

# 부두 마루높이에 따른 계류안전성 민감도 분석에 관한 연구

김승연\* · 이윤석\*\*

\* 한국해양대학교 대학원, \*\* 한국해양대학교 선박운항과

## A Study on the Mooring Safety Sensitivity Analysis According to the Crown Height

Seungyeon Kim\* · Yunsok Lee\*\*

\*, \*\* Korea Maritime and Ocean University

**핵심용어 :** 마루높이, 계류안전성, 선박 동요량, 계류시스템

**Key Words :** Crown Height, Mooring safety analysis, Oscillation quantity of moored ship, Mooring system

### 1. 개요 및 연구목적

대량운송에 따른 운항비용 절감, 선박 건조단가 축소, 경쟁력 강화 등을 이유로 선박이 대형화됨에 따라 현재 2만 TEU급 초대형 컨테이너선이 운항 중에 있으며, 2만6천 TEU급의 컨테이너선이 건조 중에 있다. 이에 따라 선박의 치수, 마루높이, 계선주, 방충재 등의 항만 및 부두시설 또한 선박 대형화에 맞춰 개정되어야 하나 체계적으로 이루어지지 못하고 있는 실정이다.

특히 선박의 마루높이는 계류라인의 각도, 선박의 풍압면적, 선체동요량에 밀접한 영향을 주는 요소이나, 국내의 부두 설계 기준인 ‘항만 및 어항설계기준’에서 마루높이 건설 기준은 환경적 특성인 수심 및 조차일 뿐 선종 및 크기 등의 선박의 특성은 포함되지 않고 있다.

이에 따라 본 연구에서는 계류지역의 환경적 특성과 계류된 선박의 선형, 크기 등을 고려한 마루높이 기준을 제안하기 위한 기초연구로서 대표 선종을 선정하여 마루높이 변화에 따른 계류안전성 민감도 분석을 실시하였다.

### 2. 연구방법

본 연구에서는 현재의 마루높이 기준에서 선종별, 선박 크기별 특성이 반영될 수 있도록 개정하기 위하여 대표 선종을 선정하고 마루높이 변화에 따른 계류안전성 평가를 실시하여 민감도를 분석하였다.

대표 선종으로는 비교적 풍압면적이 큰 풀컨테이너선을 선정하였으며, 세부적으로는 선박 대형화 추세를 고려하여 14,000TEU급(150,000DWT급) 컨테이너선을 대상선박으로 선정하였다.

또한 강풍, 돌풍 등의 환경 외력 변화에서의 민감도를 측정하기 위하여 풍속에 따른 계류안전성평가를 실시하여 풍속 변화시 마루높이가 선박의 계류안전성에 미치는 영향을 측정하였다.

### 3. 현행 기준 및 위해요소 분석

#### 3.1 현행 기준 분석

계류시설의 마루높이는 대상선박의 주요치수, 이상조위, 파랑 등의 자연 상황과 지반 침하, 인근지역의 적용사례 등을 고려하여 적절하게 결정하여야 한다.

마루높이는 대상항만의 조차, 폭풍해일, 파랑 및 계류된 선박과 부두시설물의 안전성 확보를 고려한다면 일반적으로 높은 것이 좋으나, 마루높이를 높일수록 공사비가 많이 드는 단점이 있다.

국내 마루높이의 규정은 일본의 ‘항만 및 어항설계기준’과 동일하게 Table 1과 같으며, 그 기준은 일반적으로 약최고고조위(A.H.H.W)이다.

접안시설의 수심이 4.5m 이상이면 대형접안시설, 4.5m 미만이면 소형접안시설로 나누고 조차 3.0m 이상인 지역과 3.0m 이하인 지역으로 구분하여 대상 해역의 약최고고조위에 일정 높이를 더하여 설정한다.

Table 1. Standard Crown Heights of Wharves

Classification	Tidal range 3.0m or more	Tidal range less than 3.0m
Wharf for large vessels (water depth of 4.5 or more)	A.H.H.W + (0.5~1.5m)	A.H.H.W + (1.0~2.0m)
Wharf for small vessels (water depth of less than 4.5)	A.H.H.W + (0.3~1.0m)	A.H.H.W + (0.5~1.5m)

\* First Author : sykim@kmou.ac.krr, 051-410-4474

† Corresponding Author : lys@kmou.ac.kr, 051-410-4471

3.2 위해요소 분석

부두 설계시 접안 선박의 선종 및 크기가 결정되고 이에 따라 선석의 치수, 마루높이, 계선주, 방충재 등이 선정된다. 그러므로 ‘항만 및 어항설계기준’에서 선석길이의 설계기준은 선종 및 톤수이고 계선주의 기준은 총톤수, 방충재의 기준은 접안에너지, 즉 선박의 재화중량톤수에 의해 결정된다.

그러나 마루높이 설계기준은 대상 부두의 환경적 특성인 약최고고조위를 기준으로 수심과 조차만을 고려하여 규정하고 있다. 이로 인하여 건현의 높이, 풍압면적, 갭웨이(Gangway) 및 램프(Ramp) 설치 등의 선종별 특성이 반영되지 못하므로 선박이 접안 예정 부두에 실제로 접안을 하지 못하는 문제가 발생하고 있다.

또한 선박이 대형화되어 선수, 선미 계류삭의 기준점의 높이도 상향됨에 따라 마루높이 설계기준 또한 상향되어야 함에도 불구하고 기준에 반영되지 않고 있으므로, 계류라인과 부두의 수직각도가 OCIMF 등의 추천각도인 25°이상이 되어 계류라인의 길이가 길어지고 선체동요량이 커지므로 하역안전성에 악영향을 줄 수 있다.

4. 결과 및 고찰

4.1 계류상황 모델링

대상선박인 컨테이너선의 계류안전성 평가 대상 부두는 마루높이의 기준이 되는 약최고고조위가 1.84m인 부산 신항을 가정하였다. 부산항은 조차 3.0m 이하이고 대상 부두의 수심은 18m로 대형접안시설에 해당하므로, 마루높이 기준값은 약최고고조위에 1.0~2.0m를 더한 값인 2.84~3.84m가 되어야 하고, 실제 대상 부두의 마루높이는 4.0m이다.

계류안전성 결과를 일반화하기 위하여 대상 부두의 선석길이, 계선주의 배치와 대상 선박의 제원, 흘수, 계류삭 배치, 풍압면적은 ‘항만 및 어항설계기준’과 ‘PIANC Guideline’을 기초로 모델링하였으며, 계류시스템과 계류삭 배치도는 Fig. 1과 같다.

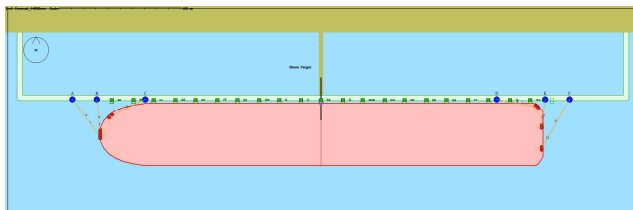


Fig. 1. Mooring modeling of 14,000TEU Container ship.

Table 2는 계류안전성 평가를 위한 부두 및 선박의 주요 제원을 나타낸 것이며 풍속에 따른 마루높이의 변화를 분

석하기 위하여 컨테이너선의 풍압면적이 가장 큰 상태인 만재상태의 조건을 적용하였다.

Table 2. Specifications of ship(14,000TEU Container ship)

Category	Length(m)
LOA(m)	366
LBP(m)	355
Breadth(m)	49
Depth(m)	30
Draft(m)	Fore : 16 / Aft : 16

또한 풍속변화에 따른 마루높이의 민감도를 분석하기 위하여 풍속은 10~40kn, 풍향은 부두에서 선박의 정형 방향으로 불어오도록 설정하였다. 부두의 마루높이는 3.0~7.0m까지 1.0m 간격으로 설정하여 계류안전성 평가를 수행하였다.

4.2 계류안전성평가 결과

초대형 컨테이너선의 마루높이에 따른 계류안전성 평가 결과, 풍속 10kn에서 계류삭의 장력 변화는 거의 없는 것으로 나타났다. 이는 마루높이가 높아짐에 따라 계류라인의 길이 또한 짧아지므로 마루높이에 따른 풍압면적의 영향과 계류라인의 영향이 상쇄되었기 때문으로 분석된다. 그러나 풍속 20kn 이상의 조건에서는 마루높이가 1.0m 증가할 때 평균 계류삭 장력이 약 2~3%씩 감소하였다.

계선주 결과 또한 풍속 10kn에서 견인력 변화는 거의 없었으나 풍속 20kn 이상의 조건에서는 마루높이 1.0m 증가 시 평균 계선주 견인력은 약 2~2.5%씩 감소하였다.

선체동요 결과는 풍향의 영향에 따라 선체의 횡방향 직선운동인 Sway값을 중점적으로 분석하였으며, 풍속 10kn에서 선체동요는 없으며 풍속 20kn 이상의 조건에서 Sway 값은 마루높이 1.0m 증가시 약 4~7%정도 감소하였다.

5. 결론

초대형 컨테이너선의 마루높이 및 풍속 변화에 따른 계류안전성 민감도 분석 결과, 10kn 이하의 풍속에서는 마루높이에 따른 계류시스템 및 선체동요량의 감소량이 저조하나, 풍속 20kn 이상의 조건에서는 마루높이 상향에 따른 계류시스템 및 선체동요량의 감소량이 현저히 나타나는 것으로 분석되었다.

추후 연구에서는 크루즈선, 자동차선, 탱커선 등의 다른 선종에 대하여도 마루높이에 따른 민감도 분석을 실시하고, 선박 대형화에 따른 마루높이와 계류라인의 수직각도를 산출하여 선종 및 크기에 따른 최적의 마루높이 기준을 제안하고자 한다.