

초기설계 단계에서 경제성 평가에 의한 선형결정에 관한 연구

김경모* · 김시영**

*부경대학교 대학원, **부경대학교 제어기계공학과

A Study on the Hull Form Definition with Economy Evaluation at Preliminary Ship Design

KYUNG MO KIM AND SI YOUNG KIM

Department of Control & Mechanical Engineering, Pukyong National University, Pusan 608-739, Korea

KEY WORDS: Economy evaluation 경제성평가, Hull form 선형, Required freight rate 최소운임율

ABSTRACT: *In the Step of preliminary ship design, a designer should decide a economic ship. The economic ship has the least building cost and operating cost to a annual freight amount, satisfying a given design condition. That is, RFR is minimum among alternatives.*

1. 서 론

선박 건조시 설계자는 선주로부터 주어지는 어떤 기능적 요구사항을 제한조건으로 하여 요구사항에 가장 근접하는 경제적인 선형을 설계해야 한다. 즉, 선종, 선속, 재화중량, 항속거리 등의 요구조건을 만족시키면서 건조비 및 운항비를 최소화하는 선형을 결정해야 한다.

초기선형설계는 선박의 건조에 이르는 전과정 중 가장 선공정에 위치하고 있으며 선박의 기본성능과 건조비 및 운항비 결정요소는 초기선형설계단계에서 거의 결정된다. 따라서, 경제성 평가가 초기설계단계에서 고려될 수 있다면 설계요구 조건을 만족시키는 범위내에서 가장 경제적 선형의 주요 치수 결정이 최적의 기본 성능과 최소의 건조비 결정에 직결될 수 있다는 것이다. 이를 위해 여러 가지 설계대안들에 대해 RFR을 경제성 기준으로 한 평가를 통해 최적의 주요치수 결정을 시도한다.

2. 초기선형설계 방법

초기선형설계는 크게 세 가지로 나눌 수 있다.

① Standard Series 선형의 보간법(Taylor, 1915; Weinblum, 1930)

② 기준선의 체계적인 변환법(Lackenby, 1950)

③ Form Parameter 방법(Creutz, 1977)

표준계열선의 보간에 의한 선형결정 방법은 Taylor standard series, Series 60, BRSA series, SSPA series 등과 같은 체계적인 선형자료들로부터 원하는 선형을 이끌어 내는 것으로 계열선 범위 내에서 보간법에 의해 희망하는 선형요소 값을 갖는 선형을 결정한다.

이 방법은 원하는 기본 형상특성을 잘 근사시켜 개략적인

초기선형설계에서 간편하면서도 유용한 결과를 도출할 수 있으므로 초기 설계 단계에서 자주 사용되고 있다. 하지만 단순히 주요치수, C_B , LCB등에 대해서만 변경 가능하므로 C_B , LCB의 값에 따라 변하는 횡단면적계수 (C_m), 수선면적계수 (C_w)와 같은 형상변수들은 쉽게 변경할 수 없다. 그리고 대부분의 계열선 자료들이 수면 아래 부분에 한정되어 계획흡수선 상부 도출이 어렵고 또한 도출된 선형의 순정상태가 충분하지 못한 경우가 있어서 원하는 선형 도출을 위해서는 부분적으로 수정할 필요가 있다.

기준선을 체계적으로 변환시켜 원하는 선형을 도출하는 방법은 우수한 유사 실적선의 자료를 토대로 하여 적은 양의 수정변경을 함으로써 원하는 선형을 얻는 방법으로 현장에서 가장 많이 활용하고 있는 방법이다.

기준선에 대한 이러한 변형방법은 제한된 수의 form parameter 내에서 적절한 변화를 처리하는데 매우 간단하면서도 효과적인 방법이다. 또한 기준선과 새로운 배의 주요치수 및 선형계수들의 차이가 별로 없을 경우에는 저항성능을 비롯한 기본성능을 충분히 예측할 수 있다. 그러나 이 방법에 의한 선형 도출은 주어진 기준선에 매우 유사해야 하는 제한된 범위 내에서만 변형이 가능하며 변형범위를 넓힐 경우 선체형상의 퇴화를 수반한다.

Form Parameter 방법은 이용 가능한 실적선 data가 없거나 새로운 개념에 입각한 선형설계에 이용될 수 있는 방법으로 선형을 특성을 규정하는 선형계수들의 결합에 의해서 선체형상을 수학적으로 표현한다.

Form parameter 방법의 장점은 기준선을 필요로 하지 않으므로 신행선의 초기선형 개발에 유용하며 form parameter 의 값을 바꾸어 줌으로써 computer를 이용해서 쉽게 선체형상을 변형시킬 수 있다. 그러나, 사용해야 하는 form parameter들이 증

가하면 이들 사이의 간섭효과를 파악하기 힘들고 form parameter값 결정에 어려운 단점이 있다.

3. 경제성 평가를 위한 설계모형

선박의 경제성 평가의 기준은 선박의 종류와 목적에 따라 다르다. 영리를 목적으로 하는 상선에 대해서는 여러 가지가 있으나 Benford(1970), Buxton(1976)은 Fig. 1과 같이 분류하였다.

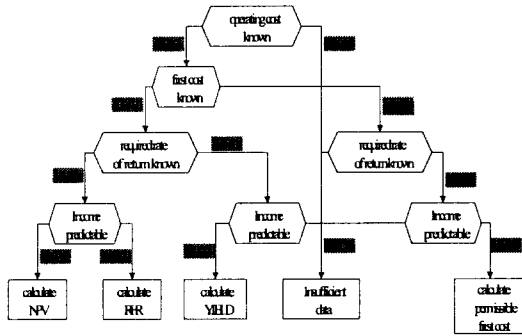


Fig. 1 Classification criterion of Economic evaluation

조선소 입장에서 초기설계단계에 예상되는 수익을 예측하기가 쉽지 않기 때문에 경제성 평가 기준으로 RFR(required freight rate)을 사용한다.

RFR(Benford, 1991; White et al., 1992; Mori, 1993; 1994)은 선박의 건조비와 운항비를 설계에서 상업적 활동기간을 끝내는 전 기간에 걸쳐 동일한 연간 가치로 환산하고, 이것을 연간 운반 화물 량으로 나눈 값으로서 식 (3.1)과 같다.

$$RFR = \frac{CRF \cdot (\text{건조비}) + \text{연간 운항비}}{\text{연간 화물운반량}} \quad (3.1)$$

$$CRF = \frac{i \times (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

i = 현가할인률, n = 선박의 수명주기

RFR의 물리적 개념은 선주의 입장에서 보면 화물톤당 투입 비용이 되고, 조선소 입장에서 보면 톤당 건조비용 개념이 된다.

3.1 건조비

RFR 속에 들어있는 건조비를 구성하는 큰 항목들은 재료비, 노무비, 건조간접비, 일반관리비, 판매비, 이윤 등이며, 건조비 자체는 주요치수와 주요요목 등을 설계변수로 하는 비용함수가 된다.

$$\text{건조비} = f_1(L, B, D, T, C_b, V_s \dots)$$

재료비, 노무비는 환율, 인플레이션 등 국내의 경기 및 사회적 여건에 따라 변동 요인이 복잡할 뿐 아니라, 주어진 설계변수만으로 추정해야 하기 때문에 정량적인 비교에 사용하기는 어렵고 정성적 비교를 위한 기준은 될 수 있다. 선박설계의 초

기 단계에서 경제성의 비교는 설계변수의 변동에 의한 건조비의 변화를 평가하므로 정성적 비교만으로 충분하다.

재료비 및 노무비 산출은 식 (3.2) (3.3)과 같이 표현할 수 있고 재료비 계산을 위한 group 구분은 Fig. 2와 같다.

$$\text{직접 재료비} = \sum_{i=1}^8 (\text{GROUP별 물량})_i \times (\text{원단위})_i \quad (3.2)$$

$$\text{직접 노무비} = \sum (\text{GROUP별 물량}) \times (\text{GROUP별 물량당 소요공수}) \times (\text{GROUP별 공수당 가격}) \quad (3.3)$$

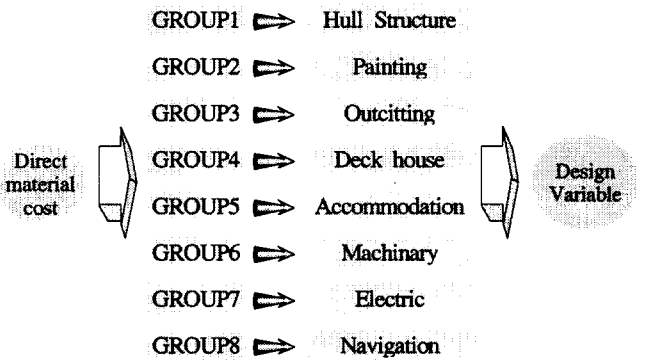


Fig. 2 Group for calculating material cost

3.2 운항비

RFR 속의 운항비를 구성하는 항목들은 Fig. 3과 같이 나타낼 수 있고 운항비도 주요치수와 주요요목의 비용함수가 된다.

$$\text{운항비} = f_2(L, B, D, T, C_b, V_s \dots)$$

선박을 운용할 경우 발생하는 비용 중 선비에 해당하는 선원비, 수리비, 선용품비, 보험료, 경상비는 선박의 운항일수와 무관한 비용이므로 건조비의 일정 percent(%)로 나타내고 연료비와 항만비는 항해일수 및 항차수에 따라 변하므로 설계변수로 나타낸다.

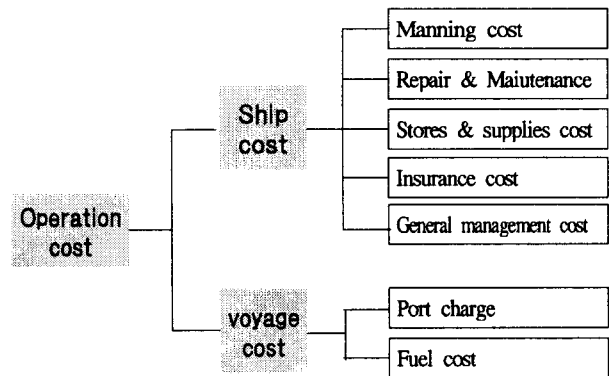


Fig. 3 Construction of operating cost

3.3 연간 화물운반량

연간 화물운반량은 항차수와 화물창 용적 및 load factor에 의해 결정되는데 이 경우에서도 항차수는 배의 속력(V_s)과

선형을 나타내는 C_b 에 관계되고 화물창 용적도 주요치수에 관계되므로 연간 화물운반량도 또한 주요치수 및 주요요목의 비용함수가 된다.

$$\text{연간화물운반량} = f_3(L, B, D, T, C_b, V_s, \dots)$$

3.4 RFR

건조비, 운항비, 그리고 연간화물운반량으로 이루어진 RFR은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{RFR} &= f(f_1, f_2, f_3) \\ \text{RFR} &= f(L, B, D, T, C_b, V_s, \dots) \\ &= \frac{\text{CRF} \cdot (\text{건조비}) + \text{연간 운항비}}{\text{연간 화물운반량}} \end{aligned} \quad (3.4)$$

4. 적용 예

본 연구방법은 다양한 선종에 적용 될 수 있으나 현재 실선의 건조비와 운항비 및 연간 화물운반량에 대체될 수 있는 연간 어획량이 알려져 있는 대형선망어선의 본선을 적용대상으로 하였다.

먼저, 기준선으로 Table 1에 나타낸 주요치수와 기타 제원을 갖는 선박을 택하였다. 이를 체계적 선형 변환법을 사용하여 8개의 선형을 도출하고 이들에 대해 RFR 비교계산을 실행한다. 그리고, parametric study를 사용하여 최소의 RFR을 선정하는 방법으로 그때의 주요치수를 찾아낸다.

다시 정리해 보면 설계변수는 선박의 길이(L), 폭(B), 깊이(D)로 둔다. RFR을 구성하는 각 항목을 실적선의 자료를 바탕으로 통계적 방법을 이용하여 설계변수의 함수로 표현한다. 여기서 적용 예가 어선이기 때문에 상선에서 적용되는 연간화물운반량을 연간어획량으로 대체한다.

(1) 건조비

$$6.475L + 16.003B + 109.663D - 131.431$$

(2) 운항비

$$1.295L + 3.2B + 21.924D - 26.283$$

(3) 연간어획량

$$\frac{27524L + 146505B + 401297D - 2661836}{2.706L + 14.402B + 39.45D - 233.28}$$

(4) RFR

$$\text{RFR} = \frac{\text{CRF} \cdot \text{건조비} + \text{운항비}}{\text{연간 어획량}}$$

RFR 및 각 항목의 계산 결과는 Table 2과 같다.

Table 1 Principal dimension and item about basis ship

Fishery type	purse seiner	C_b	0.685
Boarding Personnel	34persons	C_p	0.715
Gross ton	129t	C_w	0.923
L	32.30m	Displacencnt	350.246t
B	7.30m		
D	3.00m		

Table 2 Result of RFR calculation

L	B	D	Building cost	Operating cost	Fishing	Quantity
32.30	7.30	3.00	530.307	106.061	6450.298	0.0986
31.80	7.30	2.90	516.106	103.221	6117.605	0.1002
32.20	7.30	3.00	529.659	105.932	6437.279	0.0987
31.00	7.00	2.70	483.916	96.783	5186.400	0.1119
29.60	6.60	2.80	479.036	95.807	4652.460	0.1235
34.80	7.50	3.00	549.883	109.977	6861.711	0.0961
33.50	7.50	3.10	552.429	110.486	6877.864	0.0963
34.30	7.20	2.80	519.635	103.927	6252.352	0.0997
32.80	8.80	3.00	558.963	111.793	7299.980	0.0918

이때 최소 RFR을 갖는 배는 Table 2의 9번째 선박으로 주요치수는 L=32.8m, B=8.8m, D=3.0m이다.

5. 결 론

지금까지의 연구내용을 정리하면 다음과 같다.

- (1) RFR을 구성하는 건조비, 운항비, 연간화물운반량은 주요치수 및 주요요목으로 표현되는 설계변수의 비용함수로 표현할 수 있다.
- (2) 초기선형설계방법에 의해 도출된 선형의 주요치수 및 주요요목이 결정되면 설계대안들에 대해서 설계변수로 표현된 RFR을 최소로 하는 선형을 결정할 수 있다.
- (3) 초기설계대안들에 대해 RFR을 기준으로 경제성을 비교해 봄으로써 최적의 선형을 결정하는 것이 가능하다.

참 고 문 헌

- 마순일(1975). "기본설계를 위한 어선의 경제성 간이 판별법에 관한 연구", 부산대학교 공학 박사 논문.
- 이현수(1987). "표준어선형 설계해설", 어선 제33호.
- Benford, H. B.(1970). "Measures of Merit for Ship Design" Marine Technology Oct.
- Benford, H. B.(1991). "A Naval Architecture's Guide to Practical Economics", The University of Michigan College of Engineering, No. 319, October.
- Buxton, I. L.(1976). "Engineering Economics and Ship Design" BSRA.
- Creutz, G.(1977). "Curve and Surface Design from Form Parameters by means of B-spline" (in German), doctoral thesis, University of Berlin.
- Lackenby, H.(1950). "On the Systematic Geometrical Variation of Ship form", Trans. INA, Vol. 92, pp 289~316.
- Mori, M.(1993, 1994). "Hull Form Design Note 1-10", Vol. 46, No. 3, 4, 5, 6, Vol. 47 No. 1 船の科學.
- Taylor, D. W.(1915). "Calculation for Ships' Form and Light Thrown by Model Experiments upon Resistance, Propulation and Rolling od Ship", Trans. Int. Eng. Congress, San Francisco.

Weinblum, G.(1929 and 1930). "Contributions to the Theory of Ship Surface(in German)", Werft-Reederei-hafen, pp 462~466, 489~493, and pp 12~14.

White, J. A, Agee, M. H and Case, K. E.(1992). "Principle of

Engineering Economic Analysis", 3rd edition.

2000년 2월 22일 원고 접수

2000년 4월 26일 수정본 채택