

LNG선 Manifold Platform 재질에 대한 고찰

김 봉 옥 <현대중공업(주) 부장>

장 해 주 <현대중공업(주) 차장>

김 점 수 <현대중공업(주) 과장>

1. 서 언

LNG의 선적 및 하역용으로 양현 중앙부에 각각 설치되는 LNG의 MANIFOLD 구조에 있어 LNG의 선적 또는 양하시 Manifold Deck 상에 있는 연결관내의 LNG가 밸브를 통해 누설되어 코밍(coaming)내에서 자연증발 되는 동안, 누설된 저온 LNG가 Deck 부재에 큰 영향을 미치게 된다.

따라서 누설된 LNG의 최대 증발시간 및 Manifold Platform 각 부분에 미치는 온도, 영향등을 종합적으로 검토하여 부재재질의 효과적인 선정을 기해야 할 것이다.

여기서는 당사가 국내 최초로 건조한 바 있는 Single Loading System LNG선의 Manifold platform에 있어 현업 실적용을 중심으로 고찰해 보고자 한다.

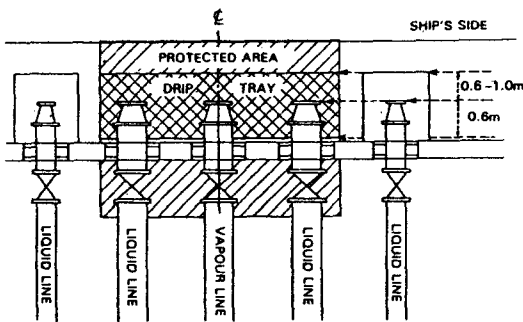


Fig. 1 Manifold arrangement of single loading system

2. LNG 누설조건에 대한 Platform Deck의 온도 영향 검토

2.1 Manifold 관련 규정 및 실적선 적용결과

Single Loading System의 Manifold 배치를 보면 4개의 Liquid Line과 1개의 Vapour Line이 있는데 LNG의 선적 또는 양하시 기지의 3개 로딩암(Loding Arm)과 본선 Manifold 연결관의 ESD 밸브사이에서 이상이 발생시 비상밸브 폐쇄후 잔류 LNG가 누설된다.

Manifold Deck 상에 누설된 LNG의 초기온도를 -158°C , 외기온도를 -18°C 로 가정할때 이러한 큰 온도차에 견딜 수 있는 Deck 및 그 하부구조의 재질이 검토 되어야 한다. 이에 대해서는 1977년 설립된 OCIMF [OIL Companies International Marine

Forum]의 규정에 따르도록 되어 있으며, 구체적으로 Manifold flange, support 및 Valve 등은 국제 해상기구인 I.M.O(International Maritime Organization)내의 I.G.C CODE(International Gas Carrier Code)에 규정되어 있다. 이들 규정에 의하면 Plate의 두께가 25mm 이하이고, 설계온도가 $\text{min}-165^{\circ}\text{C}$ (LNG- 163°C)일때는 304, 304L, 316, 316L 등의 오오스테나이트 스테인레스 스틸(Austenitic stainless steel)을 사용하게 되어 있다. 이중 당사가 건조한 바 있는 MOSS형 LNG에서는 SUPPORT를 포함한 Manifold platform 구조일체에 SUS 304를 적용하였으나, (이는 용접중 Carbide 침전 방지용으로 기본 합금인 SUS302의 탄소 함유량을 줄인 것임) 스테인레스강인데도 불구하고 Deck 상에 녹아 발생되어 도장 시공을 한 바 있다. 따라서, 극저온 상태의 LNG가 누설되는 Manifold platform 각 부분의 재질을 보다 효과적으로 재선정하여 적용할 필요성이 대두되었다.

2.2 Manifold Platform 각 부재의 온도 영향 검토

LNG의 선적 또는 양하시 Platform Deck 상에 있는 연결관내의 잔류 LNG가 밸브를 통하여 누설되어 Deck 상면 Coaming에 떨어지게 되고, 이때 증발을 돕기 위한 물이 Coaming에 전혀 분사되지 않은 상태로 LNG가 균일하게 분포되면 Platform Deck 및 주의 부재는 저온의 LNG에 의해 온도 강하가 초래된다. 따라서 일정한 누설조건 즉, Coaming에 물이 공급되지 않는 최악의 상태에서 누설 LNG가 주위 부재로부터 열을 받아 Coaming에서 완전히 증발하는데 걸리는 시간과 저온 LNG가 영향을 미치는 각 부분의 온도 분포를 파악함으로써, Platform 주위의 부재등급을 결정할 수 있겠다. 먼저, LNG 누설조건을 보면 (가정)

- 최대 누설량(3개의 Manifold 연결관): 2.046m³
- 외기온도: -18℃
- Deck 상에 누설된 LNG의 초기온도: -158℃
- Coaming의 측면판 평균온도: -130℃
- Coaming 면적에 균일 분포시 높이: 18.13mm
- Deck상의 Water Pool이나 Spray Water의 영향은 없는 것으로 간주

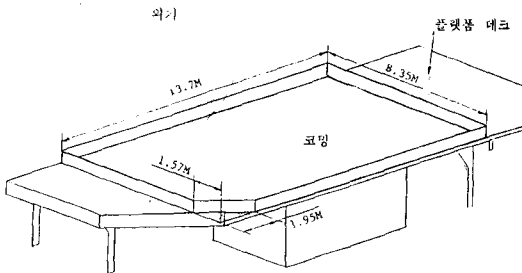


Fig. 2 Coaming이 설치된 Platform deck 형상

이상의 조건에 대해 당사 연구소의 계산결과 3개의 Manifold 연결관에서 Coaming에 누설된 Max. 2.046m³의 LNG가 Coaming 하부와 측면을 통해 전달되는 열에 의해 완전히 증발하는데 걸리는 시간은 약 40분이 소요되는 것으로 나타났다. 또한, LNG가 초기에 -158℃로 시작하여 시간경과에 따른 온도 분포의 변화는 Fig.3.1, 3.2에서 볼 수 있다. 그림과 같이 시간이 경과함에 따라 LNG가 증발된후 Deck의 최저온도는 급격히 상승함을 알 수 있다.

이러한 시간경과에 따른 온도 변화 곡선을 Fig.4에 도시하였는데 실제 시간이 아닌 무차원 시간에 대한 것이므로 온도상승의 경향만 파악할 수 있다.

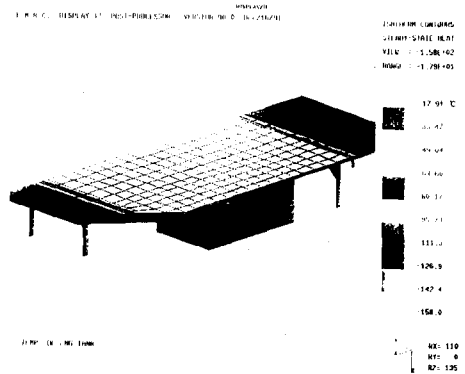


Fig. 3.1 Platform deck 및 지지부의 온도분포

구분	온도									
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
무차원 시간경과	-117	-106	-95.1	-84	-73	-61.9	-50.9	-39.8	-28.7	-17.7
	-88.4	-80.6	-72.7	-64.9	-57	-49.2	-41.3	-33.5	-25.6	-17.8
	-64	-28.8	-53.7	-48.6	-43.5	-38.4	-33.2	-28.1	-28.1	-17.9
	-33.2	-31.5	-29.8	-28.1	-26.4	-24.7	-23	-21.3	-19.6	-18
	-23	-22.5	-21.9	-21.3	-20.8	-20.2	-19.7	-19.1	-18.5	-18
	-18.6	-18.5	-18.4	-18.4	-18.3	-18.2	-18.2	-18.1	-18.1	-18
	-18	-18	-18	-18	-18	-18	-18	-18	-18	-18

Fig. 3.2 시간경과에 따른 비정상 온도 분포

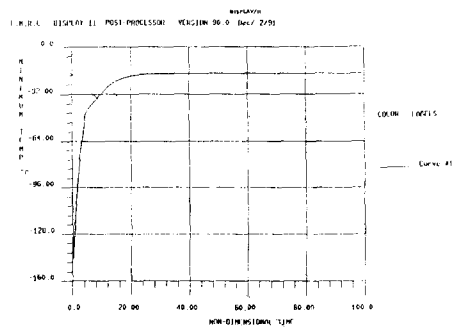


Fig. 4 시간경과에 따른 최저온도의 변화곡선

또한, LNG에 의해 Deck상부가 -158℃로 일정하게 유지될때 Platform Deck를 지지하고 있는 하부 지지판(Pillar)에 전달되는 온도 분포를 특정 부위별로 살펴보면 Fig.5에서 보는 바와 같다.

그림에서 보는 바와 같이 지지판에 대한 누설된 LNG의 저온 영향은 상부용접 연결부에서 Deck두

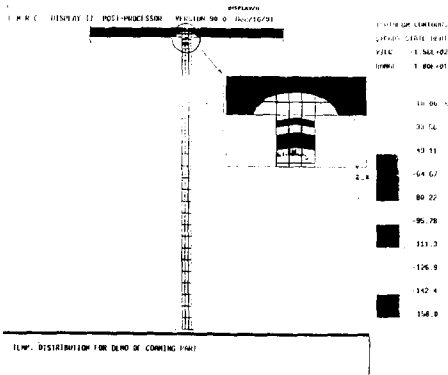


Fig. 5 임의 지지판에서의 온도분포

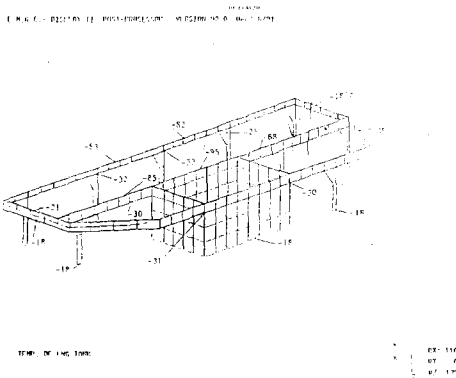


Fig. 6 지지판 및 주의 부재의 온도값

계만큼 크게 미치는 것으로 나타났고, 그 이하의 지지부에는 최저온도가 -30°C 전후보다 낮아지지 않음을 알 수 있다.

3. Manifold Platform재질의 효과적 적용

이상과 같은 연구결과에 따르면 Manifold Deck 상에 누설된 저온 LNG의 영향을 대략 Deck 두께만

큼만 하부 지지대(Pillar)에 직접적인 영향을 미치므로, 이를 제외한 부분에는 스테인레스강(Stainless steel)을 사용할 필요가 없는것으로 나타났다. 따라서 이미 건조한 LNG선에서 Platform Deck, Coaming 및 하부지지대(Pillar)의 재질을 모두 S-stainless steel(SUS 304)로 적용하던 것을, Deck 및 Coaming Plate에만 녹방지를 고려하여 SUS 304 보다 우수한 SUS 304L을 사용하고 이외는 I-ACS 규정에 의해 상기결과에 해당하는 "B" Grade 이상의 steel을 사용하기로 하였다. 아울러 Deck와 하부 지지대의 연결부는 SUS-Steel용 반자동 용접봉을 사용하나 용접시 화기로 인해 Deck Plate 하부의 산화막이 손상되므로 이 부분의 도장 시공은 불가피할 것으로 보인다. 이로써 LNG선 Manifold platform 제작에 소요되는 자재비및 용접등에 소요되는 공수가 크게 절감되는 효과가 기대된다.

4. 결 언

끝으로 여러 GAS선 중에서도 선박의 꽃이라 일컫는 LNG선을 2호선까지 성공리에 건조한 경험을 토대로 본 현장논단과 같은 요소별 기술을 보다 활발히 개선, 축적하여 향후 고부가가치선의 건조 증가에 대비한 지속적인 발전을 기대해 본다.

참 고 문 헌

- [1] OCIMF (Oil Companies International Marine Forum),1981
- [2] The Procedure Handbook Of Arc Welding (Twelfth Edition) The Lincoln Electric Company,1976
- [3] Rules For Ships For Liquefied Gases,Lloyd's Register Of Shipping, 1986
- [4] IACS(International Association of Classification Societies),1980