

접안 선종의 특성을 반영한 부두높이 설계기준 개선방안에 관한 연구

김승연* · 이윤석**

* 한국해양대학교 대학원, ** 한국해양대학교 선박운항과

A Study to Improve the Design Standards of Crown height by Berthing Ship's Type

Seungyeon Kim* · Yunsok Lee**

*, ** Korea Maritime and Ocean University

핵심용어 : 부두, 마루높이, 계류안전성, 선박 동요량, 설계 기준

Key Words : Pier(Wharf), Crown Height, Mooring safety analysis, Oscillation quantity of moored ship, Design Standards

1. 개요 및 연구목적

해상 운송량이 증가하고 선박 건조기술이 발전함에 따라 선박의 초대형화는 꾸준히 진행 중이다. 선박의 치수, 마루높이, 계선주, 방충재 등의 항만 및 부두시설 또한 선박 대형화에 맞춰 개정되어야 하나 체계적으로 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 또한 지구온난화로 인한 해수면 상승과 태풍 등의 자연재해가 빈번해짐에 따라 마루높이 기준은 현 기준보다 상향되는 것이 미래지향적이며, 실제로 정부에서는 2020년까지 방파제 보강과 침수지역 정비 공사를 추진 중에 있다.

부두의 마루높이는 접안선박의 계류라인 각도, 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 현 마루높이 건설기준에 계류된 선박의 선형, 크기 등을 고려할 수 있도록 개선하기 위하여 선종 및 선박 크기별로 그룹화를 진행하고 대표선박을 선정하였다. 또한 동해안, 남해안, 서해안의 조차(Tide Level)를 대입하고 대상부두를 모델링하여 마루높이 상승에 따른 계류안전성 평가를 통한 현 마루높이 건설기준의 개선안을 제안을 위한 기초연구를 수행하였다.

2. 국내외 기준 분석 및 적용

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.

2.1 국내 기준 분석

국내 마루높이의 규정은 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. Design Standards of 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)

2.2 국외 기준 분석

2017년 1월에 개정된 미국 부두높이(Deck Elevation) 기준은 접안선의 안전성을 위해서 가능한 높게 설계하도록 규정한다. 특히 적절한 부두높이를 위해서는 접안선박의 특성을 파악하여 설계하도록 한다. 또한 부두 높이를 설계시 모든 환경에서 설치된 수로가 젖지 않도록 설계해야 하며, 특히, 약최고고조위, 조차, 최대파고를 고려해야 한다.

접안선박의 견현과 승하선 장비 및 하역 장비의 설치와 작동을 고려해야 하며, 부두에 설치된 컨베이어, 크레인, 로딩암 등의 하역장비가 파도에 의해 침수되지 않아야 한다.

또한 계류삭의 수직각이 적절히 유지되도록 부두높이를

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

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

설정하여야 하며, 특히 만재시 약최저조위 조건과 경하시 약최고조위 조건에 부두 사용에 문제가 없어야 한다.

2.3 국내 주요 무역항의 마루높이 기준 분석

국내 주요 무역항의 대조차 및 약최고조위를 조사하고 ‘항만 및 어항설계기준’에서 규정한 높이를 더하여 소형접안시설과 대형접안시설의 마루높이 기준을 분석한 결과는 Table 3과 같다. 남해안의 주요 무역항인 여수/광양항을 기준으로 동쪽에 속하는 무역항인 동해, 포항, 울산, 부산, 마산은 조차 3m 미만이며, 서쪽에 속하는 완도, 목포, 군산, 대산, 평택, 인천은 조차 3m 이상인 것으로 분석되었다.

Table 2. Standards of Crown height in main port of Korea

Coast	Port	A.H.H.W (m)	Crown height(m)	
			Small	Large
East	Donghae	0.38	0.9~1.9	1.4~2.4
	Pohang	0.25	0.8~1.8	1.3~2.3
	Ulsan	0.61	1.1~2.1	1.6~2.6
South	Busan	1.84	2.3~3.3	2.8~3.8
	Masan	1.99	2.5~3.5	3.0~4.0
	Jeju	2.74	3.2~4.2	3.7~4.7
	Yeosu	3.40	3.7~4.4	3.9~4.9
	Gwangyang	3.54	3.8~4.5	4.0~5.0
West	Mokpo	4.86	5.2~5.9	5.4~6.4
	Gunsan	7.23	7.5~8.2	7.7~8.7
	Daesan	8.28	8.6~9.3	8.8~9.8
	Pyeongtaek	9.36	9.7~10.4	9.9~10.9
	Incheon	9.27	9.6~10.3	9.8~10.8

3. 접안선박 분류 및 대상선박 선정

3.1 선박 그룹화

재화중량톤수를 기준으로 각 선종의 제원을 나열하고 선종의 특성별로 그룹화를 진행하였다. 선종별 그룹화의 고려사항으로는 선박의 길이, 폭, 깊이를 포함한 형상과 풍압면적, 선박 하역구조물의 설치 여부, 육상구조물과의 연계성, 건현 및 풍압면적, 홀수 등이며, 그룹은 A, B, C, D로 총 4개의 그룹으로 나누었다.

A그룹은 여객선, 크루즈선, 자동차선(PCC, PCTC)의 선종을 지정하였다. A그룹의 선종은 동일 재화중량톤수에서 총톤수와 홀수가 적으며 풍압면적이 비교적 고정적이며 큰 편이므로 환경외력에 따른 선체운동량 또한 타선종에 비해 크다. 또한 자동차선은 램프(Ramp), 크루즈선과 여객선은 갱웨이(Gangway) 설치가 필수적이므로 마루높이를 포함한 부두의 육상시설과의 연계성이 중요하다.

B그룹은 컨테이너선으로 갑판에 컨테이너 선적을 하므로 화물 적재량에 따라 풍압면적이 유동적인 특성이 있다. 또

한 하역 작업시 육상에 설치된 크레인을 이용하므로 마루높이에 따라 육상 크레인의 수직높이 또한 영향을 받게 된다. 선박의 초대형화가 가장 활발히 이루어지는 선종으로 대형화에 따른 마루높이의 상향이 필요한 그룹이다.

C그룹은 벌크선, 광탄선 및 유조선으로 모든 선종 중 재화중량톤수가 가장 큰 그룹이다. 이는 화물적재량에 따라 홀수, 건현높이 및 풍압면적이 타선종에 비해 큰 편이다. 또한 동일 재화중량톤수에서 비교적 방형계수와 만재홀수가 크며 이 때 건현과 풍압면적은 적다.

D그룹은 LPG, LNG선으로 LNG선은 Prismatic와 Moss 종류를 모두 포함하였다. D그룹의 선박은 동일 재화중량톤수의 타선종과 비교하였을 때 선박의 제원과 풍압면적이 크다. 또한, 재화중량톤수 100,000톤이 현존 최대 크기의 선박으로 타선종에 비해 선박 대형화 추세가 더딘 특성이 있다.

3.2 대상선박 선정

선종별 마루높이 기준을 제정하기 위한 계류안전성평가를 위해 대상선박을 선정한다. 대상선박은 ‘항만 및 어항설계기준’과 ‘PIANC Rule’에서 규정하는 선박의 제원을 기준으로 하며, 두 기준상에서 A, B, C, D그룹이 다 포함되고 대형화 추세를 반영하도록 재화중량톤수 100,000톤급의 선박을 선정하였다.

Table 3. Specification of the typical vessel

Group	Type	LOA	LBP	B	T	Cb
A	Cruise	324	281	32.3	8.1	0.67
B	Container	350	335	43.0	14.7	0.71
C	Bulk	259	247	39.8	15.5	0.82
D	LNG	294	281	45.4	12.1	0.77

4. 시나리오 설정

접안 선종의 특성을 반영하도록 마루높이 기준을 개선하기 위하여 계류안전성 평가 시나리오를 해역별, 대상선박별, 환경외력별로 설정한다.

해역별로는 마루높이 기준에 환경적 특성을 반영하기 위해 국내 해역별 대표항만인 울산항, 부산항, 광양항, 평택항을 선정하여 조차 및 해역특성을 반영하도록 설정한다. 또한 마루높이 변화에 따라 접안선박의 풍압면적이 달라지므로 풍속변화에 따른 대상선박의 마루높이의 민감도를 분석하기 위하여 환경외력 조건을 설정한다. 접안선박에 영향을 줄 수 있는 최소풍속으로 20kts를 설정하였고, 풍랑주의보 14m/s 수준인 30kts, 풍랑경보 21m/s 수준인 40kts를 설정하여 풍속변화에 따른 접안선박의 계류시스템 및 선체운동 안전성을 분석하였다.