

# 유한요소법을 이용한 육상용 복합재 구조물 구조 건전성 평가 Structural Integrity Evaluations of Onshore Composite Structure using Finite Element Method

\*김흥태<sup>1</sup>, #강광희<sup>1</sup>, 최지호<sup>1</sup>, 최근하<sup>2</sup>

\*H. T. Kim<sup>1</sup>, #K. H. Kang(kwanghee.kang@lignex1.com)<sup>1</sup>, J. H. Choi<sup>1</sup>, G. H. Choi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>LIG 텍스원, <sup>2</sup>방위사업청

Key words : Composite structure, Random response analysis, Finite element method

## 1. 서론

복합재 구조물은 기계적 특성을 강화하고 경량화에 대한 우수성 때문에 항공기 및 군사 무기 등을 비롯한 여러 산업에 널리 사용되고 있다. 복합재 구조물은 선박, 항공기 관제등의 민수산업은 물론, 전투함 및 전투기 등의 전투장비의 분야에 널리 사용되며 활용범위가 넓은 장비이다. 또한, 복합재 구조물은 기동성 갖는 장비 등에 설치되는 경우가 대부분이기 때문에 복합재에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

육상용 복합재 구조물의 경우, 운용상 발생하는 진동하중, 바람에 의한 풍동하중의 관점으로 고려할 수 있다. 진동하중과 풍동하중은 운용적 관점에서 장비의 수명을 판단하는 중요한 설계인자이며, 그 발생확률이 높다. 따라서 장비의 신뢰도를 높이고 경량화를 이루기 위해서는 중요 설계인자에 대한 하중분석 후 설계 및 제작이 이루어져야 한다.

본 논문에서는 육상용 복합재 구조물에 대하여, 운용 중 받을 수 있는 하중조건을 파악하고 MIL-STD-810G의 운용조건을 적용하여 유한요소 해석법을 장비의 진동 응답 해석을 수행하였고, 구조건전성 평가를 수행하였다.

## 2. 형상 및 환경조건

Fig.1 은 육상용 복합재 구조물을 나타내고 있다. 육상용 복합재 구조물은 이동차량의 적재함 상단에 장착이 되며, 복합재 구조물, 액츄에이터, 구동장치로 구성되어 있다. 복합재 구조물의 내부에는 운용장치가 장착되어 진다.

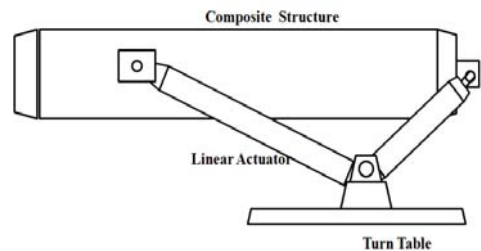


Fig. 1 Onshore Composite Structure

유한요소해석은 Modal analysis를 수행하여 고유진동수와 강성을 확인하고, Random response analysis를 통해 응답을 확인하여 구조건전성을 파악하였다. Fig.2 는 해석에 사용된 수직방향의 가속도 응답스펙트럼을 나타내었다.

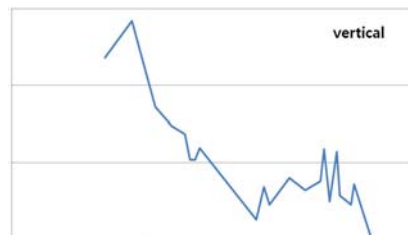


Fig. 2 Response spectra for vertical direction

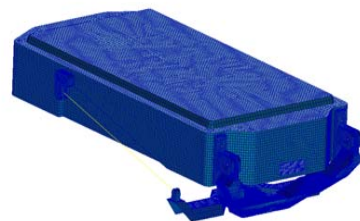


Fig. 3 FE model of Onshore Composite Structure

유한요소해석은 상용 FEM 프로그램인 Patran/Nastran을 사용하였다. 유한요소 모델은 해석의 용이성을 고려하여 Solid 요소, Shell 요소 와 Beam 요소를 구조특성에 맞추어 적용하였다. 복합재 구조물의 내부구성품은 집중질량요소를 사용하여 동일한 특성을 나타내었고 복합재 구조물이 지상과 수평방향에 위치하는 구조를 해석 대상으로 하였다.

### 3. 결과 및 고찰

Table 1 은 진동 모드에 따른 고유진동수를 나타내었다. Random response analysis는 조합되는 모드들의 수가 적을 경우에는 조합된 모드들의 전체 모드 기여가 크지 않게 되므로 응답해석을 통하여 얻어진 응력이나 변위와 같은 해석 결과들의 정확성을 확보 할 수 없게 된다. 따라서 해석의 신뢰성을 확보하기 위해 일반적인 고유치 해석을 수행할 때 보다 더 많은 모드를 고려할 필요가 있다. Table 1 은 Random response analysis의 가장 큰 영향을 미치는 1 ~ 4 차 고유치를 나타내었다.

해석결과는 normal mode X, Y, Z의 3축 방향 및 3축의 회전방향을 모두 분석하여 각 모드의 effective mass 의 합이 90 % 이상이 될 때까지 분석하였고, 약 10 % 이상의 기여도를 보이는 모드를 분석하였다.

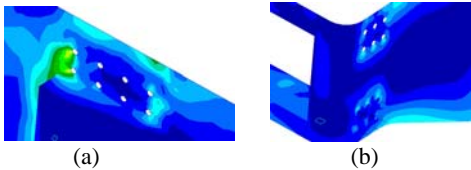


Fig.4 Stress results for bolt joint between composite structure and isotropic material structure; (a) Side joints, (b) Back side joints

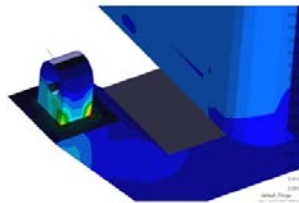


Fig. 5 Stress results for supports

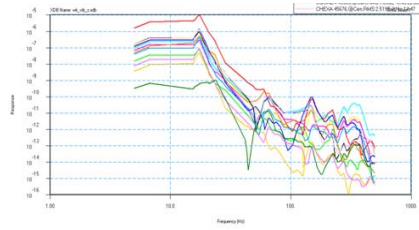


Fig. 5 Random response analysis results for vertical direction

Table 1 Natural frequencies normalization according to modal mode

Mode	1	2	3	4
Frequency	6.7	2.34	9.70	10.44

Fig. 4는 복합재 구조물과 등방성 재료의 구조물의 접합면의 응력분포를 나타내었다. 복합재 구조물의 설계 시, 등방성 재료와의 접합에 대한 응력고찰이 이루어 져야 한다. 본 해석에서는 체결부의 주변 노드를 Patran의 MPC요소와 1차원 beam 요소를 사용하여 체결조건을 적용하였다. 본 논문의 복합재 구조물은 측면과 후면에 볼트 체결부에 대한 응력분포를 확인하였고, 후면 체결부보다 측면 체결부에서 더 높은 응력분포가 발생함을 확인하였다. 이는 액츄에이터가 복합재 구조물을 수직 방향으로 작동에 따른 영향이며, 해석에서는 00.0의 safety factor를 확보함을 확인하였다. 추후 복합재와 등방성 재료의 체결부에 대한 평가 실험을 통해 구조건전성을 확인 할 것이다.

Fig. 5는 지지대와 액츄에이터의 체결부에서 응력분포를 나타내었다. Fig. 6는 육상용 복합재 구조물에서 응력발생이 주로 발생하는 FE 모델의 node를 추출하여 고유치에 따른 응답값을 나타내었다.

### 후기

본 연구는 방위사업청의 지원으로 이루어진 것이므로, 관계자 여러분께 감사드립니다.

### 참고문헌

1. MIL-STD-810G, 2008, "Department of Defense Test Method Standard; Environmental Engineering Considerations and Laboratory Tests"