

# LNG 플랜트용 Cold box 구조건전성 평가

## Structural Integrity Evaluation for Cold box of LNG Plant

\*전우진<sup>1</sup>, #조종태<sup>2</sup>, 박진성<sup>1</sup>, 김광수<sup>3</sup>, 박승하<sup>3</sup>

\*J.W. Jeon<sup>1</sup>, #J.R. Cho<sup>2</sup> (Cjr@hhu.ac.kr), J.H. Jang<sup>3</sup>, I.D. Choi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>한국해양대학교 대학원 기계공학과, <sup>2</sup>한국해양대학교 기계·에너지시스템공학부, <sup>3</sup>동화엔텍(주)

Key words : LNG, Cold box, Structural integrity

### 1. 서론

LNG플랜트와 관련된 주요 기자재 생산기술의 국산화는 국내 여러 기업에 의해 시도되고 있으며 경제적 과급효과가 매우 큰 분야이지만 그 설계 기술은 아직 많은 부분 해외에 의존하고 있다. 본 논문에서는 LNG 액화공정의 생산능력 5MTPA와 트레인 효율92%에 부합되는 열교환기의 설계기술 개발을 목표로 열교환기와 Separator가 장착된 cold box에 대하여 유한요소해석을 이용하여 그 구조건전성을 평가하였다. 운전 중에 직면할 수 있는 여러 하중을 신뢰도 높은 규격 및 Code기준을 근거로 계산하였으며 각각의 조건을 부여하여 해석을 수행하였다. 또한 운전 중 복합 하중에 대해서 ASME code기준에 따라 구조건전성을 평가하였다.

### 2. Cold box 구조해석

해석 시간의 단축과 효율적인 평가를 위하여 쉘 요소를 사용하였으며 Fig. 1은 유한요소해석을 위한 쉘 모델과 F.E 모델을 보여주고 있다.

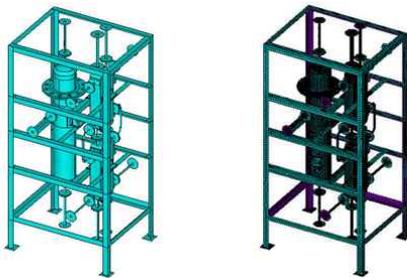


Fig. 1 Cold box model

#### 2.1 Nozzle load에 대한 구조안전성 해석

Nozzle에 대한 API Standard 하중은 Table 1과 같으며 각 nozzle에 동시에 적용하여 건전성을 평가하였다.

Table 1. API Nozzle load Standard

Moments ( N-m)			Force ( N)		
Mx	My	Mz	Fx	Fy	Fz
110	150	110	670	1020	670

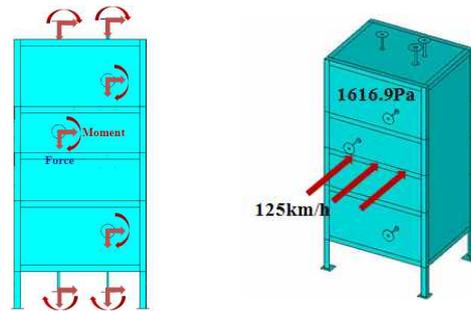


Fig. 2 Nozzle & wind load condition

#### 2.2 Wind load 에 대한 구조안전성 해석

UBC-97기준에 의한 형상계수와 풍속을 적용하여 아래와 같이 풍압을 구하였다.

$$P = C_e C_q q_s I = 1.39 \times 1.4 \times 722.5 \times 1.15 = 1616.9 \text{ N/m}^2$$

$C_e$  : 1.39 (Gust factor)

$C_q$  : 1.4 (Shape factor)

$q_s$  : 722.5 (Wind stagnation pressure)

$I$  : 1.15 (Importance factor)

#### 2.3 Seismic load에 대한 구조안전성 해석

UBC-97기준에 의한 Zone4로 가정하였으며 모달 해석결과 1차 고유주파수가 27.4Hz 였으며 이는  $T < 0.06 \text{ sec}$ 이므로 아래 식을 사용하여 내진해석에 사용될 가속도를 결정하였다. 계산된 가속도는 X, Y, Z 세 방향에 대해 모두 적용되었다.

$$F = \frac{0.7 C_u I W_0}{1.4} = \frac{0.7 \times 0.832 \times 1.25 W_0}{1.4} = 0.52 W_0$$

$0.52 W_0 = 0.52g$   
 $C_v : 0.832$  (From UBC97 table)  
 $I : 1.25$  (Important factor)

### 2.4 Pressure load에 대한 구조안전성 해석

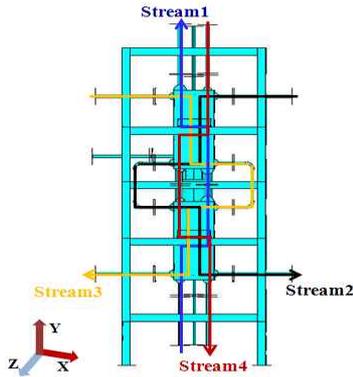


Fig. 3 Pressure condition

Table 3은 각 Stream 별 압력이며 ASME 코드상의 평가기준 적용을 위해 0.9P<sub>MAX</sub> 값을 계산하였다.

**Table 3 Pressure of streams**

	stream1	stream2	stream3	stream4
Pressure (bar)	5	61	61	70
0.9P	4.5	55	55	63

### 2.5 Operating condition 대한 구조안전성 해석

ASME코드에서 제시하는 운전 중 복합하중 조합은 Table 4와 같으며 두 가지 조건에 대해 해석을 수행하였다.

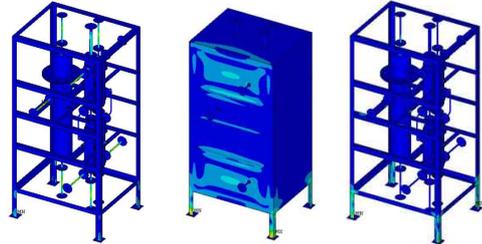
**Table 4 Operating condition**

case1	P+D+N	P: Pressure D: Dead weight N: Nozzle load
case2	0.9P+D+N+W	W: Wind load

### 3. 구조해석 결과

	von Mises stress (MPa)	ASME code limits (MPa)
Nozzle load	148.8	345
Wind load	13.3	
Seismic load	31.28	
Pressure load	153	
Case 1	173.9	
Case 2	145	

### Nozzle load Wind load Seismic load



Max. Stress : 148.8MPa

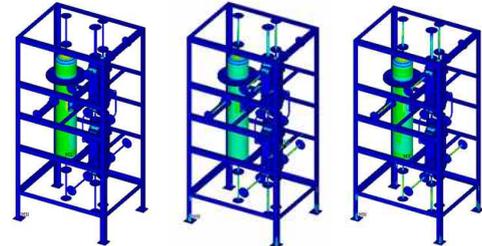
Max. Stress : 13.3MPa

Max. Stress : 31.28MPa

### Pressure load

### Case1

### Case2



Max. Stress : 153MPa

Max. Stress : 173.9MPa

Max. Stress : 145MPa

Fig. 4 Analysis Results

### 4. 결론

LNG 플랜트에서 사용될 Cold box에 대해 여러 환경 조건과 더불어 운전조건에서의 건전성과 거동을 유한요소해석을 통해 평가하였으며, 그 결과는 아래와 같다.

1. Nozzle load, Wind load, Seismic load, pressure 를 각각 적용한 결과 ASME code기준 허용을 만족하여 구조건전성을 확인하였다..

2. Operating condition Case1과 Case2 조건에 대해 ASME code기준 허용을 만족하여 구조건전성을 확인하였다.

3.Nozzle load와 Pressure load에 의해 Separator 와 Nozzle 사이에 최대응력이 발생하며, 다른 운전조건이 적용 될 경우는 관심 있게 검토할 필요가 있다.

### 후기

본 연구는 국토해양부 가스플랜트 사업단의 연구비지원에 의해 수행 되었습니다.