

군용차량에 장착된 전자장비의 설치프레임에 의한 제진효과 분석 Analysis on the damping effect of sub-frame for electronic equipment installed on the military vehicle

김달중† · 이석규* · 이증**

Kim daljung, Lee sockkyu and Lee jeoung

1. 서 론

군용차량에 장착된 전자장비는 운용자의 조작 편의성 고려와 파워 팩과 같은 기 설치된 구성품과의 간섭성을 고려하여 차량 데시보드에 장착되어야 한다. 이러한 설치 프레임은 열악한 동적 조건을 수용해야 하며 진동 시험을 통하여 시스템의 안정성을 검증하여야 한다. 일반적으로 군용차량에 장착된 전자 시스템의 진동 및 충격 등 외란에 대한 신뢰성 평가는 MIL-STD-810F에 기술된 스펙을 적용하여 기능 확인 등을 통해 검증한다.[1]

2. 시스템의 규격 및 모델링

본 논문에서는 환경시험에 견고한 설치프레임의 최적화를 위하여 유한 요소 해석모델을 구축하여 외란에 대한 응답을 검토한다.

2.1 진동 외란의 검토

차륜형 트럭의 환경조건은 그림 1 과 같은 MIL - STD - 810F의 수송진동규격으로 정의된다. 군용차량의 진동환경 특징은 저주파수 대역에서 높은 변위의 입력이 있다. 따라서 통상적인 진동제어인 진동절연을 적용하지 못한다. 이런 댐퍼를 장착하지 못하는 설치조건을 갖는 시스템의 동적 분석은 진동 모드와 함께 감쇠가 중요한 역할을 한다.

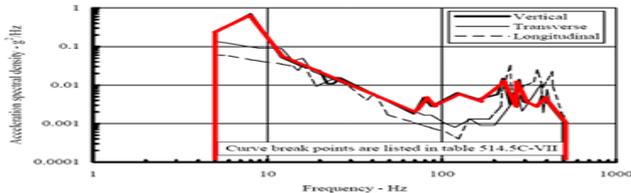


그림 1 MIL-STD-810F, Wheeled-vehicle, vertical axis input

교신저자; LIG넥스원(주)

† E-mail : kdaljung@lignex1.com

Tel : (031) 288-9223, Fax : (031) 284-4542

* LIG넥스원(주)

** LIG넥스원(주)

2.2 구성 및 FEM

아래 그림 2 는 제한적 설치조건을 갖는 전자장비를 유한 요소 해석 모델링 한 것이다. 설치 프레임은 중량 및 형상적 제약이 있다. 유한 요소 모델링은 shell mesh로 상세 구현하여 전자장비 시스템의 중요 모드가 보다 정확히 예측되도록 하였다. 실제 시스템에 근접한 해석결과를 얻기 위하여 경계조건을 실제와 유사하게 적용하였다.

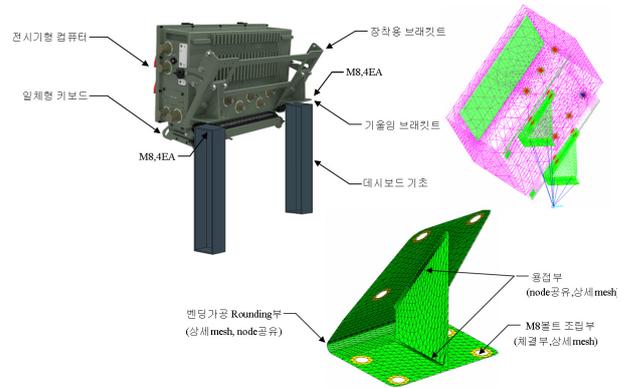


그림 2 시스템의 구성과 유한 요소 모델링

2.3 Damped modal Analysis의 고찰[2]

모달 진동해석은 진동시스템의 진동특성(고유주파수와 모드형상)을 결정하는데 이용된다. 모달 분석의 결과는 중첩법을 통하여 동적 분석의 적용에 이용될 수 있다. 또한, 모드 중첩법에서는 Rayleigh 감쇠와 재료 감쇠를 사용하여 감쇠를 규정할 수 있다.

모달 진동해석에서 ζ_r 는 Ansys와 같은 범용 해석툴에서 식 (1)과 같이 여러 가지 감쇠의 조합으로 입력될 수 있다.

$$\zeta_r = \left(\frac{\alpha}{2\omega_r} \right) + \left(\frac{\beta}{2} \omega_r \right) + \zeta + \zeta_{mr} \quad (1)$$

위 식의 앞의 두 감쇠는 Rayleigh 감쇠의 질량 감쇠와 강성 감쇠이고 ζ 는 재료 감쇠 상수이고, ζ_{mr} 은 모드 감쇠비이다. 또한 단일 재질의 진동 구조에서는 식(2)에 따라서 재료감쇠는 강성 감쇠와 유사한 결과가 된다.

$$\beta_j = 2\zeta_j/\omega_{rj} \quad (2)$$

본 연구는 모달 모델을 구축하고 외란에 대해서 Rayleigh 비례 감쇠를 적용한 모달 응답을 구한다.

특히 간략화된 전자 장비의 모달 모델은 유효 질량이 90% 이상이 특정 모드에 집중되어 있다. 따라서 유효모드 주파수 구간에 그림 3과 같은 통상적인 스틸계의 감쇠비 5%를 보간법을 적용한 Rayleigh 감쇠를 적용하는 것이 가능하다.

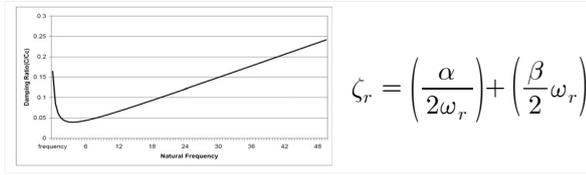


그림 3 시스템의 고유주파수와 감쇠비의 변화

3. 최적화 설계

3.1 모달 모델 및 진동 모드 분석

모드 해석 결과는 표 1 과 같다. 유효질량으로 본 주요 모드는 5개 이하로 간략화 되었다. 주요 모드는 그림 4 와 같이 축방향의 모드로 나타난다. 두께 1mm의 변화로 인한 강성의 증가가 공진주파수의 변화로 현저히 나타났다.

브래킷 두께 (mm)	X축 모드 (Hz)	Y축 모드 (Hz)	Z축 모드 (Hz)	비고
5	177.4 (76%)	174.9 (79%)	339.0 (66%)	
6	183.9 (79%)	194.3 (53%)	359.9 (55%)	
7	188.4 (81%)	206.8 (71%)	373.6 (51%)	

표 1 기울임 브래킷의 두께별 공진모드 및 유효질량[%]

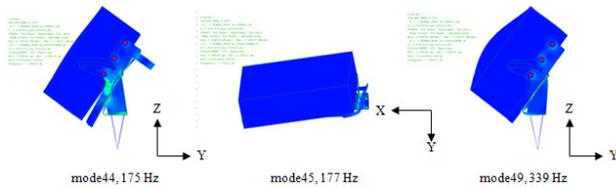


그림 4 전자장비의 주요 모드(기울임 브래킷 두께 5mm)

3.2 동적 영향도 분석

모달 모델에 대한 응답해석과정은 아래와 그림과 같으며, 해석을 통해 시스템의 강성변화에 대한 영향과 균용차량 프로파일에 대한 영향을 검토한 결과는 그림 5 와 같다.

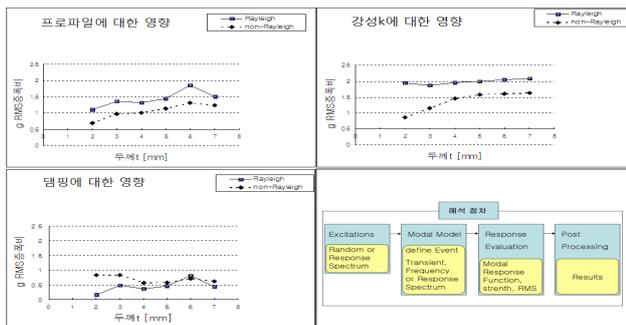


그림 5 응답해석을 통한 영향도 분석

응답해석을 실시하여, 브래킷 두께 변화에 대한 g RMS의 증폭비에 대한 영향을 나타낸다. 두께가 증가 할수록 증폭비가 커지는 결과가 나왔다. 그러나, 주된 영향은 프로파일에 대한 영향이며, 두께 증가로 인한 강성의 증가에 대한 영향은 Rayleigh감쇠를 적용하였을 때 변화량이 작음을 알 수 있다.

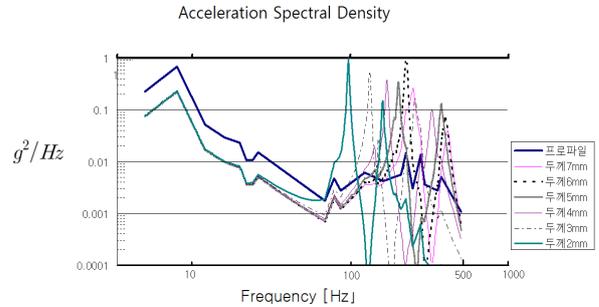


그림 6 기울임 브래킷의 두께별 주파수 응답 해석 결과

3.3 최적화

그림 6 에서 해석결과는 두께가 작아질 수록 피크값이 커지는 경향이 있어 있다. 이에 응력집중부의 영향을 함께 고려하여 최적의 재질의 두께를 선정하였다. 그림 7에서 응력집중부의 과도적 충격 해석결과는 두께가 얇아 질수록 충격응력은 급격히 증가하는 결과를 보인다. 이에 충격과 진동응력의 영향도에 따른 가중치를 부여 최적의 두께를 선정하였다.

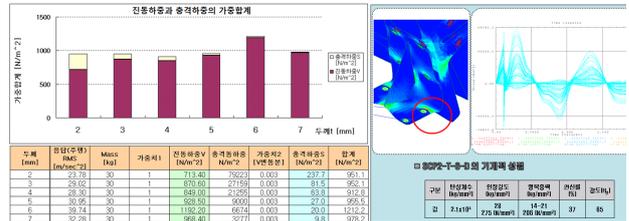


그림 7 충격응답해석과 가중합계에 의한 최적화 수행

4. 결론

본 논문에서는 브래킷의 설계 factor로 Rayleigh감쇠를 적용하여 응력집중과 두께의 변수로 최적화하여 설계 기준을 제시하였다. 응답해석결과는 추후 실험을 통한 검증으로 감쇠 모델 적용의 적합성을 검토하겠다.

참고문헌

[1] Anon, "MIL-STD-810F Test Method Standard for Environmental Engineering Considerations and Laboratory Tests", Jan. 2000.
 [2] C. Cai, H. Zheng, M. S. Khan and K. C. Hung , "Modeling of Material Damping Properties in ANSYS", Oct. 2002.