

경제성을 고려한 선박 주요치수의 결정

김 수 영 <부산대학교 교수>

경제성이 높은 선박이란 주어진 설계조건을 만족시키는 선박들에 대한 지출과 수입의 액수를 동일한 기간 또는 시점으로 환산하여 비교한 결과가 좋은 선박이라고 말할 수가 있다. 이렇게 선박 경제성을 평가하기 위해서는 비교의 기준(또는 경제성의 측정방법)과 비교기간의 설정 및 지출과 수입의 예상이 분명해야 한다.

비교의 기준(경제성의 측정방법)으로 일반적인 것은:

1. 현재 가치법: 모든 현금흐름(지출과 수입)을 현재 시점으로 환산하여 그 크기를 비교하는 것
2. 연간가치법: 모든 현금흐름(지출과 수입)을 비교기간동안의 연간균일액으로 환산하여 그 크기를 비교하는 것
3. 미래 가치법: 모든 현금 흐름을 계획기간의 마지막 시점으로 환산하여 그 크기를 비교하는 것
4. 내부 수익률법: 미래가치(또는 현재가치나 연간가치)가 0이 되는 이자율의 결정으로 비교하는 것
5. 외부 수익률법: 회수된 자본(수입)의 재투자 수익률을 최저 필수 수익률로 가정하고 미래가치가 0으로 되는 이자율을 구하여 비교하는 것
6. 수익/투자 비율법: 투자자본의 현재가치에 대한 수익의 현재가치 비율로 비교하는 것

등이 있다.

비교기간의 설정은 일반투자의 경우는 다양한 투자대상의 적절한 비교기간 설정이 쉽지 않으나, 선박의 경우는 동일한 설계제한조건 아래에서 선박의 상

업적 활동기간이 다르지 않으므로 문제되지 않는다. 이에 반해 지출과 수입의 예측은 쉽지 않다. 지출의 경우는 각 조선표별로 정리된 과거의 건조비용내역이 참고가 되고, 운항비의 예상도 어느 정도 가능하다. 화물수송에 의한 수입의 경우는 예측이 몹시 어렵다.

선박 설계시 경제성이 높은 선박의 주요치수를 결정하기 위해서는 경제성 비교기준을 이용한 최적설계 방법이 많이 이용되어 왔다. 경제성 비교기준으로는 앞서 열거한 일반적인 것들 중에서 일정한 이율(또는 할인율 또는 최저 필수 수익률)아래 미래의 현금 흐름을 현재시점으로 환산시킨 현재가치법이나, 연간평균이익 으로 표현되는 자본회수율 그리고 수송화물 1ton당 수송비로 표현되는 Required Freight Rate(RFR)가 주로 사용되는데, 경제성 평가나 이를 이용한 주요치수 결정 등에는 이들 중에서도 RFR이 특히 많이 사용된다.

RFR은 선박의 건조비와 운항비를 설계에서 상업적 활동기간을 끝내는 전기간에 걸쳐 동일한 연간가치로 환산하고, 이것을 운반화물량으로 나눈 값으로서 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$RFR = \frac{(\text{연간가치로 환산한 건조비}) + (\text{연간가치로 환산한 운항비})}{(\text{연간화물 운반량})}$$

여기서 RFR이 경제성 기준에 의한 최적설계의 목적함수로 사용되는 것은 현금흐름의 지출을 의미하는 건조비와 운항비를 분자항에서 반영하고, 수입을 의미하는 화물운송량을 분모항에서 반영하고 있기 때문이다.

RFR속에 들어있는 건조비를 구성하는 큰 항목들은 자재비, 노무비, 건조간접비, 일반관리비, 판매비, 이윤 등이며, 건조비 자체는 주요치수와 요목 등을 설계변수로 하는 비용함수로 볼 수 있게 된다.

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

RFR속의 운항비를 구성하는 큰 항목들은 자본비, 운용비, 연료비, 화물비 등으로써, 운항비도 주요치수와 요목의 비용함수로 볼 수 있게 된다.

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

연간 화물운반량은 항차수와 화물창 용적 및 Load factor에 의해 결정되는데 이 경우에서도 항차수는 배의 속력과 선형을 나타내는 C_b 에 관계되고 화물창 용적도 주요치수에 관계되므로 연간 화물 운반량도 또한 주요치수 및 요목의 비용함수로 볼 수 있게 된다.

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

따라서 건조비, 운항비, 그리고 연간 화물 운반량으로 이뤄진 RFR

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

로 된다.

그러므로 주요치수와 선속 등을 독립변수(또는 설계변수)로 둘때, RFR은 목적함수가 되며 최소의 RFR을 갖게 할 때의 L, B, D, T, C_b, V_s 등을 찾는 문제가 경제성을 고려한 주요치수 결정문제로 된다.

이와 같은 최적화 문제에서는 각각의 설계변수들을 체계적으로 변화시켜 보면서 최소의 RFR값을 나타내는 설계변수 값들을 찾는 Parametric Study나 Optimization Technique을 사용하게 되며, 설계변수들에 대해서는 환경적 조건과 기술적 조건으로 대별할 수 있는 등식 및 부등식 제한조건을 부과하게 된다.

이 두 조건의 내역을 정리해 보면

$$\text{환경적 조건} \begin{cases} \leq L \leq : \text{항구의 하역설비, 선대길이 등} \\ \leq B \leq : \text{항로조건(운하, 해협 등) 선대조건} \\ \leq D \leq : \text{항구의 하역설비} \\ \leq T \leq : \text{항구와 항로의 수심} \end{cases}$$

$$\text{기술적 조건 (조선공학적인 조건)} \begin{cases} \leq L/B \leq : \\ \leq L/D \leq : \text{조건 공학적으로} \\ \leq B/T \leq : \text{적절한 값의 범위} \\ \leq F_n \leq : \end{cases}$$

각종 해당 선급 및 제반 국제, 국내 법규에 의한 조건 등으로 된다.

Parametric study의 경우는 설계변수들을 체계적으로 변화시켜 본다는 그 과정이 단순하다는 장점이 있는 반면에, 설계변수의 수가 증가함에 따라 결과에 대한 시각적 도시가 불가능해지고 수행해야 하는 계산량이 기하급수적으로 증가한다는 단점이 있다. 따라서 대부분의 경우는 Optimization기법을 이용하여 RFR의 최소화를 찾게 된다. 그러나 주요치수를 포함하는 이들 설계변수들에 부과된 환경적, 기술적 제한조건 아래 RFR을 최소화 하였을 경우라도 건조비와 운항비의 상대적 중요성을 쉽게 판단할 수 없는 경우가 있게 된다.

일반적인 경우, 항로가 길고 선속이 빠른 조건에서는 운항비가 RFR의 지배인자가 될 것이며, 선속이 느리고 항로가 짧으며 항구에서의 접안시간이 길면 건조비가 RFR의 지배인자로 될 것이다. 그러나 새롭게 주어지는 설계조건 아래에서는 이들 두 비용의 상대적 중요도가 항상 분명하지는 않으므로 건조비와 운항비를 각각의 목적함수로 취급하여 이를 다목적 함수 최적화 기법으로 처리하면 이들 요소에 대한 중요도를 파악하는 것이 가능하게 된다.

주요치수와 C_b 및 선속을 설계변수로 두고 다목적 함수 최적화를 풀어서 Pareto optimum set을 얻은 후, Pareto optimum set 각각의 optimum point에 대응하는 RFR을 얻을 수 있다. 예를 들어, 설계조건에서 항로가 길고 선속이 빠른 설계대상선의 경우는 pareto optimum set이 Fig. 1과 같이 얻어질 수가 있고, 이것에 대응하는 RFR곡선은 Fig 2.에서와 같이 얻어질 수 있다.

Fig. 2에서 본다면 RFR이 최소로 되는 점은 운항비가 최소로 되는 점과 일치하고 있다. 따라서 이 경우에는 건조비보다 운항비가 더 중요한 Factor임을 알 수 있고, 운항비 계산을 보다 정확히 해 줄 필요가 있다. 설계조건 변화에 따라 반대의 경우가 나타날때는 운항비를 계산할 필요없이 건조비만을 계산하여 이것을 최소로 하는 주요치수를 얻어도 경제성을 고려한 최적 주요치수가 될 것이다.

참고 문헌

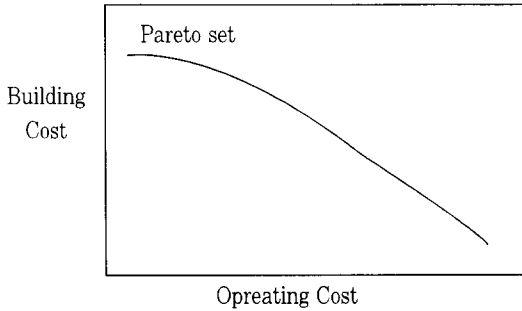


Fig. 1 설계 대상선의 Pareto optimum set

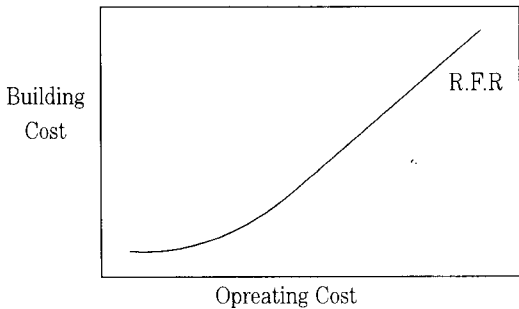


Fig. 2 설계 대상선의 RFR

- [1] G.J. Thuesen., W.J. Fabrycky., "Engineering Economy".
- [2] 김기성, 엄항섭, "다목적함수 최적설계기법", Vol.30, No. 2, June 1993, 대한조선학회지
- [3] 김기화, "Genetic Algorithm에 의한 다목적함수 최적구조설계", 1994년 2월, 서울대학교 박사학위논문
- [4] Arakawa M. Yamakawa H., "A Study on Multicriteria Optimum Design using Qualitative Reasoning", 1991. Artificial Intelligence in Design.
- [5] Balachandran M., Gero J.S., "A Comparison of Three Methods for Generating the Pareto Optimal Set", Vol. 7, 1984, Engineering Optimization.
- [6] Cohon J.L., "Multiobjective Programming and Planing", 1978, Academic Press.
- [7] Diaz A., "Interactive Solution to Multiobjective Optimization Problems", Vol. 24, 1987, International Journal for Numerical Methods in Engineering

■ 단체회원 가입을 축하합니다 ■