

〈論 文〉

# 경부선 철도 소음진동의 전파특성에 관한 기초 연구

A Study on the Characteristics of Railroad Noise and Vibration Propagation  
in KYOUNGBU Line

김석홍\* · 이성춘\* · 김준호\*

Seok-Hong Kim, Seong-Choon Lee and Jun-Ho Kim

〈1993년 1월 26일 접수 ; 1993년 2월 20일 심사완료〉

## ABSTRACT

In order to maintain comfortable life environment around railroad site, noise from train itself, and to train & rail interaction, and the vibration transmitted through the ground should be controlled to the extent of permissible level. In order to achieve this, the basic railroad noise & vibration data such as magnitude and frequency characteristics of them are necessary to establish the counterplan for railroad noise & vibration. In this study, we measured and analysed the characteristics of time variation, frequency, direction and distance attenuation of noise and vibration of the railroad between Seoul and Pusan.

## 1. 서 론

철도주변의 쾌적한 생활환경을 유지하기 위해서는 철도차량이나 선로에서 발생하는 공기전파음과 지반을 통하여 전파되는 지반진동을 일정수준 이하로 제어할 필요가 있으며 이러한 철도 소음진동 대책에는 기존철도에 대한 기초적인 소음진동 크기 및 특성에 대한 기본적인 자료가 필수적이다.

국내에서는 이제까지 철도소음진동에 대한 특별한 자료수집이나 대책에 큰 관심을 기울여 오지 않고 단지 철도주변에서는 어쩔수 없이 철도소음진동의 피해를 감수할 수 밖에 없다는 소극적인 태도를 취해왔으며 최근에 들어서야 환경의식 증가로 철도변 거주자들의 민원에 대한 대책으로서 일부 구간에서 방음벽을 설치하고 있는 실정이다. 더우기 경부고속철도 건설이 이미 시작된 현시점에서 철도소음진동

실태나 기준등이 정립되어 있지 못하여 추후 철도주변의 소음진동문제를 어떻게 해결해 나가야 할지, 필요할 경우 어떻게 대책을 수립해 나가야 할지에 대한 기본적인 자료수집 및 관련연구가 필요한 것으로 판단된다.

본 연구에서는 이러한 기본적인 필요성에 입각하여 기존 철도의 소음진동 시간변동특성, 거리감쇠특성, 주파수특성 및 철도진동의 진동방향특성을 측정 분석하여 추후 철도소음진동 관련 대책이나 기준수립에 기초자료로 제시하고자 한다.

## 2. 철도 소음진동 측정 개요

측정은 경부선 평택역과 천안역 사이에 위치한 직선철도 주변에서 1992. 10. 15~10. 20일에 걸쳐 실시하였으며 측정기간중의 온도는 18~22°C, 습도는 40~60%, 풍속은 2~3m/s 정도의 북동풍이 부는 맑은 가을 날씨였다. Fig. 1에 측정대상 철도의 단면형상과 측정점을 나타낸다.

\*정회원, 유니슨산업(주) 유니슨기술연구소

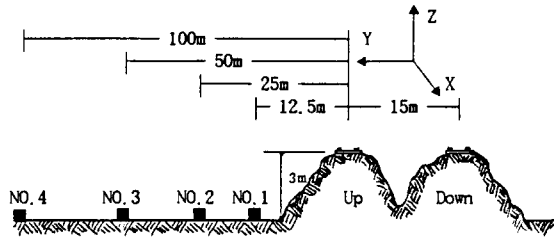


Fig. 1 Section of railroad site and measuring point

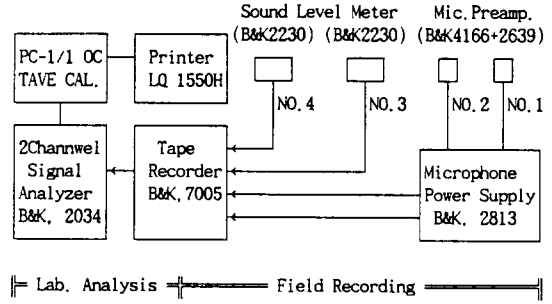


Fig. 2 Measuring and analysis system of railroad noise

Table 1 Summary of trains of which noise is measured

Up/Down	Kinds of Trains	Symbol	No. of Sample	Number of Trains (Locomotive/Train)
Up	SAEMAEUL	US	2	1/5, 2/13
"	MUGUNGHWA	UM	4	1/8, 1/9, 1/8, 1/8
"	TONGIL	UT	4	1/8, 1/7, 1/9, 1/9
Down	SAEMAEUL	DS	4	4/12, 1/4, 2/6, 1/7
"	MUGUNGHWA	DM	4	1/8, 1/8, 1/8, 1/8
"	TONGIL	DT	2	1/10, 1/11

측정점은 인접한 상행선 철도 중심으로부터 12.5 m, 25m, 50m, 100m, 하행선 철도중심으로부터는 27.5m, 40m, 65m, 115m 떨어진 4개 지점으로 기록이 거의 없는 평탄한 논사이의 농로상에 철도 한 쪽편에 좌우방향으로 일렬로 배치되었으며 측정점의 지반은 점토질로서 경운기등의 농기계에 의해 어느 정도 다져진 지반이다.

Table 2 Summary of trains of which vibration is measured

Direction	Up/Down	Kind of Trains	Symbol	No. of Sample	Number of Trains Locomotive/Train
Vertical Direction (Z)	Up	SAEMAEUL	VUS	2	4/12, 2/8
		MUGUNGHWA	VUM	3	1/7, 2/12, 1/8
		TONGIL	VUT	3	1/9, 1/9, 1/10
		FREIGHT	VUH	1	1/19
	Down	SAEMAEUL	VDS	2	2/11, 2/7
		MUGUNGHWA	VDM	4	1/7, 1/7, 1/8, 1/7
		TONGIL	VDT	3	1/10, 1/10, 1/10
Before and Behind Direction (Z)	Up	MUGUNGHWA	XUM	2	1/8, 1/8
		TONGIL	XUT	1	1/11
	Down	SAEMAEUL	XDS	1	1/7
		MUGUNGHWA	XDM	3	1/, 1/8, 1/8
Right and Left Direction (Z)	Up	SAEMAEUL	YUS	1	4/12
		MUGUNGHWA	YUM	3	1/8, 1/8, 1/8
		TONGIL	YUT	3	1/10, 1/10, 1/11
		FREIGHT	YUH	1	1/19
	Down	SAEMAEUL	YDS	1	2/13
		MUGUNGHWA	YDM	4	1/, 1/8, 1/8, 1/8
		TONGIL	YDT	1	1/9
		FREIGHT	YDT	1	1/25

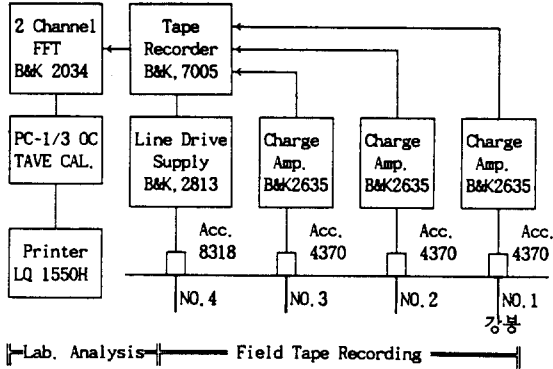


Fig. 3 Measuring and analysis system of railroad vibration

### 2.1 철도 소음 측정 개요

Table 1에 철도소음 측정대상 열차의 개요를 나타낸다. 소음측정은 상행선 철도 중심으로부터 12.5 m, 25m, 50m, 100m 4개 지점에서 동시에 현장녹음한 후 실험실에서 FFT를 이용하여 peak averaging하여 협대역 주파수분석을 하였으며 이 협대역 소음레벨 데이터를 컴퓨터에 전송하여 1/1 옥타브 대역 소음레벨로 변환하였고 청감보정특성은 A특성을 사용하였다.

Fig. 2에 철도소음측정 분석 시스템 구성도를 나타낸다.

### 2.2 철도 진동 측정 개요

Table 2는 철도진동 측정대상 열차의 개요를 나타내고 있다. 진동방향은 상하방향(Z방향), 열차진행 전후방향(X방향), 열차진행 좌우방향(Y방향) 3방향에 대하여 측정을 실시하였다.

철도진동은 상행선 선로 중심에서 12.5m, 25m, 50m, 100m 떨어진 4개 지점에서 직경 2cm, 길이 30cm의 강봉을 지반에 박고 그 위에 가속도 픽업을 Z, X, Y 방향으로 부착하여 측정하였다. 4개지점의 진동신호는 현장에서 동시에 녹음하고 실험실에서 FFT를 이용하여 peak averaging하여 협대역 주파수분석을 하였으며 이 협대역 진동가속도 데이터를 컴퓨터에 전송하여 1/3옥타브 대역 진동가속도로 변환하였다. 진동측정 분석 시스템은 Fig. 3과 같이 구성하였다.

## 3. 철도 소음 측정결과 및 분석

### 3.1 시간변동 특성

열차통과시 발생하는 소음은 열차의 종류, 속도,

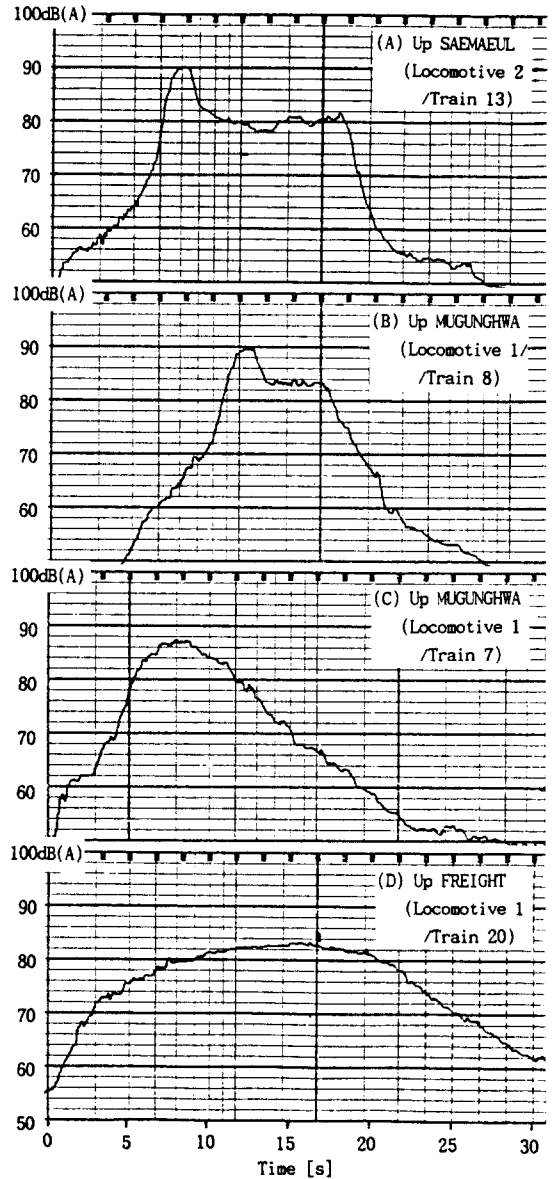


Fig. 4 Time variation characteristic of railroad noise

차량 및 레일의 유지보수 상태에 따라 상당한 차이를 가지고 있다. Fig. 4는 열차통과시 상행선 철도 중심으로부터 25m지점의 소음 시간변동 특성을 나타낸다. (A), (B) 그래프의 처음부분의 높은 소음레벨은 기관차의 소음이며 뒷부분은 객차에서 발생하는 소음이다.

(C)는 (B)와 같은 종류의 열차이면서도 처음부분에서 피크치를 보이지 않고 있으며 (D)는 화물열차로 열차가 중간정도 통과하였을 때 가장 높은 소음레벨을 보이고 있다. 이로부터 현재 기관차로 추진력을 얻는 열차에서는 기관차가 열차통과 소음 피크

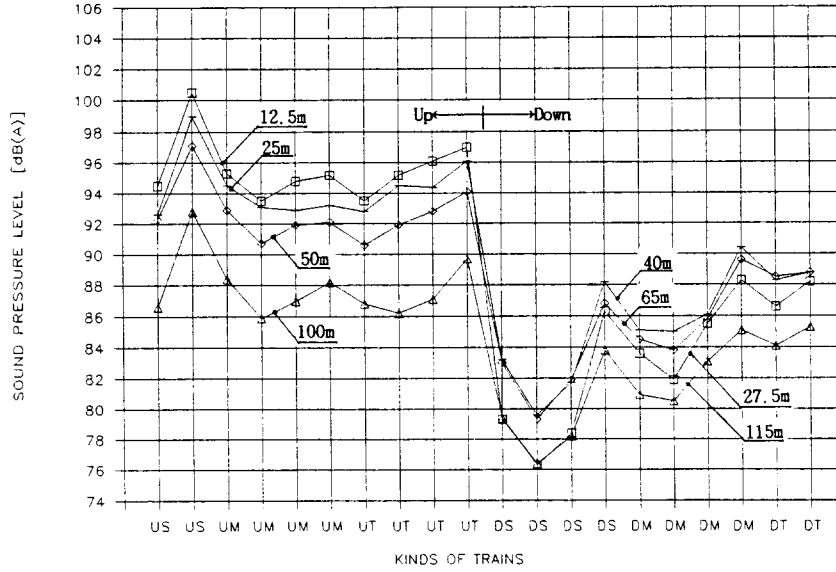


Fig. 5 Overall noise attenuation by distance according to the kinds and destination of trains

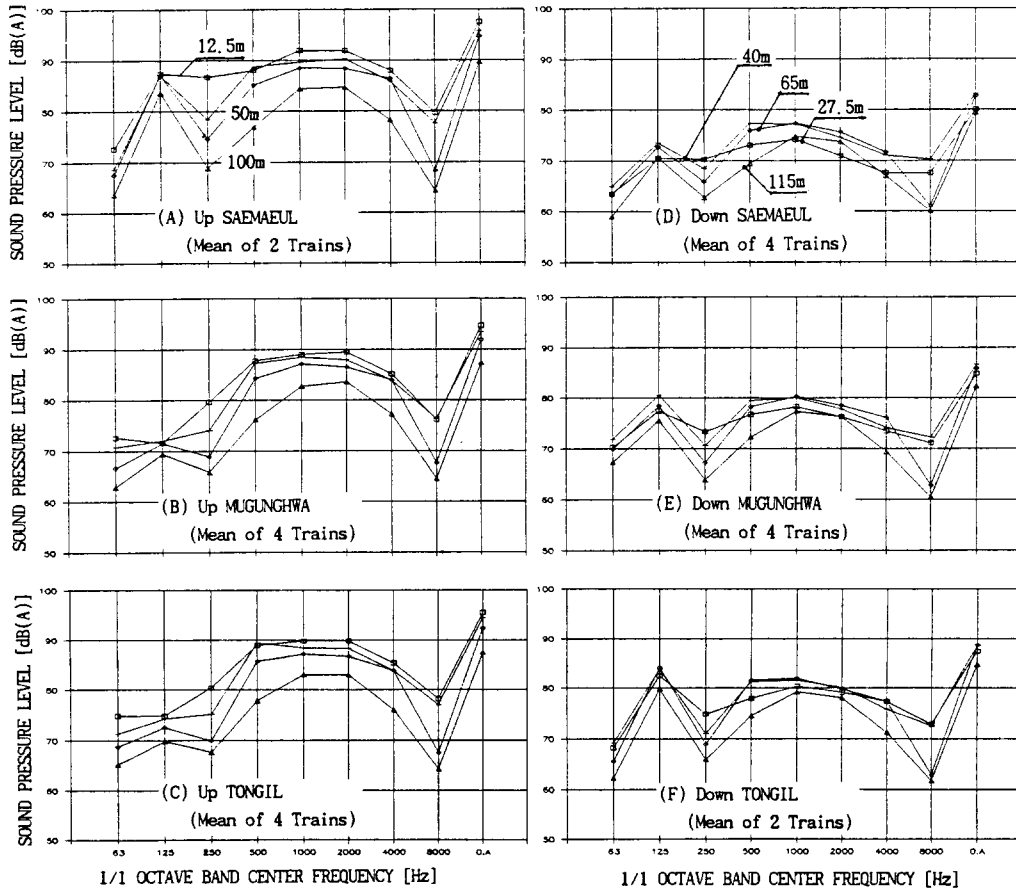


Fig. 6 Frequency characteristics and attenuation by distance of railroad noise

레벨을 좌우하며 가속을 하지 않고 서행하는 경우에는 열차가 중간정도 통과할 때 가장 높은 소음레벨을 보이는 것을 알 수 있다.

3.2 열차종류별 소음변동 특성 및 거리감쇠 특성<sup>(1,2)</sup>

Fig. 5는 열차의 행선지 및 종류별 overall A특성 소음레벨을 거리별로 비교하여 나타낸다. 전체적으로 볼 때 상행선 열차는 하행선 열차에 비해 8dB(A) 정도 높은 소음레벨을 보이고 있으며 같은 상행선, 하행선에서도 열차의 종류에 따라 매우 큰 변화폭을 보이고 있고 같은 종류의 열차에서도 기관차의 종류, 편성 기관차 및 객차의 수 기타 속도등의 영향에 따라 매우 큰 소음레벨 변동을 보이고 있다.

개략적으로 볼 때 50m 지점에서의 소음레벨은 상행선의 경우 90~97dB(A), 하행선의 경우 76~86dB(A)의 분포를 보이고 있다. 상행선은 거리에 따라 12.5m~25m 구간에서는 1~2dB(A), 25m~50m 구간에서는 2~3dB(A), 50m~100m 구간에서는 4~6dB(A) 정도의 비슷한 거리감쇠를 보이고 있으나 하행선의 경우에는 Table 1의 무궁화호와 같이 열차의 속도나 열차수 등의 조건이 상행선과 비슷함에도 불구하고 Fig. 1에서 보는 바와 같이 상행선 철도가 일종의 방음벽 역할을 하여 하행선 중심으로부터 27.5m지점의 소음레벨이 40m, 65m 지점의 소음레벨보다 낮게 나타나고 있다. 하행선의 경우 하행

선 중심으로부터 40m~65m 구간에서는 1dB(A)로 거의 감쇠를 보이지 않고 있으며 65m~115m 구간에서는 3~4dB(A) 정도의 소음감쇠량을 보이고 있다.

3.3 철도소음의 주파수특성 및 거리감쇠 특성<sup>(3~5)</sup>

Fig. 6에 행선별 및 열차종류별 평균 옥타브 대역 소음레벨 주파수 특성과 거리감쇠특성을 비교하여 나타낸다. 주파수 특성은 대부분의 경우 500~2000Hz에서 높게 나타나고 있으며 하행선 모든 열차와 상행선 새마을의 경우에는 125Hz에서도 높은 값을 보이고 있다.

옥타브대역별 거리감쇠는 상행선 모든 열차의 경우 125Hz에서 가장 작은 값을 보이고 있으며 250Hz에서 가장 큰 값을 보이고 있다. 하행선의 경우에는 상행선 선로의 차폐효과에 의해 27.5m 측정점 소음레벨이 40m, 65m 측정점 소음레벨보다 낮게 나타났으며 거리감쇠량도 실제로 2배 거리가 되지 않는 관계로 상행선의 경우와 같이 일정한 거리감쇠를 보이고 있지 않다.

4. 철도진동 측정결과

4.1 시간변동 특성 및 열차종류별 진동변화 특성

철도진동은 철도소음과는 달리 Fig. 7 (A)그래프에서 보는 바와 같이 열차바퀴 간격 및 속도등에 따

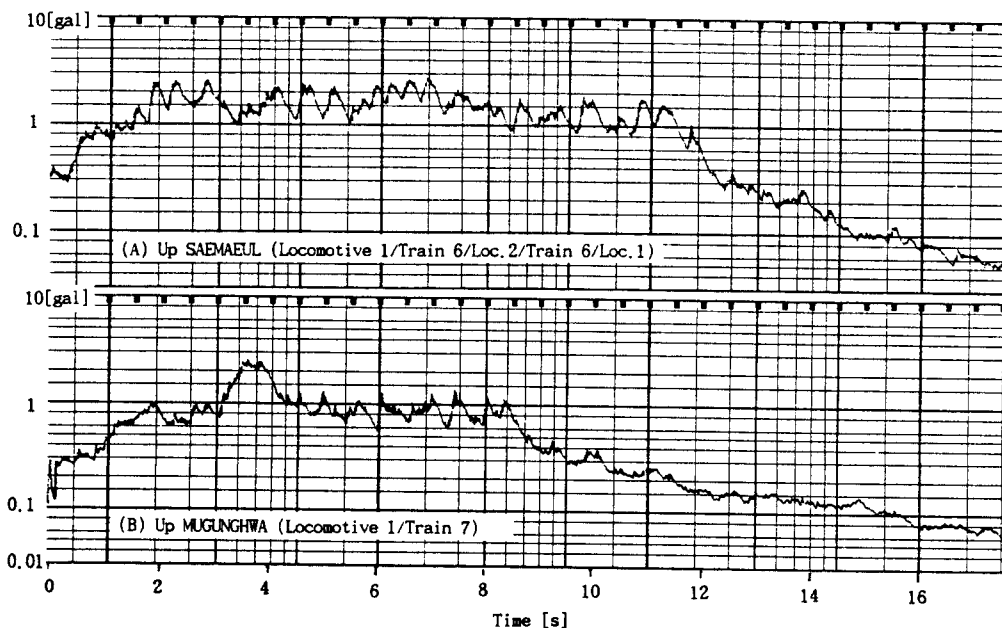


Fig. 7 Time variation of railroad vibration

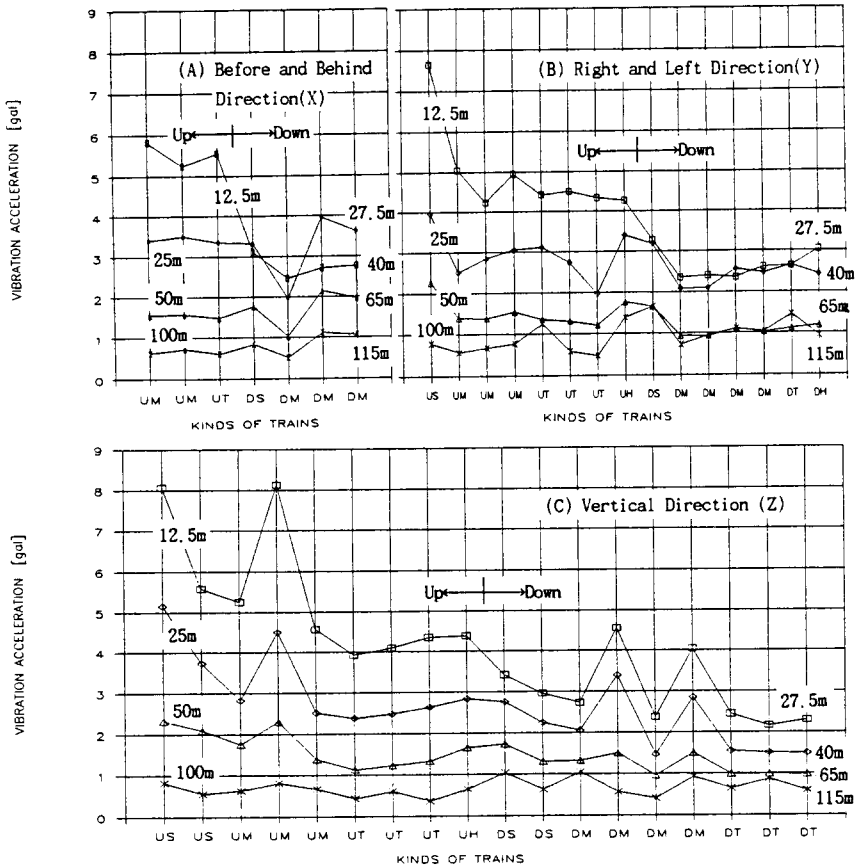


Fig. 8 Overall vibration attenuation by distance according to the kinds and destination of trains

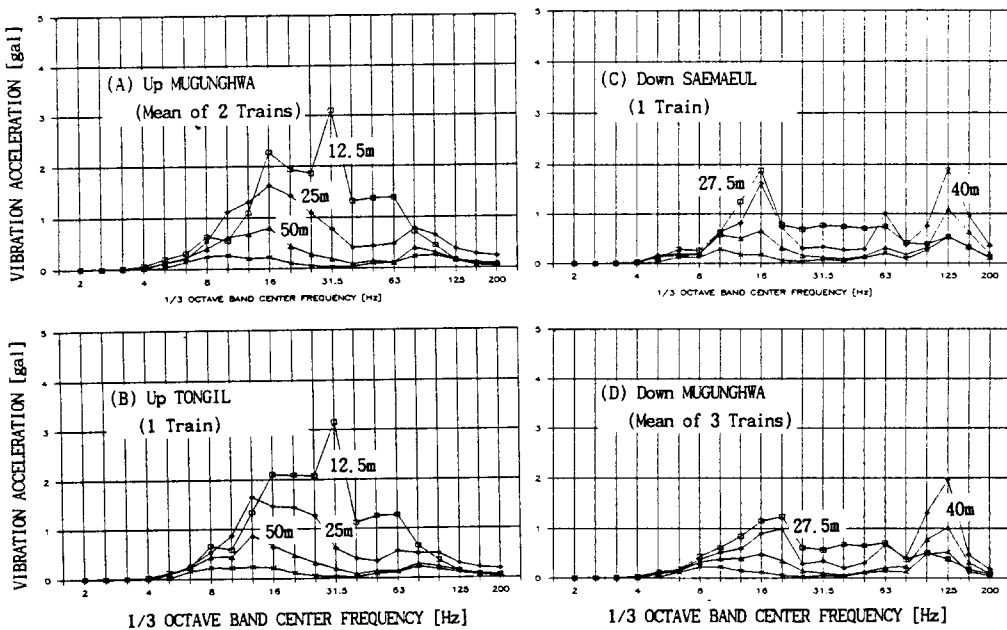


Fig. 9 Frequency characteristics and attenuation by distance of railroad vibration (Before and behind-X direction)

라 결정되는 주기적 성분의 변동이 뚜렷하게 나타나고 있으며 (B)그래프에서 보는 바와 같이 기관차가 통과할 때 피크값을 보이고 있다.

Fig. 8은 열차종류별 전체진동크기의 거리변화를 진동방향별로 비교하여 나타낸 것으로 소음과는 반대로 12.5m~50m의 근거리 구간에서 큰 감쇠를 보이고 있으며 50m에서는 3방향 모두 1~2.5gal 정도의 진동수준을 보이고 있다.

4.2 진동방향별 주파수특성 및 거리감쇠 특성<sup>(6,7)</sup>

(1) 열차진행 전후방향(X방향) 진동

열차 진행방향에 평행한 전후 X방향 철도진동은 Fig. 9에서 보는 바와 같이 상행선의 경우 15~16 Hz, 31.5Hz에서 피크값을 보이고 있으며 하행선의 경우 40m, 65m 지점의 125Hz에서 특이하게 큰 값을 나타내고 있다.

거리별 진동감쇠는 16Hz~63Hz 범위에서는 비교적 일관성을 가지며 감소되고 있으나 그 이상의 주

파수에서는 거리가 멀어질수록 진동이 더 커지거나 거의 감쇠되지 않는 특성을 보이고 있다.

(2) 열차진행 좌우방향(Y방향) 진동

열차진행방향에 대한 좌우 Y방향 진동은 Fig. 10에서 보는 바와 같이 상행선의 경우 16Hz, 40Hz에서 피크값을 보이고 있다. 하행선의 경우 전후 X방향과 비슷한 경향을 보이며 40m, 65m 지점의 125 Hz에서 피크값을 보이고 있다.

(3) 상하방향(Z방향)진동

상하방향 철도진동은 Fig. 11에서 보는바와 같이 행선별 및 열차종류와 관계없이 대부분 16Hz, 50Hz에서 피크값을 보이고 있으며 진동 거리감쇠량도 이들 주파수에서 특히 큰 값을 나타내고 있다.

위의 세 방향 철도진동에 대한 비교로부터 상하방향은 철도에 인접한 곳에서 16Hz 부근 진동이 지배적이며 전후, 좌우방향은 철도에서 떨어진 곳에서 125Hz 부근의 고주파 진동이 지배적인 것을 알 수 있다.

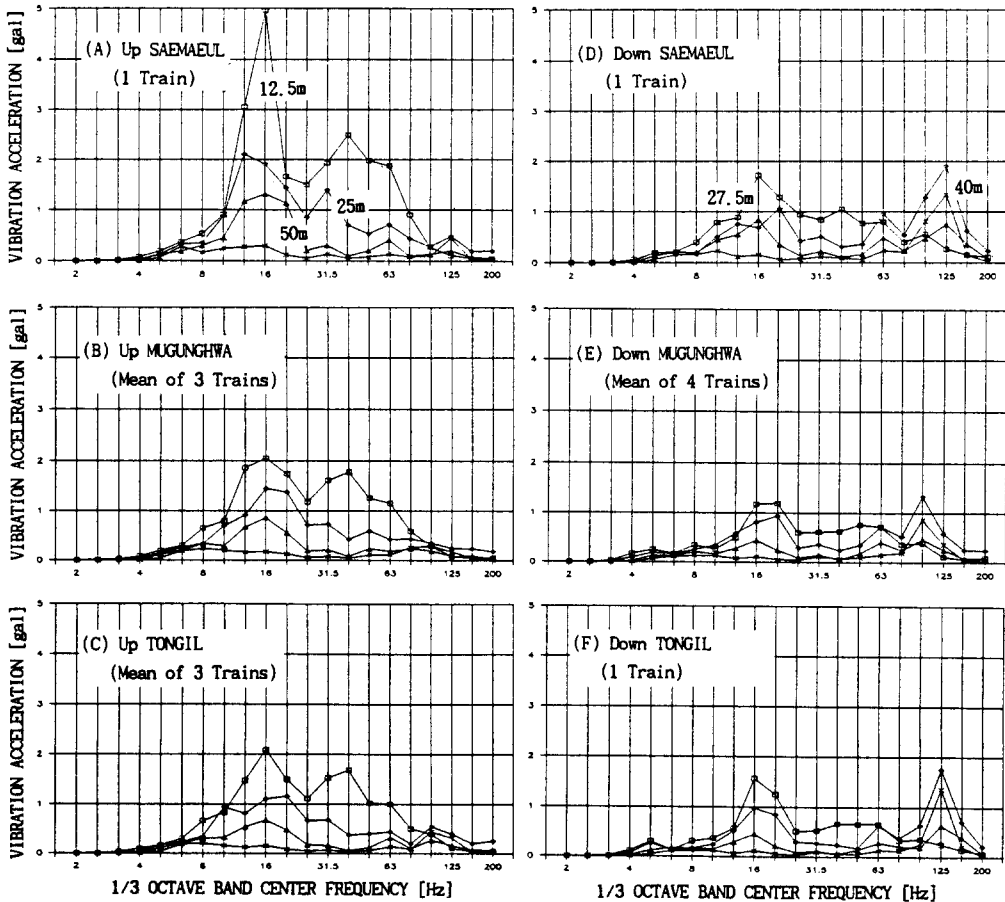


Fig. 10 Frequency characteristics and attenuation by distance of railroad vibration(Right and left-Y direction)

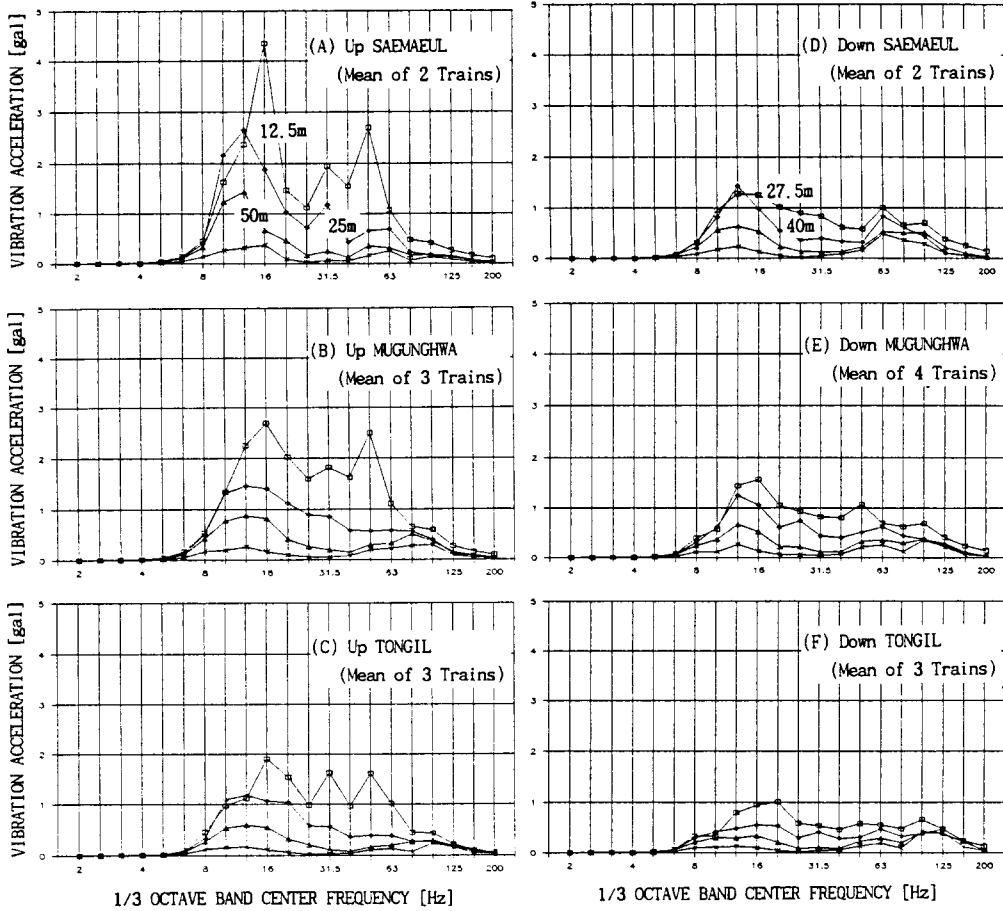


Fig. 11 Frequency characteristics and attenuation by distance of railroad vibration (Vertical-Z direction)

## 5. 결 론

경부선 직선철도 주변에서 상행선 중심으로부터 12.5m, 25m, 50m, 100m, 하행선 중심으로부터 27.5m, 40m, 65m, 115m 떨어진 점의 소음진동 측정 및 분석을 통하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

(1) 경부선 철도의 주소음원은 기관차음으로 나타났으며 기관차가 가속을 하지 않고 주행할 때는 열차가 중간정도 통과할 때 가장 큰 소음레벨을 보이는 것으로 나타났다.

(2) 상행선의 동일종류 열차에서도 기관차의 종류, 편성기관차 및 객차의 수에 따라 최대 6dB(A) 정도의 소음변동폭을 보이고 있으며 상행선의 경우 12.5~50m 구간에서는 1~2dB(A), 25~50m 구간에서는 2~3dB(A), 50~100m 구간에서는 4~6dB(A) 정도의 거리감쇠가 일어나는 것으로 나타났다.

(3) 철도소음의 주파수특성은 125Hz, 500~2000 Hz에서 높은 값을 보이고 있으며 주파수대역별 거리감쇠량은 125Hz에서 가장 작고 250Hz에서 가장 큰 것으로 나타났다.

(4) 철도진동은 열차바퀴 간격 및 속도 등에 따라 뚜렷한 주기적 성분을 가지고 있으며 기관차 통과시 가장 큰 값을 갖는 것으로 나타났다.

(5) 철도진동의 거리감쇠 특성은 소음과는 반대로 12.5~50m의 근거리 구간에서 큰 감쇠를 보이고 있으며 50m에서 전체 1~2.5gal 정도의 진동수준을 보이고 1/3 옥타브 대역별로는 최대 1.5gal 정도의 값을 보이고 있다.

(6) 진동방향별 철도진동의 크기는 거의 비슷한 수준이나 피크주파수가 16~31.5Hz 사이에서 약간씩 다르게 나타나고 있으며 하행선의 경우 125Hz에서는 40m, 65m 지점이 27.5m보다 더 큰 진동을 보이는 특이한 현상을 나타내고 있다.



참고문헌

(1) Goding D. L., 1890, "Diesel-Electric Locomotive Noise Control." Inter-Noise '80 Proc., Miami, Fla.  
(2) Blennemann F., 1985, "Results from Noise and Vibration Research for urban Railways." Inter-Noise '85 Proc., Munich, FRG.  
(3) R. L. Wayson and W. Bowlby, "Noise and Air Pollution of High-Speed Rail Systems", J of Transportation Engineering, Vol. 115, No. 1, pp. 20~30.

Jan, 1989.

(4) Barsikow B. and Muller B., 1985, "A Detailed Study of the Vertical Distribution of Noise Sources Generated by a High-Speed Train" Intet-Noise '85 Proc., Munich, FRG.

(5) 山下充康, 1981, "鐵道騒音傳般について", 騒音制御, Vol.5 No.1

(6) 江島淳, 1979, 地盤振動の對策, 吉井書店, pp. 19~26, pp. 137~168

(7) 小林芳正, 1975, 地盤振動の影響と防止, 鹿島出版會, pp. 49~73