

2006年 2月

博士學位論文

交通騒音의 水平・垂直的 傳達 및 減衰 特性

朝鮮大學校大學院

環境工學科

朴 治 泓

交通騒音의 水平・垂直的 傳達 및 減衰 特性

The Horizontal and Vertical Propagation and Attenuation
Characteristics for Traffic Noise

2006年 2月 日

朝鮮大學校大學院

環境工學科

朴 治 泓

交通騒音의 水平・垂直的 傳達 및 減衰 特性

指 導 教 授 崔 炯 一

이 論文을 工學博士 學位申請 論文으로 提出함

2005年 10月 日

朝 鮮 大 學 校 大 學 院

環 境 工 學 科

朴 治 泓

朴治泓의 博士學位 論文을 認准함

委員長 朝鮮大學校 教授 朴 剛 澈 印

委員 朝鮮大學校 教授 鄭 京 勳 印

委員 朝鮮大學校 教授 金 正 和 印

委員 全羅南道保健環境研究院
研究支援擔當官 鄭 先 浩 印

委員 朝鮮大學校 教授 崔 炯 一 印

2005年 12月 日

朝鮮大學校大學院

目 次

ABSTRACT	vii
第1章 序 論	1
第1節 研究의 背景 및 目的	1
第2節 研究의 方法 및 內容	3
第3節 研究의 範圍 및 構成	5
第2章 理論的 考察	6
第1節 交通騒音의 發生과 傳播	6
1. 道路交通騒音의 發生原因	6
2. 鐵道交通騒音의 發生原因	7
第2節 交通騒音의 傳達 및 減衰特性	8
1. 距離에 依한 減衰效果	8
가. 點音源의 距離減衰	9
나. 線音源의 距離減衰	10
2. 防音壁에 依한 減衰效果	11
가. 回折減衰(Diffraction Loss)	13
나. 透過損失(Transmission Loss)	17
다. 直接音 減衰(Incident Sound Loss: ΔLin)	18
第3節 交通騒音의 評價方法	19
1. 騒音評價레벨(L_r : Rating Sound Level)	21
2. 等價騒音레벨(L_{eq} : Equivalent Sound Level)	21

3. 騒音統計레벨(L_N : Percentile Noise Level)	23
4. 交通騒音指數(TNI : Traffic Noise Index)	25
5. 交通騒音의 豫測	26
第3章 測定方法 및 現況	28
第1節 概 要	28
第2節 測定裝備 및 方法	29
1. 測定裝備	29
2. 測定方法	30
第3節 測定現況	31
1. 水平的 交通騒音의 測定地域 및 現況	31
가. 道路交通騒音	31
나. 鐵道交通騒音	34
2. 垂直的 交通騒音의 測定地域 및 現況	37
가. 道路交通騒音	37
나. 鐵道交通騒音	41
第4章 結果 및 考察	43
第1節 交通騒音의 水平的 傳達 및 減衰特性	43
1. 道路交通騒音	43
가. 測定地域의 音壓레벨 分布特性	43
나. 測定地域의 距離減衰 特性	45
다. 豫測相關式	47
2. 鐵道交通騒音	51
가. 測定地域의 音壓레벨 分布特性	51
나. 測定地域別 音壓레벨 比較	53

다. 測定地域의 距離減衰 特性	55
라. 豫測相關式	60
第2節 交通騒音의 垂直的 傳達 및 減衰特性	66
1. 道路交通騒音	66
가. 測定地域의 垂直音壓레벨 分布特性	66
나. 交通量에 따른 垂直音壓레벨 分布特性	68
다. 防音壁에 의한 垂直音壓레벨 分布特性	71
라. 垂直音壓레벨 減衰特性	73
2. 鐵道交通騒音	77
가. 列車別 垂直音壓레벨 分布特性	77
나. 垂直音壓레벨 減衰特性	79
第5章 結 論	82
參 考 文 獻	85

表 目 次

[表 2-1] 防音壁에 의한 騒音減衰效果	12
[表 2-2] 騒音에 대한 社會的 反應評價	21
[表 3-1] 水平的 道路交通騒音 測定地域 斷面形態	33
[表 3-2] 水平的 道路交通騒音 測定地域 交通量 分析	34
[表 3-3] 水平的 鐵道交通騒音 測定地域 斷面形態	36
[表 3-4] 垂直的 道路交通騒音 測定地域 斷面形態	39
[表 3-5] 垂直的 道路交通騒音 測定地域 交通量 分析	40
[表 3-6] 垂直的 鐵道交通騒音 測定地域 斷面形態	42
[表 4-1] 測定地域 音壓레벨[dB(A)]	44
[表 4-2] 道路端基準 音壓레벨 減衰值[dB(A)]	45
[表 4-3] 測定地點別 音壓레벨 減衰值[dB(A)]	47
[表 4-4] 測定地域 實測dB(A)와 豫測dB(A) 比較	50
[表 4-5] 測定地域 音壓레벨[dB(A)]	51
[表 4-6] 10m地點基準 音壓레벨 減衰值[dB(A)]	56
[表 4-7] 測定地點別 音壓레벨 減衰值[dB(A)]	58
[表 4-8] 새마을號 測定地域 實測dB(A)와 豫測dB(A) 比較	62
[表 4-9] 무궁화號 測定地域 實測dB(A)와 豫測dB(A) 比較	65
[表 4-10] 測定地域 垂直音壓레벨[dB(A)]	67
[表 4-11] 道路端基準 垂直音壓레벨 減衰值[dB(A)]	74
[表 4-12] 測定地點別 垂直音壓레벨 減衰值[dB(A)]	76
[表 4-13] 列車別 垂直音壓레벨[dB(A)]	77
[表 4-14] 1層基準 垂直音壓레벨 減衰值[dB(A)]	79
[表 4-15] 測定地點別 垂直音壓레벨 減衰值[dB(A)]	81

그림 목次

[그림 1-1] 研究의 흐름도	4
[그림 2-1] 點音原	9
[그림 2-2] 線音原	10
[그림 2-3] 點音原 回折減衰	13
[그림 2-4] Fresnel number와 減衰量	14
[그림 2-5] 두께가 있는 防音壁	15
[그림 2-6] 單付를 통한 入射	16
[그림 2-7] 反 射	16
[그림 2-8] 經 路	16
[그림 2-9] 線音原의 防音壁 經路差	16
[그림 2-10] 線音原의 防音壁 遮蔽效果	18
[그림 2-11] 防音壁 端部에서 入射되는 音의 모델	18
[그림 2-12] 騒音 評價와 對策의 關係	20
[그림 2-13] 騒音레벨 累積度數 曲線	23
[그림 2-14] 住居地域 24時間 騒音레벨(K.M.Eldred)	24
[그림 2-15] TNI의 距離減衰	26
[그림 3-1] 測定裝備 構成圖	29
[그림 3-2] 水平的 道路交通騒音 測定地域	31
[그림 3-3] 水平的 道路交通騒音 測定地域 現況	32
[그림 3-4] 水平的 鐵道交通騒音 測定地域	35
[그림 3-5] 水平的 鐵道交通騒音 測定地域 現況	36
[그림 3-6] 垂直的 道路交通騒音 測定地域 및 現況	38
[그림 3-7] 垂直的 道路交通騒音 測定地域 防音壁 形態	40
[그림 3-8] 垂直的 鐵道交通騒音 測定地域	41

[그림 3-9] 垂直的 鐵道交通騒音 測定地域 現況	41
[그림 3-10] 垂直的 鐵道交通騒音 測定地域 防音壁 形態	42
[그림 4-1] 測定地域 音壓레벨 分布特性	43
[그림 4-2] 道路端基準 音壓레벨 減衰特性	45
[그림 4-3] 測定地點別 音壓레벨 減衰特性	46
[그림 4-4] 測定地域 豫測相關式	49
[그림 4-5] 測定地域 音壓레벨 分布特性	52
[그림 4-6] 測定地域別 音壓레벨 比較	54
[그림 4-7] 10m地點基準 音壓레벨 減衰特性	56
[그림 4-8] 測定地點別 音壓레벨 減衰特性	58
[그림 4-9] 새마을號 測定地域 豫測相關式	61
[그림 4-10] 무궁화號 測定地域 豫測相關式	64
[그림 4-11] 測定地域 垂直音壓레벨 分布特性	66
[그림 4-12] 交通量에 따른 音壓레벨 分布特性	68
[그림 4-13] 1~10層 垂直音壓레벨 分布特性	69
[그림 4-14] 11~15層 垂直音壓레벨 分布特性	70
[그림 4-15] 防音壁 設置에 따른 垂直音壓레벨 分布特性	71
[그림 4-16] 防音壁 有無에 따른 垂直音壓레벨 分布特性	72
[그림 4-17] 道路端基準 垂直音壓레벨 減衰特性	73
[그림 4-18] 測定地點別 垂直音壓레벨 減衰特性	75
[그림 4-19] 列車別 垂直音壓레벨 分布特性	77
[그림 4-20] 1層基準 垂直音壓레벨 減衰特性	79
[그림 4-21] 測定地點別 垂直音壓레벨 減衰特性	80

ABSTRACT

The Horizontal and Vertical Propagation and Attenuation Characteristics for Traffic Noise

Park, Chi-Hong

Advisor: Prof. Choi, Hyung-II Ph.D.

Department of Environmental Engineering,

Graduate School of Chosun University

Rapid industrialization and fast population growth in an urban area have reflected on various environmental problems. Especially, traffic noise is becoming one of serious fact to threaten the residents's sound and stable life as the number of automobiles and volume of physical flow is remarkably increasing.

The Traffic noise which distress the residents can be classified into road traffic noise and railroad traffic noise. The road traffic noise is occurring consistently and irregularly, while the railroad traffic noise is occurring by a frictional sound intermittently only when a train passes.

Though the government has designated the area which is deemed necessary to be regulated as the noise-restricted area in an effort to promote the sound and stable residents' life and announced it, it is currently facing many difficulties in regulating the traffic noise effectively and providing the ideal solution due to the lack of preceding studies and reliable data.

In order to protect the residents against traffic noise which probably causes serious damages, a soundproof wall is an alternative solution in general. For this, the effects and any possible problems on such sound-proof wall should be considered in depth, but those research is not enough so far.

In general, a soundproof wall should be installed after fully considering the sound-related capability—its capability to absorb sounds and the visual and psychological effects on the residents, so that the most effective soundproof wall with various shapes and materials can be installed.

This study has been conducted to achieve those objectives as follows:

First, in order to understand the horizontal propagation and attenuation characteristics for the traffic noise, we selected actively developed areas within 100 meters away from the road to measure the level of traffic noise near a road. To measure the noise near a railroad, we selected areas within 100 meters away from the railroad and then selected Saemaul-ho and Mugoongwha-ho as the subject in our experiment. In this way, we analyzed the horizontal propagation and attenuation characteristics for the traffic noise occurring in diversified areas.

Second, in order to understand the vertical propagation and attenuation characteristics for the road traffic noise, we measured and analyzed the distributional characteristics of vertical sound-pressure levels on each floor of multi-storied apartment buildings according to changes of traffic load, types and existence or nonexistence of soundproof wall. In case of the railroad traffic noise, we also selected Saemaul-ho and Mugoongwha-ho as the subject in our experiment and we measured and analyzed the different noise levels on each floor of multi-storied apartment buildings from the soundproof wall.

Based on the outcome of study, we believe that a computer simulation may be a useful tool to predict the traffic noise accurately if more researches are conducted in many different measurement conditions and accumulated to sufficient data. With the help these data, we will be able to provide an improved solution for controlling the traffic noise more effectively.

第1章 序 論

第1節 研究의 背景 및 目的

산업의 발달과 경제활동의 증대는 인구의 도시집중화 및 고밀도화 등을 초래하여 많은 도시 환경문제를 초래하고 있다. 도시환경문제 중에서 최근 자동차의 급증과 물동량의 증대로 발생하는 교통소음은 도시민의 정온한 생활환경을 해치는 중요한 인자로 대두되어 왔으며, 불만은 날로 커지고 있는 실정이다. 실제로 환경부 자료에 따르면 2004년도 전국의 소음진동 민원은 2003년도에 비해 13.0% 증가한 29,576건으로 최근 5년간 소음진동의 민원이 4배로 급증하고 있으며, 이러한 민원은 지속적으로 증가할 것으로 조사되었다. 이러한 민원에서 생활소음이 95.5%를 차지하고 있으며, 교통소음은 1.5%를 차지하고 있다. 문제가 되는 교통소음은 지속적이며, 불규칙적인 도로교통소음과 간헐적이며 금속성의 철도교통소음으로 인구밀집지역을 통과하는 동안 인근 주민과 도시민에게 많은 피해를 유발하고 있다. 향후 도로변과 철도변에 주택단지를 계획할 수 밖에 없는 현실에서 교통소음이 미치는 영향은 더욱 심화될 전망이다.

따라서 정부는 소음을 규제할 필요가 있다고 인정되는 지역을 소음규제지역으로 지정·고시하여 주민의 정온한 생활환경을 유지하기 위해 (2004년도에 이전까지 412개 지역 654km에서 79개 지역 267km를 추가로 지정하는 등) 노력하고 있으나 효율적인 규제와 실효성 있는 대책마련에 많은 어려움을 겪고 있다. 이에 대한 대책으로 대부분 방음벽을 설치하고 있으나, 교통소음에 대한 방음벽의 효과 및 도시민들에게 미치는 시각적·심리적 영향 등에 대한 충분한 연구가 선행되어야 할 것이다. 일반적으로 외국의 경우 방음벽은 흡음능을 포함하여 음향적인 성능, 인근주민에게 미치는 시각적·심리적 제반 환경요소를 충분히 고려하였는지를 검토한 후 방음벽을 설치하도록 함으로써 다양한 재질 및 형태를 가진 효율성 있는 방음벽을 유도하고 있다. 그러나 국내의 방음벽은 여전히 관련제도의

미비와 설계 및 시공의 단순성으로 인해 대부분 획일화되고 있어, 실제로 교통소음 저감을 위해 사용되는 방음벽이 도로 및 철도변 인근주민들에게 어떠한 영향을 주고 있으며, 어느 정도 교통소음을 저감할 수 있는지에 대한 연구가 부족한 실정이다.

따라서 본 연구는 교통소음의 수평·수직적 전달 및 감쇠특성을 파악하여 교통소음 저감을 위한 기초자료를 제시하고자 하며, 이를 활용하여 도시민의 정온한 생활환경 유지를 위한 보다 실효성 있는 교통소음 저감대책을 수립하는데 많은 도움이 될 수 있을 것으로 사료된다.

第2節 研究의 方法 및 內容

도로교통소음은 지속적이며 불규칙하게 발생되며, 철도소음은 음압레벨이 높고 간헐적이며 레일의 충돌과 마찰소음으로 발생하는 특성으로 인해, 도로 및 철도변 인근 주민들의 정온한 환경에 대한 욕구의 증가로 불만족 의견을 공론화하여 민원을 제기하고 있으며, 지속적으로 증가할 것으로 예측하고 있다. 이러한 교통소음으로부터 정온한 주거환경을 조성하기 위해서 소음규제지역의 지정과 방음벽을 설치하고 있으나 효율적인 대책마련에는 많은 어려움이 따르고 있다. 따라서 향후 토지이용 및 도시의 인구집중화로 인해 도로변과 철도변에 주거지역을 형성할 수밖에 없는 현실에서 도심지의 교통소음 저감방법으로 방음벽을 설치하고 있으나, 그 효과와 특성 등에 대한 자료가 부족하여 효율적인 방음대책을 수립하는데 한계가 있을 것으로 사료된다. 따라서 본 연구에서는 다음과 같은 방법에 의해 교통소음의 수평적·수직적 전달특성과 감쇠특성을 분석하였다.

첫째, 교통소음의 수평적 전달 및 감쇠특성을 파악하기 위해 도로교통소음은 고속도로 인근 100m이내의 개활지를 측정대상지역으로 선정하였으며, 철도교통소음은 철도변 100m이내에서 새마을호와 무궁화호를 대상으로 하여 다양한 지형조건에 의한 수평적 교통소음의 전달 및 감쇠특성을 분석하였다.

둘째, 교통소음의 수직적 전달 및 감쇠특성을 파악하기 위해 도로교통소음은 도로변 고층 아파트의 각 층별 소음도와 교통량 변화와 방음벽 유무 등에 따른 수직음압레벨의 분포특성을 분석하였으며, 철도교통소음은 철도변 고층 아파트의 각 층별 소음도를 새마을호와 무궁화호를 대상으로 수직적 전달 및 감쇠특성을 분석하였다.

본 연구의 흐름도는 [그림 1-1]과 같다.



[그림 1-1] 연구의 흐름도

第3節 研究의 範圍 및 構成

본 연구의 구성은 5개의 장으로 구성되며, 각 장에 포함될 연구의 범위 및 구성은 다음과 같다.

제1장에서는 연구의 목적을 설정하고 연구방법 및 내용을 기술하였다.

제2장에서는 교통소음 특성 및 평가에 관한 전반적인 이론에 관하여 고찰하였다.

제3장에서는 교통소음의 측정방법과 대상지역에 따른 측정지점 및 현황에 대해 정리하였다.

제4장에서는 교통소음의 수평적 전달 및 감쇠특성을 파악하기 위해 도로교통소음은 다양한 지형조건에서 수평적 전달 및 감쇠특성을 분석하였으며, 철도교통소음은 다양한 지형조건에 따른 새마을호와 무궁화호를 대상으로 수평적 전달 및 감쇠특성을 분석하였다. 또한, 교통소음의 수직적 전달 및 감쇠특성을 파악하기 위해 도로교통소음은 도로변 고층 아파트의 각 층별 소음도와 교통량 변화와 방음벽 유무 등에 따른 수직음압레벨의 분포특성을 분석하였으며, 철도교통소음은 철도변 고층 아파트의 각 층별 소음도를 새마을호와 무궁화호를 대상으로 수직적 전달 및 감쇠특성을 분석하였다.

제5장에서는 결론으로 각 장의 결과를 종합하여 정리하였다.

第2章 理論的 考察

第1節 交通騒音의 發生과 傳播

1. 道路交通騒音의 發生原因

도로교통소음은 크게 엔진 자체에서 발생하는 엔진소음과 타이어음이 있으며, 공기와의 마찰음, 전달기구와 차체진동에 의해 발생하는 소음이 있으나 소음레벨에 대한 영향은 작다. 엔진소음은 회전속도와 토크부하에 관계되며, 속도가 증가되면 함께 증가된다. 타이어에 의해 발생하는 소음은 주행속도, 노면상태, 하중 등과 관계되며, 주행속도의 증가와 함께 타이어에 의해 발생하는 소음도 증가된다. 고속 주행시에는 타이어에 의해 발생하는 소음이 엔진소음보다 크게 발생하는 특성을 가진다. 도로교통소음의 크기에 영향을 주는 인자는 자동차의 종류, 교통량, 대형차혼입률, 차량속도, 연식, 도로의 노면상태, 타이어의 종류 등이 있다. 교통량에 따른 소음도 변화는 교통량이 2배가 될 때 약 5dB(A) 정도가 증가되며, 차량속도가 2배로 증가되면 소음도는 약 10dB(A) 증가하는 것으로 조사되고 있다.

또한, 소음의 전파 매체에 따라 공기전달음과 고체전달음으로 구분할 수 있으며, 공기전달음은 공기를 매질로 전달되며 직접 또는 방음벽 등과 같은 차단물에 의해 흡음과 반사 등을 거쳐 전달되는 특성을 가진다.

도로교통소음은 정서적 피해와 휴식 및 수면방해, 작업이나 정신집중의 방해, 두통, 위장장애 등 신체적 영향을 초래하고 지가하락 등 사회적 영향을 주기도 한다. 따라서 소음의 저감을 위해 자동차 본체로부터의 소음규제, 구조개선, 주행상태 개선, 자동차 통행량 억제, 도로구조 개선, 방음벽과 같은 차단물 설치 등에 의해 음의 발생과 전파과정의 음을 각 과정에서 적절한 방법으로 음의 발생 저감과 방음대책이 강구되어야 한다.

2. 鐵道交通騒音의 發生原因

철도교통소음은 간헐적이고, 차량과 레일의 충돌과 마찰에 의해 발생되며, 열차 통과중의 음압레벨은 일정하다. 철도소음의 주파수 특성은 500~2,000Hz에서 최고 소음도를 나타내며, 사람이 가장 불쾌감을 느끼는 2,000~4,000Hz의 주파수에 근접하여 발생되고 있다. 철도소음은 주로 차량속도에 따라 소음도가 달라지는데 80km/hr 운행시 철로에서 100m 지정에서 약 70dB(A), 100km/hr 운행시 약 74dB(A)정도의 크기로 발생되는 것으로 조사되었다.

철도에서 발생하는 주요 소음원은 차량과 레일사이에서 발생하는 전동소음과 차체에서 발생하는 구동장치소음, 높은 운행속도로 인한 차체와 집전장치의 공력소음 및 구조물과 지반을 통하여 전달되는 저주파소음이 있다. 이 밖에도 팬터그래프(Pantograph)와 전차선 사이의 집전소음이 있다.

차륜과 레일의 소음(전동소음)은 열차의 속도가 증가할수록 높아져서 대개 80km/h이상의 속도구간에서는 다른 기계적 소음을 압도하는 지배적인 소음이 된다고 알려져 있다. 차륜과 레일 소음발생의 메카니즘은 차륜과 레일 사이의 상호작용이며, 그 크기는 속도의 3승에 비례하나 차륜과 레일 작용면의 상태에 따라 변화할 수 있다. 연결부위가 평탄하게 용접된 직선궤도 구간을 달리는 열차는 광대역 주파수 소음을 지속적으로 발생시키는데 이 소음을 흔히 전동소음(Rolling Noise)이라고 부른다. 이 경우 차륜에서는 고주파성분이 주로 발생하며, 레일에서는 저주파소음이 발생하게 된다. 전동소음은 차륜과 접하는 레일 상단면의 미세한 요철에 따른 진동이나 차량의 급제동으로 인하여 차륜의 특정부위만 집중마모되어 곡률이 직선화되거나 레일상면을 주행하는 과정에서 부분적인 미세한 요철로 인하여 레일과 마찰되거나 슬립현상에 의해 발생한다. 또한, 정척레일 궤도에서 레일의 이음매부, 분기첨단, 크로싱 결선부 또는 신축이음매 레일 등 레일 결선부 통과시 차륜과 레일사이의 충격에 의하여 소음이 발생하거나 이와는 별도로 장대레일 구간에서 용접부 평탄성 관리소홀로 굴곡된 용접부위에서 발생하는 소음도 있다. 또한 차량이 급곡선 통과시 차륜이 선로 외측 레일을 자르는 듯이 밀면서 주행을 하게 되는데 이때 마찰에 의하여 소음이 발생하기도 한다.

이 외에도 열차에 전력을 공급하는 팬터그래프 시스템에서 발생하는 소음과 달리는 열차표면의 공기역학적 매카니즘에 의해 발생하는 공력소음, 추진장치, 냉방장치 등의 보조장치에서 발생하는 소음, 차량의 주행시 진동이 구조물에 전달되어 발생하는 소음 등이 있다.¹⁾

第2節 交通騒音의 傳達 및 減衰特性

1. 距離에 依한 減衰效果

음은 거리가 멀어질수록 점점 약해진다. 음이 발생하면 음파는 반사면이 없는 음장내에서는 음원을 중심으로 구면파(球面波)로 확산된다. 따라서 음원에서 거리가 멀어짐에 따라 구상(球狀) 면적은 반경의 2제곱에 비례하여 커지므로 단위 면적당 통과하는 에너지는 감소하게 되는 것이다. 그러므로 음의 강도는 음원으로부터 떨어진 거리의 2제곱에 반비례하여 약해진다. 음의 감쇠현상은 음원의 형상과 크기 등에 따라 다르나 주로 거리에 큰 관계가 있다. 즉 음원의 면적이 클 때는 면음원(面音源)으로 되어 감소 정도가 적어지며, 점음원(點音源)의 반정도로 추정된다. 또 음원의 면적이 작을 때는 점음원으로 되어 음의 감소는 커지며, 면적과 거리에 관계가 있다. 음원의 형상이나 크기는 매우 다양하나 기본적으로 점음원, 선음원, 면음원의 3가지 형태로 분류할 수 있다. 거리에 의한 거리감쇠를 계산할 때는 각 형태별로 주어진 계산식으로 구하면 된다. 그러나 공기 중에서 발생하는 음은 압력밀도와 파동현상이므로 전파과정에서 반사(reflection), 굴절(refraction), 흡수(absorption), 회절(diffraction), 간섭(interference) 등의 현상이 일어난다.²⁾

그러나 여기에서는 온도, 습도, 풍속 등의 기상조건과 지면 등의 흡음, 반사 등을 배제한 이상적인 상태에서 소음의 거리감쇠를 살펴본다.

1) 이규성 外 7人, “騒音振動工學”, 螢雪出版社, 1999. 3, pp167~170

2) 이양규, “騒音振動對策設計 I・II”, 유통방진株式會社, 1991, pp25

가. 點音源의 距離減衰

점음원이란 음원의 크기에 비하여 상당히 멀리 떨어진 위치에 있는 음원을 말하며, 음원에서 방사되는 음은 주위에 반사체가 없는 자유음장(자유공간)에서는 음원을 중심으로 [그림 2-1]과 같이 구면상으로 확산되며, 음의 강도는 면적과 동일한 음원으로부터 거리의 2제곱에 반비례하여 감소하는데 이를 역 2제곱 법칙이라 한다. 보통 음원으로부터 측정거리가 2배가 되면 6dB 정도가 감소된다.

점음원에서 음이 방사되는 경우 음원으로부터 $r(m)$ 떨어진 장소의 음압레벨(SPL)은 [식 2-1], [식 2-2]와 같이 나타낼 수 있다.³⁾

① 자유공간(자유음장)일 때

$$SPL = PWL - 20 \log r - 11 \quad \text{[식 2-1]}$$

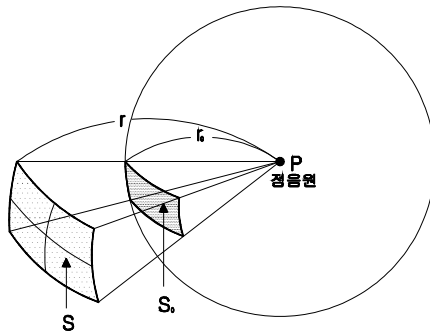
② 반자유 공간(반자유 음장)일 때

$$SPL = PWL - 20 \log r - 8 \quad \text{[식 2-2]}$$

SPL : 수음점의 음압레벨 (dB)

PWL : 음향 파워레벨 (dB)

r : 음원으로부터 떨어진 거리 (m)



[그림 2-1] 점 음 원

3) 韓國騷音振動工學會; 騷音振動便覽 -騷音編-, 同化技術, pp14

나. 線音源의 距離減衰

고속도로와 같은 도로상에서의 자동차소음, 철도소음과 같이 점음원의 연속적인 집합상태와 같은 경우로 음원이 선상(線狀)을 형성하고 있을 때를 선음원이라 한다. 선음원의 경우 음파는 선음원을 축으로 [그림 2-2]와 같이 원통형으로 퍼져나간다. 보통 음원으로부터 측정거리가 2배가 되면 3dB 정도가 감소된다.

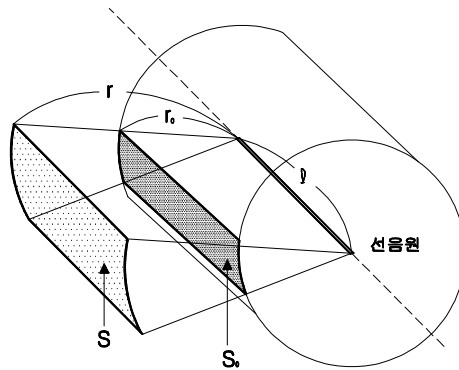
선음원으로부터 $r(m)$ 만큼 떨어진 장소의 음압레벨(SPL)은 다음과 같다.

- ① 자유공간일 때

$$SPL = PWL - 10 \log r - 8 \quad \text{[식 2-3]}$$

- ② 반자유 공간일 때

$$SPL = PWL - 10 \log r - 5 \quad \text{[식 2-4]}$$



[그림 2-2] 선 음 원

SPL : 수음점의 음압레벨 (dB)

PWL : 음향 파워레벨 (dB)

r : 음원으로부터 떨어진 거리 (m)

또한, [그림 2-2]와 같이 거리 r_0 의 선음원에서 방출되는 음압레벨을 SPL_0 라고 하고, 거리 $r(r > r_0)$ 에서 음압레벨을 SPL 이라고 할 때 소리의 감쇠는 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$SPL = SPL_0 - 10 \log \left(\frac{r}{r_0} \right) \quad [\text{식 2-5}]$$

2. 防音壁에 依한 減衰效果

음파는 그 전반경로에 건물벽이나 방음벽과 같은 장애물이 있으면, 그 위를 뛰어넘는 성질을 가지고 있다. 이와 같이 장애물을 뛰어 넘는 현상을 음의 회절이라고 한다. 이 회절은 파장이 짧은 고주파음보다도 파장이 긴 저주파음이 더욱 활발하다. 즉 회절하는 음의 강도는 파장이 길수록 강하게 되므로 건물 및 방음벽 등으로 방음을 하고자 할 때는 그 높이 및 폭의 길이는 파장보다 충분히 크게 하지 않으면 효과를 기대하기 어렵다. 이러한 회절에 의한 감쇠효과를 이용하는 시설 중의 한가지로 방음벽을 들 수 있다. 그러므로 방음벽을 계획할 때 소음의 주파수 특성 및 음파의 크기 조사가 선행되어야 할 것이다.

현재, 방음벽은 도로변과 철도변 지역의 주거지역, 병원, 학교, 요양시설 등 정온한 생활환경이 요구되는 지역과 주로 교통소음의 영향을 크게 받는 지역 및 상주 인구밀도가 높고 소음이 환경기준을 크게 초과하여 민원발생이 제기되거나 제기될 우려가 있는 지역부터 우선적으로 설치하고 있다.

방음벽 설치 계획시 가장 먼저 파악해야 하는 것은 관계법에서 규정하고 있는 대상지역의 기준소음레벨 또는 요구되는 소음레벨 및 현재 발생하는 소음레벨이다. 두 번째로 기준소음레벨과 현재 발생하는 소음레벨의 차이를 방음벽 등의 방음시설물을 설치하여 감쇠시켜야 할 목표치(소음의 감쇠목표치)를 설정하는 것이다. 설계목표치는 소음에 대한 환경기준을 적용하면 우리가 없고, 수음점은 교통소음의 영향을 가장 크게 받는 지점으로 해야 한다. 따라서 방음벽을 계획할 때 음의 크기 및 형상을 조사하고 발생하는 소음의 소음도와 주파수 특성, 부지경계

선까지의 거리, 벽 높이, 재료의 선정 등을 우선 조사해야 한다.

일반적으로 방음벽에 의한 소음감쇠는 방음벽에 의한 회절감쇠, 방음벽 투과손실, 지면과 기상조건에 의한 감쇠 등에 의해 결정된다. 방음벽의 효과를 개략적으로 살펴보면, 소음원과 수음점 사이에 시선을 차단할 정도의 높이로 설치된 방음벽의 감쇠효과는 약 5dB(A)이며, 지표면에 의한 감쇠효과에 의해 1~2dB(A)정도가 추가된다. 그리고 합리적인 높이와 길이를 갖는 방음벽은 일반적으로 10dB(A)의 감쇠효과를 얻을 수 있으며, 15dB(A)의 감쇠효과를 달성하기는 어려우나 보통 아주 높은 구조물 및 투과손실이 높은 재료를 사용하고 틈이나 개구부를 거의 없게 함으로써 얻을 수 있다. 또한, 방음벽을 설치함으로써 최대로 얻을 수 있는 감쇠량은 20dB(A)이나 거의 불가능하기 때문에 저감목표치 20dB(A)를 초과한다면 다른 방안을 강구해야 한다.

[표 2-1]은 5dB(A) 단위로 방음벽의 감쇠효과를 분류한 것으로서 소음레벨을 10dB(A)감소시키기 위해서는 음에너지의 90%를 제거해야 한다는 것을 의미한다.

[표 2-1] 방음벽에 의한 소음감쇠효과⁴⁾

방음벽 소음감쇠치	실현가능 정도	음 에너지 감쇠
5dB(A)	간단함	60%
10dB(A)	주의 필요	90%
15dB(A)	대단히 어려움	97%
20dB(A)	거의 불가능	99%

교통소음 등과 같은 선음원과 수음점 사이에 방음벽을 설치하면 이 구조물에 의한 삽입손실이 발생하는데 이 손실치(감음효과, Insertion Loss)는 회절감쇠치, 투과손실치 및 직접음 감쇠치의 대수합과 방음벽 자체의 흡음감쇠치의 합으로 이루어진다. 즉, 방음벽설치 전·후에 동일측 정위치에서 측정된 값의 차이로써 감쇠효과를 평가한다.

4) 韓國騒音振動工學會; 騒音振動便覽 -騒音編-, 同化技術, pp148

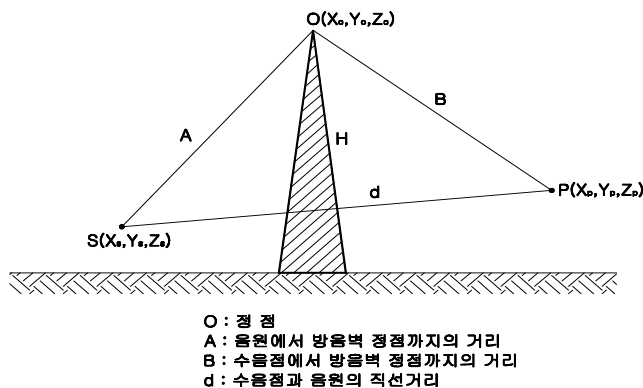
가. 回折減衰(Diffraction Loss)

소음원으로 부터 발생된 음이 수음점에 전달되는 경우는 크게 다음과 같은 경우로 설명되어진다. 첫째 도로 및 철도 등의 소음원과 수음점 사이에 장애물이 없는 경우 음은 소음원으로 부터 수음점에 직접전파 경로로 전달된다. 둘째 음원과 수음점 사이에 방음벽과 같은 장애물이 있는 경우에는 소음원으로 부터 발생한 음은 장애물의 상단을 회절하여 수음점에 도달하는 회절경로와 장애물을 투과하여 전달되는 투과경로, 장애물에 의한 반사경로 등의 경로를 거쳐 전달된다.

그러나 대부분의 경우 방음벽을 설치할 때는 벽 재료의 투과손실을 충분히 크게 하여 회절경로 이외의 영향은 거의 없게 설계된다. 따라서 방음벽에 의한 소음 감소효과는 방음벽의 높이에 의하여 결정되는 회절감쇠가 대부분을 차지한다. 즉 방음벽의 효과는 소음원으로 부터 벽 상단을 거쳐 수음점으로 이어지는 경로와 소음원에서 수음점으로 이어지는 직선경로와의 차(전파경로차: δ)로 결정되어 지는데, 소음의 주파수성분에 대해서 전파경로차가 클수록 벽의 차단효과는 증가한다.

(1) 點音源

음원과 수음점 사이에 길이(d)가 무한대이고, 높이가 $H(m)$ 인 장벽을 설치한 경우를 [그림 2-3]에 나타내었다.



[그림 2-3] 점음원 회절감쇠

음원을 $S(X_s, Y_s, Z_s)$, 수음점을 $P(X_p, Y_p, Z_p)$ 라 하고, 장벽이 없는 경우 음원(점음원)의 파워레벨을 PWL이라하면 수음점에서의 음압레벨 SPL은 [식 2-6]과 같이 된다.

$$SPL = PWL - 20 \log d - 11 \quad \text{[식 2-6]}$$

$$\text{단, } d = \{(X_p - X_s)^2 + (Y_p - Y_s)^2 + (Z_p - Z_s)^2\}^{1/2}$$

장벽에 의하여 음은 음원 S로부터 장벽 상부의 점O (X_o, Y_o, Z_o)에서 회절하여 수음점 P에 입사하게 되며, 이 경로차 δ 는 [식 2-7]과 같이 구하여진다.

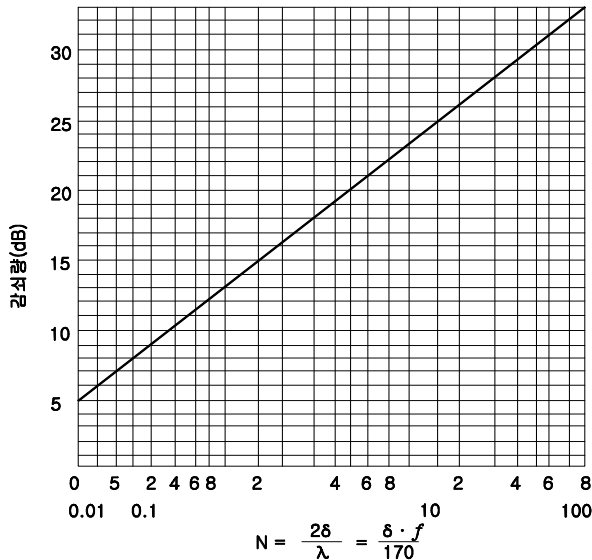
$$\begin{aligned} \delta = (A+B) - d = & \{(X_o - X_s)^2 + (Y_o - Y_s)^2 + (Z_o - Z_s)^2\}^{1/2} + \{(X_p - X_o)^2 + (Y_p - Y_o)^2 \\ & + (Z_p - Z_o)^2\}^{1/2} - \{(X_p - X_s)^2 + (Y_p - Y_s)^2 + (Z_p - Z_s)^2\}^{1/2} \end{aligned} \quad \text{[식 2-7]}$$

이 경로차 δ 로부터 Fresnel number(N)은 [식 2-8]을 이용하여 구한다.

$$N = \frac{2\delta}{\lambda} = \frac{\delta \cdot f}{170} \quad \text{[식 2-8]}$$

단, λ : 파장(m)

f : 회절주파수(Hz)

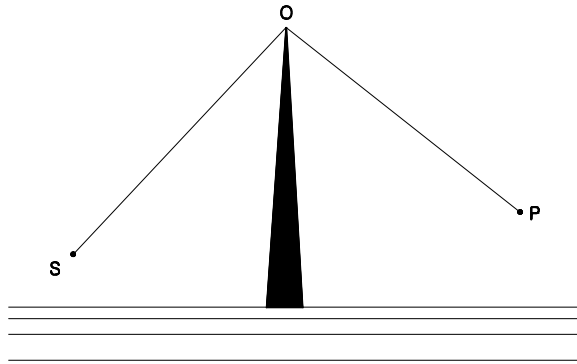


[그림 2-4] Fresnel number와 감쇠량⁵⁾

5) 韓國騒音振動工學會; 騒音振動便覽 -騒音編-, 同化技術, pp150~151

[그림 2-4]를 이용하여 회절 감쇠치를 구할 수 있다. 감쇠치는 N 이 1보다 클 때 경우 N 이 2배가 될 때 3dB씩 증가되고, $N = 0$ 일 경우에도 5dB이 된다.

방음벽에 두께가 있는 경우에 관해서는 그 두께를 방음벽의 높이로 환산하여 근사적으로 계산한다. 이 경우에는 실측치는 계산치보다도 약간 많이 감쇠하게 된다.



[그림 2-5] 두께가 있는 방음벽

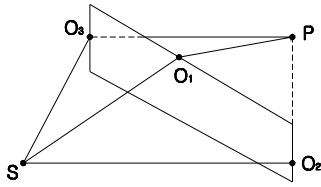
또, 컴퓨터를 이용하여 계산하는 경우에는 다음 식에 의해 회절감쇠량, 즉 벽의 삽입손실을 구한다.⁶⁾

$$AT = 20 \log \frac{\sqrt{2\pi N}}{\tan \sqrt{N} \pi N} \pm 5(dB) = 0 \quad [\text{식 2-9}]$$

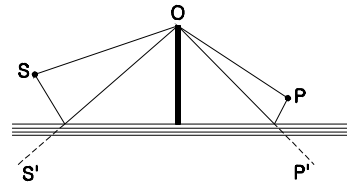
여기서, AT : 감쇠량,

N 은 Fresnel number이며, (\pm)의 부호는 $N > 0$ 일 때에는 (+), $N < 0$ 일 때에는 (-)이다. 또 $N = 0$ 일 때에는 $AT = 5dB$ 이다. 장벽의 길이가 어느 정도 이상이면 무한정으로 간주하여 생각할 수 있지만, 실제로는 길이가 무한대인 경우는 없으며, 이때에는 장벽 단부로부터의 회절입사를 고려하여야 한다. 이 경우에도 단부에 대하여는 장벽의 상부에서와 같이 경로차로 Fresnel number를 구하여 감쇠치를 구한다.

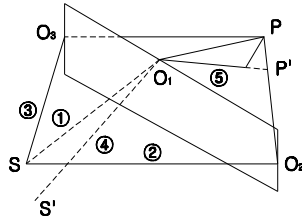
6) 韓國騷音振動工學會; 騷音振動便覽 -騷音編-, 同化技術, pp150~151



[그림 2-6] 단부를 통한 입사



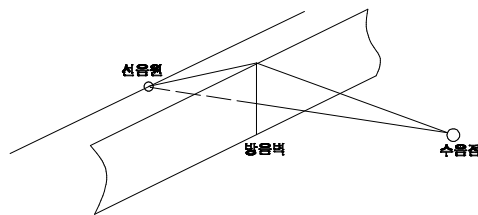
[그림 2-7] 반 사



[그림 2-8] 경 로

또 실제의 장벽은 지표면에 의한 반사의 영향을 고려하여야 한다. 지표면이 흡음성이면 지표면에 의한 반사는 무시할 수 있으나, 콘크리트와 같이 반사성의 경우에는 [그림 2-7]에 나타낸 바와 같이 지표면을 반사의 축으로서 음원 및 수음원을 정반사의 위치로 이동시키고, 각각의 경로에 의한 장벽의 효과를 고려할 필요가 있다. 따라서 장벽에 의한 감쇠효과를 평가하는 경우에는 이들을 고려하여 [그림 2-8]과 같이 5개의 경로를 고려하여야 한다.

(2) 線音源



[그림 2-9] 선음원의 방음벽 경로차

[그림 2-9]에 나타낸 바와 같은 선음원인 경우의 경로차는 음원에 직교하는 수음점을 포함한 평면상에서 구하면 편리하며, 이 경로차로부터 $N = \frac{2\delta}{\lambda}$ 를 구하여 선음원의 감쇠치를 [그림 2-9]에서 읽어 각 주파수마다의 감쇠치를 구할 수 있다. 즉, 음원의 주파수 특성이 주어지면 각 주파수마다의 감쇠효과를 구한 후 에너지의 합으로부터 A특성에 대한 감쇠치를 구할 수가 있다.

나. 透過損失(Transmission Loss)

벽 등에 입사한 음에너지는 일부가 반사되고, 흡수된 에너지는 투과된다. 이 때 투과 에너지는 그 벽의 면 밀도(kg/m²)에 지배되는데 이를 질량 법칙(Mass Law)이라고 한다. 두께 6mm의 나무벽(비중 0.9), 콘크리트벽(비중 2.5), 철벽(비중 8.0)인 재료의 투과 손실치는 각각 8, 27, 35dB 정도이다.

주파수에 따른 투과손실 특성은 저주파는 벽체의 강도에, 고주파는 벽체의 Damping에 의하여 제어를 받는다. 또 중주파수는 질량 법칙(Mass Law)이 성립하는 특성 등에 따라 변화한다. 일반적으로 방음벽으로 사용되는 콘크리트, 벽돌, 강판 및 알루미늄판 등의 재료는 도로교통 소음의 중심주파수 대역에서 질량법칙을 만족하므로, 이들 재료를 사용할 때 투과손실치 ΔLt 는⁷⁾

$$\Delta Lt = 20 \log m \cdot f - 43 \quad (\text{dB}) \quad [\text{식 2-10}]$$

m : 방음벽에 사용된 재료의 면밀도(kg/m²)

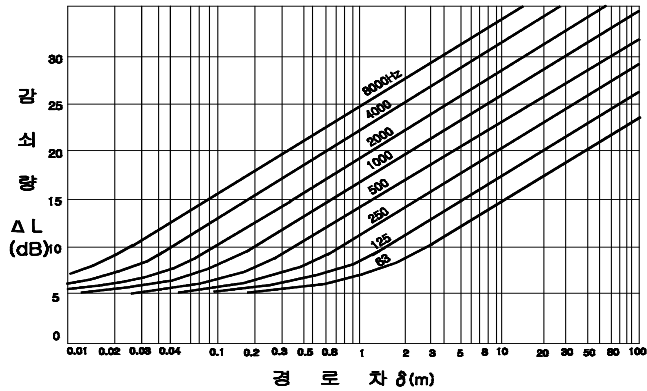
f : 회절 주파수(Hz)

로 계산된다. 따라서 방음벽에 의한 회절 및 투과 손실치의 대수합 ΔLdt 는

$$\Delta Ldt = -10 \log \left(10^{-\frac{\Delta Ld}{10}} + 10^{-\frac{\Delta Lt}{10}} \right) \quad (\text{dB}) \quad [\text{식 2-11}]$$

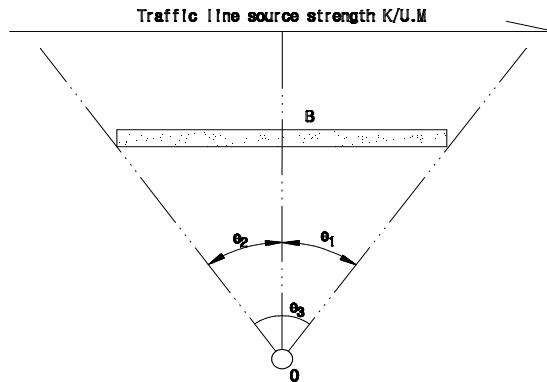
로 계산된다.

7) 韓國騒音振動工學會; 騒音振動便覽 -騒音編-, 同化技術, pp150~151



[그림 2-10] 선음원의 방음벽 차폐효과

다. 直接音 減衰(Incident Sound Loss: ΔL_{in})



[그림 2-11] 방음벽 단부에서 입사되는 음의 모델

[그림 2-11]에서 직선 도로교통 소음의 단위 길이당 음의 세기의 강도를 K 라고 하고, 소리의 전파가 random하지 않고 수평으로 확산된다고 하면 수음점 O 에 입사되는 총 음의 세기 I_{in} 은

$$I_{in} = \frac{K}{n} \int_{\theta = -\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \cos \theta d\theta = \frac{2K}{n} \quad \text{[식 2-12]}$$

수음점 0의 높이가 $H_0 < [H_0(L_{bs}' + L_{bo}')/L_{bs}']$ 인 조건에서 회절음의 영향은 고려하였으므로 방음벽 B의 시설로 0점에 입사하는 직접음 세기의 감쇠치 Lin' 는

$$Lin' = \frac{K}{n} \int_{\theta = -\theta_2}^{\theta_1} \cos\theta d\theta = \frac{K}{n} (\sin\theta_1 + \sin\theta_2) \quad [\text{식 2-13}]$$

- n : 수음점 0에서 도로교통 선음원에 수선을 그어 만나는 점과 수평거리 (m)
- θ_1 : 장벽 우측단과 수선이 이루는 내각 (°)
- θ_2 : 장벽 좌측단과 수선이 이루는 내각 (°)
- θ_3 : 감쇠치 θ_1 θ_2 로 관측각이라 한다.

따라서 장벽에 의한 직접음 감쇠치 ΔLin 은

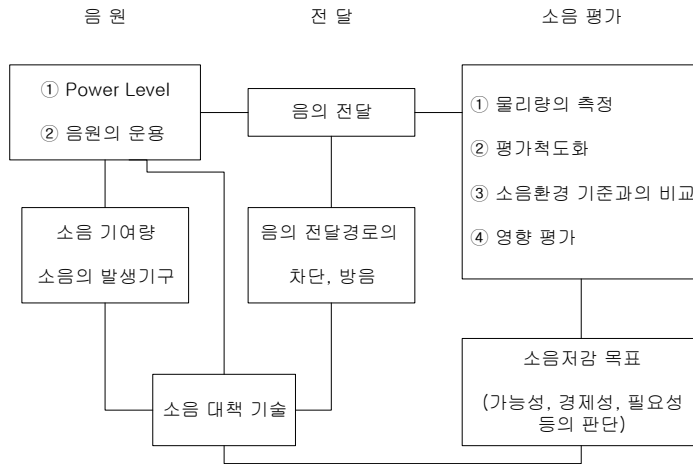
$$\begin{aligned} \Delta Lin &= 10 \log \left[\frac{Lin}{Lin - Lin'} \right] \\ &= 10 \log \left[\frac{2}{2 - (\sin\theta_1 + \sin\theta_2)} \right] \end{aligned} \quad [\text{식 2-14}]$$

로 계산된다.

第3節 交通騒音의 評價方法

소음에 의해 발생하는 장애를 경감하고 쾌적한 생활환경을 갖기 위해 여러 가지 소음대책이 시행되며, 이 대책의 효과가 어느 정도이고 이 대책으로 생활환경이 얼마나 개선되었는가를 수치적으로 나타낼 수 있는 척도가 필요하다. 이 척도를 구하는 것이 소음의 평가법이며, 이것에 사용되는 계량단위가 평가척도 (rating scale)이다. 일반적인 소음평가 절차는

- 소음을 표현하는 평가기준을 선정하여 소음을 수량적(척도화)으로 나타내도록 한다.
- 소음의 특성을 판단할 평가기준으로 중요한 것은 현실적으로 발생하고 있는 소음을 설명할 뿐만 아니라 사전예측평가가 가능해야 한다는 것이다. 즉, 소음저감대책을 실시할 경우 어느 정도로 저감해야 하는지 정량적으로 표현할 수 있어야 한다. 즉 소음저감대책을 실시할 경우 어느 정도로 저감해야 하는지 정량적으로 표현할 수 있어야 하며 [그림 2-12]에 이 관계를 나타내었다.8)



[그림 2-12] 소음 평가와 대책의 관계

교통소음의 평가척도로서 대표적인 것으로는 등가소음레벨(L_{eq}), 통계소음레벨(L_n)과 같은 직접적인 평가척도와 교통소음지수(TNI), 소음공해레벨(NPL), 주야 평균소음레벨(L_{dn}) 및 평가소음레벨(L_r)과 같은 복합적인 평가척도 등을 들 수 있다.

8) 서울特別市, “騒音防止對策 樹立에 關한 研究”, 1994. 6, pp70

1. 騒音評價레벨(L_r : Rating Sound Level)⁹⁾

L_r 은 ISO/R 1996에서 제안된 소음에 대한 사회반응의 예측을 위한 소음평가 척도이다. 이것은 소음레벨(변동하는 경우는 등가소음레벨)을 기본량으로 해서 구하는 것으로 ISO/R 1996에서 L_r 과 소음기준치와의 차에서 사회적 반응을 예측하는 것이다.

[표 2-2] 소음에 대한 사회적 반응평가

소음기준을 초과하는 평가소음레벨 L_r [dB(A)]	사회적 반응	
	반응의 범위	표 현
0	없다(none)	반응없다
5	약간(little)	산발적인 반응
10	보통(medium)	광범위한 반응
15	강하다(strong)	사회활동으로 반응
20	아주강하다(very strong)	강열한 사회적 반응

2. 等價騒音레벨(L_{eq} : Equivalent Sound Level)¹⁰⁾

등가소음도는 우리 생활 주변에서 발생하는 각종 소음레벨을 평가하는 방법으로 특히 변동이 심한 소음을 평가하며, 측정시간 동안의 변동소음에너지를 시간적으로 평균한 소음값을 대수 변환시킨 값으로 나타낸다. 등가소음레벨(L_{eq} ; equivalent sound level)은 ISO가 주거지역, 공장지역 및 교통지역의 소음측정에 권장하고 있는 척도로서 우리나라의 소음·진동규제법의 배출허용기준과 환경정

9) 서울特別市, “騒音防止對策 樹立에 關한 研究”, 1994. 6, pp77

10) 韓國騒音振動工學會; 騒音振動便覽 -騒音編-, 同化技術, pp46~47

책기본법의 소음환경기준에서 채택하고 있는 평가척도이다. 등가소음레벨은 이론적으로 [식 2-15]로 정의되며, 소음계의 청감보정회로 A특성을 통한 레벨이 이용되고, 특히 이를 명기하는 경우에는 $L_{eq}(A)$ 로 표기한다.

$$L_{eq} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_0^T \frac{P_A^2(t)}{P_0^2} dt \right] \quad [\text{식 2-15}]$$

T : 보정시간($t_2 - t_1$) (s)

P_0 : 기준음압 (20 μ Pa)

$P_A(t)$: A특성 음압의 순시치 (Pa)

환경소음의 평가법으로 이용하는 경우에는 L_{eq} 의 대상 시간을 명시하여야 할 필요성이 있으므로 L_{eqT} (Equivalent Continuous Sound Pressure Level)라고 표기한다.

국내의 경우에는 교통소음의 평가에 있어서 교통소음 평가방법 중 등가소음레벨(L_{eq})로 규정하고 있다. 등가소음레벨은 여러 나라에서 환경기준을 설정하는데 널리 이용되며, 일반적으로 다음과 같은 장점 때문에 환경소음의 평가방법으로서 가장 적당하다고 인식되고 있다.

가. 일반적으로 주관량과의 대응성이 좋다.

나. 교통소음, 항공기소음, 충격음 등 여러 종류의 음원에 적용 가능하다.

다. 에너지 평균치에 근거하고 있으므로 산출에는 전 측정치가 이용되고, 물리적으로 가산성을 갖고 있으며, 여러 가지 보정이 가능하다.

라. 물리적으로 가산성이 있으므로, 새로운 음원이 가해진 경우, 혹은 역으로 특정의 음원이 소실된 경우에도 L_{eq} 의 예측이 가능하다.

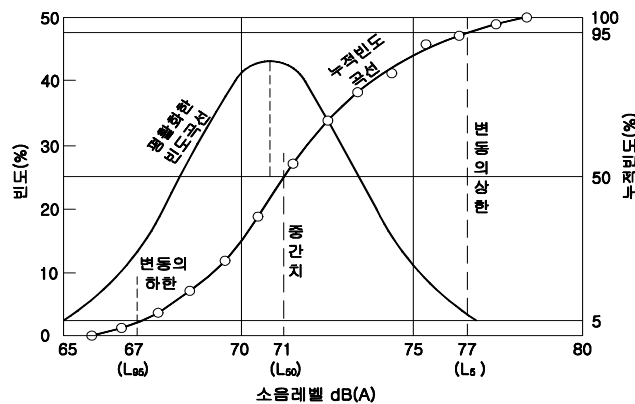
마. 주파수분석을 필요로 하지 않으므로 소음계만으로 측정이 가능하며, 고가인 장치를 필요로 하지 않는다.

바. 환경소음의 대표치로서는, 비교적 장시간(1일, 1개월, 1년 등)의 소음을 나타내는 것이 바람직하지만, L_{eq} 는 충격음과 같이 지속이 짧은 음으로부터 장시간의 환경소음까지 적용 가능하다.

그러나 L_{eq} 에는 레벨 변동의 요인이 포함되어 있지 않은 점, 단속음 및 간헐음 등에서는 L_{eq} 뿐만 아니라 단속비, 단속회수 등도 고려할 필요가 있는 점 등 엄밀히 말하면 L_{eq} 가 완벽한 것은 아니며, 상황에 따라 얼마간의 보정을 가하는 것도 필요하다고 사료된다. 따라서 등가소음레벨(L_{eq})은 국제표준화기구(ISO) 기준에서도 특별한 이유가 없는 한 기본적으로 등가소음레벨(L_{eq})을 이용하여 교통소음을 비롯한 일반 환경소음을 평가하도록 권유할 정도로 널리 이용되고 있다.

3. 騒音統計레벨(L_N : Percentile Noise Level)¹¹⁾

L_N 은 총 소음측정시간 중 10%, 50%, 90%를 초과하는 소음레벨을 L_{10} , L_{50} , L_{90} 기호로 나타낸다. L_{50} 은 총 측정시간이 5시간이라면 2.5시간을 초과했을 때의 소음레벨이다. [그림 2-13]과 같은 소음레벨의 누적도수 분포로부터 쉽게 구할 수 있다. 이 %값이 낮을수록 큰 레벨을 나타내어 $L_{10} > L_{50} > L_{90}$ 의 관계가 있다. 일반적으로 L_{90} , L_{50} , L_{10} 의 값은 각각 배경소음, 중앙값, 침입소음의 레벨값을 나타낸다.

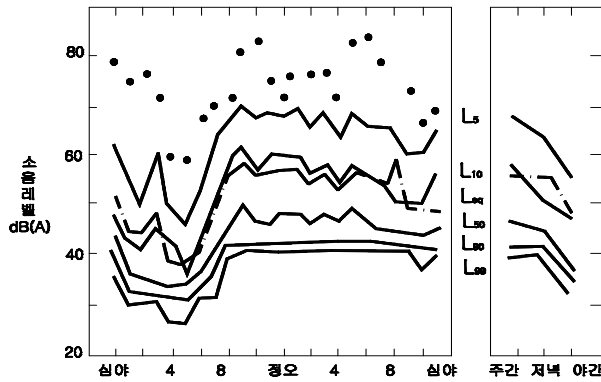


[그림 2-13] 소음레벨 누적도수 곡선

11) 韓國騒音振動工學會; 騒音振動便覽 -騒音編-, 同化技術, pp47~48

이 중 L_{50} 은 산출과정이 간단하며, 측정시간 중에 드물게 나타나는 특별한 음은 중앙치에 거의 영향을 미치지 않는 이점 때문에 일본에서는 환경기준뿐만 아니라, 소음 측정법 JIS Z8731도 이 중앙치 L_{50} 을 채택하고 있으며, L_{10} 은 교통소음의 평가량으로서 주민반응 등의 주관량과의 대응이 좋아 미국, 영국 등에서는 L_{10} 에 의해 교통소음 기준을 정하고 있다.

[그림 2-14]는 주거지역에서의 24시간 동안 측정한 소음을 등가소음레벨과 소음통계레벨의 값으로 나타낸 예이다.



[그림 2-14] 주거지역 24시간 소음레벨(K.M.Eldred)¹²⁾

한편 L_{eq} 와 L_N 과의 관계에 관해서는 다음과 같이 보고되고 있다.

$$\begin{aligned}
 L_{eq} &\approx L_{50} + 5 \\
 &= L_{50} + \frac{(L_{10} - L_{90})^2}{60}
 \end{aligned}
 \tag{식 2-16}$$

정규분포하는 자동차 소음의 경우에는

$$\begin{aligned}
 L_{eq} &\approx L_{10} - 1.28\sigma + 0.115\sigma^2 \\
 &= L_{50} + 0.115\sigma^2
 \end{aligned}
 \tag{식 2-17}$$

여기서, σ : 변동하는 소음레벨의 표준편차

12) 韓國騒音振動工學會, 『騒音振動便覽』, 1995. 12, pp47

4. 交通騒音指數(TNI : Traffic Noise Index)¹³⁾

도로상의 교통소음을 평가하는데 이용되는 지수이며, 이 척도는 Griffith와 Langdon에 의해 1968년 런던 시내의 도로에 면한 14개 주택지역의 사회조사와 소음측정 결과를 기초로 제안된 척도로, 교통소음을 인간의 반응과 관련시켜 정량적으로 구한 양이다. 이 TNI의 산출은 24시간동안 측정된 A보정 통계소음레벨 L_{10} , L_{90} 을 기준으로 하여 다음식과 같이 산출한다.

$$TNI = 4(L_{10} - L_{90}) + L_{90} - 30 \text{ [dB]} \quad \text{[식 2-18]}$$

이 식에서 우측의 첫 번째 $4(L_{10} - L_{90})$ 항은 소음변동의 크기에 대한 효과를, 배경소음이라 할 수 있는 두 번째 항의 L_{90} 을 이용하여 이 효과의 합이 전체 소음에 대한 효과가 되도록 조합한 것이다.

소음레벨이 정규분포하는 교통소음의 경우에 TNI , L_{10} , L_{eq} 를 비교하면 다음과 같다.

$$TNI = M + 0.89\sigma - 30 \quad \text{[식 2-19]}$$

$$L_{10} = M + 1.28\sigma \quad \text{[식 2-20]}$$

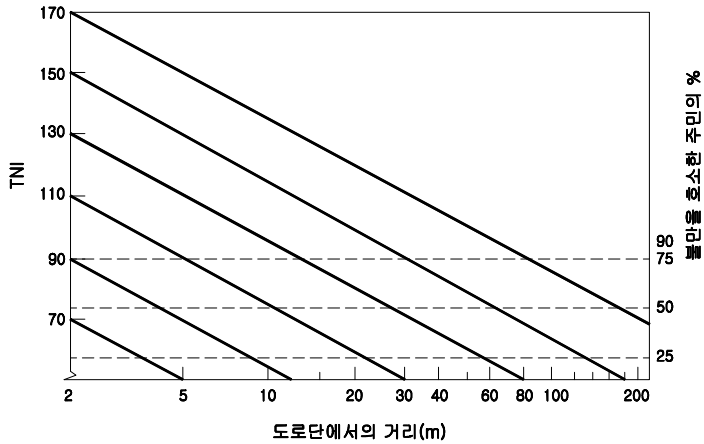
$$L_{eq} = M + 0.115\sigma^2 \quad \text{[식 2-21]}$$

여기서, M : 소음레벨의 산술평균 [dB(A)]

σ : 소음레벨 분포의 표준편차 [dB(A)]

[그림 2-15]은 TNI의 도로단에서 거리에 따른 감쇠를 나타낸 것으로, 산출된 TNI에 의해 도로와 건물과의 거리가 어느 정도이면 주민이 그 교통소음을 들어도 참을 수 있는가를 알 수 있다. 일반적으로 TNI값이 74정도이면 주민의 50% 이상이 교통소음에 대한 불만을 갖게 된다.

13) 韓國騒音振動工學會; 騒音振動便覽 -騒音編-, 同化技術, pp48~49



[그림 2-15] TNi의 거리감쇠¹⁴⁾

5. 交通騒音의 豫測

불규칙하면서 큰 폭으로 변동하는 소음레벨을 중앙값(L_{50})로 표시해 변동폭을 90%레인지로 나타내는 것이 JIS에 정해져 있으며, 법령이나 기준에서도 도로교통 소음은 원칙적으로 중앙치 L_{50} 으로 평가한다. 중앙치 L_{50} 을 예측하는 계산식으로 일본음향학회가 제안한 1열등간격 모델을 근거한 예측법이 많이 이용된다. 이것은 긴 일직선상을 같은 파워를 가진 점음원으로 간주되는 차가 등간격의 등속도로 주행하고 있는 것을 가정한 것으로 [식 2-22]와 같다.

$$L_{50} = PWL - 8 - 20 \log d + 10 \log d \left(\frac{\pi \cdot d}{S} \right) \left(\tan^{-2} \frac{2\pi \cdot d}{S} \right) + \alpha \quad [\text{식 2-22}]$$

14) 韓國騒音振動工學會, 『騒音振動便覽』, 1995. 12, pp48

PWL : 1대 차량에서 발생하는 소음의 평균 POWER LEVEL[dB(A)]

d : 음원에서까지의 거리(m)

s : 평균차두간격(m: $s=1000V/N$)

N : 교통량(대/hour)

V : 평균주행속도(km/h)

α : 보정치($\alpha_d + \alpha_i$)

α 는 거리감쇠 이외의 요인에 대한 보정치이며, 해석에 의한 보정치 α_d 와 연도 지표면 조건 등 요인에 의한 보정치 α_i 로부터 이루어진다.

[식 2-15]는 자동차 전용도로나 이에 준하는 도로에서 1시간당 1,000대 이상의 차량 30~100km/hr 정도의 속도로 정상적으로 주행하고 있는 경우에 그 연도로부터 약 100km까지의 지점 L_{10} 을 추정하기 위한 것이다.

PWL 은 V 및 차종혼입률(소형차 혼입률 α_1 , 대형차 혼입률 α_2 , $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$)로부터 $PWL = 87 + 0.2V + 10 \log_{10}(b_1 + 3.2b_2 + 16b_3)$ 로 추정된다.¹⁵⁾

15) 이규성 外 7人, “騒音振動工學”, 螢雪出版社, 1999. 3, pp162

第3章 測定方法 및 現況

第1節 概 要

도로 및 철도변 인구밀집지역에서 발생하는 교통소음은 지속적이며 불규칙적으로 발생하는 특성을 갖기 때문에 정온한 주거환경을 해치는 등 인근 주민들에게 많은 피해를 유발시키고 있는 실정이다. 따라서 도로교통소음에 대해 지형조건의 변화와 방음벽이 설치된 지역에서 수평적 전달 및 감쇠특성을 파악해보고자 하였으나 도심에서는 도로변의 여건상 연구 목적에 부합되는 측정지역과 조건을 확보하기 어렵고, 주변의 큰 암소음으로 인하여 측정하고자하는 도로교통소음의 특성을 파악하기 어려워 고속도로의 개활지 주변을 선정하여 지형별로 수평적 전달 및 감쇠특성을 파악하였다. 또한, 철도교통소음은 평지와 성토지, 절토지, 교량을 선정하여 지형별로 수평적 전달 및 감쇠특성을 파악하였다.

또한, 국내의 경우 급격한 산업화와 도시의 인구집중화로 인해 도심의 과밀현상이 심각해지고 있으며, 이로 인해 예전에는 도외시했던 도로 및 철도변에 많은 아파트가 건설되고 있는 실정이다. 따라서 늘어나는 도심의 교통량으로 인해 도로 및 철도변에 인접한 아파트 주민들로부터 많은 민원이 발생하고 있으며, 이를 해결하기 위한 방음대책으로 방음벽에 의한 대책, 방음독에 의한 대책, 방음림에 의한 대책 등 많은 대책들이 있는데, 그 중에서도 방음벽의 설치가 가장 중요한 환경사업의 일부를 차지하고 있는 실정이다. 따라서 교통소음의 수직적 전달 및 감쇠특성을 파악하기 위해 도로교통소음은 도심의 도로변에 위치한 고층 아파트를 대상으로 측정·분석하였으며, 철도교통소음은 철도변에 방음벽이 설치된 고층 아파트를 선정하여 수직적 전달 및 감쇠특성을 파악하였다.

최근 교통소음에 대한 관심과 여러 연구기관들의 연구가 이루어지고 있으나 여전히 교통소음에 대한 수평·수직적 전달특성과 영향 및 효율적인 방음대책에 관하여 체계적인 연구가 부족한 실정에 있어, 교통소음에 대한 효율적이고 합리적

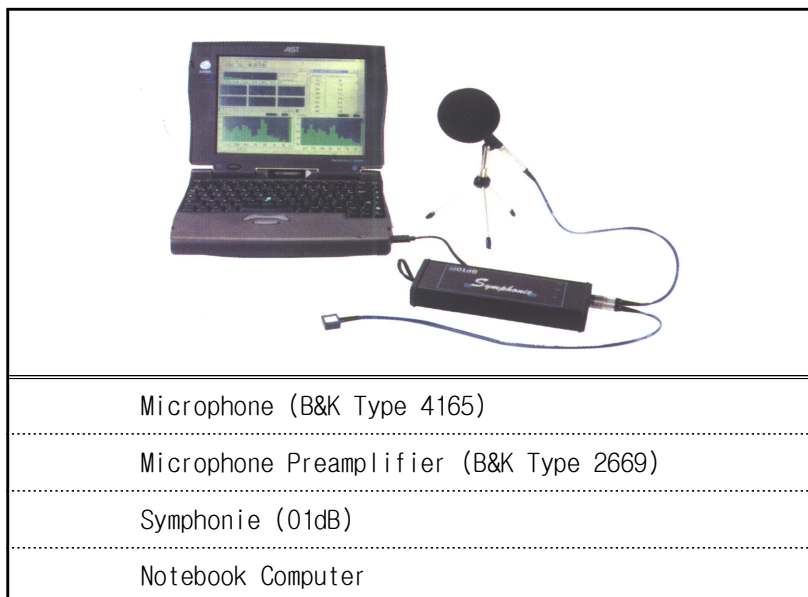
인 대책과 대안을 제시하는데 많은 어려움이 따르고 있다.

따라서 본 연구에서는 교통소음의 수평·수직적 전달 및 감쇠특성을 파악하고자 도로교통소음과 철도교통소음으로 구분하여 연구목적에 부합되는 측정지역과 지점을 선정하여 측정·분석하였다.

第2節 測定裝備 및 方法

1. 測定裝備

교통소음의 수평·수직적 전달 및 감쇠특성을 파악하기 위한 측정장비의 구성도¹⁶⁾는 [그림 3-1]과 같다.



[그림 3-1] 측정장비 구성도

16) 李秉潤, “建設騒音의 特性 및 豫測모델에 關한 研究”. 圓光大學校 大學院 博士學位論文, 2003. 2, PP28

[그림 3-1]과 같이 B&K(Type 4165) Microphone과 B&K(Type 2669) Microphone Pre-amplifier로 들어오는 신호를 Symphonie(01dB)로 현장에서 측정하여 dB(A)값으로 분석하였다. 또한 교통소음의 평가는 주민반응 등 주관량과의 대응이 좋아 국내 환경정책기본법에서 채택하고 있는 등가소음레벨(L_{eq})을 적용하였다.

2. 測定方法

교통소음의 수평·수직적 전달 및 감쇠특성을 파악하기 위한 수평적 교통소음의 측정은 Microphone을 지면으로 부터 1.2m 높이와 소음원 방향으로 유지하였으며, 반사음 등의 영향을 최소화하기 위해 측정자와 주변물체로 부터 최소한 50cm이상의 거리를 이격시켜 측정하였다. 또한, 수직적 교통소음의 측정은 Microphone을 측정높이에 따라 수평적 교통소음의 측정방법과 동일한 조건을 유지하여 소음진동공정시험법에 준하여 측정하였다.

측정 및 분석기간은 2004년 01월 05일 부터 2005년 9월 30일까지의 기간에 비교적 교통량의 변동이 적다고 판단되는 평일을 대상으로 주간(06:00~22:00)을 기준으로 최대한 주변의 특정 암소음과 측정에 큰 영향을 줄 수 있다고 판단되는 요소를 피하여 측정하였다.

第3節 測定現況

1. 水平的 交通騒音의 測定地域 및 現況

가. 道路交通騒音

(1) 測定地域 및 現況

측정지역은 호남고속도로 SJ I/C~SC I/C 구간으로 평지, 절토지, 성토지, 방음벽+성토지의 서로 다른 4개 측정지역을 선정하여 각 측정지점별로 측정하였다.

측정지역은 [그림 3-2]와 같고, 측정지역의 현황은 [그림 3-3]과 같다.



[그림 3-2] 수평적 도로교통소음 측정지역



(a) 평지



(b) 절토지



(c) 성토지



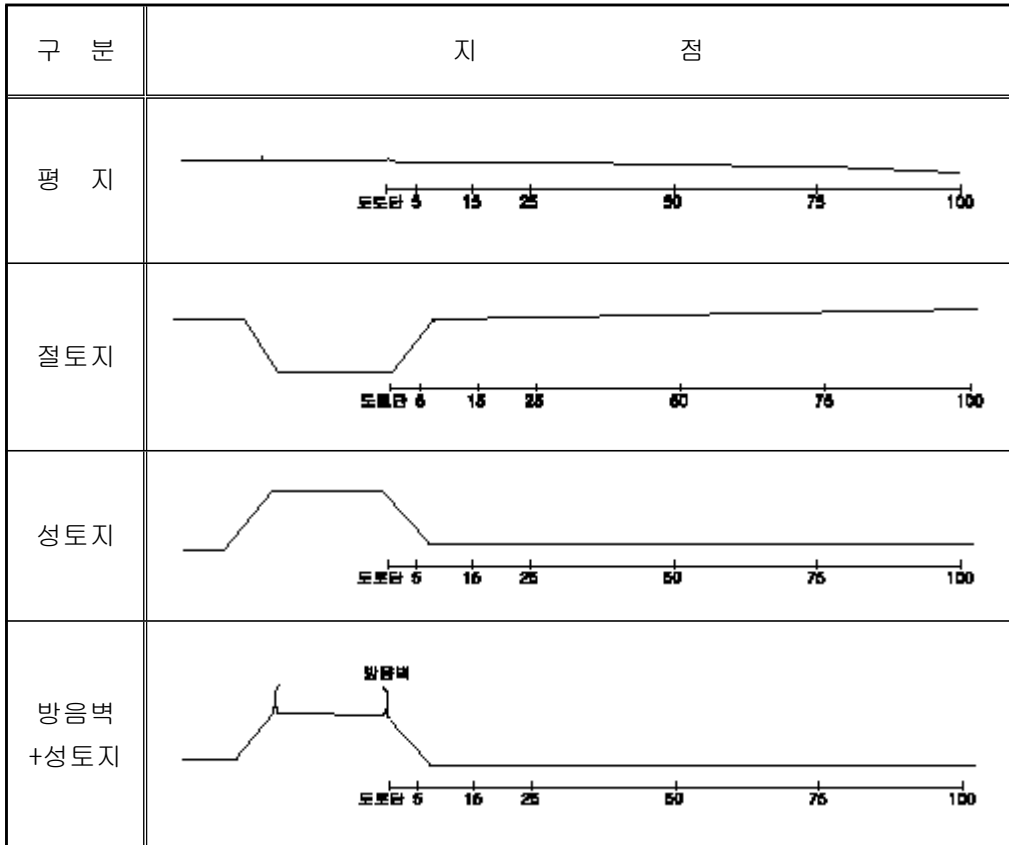
(d) 방음벽+성토지

[그림 3-3] 수평적 도로교통소음 측정지역 현황

(2) 測定地點

[표 3-1]과 같이 측정지점은 측정지역별로 도로단, 5, 15, 25, 50, 75, 100m의 7개 지점에서 5분간 2회 측정하여 분석하였다.

[표 3-1] 수평적 도로교통소음 측정지역 단면형태



[표 3-1]에서 보면 평지는 인접지역과 같은 높이에 도로면이 형성된 형태이며, 절토지는 인접지역보다 낮게 도로면이 형성된 야산이나 언덕을 가로지르는 형태를 나타내고 있다. 또한, 성토지는 인접지역보다 높게 도로면이 형성된 농경지나 개활지의 형태이고, 방음벽+성토지는 성토지에 방음벽이 설치된 형태로 인접지역에 주거지 등 소음으로 인한 피해가 발생할 우려가 있는 지역이다.

(3) 交通量 分析

왕복 4차선인 고속도로에서 5분 동안 측정된 평균 교통량을 분석해 보면 [표 3-2]와 같다.

[표 3-2] 수평적 도로교통소음 측정지역 교통량 분석

구 분		평균 교통량	차량대수(대/5분)
소 형	승용차		116
	트럭		36
	버 스		9
대 형	트럭		11
	버 스		16
	특수차		4

나. 鐵道交通騒音

(1) 測定地域 및 現況

측정지역은 전남 S시의 전라선 D역~S역 구간으로 평지, 절토지, 성토지, 교량의 서로 다른 4개 측정지역을 선정하여 각 측정지점별로 측정하였다. 측정지역은 [그림 3-4]와 같고, 측정지역의 현황은 [그림 3-5]와 같다.



[그림 3-4] 수평적 철도교통소음 측정지역



(a) 평지



(b) 절토지



(c) 성토지



(d) 교량

[그림 3-5] 수평적 철도교통소음 측정지역 현황

(2) 測定地點

[표 3-3]과 같이 측정지점은 철도변으로부터 10, 20, 30, 50, 75, 100m의 6개 지점에서 새마을호와 무궁화호를 대상으로 각 측정지점별로 30초간 측정하여 분석하였다.

[표 3-3] 수평적 철도교통소음 측정지역 단면형태

구 분	지 점
평 지	
절토지	
성토지	
교 량	

2. 垂直的 交通騒音의 測定地域 및 現況

가. 道路交通騒音

(1) 測定地域 및 現況

측정지역은 전남 S시의 도로변에 위치한 고층아파트를 대상으로 하였으며, 측정 지역의 위치 및 현황은 [그림 3-6]과 같다.



(a) C APT



(b) H APT



(c) B APT



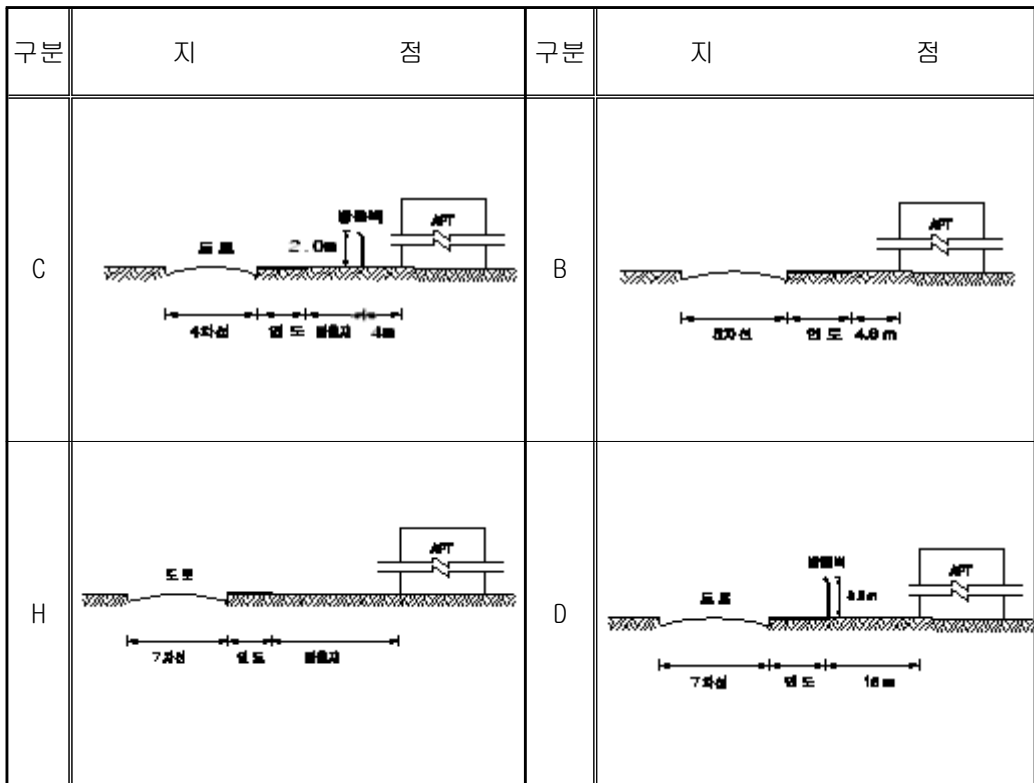
(d) D APT

[그림 3-6] 수직적 도로교통소음 측정지역 및 현황

(2) 測定地點

[표 3-4]와 같이 측정지점은 측정지역별로 도로단, 아파트 1층~15층의 16개 지점에서 5분간 2회 측정하여 분석하였다.

[표 3-4] 수직적 도로교통소음 측정지역 단면형태



[표 3-4]에서 보면 H아파트는 7차선 도로와 아파트 사이에 20m정도의 완충지가 설치되어 있으며, B아파트는 완충지가 없이 5차선 도로와 아파트 사이에 부지경계선이 있는 형태이다. 또한, C, D아파트는 각각 부지경계선에 흡음형 방음벽이 설치되어 있다.

(3) 交通量 分析 및 防音壁 形態

교통량 및 대형차 혼입률 등 측정지역의 교통량 분석은 [표 3-5]와 같고, 방음벽의 형태는 [그림 3-7]과 같이 흡음형 방음벽이 설치되어 있다.

[표 3-5] 수직적 도로교통소음 측정지역 교통량 분석

현 황 측정지역	차선	교통량(대/5분)		혼입률 (%)	방음벽 유무
		소형차	대형차		
C	4	76	5	6.2	유
H	7	107	15	12.3	무
B	5	121	11	8.3	무
D	7	159	33	17.2	유



(a) C APT



(b) D APT

[그림 3-7] 수직적 도로교통소음 측정지역 방음벽 형태

나. 鐵道交通騒音

(1) 測定地域 및 現況

측정지역은 전라선구간 중 전남 S시의 도심을 통과하는 구간으로서 인접 S역으로부터 약 1km정도 떨어져 있는 K아파트 지역을 선정하여 측정하였다. 측정지역은 [그림 3-8]과 같고, 측정지역의 현황은 [그림 3-9]와 같다.



[그림 3-8] 수직적 철도교통소음 측정지역

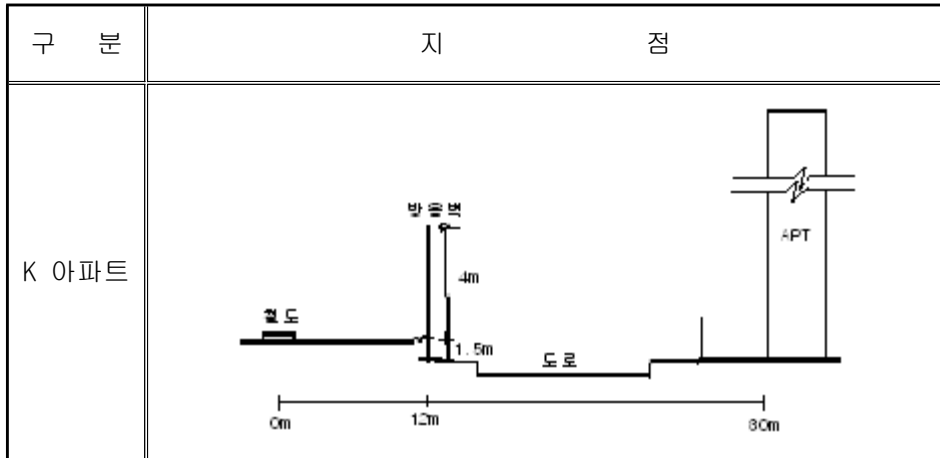


[그림 3-9] 수직적 철도교통소음 측정지역 현황

(2) 測定地點

[표 3-6]과 같이 측정지점은 철도중심선으로부터 30m지점에 위치한 K아파트의 1층~15층까지 15개 지점에서 30초간 측정하여 분석하였다.

[표 3-6] 수직적 철도교통소음 측정지역 단면형태



(3) 防音壁 形態

측정지역의 방음벽 형태는 [그림 3-10]과 같이 흡음형 방음벽이 설치되어 있다.



[그림 3-10] 수직적 철도교통소음 측정지역 방음벽 형태

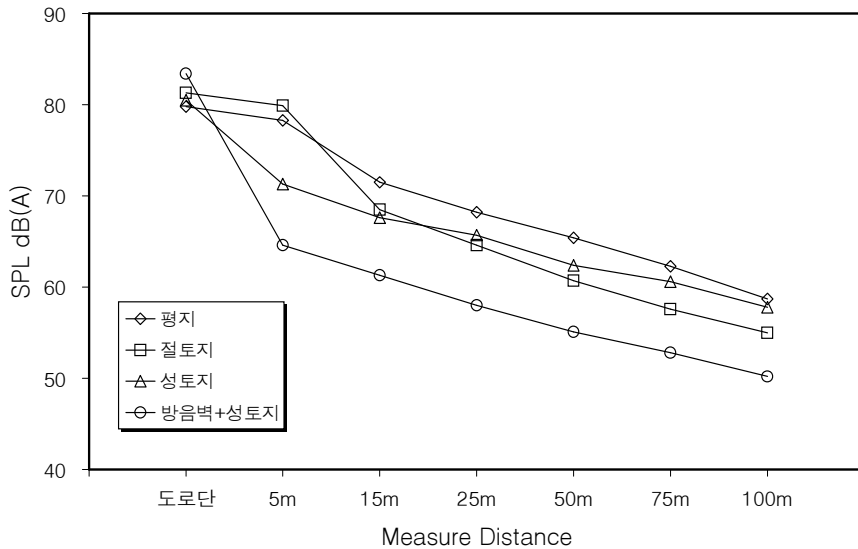
第4章 結果 및 考察

第1節 交通騒音의 水平的 傳達 및 減衰特性

1. 道路交通騒音

가. 測定地域의 音壓레벨 分布特性

측정지역의 측정지점에 따른 음압레벨 분포특성을 비교해 보면 [그림 4-1]과 같고, dB(A)값은 [표 4-1]과 같다.



[그림 4-1] 측정지역 음압레벨 분포특성

[표 4-1] 측정지역 음압레벨[dB(A)]

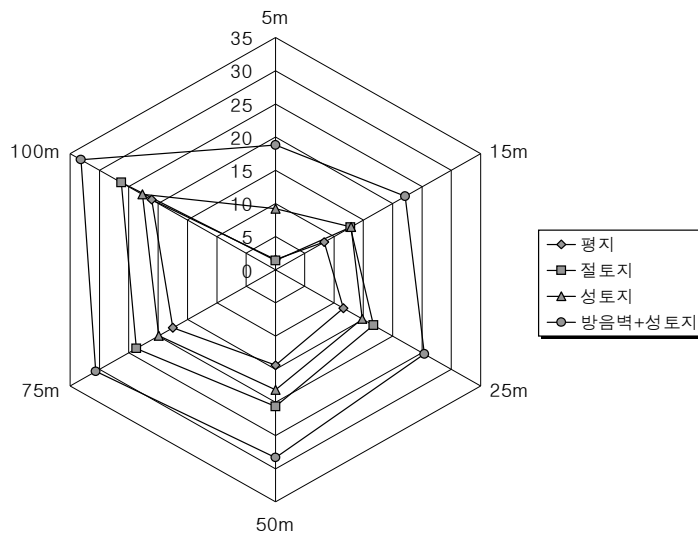
측정지점 측정지역	도로단	5m	15m	25m	50m	75m	100m
평 지	79.8	78.3	71.5	68.2	65.4	62.3	58.7
절토지	81.3	79.9	68.5	64.6	60.7	57.6	55.0
성토지	80.5	71.3	67.6	65.7	62.4	60.6	57.8
방음벽+성토지	83.4	64.6	61.3	58.0	55.1	52.8	50.2

[그림 4-1], [표 4-1]에서 측정지역의 음압레벨 분포특성을 측정지점별로 분석해보면 평지와 절토지, 성토지와 방음벽+성토지가 유사한 패턴을 보여주고 있다. 평지와 절토지는 5m지점과 15m지점에서 거리감쇠가 큰 반면, 성토지와 방음벽+성토지는 도로단과 5m지점에서 가장 큰 거리감쇠가 나타나고 있으며, 15m이후의 지점에서는 일정하게 감쇠하는 음압레벨 분포특성을 보여주고 있다. 특히, 절토지의 경우 5m지점은 도로면에 직접 노출되어 있어 도로단과 유사한 음압레벨을 나타내고 있으며, 15m지점에서는 큰 감쇠를 나타내고 있어 절토지가 소음을 차단해 주기 때문에 사료된다. 또한, 성토지는 5m지점에서 도로단에 비해 비교적 작은 음압레벨을 나타내고 있으며, 그 이후의 지점에서는 다른 지형에 비해 완만한 음압레벨 감쇠를 보이는 것은 음의 굴절 등의 특성 때문이라고 사료된다.

나. 測定地域의 距離減衰 特性

(1) 道路端基準 音壓레벨 減衰特性

도로교통소음의 음압레벨 감쇠특성을 파악하기 위해 측정지역에 따라 도로단을 기준으로 분석해 보면 [그림 4-2]와 같고, 음압레벨 감쇠치[dB(A)]는 [표 4-2]와 같다.



[그림 4-2] 도로단기준 음압레벨 감쇠특성

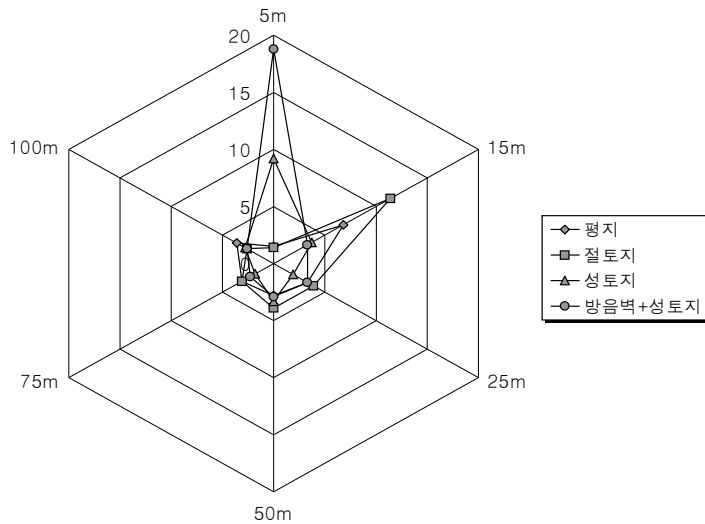
[표 4-2] 도로단기준 음압레벨 감쇠치[dB(A)]

측정지점 측정지역	5m	15m	25m	50m	75m	100m
평 지	1.5	8.3	11.6	14.4	17.5	21.1
절토지	1.4	12.8	16.7	20.6	23.7	26.3
성토지	9.2	12.9	14.8	18.1	19.9	22.7
방음벽+성토지	18.8	22.1	25.4	28.3	30.6	33.2

[그림 4-2], [표 4-2]에서 도로단을 기준으로 측정지역의 거리감쇠특성을 보면 5m지점에서 평지와 절토지는 거리감쇠가 매우 작게 나타나고 있는 반면, 성토지와 방음벽+성토지는 큰 거리감쇠 특성을 보여주고 있다. 또한, 전반적으로 측정거리가 멀어질수록 방음벽+성토지, 절토지, 성토지, 평지 순으로 거리감쇠가 나타나고 있으며, 100m지점에서 각각 33.2dB(A), 26.3dB(A), 22.7 dB(A), 21.1dB(A)의 거리감쇠가 나타나고 있음을 알 수 있다.

(2) 測定地點別 音壓레벨 減衰特性

측정지역의 각 측정지점별 감쇠특성을 분석해 보면 [그림 4-3]과 같고, 각 측정지점별 음압레벨 감쇠치[dB(A)]는 [표 4-3]과 같다.



[그림 4-3] 측정지점별 음압레벨 감쇠특성

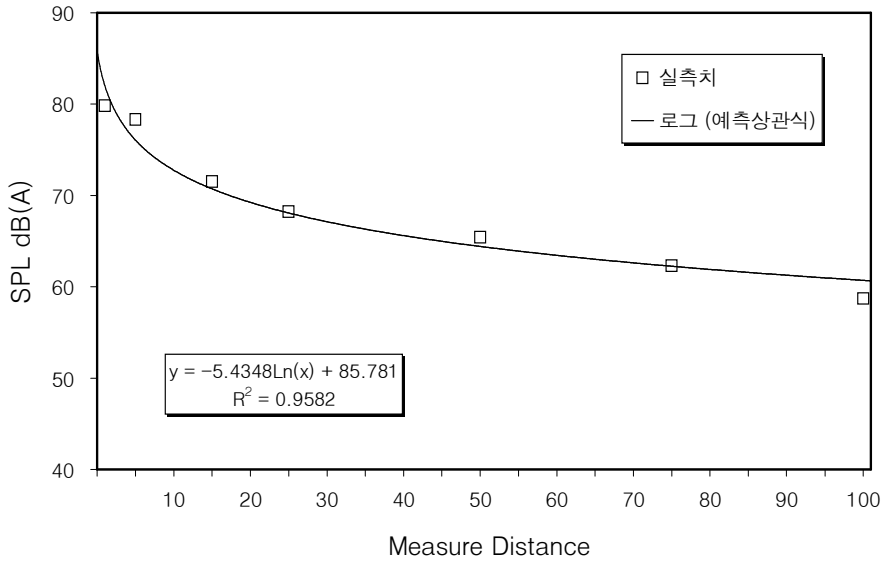
[표 4-3] 측정지점별 음압레벨 감쇠치[dB(A)]

측정지점 측정지역	5m	15m	25m	50m	75m	100m
평 지	1.5	6.8	3.3	2.8	3.1	3.6
절토지	1.4	11.4	3.9	3.6	3.1	2.6
성토지	9.2	3.7	1.9	3.3	1.8	2.8
방음벽+성토지	18.8	3.3	3.3	2.9	2.3	2.6

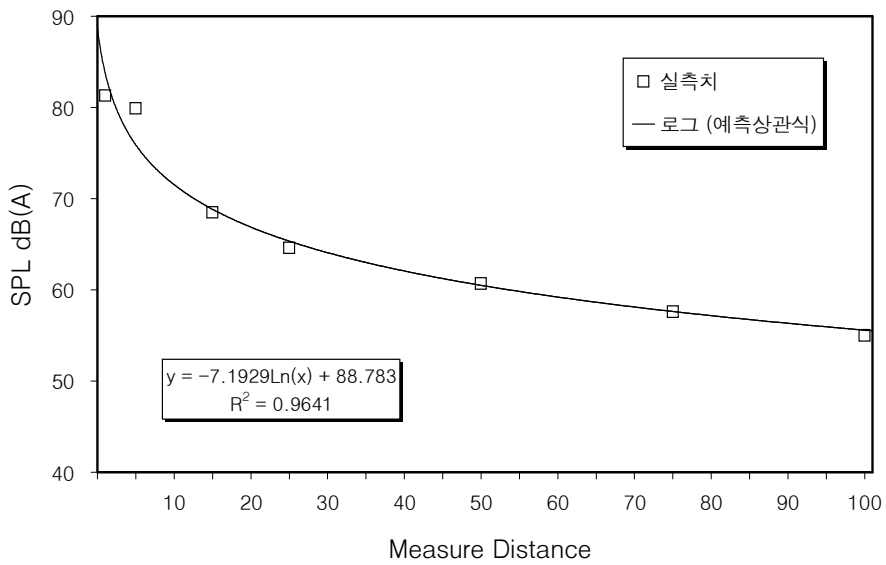
[그림 4-3], [표 4-3]에서 평지와 절토지의 경우 5m지점에서는 거리감쇠가 매우 작게 나타나고 있으며, 15m지점에서 각각 6.8dB(A), 11.4dB(A)의 큰 거리감쇠를 보여주고 있는 반면, 성토지와 방음벽+성토지의 경우에는 도로단과 5m지점에서 각각 9.2dB(A), 18.8dB(A)의 큰 거리감쇠 특성을 나타내고 있어, 평지와 절토지의 거리감쇠 특성과는 차이가 있음을 알 수 있다. 따라서 방음벽을 설치했을 경우 방음벽 후면의 음압레벨이 급격히 감쇠하고 있어 효과적인 방음대책임을 알 수 있다. 또한 모든 측정지역의 15m이후의 측정지점에서 거리감쇠 특성은 1.8~3.9dB(A)의 적은 감쇠특성을 나타내고 있다.

다. 豫測相關式

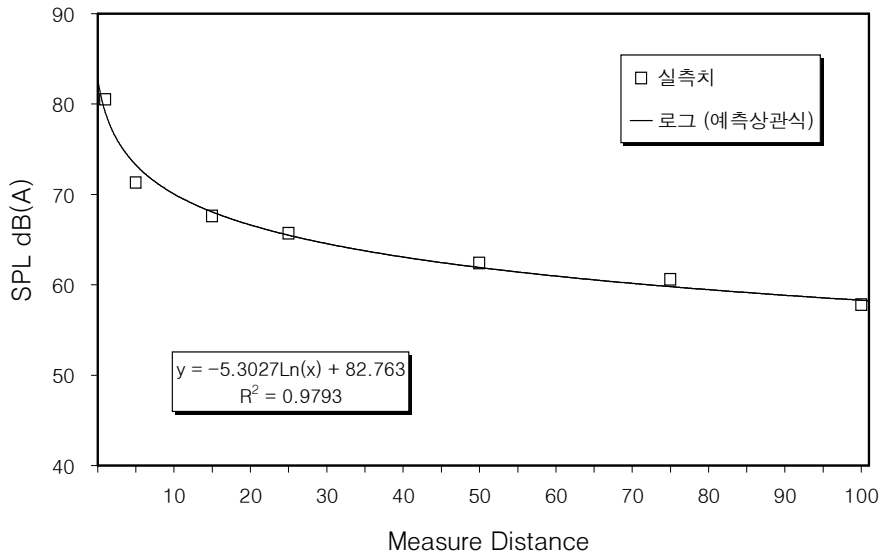
측정지역의 각 측정지점에서 측정된 음압레벨을 이용하여 예측해 보면 [그림 4-4]와 같으며, 실측치[dB(A)]와 예측상관식에 의한 예측치[dB(A)]를 비교해 보면 [표 4-4]와 같다.



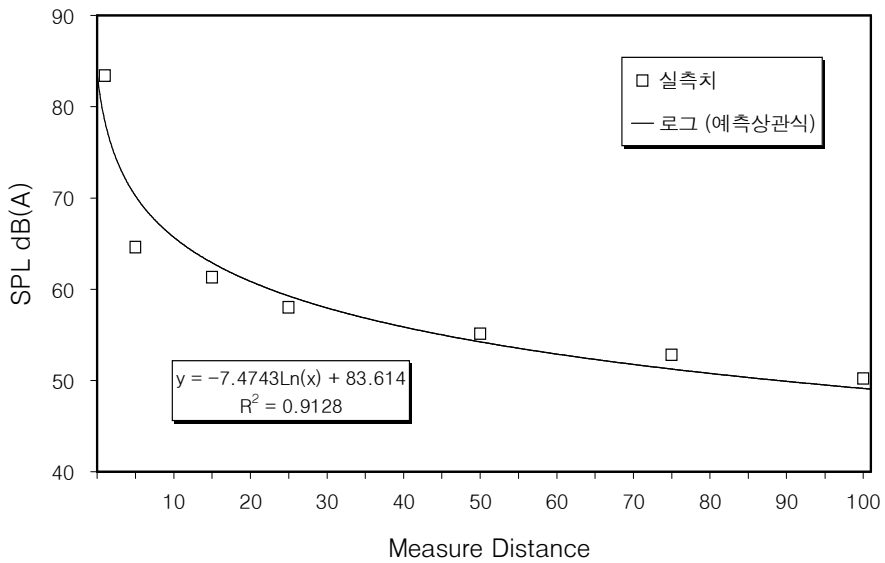
(a) 평지



(b) 절토지



(c) 성토지



(d) 방음벽+성토지

[그림 4-4] 측정지역 예측상관식

[표 4-4] 측정지역 실측dB(A)와 예측dB(A) 비교

측정지점 측정지역		도로단	5m	15m	25m	50m	75m	100m
		평 지	실측	79.8	78.3	71.5	68.2	65.4
예측	85.8		77.0	71.1	68.2	64.5	62.3	60.8
차이	-6.0		1.3	0.4	0.0	0.9	0.0	2.1
절토지	실측	81.3	79.9	68.5	64.6	60.7	57.6	55.0
	예측	88.8	77.2	69.3	65.6	60.6	57.7	55.7
	차이	-7.5	2.7	-0.8	-1.0	0.1	-0.1	-0.7
성토지	실측	80.5	71.3	67.6	65.7	62.4	60.6	57.8
	예측	82.8	74.2	68.4	65.7	62.0	59.9	58.3
	차이	-2.3	-2.9	-0.8	0.0	0.4	0.7	-0.5
방음벽 +성토지	실측	83.4	64.6	61.3	58.0	55.1	52.8	50.2
	예측	83.6	71.6	63.4	59.6	54.4	51.3	49.2
	차이	-0.2	-7.0	-2.1	-1.6	0.7	1.5	1.0

[그림 4-4], [표 4-4]에서 보면 모든 측정지역에서 설명력이 91.0%이상 높게 나타나고 있으며, 측정거리가 멀어짐에 따라 일정한 로그함수적인 감쇠특성을 보이는 것으로 나타났다. 또한, 실측치와 예측상관식에 의한 예측치를 비교하여 음압레벨 차이를 보면 도로단에서 평지는 -6.0dB(A), 절토지는 -7.5dB(A), 5m지점에서 방음벽+성토지는 -7.0dB(A)로 크게 나타나고 있으며, 모든 측정지역의 15m 이후 측정지점에서는 예측치와 실측치가 근사한 값으로 예측되어지고 있다.

따라서 이러한 결과를 토대로 측정지역별 거리에 따른 많은 측정이 이루어지면 보다 정확하고 신뢰성 있는 예측치를 제안할 수 있을 것으로 사료된다.

2. 鐵道交通騒音

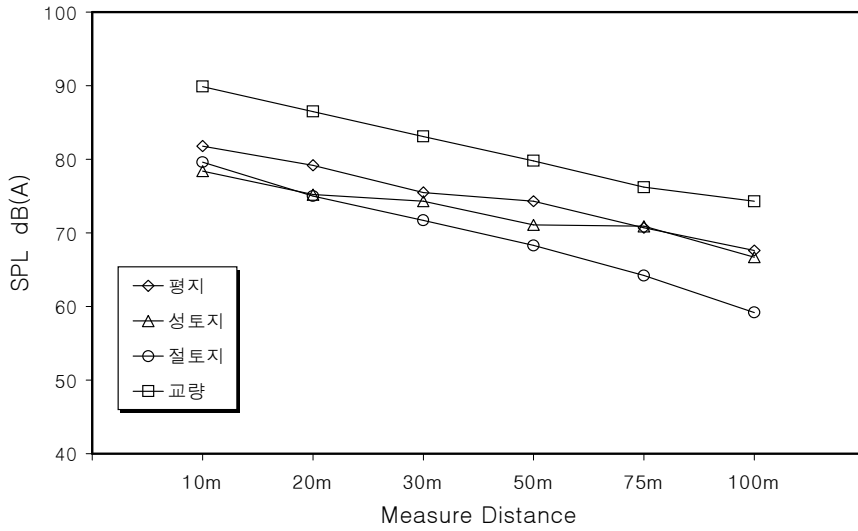
가. 測定地域의 音壓레벨 分布特性

측정지역의 측정지점 음압레벨 분포특성을 각 열차별로 비교해 보면 [그림 4-5]와 같고, dB(A)값은 [표 4-5]와 같다.

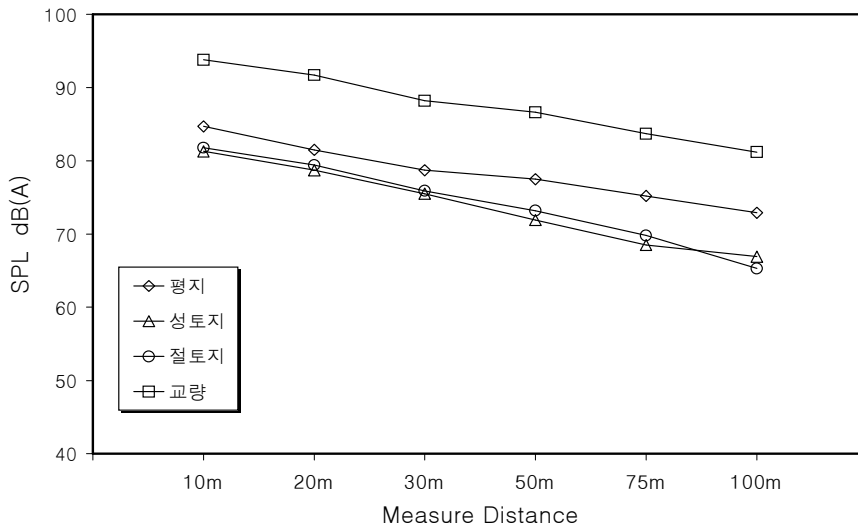
[표 4-5] 측정지역 음압레벨[dB(A)]

열차	측정 지역	측정지점					
		10m	20m	30m	50m	75m	100m
새마을호	평 지	81.8	79.2	75.5	74.3	70.7	67.6
	절토지	79.6	75.0	71.7	68.3	64.2	59.2
	성토지	78.4	75.2	74.3	71.1	70.9	66.7
	교 량	89.9	86.5	83.1	79.8	76.2	74.3
무궁화호	평 지	84.7	82.5	78.7	77.5	75.2	72.9
	절토지	81.8	79.4	75.9	73.2	69.8	65.3
	성토지	81.3	78.7	75.5	71.9	68.5	66.9
	교 량	93.8	91.7	88.2	86.6	83.7	81.2

[그림 4-5], [표 4-5]에서 음압레벨 분포특성을 보면 새마을호와 무궁화호 모두 음압레벨이 가장 높은 지역은 교량이며, 가장 낮은 지역은 성토지로 나타나고 있다. 또한, 거리감쇠특성은 새마을호와 무궁화호가 유사한 특성을 보이고 있으며, 절토지가 다른 지역에 비해 큰 거리감쇠를 보여주고 있다. 교량의 경우 절토지보다 새마을호는 10.3~15.1dB(A), 무궁화호는 12.0~15.9dB(A)로 높은 음압레벨을 나타내는 특성을 보여주고 있다.



(a) 새마을호

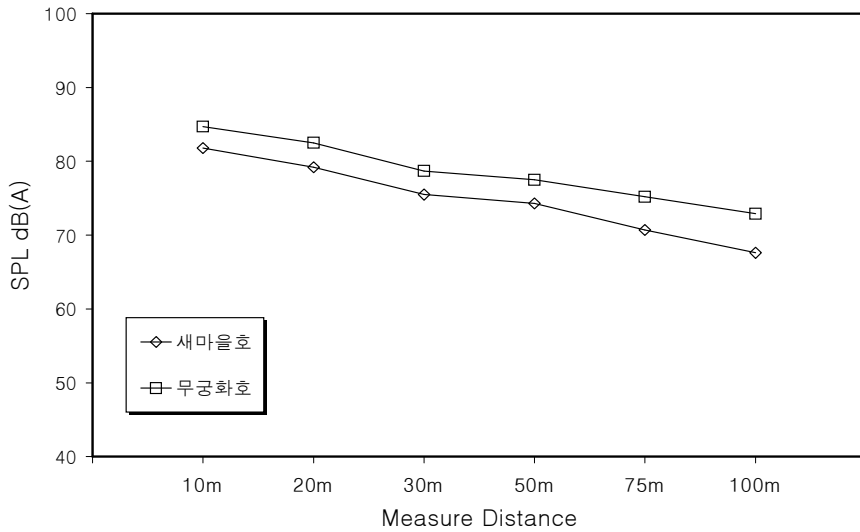


(b) 무궁화호

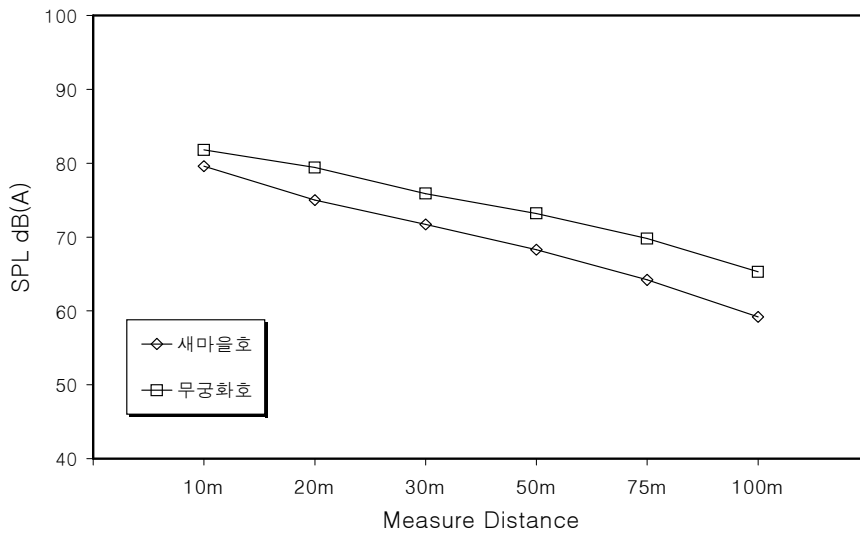
[그림 4-5] 측정지역 음압레벨 분포특성

나. 測定地域別 音壓레벨 比較

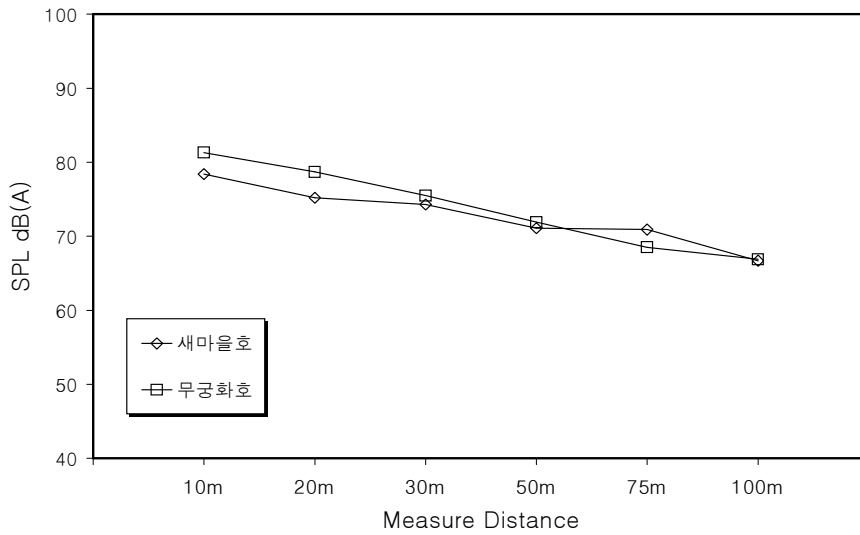
각 열차별 측정지점의 음압레벨을 측정지역별로 비교해 보면 [그림 4-6]과 같다.



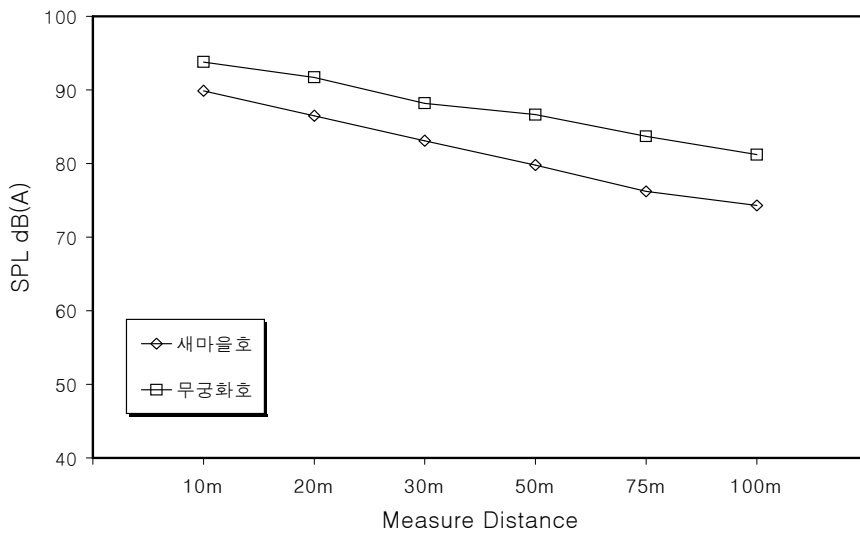
(a) 평 지



(b) 철도지



(c) 성토지



(d) 교량

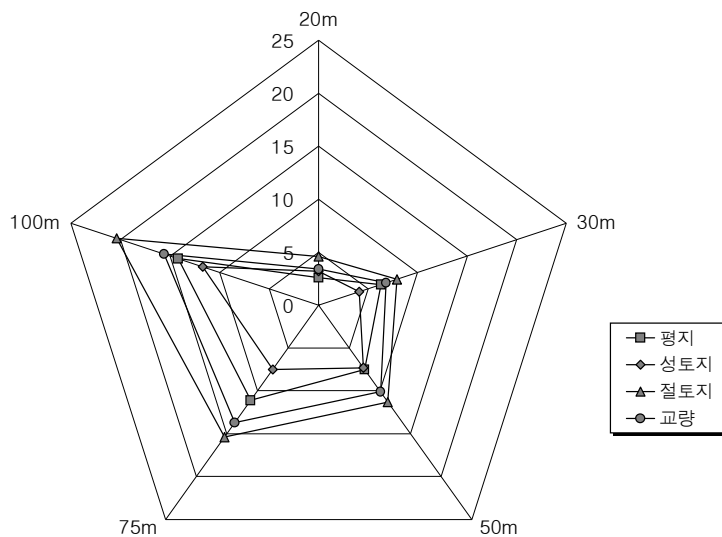
[그림 4-6] 측정지역별 음압레벨 비교

[그림 4-6]에서 보면 전 측정지역의 측정지점에서 새마을호가 무궁화호에 비해 평지는 2.9~5.3dB(A), 절토지는 2.2~6.1dB(A), 성토지는 -2.4~3.5dB(A), 교량은 3.9~7.5dB(A)로 낮은 음압레벨을 보여주고 있다. 따라서 저소음-저진동형으로 개발된 새마을호의 음압레벨이 무궁화호의 음압레벨보다 낮게 나타나고 있음을 보여주고 있다.

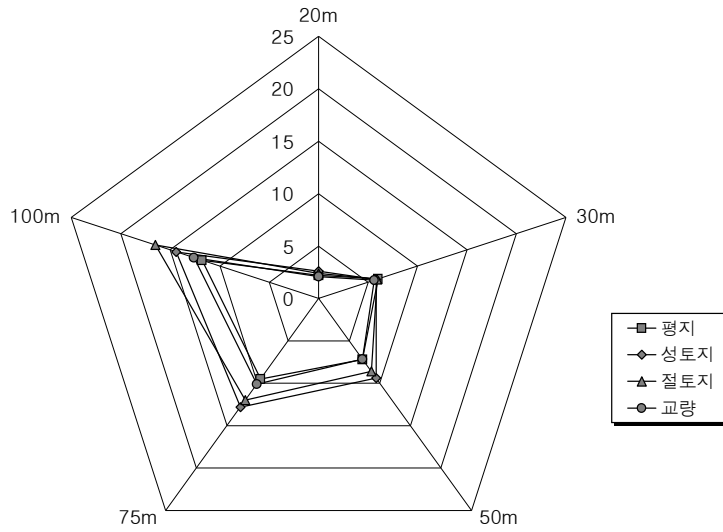
다. 測定地域의 距離減衰 特性

(1) 10m地點基準 音壓레벨 減衰特性

철도교통소음의 음압레벨 감쇠특성을 파악하기 위해 측정지역에 따라 10m지점을 기준으로 분석해 보면 [그림 4-7]과 같고, 음압레벨 감쇠치[dB(A)]는 [표 4-6]과 같다.



(a) 새마을호



(b) 무궁화호

[그림 4-7] 10m지점기준 음압레벨 감쇠특성

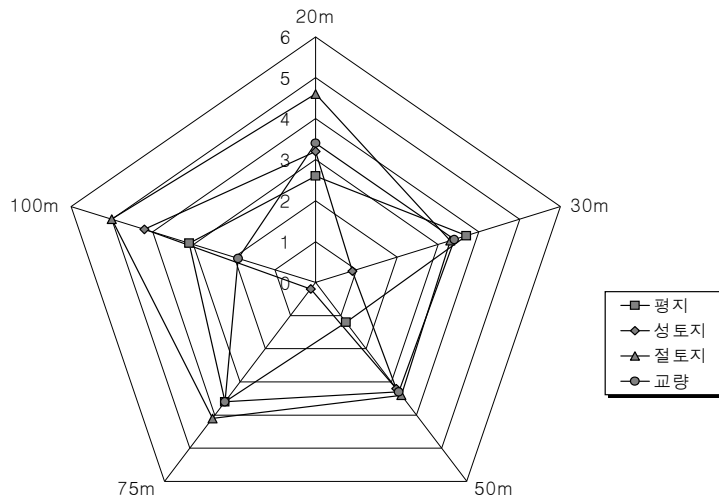
[표 4-6] 10m지점기준 음압레벨 감쇠치 [dB(A)]

측정 열차	측정 지역	측정지점	20m	30m	50m	75m	100m
		평 지	2.6	6.3	7.5	11.1	14.2
새마을호	절토지	4.6	7.9	11.3	15.4	20.4	
	성토지	3.2	4.1	7.3	7.5	11.7	
	교 량	3.4	6.8	10.1	13.7	15.6	
	평 지	2.2	6.0	7.2	9.5	11.8	
무궁화호	절토지	2.4	5.9	8.6	12.0	16.5	
	성토지	2.6	5.8	9.4	12.8	14.4	
	교 량	2.1	5.6	7.2	10.1	12.6	

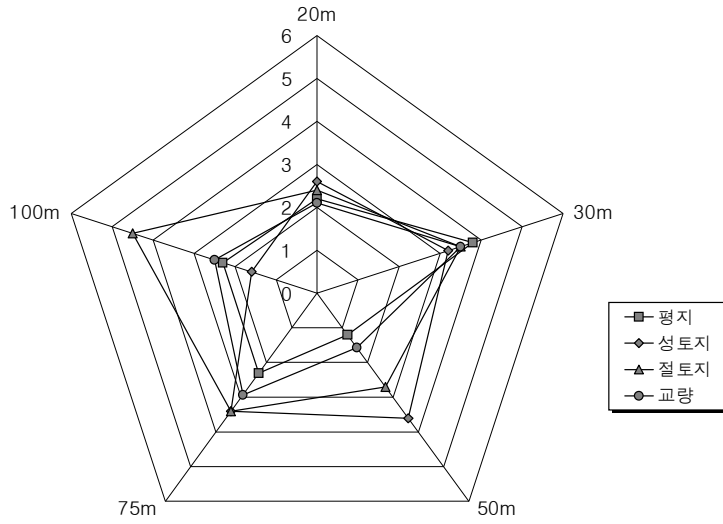
[그림 4-7], [표 4-6]에서 도로단을 기준으로 각 측정지점의 음압레벨 감쇠특성을 비교해 보면 새마을호가 무궁화호에 비해 큰 거리감쇠를 나타내고 있으며, 새마을호와 무궁화호 모두 절토지의 100m지점에서 각각 20.4dB(A), 16.5dB(A)로 가장 큰 거리감쇠를 보여주고 있다. 또한, 새마을호는 절토지, 교량, 평지, 성토지 순으로, 무궁화호는 절토지, 성토지, 교량, 평지 순으로 큰 거리감쇠를 나타내고 있다.

(2) 測定地點別 音壓레벨 減衰特性

측정지역의 측정지점별 음압레벨 감쇠특성을 분석해 보면 [그림 4-8]과 같고, 각 측정지점별 음압레벨 감쇠치[dB(A)]는 [표 4-7]과 같다.



(a) 새마을호



(b) 무궁화호

[그림 4-8] 측정지점별 음압레벨 감쇠특성

[표 4-7] 측정지점별 음압레벨 감쇠치[dB(A)]

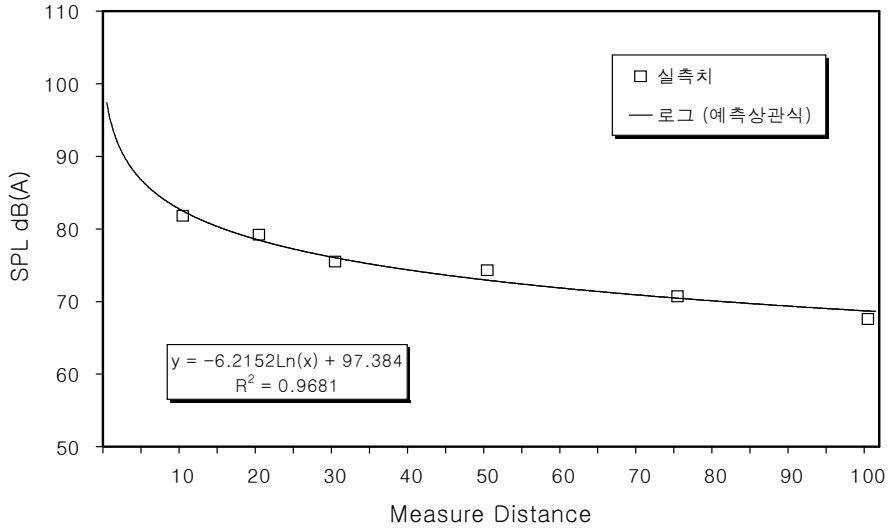
측정 열차	측정지점 지역	20m	30m	50m	75m	100m
		평 지	2.6	3.7	1.2	3.6
새마을호	절토지	4.6	3.3	3.4	4.1	5.0
	성토지	3.2	0.9	3.2	0.2	4.2
	교 량	3.4	3.4	3.3	3.6	1.9
	평 지	2.2	3.8	1.2	2.3	2.3
무궁화호	절토지	2.4	3.5	2.7	3.4	4.5
	성토지	2.6	3.2	3.6	3.4	1.6
	교 량	2.1	3.5	1.6	2.9	2.5

[그림 4-8], [표 4-7]에서 새마을호와 무궁화호 모두 절토지의 100m지점에서 각각 5.0dB(A), 4.5dB(A)의 가장 큰 감쇠가 나타나고 있다. 또한, 새마을호 평지의 30m지점과 무궁화호 성토지 50m지점에서 각각 3.7dB(A), 3.6dB(A)의 큰 감쇠특성을 나타내고 있는 반면, 새마을호 성토지 75m지점에서 0.2dB(A)로 가장 적은 감쇠를 나타내고, 평지 50m지점은 새마을호 무궁화호 모두 1.2dB(A)의 가장 작은 감쇠특성을 보여주고 있다.

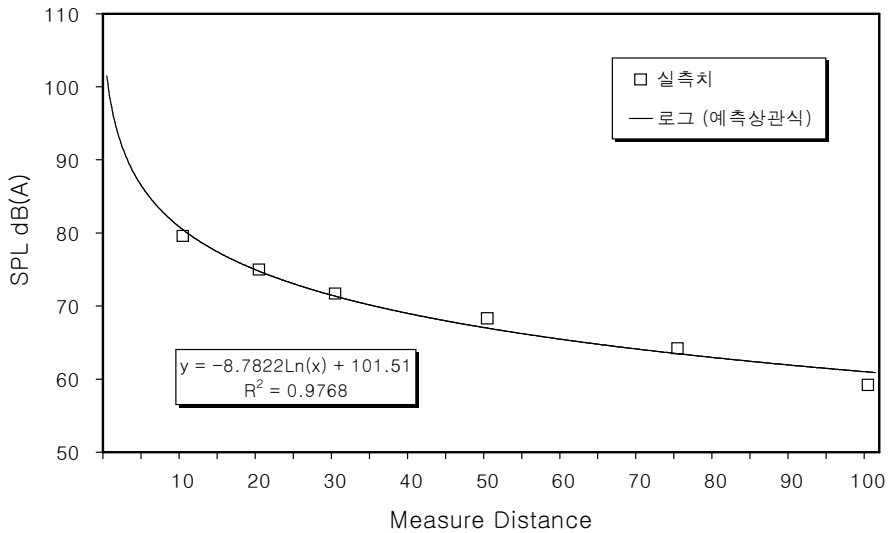
라. 豫測相關式

(1) 새마을호

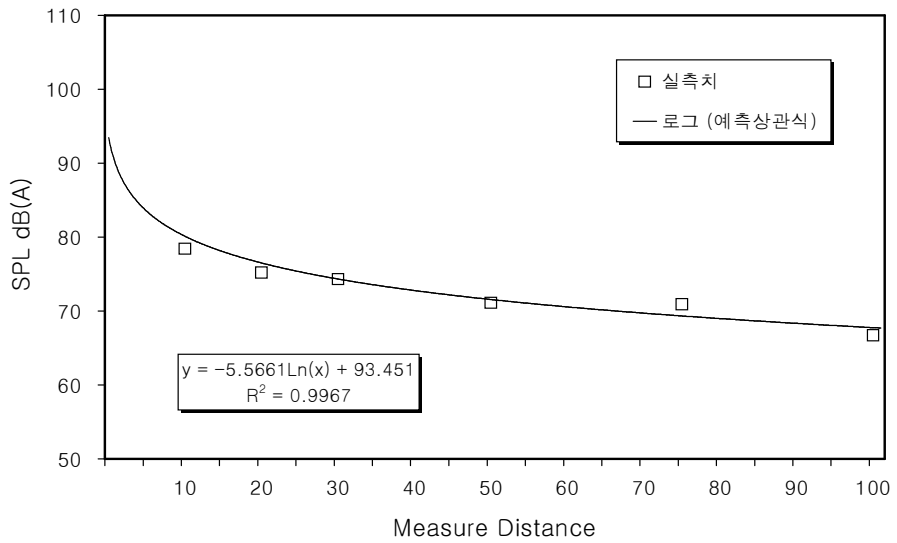
새마을호의 각 측정지역 음압레벨을 이용하여 예측하면 [그림 4-9]와 같고, 실측치[dB(A)]와 예측상관식에 의한 예측치[dB(A)]를 비교하면 [표 4-8]과 같다.



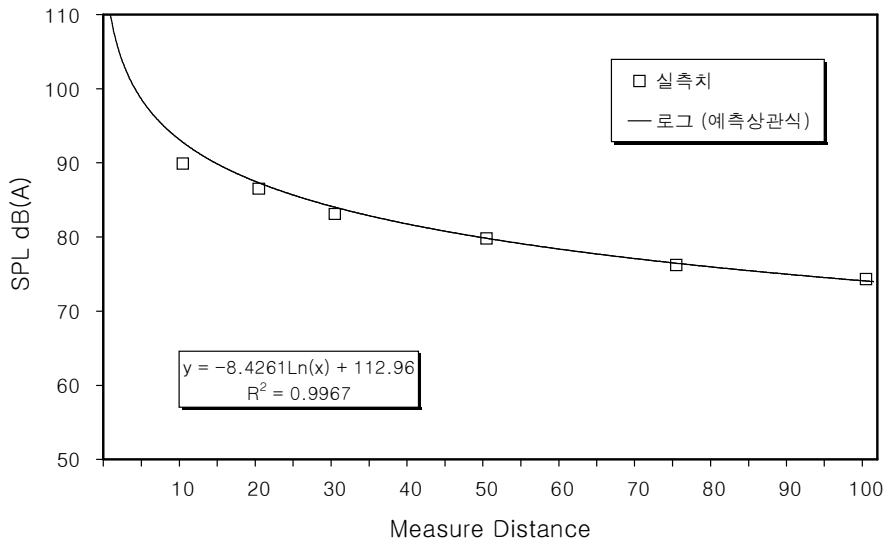
(a) 평 지



(b) 절토지



(c) 성토지



(d) 교량

[그림 4-9] 새마을호 측정지역 예측상관식

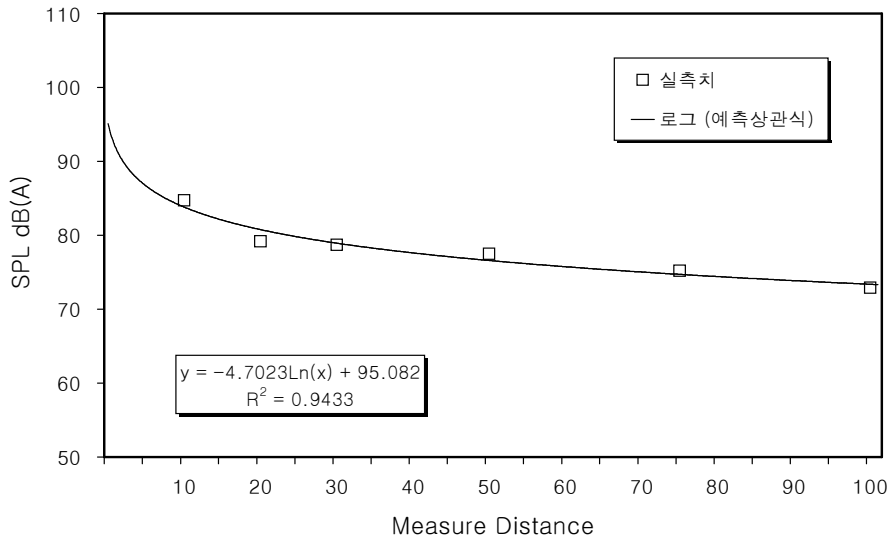
[표 4-8] 새마을호 측정지역 실측dB(A)와 예측dB(A) 비교

측정지역 \ 측정지점		10m	20m	30m	50m	70m	100m
평 지	실측	81.8	79.2	75.5	74.3	70.7	67.6
	예측	83.1	78.8	76.2	73.1	70.5	68.8
	차이	-1.3	0.4	-0.7	1.2	0.2	-1.2
절토지	실측	79.6	75.0	71.7	68.3	64.2	59.2
	예측	81.3	75.2	71.6	67.2	63.6	61.1
	차이	-1.7	-0.2	0.1	1.1	0.6	-1.9
성토지	실측	78.4	75.2	74.3	71.1	70.9	66.7
	예측	79.8	76.3	74.2	71.5	69.4	68.0
	차이	-1.4	-1.1	0.1	-0.4	1.5	-1.3
교 량	실측	89.9	86.5	83.1	79.8	76.2	74.3
	예측	92.3	86.9	83.8	79.8	76.6	74.4
	차이	-2.4	-0.4	-0.7	0.0	-0.4	-0.1

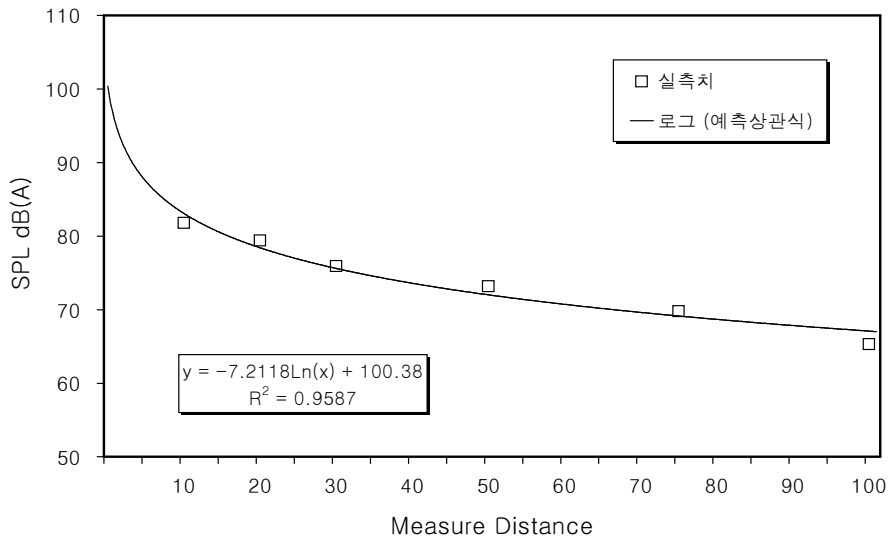
[그림 4-9], [표 4-8]에서 보면 새마을호의 모든 측정지역에서 설명력이 96.0% 이상 높게 나타나고 있으며, 거리가 멀어짐에 따라 일정한 로그함수적인 감쇠특성을 보이는 것으로 나타났다. 또한, 실측치와 예측상관식에 의한 예측치를 비교해 보면 전 측정지역에서 -2.4~1.5dB(A)의 작은 차이를 나타내고 있음을 알 수 있다. 따라서 이러한 결과를 토대로 측정지역별 거리에 따른 많은 측정이 이루어지면 보다 정확하고 신뢰성 있는 예측치를 제안할 수 있을 것으로 사료된다.

(2) 무궁화號

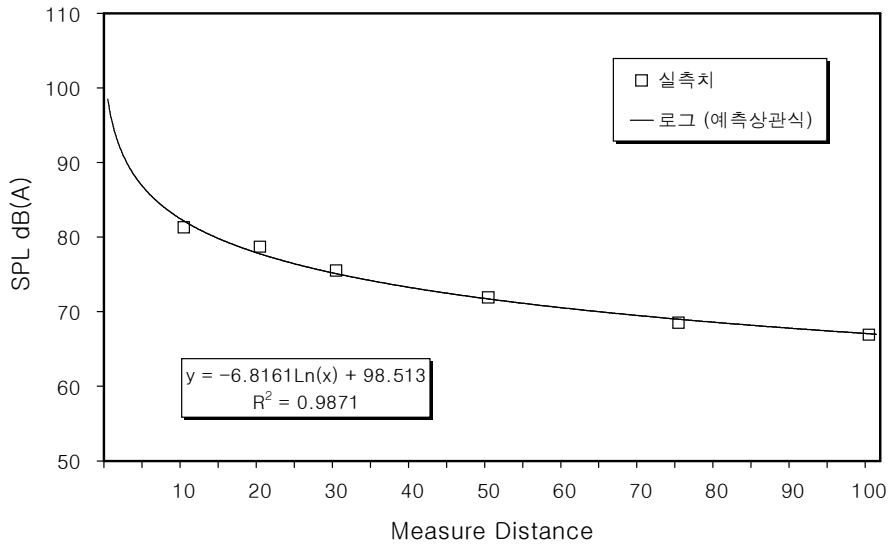
무궁화호의 각 측정지역 음압레벨을 이용하여 예측하면 [그림 4-10]과 같고, 실측치[dB(A)]와 예측상관식에 의한 예측치[dB(A)]를 비교하면 [표 4-9]와 같다.



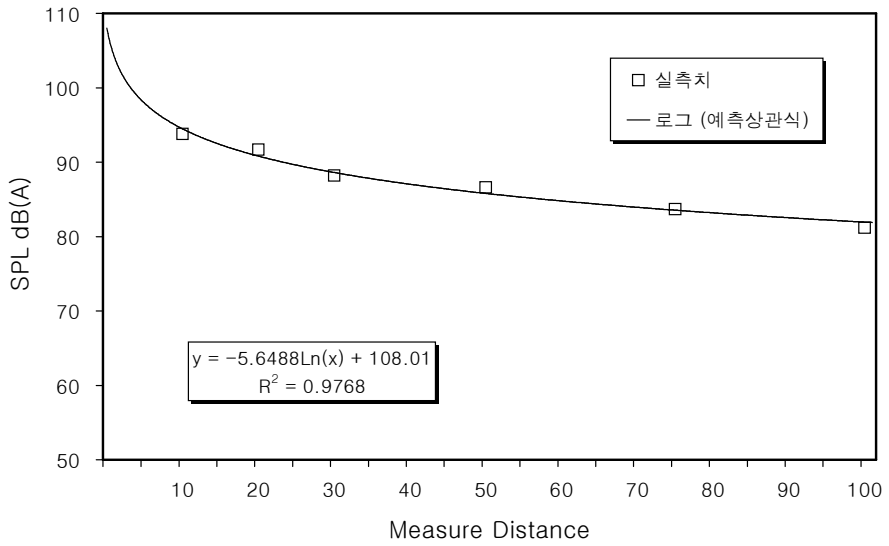
(a) 평지



(b) 절토지



(c) 성토지



(d) 교량

[그림 4-10] 무궁화호 측정지역 예측상관식

[표 4-9] 무궁화호 측정지역 실측dB(A)와 예측dB(A) 비교

측정지역 \ 측정지점		10m	20m	30m	50m	70m	100m
평 지	실측	84.7	82.5	78.7	77.5	75.2	72.9
	예측	84.3	81.0	79.1	76.7	74.8	73.4
	차이	0.4	1.5	-0.4	0.8	0.4	-0.5
절토지	실측	81.8	79.4	75.9	73.2	69.8	65.3
	예측	83.8	78.8	75.9	72.2	69.2	67.2
	차이	-2.0	0.6	0.0	1.0	0.6	-1.9
성토지	실측	81.3	78.7	75.5	71.9	68.5	66.9
	예측	82.8	78.1	75.3	71.8	69.1	67.1
	차이	-1.5	0.6	0.2	0.1	-0.6	-0.2
교 량	실측	93.8	91.7	88.2	86.6	83.7	81.2
	예측	95.0	91.1	88.8	85.9	83.6	82.0
	차이	-1.2	0.6	-0.6	0.7	0.1	-0.8

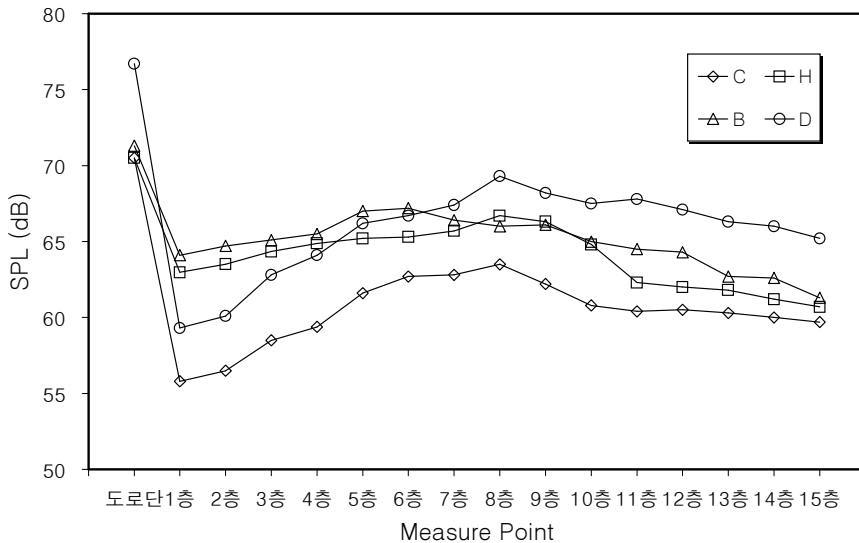
[그림 4-10], [표 4-9]에서 보면 무궁화호의 모든 측정지역에서 설명력이 94.0%이상 높게 나타나고 있으며, 거리가 멀어짐에 따라 일정한 로그함수적인 감쇠특성을 보이는 것으로 나타났다. 또한, 실측치와 예측상관식에 의한 예측치를 비교해 보면 전 측정지역에서 -2.0~1.5 dB(A)의 작은 차이를 나타내고 있음을 알 수 있다. 따라서 이러한 결과를 토대로 측정지역별 거리에 따른 많은 측정이 이루어지면 보다 정확하고 신뢰성 있는 예측치를 제안할 수 있을 것으로 사료된다.

第2節 交通騒音의 垂直的 傳達 및 減衰特性

1. 道路交通騒音

가. 測定地域의 垂直音壓레벨 分布特性

각 측정지역의 수직음압레벨 분포특성을 분석해 보면 [그림 4-11]과 같고, dB(A)값은 [표 4-10]과 같다.



[그림 4-11] 측정지역 수직음압레벨 분포특성

[그림 4-11], [표 4-10]에서 보면 도로단의 음압레벨은 교통량이 많고 대형차 혼입률이 많은 D지역에서 높게 나타나며, 교통량이 적고 대형차 혼입률이 적은 C, H, B지역에서 낮게 나타나고 있다.

층별 음압레벨 분포는 전 측정지역에서 1~4층의 저층은 비교적 낮은 음압레벨을 보이고 있으며, 방음벽이 없는 H, B지역보다 방음벽이 있는 C, D지역에서 낮은 음압레벨의 특성을 보이고 있다. 또한, C지역은 7~8층, H와 D지역은 8~9층, B지역은 5~6층에서 비교적 높은 음압레벨을 보이고 있으며, 그 이상의 층으로 갈수

록 음압레벨이 낮아지는 특성을 나타내고 있다. 따라서 측정대상지역에서 최고 소음도는 6~8층으로 나타났으며, 음압레벨은 63.5~69.3dB(A)에 분포하고 있음을 알 수 있다.

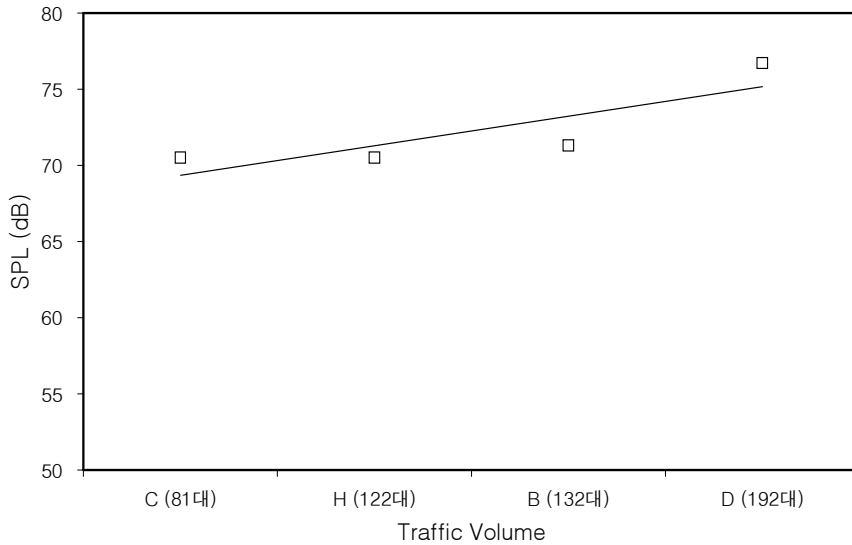
[표 4-10] 측정지역 수직음압레벨 [dB(A)]

측정지역 측정지점	C	H	B	D
도로단	70.5	70.5	71.3	76.7
1층	55.8	63.0	64.1	59.3
2층	56.5	63.5	64.7	60.1
3층	58.5	64.3	65.1	62.8
4층	59.4	64.9	65.5	64.1
5층	61.6	65.2	67.0	66.2
6층	62.7	65.3	67.2	66.7
7층	62.8	65.7	66.4	67.4
8층	63.5	66.7	66.0	69.3
9층	62.2	66.3	66.1	68.2
10층	60.8	64.8	65.0	67.5
11층	60.4	62.3	64.5	67.8
12층	60.5	62.0	64.3	67.1
13층	60.3	61.8	62.7	66.3
14층	60.0	61.2	62.6	66.0
15층	59.7	60.7	61.3	65.2

나. 交通量에 따른 垂直音壓레벨 分布特性

(1) 道路端의 音壓레벨 分布特性

측정지역의 교통량에 따른 도로단 음압레벨을 비교해 보면 [그림 4-12]와 같다.

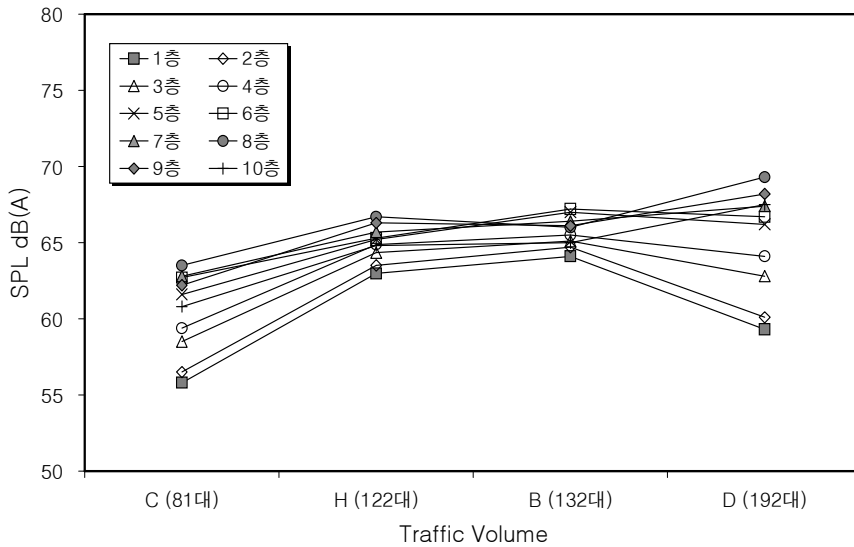


[그림 4-12] 교통량에 따른 음압레벨 분포특성

[그림 4-12]에서 측정지역 도로단의 음압레벨을 보면 교통량이 증가함에 따라 음압레벨도 대체적으로 일정하게 증가되고 있으며, 교통량의 변화가 음압레벨의 증가에 매우 밀접한 영향을 주고 있음을 알 수 있다. 특히, 교통량이 많은 D지역은 76.7dB(A)의 높은 음압레벨을 나타내고 있다. 따라서 향후 도로교통소음에 대한 대책수립 시 이러한 특성을 고려하여야 한다고 사료된다.

(2) 1~10層의 垂直音壓레벨 分布特性

방음벽의 유무 및 교통량에 따라 수직음압레벨 분포특성이 서로 다르게 나타나고 있는 1~10층의 수직음압레벨 분포특성을 분석해 보면 [그림 4-13]과 같다.

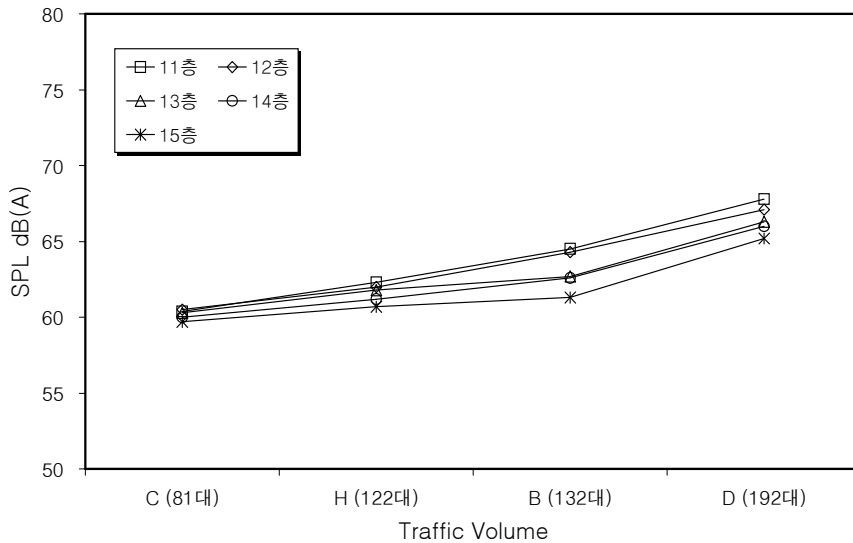


[그림 4-13] 1~10층 수직음압레벨 분포특성

[그림 4-13]에서 1~4층의 음압레벨을 보면 방음벽이 설치된 C, D지역에서 방음벽이 없는 H, B보다 낮은 음압레벨을 나타내고 있다. 따라서 저층에서는 교통량의 증가보다는 방음벽의 유무가 음압레벨의 변화에 영향을 주고 있다고 사료된다. 또한, 방음벽이 설치된 지역과 설치되지 않은 지역을 각각 비교해 보면 교통량이 증가함에 따라 음압레벨도 증가되고 있음을 알 수 있으며, 전 측정지역의 5~9층에서 비교적 높은 음압레벨을 나타내고 있음을 알 수 있다.

(3) 11~15層의 垂直音壓레벨 分布特性

방음벽의 유무에 관계없이 교통량에 따라 수직음압레벨이 증가되는 11~15층의 수직음압레벨 분포특성을 분석해 보면 [그림 4-14]와 같다.



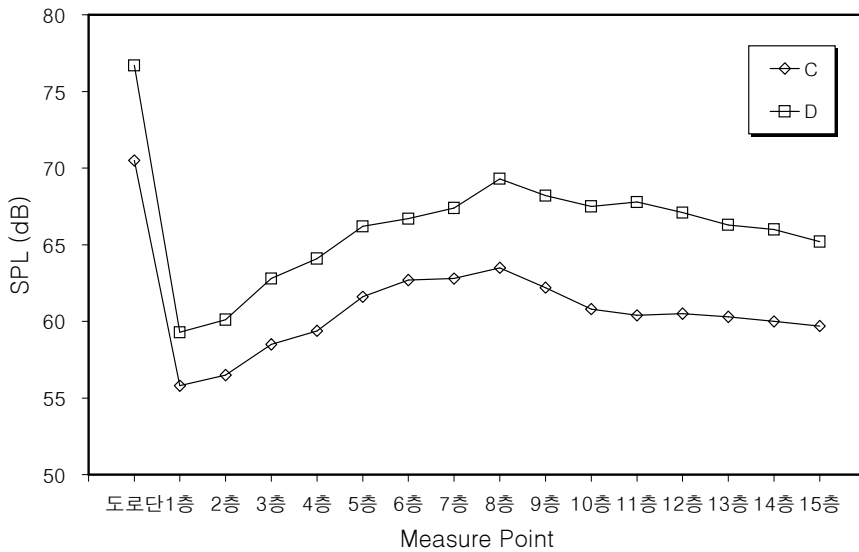
[그림 4-14] 11~15층 수직음압레벨 분포특성

[그림 4-14]에서 보면 전 측정지역의 6~8층에서 가장 높은 음압레벨을 나타내고 그 이상의 층으로 갈수록 점차 감소되는 특성을 보여주고 있으며, 교통량의 증가에 따라 대체적으로 음압레벨도 증가하고 있는 것으로 분석되어, 11층 이상의 고층에서는 방음벽의 유무보다는 교통량의 변화가 음압레벨 변화에 영향을 주고 있음을 알 수 있다.

다. 防音壁에 依한 垂直音壓레벨 分布特性

(1) 防音壁 設置에 따른 垂直音壓레벨 分布特性

방음벽이 설치된 C, D지역의 수직음압레벨 분포특성을 분석해 보면 [그림 4-15]와 같다.

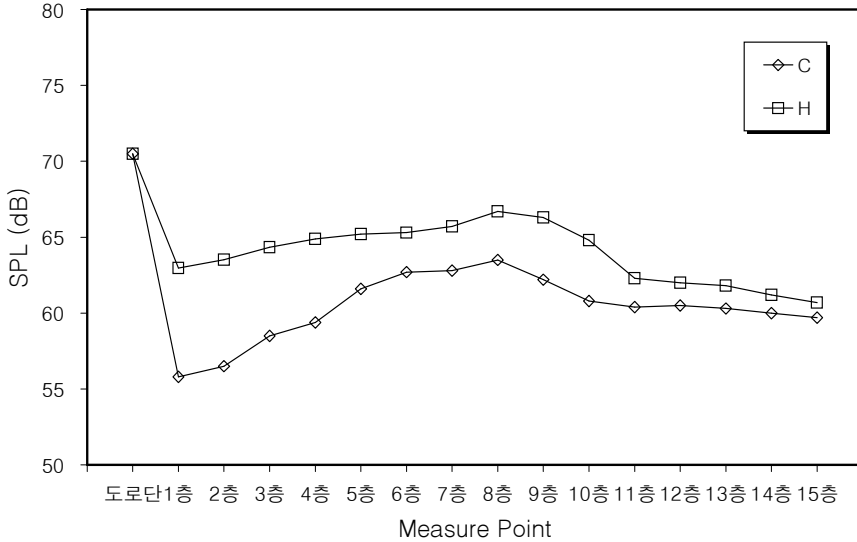


[그림 4-15] 방음벽 설치에 따른 수직음압레벨 분포특성

[그림 4-15]에서 보면 방음벽 전면인 도로단에서 70.5dB(A)이상의 높은 음압레벨을 보이고 있으나, 방음벽 후면인 1층에서는 방음벽에 의해 14.7~17.4dB(A)의 소음감쇠로 인해 가장 낮은 음압레벨을 보이고 있어 방음벽의 소음차폐 효과가 뛰어남을 알 수 있다. 또한, 1~4층까지는 낮은 음압레벨을 나타내고, C지역은 7~8층, D지역은 8~9층에서 높은 음압레벨을 보이고 있으며, 그 이상의 층에서는 다시 서서히 감쇠하는 유사한 특성을 보여주고 있다.

(2) 防音壁 有無에 따른 垂直音壓레벨 分布特性

방음벽 유무에 따른 수직음압레벨의 분포특성을 파악하기 위해 C, H지역을 대상으로 분석해 보면 [그림 4-16]과 같다.



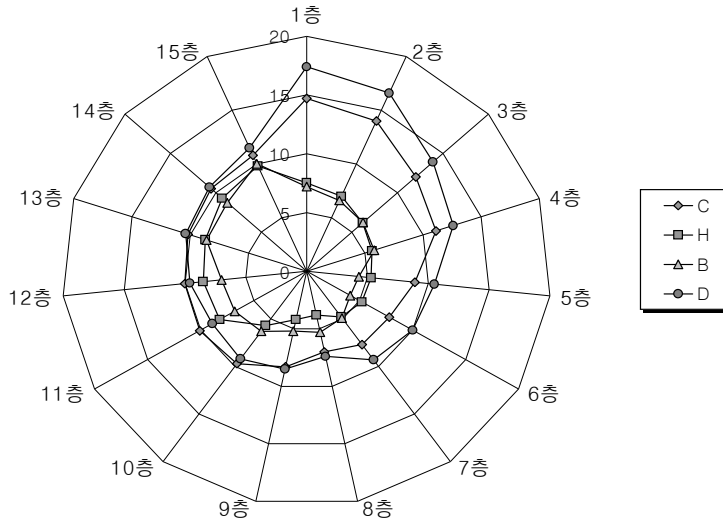
[그림 4-16] 방음벽 유무에 따른 수직음압레벨 분포특성

[그림 4-16]에서 보면 도로단의 음압레벨은 같으나, 방음벽이 설치되어 있는 C 지역의 경우 1층의 음압레벨은 방음벽에 의해 14.7dB(A)의 감쇠가 크게 나타난 반면, H지역은 7.5dB(A)의 작은 감쇠를 나타내고 있다. 따라서 C지역이 1~4층에서 H지역보다 훨씬 낮은 음압레벨을 나타내고, 그 이상의 층에서는 유사한 형태의 수직음압레벨 분포특성을 보여주고 있다.

라. 垂直音壓레벨 減衰特性

(1) 道路端基準 垂直音壓레벨 減衰特性

도로교통소음의 수직음압레벨 감쇠특성을 파악하기 위해 각 측정지역의 도로단을 기준으로 분석해 보면 [그림 4-17]과 같고, 도로단기준 수직음압레벨 감쇠치 [dB(A)]는 [표 4-11]과 같다.



[그림 4-17] 도로단기준 수직음압레벨 감쇠특성

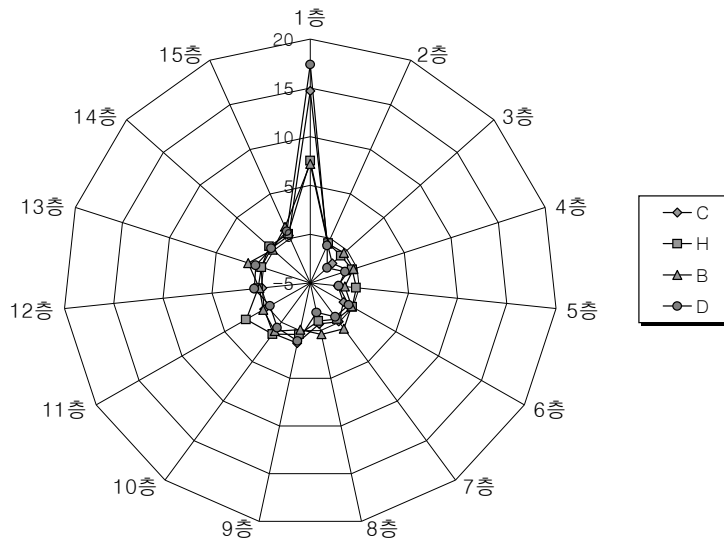
[그림 4-17], [표 4-11]에서 보면 방음벽이 설치된 C, D지역은 유사한 형태의 감쇠특성을 보이고 있으며, 1~4층에서 11.1~17.4dB(A)의 감쇠가 큰 나타나고 있는 반면, 8층에서 7.0~7.4dB(A)로 작은 음압레벨 감쇠특성을 보여주고 있다. 또한, 방음벽이 없는 H지역은 8층에서 3.8dB(A), B지역은 6층에서 4.1dB(A)로 가장 적은 음압레벨 감쇠특성을 보여주고 있다.

[표 4-11] 도로단기준 수직음압레벨 감소치[dB(A)]

측정지역 측정지점	C	H	B	D
1층	14.7	7.5	7.2	17.4
2층	14.0	7.0	6.6	16.6
3층	12.0	6.2	6.2	13.9
4층	11.1	5.6	5.8	12.6
5층	8.9	5.3	4.3	10.5
6층	7.8	5.2	4.1	10.0
7층	7.7	4.8	4.9	9.3
8층	7.0	3.8	5.3	7.4
9층	8.3	4.2	5.2	8.5
10층	9.7	5.7	6.3	9.2
11층	10.1	8.2	6.8	8.9
12층	10.0	8.5	7.0	9.6
13층	10.2	8.7	8.6	10.4
14층	10.5	9.3	8.7	10.7
15층	10.8	9.8	10.0	11.5

(2) 測定地點別 垂直音壓레벨 減衰特性

측정지역에 따라 각 측정지점별 수직음압레벨 감쇠특성을 분석해 보면 [그림 4-18]과 같고, 각 측정지점별 수직음압레벨 감쇠치[dB(A)]는 [표 4-12]와 같다.



[그림 4-18] 측정지점별 수직음압레벨 감쇠특성

[그림 4-18], [표 4-12]에서 보면 방음벽의 유무와 관계없이 전 측정지역의 1층에서 가장 큰 음압레벨의 감쇠특성을 보여주고 있으며, 방음벽이 있는 C, D지역에서 14.7~17.4dB(A)로 큰 감쇠를 나타내고 있는 반면, 방음벽이 없는 H, B지역은 7.2~7.5dB(A)로 감쇠가 작게 나타나고 있다. 또한, 전 측정지역 2층 이상에서는 -2.7~2.5dB(A)의 작은 범위의 수직음압레벨 감쇠특성을 보여주고 있다.

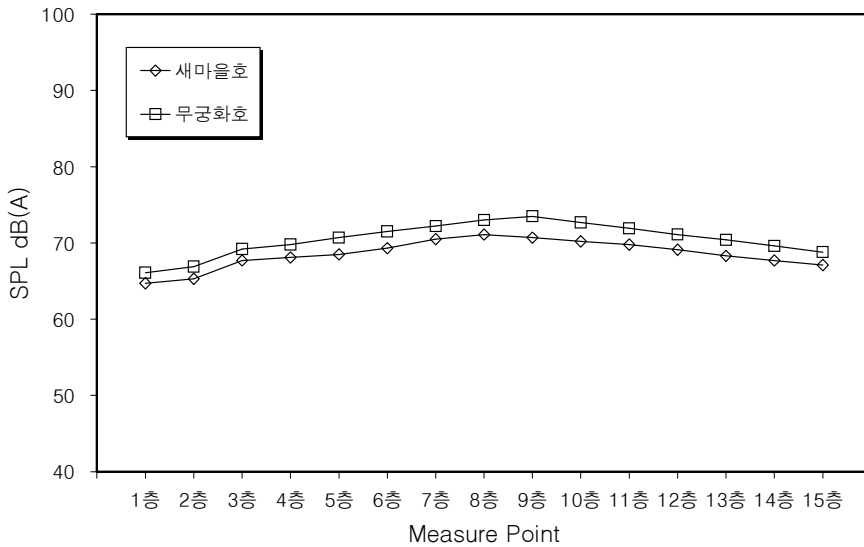
[표 4-12] 측정지점별 수직음압레벨 감소치[dB(A)]

측정지역 측정지점	C	H	B	D
1층	14.7	7.5	7.2	17.4
2층	-0.7	-0.5	-0.6	-0.8
3층	-2.0	-0.8	-0.4	-2.7
4층	-0.9	-0.5	-0.4	-1.3
5층	-2.2	-0.3	-1.5	-2.1
6층	-1.1	-0.1	-0.2	-0.5
7층	-0.1	-0.4	0.8	-0.7
8층	-0.7	-1.0	0.4	-1.9
9층	1.3	0.4	-0.1	1.1
10층	1.4	1.5	1.1	0.7
11층	0.4	2.5	0.5	-0.3
12층	-0.1	0.3	0.2	0.7
13층	0.2	0.2	1.6	0.8
14층	0.3	0.6	0.1	0.3
15층	0.3	0.5	1.3	0.8

2. 鐵道交通騒音

가. 列車別 垂直音壓레벨 分布特性

철도중심선으로부터 30m지점에 있는 K아파트를 대상으로 새마을호와 무궁화호의 수직음압레벨의 분포특성을 분석해 보면 [그림 4-19]와 같고, dB(A)값은 [표 4-13]과 같다.



[그림 4-19] 열차별 수직음압레벨 분포특성

[표 4-13] 열차별 수직음압레벨[dB(A)]

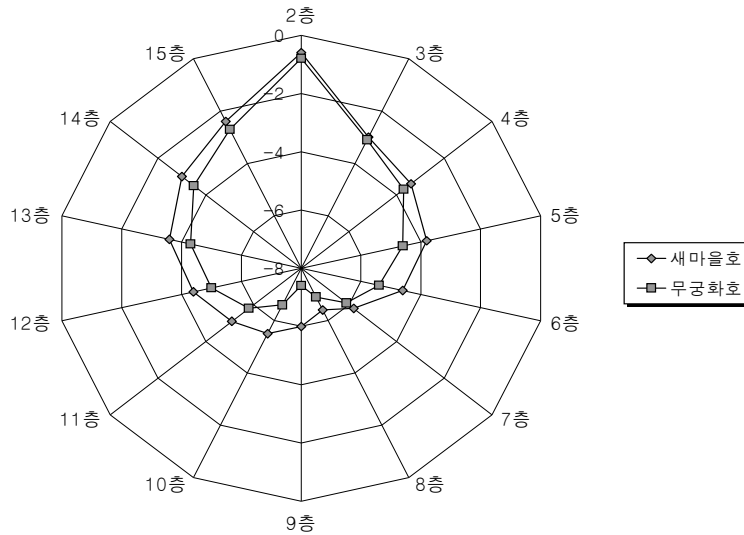
측정 위치 열차	1층	2층	3층	4층	5층	6층	7층	8층	9층	10층	11층	12층	13층	14층	15층
새마을호	64.7	65.3	67.7	68.1	68.5	69.3	70.5	71.1	70.7	70.2	69.8	69.1	68.3	67.7	67.1
무궁화호	66.1	66.9	69.2	69.8	70.7	71.5	72.2	73.0	73.5	72.7	71.9	71.1	70.4	69.6	68.8

[그림 4-19], [표 4-13]에서 수직음압레벨 분포특성을 보면 1층부터 점차 증가하여 새마을호는 8층에서 71.1dB(A), 무궁화호는 9층에서 73.5dB(A)로 가장 높은 음압레벨을 보이고 있으며, 그 이상의 층에서는 점차 감소하는 특성을 보이고 있다. 또한, 저소음·저진동형으로 개발된 새마을호가 무궁화호보다 전 층에서 1.5~2.8dB(A)의 낮은 음압레벨을 보이고 있음을 알 수 있다.

나. 垂直音壓레벨 減衰特性

(1) 1層基準 垂直音壓레벨 減衰特性

철도교통소음의 30m지점에 있는 아파트 1층을 기준으로 열차별 수직음압레벨 감쇠특성을 분석해 보면 [그림 4-20]과 같고, 1층기준 수직음압레벨 감쇠치[dB(A)]는 [표 4-14]와 같다.



[그림 4-20] 1층기준 수직음압레벨 감쇠특성

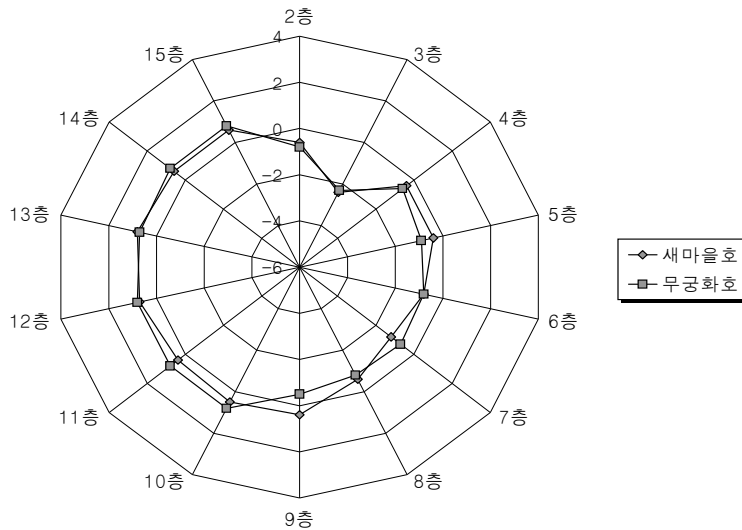
[표 4-14] 1층기준 수직음압레벨 감쇠치[dB(A)]

측정위치 열차	2층	3층	4층	5층	6층	7층	8층	9층	10층	11층	12층	13층	14층	15층
새마을호	-0.6	-3.0	-3.4	-3.8	-4.6	-5.8	-6.4	-6.0	-5.5	-5.1	-4.4	-3.6	-3.0	-2.4
무궁화호	-0.8	-3.1	-3.7	-4.6	-5.4	-6.1	-6.9	-7.4	-6.6	-5.8	-5.0	-4.3	-3.5	-2.7

[그림 4-20], [표 4-14]는 1층을 기준으로 수직음압레벨 감쇠특성을 분석한 것으로 새마을호와 무궁화호 모두 1층에 비해 수직음압레벨이 증가되고 있음을 알 수 있다. 또한, 6~12층에서 새마을호는 -4.4~-6.4dB(A), 무궁화호는 -5.0~-7.4dB(A)의 큰 감쇠가 나타나고 있으며, 그 외의 층에서는 새마을호는 -0.6~-3.8dB(A), 무궁화호는 -0.8~-4.6dB(A)의 감쇠가 나타나고 있음을 알 수 있다.

(2) 測定地點別 垂直音壓레벨 減衰特性

각 측정지점별 수직음압레벨 감쇠특성을 열차별로 분석해 보면 [그림 4-21]과 같고, 각 층별 수직음압레벨 감쇠치[dB(A)]는 [표 4-15]와 같다.



[그림 4-21] 측정지점별 수직음압레벨 감쇠특성

[표 4-15] 측정지점별 수직음압레벨 감쇠치[dB(A)]

측정위치 열차	2층	3층	4층	5층	6층	7층	8층	9층	10층	11층	12층	13층	14층	15층
새마을호	-0.6	-2.4	-0.4	-0.4	-0.8	-1.2	-0.6	0.4	0.5	0.4	0.7	0.8	0.6	0.6
무궁화호	-0.8	-2.3	-0.6	-0.9	-0.8	-0.7	-0.8	-0.5	0.8	0.8	0.8	0.7	0.8	0.8

[그림 4-21], [표 4-15]는 각 층별 수직음압레벨 감쇠특성을 분석한 것으로 2층과 3층에서 새마을호는 -2.4dB(A), 무궁화호는 -2.3dB(A)로 가장 크게 감쇠하고 있으며, 그 이상의 층에서는 새마을호는 -1.2~0.8dB(A), 무궁화호는 -0.9~0.8dB(A)의 감쇠특성을 나타내고 있음을 알 수 있다.

第5章 結 論

본 연구에서는 교통소음의 수평·수직적 전달 및 감쇠특성을 파악하기 위해 도로교통소음과 철도교통소음을 대상으로 연구목적과 부합되는 측정지역 및 지점을 선정하여, 측정지역별 수평거리 및 수직높이에 따라 측정하여 분석한 결과를 정리하면 다음과 같다.

第1節 道路交通騒音의 水平的 傳達 및 減衰特性

1. 道路交通騒音

음압레벨 분포특성은 평지와 절토지, 성토지와 방음벽+성토지가 유사한 패턴으로 나타나고 있다. 거리감쇠특성은 평지, 절토지는 5m~15m지점의 감쇠가 큰 반면, 성토지, 방음벽+성토지는 도로단~5m지점에서 가장 큰 감쇠가 나타나고 있으며, 15m지점이후는 일정하게 감쇠하는 특성을 보여주고 있다. 또한, 각 측정지역에서 감쇠가 가장 큰 도로단~15m지점의 거리감쇠는 방음벽+성토지, 성토지, 절토지, 평지 순으로 크게 나타나고 있다.

측정지역의 각 측정지점 음압레벨을 이용하여 예측상관식을 제안해 보면 설명력이 91.0%이상으로 높아 예측치와 실측치가 근사한 값으로 나타나고 있다.

2. 鐵道交通騒音

음압레벨 분포특성은 저소음·저진동형으로 개발된 새마을호가 무궁화호에 비해 낮은 음압레벨을 나타내고 있으며, 다른 측정지역에 비해 교량에서 가장 높은 음압레벨을 나타내고 있다. 거리감쇠 특성은 새마을호와 무궁화호가 유사하며 나타내고 있으며, 새마을호, 무궁화호 모두 절토지가 다른 측정지역에 비해 큰 감쇠를 나타내고 있다

측정지역의 각 측정지점 음압레벨을 이용하여 예측상관식을 제안해 보면 설명력이 94.0%이상으로 높아 예측치와 실측치가 근사한 값으로 나타나고 있다.

第2節 道路交通騒音의 垂直的 傳達 및 減衰特性

1. 道路交通騒音

수직적 음압레벨 분포특성은 방음벽의 유무와 교통량의 변화에 따라 큰 차이를 보여주고 있다. 따라서 도로단의 음압레벨은 교통량의 증가와 대형차 혼입률이 높을수록 비례하여 음압레벨도 증가하고 있어, 교통량의 증가와 대형차 혼입률이 음압레벨 증가에 매우 밀접한 영향을 주고 있다.

방음벽이 설치된 지역은 방음벽에 의해 음압레벨 감쇠가 크게 나타나며, 1~4층의 저층에서 방음벽이 없는 지역에 비해 매우 낮은 음압레벨을 나타내고 있다. 또한, 전 측정지역의 6~8층에서 가장 높은 음압레벨을 나타내고 있다.

2. 鐵道交通騒音

수직음압레벨 분포특성은 새마을호와 무궁화호가 유사하며, 저소음·저진동형으로 개발된 새마을호가 무궁화호에 비해 낮은 음압레벨을 나타내고 있다.

열차별 수직음압레벨 감쇠특성은 새마을호와 무궁화호 모두 1층에서부터 음압레벨이 증가하여 8층과 9층에서 가장 높은 음압레벨을 나타내며, 그 이상의 층에서는 다시 감쇠하는 특성이 있다. 또한, 각 측정지점별 수직음압레벨 감쇠특성은 새마을호와 무궁화호 모두 2~3층에서 가장 크게 감쇠되는 특성을 나타내고 있다.

따라서 이상의 연구 결과를 토대로 보다 다양한 측정조건에서 많은 연구가 이루어져 자료가 축적된다면 Computer Simulation 기법을 활용한 교통소음의 신뢰성 있는 예측이 가능할 것이며, 이러한 예측 자료를 토대로 교통소음의 저감을 위한 방음대책 수립시 효율적인 방안을 제시할 수 있을 것으로 사료된다.

參 考 文 獻

1. 李秉潤, “建設騒音의 特性 및 豫測모델에 關한 研究”, 圓光大學校 大學院 博士學位論文, 2003. 2
2. 김민용, “道路交通騒音 豫測評價 및 對策方案에 關한 研究”, 漢陽大學校 大學院 碩士學位論文, 1991. 6
3. 안병옥, “交通騒音 規制地域의 效率的 管理를 爲한 基礎的 研究”, 全南大學校 大學院 碩士學位論文, 1993. 8
4. 김하근, “建物 内外部에서의 道路交通騒音 豫測 및 評價에 關한 研究”, 漢陽大學校 大學院 博士學位論文, 1995. 12
5. 최배진, “交通騒音의 特性比較 및 防音壁 設置를 爲한 調査研究”, 延世大學校 大學院 碩士學位論文, 1990. 6
6. 송형명, “交通騒音이 教育環境에 미치는 影響”, 全南大學校 大學院 碩士學位論文, 1996. 8
7. 박성각, “交通騒音이 教育環境에 미치는 影響”, 成均館大學校 大學院 碩士學位論文, 1985. 5
8. 申永周, “鐵道騒音 實態調査 및 騒音環境基準 設定에 關한 研究”, 서울大學校 環境大學院 碩士學位論文, 1985.12
9. 李明燮, “電鐵沿邊 住居地域의 騒音과 振動에 關한 研究”, 서울大學校 保健大學院 碩士學位論文
10. 朴 來, “鐵道騒音 對策에 關한 研究”, 慶熙大學校 行政大學院 碩士學位論文, 1989.2
11. 李聖雨, “鐵道騒音의 實態와 防音壁 및 2重窓의 效果”, 仁荷大學校 大學院 碩士學位論文, 1988.8
12. 金種逸, “鐵道沿邊에 있어서 列車騒音의 問題點과 對策에 關한 研究”, 嶺南大學校 環境大學院 碩士學位論文, 1992.2

13. 趙誠浩, “鐵道車輛의 屋外騒音 傳播現象에 關한 研究”, 弘益大學校 大學院 碩士學位論文, 1996.12
14. 鄭仁基, “鐵道騒音의 特性分析과 豫測에 關한 研究”, 嶺南大學校 環境大學院 碩士學位論文, 1988.7
15. 李漢眞, “道路交通騒音 低減을 爲한 防音壁의 問題點 및 效果”, 圓光大學校 大學院 博士學位論文, 2005. 8
16. 尹海東, “鐵道騒音 傳達特性 및 豫測에 關한 研究”, 圓光大學校 大學院 博士學位論文, 2003. 2
17. 김식유, “濟州市 및 西歸浦市 主要幹線道路 交通騒音度 調査研究”, 濟州道 保健環境研究院, Vol.5, 1994
18. 주진수 外 1人, “鐵路邊 아파트 團地의 鐵道騒音 低減을 爲한 축적模型實驗”, 大韓建築學會聯合論文集 4卷 1號, 2002. 2 PP 105~110
19. 서울特別市, “騒音防止對策 樹立에 關한 研究”, 1994. 6
20. 김홍식, “外部交通騒音 防止對策 II”, 韓國道路公社, 1995. 10
21. 國立環境研究院, “道路交通騒音 低減을 爲한 綜合對策에 關한 研究(I)”, 1987
22. 國立環境研究院, “道路交通騒音 低減을 爲한 綜合對策에 關한 研究(II)”, 1988
23. 國立環境研究院, “道路交通騒音 低減을 爲한 綜合對策에 關한 研究(III)”, 1989
24. 이규성 外 7人, “騒音振動工學”, 螢雪出版社, 1999. 3
25. 이양규, “騒音振動對策設計 I·II”, 유통방진株式會社, 1991
26. 鄭一錄, 『騒音·振動理論과 實務』, 녹원出版社, 1995
27. 韓國騒音振動工學會, 『騒音振動便覽』, 1995. 12
28. 서유덕, “都市交通 騒音의 特性에 關한 研究”, 保健環境 Vol.5, 1994
29. 日本建築學會; 騒音防止設計 I, 章國社, 1976
30. 官本俊光; “新幹線騒音について”, 交通技術, 48.4
31. 守田 榮; 最新騒音と騒音防止, オ-ム社, 1981
32. Willson; Handbook of Urban Rail Noise and Vibration Control, 1982

33. Department of Transportation; "A Study of the Magnitude of Transportation Noise Generation and potential Abatement"
34. Theodore J. Schultz; Community Noise Rating, 2nd Edition, 1982
35. S.A Petruszewicz & D.K Longmore; Noise and Vibration Control for Industrialists, Elek Science, 1974
36. Michael Rettinger; Handbook of Architectural Acoustics and Noise Control, TAB, 1988
37. N.Olson, Statistical Study of Traffic Noise, Report APS-476, National Research Council of Canada, Division of Physics, 1970
38. T.J.Schultz, Community Noise Rating, Applied Scie, 1982
39. U.S.EPA, Transportation Noise and Noise from Equipment Powered by Internal Combustion Engines, 1971