



# 수송환경기록계를 사용한 진동계측 데이터 해석법

Data Analysis Method for Transport Vibration by the Newest Model of Data Recorder

川口知晃/ 신에이 테크놀로지(주) 개발기술부 고베G

## 1. 서론

수송 중에 발생하는 트럭의 진동이나 화물취급 시의 충격을 계측하는 것이 가능하다면 포장 설계의 적정화나 과제 개선으로 이어진다. 예를 들면 화물 취급에서 발생하는 낙하 높이를 해석해 포장 화물 낙하시험의 시험 낙하 높이나 회수를 보다 실제 수송에 가까운 조건으로 설정하는 것으로 포장 재료의 적정화를 실현하거나 트럭 짐칸 위에 발생하는 진동을 계측하여 그 진동 조건을 진동 시험 장치에서 발생시키는 것에 의해 실제로 일어날 수 있는 파손을 사전에 시험 단계에서 평가 가능해 실제 수송 시의 사고방지로 이어진다.

이러한 포장설계나 개선을 위한 중요한 수송환경 데이터를 측정하는 기기의 하나로써 수송환경 기록계가 있다. 이것은 소형 케이스 내부에 가속도 센서, 온습도 센서, 메모리, CPU, 전지 등 계측에 필요한 기기가 모두 들어 있는 기록계로 이 기록계 단체에서 간단하고 쉽게 수송환경을 계측할 수 있다. 이번에 대용량 메모리 탑재형 수송환경 기록계 DER-1000<sup>1)2)</sup>[사진 1]을 개발해 트럭

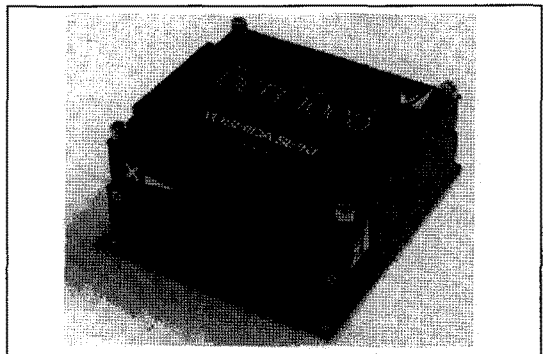
짐칸에 진동 데이터 측정과 그 해석방법에 대해서 검토한 작업을 소개한다.

## 1. 트럭 진동계측에 의한 데이터 해석

### 1-1. 진동측정의 과제

대용량 메모리 탑재형의 수송환경기록계를 이용하는 것으로 수송구간의 전 진동데이터(2일간 정도의 모든 진동파형)를 기록할 수 있게 되었다. 그러나 이 경우 트럭이 정지 상태(예를 들면, 휴식, 정체, 화물을 싣고 내리는 작업 시 등)에서도

[사진 1] 수송환경기록계 DER-1000



항상 데이터를 보존하고 있기 때문에 모든 진동 데이터를 사용해서 PSD 해석을 실시하면 정지 상태의 데이터에 의해 PSD 프로필이 감소해 본래의 진동 레벨보다도 적게 견적할 위험성이 있다.

지금까지 필자는 적절한 PSD 결과를 얻기 위해서는 어떠한 방법으로 트럭 정지시의 불필요한 데이터를 제외하고 주행 상태만의 데이터로 PSD 해석을 실행할 필요가 있다는 것을 지적하는 것과 함께 그 해석수법에 대해서 검토했다<sup>3)</sup>. 거기에서는 데이터 추출방법으로써 GPS 데이터에서 얻을 수 있는 트럭 주행속도에 의한 방법과, 가속도과형 1프레임 중의 피크가속도 절대치로부터의 방법 중 어느 것을 사용하면 적당한 PSD 프로필을 얻을 수 있는지를 시사했다.

여기에서는 상기의 추출결과에 더해 PSD 해석에 사용되는 가속도과형 데이터의 수에 의해서 트럭이 실제로 주행한 시간을 얻을 수 있는 것 및 그 응용 예에 대해서 서술하겠다.

## 1-2. 데이터 취득과 추출방법

### 1-2-1. 실제 수송 조사

조사용 트럭의 짐칸 중앙부에 수송환경기록계를 나사로 고정해 짐칸 위에서 발생하는 가속도를 기록했다. 기록계의 데이터 계측 방법은 베타 설정으로 해 프레임 길이 1,024, 샘플링 주기를 1ms로 했다. 거기에 GPS 키트를 운전석 쪽에 세팅하는 것에 의해 트럭의 위치 정보를 5초 간격으로 기록했다. 또 주행 루트는 동경도 아다치구에서 카나가와현 요코하마시까지의 구간을 왕복했을 때의 진동 데이터를 채취하고 있다.

### 1-2-3. 데이터 추출방법

적절한 데이터만을 이용해서 PSD 해석을 실시하기 위한 두가지의 추출 방법을 설명하려고 한다.

첫 번째 방법으로 GPS 추출방법에 대해서 기술한다. 여기에서는 GPS 계측세트와 수송환경기록계를 나란히 달리게 하는 것으로 트럭의 위치정보를 수집한다. 이것에 의해 트럭의 주행속도를 해석할 수 있다. 사용한 GPS의 계측 오차는 최대로 3km/h 였던 것으로부터 GPS추출 방법에서는 계측된 데이터 중에서 3km/h 이상의 데이터를 PSD 해석 대상으로 했다(3km/h 이하의 데이터는 PSD 해석에서 제외한다).

또 하나의 방법인 가속도 추출방법에 대해서 기술한다. 수송환경기록계 DER-1000의 가속도 계측 방법은 프레임(2·2참조) 단위로 가속도를 계측·보존한다. 여기에서는 1프레임 중에서 가장 큰 가속도를 추출 대상으로 해 가속도 역치를 0에서 0.01G 새김으로 설정했을 때에 얻을 수 있는 PSD 프로필과 GPS 추출 방법으로 얻을 수 있는 PSD에 의한 오버롤 RMS값(PSD의 전면적)을 비교해 양자가 가장 가까운 값이 될 때의 역치로써 0.07G를 채용했다(피크 가속도가 0.07G 이하는 PSD 해석에서 제외한다).

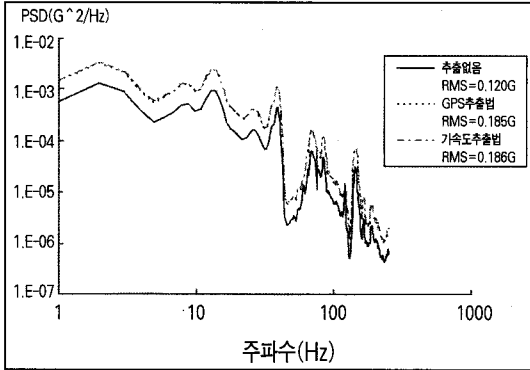
## 2. 진동 데이터 해석의 결과와 고찰

### 2-1. 각 추출방법의 결과

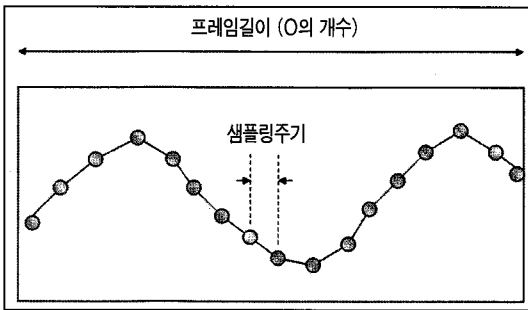
[그림 1]은 각각의 추출 방법을 사용한 PSD 프로필(상하방향)을 나타내고 있다. GPS 추출법, 가속도 추출법 어느 것도 PSD 형태로 차이는 보이지 않는다. 또한 추출하지 않을 경우의 PSD와 비교해 보면 추출 방법이 있는 쪽이 약



[그림 1] 추출조건별 PSD 비교(상하방향)



[그림 2] 1프레임 파형 구성



30% 큰 값이 되어 있다. 이것은 전 데이터에는 불필요한 데이터가 있기 때문이라고 생각할 수 있다. 이상에 의해 적정한 PSD를 얻기 위해서는 데이터 추출이 필요하다는 것을 이해할 수 있다.

### 2-2. 주행시간의 추정방법

트럭이 실제로 어느 정도 시간동안 주행했는지 알면 진동 시험을 위한 유용한 정보가 된다. 여기에서는 평균 PSD 프로파일 몇 분의 주행시간의 정보를 가지고 있는가 하는 것을 가속도 데이터의 개수로부터 추정하는 방법에 대해서 서술한다. 먼저 DER-1000에서는, 가속도파형은 프레임마다로 처리되어 메모리에 보존된다. 이

때 1프레임의 파형은 [그림 2]와 같이 프레임 길이와 샘플링 주기에 의해서 결정하는 것이 된다. 예를 들면, 프레임 길이를 1,024, 샘플링 주기를 1ms로 설정한 경우, 1프레임 시간은 1.024초 (1,024×0.001초)가 된다. 또한 PSD 해석(평균 PSD)에서는 필요한 가속도 데이터를 하나하나 PSD로 변환해 각각의 주파수에 있어서의 PSD의 평균을 계산하게 하고 있다. 여기에서, 1프레임의 시간이 1.024초의 가속도 데이터를 3개 이용해서 PSD 해석을 실행하는 경우, 그 PSD 평균치가 있는 주행시간은 3.072초에 상당한다고 생각한다. 이상에 의해, 실제 수송 데이터 중 PSD 해석에서 처리된 가속도 데이터의 해석 프레임 총수를 알면, 식 1에 의해 실제로 트럭이 주행했던 시간을 추정할 수 있다.

$$T_{\text{real}} = \frac{N \times F \times S}{T} \dots\dots\dots(1)$$

여기에서,  $T_{\text{real}}$ 은 주행 시간, N은 PSD 해석에 사용한 해석 프레임 총수, F는 프레임 길이, S는 샘플링 주기(sec), T는 시간계수(1 or 60 or 3600 :  $T_{\text{real}}$ 의 시간단위변경)이다.

위에 기술한 것에 입각하여 이번의 조사에 있어서의 각 추출 방법에 의한 상정 주행 시간을 표 1에 나타낸다.

이제부터 GPS 추출법, 가속도 추출법에서 얻을 수 있는 주행 시간은 전 데이터의 반 이하인 것, 거기에 양 추출방법의 주행시간에 큰 차는 없고 가속도 추출법이어도 주행 시간의 정확도는 높은 것을 이해할 수 있다.

### 2-3. PSD와 주행 시간의 응용

PSD 해석 시에 역치 설정 조건(가속도, RMS,

[표 1] 상정주행시간 결과(상하방향)

추출방법	해석프레임 수(개)	주행시간(분)
전 데이터(추출없음) 9 : 30 ~ 14 : 00	15,820	270.0
GPS추출법	7,096	119.4
가속도추출법	6,993	121.1

[표 2] 진동시간 압축 예

진동레벨	RMS(G)	주행시간T(분)	RMS <sub>std</sub> (G)	단축시간(분)
좋은진동(0.07~0.5G)	0.100	62.7	0.358	1.4
통상진동(0.5~1G)	0.199	45.3	0.358	7.8
나쁜진동(1G over)	0.358	13.1	0.358	13.1
합계		121.1		22.3

주행속도)에서 임의로 조건을 설정하는 것에 의해 조건 범위내의 데이터에서 PSD 해석을 실시하는 것으로 조건 내에서의 PSD 프로파일(RMS)과 해석 프레임 총 수(주행시간)를 얻을 수 있다. 이러한 사실에 의해 진동 데이터를 조건마다 섬세하게 분류할 수 있고, 진동 시험을 위해 가진(加振)시간을 보다 섬세한 정보로부터 얻을 수 있다는 것을 나타낸다.

먼저 진동이 화물에 주는 영향의 크기로써 진동 레벨을 정의한다. 여기에서는 가속도의 크기가 화물에 주는 영향에 비례한다고 생각해, 1-2-1에서 측정한 트럭 진동 데이터 중, 0.07G에서 0.5G까지를 좋은 진동(제품에의 영향이 적음), 0.5G에서 1G까지의 범위를 통상 진동, 1G 이상을 나쁜 진동(제품에의 영향이 크다)으로 했다.

다음으로 이 3조건에서 PSD 해석을 실시해, 각각에서 얻을 수 있는 PSD(RMS)와 주행시간을 산출한다. 그 후, 나쁜 환경의 RMS값을 기준치로 해서 좋은 진동과 통상 진동의 PSD를 가속시켜(RMS값을 증가시킨다), 각각의 시간을 압

축시킬 때의 예를 [표 2]에 나타낸다. 총 단축시간 Tc는 식 2에서 얻을 수 있다.

$$T_c = \sum_{i=1}^n \left\{ \left( \frac{RMS_{std}}{RMS} \right)^m \times T_i \right\} \dots\dots\dots(2)$$

여기에서, 가속계수 m은 3으로 했다. 이것에 의해, 전 주행시간 121.1분은 시간 압축한 결과, Tc는 22.3분이 된다는 것을 알았다.

## II. 결론

수송환경기록계를 사용한 대용량의 진동 데이터를 PSD 해석하는 경우에는 일정한 역치로 데이터를 추출하면 적절한 PSD를 얻을 수 있다는 것을 나타냈다. 게다가 그 때의 주행시간을 추정하는 생각을 응용하는 것에 의해서 진동 시험의 시간 압축에 응용하는 것에 대해서도 언급했다.

이후의 과제로는 가속도 추출법의 역치를 간단하고 쉽게 설정하기 위한 방법의 검토와 인터벌이 있는 경우의 주행 시간의 정확도에 대해서 검증이 필요하다. [K0]