

LNG Tank용 넘침방지 센서의 구조 안전성 평가 Evaluation for overflow prevention sensor structural safety of LNG Tank

*백승걸¹, #박영철¹, 김승규¹, 이재혁¹

*S. K. Baek¹, #Y. C. Park(parkyc67@dau.ac.kr)¹, S. G. Kim¹, J. H. Lee¹

¹동아대학교 기계공학과

Key words : FEM, Titanium, Cryogenic liquid sensor, safety

1. 서론

우리나라는 세계 조선시장의 1 ~ 2위를 다투는 조선강국이지만, 고부가가치 선박의 주요 기자재는 대부분 유럽 및 일본등 조선 분야 선진국에서 그 기술을 선점하고 있다. 국내 조선기자재 관련업체도 국산화를 위해 제품개발에 나서고 있으나, 기술수준이나 제품의 신뢰도가 낮아 경쟁력을 갖추지 못하고 있다. 이러한 이유로 국내 조선 및 해양 플랜트 산업 분야에서 외국 기자재에 대한 의존도가 높은 실정이다. 이에 연구에서는 대형선박 및 FPSO에 설치되는 초저온 액화 넘침 방지 경보 시스템의 센서 원천 기술을 개발하고자 한다. 초저온용 경보 센서에 사용되는 각종 부품에 대한 국산화를 통해 관련 분야 설계 및 해석 기술을 확보하고 나아가 조선 기자재 분야의 제품 신뢰도를 높일 수 있도록 하고자 한다.

2. 초저온 액화 넘침 방지 경보 센서의 구조 안전성 평가

초저온 액화 넘침 방지 센서의 구조 안전성을 검토하기 위하여 FEM을 이용한 열-구조의 연성해석을 수행, 실제 유동의 흐름이나 액화 LNG의 접촉이 거의 없기 때문에 유동-열-구조 연성해석이 아닌 열대류경계조건을 사용한 열-구조 연성해석을 선택하였다. 해석의 정밀도를 높이기 위한 LNG탱크 등의 주요부품을 모델링하여 열-구조 연성해석을 수행하였다.

초저온 액화 넘침 방지 시스템의 외부는 일반 대기(22℃) 상태이고, 시스템 내부는 최저 -163℃의 초저온의 액화 LNG가 채워져 있으므로 초저온 액화 넘침 방지 시스템의 온도분포 차이에 의해 초저온 액화 넘침 방지 시스템의 주요 부품에 열하중이 발생한다. 이로 인한 초저온 액화 넘침 방지

시스템에 열응력 발생이 예상되고, 안전성 확보를 위한 열대류조건을 적용한 열 해석은 필수적이다.

따라서 본 연구에서는 양호한 인성과 강도 및 가공성, 내식성을 가지는 SUS316L과 Titanium의 재료 선택 하였다.

2.1 센서구조 및 모델링

Fig. 1은 초저온 액화 넘침 방지시스템의 3D모델링을 나타낸 것이다. 초저온 액화 넘침 방지 시스템의 주요 부위로는 크게 Magnetic Sensor가 내장된 Float부, 시스템 배선과 구조물을 지탱하는 Flange부, Monitoring System 작동여부를 확인하기 위한 연결부의 누설방지를 위한 실링부로 이루어져 있다. 또한, 불필요한 홈이나 나선 등은 해석 수행시 영향을 주는 부분이 아니라 사료되며 부분에 한해 원형으로 간략화 하여 모델링을 수행하였다.

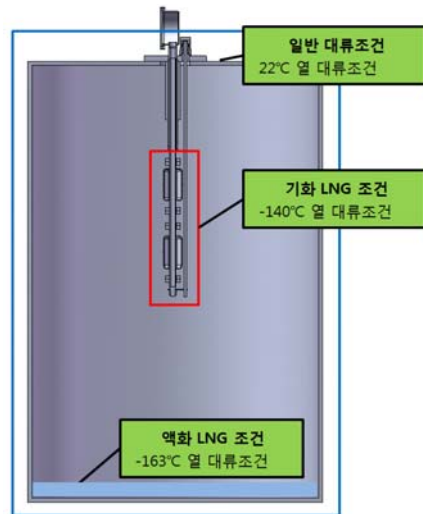


Fig. 1 3D modeling of overflows cryogenic liquid sensor

2.2 전체 모델의 열-구조 연성해석

초저온 액화 넘침 방지 센서의 열-구조 연성해석에 적용된 온도 분포에 따른 열팽창계수와 탄성계수를 Table 1에 나타내었다.

Table 1 Coefficient of Thermal Expansion/ Isotropic Elasticity

| Temperature(°C) | Coefficient of Thermal Expansion(1/°C) | Young's Modulus(MPa) |
|-----------------|--|----------------------|
| -250 | 1.05E-05 | 213750 |
| -225 | 1.15E-05 | 212350 |
| -200 | 1.25E-05 | 210750 |
| -175 | 1.315E-05 | 208800 |
| -150 | 1.365E-05 | 207750 |
| -125 | 1.4E-05 | 206250 |
| -100 | 1.44E-05 | 204750 |
| -75 | 1.475E-05 | 203200 |
| -50 | 1.5E-05 | 201650 |
| -25 | 1.525E-05 | 199500 |
| 0 | 1.6E-05 | 198000 |
| 25 | 1.71E-05 | 196500 |

이를 통해 비선형성 물성치를 설정하여 보다 정확하고 실제와 유사한 환경을 제공함으로써 열-구조 연성해석의 정확성을 향상시켰다.

초저온 액화 넘침 방지 센서의 전체 모델에 대한 해석 수행 결과를 나타내고 있다. 초저온 액화 넘침 방지 시스템의 응력분포는 Fig 2에서 보는 바와 같고, 최대응력 및 응력집중은 플랜지부에서 발생하는 것을 확인할 수 있다.

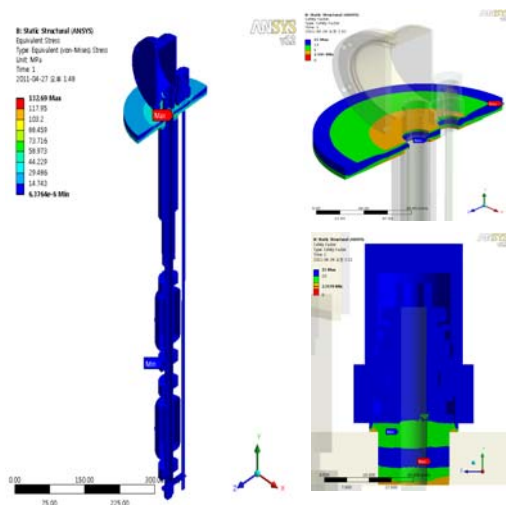


Fig. 2 Stress and Sealing / Flange safety

초저온 액화 넘침 방지 센서 구조는 2중 알람 시스템으로 구성되며, 총 2개의 Float이 설치되어 있다. 이 때 Fig 3은 응력 및 변형률 분포를 살펴보면 2개의 응력 및 변형률 분포가 다른 것을 확인할 수 있는데, 이는 시스템 상단으로 갈수록 온도차에 의한 열하중이 커지기 때문으로 사료된다.

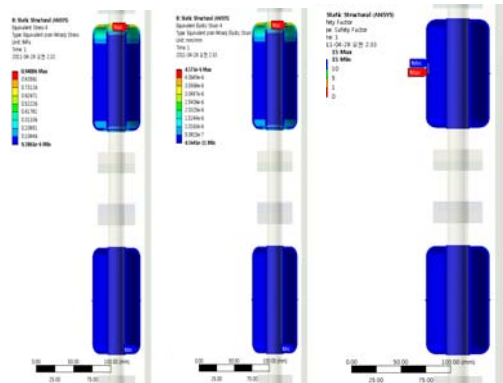


Fig. 3 Stress and strain and Float safety

4. 결론

여기에 최대응력 및 최대변형률은 초저온 액화 LNG로 충전된 Tank와 맞닿는 Flange부에서 발생하였으며 그 값은 132.69MPa, 0.00067039 mm/mm로 나타났고, 이 때 최소안전율은 1.54로 구조적으로 안정함을 확인할 수 있었다.

아래의 Table 2는 열 해석에 대한 주요 부품의 응력과 안전율에 대한 정보를 나타낸 것이다.

Table 2 The stresses and safety components Comparison

| Part | Max stress(MPa) | Max strain | Safety |
|---------|-----------------|------------|--------|
| Flange | Flange 부 | 213750 | 1.545 |
| Sealing | Sealing 부 | 212350 | 2.3579 |
| Float | Float 부 | 210750 | 15 |

후기

본 연구는 지식경제부 지정 고기능성 밸브 기술 지원센터(RIC)의 지원으로 수행되었음.

참고문헌

1. PHILIP L. SKOUSEN저 박한영, 정태희 역 밸브 핸드북 VALVE HANDBOOK SECOND EDITION