

구조변경을 통한 선박용 Provision Crane의 진동저감

Vibration reduction of provision crane in a ship by structural dynamic modification

김극수* · 조성재** · 최수현***

Kuk-Su Kim, Sung-Jae Cho and Su-Hyun Choi

Key Words : Excessive Vibration(과도진동), Impact test(충격실험), Vibration analysis(진동해석), Sensitivity analysis(민감도 해석)

ABSTRACT

A provision crane is generally installed on the upper deck to the rear of the accommodation of the ship in order to load and unload engine part or something heavy. There are two types of provision cranes: one is jib-type and the other is monorail-type. So the natural frequency of the jib-type crane equipment is low, therefore, there are some possibility of resonance between crane structure and the main excitation sources of the ship in normal operating range.

This study describe a vibration reduction technique for provision crane by applying a proper countermeasure through finite element analysis and modal test. In order to find out weak point in design of provision crane, a sensitive analysis has been performed.

1. 서 론

선박에 탑재되는 의장품 장비중의 하나인 Provision crane은 선박에 엔진의 부품 및 거주용 비품을 실거나 내리는 장비로 거주구 뒤쪽 상갑판에 설치되어 있다. 이러한 크레인 은 모노레일(monorail)형과 짐(jib) 형이 있으며, 이중 짐 형태의 크레인은 높이가 높고 질량이 상부에 집중되어 있어 일반적으로 고유진동수가 비교적 낮으므로, 선박의 상용운항영역 근처에서 선내 주요 기진력과 공진하여 크레인의 회전을 지지하는 베어링이 손상될 가능성이 높다.

본 연구에서는 유조선의 시운전시 크레인에 발생한 과도 진동에 대하여, 유한 요소 해석을 이용하여 크레인 구조물의 적절한 구조변경안을 도출하고 모달 테스트로 확인하고자 한다. 또한 표준 크레인에 대하여 민감도 해석을 수행하여 크레인 설계시 진동관점에서 유의해야할 부분을 제시하고자 한다.

2. 선박의 주요 기진력 및 크레인의 사양

시운전 자료를 통하여 검토한 결과 크레인의 주요 기진력은 주기관 5차 H-moment로 나타났다. 주기관의 사양과 상용운항영역에서의 기진 주파수를 Table 1에 정리하였다.

Table 1 주기관 사양

Main engine type	B&W 5S70MC
Output	MCR : 19100 PS x 91.0 rpm
	NCR : 17190 PS x 88.0 rpm
Excitation frequency	MCR : 7.6 Hz
	NCR : 7.3 Hz

본 선박에 설치된 크레인은 엔진 케이싱 옆 상갑판에 설치되어 있고 짐 레스트(jib rest)는 엔진 케이싱의 상부에 설치되어 정지시 짐이 레스트(rest)에 얹혀져 있다. 크레인의 주요 사양은 Table 2에 정리하였다.

* 대우조선해양(주)
E-mail : hunting@dsme.co.kr
Tel : (055) 680-5548, Fax : (055) 680-2174

** 대우조선해양(주)

*** 대우조선해양(주)

Table 2 크레인의 주요 사양

Maker	MacGREGOR
SWL	5 ton
Hight of pedestal	7.7 m
Radiuos of jib	14.5 m
Total weight	12 ton

3. 크레인의 진동현상

본 선박의 시운전 동안에 크레인에서 과도한 진동이 발생하여 진동 계측을 하였다. 주기관을 60rpm에서 90rpm 까지 변화 시키며 크레인의 상단에서 종방향과 횡방향으로 진동응답을 계측하였으며 그 중 과도 진동이 발생한 종방향의 진동응답만을 Fig. 1에 나타내었다.

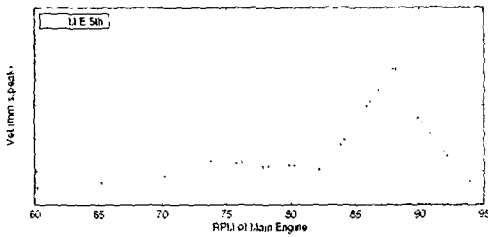


Fig.1 주기관 회전수별 크레인의 종진동응답

그림에서 보듯이 시운전시 계측한 크레인의 진동은 상용 운항 영역인 88 rpm에서 주기관 5차 모멘트와 공진으로 과도한 진동 양상을 보이고 있다. 따라서 적절한 보강 대책을 마련하기 위하여 진동해석을 수행하였다.

4. 고유진동해석

4.1 구조변경전 크레인의 진동해석

본 크레인의 적절한 구조 변경안을 도출하기위해 고유진동해석을 수행하였다. 크레인은 진동 해석 모델은 Fig.2 와 같이 크레인과 집은 범요소로 모델링 하고 하부구조를 플레이트와 범요소로 모델링 하였으며 하부구조의 경계조건을 단순지지로 하였다.

Fig. 3 에서 구조변경전 구조에 대한 고유진동수 및 모드를 계산하여 나타내었다.

고유진동 모드형상은 7.5 Hz에서 집이 놓인 방향으로 종방향으로 진동하고 있으며 이 모드가 주기관의 5차 모멘트와

88 rpm에서 공진을 일으켜 과도진동이 발생된 것으로 판단 되었다.

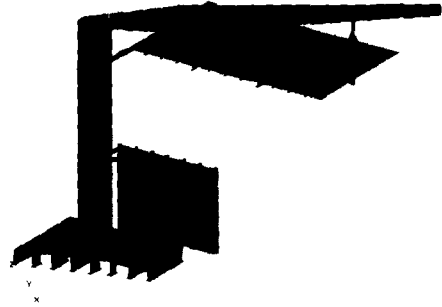


Fig.2 구조 변경전 크레인 유한요소 모델

MSC Patran 2001 (32-bit-Apr-01-08 15:11)
 Datum: SCI (EAS) At Mode 7, Freq = 7.523 Eigenmodes: Translational (6DOF-AVE-RED)

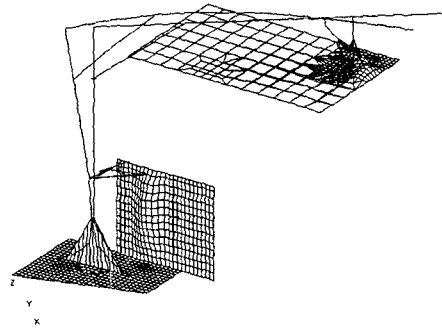


Fig.3 구조변경전 크레인의 진동모드 (7.5 Hz)

4.2 구조변경후 크레인의 진동해석

이러한 크레인의 종진동을 감소시키기에는 방법은 주변구조에 연결하는 방법이 있으나, 이 경우 크레인이 주변 구조에 멀리 떨어져 있어 주변구조와 종 진동방향으로 연결시키기 어려웠다. 따라서 부가적인 집(jib)을 하나 더 엔진 케이스 B-deck에 Fig.4와 같이 설치하는 구조변경안을 마련하였다.

구조변경후 크레인의 고유진동수 및 고유모드는 Fig.5 와 같다. 구조 변경후 크레인의 고유진동수는 8.7Hz로 주기관

의 최대 연속 출력(MCR, 91rpm)시 가진되는 주파수인 7.6Hz 보다 높으므로 주기관 5차 모멘트와 크레인의 종진동 모드에 의한 공진 문제가 해결 될 것으로 판단되었다. 또한 구조변경후 크레인의 진동특성을 확인하기 위하여 충격실험을 수행하였다.

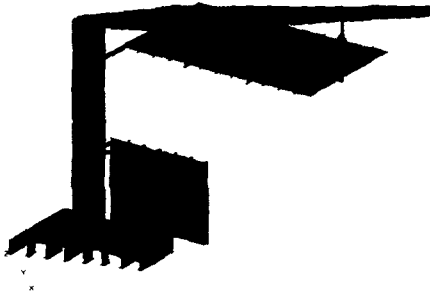


Fig.4 구조변경후 크레인 유한요소모델

방향에 수직인 방향을 y, 크레인 기둥의 방향을 z,로 하였다. 2번점에서 가진하여 5번점에서 x 방향으로 계측한 응답은(mobility) Fig.7과 같다.

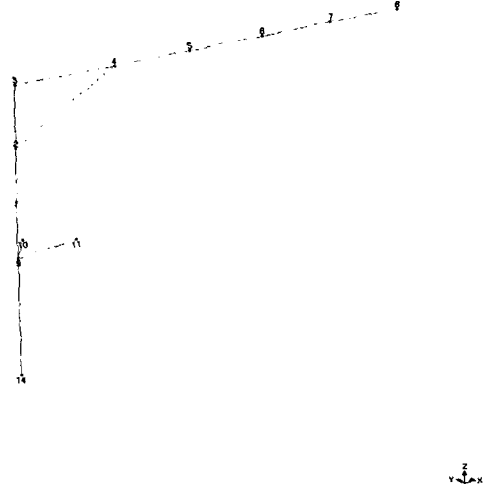


Fig.6 모달 테스트시 계측 위치

MSC Patran 2007 (in 64-bit) 01/21/11
 Defor: SCI DEFAULT A23466e 2 Freq = 8.762 Eigenvalue: Trigonoidal (KONJAYEREZ)

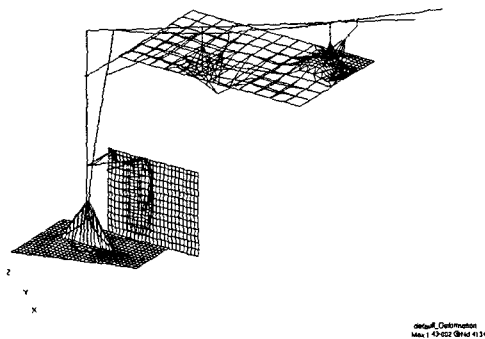


Fig.5 구조변경후 크레인의 종진동 모드 (8.7 Hz)

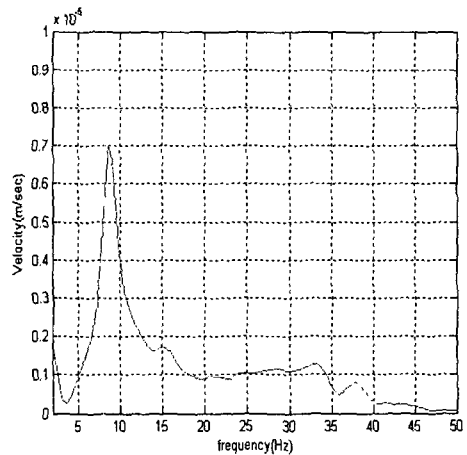


Fig.7 종방향 주파수응답함수 (가진점: 2 응답점: 5번)

5. 모달 테스트 (Modal Test)

구조변경후 고유진동수와 모드형상을 파악하기 위하여 모달 테스트를 수행하였다. 진동실험모델은 Fig.6과 같이 크레인 기둥의 상부 2번 위치에서 종방향(집이 놓인 방향)으로 가진 하고, 13개의 지점에서 x,y,z 3방향에 대한 응답을 계측하였다. 여기서 이 집이 놓인 방향을 x, 집이 놓인

계측한 주파수 응답함수를 이용하여 구한, 모드 매개변수는 Table 3에 정리하였으며, 고유진동수는 8.4Hz와 16.0Hz 이고, 각 주파수에 대응하는 모드는 Fig.8과 Fig.9에 각각 나타내었다. 여기서 8.4Hz에 대응되는 모드는 고유진동해석에서 예상되었던 대로 크레인의 종진동 모드이고, 16.0Hz의 모드는 크레인 집의 수직모드와 엔진 케이싱의 B-deck의 모드가 연성되어 나타나는 모드이다.

관심 모드인 크레인의 종진동 모드는 8.4Hz으로 이에 대응하는 주기관 회전수로 환산하면 101rpm이고, 주요 가진원인 주기관 5차 모멘트의 최대 연속운항 회전수(91rpm)에 비해 10rpm 이상 높으므로 공진 문제는 없을 것으로 판단되었다.

Table 3 모드 매개변수

Mode shape	Natural frequency (Hz)	Critical damping (%)
Longitudinal vibration	8.4	6.87
Engine casing B-Deck vertical mode	16.0	6.0

6. 민감도 해석

집 형태의 크레인 진동문제를 설계단계에서 근본적으로 해결하기위해서 최적설계를 하여야 하나, 각각의 형태 및 설치위치가 선종별로 다르므로 기본적인 진동저감을 위한 개념설계를 위해 표준 크레인을 플레이트 요소로 Fig.10과 같이 상세히 모델링 하고 저차 3개의 모드에 대해 민감도 해석을 수행하였다.

설계변수는 Table 4와 같이 15개로 선정하였고 이러한 설계변수를 이용하여 민감도 해석을 수행한 결과는 각 모드에 대하여 Fig.11과 같다. 민감도 해석 결과 크레인 포스트 자체의 강성보다 오히려 Jib rest의 하부구조의 강성 및 Pedestal의 하부강성이 크레인의 고유진동수에 더 큰 영향을 보이는 것으로 나타났다.

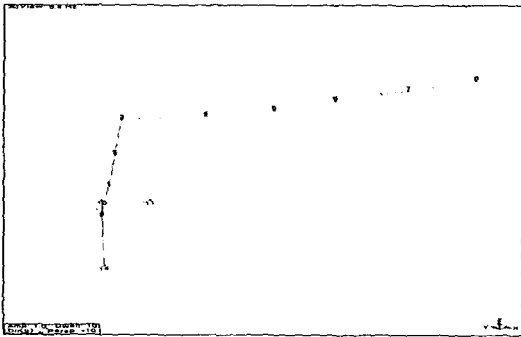


Fig.8 크레인 종방향 모드(at 8.4Hz)

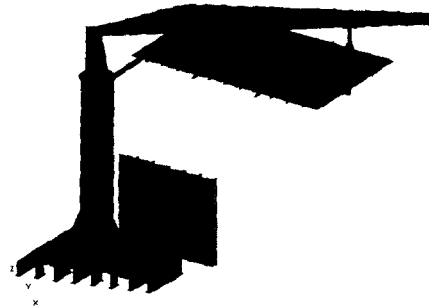


Fig.10 민감도해석용 표준 크레인 유한요소모델

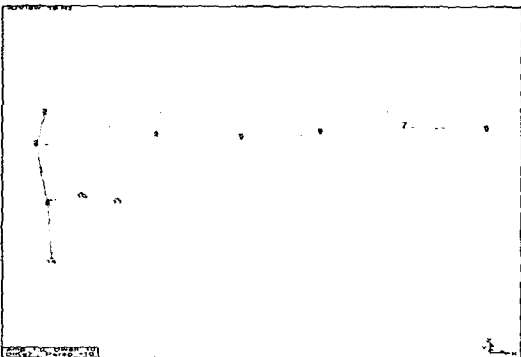


Fig.9 엔진 케이싱 B-deck 수직 모드와 연성된 jib의 수직 모드(at 16Hz)

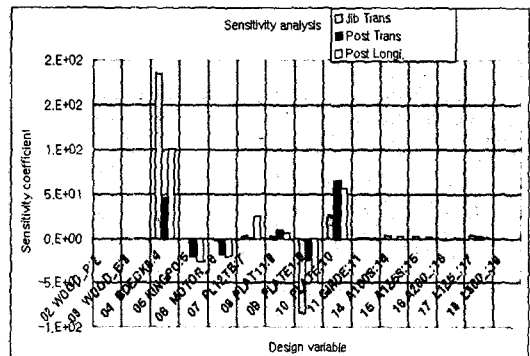


Fig. 11 모드별 각 변수의 민감도

Table 4 Design variables and description

No.	Design variable	Description
1	WOOD_P:2	Poisson ratio of wood block
2	WOOD_E:3	Elastic modulus of wood block
3	BDECK8:4	Thickness of engine casing B-deck
4	KINGPO:5	Thickness of king post
5	MOTOR:6	Thickness of motor part
6	PL12TB:7	Thickness of pedestal bracket
7	PLAT11:8	Thickness of upper deck
8	PLATE1:9	Thickness of jib
9	PLATE10:10	Thickness of side wall
10	GIRDE:11	Web length of girder
11	A100S:14	Thickness of jib rest
12	A125S:15	Thickness of jib rest supports
13	A200:16	Thickness of piston cylinder
14	L125:17	Web length of engine casing B-deck stiffener
15	L300:18	Web length of upper deck stiffener

6. 결 론

본 연구에서는 유조선의 시운전시 크레인에 발생한 과도 진동에 대하여, 유한 요소 해석을 이용하여 크레인 구조물의 적절한 구조변경안을 도출하고 모달 테스트로 확인 하였다. 또한 표준 크레인에 대하여 민감도 해석을 수행하고 크레인 설계시 진동관점에서 유의해야할 부분을 제시하였다.

참 고 문 헌

- (1) 이근희 등, 2003, "구조 변경을 통한 디젤 발전기 세트의 진동 저감", 대한조선학회 추계학술대회논문집, pp. 502~504
- (2) 이종문 등, 2003, "16만톤급 유조선 provision crane의 진동 특성 고찰", KSSC Transaction, Vol.17, No. 15, pp 158~165
- (3) MSC Korea, "MSC.NASTRAN을 사용한 진동해석"
- (4) Vibrant Technology, "ME'scope VES Operating manual"
- (5) 양보석, 송진대 등, 2004, "최적화 기법을 이용한 Containership 선미부 및 거주구의 저진동 구조 개발에 관한 연구 보고서",