

도로교통소음 예측방법에 관한 연구

Prediction Method for Road Traffic Noise

김 하 근*, 손 장 열**, 김 흥 식***
(Ha-Geun Kim*, Jang-Yeul Sohn**, Heung-Sik Kim***)

요 약

본 연구는 도로교통소음을 보다 정확하게 예측하기 위하여 국립환경연구원과 일본음향학회의 예측방법을 비교, 검토하여 수정 보완된 예측방법을 제시하는 것을 목적으로 한다. 이를 위하여 각각의 예측식 및 계산과정을 컴퓨터 프로그램화하고, 이를 통해 예측된 값을 약 14개의 현장에서 실측된 값과 비교 검토하였다. 그 결과 차량속도가 40km 이상인 고속화도로 주변 및 일반도로에서는 본 연구에서의 예측값이 국립환경연구원 및 일본음향학회에 의한 예측값 보다 더 실측값에 근접하는 것으로 나타났다.

ABSTRACT

This study is aimed to show that revised prediction method in road traffic noise after comparing prediction method of National Institute of Environmental Research with that of the Acoustical Society of Japan.

For this purpose, prediction equation and calculation procedure of each case was programmed and data predicted by each method were compared with those measured in the 14 fields.

The result show that data predicted by the method proposed in this study were closer to the data measured in the fields than those predicted by National Institute of Environmental Research and the Acoustical Society of Japan in the surroundings of urban express way (include highway) and general traffic road where the vehicle speed is higher than 40km/h.

I. 서 론

일반적으로 도로교통소음을 예측하는 방법으로는 ① 유사한 현장에서의 조사결과로부터 회귀식을 얻어 추정하는 방법, ② 이론식, 경험식에 기초한 계산에 의한 방법, ③ 실험데이터와 계산식을 짜 넣은 컴퓨터 시뮬레이션에 의한 방법, ④ 축적모형실험에 의한 방법으로 대별된다. 국내에서는 주로 ②에 의한 방법을 많이 사용하고 있으며, 그 대표적인 예로는 국립환경연구원에서 제안한 방법과 일본음향학회에서 제안한

방법이 있다.

국립환경연구원에서 제안한 방법은 고속도로일 경우와 간선도로일 경우로 나누어 예측식을 제안하고 있는데 전자의 경우 도로구조 및 소음원의 특성, 회절감쇠 및 거리감쇠 특성 등 여러 요인을 고려하여 예측식을 제안한 반면, 후자의 경우는 회절감쇠 특성 등에 대한 고려가 되지 않고 있다. 또한 올림픽도로, 강변도로 등과 같은 고속도로화 도로의 경우에 대해 고속도로의 식을 적용할 것인가, 간선도로의 식을 사용할 것인가 하는 구분이 제시되어 있지 않다. 한편 일본 음향학회에서 제안한 방법은 자동차 전용도로와 일반도로로 나누어 예측식을 제안하고 있으며, 도로구조 및 소음원의 특성, 회절감쇠 및 거리감쇠 특성 등을 고려하고 있으나, 건물배치등에 의해 유한

*정회원, 대한주택공사 주임연구원, 한양대학교 박사과정

**정회원, 한양대학교 교수, 공학박사

***정회원, 대한주택공사 선임연구원, 공학박사

접수일자: 1995년 7월 10일

방음벽이 설치될 경우에는 예측이 어렵고, 신호등이 있는 일반도로의 경우에도 도로를 무한의 선음원으로 간주하고 있다. 위에서 언급된 문제점들에도 불구하고 현재 국내에서는 도로교통소음 예측시 계산이 편리한 일본음향학회의 예측방법을 가장 많이 사용하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 도로교통소음을 보다 정확하게 예측하기 위하여 국립환경연구원과 일본음향학회의 예측방법을 비교 검토하여 수정 보완된 예측방법을 제시한다. 이를 위하여 각각의 예측식 및 계산 과정을 컴퓨터 프로그램화한 후, 이를 통해 예측된 값을 약 14개 현장, 158개 측정점에서 실측된 값과 비교 검토한다.

II. 예측방법의 비교 검토

2.1 국립환경연구원 제안 예측방법

국내에서는 국립환경연구원에서 도로교통소음의 예측을 위해 “고속도로의 경우”와 “간선도로의 경우”로 나누어 예측식을 제안하고 있으며, “간선도로의 경우”에는 도로단에서 10m 이내의 지역과 도로단에서 10m 이상 떨어진 지역으로 세분하고 있다. 이상과 같은 도로 종류별, 도로로부터의 거리별 예측식은 다음과 같다.

1) 고속도로의 경우

$$L_{eq} = 10 \times \log(Q) + 22 \times \log(V) - 7 + \Delta T + \Delta W + \Delta R + \Delta \theta - \Delta D \quad (1)$$

단, L_{eq} : 등가소음도, Q: 1시간당 교통량(대/hr),

V: 평균차량속도(km/hr),

ΔT : 대형차량혼입률, 도로구배에 따른 보정치,

ΔW : 도로폭 보정치,

ΔR : 거리감쇠치, Δ : 관측각 보정치,

ΔD : 회절감쇠에 의한 보정치

식 (1)에서 언급된 여러가지 변수중 일본음향학회식에는 없는 관측각 보정치 및 본 연구의 제안식에서 수정 보완코자 하는 회절감쇠에 대한 보정치에 대해 기술하면 다음과 같다.

가. 관측각에 대한 보정치 ($\Delta \theta$)⁶⁾

수음점과 도로 사이에 장애물이 없을 경우 무한길이 직선도로에 대한 수음점에서의 관측각은 180°가 되며, 도로 전구간이 수음점의 소음도에 기여하게 된다. 그러나 도로의 분할 및 주변상황에 따라 도로로부터의 소음이 수음점에 기여하는 정도는 다르게 될 수 있다. 즉 도로는 전체 구간에서 동일한 교통상태를 가지며 무한길이라고 가정을 하였기 때문에, 도로의 분할에 의해 유한장이 되었거나 장애물 등에 의해 도로의 일부분만이 수음점에서 관찰되었을 경우는 관측각에 의해 도로가 기여한 양만을 구하여 보정하여야 한다. 관측각에 의한 보정치 $\Delta \theta$ 는 다음 식으로 구한다.

$$\Delta \theta = 10 \times \log(\theta/180) \quad (2)$$

나. 회절감쇠에 의한 보정치 (ΔD)

방음벽에 의한 회절 보정치 ΔD 는 음원과 방음벽의 상단 그리고 수음점을 잇는 최단거리와 수음점과 소음원을 잇는 직선거리와의 경로차 δ 에 의해서 결정된다. 국립환경연구원에서는 선음원에 대한 회절감쇠치를 전산처리하기 위해 ± 0.5 dB 이내의 편차 범위를 만족하도록 ΔD 를 다음과 같이 수식화 하고 있다.

$$\begin{aligned} -0.2 \leq \delta < 0 \text{ 일때 } \Delta D &= -\log_{10}(-\delta) \\ \delta = 0 \text{ 일때 } \Delta D &= 3 \\ 0 < \delta \leq 0.2 \text{ 일때 } \Delta D &= 15.5 + 10 \times \log_{10} \\ &\{ \sqrt{1.2\delta} / 2 \tanh(10 \sqrt{\delta}) \} \\ 0.2 < \delta \leq 2 \text{ 일때 } \Delta D &= 12 + 20 \times \log_{10} \\ &\{ \sqrt{2\pi\delta} / 2 \tanh(\sqrt{1.2\pi\delta}) \} \\ 2 < \delta \leq 14 \text{ 일때 } \Delta D &= 14 + 12 \times \log_{10} \\ &\{ \sqrt{0.5\pi\delta} / \tanh(\sqrt{1.2\pi\delta}) \} \\ \delta > 14 \text{ 일때 } \Delta D &= 22 \end{aligned} \quad (3)$$

도로가상사리(노견)에 반사형 방음벽을 설치할 경우는 위의 식과 같이 회절 감쇠치가 발생하며, 흡음형 또는 방음벽(제방)에 대해서는 위 식에 2dB를 추가하고, 성토도로의 노견단, 절토도로의 절토상단에 의해 발생하는 회절감쇠는 위 식에서 3dB를 뺀 값으로 한다.

2) 간선도로의 경우

가. 도로단에서 10m 이상 떨어진 지역

$$L_{eq} = 1.1 \{ 20 + 10 \log_{10}(Q \cdot V / \ell) \} - 9 \log r_a \quad (C) \quad [dB(A)] \quad (4)$$

단, Q: 1시간당 등가교통량(대/hr) = 소형차(대/hr)

+ 10 × 대형차(대/hr)

V: 평균차속(km/hr)

ℓ: 가상주행 중심선에서 도로단까지의 거리 + 도로단에서 기준 10m까지의 거리

r_a: 거리비(예측지점까지의 거리/10m)

C: 상수

15,000 < Q	C = -5.5
10,000 < Q < 15,000(대/hr)	C = -4
5,000 < Q < 10,000(대/hr)	C = -2.5
2,000 < Q < 5,000(대/hr)	C = -1
Q < 2,000(대/hr)	C = 0

나. 도로단 지역(도로단에서 10m 이내 지역)

$$L_{eq} \approx L = 10 \log_{10} (10^{\frac{L_p}{10}} + 10^{\frac{L_s}{10}}) \quad [dB(A)] \quad (5)$$

$$\begin{cases} L_p = 45 + 10 \log_{10}(N_1/\ell) + 30 \log_{10}(V_1/50) \\ L_s = 53 + 10 \log_{10}(N_2/\ell) + 30 \log_{10}(V_2/50) \end{cases}$$

단, N₁: 시간당 소형차 통과대수(대/hr)

N₂: 시간당 대형차 통과대수(대/hr)

ℓ: 가상주행 중심선에서 도로변지역까지의 거리(m)

V₁: 소형차 평균차속(km/hr)

V₂: 대형차 평균차속(km/hr)

2.2 일본음향학회 제안 예측방법

일본음향학회식은 자동차를 각각 동등한 음향과위를 갖는 점음원으로 간주하고 이 점음원들이 일렬로 등간격을 유지하면서 무한히 줄지어 일정 속도로 주행하고 있다는 조건하에 소음레벨의 중앙치(L₅₀)을 구하는 계산식이다. 자동차는 무지향성의 점음원이며, 도로에서 수음점까지의 지표면이 굴곡이 없는 평면으로서 완전반사면이고, 방음벽 등이 없다는 가정하에 다음 식으로 도로교통소음 중앙치를 제안하고 있다.

$$L_{median} = L_w - 8 - 20 \log \ell + 10 \log_{10} \left(\pi \frac{\ell}{d} \tanh 2\pi \frac{\ell}{d} \right) \quad (6)$$

그러나 실제의 도로 및 지형에서는 위의 가정 조건이 모두 만족되는 것은 아니므로, 이론식에 의한 계산결과와 도로에 있어서의 실측치와 일치하지 않는 것이 일반적이며, 이를 일치시키기 위해서 일본음향학회에서는 위 식에 도로구조, 지형지물, 차음벽 등에 의한 차폐효과, 도로주변 지표면 등에 의한 감소효과를 더하여 도로교통소음의 중앙치(L₅₀) 예측식을 제안하고 있다.

$$L_{50} = L_w - 8 - 20 \log_{10} \ell + 10 \log_{10} \left(\pi \frac{\ell}{d} \tanh 2\pi \frac{\ell}{d} \right) + x_d + x_i \quad (7)$$

단, L₅₀: 도로교통소음의 중앙치[dB(A)]

L_w: 1대의 자동차에서 발생하는 소음의 평균과위 레벨[dB(A)]

ℓ: 음원에서 수음점까지의 거리(m)

d: 평균차두간격(m), d = 1000 V/N

N: 1시간당 교통량(대/hr)

V: 평균 주행속도(km/hr)

x_d: 회절감쇠에 따른 보정치[dB(A)]

x_i: 도로지표면 조건에 의한 영향과 각종 원인에 의한 보정치[dB(A)]

본 연구에서는 일본음향학회식에 의한 예측값과 국립환경연구원식에 의한 예측값을 비교하기 위하여 中野⁴⁾ 씨가 제안한 다음식을 사용하여 등가소음레벨을 구하였다.

$$L_{eq} = L_{50} + 5 \quad (8)$$

2.3 본 연구의 예측방법

1) 고속화 도로(고속도로 포함)의 경우

본 연구의 제안식은 회절감쇠치 보정식을 제외한 모든 예측식이 국립환경연구원의 제안식과 동일하다. 국립환경연구원식의 경우는 [그림 1]과 같이 경로차 0.2m에서 불연속점이 발생하고, 경로차 0.2m~0.4m 구간의 회절감쇠량이 경로차 0.2m의 회절감쇠량 보다 작게 되고 있다. 따라서 본 연구에서는 山下, 子安⁵⁾ 씨가 제안한 보정값을 사용하였으며, 이를 전산처리

하기 위해 ± 1 dB 이내의 편차범위를 만족하도록 ΔD 를 다음식과 같이 제안하였다.

$$\begin{aligned} \delta < -0.53 \text{ 일때 } \Delta D &= 0 \\ -0.53 \leq \delta < 0 \text{ 일때 } \Delta D &= 5 - 10 \times \log_{10} \left(\frac{\sqrt{18.5\delta} / \tanh \sqrt{18.5|\delta|}}{\sqrt{18.5}} \right) \\ 0 \leq \delta < 0.001 \text{ 일때 } \Delta D &= 5 \\ 0.001 \leq \delta < 0.2 \text{ 일때 } \Delta D &= 5 + 10 \times \log_{10} \left(\frac{\sqrt{18.5\delta} / \tanh \sqrt{18.5\delta}}{\sqrt{18.5}} \right) \\ 0.2 \leq \delta < 0.4 \text{ 일때 } \Delta D &= 5 + 11 \times \log_{10} \left(\frac{\sqrt{18.5\delta} / \tanh \sqrt{18.5\delta}}{\sqrt{18.5}} \right) \\ 0.4 \leq \delta < 0.5 \text{ 일때 } \Delta D &= 5 + 12 \times \log_{10} \left(\frac{\sqrt{18.5\delta} / \tanh \sqrt{18.5\delta}}{\sqrt{18.5}} \right) \\ 0.5 \leq \delta < 1 \text{ 일때 } \Delta D &= 5 + 13 \times \log_{10} \left(\frac{\sqrt{18.5\delta} / \tanh \sqrt{18.5\delta}}{\sqrt{18.5}} \right) \\ 1 \leq \delta < 2 \text{ 일때 } \Delta D &= 5 + 14 \times \log_{10} \left(\frac{\sqrt{18.5\delta} / \tanh \sqrt{18.5\delta}}{\sqrt{18.5}} \right) \\ 2 \leq \delta < 15 \text{ 일때 } \Delta D &= 5 + 15 \times \log_{10} \left(\frac{\sqrt{18.5\delta} / \tanh \sqrt{18.5\delta}}{\sqrt{18.5}} \right) \\ 15 \leq \delta \text{ 일때 } \Delta D &= 24 \end{aligned} \quad (9)$$

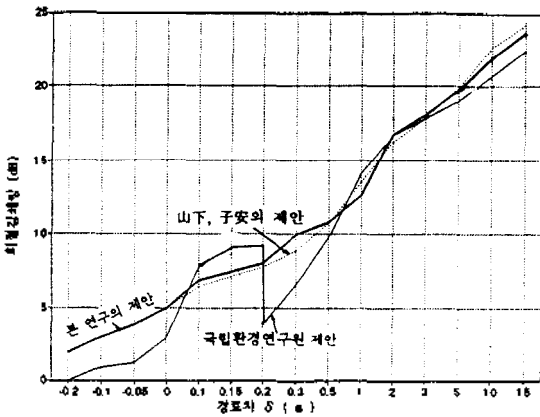


그림 1. 경로차에 따른 방음벽의 회절감쇠치 비교

2) 일반도로일 경우

본 연구에서는 국가의 주요 本線이라는 의미의 간선도로라는 말 대신 일반도로라는 용어를 사용하였다. 본 연구에서 일반도로란 교차로에 신호등이 있어 자동차의 흐름이 단속되는 도로를 의미한다. 또한 교통의 흐름이 단속되므로 도로를 무한도로로 간주하는 데는 무리가 있다고 판단하고 교차로와 교차로사이의 거리를 도로길이라고 가정하였다. 예측식은 2.3 절 1)항의 고속화도로(고속도로 포함)와 똑같은 식을 사용하였다.

III. 도로교통소음 측정 개요 및 방법

3.1 측정대상 개요

도로의 유형, 교통상황, 방음벽의 유무 등의 조건이 다른 14개 현장에서 94년 10월부터 11월에 걸쳐 소음 측정을 하였으며, 표 1은 도로교통소음에 영향을 미치는 여러 요인을 검토하기 위하여 선정된 측정 대상지역의 건물배치, 도로유형, 방음벽유무등을 나타낸 것이다. 측정대상 지역은 주로 1000세대 이상의 아파트단지 부근이며, 올림픽도로변, 강변도로변, 도시순환도로변, 일반 간선도로변 등에 인접하고 있다.

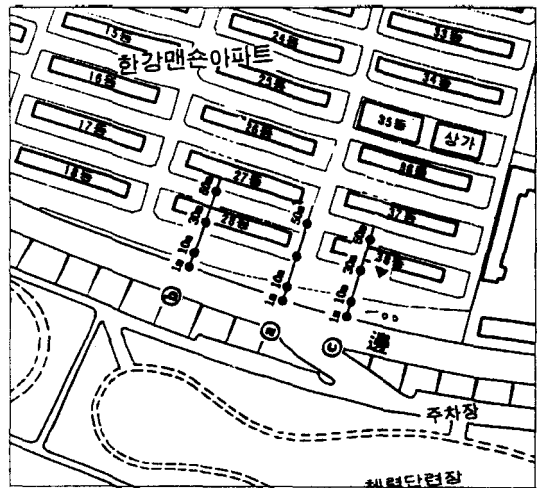


그림 2. 용산구 동부이촌동 한강맨션 주변의 소음 측정지점

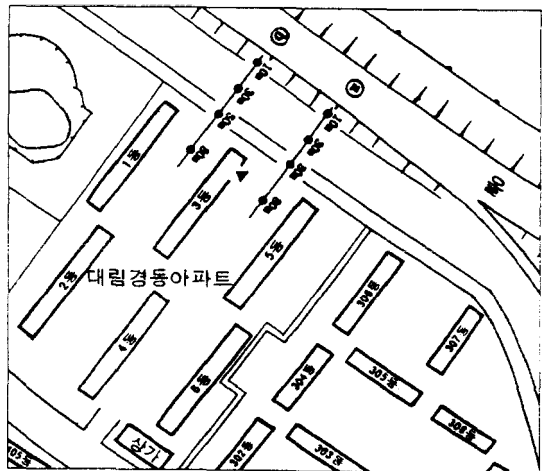


그림 3. 강서구 가양동 경동 아파트 주변의 소음 측정지점

표 1. 측정대상 시역의 개요

장 소	도로명	도로 형태	단지배치 형태	방음벽의 유무
용산구 동부이촌동 한강맨션아파트	강변대로	평탄	평행	없음
용산구 서빙고동 신동아 아파트	강변대로	평탄	평행	담장
성동구 자양 2동 현대아파트	강변대로	평탄	평행	없음
서초구 반포동 신반포아파트	울림궤 도로	성토	평행	흡음형, 방음벽
강남구 압구정동 한양아파트	울림궤 도로	평탄	평행	방음벽
강서구 가양동 (경동 아파트)	울림궤 도로	성토	직각	담장
노원구 상계동 주공 16단지	동부간선 도로	평탄	직각	흡음형
파천시 주공 6, 7단지 아파트	도시순환 도로	성토	사선	간섭형
안양시 평촌동 무궁화 아파트	경수산업 도로	절토	직각, 평행	없음
서초구 우면동 양재대로 주변	양재대로	성토		없음
강남구 개포동 주공아파트	양재대로	평탄	평행	방음벽
강남구 개포동 우성 6차아파트	양재대로	평탄	45도 배치	방음벽
분당 파크타운	-	절토	평행	담장
노원구 상계동 주공 9단지	동일로	평탄	직각, 평행	없음

3.2 측정내용 및 방법

소음진달특성 조사의 단순화를 위하여 교차로 부근이 아닌 곳으로서, 도로단으로부터 1m, 10m, 30m, 50m, 80m 떨어진 장소에서 동시에 소음을 측정하는 것을 원칙으로 하고 측정점이 건물등의 중앙부에 위치할 경우는 건물의 앞과 뒤에서 측정하였다.

측정방법은 일본 표준공업규격(JIS Z 8731) 및 건설부 고시(제 463호)에 준하여 실시하였으며, 정밀소음계(RION NL-11, ONO SOKKI LA-215 등)에 의해 5분간 등가소음레벨을 측정하였다.

측정시간은 건설부 고시(제 463호) 및 환경정책기본법에서 제시된 낮시간(06:00-22:00)중 임의의 시간

을 선택하여 측정하였다. 소음계는 지면으로부터 1.2m 높이에 설치하고 소음계의 마이크로폰은 소음원 방향으로 설치하였다. 삼각대를 설치하지 않고 측정할 경우에는 측정자 몸으로 부터 50cm이상 떨어져도 될 수 있는 상태에서 측정하였으며, 측정지점에 장애물이 있을 때는 반사음의 영향을 감소시키기 위하여 구조물로부터 소음원방향으로 3m 떨어진 곳에서 측정하였다. 또한 바람의 영향을 최소화 하기 위하여 방풍망을 부착하였고, 소음계의 동특성은 "FAST" 반응으로 고정하였으며, 청감보정회로는 A특성에 의해 보정된 측정치를 이용하였다.

또한 소음측정과 동시에 도로교통소음 특성 및 전달량 예측에 필요한 교통량 및 차량의 주행속도도 조사하였다. 이를 위해 소음측정과 동시에 소형(승용차 및 2.5t미만의 차량)과 대형(버스 및 2.5t이상) 차량의 통과횟수를 計數器를 이용하여 파악하고, 주행속도는 100m구간의 통과시간을 스톱워치로 반복하여 측정후 산술평균하여 이로부터 시간당 속도를 구하였다.

IV. 실측치와 예측치의 비교 분석

4.1 고속화 도로(고속도로포함) 주변의 경우

1) 차량속도가 40km 이상인 경우

신호등이 없어 자동차의 흐름이 연속적이고, 속도가 약 40km 이상인 도로 주변에 대하여 실측소음레벨과 예측소음레벨의 차이를 그림 4에 나타내었다. 그림 4의 (a)는 국립환경연구원, 그림 4의 (b)는 일본음향학회, 그림 4의 (c)는 본 연구의 예측방법을 사용하여 예측한 경우이며, 도로단으로부터 떨어진 거리별로 실측치와 예측치 차이를 나타내었다. 단, 도로단으로부터의 30m거리에 건물이 있을 경우는 건물에서 3m 이상 떨어진 27m 정도에서 측정한 값과 예측한 값을 비교하였으나, 그림에는 편의상 도로단으로부터의 거리 30m에 나타내었다.

그림 4의 (a)에서 국립환경연구원의 예측방법을 사용한 경우는 도로단으로부터 1m 떨어진 장소의 경우 예측치와 실측치의 차이가 평균 1.3 (-4.0~4.9) dB(A)로 나타났으며, 10m 떨어진 장소의 경우 평균 -2.6 (-6.5~4.0) dB(A), 30m 떨어진 장소의 경우 평균 -2.1 (-5.5~3.7) dB(A), 50m 떨어진 장소의 경우 평균 -2.4 (-9.4~2.2) dB(A), 80m 떨어진 장소의 경우 평균 -1.3 (-6~2.6) dB(A)로

나타났다. 총 58개 측정점에 대한 실측치와 예측치의 오차평균은 -1.5dB(A) 이며, 표준편차는 3.2dB(A) 로 나타나고 있으며, 예측값이 실측값보다 크게 나타나고 있다.

그림 4의 (b)에서 일본음향학회의 예측방법을 사용한 경우는 도로단으로부터 1m 떨어진 장소의 경우 예측치와 실측치의 차이가 평균 $-3.7(-9.7\sim-0.3)\text{dB(A)}$ 로 나타났으며, 10m 떨어진 장소의 경우 평균 $-2.8(-12.3\sim1.6)\text{dB(A)}$, 30m 떨어진 장소의

경우 평균 $-1.1(-9.0\sim8.6)\text{dB(A)}$, 50m 떨어진 장소의 경우 평균 $2.8(-8.7\sim18.6)\text{dB(A)}$, 80m 떨어진 장소의 경우 평균 $0.9(-7.7\sim19.2)\text{dB(A)}$ 으로 나타났다. 총 58개 측정점에 대한 실측치와 예측치의 오차평균은 -0.6dB(A) , 표준편차는 6.4dB(A) 로 나타났으며, 오차 최대값이 19.2dB(A) 로 되어 소음 예측시 음향학회식을 사용하는 데는 무리가 있다고 판단된다. 그림에서 도로로부터 50m 이상의 거리에서 예측치와 실측치의 차이가 (+) 쪽으로 많이 발생된 것은 그림 2와 같이 건물이 도로에 평행배치될 경우 건물과 건물사이를 통해 전달되는 소음에 대한 요인이 반영되지 않아 예측소음레벨이 지나치게 작게 예측되었다고 판단된다.

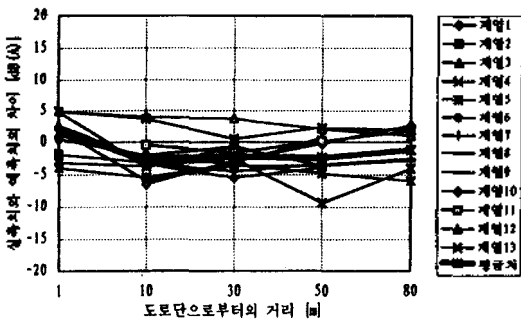
또한 계열 8, 9의 곡선에서 (-)쪽으로 오차가 많이 발생된 것은 그림 3에서와 같이 건물이 도로에 직각 배치되어 있을 경우 수음점에서 도로를 바라보는 관측각이 작게 되었음에도 불구하고 무한도로 가정하여 계산되었기 때문에 예측값이 실측값보다 크게 나타났다고 판단된다.

그림 4의 (c)에서 본 연구의 예측방법을 사용한 경우는 도로단으로부터 1m 떨어진 장소의 경우 예측치와 실측치의 차이가 평균 $1.4(-1.9\sim5.6)\text{dB(A)}$ 로 나타났으며, 10m 떨어진 장소의 경우 평균 $-2.1(-5.4\sim3.3)\text{dB(A)}$, 30m 떨어진 장소의 경우 평균 $-1.1(-5.5\sim2.7)\text{dB(A)}$, 50m 떨어진 장소의 경우 평균 $-1.2(-4.1\sim2.8)\text{dB(A)}$, 80m 떨어진 장소의 경우 평균 $-0.3(-4.3\sim5.2)\text{dB(A)}$ 으로 나타났다. 총 58개 측정점에 대한 실측치와 예측치의 오차평균은 -0.6dB(A) 이며, 표준편차는 2.6dB(A) 로 나타났으며, 오차평균 및 표준편차에 있어서 국립환경 연구원이나 일본음향학회의 예측방법보다 더 작게 나타났다.

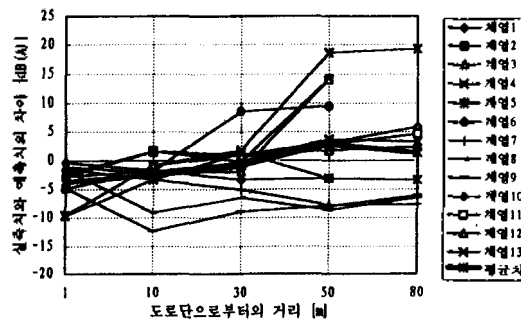
2) 차량속도가 30km이하일 경우

신호등이 없어 자동차의 흐름은 연속적이지만 차량의 정체현상으로 속도가 약 20~30km 정도이며, 서행과 정지를 반복하는 도로 주변에 대하여 실측소음레벨과 예측소음레벨의 차이를 그림 5에 나타내었다. 그림 5의 (a)는 국립환경연구원, 그림 5의 (b)는 일본음향학회, 그림 5의 (c)는 본 연구의 예측방법을 사용하여 예측한 경우이며, 도로단으로부터 떨어진 거리별로 실측치와 예측치 차이를 나타내었다.

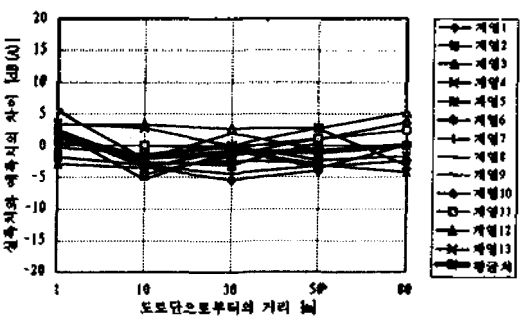
그림 5의 (a)에서 국립환경연구원의 예측방법을



(a) 국립환경연구원 제안방법의 경우



(b) 일본음향학회 제안방법의 경우



(c) 본 연구의 예측방법을 사용한 경우

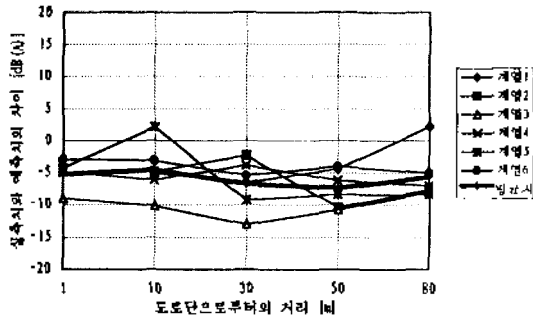
그림 4. 차량속도가 40km 이상인 고속화도로 주변에서 실측치와 예측치의 차

사용한 경우, 도로단으로부터 1m 떨어진 장소의 경우 예측치와 실측치의 차이가 평균 -5.3 ($-9 \sim -2.9$) dB(A)로 나타났으며, 10m 떨어진 장소의 경우 평균 -4.5 ($-10.2 \sim -2.1$) dB(A), 30m 떨어진 장소의 경우 평균 -6.7 ($-2.3 \sim -13.0$) dB(A), 50m 떨어진 장소의 경우 평균 -7.4 ($-10.8 \sim -4.0$) dB(A), 80m 떨어진 장소의 경우 평균 -5.7 ($-8.5 \sim -2.2$) dB(A)으로 나타났다. 양자의 차이는 주로 (-) 값이 나와 약 5~7 dB(A) 정도 예측값이 실측값보다

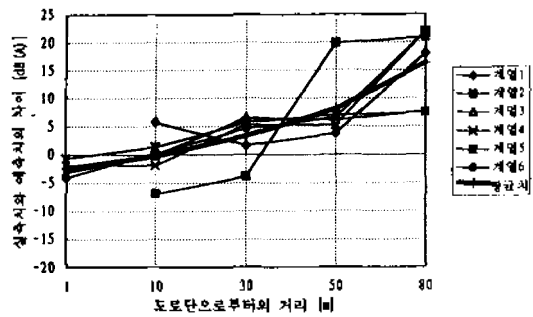
크게 나타나고 있다. 이는 차량이 저속으로 움직일 때 따라 특히 대형차의 타이어 마찰음, 엔진소음은 극히 작아지고 차두간격이 좁은 상태에서 시간당 차량통과 대수가 많았기 때문이라고 판단된다.

그럼 5의 (b)에서 일본음향학회의 예측방법을 사용한 경우는 도로단으로부터 1m 떨어진 장소의 경우 예측치와 실측치의 차이가 평균 -2.5 ($-4.1 \sim -0.7$) dB(A)로 나타났으며, 10m 떨어진 장소의 경우 평균 -0.3 ($-6.9 \sim 5.7$) dB(A), 30m 떨어진 장소의 경우 평균 3.3 ($-3.9 \sim 6.4$) dB(A), 50m 떨어진 장소의 경우 평균 8.0 ($-25.8 \sim 3.7$) dB(A), 80m 떨어진 장소의 경우 평균 16.3 ($7.4 \sim 21.9$) dB(A)로 나타났다. 도로로부터 50m 이상 떨어진 장소에서 양자의 차이는 주로 (+) 값이 나와 예측값이 실측값보다 작게 나타난 것은 건물뒤의 장소에서 예측시 건물에 의한 회절감쇠 보정치가 너무 크게 되어 오차가 많이 발생하였다고 판단된다.

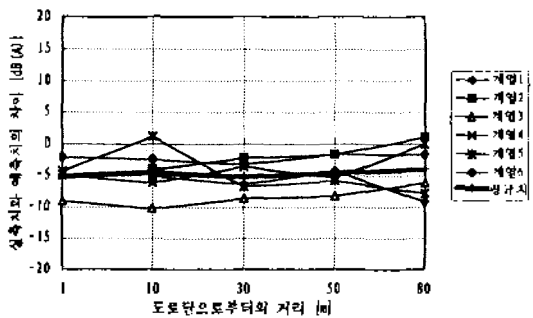
그럼 5의 (c)에서 본 연구의 예측방법을 사용한 경우는 도로단으로부터 1m 떨어진 장소의 경우 예측치와 실측치의 차이가 평균 -5.1 ($-9.0 \sim -2.1$) dB(A)로 나타났으며, 10m 떨어진 장소의 경우 평균 -4.5 ($-10.2 \sim -1.1$) dB(A), 30m 떨어진 장소의 경우 평균 -5.1 ($-8.6 \sim -2.2$) dB(A), 50m 떨어진 장소의 경우 평균 -4.5 ($-8.2 \sim -1.7$) dB(A), 80m 떨어진 장소의 경우 평균 -4.0 ($-9.1 \sim -1.0$) dB(A)으로 나타났다. 양자의 차이는 국립환경연구원식에 의한 결과와 거의 비슷한 경향을 나타내고 있으며, (-) 쪽으로 오차가 심하여 30km 이하의 저속주행시에는 국립환경연구원, 일본음향학회의 예측방법과 마찬가지로 본 연구의 예측방법에 의한 도로교통소음 예측이 어렵다고 판단된다. 단 총 28개 측정점에 대한 오차 평균은 -5 dB(A)로 크지만, 표준편차는 3dB(A)로 작으므로, 향후 보다 많은 실태조사 및 검증 등을 통하여 5dB(A)를 보정하는 방안이 대한 연구가 필요하다고 판단된다.



(a) 국립환경연구원 제안방법의 경우



(b) 일본음향학회 제안방법의 경우



(c) 본 연구의 예측방법을 사용한 경우

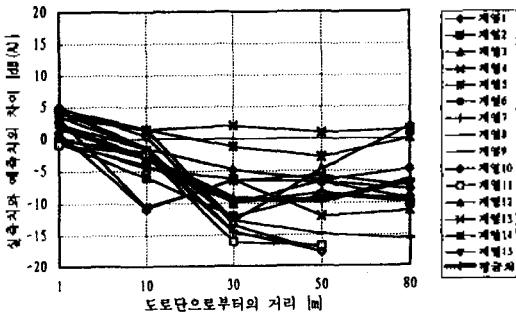
그림 5. 차량속도가 30km 이하인 고속화도로 주변에서 실측치와 예측치의 차

4.2 일반도로의 경우

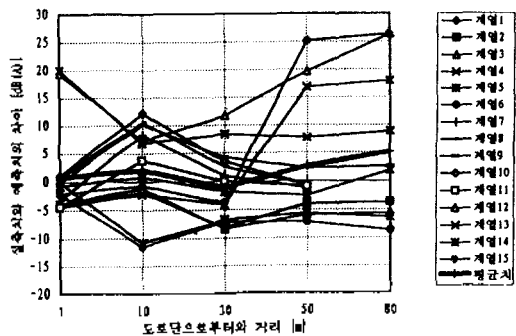
차량속도가 약 40km 이상인 일반도로 주변에 대하여 실측소음레벨과 예측소음레벨의 차이를 그림 6에 나타내었다. 고속화도로에서와 마찬가지로 그림 6의 (a)는 국립환경연구원, 그림 6의 (b)는 일본음향학회, 그림 6의 (c)는 본 연구의 예측방법을 사용하여 예측한 경우이며, 도로단으로부터 떨어진 거리별로

실측치와 예측치 차이를 나타내었다.

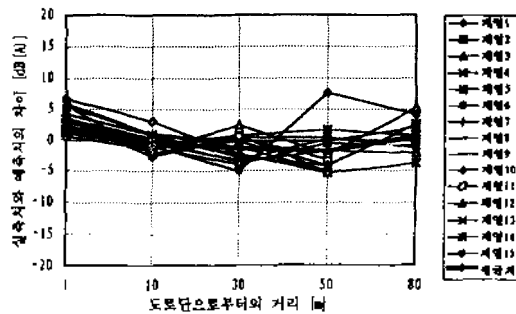
그림 6의 (a)에서 국립환경연구원 제안방법을 사용한 경우는 도로단으로부터 1m 떨어진 장소의 경우 예측치와 실측치의 차이가 평균 1.9 (-0.9~5.0) dB(A) 로 나타났으며, 10m 떨어진 장소의 경우 평균 -2.9 (-10.9~1.5) dB(A), 30m 떨어진 장소의 경우 평균 -9.3 (-14.6~2.0) dB(A), 50m 떨어진 장소의 경우 평균 -9.8 (0.9~-17.8) dB(A), 80m 떨어진 장소의 경우 평균 -6.6 (-15.7~1.9)



(a) 국립환경연구원 제안방법의 경우



(b) 일본음향학회 제안방법의 경우



(c) 본 연구의 예측방법을 사용한 경우

그림 6. 차량속도가 40km 이상인 일반도로 주변에서 실측치와 예측치의 차

dB(A) 으로 나타났다. 총 71개 측정점에 대한 실측치와 예측치의 오차평균은 -5.2dB(A), 표준편차는 6.1dB(A)로 나타났으며, 특히 도로단으로부터 30m 이상인 경우 부터 오차가 심하게 발생하고 있다. 오차 발생 원인으로서는 도로조건, 회절감쇠특성, 관측각 등 여러가지가 있겠지만 그중 회절감쇠에 대한 고려가 되지 않음으로 인하여 발생한 오차가 가장 크다고 판단된다.

그림 6의 (b)에서 일본음향학회의 예측방법을 사용한 경우는 도로단으로부터 1m 떨어진 장소의 경우 예측치와 실측치의 차이가 평균 0.7 (-4.5~20) dB(A) 로 나타났으며, 10m 떨어진 장소의 경우 평균 2.0 (-11.5~12.2) dB(A), 30m 떨어진 장소의 경우 평균 -1.1 (-8.4~11.7) dB(A), 50m 떨어진 장소의 경우 평균 2.5 (-7.2~25.1) dB(A), 80m 떨어진 장소의 경우 평균 5.1 (-8.7~26.3) dB(A) 으로 나타났다. 양자의 차이는 최소 -8.7 dB(A), 최대 26.3 dB(A)로 되어 소음예측시 일본음향학회식을 사용하는 데는 부라가 있다고 판단된다. 그림에서 도로로부터 50m 이상의 거리에서 실측치와 예측치의 차이가 (+) 쪽으로 많이 발생된 것은 그림 2와 같이 건물이 도로에 평행배치 될 경우 건물과 건물사이를 통해 전달되는 소음에 대한 요인이 반영되지 않아 예측소음레벨이 지나치게 작게 예측되었다고 판단된다. 또한 1, 2, 3 계열에서 (-)쪽으로 오차가 많이 발생된 것은 그림 3과 같이 건물이 도로에 직각 배치되어 있을 경우 수음점에서 도로를 바라보는 관측각이 작게 되었음에도 불구하고 무한도로로 가정하여 계산되었기 때문에 예측값이 실측값보다 크게 나타났다고 판단된다.

그림 6의 (c)에서 본 연구의 예측방법을 사용한 경우는 도로단으로부터 1m 떨어진 장소의 경우 예측치와 실측치의 차이가 평균 3.4 (0.7~6.7) dB(A) 로 나타났으며, 10m 떨어진 장소의 경우 평균 -0.3 (-2.7~3.1) dB(A), 30m 떨어진 장소의 경우 평균 1.3 (-5.1~2.5) dB(A), 50m 떨어진 장소의 경우 평균 -1.8 (-5.5~7.6) dB(A), 80m 떨어진 장소의 경우 평균 0.7 (-3.8~5.2) dB(A) 로 나타났다. 총 71개 측정점에 대한 실측치와 예측치의 오차평균은 0.1dB(A), 표준편차는 3dB(A)로 나타나, 도로교통소음 예측식으로 사용 가능하리라 판단된다.

V. 결 론

본 연구에서는 도로교통소음을 보다 정확하게 예측하기 위하여 국립환경연구원과 일본음향학회의 예측방법을 비교, 검토하여 수정 보완된 예측방법을 제시하고, 각각의 예측식 및 계산과정을 컴퓨터 프로그램화한 후, 이를 통해 예측된 값은 14개의 현장, 158개 측정점에서 실측된 값과 비교, 예측방법의 타당성을 검토하였다.

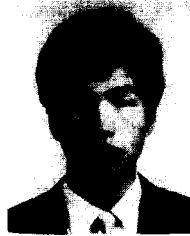
본 연구에서 도로교통소음의 예측값과 실측값을 비교한 결과, 40km이상의 고속화도로(고속도로포함) 및 일반도로 주변에서 본 연구의 예측방법에 의해 구한 값이 국립환경연구원 및 일본음향학회의 예측방법에 의해 구한 값 보다 실측치와의 오차가 작게 나타남을 확인하였다. 이는 본 연구에서 제안된 예측방법이 기존의 예측방법에 비해, 회절감쇠에 대한 보정치가 수정되고 일반도로변에서 도로 및 건물등의 방음벽을 유한길이로 가정하여 예측되었기 때문이라고 판단된다.

앞으로 본 연구결과의 활용성을 증대하기 위해서는 일반도로의 경우 교차로와 교차로의 중앙부근이 아닌 교차로 부근에서도 본 연구의 제안예측방법을 적용할 경우 어느 정도 오차가 발생하는가에 대한 연구가 계속적으로 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 김갑수 외 : 騒音防止 對策수립에 관한 研究, 서울特別市, 1994. 6.
2. 李 鍾雨 外 : 交通騒音 臨基地域의 騒音度 調査研究, 國立環境研究所 研究報告書, 1982.
3. 김하근, 김명준, 김성환 : 아파트단지의 교통소음도 예측 프로그램 개발, 한국음향학회지, 제 12권 2호, 1993. 5
4. 中野有朋 : 道路交通騒音의 測定と評價, 産業公害, Vol. 6, p. 412, 1970
5. 山下充康, 子安 勝, 線狀音源に對する 障壁の遮音效果, 日本音響學會誌, Vol 18, No4, 1973
6. Edward. B. Magrab : Environmental Noise Control, John Wiley & Sons, New York, 1975.
7. Federal Highway Administration : Fundamentals and Abatement of Highway Traffic Noise, Federal Highway Administration Report No. FHWA-HHI-HEV-73-7976-1 Chapter 4, 1973. 6.

▲김 하 근(Kim Ha-Geun) 1962년 8월 15일생



1984년 2월 : 한양대학교 건축학과 졸업(공학사)

1986년 2월 : 한양대학교 대학원 건축공학과(공학석사)

1988년 10월~현재 : 대한주택공사 주택연구소 주임연구원

1990년 3월~현재 : 한양대학교 대학원 건축공학과 박사과정 재학

▲손 장 열(Sohn, Jang-Yeul) 1945년 6월 22일생



1969년 2월 : 한양대학교 건축공학과 졸업(공학사)

1977년 3월 : 일본동경공업대학 대학원 석사과정 졸업(공학석사)

1980년 3월 : 동대학 대학원 박사과정 졸업(공학박사)

현재 : 한양대학교 건축공학부 교수

대한건축학회 연구이사

공기조화, 냉동공학회 환경부문 위원회 위원장

한국온열환경학회 회장

▲김 흥 식(Kim, Heung-Sik)

현재 : 대한주택공사 주택연구소 선임연구원

(제11권 2호 참조)