

# 초대형 컨테이너선 관련 기술 현황

임효관, 정승규 (STX조선 조선해양연구소)

## 1. 서론

1957년 미국의 SEA LAND社가 푸에르토리코 항로에 컨테이너선을 취항시킨 이후 컨테이너선박의 규모와 수는 급격한 성장을 거듭해왔다. 1972년 OCL社가 3,000TEU급 PANAMAX 컨테이너를 투입한 이후 80년대에 5,000~10,000TEU급 POST-PANAMAX급, 2000년대 10,000~12,000TEU급 초대형 컨테이너선(Ultra Large Container Ship, 이하 ULCS)의 규모로 급속히 커졌다(Fig.1). 뿐만 아니라 세계 물동량 증가(Fig.2)와 함께 컨테이너의 운송 의존도가 커지면서 해운시장에서 운송비 절감 및 규모의 경제 실현을 위해 12,000~18,000TEU급에 이르는 ULCS 수요가 발생하고 있다.

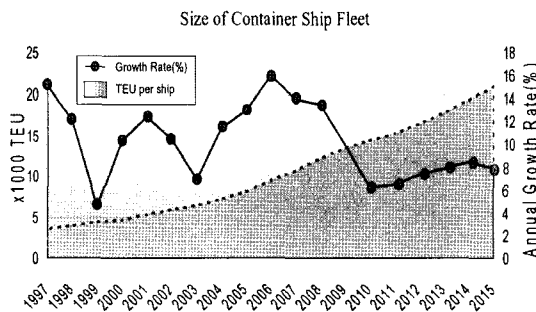


Fig. 1. 컨테이너선 적재용량 및 선대증가율

이미 13,000TEU급의 ULCS가 MAERSK社에 의해 작년 9월 취항하였을 뿐만 아니라 올해 발주된 10,000TEU이상의 컨테이너선은 8월 현재 100척을 넘어서고 있다. Fig.3은 대형 컨테이너 발주 현황으로 올해 발주된 12,000TEU~13,500TEU급 컨테이너선을 국내 조선소들이 대량 수주하는 등 ULCS

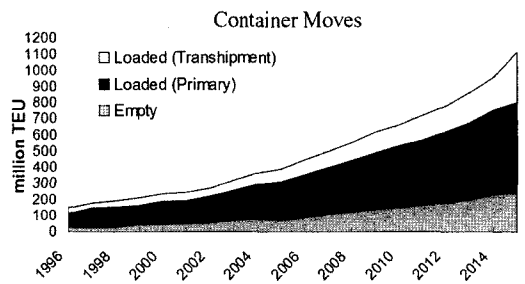


Fig. 2. 컨테이너 물동량 추이

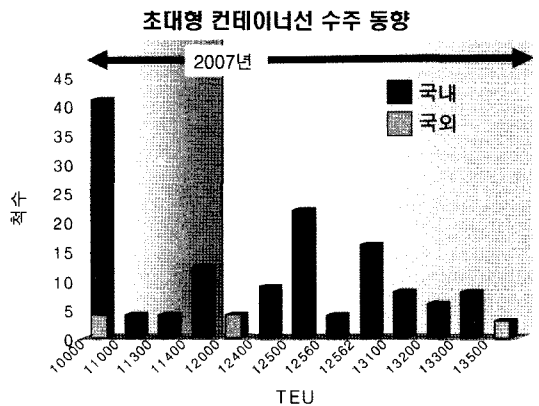


Fig. 3. 대형컨테이너 발주 현황

시대가 도래했음을 반증하고 있다.

이러한 배경에는 세계 해운시장이 대중국 교역을 중심으로 아시아 노선 부분에서 급속히 성장해왔고 이와 더불어 인도 경제 성장에 따른 수송 수요도 크게 증가하는데 있다. 이와 같은 아시아 시장의 성장은 국제 해운시장의 유럽-아시아-북미로 이어지는 대형 컨테이너선 중심의 동서항로와 고속 피더선 중심의 남북항로로의 재편을 가져오면서 ULCS

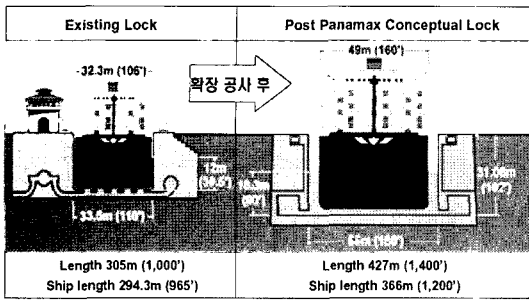


Fig. 4. 파나마운하 확장공사 전후 요목변화

의 경쟁력을 더욱 높이고 있다.

특히 파나마운하 확장이 완료되는 2015년 이후 초대형 컨테이너선의 항로 확장으로 그 수요는 더욱 커질 것이다.

Fig. 4는 파나마 운하 확장 후 수로의 폭과 수심 변화로 운항 가능한 선박의 최대 요목을 나타낸 것으로 수심 18.3m 폭 55m로 확장되며 Chamber 길이는 427m로 확장된다. 이에 의한 New-Panamax급 선박의 크기는 전장 366m, 선평 49m 수준이다.

## 2. 초대형 컨테이너선의 터미널

Fig. 5의 컨테이너 선대 동향을 보면 향후 컨테이너 물동량의 증가분은 두 자릿수 성장을 지속할 것으로 분석되고 있으며 대부분의 증가된 물동량은 대형 컨테이너선이 주도 할 것으로 나타났다.

터미널에서 선석 규모 및 하역시설 등의 항만 인

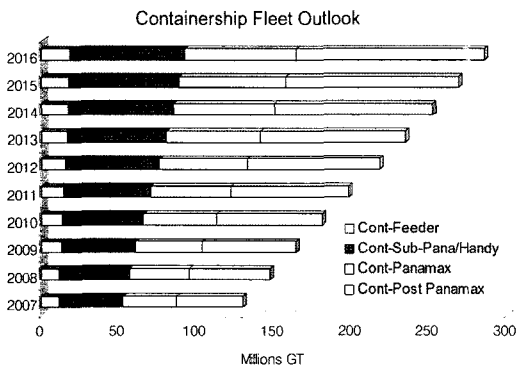


Fig. 5. 컨테이너 선대 동향

Gantry Crane Outreach (max) of Major Terminal

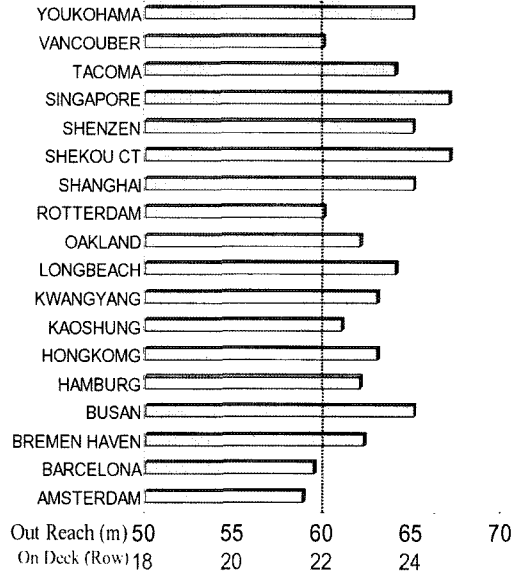


Fig. 6. Crane Outreach of Major Terminal

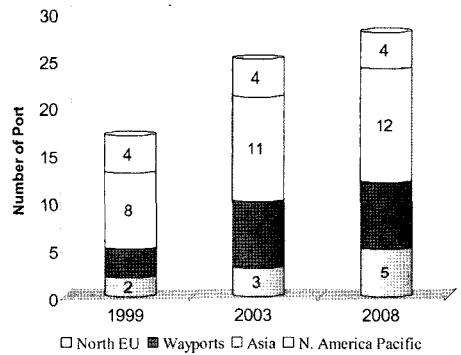


Fig. 7. 컨테이너 항만내 선석 수심

프라는 컨테이너선의 주요목을 제한하는 요소로 중요한 고려 사항이다. 최근까지 주요항만에는 최대 LOA 350m 정도까지 접안 가능하였으나 현재 대부분 장비 교체 및 증설을 통해 LOA 400m까지 가능하도록 하고 있다.

초대형 컨테이너선의 선평에 대한 주요 제한요소는 Gantry Crane의 Outreach 길이가 있다. 전세계 주요 항만은 이미 Fig.6과 같이 초대형급 선박

까지 고려해 Crane 시설에 투자해온 결과 현재는 대부분 선폭 방향 22열, 60m 내외의 영역까지 처리할 수 있는 능력을 가지고 있다. 또한 대형컨테이너선 운항에 대비해 선석 수심 15m 이상인 항만의 수도 Fig.7과 같이 점차 증가 추세에 있다. ULCS의 경우 흘수가 14~16m 사이에 있으므로 이를 110% 만족하는 수심이 되려면 최대 18m 정도까지 수심이 확보되어야 할 것이다.

### 3. 기술적 검토 사항

#### 3.1 상부구조물의 최적위치

ULCS의 전장이 굉장히 길고 제한된 Superstructure 조망높이에서 Visibility를 확보하기 위해서는 Deck 위의 컨테이너 수량이 줄어들 수 밖에 없다. 이러한 상황에서 Visibility에 대한 SOLAS 요구를 만족하기 위해 일반적으로 기관실에 배치하는 Deckhouse의 위치를 Funnel Structure와 분리하여 선수 방향에 배치하는 등 다양화 되고 있다.

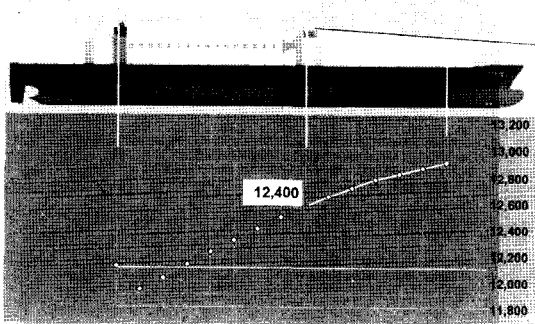


Fig. 8. Deckhouse 배치에 따른 적재량 변화

이러한 개념을 적용하여 일반배치 및 컨테이너 배치의 최적화를 통해 Fig.8과 같이 동일한 요목의 선박에서 컨테이너 적재량을 향상 시키면서 Visibility도 확보하는 것이 가능해 졌다. 이러한 Deckhouse의 전진 배치를 통해 컨테이너 적재량이 증가 되며 Deckhouse 아래의 공간에 연료 탱크를 배치하여 이중 선체 보호구역 내에 용이하게 배치

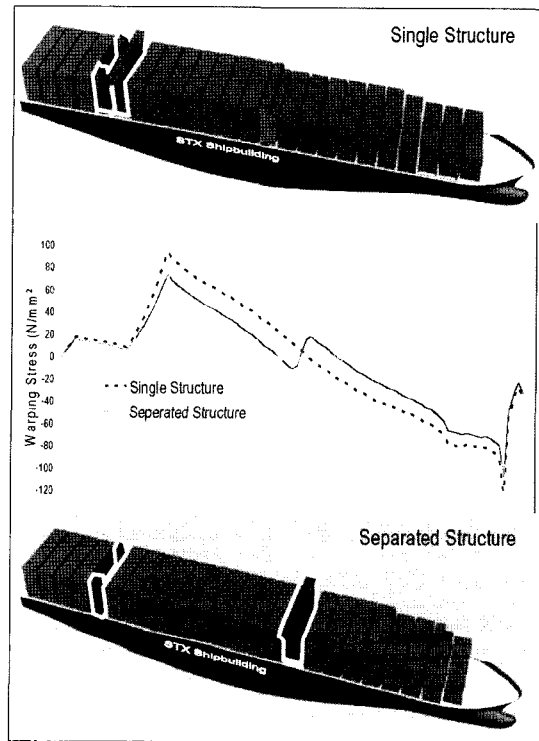


Fig. 9. 상부구조 위치에 따른 Warping Stress

되는 장점이 있다. 또한 Fig. 9와 같이 Deckhouse와 Funnel의 분리 배치는 Warping Stresses를 약20% 감소시키는 효과를 가지는 것으로 분석된다.

Deckhouse의 배치에 대한 이상의 개념에 대해 이미 많은 조선소와 선급이 검토하였으며 앞으로 출현할 대부분의 ULCS는 Superstructure가 전진 배치된 형태를 가질 것으로 판단된다.

#### 3.2 추진 시스템

초기에는 10,000TEU이상의 컨테이너선은 일반적으로 Twin Skeg Type의 쌍추진기 방식이 고려되었으나 현재는 큰 마력의 엔진 개발 및 고성능 추진기 개발로 New Post-Panamax급의 경우 단추진기로도 25Knots의 운항속도로 선박을 설계하고 있다.

현재 ULCS의 추진 방식으로 제안되고 있는 추진 시스템 구성은 크게 4가지로 다음과 같다.

- Single Screw
- Twin Screw
- Podded CRP or CRP
- Twin Podded Units

Single Screw의 경우 직경 9.0m 이상의 프로펠러와 98MW엔진으로 25Kts 대를 설계 속도로 한다. 프로펠러 직경 증가에 따른 선체와의 간격이 좁아짐에 따라 캐비테이션 측면에서 취약할 수 있으며 추진기 자체의 중량 증가도 고려해야 할 것이다.

Twin Screw는 초대형 컨테이너선의 검토 초기부터 제안되었던 방식으로 엔진 출력의 한계와 프로펠러 직경증가에 따른 캐비테이션 및 진동 문제를 고려하여 제안 되었다. Twin Screw 방식으로 할 경우 각 프로펠러에 걸리는 부하가 적고 개별 엔진의 요구마력에 여유가 있으므로 상대적으로 속도 향상이 가능 할 것으로 보인다. 그러나 선가 상승 연료 사용량 증가와 Aft end slamming 및 프로펠러 및 Stern bulb의 최적 배치 등 검토사항이 많아지는 단점이 있다.

Podded CRP or CRP 는 추진기 효율 증가 및 동력 절감 차원에서 적용이 검토 될 수 있다. 전반적인 유체동역학적 성능에 강점을 가지고 있으나 추가적인 장비 비용의 증가와 Podded CRP의 경우 Steering 시의 Fluctuating Force등에 대한 영향 등이 검토되어야 한다.

Twin Podded Units는 Single Screw대신 두기의 Pod 추진기를 사용하는 방식으로 Twin Screw의 장점을 가지면서 조종성능도 좋은 편이나 선가가 상승되는 단점이 있다.

### 3.3 선체 구조

ULCS는 대형화에 따라 구조 설계에 있어 선체 Bending Strength 및 Torsional Response 등에 대한 상세한 검토가 필요하다. 현재 ULCS의 MIDSHIP 구조 개념으로 Narrow Skin Type과 Wide Skin type 두 가지가 제안되고 있다.

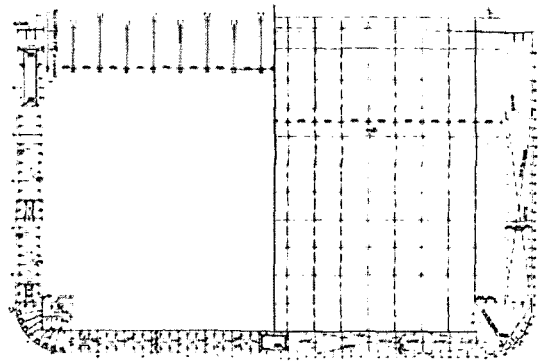


Fig. 10. Midship구조 : Narrow Skin Option

Narrow Skin Type은 일반적인 컨테이너선의 Midship 구조 설계 유형으로 선내 컨테이너 적재 공간을 최대한 확보할 수 있도록 한다. Fig.10은 STX 조선에서 설계한 14,000TEU ULCS의 MIDSHIP 구조도로 Narrow Skin Type을 사용하여 최대한 적재 공간을 확보하고 있다.

Wide Skin은 선측구조를 일반적인 방식보다 두배로 하여 보강한 것으로 컨테이너 적재량은 감소하지만 Torsion Response 측면에서 보다 유리하다.

### 3.4 Nonlinear Sea Load에서 선체강도

종방향 길이가 길며 상대적으로 낮은 CB값을 가지는 ULCS는 해상의 비선형파에 의한 Sagging-Hogging에 의한 Bending Moment의 높은 충격에 대비해야 한다. 이는 Fig. 11에 도시한 것처럼 컨테

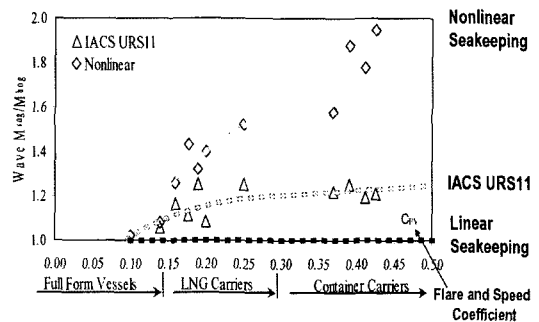


Fig. 11. Vertical Bending Moment at Sea

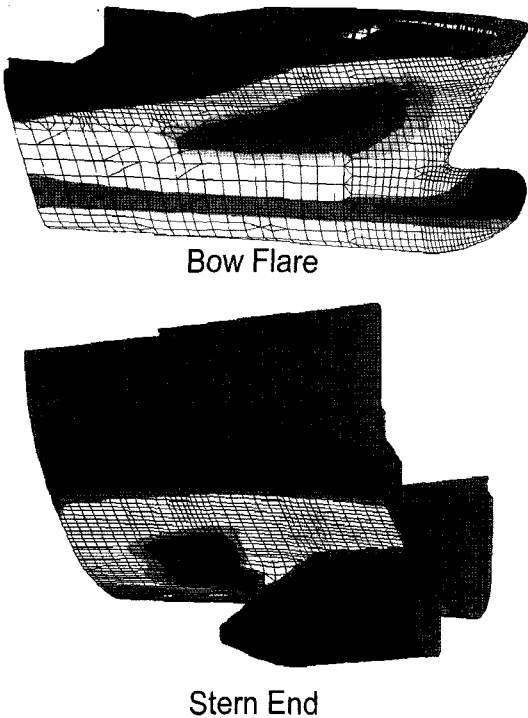


Fig. 12. Slamming Impact Analysis of ULCS

이러 선이 타선형에 비해 Nonlinear Seakeeping 조건에서 선체에 걸리는 Stress Level이 현격히 증가하기 때문이다.

뿐만 아니라 거친 해상에서 선체에 발생하는 Slamming 현상에 의한 충격에 대해서도 고려하여야 하는데 Fig.12와 같이 Bow flare와 Stern end에 Slamming Pressure에 의한 피로 파괴의 위험이 더욱 크기 때문이다.

### 3.5 Rudder 캐비테이션

최근 고속의 컨테이너선의 경우 Horn타의 하부 핀들에서 캐비테이션 발생에 따른 손상 사례가 보고되고 있다.

이에 선미에서의 상대속도가 더욱 빠르며 공동 발생 조건에 있어 더욱 취약한 ULCS의 경우 타에서 발생 가능한 캐비테이션에 대비한 설계가 요구된다. 기존 Horn타의 경우 타와 Horn사이 간격을

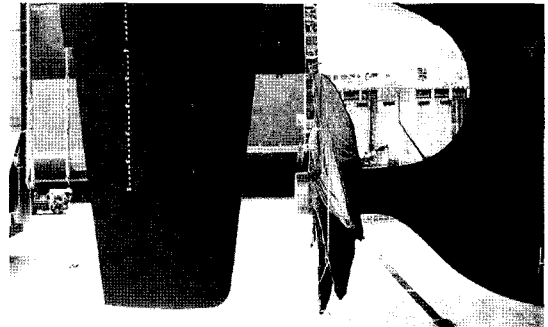


Fig. 13. Full Spade Type Rudder

조절하거나 방지 장치를 설치하는 등의 대안이 제시되고 있으며 Rudder를 Full Spade Type(Fig.13)으로 대체하는 안도 제시되고 있다. 이를 도입할 경우 타와 구속장치 사이에서 발생하는 공동 발생 위험성이 낮으나 타의 조정을 위한 Moment는 더 크게 걸리는 경향이 있으므로 이에 유의 하여야 한다.

## 4. 맺음말

ULCS의 출현은 조선산업에 구조설계, 추진 및 동력시스템 등 많은 부분의 기술적 과제를 안겨 주고 있다.

이미 올해 국내조선소에서 10,000TEU 컨테이너선의 진수가 있었고 당사가 12,400TEU급 컨테이너선을 대량 수주하는 등 국내 조선소들의 초대형 컨테이너선 수주가 본격적으로 진행되고 있는 만큼 앞서 언급되었던 기술 현황 이외에도 검토 되어야 할 사항들이 많다.

해운·조선산업은 이미 오래 전부터 ULCS의 출현에 대비 기술적 과제의 해결을 위한 준비를 해왔으며 ULCS가 주도하는 컨테이너선 시장의 미래에 맞춰 다양한 기술적 검토 및 노력을 견지하고 있다. 그러나 기술적 문제 해결뿐만 아니라 대형선박의 출현에 따른 환경적 요인이나 해상사고 및 안전과 관련된 사안들도 앞으로 풀어야 할 과제이다. 향후 초대형 컨테이너선 시장에서의 국내 조선소들의 경쟁력을 확보하기 위해서는 해상안전 및 환경과 관

련된 Rule제정에도 적극적으로 대응하는 노력이 필요할 것이다.

**참고문헌**

1. 김우선, 2006, “항만하역시스템 시장 현황 및 시사점”, 해양수산동향 Vol 1228, pp. 2-3
2. 김연규 외3명, “타의 종류에 따른 컨테이너선의 조종성능 특성 연구” 대한조선학회 논문집 Vol. 41, pp 28-33
3. David Tozer, Andrew Penfold, 2002, “Ultra-Large Container

Ship(ULCS):designing to the limit of current and projected terminal infrastructure capabilities” LR Technical Association, pp.31-35

4. Jan-Olaf Probst, 2007, “Shipshull design and limitations for container ships development of 13400TEU post--panamax container”,Germanischer Lloyd, pp.4-7
5. Matthew O’Sullivan, 2006, “U.L.C.S.” Cargo Workshop Presentation
6. Christopher J. Wiernicki, 2007, “ABS Containership Technology”, ABS ⚓

**임 호 관 | STX조선**



- 1956년 11월 생
- 1979년 부산대 조선해양공학과
- 관심분야: 선형최적화, 선박실계, 실제생산 자동화기술
- 현 직: STX조선 조선해양연구소 소장
- 연락처: 055-548-1009
- E-mail: hkleem@stxship.co.kr

**정 승 규 | STX조선**



- 1968년 4월 생
- 1995년 인하대 선박해양공학과 석사
- 현 직: STX조선 조선해양연구소 과장
- 관심분야: 선형/추진기 최적화
- 연 락 처: 055-548-3138
- E-mail : sgjeong@stxship.co.kr