

LNG 저장탱크용 멤브레인의 성형성 평가

박 구 환*, 변 상 규*, 김 성 원**, 강 범 수*

* 부산대학교 ERC/NSDM, ** 삼성중공업

Evaluation on the Formability of Corrugated Membrane panels of a LNG Storage Tank

K.H. Park*, S.K. Byun*, S.W. Kim**, B.S. Kang*

* ERC/NSDM at Pusan National Univ. , ** Sam-Sung heavy industry

Abstract

Membrane panels for LNG(Liquid Natural Gas) tank are formed to corrugated ones by press forming. The environment of LNG tank is so severe that the service temperature is -162°C and the room temperature is 20°C . The thermal deformation derived by the severe temperature change is absorbed by the corrugations of the membrane panels. In this paper the formability of stainless steel membrane panel is examined by the finite element analysis. Two corrugated shapes are suggested, and analyzed to obtain a sound absorption performance of the thermal distortion. Also the design considers forming characteristics and economy of production.

1. 서 론

국내에서 1986년부터 처음 사용되기 시작한 액화천연가스(Liquefied Natural Gas)는 편리성, 환경에 대한 관심의 증가 및 가스 사용 기술의 발전과 더불어 그 이용이 점차 증가하고 있으며 이에 대응하여 기지건설 및 저장설비 확충이 계속되고 있다.^[1] LNG는 -162°C 의 극저온에서 압력 300~800mmAq정도로 유지되며 저장된다. 그것은 극저온, 고압의 액화상태로 저장할 경우 부피를 최고 600배 이상 줄일 수 있어 물류비 및 저장에 드는 비용을 줄일 수 있기 때문이다. 저장설비는 극저온 상태에서 저온 취성에 대한 충분한 강도와 안전성이 보장될 수 있어야 한다. 이러한 극한의 사용환경으로 인해 저장설비는 LNG 사용에 있어서 매우 중요한 요소이다. 저장탱크 제작에서 탱크내벽에 주름진 멤브레인을 설치하면 액화 온도 -162°C 의 극저온 액체와 직접 접촉할 때 발생하는 구조물 수축을 흡수할 뿐만 아니라 액밀(Liquid-Sealing)을 유지할 수 있어, 이 방식이 요즘 많이 사용되고 있다.

멤브레인은 모든 방향으로의 수축을 원활하게 하기 위하여 주름부와 마디부로 이루어지는데, 저장액체 자중에 기인한 액압 및 기화가스의 압력을 인접한 보냉재에 전달할 수 있는 구조이다. 사용기간중 멤브레인은 LNG의 주입, 저장, 송출 및 보수에 따른 반복하중을 받으며 따라서 저 사이클 피로에 대한 안정성을 확보해야 한다.^[2] 멤브레인의 재료로는 저온에서도 우수한 인장강도와 피로강도를 가지고 내식성, 성형성 및 용접성이 양호한 약 1.2~2.0mm 두께의 오스테나이트계 스테인레스강이 사용된다.^[3,4] 현재, 국내에서는 한국가스공사(KGC)에서 링 마디식 멤브레인의 개발을 추진중이지만 아직은 멤브레인을 전량 수입해서 사용하고 있는데, 저장탱크 제작비의 많은 부분을 차지하는 멤브레인을 자체 개발하면 경쟁력은 훨씬 높아질 것이다.^[1,5,6] 본 연구에서는 앞으로 사용이 증가할 LNG의 저장설비중 저장탱크에 적용되고 있는 멤브레인의 사용환경에 적합하고 성형성이 우수한 형상을 설계하는데 그 목적이 있다.

2. 해 석

체적성형에서는 재료가 받는 변위는 크지 않지만 변형률은 큰 소변형 대변형률 공정으로 특성 지워지며, 성형 과정에서 부피에 대한 표면적의 비가 대체로 크게 증가한다. 이에 반하여 박관성형은 큰 형상

(1) A타입과 B타입 멤브레인 비교

위에서도 보았지만 B타입이 A타입에 비해 공정수가 작고 탄성회복효과에 의한 변형이 작아 유리함을 알 수 있다. 특히, B타입 멤브레인중 소재와 굽형상이의 마찰계수를 0.08로 고려한 경우가 공정수나 두께감소 그리고 탄성회복 효과에 가장 유리한 것으로 해석되었다.

(2) B타입중 마찰이 있는 한 공정성형과 마찰이 없는 한 공정성형 멤브레인 비교

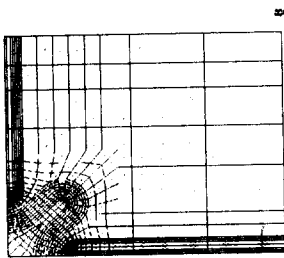
마찰이 소재의 두께감소에 미치는 효과는 대단히 크다. 마찰이 없을 경우가 더 유리할 줄로 예상되었는데 실제 해석결과를 보면 마찰이 있는 경우가 유리하다.

(3)연구 방향

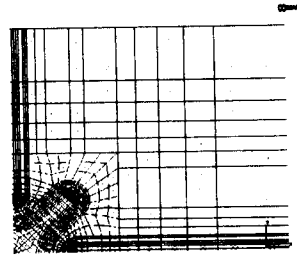
- ㉠ 소재의 초기치수 변화에 대한 최종치수 비교
- ㉡ 롤러게이션의 크기와 위치 변화에 대한 두께감소와 최종치수 비교
- ㉢ 마찰계수에 따른 두께감소등의 비교

5. 참고 문헌

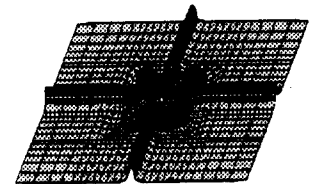
1. 김영규, 액화천연가스 저장탱크용 링마디식 멤브레인의 해석 및 설계에 관한 연구, 홍익대학교 박사 학위 논문, 1995.
2. 日本瓦斯協會, LNG 地下式 貯槽指針. 1979.
3. T. Udoguchi et al, "Fatigue Characteristics of Type304 Stainless Steel Thin Plates for LNG Inground Tanks", JHPI, Vol.19, No. 4, pp.1-7, 1979.
4. 남재복, 류도열, 김영석, "오스테나이트계 AISI304 스테인레스 강판의 프레스 성형특성", 한국소성가공학회지, 제3권, 제1호, 통권 제6호, pp.38~50, 1994.
5. 김영규, 전인기, 윤인수, 이용원, 홍성호, 김청균, "액화천연가스 저장탱크용 멤브레인의 유한요소해석", 대한기계학회 논문집, 제18권, 제10호, pp.2797-2804, 1994.
6. 김청균, 김영규, 윤인수, 홍성호, "유한요소법을 이용한 링마디식 멤브레인 구조물의 응력해석", 대한기계학회 논문집, 제19권, 제12호, pp.3151-3158, 1995.



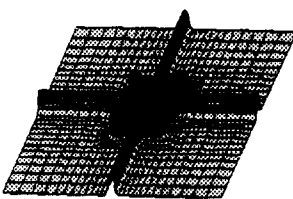
[그림 1] A타입 멤브레인의 격자구성



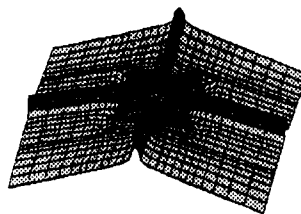
[그림 2] B타입 멤브레인의 격자구성



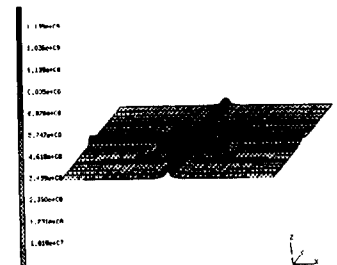
[그림 3] A타입 성형후 전체형상



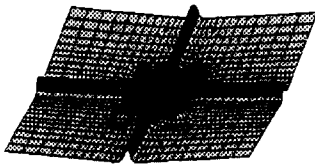
[그림 4] B타입 성형후 전체형상



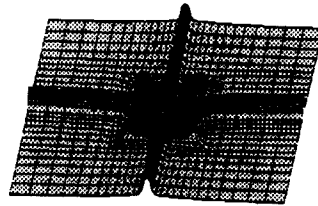
[그림 5] A타입 멤브레인 탄성회복후 형상



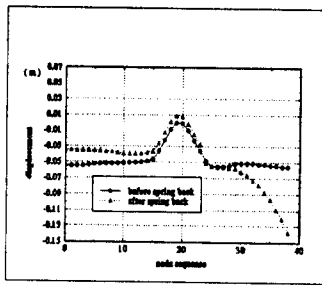
[그림 6] A타입 멤브레인의 응력분포



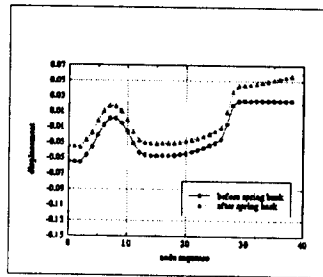
[그림 8] B타입 멤브레인 탄성회복후 형상 (마찰 무시)



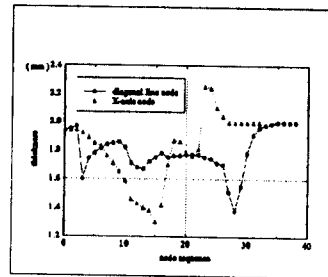
[그림 9] B타입 멤브레인 탄성회복후 형상 (마찰 고려)



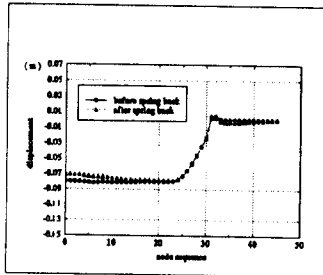
[그래프 1] A타입 대각선절점 탄성회복



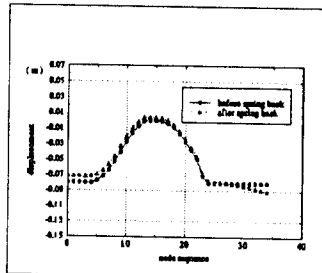
[그래프 2] A타입 x축절점 탄성회복



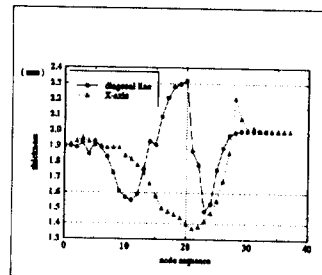
[그래프 3] A타입 멤브레인의 두께 분포



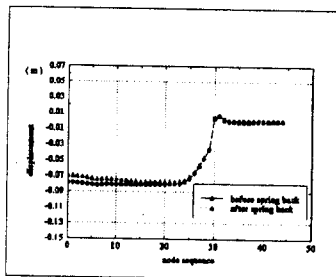
[그래프 4] B타입 대각선절점 탄성회복 (마찰 무시)



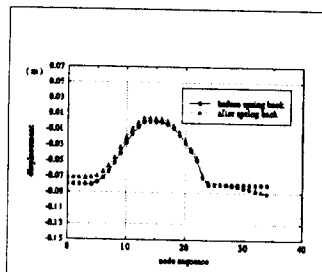
[그래프 5] B타입 x축절점 탄성회복 (마찰 무시)



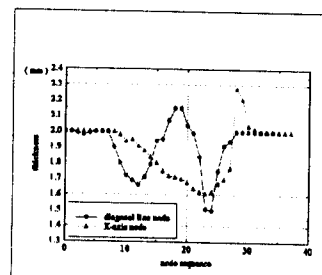
[그래프 6] B타입 멤브레인의 두께 분포 (마찰 무시)



[그래프 7] B타입 대각선절점 탄성회복 (마찰 고려)



[그래프 8] B타입 x축절점 탄성회복 (마찰 고려)



[그래프 9] B타입 멤브레인의 두께 분포 (마찰 고려)