

실험적 기법을 통한 안테나장비 동특성 분석

Dynamic Characteristics Analysis on Antenna Equipment by Experimental Method

신준엽† · 이종학* · 강영식* · 최지호*

Joon-Yub Shin, Jong-Hak Lee, Young-Sik Kang, Ji-Ho Choi

Key Words : Antenna Equipment(안테나장비), Array-Antenna(배열소자), Isolator(절연체), PSD(파워 스펙트럼 밀도), Modal Test(모드시험), Auto Power Spectrum(오토 파워 스펙트럼), Transmissibility(전달률)

ABSTRACT

Antenna equipment is transported being assembled to moving equipment and often subjected to vibration and shock excitation during transportation. In these circumstances, structural safety of antenna equipment must be secured. Wire rope isolators are assembled between moving equipment and antenna equipment to reduce the level of vibration and shock. In this paper, a isolator that are suitable to the system is selected and dynamic characteristics analysis of driving on antenna equipment is conducted using real system and the result is compared with response analysis. Also modal test of array-antenna pack-assembly is conducted and structural safety of that is secured by reinforcing its structure.

기 호 설 명

V : 충격에 따른 속도 변화량[in/sec]
 A_0 : 충격량[g]
 t_0 : 충격이 가해지는 시간[sec]
 g : 중력가속도[386 in/sec²]
 G_T : 전달되는 최대 충격량[g]
 f_n : Isolator 가 적용된 시스템의 고유진동수[Hz]

1. 서 론

트럭에 탑재되어 이동되는 안테나장비의 경우 다양한 진동 및 충격에 노출되게 된다. 이동 시 발생하는 진동 및 충격은 대부분 불균일한 노면 상태에 야기되는 것으로 이러한 환경에서도 안테나장비의 구조적 안정성이 확보되어야 한다.⁽¹⁾⁽²⁾ 안테나장비는

이동치구라는 기계 구조물에 조립된 상태로 트럭에 탑재되어 이동되게 된다. 이동치구는 이동 시 불균일한 노면으로부터 전달되는 진동 및 충격으로부터 안테나장비를 보호하는 역할을 하며 이를 위해 Wire Rope Isolator(이하 Isolator)를 적용하여 진동 및 충격을 절연시키도록 하였다.

본문에서는 MIL-STD-810G의 진동 및 충격 규격을 적용하여 Response 해석결과를 통해 안테나장비에 적합한 Isolator를 선정하였다. 그리고 안테나장비의 중요한 구조물인 배열소자 팩조립체에 대해 모드시험을 수행하여 Isolator가 적용된 안테나장비의 고유진동수와의 비교를 통해 팩조립체의 구조적 안정성도 확보하였다.⁽³⁾ 또한 선정된 Isolator가 적용된 실제 구조물을 이용하여 주행 동특성 시험을 수행하고 그 결과를 Response 해석결과와 비교하였다. 주행 동특성 시험은 주 가진 방향인 노면에 수직인 방향에 대해 초점을 두어 가속도 신호를 측정하였다.

† 교신저자; 신준엽, LIG넥스원(주)

E-mail : joonyub.shin@lignex1.com

Tel : (031)8026-4830, Fax : (031)8026-7084

* LIG넥스원(주)

2. 본 론

2.1 안테나장비 구성

안테나장비는 Fig.1과 같이 안테나장치, 플랫폼장

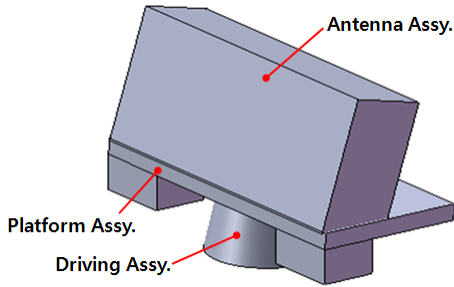


Fig. 1 Components of antenna equipment

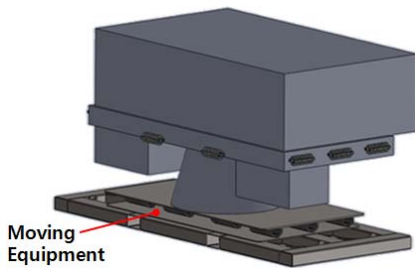


Fig. 2 Assembled shape for transportation

치, 구동장치로 구성된다. 이동 시에는 Fig.2와 같이 유압실린더를 이용하여 안테나장치를 접은 후 이동 치구에 조립되어 트럭에 탑재된다.

2.2 Isolator 선정

안테나장비 및 Isolator 사양은 Table 1과 같다. Table 1을 기준으로 하여 Isolator를 선정하였으며 노면에 수직 방향에 대한 Response 해석결과는 Fig.3과 같다. Isolator는 Fig.4와 같이 구동장치 하부 13개소, 플랫폼장치 측면 둘레로 10개소를 적용하는 것으로 결정하였다.

안테나장비의 고유진동수는 15Hz~17Hz로 나타나며 MIL-STD-810G에서 제시하는 복합바퀴차량에 대한 진동입력 프로파일에서 가장 큰 진폭을 가지는 8Hz 가진주파수를 회피하였다는 것을 확인할 수 있다. 또한 고주파로 갈수록 PSD 값이 줄어드는 것을 확인할 수 있으며 이를 통해 적절한 Isolator가 선정되었다고 볼 수 있다. 선정된 Isolator가 적용된 실제 장비를 이용하여 이동 시 주행 동특성 시험을 수행하고 그 결과를 Response 해석결과와 비교하였다.

2.3 배열소자 팩조립체 모드시험

안테나장비에서 중요한 구성품 중 하나로 배열소자를 들 수 있다. 표적을 탐지하기 위해 빔을 방사

Table 1 Specifications of antenna and isolator

Content	Description	
Antenna	Weight	5,500 kg
	Dimensions	Height : 2,430 mm Width : 1,900 mm Length : 3,650 mm
	C.G, Location	Height : 1,310 mm Width : Offset 81 mm from Axis Length : Mid-Axis
Isolator	Max. Isolator & Spacer Bar Assembly Height	≤180 mm
	Vibration Input	MIL-STD-810G a) U.S. Highway Truck Vibration b) Composite Wheeled Vehicle
	Shock Input	20g, 11ms Sawtooth
	Fragility Target	10 g
	Transmissibility at Resonance	3.5

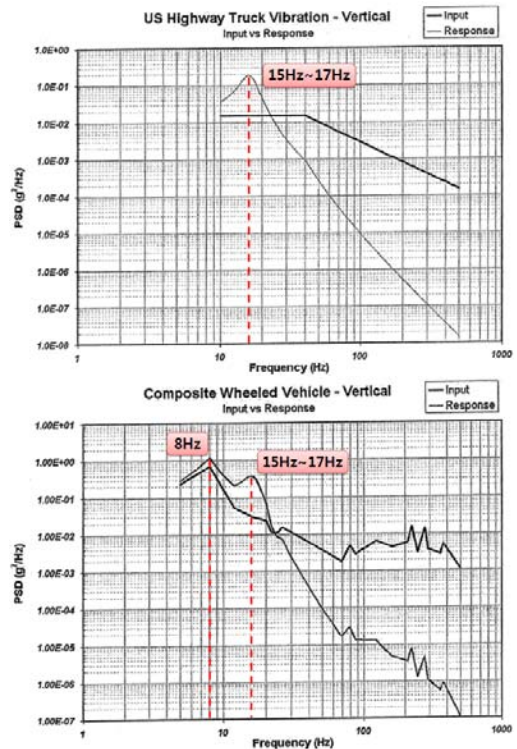


Fig. 3 Result of response analysis

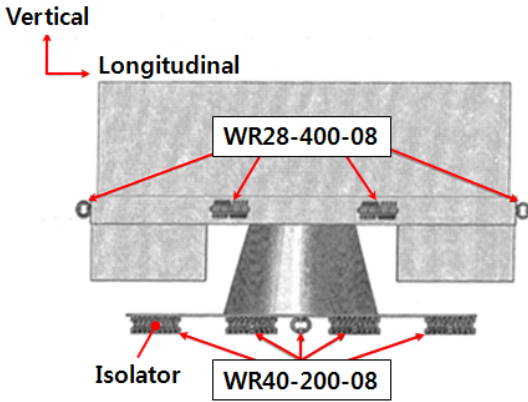


Fig. 4 Attached positions of isolator

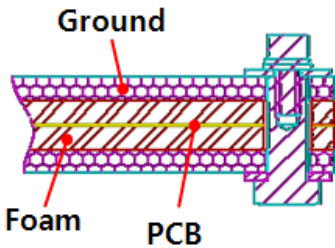


Fig. 5 Components of array-antenna

하는 부분으로 그 구성은 Fig.5와 같으며 실제 안테나장비에는 Fig.6과 같이 4개의 배열소자가 1개의 팩조립체로 구성되어 조립되게 된다. 팩조립체에 대해 모드시험⁽⁴⁾을 수행하여 선정된 Isolator가 적용된 안테나장비의 노면에 수직방향 고유진동수와와의 비교를 통해 팩조립체의 구조적 안정성을 확인하였다.

Digital Signal Analyzer(이하 DSA), 임팩트해머, 가속도센서를 이용하여 모드시험을 수행하였고 시험모습은 Fig.7과 같다. 모드시험은 가속도센서의 위치는 고정하고 임팩트해머를 이동시키면서 수행하였고 결과는 Table 2와 같다. 안테나장비의 고유진동수(15Hz~17Hz)와 팩조립체의 1차 고유진동수가 겹치는 것을 확인할 수 있고 이는 안테나장비 이동 시 팩조립체에 공진이 발생할 수 있다는 것을 의미한다. 팩조립체 구조적 안정성 확보를 위해 기여도가 큰 1차 고유진동수와 2차 고유진동수에서의 모드형상 분석을 통해 가장 변위가 큰 부분에 추가 보강을 함으로써 구조 강성을 높이는 작업을 수행하였다. Fig.8은 팩조립체의 1차 모드형상이며 중앙부로 갈수록 변위가 커지는 것을 알 수 있다. 그리고 Fig.9는 2차 모드형상이며 중앙부와 끝단사이의 부분에서 변위가 큰 것을 확인할 수 있다. 팩조립체의 조립성을 고려하여 Fig.10과 같이 배열소자간

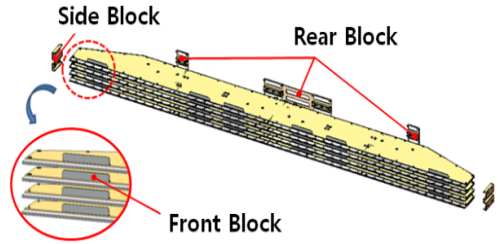


Fig. 6 Array-antenna pack-assy.(before improvement)



Fig. 7 Modal test of array-antenna pack-assy.

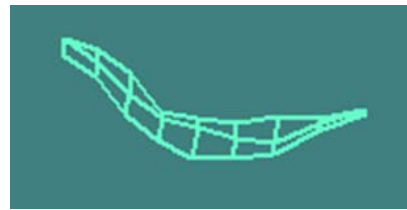


Fig. 8 1st mode shape of array-antenna pack-assy.

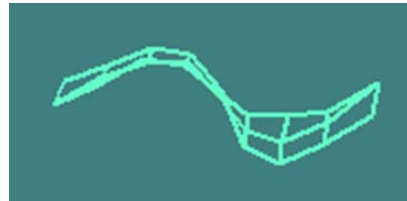


Fig. 9 2nd mode shape of array-antenna pack-assy.

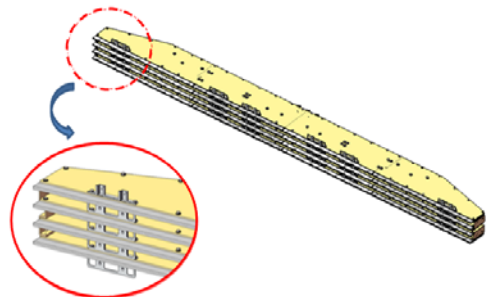


Fig. 10 Array-antenna pack-assy. (after improvement)

일정 간격을 유지하기 위해 조립되는 전면 블록 6 개소를 추가 보강함으로써 전체적인 강성을 높이는 효과를 보고자 하였다. 팩조립체의 구조 강성을 높인 후 모드시험을 수행한 결과는 Table 2와 같으며 1차 고유진동수가 기존의 16.6Hz에서 25.3Hz로 높아진 것을 확인할 수 있었다. 이는 곧 팩조립체의 고유진동수가 안테나장비의 고유진동수를 회피하여 이동 시 팩조립체의 구조적 안정성이 확보된다는 것을 의미한다.

2.4 동특성 시험

선정된 Isolator가 적용된 실제 장비를 이용하여 주행 동특성 시험을 수행하였다. 안테나장비를 이동 치구에 조립 후 전체 구조물을 트럭에 탑재하고 적재함에서 장비가 움직이지 않도록 적절히 결박하는 작업을 수행하였다. 실제 이동 모습은 Fig.11과 같다.

2.4.1 장치 구성

시험장치는 DSA, 가속도센서, 노트북으로 구성되며 이동시 DSA의 전원공급을 위해 차량용 배터리와 직류를 교류로 변환시키기 위해 소형 변압기를 사용하였다.

2.4.2 가속도센서 부착 위치

Isolator 하부 고정판에 기준 센서(Ch.1)를 두고 Isolator 상단부에 위치한 안테나장비의 신호를 획득하기 위해 플랫폼장치 상부에 총 18개의 단축 가속도센서를 부착하였다. 센서 부착 위치는 Fig.12와 같다.

2.4.3 시험 결과

Fig.12에서 보듯이 Ch.1은 노면에서 야기된 진동 및 충격신호를 Isolator를 지나기 전에 측정하는 가속도계이고 플랫폼장치 상부에 부착된 가속도계들은 Isolator를 지난 후의 진동 및 충격을 측정하는 것이다. 시험 분석 결과, 플랫폼장치 상부에서 측정된 가속도 신호들은 국부적인 진동으로 인해 고유진동수가 다양하게 나타남으로써 안테나장비에 대한 고유진동수가 명확히 식별되지 않았다. 이에 모드형상 분석을 통해 기여도가 가장 큰 주파수 성분은 15Hz임을 확인할 수 있었다. Fig.13은 15Hz에서의 모드형상을 나타낸다. 이 결과는 가속도 신호의 Auto Power Spectrum 분석을 통해서도 확인할 수 있었다. 측정치 비교 대상으로는 국부적인 진동이 크게 발생되지 않았던 Ch.5를 선정하였다.

Table 2 Natural frequency of array-antenna pack-assy.

Mode	Before improvement	After improvement
1 st Mode	16.6	25.3
2 nd Mode	22.3	44.1
3 rd Mode	31.8	52.4
4 th Mode	32.1	71.8



Fig. 11 Actual transporting shape

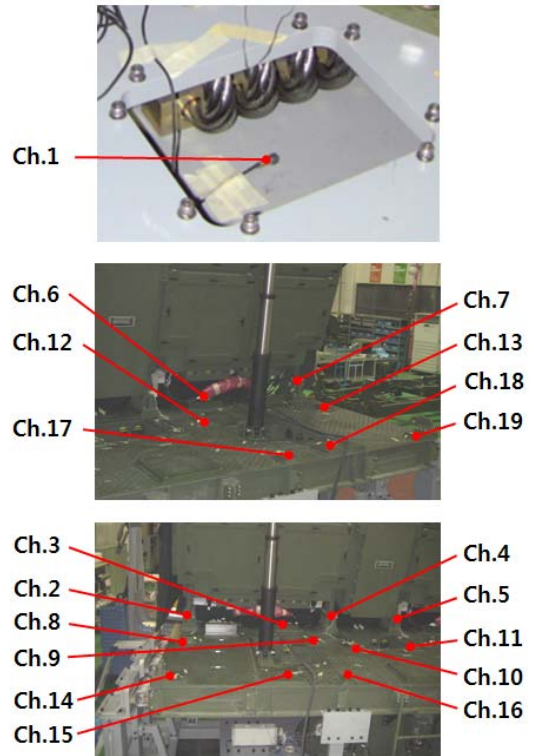


Fig. 12 Attached positions of accelerometer sensors

Ch.1 및 Ch.5의 Auto Power Spectrum 결과는 Fig.14, Fig.15와 같으며 관심 주파수 영역인 저주파 영역을 보면 Ch.1의 경우 6.5Hz와 20Hz에서 큰 진폭을 가지는 신호가 측정됨을 알 수 있고 Ch.5의

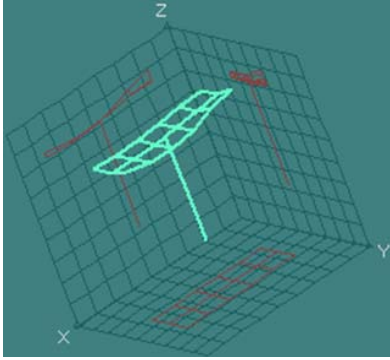


Fig. 13 1st mode shape of antenna equipment

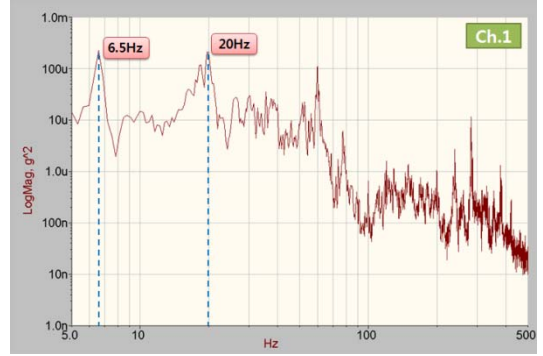


Fig. 14 Auto power spectrum of Ch.1

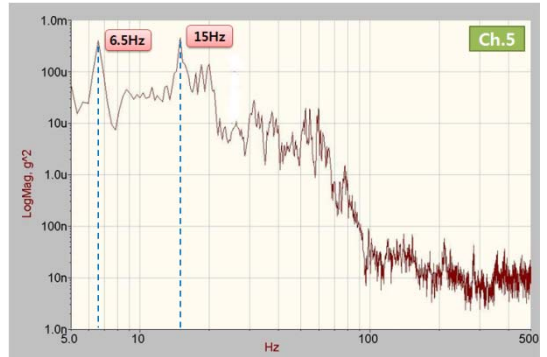


Fig. 15 Auto power spectrum of Ch.5

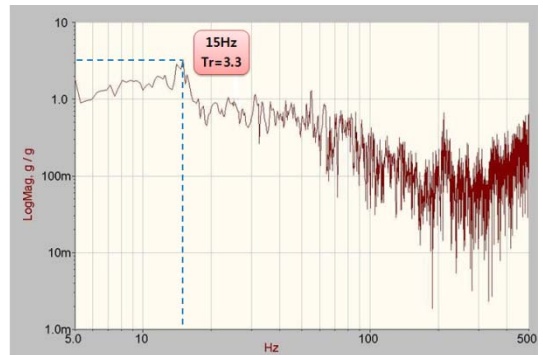


Fig. 16 Transmissibility curve of Ch.5 on Ch.1

경우는 6.5Hz와 15Hz에서 높은 진폭을 가지는 신호가 측정됨을 확인할 수 있었다. Ch.1에 대한 Ch.5의 전달률 그래프는 Fig.16과 같으며 이를 통해 최종 분석 결과, 6.5Hz의 경우 Ch.1과 Ch.5 둘다 높게 측정되지만 전달률 그래프에서는 높게 나타나지 않는 것을 알 수 있고 20Hz의 경우도 Ch.1에서는 높게 나타나지만 Ch.5에서는 측정치가 크게 높지 않으며 전달률 또한 낮음을 확인할 수 있었다. 이를 통해 6.5Hz와 20Hz는 고유진동수가 아님을 도출할 수 있다. 하지만 15Hz의 경우, Ch.1에서는 높지 않지만 Ch.5에서는 높게 측정되며 전달률 또한 높게 나타나는 것으로 보아 Isolator가 적용된 안테나장비의 고유진동수임을 확인할 수 있었다. 이 주파수는 앞서 수행한 Response 해석결과와 거의 동일한 수치이며 공진 시 전달률 또한 3.3으로 Isolator의 사양과 유사하였다.

Ch.1과 Ch.5의 PSD 측정 결과도 비교하였으며 고주파 영역으로 갈수록 Isolator를 지난 후의 PSD 값이 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 또한 PSD RMS값을 비교한 결과 기존 대비 약 10% 감소되는 효과를 볼 수 있었다.

본 시험에서는 부득이하게 충격량에 대한 분석은 수행하지 못하였다. 이에 기본적인 수식을 통하여 MIL-STD-810G에서 규정하는 20g, 11ms의 톱니파형 충격이 가해질 경우에 대한 응답을 확인하였다. 수식(1), (2)에 Isolator가 적용된 시스템의 해당 값을 대입하여 Isolator를 지난 후 전달되는 최대 충격량을 계산한 결과 10.4g의 값이 도출됨을 확인할 수 있었다. 이는 Isolator의 Fragility Target과 유사한 결과로 Isolator가 노면에서 야기되는 충격을 충분히 감쇠시켜준다는 것을 의미한다.

$$V = g/2 \times A_0 \times t_0 \quad (1)$$

$$G_T = 1/(61.4) \times V \times f_n \quad (2)$$

3. 결 론

본 논문에서는 안테나장비 이동시 구조적 안정성을 확보하기 위해 주행 동특성 분석을 수행하였다. Response 해석결과를 통해 Isolator를 선정하였고 실제 적용된 장비를 이용하여 주행 동특성 시험을 수행하고 그 결과를 비교하였다. 측정된 가속도값을 이용하여 모드형상 분석, Auto Power Spectrum 및

진달률 분석 결과, 안테나장비의 고유진동수가 Response 해석결과와 거의 유사함을 알 수 있었으며 Isolator에 의해 PSD값이 감소되는 것을 확인하였다. 그리고 간단한 수식을 통해 충격에 대한 응답을 도출하였고 Isolator 선정 목표치와 거의 유사함을 알 수 있었다. 또한 배열소자 팩조립체의 모드시험을 통해 팩조립체의 고유진동수가 Isolator가 적용된 안테나장비의 고유진동수와 유사함을 확인하였으며 구조 강성을 증가시킴으로써 공진을 회피시켜 팩조립체의 구조적 안정성을 확보하였다.

참 고 문 헌

- (1) Song, O. S. and Lee, H. Y., 2010, Shock Traveling Analysis of Truck-Mounted Special Equipments, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 20, No. 4, pp. 381~389.
- (2) Song, O. S. and Nam, K. M., 2009, Vibration Analysis of a Heavy Truck via Road Tests, The Korea Institute of Military Science and Technology, Vol. 12, No. 3, pp. 266~271.
- (3) Cho, I. G., Yang, S. C., Kang, Y. S., Oh, K. T., A Study on the Improvement of Dynamic Characteristics of the Array-Antenna Assembly, Proceedings of KIMST Annual Conference, pp. 2031~2033.
- (4) Kenneth, G. M., 1995, Vibration Testing, John Wiley & Sons, Inc., New York.