

DDAM을 이용한 대용량 추진모터의 구조안전성 해석

Structural Safety Analysis of Propulsion Motors by DDAM

배성욱* · 홍진숙† · 정의봉** · 김진***

Sung-Wook Bae, Chin-suk Hong, Weui-Bong Jeong and Jin Kim

1. 서 론

함정의 생존성은 “전투환경에서 임무를 계속 수행하기 위한 능력” 또는 “적의 위협무기를 회피하거나 견디는 능력”으로서 내충격성능, 탐지/피탐지성능 및 기동회복능력으로 분류하여 다룰 수 있다. 그 중 함정에 탑재되는 추진모터의 경우 함정의 생존성에 치명적인 영향을 미치는 내충격성능을 고려한 설계는 매우 중요하다. 함정이 외부 충격에 노출되어 추진전동기가 손상으로 회복하지 못할 경우 기동성을 잃어 임무수행능력을 상실하고 적의 위협으로부터 회피할 수 없게 된다. 따라서 추진모터의 내충격성능의 보장을 위한 설계가 요구된다.

내충격성능을 평가하기 위한 방법은 여러 가지가 있으며 Fig.1과 같이 실선을 대상으로 수중폭발실험을 예로 들 수 있다. 이 실험은 비용이나 규모면에서 수행하기 어려우며 함정의 설계단계에서는 수행하지 못하는 단점이 있다. 따라서 수치해석적 기법을 이용하여 충격해석을 수행하여 장비의 성능 회복성을 검증하는 방법이 있다. 대표적인 해석방법 중 미국 NRL(Naval Research Laboratory)에서 제안한 DDAM(Dynammin Design Analysis Method)이 있다.



Fig.1 함정의 실선 내충격 시험 예

본 연구에서는 DDAM 충격해석을 통해 대용량 추진모터의 응력을 분포를 확인하여 보고 구조안전성을 평가함으로써 대용량 추진모터의 내충격성능을 확인하고자 한다.

2. DDAM 및 해석절차

DDAM(Dynamic Design Analysis Method)은 미리 얻어진 응답스펙트럼을 기초로 장비의 설계기준이 되는 충격응답스펙트럼을 규정하여 해석 시에 계산값으로 제공하는 방법을 사용한다. 과도응답해석과는 달리 시간영역 가속도값이 필요하지 않으며 해석절차가 명확하고 간단한 특징이 있다.

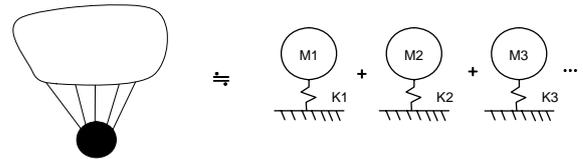


Fig.2 Equivalent 1 DOF Substitution

충격파에 노출된 장비의 DDAM해석을 위해서 실제 구조물을 Fig2.와 같이 몇 개의 Mode만의 등가 1자유도계로 치환하고 설계기준 충격응답 스펙트럼에서 얻은 값을 통해 등가의 힘을 계산한다. 이 등가의 힘으로부터 계산된 응력값을 전체 계산된 Mode에 대해 각 모드 영향도에 따라 식(1)의 NRL sum방법을 통해 합산하여 전체 구조물의 응답을 알아내게 된다.

$$R_i = |R_{ia}| + \sqrt{\left(\sum_{b=1}^N R_{ib}^2\right) - R_{ia}^2} \quad (1)$$

식(1)에서 R_i 는 절점 i 에서의 전체응답을 a, b 는 a, b 번째 모드 그리고 N 는 전체 모드수를 나타낸다. DDAM의 계산과정은 MSC/NASTRAN SOL187로 구현되어 있으며 본 연구에서는 이를 이용하여 해석을 수행하였다.

† 교신저자: 울산과학기술대학교 디지털기계공학부
E-mail : cshong@uc.ac.kr
Tel : (052) 279-3134, Fax : (052) 279-3137

* 부산대학교 대학원 기계공학부

** 부산대학교 기계공학부

*** 효성중공업 연구소

3. 내충격 해석

3.1 유한요소 해석을 위한 전처리

추진전동기 구조는 Fig. 3에서 보인 바와 같으며 유한요소(TETRA10)로 모델링하였다. 구성품의 물성치는 Table 1에서 보인 바와 같다. 전자부품 등은 LUMPED MASS를 통해 모델링하였다. 충격이 입력되는 Interface들을 RBE2를 이용하여 충격점에 연결하였다. 충격값은 Table 2에서 보인 바와 같이 모델링하였다.



Fig.3 Propulsion Motor

Table. 1 Material Properties

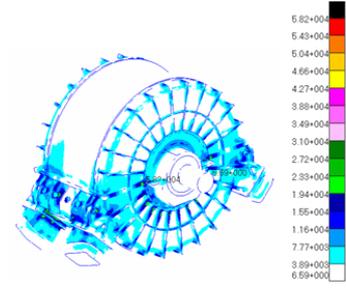
| | SS400 | 비고 |
|------------------------------|-------|----|
| Density (Kg/m ³) | 7865 | |
| Young's Modulus (GPa) | 205 | |
| Poisson's Ratio | 0.29 | |
| Yield Stress (MPa) | 230 | |
| Ultimated Stress (MPa) | 415 | |

Table. 2 Input Properties

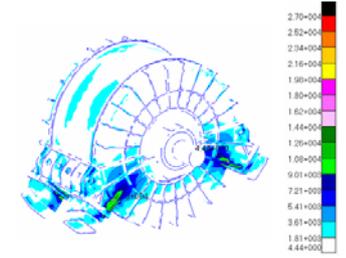
| | 입력값 | 비고 |
|-----------------|---------|----|
| F(x) Type | DDS 072 | |
| Elastic/Plastic | Elastic | |

3.2 해석 결과

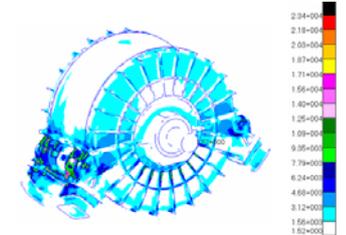
Fig.4의 (a), (b) 및 (c)는 각각 길이방향, 수평방향 및 반경방향 충격 입력에 따라 발생한 Von-Mises 응력값을 가시화 한 것으로 Element별 최대 발생응력을 나타내었다. 최대응력은 반경방향 충격 시 발생하였으며 150 MPa이 발생하였음을 확인 할 수 있다.



(a) Longitudinal Shock Input



(b) Tangential Shock Input



(c) Radial Shock Input

Fig.4 Distribution of Von-Mises Stress

4. 결 론

DDAM을 이용한 대용량 추진모터의 내충격해석 결과 추진모터의 최대응력이 재료의 항복응력을 초과하지 않으므로 추진모터에 치명적인 파손이나 파단이 발생되지 않으며 추진모터는 내충격설계 기준을 만족한다고 판단된다.

후 기

본 연구는 효성중공업 위탁과제사업으로 수행된 연구결과이며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.