

수중구조물(CARG DOOR)의 해석을 통한 충격 안정성에 대한 연구

A Study on the Impact stability through Analysis of the Submerged structure

*나재봉¹, 조명규¹, #김재실¹, 이원창², 최현오³

*J. B. Na¹, M. G. Jo¹, #C. S. Kim¹(kimcs@changwon.ac.kr), W. C. Lee², H. O. Choi³
¹창원대학교 기계공학과, ²창원대학교 메카트로닉스 공학부, ³한국기계연구원

Key words : LS-Dyna, DDAM, Shock, CARG DOOR, ADAMS, Mode shape, Flexible

1. 서론

최근 선박에 장착되는 구조물의 안정성 관련하여 국내 및 국제 규격의 강화 추세와 내충격성이 높은 선박 건조가 요구되고 있다. 국외에서는 국방과 관련하여 수중폭발 공격에 대비한 함정용 장비에 대한 내충격성 향상에 대한 연구를 진행하였으며, 국내에서는 1980년대 처음 충격해석을 통하여 함정 및 선박의 수중 구조물 장비의 충격 성능 평가를 하였다.

현재 국내에서는 선박 구조물과 같은 대형 충격시험기를 갖춘 곳이 드물며, 한국기계연구원, (주)대양전기, (주)센추리 총 3곳에서만 장비를 갖추고 있으며, 시험을 할 수 있다. Fig. 1은 MIL-S-901D에 준하는 충격시험기의 모습을 나타내고 있다.



Fig. 1 Medium Weight Shock Test Machine

그리고 군사 요구조건으로 내충격성을 설정하여 제시하고 있다. 군사의 충격요구 조건으로는 공인기관의 성적서를 요구하는데 성적서에는 충격 계수에 대한 충격시험이 안전하여야 하며, MIL-S-901D조건을 만족해야 하거나, DDAM(Dynamic Design Analysis Method)에 의한 보고서를 작성해야 한다. DDAM은 미국 해양연구소에 의해 선박의 기계장치에 대하여 충격하중을 평가할 수 있도록 개발된 Spectrum 해석방법이다.

본 연구에서는 수중 충격을 받는 선박의 내충격성을 개선하기 위하여 수중 충격현상과 구조물의 안정성을 해석을 위하여 상용 유한요소 해석 프로그램인 ANSYS의 LS_DYNA를 통하여 안정성을 평가하고 동역학 해석 프로그램인 ADAMS의 유연체 해석 결과와 비교를 통하여 신뢰성을 확보하고자 한다.

2. LS_Dyna를 이용한 내충격 평가 방법

본 연구에서는 선박에 장착되는 수중 구조물중에 CARG DOOR에 대해서 충격 해석을 하였다. Fig. 2는 DOOR의 2차원 도면을 나타내고 있고, Table.1에 재료에 대한 물성치를 나타내었다. Fig.3은 ANSYS 10.0 LS-DYNA을 이용하여 3차원 Shell 모델링 및 Mapped Mesh상태를 나타내고 있다. 해석의 수행방법은 400 lbs(181 Kg)의 무게로 5 feet(1.524 m)의 높이에서 낙하하여 DOOR 중심부를 타격하여 이 때 발생하는 응력분포를 계산하는 방식을 이용하였다.

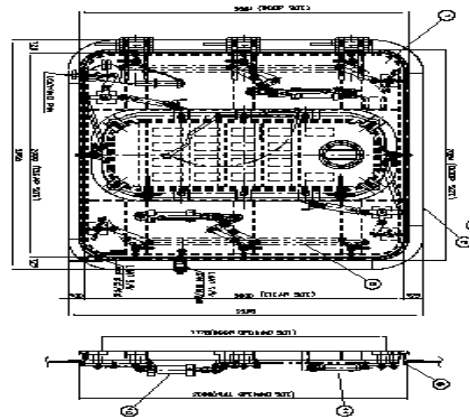


Fig. 2 Drawing of the CARG DOOR

Table. 1 Material Properties

	SS400	비고
Density (kg/m ³)	7850	
Young's Modulus (GPa)	200	
Poisson's Ratio	0.285	
Yield Stress (MPa)	245	

본 해석은 CARG DOOR에 대한 상태 중 동적 해석상 가장 취약하다고 판단되는 SIDE면에 대한 충격 해석을 수행하였다.

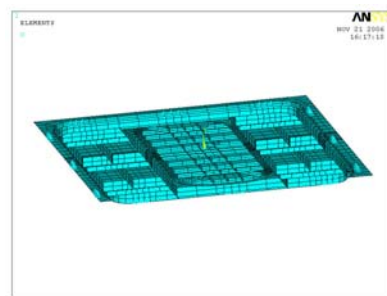


Fig. 3 FE Model of the CARG DOOR

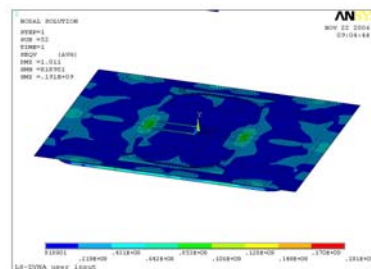


Fig. 5 Stress distribution of Upper

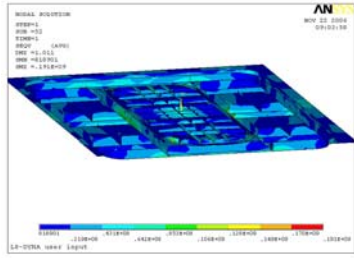


Fig. 5 Stress distribution of Bottom

모델에 사용한 재질은 SS400 적용하고, 구속조건 및 치수는 도면을 최대한 반영하였으며, 충격 해석에 가장 취약하다고 판단되는 부분의 모델링하여 시뮬레이션 한 결과 Von-mises 응력으로 평가를 하였고, Stress Max는 CARG DOOR의 Center의 좌/우측에서 발생하였으며 191MPa 이었고, 또한 Displacement Max는 1.011mm 로 발생하였다.

SS400의 Yield Stress 인 245 MPa 보다 낮으므로 CARG DOOR의 잠재적인 위험인 Side방향으로의 충격하중에 작용하는 응력을 검토한 결과 모든 부위에서 허용응력 조건을 만족하고 있으므로, 충격하중에 의한 구조적 손상가능성은 없으며, CARG DOOR는 충격조건을 만족할 것으로 판단된다.

3. ADAMS를 이용한 내충격 평가 방법

ANSYS의 LS_Dyna를 이용하여 수중구조물의 충격 해석과 ADAMS의 충격해석을 비교하기 위해서는 ANSYS에서 Mode 해석을 통하여 정확한 모드를 추출하였다. Fig.6과 Fig.7은 ANSYS를 이용하여 모드해석 한 Mode shape을 나타내고 있다.

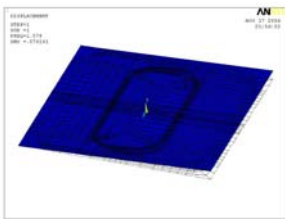


Fig. 6 1st Mode shape

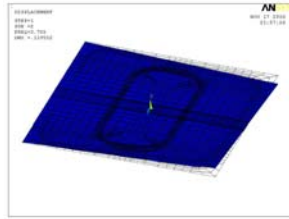


Fig. 7 2nd Mode shape

Table. 2 Results of Mode Analysis

	Frequency (Hz)	비고
1st Mode	35.269	
2nd Mode	54.941	
3st Mode	97.110	
4st Mode	127.020	

유한요소프로그램의 모드해석 결과를 이용하여 MNF(Modal Neutral File)을 생성시키고 동역학 프로그램에서 MNF 파일을 Importing하였다. MNF파일에는 유한요소해석의 정보들을 포함하고 있으며, 동역학 해석 시 유연체 모델로 구성된다. 해석방식은 LS-Dyna에서의 충격해석 방식과 동일하게 Mass를 일정한 높이에서 DOOR의 중심부를 타격하였으며, Fig.8은 ADAMS의 시뮬레이션 모델을 나타내고 있으며, 적당한 시간과 Step size를 결정하여 해석을 수행하였다.

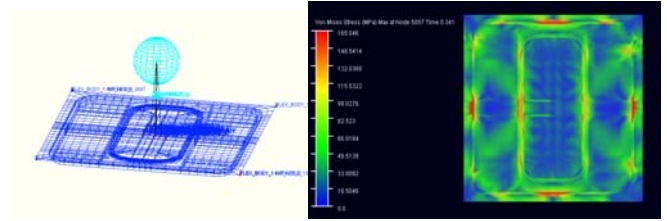


Fig. 8 Flexible Model

Fig. 9 Result of Stress

해석 결과로는 Von-mises로 응력을 평가하였고, 최대응력이 LS-Dyna와 동일한 부분인 보강재와 접합하는 Center의 좌/우측 부분에서 발생했으며, 165Mpa의 결과를 나타내고 있다. SS400의 항복응력보다 낮으므로 안정하다고 판단된다. Fig.10은 최대변위(0.9983mm)를 나타내고 있다.

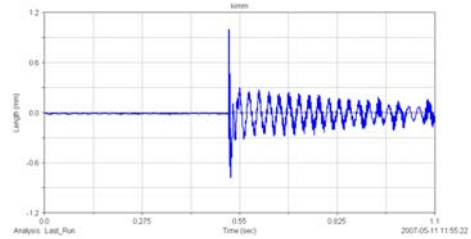


Fig. 10 Transient Analysis

4. 결론

선박에 장착되는 수중구조물인 CARG DOOR는 수중폭발이나 충격에 대한 안정성을 평가하고자 하였다. 본 연구에서는 내충격 성능 평가방법으로 유한요소법과 유연체 동역학 기법을 이용하는 평가방법을 제시 하였다.

Table. 3 Comparison of Results

Program	Max Stress	Max Dis.
ANSYS(LS-Dyna)	191 (MPa)	1.011 (mm)
ADAMS	165 (Mpa)	0.9983 (mm)

유한요소법과 동역학기법을 이용하여 충격해석 결과로 선박에 부착되는 CARG DOOR의 안정성이 검증이 되었으며, Table.3은 두 기법의 결과를 비교함으로써 결과의 신뢰성을 확보하였다.

후기

본 연구는 산업자원부 지방기술혁신 사업 [RTI04-01-03] 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- 1) 정정훈, "함정용 탑재 장비의 내충격 성능 평가," 한국소음진동공학회지, Vol.8/No.1, pp21~28,1998
- 2) 나재봉, 이원창, 정훈형, 김재실, 김성원, 김광영, "다물체 동역학 기법을 이용한 초고속 유연회전체 제어," 한국정밀공학회 춘계논문집, 2006
- 3) 김극수, 최수현, 손성완, "NASTRAN을 이용한 수중폭발에 의한 함정의 내충격 해석," Daewoo heavy Industries Ltd.
- 4) 오태만, "수중 폭발에 의한 함정용 보조기계의 내충격 성능 평가에 관한 연구," 한국해양대학교, 2006