

Main Engine 의 Heavy Spare Parts 가 설치된 Engine Room Opening Deck 의 방진 설계 사례

전용훈^{†*}, 임구섭*, 정태석*

STX 조선해양 조선해양연구소*

A Vibration Isolation Design for Engine Room Opening Deck around Heavy Spare Parts of the Main Engine

Yong Hoon Jeon^{†*}, Gu Sub Lim* and Tae Seok Jeong*

Shipbuilding & Ocean Research Institute/STX Offshore & Shipbuilding Co., Ltd. *

Abstract

Foundation structure for the main engine heavy spare parts in the engine room is susceptible to resonance problem due to outfitting weight. In addition, the deck floor has a large opening for the main engine installation and maintenance, which further weakens the foundation structure. To reinforce the weak structure, two types of approaches have been used: 1) insert an H-pillar below or above the floor and 2) increase the stiffener size. In this paper, the H-pillar approach is used to solve the vibration problem of the foundation structure in the engine room opening area. A commercial program is used to analyze the vibration problem and to find the location and the size of the H-pillar. Modal test at the quay and on-board vibration measurement during the sea trial have confirmed the validity of inserting an H-pillar below the floor.

※Keywords: Heavy spare parts(대형예비부품), Engine room opening deck(기관실 개구부 갑판), Vibration isolation design(방진 설계), Modal test(충격 시험)

1. 서론

최근 선체 진동에 대한 선주, 선급의 관심이 점점 커짐에 따라 초기 설계단계에서 방진설계 중요성이 증대되고 있다.^[1] 특히 주기관(Main engine) 탑재를 위 한 기관실 개구부 갑판(Engine room

opening deck)에는 주기관의 유지보수를 위한 대형예비부품(Heavy spare parts)들의 설치로 인해 기관실의 다른 영역보다 상대적으로 진동에 취약한 구조를 가지고 있다. 따라서 이 구역은 진동에 대한 면밀한 검증이 필요하므로, 고유진동해석(Normal mode analysis)과 실선계측을 통해 효과적인 방진 대책의 수립 및 검증을 해야 한다.

본 논문에서는 진동 문제가 발생한 2,700TEU

[†]교신저자: yhjeon@onestx.com, 055-548-3388

컨테이너선의 사례를 중심으로 주기관의 대형예비 부품들이 설치된 기관실 개구부 갑판 구조에 대한 고유진동해석 및 충격시험(Modal test)^[2]을 통해 효과적인 방진 대책을 제시하고자 하였다. 그리고 해석과 시험 결과를 근거로 하여 구조물 하부에 H-형강을 시공하였으며, 그 해석과 시험의 결과를 비교함으로써 H-형강을 적용한 방진설계에 대한 유효성을 검증하였다.

2. 해석 모델

주기관의 대형예비부품들이 위치한 갑판의 형상은 Fig. 1 과 같으며 주요 기진원별 기진 진동수를 Table 1 에 나타내었다. 일반적으로 주기관의 대형예비부품들이 있는 기관실 갑판은 그 끝단이 구조적 보강을 위해 단절되는 부분이 없다. 하지만 2700TEU 컨테이너선의 경우, 기관실 면적이 협소하며, 주기관의 유지 보수를 위한 Hatch 로 인해 기관실 개구부 갑판의 일부분이 구조강도상 불연속적인 구조를 가지게 된다. 이로 인해 주기관의 대형예비부품들을 설치한 기관실 갑판은 진동적인 측면과 구조적인 측면에서 취약한 구조가 되므로 이를 보강하기 위한 H-형강을 추가하였다.

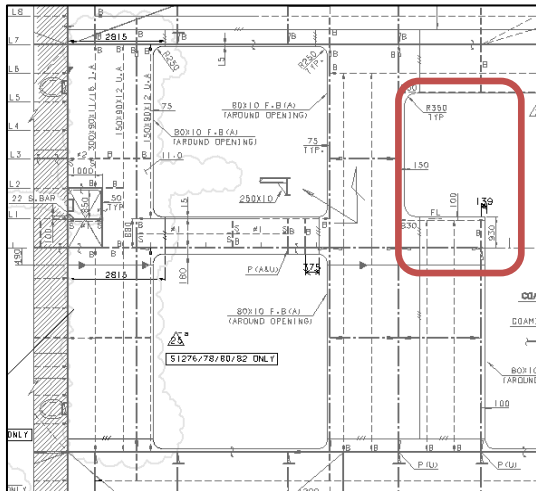


Fig. 1 The structure drawing of engine room deck around heavy spare parts

Table 1 Main excitation frequencies of 2,700TEU

| Main Engine | |
|------------------------------|--------------------|
| Type | 7S70MC-C (MAN-B&W) |
| NCR | 86.2 RPM |
| Main Engine Excitation freq. | |
| 4 th | 5.75 Hz |
| 7 th | 10.05 Hz |
| Propeller Excitation freq. | |
| 1 st | 7.20 Hz |
| 2 nd | 14.40 Hz |

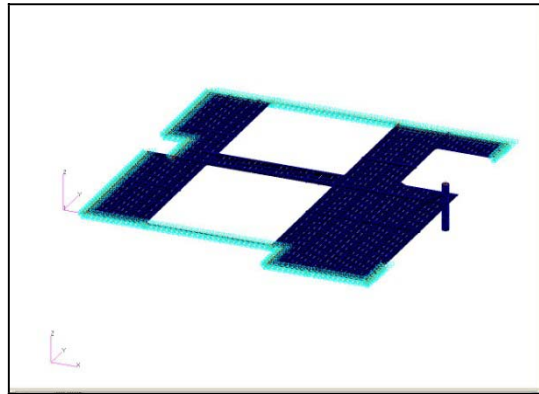


Fig. 2 The FE model before installing H-pillar

Fig. 2 는 상용해석 프로그램인 Patran/Nastran^[3]을 이용한 해석 대상의 유한요소모델이다. 해석 대상의 경계 조건은 갑판 하부에 격벽이 존재하는 구역까지 설정하였으며, 격벽구역과 H-형강하부를 단순지지 경계조건으로 가정 하였다. 또한 주기관의 대형예비부품을 구현하기 위해 Point Element 를 이용하였으며 추가로 시공된 H-형강은 Beam Element 를 사용하였다. Fig. 3 은 H-형강을 추가한 유한요소모델이다.

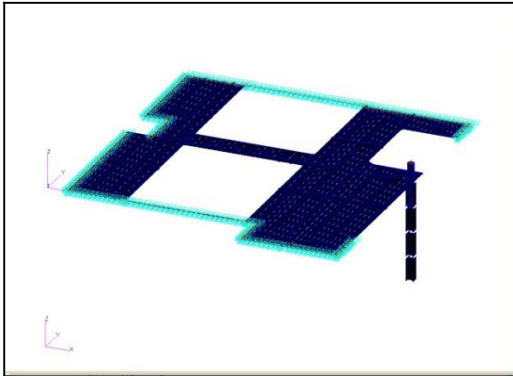


Fig. 3 The FE model after installing H-pillar

Table 2 The result of normal mode analysis

| | Fundamental natural freq. |
|-----------|---------------------------|
| H-형강 시공 전 | 5.2 Hz |
| H-형강 시공 후 | 28.2 Hz |

3. 해석 결과

Fig. 4는 H-형강 설치 전의 해석결과로, 주기판의 대형예비부품이 설치된 갑판 부근에서 1 차 고유진동모드(Fundamental natural vibration mode)에 의한 고유치(Eigenvalue)가 상대적으로 다른 영역의 진동치보다 큰 값을 가지는 것을 알 수 있다. 이는 갑판 개구부와 같이 구조적으로 취약한 부분에 대형예비부품이 설치되어 있기 때문으로 판단되었다. 이 결과를 바탕으로 공진 회피를 위

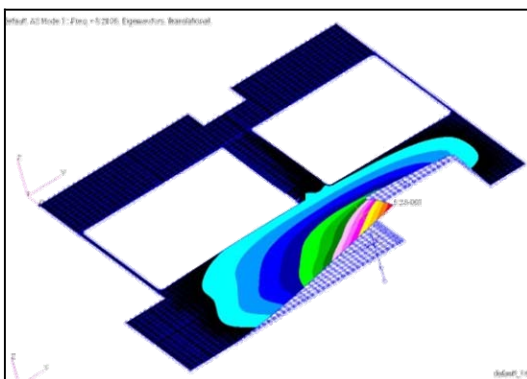


Fig. 4 The result before installing H-pillar

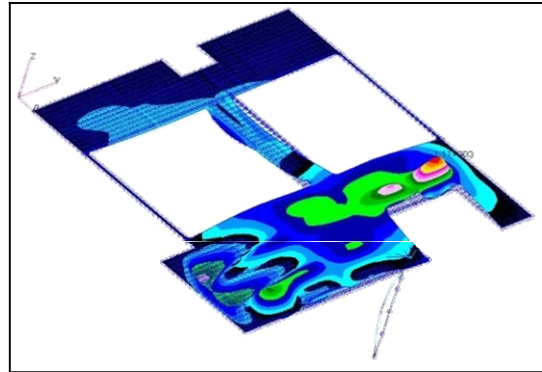


Fig. 5 The result after installing H-pillar

해 갑판 구조물의 보강재를 다양하게 변경하였으나 해석 결과 공진 회피 설계가 구현되지 않았으며, 고유진동해석 결과 고유치가 높게 나타나는 부분에 H-형강을 추가하여 해석한 결과, Fig. 5와 같이 고유진동수 상승으로 공진 회피 설계가 가능한 것으로 결과를 얻을 수 있었다.

4. 충격시험 및 시운전

본 해석 결과의 검증을 위해 H-형강 시공 전후의 대상 갑판 구조에 대한 충격시험을 실시하였으며, 상용 프로그램인 ME scope 을 통해 대상 갑판구조의 고유진동모드를 얻었다. 시험 결과는 각각 Fig. 6 과 Fig. 7, Table 3 에 나타내었다. 그리고 해석과 시험결과를 H-형강 시공전후로 비교할 경우 1 차 고유진동모드와 진동수가 거의 일치하므로 해석의 신뢰성을 확인 할 수 있었다.

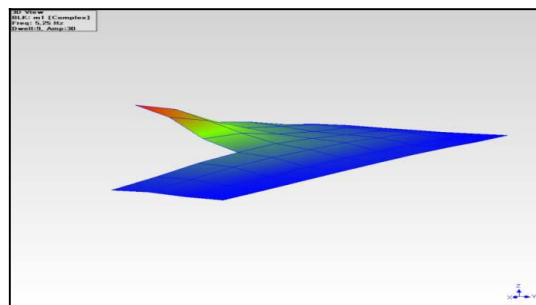


Fig. 6 The result of modal test before installing H-pillar

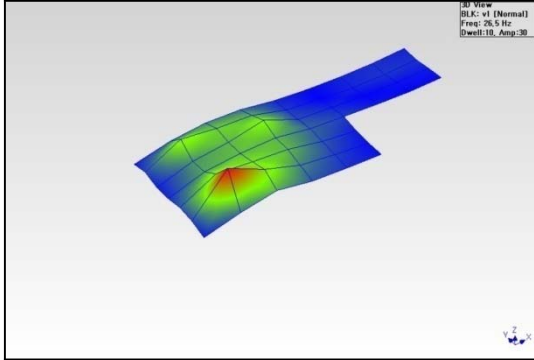


Fig. 7 The result of modal test after installing H-pillar

Table 3 The result of modal test

| | Fundamental natural freq. |
|-----------|---------------------------|
| H-형강 시공 전 | 5.2 Hz |
| H-형강 시공 후 | 26.2 Hz |

방진 대책으로 적용된 H-형강의 유효성의 최종 검증을 위해 대상선박(2,700TEU 컨테이너선)의 시운전 중 상세 진동계측을 실시하였으며 계측치는 6Hz 에 2.592mm/s 로 DNV 선급 기준 [4]에 만족한다. 그 결과는 Fig. 8 에 나타낸 바와 같다.

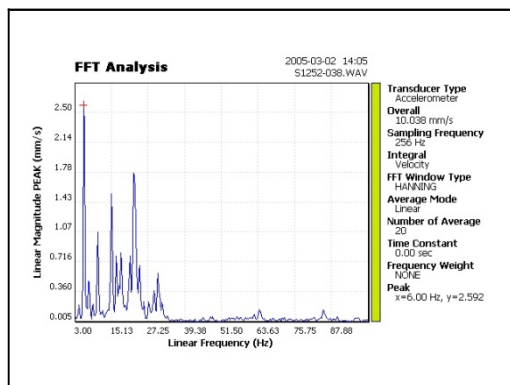


Fig. 8 The Vibration measurement results during sea trial (after installing H-pillar)

5. 결론

본 논문은 기관실 주기관외의 대형예비부품들이 설치된 기관실 개구부 갑판 구조물의 방진 설계 사례에 관해 기술하였으며 그 내용별 결과는 다음과 같다.

- 1) 기관실의 구획 설계 시 방진설계 측면에서 주기관 설치를 위한 기관실 개구부는 구조적 연속성을 가져야 한다.
- 2) 기관실 갑판의 끝단 모서리 부근에 주기관의 대형예비부품을 설치해야만 한다면 기관실 갑판 하부 구조 보강재의 치수 변경 및 추가만으로는 방진설계 측면에서 그 효과가 상대적으로 적은 것으로 판단되었다.
- 3) 기관실 개구부 갑판과 같이 진동 측면에서 취약한 부분에는 주기관의 대형예비부품을 한 개의 갑판에 집중 배치 하는 것을 가급적 지양하고, 각 갑판별로 분산 배치함이 적절한 방진설계의 기초가 될 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] 한국선급, 1997, 선박 진동소음 제어 지침
- [2] D.J.EWINS, 2000, Modal testing theory, practice and application
- [3] MSC.Nastran, 2005, Quick Reference Guide
- [4] DNV, 1995, Guidelines for vibration evaluation

