

액화천연가스운반선 모터/컴프레서 룸의 탑재 시 처짐에 대한 검토 사례 소개

오창민^{†*}, 장유수^{**}, 오동윤^{*}, 양진석^{*}

현대중공업 선체설계 1부^{*}
현대중공업 선체설계 3부^{**}

A Study for Deformation During the Erection of LNG Carrier's Motor/Compressor Room

Chang-Min Oh^{†*}, Yoo-Soo Jang^{**}, Dong-Yoon Oh^{*} and Jin-Seok Yang^{*}

Hull Design Dep' t 1, Hyundai Heavy Industries Co.,LTD.^{*}
Hull Design Dep' t 3, Hyundai Heavy Industries Co.,LTD.^{**}

Abstract

To improve productivity of the LNG carriers which are growing bigger and bigger, many researches are being carried out by shipyards. In this regard, we reviewed possible problems which could occur during the erection of 216K LNG carrier's motor/compressor room with all outfitings pre-installed.

As a first item, the weights of hull and outfitings were precisely estimated to make sure that the erection is carried out within yard's capability. In the next place, deflection and safety of the structure were verified by FEM analysis. As a result, the erection was finished successfully and yard's productivity was also improved.

This review is a good example which shows the importance of through study and preparation for improving yard's productivity which is already reached its limit.

※Keywords: Productivity(생산성), Erection(탑재), Pre-install(선행설치), Capability(능력), Deflection(처짐), Safety(안전)

1. 서론

전세계적으로 조선산업의 유례없는 호황 속에서 각 조선소에서는 엄청난 물량을 소화하기 위하여 설비를 확충하기도 하고, 설계개선 및

연구개발 등을 통하여 생산성을 향상 시키고 있다.

하지만, 생산설비를 확충하는 것은 시간과 여러 가지 주변 환경 요소로 인하여 제약을 많이 받고 있는 실정이다. 이로 인해 각 조선소에서는 보다 더 설계개선 및 연구개발에 박차를 가하고 있다.

[†]교신저자: crow@hhi.co.kr, 052-202-3629

각 조선소에서는 생산성 향상을 위하여 블록을 보다 대형화하고 있고, 이를 위해 충분한 사전 검토를 수행하고 있다. 이에 당사에서도 생산성 향상을 위하여 최근 대형화되고 있는 액화천연가스(Liquefied Natural Gas)운반선 모터/컴프레서 룸(Motor/Compressor Room) 내부의 모든 의장품 설치를 완료한 후에 모터/컴프레서 룸 전체를 한 번에 탑재하는 총조 탑재를 실시할 계획을 수립하게 되었고, 이를 무사히 수행하여 생산성 향상에 기여하기 위해 예상되는 문제점에 대하여 사전 검토를 수행하였다.

본 연구에서는 당사에서 건조한 216K 재화용적액화천연가스운반선 모터/컴프레서 룸 총조 탑재를 실시할 경우 발생할 수 있는 문제점에 대하여 검토하고자 한다.

2. 모터 / 컴프레서 룸

2.1 일반

모터/컴프레서 룸은 액화천연가스운반선을 포함한 액화 가스 운반선에서 운항 중 기화되는 화물을 재액화하거나 화물을 적재 또는 하역하는데 반드시 필요한 모터와 컴프레서를 비롯한 관련 의장품과 제반 파이프 및 밸브를 설치하기 위한 공간으로 액화천연가스운반선의 경우 트렁크갑판 상부에 위치하는 것이 일반적이다.

2.2 선체 구조

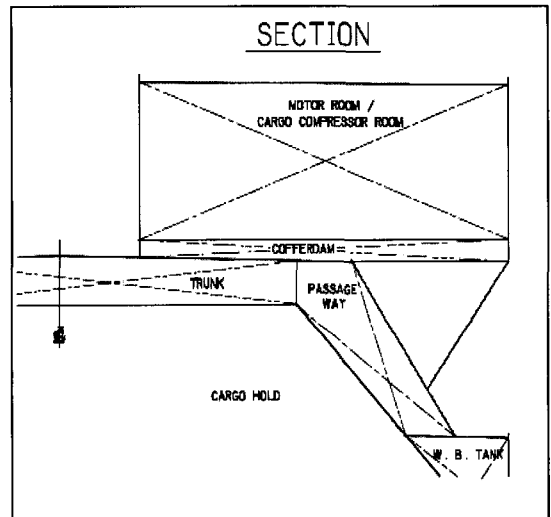
모터/컴프레서 룸 바닥과 선체의 트렁크갑판 사이에 코퍼댐이 존재하고, 룸은 카고 컴프레서 룸(Cargo Compressor Room)과 모터 룸(Motor Room)으로 분리되어 있다(Fig. 1, 2 참조).

2.3 의장품

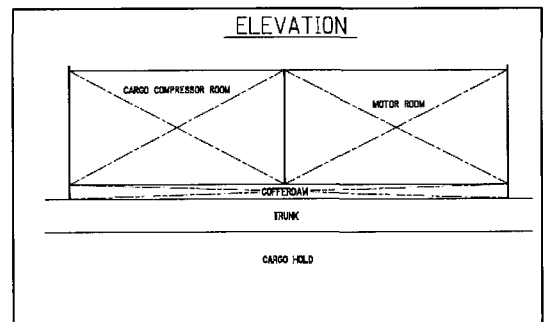
모터 룸에는 냉매 역할을 하는 질소의 순환을 위한 의장품이 설치되는데, 삼단 압축기(Three Stage Compressor)와 확장기(Expander)를 합친 질소 컴팬더 유닛(N2

Compander Unit), 질소 부스터 컴프레서/드라이어 유닛(N2 Booster Compressor/Dryer Unit) 등이 있다.

카고 컴프레서 룸에는 화물의 순환을 위한 의장품이 설치되는데, 극저온 열교환기(Cryogenic Heat Exchanger)와 LNG 액체 분리기(Liquid Separator)를 합친 콜드박스(Cold Box), BOG (Boil Off Gas) 컴프레서, H/D(High Duty) 컴프레서, LNG 펌프, 예냉기(Precooler), BOG 히터(Heater), H/D 히터, 배수 냉각기(Drain Cooler), LNG 기화기(Vaporizer) 등이 있다(KR 1998).



(a) SECTION



(b) ELEVATION

Fig. 1 Arrangement of motor/compressor room

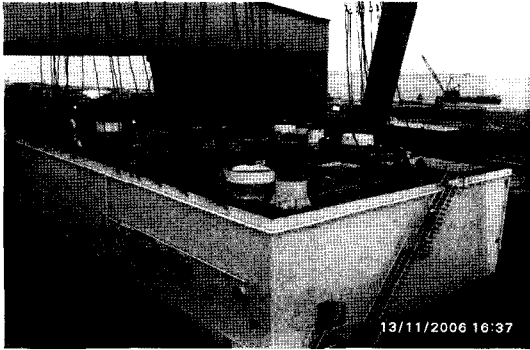


Fig. 2 Motor/Compressor room

3. 검토 사항

모터/컴프레서 룸 총조 탑재 시 발생할 수 있는 문제점은 생산설비와 구조물이 탑재 중량을 지탱하지 못하는 경우가 있다. 이에 모터/컴프레서 룸의 선체 중량과 의장품 중량을 정확히 산출하였다. 그리고 전산 구조 해석을 수행하여 구조의 처짐과 안전성에 대한 검증은 실시하였다.

3.1 생산설비

당사에서 보유중인 크레인의 최대 허용 중량은 900 톤이고, 선체 중량이 350 톤, 의장품 중량이 420 톤, 기타 지지대 및 작업 장비가 22 톤으로 구조물의 총중량은 800 톤 가량 된다. 이는 설계 단계에서 모터/컴프레서 룸의 구조와 배관을 단순히 하여 강재, 파이프, 지지대 등의 중량을 줄이려고 노력한 개선활동 결과이다. 그리고 중량물 배치는 전체 구조물의 무게 중심을 고려하여 배치하였다.

이것으로 현재의 생산 설비로 블록 총조 탑재가 가능하다고 판단된다.

3.2 구조해석을 통한 처짐 검토

3.2.1 개요

모터/컴프레서 룸 총조 탑재 시 구조의 강도 및 변형을 평가하기 위하여 모터/컴프레서 룸 구조를 유한 요소로 모델링하여 해석을

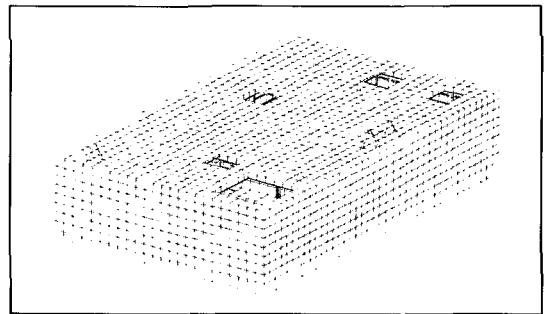
실시하였다.

유한 요소 해석을 위한 전후 처리기로서 MSC. Patran(MSC SOFTWARE 2005)을 사용 하였고, MSC. Nastran(MSC SOFTWARE 2005)를 이용하여 전산 구조 해석을 수행하였다.

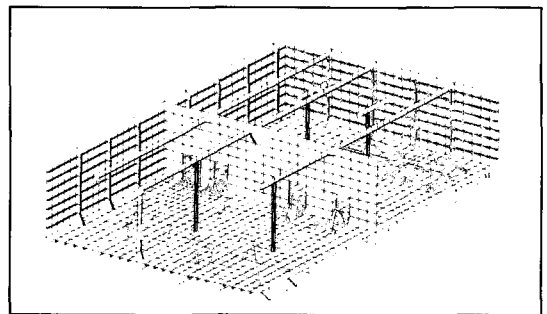
3.2.2 해석 범위와 물성치

해석 범위는 트렁크갑판 상부의 모터/컴프레서 룸 전체를 선택하였다. 사용된 요소는 2 차원 판 요소이며, 모델은 8000 여 개의 요소로 구성되었고, 요소의 크기는 900mm 를 기준으로 하였다(Fig. 3 참조).

선체 구조의 재질은 연강(Mild steel, 항복응력=235MPa) (DNV 2006)이 사용되었고, 탄성 계수는 207GPa, 프와송비는 0.3 이 적용되었다.



(a) Outside shape of Motor/Compressor Room



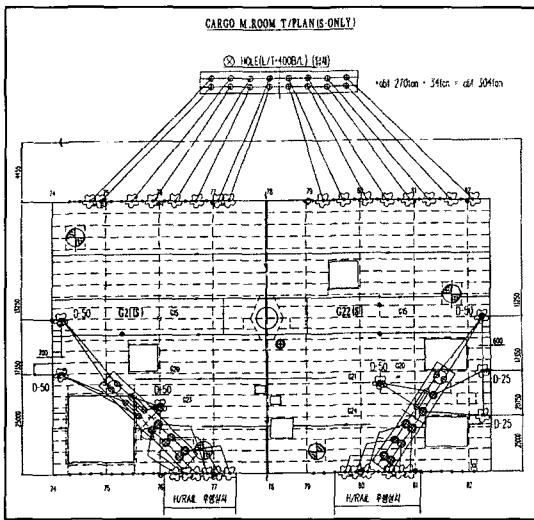
(b) Inside shape of Motor/Compressor Room

Fig. 3 Analysis model

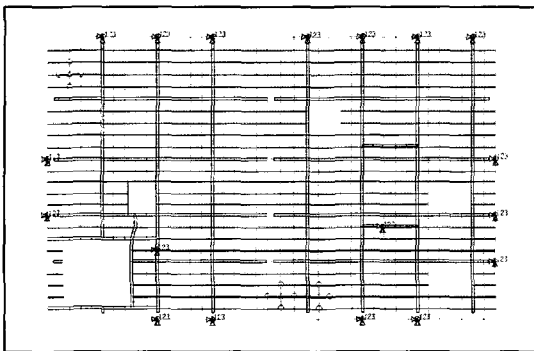
3.2.3 경계조건

모터/컴프레서 룸 상부 판에 배치되는 탑재용 러그 취부 지점에 대하여 모든 병진 변위는 구속하고 회전 변위는 구속하지 않았다. 러그 배치 도면과 경계조건은 Fig. 4 에 나타내었다.

탑재용 러그 취부 지점은 중량을 배치할 고려하여 전체 구조물을 크레인으로 들었을 때 한 쪽으로 치우치지 않도록 배치하였다.

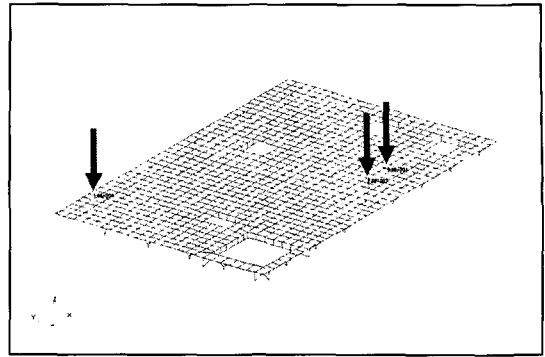


(a) Arrangement of lug

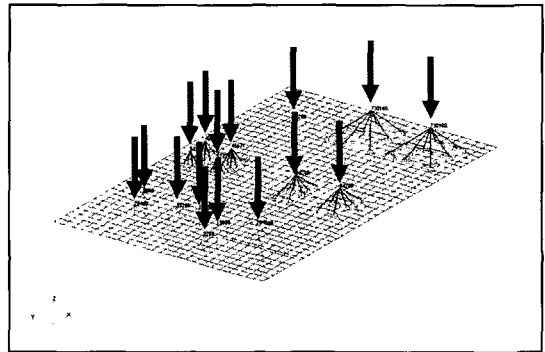


(b) Boundary of analysis model

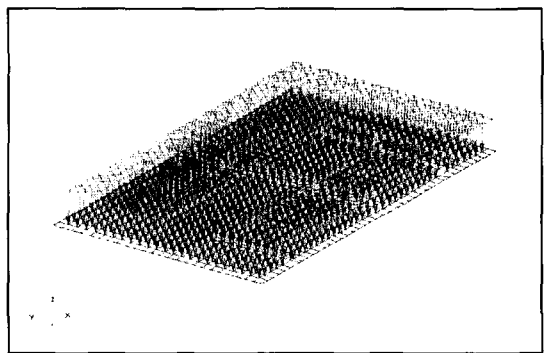
Fig. 4 Boundary condition



(a) Design load of auxiliary machinery on top of Motor/Compressor Room



(b) Design load of auxiliary machinery inside of Motor/Compressor Room



(c) Load of pipe, valve and outfitting (Motor/Comp. room bottom)

Fig. 5 Load application

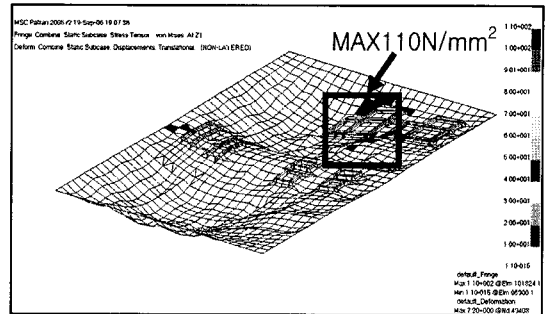
3.2.4 하중

모터/컴프레서 룸의 자중과 그 안에 설치된 각종 보기류 및 파이프의 설계 하중을 적용하였다(Fig. 5 참조). 자중은 중력 가속도와 철의 밀도를 각각 9810(mm/sec²) 및 7.85E-6 (kgf/mm³)로 하여 각 해석요소애 적용하였다.

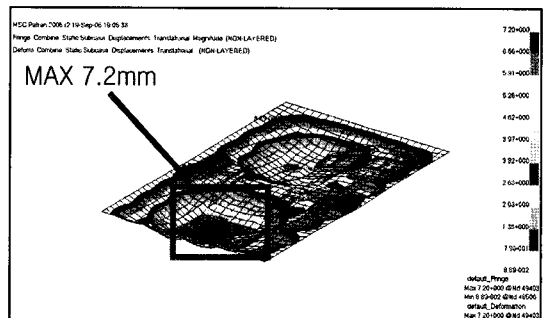
3.2.5 해석 결과

최대 변형량과 최대 응력(Von-Mises)값은 Table 1에서 보는 바와 같이 8.68mm와 110 N/mm²으로 예상되어 탑재 시 문제 없을 것으로 판단된다(Fig. 6, Table 1 참조).

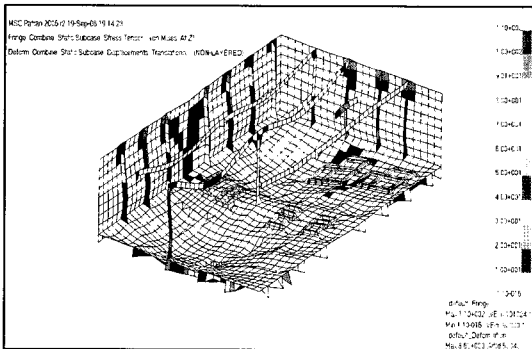
허용 응력(Equivalent Stress)은 DNV's Rules for Classification of Ships, Part 3 Chapter 1 Section 12, Direct Strength Calculations(DNV 2006)를 참고하였다.



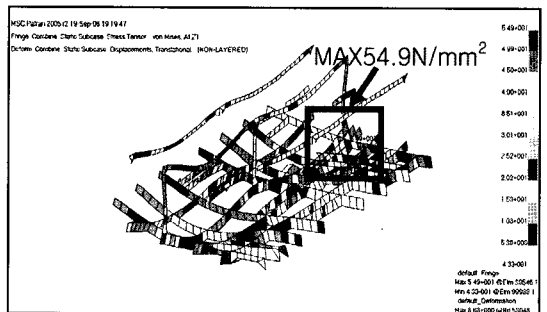
(c) Stress of bottom plate



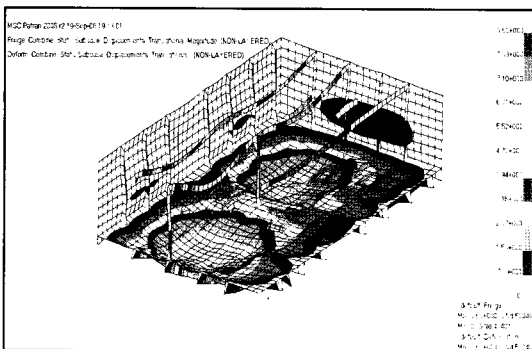
(d) Deformation of bottom plate



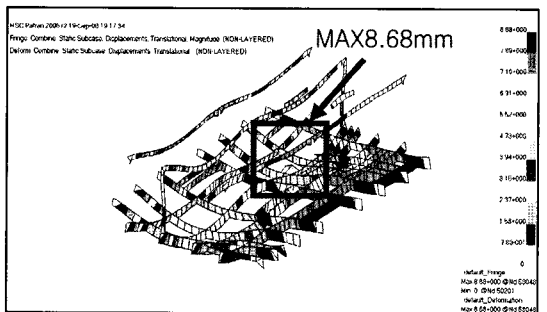
(a) Stress of motor/compressor room



(e) Stress under bottom plate



(b) Deformation of motor/compressor room



(f) Deformation under bottom plate

Fig. 6 Deformation and stress

Table 1 Max. deformation and stress
(Units : N/mm²)

Member	Material	Max. deformation (mm)	Max. stress	Allowable stress
Bottom plate	MILD	7.2	110	200
Structure under bottom plate	MILD	8.68	54.9	200

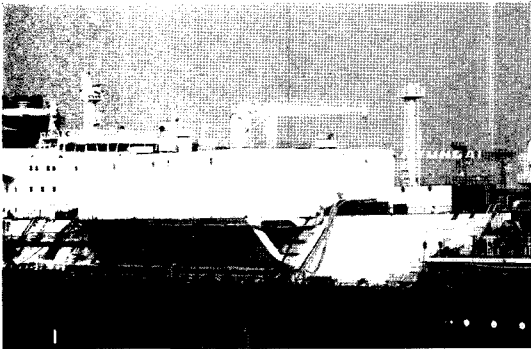


Fig. 7 Motor/Compressor room after erection

4. 업무 적용

당사에서 건조 중인 216K 액화천연가스운반선 4척에 대하여 모터/컴프레서 룸 총조 탑재를 실시한 결과 예상되었던 문제점은 발생하지 않았다(Fig. 7 참조). 그리고 탑재 시 변형이 의장품에 미치는 영향을 점검하기 위하여 탑재 후 선급 규정에 따라 카고 파이프에 대하여 질소를 사용한 압력/누수 검사(Pressure/Leak Test)를 96바(Bar)의 압력으로 실시하였으나 문제없이 완료하였다.

5. 결론

본 연구에서는 당사에서 건조 중인 216K

재화용적 액화천연가스운반선 모터/컴프레서 룸 총조 탑재를 실시할 경우 발생할 수 있는 문제점에 대한 검토를 실시하였다.

검토 사항으로써, 우선 조선소의 생산능력을 감안한 총조 탑재를 실시하기 위하여 모터/컴프레서 룸의 선체 중량과 의장품 중량을 정확히 산출하였다. 그리고 전산 구조 해석을 수행하여 구조의 처짐과 안전성에 대한 검증을 실시하였다.

이와 같은 검토 결과로 모터/컴프레서 룸의 총조 탑재를 무사히 수행하여 조선소의 생산성 향상에 기여할 수 있었다.

본 연구는 한계에 다다른 조선소의 생산능력을 감안할 때 생산성 향상을 위해서는 보다 철저한 검토 및 준비가 필요하다는 것을 보여주는 사례로서, 향후 유사한 업무에 참고가 되었으면 한다.

참 고 문 헌

- KR, 1998, 액화가스운반선의 기자재에 관한 지침.
- DNV, 2006, Rules for Classification of Ships.
- MSC SOFTWARE, 2005, MSC Reference Manual.



< 오 창 민 >



< 장 유 수 >



< 오 동 윤 >



< 양 진 석 >