

CSR을 적용한 MR급 TANKER의 상세 구조해석 결과 및 고찰

소하영[†]*, 이규호*, 신성광*, 최영달*, 임효관*

STX 조선 조선해양연구소*

Structural Analysis for MR. Sized Oil Tanker Applied Common Structure Rule

Ha-young So[†]*, Kyu-ho Lee*, Sung-kwang Shin*, Young-dal Choi* and
Hyo-kwan Leem*

STX Shipbuilding & Ocean Research Institute*

Abstract

After CSR is in effect, a matter of concern is how many to increase in terms of weight due to apply it to the ship and what difference it is comparing between existing rule and CSR rule. The concepts of CSR are to make the ship safer, more robust, and the design requirement clearer. Furthermore it pursues longer life of ship in fatigue strength. By reasons of those, most of requirements are stronger than before. Therefore many part of ship should be reinforced and the weight of ship can be increased. Under those circumstances, the builder should make an effort to define the CSR and to find the methods to manage well this situation. In this study, we performed 3D Cargo hold and Fine-mesh F.E analysis and deduced a conclusion and introduced new detail design.

※Keywords: CSR(선체구조 공동규칙), 3D Cargo hold analysis(3 차원 구조해석), Fine-mesh F.E analysis(상세구조해석)

1. 서론

2006년 4월 CSR(Common Structure Rule)이 발효 되면서 Oil Tanker를 수주하는 각 조선소들의 바쁜 움직임이 시작되었다. CSR은 2006년 4월 이후에 계약되는 150m 이상의 모든 DOUBLE HULL Oil Tanker에 적용된다.

이 규칙은 인명, 환경 및 재산과 관련한 향상을 위하여 구조적인 손상으로 인한 위험을 줄이고 선체구조의 적절한 내구성을 설계수명 동안 제공하는데 있다. 모든 부분의 개선을 통해 종전 선급 rule과는 많은 차이점이 있다. 그 중 가장 큰 차이를 보이는 부분은 부식에 관련한 margin 적용이 강화 됨으로 인하여 기존의 선박보다 많은 중량적 차이를 보인다. 이러한 이유로 각 조선소들은 현존하는 동종의 선박과 비교하여 중량증가를 최소화하거나 동일한 중량을 유지하기 위하여 구

[†]교신저자 : somasinzun@stxship.co.kr

조 최적화에 많은 노력을 기울이고 있다.

2. 상세 구조해석

본 연구에서는 CSR 을 적용한 51K DWT Product Oil Tanker 에 대하여 3D Cargo Hold Model 및 Fine-mesh analysis 을 시행 하여 CSR 적용 시 기존선박과의 차이점과 구조 개선을 위한 고찰을 하였다.

구조해석에 사용된 pre process 와 solver 는 MSC Patran/Natran 이며 post process 는 LR SDA 를 사용하였다.

2-1. 3D-Cargo hold analysis model

Cargo Hold 해석에서는 3 Hold 가 모델링 되어야 한다.

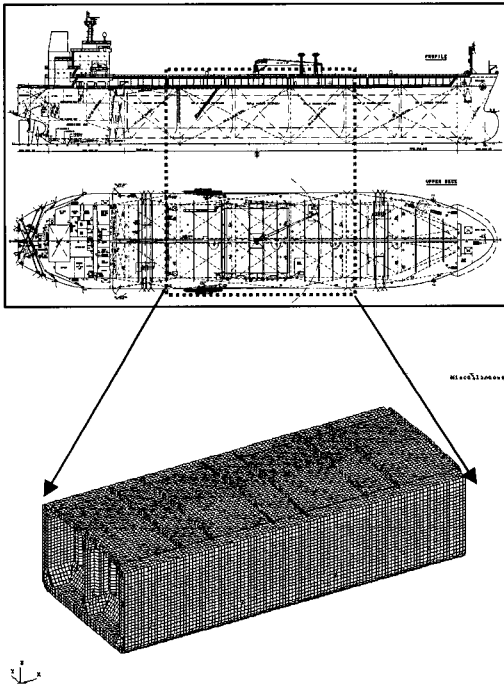
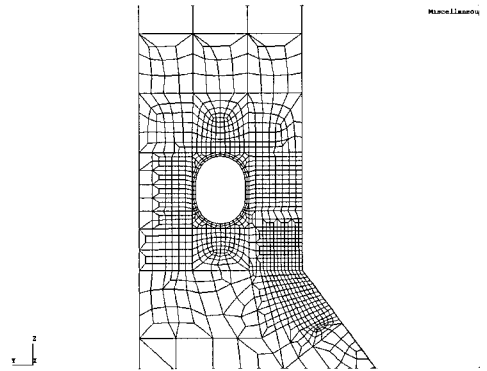


Fig. 2-1-1 3D Cargo hold model

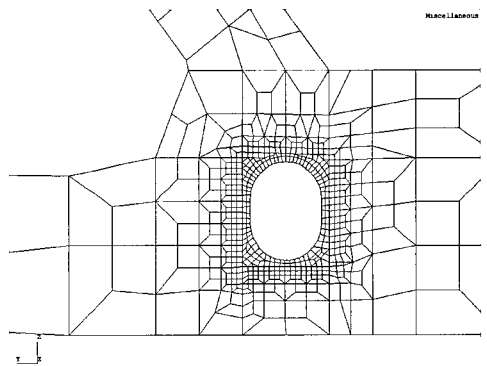
2-2. Fine-mesh Model

Fine-mesh model 의 경우 응력 집중이 예상되

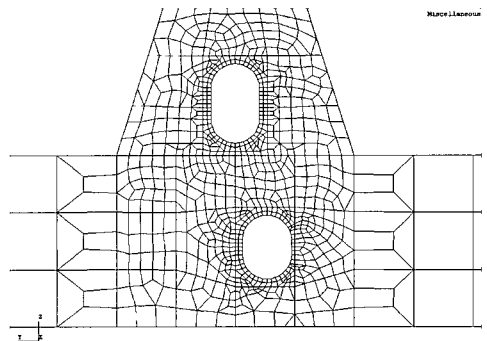
는 부분을 선택하여 해석을 수행하는데, 모든 해석의 기본은 Hold 해석의 stress level 을 기준으로 하며 Rule 에서 규정한 fine-mesh area 내의 element size 는 50x50mm 를 넘지 말아야 한다.



(a)



(b)



(c)

Fig. 2-1-2 Openings in way of web frames

2-3. Boundary Condition

구조해석에 적용된 boundary condition 은 CSR 에서 규정하고 있는 방법을 사용하였다.

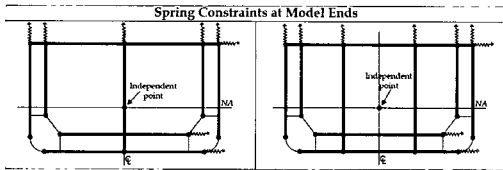


Fig. 2-3-1 Spring constraints at model ends

Table 2-3-1 B/C at model ends

Location	Translation			Rotation		
	δ_x	δ_y	δ_z	θ_x	θ_y	θ_z
Aft End						
Aft end (all longitudinal elements)	RL	-	-	-	RL	RL
Independent Point aft end, see Figure B.2.13	Fix	-	-	-	$M_{x,end}$	$M_{y,end}$
Deck, inner bottom and outer shell	-	Springs	-	-	-	-
Side, inner skin and longitudinal bulkheads	-	-	Springs	-	-	-
Fore End						
Fore end (all longitudinal elements)	RL	-	-	-	RL	RL
Independent point fore end, see Figure B.2.13	-	-	-	-	$M_{x,end}$	$M_{y,end}$
Deck, inner bottom and outer shell	-	Springs	-	-	-	-
Side, inner skin and longitudinal bulkheads	-	-	Springs	-	-	-

2-4. Loading condition

Table 2-4-1 loading condition

Load Case	Draught (m)	Loading Graphical Description
JTP B1 - Mid Port Tank Empty (0.9Tsc)	11.835000	
JTP B3 - Mid All Tanks Abreast Empty (0.9 Tsc)	11.835000	
JTP B4 - Diagonal Mid Port Tank Full (0.6 Tsc)	7.890000	

JTP B6 - Mid All Tanks Abreast Full (0.6 Tsc)	7.890000	
JTP B7 - Heavy Ballast Condition (Tbb)	9.400000	
JTP B8 - Harbour Mid All Tanks Full (1/3 Tsc)	4.383333	
JTP B9 - Harbour Diagonal Port (1/3 Tsc)	4.383333	
JTP B11 - Harbour Mid All Tanks Abreast Empty (Tsc)	13.150000	

2-5. Stress assessment

Fine-mesh analysis 에서 얻어진 stress 는 CSR 에 근거하여 permissible stress 를 만족해야 한다. Fine-mesh stress assessment 에 관한 permissible stress Table 2-5-1 과 같다.

Table 2-5-1 Max. permissible Membrane stresses for fine mesh analysis

Element stress	Yield utilization factor	
Element not adjacent to weld	$\lambda_y = 1.7$	(S+D)
	$\lambda_y = 1.36$	(S)

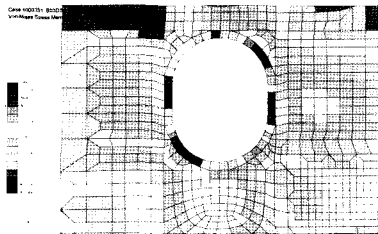
Where :

- λ_y yield utilization factor
- $= k\sigma_{vm} / 235$
- σ_{vm} von-mises stress calculated based on membrane stress at element' s centroid
- K higher strength steel factor (Mild : 1.0, HT : 0.78)

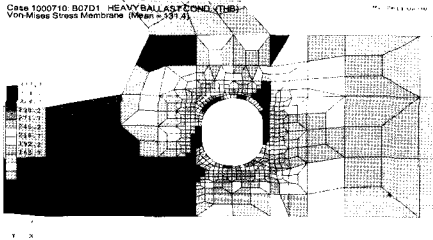
3. 구조해석 결과

상세구조해석 범위는 3D Cargo hold 해석으로 평가하기 어려운 Web frame 의 hole 주위와 Hopper 2nd knuckle 부위, 그리고 Cargo 해석 결

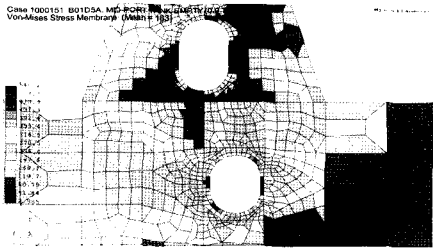
과를 바탕으로 허용치를 넘는 부분은 구조적 수정이나 보강을 하거나 fine-mesh 해석에서 구조적 안정성을 검증해야 한다.



(a) L.C B03D5A-H1

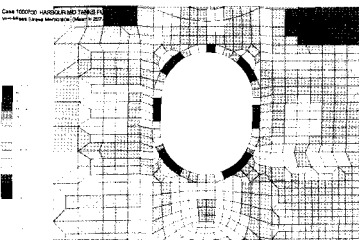


(b) L.C B07-H2

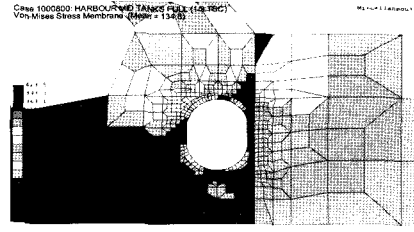


(c) L.C B01D5A-H3,H4

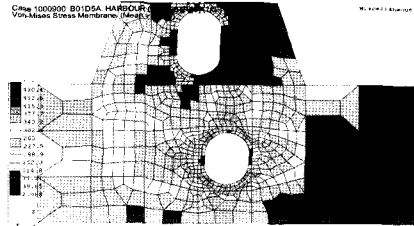
Fig. 3-1 von-mises stress at seagoing condition



(a) L.C B08-H1



(b) L.C B08-H2



(c) L.C B09-H3,H4

Fig.3-2 von-mises stress at harbour condition

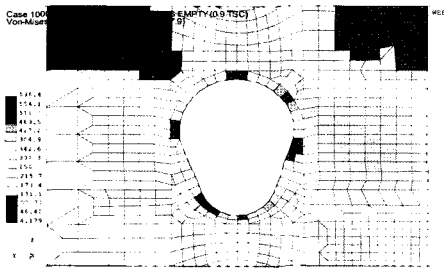
Fine-mesh 해석의 결과는 전체 하중조건 중 peak stress 만을 Table3-1 에 정리 하였다.

Table 3-1 Results of stress and evaluation for region around holes

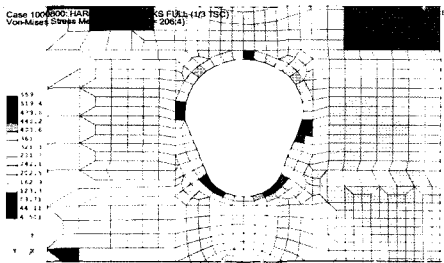
Seagoing (unit : N/mm ²)				
Model	L/C	Stress level	Permissible stress	Required thickness
H1	B3D5A	543	512.18(HT)	13.5mm
H2	B07	353		12.5mm
H3	B01D5A	444	399.5	13.0mm
H4	B01D5A	304		12.5mm

Harbour (unit : N/mm ²)				
Model	L/C	Stress level	Permissible stress	Required thickness
H1	B08	502	409.74(HT)	15.5mm
H2	B08	241		12.5mm
H3	B09	393		13.0mm
H4	B09	240	319.6	12.5mm

해석결과에 의하면 No.3 stringer 상부에 존재하는 hole(H1)을 제외한 나머지 hole 들 주위의 stress level 은 permissible stress 를 넘지 않음으로 구조적 치수 변경 할 필요가 없는 것으로 판명되었다. 하지만 H1 의 경우 hole 하부에 응력이 집중되는 현상이 발생하여 이를 개선하기 위하여 hole 형상을 변경하여 해석을 수행하였다. 수정된 구조의 해석결과는 다음과 같다.



(a) L.C B03D5A



(b) L.C B08

Fig.3-3 von-mises stress

No.3 stringer 상부의 Hole 의 fine-mesh 결과, harbour B08 condition 에서 peak stress 가 발생하였다. Seagoing, Harbour condition 각각의 stress level 및 permissible stress 는 table 3-2 에 정리하였다.

Table3-2 에서 볼 수 있듯이 지금까지 적용 되어왔던 Hole 의 형상 변경이 필요함을 알 수 있다. 종전 형상의 stress 값은 CSR 상세구조해석 수행 결과 인접부위 두께를 15.5mm 까지 증가 시켜야 하지만 수정된 Hole 의 형상에서는 14.5mm 로 만족하는 것을 볼 수 있다.

Table 3-2 Results of stress and evaluation for around hole

Seagoing (unit : N/mm ²)				
Model	L/C	Stress level	Permissible stress	Required thickness
H1	B3D5A	543	512.18	13.5mm
Modified	B08	504.5		13.0mm
Harbour				
H1	B08	502	409.74	15.5mm
Modified	B08	469		14.5mm

5. 결론

최근 발효된 CSR 을 적용하여 상세구조해석을 실시하였다. Local scantling 에서부터 구조보강이 필요했음에도 불구하고 구조해석에서 역시 구조적 보강이 필요하였다. 실제 해석 결과 Web frame 의 보강이 많이 요구 되었다. 특히 Ballast tank 의 수로역할과 작업 및 유지 보수를 위한 통로로 사용되는 access hole 에 Stress 가 집중되어 구조적 보강 및 형상 변화가 필요했으며, 형상을 변화하여 해석을 수행한 결과 15.5mm 을 적용해야 할 부위에 14.5mm 만으로 만족하는 결과를 도출 하였다. 본 연구에 적용된 ship size 뿐 아니라 Panamax, Aframax 급 선박 등에도 적용이 될 가능성이 높다고 하겠다.

인간에 대한 소중함과 안락함 등에 관심이 높아지면서 보다 안전한 선박을 추구 하게 되었다. 이러한 이유로 기존에 적용 되던 선급규칙보다 더 강화된 규칙의 적용에 대한 요구가 높아지고 있다. 이런 상황 속에서 규칙을 보다 정확하게 적용할 수 있도록 많은 부분의 연구 및 Rule 에 관한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- IACS member, Common Structure Rules for Double Hull Oil Tanker, January 2006



<소 하 영>



<이 규 호>



<신 성 광>



<최 영 달>



<임 효 관>