

# 통합공통구조규칙 기반 중형 살물선의 중량 절감에 관한 연구

나승수<sup>1</sup>·송하철<sup>1</sup>·정술<sup>2</sup>·박민철<sup>2,†</sup>·전형근<sup>3</sup>  
목포대학교 조선공학과<sup>1</sup>  
목포대학교 조선해양공학과<sup>2</sup>  
(사) 한국선급<sup>3</sup>

## A Study on the Weight Reduction of Mid-sized Bulk Carrier based on the Harmonized Common Structural Rules

Seung-Soo Na<sup>1</sup>·Ha-Cheol Song<sup>1</sup>·Sol Jeong<sup>2</sup>·Min-Cheol Park<sup>2,†</sup>·Hyoung-Geun Jeon<sup>3</sup>  
Department of Naval Architecture, Mokpo National University<sup>1</sup>  
Department of Naval Architecture & Ocean Engineering, Mokpo National University<sup>2</sup>  
Korean Register of shipping<sup>3</sup>

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

H-CSR(Harmonized Common Structural Rules) integrating CSR-BC(Common Structural Rules for Bulk Carriers) and CSR-OT(Common Structural Rules for Double Hull Oil Tankers) came into effect in July of 2015, so that bulk carrier and double hull oil tanker should comply with this rules. So far, several studies for trend analysis of requirements of structure scantling based on H-CSR have been carried out briskly. However, those studies are rare to apply H-CSR in actual structural design of ships, especially bulk carriers. In this study, an automated system for compartment arrangement is used to search the design case that minimizes still water bending moment(S,W,B,M) in 38k bulk carrier designed by Far East Ship Design & Engineering Co. Ltd. Also, various structural design cases are considered by changing arrangement of structural members to reduce ship weight. The SeaTrust-Hullscan software developed by Korean Register is used to perform structural design of ships based on mother ship and proper design cases are selected by user. The DSA(Direct Strength Analysis) is performed to evaluate structural safety for the yielding and buckling analysis by using MSC Nastran software. The effect of weight reduction is verified by comparison of ship weight between mother ship and the selected design cases.

**Keywords** : Harmonized common structural rules(H-CSR, 통합공통구조규칙), Structural design(구조설계), Direct strength analysis(직접강도해석), Automated compartment arrangement system(구획배치 자동화 시스템), Weight reduction(중량절감), Bulk carrier(산적화물선)

## 1. 서론

지속적인 조선경기의 침체를 극복하기 위해서는 제조원가를 줄이는 것뿐 아니라 연료절감형 선형을 개발하는 것은 매우 중요한 일이다. 이를 위해서는 설계 및 생산 전 분야에 걸쳐 부단한 노력을 해야 하며, 그 중에서도 최적설계를 통한 선체 중량을 줄이는 것은 매우 효과적인 방법이라 사료된다. 최적설계를 수행하기 위해서는 해당 선박의 관련 규정에 대한 분석과 실제 설계에 대한 적용단계의 연구가 선행되어야 한다.

2015년 7월부터 기존의 CSR-BC (International Association of Classification Societies (IACS), 2012)와 CSR-OT가 통합되어 통합공통구조규칙(H-CSR Harmonized CSR)이 발효되었다 (IACS, 2015). 따라서 향후 계약되는 모든 유조선과 산적화물선은 이 새로운 규칙에 기반을 두어 설계를 수행하여야 하는데, 운항되는 상선 중 절반 이상이 유조선과 산적화물선임을 고려한다면 통합공통구조규칙의 발효는 향후 상선 시장에서 매우 중요한 안건이 될 것이다.

그동안 통합공통구조규칙에 대한 경향분석과 직접 요구치에

대한 분석 (Sung & Lee, 2015)이 활발하게 이루어져 왔으며, 이 중선체 유조선에 대해 CSR 개정 전의 실적선과 구조적인 측면에서 비교 평가하는 연구 (Byeon, 2014)는 학회에 보고된 바 있으나, 살물선에 대해 해당 규정을 적용하여 실제 설계과정을 수행한 연구는 전무한 실정이다.

본 연구에서는 기존의 CSR-BC 기반으로 극동선박설계에서 설계된 실적선인 38k 산적화물선을 대상으로 하여 목포대학교와 한국선급이 공동으로 개발한 구획배치 자동화 시스템 (Na, et al., 2013a; 2013b)을 이용하여 정수 중 굽힘 모멘트가 최소가 되는 구획배치 안을 찾고자 한다. 또한 종방향 보강재와 이중저 거더(girder) 등 구조 부재 배치의 변화를 주어 선박의 중량을 절감할 수 있는 다양한 구조설계 안을 마련하고 그 중 중앙횡단면적이 최소가 되는 최종 구조설계안을 제시하고자 한다.

기존 실적선과 선별된 최종 구조설계 안을 한국선급에서 개발한 SeaTrust-Hullscan을 활용하여 통합공동구조규칙에 의한 구조설계를 수행하고, MSC Nastran을 활용하여 직접강도해석을 수행하여 항복 및 좌굴해석에 의한 선박의 구조 안전성을 평가하고자 한다. 마지막으로 해석 결과를 바탕으로 최종 구조설계 안의 중량 절감 효과를 실적선과 비교 평가하고자 한다.

## 2. 대상 선박

Table 1은 본 연구에서 사용된 CSR-BC를 적용하여 설계가 완료된 실적선 38k급 살물선의 주요치수이다. 대상 선박은 5개의 화물창을 가지며 3번 화물창은 평형수 겸용이다.

Table 1 Principal dimension of 38k bulk carrier

Item	Value (m)
LOA (Length over all)	Appx 181
LBP(Length between perpendiculars)	175
Ls (Rule length)	173.34
B(Moulded breadth)	30
D(Moulded depth)	15.2
Ts (Scantling draught)	10.6
Td (design draught)	10.1
DWT (Deadweight tonnage)	37,650 (tonnes)

Table 2 Cargo length & Design cargo weight

Hold No.	Length		Weight (ton)	
	length (m)	frame	Homo.	Alt.
1	28.8	36	6,450	11,000
2	26.4	33	7,600	-
3	26.4	33	7,600	13,000
4	26.4	33	7,600	-
5	28.8	36	7,750	13,300

Table 2는 대상 선박의 화물창 별 길이와 설계 화물 중량이다. 1,5번 화물창은 36개(28.8m) 2,3,4번 화물창은 33개의 프레임(26.4m)이며 한 프레임은 800(mm)로 설계되었다. 1,3,5번 화물창은 격창 적재상태를 포함한다.

Fig. 1은 대상 선박의 중앙부 횡단면으로 일반적인 살물선과 같이 중앙에 화물창이 존재하며, 선저의 이중저 내부와 호퍼, 탑사이드 탱크의 종격벽을 기준으로 외측은 평형수 탱크가 배치되어 있고, 탑사이드의 내측에는 연료유 탱크가 배치되어 있다. 갑판의 종방향 보강재는 flat bar 타입이며, 그 외의 종방향 보강재는 모두 bulb 타입이 사용되었다. 종방향 보강재의 간격은 이중저 기준 830(mm)이다. 이중저에는 중앙 거더를 포함하여 총 5개의 거더가 존재하며, 거더의 간격은 아래의 그림과 같다.

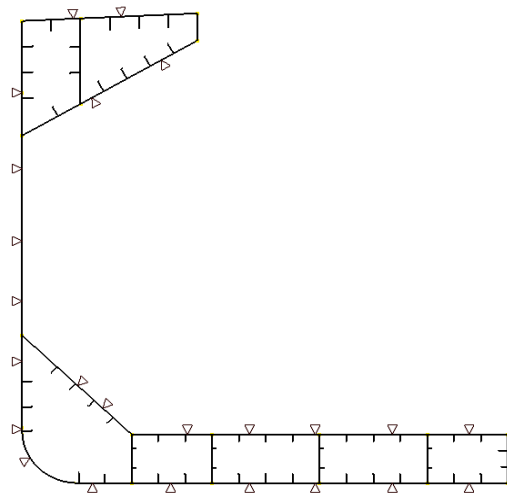


Fig. 1 Midship section of 38k bulk carrier

## 3. 구획배치에 따른 구조설계

목포대학교와 한국선급이 공동으로 개발한 구획배치 자동화 시스템 (Na, et al., 2013a; 2013b)을 활용하여 설계변수에 따른 다양한 구획배치를 실시하였다. 본 연구에서 수행된 선박계산은 해당선박의 승인된 적하지침서와 동일한 조건으로 수행되었다.

### 3.1 중앙부 형상 변화를 고려한 구획배치

Table 3 Design variables of midship shape

Design variable	Min. value	Max. value	Step size
DB (m)	1.52	1.72	0.04
HTK (m)	11.34	11.76	0.07
HA (°)	41	47	1.5

Table 3은 설계변수에 따른 설계영역을 나타낸 표이다. 구획배치 자동화 시스템의 설계변수는 이중저 높이, 호퍼탱크의 너클의 지점과 호퍼 각도로 하였으며, 목적함수는 정수 중 굽힘 모멘트로 하였다. 구획배치 자동화 시스템을 수행한 결과, 294(6\*7\*7)번의

Table 4 Result of automated compartment arrangement system in similar cargo volume

Design case	Ship calculation							
	Design variable			Cargo volume (m <sup>3</sup> )	Seagoing S.W.B.M (kN*m)		Flooding S.W.B.M (kN*m)	
	DB* (m)	HTK* (m)	HA* (°)		Hog	Sag	Hog	Sag
15	1.52	11.48	47.0	50,747	932,432	-790,401	1,261,193 (+0.65%)	-1,301,247 (-0.24%)
36	1.56	11.34	42.5	50,740	933,332	-788,694	1,254,660 (+0.13%)	-1,302,562 (-0.14%)
85*	1.60	11.62	44.0	50,731	934,578	-787,546	1,253,080	-1,304,338
105	1.64	11.62	41.0	50,721	935,314	-786,314	1,248,205 (-0.39%)	-1,306,947 (+0.20%)

\* 실적선과 동일한 구획배치를 가지며, 중량 절감을 위한 구조부재 치수를 변경한 사례  
 \* DB(Double bottom height), HTK(Hopper tank knuckle), HA(Hopper angle)

Table 6 Result of automated compartment arrange system in similar cargo volume

Design case	Ship calculation										Structure design	
	Design variable					Cargo volume (m <sup>3</sup> )	Seagoing S.W.B.M (kN*m)		Flooding S.W.B.M (kN*m)		Deck ratio (%)	Section area (cm <sup>2</sup> )
	5	4	3	2	1		Hog	Sag	Hog	Sag		
61	33	39	27	39	33	50,750	978,272	-531,344	1,422,401 (+13.51%)	-1,461,680 (+12.06%)	100.1	24,926 (+0.73%)
3	39	27	33	33	39	50,716	930,754	-806,263	1,330,023 (+6.14%)	-1,400,584 (+7.48%)	102.7	24,772 (+0.11%)
41*	36	33	33	33	36	50,731	934,578	-787,546	1,253,080	-1,304,338	106.1	24,744
60	39	30	30	39	33	50,750	933,143	-670,150	1,222,061 (-2.47%)	-1,217,087 (-6.69%)	107.2	24,525 (-0.88%)

\* 실적선과 동일한 구획배치를 가지며, 중량 절감을 위한 구조부재 치수를 변경한 사례

반복 수행을 하였으며, 그 중 제한조건을 만족하는 설계 안은 124개였다.

124개의 설계 안 중 화물창 용적이 거의 일정한 설계 안을 선별하여 굽힘 모멘트 변화를 비교 평가하였다. 그 결과 Table 4와 같이 침수상태에서 가장 큰 요구치를 보이는 보통의 실적화물선과 같이 해당 선박도 침수상태에서 정수 중 굽힘 모멘트를 가장 크게 받았다. 침수상태에서 정수 중 굽힘 모멘트의 차이를 비교해 보았을 때, 실적선과 동일한 구획배치를 갖는 사례(Design case : 85)와 그 외의 사례간의 차이가 매우 미미함을 확인할 수 있었다. 이는 해당선박의 크기가 작으며 그로인해 설계변수로 고려했던 이중저 높이와 호퍼탱크의 너클 지점, 호퍼 각도의 변동 폭이 협소했기 때문이다.

### 3.2 횡격벽의 위치 변화를 고려한 구획배치

중양부 형상에 대해 구획배치 자동화를 수행했을 때 침수상태에서 정수 중 굽힘 모멘트에 대해 큰 효과를 확인할 수 없었기에 실적선과 동일한 중양부 형상을 갖는 상태에서 횡격벽의 위치를 설계변수로 고려하여 다시 한 번 구획배치 자동화 시스템을 수행하였다.

Table 5는 설계변수인 횡격벽 위치의 설계영역을 나타낸 표이다. 구획배치 자동화 시스템을 수행한 결과, 81(3\*3\*3\*3)번 반복 수행 하였으며, 그 중 모든 설계안이 제한조건을 만족하였다. 81개의 설계 안 중 화물창 용적이 거의 일정한 설계 안을 선별하여 굽힘 모멘트 변화량과 이때 중앙 횡단면적 변화를 비교 평가하였다. 이때 중앙단면적은 목포대학교에서 개발한 살물선의 구조설계 알고리즘 (Moon, 2015; Jeong, et al., 2015)을 이용하여 결정하였다.

Table 5 Design variables of bulkhead location

Design variable		Min. value	Max. value	Step size
BHD[frame]	No.4	72	78	3
	No.3	105	111	3
	No.2	138	144	3
	No.1	171	177	3

그 결과 Table 6과 같이 침수상태에서 정수 중 굽힘 모멘트가 큰 차이가 있음을 확인할 수 있었으며, 그 중 실적선보다 새깅 상태 기준 약 6.69% 감소된 굽힘 모멘트를 갖는 구획배치 안을 찾았다.

하지만 중앙 횡단면의 경우 정수 중 굽힘 모멘트의 감소폭에 비해 단면적의 감소폭이 매우 미미하였는데, 이는 해당 선박의 대부분의 부재들이 하중에 의한 두께 요건(H-CSR, Part 1. Ch.6 Sec.4)이 아닌 H-CSR 최소 두께 요건(H-CSR, Part 1. Ch.6 Sec.3)의 지배를 받기 때문이다. H-CSR 최소 두께 요건은 재료의 물성치가 고려되지 않고 선박의 길이만 고려하여 결정하는 식이다. 이로 인해, 해당 선박은 상대적으로 선박의 길이가 짧아 최소 판재의 두께가 크며, 판재의 재료를 AH36으로 사용하였음에도 불구하고 그에 대한 효과를 반영할 수 없었다. 또한, 정수 중 굽힘 모멘트의 영향도 반영되지 않은 판재의 두께를 가지므로 단면적의 변화가 미미함을 확인하였다.

### 4. 구조배치에 따른 구조설계

위와 같은 이유로 해당 선박은 정수 중 굽힘 모멘트를 감소시켜 선박의 중량을 절감하는 방안이 어려움이 있어, 선박의 중앙 횡단면의 형상은 실적선과 동일한 상태에서 구조배치에 변화를 주어 중량을 절감할 수 있는 3가지 방안을 제시하고자한다. 이에 따른 검증을 위해 목포대학교에서 개발한 통합공통구조규칙 기반 실무선의 구조설계 알고리즘 (Moon, 2015; Jeong, et al., 2015)을 이용하여 중앙 횡단면적을 도출하여, 제시된 3가지 방안에 대해 경향을 비교 평가하였다. 또한 CSR기반으로 설계된 실적선의 중앙 횡단면적과의 비교를 통해 실적선 대비 감소되는 중량을 확인하였다.

#### 4.1 종방향 보강재 종류에 따른 단면적 변화

Table 7은 실적선과 종방향 보강재의 위치를 동일하게 배치하고, 종방향 보강재 종류에 따른 중앙 횡단면적의 변화를 비교 분석한 표이다. 표준 치수로 설계되는 bulb 및 angle 타입의 보강재보다는 사용자가 그 형상을 결정할 수 있는 built-up 타입의 보강재로 설계할 때 중앙 횡단면적을 감소시킬 수 있었다.

Table 7 Trend of section area according to longi. stiffener type

Design case	Longi. type	Deck ratio (%)	Section area	
			Value (cm <sup>2</sup> )	Difference with MS (%)
Mother Ship	Bulb	101.9	25,450	
1	Bulb	100.1	25,155	-1.2%
2	Angle	100.0	25,294	-0.6%
3	Built-up	100.3	24,744	-2.7%

#### 4.2 종방향 보강재 간격에 따른 단면적 변화

Table 8은 종방향 보강재의 간격에 따른 중앙 횡단면적의 변화를 비교 분석한 표이다. 종방향 보강재의 간격이 좁을수록 단면적이 감소함을 확인하였다.

Table 8 Trend of section area according to longi. stiffener spacing

Design case	No of girder (%)	Longi. spacing (mm)	Section area	
			Value (cm <sup>2</sup> )	Difference with MS (%)
Mother Ship	4	830	25,450	
3	4	830	24,774	-2.7%
4	4	730	24,691	-3.0%
6	3	830	24,481	-3.8%
7	3	730	24,407	-4.1%

#### 4.3 이중저 거더 개수에 따른 단면적 변화

Table 9는 이중저 거더(girder) 개수에 따른 중앙 횡단면적의 변화를 비교 분석한 표이다. 거더의 개수를 하나 줄임으로써 단면적을 감소시킬 수 있었다.

Table 9 Trend of section area according to number of double bottom girder

Design case	Longi. type	No of girder	Section area	
			Value (cm <sup>2</sup> )	Difference with MS (%)
Mother Ship	Bulb	4	25,450	
1	Bulb	4	25,155	-1.2%
5	Bulb	3	24,907	-2.1%
3	Built-up	4	24,774	-2.7%
6	Built-up	3	24,481	-3.8%

#### 4.4 최종 구조설계안 선정

Table 10은 통합공통구조규칙에 의거하여 구조배치에 따른 구조설계를 수행한 결과이다. 선박의 중량은 보강재의 종류를 Built-up 타입을 사용하고, 보강재의 간격을 좁게 하며, 이중저 거더의 개수를 줄임으로써 감소함을 확인하였다. 위의 3가지 조건을 고려하여 중량이 가장 크게 감소한 설계안은 7번이며, 이를 최종 구조설계 안으로 선정하였다. 실적선 대비 감소한 중량은 108ton이며, 중량 계산은 중앙 횡단면적과 선박의 화물창구역의 길이 곱으로 계산하였다.

Table 10 Summary of structural design cases

Design case	Mother Ship	1	2	3	4	5	6	7
Longitudinal type	Bulb	Bulb	Angle	Built up	Built up	Bulb	Built up	Built up
HTK (m)	11.62	11.62	11.62	11.62	11.62	11.62	11.62	11.62
D/B (m)	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60
No. of Girder	4	4	4	4	4	3	3	3
Longi space (mm)	830	830	830	830	730	830	830	730
Section Area (cm <sup>2</sup> )	25,450	25,155	25,294	24,774	24,691	24,907	24,481	24,407
		-1.2%	-0.6%	-2.7%	-3.0%	-2.1%	-3.8%	-4.1%
Reduce Weight (ton)		30.6	16.2	70.0	78.7	56.3	100.5	108.5

## 5. 화물창 직접강도해석

### 5.1 직접강도해석 일반

실적선과 선정된 최종 구조설계 안을 대상으로, 통합공통구조규칙에 준수하여 항복, 좌굴해석 및 국부강도해석을 선체중앙부 화물창 구역 내의 종방향 선체거더 구조부재와 1차 구조지지부재 및 격벽을 대상으로 수행하여 선박의 구조 안전성을 평가하였다. 평가 후 최종 구조설계안의 중량과 실적선의 중량을 비교하여 최종 중량 감소량을 확인하였다. 직접강도해석을 위해 Pre & Post processor로서 한국선급에서 개발한 KR SeaTrust- Hullscan을 사용하였으며, Solver로는 MSC Natran을 사용하였다.

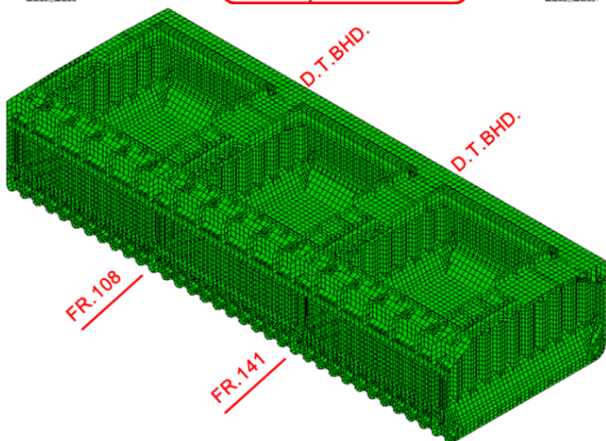
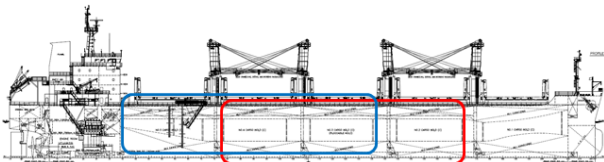


Fig. 2 No 3 & 4 cargo hold FEM model

직접강도해석은 Fig. 2에서 보인 것 같이 선박의 중앙부인 3,4번 화물창을 대상으로 수행하였다. 경계조건을 설정하기 위해서 목표 화물창을 기준으로 전방과 후방에 각각 1개의 화물창을 포함하여 유한요소 모델링을 수행하였다.

구조강도해석의 검증은 Fig. 3에서 보인 것 같이 유한요소 모델 중 목표 화물창의 종방향 평가 범위 내에서 수행하였다. 하중 조건은 통합공통구조규칙에서 제안하는 유한요소해석용 하중조합(H-CSR Part.1 Ch.4 Sec.8)에 따라 부여되었으며, 경계조건 역시 해당 규칙(H-CSR Part.1 Ch.7 Sec.2)에 의해 부여되었다.



Fig. 3 Longitudinal extension of evaluation area

### 5.2 직접강도해석 결과

Fig. 4에서 보인 것 같이 직접강도해석을 수행하여 항복 및 좌굴강도에 대한 통합공통구조규칙의 허용기준 만족여부를 평가하였으며, 상세 요소분할 해석을 통해 국부구조강도해석을 수행하였다.

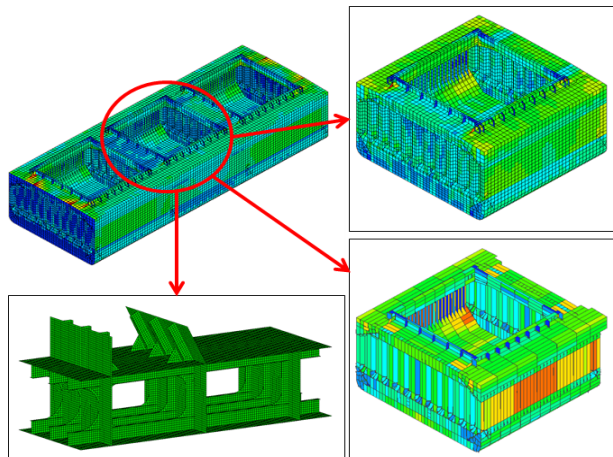


Fig. 4 Direct strength analysis

해석 결과 보강 및 수정이 필요한 구조에 대해서는 각각 지배적인 하중에 대한 보강방안을 수립하여 해석절차에 따라 수차례 반복해석을 수행함으로써 항복 및 좌굴에 대한 구조적 안전성을 확보하였다.

Table 11 Weight comparison between mother ship and design ship

	No.3 Hold [Fr.108~Fr.144]	No.4 Hold [Fr.75~Fr.111]
Mother Ship (ton)	1,106	1,086
Design Ship (ton)	1,091	1,073
Comparison (ton)	-15	-13

Table 11은 직접강도해석을 통한 해당 화물창의 중량을 계산한 표이다. 3번 화물창의 경우 설계선이 실적선 대비 15 ton 감소하였으며, 4번 화물창의 경우 설계선이 실적선 대비 13 ton 감소하였다. 이를 근거로 3번 화물창뿐 아니라 설계선의 모든 화물창에서 비슷한 중량 감소가 있을 것으로 예상되며, 종합적으로 화물창 전체에 대하여 약 70~75 ton 정도의 중량 감소가 있을 것으로 기대된다. 현재 학계의 연구발표 (Sung & Lee, 2015)에 따르면 살물선의 경우 경험적 최소두께, 화물탱크에 관한 정적면외압력 계산식의 차이로 인해 CSR-BC 대비 H-CSR의 설계중량이 약 3~5% 높다고 알려져 있다. 따라서, 도출한 최종 구조설계 안의 중량이 실적선보다 오히려 감소했다는 것은 최종 구조설계 안이 중량절감에 있어 5% 이상의 효과가 있다고 볼 수 있다.

최종 구조설계 안의 중앙 횡단면도를 작성하고, Fig. 5 와 같이 한국선급에서 이에 대한 선급승인을 취득하였다.

## 6. 결론

H-CSR에 근거한 중형 살물선의 중량절감을 위해 구획배치

및 구조배치를 고려하여 구조설계를 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 목포대학교와 한국선급이 공동으로 개발한 구획배치 자동화 시스템을 활용하여 정수 중 최소 굽힘 모멘트를 갖는 구획배치 안을 도출하였으나 굽힘 모멘트의 감소폭에 비해 중앙 횡단면적의 감소폭이 매우 미미하였다. 이는 해당 선박의 길이가 짧아 H-CSR 최소두께요건의 지배를 받고 대부분의 부재에 사용된 AH36의 효과를 최소두께요건에서 반영하지 못하기 때문이다.
- 2) 중량 절감을 위해서는 중늑골 타입은 기존 bulb에서 built-up으로 변경하는 것이 필요하며, 이중저의 중늑골 간격은 기존 800mm에서 730mm로 좁히는 것이 좋으며 이중저의 거더 개수는 기존 4개에서 3개로 줄이는 것이 바람직하다.
- 3) 학계의 연구결과에 따르면 살물선의 경우 기존 CSR 대비 H-CSR의 선체중량이 약 3~5% 높다고 알려져 있으나, 최종 구조설계 안이 실적선 대비 중량을 감소시킴으로써 약 5% 이상의 중량절감 효과를 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

## 후 기

본 연구는 목포대학교에서 주관하는 산업핵심기술개발사업의 중소형 조선소 주력선종의 최적선형 및 에너지 절감장치 적용기술 개발(2차년도, 과제번호:10050510) 과제의 연구비를 지원받아 수행되었음을 밝히며, 지원에 감사드립니다.

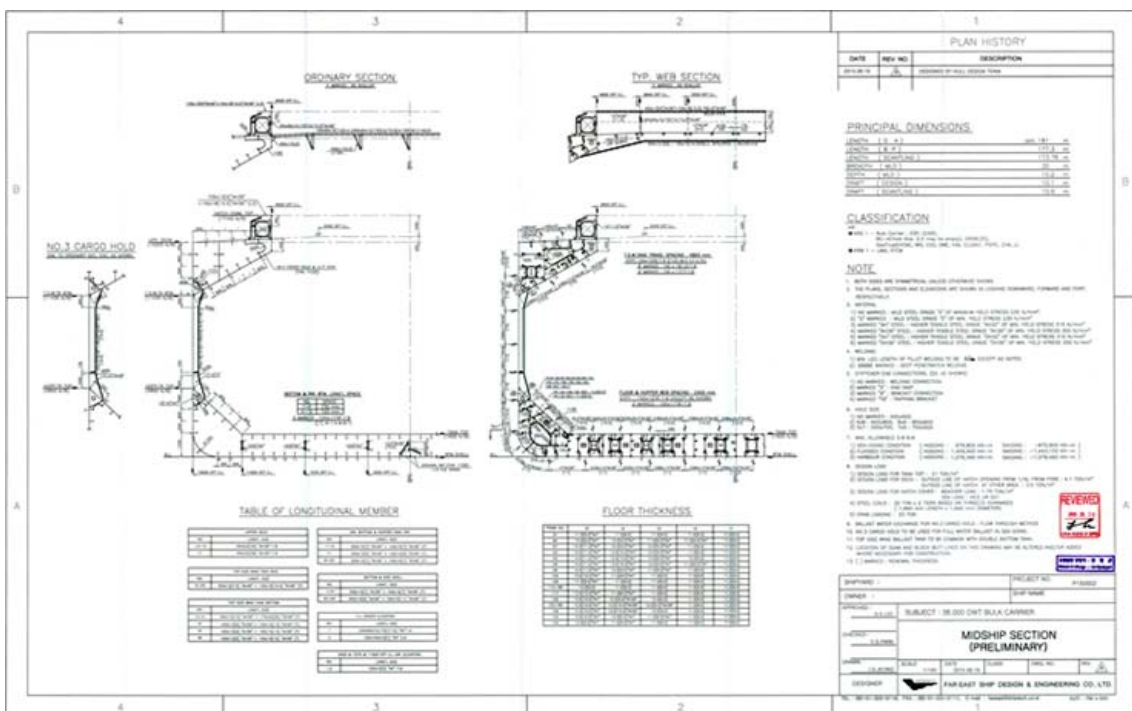


Fig. 5 Approval of Midship section



## References

- Byeon, S.H., 2014. *A study on comparison of ship structural designs between CSR and CSR-H*. Master's Thesis. Pusan National University.
- International Association of Classification Societies, 2012. *Common Structural Rules for bulk carriers*. [Online] (Update July 2012) Available at: <http://www.iacs.org.uk> [Accessed May 2016]
- International Association of Classification Societies, 2015. *Common Structural Rules for bulk carriers and oil tankers*. [Online] (Update January 2015) Available at: <http://www.iacs.org.uk> [Accessed May 2016] MSC. Patran Release Guide, Version 2014r1, MSC.Software, 2014.
- Jeong, S. Moon, S.C. Song, H.C. & Na, S.S., 2015. Development of automated algorithm of intergrated structural design system based on CSR-H for bulk carrier. *Team 2015 The 29th Asian-Pacific Technical Exchange and Advisory Meeting on Marine Structures*, Vladivostok, 12-15 October 2015, pp.263-266.
- Korean Register, 2015. *SeaTrust-Hullscan User Guide*. Korean Register: Busan.
- Moon, S.C., 2015. *Development of the Structural Design Algorithm according to compartment of arrangement based on HCSR*. Master's Thesis. Mokpo National University.
- Na, S.S. Song, H.C. Jeong, S. Youn, G.E. Lee, J.R. Lee, H.G. & Park, H.G., 2013a. Development of Optimization System for Compartment Arrangement of bulk carrier. *Proceedings of the Annual Autumn conference*, SNAK, 23-25 May 2013.
- Na, S.S. Song, H.C. Jeong, S. Youn, G.E. Lee, J.R. Lee, H.G. & Park, H.G., 2013b. The strategy for optimum compartment arrangement of oil tanker and bulk carrier. *Proceedings of the Annual Autumn conference*, SNAK, 7-8 November, 2013.
- Sung, C.H. & Lee, S.K., 2015. Comparison Analysis on Requirement of Structural Members by Application of Harmonized Common Structural Rules. *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 52(3), pp. 265-274.



나승수



송하철



정솔



박민철



전형근