

수송진동에 따른 차량용 레이더 구조물의 구조건전성 분석

Analysis for Structural Safety of a Vehicle-mounted Radar Mechanical Structure under Transportation Vibration

김흥태† · 손동훈* · 강광희* · 최지호*

Heung-Tae Kim, Dong-Hun Son, Kwang-Hee Kang and Ji-Ho Choi

1. 서 론

레이더 시스템은 선박, 항공, 군사 분야등에 널리 사용되고 있다. 이러한 레이더 시스템의 대부분은 가혹한 외부환경인 진동, 충격, 바람, 온습도, 염수, 강우 등의 특수한 환경에 노출되어 있다. 또한 설계 기술의 발달과 첨단 전자장비의 탑재로 인해 경량화 및 외란에 대한 내구성과 안정성을 요구하고 있다.

차량용 레이더 시스템은 이동 간 발생하는 수송 진동이 주요 노출환경이라 할 수 있다. 따라서 차량용 레이더 시스템에 적용되는 내부구조물은 진동시험을 통해 수송진동에 대한 영향성을 분석하여야 한다. 진동시험에는 정현파진동, 랜덤진동, 주파수 소인, 단일 진동인 충격시험 등이 있다. 이 중에 수송 진동을 시험하는 방법에는 수송 중 발생하는 진동을 실측하여 적용하는 방법과 가속도-시간을 가속도-주파수로 변환하여 각각의 주파수에 대한 파워스펙트럼밀도(PSD: Power Spectrum Density)로 시험에 적용하는 방법이 있다.^{(1),(2)}

본 논문에서는 군사분야에 사용되는 차량용 레이더시스템 중 안테나 내부탑재장비(TRM)가 받는 수송진동을 파워스펙트럼밀도(PSD) 방법으로 검토하고, MIL-STD-810G⁽³⁾의 규격을 적용한 진동시험과 상용 유한요소해석프로그램인 ANSYS를 통해 해석 비교/분석하여 이에 대한 구조건전성 분석을 수행하였다.

2. 본 론

2.1 파워스펙트럼밀도(PSD)

PSD는 주파수에 대한 스펙트럼의 변화율이며, 파워스펙트럼밀도함수는 식(1)과 같이 적분된다.

$$S_{xx}(f) = \frac{1}{T} X(f) X^*(f) \quad (1)$$

where, $-\infty < f < \infty$

수송진동상태에서 PSD에 대한 물리량의 의미는 식(2)와 같다.

$$P = F \cdot V \quad (2)$$

$$P/t = F \cdot V/t = m \cdot g^2$$

$$P = m \cdot g^2 \cdot t = m \cdot g^2 / Hz$$

$$\Delta P = m \cdot g^2 \cdot \Delta t,$$

$$\Delta t = 1/Hz$$

$$\therefore PSD[g^2/Hz] = P/m$$

2.2 수송진동조건

본 논문에서 적용된 수송진동은 MIL-STD-810G의 514.6C-3의 진동규격(5~500 Hz)을 적용하였으며, 그림 1과 같다. 규격의 3축 방향에 대한 (Vertical, Transverse, Longitudinal) G_{rms} 는 표 1과 같다.

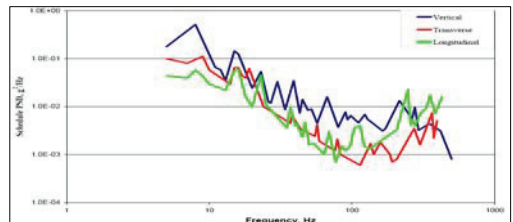


그림 1 Transport Vibrations Standard of MIL-STD-810G 514.6C-3

표1 G_{rms} for 3-directions under MIL-STD-810G

방향	Vertical	Transverse	Longitudinal
rms(g)	2.24	1.48	1.90

2.4 유한요소해석

진동시험에 앞서 내부탑재장비(이하 TRM)의 고

† 교신저자; 정회원, LIG넥스원 기계연구센터
E-mail : heungtae.kim@lignex1.com
Tel : 031-8026-4835 , Fax : 031-8026-7084
* LIG넥스원

유진동수 및 모드형상을 예측하기 위해 ANSYS 14.5를 활용하여 해석을 수행하였다. 요소는 Solid 185, 186을 적용하였으며, 내부의 전자부품은 Mass 21을 적용하여 집중질량으로 처리하였다. 해석대상인 TRM은 그림 2와 같으며, 측면의 웨지락(Wedge lock)을 통해 안테나의 구조물에 장착되어진다. 경계조건은 장비장착성을 고려하여 측면 웨지락을 단순지지로 가정하여 동특성해석을 수행하였다. 그림 3은 해석모델 및 1차모드형상 및 MIL-STD-810G의 수송진동프로파일에 따른 PSD 해석 결과를 나타내고 있다.

해석결과 1차모드는 871 Hz에서 발생하였다. 또한, PSD 해석에서는 5.0 MPa의 최대응력이 발생함을 확인하였다.

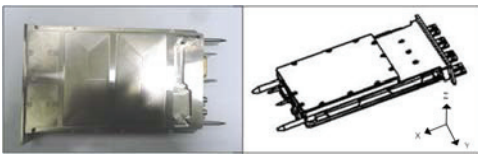


그림 2 Inner Mount-equipment - TRM



그림 3 1st Natural frequency and PSD analysis results of TRM under MIL-STD-810G

2.3 진동시험

진동시험은 1축 가속도계, 3축가속도계, 데이터수집장치 및 노트북으로 구성하였다. 장비의 실제 장착성을 고려하여 진동시험 고정치구를 제작하였으며 그림 4와 같이 X,Y,Z 축에 각각 TRM을 장착하였다. 진동시험 고정치구는 진동시험 간에 TRM에 영향을 주지 않기 위해 수송진동규격인 500Hz의 1.5 배 이상의 고유진동수를 갖도록 설계하였으며, 5~2000 Hz의 Swept sine을 입력하여 공진탐색을 수행하였고 결과는 표 2와 같다. 3축에 대한 각각의 고정치구는 모두 500 Hz의 1.5 배인 750 Hz 이상의 고유진동수를 갖음을 확인하였다. TRM의 1차 고유진동수는 879 Hz에서 발생하였다. 또한, 그림.1의 프로파일 적용하여 X,Y,Z축에 대하여 각 60 분간 진동시험을 수행하였고, 육안검사,도통검사 및 송신출력측정을 수행하여 이상유무를 확인하였다.

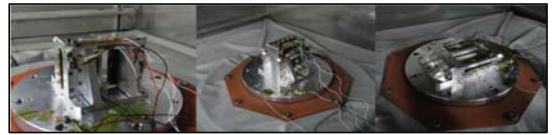


그림 4 Test Set-up of TRM for X,Y,Z directions

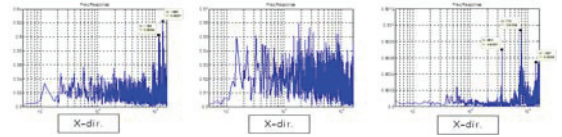


그림 5 Measurement Results of Vibration Responses

표2 Natural Frequencies of Fixture for Test

Direction	X-dir.	Y-dir.	Z-dir.
Natural frequency	1163 Hz	-	790 Hz

3. 결 론

차량용 레이더의 내부탑재장비인 TRM의 수송진동에 따른 구조건전성 분석에서는 유한요소해석결과와 진동시험결과를 비교/분석하였고, 다음과 같은 결론을 나타내었다.

1) TRM의 유한요소해석 결과와 동특성시험결과를 비교하였으며, 약 1%의 오차를 통해 해석모델의 신뢰성을 얻을 수 있었다.

2) MIL-STD-810G의 수송진동프로파일을 통해 TRM의 수송진동에 대한 구조건전성을 분석하였으며, 진동시험 후 육안검사, 도통검사 및 송신출력측정에서 정상작동함을 확인하였다.

3) 수송진동에 대한 FEM 해석결과 약5.0 MPa의 최대응력이 발생함을 확인하였고, 안전율 45 이상을 확보하여 구조적으로 매우 안전함을 확인하였다.

3. 참고문헌

[1] R.D.Blevins, "Formulas for Natural Frequency and mode shape", VNR Co.,1990,
 [2] M.S.Kim, "The dynamic measured vibration and shock acceleration of electrical equipments for transported by road vehicles", Korean Institute of Electrical Engineers, 2007.10, PP.93~94
 [3] MIL-STD-810G,"Department of Defense Test Method Standard" 2008,