는 선박을 건조하기 위하여 조선소 종사원, 하청업자, 완성된 배에 포함되는 모든 자재 및 의장품, 여려가지 써-비스 비용 및 시설 사용료 등에 지불하는 금액과 관계된다. 그러나, 선가는 시장조건, 경쟁, 선형의 공급 및 수요, 국제환율, 화물 운송료, 차용자금의 이자율, 선주의 용선 또는 운항 의도에 의하여 크게 영향을 받는다. 선가에서의 많은 인자들은 반드시 선박을 구성하는 하드웨어와 관계가 있는 것은 아니며, 평가 할 수 없는 많은 변수에 영향을 받기 때문에 여기서 선가는 고려하지 않고 오직 원가만을 취급한다. 선형, 운반할 화물의 량, 속력 및 흘수 또는 폭의 어떠한 제한에 관한 선주의 요구사항에 의하여 처음 하여야 할 일종의 하나는 L, B, D, T 및 C_b에 관한 잠정적 값을 얻는 것이다. 이들 및 V로부터 설계자는 운항 추진 동력 P를 추정할 수 있고 곧 선각, 선장, 전장 및 기장중량으로 분리된 값으로 구성된 경하배수량을 처음 추정 할 수 있다. 이 단계는 초기 설계과정의 정상 코스이며, 노무 및 자재 원가가 주어지고 초기 원가가 만들어 진다. 이

초기단계에서 원가계산을 하는 이유는 아직 설계가 융통성이 있을 때 자본투자의 개념과 어떠한 주요 변수들을 변경하였을 경우 원가를 알기위해서다. 중대형선이라함은 LBP=150m - 350m 까지의 선박을 말한다.

2. 용어 및 정의

여기서 사용하는 용어는 조선계에서 흔히 표준이 되는 것이고 어떤 주요 제목 하에서 발생하는 특별항목이 주로 상이한 회계관행에 따라 조선소 마다 달라지는 것을 발견하게 된다. 이 변동은 만일 각제목에서 상세하게 어떤 항목이 포함되고, 안되는 것을 알게 된다면 어떠한 조선소에서도 문제가 될 것 없다. 그러나, 중요한 것은 선각, 전장, 선장 및 기장중량의 합이 경하배수량과 같아야 한다. 중량을 가진것을 모두 금액으로 환산하여 모든 원가를 계산하면 그합은 완성 된다.

생산과 기술

선각작업 - 소형적벽, 불 워크 및 기계받침을 포함하는 주 선각 및 선루 구조에 사용되는 주조, 단조 및 갑판 핏팅류를 제외한다.

선 장 - 구조에 사용되는 주조, 단조, 박판작업, 목공작업, 배관계통(기관실 외), 도장, 덱 커버링, 캐이싱 인서레이션, 거주구, 현등 및 창문, 수밀 및 방화문, 방화시설, 주방, 냉동시설, 환기, 갑판기장, 데릭 및 기중기, 핫치카바,

구명설비, 항해장비, 창고및 기타.

전 장 - 주 배전반, 브릿지 콘솔, 전기 장비, 배선및 자동제어

기 장 - 주 보기, 발전기, 압축기, 보조 보일러및 기관실내에 있는 모든장비, 연돌, 축, 프로펠러, 선수/선미 스텐더및 스테비라이저.

써비스및 잡일 - 강제분류자, 일반노무원, 크레인기사, 운전기사, 창고지기, 안전요원, 소방요원, 보조원, 청소부, 건설저작업, 예인, 시운전, 수수료 지불, 선박모형 탱크시험.

재정

노무비 - 조선소 공원, 조장, 훈련생, 보조자및 실습생을 포함한다.

간접비 - 설계및 제도실, 구매, 계획, 생산관리, 품질관리및 계약과 관련한 회사행정을 포함하는 전 회사시설물, 사용료 즉 동산및 부동산의 비용

자재비 - 인도 및 취급비용을 포함하는 자재, 의장, 프란트및 계약과 관

련한 하청업자 등의 모든 구매 비용.

주 의 : 각 조선소의 회계상의 절차및 일반 관리 방침에 따라 그 항목의 내용이 변한다.

3. 추정의 정식화

3.1 노무원가

공수는 모든 직접 노무 비의 기초이며 한번 예측하면 이것을 전체 노무원가에서 급료, 간접비및 이익을 적용하게된다. 공수에 관하여 조선과 같은 노무비중이 큰 곳에서 크기, X 또는 단위수가 증가하면 단위당, 톤당 또는 m 당 등의 필요공수, M_h 는 감소하는 것이 자연법칙이라 생각한다. 그 감소는 직선적이 아니고 어떤 상수의 점근선에 접근한다.

일반적인 형식이 Fig. 1에 표시된다. M_h 에 X를 곱하여 얻어지는 총공수의 추정은 X에 대한 H의 곡선으로 주어진다. 이 곡선은 X가 증가하면 아래로 내려온다.

Fig. 2에서 H가 X의 다항및 지수함수의 식으로 표현될 수 있음을 암시한다.

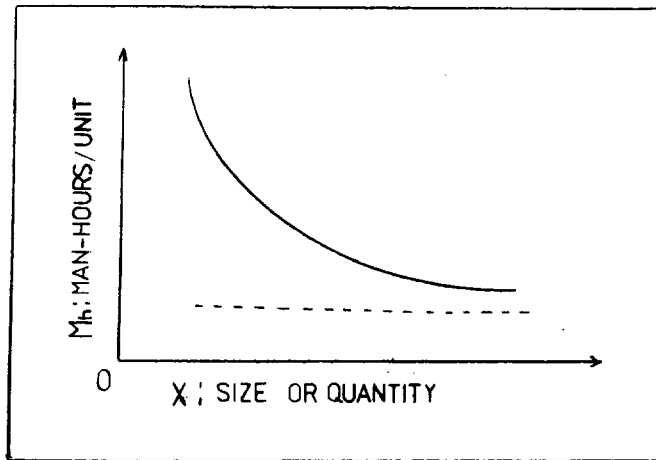


Fig. 1.

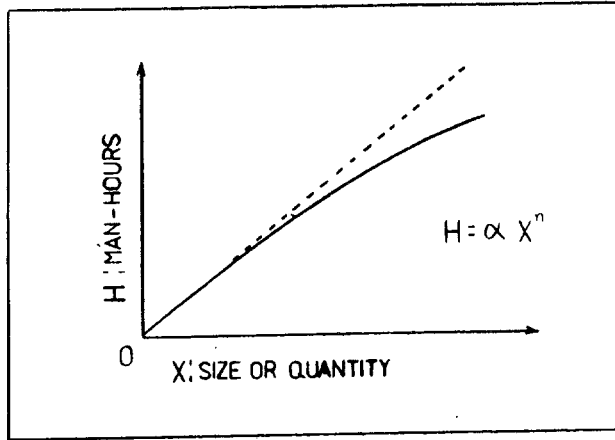


Fig. 2.

$H = \alpha X^n$ 의 일반형 곡선을 만족한다.

여기서 H : 공수

X : 변수의 크기

: 상수 ($n \leq 1$)

조선소에서 실공수 등 자료를 예측 할 수 있으면 α 및 n 의 값은 결정 될것이다. 그러나, H의 추정은 중요한 변수들이 포함되기까지는 원가추정 목적으로 허용 할 수 없다.

선각작업의 경우 저자의 다양한 원천에서 추출한 많은 공수기록의 검토에서 다음 관계가 성립한다.

$$M_h C_b (W_s/L)^{1/3} = K \tag{1}$$

여기서

M_h : 순강재 톤당 실제공수

C_b : 비척계수 (만재홀수 상태)

W_s : 순강재 중량 (ton)

L : LBP (m)

K : 주어진 조선소에서의 상수

K는 상이한 조선소 사이에서 선각작업시설의 적정성, 건조하는 선박크기및 선형의 범위, 주문상태, 동시에 건조하는 선박의 척수, 고용인원과 관계 있는 조선소의 크기

등에 따라 변한다. 그러나, 일반적으로 안정된 기간동안 주어진 조선소에 대하여 K는 현저하게 작은 표준 편차를 가지고 거의 일정하게 유지된다. 본 논문에서는 K의 값을 180으로 사용한다. 이것은 조금 높으나 혼합된 특성에 따른것이다. 즉, 예인선으로부터 큰 bulk carrier까지 다양한 종류에 의한 것이다. 오직 한종류 또는 두종류의 선박만을 전문적으로 건조하는 조선소의 K 값은 약 150 까지 낮게 또는 그 이하로 할 수 있다.

K=180을 사용하여 식 (1)을 바꾸어보면

$$M_h = \frac{180}{C_b (W_s/L)^{1/3}} \quad \text{공수 / ton} \tag{2}$$

총 선각작업 공수

$$H = M_h W_s = 180 \frac{(W_s)^{2/3} L^{1/3}}{C_b} \quad \text{공수} \tag{3}$$

식 (3)에서 W_s 와 L 은 크기의 변수이며 각각 단위보다 작은 지수를 가지며, Fig 2의 모양과 일치한다. 비척계수는 곡면부분

선각작업이 더 많은 원가가 들기 때문에 선체를 구성하는 선각의 작업 내용에 영향을 준다. 따라서, 예인선과 같이 작은 선형은 tanker와 같이 큰 선형보다 톤당 작업을 많이 요구하게 된다. 이것은 물론 실제 경험한 것이다. 이것을 수치적으로 식 (2)로 표현하였다. 선각작업공수를 전체 선각노임 원가로 변환하기 위하여 임금 베이스, 간접비, 이윤을 적용하여야 한다. 평균 임금 베이스는 개인자료에서 얻을 수 있었다. 예를 들면 노무평균을 \$3.2/hr, 간접비 100%, 이익 10%이면 K의 값 180에 3.2 x 2.00 x 1.10을 계산하면 약 1,267의 값이 얻어진다. 즉 직접 노무비 계수인 A'의 값은 Table 1에 있다.

Table 1. A'의 값

직접노무비 (\$/h)	간접비		
	50%	75%	100%
3.2	950	1,108	1,267
3.6	1,069	1,247	1,425
4.0	1,188	1,386	1,584

K 값 180 대신 1,267로 치환하면 식(3)은 그 조건에서 총 선각작업 노무원가로 주어지게 된다.

저자가 분석한 의장 노무원가는 Fig. 2의 일반형식을 만족하고 있다. 그러나, 그들의 비교는 약간 어려움이 있었다. 왜냐하면 의장작업의 하청 범위가 각 조선소마다 매우 상이하기 때문이다. 더욱이 회계상 하청노무에 지불하는 것은 자재로 사들인 것처럼 처리되어 조선소 노임계산이 안된다. 따라서 의장에 대한 조선소 공수의 통계는 언제나 작업 완료에 필요한 실제 공수보다 적다. 이와 같은 입장에서 저자는 공수보다는 차라리 총 의장원가에 대한 금액으로 계산하기로 하였다. 즉 생산선의 수준, 직접 노무비, 간접비 및 이익을 포함하는 원가인자 C'를 이용하기로 하였다. 조선소들의 환경에 맞도록 C'값은 수정할 수 있다. 이와같

은 접근에서 다음 식을 만든다.

$$Co1 = C' Wo^{2/3} \quad (4)$$

여기서 Co1 : 하청을 고려한 총 의장노임원가

C' : Table 2에서 언급하는 인자

Wo : 의장중량 (ton)

선각작업 식에서 Ws에 대한 것과 같이 회귀 분석은 약 2/3의 지수로 주어졌다.

Table 2. C'의 값

직접노무비 (\$/h)	간접비		
	50%	75%	100%
3.2	14,000	16,700	19,100
3.6	16,100	18,800	21,500
4.0	17,900	20,900	23,900

전장의 경우 선박 특성에 영향을 받으며 다음과 같은 식으로 표시 하였다.

$$C_{El} = I' L_{ca} \quad (5)$$

여기서 C_{El} : 하청은 없다고 가정한 총 전장 노임원가(\$)

I' : Table 3에서 언급하는 인자

L_{ca} : Fig. 3에서 얻어지는 cable 길이 (m)

Table 3. I'의 값

직접노무비 (\$/h)	간접비		
	50%	75%	100%
3.2	1.07	1.23	1.41
3.6	1.19	1.39	1.08
4.0	1.32	1.54	1.26

기장의 경우도 선장과 마찬가지로 장애를 가지고 있다. 하청분야는 선장보다 적지만 조선소 공수를 분석 목적으로 쓰기엔 적합

치 않다. 보다 양호한 상관성 계수는 기장 중량 W_M 을 사용 하지않고 종속변수로서 운항동력 P 를 사용하여 얻었다.

이같은 견지에서 다음식을 사용하였다.

$$C_{M1} = F' P^{0.82} \quad (6)$$

여기서

C_{M1} : 하청은 없다고 가정한 총기장 노임 원가(\$)

F' : Table 4 및 7에서 언급하는 인자 ($S'+T'$)

P : 운항동력, 마력(PS)

이 경우 크기 변수는 동력이고 지수는 단위 이하이다.

Table 4. S'의 값

직접노무비 (\$/h)	간접비		
	50%	75%	100%
3.2	480	560	640
3.6	540	630	720
4.0	600	700	800

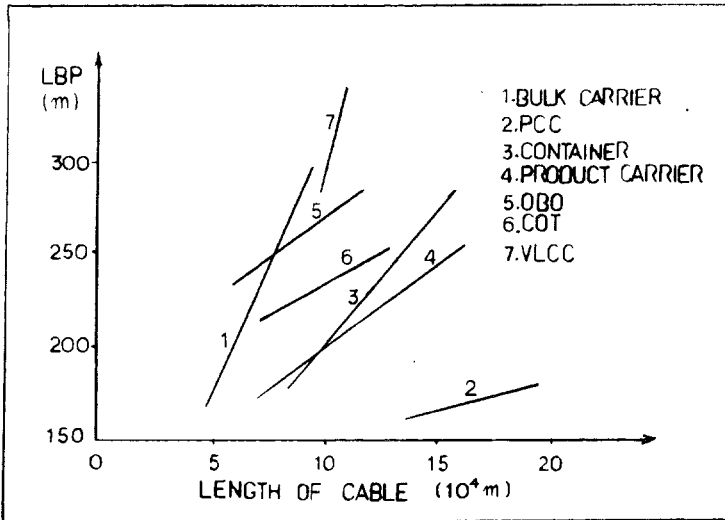


Fig. 3.

3.2 자재 원가

만일 자재에 관한 일반적인 원가식 $H = \alpha X^n$ 에 집착하여 본다면 n 의 값은 단위에 거의 가깝다. 선각자재에 관해서는 $n=1.0$ 를 사용하면 거의 오차가 없다. 자재원가를 위해 만족 할만한 지수들은 강제중량에 대하여 $n=1.0$, 의장중량에 대하여 $n = 0.95$, 기장운항동력(기계노임원가와같이)에 대하여 $n=0.82$, 대응하는 원가 인자들은 B', D', T' 및 J' 로 나타낸다. 이들인자의

개략적인 값은 Table 5, 6, 7, 8에서 주어진다.

Table 5. B'의 값

강제 평균 가격 (\$/ton)	소모량+용접봉		
	7.5%	10%	12.5%
3.2	295	300	308
3.6	325	330	338
4.0	354	360	369

Table 6. D'의 값

일 자	D'
6/82	2,485
6/83	2,858
6/84	3,331

Table 7. T'의 값

일 자	T'
6/82	1,218
6/83	1,400
6/84	1,624

전장의 경우 노무비 계산과 유사하게

$$C_{Em} = J' L_{ca} \quad (7)$$

여기서 C_{Em} : 전장의 자재비(\$)
 J' : table.8에서 언급한 인자
 L_{ca} : Fig.3에서 얻어진 cable 길이(m)

Table 8. J'의 값

일 자	J'
6/82	31.7
6/83	32.5
6/84	33.2

주의 : 전체적으로 이익 여유를 10%로 한다.

초기원가 목적으로는 인자 A', B', C' 등의 값에 개략으로 만족하지 않으면 안된다. 이들의 정확한 계산은 건조에 포함되는 노무비, 간접비정의, 광범위한 자재원가및 이익의 여유등으로 얻어지는 생산성 수준을

반영한 최신정보의 상세한 분석으로부터 얻어질 수 있다. 정확한 자료를 얻고 체계적인 분석을 위해서는 인사및 생산관리부, 원가 추정자, 바이어, 회계사들이 일정기간 체계적으로 협조할 필요가 있다. 그 기간중 원가 상승 등을 반영한다. 초기설계단계에서 모든것을 분명히 하기는 불가능 하고 총원가의 초기추정에서는 개략적인 원가로 만족 하여야 한다.

3.3 총원가

선박의 원가는 다음과 같이 정의 한다.
 총원가 = 총 노무원가 + 총 자재원가
 여기서

$$\begin{aligned} \text{총 노무원가} &= \text{직접노무원가} + \text{간접비} + \text{이익} \\ \text{총 자재원가} &= \text{공급자재 원가} + \text{취급및 소모비} + \text{이익} \end{aligned}$$

3.4. 개략 원가 확인식

실제 선박의 원가를 구성하는 상세한 공수 및 자재 원가로 부터 믿을만한 공식 또는 표를 작성 하는 것은 가능하다. Table 에 나타난 많은 개별 항목에 대한 원가가 주어진다. 원가식이라기 보다는 원가 확인 식이라고 부른다. 왜냐하면 저자가 처음 선박 원가 확인용으로 간단히 만들었기 때문이다. 그러나 몇년동안 써 오는동안 총선박 원가에 언제나 그 오차는 ±3%이고 드물게 ±10%인 경우도 있었다.

다음과 같은 초기 추정을 위한 식을 추천 한다.

$$Cs = A' \frac{Ws^{2/3}L^{1/3}}{Cb} + B'Ws + C'Wo^{2/3} + D'Wo^{0.95} + E'L_{ca} + F'P^{0.82} \quad (8)$$

$$= Csl + Csm + Col + Com + CE + CM$$

노무 자재 노무 자재 노무 자재 노무 자재
 총원가 = 선각작업 + 선장 + 전장 + 기장

- 여기서 Cs : 총 선박원가(\$)
 Ws : 순 강제중량(ton)
 L : LBP(m)
 Cb : 계획 만재출수에서의 비척
 계수
 Wo : 의장중량(ton)
 Lca : cable길이(훅팅류 포함)(m)
 P : 주 기관의 운항마력(PS)
 CE : 전장 원가(\$)
 CM : 기장 원가(\$)
 Csm : 선각 강제 원가(\$)
 Com : 선장 자재원가(\$)

도면 계산을 할 수 있다.

3.5 선박 특성

초기원가를 계산할 때 어떤 특별한 의장 또는 시설이 원가에 포함되는가를 고려 하여야 하고 어떤 특별한 항목에 대해서 조절 할 수 있는 방안을 가져야 한다. 이와 같은 특성은 선각에 사용하는 강재의 등급과 프로펠러가 FPP 또는 CPP 인가, bow thruster, stabiliser, 또는 중하역 장치 유무 그리고 추진기관의 형식, 거주구의 표준 등에 관계가 있다. 이들 각각은 설계가 진행하는데 중요하고 초기단계에서 이들과 관련한 원가 변화의 정도를 알아야 한다. 이 종류의 정확한 원가는 오직 상세 사양으로부터 계산할 수 있다. 그러나 정확한 원가를 초기에 산출 하는 것은 어렵고 개략적인 것으로 초기의 의문에 만족 해야만 한다.

A', B', C', D', E' 및 F' : 최신 급여율, 수당, 전반적 생산성 수준, 추정된 간접비, 이익, 재료원가, 소모율, 인도, 취급비용, 보증 써비이스, 잡원가와 이들 인자의 개략값은 Table들에서 주어진다.

이식을 이용할때 전장의 경우는 예외이지만 지수는 1/3승에서 단위까지의 범위이며 모두 1.0 이하이다. 이것은 정확도의 견지에서 고무적이다. 왜냐하면 원가의 추정오차는 선박 변수들 자신 보다는 작을것이기 때문이다. 예를 들면 선박중량추정이 9% 잘못되었으면 그때 강제작업 노무원가 추정은 오직 6%이고 강제자재 원가는 아직 9%이고 순수오차는 9% 이하일 것이다. 전장, 의장및 기장원가는 강제중량 오차와 무관하여 9%의 강제 중량 오차는 강재의 포함량에 따라 총 선박원가에 대하여 오직 2~4%가 될것이다. 유사하게 만일 동력 추정이 10% 잘못이면 총원가의 3% 보다 작다. 간단한 화물선의 추정방법을 보여주는 보기는 다음과 같다. 소형 손계산기로 약 20분 정

3.5.1 강제등급

영국 Lloyd 선급의 강재를 사용하는 경우, 식 (8)은 선각 강재의 70~85%가 LR의 A 등급이고 나머지 강재는 AH, AH36 또는 EH36등급을 선박에 적용한다.

등급 AH에서 EH36까지 원가는 A 등급보다 5에서 30% 더 많다. 따라서, 어떤 등급이 크게 점유하면 식(8)에서 인자 B'를 조정하여야 한다. 만일 스테인레스강 또는 HY - 80을사용하면 이들의 자재원가는 등급 A의 것에 약 5배가 되며, 이때에는 조정이 필요하다. 또한 용접 시간이 길어진

다. 어느 경우는 2배가 되는 경우도 있다. 예를 들면 강재의 10% 정도가 스테인레스강 이라면 용접시간은 총강재 작업시간의 50% 정도가 되어 인자 A'는 5% 증가해야 한다. 동일 선체에서 B'는 40% 증가해야 한다.

3.5.2 프로펠러 및 프로펠러 축

식은 FPP의 단축에 적용 된다. 2축 FPP를 설치할 때는 기계원가 C_M 은 10~15% 증가한다. CPP는 더 비싸고, 자재원가는 동일 토크 및 추력을 가지는 FPP의 약 5~6배이다. 그러므로 CPP 설치 시에는 식 (8)에 원가 추가를 하여야 하고 이것은 대략 다음 식으로 표현 되어진다.

$$\delta C_p = \$ 45,300 Q_o^{1/2} \quad (9)$$

여기서 δC_p : FPP와 CPP 사이의 원가 차이(\$)
<84년 율이다>

Q_o : 전 토크 = 0.728 P/N
(ton-m)

P : 운항마력(PS)

N : 프로펠러의 rpm

3.5.3 Thruster

식(8)은 side thruster 원가를 포함하지 않으므로 만일 필요하다면 side thruster, 강재작업, 동력, 조정 및 설치를 위한 원가를 추가하여야 하고 개략적인 식은 다음과 같다.

$$C_T = \$ 68,500 + \$ 50,000 T \quad (10)$$

여기서 C_T : 84년 원가(\$)

T : thrust (ton)

3.5.4 Stabiliser

식(8)에서 Stabiliser가 포함되어 있지 않다. GM, fin 면적, 무게 및 시동장치의 동력 등과 같은 자료는 설계 초기단계에서는 분명치 않을 수가 있다. 따라서 다음과 같이 개략적으로 생각한다.

$$C_{ST} = \$ 473 \Delta^{1/3} \quad (11)$$

여기서 C_{ST} : 84년 원가(\$)

Δ : 배수량 (ton)

3.5.5 Automation control System

84년 원가(\$)로 재래형은 alarm point, 250point까지 \$100,000, 250-350point는 \$130,000이다. CPU Control 형에서 모니터링 뿐인 경우 \$250,000, 모니터링, 동력 자동화, 각종보기의시동, 제어등이 포함될 경우 \$400,000이다.

3.5.6 주기관

식(8)을 유도할때 분석한 대부분의 선박은 turbo charger가 붙은 디젤주기를 설치한 것임으로 증기 터빈 및 기타 기관일 경우 이것을 고려 하여야 한다.

3.5.7 중량

의장중량 W_o 추정에 포함되는 광범위한 거주구 또는 중하역장치는 큰범위를 차지함으로 물론 초기 단계에서 고려 해야 한다. 따라서 만일 그 추정이 모든 의장품, 써비스 및 시스템에 대하여 합리적이라면 식 (8)은 그에 따라 응답 할 것이다. 특성에 대하여 잡다 한것을 추가함에 있어, 설계는 물론 원가추가 뿐 아니라 중량추가, 재화중량, 트림, 복원력, 흡수 등에도 주의가 필요하다.

3.5.8 원가및 일자

= \$8,249,160

식(8)은 Table들에서 선정된 인자 A', B', C' 등의 값에 의한 어떤 날짜에서의 선박의 추정 원가를 제시한다. 선박은 하루에 건조 될 수 없기 때문에 여러 가지 목적을 만족 하기 위하여 조정이 필요하다. 만약 선박 건조에 2년이 걸린다면 그 2년후에는 크게 차이가 있을 수 있다. 따라서 건조기간 중의 운영경비 즉, 봉급지불, 건조에 시설 또는 임시투자자 검토 되어야 한다. 봉급, 자재및 이자율 등에서의 변화율에 관한 경제적인 검토를 하여야 한다.

3.6 상대적 원가 추정과 변수들

식(8)의 유용한면은 초기에 매우 정확한 값을 가지는 어떤 기본설계 변수의 향으로 선박 원가를 나타냈다는 점이다. 더욱이 각 항들이 강제작업, 의장, 전장및 기장 등의 익숙한 제목 하에서 배열되어 있어 원가보다 다른 목적을 위하여 이들 항을 생각하는데 익숙한 우리에게 도움이 된다. 따라서 기본 설계에서 어떤 변수를 고려할때 그 수정에 따른 원가변화를 알려면 식(8)에 적절한 변수들의 값을 변경 하기만 하면된다. 간단한 예 로서 만일 계산 보기에서의 간소한 화물선이 좀 더 좋은 거주구, 좀 더 무거운 derrick 또는 확장된 냉동 공간 및 의장중량 보다 100ton 이상 많아진 새로운 의장 원가는 식(8)에 이 중량을 삽입 함으로서 얻을 수 있다.

다만 의장에서만 변화가 생기면 선각, 전장및 기장은 거의 영향을 받지 않고 (8) 식의 2300 ton 의 새로운 의장중량은 다음 값으로 주어진다.

Co = C'Wo^{2/3} + D'Wo^{0.96}
여기서 C' : 19,100
D' : 3,095
= \$3,415,080 + \$4,834,080

이것은 기본 설계에 의장으로 \$ 7.937*10⁶ 보다 \$ 0.312*10⁶ 많고 기본 설계 원가에 대하여 0.98%이다. - 계산 보기를 참조 바랍니다.

선각의 주요치수를 변경 하여야 한다면 설계자는 강제중량, 의장중량및 동력을 매우 빠르게 계산 할 수 있다. 즉 1차 미분 계수를 이용한다. 그리고, 새로운 값은 식(8)에 대입하여 수정원가를 추정한다. 이것은 참으로 시간이 적게 걸린다.

제안된 모든 기본 설계자료및 어떤 변수의 항목들은 순수 기술적인 측면을 고려함에 유용 할것이고 그같은 정보는 원가 검증에 사용 될수 있다.

3.6.1 속력변화 변수들

중요한 변수들은 기본설계에 작은 속력변화를 포함하는 것이다. 말하자면 1 knot 설계 속력을 올리는데 원가의 증가는 어떻게 되고 기타 변화해야 하는것은 어떤것이 있는가?

3.6.1.1 LBD 및 T를 고정한 경우 작은 속력증가에 의한 원가변화.

만일 주요치수를 고정시켜 놓고 속력을 변화하면 선형, 동력, 배수량및 재화중량이 영향을 받는다.

만일 속력이 약간 증가하면 V/√L가 증가하고 Cb는 감소하며 동력및 기장중량은 증가할 것이다. 배수량은 작은 Cb에 의하여 감소한다. 재화 중량은 다음 2가지 이유 때문에 감소한다. (a) 보다 작은 배수량, (b) 보다 큰 기장중량, 속력을 줄이면 그 반대 효과를 가진다.

배수량 변화

L, B, D 및 T가 상수로 남아있기 때문에,

다만 C_b 만 배수량 식에 수정되고 Katsoulis 식에서

$$C_b \propto V^{-0.6135}$$

고로

$$\delta C_b = -0.6135 C_b \frac{\delta V}{V} \quad (12)$$

여기서 δC_b : 기본선 C_b 의 변화

δV : 작은 속력변화

V : 기본선의 속력

$$\delta \Delta = -0.6135 \Delta \frac{\delta V}{V} \quad (13)$$

여기서

$\delta \Delta$: 배수량의 변화

기장중량의 변화

속력 변화가 작기 때문에 다음과 같이 가정한다.

i) 동력 $\propto V^3 \Delta^{2/3}$

ii) 중량 \propto 동력

$$\text{즉 } \delta P = 3P \frac{\delta V}{V} + \frac{2}{3} P \frac{\delta \Delta}{\Delta} \quad (14)$$

여기서 P : 기본선에서의 운항동력

δP : 동력의 변화

$\delta \Delta$: 배수량의 변화

$$\text{또한 } W_M \propto P, \text{ 고로 } \delta W_M = W_M \frac{\delta P}{P} \quad (15)$$

여기서 W_M : 기본선에서의 기장중량

δW_M : 기장중량의 변화

$$\delta W_M = W_M \frac{\delta V}{V} \quad (16)$$

순수 재화 중량 변화

이것은 식(13) 및 식(16)에서 변화된 배수량 및 기장중량의 효과를 조합하면 다음과 같다.

$$\delta(dwt) = -[0.6135\Delta + 2.591W_M] \times \frac{\delta V}{V} \quad (17)$$

배수량의 변화는 주요 치수가 고정되었을 때 속력변화의 기호와 반대의 기호를 취한다.

원가변화

이것은 다음의 2가지 중에 한가지 방법으로 추정할 수 있다.

(i) 강제중량 및 동력에서 변화를 추정하여 식(8)에 새로운 값을 넣고,

(ii) 가정들을 더욱 간략하게 하고 속력 변화 V 로서 기본 선박 원가를 조정한다.

먼저 (i)의 방법을 생각하면 식(8)로부터 첫번 접근으로 선작업 노무 원가는

$$C_{S1} \propto \frac{W_S^{2/3} L^{1/3}}{C_b}$$

이다.

여기서 C_{S1} : 선체작업 노무 원가(\$)

W_S : 기본선의 순 강제중량(ton)

L : LBP (m)

C_b : 하기 만재 홀수선에서의 방형 비척 계수

고정된 L, B, D 및 T 에 대하여 오직 변수는 W_S 및 C_b 이다.

따라서 강제 중량에서의 작은 변화, δW_S 에 대한 원가 변화는 다음과 같다.

$$\delta C_{S1} = \delta C_{S11} + \delta C_{S12} = C_{S1} \times \left[\frac{2}{3} \frac{\delta W_S}{W_S} - \frac{\delta C_b}{C_b} \right] \quad (18)$$

유사하게 식(8)에서 자재원가에 대하여

$$C_{sm} \propto W_s$$

여기서 C_{sm} : 선각 자재원가 (\$)
 W_s : 기본선의 순 강제중량 (ton)

그럼으로

$$\delta C_{sm} = C_{sm} \frac{\delta W_s}{W_s} \quad (19)$$

따라서 식(18) 및 식(19)에서 선각원가에서의 순 변화는

$$\delta C_s = C_{s1} \left[\frac{2}{3} \frac{\delta W_s}{W_s} - \frac{\delta C_b}{C_b} \right] \quad (20)$$

$$+ C_{sm} \frac{\delta W_s}{W_s}$$

$$\delta C_M = C_M [(P_2/P_1)^{0.82} - 1] \quad (21)$$

선박의 순 원가변화는 식(20)과 식(21)을 합하면 얻어진다.

$$\delta C_s = C_{s1} \left[\frac{2}{3} \frac{\delta W_s}{W_s} - \frac{\delta C_b}{C_b} \right] +$$

$$C_{sm} \frac{\delta W_s}{W_s} + C_M [(P_2/P_1)^{0.82} - 1] \quad (22)$$

여기서

- δC_s : 선박의 원가변화(\$)
- δW_s : 강제 중량의 추정변화(ton)
- W_s : 기본선의 순 강제중량(ton)
- δC_b : 방형계수의 변화
- C_b : 기본선의 방형계수
- P_2 : 변수의 운항마력
- P_1 : 기본선의 운항마력
- C_{s1} : 기본선의 선각작업 노무원가(\$)
- C_{sm} : 기본선의 선각작업 자재원가(\$)
- C_M : 기본선의 기장원가(\$)

상기 결과는 새 강제중량, 방형계수 및 운항마력의 최초평가에 의한 것이다. 만일 새 값이 얻어지면 새원가를 얻기 위하여 식(8)에 대입하면 된다. 만일 식(22)의 변수에 대한 설계계산을 하기전에 새원가가 요구된다면 속력 변화 δV 의 함수로 항들에 삽입하는 것이 유익 하다.

$$[(2/3C_{s1}) + C_{sm}] \frac{\delta W_s}{W_s} \text{ 는}$$

$$- 0.6135 [2/3C_{s1} + C_{sm}] \frac{\delta V}{V} \quad (23)$$

가 된다.

유사하게, 식(12)으로부터

$$\frac{\delta C_b}{C_b} = - 0.6135 \frac{\delta V}{V}$$

그러므로 식(20)에서

$$- C_{s1} \frac{\delta C_b}{C_b} \text{ 는 } + 0.6135 \frac{\delta V}{V} C_{s1} \quad (24)$$

이 된다.

그럼으로 식 (20)은 다음과 같이 된다.

$$\delta c = 0.6135 \frac{\delta V}{V} [1/3 C_{s1} - C_{sm}] \quad (25)$$

여기서

- δc : 선각 작업원가의 변화 (\$)
- δV : 작은 속력변화 (knot)
- V : 기본선의 속력 (knot)
- C_{s1} : 기본선의 선각작업 노무원가 (\$)
- C_{sm} : 기본선의 선각작업 자재원가 (\$)

소형선과 지나치게 날씬한 선형에서는

선각 자재(강재)원가, C_{sm} 는 선각 노무 원가, $(1/3C_{s1})$ 보다 언제나 크다. 따라서 작은속력의 증가에 대하여 (또는 $+\delta V$), 강제작업 원가는 언제나 감소할 것이다. 즉 δC_c 는 음수가 된다. 다른 한편 작은 속력 감소 대하여 강제작업은 언제나 기본선의 것보다 원가가 컸다. 제안한 바와 같이 L, B, D 및 T 를 고정시키고 2 번째로 식 (22)에서 항 P_2/P_1 을 제거하기 위하여 다음과 같이 대치할 수 있다.

$$(P_2/P_1)^{0.62} = 1 + 2.46 \frac{\delta V}{V} + 0.546 \frac{\delta \Delta}{\Delta} \quad (26)$$

초기 주요치를 유지 하면서 약간의 속력의 변화로 인한 선박 원가에서의 순수 변화는 식 (25)과 식(26)을 더함으로써 얻어진다.

$$\delta C_{sv} = \frac{\delta V}{V} [0.2045 C_{s1} - 0.6135 C_{sm} + 2.125 C_M] \quad (27)$$

여기서

δC_{sv} : 설계 속력 변화에 의한 선박 원가의 변화 (\$)

δV : 설계속력의 작은변화 (knot)

V : 기본 선박의 속력 (knot)

C_{s1} : 기본선의 선각작업 노임원가 (\$)

C_{sm} : 기본선의 선각작업 자재원가 (\$)

C_M : 기본선의 기장원가 (\$)

기본선에 대하여는 원가 C_{s1} , C_{sm} 및 C_M 을 식(8)에 의해서 얻는다.

3.6.1.2 고정 속력 에서의 작은 운반 용량 증감에 의한 원가변화.

원가차이, δC_{sc} 가 용량의 작은 차이, δQ 에 의하여 얻어지는 식을 Katsoulis식, 강제중량식등에 의하여 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\delta C_{sc} = \frac{\delta Q}{Q} * [0.622C_{s1} + 0.908C_{sm} + 0.444C_{o1} + 0.634C_{om} + 0.546C_M] \quad (28)$$

여기서

δC_{sc} : 용량 변화에 의한 선박원가의 변화, ($\pm \$$)

δQ : 용량의 작은변화, ($\pm dwt/TEU/ m^3$) 등

Q : 기본선의 용량, ($\pm dwt/TEU/m^3$) 등

C_{s1} : 기본선의 선각작업 노임원가, 식(8)에서 (\$)

C_{sm} : 기본선의 선각원가, 식(8)에서 (\$)

C_{o1} : 기본선의 선장 노임원가, 식(8)에서 (\$)

C_{om} : 기본선의 선장재 원가, 식(8)에서 (\$)

C_M : 기본선의 기장원가, 식(8)에서 (\$)

4. 계 산

4.1 다음의 통상 특성을 가진 14 knot, 138,000 dwt bulk carrier건조원가 추정

수선간의 길이 L : 267.6 m

폭 B : 42.5 m

깊 이 D : 23.0 m

흘 수 T : 16.25 m

순강재중량 W_s : 19,800 ton

의 장 중 량 W_o : 2,200 ton

기 장 중 량 W_M : 630 ton

방형계수 C_b : 0.82
 항해속도 V : 14.0 knot
 항해마력 P : 21,360 bhp

1/84(84년도 1사분기)의 100% 간접비,
 직접노무비 \$ 3.2/h, 장재가격 \$300/ton,
 이익 10% Table들에서 인자들의 값을 구
 하면

- $A' = 1,267$ (\$ 3.2/h 및 100% 간접비)
- $B' = 330$ (\$ 300/ton 및 10% 소모율)
- $C' = 19,100$ (\$ 3.2/h 및 100% 간접비)
- $D' = 3,095$ (1/84에 대하여 수정)
- $I' = 1.41$ (\$ 3.2/h 및 100% 간접비)
- $J' = 31.1$ (1/84에 대하여 수정)
- $E' = 4.52$ ($I' + J'$)
- $S' = 640$ (\$ 3.2/h 및 100% 간접비)
- $T' = 1,512$ (1/84에 대하여 수정)
- $F' = 2,250$ ($S' + T'$)

설계변수 : $L_{ca} = 60,000$ (Fig. 3에서)
 $W_s = 19,800$ ton 이므로 $W_s^{2/3} = 756$
 $L = 267.6$ m 이므로 $L^{1/3} = 6.33$
 $W_o = 2,200$ ton 이므로 $W_o^{2/3} = 173$ 및 $W_o^{0.95} = 1,497$
 $P = 21,360$ bhp 이므로 $P^{0.82} = 3,550$

식 (8)에 대입하면

$$C_{S1} (\text{선 각 노 임}) = A' \frac{W_s^{2/3} L^{1/3}}{C_b} = \frac{1,267 * 756 * 6.33}{0.82} = \$ 7.394 * 10^6$$

- $C_{sm} (\text{선 각 자 재}) = B' W_s = 330 * 19,800 = 6.534 * 10^6$
- $C_{O1} (\text{선 장 노 무}) = C' W_o^{2/3} = 19,100 * 173 = 3.304 * 10^6$
- $C_{om} (\text{선 장 자 재}) = D' W_o^{0.95} = 3,095 * 1,497 = 4.633 * 10^6$
- $C_{M1} (\text{기 장 노 무}) = S' P^{0.82} = 640 * 3,550 = 2.272 * 10^6$
- $C_{Mm} (\text{기 장 자 재}) = T' P^{0.82} = 1,512 * 3,550 = 5.367 * 10^6$
- $C_{E1} (\text{전 장 노 무}) = I' L_{ca} = 1.41 * 60,000 = 0.084 * 10^6$
- $C_{Em} (\text{전 장 자 재}) = J' L_{ca} = 31.1 * 60,000 = 1.866 * 10^6$

$$\text{총원가} = \$ 31.454 * 10^6$$

4.2 속력 및 용량변화 조합 변량 추정

15knot이며 통상적인 선박이다. 다음은 초
 기 설계 특성이다.

상술한 변화를 조합 함으로서, 속력, 용
 량및 원가가 함께 어떻게 변화 하는가를 보
 여주며, Fig. 4에 예로서 표시한다. 이것은
 125,000 dwt의 bulk carrier로, 속력은

- $L = 272$ m $V = 15$ knot
- $B = 45$ m $P = 21,100$ bhp
- $D = 19.5$ m $W_s = 18,400$ ton

T = 14.2m W_o = 2,200 ton
 C_b = 0.83 W_M = 650 ton

평균 강재 가격 : \$ 300/ton

소 모 율 : 10.5%

간 접 비 : 100%

이 익 : 10%

다음과 같이 지정한다.

식(8)에서 얻은 원가 = \$ 29.806 *

직 접 노 무 : \$ 3.2/hr

10⁶

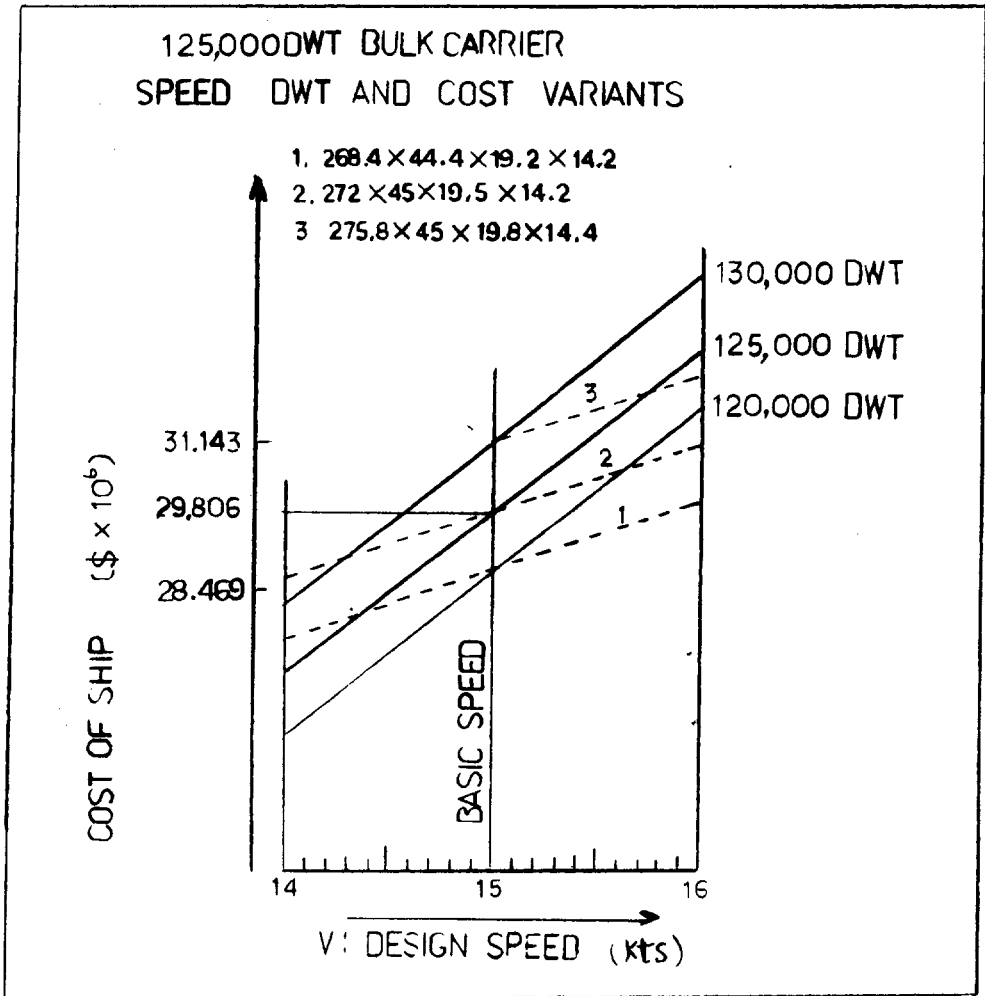


Fig. 4.

치수를 고정 시키고 속력을 변화 시켜서 얻는 재화 중량 및 원가의 변화와 속력을 고정 시키고 용량의 변화를 식(17), 식

(27) 및 식(28)를 이용하여 계산한 것이 Table 9 이다.

Table 9.

치수 (m)	속력(knot)	재화중량(ton)	원가(\$)*10 ⁶	원가(\$)/재화중량(ton)
기 본	14	138,000	31.454	227.9
기 본	15	125,000	29.806	238.5
기 본	16	118,800	31.339	263.8
키 움	15	130,000	31.143	239.5
줄 임	15	120,000	28.469	237.2

5. 결 언

식(8)은 기본선의 원가 산출에 이용되고, 설계초기에 평가 할수 있는 설계 변수들과 Table 1 - 8에서 선택할 수 있는 원가 인자로 표현 하였다. 3.5절 선박 특성에서는 특수한 강재 또는 의장에 관한 개략적인 원가 조정을 취급하였고 변수들에 관한 3.6절에서는 전장부분과 고려되는 변수들 사이의 관계가 미미하므로 전장 부분은 생략 하였으며, 기타 기술적/경제적 비교에 관한 기초를 언급 하였다.

- [1] 식(8)은 중대형 상선형에 적합한 것을 알게 되었다. 언급한 바와 같이 치수와 중량은 선각 및 의장 원가, 전장 및 기장원가를 결정한다.
- [2] LNG 또는 LPG의 경우 냉각 또 가스처리 설비 원가는 전문 제조 업체로부터 얻어야 하며 이들은 주로 자기들의 부품을 공급, 설치 및 시운전을 하고 있다.
- [3] 본논문의 인자들은 주로 84년도 노임 및 자재비를 적용한 것이다. 현재 사용하기 위하여는 먼저 평균임금, 강재가격 및, 주 기관과 같은 큰 항목들의 원가를 알아야 하며, 인자 A', B', C' 등을 수치적으로 조정 하여야 한다.

여기서 깊이 언급은 없었으나 중대형 선박도 자동차 운전과 마찬가지로 (기관실 무인화) 한사람이 조종할 수 있는 자동 제

어 기법의 발전은 눈부신바 있어 총원가에 대한 자동제어 분 원가의 비율이 현재의 6 - 7%에서 월등하게 상승 될것으로 생각된다. 또한 본 논문의 인자를 적의 조정 함으로서 모든 선박 원가에 확대 사용이 가능 하리라 사료 된다.

참고문헌

1. Thompson, A.G. : "Work Measurement and Productivity Comparison in Heavy Arc Welded Construction". Engineering, Feb.1966.
2. Carreyette, J. : "Shiprepair Steel Renewal Rates".Trans. RINA. Vol. 107, 1965.
3. Summers, L.S. : "The Prediction of Shipyard Costs". Marine Technology, Jan. 1973.
4. Buxton, I.L. : "Engineering Economics Applied to Ship Design". BSRA. Trans. RINA, Vol.114, 1972.
5. Katsoulis, P.S. : "Optimising Block Coefficient by an Exponential Formula". Shipping World & Shipbuilder, Feb. 1975.
6. Carreyette, J. : "Preliminary Ship Cost Estimation". Trans.RINA, Vol.120, 1978.
7. Watson, D.G.M. and Gilfillan, A.W. : "Some Ship Design Method" Trans. RINA, Vol. 117, 1977.
8. Author : "Individual Data Files"