

철도소음진동의 전파특성에 관한 연구

* 김석홍*, 이성춘*, 김준호*

(A Study on the Characteristic of Railroad Noise and Vibration Propagation)

(Seok-Hong Kim, Seong-Choon Lee, Jun-Ho Kim)

1. 서론

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 자료가 필요하다.

국내에서는 이제까지 철도소음진동에 대한 특별한 자료수집이나 대책에 큰 관심을 기울여 오지 않고 단지 철로주변에서는 어쩔수 없이 철도소음진동의 피해를 감수할 수 밖에 없다는 소극적인 태도를 취해왔으며 최근에 들어서야 환경의식 증가로 철로변 거주자들의 민원에 대한 대책으로서 일부 구간에서 방음벽을 설치하고 있는 실정이다.

더욱이 경부고속철도 건설이 이미 시작된 현시점에서 철도 소음진동 실태나 기준등이 정립되어 있지 못하여 추후 철도주변의 소음진동문제를 어떻게 해결해 나가며 필요할 경우 어떻게 대책을 수립해 나가야 할지에 대한 기본적인 자료수집 및 관련연구가 필요할 것으로 생각된다.

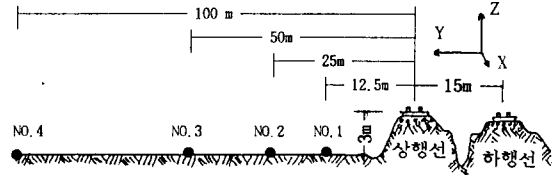
본 연구에서는 이러한 상황에서 기존 철도의 소음진동 시간 변동특성, 거리감쇠특성, 주파수특성 및 철도진동의 진동방향 특성을 측정 분석하여 추후 철도소음진동 관련 대책이나 기준 수립에 기초자료로 제시하고자 한다.

2. 철도소음진동 측정 개요

측정은 경부선 평택역과 천안역 사이에 위치한 직선철도 주변에서 1992. 10. 15 - 10. 20 일에 걸쳐 실시하였으며 측정 기간중의 온도는 18-22° C, 습도는 40-60% 정도의 맑은 날이었다.

측정점은 인접한 상행선 철도 중심으로부터 12.5m, 25m, 50m, 100m 떨어진 4개 지점으로 기복이 거의 없는 평탄한 논 사이의 농로상에 철도 직각방향으로 일렬로 배치되었으며 측정점의 지반은 점토질로서 경운기등의 농기계에 의해 어느정도 다져진 지반이다.

[그림.1]에 측정대상 철도의 단면형상과 측정점을 나타낸다.



[그림.1] 측정대상 철도의 단면형상과 측정점

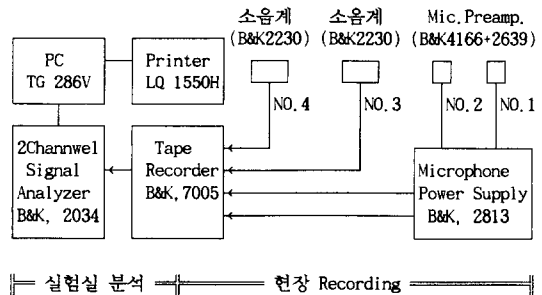
2.1 철도소음측정 개요

<표.1>에 철도소음측정대상 열차의 개요를 나타낸다. 소음측정은 상행선 철도 중심으로부터 12.5m, 25m, 50m, 100m 4개 지점에서 동시에 현장녹음한 후 실험실에서 FFT에 의해 Peak Averaging하여 주파수분석 하였으며 청감보정특성은 A특성을 사용하였다.

[그림.2]에 철도소음측정 분석 시스템 구성도를 나타낸다.

<표.1> 철도소음 측정대상 열차의 개요

상. 하행선	열차종류	기호	샘플수	객 차 수 (기관차/객차)
상행선	새마을	US	2	1/5, 2/13
"	무궁화	UM	4	1/8, 1/9, 1/8, 1/8
"	통일	UT	4	1/8, 1/7, 1/9, 1/9
하행선	새마을	DS	4	4/12, 1/4, 2/6, 1/7
"	무궁화	DM	4	1/8, 1/8, 1/8, 1/8
"	통일	DT	2	1/10, 1/11



|| 실험실 분석 ||----- 현장 Recording -----||

* 유니슨산업(주) 부설 유니슨기술연구소 .정회원

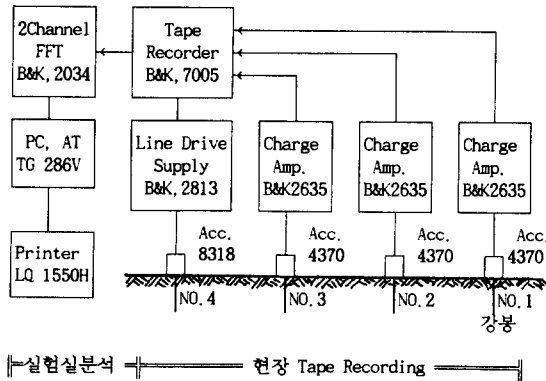
[그림.2] 철도소음측정 분석 시스템 구성도

2.2 철도진동 측정 개요

〈표.2〉에 철도진동 측정대상 열차의 개요를 나타낸다. 진동 방향은 상하방향(Z방향), 열차진행 수평방향(X방향), 열차진행 수직방향(Y방향) 3방향에 대하여 측정을 실시하였다.

〈표.2〉 철도진동 측정대상 열차개요

진동 방향	상 하행	열차종류	기 호	샘플수	열 차 수 (기관차/객차)
상 하 방향	상행	새마을	VUS	2	4/12, 2/8
		무궁화	VUM	3	1/7, 2/12, 1/8
		통 일	VUT	3	1/9, 1/9, 1/10
		화 물	VUH	1	1/19
	하행	새마을	VDS	2	2/11, 2/7
		무궁화	VDM	4	1/7, 1/7, 1/8, 1/7
수평 (X) 방향	상행	무궁화	XUM	2	1/8, 1/8
		통 일	XUT	1	1/11
	하행	새마을	XDS	1	1/7
		무궁화	XDM	3	1/8, 1/8, 1/8
수평 (Y) 방향	상행	새마을	YUS	1	4/12
		무궁화	YUM	3	1/8, 1/8, 1/8
		통 일	YUT	3	1/10, 1/10, 1/11
	하행	화 물	YUH	1	1/19
		새마을	YDS	1	2/13
		무궁화	YDM	4	1/8, 1/8, 1/8, 1/8
		통 일	YDT	1	1/9
		화 물	YDH	1	1/25



[그림.3] 철도진동 측정 분석 시스템 구성도

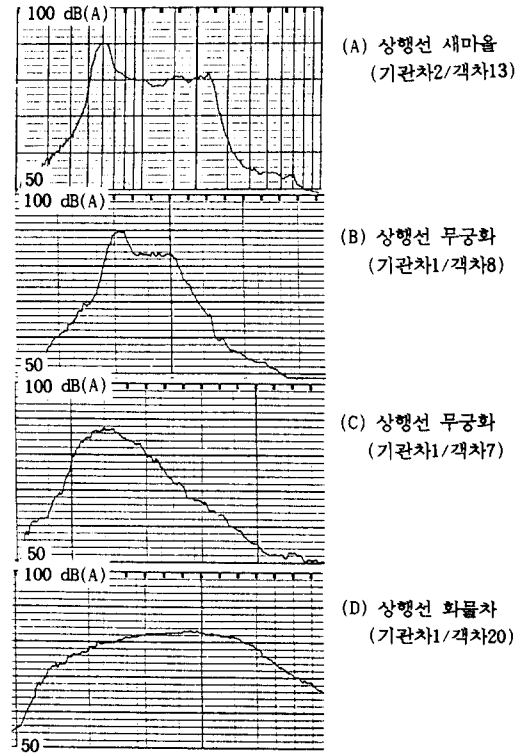
철도진동은 상행선 선로 중심에서 12.5m, 25m, 50m, 100m 떨어진 4개 지점에서 직경 2cm, 길이 30cm의 강봉을 지반에 박고 그 위에 가속도 픽업을 Z, X, Y 방향으로 부착하여 측정하였다. 4개지점의 진동신호는 현장에서 동시에 녹음하고 실험실에서 FFT에 의해 Peak Averaging 하여 분석하였으며 진동 측정 분석 시스템은 [그림.3]과 같이 구성하였다.

3. 철도소음 측정결과 및 분석

3.1 시간변동 특성

열차통과시 발생하는 소음은 열차의 종류, 속도, 차량 및 레일의 유지보수 상태에 따라 상당한 차이를 가지고 있다. [그림.4]는 열차통과시 상행선 철도중심으로부터 25m 지점의 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 피크레벨을 좌우하며 가속을 하지 않고 서행하는 경우에는 열차가 중간정도 통과하였을 때 가장 높은 소음레벨을 보이는 것을 알 수 있다.



[그림.4] 철도소음의 시간변동 특성

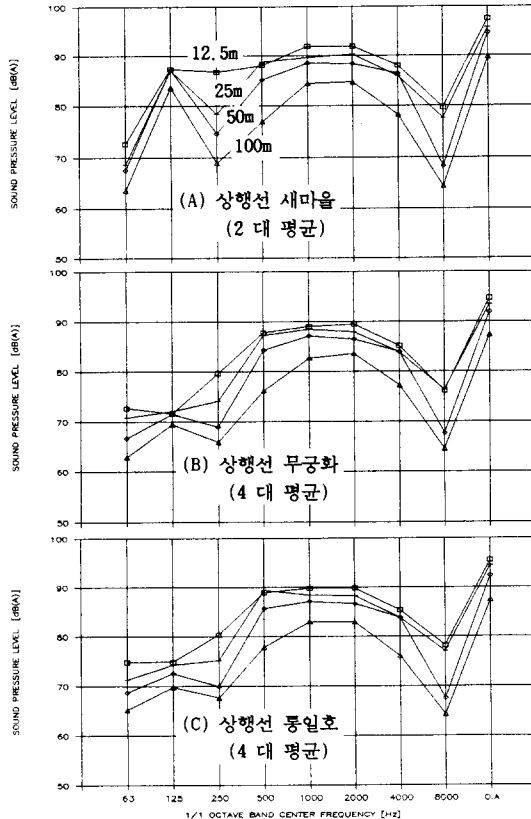
3.2 열차종류별 소음변동 특성 및 거리감쇠 특성

[그림. 5]에 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.

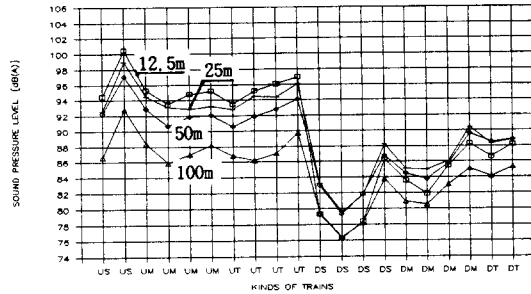
개략적으로 볼 때 50m 지점에서의 소음레벨은 상행선의 경우 90-97dB(A), 하행선의 경우 76-86dB(A)의 분포를 보이고 있다. 상행선은 거리에 따라 12.5m-25m 구간에서는 1-2dB(A), 25m-50m 구간에서는 2~3dB(A), 50m-100m 구간에서는 4-6dB(A) 정도의 비슷한 거리감쇠를 보이고 있으나 하행선의 경우에는 [그림. 1]에서 보는 바와 같이 상행선 철도가 일종의 방음벽 역할을 하여 12.5m 점의 소음레벨이 25m, 50m 지점의 소음레벨보다 낮게 나타나고 있다. 하행선의 경우 25m-50m 구간에서는 1dB(A)로 거의 감쇠를 보이지 않고 있으며 50m-100m 구간에서는 3-4dB(A) 정도의 소음감쇠량을 보이고 있다.

3.3 철도소음의 주파수특성 및 거리감쇠 특성

[그림. 6]에 행선별 및 열차종류별 평균 육타브 대역 소음레



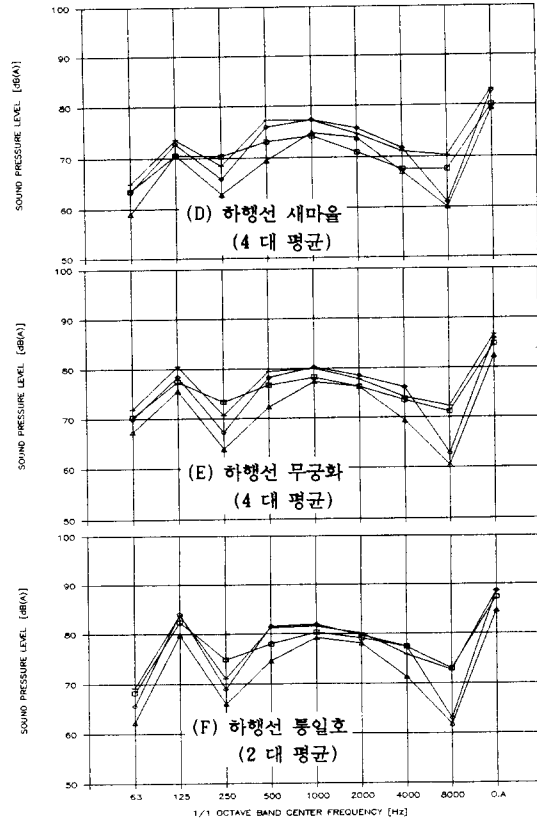
[그림. 6] 철도소음의 주파수특성 및 거리감쇠 특성



[그림. 5] 행선지 및 열차종류별 Overall 철도소음레벨 거리감쇠특성

벨 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.

육타브대역별 거리감쇠는 상행선 모든 열차의 경우 125Hz에서 가장 작은 값을 보이고 있으며 250Hz에서 가장 큰 값을 보이고 있다. 하행선의 경우에는 상행선 선로의 차폐효과에 의해 12.5m 측정점 소음레벨이 25m, 50m 측정점 소음레벨보다 낮게 나타났으며 거리감쇠량도 12.5m 측정점의 경우 하행선으로부터의 실제거리가 27.5m, 25m 측정점의 경우 실제거리가 40m가 되는 관계로 상행선의 경우와 같이 일정한 거리감쇠를 보이고 있지 않다.

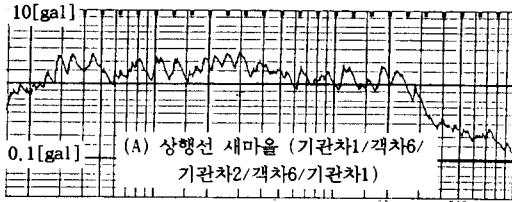


4. 철도진동 측정결과

4.1 시간변동 특성 및 열차종류별 진동변화 특성

철도진동은 철도소음과는 달리 [그림.7] (A)그래프에서 보는 바와 같이 열차바퀴 간격 및 속도등에 따라 결정되는 주기적 성분의 변동이 뚜렷하게 나타나고 있으며 (B)그래프에서 보는 바와 같이 기관차가 통과할 때 피크값을 보이고 있다.

[그림.8]은 열차종류별 전체진동크기의 거리변화를 진동방향별로 비교하여 나타낸 것으로 소음과는 반대로 12.5m-50m의 근거리 구간에서 큰 감쇠를 보이고 있으며 50m 에서는 3방향 모두 1-2.5gal 정도의 진동수준을 보이고 있다.

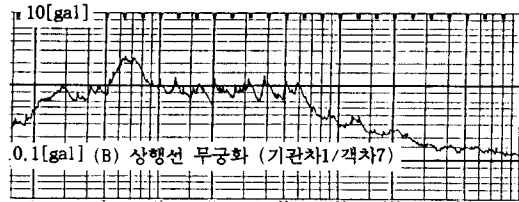


4.2 진동방향별 주파수특성 및 거리감쇠 특성

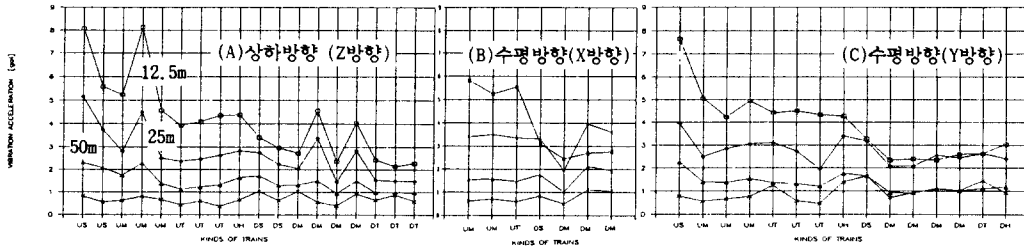
4.2.1 열차진행 수평방향(X방향) 진동

열차 진행방향에 평행한 수평 X방향 철도진동은 [그림.9]에서 보는 바와 같이 상행선의 경우 15-16Hz, 31.5Hz에서 피크값을 보이고 있으며 하행선의 경우 25m, 50m 지점의 125Hz에서 특이하게 큰 값을 나타내고 있다.

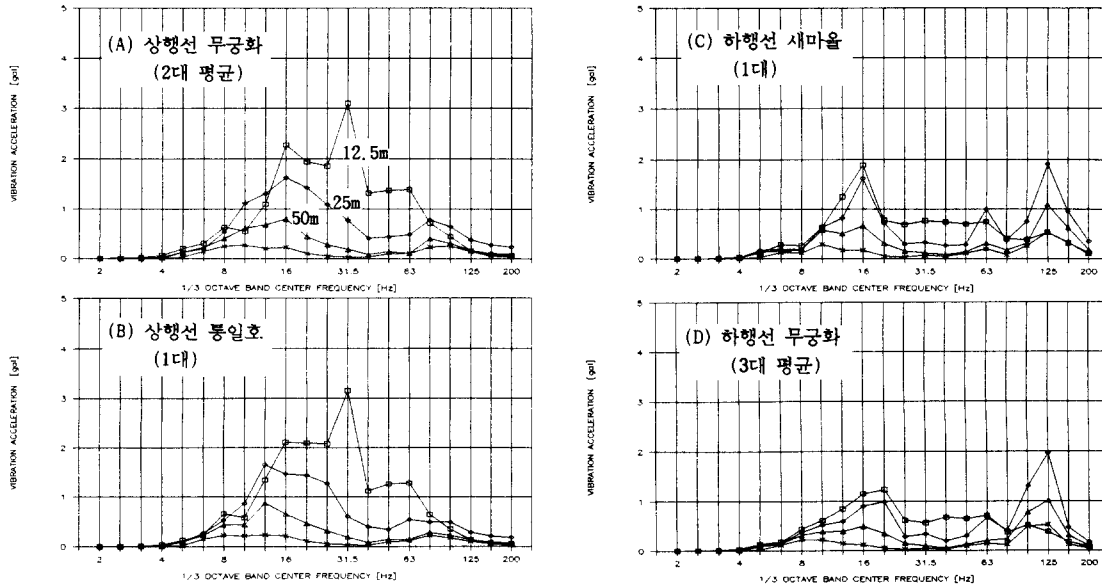
거리별 진동감쇠는 16Hz-63Hz 범위에서는 비교적 일관성을 가지며 감소되고 있으나 그 이상의 주파수에서는 거리가 멀어질수록 진동이 더 커지거나 거의 감쇠되지 않는 특성을 보이고 있다.



[그림.7] 철도진동의 시간변동 특성



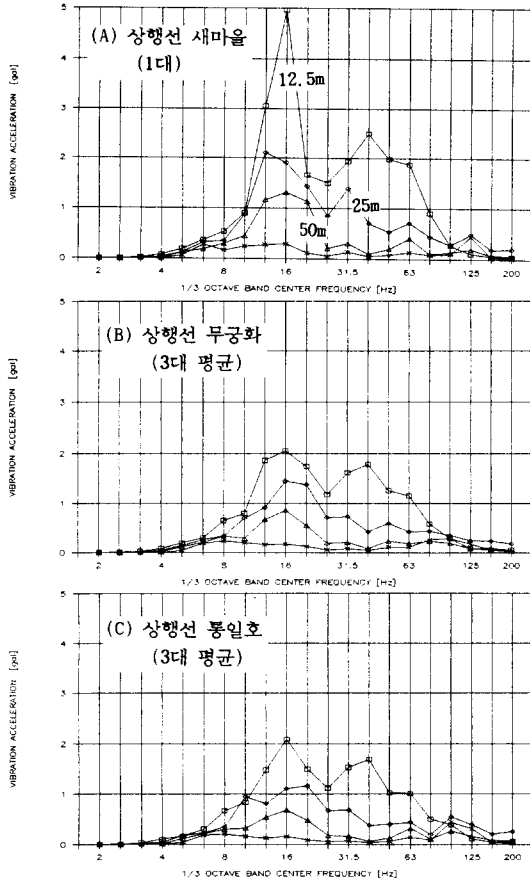
[그림.8] 행선지 및 열차종류별 전체 철도진동 거리감쇠특성



[그림.9] 열차진행 수평 X방향 철도진동 주파수특성 및 거리감쇠

4.2.2 열차진행 수직방향(Y방향) 진동

열차진행방향에 수직인 Y 방향 진동은 [그림.10] 에서 보는 바와 같이 상행선의 경우 16Hz, 40Hz에서 피크값을 보이고 있다. 하행선의 경우는 X방향과 비슷한 경향을 보이며 25m, 50m 지점의 125Hz에서 피크값을 보이고 있다.



[그림.10] 열차진행 수직 Y방향 철도진동 주파수 특성 및 거리감쇠

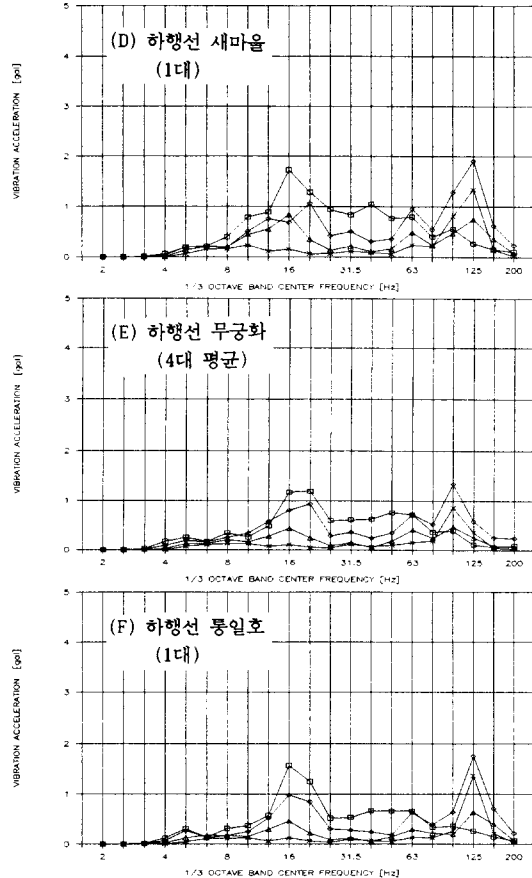
5. 결론

경부선 직선철도 주변에서 12.5m, 25m, 50m, 100m 떨어진 점의 소음진동 측정 및 분석을 통하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- (1) 경부선 철도의 주요음원은 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) 철도소음 주파수특성은 125Hz, 500-2000Hz에서 높은 값

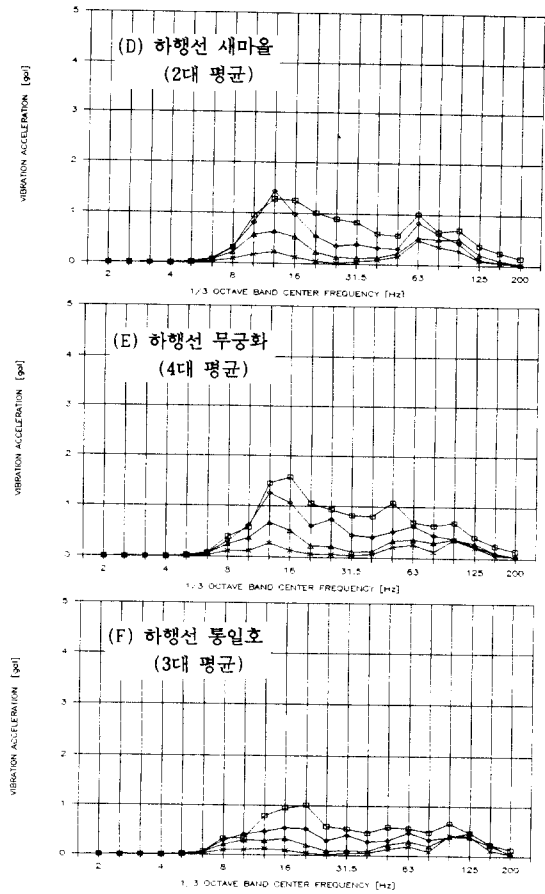
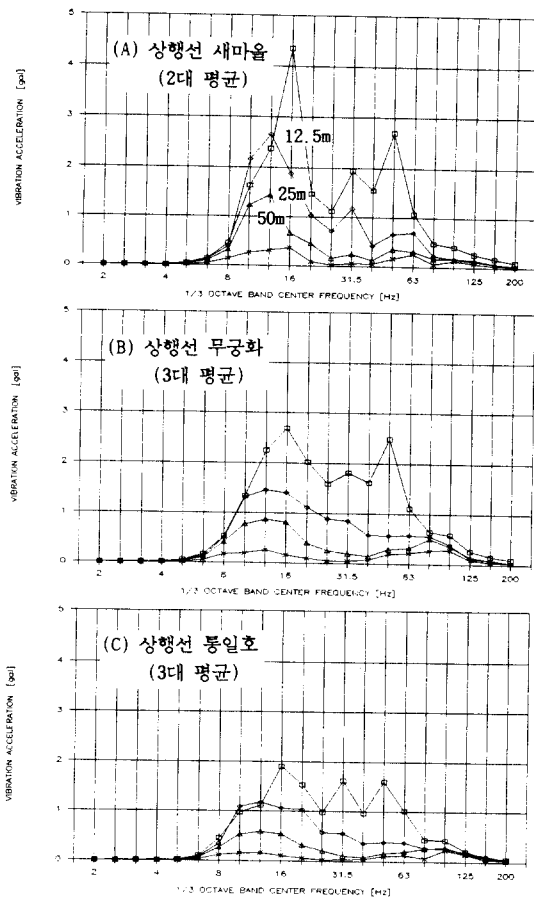
4.2.3 상하방향(Z방향)진동

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



을 보이고 있으며 주파수 대역별 거리감쇠량은 125Hz에서 가장 작고 250Hz에서 가장 큰 것으로 나타났다.

- (4) 철도진동은 열차바퀴 간격 및 속도동에 따라 뚜렷한 주기적 성분을 가지고 있으며 기관차 통과시에 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 철도진동은 크기는 거의 비슷한 수준이나 피크주파수가 16-31.5Hz 사이에서 약간씩 다르게 나타나고 있으며 하행선의 경우 125Hz 에서는 25m, 50m 지점이 12.5m보다 더 큰 진동을 보이는 특이한 현상을 나타내고 있다.



[그림.11] 상하방향 철도진동 주파수특성 및 거리감쇠 특성

참고문헌

1. 江島淳, "地盤振動と対策", 吉井書店, pp.19~26, pp.137~168, 1979
2. 小林方正, "地盤振動の影響と防止", 鹿島出版會, pp.49~73, 1975
3. 山下充康, "鐵道騒音傳般について", 騒音制御, Vol.5 No.1, 1981
4. R.L. Wayson, W.Bowby, "Noise and Air Pollution of High-Speed Rail Systems", J of Transportation Engineering, Vol.115, No.1, pp.20~30, Jan,1989.
5. 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.

6. Blcnemann, F.(1985). "Results from noise and vibration research for urban railways." Inter-Noise '85 Proc., Munich, FRG.
7. Goding, D.L. (1980). "Diesel-electric locomotive noise control." Inter-Noise '80 Proc., Miami, Fla.
8. Hanson, C.E.(1976). "Environmental noise assessment of railroad electrification." Inter-Noise '76 Proc., Washington, D.C.
9. Hanson, C.E.(1977). "Noise from high speed trains in the Northeast Corridor." Noise-Con '77 Proc., Hampton, Va.
10. Hidchiko, A., and Massaki, A. (1978). "Noise control of steel railway bridges in Shinkansen." Inter-Noise '78 Proc., San Francisco, Calif.