

도심을 통과하는 철도소음의 전달특성에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Propagation Characteristics of Railway Noise Passing Urban Area

윤 해 동* 김 재 수**
Yun, Hae-Dong Kim, Jae-Soo

Abstract

Larger transportation has been more necessary due to the rapid industrialization and the increase in municipal population. This necessity also resulted in larger train transportation, and this change will be made faster in the future.

In particular, the rapid expansion of, and the concentration of population in, cities resulted in residential areas very close to railroads. The residents in these areas are exposed to significant noise.

To protect from train noise, soundproof walls have been widely used. However, there has not been enough studies on the effectiveness and optimal construction of soundproof walls.

This study, as a fundamental study for protection from train noise, was conducted to compare the distributions of vertical sound pressure levels of train noise from Saemaul-ho and Mugunghwa-ho trains in Honam Line.

It was found that the noise reduction depends on the height of soundproof walls and the train engine noise affects the peak frequency band.

These results show that it would be necessary to take into account the effects of soundproof wall height on sound distribution and the peak frequency bands depending on train engine noise when planning and designing soundproof walls for railroads to reduce train noise, in order to take more effective and objective noise reduction measures.

키워드 : 철도소음, 방음벽, 수직음압레벨

Keywords : Railway Noise, Soundproof Wall, Vertical SPL

1. 서 론

급격한 산업화와 도시의 인구증가로 인해 물류와 인구의 대량운송 수단이 필요하게 되었으며, 이러한 대량운송 수단의 필요성은 결과적으로 열차운행을 크게 증가시키는 원인이 되고 있으며, 향후 이러한 추세는 더욱 가속화될 전망이다. 특히, 도시의 급속한 확장과 도시의 인구집중으로 인하여 도시를 통과하는 철도선의 경우 아주 근접한 거리에 주거시설이 들어섬에 따라 철도변 주민들에게 심각한 소음공해를 유발하고 있으며, 특히 호남선 구간인 경우 최근 개통된 고속철도(KTX)와 기존의 새마을호, 무궁화호가 기존의 철도선로를 그대로 사용하여 운행하고 있어, 철도변에 거주하는 주민들의 불만족 지적률은 날로 높아지고 있는 실정이다. 따라서 이러한 철도소음을 방지하기 위한 대책으로 현재 방음벽을 많이 설치하고 있으나, 아직까지 방음벽에 의한 소음감쇠효과 및 효율적

인 방음벽 설치에 관한 연구가 미비한 실정이어서 이에 대한 자료의 확보 및 연구가 절실히 요구되고 있다.

따라서 본 연구에서는 철도소음 방지를 위한 기초 단계로서, 호남선을 운행하는 열차중 새마을호와 무궁화호 열차를 연구대상으로 하여 방음벽 설치 전·후의 철도소음의 수직음압레벨 분포특성을 파악하고자 하였으며, 이를 토대로 향후 전반적인 철도소음 방지를 위한 차음대책 수립시 기초적인 자료를 제시하고자 한다.

2. 연구내용 및 방법

철도소음은 그 특성상 열차가 통과하는 아주 짧은 시간에 주변 거주자들에게 많은 피해를 주고 있다. 따라서 본 연구에서는 열차가 측정지점을 통과하는 30초 동안의 소음도를 측정·분석하여 철도소음의 전달 및 감쇠특성을 파악하고자 하였다. 분석에 사용된 주파수 범위는 31.5Hz~10kHz까지 1/3 Octave Band 중심주파수별로

* 삼신설계(주) 부설 연구소 책임연구원, 공학박사

** 원광대학교 공과대학 건축학부 교수, 공학박사

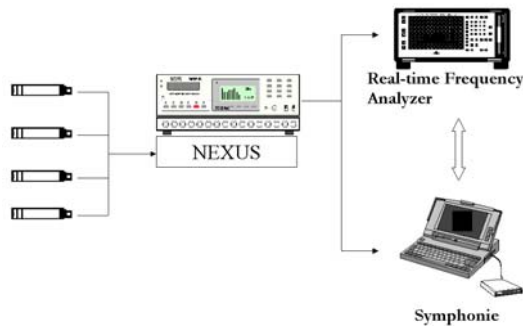
본 연구는 2005년 원광대학교 교내연구비 지원에 의한 결과의 일부입니다.

30초간 측정·분석하였으며, 동시에 전 대역 음압레벨도 dB(A) 값으로 측정·분석 하였다.

철도소음 측정시의 조건은 아래 표와 같으며, 철도소음 측정을 위한 기기 구성도는 그림1과 같다.

표1. 철도소음 측정 조건

	내 용
온 도	18℃~25℃
습 도	55%~65%
풍 속	1.5m/sec~2.0m/sec
청감보정회로	“A특성”
동특성	“빠 림”
결과값	동일 조건으로 10회 측정하여 산술 평균



- Microphone (B&K Type 4165)
- Microphone Preamplifier (B&K Type 2669)
- Nexus (B&K Type 2690)
- DAT (Sony Pc216Ax)
- Frequency Analyzer(Symphonie 01dB)
- Real-time Frequency Analyzer (B&K Type 2144)

그림1. 철도소음 측정을 위한 기기 구성도

대상지역의 배경소음은 그림2와 같다.

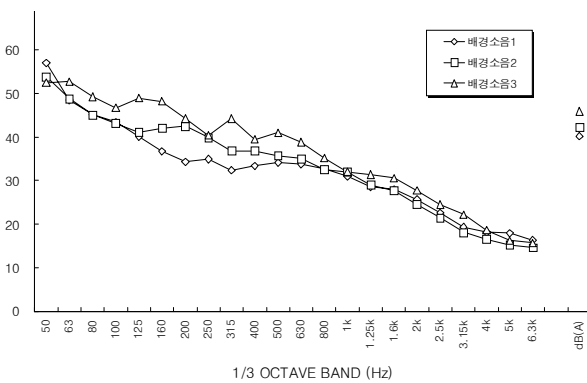


그림2. 측정지역의 배경소음(Background Noise)

그림에서 보면 수회 측정한 배경소음은 거의 일정한 패턴으로 나타나고 있으며, 저주파수 대역에서는 높은 음압레벨을 보이다가 고주파수 대역으로 갈수록 점차 감소하고 있다.

본 연구의 측정대상 지역은 그림3과 같다.



그림3. 철도소음 측정 대상지역

본 연구의 측정대상 지역은 전라북도 I시의 도심을 통과하는 구간으로서 인접역과 측정지점이 약 1km정도 떨어져 있다. 따라서 상행구간은 엔진을 가속하는 구간이고, 하행구간은 인접역으로 진입하기 위한 감속구간이다.

측정대상 열차의 종류에 따른 통과속도와 객차수등의 제원은 표2와 같다.

표2. 측정대상 열차의 제원

구 분	통과속도 (km/h)		축하중 (ton)	Sample
	상 행	하 행		
새마을 8량	60~65	85~90	12.49	10
무궁화 8량	58~62	83~87	11.79~12.78	10

또한, 본 연구에서 사용된 방음벽의 제원은 그림4와 같으며, 측정지점은 그림5와 같다.

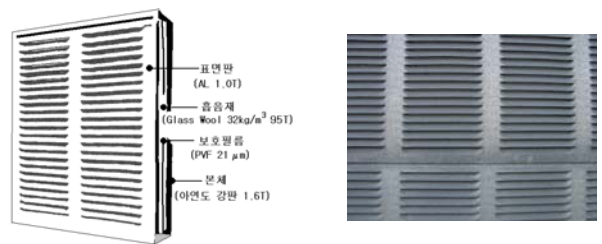
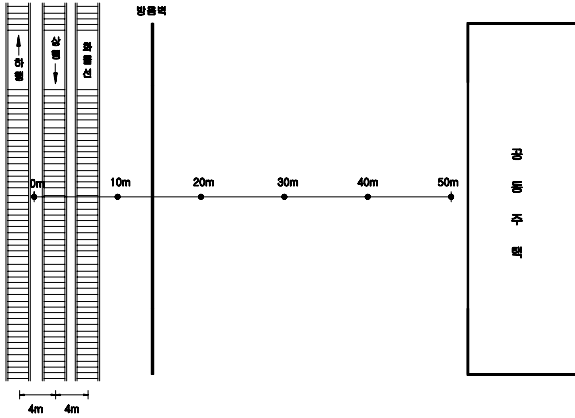
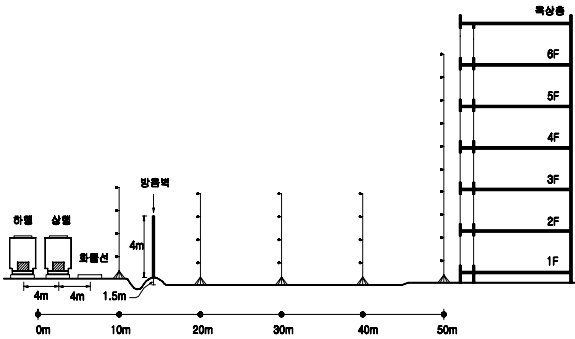


그림4. 방음벽의 제원

측정지점은 상·하행 철도선로의 중심선을 기준으로 10m지점은 방음벽 안쪽의 철도변이고 10m이상의 지점은 방음벽이 설치된 바깥부분이며 방음벽의 총 길이는 약 100m이다.



(a) 평면도



(b) 단면도

그림5. 철도소음 측정지점

위의 그림에서 보면 상·하행 선로중심으로부터 50m지점에 공동주택이 위치하고 있으며, 측정 간격은 그림5(a)에서 보는 바와 같이 상·하행 선로를 중심으로 10m 간격으로 측정하였으며, 수직높이는 그림5(b)에서 보는 바와 같이 1.5m간격으로 설정하였다.

수직높이의 경우 측정시 오차를 줄이기 위하여 한 개의 pole에서 동시에 측정하는 방법으로 하였다.

3. 각 열차별 수직음압레벨 분포특성

새마을호 8량과 무궁화호 8량을 기준으로 하여 각 열차별 수직음압레벨 분포 특성을 파악하여 보았다.

측정결과는 측정시의 오차를 최소화하기 위하여 동일한 측정조건 및 동일한 열차를 대상으로 10회 측정한 값을 산술평균하였다.

3.1 새마을호

새마을호 8량을 기준으로 하여 방음벽 설치에 따른 수직음압레벨의 분포특성을 파악해 보았으며, 그 결과는 표 3, 그림6과 같다.

표3. 새마을호 수직음압레벨

단위 : dB(A)

(a) 방음벽 설치전(가속구간)

수직높이 \ 이격거리	10m	20m	30m	40m	50m
1.5m	80.4	75.9	73.8	71.2	70.7
3.0m	83.0	77.9	75.5	72.4	71.6
4.5m	84.1	79.8	76.8	72.9	71.8
6.0m	83.8	79.8	76.4	72.4	71.2

(b) 방음벽 설치후(가속구간)

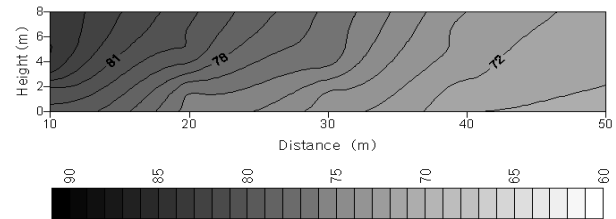
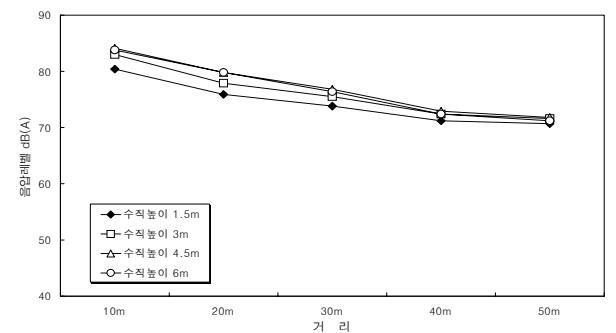
수직높이 \ 이격거리	10m	20m	30m	40m	50m
1.5m	80.9	67.0	66.0	68.6	68.0
3.0m	83.5	68.8	66.5	69.0	69.1
4.5m	84.6	69.2	69.0	70.5	70.1
6.0m	84.3	77.0	70.8	72.0	71.1

(c) 방음벽 설치전(감속구간)

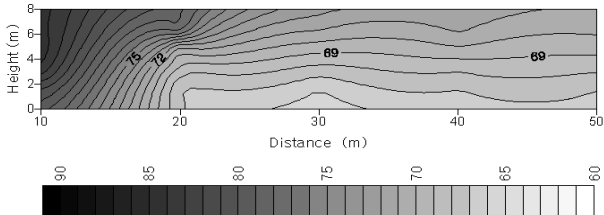
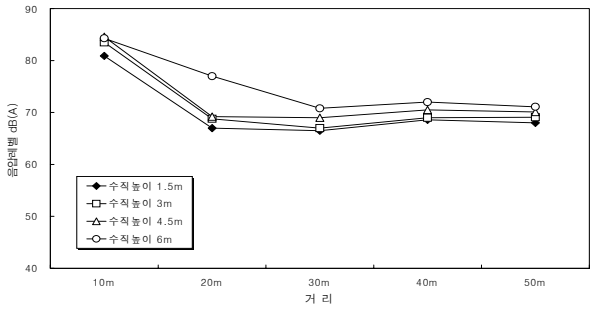
수직높이 \ 이격거리	10m	20m	30m	40m	50m
1.5m	75.9	71.5	68.5	66.5	65.8
3.0m	79.6	73.6	71.6	71.0	67.2
4.5m	81.3	76.1	72.9	70.7	68.0
6.0m	81.1	76.5	72.3	70.3	68.0

(d) 방음벽 설치후(감속구간)

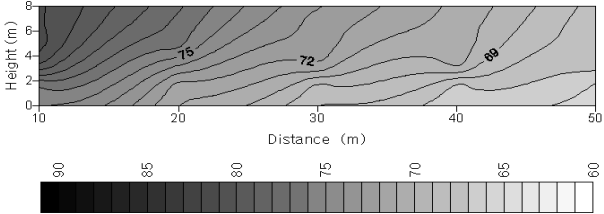
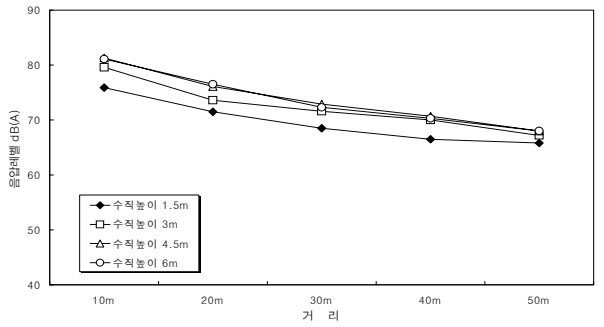
수직높이 \ 이격거리	10m	20m	30m	40m	50m
1.5m	76.1	60.2	60.6	61.6	61.5
3.0m	79.8	63.1	61.6	63	63.1
4.5m	81.5	63.2	63.7	64.0	63.6
6.0m	81.3	71.8	65.4	65.4	65.4



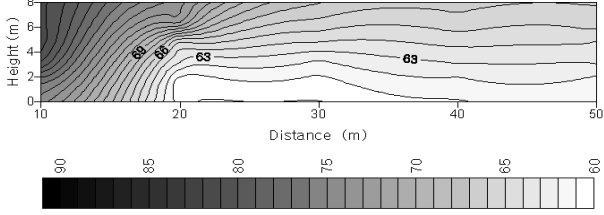
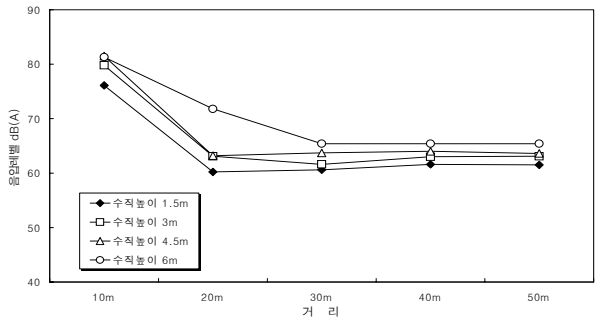
(a) 가속구간(방음벽 설치전)



(b) 가속구간(방음벽 설치후)



(c) 감속구간(방음벽 설치전)



(d) 감속구간(방음벽 설치후)

그림6. 새마을호의 수직음압레벨 특성

위의 그림에서 보면 알 수 있듯이 강한 엔진음의 영향으로 인해 에너지가 큰 가속구간이 감속구간에 비해 전반적으로 높은 음압레벨을 보이고 있으며, 수직높이에 따른 음압레벨의 차가 감속구간에 비해 작게 나타나고 있음을 알 수 있다. 방음벽 설치에 따른 음압레벨 분포 특성을 살펴보면, 방음벽 설치전에는 거리가 멀어질수록 대체적으로 일정한 거리감쇠 패턴을 보이고 있으나, 방음벽 설치후에는 방음벽 바로 후면인 20m지점에서 약 13.9dB(A)~18.3dB(A)의 높은 소음감쇠효과를 나타내고 있어서 방음벽에 의한 철도소음 차폐효과가 매우 높게 나타남을 알 수 있으며, 그 이후의 거리에서는 약간씩 증가하거나 감소하는 불규칙한 패턴을 보이고 있다. 수직높이 6m의 경우에는 방음벽 전면인 10m지점과 방음벽 후면인 20m지점의 소음감쇠 효과가 7.3dB(A) ~ 9.5dB(A)로 나타나 다른 수직높이에 비해 상대적으로 낮은 소음감쇠효과를 보이고 있는데, 이는 측정점의 위치가 방음벽보다 오히려 높은곳에 위치하고 있으며 다른 수직높이에 비해 상대적으로 경로차가 작기 때문인 것으로 판단된다.

3.2 무궁화호

무궁화호 8량을 기준으로 하여 방음벽 설치에 따른 수직음압레벨의 특성을 파악해 보았으며, 그 결과는 표4, 그림7과 같다.

표4. 무궁화호 수직음압레벨 단위 : dB(A)

(a) 방음벽 설치전(가속구간)

수직높이 \ 이격거리	10m	20m	30m	40m	50m
1.5m	83.6	81.0	79.0	77.7	77.3
3.0m	85.5	81.9	80.5	79.5	78.5
4.5m	86.9	83.3	81.8	80.4	78.3
6.0m	86.6	83.0	81.3	80.3	78.5

(b) 방음벽 설치후(가속구간)

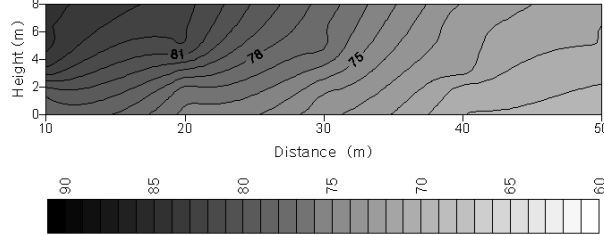
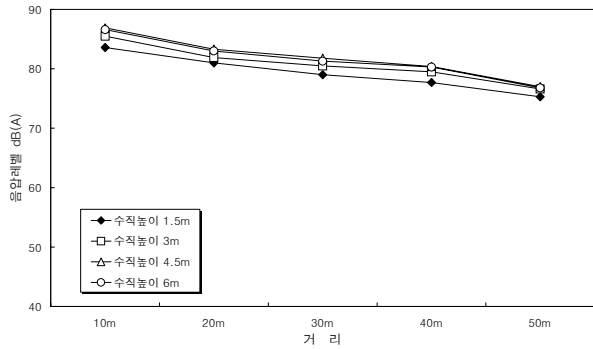
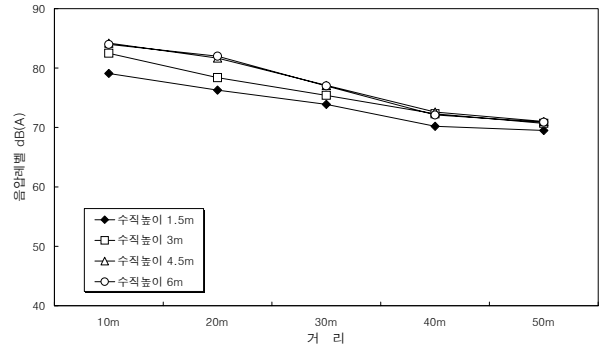
수직높이 \ 이격거리	10m	20m	30m	40m	50m
1.5m	83.7	68.0	69.4	69.7	69.3
3.0m	85.6	70.5	70.1	70.4	70.8
4.5m	87.0	72.8	73.6	72.4	72.7
6.0m	86.7	80.7	76.8	76.0	75.0

(c) 방음벽 설치전(감속구간)

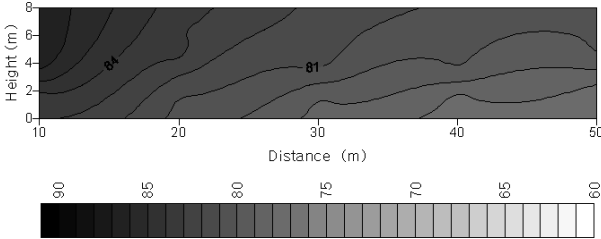
수직높이 \ 이격거리	10m	20m	30m	40m	50m
1.5m	79.1	76.3	73.9	70.2	69.5
3.0m	82.5	78.4	75.4	72.3	70.7
4.5m	84.2	81.7	77.1	72.6	71.0
6.0m	84.0	82.0	77.0	72.1	70.9

(d) 방음벽 설치후(감속구간)

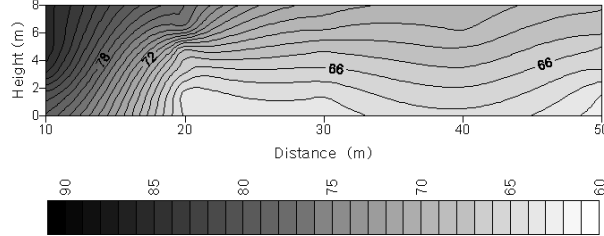
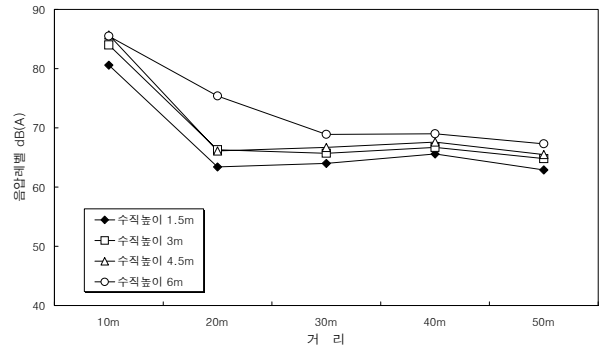
이격거리 \ 수직높이	10m	20m	30m	40m	50m
1.5m	80.6	63.4	64.0	65.6	62.9
3.0m	84.0	66.3	65.7	66.7	64.8
4.5m	85.7	66.1	66.7	67.6	65.5
6.0m	85.5	75.4	68.9	69.0	67.3



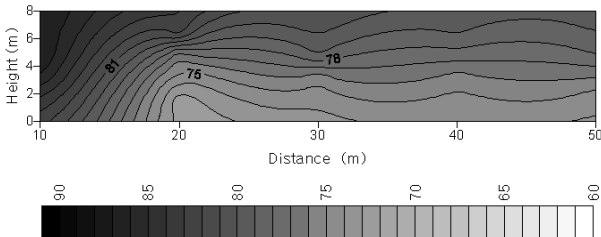
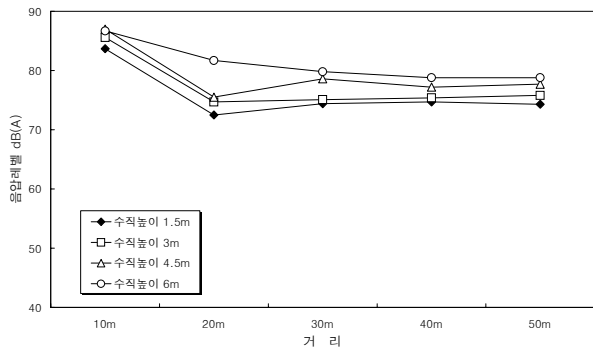
(c) 감속구간(방음벽 설치전)



(a) 가속구간(방음벽 설치전)



(d) 감속구간(방음벽 설치후)



(b) 가속구간(방음벽 설치후)

그림 7. 무궁화호의 수직음압레벨 특성

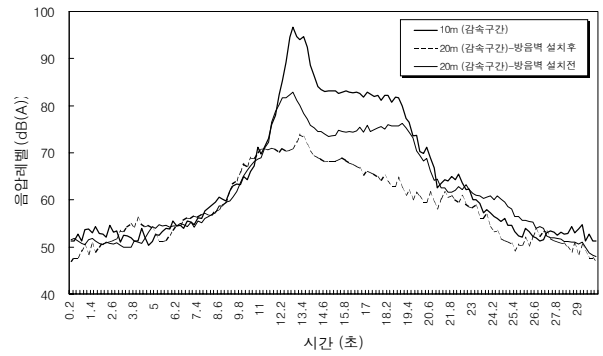
그림에서 보면 무궁화호의 경우도 새마을호와 마찬가지로 가속구간이 감속구간에 비해 전반적으로 높은 음압레벨을 보이고 있으며, 수직높이에 따른 음압레벨의 차가 감속구간에 비해 작게 나타나고 있음을 알 수 있다. 방음벽 설치에 따른 음압레벨 분포 특성을 살펴보면 방음벽 설치전에는 거리가 멀어질수록 대체적으로 일정한 거리감쇠 패턴을 보이고 있으나, 방음벽 설치후에는 방음벽 바로 후면인 20m지점에서 약 10.9dB(A)~19.6dB(A)의 높은 소음감쇠효과를 나타내고 있어서 방음벽에 의한 철도소음 차폐효과가 매우 높게 나타남을 알 수 있다.

수직높이 6m의 경우에는 방음벽 전면인 10m지점과

방음벽 후면인 20m지점의 소음감쇠 효과가 5.0dB(A)~10.1dB(A)로 나타나 다른 수직 높이에 비해 상대적으로 낮은 소음감쇠 효과를 나타내고 있음을 알 수 있는데, 이는 측정점의 위치가 방음벽보다 오히려 높은 곳에 위치하고 있으며 다른 수직높이에 비해 상대적으로 경로차가 작기 때문인 것으로 판단된다.

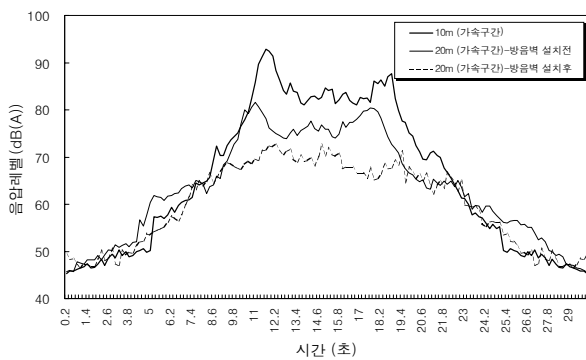
3.3 시간의 경과에 따른 음압레벨 변동특성

시간의 경과에 따른 음압레벨의 변동특성을 파악하기 위하여, 방음벽을 기준으로 방음벽 안쪽인 10m지점과 방음벽 설치전·후의 20m지점을 기준으로 수직높이 1.5m에서 시간대별 음압레벨의 변화를 측정하여 보았는데 그림 8과 같다.

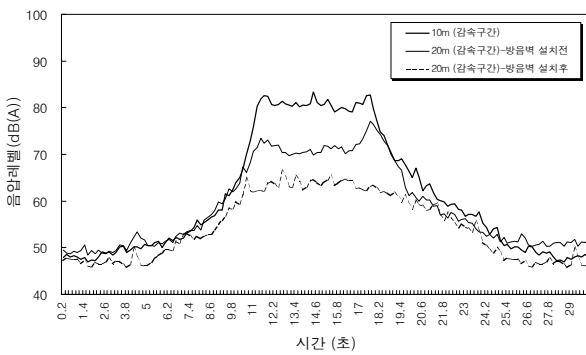


(d) 무궁화 8량(감속구간)

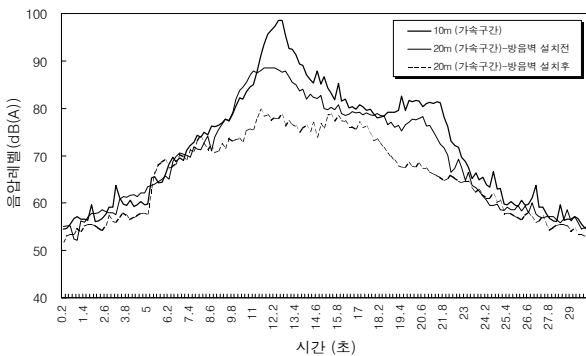
그림8. 시간의 경과에 따른 음압레벨의 변화특성



(a) 새마을 8량(가속구간)



(b) 새마을 8량(감속구간)



(c) 무궁화 8량(가속구간)

그림8에서 보면 10m지점에 비해 방음벽 설치에 따른 20m지점의 음압레벨 차이가 두드러짐을 알 수 있으며, 엔진음의 영향을 강하게 받고 있는 가속구간의 경우가 감속구간에 비해 음압레벨이 높게 나타나고 있다.

새마을호의 경우를 보면 열차가 측정지점을 통과하는 순간 에너지가 서서히 증가했다가 약 7초간 peak음압레벨을 유지한 후 측정지점에서 멀어질수록 다시 감소하는 패턴을 보이고 있으며, 가·감속구간 모두 10m지점과 방음벽 설치전 20m지점에서는 peak음압레벨의 특성이 두드러지게 나타나고 있으나, 방음벽 설치후의 20m지점에서는 peak음압레벨의 특성이 뚜렷이 나타나고 있지 않음을 알 수 있다.

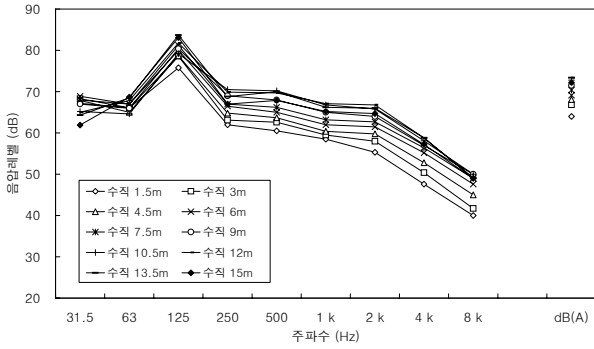
무궁화호의 경우에는 열차가 측정지점을 통과하는 순간 에너지 집중으로 음압레벨이 급격히 증가하여 약 98dB(A)까지 올라갔다 다시 급격히 감소한 후, 열차가 측정지점을 벗어나는 순간 후미 엔진실의 영향으로 다시 음압레벨이 높아졌다가 감소하는 특성을 보이고 있다. 그러나 방음벽 설치후의 20m지점에서는 이러한 peak음압레벨의 특성이 뚜렷이 나타나지 않고 있으며, 그 변화폭도 매우 적게 나타나고 있음을 알 수 있다.

3.4 철도변으로부터 50m지점에서의 수직높이별 음압레벨 분포특성

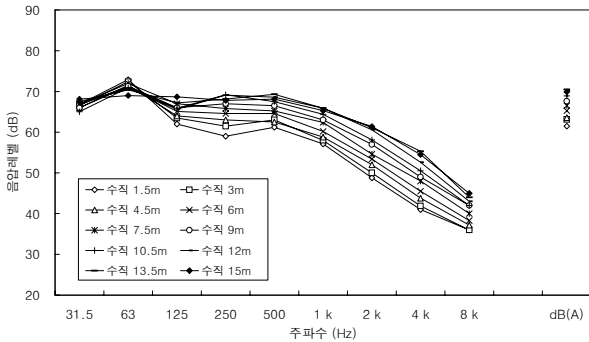
현행 건축법 제8조에 의하면 철도의 경계선으로부터 양측 100m이내의 구역을 건축허가 대상지역으로 지정하여 시장·군수·구청장의 허가를 받도록 하고 있다. 따라서 본 연구에서는 철도변으로부터 50m지점에 있는 공동주택을 대상으로 각 열차의 종류별로 방음벽 설치후의 수직높이에 따른 주파수 특성 및 음압레벨 분포특성을 파악하여 보았다.

(1) 수직높이별 주파수 특성

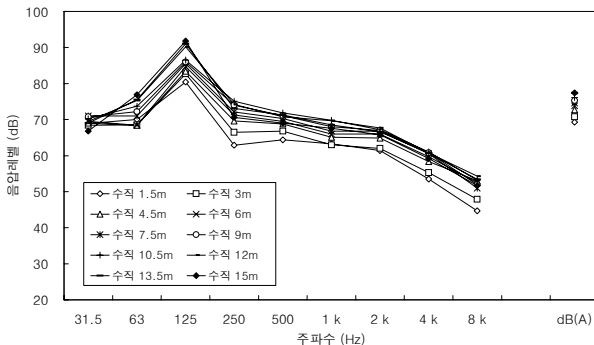
철도변에서 50m떨어진 지점에 위치해 있는 공동주택의 수직높이별 주파수 특성을 파악해 보면 그림9와 같다.



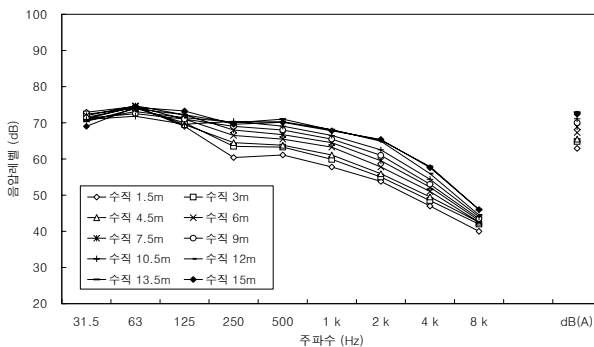
(a) 새마을(가속구간)



(b) 새마을(감속구간)



(c) 무궁화(가속구간)



(d) 무궁화(감속구간)

그림9. 수직높이별 주파수 특성

그림에서 보면 알 수 있듯이 전 수직높이에서 가속구간의 경우는 Peak주파수 대역이 125Hz로 나타나고 있으며, 감속구간의 경우에는 63Hz로 나타나 엔진음의 영향에 따라 Peak주파수 대역이 달라짐을 알 수 있다. 새마을호의 경우를 살펴보면 수직높이가 높아질수록 대체적으로 일정한 음압레벨의 상승이 일어나고 있음을 알 수 있는데, 250Hz 이상의 대역에서 그 차이가 뚜렷이 나타나고 있다. 무궁화호의 경우도 새마을호와 마찬가지로 수직높이가 높아질수록 대체적으로 일정한 음압레벨의 상승이 일어나고 있으나, 가속구간의 경우에는 에너지가 워낙 커서 중음역 대역에서도 뚜렷한 차이를 보이지는 않고 있음을 알 수 있다.

(2) 수직높이별 음압레벨 분포특성

철도변에서 50m떨어진 지점에 위치해 있는 공동주택의 방음벽 설치후의 수직높이별 음압레벨 분포특성을 파악해 보면 그림10과 같다.

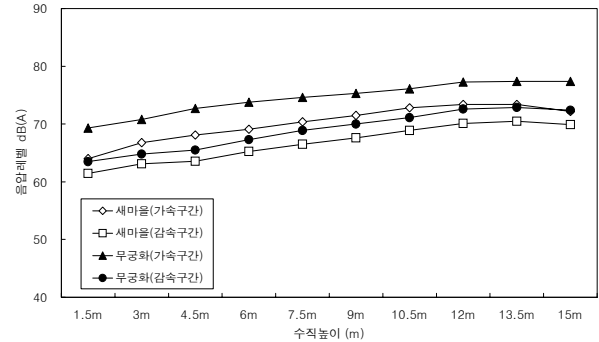


그림10. 수직높이별 음압레벨 분포특성

그림에서 보면 새마을호가 무궁화호보다 낮은 음압레벨을 보이고 있으며, 엔진음의 영향을 강하게 받는 가속구간의 경우가 감속구간의 경우보다 새마을호의 경우 2.3dB(A)~4.5dB(A), 무궁화호의 경우 4.5dB(A)~7.2dB(A) 정도 높은 음압레벨을 보이고 있다. 또한 수직높이가 높아질수록 음압레벨도 대체적으로 일정하게 높아짐을 알 수 있는데, 이는 수직높이가 높아질수록 방음벽에 의한 차폐효과가 점차 사라지고, 측정점 후면의 공동주택으로 인한 반사음의 영향을 받고 있기 때문인 것으로 사료된다.

4. 요약 및 제언

1. 각 열차별 수직음압레벨 변동특성은 방음벽 설치전의 경우 수직높이가 높아질수록 음압레벨이 점차 높아지고 있으나 수직높이 4.5m이상에서는 별다른 차이를 보이지 않고 있으며, 방음벽 설치후의 경우에는 수직높이 4.5m이하의 경우 방음벽 바로 후면인 20m지점에서 가장 높은 소음감쇠효과를 보이고 있으나, 수직높이 6m의 경우에는 오히려 30m지점이

가장 낮게 나타나고 있어서 수직높이에 따라서 방음벽에 의한 소음감쇠효과가 달라짐을 알 수 있다.

2. 시간의 경과에 따른 음압레벨의 변동특성을 살펴보면 새마을호의 경우 약 7~8초간의 peak치의 음압레벨을 유지한 후 다시 감쇠하는 특성을 보이고 있으나, 무궁화호의 경우에는 에너지가 급격히 증가했다가 감쇠하는 특성을 보이고 있다.
3. 철도변에서 50m떨어진 지점에 위치해 있는 공동주택의 방음벽 설치후 수직높이별 Peak주파수 대역은 가속구간의 경우는 125Hz대역으로 나타나고 있으며, 감속구간의 경우에는 63Hz대역으로 나타나 엔진음의 영향에 따라 Peak주파수 대역이 달라짐을 알 수 있다. 또한 새마을호가 무궁화호보다 낮은 음압레벨을 보이고 있으며, 수직높이가 높아질수록 음압레벨도 대체적으로 일정하게 높아짐을 알 수 있다.
4. 이러한 결과를 토대로 도심을 통과하는 철도 선로변에 철도소음 방지를 위한 방음벽 계획시 음압레벨이 큰 가속구간에 대한 고려가 선행되어야 하며, 수직높이에 따른 음장분포의 영향을 고려하여 보다 효율적이고 객관적인 차음대책이 수립되어야 할 것으로 사료된다.

본 연구는 호남선을 운행하는 열차중 새마을호와 무궁화호 열차만을 연구 대상으로 하였으며, 보다 효율적이고 체계적인 철도소음 방지를 위해서는 최근 개통된 고속철도(KTX) 및 화물열차 등에 관한 구체적인 자료 확보 등 철도소음 방지를 위한 지속적인 관심이 필요하리라 사료된다.

참고문헌

1. 윤해동(2002.12), "철도소음의 전달특성 및 예측에 관한 연구", 원광대학교 대학원 박사학위논문
2. 윤해동 외 3인(1998.10), "철도소음의 전달 및 감쇠특성에 관한 실험적 연구", 대한건축학회 추계학술발표대회논문집 18권 2호, pp 955~960
3. 윤해동 외 2인(1999.7), "도심지 방음벽을 통과하는 철도소음의 전달특성에 관한 실험적 연구", 한국음향학회 하계 학술발표대회 논문집 18권 1호, pp 319~325
4. 鄭仁基(1988.7), "철도소음의 특성분석과 예측에 관한 연구", 영남대학교 환경대학원 석사학위논문
5. 日本建築學會(1976), 騒音防止設計 I, 章國社
6. 西宮元(1981), 航空機騒音の計測と評價, 日本音響誌
7. E. J. Rathe(1977), Railway Noise Propagation, JSV, Vol 51(3), pp 371~388
8. Willson(1982), Handbook of Urban Rail Noise and Vibration Control
9. Hassall, J. R & Zaver, K(1982), Acoustic Noise Measurement
10. Department of Transportation, "A Study of the Magnitude of Transportation Noise Generation and potential