

부유식 인양크레인의 운동응답특성과 구조응답 평가

† 오영철 · 김옥석* · 이경우** · 고재용**

† 목포해양대학교 대학원 해양시스템공학과, *, **목포해양대학교 해양공과대학 조선해양공학과

A Structural Response Estimation and Response Amplitude Operator of Floating Type Salvage Crane

† Young-Cheol Oh · Ok-Sok Gim* · Gyoung-Woo Lee** · Jae-Yong Ko**

† Department of Ocean System Engineering, Graduate school of Mokpo National Maritime University, Mokpo 530-729, Korea

*, **Department of Naval Architecture and Ocean Engineering, Mokpo National Maritime University, Mokpo 530-729, Korea

요 약 : 선박 인양크레인은 선박을 안전하게 인양하기 위한 장비로서 이러한 형태의 크레인은 조선소의 대형 선박이나 항만 컨테이너 등에서 많이 사용되고 있다. 이와 같은 인양크레인은 육상에 설치되어 운용되고 이를 사용하기 위해서는 항만시설이 구축되어야 한다. 이 논문에서는 부유식 인양크레인의 운동응답특성과 파 강제력을 산출하고 부유식 인양크레인의 구조응답 평가를 수행하였다.

핵심용어 : 인양크레인, 플로팅 도크, 운동응답특성, 파 강제력, 구조응답

ABSTRACT : Ship salvage crane is to salvage the equipment safely, this type of crane in the shipyard's large ships or port is being used a lot of container etc. Such a salvage crane was installed on the land and it is built to use the harbour facilities. In this paper, the response amplitude operator and the wave exciting force of floating type salvage crane is calculated and it is performed to structural response estimation.

KEY WORDS : Salvage crane, Floating dock, Response Amplitude Operator, Wave Exciting Force, Structural Response

1. 서 론

선박 인양크레인은 선박을 안전하게 인양하기 위한 장비로서 이러한 형태 크레인은 조선소의 대형 선박이나 항만 컨테이너 등에서 많이 사용되고 있다. 선박 인양크레인은 육상에 설치되어 운용되고 항만시설이 구축되어야 사용할 수 있다. 플로팅 도크의 운용방식을 도입하여 해상에서 요트, 소형선박 등을 인양할 수 있는 부유식 인양크레인을 제안하고자 한다. 플로팅 도크는 선체를 입거시킬 때 흘수에 맞추어 각 탱크에 물을 배수한 후 침하시킨 다음 선체를 이동시킨 후 도크를 부상하게 한다. 이런 특성은 현재 사용하고 있는 고정식 인양크레인에 반영한다면 설치 운용 공간, 비용 등의 관한 제한요건을 감소시켜 부유식 인양크레인 운용 환경조건에 적합하고 효율적인 구조를 제안할 수 있을 것이다. 또한, 부유식 인양크레인의 운동응답특성과 파 강제력을 산출하고 인양크레인의 구조

응답 평가를 수행한 후 초기 구조설계 시 반영하여 구조물의 신뢰성과 안정성을 확보할 것이다.

2. 부유구조물 운동방정식

선박운동은 중형운동으로 구분하여 각각의 유체력 성분을 구해 선박운동을 예측할 수 있다. 예측 시 산정될 수 있는 성분은 부가질량, 조파감쇠계수, 복원력 계수, 파 강제력 등이 있다(한 등, 2012). 전체 유체력은 선체 단면 스트립(Strip)에 대한 유체력을 산출하여 전체 길이에 대해 적분함으로써 구할 수 있다. 파 강제력은 Froude-Krylov력과 회절력을 고려하여 등가 방사파력으로 치환하여 계산한다. 유체특성은 이상유체, 비회전성, 비압축성, 비점성이다. 표면장력은 고려하지 않으며 운동크기와 속도는 작다고 가정한다. 이런 유체입자의 운동은 자유 수면으로부터 하향수직방향 거리인 z 값의 함수가 됨을

† 교신저자(비회원), yochoh@mmu.ac.kr 061)240-7476

* 공동저자(정회원), domingo@mmu.ac.kr 061)240-7476

가정할 수 있다. 따라서 해양파의 속도 퍼텐셜을 식(1)으로 정의할 수 있으며 규칙파의 속도 퍼텐셜은 식(3)과 Table 1에서 정의하고 있는 라플라스 방정식, 해지면 경계조건, 동역학적 자유수면 경계조건, 운동학적 자유수면 경계조건을 만족하여야 한다(손경호, 1998, 염덕준, 2010, 오 등, 2012).

$$\phi(x, z, t) = P(z)\sin(kx - \omega t) \quad (1)$$

전체퍼텐셜은 퍼텐셜중첩법을 적용하여 식(2)와 같이 입사파, 회절파, 속도퍼텐셜의 합(합)으로 나타낼 수 있다.

$$\phi(x, y, z) = \phi_I + \phi_d + \sum_{j=1}^6 \phi_j x_j \quad (2)$$

여기서, ϕ_j 는 부유체의 6자유도, ϕ_I 는 입사파, ϕ_d 는 회절파, x_j 는 운동변위이다.

$$\nabla^2 \phi = \frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2} = 0 \quad (3)$$

Table 1 Boundary condition

		Formulation
Seabed		$\partial\phi/\partial z = 0 : z = -h$
Free surface		$g \partial\phi/\partial z + \partial^2\phi/\partial t^2 = 0$
Kinematic		$\partial\phi/\partial n = \vec{v} \cdot \vec{n}$
Symmetric or Anti symmetric	sway	$\phi^{(2)}(-x, y) = -\phi^{(2)}(+x, y)$
	heave	$\phi^{(3)}(-x, y) = -\phi^{(3)}(+x, y)$
	roll	$\phi^{(4)}(-x, y) = -\phi^{(4)}(+x, y)$

3. 하중선정 및 유한요소해석 결과

기존 플로팅 도크의 운동응답특성을 계산하고 부유식 인양크레인의 운동응답특성 결과와 상호 비교하여 결과 신뢰도를 확보하도록 하였다. Table 2는 플로팅 도크의 기본제원을 나타내었으며 이것을 기반으로 부유식 인양크레인의 기본제원을 도출하였다. Fig. 1은 플로팅 도크와 부유식 크레인의 프리미티브 모델을 도식하고 있다. 해상조건은 수심 20m, 풍력계급(Beaufort wind scale) 3등급(이하 산들바람, Gentle breeze)을 적용하였다. 구조응답 평가는 파 강제력을 외부하중으로 적용하여 수행하였다. 플로팅 도크와 부유식 인양크레인의 운동응답특성을 Fig. 2에 도식하고 이에 대한 구조응답평가는 Fig. 3에 나타내었다.

Table 2 Principal dimension

Length overall	Breadth	Draft	Displacement	C_b
45 m	31 m	0.796 m	1088.35 ton	0.956

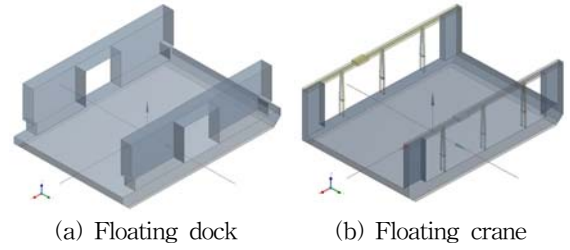


Fig. 1 Primitive model for hydrodynamic diffraction analysis

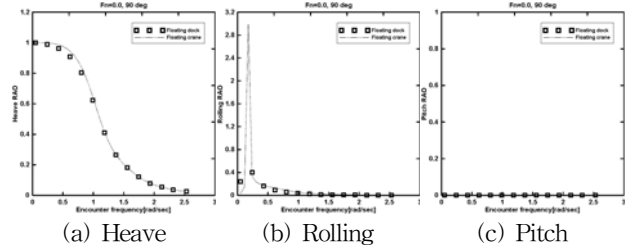


Fig. 2 Floating crane RAO($\chi=90^\circ$)

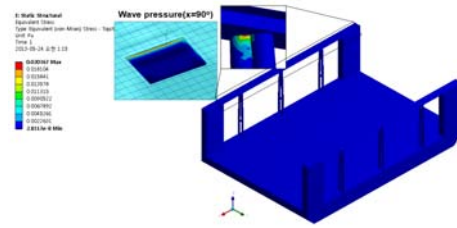


Fig. 3 Equivalent stress according to wave pressure($\chi=90^\circ$)

4. 결 론

부유식 인양크레인의 선체운동성능을 추정하고 이에 대한 구조응답평가를 수행하였다. 현 구조는 횡동요 운동간 흡수차로 래킹(Racking)이 발생되어 상부구조물에 상대적으로 구조적 영향을 미치고 있다. 향후 구조설계 시 운동응답특성과 구조응답평가 결과를 반영하여 신뢰성과 안정성을 확보해야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 손경호(1997), 해양파 역학, 효성출판사.
- [2] 염덕준(2010), 해양구조물 운동론, 울산대학교 출판부.
- [3] 오영철, 김옥석, 고재용(2012), 장방형 부유구조물에 대한 동유체력-구조응답 특성, 해양환경안전학회 제18권 제6호, pp. 577~583.
- [4] 한승재, 김인철, 오대균, 이경우, 김옥석(2012), 상용코드를 이용한 다방향 불규칙중 실습선의 중운동해석, 해양환경안전학회 제18권 제2호, pp. 153~159.