

초대형 컨테이너선의 거주구역 재배치에 대한 경제성 평가

임남균* · 최경순**

* 목포해양대학교 해상운송시스템학부

** 삼성중공업(주) 거제조선소

Economic evaluation for the re-arrangement of accommodation house in ultra large container ship

Nam-kyun Im* · Kyong-Soon Choi**

* Division of Maritime Transportation System, Mokpo National Maritime University, Mokpo 503-729, Korea

** Samsung Heavy Industries Co.,Ltd. Geje Shipyard, Geoje 656-710, Korea

요 약 : 최근 들어 초대형 선박에 대한 논의가 활발해진 가운데 선사들은 선박 대형화에 의한 규모의 경제 효과를 꾸준히 추구하고 있다. 기술과 경제성이 보장되는 한 당분간 이러한 선박 대형화의 추세는 지속될 전망이다. 선박대형화에 따라 거주공간의 위치변화에 대한 필요성이 조심스럽게 제기되고 있다. 본 논문은 초대형 컨테이너선의 거주 공간 재배치에 따른 경제성 평가 분석에 관한 내용을 다루었다. 선박의 초기 설계 단계에서, 도면 생성의 보완과 검증을 통하여 거주구역과 엔진실의 공간을 분리하는 제안을 하였다. 그에 관한 장단점을 분석하고, 실현 가능성 여부를 경제성 평가 분석을 통해 검토하였다. 경제성 평가 방법을 위한 목적함수는 요구운임지수를 사용하였다. TEU 증가에 의한 경제성을 전망하고, 이러한 공간 재배치에 따른 조선소와 선주의 경제성 평가를 분석하여, 선적 개수의 증가에 따른 경제성 전망을 제시하였다.

핵심용어 : 요구운임지수, 20피트, 초대형 컨테이너선, 거주구 중앙 배치, 운항비

Abstract : Recently the building of ultra large container ship are discussed among ship building companies and ship operating company who have a tendency to pursue the advantage of large scale of economy. These tendency will be continued for the time being, if ship-building skill and economical efficiency are available. As the enlargement of container ship size becomes hot issues in ship-building markets, the needs for re-arrangement of accommodation house in large container ship are proposed carefully in some researches. This study examined economical efficiency of re-arrangement of accommodation house in ultra large container ship. The separation between accommodation and engine room is proposed through out drawing works in initial design stage and we examined the merits and demerits of the separation in the view of economical efficiency. The RFR(Required Freight Rate) is considered as the objective function to evaluate the re-designed vessel. The economical benefits are analyzed in the view of ship operator and shipyard respectively.

Key words : RFR(Required Freight Rate), TEU(Twenty-foot Equivalent Units), ULCS(Ultra Large Container Ship), Midship Accommodation Arrange, Operation Cost

1. 서 론

컨테이너 화물 운송의 안전성, 신속성, 경제성의 이점으로 컨테이너 물동량은 1985년부터 현재까지 연 평균 9.2%로 급격하게 증가되어 왔으며(김, 2004), 이러한 컨테이너 화물 물동량의 증가는 컨테이너 선박의 대형화를 촉진시키는 중요한 요인으로 작용하고 있다.

1990년대에 들어서 대형 선박에 대한 논의가 활발해진 가운데 최근 15,000 TEU(Twenty-foot Equivalent Units)에 달하는 메가 선박(Mega ship)에 대한 개념이 소개되었다(남 등, 2002). 과거 선박 대형화에 있어서 가장 큰 제약 요인이었던 엔진 추진력 문제가 해결되었고, 선사들은 선박 대형화로 인한 규모의 경제 효과를 꾸준히 추구하기 때문에 이러한 선박

대형화는 기술과 경제성이 보장되는 한 지속될 전망이다.

초대형 선박에 관한 연구는 선박 설계, 항만 설계(컨테이너 하역 시스템), 선박 운영, 물류 관리 등 다양한 관점에서 수행되어 왔으며, 이들 중 선박 설계 부문의 연구는 10,000TEU 이상의 대형 선박을 운항 할 수 있는 엔진 추진력과 선체 구조를 주 대상으로 하고 있다.

초대형 컨테이너 선박이 기술적으로 가능하고 기존 포스트 파나막스 선박에 비하여 경제성이 높은지 여부를 평가하기 위해서는 이러한 단편적인 연구에서 벗어나 선박 설계, 하역시스템, 선박 운영 등 전 부문을 망라하는 포괄적인 연구가 이루어져야 할 것이지만, 본 연구에서는 초대형 컨테이너선의 거주 공간 재배치에 대한 경제성 분석 및 평가를 제시하는 것을 목적으로 하며, 최근 해양 오염 방지를 위한 설계 요구와

* 대표저자 : 임남균(정회원), namkyun.im@mmu.ac.kr 011-9802-0582

** 정회원, kyongsoon.choi@samsung.com 055)630-6899

ULCS(Ultra-Large Container Ships)의 구조 변경 및 설계 환경의 변화의 가능성이 예상되면서 거주 공간 재배치에 대한 건조 가능성(Andrea, 2003)과 일반적 배치와의 성능면 및 장단점을 비교하고자 한다.

본 연구의 개발 목표의 범위는 차세대 초대형 컨테이너선을 위한 초기 설계 도면을 개발하기 위해 2가지 분야로 나누어 추진되었다.

첫째, 컨테이너선의 거주구역 공간 재배치로 인한 컨테이너 선적 개수 증가 여부 및 종강도 검증에 대한 도면을 산출하여 이 분야의 연구가 계속되어 진행될 경우 선박 성능의 신뢰성 확보에 큰 기여를 할 것으로 기대된다.

둘째, 초대형 컨테이너선의 경제성 평가 방법을 위해 목적 함수는 요구운임지수(RFR, Required Freight Rate)를 사용하여 TEU 증가에 의한 요소별 방식의 경제성을 전망하고 조선소 및 선주의 효과에 관해 구현하는 것이다.

2. 초대형컨테이너선 설계 환경의 변화

2.1 해양 오염 방지를 위한 설계 요구

1999년 12월 12일 프랑스 연안에서 침몰했던 "Erika"호 사고 및 2002년 11월 19일 스페인 연안에서 항해 중이던 단일선체구조 유조선 "Prestige"호가 77,000톤의 기름을 적재한 상태에서 선체가 두 동강이 나면서 침몰하여 약 10,000톤의 기름이 유출되어 대형 오염사고가 발생하여 미국 및 유럽 등은 단일선체 유조선들의 안전 규제를 강화하였다(김, 2004).

이들 유조선 사고 이후 선박 충돌의 빈도와 구조적인 종강도 평가로 인한 단일선체 유조선 퇴출이 더욱 가속화되었으며, 이를 위해 2003년 12월 4일에 해양오염방지협약(MARPOL 73/78) 부속서 I 13G가 개정 되었으며, 해상오염에 대한 선주사의 관심이 집중되고 있어 대형 엔진을 장착하고 큰 용량의 H.F.O Tank를 다수 가지는 ULCS에서 Oil Pollution 방지를 위한 설계 요구는 자연스럽게 강해지리라 예상된다.

2.2 ULCS의 구조 변경 및 설계 환경의 변화

정기 컨테이너 선사들은 대형 컨테이너선으로 인한 규모의 경제(economies of scale) 효과를 추구하여 왔으며, 그에 따라 1980년대에는 3,000TEU급 선박이 보편적이었으나, 1996년에 들어서 Maersk Line은 6,000TEU급 선박을 최초로 취항시켰으며, 2000년 들어서 7,000TEU급 선박이 등장하였다. 또한 조선관련 기술의 발달로 8,000TEU급 선박이 건조되어지고 있으며, 심지어는 15,000TEU급 선박의 건조가 가능하다는 주장과 함께 향후 컨테이너선의 대형화는 지속될 전망이다. ULCS 설계의 연구는 향후 보다 활발하게 진행되어 컨테이너 해운시장의 확장과 함께 발전되어질 것으로 예상된다.

이에 일부 선급의 검토, 선주사 및 컨설팅사의 조사된 내용을 바탕으로 대형컨테이너선의 거주구역 배치 설계에 대한 개

념을 정립하고 그 건조 가능성과 일반적 배치와 비교한 기능성에 대한 장단점을 비교하였다.

2.3 기존 선박처럼 거주구역이 선미부 배치 시 초대형 컨테이너선의 문제점

초대형 컨테이너선에 기존의 거주구역 배치를 적용할 경우 다음과 같은 특징을 예상할 수 있을 것이다.

- 초대형 컨테이너선으로 진보할수록 GM의 증가 및 과도한 Roll 발생으로 인해 운항 중 Greenwater로 인한 화물 손상 발생
- Torsional Moment 증가로 인한 선체 강도 문제 야기
- Bending Moment 증가로 인한 운항 중 화물 선적 영향 지배
- 진동 및 소음의 증가로 인한 추가적인 세심한 설계 및 경비 소요
- 시정 감소로 인한 갑판상 컨테이너 선적개수 감소 및 해난 사고(충돌) 가능성 존재
- 선박의 비대화로 인해 공선 항해시 흘수가 낮아 Seakeeping(내항성) 및 Seaworthiness(감항성) 불리
- 경하상태의 bending moment가 상대적으로 큼
- Bending moment 및 트림 조정을 위해 항해 시 잦은 밸러스트 변경 작업으로 위험한 환경 조건 제시
- 항상 충돌 및 좌초에 의한 기름 오염 등 환경오염 우려
- 선실 구조와 일치하는 Internal wall 배치 필요
- 시운전 시에 과대 트림 발생

3. 거주구역 배치 변경 시 고려 항목

위에서 설명한 설계 환경 변화에 따라, ULCS의 거주구역 배치가 기존의 선미부에서 선수쪽으로 이동하는 검토 연구가 조금씩 거론되고 있다. 이런 움직임의 하나로 거주구역을 선박의 중심부분으로 이동하는 방안을 생각할 수 있다.

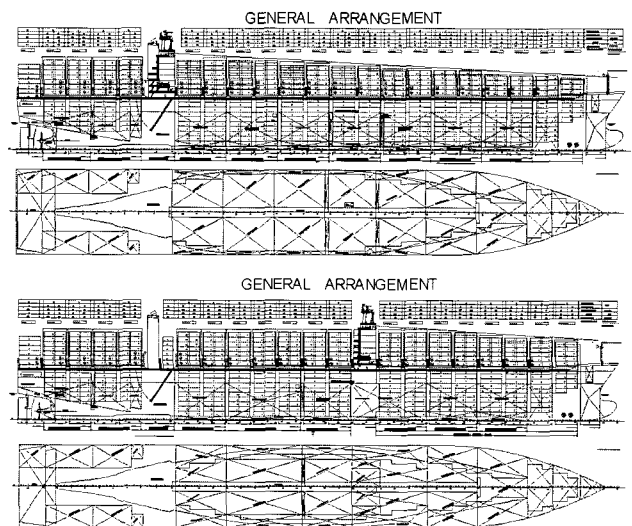


Fig. 1 Shifting of accommodation area

통상적인 선박의 거주구역은 선미부에 있었으나, 이런 거주 구역을 초대형 컨테이너선에서 선박의 중심부 부근으로 이동시킬 때, 부수적으로 발생하는 설계측면과 운용의 측면에서 많은 변화가 예상된다. 이런 점에 유의하여 실제 거주구역 배치를 변경하여 설계한 후 각각에 대한 장단점을 검토하여 보았다. Fig. 1과 같이 기존의 거주구역 배치를 선수부 쪽으로 이동한 상황을 설정하여 분석하였다. 설정 선박의 크기는 9600TEU이며, 거주구역의 배치는 선수부 방향으로 약 98m 이동한 예를 나타내고 있다. 컨테이너로 7TEU 정도의 거리이다.

3.1 거주 구역 중앙 배치 시 장점

ULCS에서 거주구역을 선수부 방향으로 이동하였을 경우 다음과 같은 장점들을 예상할 수 있다.

- Container capacity 증가 (7Tier : 약 278 TEU, Castle stow : 약 336TEU)
- Torsional Moment 감소로 인한 운항 중 최대 선적 가능
 - 미드십에 위치한 거주구역의 뒤틀림 응답은 30% 감소
- 적화 상태의 유리
 - Bending moment의 감소
 - 북태평양 항로의 동향(극동아시아 → 북미)인 경우 계절 별빈 컨테이너 적재 항해 가능; 공선행해 대비하여 충분한 ballast량으로 운항 가능
 - 최소의 밸러스트 탱크 사용으로 Bending Moment 및 홀수 조정
- Light-ship일때 Still Water Bending Moment가 상대적으로 적음
- 1Hold 감소로 적양하 운영 시간 단축
- 엔진룸과 거주구역의 분리로 진동 및 소음 방지에 효과
 - 8,100TEU인 경우 Radar mast 구역(최대: 5mm/s : 10Hz, M/E 4th 배수응답)
- 시운전에 유리한 운항 조건 확보 가능(과대 트림 조종 가능); 낮은 선수 홀수에서 발생하는 선수 Slamming에 의한 선속 감소 방지 가능
- 완전한 H.F.O. tank 2중저 구조로 유류오염의 근거 차단
- 진수 시 주수량 감소 ; 초기 트림이 normal arrange에 비해 적음
- Funnel 및 E/Casing이 거주구와 분리되므로 거주구 Pre-Erection 블럭 용이 ; 거주구 형상이 Funnel 및 E/Casing과 분리되어 거주구 설계시 물량 감소
- T/D 조건 용이 (Dock에서 거주구 탑재 후 T/D 가능)
 - Normal 선형의 경우 M/E 및 거주구가 같은 위치에 있어 T/D시 심한 Trim으로 인해 동시 탑재 불가하나, E/R과 거주구가 분리될 경우 통상 T/D길이 230m내에 위치하므로 동시 탑재 후 T/D가 가능하며 주수량 또한 줄일 수 있음.
- 입출항시 Even keel 유지하기 위한 별도의 밸러스트 적재 작업 최소화

3.2 거주구역 중앙 배치 시 단점

ULCS에서 거주구역을 선수부 방향으로 이동하였을 경우

다음과 같은 단점들을 예상할 수 있다.

- H.F.O. tank 및 hold 배치로 인해 선창 컨테이너 용량 감소 (312 TEU)
- E/R과 거주구가 분리되어 선원의 행동반경이 크나, E/R 비상상태 시 대처시간에 대해서는 기기별 Critical Alarm 범위 설정을 조정하여 복구 대처시간 확보.(단, 황천항해서 E/R 접근에 대해서는 Passage way 통해 이동하므로 안전 확보됨.)
- 배선 및 파이프 물량 증가(블럭간 길이 90m 증가)

4. 경제성 평가

경제성 평가는 선박건조자의 입장과 운항자의 입장 모두 고려할 수 있다. 해운회사 입장이 아닌 조선소 입장에서 최적화 시킨다면 건조가격을 목적함수로 설정할 수 있다. 또한 해운회사의 관점에서 유추하는 형태를 기준하여, 요구운임지수를 목적함수로 사용하여 각각에 대한 경제성 평가를 수행하였다.

4.1 조선소 관점의 경제성 평가

기존의 선박처럼 거주구역이 선미부에 있는 경우에서 거주구역을 중앙부로 이동하였을 때, 조선소 관점에서 수행한 경제성 평가는 아래 Table 1-3과 같다. 적재용량 및 재료면에서 살펴본 Table 1의 경우와 같이, 거주구역 이동에 따른 파이프 등의 물량은 다소 증가하나, 전체적인 적재용량의 증가로 199만\$의 비용효과를 나타내고 있다. 반면 생산성면은 거주구역 이동에 따라, 초기 설계시 시수가 증가하여, 오히려 -2.4만\$의 감소효과를 Table 2에서 확인할 수 있다. 하지만, Table 3과 같이, 생산성이 증가하는 다른 항목으로 인하여, 총 효과금액은 최종적으로 약 202만\$로 나타났다.

Table 1 Effectiveness of Raw Material Reduction & Expected Loading Quantity

번호	개선항목	Normal arrange	Midship arrange	개선효과	효과금액
1	Hold 개수	9	8	강제 효과전무	-
2	BHD 개수	9	8		
3	밸러스트 탱크 개수	26	30		
4	H.F.O.T 개수	14	8		
5	DWT 감소 10TEU 선적		10TEU 추가선적	14 T Homo	10TEU 추가선적 (1만\$ 선가인상)
6	Stability(Min. GoM) (T&S 계산)	0.79m 이상	0.70m 이상	14T Homo 7 TEU 증가	-
7	파이프 & 케이블 물량	100%	108%	8% 증가	62만\$
8	컨테이너 선적	9,210TEU	9,470TEU	260TEU 적재 증가	260만\$ 선가인상
9	비용 효과	199만\$ 절감			

Table 2 Effectiveness of Productivity Decrease

번호	개선향목	개선전	개선후	개선감소	효과금액
1	설계시수	1회/1척	2회/1척	초기설계 double check	설계시수증가
2	비용효과	ULCS 7척 x 5P x 9MH x 1.5D x 50\$ = -2.4만\$			

Table 3 Effectiveness of Productivity Increase

번호	항 목	개선전	개선 후	개선효과	효과금액
1	Hold 개수	9	8(-1)	가공,조립,건조,의장 일정 단축	
2	BHD 개수	9	8(-1)		
3	Ballast 탱크개수	26	30(+4)		
4	H.F.O.T 개수	14	8(-6)		
5	배선 물량(m)	190000	205000	일정 증가	5일x45MHx20\$
6	INERGEN 개수	450	420	-30Bottle	0.5만\$
7	거주구 진동		추가보강 감소	기진력 감소 예상	5만\$
8	비용 효과	0.45만\$+0.5만\$+5만\$=6만\$			
총 효과 금액		199만\$-2.4만\$+6만\$=202만\$			

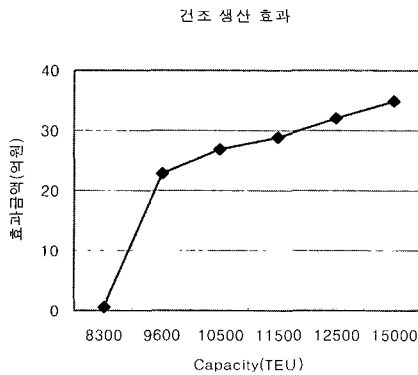


Fig. 2 Productivity of Ship Yard

상기 Table 1, 2, 3의 종합적 산출 기준으로 선박 크기별로 조사한 결과 Fig. 2와 같이 9,600TEU급에서의 조선소 경제성 평가는 23억원에 미치며, 15,000TEU급에서는 척당 35억원의 경제성평가 효과분석을 얻을 수 있다.

4.2 선주 관점의 경제성 평가

1) 목적함수의 설정

최적설계를 위한 모델 작성에 앞서 목적함수를 먼저 설정하여야 한다. 무엇을 최적으로 할 것인가를 결정하는 것이다. 일반적으로 선박설계에 있어서 목적함수는 식 (1)과 같이 요구운임시수(RFR, Required Freight Rate)를 주로 사용하며, 결국 선박을 운영할 해운회사 입장에서는 가장 운임 단가를 낮출 수 있는 선박을 구하고자 하는 것이다(고 등, 2002; 권 등, 2003).

$$RFR = \frac{(P \times CR + Y)}{C} + f \quad (1)$$

P : 선가

CR : 자본회수계수

Y : 운항비용

C : 연간 화물량

f : 화물취급비용

2) 운항 시 비용 발생항목 결정

Table 4는 선박운항시 운항 비용 항목으로서, 컨테이너 운송을 위한 제반비용은 운항비의 경우 화물변동비, 운항변동비, 운항고정비, 기타 고정비 등으로 구성된다.

선박이 대형화될수록 공급원가가 절감되는 비용의 범위는 항비, 연료비, 자본비 및 선원비에서 감소 효과가 크게 발생하는 것으로 파악 되었다.

Table 4 Operational Cost Items for Ship Operation

구 분	비용항목	비고
화물 변동비	하역비, 운반비, 장비 회송비, 대리점비	운송 화물량에 의해 변동
운항 변동비	연료비, 항비	운항구간 및 운항선박에 의해 변동
운항 고정비	자본비, 선원비, 수리비, 운항유비, 보험료, 선용품비 등	운항선박에 의해 변동
기타 고정비	일반관리비, 영업의 비용	

자료 : 초대형선 출현시대의 한진해운의 전략, 김종태, 2003

3) 운용 모델

Fig. 3(a), 3(b)와 같이 총 운송비용/TEU를 산출하기 위해 하위 모델을 이용하여 산정하였다.

- 1일 고정비용/TEU : Daily Capital Costs, Daily Operating Costs
- 비용/TEU-Mile : Fuel Costs(Daily Fuel Cost per TEU), Transport Capacity Costs(Daily - Voyage Distance)
- 총 운송비용/TEU : Cost of time in port TEU(1일 고정 비용/TEU, 항구D.O.C 포함), Cost of time at sea port TEU(비용/TEU-Mile 포함)

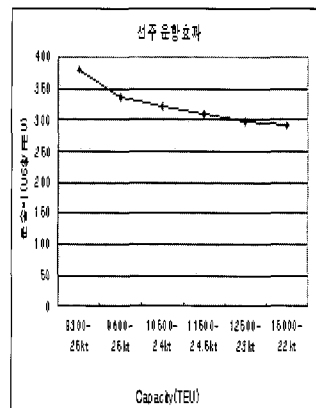


Fig. 3 (a)Economic Evaluation (Single Engine)

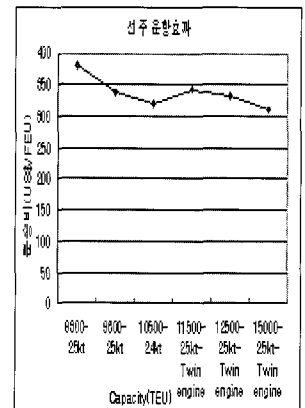


Fig. 3 (b)Economic Evaluation (Twin Engine)

4) 분석 결과

다양한 선박을 운항할 경우에 운항시 경제성 평가의 결과는 참고문헌(David et al., 2001)을 통하여 Fig. 3(a), 3(b)와 같이 엔진 Type으로 구분하여 40FEU(Forty-foot Equivalent Units) 컨테이너 한 개당 운송비용의 분석 결과를 알려 주고 있다. 또한 운송비용은 참고문헌(Cullinane et al., 1999)의 서브모델을 인용하였다. 이상과 같은 방법론으로 대형화가 될수록 Single 엔진이 경제성 평가의 이점을 얻을 수 있는 반면, 11,500TEU급의 Twin 엔진인 경우에 연료운항비의 증가로 인해 Single엔진 보다 선주 운항 비용이 증가한 결과를 보이고 있다.

4.3 TEU 증가에 따른 요소별 방식의 경제성 평가

경제성 평가 방법에 있어서, 경제성 효과에 영향을 미치는 가장 중요한 요소는 초기선가, 연료비 및 컨테이너선의 수송 선적 용량이다.

초대형 컨테이너선의 전제 조건인 새로운 선박 추진 방식에 따른 경제성 평가를 검증하기 위하여 거주구역을 기존 선박처럼 선미부에 위치한 방식(이하:Normal Accommodation)의 Single 엔진과 Twin 엔진, 거주구역을 선체 중앙부로 옮긴 방식(이하:Midship Accommodation)의 Single 엔진과 Twin 엔진 간의 구체적인 경제성 평가 방법에 대한 제시를 하고자 한다. 앞으로의 관심사는 각각의 형태가 전체 시장에서 차지하는 비율과 어떤 환경 하에서 얼마나 많은 형태가 경쟁하는 지가 될 것이다. 그러므로 향후 주요한 논쟁은 Fig. 4와 같이 포스트 파나마크스(End-to-end 서비스, Pendulum 형태), 12,500TEU급 그리고 메가 선박(Hub-Spoke 운영, 주요 항만 네트워크 형태) 형태의 경쟁력과 효율성이 될 것이다. 이에 따른 선형설계 및 거주구역 위치에 따른 운항 안정성의 검증은 거쳐야 될 것이다.

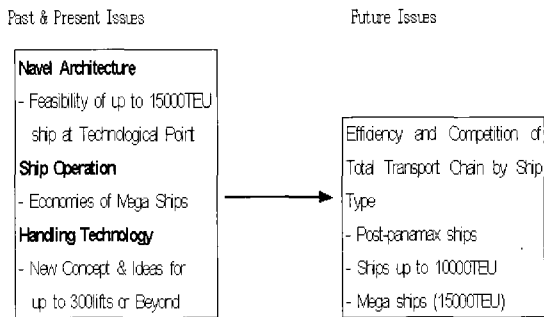


Fig. 4 Past, Present and Future issues on mega vessel

1) 초기 선가

초대형 컨테이너선에 대하여, 다음과 같이 공간 배치 및 추진방식의 경우에 대한 초기 선가를 4가지로 나누어 Table 5와 같이 비교하였다. 추진방식에 관해서는 참고문헌(Drewry, 2001)을 통하여 자본비용(capital cost)을 비교하는 근거로 적용하였다.

Table 5 Distribution Ratio for ship's Price

공간 배치	추진 방식	
	Single Engine	Twin Engine
Normal accommodation	100	109
Midship accommodation	100.4	109.4

초기선가를 구성하기 위해 각각에 대한 구체적인 재료비는 Fig. 5와 같다(강 등, 2001).

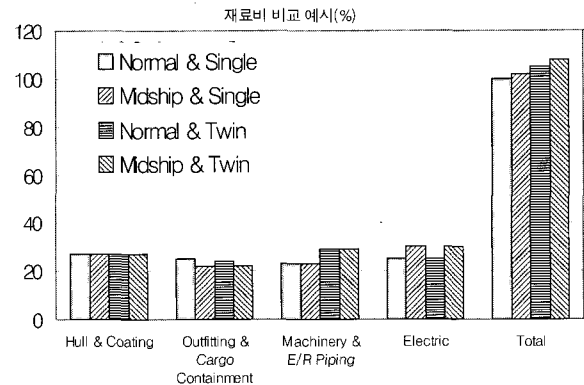


Fig. 5 Comparison of material cost

2) 운항 변동비 및 고정비

선박에서 운항비라 함은 Table 4와 같이 화물 변동비, 운항 변동비, 운항 고정비, 기타 고정비 등으로 구성되며, 여기서 기술하고자 하는 사항은 운항 변동비내의 연료비와 운항 고정비내의 선원비, 수리비, 유회류비, 보험료, 선용품비 등을 다루고자 한다.

선박에서 운항비에 따른 경제성 평가는 주로 연료비가 중요한 요소 중의 하나이다. 유지비를 포함한 운항 고정비내의 선원비, 수리비, 유회류비, 보험료, 선용품비를 평가하기 위하여 Midship Accommodation 방식에서의 Single 엔진을 기준하여 20년간 운항조건으로 운항거리, 연료의 종류 및 유지비 등의 요소들을 고려하였다. Table 6의 운항 변동비 및 고정비의 근거로 사용한 지표는 롱비치항을 기준점으로 하는 10,000TEU급 초 대형선이 동북아시아의 어느 한 개의 항으로 지선 운송된다고 가정하는 것이다(남 등, 2003).

Table 6 Comparison of total cost in Hub port

(단위 : US\$)

구분	허브비용	대형항만 피더비용	기타항만 피더비용	총비용
Hub - 부산항	1,709,980	594,509	301,721	2,806,210

자료 : 선박 대형화 및 기항지 축소에 따른 경제성 분석, (남 등, 2003)

Table 7은 식(2)를 이용하여 추진방식에 따른 연료소모량의 결과를 비교하였다.(et al., 1999)

초대형 컨테이너선의 거주구역 재배치에 대한 경제성 평가

$$FOC = \frac{Installed\ BHP \times SFOC \times Utilization(80\%) \times 24}{1,000,000} \quad (2)$$

$$Installed\ (BHP) = 2.6308 + 0.967\ Installed\ (NTEU)$$

FOC = Fuel Oil Consumption

BHP = Break Horse Power

SFOC = Specific FOC

NTEU = Nominal TEU

3) 수송 선적 용량의 환산 비용

거주구역을 중앙부에 이동시킨 새로운 공간 배치를 통한 이점의 하나로 초대형 컨테이너선의 수송 선적 용량을 들 수 있다. 거주구의 중앙부 이동은 초대형 컨테이너선의 수송 용량을 증가시키므로 경제성 효과를 증대시킬 수 있는 중요한 요인이 된다.

증가된 선적량을 산정하기 위하여, 화물이 충분히 확보된 상태(즉, 93%이상의 선복 이용률)라고 가정하고, 수송 선적 용량은 단순히 공간 재배치만이 아니라 경화중량, 선적 시의 구조적 특성, 항해거리를 고려한 연료 용량 즉, 재화중량 차이 등에 의해 결정된다고 산정하였다. 그 결과 Table 8에서 보는 바와 같이 초대형 컨테이너선의 거주 공간 재배치로 인하여, 화물의 수송 선적 용량은 증대함을 알 수 있다.

Table 7 Fuel Efficiency between Accommodation arrange and Propulsion Type

공간 배치	추진 방식	
	Single Engine	Twin Engine
Normal accommodation	102	112
Midship accommodation	100	110

Table 8 Container loading capacity

공간 배치	추진 방식	
	Single Engine	Twin Engine
Normal accommodation	97.25(9,209TEU)	96.75(9,162TEU) -E/R후방 선적감소
Midship accommodation	100(9,470TEU)	99.5(9,422TEU) -E/R후방 선적감소

4) 경제성 평가 지표

상기의 초대형 컨테이너선의 공간 재배치 및 추진방식에 따라 경제성 평가를 내릴 수 있다. 최적 설계를 위한 모델 작성에 앞서 목적함수를 먼저 설정하여야 한다. 즉, 무엇을 최적으로 할 것인가를 결정하는 것이다. 일반적으로 선박설계에 목적함수는 요구운임지수(RFR, Required Freight Rate)를 주로 사용하여 해운회사 입장에서 초기투자 비용인 선가와 운항비용 자료를 인용하여 결과를 유출하였다.

식(3)은 선박의 운항 가능한 선령을 감안하여 20년으로 선정하였고 93%의 선복이용 적재율(load factor)과 현재의 태평양 항로에서의 TEU당 운송비용으로 계산하였다. 선가는 2002

년에 수주된 선가로 가정하였고 Hub & Feeder의 중심 및 지선 운항 체제 연료비 및 운항비는 Ping cost(항비 및 하역비 포함)를 고려하여(남 등, 2003; Cullinane et al., 1999) 경제성 평가 지표를 산정하였다.

$$\text{경제성평가지표} = (Q \times T \times rate\ 1 \times M) - (P \times rate\ 2) - (H_j + F_j) \times rate\ 3 \times M \quad (3)$$

Q : 선적용량

T : TEU 운송비용

M : 수명기간 (월)

P : 선가

H_j : Hub 운항비

F_j : Feeder 운항비

rate 1 : Loading Quantity Rate

rate 2 : Ship Price Rate

rate 3 : Fuel Efficiency Rate

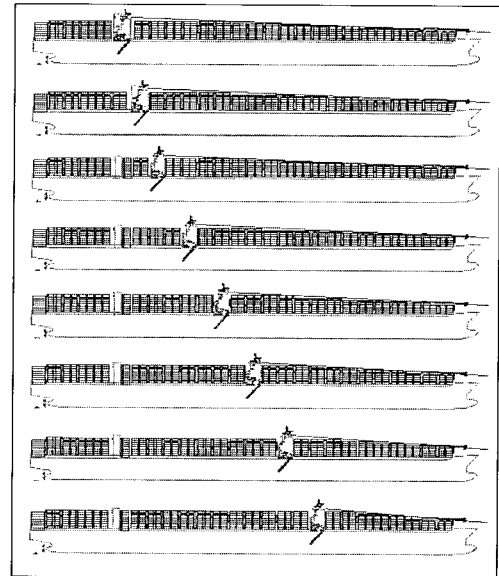


Fig. 6 Variation of deck house arrangement

Table 9 Result of Economic Evaluation by Various Type

구분	N.S	M.S	N.T	M.T
선적용량 (93% 선복)(TEU)	8,564	8,807	8,520	8,762
TEU운송비용(US\$)	1,500			
Loading Quantity Rate	0.9725	1	0.9675	0.995
운항년수(월)	240			
선가(US\$)	100,000,000			
Ship Price Rate	1	1.004	1.09	1.094
Hub연료/운항비(US\$)	3,400,000			
Feeder연료/운항비(US\$)	1,000,000			
Fuel Efficiency Rate	1.02	1	1.12	1.1
운항년수(월)	240			
총 운항비(MUSS)	1,821	2,014	1,676	1,867

N.S. = Normal Arrangement of Single Engine

M.S = MidShip Arrangement of Single Engine

N.T = Normal Arrangement of Twin Engine

M.T = MidShip Arrangement of Twin Engine

Table 9와 같이 초기 선가, 연료 운항비 및 수송 선적 용량을 고려하여, Fig. 6과 같이 다양하게 거주구역을 이동하였을 때 9,600TEU급 컨테이너선의 거주구역이 Midship에 재배치되고 Single 엔진을 탑재한 선박이 가장 경제성이 우수하게 간주되었고, 다음으로 거주구역이 Normal에 배치되고 Single 엔진을 탑재한 선박이 우수하게 평가되었다

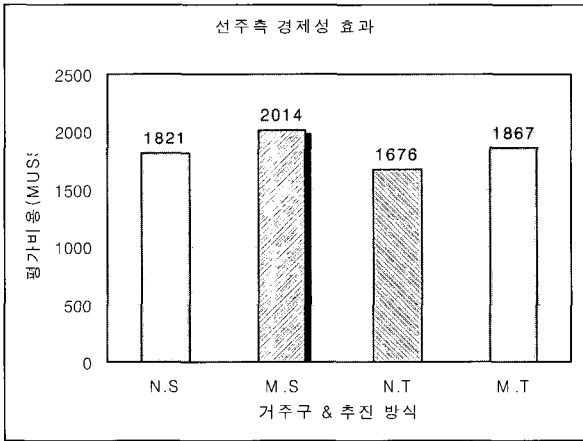


Fig. 7 Economic Evaluation regarding Accommodation arrange and Propulsion Type

Fig. 7과 같이 선주 측에서의 20년간/척당 경제성 평가에 대한 최소 대상 비교치인 "M.S"와 "N.S"를 비교 분석한 결과 "M.S"가 193MUS\$ 경제적 효과를 얻을 수 있는 것으로 분석되었으며, 경제성 효과가 가장 차이가 큰 "M.S"와 "N.T" 방식의 경우, 338MUS\$의 경제 효과를 얻을 수 있어, 결론적으로 "M.S"의 대상선이 향후 9,600TEU급 및 상위 용량의 컨테이너선에 대해서는 비교 우위의 요소를 가지고 있다고 전망한다.

5. 결 론

본 연구에서는 9,600TEU급 초대형 컨테이너선의 거주구역 공간 재배치에 따른 경제성 평가 등의 문제를 전반적으로 고찰하였으며, 그 요약은 아래와 같다.

첫째, 본 선박 설계 부문의 연구결과는 최근 논란이 되고 있는 초대형 컨테이너 선박에 대한 문헌을 고찰하여 현황과 한계를 밝히고 공간 재배치시의 장단점을 분석하여 비교하였으며 공간 재배치가 총중량을 얻을 수 있었다. 개발 효과로는 선적 개수의 증대를 비교하여 선형설계의 지식베이스를 구축하고 신뢰도를 향상시킬 수 있었다. 선형설계의 선폭 52m 이상에서는 선적개수의 증가와 GM의 안전한 변화에 따른 본 거주구역 공간 재배치시에 이론적인 근거를 마련할 수 있도록 연구 방향을 제시하는 것을 목적으로 하였다. 이를 위하여 선박의 대형화 추세를 살펴보고 관련 문헌을 구분하여 고찰하였다. 그 결과 컨테이너선의 크기가 증대될수록 크기가 작은 선박보다는 경제성 효과가 크다는 것을 정량적으로 살펴보았다.

둘째, 추진방식을 고려해 볼 때 Single screw 추진 선박이

가장 경제성이 우수한 추진 시스템으로 분석되었고, 그 중요한 원인은 연료비 등의 운항비용 개선을 들 수 있다. 또한, 초대형 컨테이너선의 수송 용량 증대 및 초기 선가비용이 적은 점이 또 다른 요인이다.

이러한 연구결과를 바탕으로 하여 향후 거론 가능한 거주공간 재배치에 의한 초대형 컨테이너선의 연구 방향은 크게 세 가지로 제시할 수 있다.

첫째, 거주 공간 재배치 시에 변경되는 다양한 크기 및 추진방식에 따른 총비용 모델을 이용한 다양한 형태의 민감도 분석을 통하여 초대형 선박의 경제성을 평가하여야 한다.

둘째, 거주 공간 재배치인 경우에 엔진 대형화 및 쌍 엔진 기관 도입에 따른 기관실 부분의 강도 문제와 초대형선에 적합한 Lashing Bridge의 설계 전반 및 구조적 강도의 타당성을 검증하기 위한 Mock-up 테스트와 홀드 내에서 냉동컨테이너의 정비 O/H 가능한 장소 확보, 구체적인 식별 안 및 증대 방안을 통한 효율적인 선적 설계 등의 구체적인 검토가 필요하다.

셋째, 이에 따른 선주사의 입장을 수렴하여 운항 중 필요한 기관 유지 보수 문제 및 인건비 증가의 요인이 되기 때문에 대형선의 경제성 평가에 있어서 필히 고려되어야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] 강사원, 이경철(2001), "대형 LNG 선박의 경제성 평가 방법에 대한 고찰", 대한조선학회 선박설계연구회, pp.4.1-4.6
- [2] 고창두, 조용진, 신우행, 김하준, 권성철, 박봉근(2002), "15,000TEU급 초대형 컨테이너선의 최적화 초기설계", 춘계조선학회 논문집 pp.98-101
- [3] 권성철, 박봉근, 김태원, 고창두, 조용진, 김상현(2003), "컨테이너선의 최적설계 모델", 한진중공업 기보, Vol.9 pp.18-22
- [4] 김병근(2004), "유조선 Prestige호 사고와 단일선체 유조선의 조기 퇴출", 해양안전 봄호, pp.56-63
- [5] 김종태(2004), "초대형선 출현시대의 한진해운의 전략", 2nd 광양국제포럼, pp.145-158
- [6] 남기찬, 광규석, 송용석, 김태원, 오효진(2003), "선박 대형화 및 기항지 축소에 따른 경제성 분석"
- [7] 남기찬, 이재현(2002), "초대형 컨테이너 선박에 대한 이론적인 고찰", 한국해양학학회지, 제 26권 제4호 pp.455-463
- [8] 이동근, 김수영, 신수철(1995), "선박의 주요치수 산정에 있어서 다목적 함수 최적화의 응용" 대한조선학회, pp.10-21
- [9] Andrea Zamburlini(2003), "Design of Very Large Container Ship for Rule Development Work", Design and Operation of Container Ships, International Conference, pp.97-103
- [10] David Tozer (2001), "Ultra-large container ships : the green ships of the future?" Lloyd's Register's Technical Association

- [11] David Tozer, Andrew Penfold (2001), "Ultra-large container ships : designing to the limit of current and projected terminal infrastructure capabilities" Lloyd's Register's Technical Association, Proceedings of Boxship 2001 Conference, London
- [12] Drewry Shipping Consultants Ltd. (2001), Post-Panamax Container-The Next Generation
- [13] Kevin Cullinane, Mahim Khanna (1999), "Economies of Scale in Large Container Ships" Journal of Transport Economics and Policy, Vol.33, Part2, pp.185-208
-

원고접수일 : 2005년 4월 29일

원고채택일 : 2005년 7월 20일