

## 차량수송에 의한 전기기기의 진동과 충격가속도 실측

김명석\*, 오준식\*, 한규환\*, 박종화\*

\*LS산전주식회사 전력시험기술센터

## The dynamic measured vibration and shock acceleration of an electrical equipments for transported by road vehicles

Myoung-seok Kim\*, Joon-sick Oh\*, Gyu-hwan Han\*, Jong-hwa Park\*

\*LS Industrial Systems Co., Ltd.

**Abstract** - 운송 중에 발생되는 진동, 충격이 전기기기에 미치는 영향을 검증하기 위해 측정자료를 바탕으로 실험실에서 모의 실험할 수 있는 실험기준을 설정할 필요가 있다. 이를 위해 측정절차를 수립하고 발생요인에 따른 실험자료를 확보하기 위해 진동과 충격을 측정하는 시스템을 개발하였다. 측정결과 운송 도로면의 요철조간, 운송차종(중량), 운송속도에 따라 측정값에 차이가 있었다. 세부적으로 콘크리트 도로, 고속 주행일 때, 파워스펙트럼밀도(PSD) 값이 큰 것으로 분석되었고, 충격가속도는 소형 트럭이 가장 큰 값으로 분석되었다. 또한 측정자료를 바탕으로 랜덤진동시험기준을 제시하였다.

## 1. 서 론

진동시험에는 정현파진동, 랜덤진동, 주파수 소인(Sweep frequency), 단일 진동인 충격시험 있다. 실제 진동을 시험하는 방법에는 운송 중에 발생되는 진동을 실측하여 진동시험에 적합 적용하는 방법과 진동 가속도-시간을 진동 가속도-주파수으로 변환하여 각각의 주파수에 대한 파워스펙트럼밀도(PSD: Power spectrum density)로 시험에 적용하는 방법이 있다. PSD는 식(1)과 같은 물리량으로 랜덤진동시험은 주파수와 PSD로 시험조건을 설정한다. 일반적으로 운송환경을 효과적으로 모의할 수 있는 실험방법으로 랜덤진동시험을 사용하고 있다.

$$\begin{aligned} P &= F \cdot V \\ P/t &= F \cdot V/t = m \cdot g^2 \\ P &= m \cdot g^2 \cdot t = m \cdot g^2 / Hz \quad \dots\dots (1) \\ \Delta P &= m \cdot g^2 \cdot \Delta t, \Delta t = 1/Hz \\ \therefore PSD[g^2/Hz] &= P/m \end{aligned}$$

그림 1은 랜덤진동파형을 시간영역을 주파수 영역으로 변환하고 가속도 크기를 PSD로 나타내는 과정을 나타낸다. 실제 진동환경에서 진동 순시값의 확률분포는 정규분포 또는 가우스 분포에 가깝다.

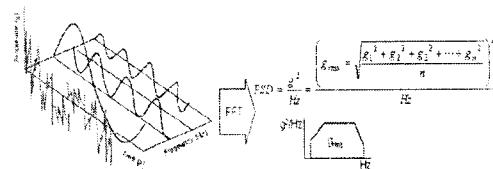


그림 1. 실측파형의 시간 및 주파수영역

본 논문에서는 측정시스템을 이용하여 실험실에서 모의 실험할 수 있도록 각 발생요인에 의한 실험자료를 확보하여 진동과 충격 및 PSD를 분석하였고 랜덤시험 조건을 제시하였다.

## 2. 본 론

## 2.1 측정절차와 측정시스템

측정시스템은 그림2와 같이 LabVIEW를 기반으로 압전 가속도계(Piezoelectric accelerometer), 데이터수집장치 및 컴퓨터로 구성하였다. 가속도계는 10mV/g(가속도가 큰 방향에 설치)와 100mV/g(가속도가 작은 방향에 설치)를 사용하였으며, 측정 주파수 대역은 1~6000Hz와 0.005g( $g=10m/s^2$ )의 분해능을 갖는다. 실측자료는 오차를 제거하기 위하여 "나이퀴스트(Nyquist) 샘플링이론"의  $\Delta t \leq 1/2f_{max}$ 로 측정시스템 사양에 따랐으며, 진동시험규격과 진동시험설비를 고려한 샘플링 주파수는 10~20kHz( $\Delta t=25\mu s$ )로 설정하도록 하였다. 또한 가속도계와 측정계통이 가지고 있는 직류성분인 옵셋(Offset)을 설정하는 기능과 진동 취득 자료를 보정하여 저장하도록 개발하였다.

진동측정절차는 측정대상과 진동발생 요인을 분류하고 측정시스템을 사용하여 진동을 실측하여 데이터베이스를 생성하고 주파수변환 과정으로 가속도의 크기와 PSD를 연산하여 분석을 실시하였다.

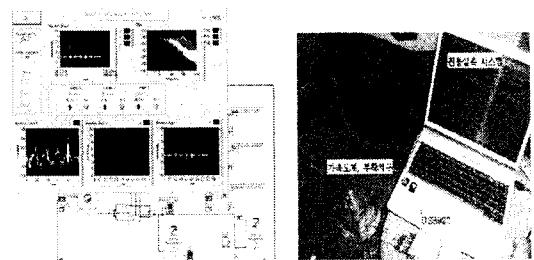


그림 2. 측정시스템

## 2.2 예비시험과 설측

진동 실측에 앞서 측정시스템의 안정성과 자료를 분석 및 정리하기 위해 점검항목을 정하고 예비시험을 통해 점검항목을 확인하여 보완을 한다. 측정 자료의 순상을 방지하기 위해 분할저장방법도 고려하여야 한다. 분석결과를 그래프로 용이하게 표현하기 위한 자료 저장형식도 고려하여야 한다. 측정시스템은 측정/연산/저장을 위해 충분한 사양의 컴퓨터를 사용이 필요하며, 안정적 자료의 취득을 위해 실측 후에 저장된 자료로 진동분석을 실시하였다.

## 2.2.1 측정 경로분석

제품은 각 물류센터로 운송되며, 이때 발생되는 진동원과 요인을 세분화하여 분석에 반영한다. 그림 3은 제품의 물류 경로와 요인을 간략히 도시화 하였다.

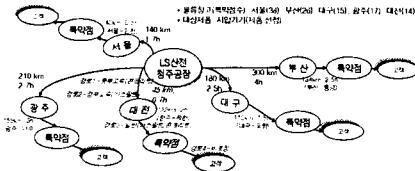


그림 3. 진동측정을 위한 경로분석

### 2.2.2 발생요인에 대한 측정계획

진동원은 운송용 차량이며 외부요인으로 차량의 중량, 도로면의 요철조건(아스팔트, 콘크리트도로), 차량속도 등이 있으며, 실측자료와 함께 요인을 기록한다. 차종의 선정은 사용빈도가 높은 3종(1000kg이하, 1200kg이하, 8000kg이하)의 차량으로 결정하였고, 가속도계는 차량화물칸에 가상의 3축을 정하여 가속도계를 설치하였다. 설치위치는 그림 4와 같으며, 진동설측은 운송 중에 차량의 속도를 가변하면서 실측을 한다.

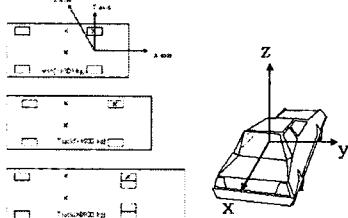


그림 4. 가속도계 설치위치

### 2.3 측정자료의 분석

#### 2.3.1 발생요인에 따른 진동과 충격가속도의 관계

도로면의 요철조건, 차량의 중량과 속도에 따른 가속도는 그림 5의 그래프와 같이 도로면의 요철조건에 따라 최빈값은 약 2배, 충격가속도는 약 1.5배의 차이가 있었으며, 차량의 중량에 따라 최빈값의 차이는 거의 없었으나 충격가속도는 약 0.5배의 차이가 있었다. 발생요인인 차량 속도, 도로면의 요철조건, 차량의 중량은 진동과 충격가속도 발생원임을 확인하였다.

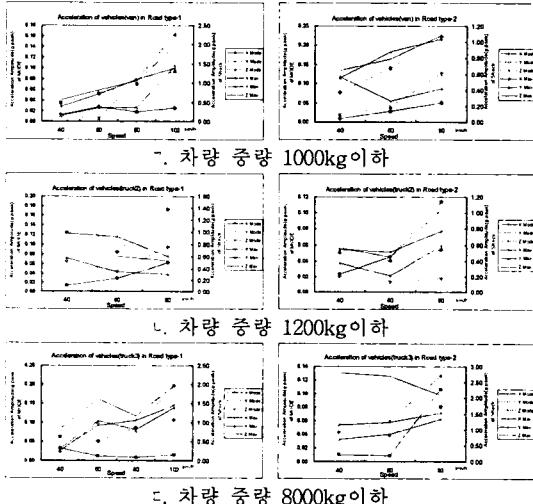


그림 5. 속도, 최빈수 진동 및 충격가속도 변화

#### 2.3.2 중량, 속도, 도로면의 조건과 PSD 관계

차량의 중량과 도로면의 요철조건, 운행속도에 따라 그림 6과 같이 증가하는 경향으로 나타났다. 차량의 중량이 작을 수록, 속도가 높을수록 도로면의 요철조건에 따라 PSD 실효치는 증가하는 것으로 나타났다.

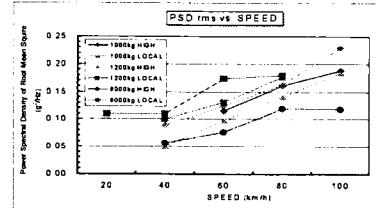


그림 6. 차량중량, 도로면의 조건, 속도와 PSD 관계

### 2.4 랜덤 진동시험

주파수는 5~1000Hz로 설정하여 분석 결과 PSD 실효치는 차량중량이 증가할수록 감소하였고, 도로면의 조건에 따라 다르게 나타났다.

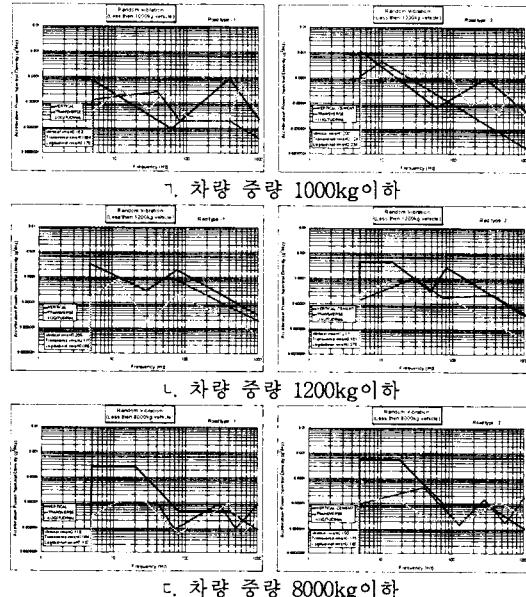


그림 7. PSD 실효치

## 3. 결 론

(1) 측정자료를 분석하여 세 가지 결론을 얻었다.

첫째, 진동/충격 가속도는 도로면의 요철조건에 따라 약 1.5배 증가한 것으로 나타났으며,

둘째, PSD 실효치는 속도가 높을수록, 도로면은 요철

이 많을수록 높게 나타났으며,

셋째, 차량 중량에 따라 PSD 실효치는 감소하였다.

(2) 랜덤진동 시험을 위해 주파수별 PSD 실효치는 실험실에서 모의할 수 있도록 그래프로 제시하였으며, 진동발생원의 점유율을 고려하여 시험조건, 시간을 선정하여 시험을 한다.

(3) 향후 제품의 신뢰성 향상을 위해 실측자료에 제품안전율을 고려한 가속도계수로 시험표준을 재정할 필요가 있다.

## [참 고 문 헌]

- [1] KS C 0292, "환경시험방법-전기전자-광대역랜덤진동 시험 방법 및 지침" 한국표준협회, 2002
- [2] Alexander Steinwolf, "Random vibration testing beyond PSD limitations", Dynamic testing reference issue of IEEE, pp12-21, 2006
- [3] MIL-STD-810F, "Department of defence test method standard for environmental engineering considerations and laboratory tests", USA, pp514.5B 4, 2000