

## 아파트단지에서 도로교통소음 예측식 개발 및 검증

이내현 · 선우영\* · 조일형†\*\*

한국환경중합연구소 · \*건국대학교 환경공학과 · \*\*경기지방공사

(2005년 9월 25일 접수, 2006년 1월 19일 채택)

### Development and Verification of Prediction Model for Road Traffic Noise in the Apartment Complex

Nae-Hyun Lee · Woo-Young Sun\* · Il-Hyoung Cho†\*\*

Korea Environmental Technology Consulting Hotline · \*Department of Environmental Engineering, Kon-kuk University

\*\*New Town Development Division, Gyeonggi Innovation Corporation

**ABSTRACT** : 10 sites in building development areas were selected and the noise level were measured by the apartment floors of apartment complex. With the fitted regression analysis, the distribution ratio( $R^2$ ) and correction coefficient( $r$ ) was 25%(0.5) in the NIER('87) and 7.5%(0.274) in the NIER('99), respectively. The measured values of the noise level on the seventh floor of complex did not show a good agreement with the predicted noise level in the NIER('87, '99) formula. However, the developed formula demonstrated that the measured values were reasonably close to the predicted values, indicating the validity and adequacy of the predicted models with the fitted vs residual analysis in the 95% of confidence interval and 95% of predict interval. The results suggested that application of this development model obtained by the results according to the apartment floor can be improved in road traffic noise.

**Key Words** : Road Traffic Noise, NIER('87, '99), Distribution Ratio( $R^2$ ), Correction Coefficient, Developed Formula

**요약** : 본 연구는 도시개발 지역 중 10개 지점을 선정하여 공동주택 중 아파트의 층별에 의한 소음 측정을 통해 도로교통소음 예측식을 수립 및 검증을 수행하였다. 아파트 7층을 대상으로 측정된 소음값을 이용하여 국립환경과학원식(NIER) '87년, '99년 식 등을 적합 회귀선에 적용한 결과 국립환경과학원식(NIER) '87년, '99년 식 등의 기여율( $R^2$ )과 상관계수( $r$ )가 각각 '87년 식에서 25%(0.5), '99년 식에서 7.5%(0.274)로 나타나 공동주택내 도로교통소음 예측을 수립하여 적용하기 곤란한 것으로 나타났다. 또한 신뢰성분석중 하나인 잔차분석을 통해 95% 신뢰구간(CI : confidence interval)과 95% 예측구간(PI : predict interval)에서 매우 낮은 신뢰성을 나타냈다. 하지만 본 연구에서 개발식에 적용된 예측값의 분석결과 기여율( $R^2$ )과 상관계수( $r$ )의 경우 1층에서 15층까지 각각 상관계수가 0.7~0.97로 비교적 양호한 실측치를 나타내 공동주택 층별 높이에 따른 소음도 예측시 적용이 가능할 것으로 판단된다.

**주제어** : 도로교통소음, 국립환경과학원식(NIER), 개발식, 예측식, 기여율( $R^2$ ), 상관계수(Correction coefficient), 잔차분석

## 1. 서론

우리나라는 산업발달로 인해 경제성장은 이룩하였으나 인구의 도시집중과 경제발전에서 따른 교통량의 급격한 증대로 인한 여러 가지 환경공해로 인한 사회적 문제를 야기하고 있다.<sup>1)</sup>

이러한 소음공해는 건강에 미치는 장기적인 영향(청력저하) 외에도 불쾌감, 회화방해, 작업능률 저하, 수면방해 등 심리적, 정신적, 신체적 영향으로 인한 생활상의 불편 때문에 가장 직접적으로 감지되는 공해문제 중의 하나이며, “중앙환경분쟁조정위원회”에 의하면 ‘2005년까지 조정 신청한 처리된 1,354건 중 소음·진동으로 인한 피해 1,159건(86%), 대기

오염 115건(8%), 수질오염 54건(4%), 해양오염 9건(1%), 기타 17건(1%)로서 소음 및 진동관련이 대부분을 차지하고 있는 것으로 나타나고 있고, 이러한 추세는 앞으로도 계속될 것이다.<sup>3)</sup>

따라서 소음을 방지하기 위하여 우리나라를 비롯하여 선진국에서는 소음 규제법을 제정하여 소음저감을 위해 노력하고 있으며, 그 중 일상생활에 있어 주된 소음원이 되는 도로교통소음을 도로의 신설 및 정비시 사전 예측하고, 방지대책 수립에 활용하기 위한 도로교통소음의 예측모형에 관한 연구<sup>4-8)</sup>들이 많이 수행되었는데 예측방법은 이론적으로 명확하고 실용적, 경제적으로 예측계산을 행할 수 있어야 한다.

이에 본 연구에서는 택지개발사업지구에서 주로 사용된 국립환경과학원식(NIER) 예측식을 실측치와 비교 및 평가하고, 본 연구 개발식을 바탕으로 층별 높이에 따른 소음도 평가 및 검증 등을 수행함으로써 향후 예측식 개발에 기초적인 자료를 제시하는데 본 연구의 목적을 두었다.

† Corresponding author  
E-mail: choih73@snu.ac.kr  
Tel: 031-220-3186

Fax: 031-225-3812

**Table 1.** Subject of survey

Site	No	Measuring Site	Arrangement Type		Noise Barrier		Reflection
			Plan	Right Angle	Existence	Height (m)	Existence
Pyeong-Chon	N-1	Saetbyeol-hyang APT 208	○		x	-	x
	N-2	Saetbyeol-hyang APT 208					x
	N-3	Kolon APT 709	○		x	-	x
	N-4	Booyoung APT 311		○	x	-	x
	N-5	Booyoung APT 709	○		x	-	x
Ilsan	N-6	Hyundai APT 1803		○	x	-	x
	N-7	Backsong APT 602	○		x	-	x
	N-8	Jugong APT 1210	○		x	-	x
	N-9	Woosung APT 105	○		x	-	x
	N-10	Jugong APT 704	○		x	-	x

## 2. 연구방법

### 2.1. 현장조사

#### (1) 조사지점 선정

공동주택내 도로교통소음 예측을 위한 기초자료 및 검증 자료 확보를 위하여 각 측정지구별 주야간 층별 소음도 측정이 용이한 지구를 Table 1과 같이 선정하였으며, 현지답사와 도면검토를 수행하여 본 연구목적에 적합한 안양시 평촌지구, 고양시 일산지구를 조사지점으로 선정하였다.

#### (2) 조사내용

본 연구의 조사내용은 크게 네 가지로 구분된다. 첫 번째 아파트 층(1, 3, 5, 7, 10, 13, 15층)별 소음도 측정, 두 번째 이격거리(5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 m)별 소음도 측정, 세 번째 아파트 배치형태 직각배치와 평행배치에 따른 소음도 측정을 조사하였다. 또한, 현장여건 중 도로교통소음에 영향을 미치는 요인으로 아파트 배치형태, 층수, 도로단으로부터 이격거리, 도로폭, 차선수 등을 조사하였으며, 조사내용을 제시하면 Table 2와 같다.

#### (3) 조사 및 측정

측정일시는 날씨가 맑고 바람의 영향이 적다고 판단된 날짜를 선택하여 단지내 도로교통소음에 대한 현황을 파악하기 위해 2002년 2월부터 2002년 3월까지 주간(06:00~22:00)과 야간(22:00~06:00)으로 나누어 단지내 도로교통소음을 1시간 연속으로 측정하였다. 이 때 공동주택 층별 높이에 따른 소음측정은 동시측정을 원칙으로 4회 반복하여 평균값을 이용하였다. 본 조사에 사용된 소음기(CR:812A, Cirrus co.,

**Table 2.** Contents of survey

Site	No.	Measuring Site	Distance (1)	Distance (2)	Roadway Width	No. of Lane	No. of Floor
Pyeong-Chon	N-1	Saetbyeol-hyang APT 208	14.1	22.6	17	4	15 floors
	N-2	Saetbyeol-hyang APT 208	-	-	17	4	All distances
	N-3	Kolon APT 709	10.0	18.0	16	5	13 floors
	N-4	Booyoung APT 311	10.6	21.6	22	7	15 floors(Right)
	N-5	Booyoung APT 709	9.6	18.1	17	5	15 floors
Ilsan	N-6	Hyundai APT 1803	28.2	43.7	31	8	10 floors(Right)
	N-7	Backsong APT 602	19.4	30.4	22	6	12 floors
	N-8	Jugong APT 1210	19.0	29.5	21	6	15 floors
	N-9	Woosung APT 105	13.3	21.3	16	4	10 floors
	N-10	Jugong APT 704	22.7	30.7	16	4	10 floors

Notes : Distance 1 : From roadway(traveled way) edge to apartment  
Distance 2 : From roadway(traveled way) center to apartment

LTD)는 8대를 이용하였고 차량속도 측정을 위하여 속도계(Speed Gun)(Radar type, Decatur Electronics, Inc)를 이용하여 소형차, 중형차, 대형차, 오토바이로 선별한 후 소음계가 설치된 부근을 통과하는 순간의 차량속도를 측정하였다.

또한 교통량 조사는 5층과 10층에서 계수기(Counter, 회사)를 사용하여 측정하고, 15층에서는 측정시간 동안 교통량을 비디오로 촬영한 후 연구실에서 재분석하였다. 그 외에 풍향, 풍속, 기온의 경우 현장에서 풍향·풍속계(Korea, Model : 6210, YESTO., co), 디지털온도계(Korea, Model : KG-60TO, KAISE., co)를 사용하였다.

#### (4) 통계적 분석

소음 이론식을 바탕으로 기존식에 대한 예측식 검토 및 검증과 도로교통소음 개발에 대한 기존식과 비교, 검토 및 검증을 위해 SPSS 13 version for window와 Minitab 14 version for window 등 프로그램을 이용하여 1) 기초통계(Basic statistics), 2) 회귀분석(Regression analysis), 3) 잔차분석(Residual analysis), 4) 상관분석(Correlation analysis) 등을 수행하여 예측식을 검토하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 예측식 수립

단지내 도로교통소음으로 인한 예측식의 수립을 위하여 소음의 기초이론을 식 (1)~(4)과 같이 수립할 수 있다(Table 3).

본 예측식을 수립하는 기본방향은 실험치를 기본으로 통계적 분석에 의한 예측식 수립보다는 소음이론을 통하여 복잡 다양한 소음도에 가장 많은 영향을 미치는 인자를 선정하고 실험에 의한 일반적인 관계식을 통하여 도로교통소음에 적용가능한 예측식을 수립하는데 초점을 맞추었다.

또한, 기존의 도로교통소음 예측식의 수립과정에 대한 자세한 설명이나 관여인자에 대한 명확한 설명을 제시하고 있지 않은 점을 고려하여 예측식을 수립하였다. 다음 Table 3에서 제시된 이론식을 바탕으로 예측식 수립을 위한 가정조건은 아래 Table 4와 같다. 특히 식 (7)은 도로폭 전체에서 발생하는 음의강도로 보지만 도로폭은 도로여건에 따라 매우 가변적으로 변하므로 도로를 모형화해서 음의 강도가 도로폭 중앙에서 음을 발산하는 것으로 가정한다면 식 (8)과 Fig. 1과 같이 나타낼 수 있다.

일반적으로 소음도와 이격거리의 관계식을 나타내면 식 (9)과 같이 나타낼 수 있다.

$$L = -C \log D \quad (9)$$

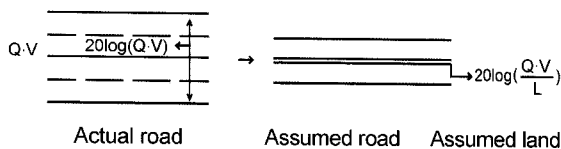
**Table 3.** The theory equation for prediction setup

Basic theory	Theory equation
Sound intensity(I) & Sound pressure (P)	$I = \frac{P^2}{\rho c} \quad [W/m^2] \quad (1)$
Reference sound intensity ( $10^{-12} W/m^2$ ) ( $I_o$ )	$I_o = \frac{P_o^2}{\rho c} \quad [W/m^2] \quad (2)$
Sound intensity level	$SIL = 10 \log(\frac{I}{I_o})dB \quad (3)$
Sound pressure level	$SPL = 20 \log(\frac{P}{P_o})dB \quad (4)$

**Table 4.** Assumption condition and theory equation for prediction setup

Basic theory	Theory equation
Equivalent continuous sound pressure level per hour according to the change of traffic volume	$L_{eq,1h} = C \log Q \quad (5)$
Equivalent continuous sound pressure level per hour according to the change of the average vehicle speed	$L_{eq,1h} = C \log V \quad (6)$
Equivalent continuous sound pressure level by Eq (4)	$L_{eq,1h} = 20 \log(Q \times V) \quad (7)$
The equation shows the emission of sound from the road width in the centerline to the sound intensity	$L_{eq,1h} = 20 \log(\frac{Q \times V}{L}) \quad (8)$

\* Q: Equivalent traffic volume in vehicles per hour  
V: the average vehicle speed, L: The roadway of road width



**Fig. 1.** The concept of noise emission level.

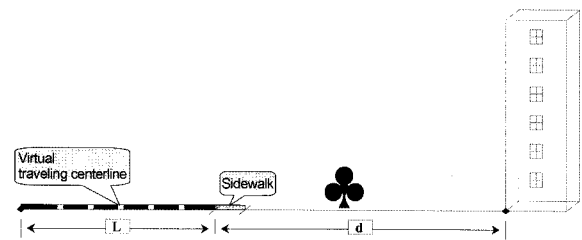
상기의 식 (9)에서 C의 계수를 선음원 가정할 경우 C의 계수는 10이 되고 점음원으로 가정할 경우 C의 계수는 20이 된다. 그러나, 공동주택의 경우 층고에 따라 도로폭에서 방사하는 음의 Energy가 음선에 방해받지 않고 거의 대부분이 수음자측에 전달되므로 지면으로부터 1.5 m 높이에서의 감쇠에 비하여 적을 것으로 판단하였다. 무한길이의 선음원 거리감쇠항을 적용하여 C의 계수를 10으로 설정하고 d의 경우는 가상주행중심선인 도로중앙을 기준으로 하여 거리비 개념으로 표현하여 나타내면 Fig. 2와 같으며, 식 (10)으로 표현하였다.

$$L = -10 \cdot \log\left(\frac{L/2+d}{L/2}\right) \quad (10)$$

여러 가지 원인에 의한 보정계수의 경우는 공동주택에서 도로교통소음에 영향을 미치는 현장조건으로는 공동주택(APT) 배치형태, 반사음영향, 층별(층고), 방음벽 유무 등으로 나눌 수 있다. 이 중에서 반사음 및 방음벽의 영향이 있으면서 영향을 받지 않는 현상이 없는 관계로 본 연구에서는 공동주택 배치형태 및 층별(층고)에 따른 보정계수를 적용하여 예측식을 수립하면 식 (11)과 같이 나타낼 수 있다.

$$L_{eq} = 20 \cdot \log\left(\frac{Q \times V}{L}\right) - 10 \cdot \log\left(\frac{L/2+d}{L/2}\right) \pm \Delta F \pm \Delta D \quad (11)$$

여기에서, Q(대/hr)는 교통량으로서 1시간 동안 통행하는 차량의 통행량으로서 현장조사결과 공동주택 도로에서 운영되고 있는 차종은 소형차, 중형차, 대형차, 오토바이로 확인되었다. V는 1시간 동안 통행한 차량들의 주행평균속도(km/hr)이고, L은 도로의 차도폭(m)을 말하며, d는 차도 끝단에서 수음점(건물)까지의 거리(m)를 나타낸다. 한편, ΔF는 공동주택 층별 보정계수, ΔD는 공동주택 배치형태에 따른 보정계수를 나타낸다. 따라서 개발식(식 (11))은 도로교통소음을 실험적으로 분석한 소음도와 교통량, 차속, 이격거리와의 일반적인 관계식을 음압레벨식과 무한길이의 선음원 거리감쇠식에 적용하여 제시한 예측식으로서 공동주택 도로교통소음 뿐만 아니라 광범위하게 도로교통소음을 예측하는데 적용이 가능할 것으로 사료된다. 또한, 실험적으로 현장여건이나, 도로특성, 지역특성을 고려하여 예측식의 변형을 통한 여러 가지 도로유형의 예측식 수립이 가능할 것으로 판단된다.



**Fig. 2.** The concept of distance attenuation.

**Table 5.** Comparison of NIER('99) formula and development formula('05)

The Item	NIER('99) formula <sup>9)</sup>	Development formula
Noise Emission Level	$8.55 \cdot \log(Q \cdot V / \ell) + 36.3$	$20 \cdot \log(Q \cdot V / L)$
Traffic Quantity(Q)	Light vehicle + [10×Heavy vehicle], (vehicle/hr)	Light + Medium + Heavy + Motorcycle (vehicle/hr)
Car Speed (V)	Average vehicle speed, (km/hr)	Traveling average vehicle speed (km/hr)
Distance (ℓ, L)	Distance to the end of road in traveling centerline + Distance to the standard 10m position in the end of road	Road width
Distance Attenuation	$14.1 \cdot \log ra$	$10 \cdot \log [(L/2+d)/(L/2)]$
Distance Ratio (ra)	Distance ratio until expect position located more than 10m distant from the road end to standard 10m distance	Distance ratio until expect position located in the roadway centerline to distance from a roadway centerline to the end of road
Simulated Center-Line	Geometrical average [D = (D <sub>n</sub> × D <sub>i</sub> ) <sup>0.5</sup> ]	Road centerline
Correction Factor	C : Coefficient (Considering 0~2 value according to vehicle volume)	ΔF + ΔD Correction coefficient according to apartment floor and construction type

\* Development formula('05): 2005년 개발

한편, 기존의 사용되었던 국립환경과학원식(NIER) 및 개발식과의 비교분석을 위한 고려인자(Factor)로는 크게 교통량, 차속, 이격거리, 보정계수를 들 수 있다. 예측식을 세부적으로 소음발산레벨항, 이격거리감쇠항, 보정계수항으로 구분하여 NIER식과 개발식을 비교하면 Table 5와 같다. 국립환경과학원식(NIER)의 예측식은 대부분 최소자승법에 의한 통계적 분석을 토대로 개발된 경험식으로 우리나라와 같이 도로의 형태가 매우 복잡하고 다양한 조건에 적용하기란 매우 곤란하다. 따라서, 본 개발식은 소음발산레벨항은 점음원 이론식을 이격거리 감쇠항은 고층의 아파트에 적용하기 위하여 선음원 이론식을 토대로 개발된 이론식과 경험식을 혼합하여 개발된 식으로서 실측치에 대한 오차 보정계수 등 다양한 방법을 적용하여 도로별 특성에 맞는 예측식 수립을 하고자 식 (1)~(11)으로부터 본 개발식을 개발하여 제시하였다.

**3.2. 본 개발식 평가**

본 개발식을 평가하기 위해 1층부터 15층까지 측정된 값에 일반적인 통계치를 Table 6에 제시되었고 또한 공동주택 층별(층고)에 따른 실측치와 개발식(식 (11))에서 ΔF, ΔD를 제외한 개발식의 예측치와의 적합성을 알아보기 위하여 직각배치를 제외한 평면배치형태의 공동주택 층별높이에 따른 실측치 및 개발식의 관계를 회귀분석결과 회귀식 및 상관계수를 분석하였다(Table 7). Table 7의 결과로부터 7층에서 상관계수가 가장 높은 수치를 보여주었고 7층 주변으로 멀리

**Table 6.** Basic statistics analysis by the apartment floor

Floor	Data source	Basic statistics analysis
1	Measured	N(48), M(64.85), S(3.22), Min(55.3), Max(69.5)
	Predicted	N(48), M(65.67), S(4.43), Min(50.3), Max(72.8)
3	Measured	N(40), M(68.38), S(2.20), Min(55.3), Max(72.4)
	Predicted	N(40), M(67.20), S(3.14), Min(64.1), Max(72.8)
5	Measured	N(49), M(69.26), S(2.10), Min(65.2), Max(72.8)
	Predicted	N(49), M(67.66), S(3.10), Min(63.1), Max(72.8)
7	Measured	N(49), M(69.26), S(2.10), Min(65.2), Max(72.8)
	Predicted	N(49), M(67.66), S(3.10), Min(63.1), Max(72.8)
10	Measured	N(53), M(67.36), S(2.61), Min(59.2), Max(72.3)
	Predicted	N(53), M(67.04), S(3.93), Min(53.0), Max(72.8)
13	Measured	N(27), M(66.23), S(2.97), Min(58.7), Max(73.2)
	Predicted	N(27), M(68.19), S(4.84), Min(53.0), Max(71.6)
15	Measured	N(23), M(67.10), S(2.42), Min(58.5), Max(71.3)
	Predicted	N(23), M(66.22), S(3.35), Min(54.0), Max(71.5)

Notes : N : sample, M : mean, S : std. d, Min : minimum, Max : maximum

**Table 7.** Regression analysis and a correlation coefficient by the apartment floor

Floor	Regression equation	r
1	$y = 3.0175 + 0.9662x$	0.70
3	$y = 11.999 - 1.1581x$	0.80
5	$y = -16.538 + 1.2157x$	0.82
7	$y = -5.0298 + 1.0583x$	0.97
10	$y = -19.663 + 1.2873x$	0.86
13	$y = -27.986 + 1.4220x$	0.86
15	$y = -7.8878 + 1.1052x$	0.80

떨어질수록 상관도가 떨어지는 것을 확인 할 수 있다. 이는 Table 6에서 제시된 기초 통계량(평균, 표준편차, 최대 및 최소값 제시)에서 중간층(7층)에서의 측정된 평균소음도가 최고로 높게 발생되었다. 따라서 본 개발식은 7층에서 회귀분석결과 기여율(R<sup>2</sup> = 89%), 상관계수(r = 0.97)와 ±3dB(A)의 오차범위를 고려할 경우 가장 적합성이 양호한 것으로 나타났다.

또한 층별에 따른 회귀분석 중 그래프의 적합 회귀선을 통해 반응변수(실측값 : Y)와 예측변수(예측값 : X)의 관계를 조사하기 위해 다음 Fig. 3에 제시되었다. 예측변수와 반응변수를 적합 시킬 경우 회귀선의 점과 직선 사이의 거리를 최소화된 값들은 신뢰성이 매우 높다 할 수 있다. 일단 층별에 다른 적합 회귀선은 1차 선형관계를 나타냈으며 1차 선형관계의 신뢰성 분석은 95% 신뢰구간(CI : confidence interval)과 95% 예측구간(PI : predict interval)에 따른 층별 소음도를 평가하였다. Fig. 3으로부터 7층이 95% 신뢰구간 및 95% 예측구간에서 매우 높은 신뢰성을 보여주었다.

**3.3. 국립환경과학원식(NIER) 평가**

국립환경과학원식(NIER)을 공동주택 층별 소음도 예측 시 적용이 가능한지의 여부를 판단하기 위하여 공동주택 7층에

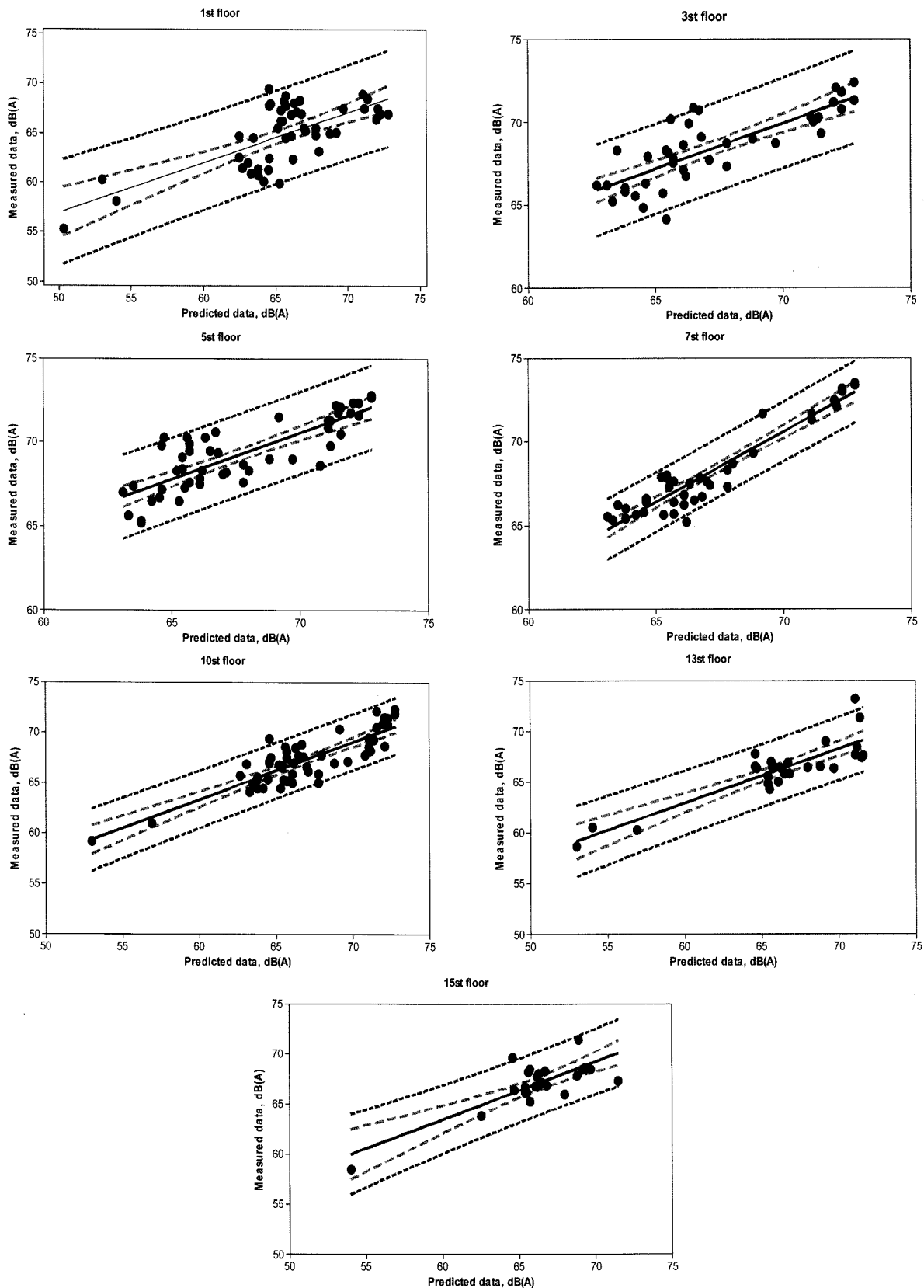


Fig. 3. The fitted line plot of the measured data and predicted data through the regression analysis in the development model.

서 실측치와 현장조건(교통량, 차속, 이격거리 등)을 본 개발 식과 동일하게 적용하여 예측치를 산정한 결과 다음 Fig. 4~

5에 제시되었다. Fig. 5(a)는 NIER '87년 식으로 95% 신뢰구 간(CI : confidence interval)과 예측구간(PI : predict interval)

에 따른 회귀식  $Y = 23.61 + 0.717X$ , 기여율( $R^2$ ) = 25%를 갖는 적합회귀선을 얻었다. Fig. 5(b)는 NIER '99년 식으로 또한 95% 신뢰구간(CI : confidence interval)과 예측구간(PI : predict interval)에 따른 회귀식  $Y = 46.71 + 0.3227X$ , 기여율( $R^2$ ) = 7.5%를 갖는 적합회귀선을 얻었다. Fig. 5(a) 및 (b)의 결과로부터 NIER 88년 식이 99년 식보다 약 4배 가까이 신뢰성이 떨어지는 결과를 얻을 수 있었고 Fig. 3의 본 개발식 7층에 동일한 조건으로 적용한 결과 개발식이 국립환경과학원식(NIER)의 기여율과 상관계수값 보다 상당히 높은 신뢰성을 보였다. Fig. 5(a)~(b)는 국립환경연구원식 '88년 및 '99년도에 대한 적합도에 대한 잔차 그래프를 제시하였다. Fig. 5(a)~(b)로부터 '88년 및 '99년 식에 대한 잔차들이 0주위에 랜덤하게 흩어져 있지만 0에서 멀리 떨어져 있는 점(특이치) 및 적합도에 따라 증가하거나 감소하는 현상 등이 상당히 분포되어 있는 것을 확인 할 수 있다. 이는 오차항의 분산이 일정하지 않아 특이치에 대한 민감도가 상당히 존재하고 있음을 확인 할 수 있다. 즉 정확성 측면에서 상대적으로 본 개발식에 비해 상당히 떨어지고 있음을 확인할 수 있었다. 상기 결과로부터 국내 소음예측식 중 공동주택(APT)에 적용할 경우 국립환경과학원식(NIER)은 도로단에서 10 m 이상 이격된 지역에 적용할 경우 신뢰성이 매우 떨어지고, 특히 교통량과 차속 등을 이용하여 예측할 때 또한 실측치와 많은 차이를 나타내는 등의 문제점이 발생하였다.

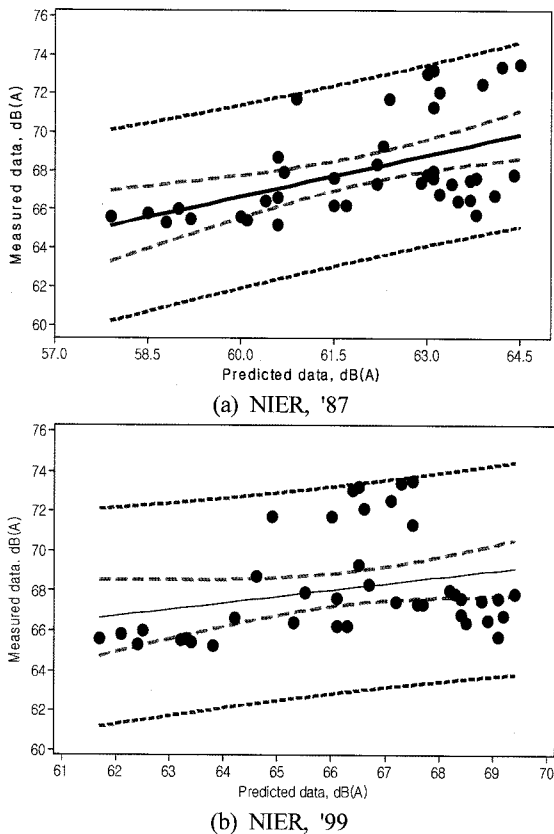


Fig. 4. The fitted line plot of the measured data and predicted data through the regression analysis in NIER('87) and NIER('99).

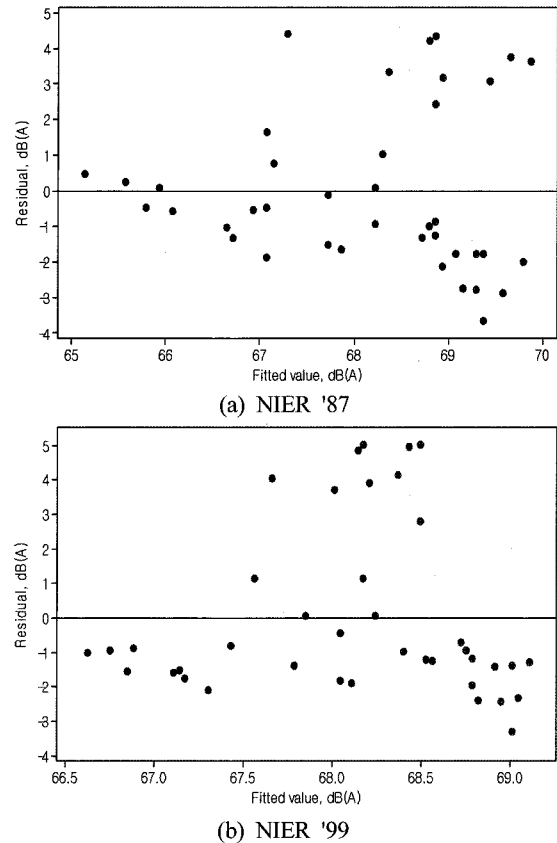


Fig. 5. The residuals plot versus the fitted values in NIER('87) and NIER('99).

### 3.4. 실측치를 기초로 한 개발식과 국립환경과학원식(NIER) 비교 및 평가

7층에서 실측치를 바탕으로 본 개발식과 국립환경과학원식(NIER)을 비교 분석하기 위한 결과를 Fig. 7에 제시되었다. 또한 실측치와 각 예측치 사이에 오차의 한 지표로 보정계수(Correction coefficient)를 이용하여 예측치에 대한 신뢰성을 Fig. 6(b)~(c)에 나타내었다. Fig. 6(a)는 실측값(A), 87년 국립환경과학원식(NIER)(B), 99년 국립환경과학원식(NIER)(C), 그리고 본 개발식(D)에 대한 구간(interval) 그래프를 통해 각 식들의 평균, 신뢰구간 및 데이터의 중심 위치와 변동성을 제시하였다. Fig. 6(a)의 결과로부터 실측치(A)의 평균이 B, C, D보다 크고 신뢰구간은 서로 겹치지 않았다. 하지만 본 개발식(D)는 국립환경과학원식(B, C)보다 실측치(A)에 상당히 근접한 평균과 데이터에 대한 유사한 변동성을 보여주고 있다. Fig. 6(b)는 실측값에 대한 각 예측식의 보정계수를 이용하고 이를 통해 특이치의 구별과 분포형태를 확인하기 위해 수행하였다. 본 개발식은 보정계수 0을 중심으로 -2에서 +2로 분포되는 동시에 실제 측정값과 값이 정확하게 일치하는 3개의 값이 존재함을 확인할 수 있었다. 그러나 국립환경과학원식(NIER)의 경우 '87년 식은 보정계수가 0을 중심으로 +2에서 +11까지 오른쪽으로 넓게 분포되었으며 '99년도 식은 0을 중심으로 좌·우로 -4에서 +7로 넓게 분포됨을 확인할 수 있었다. 이는 국립환경과학원식(NIER) 모두 상당

히 신뢰성이 떨어져 보정이 필요하며 두 식 모두 다른 양상의 보정계수 분포를 나타내 예측식에 대한 전반적인 보완이 필요한 것으로 판단된다. Fig. 6(c)은 보정계수를 바탕으로 역시 Fig. 6(b)과 같이 유사한 결과를 나타냈다. 즉 개발식은 데이터이 중앙값을 중심으로 한 box 형태가 보정계수 0에 가장 근접함을 확인되었다.

Fig. 6의 결과로부터 기존의 환경영향평가시 공동주택 예측소음도를 산정하기 위해 대부분 사용되었던 국립환경과학원식(NIER)은 회귀분석, 잔차분석 및 보정계수를 바탕으로 한

신뢰성분석 결과 상당한 예측오류를 범하고 있음이 확인되었다. 따라서 본 개발식의 경우 상당한 신뢰성을 보여 차후 좀더 정확한 예측식 수립을 위한 연구가 더 진행될 필요가 있다.

### 4. 결론

국토의 면적이 협소한 우리나라는 공동주택이 널리 보급되면서 공동주택 층별에서의 교통소음은 사회적 문제로 대두되고 있다. 본 개발식은 소음이론을 통하여 복잡 다양한 소음도에 영향을 미치는 인자를 추출하여 실측값과 예측값을 분석 및 검증한 결과는 다음과 같다.

1) 본 개발식에 의한 아파트 층별 소음도에 대한 예측값의 기여율( $R^2$ )과 상관계수( $r$ )를 이용하여 분석한 경우 1층부터 15층까지 1층( $r=0.7$ ), 3층( $r=0.8$ ), 5층( $r=0.82$ ), 7층( $r=0.97$ ), 10층( $r=0.86$ ), 13층( $r=0.86$ ), 15층( $r=0.80$ ) 등 매우 높은 신뢰성분포로 나타났다.

2) 또한 중간층 7층에서 적합 회귀분석결과 95% 신뢰구간 및 95% 예측구간에서 가장 높은 신뢰성 및 정확성을 나타냈다.

3) 본 개발식 공동주택 7층을 대상으로 국립환경과학원(NIER) '87년, '99년 식을 적용하여 예측식을 평가한 결과 국립환경과학원식(NIER) '87년 및 '99년에서 기여율( $R^2$ )과 상관 계수가 '87년 식에서 25%(0.5), '99년 식에서 7.5%(0.27)로서 매우 낮은 신뢰성을 나타냈다.

### 참고문헌

1. 이내현, “공동주택내 도로교통소음 예측식 개발에 관한 연구,” 건국대학교 박사학위 논문(2004).
2. 김갑수, 이택구, “대구시 환경소음의 특성분석,” 영남대학교 환경문제연구소, 13(2), 23~43(1994).
3. 환경부, 중앙환경분쟁조정위원회 보도자료(2005).
4. 이내현, 박영민, 선우영, “환경영향평가시 도로교통소음예측에 관한 개선방안 연구,” 한국환경영향평가학회지, 10(4), 297~304(2001).
5. 이택구, “도로교통소음의 예측모형 개발에 관한 연구,” 영남대학교 박사학위 논문(1997).
6. 김하근, “건물 내외부에서의 도로교통소음 예측 및 평가에 관한 연구,” 한양대학교 박사학위 논문(1995).
7. 조대승, 김진형, 최대목, 오정한, 김성훈, “고속도로 교통소음 예측 - 전달감쇠 산정,” 한국소음진동공학회지, 12(3), 236~242(2002).
8. 조대승, 김진형, 최대목, 오정한, 김성훈, “고속도로 교통소음 예측 - 자동차 주행소음의 음향파위레벨 평가,” 한국소음진동공학회지, 12(8), 581~588(2002).
9. 국립환경연구원, 도로교통소음(1),(1999).

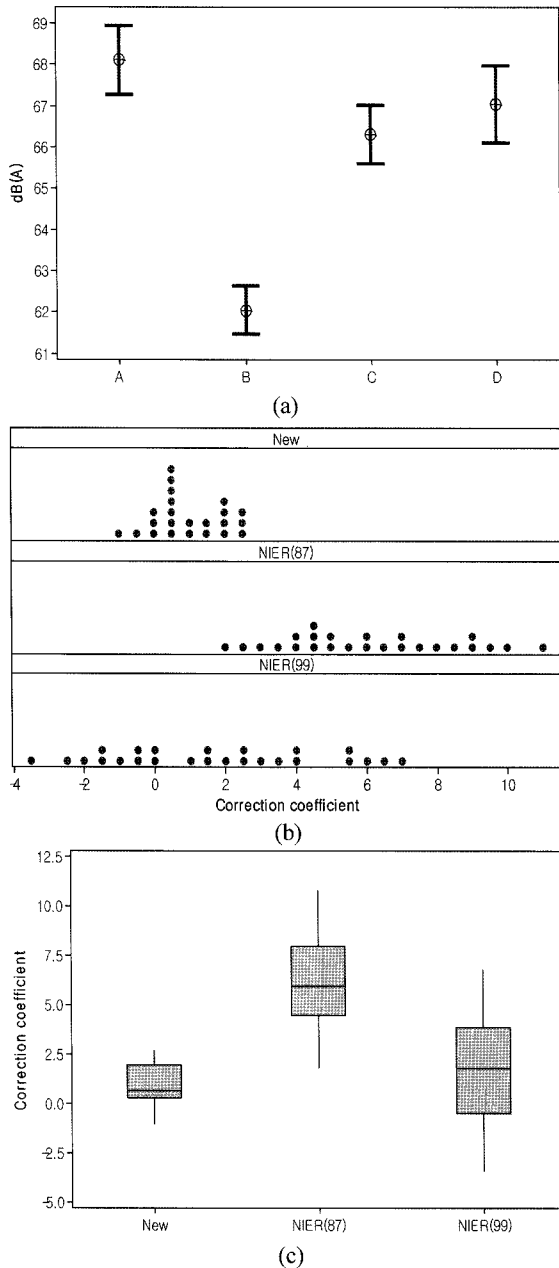


Fig. 6. The comparison of interval graph (a), dot plot (b) and box plot (c) in NIER('87), NIER('99) and development model('05) with the correction coefficient on the basis of a measured data