

버스와 지하철 진동에 대한 중층건물의 진동특성

Vibration Characteristic of Medium-rise Building by Bus and Subway-induced Vibration

윤 성 원*

Yoon, Sung-Won

요 약

교통진동의 영향을 받는 중층건물의 진동특성에 관한 논문이다. 현장진동계측은 진동원과 진동감소대책을 위하여 실시되었다. 시간영역 진동데이터는 버스과 지하철로 인한 건물에 전달된 진동 영향 등의 진동특성을 위하여 이용되었다. 진동대책을 통한 진동감소의 효과 역시 입증할 수 있었다.

Abstract

This paper is concerned with the vibration characteristics of medium-rise building, which severely vibrated by vehicles. The field vibration measurement was employed for finding the vibration source and vibration reducing method. Time domain data from measurements were also utilized for vibration characteristics, such as effect of buses and subways-induced vibration on the floor vibration of the building. effectiveness of the vibration reducing method was also demonstrated.

키워드 : 교통진동, 사용성, 고유진동수

Keywords : traffic vibration, serviceability, natural frequencies

1. 서 론

최근 도시 도로교통망의 발달로 인하여, 각종 도로와 인간의 거주공간, 연구기관, 정밀공장 등의 진동에 예민한 시설이 급증하는 경우가 증가하여, 진동평가지점과 진동원과의 거리가 단축됨에 따라서 교통진동의 영향이 점점 커지고 있다. 이때의 주요 진동원은 버스, 트럭과 같은 중량차량이 주요 진동원으로 알려져 있다.

교통진동으로 발생하는 건물의 진동은 크게 두 가지로 대별할 수 있다. 첫째로, 중량차량이 건물의 전면도로를 통과할 때 발생하는 슬래브의 수직진동이 있다. 둘째는 중량차량이 근접하는 고가를 통과할 때의 충격으로 인하여 건물바닥슬래브의 수직진

동이 발생한다. 전자의 경우는 주로 바닥슬래브가 수직방향으로 10 Hz 전후로 진동하는 것에 의하여 사람은 진동을 느낀다. 특히 평면도로를 차량이 통과할 때에 일반적으로 10Hz 전후에 탁월 진동수가 있다. 이것은 대형차의 스프링진동으로 인한 탁월 진동수로 알려져 있다. 반면에 후자의 경우는 수평방향으로 2Hz ~ 4Hz 전후의 저주파수 진동에 의하여 사람은 진동을 감지한다¹⁾.

자동차에 의한 지반진동에 대한 도로포장의 영향은 주행속도에 의한 영향도 작지는 않지만, 도로포장의 요철의 유무에 의하여, 변위진폭이 5~10배 정도 증폭하고 있다. 따라서 평면 도로진동에 대한 진동의 예측은 아직 명확히 수립되어 있지 않지만 진동을 감소시키는 것은 도로의 포장 등에 의하여 단차를 해소하는 것이 가장 효과적인 대책으로 알려져 있다²⁾.

* 정희원 · 서울산업대 건축학부, 부교수, 공학박사
Tel : 02-970-6587, Fax : 02-979-6587
E-mail : swyoon@snut.ac.kr

따라서 본 논문에서는 전면도로가 근접하고 전철 역이 인접한 7층 철골조 건물을 대상으로 진동계측을 실시하였다. 진동계측을 통하여 바닥진동에 영향을 미치는 차량의 진동원을 파악하였다. 버스와 지하철 교통진동이 건물 수직방향으로 전달되는 진동의 증폭율을 검토하기 위하여 4층, 6층, 7층에서 진동계측을 실시하였다. 또한 진동저감대책의 방법으로서 아스팔트 포장의 효과를 검증하기 위하여 포장 전후에 진동계측을 실시하여 진동개선 효과를 검증하였다.³⁾

2. 교통진동의 현황

2.1 교통진동의 기준

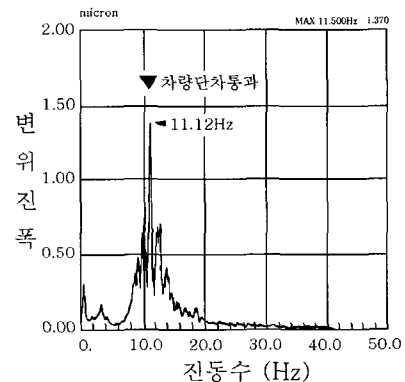
주로 자동차를 진동원으로 하는 환경진동의 전달 특성에 대하여 1927년에 Essers와 Kappes⁴⁾가 5ton의 자동차가 시속 30km가 되면, 그 지점에서 20m 떨어진 지점에 큰 진동이 검출된다는 것을 지적하였다. 1932년 일본에서는 星野⁵⁾가 자동차에 의한 지반의 진동은 20Hz 전후에서 탁월진동수가 있다는 것을 제안하였다. 또한 畑中⁶⁾은 도로의 요철을 7단계로 분류하여 요철의 영향을 분석하였다. 谷口⁷⁾는 도로 교통진동의 거리 감쇠의 풍부한 계측결과에서 거리에 따른 감쇠에 대하여 분석하였다.

이러한 연구를 기초로 하여 도로 교통진동에 대해서는 주로 지반진동을 대상으로 연구가 진행되어 왔다. 그러나 발생한 진동이 지반을 거쳐 건물로 전달되고, 이 진동이 건물 내에 생활하고 있는 사람에 영

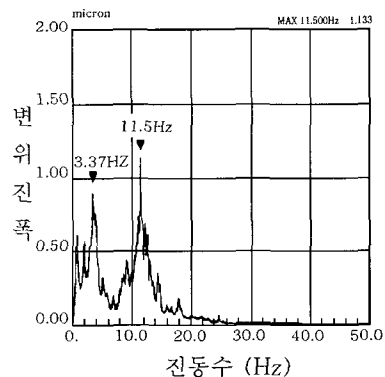
향을 미치는 전반적인 평가에 대한 연구는 진행되지 않은 실정이다. 또한 기준 등에서도 도로 교통진동만을 대상으로 제정되어 있지 않고, 건설공사에 다른 진동, 공장진동 등 유사한 공해진동의 하나로 제정되어 있다. <그림 1>은 연관된 기준들의 관련도이다¹⁾.

2.2 교통진동의 특징

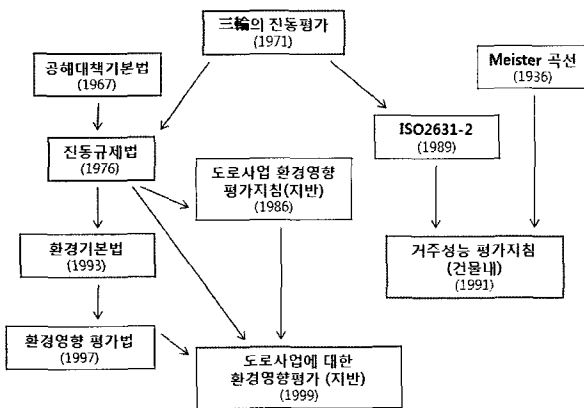
교통진동은 차량의 주행속도에 따라 도로 노면의 요철 상태에 따라 입력성분의 주파수특성이 변한다. 또한 차량종류와 적재상황에 따라 동하중의 진폭과 주파수성분이 크게 달라진다. 차량동하중은 이동하면서 포장노면을 통하여 지반으로 전달된다. 평면도로를 대형 차량이 주행하는 경우 차량 자체의 진동은 차량의 스프링 위에서 4Hz 전후에 그리고 스프링 아래에 10Hz 전후 두가지의 탁월진동수가 있다.⁸⁾ 특히 평면도로를 차량이 통과할 때의 중층의 철골조건물의 바닥슬래브의 고유진동수가 10Hz 전후일 때 공진성분으로 인하여 고층부의 바닥슬래브의 진동이 커지는 경향이 있는 것으로 알려져 있다.



<그림 2> 평면도로진동의 주파수특성¹⁾



<그림 3> 7층 슬래브의 스펙트럼¹⁾



<그림 1> 교통진동과 관련된 기준의 상관도

<그림 2>는 지반지동 주파수특성의 예이며, <그림 3>은 이 지반진동으로 인하여 9층의 SRC건물의 7층의 6m×8m 스패n 슬래브에 발생한 스펙트럼 파형이다¹⁾.

2.3 교통진동의 대책

평면도로의 진동대책으로서 차량축, 도로, 건물 자체 등에서 생각할 수 있다. 평면도로에 기인하는 진동은 거리감쇠의 영향에 의하여 가진원과 집무공간, 거주공간의 거리에 크게 의존한다. 자동차에 의한 지반진동에 대한 도로포장의 영향은 주행속도에 의한 영향도 작지는 않지만, 도로 포장의 요철에 의하여, 변위진폭이 5~10배 정도 증폭하고 있다. 따라서 평면 도로진동에 대한 진동을 감소시키는 것은 도로의 포장 등에 의하여 단차를 해소하는 것이 시공성, 경제성과 효과면에서 효과적인 대책으로 알려져 있다¹⁾.

노면이 어느 정도로 평탄한 가는 도로 단면의 요철 정도, 도로의 단차 (콘크리트 포장의 이음부, 맨홀을 포함), 그리고 바퀴 표면의 상태 등 크게 세 가지의 요인에 의해 영향을 받는다. 보통, 노면의 평탄정도는 포장기준에 따라 노면 요철의 표준편차에 의해 표현 되는데, 양자의 관계식은 식 (1)과 같이 표현할 수 있는데, 노면의 평탄성의 표준편차를 1mm 감소시키면 진동 레벨을 3~4dB 정도 감소시킬 수 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 식 (1)은 노면 요철의 표준편차를

감소시켜서 얻을 수 있는 진동저감율에 관한 식이다²⁾.

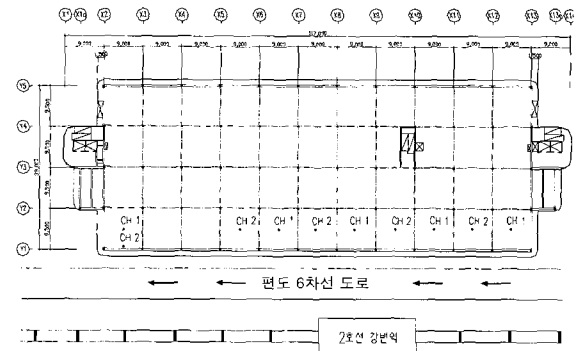
$$\begin{aligned} \alpha_\sigma &= 14\log_{10} \sigma : \text{아스팔트 포장, } \sigma \geq 1 \\ &= 18\log_{10} \sigma : \text{콘크리트 포장, } \sigma \geq 1 \\ &= 0 : \sigma < 1 \end{aligned} \quad (1)$$

여기서 σ : 노면 요철의 표준편차

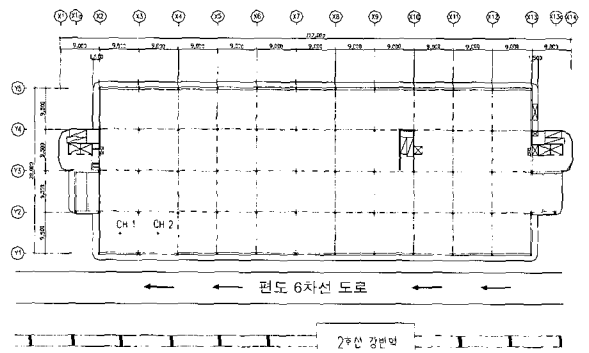
3. 진동계측 및 평가

3.1 계측 개요

진동계측 건물은 지하 3층 지상 7층의 철골조 건물로서 지하 2층, 3층은 주차장이다. 기둥 스패n의 모듈은 9.5m×9.0m이다. 지하 1층부터 지상 3층까지는 각종 상가가 위치해 있고, 4층부터 7층은 사무실 용도로 사용되고 있다. 따라서 주차장과 상가 층을 제외한 진동에 비교적 민감한 사무실(4층, 6층, 7층)에서 도로에 접한 사무실의 중앙과 도로에 접한 부분에서 계측을 시행하였다. 진동이 가장 심한 7층을

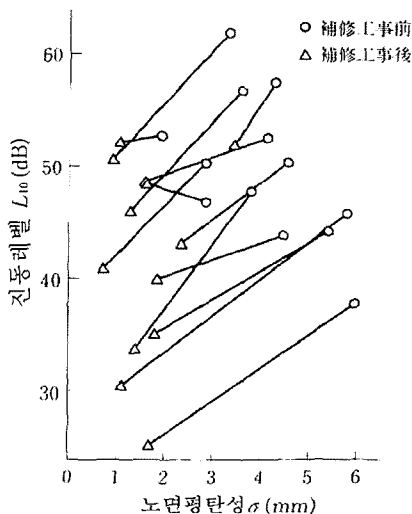


(a) 7층의 센서의 위치



(b) 4층과 6층의 센서의 위치

<그림 5> 센서의 위치³⁾



<그림 4> 평탄성에 의한 진동감소¹⁾

<표 1> 진동 측정장소

| 층수 | 측정 장소 |
|--------|----------------------------------|
| 7층 사무실 | X03열 좌측스팬(중앙부, 도로변) 2ch. 동시계측 |
| | X06열 좌우스팬 (중앙부) 2ch. 동시계측 |
| | X08열 좌우스팬 (중앙부) 2ch. 동시계측 |
| | X10열 좌우스팬 (중앙부) 2ch. 동시계측 |
| 6층 사무실 | X03열 좌우스팬 (중앙부) 2ch. 동시계측 |
| 4층 사무실 | X03열 좌우스팬 (중앙부) 2ch. 동시계측 |

중심으로 6층과 4층에서 진동계측을 하였다.

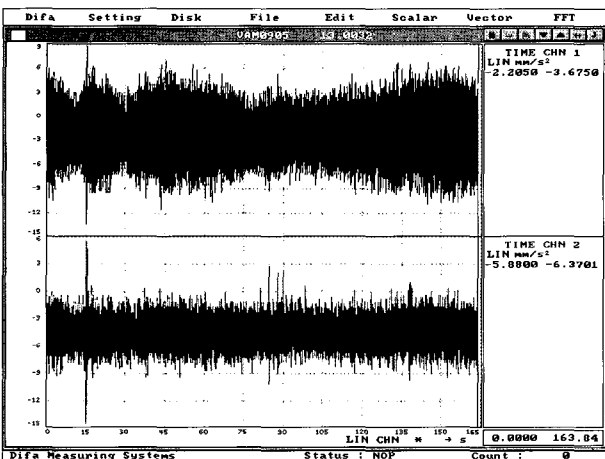
진동원을 분석하기 위하여 버스와 지하철 운행시의 상시진동, 버스 진동, 지하철 진동, 새벽에 차량의 운행이 없을 때의 네 가지 경우에 대하여 진동계측을 실시하였다. 계측시에는 Dytran의 ICP 가속도계 센서(3191A)를 이용하여 진동계측 및 분석을 실시하였다. 센서의 위치는 <그림 5>와 <표 1>과 같다.³⁾

3.2 측정 결과

계측은 시간대 별로 나누어 진행되었다. 먼저 대중교통의 이동이 거의 없는 새벽 04시 40분 ~ 05시 30분 사이와 차량이 운행하는 시간대에는 전철만 다닐 때와 버스만 다닐 때로 구분하여 계측하여 진동원을 분석하였다.

3.2.1 7층 진동 측정 결과

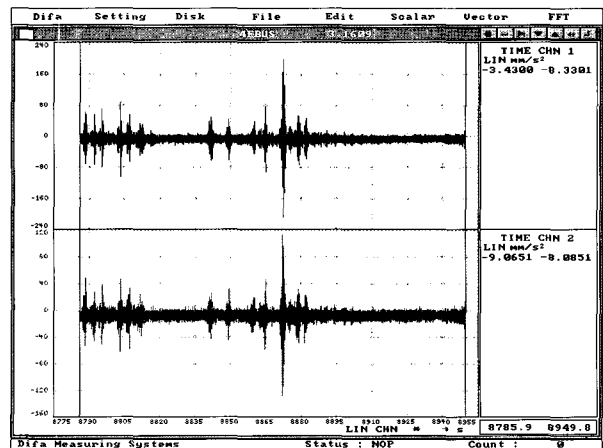
외부 진동원이 거의 없는 암진동 상태를 계측하기 위하여 새벽 04시 40분~05시 30분 사이에 계측을 실시하였다. <그림 6>과 같이 대부분 15mm/s²(60.5dB)



<그림 6> 새벽 시간대의 암진동³⁾

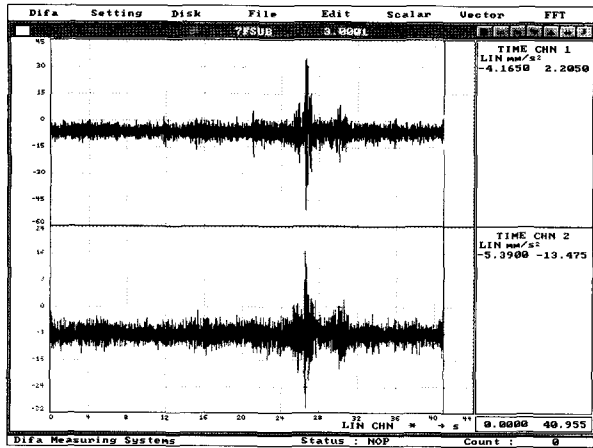
이하의 매우 작은 진동의 크기이다. 지나가는 차량이 없는 경우는 평균 5mm/s² 전후로서 매우 작은 진동의 크기임을 알 수 있다.

출근시간대인 9시에서 10시 사이의 시간대에는 전철을 포함해 버스와 승용차로 인한 비교적 무난한 교통 흐름을 보이고 있었다. 계측은 7층에서 실행되었고 진동 파형은 <그림 7>과 같다. 새벽 시간대와 비교해서 상당히 큰 가속도 인 200.72 mm/s² (83.0dB) 값을 보이고 있고, 버스의 이동에 의한 피크 파형이 상당히 뚜렷하게 나타남을 알 수 있다. 따라서 진동원은 교통진동이지만, 주된 원인이 무엇인지를 명확히 하기 위해 버스만 다닐 경우와 전철만 운행될 경우를 나누어서 계측을 시행하였다.

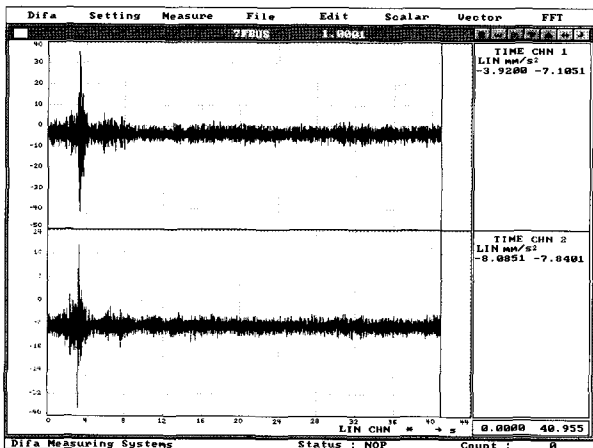


<그림 7> 버스와 지하철 진동시 계측 파형

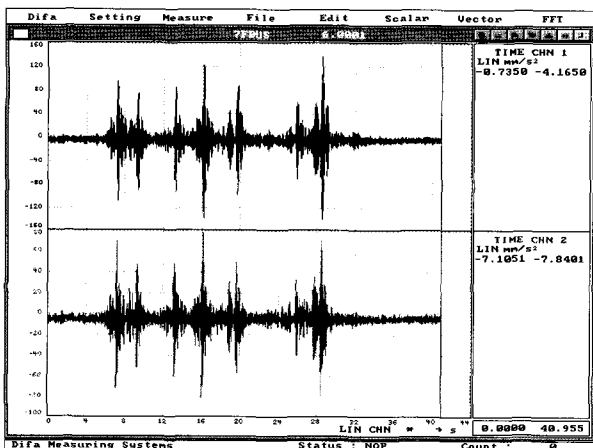
<그림 8>은 전철만 운행 될 때의 파형이다. 전철이 도착할 때로 추정되는 피크가 1개 생성되며, 그 이외에는 주목할 만한 피크는 없었다. 전철이 운행된 시각에는 새벽 시간 때의 15mm/s² 보다 큰 43.843mm/s² (<표 3>의 7FSUB 참조)이다. <그림 9>는 버스 1대가 건물 앞을 주행할 때의 파형이다. 파형에는 1개의 피크만이 존재함을 알 수 있다. 많은 버스가 동시에 주행 중에는 주행 버스의 수와 같은 수의 피크가 존재하였으며 진폭의 크기도 141.7mm/s² (<표 3>, 7FBUS, 7BUS 참조)로서 한 대 주행시 보다 큰 진동 가속도를 보이고 있음을 알 수 있었다. 따라서 진동원은 교통진동 중에서도 버스임을 알 수 있다.³⁾



〈그림 8〉 전철만 운행될 경우 파형(7층)³⁾



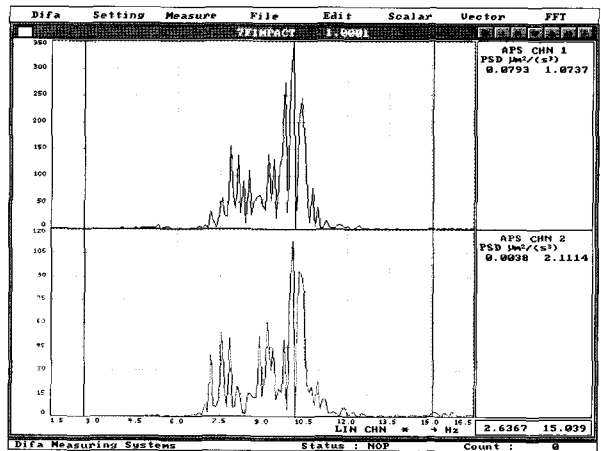
〈그림 9〉 버스만 운행시의 파형 (1대 운행-7층)³⁾



〈그림 10〉 버스만 운행시 파형(7대 운행-7층)³⁾

중량차량이 건물의 전면도로를 통과할 때 발생하는 슬래브의 수직진동은 철골조 상층부 바닥슬래브의 고유진동수가 10Hz 전후 일 때 특히 교통진동의

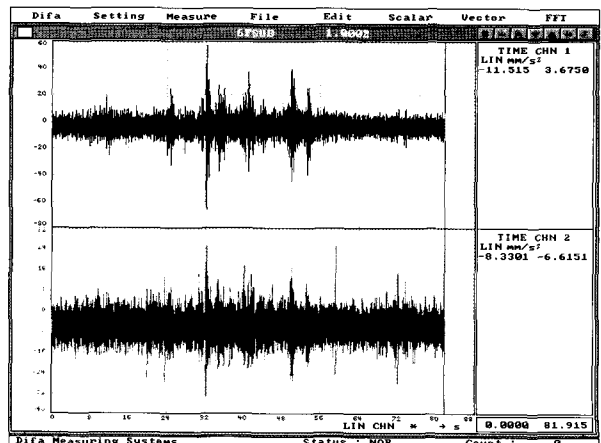
영향이 극대화되는 것으로 알려져 있다. 따라서 4층, 6층, 7층 대상건물의 시계열파형에서 파워스펙트럼을 구한 결과 각 층의 고유진동수는 약 10.2Hz임을 알 수 있다. 따라서 bus와 같은 중량차량에 의한 진동이 건물의 고층부로 올라갈수록 진동이 증폭되는 것을 예상할 수 있다²⁾. 〈그림 6〉은 7층의 바닥슬래브의 고유진동수의 예이다³⁾.



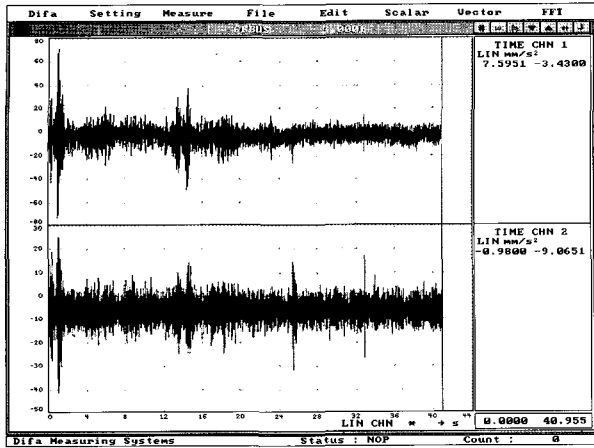
〈그림 11〉 7층의 고유진동수³⁾

3.2.2 6층 진동 측정 결과

6층에서의 전철진동과 버스진동의 영향을 분석하기 위하여 지하철만 운행시와 버스만 운행시 두가지로 분류하여 계측을 실시하였다. 전철이 운행된 시각에 계측된 값은 62.064mm/s²로서, 전철이 운행되지 않는 새벽 시간 때의 15mm/s² 보다 컸다. 〈그림 12〉는 전철만 운행시 6층에서의 계측 파형이다.



〈그림 12〉 전철만 운행시의 파형(6층)



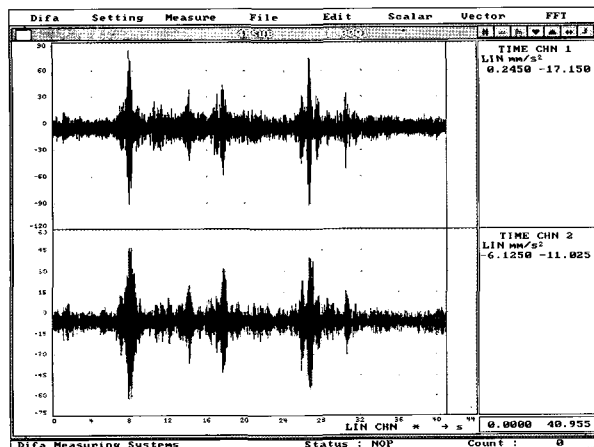
<그림 13> 버스만 운행시 파형(6층)

또한 6층에서의 전철진동의 크기는 7층에서의 전철로 인한 진동치의 최대값인 43.483mm/s^2 보다 큰 값이다.

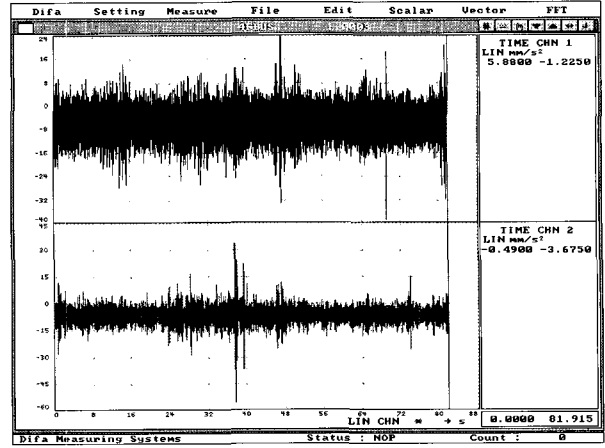
6층에서의 버스진동의 최대값은 69.194mm/s^2 (<표 3>, 6FBUS 참조)로서, 7층에서의 버스진동의 최대치인 200.72mm/s^2 보다는 작지만, 7층의 전철진동의 최대값인 62.064mm/s^2 (<표 3>의 6FSUB 참조) 보다는 약간 큰 값을 보이고 있다. <그림 13>은 버스만 운행시 6층에서의 계측 파형이다.

3.2.3 4층 진동 측정 결과

전철만 운행한 경우의 4층에서의 최대값은 75.316mm/s^2 로서 6층의 62.064mm/s^2 과 7층의 43.483mm/s^2 에 비해서 전철의 운행으로 인한 진동의 영향이 큼을 알 수 있다. <그림 14>는 전철만 운행시 4층에서의 계측 파형이다. 버스만 운행시의 최대값은 32.953mm/s^2 로



<그림 14> 전철만 운행시 파형(4층)



<그림 15> 버스만 운행시 파형(4층)

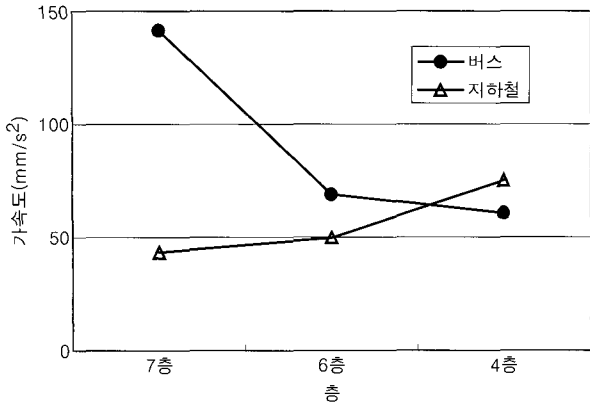
서 전철에 의한 최대값 (75.02mm/s^2)에 비해 작은 것을 알 수 있다. <그림 15>는 버스만 운행시 4층에서의 계측 파형이다.

4. 데이터 분석 및 진동대책

4.1 진동원

진동이 제일 심한 7층은 약 27시간을 계측하였고, 6층과 4층은 20분씩 식 계측을 실시하였다. 7층의 계측센서 위치가 슬래브의 정중앙에 위치한 CH1이 슬래브의 단부에 위치한 CH2보다 진동 값이 크다. 7층에서 최대 가속도 값은 419.97mm/s^2 이고, 6층과 4층에서도 각각 84.17mm/s^2 124.50mm/s^2 로서 비교적 큰 값을 나타내고 있다.

따라서 진동원의 분석과 진동의 건물 층수별 증폭율을 분석하기 위하여 표3과 같이 지상 7층, 6층, 4층에서 버스와 지하철이 각각 운행시에 계측하였다. <그림 7>은 층별로 버스진동과 지하철진동을 비교한 것이다. <그림 7>에 의하면 버스 진동의 경우 4층, 6층, 7층에서의 계측값이 각각 60.747mm/s^2 , 69.185mm/s^2 , 141.725mm/s^2 로서 상층부로 갈수록 버스진동과 건물의 바닥슬래브의 고유진동수의 공진으로 인하여 진동이 커짐을 알 수 있다. 반면에 지하철진동은 4층, 6층, 7층에서의 계측값이 각각 73.316mm/s^2 , 62.064mm/s^2 , 49.484mm/s^2 와 같이 4층에서의 진동이 제일 작으며, 버스진동과 같이 건물 상층부로의 진동 증폭현상도 찾기 어려웠다. 또한 버스진동의 최대진폭이 141.725mm/s^2 로서 지하



〈그림 16〉 버스와 지하철진동 비교³⁾

〈표 2〉 상시진동의 계측

| 층수 | 계측일시 | 진동 최대가속도 (mm/s ²) | | 진동레벨 (dB) | |
|-------------|----------------|-------------------------------|--------|-----------|------|
| | | CH1 | CH2 | CH1 | CH2 |
| 7층 | 새벽 4시40분-5시30분 | 142.93 | 70.34 | 80.1 | 73.9 |
| | 새벽 7시-8시 | 187.88 | 107.28 | 82.5 | 77.6 |
| | 오전 8시-9시 | 148.58 | 91.81 | 80.4 | 76.2 |
| | 오전 9시-10시 | 200.72 | 119.38 | 83.0 | 78.5 |
| | 10시20분(1시간) | 175.64 | 93.54 | 81.9 | 76.4 |
| | 11시20분(1시간) | 168.29 | 93.95 | 81.5 | 76.4 |
| | 12시20분(1시간) | 137.05 | 75.36 | 79.7 | 74.5 |
| | 13시20분(1시간) | 158.89 | 103.59 | 81.0 | 77.3 |
| | 14시20분(1시간) | 187.62 | 106.67 | 82.5 | 77.6 |
| | 15시20분(1시간) | 181.35 | 106.64 | 82.2 | 77.5 |
| | 16시20분(1시간) | 165.79 | 99.79 | 81.4 | 77.0 |
| | 17시20분(1시간) | 143.13 | 86.96 | 80.1 | 75.8 |
| | 18시20분(1시간) | 413.97 | 91.35 | 89.3 | 76.2 |
| | 19시20분(1시간) | 164.24 | 99.67 | 81.3 | 77.0 |
| | 20시20분(1시간) | 162.28 | 87.05 | 81.2 | 75.8 |
| | 21시20분(1시간) | 159.40 | 84.11 | 81.0 | 75.5 |
| | 22시20분(1시간) | 138.58 | 88.37 | 79.8 | 75.9 |
| | 23시20분(1시간) | 128.29 | 85.75 | 79.2 | 75.7 |
| | 0시20분(1시간) | 123.73 | 97.09 | 78.8 | 76.7 |
| | 01시20분(1시간) | 33.16 | 31.24 | 67.4 | 66.9 |
| 02시20분(1시간) | 123.80 | 74.36 | 78.8 | 74.4 | |
| 03시20분(1시간) | 132.34 | 62.93 | 79.4 | 73.0 | |
| 04시20분(1시간) | 111.56 | 73.38 | 77.9 | 74.3 | |
| 05시20분(1시간) | 153.45 | 94.69 | 80.7 | 76.5 | |
| 06시20분(1시간) | 164.86 | 100.20 | 81.3 | 77.0 | |
| 07시20분(1시간) | 159.28 | 91.48 | 81.0 | 76.2 | |
| | 평균 | 148.92 | 85.89 | 77.6 | 73.0 |
| 6층 | 15시00분(20분) | 84.17 | 34.94 | 75.5 | 67.9 |
| 4층 | 13시50분(20분) | 124.50 | 71.00 | 78.9 | 74.0 |

〈표 3〉 버스과 전철 진동

| 파일명 | Event | 최대가속도 (m/s ²) | | 진동레벨 (dB) | |
|-------|---------------------|---------------------------|--------|-----------|------|
| | | CH1 | CH2 | CH1 | CH2 |
| 7FSUB | 오른쪽에서 진입 | 29.567 | 18.383 | 66.4 | 62.3 |
| | 왼쪽에서 출발 | 19.745 | 16.306 | 62.9 | 61.2 |
| | 왼쪽에서 출발 | 43.483 | 22.092 | 69.8 | 63.9 |
| 7FBUS | 1 BUS | 32.804 | 28.119 | 67.3 | 66.0 |
| | 1 BUS (2 신호등 통과) | 79.737 | 58.502 | 75.0 | 72.3 |
| | 1 BUS (2 신호등 통과) | 120.056 | 86.137 | 78.6 | 75.7 |
| | 1 BUS (신호등 정지 후 통과) | 87.571 | 71.296 | 75.8 | 74.1 |
| | 7 BUSES | 141.725 | 70.672 | 80.0 | 74.0 |
| 6FSUB | 왼쪽에서 올 때 | 62.064 | 27.586 | 72.8 | 65.8 |
| | 왼쪽에서 올 때 | 27.141 | 18.806 | 65.7 | 62.5 |
| | 오른쪽에서 올 때 | 49.938 | 25.298 | 71.0 | 65.1 |
| 6FBUS | 오른쪽에서 올 때 | 34.391 | 20.094 | 67.7 | 63.1 |
| | 오른쪽에서 올 때 | 69.185 | 35.05 | 73.8 | 67.9 |
| 4FSUB | 왼쪽에서 올 때 | 75.02 | 55.827 | 74.5 | 71.9 |
| | 왼쪽에서 올 때 | 73.316 | 46.595 | 74.3 | 70.4 |
| 4FBUS | 4-5 BUSES | 32.953 | 48.833 | 67.3 | 70.8 |
| | | 60.747 | 37.73 | 72.7 | 68.5 |

* 비교 : 7FSUB : 7층 SUBWAY운행시,
7FBUS : 7층 BUS 운행시

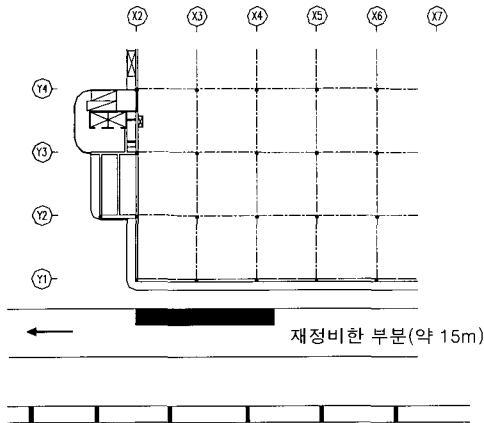
철진동 73.316mm/s² 보다 큰 것을 보아 진동원은 버스진동임을 알 수 있었다.

4.2 진동 대책 효과

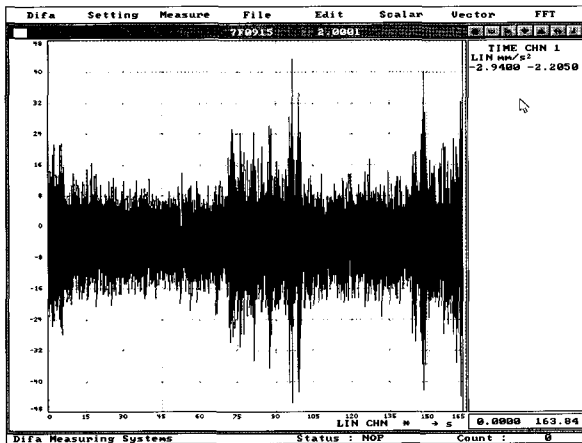
진동원 버스에 의한 교통진동이므로 계측건물에 바로 인접한 도로의 요철을 없애기 위하여 <그림 17>과 같이 아스팔트 포장을 다시 하여 도로의 요철을 최소화하였다. <그림 18>은 인접한 도로의 요철을 재

〈표 4〉 아스팔트 포장 전후의 진동 레벨³⁾

| 층 | Event | 최대 가속도 (mm/s ²) | | 진동레벨 (dB) | | 최대 가속도 (mm/s ²) | 진동레벨 (dB) |
|----|----------|-----------------------------|--------|-----------|------|-----------------------------|-----------|
| | | 정비 전 | 정비 후 | 정비 전 | 정비 후 | | |
| 7층 | 전철운행 | 43.483 | 22.092 | 69.8 | 63.9 | 42.0 | 69.5 |
| 7층 | 버스 1대 운행 | 120.056 | 86.137 | 78.6 | 75.7 | | |
| 7층 | 버스 7대 운행 | 141.725 | 70.672 | 80.0 | 74.0 | | |
| 7층 | 24시간 계측 | 200.72 | 119.38 | 83.0 | 78.5 | | |



〈그림 17〉 재정비한 도로



〈그림 18〉 포장후의 계측 파형

정비한 후 7층에서 다시 계측한 데이터이다. 이 데이터는 전철과 버스의 운행에 구분을 두지 않고 계측한 것으로, 최대가속도는 42.0mm/s^2 로서 도로 아스팔트 포장 전의 141.7mm/s^2 과 비교하여 현격히 감소한 것을 알 수 있다. 최대가속도 42.0mm/s^2 는 진동기준인 70dB보다 작은 69.5 dB로서 많은 진동 개선효과를 확인 할 수 있었다³⁾.

5. 결 론

7층 철골조건물에 대한 버스진동과 지하철진동에 대한 진동 증폭의 특성을 분석하고, 진동의 개선을 위한 아스팔트 재포장을 한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 7층 철골조건물의 버스와 같은 중량차량에 의한 바닥슬래브의 진동 특성은 4층, 6층, 7층에서의 계측 값이 각각 60.747mm/s^2 , 69.185mm/s^2 , 141.725mm/s^2 로서 상층부로 갈수록 버스진동과 건물의 바닥슬래브의 고유진동수의 공진성분으로 인하여 진동이 커짐을 알 수 있다. 반면에 지하철진동은 4층에서의 진동이 6층과 7층보다 크고, 버스진동과 같이 진동의 증폭현상도 찾기 어려웠다.
- 2) 버스진동의 개선을 위하여, 15m 길이 1개 차선폭의 아스팔트 포장을 새로이 하여, 아스팔트 포장 전의 141.7mm/s^2 를 42.0mm/s^2 로 현격히 감소시킬 수 있었다. 따라서 버스와 같이 중량 차량진동의 경우는 도로의 재포장이 진동감소 효과가 매우 탁월함을 알 수 있었다.

참고 문헌

1. 일본건축학회, 환경진동평가의 현황과 기준, pp 62-63, 2004.4
2. 社團法人 騒音制御工學會, 地域の 環境振動, pp 104-140, 2001
3. 윤성원 외 3인, 교통진동에 대한 중층건물의 진동특성, 대한건축학회 추계학술발표대회, pp 2005. 10
4. Essers, E., C. Kappes, Bodenerschütterungen durch Kraftfahrzeuge, ZVDI, 71, 1927
5. 星野市郎, 自動車による道路の振動について, 震研談話會, 1932
6. 畑中元弘, 走行車輛による神戸市内沿道の振動, 建築工學研究所報告, No.10, 1967
7. 谷口宋一, 道路交通振動の距離減衰(第2報), 土木技術資料, Vol21, No3, 1984
8. 西阪理永, 福和伸夫, 交通振動問題における車輛動荷重特性に関する研究-平面道路における自動車交通振動問題に関する研究(その1), 日本建築學會構造系論文集, No.491, pp 65-72, 1997.1