



Received: 2018/05/29
Revised: 2018/07/04
Accepted: 2018/07/18
Published: 2018/07/31

***Corresponding Author:**

Han-UI Kim

Tel: +82-51-400-5018

E-mail: hwkim@komeri.re.kr

CAE를 이용한 함정 Ammunition Elevator Door 보강 설계

Reinforcement Design of Ammunition Elevator Door for Naval Vessel by CAE

김한울*, 박성규, 최주형, 김정환, 공길영

(재)한국조선해양기자재연구원

Han-UI Kim*, Sung-Gyu Park, Joo-Hyoung Choi, Jeong-Hwan Kim,
Gil-Young Kong

Korea Marine Equipment Research Institute

Abstract

본 논문에서는 전산해석을 통하여 함정 탄약승강기 수밀문에 대한 구조적 안정성을 평가하였다. 먼저, 선급 규정을 만족하는 초기 모델에 수두압에 따른 하중을 부여하여 정적 구조해석을 수행하였다. 해석 결과, 초기 모델의 구조적 취약성을 확인하였고 보강재의 부피를 설계 변수로 지정하여 설계 보강을 진행했다. 수밀문의 재료 비용, 강도를 고려하여 보강재를 재선택하였고 설계 보강안의 구조적 안정성을 평가하였다.

This study evaluated structural safety of ammunition elevator door for naval vessel by computational aided engineering. First, an initial model that satisfies classification regulations was performed static structural analysis under the hydrostatic loads. As an analysis result, structural vulnerability of an initial model was identified, so a stiffener's volume was selected as an design variables and progressed design reinforcement. The stiffener was reselected based on material cost and strength, and evaluated structural safety of a design reinforced model.

Keywords

Ammunition Elevator(탄약승강기),
Watertight Door(수밀문),
Static Structural Analysis(정적 구조해석),
Design Reinforcement(설계 보강)

Acknowledgement

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 “경제협력관산업육성사업”의 지원을 받아 수행된 연구결과이다. (과제번호 : R0004558, 과제명 : 해양플랜트용 방폭 컬럼 승강기 개발사업)

본 논문은 해군과학기술학회 2018 하계학술대회 발표논문을 기반으로 작성되었습니다.

1. 서론

선박이 침수될 때 2차적인 피해를 막기 위해서는 부분구획을 차단하는 수밀문(Watertight door)의 역할이 중요하다. 한국선급(KR), 노르웨이 선급(DNV) 강선규칙에 따라 수밀문은 격벽갑판까지의 수두에 의한 압력에 견딜 수 있는 충분한 강도와 수밀성을 가져야 한다. 수밀문 설계 시 선박의 운동을 고려한 수두를 적용하여 구조 안정성에 대한 분석이 필요하다. 본 연구에서는 함정 탄약승강기 수밀문의 기본 설계에 대해 유한요소법(FEM)을 이용하여 정적 구조해석을 진행하였다.

2. 선급 강선규칙

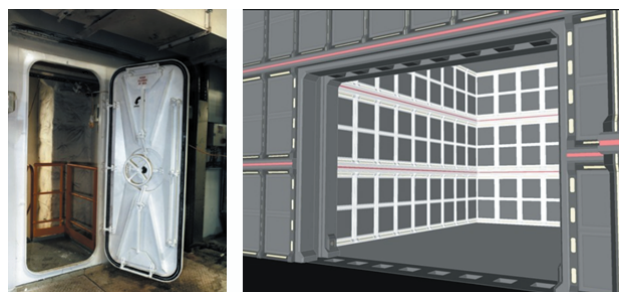


Fig. 1. General watertight door

Fig. 1은 일반적인 수밀문을 나타낸다. 선박의 수밀문은 한국선급, 노르

웨이선급 강선규칙에 따라 수식 (1), (2), (3)의 최소 두께, 단면계수를 만족해야 한다.

· Minimum thickness

$$t = \frac{14.3t_0}{\sqrt{f_{yd}}} \quad (1)$$

· Bending of plating minimum thickness

$$t = \frac{15,8k_a s \sqrt{p_d}}{\sqrt{\sigma_{pd1} k_{pp}}} \quad (2)$$

· Stiffener minimum section modulus

$$Z_s = \frac{l^2 s p_d}{k_m \sigma_{pd2} k_{ps}} 10^6 (mm^3), Min. 15 \cdot 10^3 (mm^3) \quad (3)$$

초기 모델이 수밀문 설계 기준에는 만족하였으나, 구조 강도 평가에는 구체적인 기준이 부족하여 선박의 거동을 고려한 가혹한 조건에서의 수밀문 구조 안전성을 검토하였다.

3. 초기 모델

3.1. 초기 모델 및 유한요소 모델

수밀문은 상단 힌지에 의해 개폐되며 선체 격벽에 지지된다. Fig. 2는 선박용 탄약승강기 수밀문의 초기 모델을 나타낸다. Table 1은 초기 모델의 재료 물성을 나타낸다. Fig. 3은 초기 유한요소 모델을 나타낸다. 요소는 유한요소 해석 프로그램(ANSYS)에서 제공하는 SHELL 181을 사용하였고 Table 2는 초기 유한요소 모델의 절점 수, 요소 수를 나타낸다.

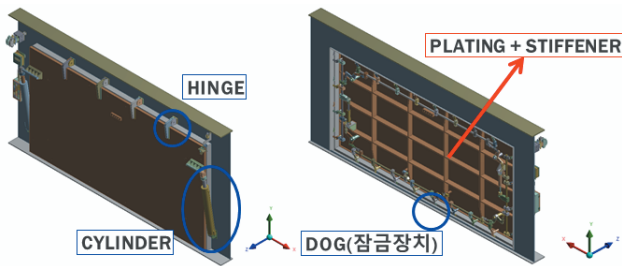


Fig. 2. Initial geometry model

Table 1. Material properties

Part name	Material	Density (kg/m ³)	Elastic modulus (GPa)	Poisson's ratio	Yield strength (MPa)
Door cover	AH36	7,805	200	0.29	350
Stiffener					

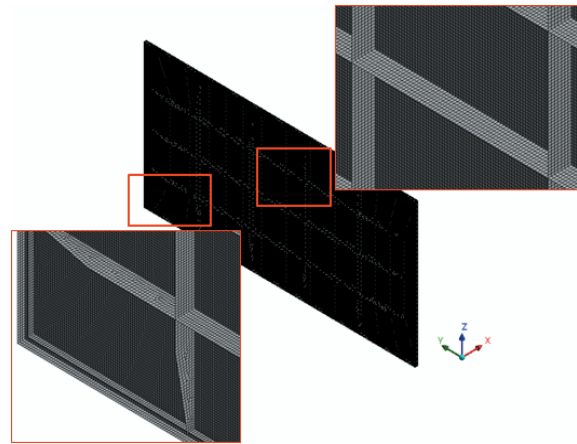


Fig. 3. Initial analysis model

Table 2. Element information

FEM model	Nodes	Elements
Ammunition elevator door	89,349	88,968

3.2. 경계 및 하중 조건

Fig. 4와 Table 3은 지지부에 따른 경계조건을 나타낸다.

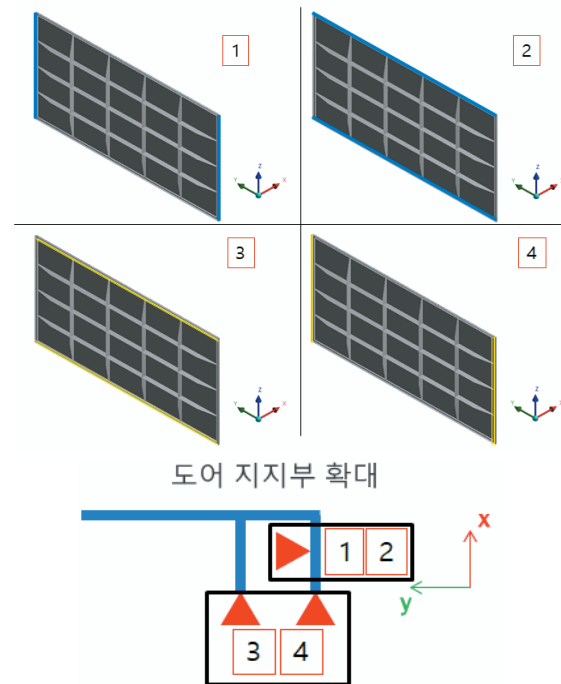


Fig. 4. Boundary cases according to the supports

Table 3. Boundary conditions according to the cases

No.	UX	UY	UZ	ROTX	ROTY	ROTZ
1	Free	Fix	Free	-	-	-
2	Free	Free	Fix	-	-	-
3	Fix	Free	Free	Fix	Free	Fix
4	Fix	Free	Free	Fix	Fix	Free

Fig. 5는 모델의 하중조건 산출 근거를 나타낸다. 선박의 rolling에 따른 수심을 고려하여 수밀문에 가해지는 수두압을 계산하였다. Table 4는 계산된 수두압을 나타내고 Fig. 6은 유한요소 모델에 압력조건을 부여한 모습이다.

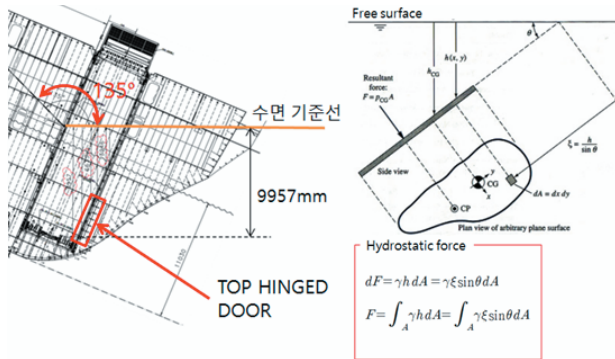


Fig. 5. Depth by rolling motion and Hydrostatic force of the slope

Table 4. Calculated hydrostatic pressure

Model	Max. pressure (kPa)	Min. pressure (kPa)
Ammunition elevator door	100.61	78.58

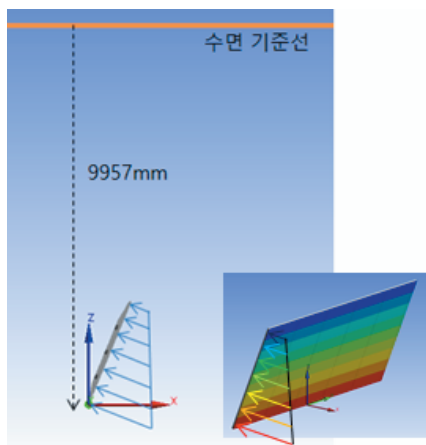


Fig. 6. loading conditions

3.3. 해석결과

위의 조건을 토대로 정적 구조해석을 수행하였다. Fig. 7 및 Fig. 8은 총변형량 해석결과를 나타내고 Fig. 9는 등가응력 해석결과를 나타낸다. Table 5는 해석결과를 수치로 정리한 것을 나타낸다. 해석결과, 최대 등가응력, 최대 조합응력이 재료의 항복응력인 350MPa보다 높게 나왔고 보강재 부분이 구조적으로 취약함을 보였다.

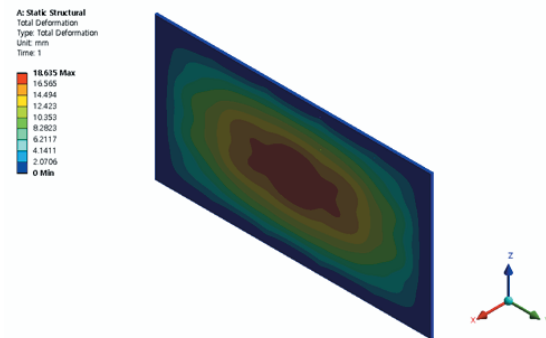


Fig. 7. Total deformation of the front side

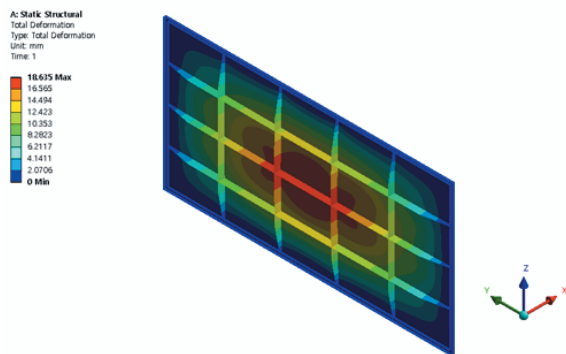


Fig. 8. Total deformation of the rear side

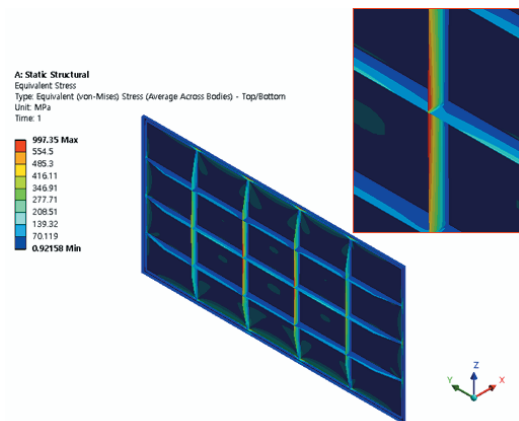


Fig. 9. Equivalent stress

Table 5. Analysis result

Max. equivalent stress (MPa)	Max. combined stress (MPa)	Max. deformation (mm)	Yield stress (MPa)	Evaluation
997	626	18.6	350	Not satisfied

4. 설계 보강 모델

4.1. 설계 보강

초기 모델이 구조적으로 취약하여 설계 보강을 실시하였다. Fig. 10은 설계 보강 case를 나타낸다. 수밀문의 설치 조건과 재료비용을 고려하여 case 1에서는 web의 두께를, case 2에서는 flange를 추가하고 두께를 변경하며 설계 변경안을 모색하였다. Table 6은 부피증가량에 따른 굽힘응력 해석결과를 나타낸다. 최종적으로, 플랜지 두께가 16mm일 때 재료비용, 강도 측면에서 우수한 결과를 나타내 이를 설계 변경안으로 선정하였다. Fig. 11은 설계 보강된 모델을 나타낸다.



Fig. 10. Design reinforcement cases

Table 6. Bending stress according to the volume increase rate

Volume increase rate	Case 1		Case 2	
	Web thickness	Max. bending stress (MPa)	Flange thickness	Max. bending stress (MPa)
20%	24	298	4.4	188
40%	28	263	8.8	140
60%	32	235	13.2	113
80%	36	213	17.6	96

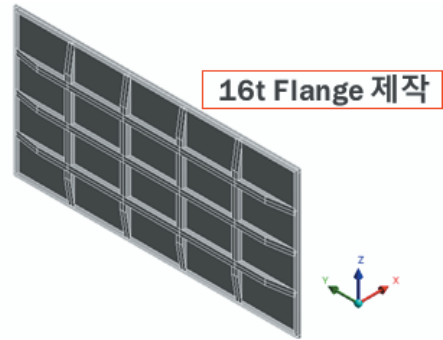


Fig. 11. Design reinforced model

2. 해석결과

경계, 하중 조건은 초기 모델과 동일하게 부여하여 정적 구조해석을 수행하였다. Fig. 12 및 Fig. 13은 총변형량 해석결과를 나타내고 Fig. 14는 등가응력 해석결과를 나타낸다. Table 7은 해석결과를 수치로 정리한 것을 나타낸다. 해석결과, 국부 응력까지 고려한 최대 등가응력과 조합응력이 재료의 항복응력보다 낮게 나와 구조적으로 안정적인 결과를 나타낸다.

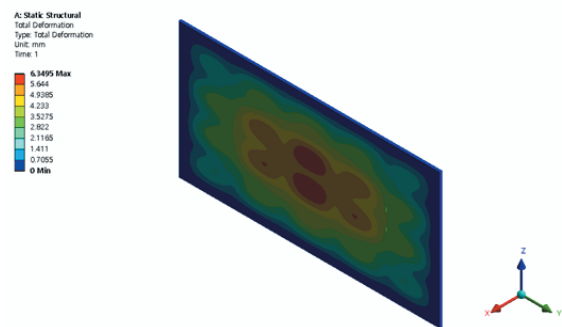


Fig. 12. Total deformation of the front side

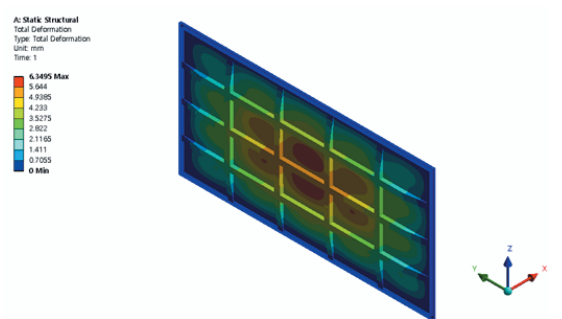


Fig. 13. Total deformation of the rear side

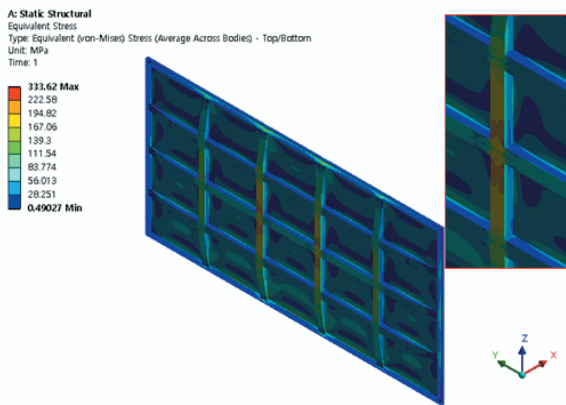


Fig. 14. Equivalent stress

Table 7. Analysis result

Max. equivalent stress (MPa)	Max. combined stress (MPa)	Max. deformation (mm)	Yield stress (MPa)	Evaluation
334	166	6.3	350	satisfied

본 연구에서는 함정 Ammunition elevator door에 대

한 구조적 안정성 검증을 위해 전산해석을 수행하였으며 그 결과는 다음과 같다.

- (1) 초기 모델 해석결과, 구조적으로 안정적이지 못하고 보강재 부분이 구조적으로 취약함을 알 수 있었다.
- (2) 보강재 부피 증가량을 설계 변수로 지정하여 굽힘응력 해석을 수행하였으며, 플랜지 두께가 16mm일 때 재료 비용, 강도 측면에서 우수함을 보였다.
- (3) 설계 보강 모델 해석결과, 재료 항복응력 이하의 등가응력 결과를 나타내 구조적 안정성을 만족하는 설계 변경안을 도출하였다.

참고문헌

- [1] Bruce R. Munson, Donald F. Young, Theodore H. Okiishi and Wade W. Huebsch, "Fundamentals of Fluid Mechanics", John Wiley & Sons Inc., Hoboken, 2010.
- [2] James M. Gere, Barry J. Goodno, "Mechanics of Materials", Cengage Learning, Boston, 2011.