

CSR Bulk Carrier의 E/R Stringer Deck 구조 강도 계산

최성빈¹·박동근¹·김경래^{1,†}
TMS 구조설계팀¹

E/R Stringer Deck Strength Calculation of CSR Bulk Carrier

Sung-Bin Choi · Dong-Keun Kim · Kyoung-Rae Kim^{1,†}
Hull Structure Design Team, TMS co., Ltd¹

Abstract

E/R bulkhead is watertight bulkhead between engine room and cargo hold. So, it must have sufficient strength about cargo load of aft hold. Especially, partial stringer deck between tank top and 2nd deck of engine room must have sufficient strength because it has function of primary supporting member. Generally, cargo hold structure is verified through the direct calculation as finite element analysis of cargo hold, but engine room structure doesn't perform it. Therefore, we have performed finite element analysis of engine room stringer deck which considered cargo hold load. And then, it will be able to apply similar ship design.

Keywords : CSR(공통구조규칙), Bulk carrier(벌크선), E/R stringer(엔진룸 스트링거)

1. 서론

최근 적용되고 있는 CSR Bulk Carrier의 경우 Cargo Loading에 따른 Load Case가 다양하여 주로 Cargo Hold해석을 통하여 Hold Area에 대한 구조검증을 수행한다. 하지만 Engine Room Area와 Cargo Hold를 경계 짓는 E/R Bulkhead의 경우 그 구조적 형상이 달라 Cargo Hold해석 결과를 적용할 수 없기 때문에 이에 대한 구조 검토 및 평가가 이루어져야 한다.

특히, E/R Bulkhead의 Partial Stringer Deck은 CSR에 명확하게 언급되어 있지 않아 PSM으로 Rule을 적용하기에는 적절치 않으며, E/R내 Machinery 장비들로 인하여 Stringer 배치에도 제한이 있다. 이에, Partial Stringer Deck에 대하여 Cargo Loading이 고려된 Local Analysis를 수행하여 그 구조적 적합성을 확인하고 안전성을 검증하고자 한다. 또한, 이러한 결과를 바탕으로 향후 유사 선박설계에 대한 Guideline을 제시하고자 한다.

본 해석은 당사에서 건조하고 있는 175K CSR Bulk Carrier에 대하여 구조해석 상용 해석 프로그램인 MSC PATRAN & NASTRAN을 사용하여 계산을 수행하였다.

2. 본론

2.1 Finite Element Model

본 해석 대상 선박은 당사에서 건조중인 175K CSR Bulk Carrier로 주요치수는 다음과 같다.

Table 1 Principal dimensions

L _{BP}	279 m
B	45 m
D	24.6 m
T _d	16.5 m
C _B	0.873

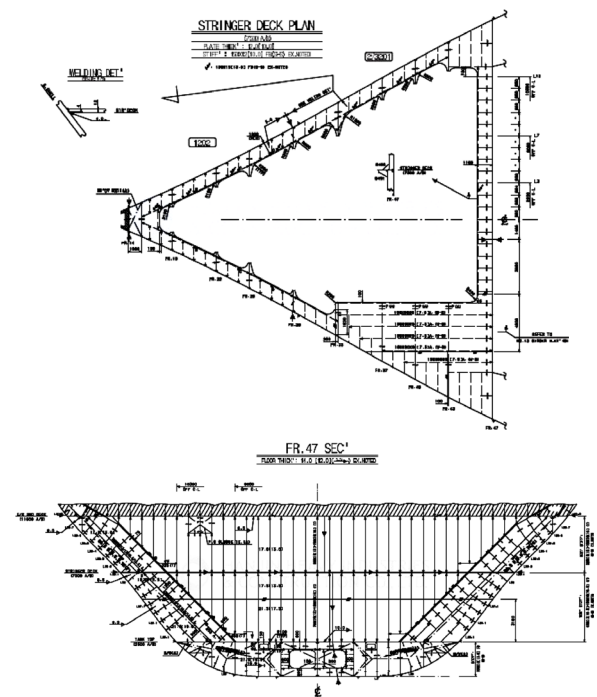


Fig. 1 E/R Bulkhead & Stringer deck plan

[†] 교신저자 : krkim@tms2010.com, 070-4034-7130

본 해석 모델 범위는 길이 방향은 FR.37에서 E/R Bulkhead인 FR.47까지, 높이 방향은 Tank Top에서 E/R 2nd Deck까지, 횡 방향은 전쪽으로 결정하였다.

본 해석은 CSR 규정에 따라 Gross Thickness에서 0.5t_C 감한 Net Thickness를 적용하였다.

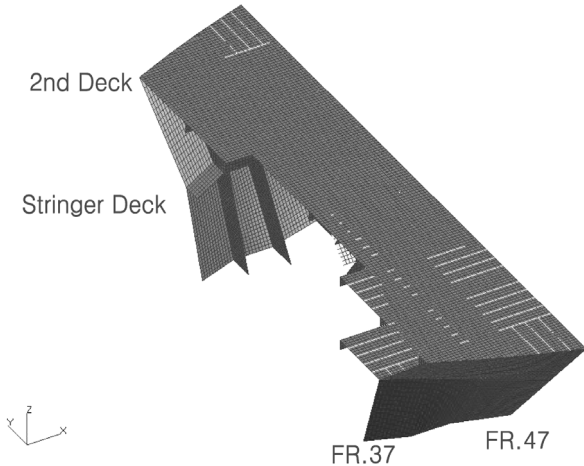


Fig. 2 Finite element model

2.2 Analysis Criteria

CSR for Bulk Carrier, Chapter 7, Section 2.3 Analysis Criteria 에 의하면 Cargo Hold 해석 결과에서 von Mises Stress는 235/k (k: Material Factor)를 초과해서는 안 된다.

Mesh Size를 Ordinary Stiffener 간격의 1/4, 약 200×200mm 로 모델링을 하여 해석 수행하는 Refine Mesh Analysis에서는 von Mises Stress를 280/k까지 적용할 수 있다. 본 해석에서는 Mesh Size를 200×200mm 기준으로 하였다.

Table 2 Allowable stress of detailed assessment

Material	Allowable Stress
Mild Steel	280 N/mm ²
HT32 Steel	359 N/mm ²

2.3 Loading Condition

본 해석을 위해 Cargo Loading을 고려하였으며 Static Loading 과 Dynamic Loading으로 구분하여 살펴보았다. (Refer to CSR for Bulk Carrier, Chapter 4, Section 6.1 Internal Pressure and Force)

2.3.1 Static Loading

정수 중 Cargo Pressure는 다음과 같이 주어진다.

$$P_{CS} = P_{CG} K_C (h_C + h_{DB} - z)$$

P_C : Density of the dry bulk cargo

$$K_C = \cos^2 \alpha + (1 - \sin \psi) \sin^2 \alpha$$

α : Angle, between panel considered and the horizontal plane

ψ : Assumed angle of repose of bulk cargo

h_C : Vertical distance from the inner bottom to the upper surface of bulk cargo

h_{DB} : Height of the double bottom in the centerline

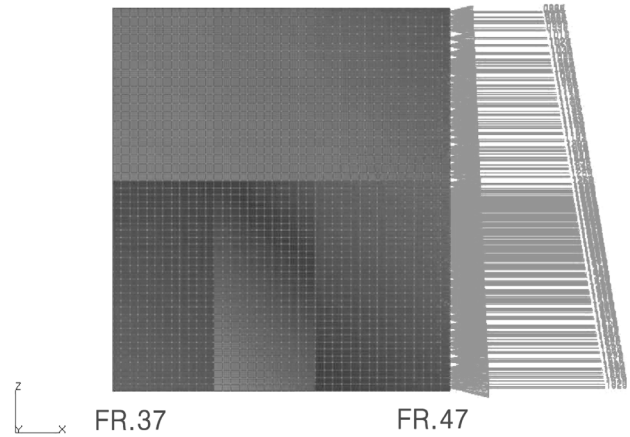


Fig. 3 Static loading plot

2.3.2 Dynamic Loading

각 하중 상태에 의한 Bulk Cargo의 Inertial Pressure는 다음과 같다.

$$P_{CW} = \rho_C [0.25a_x(x - x_G) + K_C a_z (h_C + h_{DB} - z)]$$

→ Maximum vertical bending moment in head sea

$$P_{CW} = 0$$

→ Maximum vertical bending moment in following sea

$$P_{CW} = \rho_C [0.25a_y(y - y_G) + K_C a_z (h_C + h_{DB} - z)]$$

→ Maximum roll motion or maximum hydrodynamic pressure at the waterline

a_x : Longitudinal acceleration

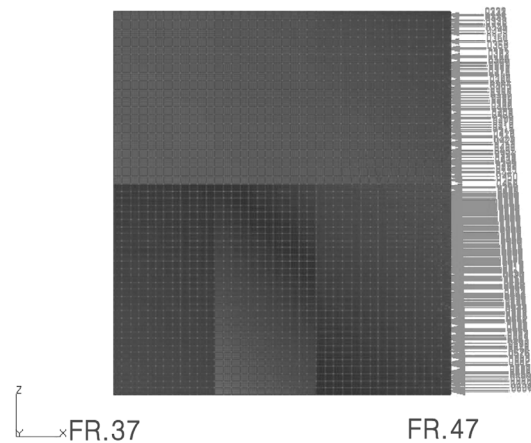


Fig. 4 Dynamic loading plot (Maximum vertical bending moment in head sea)

a_y : Transverse acceleration
 a_z : Vertical acceleration

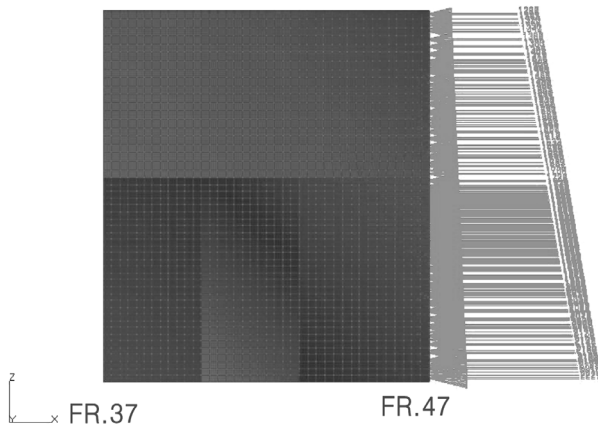


Fig. 5 Total loading condition

2.4 Boundary Condition

FE Model 전 Boundary를 All Fixed Constraints로 설정하였다.

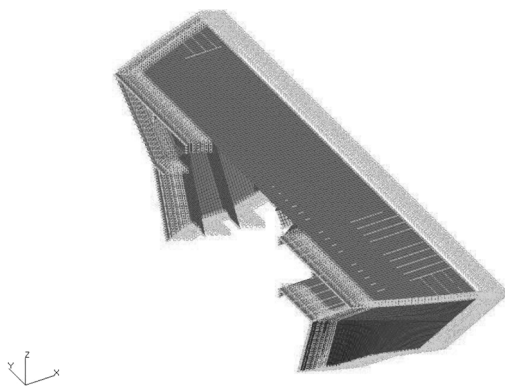


Fig. 6 Boundary condition

2.5 FEM Result

다음은 E/R Stringer Deck의 von-Mises Stress 분포를 나타낸 것이다. Maximum Stress가 834N/mm^2 으로 Allowable Stress인 280N/mm^2 을 훨씬 초과함을 알 수 있다.

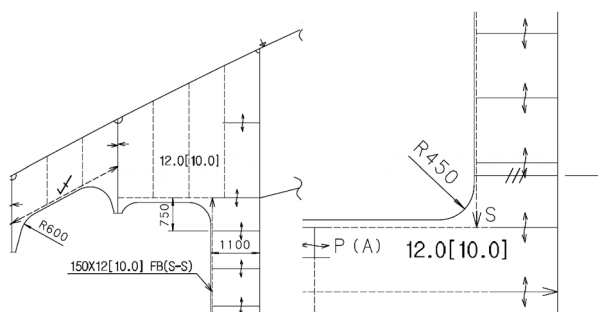


Fig. 7 Original drawing

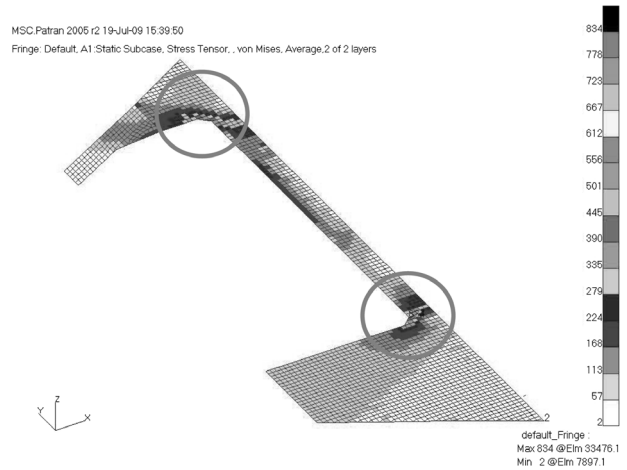


Fig. 8 von-Mises stress

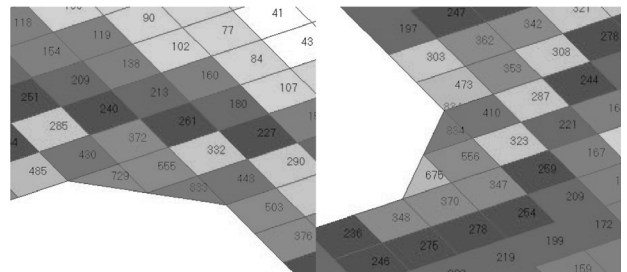


Fig. 9 Detail plot

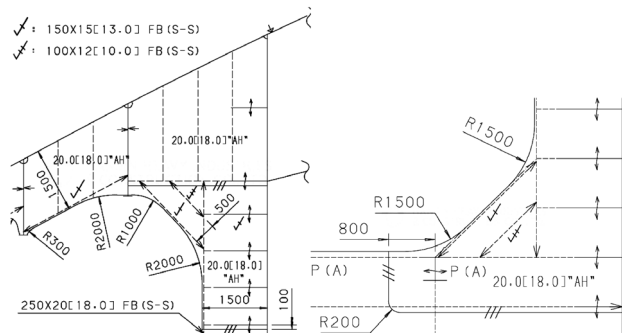


Fig. 10 Modified drawing

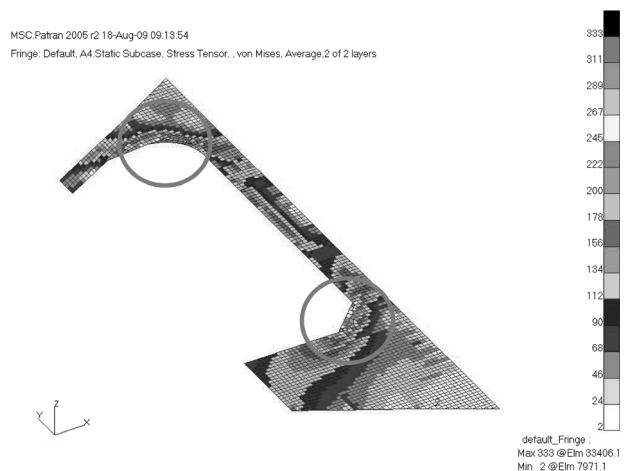


Fig. 11 von-Mises stress

2.6 Modified Analysis

해석 결과 Allowable Stress를 훨씬 초과하여 다음과 같이 구조를 변경하였다.

변경된 E/R Stringer Deck의 해석 결과는 다음과 같다.

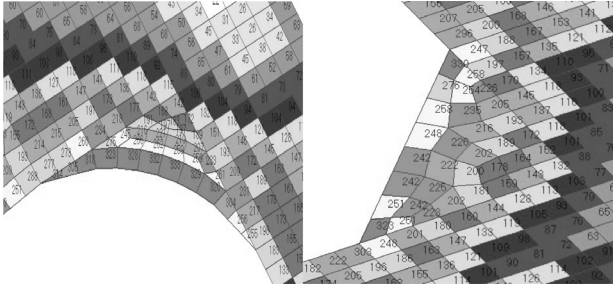


Fig. 12 Detail plot

Maximum von-Mises Stress가 333N/mm²으로 HT32 Steel Allowable Stress인 359N/mm²을 만족한다.

Table 3 Comparison of original & modified result
(Unit : N/mm²)

	Maximum Stress	Allowable Stress	Remark
Original	834	280	Mild
Modified	333	359	HT32

3. 결론

이상과 같이 Cargo Loading을 고려한 E/R Stringer Deck 구조를 F.E해석을 수행하여 강도를 평가하였으며 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) CSR을 적용하여 E/R Stringer Deck에 대한 구조해석을 수행한 결과 추가적인 구조보강이 필요함을 알 수 있었다.
- 2) E/R Stringer Deck와 같이 Cargo Hold Load가 고려되어야 하는 구조물의 경우, Partial Rule Scantling 뿐만 아니라 Local 구조평가가 병행되어야 할 것으로 사료된다.

참고 문헌

Common Structural Rules for Bulk Carrier (Consolidated Effective as of 1 July 2008).



최성빈



박동근



김경래