

# 항공기 외장형 포드 장착장비의 주행 안정성 분석 Stability Analysis of an Mounting Equipment for External Pod on Aircraft by Road Test

이종학† · 장종윤\* · 강영식\* · 최지호\* · 강동석\*

**Jong-Hak Lee, Jong-Youn Jang, Young-Sik Kang, Ji-Ho Choi and Dong-Seok Kang**

**Key Words :** 포드(Pod), 주행 동특성 분석 (Dynamic Characteristics Analysis), 불규칙진동(Random Vibration), 트롤리 (Trolley), 광학장비(Optical Equipment), 현가장치(Suspension), 시간이력데이터(Time History Data), 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform), 파워 스펙트럼 밀도(Power Spectral Density), 가속도 스펙트럼 밀도(Acceleration Spectral Density)

### ABSTRACT

The trolley carrying the pod moves along by the airfield runway. The pod through the trolley are subjected to vibration arising from the ground state, the precision optical components in the pod can have a significant impact. The road tests were conducted by using the measurement pod to remove the risk for the project. The measurement pod was composed with the ACRA, sensors, battery. The accelerometers were attached to get the acceleration through the road condition. The PSD envelop was calculated by FFT from the acceleration. The driving safety was proven through comparing the measurement data and MIL-STD-810G specification.

가속도계와 별도 제작된 이동형 데이터 수집/저장

## 1. 서 론

항공용 영상정보 포드(이하 '포드')는 항공기의 파 일론(Pylon)에 장착되어 운용되며, 소요표적에 대한 영상을 수집 후 데이터링크를 통해 지상으로 실시간 전송한다. 전송된 데이터는 지상처리 장비에서 영상관독작업을 통해 작전임무 수행 등을 위한 영상정보를 제공한다. 포드와 같은 장착물을 항공기에 장착하여 운용하기 위해서는 트롤리라는 전용 장착장비가 필요하다. 트롤리는 포드를 정비 및 보관 장소에서 항공기 이글루까지 운반 후 대상 항공기에 장착하는 기능을 보유하고 있다. 트롤리의 구성은 견인부, 장착부, 샴시부로 이루어져 있다. Fig.1 은 포드를 적재한 트롤리의 형상을 나타내며, Fig.2 는 트롤리의 구성을 나타낸다.

트롤리는 포드를 적재한 상태로 견인 차량에 의해 비행장 활주로를 따라 이동하게 되며, 포드는 트롤리를 통하여 활주로 지면상태로부터 발생하는 진동을 받게 되며, 이러한 현상은 정밀 광학 부품을 내장하고 있는 포드에 심각한 영향을 줄 수 있다. 이러한 부분을 위험성을 제거하기 위하여 트롤리에



Fig.1 포드를 적재한 트롤리 형상



Fig.2 트롤리의 구성

장치를 부착한 상태로 포드를 적재하고 활주로로 주행하여 각 주행 속도별, 활주로 지면상태별 가속도를 측정 후 진동크기를 분석하였다. 또한, 측정된 시간이력 가속도 데이터를 라플라스변환 및 푸리에 변환하여 PSD 선도를 산출 후 포드에 가진되는 불규칙 진동크기를 예측하였으며, 분석된 PSD 선도와 포드의 환경시험 규격인 MIL-STD-810G의 PSD 선도를 비교하여 트롤리의 주행안전성을 입증하였다.

## 2. 본 론

### 2.1 트롤리 설계/제작

#### (1) 트롤리 기능 및 물리적 형상 설계

트롤리의 주요 기능은 포드를 안전하게 운반 후, 대상 항공기의 조립부에 포드를 장착이 용이하도록 하는 것이다. 이를 위해 요구되는 주요 기능 및 형상 제한은 아래와 같다. Fig.3 부터 Fig.6 까지는 각 기능 설명 및 제작된 형상을 나타낸다.

- 전/후방 각도 조절 기능 :  $\pm 0$  도 이상
- 측면 이동 기능 : 000.0 mm 이상
- 상/하 조절 기능 : 000.0 mm 구간
- 견인 기능 : 최대속도 00 km/h
- 장착거리 최소화 : 000.0 mm 이하

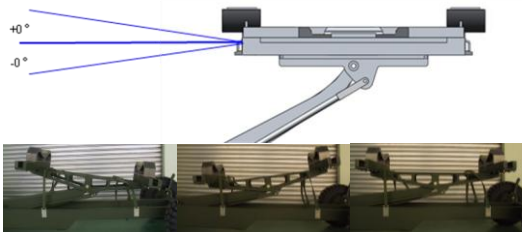


Fig.3 전/후방 각도 조절 기능

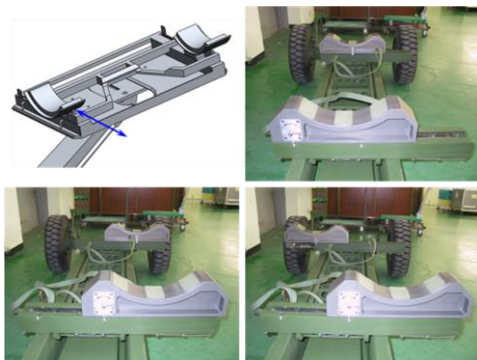


Fig.4 측면 이동 기능

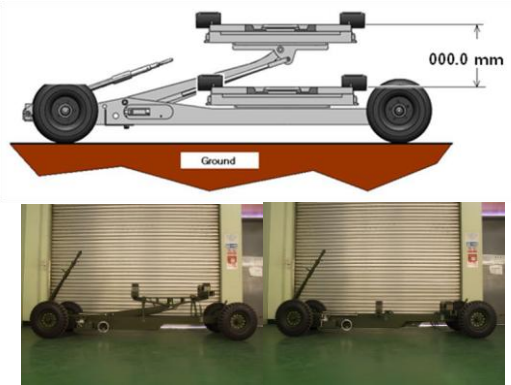


Fig.5 상/하 조절 기능

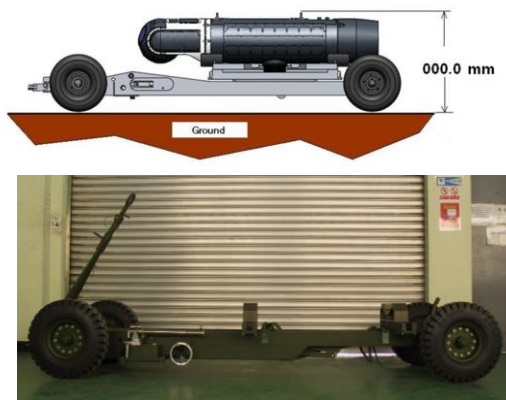


Fig.6 장착거리 최소화

#### (2) 트롤리 구조건전성 설계

트롤리의 안정적인 운용을 위하여 가장 구조적으로 하중을 많이 받는 받침대에 대하여 구조해석을 실시하여 구조건전성을 확인하였다.

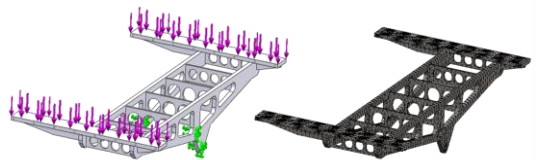


Fig.7 구조해석 경계조건 및 요소망

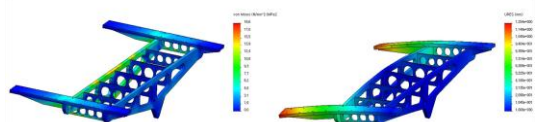


Fig.8 응력 및 변위 분포

구조해석결과 최대 변위발생은 1.2 mm 정도로 포드 장착 시 정렬에 문제가 없음을 확인 하였으며, 안전계수 1.5를 적용한 구조강도 분석결과 안전마진이 8.86으로 0이상 만족하여 강도에도 문제가 없음을 확인 하였다.

## 2.2 주행 시험 준비

### (1) 시험 개요

트롤리가 주행 시 포드가 받게되는 진동크기를 분석하기 위하여 장비를 사용하는 부대에서 주행시험을 통해 동특성 분석을 진행하였다. 주행시험은 실제포드와 물리적 제원이 동일한 계측포드를 제작하여 수행하였으며, 포드 내부에는 전자장비를 대신하여 센서, 데이터 수집/저장 장치, 전원을 구성하여 가속도를 측정 및 저장하였다. 시험계획은 부대에서 운용되는 조건을 고려하여 속도 및 지면상태를 고려하여 수립되었으며, 상세 내용은 아래와 같다.

- 최저주행 규정 속도 : 5 mph
- 제한주행 규정 속도 : 10 mph
- 최대주행 규정 속도 : 12 mph
- 요철로 통과

### (2) 시험 셋업

주행 중 가속도를 측정 및 수집/저장하기 위한 장치는 이동성을 고려하여 설계 되었으며, 주요 구성품은 가속도센서, 데이터 수집/저장 장치, 충전식 배터리로 이루어져 있다. 구성도는 Fig.9 와 같다.

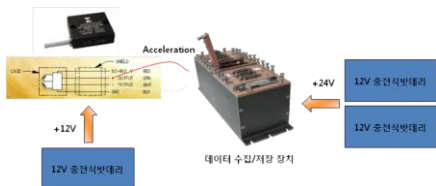


Fig.9 측정장치 구성도

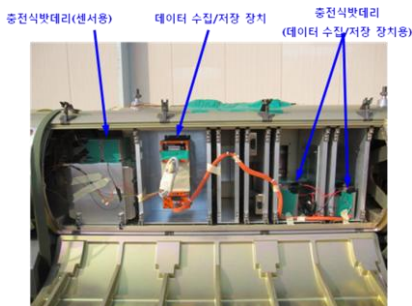


Fig.10 측정장치 탑재 형상

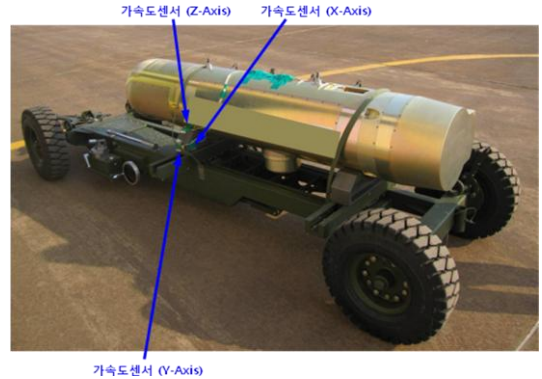


Fig.11 가속도센서 부착 형상

Fig.10 은 측정장비가 포드내부로 탑재된 형상이고, 측정장비의 위치는 실제 포드와의 물리적 제원 일치성을 위해 더미 무게를 고려하여 선정되었다.

Fig.11 은 가속도계의 부착 위치를 나타내며, 진동크기 비교 분석의 기준이 되는 광학장비 접촉면을 기준으로 선정하였다.

## 2.3 주행 시험 결과

### (1) 구조건전성 확인

주행 시험 후 트롤리의 파손 여부 및 작동 불가능을 확인하기 위하여 실제 항공기에 장착 운용을 통해서 문제가 없음을 확인하였으며, 실제 장착 성능 시험 장면은 Fig.12 와 같다.

### (2) 주행 시험 진동크기 분석

주행 시험은 트롤리가 주행하는 활주로에서 수행하였다. 특히 속도변화에 따른 진동크기 변화를 확인하기 위하여 제한속도인 10 mph와 최저 속도인 5 mph, 최대 속도인 12 mph에서 가속도 데이터를 획득하였으며, 요철로에서 진동크기를 확인하기 위하여 FOD트랩 통과 시 가속도 데이터를 획득하였다.



Fig.12 트롤리 장착성능 시험

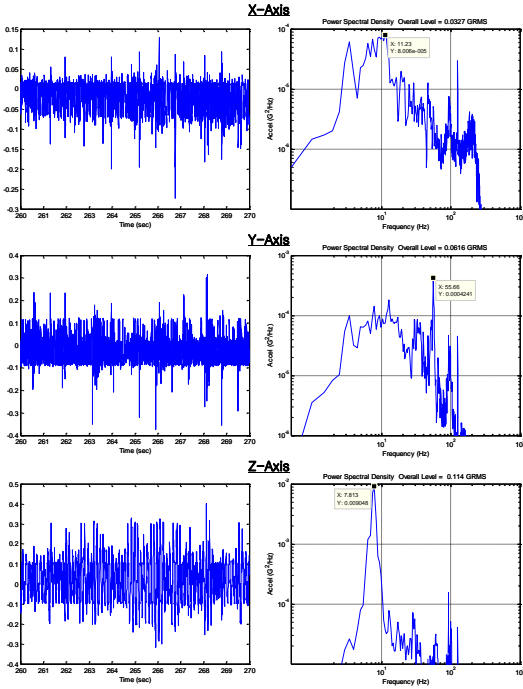


Fig.13 5mph 주행 시  
가속도데이터와 PSD 선도

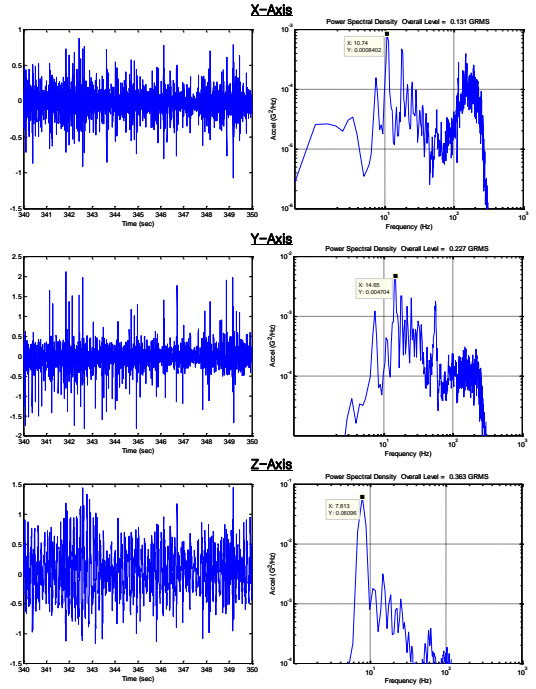


Fig.15 12mph 주행 시  
가속도데이터와 PSD 선도

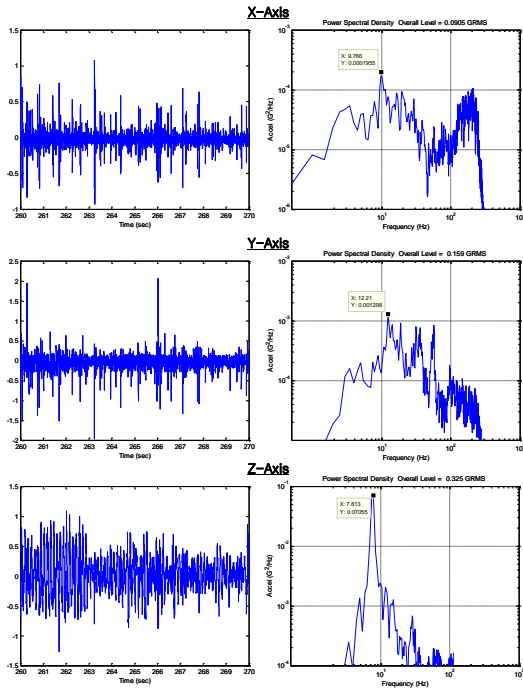


Fig.14 10mph 주행 시  
가속도데이터와 PSD 선도

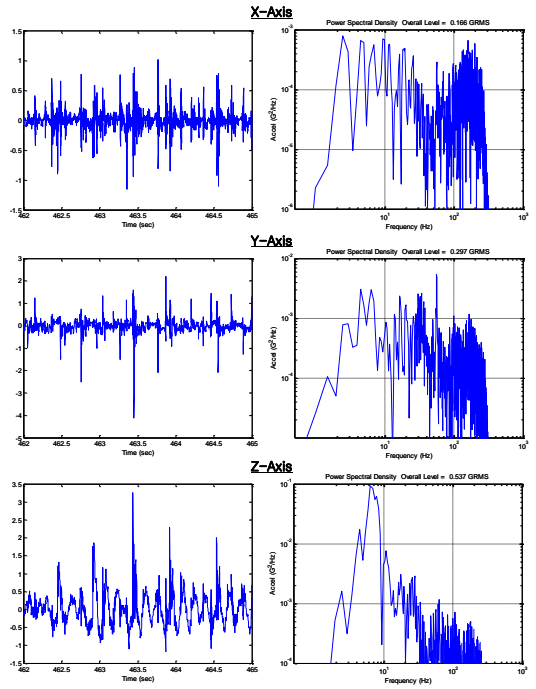


Fig.16 FOD 트랩 통과 시  
가속도데이터와 PSD 선도

데이터의 획득 및 분석은 1.5kHz로 하였으며, 분석은 정속구간에 대해서 4,096개의 데이터를 50% 중첩하여 분석하였다. 일반적으로 수송 시 적용되는 주파수 범위는 500Hz 이내이다<sup>(1)</sup>. Fig.13 부터 Fig.15 까지는 각 주행 속도에 따라 측정된 시간이력의 가속도데이터와 PSD로 계산된 데이터이다. Fig.16 은 FOD트랩을 통과 시 측정된 시간이력의 가속도데이터와 PSD로 계산된 데이터이다. 주행 중 속도가 안정화 되는 구간의 데이터를 추출하여 PSD를 분석하였다. Fig.17 은 주행속도 별 GRMS 값을 나타낸 것이다. 분석결과를 보면 주행속도가 증가함에 따라 GRMS값이 상승하는 것을 확인할 수 있으며 Z축 방향으로 진동크기가 큼을 확인할 수 있다.

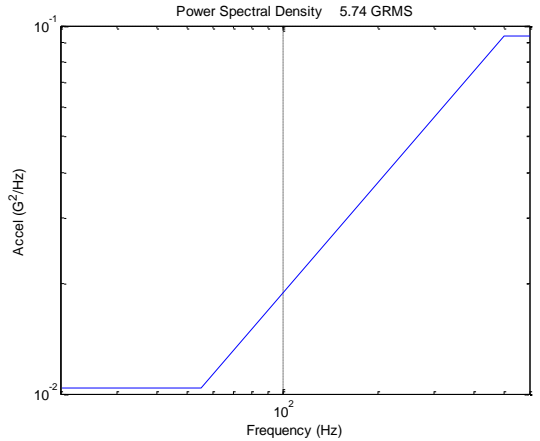


Fig.19 포드 내구성 진동시험 규격

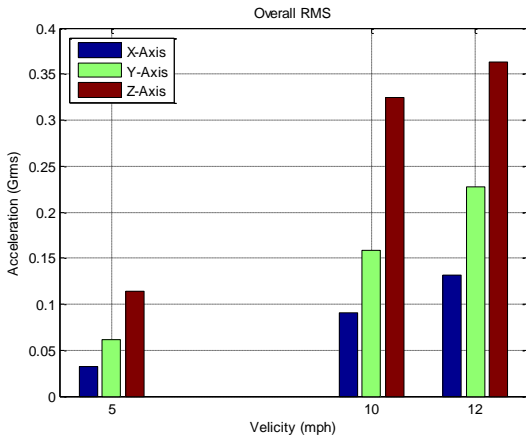


Fig.17 주행속도에 따른 GRMS

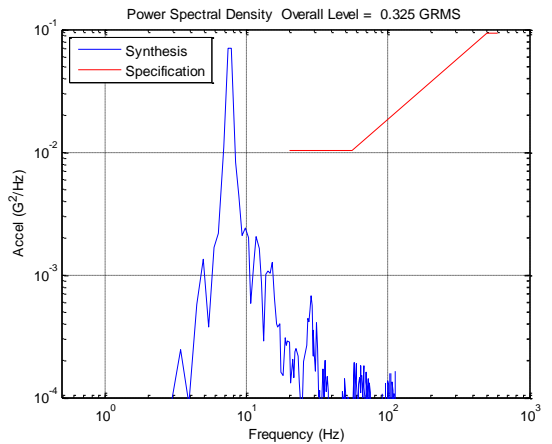


Fig.20 포드 진동시험 규격

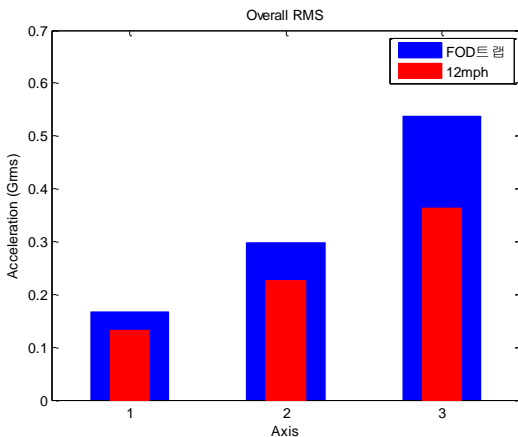


Fig.18 12mph와 FOD트랩 주행 시 진동크기 비교 분석

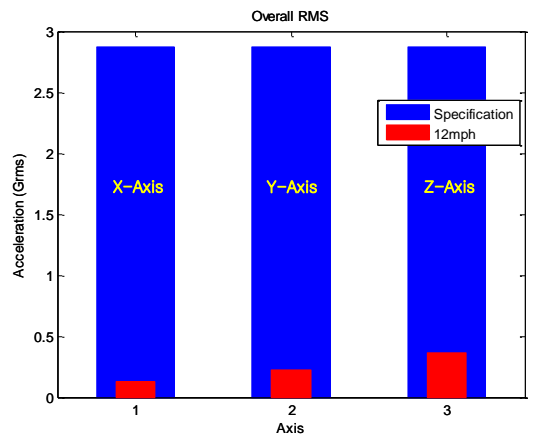


Fig.21 진동시험 규격과 12mph 주행 시 진동 크기 비교 분석

## 2.4 주행 안전성 검토

포드는 미 군사규격인 MIL-STD-810G의 규정에 따라 Fig.19 와 같은 진동프로파일로 진동크기가 2.87GRMS 조건에서 광학정확도 측정을 실시하여야 한다. 포드 진동시험 결과, 장비의 안정적인 동작 및 구조건전성을 확인하였다. 따라서 트롤리 주행 진동 분석결과를 포드 진동시험규격과 비교하면 약 8배의 안전계수를 갖게 되므로 주행 안정성을 확보할 수 있다.

## 3. 결 론

트롤리가 주행 시 발생하는 진동의 원인은 주행 시 노면상태와 타이어특성에 의해 발생하는 가진주파수와 가진력이다. 트롤리의 주행진동은 도로조건과 주행속도에 따라서 다르게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 동일한 도로조건이라도 속도가 올라감에 따라 진동크기가 증가하고, 주행속도가 내려가면 진동크기가 감소한다. 그러나 주행속도가 느리더라도 노면 조건이 좋지 않으면 진동응답이 크게 발생하는 것을 확인할 수 있었다.

FOD 트랩 통과 시 진동크기는 속도가 낮음에도 활주로 주행 시 측정된 진동크기보다 크게 분석되었다. 통과 시 속도가 조금만 높아져도 큰 진동응답이 발생할 수 있음을 예측할 수 있다. 또한, FOD 트랩은 형상이 균일하게 제작되지 않기 때문에 형상에 따라 진동응답을 예측하기 어려워 예상치 못한 결과를 발생시킬 수 있으므로 지속적인 반복 수행은 바람직하지 못하다.

트롤리 주행진동시험 결과와 포드 광학장비의 운용진동시험 규격과 비교하면 트롤리가 12 mph로 주행 시 진동응답의 크기는 진동시험 규격의 1/8 수준으로 분석된다. 이 결과를 토대로 활주로에서 규정속도인 10 mph로 포드운반 시 가해지는 진동크기는 문제가 없는 것으로 판단된다.

## 참 고 문 헌

- (1) DOD, 2003, MIL-STD-810F: Department of Defense Test Method Standard for Environmental Engineering Considerations and Laboratory Tests, Method 514.5 Vibration, Method 516.5 Shock.
- (2) Ohseop Song, 2010, Shock Traveling Analysis of Truck-Mounted Special Equipments, Journal of The Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 20, No. 4, pp. 381~389.
- (3) Ohseop Song, 2009, Vibration analysis of a Heavy via Road Tests, Journal of the KIMST, Vol. 12, No. 3, pp. 266~271.