

드릴십용 플레어 시스템의 설계승인을 위한 전산해석 절차[§]

최 주 형^{*†} · 허 태 옥^{**}

* 한국조선해양기자재연구원, ** 세보테크(주)

FEA Procedure for Design Certification of Drillship Flare System

Joo Hyoung Choi^{*†} and Tae Wook Heo^{**}

* Korea Marine Equipment Research Institute, ** Sebo-tech Inc.

(Received May 13, 2013 ; Revised June 3, 2013 ; Accepted June 3, 2013)

Key Words: Drillship(드릴십), Flare(플레어), Design Certification(설계 승인), Offshore Plant(해양 플랜트), Well(유정), Radiation(복사)

초록: 플레어 시스템은 해저 원유 시추 시 폐 가스 및 오일을 연소시키는 장비로 폐 연료 연소 시 발생하는 고 열원으로부터 선체, 장비 및 인명을 보호하기 위한 해양플랜트 기자재이다. 플레어 시스템은 유정 시험 장비 중의 하나로서 선급의 설계승인을 필수적으로 받아야 하는 주요 장비이다. 본 연구에서는 플레어 시스템의 설계 승인을 위한 작업 중 전산해석과 관련된 부분에 대해서 소개하고자 한다.

Abstract: The Flare system is the offshore plant equipment for protecting humans and equipments from high heat radiations of waste gas and oil burning. As Primary equipment of well test systems, the flare system is essential Class(DNV, ABS etc) design certification. Therefore, this paper is introduced to be related to computational analysis of flare system design certification procedure.

1. 서 론

플레어 시스템(Flare System)은 해저 원유 시추(drilling) 시 발생하는 불용성 가스 및 오일을 연소시키고, 이때 발생하는 고 열원을 차폐막 (Water Screen)으로 억제하여 선체, 장비 및 인명을 보호하기 위한 장비이다.

플레어 시스템은 반잠수(Semi-submersible) 및 잭업 리그(Jack-up Rig), 드릴십(Drillship) 등 시추작업을 하는 모든 해양플랜트 시추설비에 필수적으로 설치되어 운용되며, 각각의 시추설비에 따라 다양한 형태를 가지고 있다.

이러한 플레어 시스템은 유정 시험 시스템(Well test system)의 주요 장비(Primary equipment)로서 선급(DNV, ABS etc)의 설계 승인(Design Certification) 대상 기자재이다. 이러한 설계승인을 위하여 제출되는 자료는 아래와 같다.

- Project Specification
- Process Flow Sheets
- General Arrangement Plan
- Equipment Layout Drawings
- Area Classification Drawings
- Deck Structural Drawings

§ 이 논문은 대한기계학회 플랜트부문 2013년도 춘계학술강연회(2013. 6. 4.-5., 한국수자원공사 교육원) 발표논문임

† Corresponding Author, jhchoi@komeri.re.kr

- Burner/Flare Boom Structural Drawings
- Piping and Instrument Diagrams (P & ID's)
- Pressure Relief and Depressurization Systems
- Flare and Vent System
- Gas Dispersion and Radiant Heat Study
- Spill Containment and Drain Systems
- Equipment Documentation
- Piping Specification
- Electrical One-line Diagrams
- Instrumentation and Control Systems
- Firewater System
- Water Spray (Deluge) Systems for Well Test Equipment
- Foam Systems for Crude Storage Tanks
- Emergency Control Stations
- Portable and Semi-Portable Extinguishers
- Fire and Gas Detection and Alarm Systems
- Fire and Gas Cause and Effect Chart
- Arrangements for Storage Tank Venting and Inerting
- Operating Manual

위의 제출 자료를 위하여 플레어 시스템에 사용되는 재료와 용접 명세와 치수 그리고 강도 계산이 필요하며, 본 연구에서는 특히 플레어 시스템의 설계 승인을 위한 절차 중 강도 계산과 관련된 전산해석 부분에 대하여 소개하고자 한다.

2. 전산해석

2.1 하중조건

플레어 시스템은 기본적으로 3가지 종류의 하중이 지배적이다. 즉, 영구 하중, 환경 하중 그리고 열하중이다. 특히 환경 하중으로 풍하중과 웨이브 하중에 의한 가속도가 적용된다.^(1,7)

2.2 설계 조건

본 연구에서는 서비스 수명 동안의 주요 설계 조건이 고려되었으며, 해석 조건은 다음 설계조건들을 따르게 된다.^(1,7)

- Ultimate Limit State(ULS(a), ULS(b))
- Serviceability Limit State(SLS)
- Accidental Limit State(ALS)

2.3 전역 해석(Global Analysis)

전역 해석의 목적은 플레어 시스템 중 메인 붐 구조물의 구조 안정성을 평가하는 것이다. 전역 해석의 절차는 2.1절의 하중조건 및 시스템에 적용되는 변위경계조건을 2.2절의 설계조건에 따라 평가하는 것이다.

Fig. 1은 메인 붐 구조물, 붐 레스트(boom rest), 파운데이션(foundation) 등 전체 플레어 시스템을 나타내고 있다.

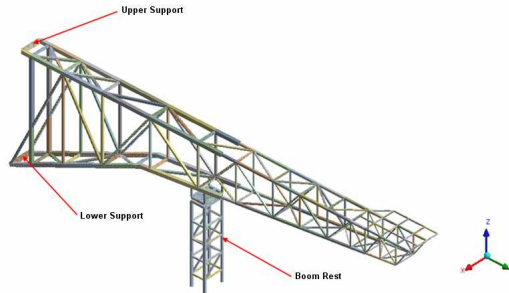


Fig. 1 3D model of flare boom

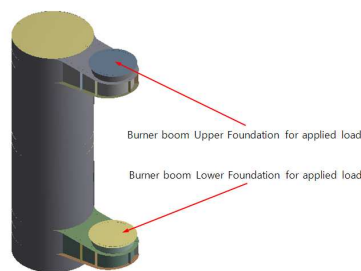


Fig. 2 3D model of pedestal

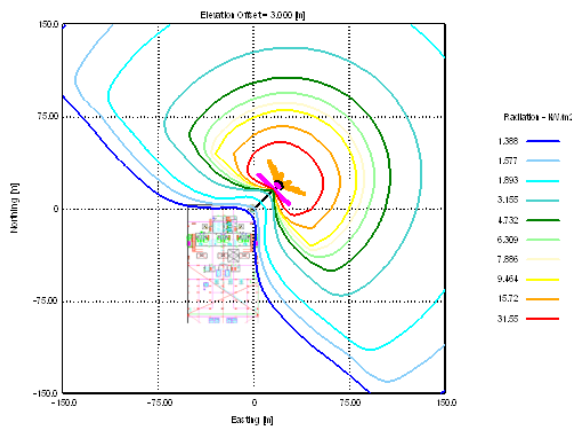


Fig. 3 Heat radiation distribution

2.4 국부 해석(Local Analysis)

국부해석의 목적은 플레어 시스템 중에서 상세한 구조물의 응답이 요구되는 부분에 대한 정확한 구조 안정성을 평가하기 위한 것이다. 국부해석이 적용되는 부분은 메인 구조물과 직접적으로 연결되는 상하 파운데이션, 선체와 메인 붐 구조물을 연결하는 페데스탈(pedestal)이다. 국부해석의 절차는 전역해석을 통해 추출된 파운데이션 위치에서의 반력(reaction force, moment)을 국부모델의 경계조건으로 적용한다.

Fig. 2는 파운데이션을 나타내고 있다.^(1,7)

2.5 복사열 해석(Heat Radiation Analysis)

본 해석의 목적은 유정 시험(well test) 동안에 버너에 의해 발생하는 복사열(heat radiation)을 계산하고, 워터스프레이 시스템(water spray system)에 의한 열 차폐 성능을 검증하기 위함이다. 복사열 해석은 하루 동안 생산되는 원유 및 가스의 양, 대기 온도, 습도 등의 입력 데이터를 적용하여 복사열 및 온도 구배를 계산하고 드릴십 등의 위치별로 복사열 및 온도 값을 도출한다.

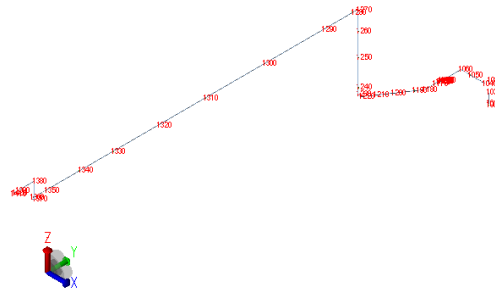


Fig. 4 Analysis model of pipe line

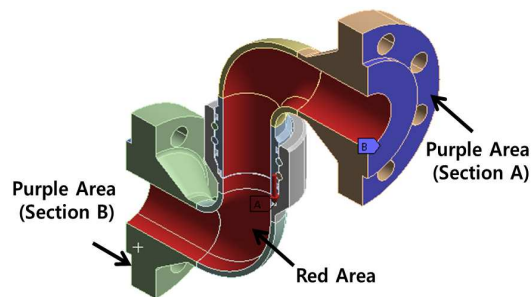


Fig. 5 3D model of swivel joint

Fig. 3은 드릴십의 플레어 시스템을 작동시킬 때 발생하는 복사 열 분포를 나타내고 있다.⁽⁵⁾

2.6 파이프 해석(Piping Analysis)

본 해석의 목적은 플레어 시스템에 부착된 여러 가지 유체를 이송하는 파이프의 구조 안정성을 검증하기 위함이다. 파이프 내부를 흐르는 유체의 최대 압력을 파이프 내부에, 각 고정 위치에 변위 경계조건을 적용하여 파이프의 강도를 ASME B31.3 code⁽⁶⁾에 따라 평가하게 된다.⁽³⁾

Fig. 4는 경계조건인 적용된 파이프 해석용 모델을 나타내고 있다.

2.7 스위벨 조인트 해석(Swivel Joint Analysis)

스위벨 조인트는 플레어 시스템을 회전시킬 때 파이프라인의 손상을 막기 위하여 파이프라인 사이의 회전 역할을 담당한다. 본 해석의 목적은 스위벨 조인트의 구조 안정성을 평가하기 위함이다. 스위벨 조인트의 설계 검토는 파이프라인에 작용하는 최대 설계 압력을 내부에 적용하고, ASME B31.3 code⁽⁶⁾와 WSD(Working Stress Design) code⁽²⁾에 따라 평가하게 된다.

Fig. 5는 경계조건인 적용된 파이프 해석용 모델을 나타내고 있다.

2.8 설계 기준(Design Criteria)

플레어 시스템의 강도를 계산하기 위한 허용 응력과 처짐량은 선급에 따라 LRFD(Load and Resistance Factor Design)⁽¹⁾ code와 WSD(Working Stress Design)⁽²⁾ code에 따라 평가하게 된다.

3. 결 론

해양플랜트의 유정 시험 장비 중 플레어 시스템에 대한 선급 설계 승인과 관련된 전산해석의 종류 및 절차에 대하여 살펴보았다.

해양플랜트에 탑재되는 장비는 설계 승인을 받기 위하여 다양한 해석을 통한 구조안정성에 대한 검증

을 요구한다. 이를 위하여 장비의 규격과 특성에 맞는 선급 룰(rule)^(1,4-7)의 이해와 전산해석 능력이 필요함을 알 수 있었다.

참고문헌

- (1) DNV-OS-C101., 2008, "Design of Offshore Steel Structures, General (LRFD method)," DNV.
- (2) DNV-OS-C201., 2012, "Structural Design of Offshore Units(WSD Method)," DNV.
- (3) DNV-RP-D101., 2008, "Structural Analysis of Piping System," DNV.
- (4) ABS., 2011, "Buckling and Ultimate Strength Assessment for Offshore Structures," ABS.
- (5) API., 2008, "API Recommended Practice 521," API.
- (6) ASME B31.3., 2010, "Process Piping," ASME.
- (7) AISC., 2005, "Specification for Structural Steel Buildings," AISC.