

컨테이너선형의 내항성능특성고찰

장택수^{†*}, 윤동환^{**}, 홍사영^{*}, 박광동^{***}, 송명재^{****}

한국해양연구원 해양시스템안전연구소^{*}, 홍익대학교^{**}, 한진중공업^{***},
대우조선해양(주) 선박해양기술연구소^{****}

A Study on Seakeeping of Container Ships

Taek-Soo Jang^{*}, Dong-Hwan Yoon^{**}, Sa-Young Hong^{*}, Kwang-Dong Park^{***} and
Myung-Jae Song^{****}

Ocean Development System Lab., KORDI^{*}
Department of Naval Architecture and Ocean Eng. Hongik Univ.^{**}
Hanjin Heavy Industries and Construction Co. Ltd. ^{***}
DSME ^{****}

Abstract

Seakeeping performance of container ships is investigated in view of increase of their size in terms of TEU. Recent appearance of post Panamax class containers resulted in increase of GM, so increase of possibility of resonant motion in waves is expected accordingly. Ship motions of various classes of TEU containers were calculated for various sea states and heading angles in order to assess seakeeping characteristics according to increase of size of the ships. It was found that roll motion of post Panamax containers increase due to resonance as sea state becomes rougher. The possibility of controlling roll motion by changing main particulars such as L, B, and T is investigated as well.

※Keywords: roll resonant motion(횡동요 공진운동), heading angles(선수각), seakeeping(내항성능) GM(경심높이)

1. 서언

최근 컨테이너선의 대형화가 급격히 이루어지고

접수일: 2003년 1월 6일, 승인일: 2003년 5월 24일

†주저자, E-mail: tsjang3@kriso.re.kr

Tel: 042-868-7589

있으며 앞으로 15,000TEU급 초대형 컨테이너선의 출현이 예상되고 있다. 이에 따라 컨테이너선에 대한 쌍축선의 추진성능, 조종성능 등 대형화로 인해 예상되는 문제점을 극복하기 위한 연구가 활발히 진행중이다.

컨테이너선은 갑판상에 많은 화물을 적재하므로 기본적으로 GM이 매우 작고 이에 따라 횡동요의

고유주기가 25초 이상으로 길어 해상파 주기를 벗어나므로 일반적으로 내항성능에 대한 요구가 까다롭지 않으며 따라서 학문적 연구목적은 제외하고는 상용 컨테이너선에 대한 내항성능 해석이나 모형시험 연구가 드문 편이다.

컨테이너선의 대형화 추세로 인해 5600 TEU급 부터는 기존의 "Panamax급"(폭32.2미터 이하)이라는 설계 제약조건을 벗어나게 되었다.

Post-Panamax 선형의 특징은 선폭의 증가로 인해 GM이 증가되어 횡동요 고유주기의 범위가 해상파의 주기와 근접함으로써 초대형 컨테이너선의 내항성능이 설계자의 관심으로 떠오르게 되었다.

본 연구에서는 국내 실적선 데이터로부터 1,200TEU ~ 15,000TEU급 컨테이너선에 대한 내항성능 해석을 수행하여 컨테이너선의 대형화에 따른 내항성능 특성을 검토하였다.

2. 컨테이너선 내항성능 특성 해석

컨테이너선은 상선 중 대표적인 세장선형이므로 스트립 방법(양승일외(1979), 이호영외(1996), 홍사영외(1987))을 사용하여 내항성능 해석을 수행하였다. 17척에 대한 선형은 KRISO 9000TEU 선형을 바탕으로 HCAD(이춘주, 2000)를 사용하여 선형변환을 함으로써 생성하였다. Fig.1에 9000TEU 선형으로부터 생성된 1200TEU 선형을 나타내었다. 대상선의 선형 특성치범위는 $L/B=5.8\sim 8.6$, $B/T=2.6\sim 3.35$, $C_b=0.569\sim 0.692$ 이다. 계산에서 선속은 20노트를 기준으로 하였으며 선수각은 0 ~ 180도를 22.5도 간격으로 나누어 9개 파향으로 하였다. 불규칙파는 모달주기 4.92 ~ 19초범위의 11개 해상상태로 정규화하여 고려하였으나 본 논문에서는 해상상태 6 ~ 7에 해당하는 모달주기 13.37초의 경우를 기준으로 내항성능을 살펴보았다.

Fig.2에서 Fig.7에 선수각 45도 90도 135도의 계산결과를 도시하였다. Fig.2에서 Fig.7은 선수각에 따른 6자유도운동을 나타내고 Fig.8에서 Fig.10까지는 모달주기 변화에 따른 11개 정규화된 해상상태(유의파고 1m)에서의 횡운동의 변화

를 보여준다. 그리고 Fig.11에서 Fig.13는 RAO를 보여주고 있다.

모든 선수각에 대해 횡운동을 제외한 나머지 5자유도 운동은 TEU가 증가함에 따라 운동이 감소하는 경향을 볼 수 있는데 이는 일반적으로 TEU의 증가가 선체 길이 증가를 동반하고 이에 따라 입사파의 파장이 상대적으로 감소함으로써 파강제력이 줄어들어 운동 RAO 값이 작아져 결국 불규칙 해상에서의 운동스펙트럼의 면적이 감소하기 때문이라고 해석될 수 있다. 하지만 횡동요의 경우는 TEU 증가에 따른 선체 폭의 증가는 입사파 파장과 상호간섭을 고려하여야할 정도의 영향을 주지는 못한다. 오히려 횡동요 응답에 더욱 큰 영향을 주는 요소는 post Panamax에서 뚜렷이 나타나는 흘수/폭 비의 변화에 따른 GM의 증가에 따른 영향이 지대한 것으로 판단된다.

파향이 횡파와 선수사파인 경우 post Panamax 급 대형선의 횡동요 응답이 전반적으로 매우 크게 나타나고 있다. 이는 높은 GM을 가진 post Panamax 급의 컨테이너선은 10초대의 상대적으로 짧은 횡동요 고유주기를 가짐으로써 해상파와의 공진으로 인해 큰 횡운동이 야기된 것으로 판단된다. 선미사파의 경우는 선박의 크기와 관계없이 응답의 증가가 복잡한 양상을 갖게 되는데 이는 선속과 파향변화에 따른 파의 만남주기가 횡동요 공진주기와 일치하는 구간의 유무에 의한 것이다. 계산결과에 의하면 공진주기가 긴 Panamax급 선박의 횡동요 응답값이 크게 나타나고 있으며 9,000TEU 경우도 상대적으로 큰 값을 보이고 있다.

Fig.8은 선미사파(파향 45도)인 경우 TEU 증가와 파주기 증가에 따른 횡동요 응답을 나타내고 있다. 전반적으로 Panamax급 이하의 선박이 상대적으로 큰 응답을 보이고 있으며 9,000TEU 경우도 큰 응답을 보이고 있다. Fig.9와 Fig.10은 각각 횡파와 선수사파의 경우를 나타내고 있으며 두 경우 모두 파주기가 길어지면서 post Panamax 급 선박의 횡동요 응답이 매우 크게 나타나고 있는 반면 Panamax급 이하의 선박은 파주기 변화와 관계없이 일정하게 낮은 수준의 응답을 유지하고 있다.

특히 6500TEU급 2척의 컨테이너선(6500aTEU 와 6500bTEU)의 비교는 재미있는 결과를 주고 있다. Fig.8에서 보는 바와 같이 같은 여러 파주기에서 6500bTEU 는 6500aTEU보다 몇배 높은 횡운동을 보이고 있다. 이는 비록 같은 TEU급이지만 Fig.14에서 알 수 있듯이 6500aTEU와 6500bTEU 는 약 2배정도의 GM차이를 가지고 있고 또 그로 인한 큰 횡동요 공진주파수 차이와 밀접한 관련이 있다. 따라서 Fig.5의 파향45도의 그래프(6500TEU부근)에서 민감한 운동변화를 보여준다. Fig.3(좌우운동) 그리고 Fig.7(선수동요운동)의 파향45도 그래프에서도 역시 같은 현상을 볼 수 있는데 이는 일반적으로 횡운동, 좌우운동 그리고 선수동요운동이 서로 연성되어 있기 때문이라 사료된다.

이러한 경향은 post Panamax급 선박의 경우 해상상태가 거칠어지면서 횡동요 응답이 급격히 증가할 가능성을 시사해 준다.

3. TEU 증가에 따른 횡동요 주기 변화

컨테이너선은 갑판상에 많은 컨테이너가 적재되므로 무게중심 높이가 1.1T ~ 1.3T에 위치하므로 대표적으로 GM이 작은 상선이며 따라서 Fig.14에 정리된 것처럼 4,350TEU 이하의 컨테이너선의 횡동요 고유주기는 22 ~ 46초로 해상파 주기와 멀리 떨어져 있음을 볼 수 있다. 5,600TEU 이상에서는 Post- Panamax급이 되면서 GM의 급격한

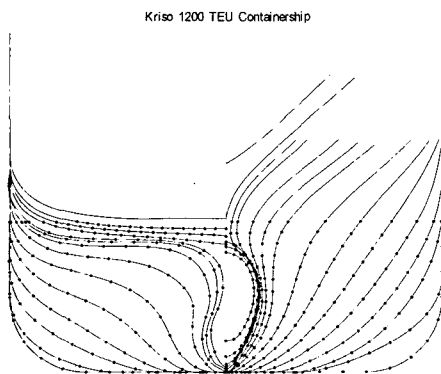


Fig. 1 Kriso 1200TEU container

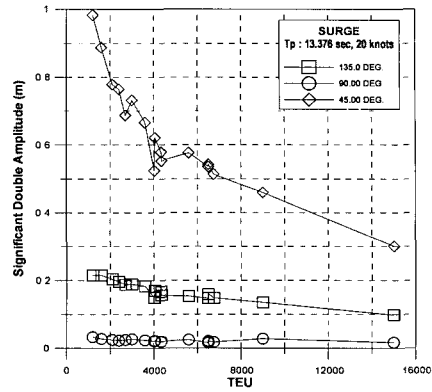


Fig. 2 Surge motion for 3 different heading angles

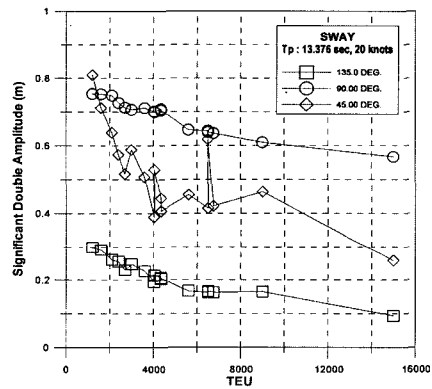


Fig. 3 Sway motion for 3 different heading angles

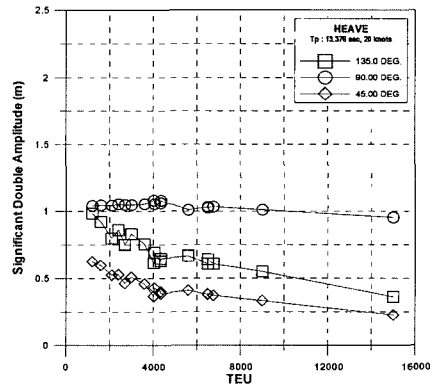


Fig. 4 Heave motion for 3 different heading angles

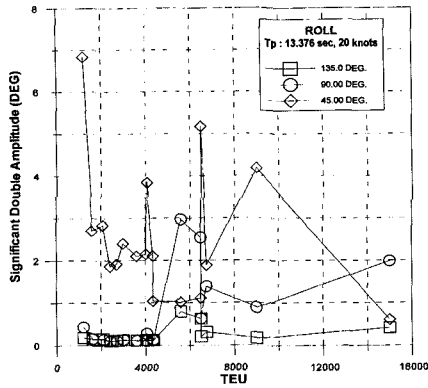


Fig. 5 Roll motion for 3 different heading angles

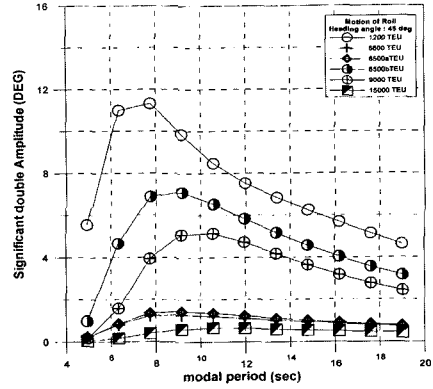


Fig. 8 Irregular roll response for various Tp(heading 45°)

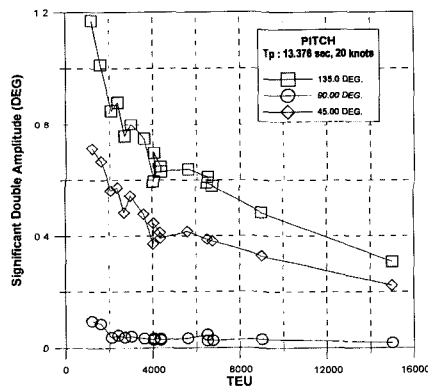


Fig. 6 Pitch motion for 3 different heading angles

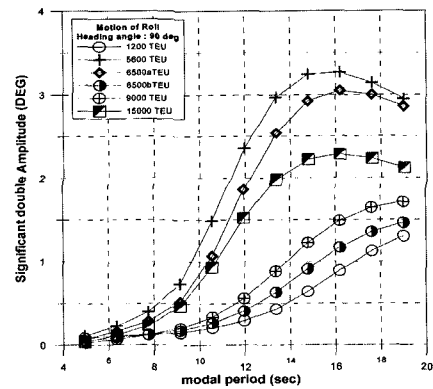


Fig. 9 Irregular roll response for various Tp(heading 90°)

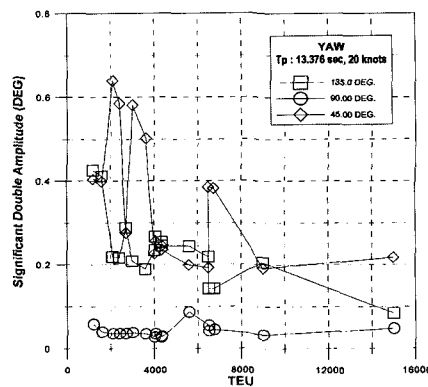


Fig. 7 Yaw motion for 3 different heading angles

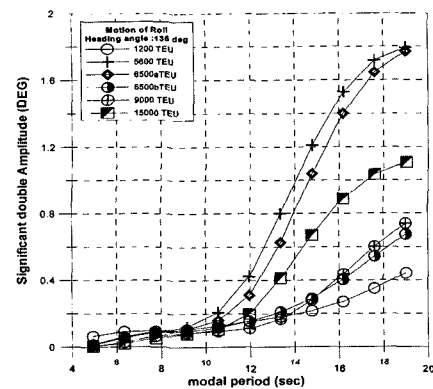


Fig. 10 Irregular roll response for various Tp(heading 135°)

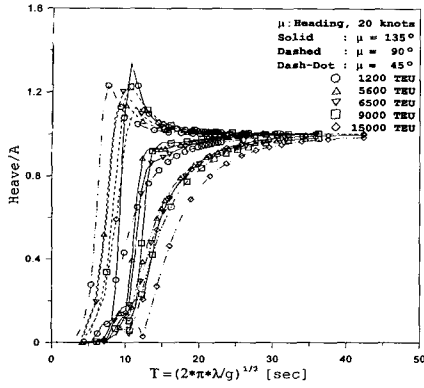


Fig. 11 Heave transfer function(λ :wave length, A:wave amplitude)

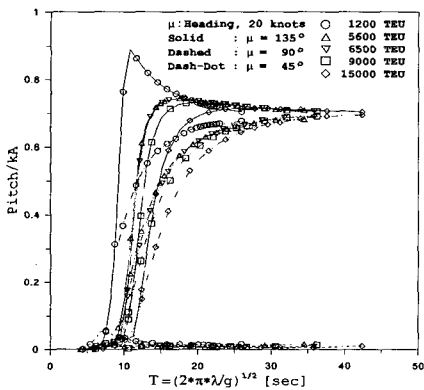


Fig. 12 Pitch transfer function(λ :wave length, kA:wave slope)

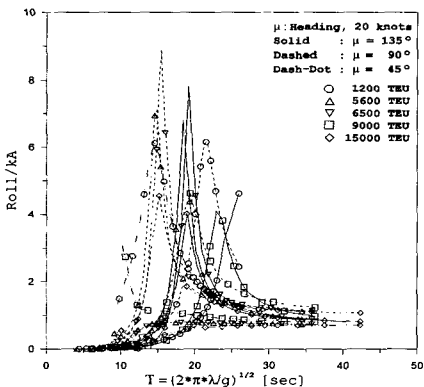


Fig. 13 Roll transfer function(λ :wave length, kA:wave slope)

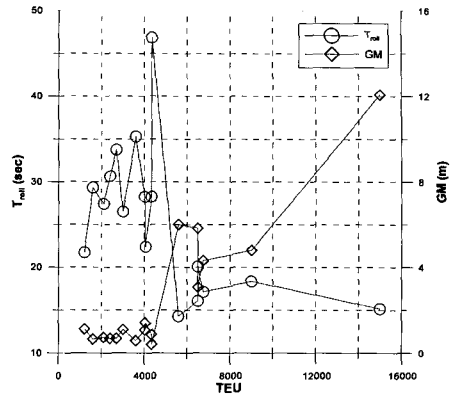


Fig. 14 Roll resonance periods for 1,200 ~15000 TEU containers

증가로 인해 횡동요 고유주기가 15초대로 짧아져 해상파 주기로 들어오기 시작했으나 9,000 TEU에서는 GM이 오히려 줄어들었고 15,000TEU에서는 GM이 12.077m로 크게 증가하여 횡동요 주기가 더욱 짧아짐을 알 수 있다. 9,000 TEU와 15,000TEU에 대해서는 아직까지 실적선 자료가 없어 무게중심 높이를 6,500TEU까지의 무게중심의 평균높이인 1.225T 로 근사하여 GM을 추정하였다. 이로부터 Post Panamax가 되면서 대체로 GM이 증가하는 것을 볼 수 있으나 9,000TEU에서와 같이 예외의 경우가 나타남을 알 수 있었으며 이는 9,000TEU 선형 변수의 차이로 나타난 결과로 사료되며 이는 설계시 선형변수 변화를 통해 횡동요 성능의 중요한 변수인 GM의 제어가 가능함을 시사해준다.

4. 주요제원 변화에 의한 횡동요 감소 방안

횡동요 감소를 위해서는 ART(Anti-Rolling Tank), 핀안정기(Fin Stabilizer) 등이 널리 쓰이고 있으나 본 연구에서는 먼저 선형 변수의 변화를 통해 GM을 변화시킬 수 있는 범위를 추정하여 이를 통해 초대형 컨테이너선의 횡동요 저감가능성을 고찰한다. 9,000TEU급 KRISO 컨테이너를 기준으로 L/B, B/T를 다음과 같이 변화시킨 경우의

GM 변화폭을 Table 1에 나타내었다. 배수용적과 폭은 각각 129616.0 m³ 과 45.5m으로 고정하였고 무게중심은 대상선의 평균높이인 1.225T으로 하였다.

계산 결과에서 알 수 있듯이 L/B, B/T의 변화로 인한 GM의 변화가 4.32m에서 7.04m까지 변화하는 것으로 나타났다. 특히 B/T 증가에 따라 GM의 변화가 크게 나타났으며 L/B 변화에는 GM이 상대적으로 작게 변화하는 것으로 나타났다. 이러한 특성은 초기 선형 설계시 선형변수를 변화시킴으로써 횡동요 고유주기를 목표치로 접근시킬 수 있음을 보여준다.

Table 1 Variation of GM due to hull variation(L/B, B/T)

Lbp(m).(L/B)	T.(B/T)	GM
291.2(6.4)	14.500(3.14)	4.32
291.2(6.4)	13.746(3.31)	5.23
291.2(6.4)	13.075(3.48)	5.98
307.0(6.8)	14.500(3.14)	4.71
307.0(6.8)	13.746(3.31)	5.6
307.0(6.8)	13.075(3.48)	6.45
332.15(7.3)	14.500(3.14)	5.32
332.15(7.3)	13.746(3.31)	6.2
332.15(7.3)	13.075(3.48)	7.04

5. 결론 및 고찰

컨테이너선박이 15,000TEU까지 대형화되는 경우에 대한 내항성능해석을 수행하여 그 특성을 살펴보았다.

Post-Panamax 급 컨테이너선부터 항만시설의 제약에 따라 흘수는 증가하지 못하고 폭만 증가함으로써 과도한 GM 증가로 인한 해상파와의 공진 가능성이 급격히 증가함을 확인하였다.

이에 따라 초대형 컨테이너 선형 설계시 초기 검토단계에서 효과적인 내항성능 예측, 적절한 횡요감쇠대책이 필요하며 설계 초기 선형변수의 적절한 변화를 통해 GM을 조절함으로써 횡동요 감소를 꾀할 수 있는 가능성을 확인하였다.

아울러 운항시의 안전지침 확립을 위한 parametric rolling과 같은 비선형 현상에 대한 실험적 연구가 필요할 것으로 사료된다.

후 기

본 연구는 과학기술부가 지원한 차세대 선박의 조종성/안전성 평가기술 개발 과제의 일부로서 한국해양연구원, 대우조선해양,(주)한진중공업이 공동으로 수행한 연구임을 밝힙니다.

참 고 문 헌

- 양승일외, 1979, "선체운동성능 추정을 위한 전산프로그램 개발에 관한 연구", 한국선박연구소 보고서, UCE37-55.79
- 이춘주, 2000, "체계적인 선형개념 정립과 선형설계 프로그램개발," 충남대 석사학위논문
- 이호영외, 1996, "초고속 쌍동선에 대한 내항성능 해석 방법 비교 스트립 방법과 3-D Panel 방법", 대한조선학회지, 제33권, 제2호
- 홍사영외, 1987, "컨테이너선의 불규칙파중 운동응답에 대한 실험적 고찰", 대한조선학회지, 제24권, 제2호
- 선박내항성능 해석 프로그램(MOTNHW)사용자 지침서, 2002, 한국해양연구원 해양시스템안전연구소
- Lloyd, A.R.J.M., 1989, " Seakeeping: ship behaviour in rough weather", ELLIS HORWOOD LIMITED



< 장 백 수 >