

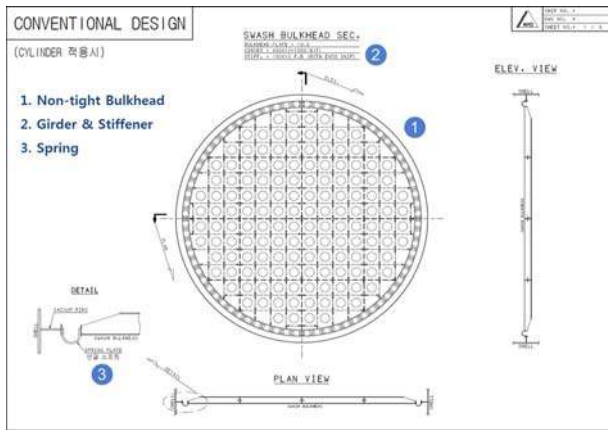
기술보고

Type-C, Cargo Tank의 Swash Bulkhead구조 최적화 연구

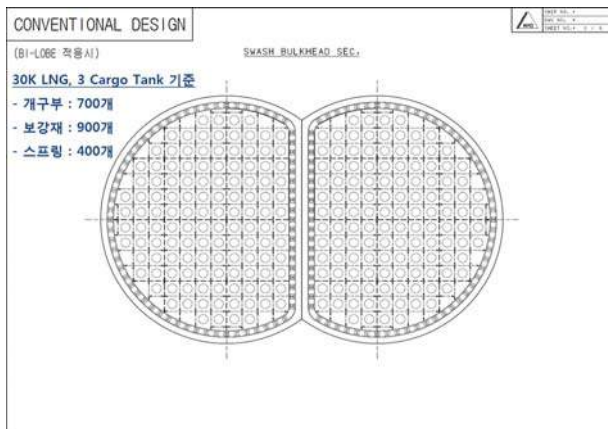
권오철, 소하영, 이시익(주)현대미포조선

1. 서론

제수격벽(制水隔壁 Swash Bulkhead)이란 액체 화물의 유동 억제를 위하여 탱크 내부에 설치하는 격벽을 의미한다. Type-C cargo tank에 설치 되는 제수격벽은 Fig.1과 같다.



(a) Cylindrical type



(b) bi-lobe type

그림 1 Type-C Cargo Tank의 Swash Bulkhead

이러한 제수격벽은 액화가스 화물의 슬로싱을 완화하여 탱크의 손상을 방지하고 boil-off Gas발생을 최소화 한다.

또한 액화화물의 Free-surface effect를 최소화하여 슬로싱에 의한 공진 발생의 가능성을 최소화하기 때문에 대부분의 중대형 액화가스 탱크에 설치되고 있다.

Fig. 1에서와 같이 Type-C cargo tank의 제수격벽은 상당히 복잡한 형상의 구조로 이루어져 있다. 우선 슬로싱 감쇠를 위한 비-수밀 격벽 구조와 이 구조를 슬로싱 하중으로부터 지지하기 위한 견고한 격자형 보강구조로 이루어진다.

또한 액화가스의 슬로싱에 의한 제수격벽의 반복 거동이 탱크구조에 직접 전달되는 것을 최소화 시키고, 저온 액화가스로 인한 탱크의 수축 및 팽창 시 제수격벽과 탱크의 연결구조에 발생 되는 변형을 최소화 하기 위해 Fig. 2와 같이 U-type spring이 설치된다.

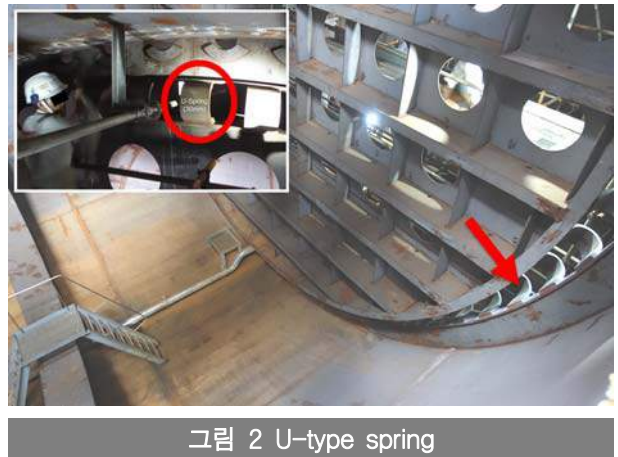


그림 2 U-type spring

이러한 기존의 제수격벽 구조는 상당한 자체중량과 제작 및 설치 시에 어려움이 많은 구조이다. 따라서, 제수격벽의 기능을 충분히 수행하면서 최적화된 구조의 설계가 필요하다.

이러한 이유로 인하여 본 연구에서는 슬로싱을 최소화하고 제작 및 설치작업 측면에서 효율을 극대화 할 수 있는 매우 단순한 구조를 찾아내기 위한 최적화 설계를 수행 하였다.

2. 설계 목표 및 개념

설계의 진행은 기존의 제수격벽에 요구되는 규정을 모두 만족해야 하며 중량 및 부재수를 최소화하고 제작 및 설치가 용이한 구조를 목표로 한다.

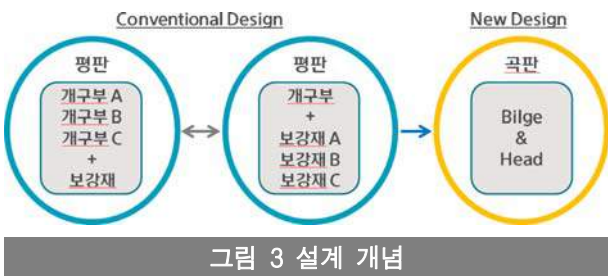
Fig. 3에서와 같이 최적화 설계는 다음과 같은 방식으로 진행하였다.

첫번째 방법은 평판에 각기 다른 형상의 개구부를 우선 배치한 후 개구부의 형상을 유지하기 위한 보강재를 배치한다.

또 다른 방법은 평판에 특정 형상의 개구부만 우선 배치한 후 보강재의 형상을 달리하는 설계를 진행하였다.

그러나, 초기 예상과는 달리 최적화 설계를 지향함에도 불구하고 각각의 결과물은 기존의 제수격벽과 큰 차이점이 없었으며 오히려 더 큰 자체중량과 제작 및 설치에 매우 불리한 결과를 얻게 되었다.

따라서, 기존의 구조설계 방식을 지양하고자 평판 대신 곡판을 적용하는 새로운 구조 설계를 진행하였다.



이러한 설계 개념을 고려하여 Fig.4와 같이 큰 개구부를 가진 접시형-제수격벽 구조를 제안 하였다.

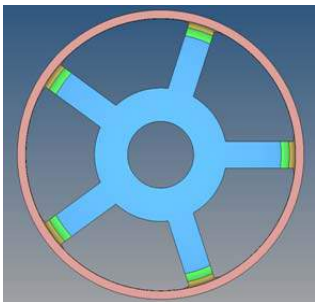
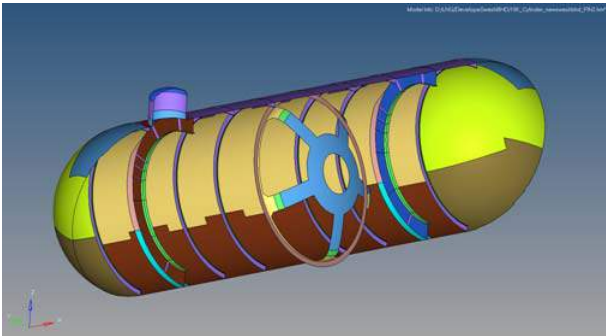


그림 4 접시형-제수격벽

상기 구조는 큰 개구부를 가진 접시형 구조로써 자체 강성

을 보유하여 개구부 형상 유지를 위한 보강재가 불필요하며, 매우 단순한 구조로써 제작 및 설치가 용이하며 자체 중량을 현저히 줄일 수 있는 효과가 있다. 또한, 탱크의 수축 및 팽창에 대하여 영향을 받지 않는 유연한 구조물이므로 기존의 U-type스프링 설치가 불필요한 장점이 있다.

Table 1에서 보는 바와 같이 기존설계 대비 약 80%의 중량 감소와 부재수 및 용접장의 감소를 기대 할 수 있다.

표 1 기존설계와 New Design 비교		
항 목	Conventional Design	New Design
기본 구조	다수의 개구부를 가진 평판	큰 개구부가 있는 접시형판
보 강 재	Girder & Stiffener	없음
연결스프링	U-Spring	없음
중량비율	5	1
부재수비율	30	1
용접장비율	40	1

3. 부재치수 결정 및 건전성 검토

3.1 Local scantling

IGC CODE 및 다음의 선급 규정에 따라 탱크 및 제수격벽을 설계하였다.

- ABS (American Bureau of Shipping)
- BV (Bureau Veritas)
- LR (Lloyds Register)

3.2 F.E Analysis

3.2.1 해석 프로그램

Pre/post : Hyperworks
 Solver : Nastran/Optistruct

3.2.2 하중조건 및 경계조건

아래와 같이 IGC CODE 및 선급에서 요구하는 하중조건 (Tab.2)과 구속조건(Fig.5)을 평가에 적용하였다.

표 2 하중조건

No.	Load Case	Liquid Cargo	Condition	Loading	Inertia Load (self weight)
LC1	Upright	Full	Static + Dynamic (Internal)	$P_0 + P_{gd}$	Ver=1.0g
LC2	External	Empty	Static (External)	P_e	
LC3	Gravity	Empty	-	-	
LC4	Sloshing (AFT)	Full	Static + Dynamic + Sloshing Pressure Afterward (Internal)	$P_0 + P_{gd} + P_{sh}$	
LC5	Sloshing (FWD)	Full	Static + Dynamic + Sloshing Pressure Forward (Internal)	$P_0 + P_{gd} + P_{sh}$	
LC6	Heeling	Full	Static + Dynamic (Internal)	$P_0 + P_{gd}$	
LC7	Testing	Full	Static (Internal)	$1.5 \times P_0$	

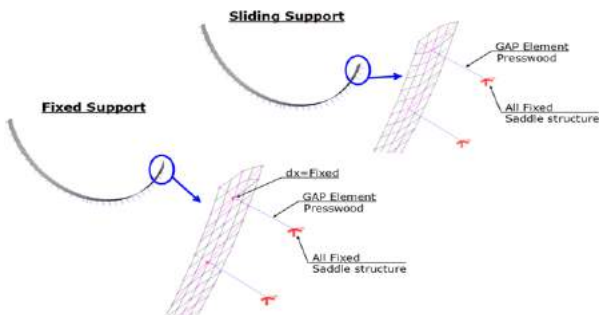


그림 5 구속조건

4. 결과

4.1 강도 평가

7개의 하중조건을 적용한 구조 해석 결과는 Fig. 6 ~ Fig. 11에 잘 나타나 있다.

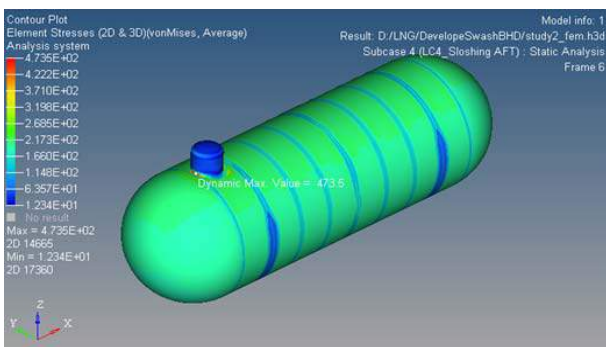


그림 6 Stress plot of Outer Shell

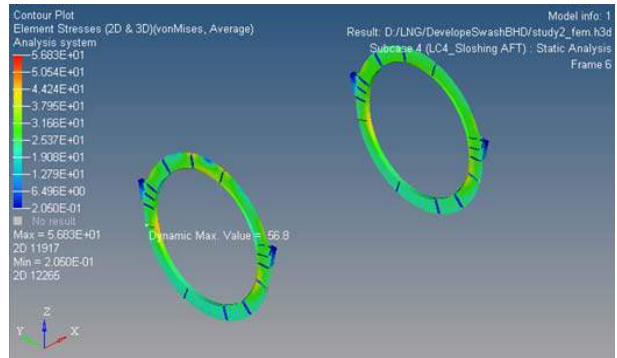


그림 7 Stress plot of Internal Support

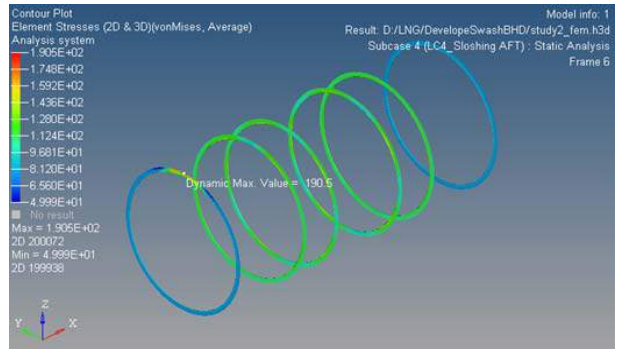


그림 8 Stress plot of Internal Rings

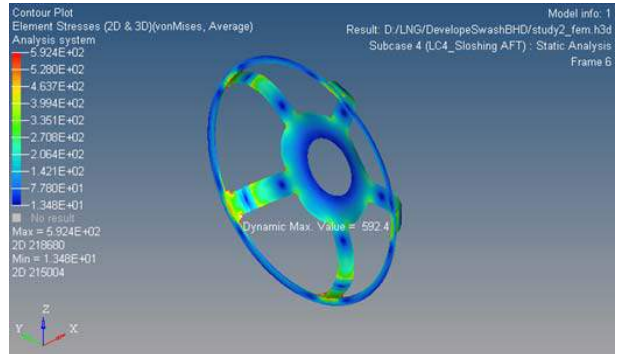


그림 9 Stress plot of New Swash Bulkhead

Fig. 6에서 보는 바와 같이 Outer Shell의 경우 구조적 불연속부인 Dome opening 과 Shell의 연결부위에서 최대응력이 나타난다.

Fig. 7,8에서 Internal Support와 Ring은 낮은 수준의 응력 값을 보인다.

Fig. 9에서 보는 바와 같이 제수격벽과 탱크 내부재와의 연결부위에서 상대적으로 높은 수준의 응력 분포가 나타나고 있는데 이는 스프링 구조의 제수격벽이 슬로싱 하중을 충분히 흡수하여 연결부로 전달하고 있는 것으로 사료된다.

4.2 변위 평가

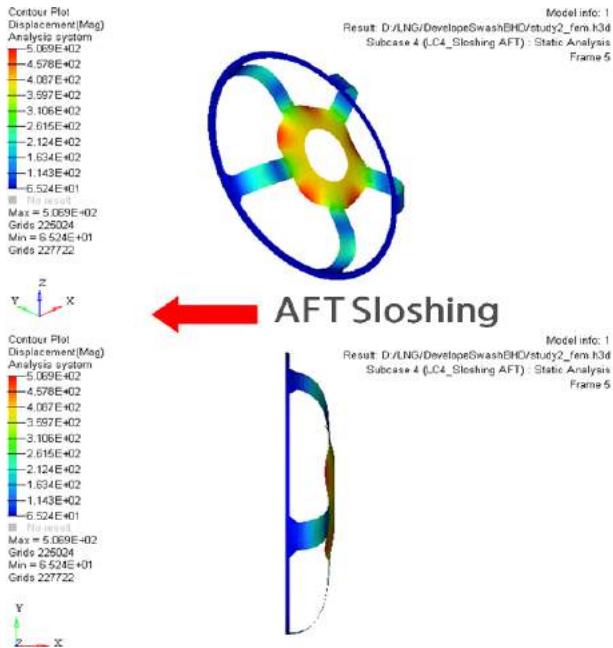


그림 10 AFT Deformation of New Swash Bhd.

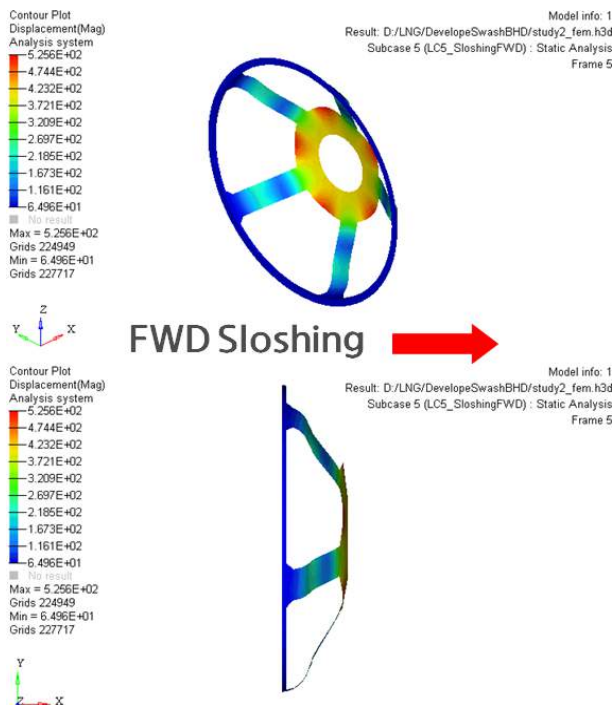


그림 11 FWD Deformation of New Swash Bhd.

Fig. 10,11의 변위 평가 결과는 기존 제수격벽과 유사한 수준을 보이고 있다.

기존 제수격벽은 자체 강성을 유지하기 위해 중구조로 설계하여야 하는 반면, 개선된 접시형-제수격벽은 탄성 지지 구조로서 경량화 설계가 가능함을 확인할 수 있다.

5. 결론

Type-C cargo tank에 적용되는 기존 제수격벽은 큰 중량과 복잡한 구조로 제작 및 설치에 많은 애로 사항이 발생한다. 따라서, 중량 절감과 작업성 향상을 위하여 단순성을 고려한 최적화 설계가 수행 되었다.

본 연구에서는 충분한 강도를 보유한 새로운 구조인 접시형-제수격벽이 제안 되었다.

구조적 강도 검토 및 변위 검토 결과를 바탕으로 기존 제수격벽과 유사한 강도와 변위를 나타내고 있음을 확인할 수 있었다.

따라서, 본 연구 결과에 따라 제안된 새로운 개념의 접시형-제수격벽을 실제 탱크에 적용할 경우 기존 제수격벽 대비 약 80%의 중량 감소와 부재수 및 용접점의 감소를 기대 할 수 있다.

제안된 설계에 대한 특허취득이 완료된 상태이며 다수의 선급과 협업하여 설계 조건 및 결과에 대한 AIP(Approval in Principle)를 획득 하였다.

6. 향후 과제

강도 검토를 위한 하중조건은 슬로싱 하중이 가장 큰 비중을 차지 한다.

본 연구에서는 선급에서 규정하는 하중 조건(Static Load)을 고려하여 수행 되었으나 보다 현실에 가까운 해석을 위해서는 제수격벽의 기능인 슬로싱 하중에 대한 정확한 측정과 그에 대한 적절한 평가가 필요하다.

슬로싱 하중의 경우 정적 하중이 아닌 동적 하중 이므로 동적 거동을 고려한 해석이 반드시 수행되어야 할 것으로 사료된다.

이러한 이유로 현재 슬로싱 해석을 위하여 유체의 동적 거동 특성을 고려한 해석이 진행중 에 있다.

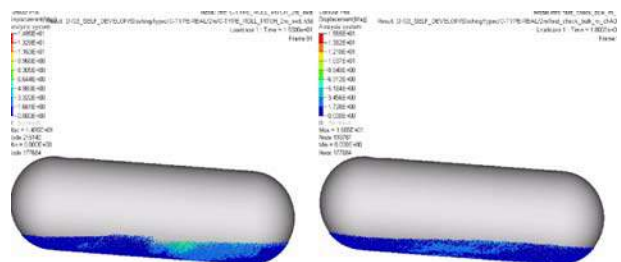


그림 12 액화 가스 탱크의 슬로싱 해석

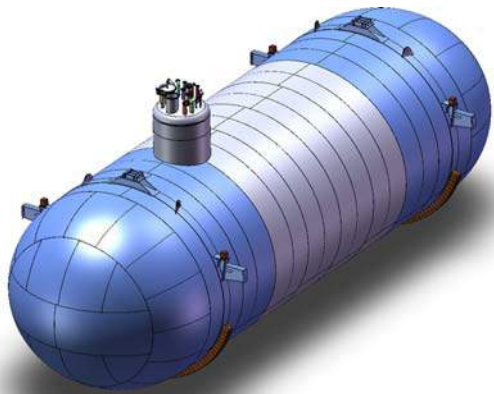
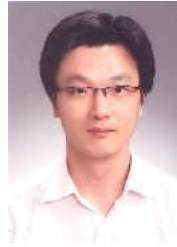


그림 13 현대미포조선 Type-C Cargo Tank



소 하 영

- 1978년
- 2005년 울산대학교 조선공학과 석사
- 현 재 : (주)현대미포조선 구조설계부
- 관심분야 : 구조-연성 유동해석
- 연 락 처 : ***-****-****
- E - mail : hyso@hmd.co.kr



이 시 익

- 1980년
- 2007년 인하대학교 조선공학과 학사
- 현 재 : (주)현대미포조선 구조설계부
- 관심분야 : 구조 해석
- 연 락 처 : ***-****-****
- E - mail : 336521@hmd.co.kr



권 오 철

- 1975년
- 2001년 홍익대학교 조선공학과 학사
- 현 재 : (주)현대미포조선 구조설계부
- 관심분야 : 구조 최적화
- 연 락 처 : ***-****-****
- E - mail : h329274@hmd.co.kr

회원 정보 변경 안내

회원 여러분의 신상변동이 있으시면 학회 홈페이지(www.snak.or.kr)에 접속하여 변경하여 주시기 바랍니다. 변경하지 않으면 학회의 공지사항 또는 e-book이 정확히 전달되지 않습니다.

문의처

전화 : 02-3452-2370, E-mail : general@snak.or.kr