

# 유한요소해석을 이용한 이동형 쉘터구조물의 동특성 분석에 대한 연구

## Research for Dynamic Characteristic Analysis of a Movable Shelter Structure by Using Finite Element Analysis

손동훈<sup>†</sup> · 강광희\* · 최지호\* · 박도훈\*\* · 김준환\*\*\*

Dong-Hun Son, Kwang-Hee Kang, Ji-Ho Choi, Do-Hoon Park and Joon-Hwan Kim

### 1. 서 론

쉘터구조물(이하 ‘쉘터’)은 작전 시 운용인원의 생존성 및 임무수행의 지속성을 보장하는 기능과 쉘터 내 탑재장비의 기동성 및 정비효율성 향상 기능을 제공한다. 이를 위해 쉘터 내 작전공간은 기밀이 유지되어야 하고, 운용 시 외부 환경에서 발생하는 진동/충격으로부터 탑재장비의 손상을 방지할 수 있도록 내진동/내충격성을 보유하여야 한다. 또한, 탑재장비의 기동성을 위해 쉘터는 차량에 탑재되도록 설계되어야 한다. 이와 같은 조건 충족을 위해 쉘터는 저중량으로 강성을 확보할 수 있는 고강도/경량 소재 선정이 필수적이다. 따라서 본 연구에서는 알루미늄, 나무, 탄소섬유로 구성된 복합소재를 적용하여 기존 알루미늄 소재보다 경량화되고 구조적 안전율이 확보된 다층복합소재를 적용한 쉘터를 모델로 하여 차량 기동 시 발생하는 진동에 대한 쉘터 구성품의 내진동성을 해석적인 방법으로 평가하였다. 이 과정에서 쉘터 및 쉘터 내/외부에 위치한 탑재장비의 하중을 고려하여 고유진동수를 산출하였고 이를 통해 쉘터의 동특성을 확인함으로써 구조물의 구조적 신뢰성을 검증하였다.

### 2. 본 론

#### 2.1 시스템 주파수 설계

MIL-STD-810G Method 514.6 진동 규격의 2.2.3 Category 6 - Truck/trailer/tracked-large

<sup>†</sup> 교신저자; 정회원, LIG 넥스원

E-mail : donghun.son@lignex1.com

Tel : (031)8026-4860, Fax : (031)8026-7084

\* LIG 넥스원

\*\* KS 시스템

\*\*\* 한밭대학교

assembly cargo에 따른 차량진동 가진 입력은 X, Y, Z축 모두 5~12Hz에서 구조물에 Dominant한 영향을 주는 PSD Value가 발생한다<sup>(1)</sup>. 그러나 차량 서스펜션의 주파수는 5~7Hz이고 이는 차량의 고유진동수를 4Hz 이내로 설정하므로 진동 조건에 의한 PSD Value는 무시할 수 있다. 한편, MIL-STD-810G Method 516.6 충격 규격에 따른 가진충격주파수는 20G, 11ms의 조건에서 45.5Hz이며, 이는 시스템 고유진동수의 최소 마진이 가진충격주파수의  $\sqrt{2}$ 배인 64.3Hz임을 의미한다. 따라서 본 연구에서는 쉘터의 1차 고유진동수가 64.3Hz 이상의 주파수 대역에서 발생하도록 설계한다.

#### 2.2 소재 물성시험

다층복합소재를 적용하여 제작된 쉘터의 고유진동수와 모드를 해석을 통하여 실제와 유사하게 구현하기 위해서는 재료의 정확한 물성을 확인할 필요가 있다. 이를 위해 다층복합소재인 내/외부 스킨(A5052-H32), 프레임(AL6061-T6), 프레임 복합

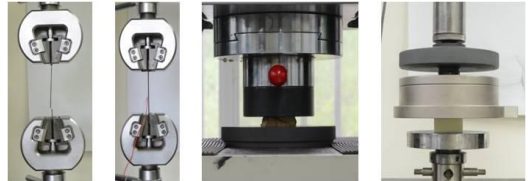


Fig.1 소재 물성시험

Table 1 쉘터 적용 물성 정보

	Carbon UD	Carbon Woven	A5052-H32	A6061-T6	Wood	
Density(kg/m <sup>3</sup> )	1,600	1,600	2,680	2,700	770	
Young's Modulus (GPa)	E <sub>1</sub>	360	70	70.3	68.9	20.6
	E <sub>2</sub>	5.1	70			
	E <sub>3</sub>	5.1	6.73			
Shear Modulus (GPa)	G <sub>12</sub>	5.5	4.8	-	-	-
	G <sub>13</sub>	5.5	4.8			
	G <sub>23</sub>	4	3			
Poisson's ratio	ν <sub>12</sub>	0.28	0.033	0.33	0.33	0.4
	ν <sub>13</sub>	0.28	0.033			
	ν <sub>23</sub>	0.4*	0.05			

재(Carbon UD/Woven), 나무(GERUTU)의 시편을 제작하여 인장, 압축, 전단 강도에 대한 물성시험을 ASTM 규격으로 Fig1과 같이 수행하였으며, 그 결과는 Table1과 같다. 또한, 다층복합소재 셀터의 중량은 알루미늄 소재 셀터 중량의 95.6% 수준임을 본 시험을 통해 확인하였다.

### 2.3 유한요소모델 구축

셀터 동특성 해석을 위한 FEM은 해석 특성상 최소한의 노드 및 엘리먼트로 구성 되어야 하며 동시에 셀터의 동특성 또한 정확하게 구현되어야 한다. 셀터의 고유진동수와 모드를 구현하기 위한 Simplified-FEM 구축이 요구된다. 셀터 유한요소 모드 해석을 위한 프로그램으로 상용 구조해석 툴인 ANSYS 13.0을 사용하였으며, 구조적인 특성을 감안하여 Solid 45, Beam 188의 3D Solid 요소와 Shell 181의 2D Shell 요소를 이용하여 FEM을 Fig2와 같이 형상화하였고, 셀터 내부 탑재장비의 질량에 의한 효과를 고려하기 위하여 각 탑재장비의 무게중심점에 Fig3과 같이 집중질량을 생성하여 모델링화 하였다.

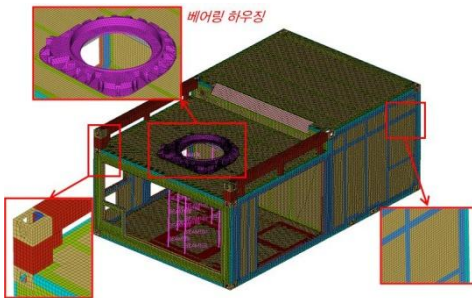


Fig.2 셀터 유한요소 모델링

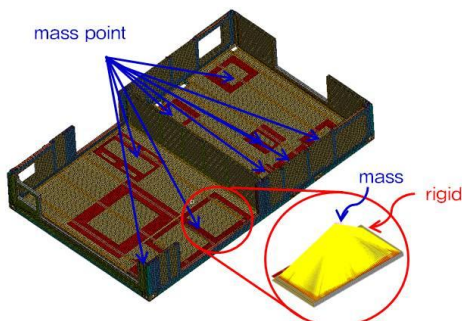


Fig.3 셀터 내부 질량 모델링

### 2.4 모드 해석 및 분석

모드 해석 수행 결과는 Table 2의 고유진동수와 Fig4의 고유모드형상과 같다. 20Hz 이하의 저주파

대역에서 발생한 모드는 모두 국부 모드이며, 구조물의 1차 고유진동수는 75.58Hz이다. 이는 시스템 최소 설계 마진인 64.3Hz을 상회하므로 설계된 셀터가 구조적으로 강건함을 증명한다.

Table 2 Natural Frequency and Mode Shape

No.	Natural Frequency [Hz]	Mode Shape
1	15.44	Local
2	15.54	Local
3	15.63	Local
4	15.97	Local
5	16.50	Local
6	17.28	Local
7	20.04	Local
52	75.58	Global

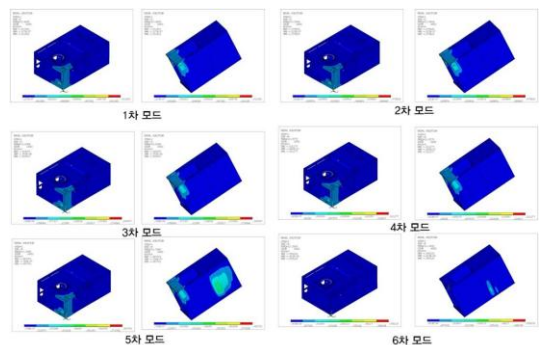


Fig.4 Local Mode Shape

## 3. 결 론

본 연구에서는 고강도/경량 설계를 위해 다층복합소재를 적용한 이동형 셀터의 구조건전성을 소재물성시험과 해석을 통해 입증하였다. 다층복합소재의 물성시험을 수행하여 구성 소재의 물성을 확인하였고, 그 결과를 유한요소모델에 적용하여 셀터의 모드 해석을 수행하였다. 설계된 셀터의 고유진동수와 고유모드를 확인하는 공학적 절차를 통해 시스템이 구조적으로 강건하게 설계되었음을 입증하였다. 추후, 셀터 모드 시험을 수행하여 모드 해석 결과와의 비교/분석을 통해 셀터의 구조강건성을 실험적인 방법으로 입증하는 과정이 필요하다.

### 참고문헌

[1] MIL-STD-810G, ENVIRONMENTAL ENGINEERING CONSIDERATIONS AND LABORATORY TESTS