

# 도로교통소음에 대한 공동주택 내부소음 기준설정에 관한 연구

## A Study on the Indoor Noise Limits of Apartment Houses from the Road Traffic Noise

김 선 우† · 이 주 엽\* · 송 민 정\*\* · 장 길 수\*\*\*

Sun-Woo Kim, Ju-Yeob Lee, Min-Jeong Song and Gil-Soo Jang

(2005년 6월 8일 접수 : 2005년 8월 5일 심사완료)

**Key Words** : Road Traffic Noise(도로교통소음), Indoor Noise Limit(내부소음기준), Psycho-acoustic Experiment(청감 실험), Percentage of Satisfaction(만족도 비율)

### ABSTRACT

The indoor noise limit for road traffic noises is needed to secure comfortable acoustical quality in apartment houses. To achieve this goal, psycho-acoustic experiments were carried out with road traffic noise sources modulated by the transmission loss characteristics of the external windows. Finally, a correlation analysis between noise rating index and subjective responses, and an analysis of satisfactory percentage of the dose-response curves varied with respondents was conducted. As a result of this study, followings are suggested. (1) On correlation between dose level and psycho-acoustical response, the initial level of negative feeling is located on 40.1~40.6  $L_{eq}$  dB(A). (2) On the degree of satisfaction to road traffic noise, near 35 % point being same dissatisfaction degree is to be assumed 40~41 dB(A) of indoor noise level presented into three vocabulary. It is suggested to be reasonable level of 40 dB(A) on the indoor noise limits for intruding road traffic noise, and it is appropriate to be the 5 dB level difference between grades. The results of this study may be used to evaluate the acoustic threshold level for road traffic noise or as a basis for specifying the desired acoustic environment of dwellings.

### 1. 서 론

현대인의 주거환경 생활수준 향상은 정온한 음환경 조성에 대한 거주자의 요구를 증대시키고 있다. 특히, 2005년 현재 우리나라의 가장 일반적인 주거형태로 대별되는 공동주택에서는 주거내·외부로부터 다양한 소음원에 의한 영향을 받고 있다. 그 중, 가장 대표적

인 외부소음원인 도로교통소음 문제는 입주민과 사업 주체 및 관련 기관간의 분쟁으로 비화되고 있는 실정이다.

이와 관련하여 국내 주택법 21조 및 주택건설기준 등에 관한 규정 9조에 따르면, 주택은 도로나 소음발생시설로부터 수평거리 50 m 이상 떨어진 곳에 배치하여야 하며, 방음벽이나 수렴대 설치시 주택 건설지점의 소음도가 65 dB 미만이 되어야 한다고 언급하고 있다. 그러나, 상기 법규를 만족하지 못하고 있는 공동주택이 다수 실재하며, 위 법규를 엄격하게 적용시 택지부족 등으로 인해 공동주택 건설에 난항이 예상되고 있다.

또한, '공동주택 소음측정기준(건교부 고시, 제 463 호)'에서 제시하는 측정방법은 저층(5층 규모)의 주

† 책임저자 : 정희원, 전남대학교 건축학부  
E-mail : swkim@chonnam.ac.kr  
Tel : (062) 530-1635, Fax : (062) 530-0780

\* 정희원, 전남대학교 대학원 건축공학과

\*\* 정희원, 전남대학교 공업기술연구소

\*\*\* 정희원, 동신대학교 건축공학과

택건설이 일반화되던 시기의 측정방법으로서, 현재 공동주택 규모가 15~20층 내외임을 감안한다면 현실설정에 맞는 측정방법이 필요하다고 할 수 있다.

이러한 문제점들을 바탕으로 도로교통소음을 포함한 외부소음에 대해서 주거외부소음 규제가 아닌 내부소음으로서의 규제기준을 마련하고자 하는 움직임이 있다. 내부소음 규제로 전환의 가장 큰 이유는 외부 환경인자에 의해 발생하는 소음이 공동주택 내부 환경인 거실과 안방 등의 사적인 공간에 영향을 미치고 있기 때문이다. 이러한 영향은 회화방해, 청력손실, 수면방해, 불쾌감 유발, 사회적 인지행동의 저하 등 인간의 감각적인 영역에 많은 영향을 미치는 것으로 나타나고 있다.

이러한 소음은 도시화와 산업화로 인한 사회문제의 하나로써 생활의 질적 향상과 밀접한 관계가 있으며, 인간은 소음의 직접적이거나 간접적인 자극에 대한 반응관계를 통해 주관적 가치판단으로써 결론을 내리게 된다. 이러한 소음문제에 대해 인간의 감각적 반응정도를 파악한 소음대책을 수립하기 위해서는, 소음을 보다 적량적으로 판단하여 실생활에 적용시킬 필요가 있다.

따라서 이 연구에서는 소음을 물리적으로 측정하고 수음자의 객관적인 반응을 정량화하는 과정으로 비음향학적인 요소를 최소화한 청감실험을 통해 소음에 대한 심리적 반응관계를 살펴보고 도로교통소음이 주요 소음원이 되는 공동주택을 대상으로 발생하는 외부소음에 대한 대체기준으로서의 내부소음 기준설정에 관한 연구를 실시하였다.

## 2. 거주자 만족도에 따른 차음설계 기준

거주자의 소음평가를 위한 연구로서, 덴마크의 J. H. Rindel 교수는 소음기준을 설정하는데 있어서 사회조사를 통해 작성된 거주자의 만족도에 따른 차음설계기준을 Table 1에 제시하고 있다.<sup>(1)</sup>

이 조사에 따르면, 거주자가 만족도를 20% 증가할수록 소음레벨의 기준도 5dB 강화되는 것을 보여주고 있는데, 일반적인 교통소음레벨에 대한 차음설계기준은 만족도가 약 35~40%일 때를 제시하고 있다. 거주자의 약 40%가 만족할 경우 내부소음기준은 35dB를 설계기준치로 제시하고 있다.

또한, Rindel 교수는<sup>(2)</sup> 교통소음이라는 자극에 대

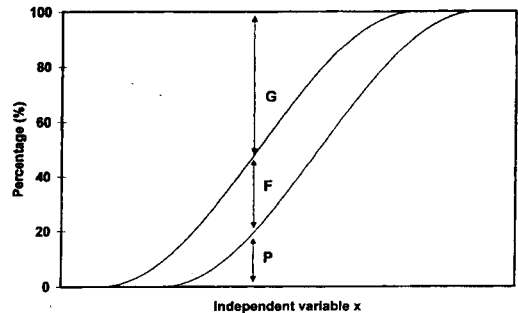
한 거주자 반응에 대한 만족도 비율은 Fig. 1로 설명하고 있다. 주거 외부환경에서 발생되고 있는 소음에 대하여 차단 정도별로 몇 % 정도의 주민이 만족하고

**Table 1** Relation between acoustic design criteria for dwellings and the expected percentage of resident finding conditions satisfactory

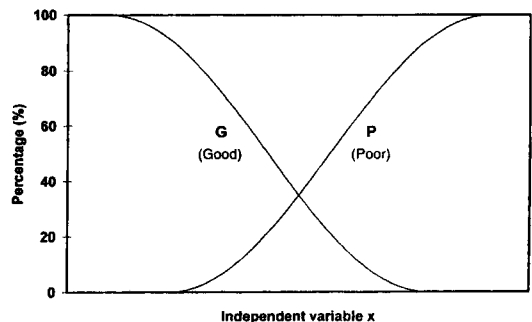
Percentage finding conditions satisfactory	Airborne sound insulation	Noise level indoor
	$R'_w$ <sup>a)</sup> + $C_{i,50-3150}$ <sup>b)</sup>	$L_{A,eq}$
20 %	48 dB	40 dB
40 %	53 dB	35 dB
60 %	58 dB	30 dB
80 %	63 dB	25 dB

※ a)  $R'_w$ : 가중 결보기음향감쇠계수, 차음특성 기준곡선상에 플로팅된 측정 데이터에 대한 500 Hz 대역의 단일수치 평가치

b)  $C_{i,50-3150}$ : 스펙트럼 조정항, 특정음의 스펙트럼 특성을 고려할 경우 단일평가량  $R'_w$ 에 부가시켜 표현하는 값, 적용범위가 100~3150 Hz이나 필요에 의해 50 Hz까지 확장된 것



**Fig. 1** The Percentage of inhabitants that evaluate the conditions as poor(P), fair (F) & good(G) plotted against an independent variable x



**Fig. 2** The Percentage of inhabitants that evaluate the conditions as good(G) or poor (P), plotted against an independent variable x

있는지에 따라 음향조건에 대한 주관적 평가를 불만족이라고 판단되는 % P(poor)와 매우 만족스럽다고 판단하는 % G(good), 그리고 P와 G 사이의 상태인 % F(fair)로 나누어 볼 수 있으며 이러한 상황은 아래의 식으로 요약된다.

$$P+F+G=100\% \quad (1)$$

일반적인 자극-반응의 관계는 S자 곡선으로 나타나게 되는데, 여기에서 일련의 조건들을 단순화시키고 자극-반응의 곡선의 중간부분에 즉 직선적인 부분에 한정하여 표현하면, 일반적으로 P와 G에 대한 자극-반응 곡선은 아래 Fig.2와 같다고 할 수 있다.

20%와 80% 사이의 범위에 있어서 P와 G에 대한 자극-반응 곡선은 대략 직선으로 가정할 수 있으며, 선형회귀선은 A와 B라는 다음의 두 요인에 의해서 정의된다고 할 수 있다.

$$Y = AX+B \quad (2)$$

Y : 종속변수(반응), P나 G의 %

X : 독립변수, dB로 표현된 음향 파라미터

A : 회귀계수, dB당 회귀선의 기울기를 표시

B : y절편(%)

또한, 자극-반응 관계의 기울기에 있어서, 회귀선의 중간부분만 고려되었는데, 20%에서 80%의 만족 혹은 불만족 범위에서 주로 다루어진다. 5 dB 단계를 갖는 차음성능 등급화에 있어서 한 단계에서 다음 단계로 넘어갈 때 만족도가 20%가 올라가는 것을 의미하고, 반대의 경우 불만족도는 20% 내려가는 것을 의미한다.

### 3. 청감실험

소음에 대한 평가를 하기 위해서는 소음을 물리적으로 측정하고 수음자의 객관적인 반응을 정량화하는 과정이 필요하다.

소음에 대한 거주민의 반응관계를 엄밀하게 확립하기 위해서는 가능하면 비음향학적인 요소를 최소화할 수 있으며 각 피험자에게 자극이 동일하게 제시될 수 있는 환경조성이 필요하다. 즉 일정한 조건하에서 발생하는 음에 대하여 그 지각 정도를 엄밀하게 조사하는 실험이 청감실험이라고 할 수 있다. 따라서 이

연구에서는 각 제반조건이 통제될 수 있는 실험실에서 청감실험을 통하여 의도된 목적을 달성하고자 하였다.

이 연구에서는 도로교통소음에 대한 내부소음 기준안을 설정하는데 그 목적이 있으므로 대표적인 도로(고속도로, 자동차 전용도로)에서 도로교통소음을 녹음하였다. 그러나 이 소음원을 청감실험에 사용할 경우 교통 소음원으로부터 음을 직접 청취하는 외부소음의 직접음 청취조건이 되므로 공동주택 내부에서 음을 청취하는 조건으로 변환하기 위한 작업이 필요하게 된다.

그 방법으로 직접 녹음된 음원을 건물의 구조체 만큼의 차음성능에 대한 음원변조(modulation)를 통해 재생하여 이를 피험자들에게 평가하는 방법을 택하였다. 외부소음은 발생위치 및 전달특성이 다르나 궁극적으로는 주택 내부로 유입되게 된다. 주택 내부로 유입되는 경로는 주택의 벽, 창, 지붕 혹은 외벽에 있는 틈을 통해 전달되게 되는데, 이 연구에서는 대부분의 소음이 창을 통해 전달되어진다는 조건으로 음원변조를 실시하였다.

우선, 변조를 실시하기에 앞서 실제 도로교통소음원에 대한 공동주택에서의 소음감쇠치를 살펴보았다. 소음의 기준 설정 과정은 실제 도로교통소음이 발생되는 도로변의 상황에서부터 소음원의 전파경로를 따라 공동주택 단지에 미치는 소음의 영향, 공동주택 내·외부간에 미치는 영향 등이 고려되어지며, 공동주택 외벽체의 차음성능이 고려된 결과와 거주자의 반응이 서로 대응하여 결정되어진다.

이러한 일련의 과정으로 이 연구와 관련한 선행 연구로부터 도로변에서의 소음레벨은 약 75~85dB(A)의 레벨분포를 보이고 있으며, 공동주택 외부소음 현황을 분석한 결과, 방음벽 등으로 차폐된 저층부를 제외한 상층부에서는 소음환경기준 65dB(A)를 초과하고 있음을 확인한 바 있다.<sup>(3)</sup> 또한, 공동주택 내·외부간 소음레벨분포와 외벽체 창호 차단성능을 통한 소음레벨 감쇠치를 조사한 결과 발코니 샷시를 통해서 약 15~19dB(A) 내외의 소음저감 효과가 있음을 확인하였다.

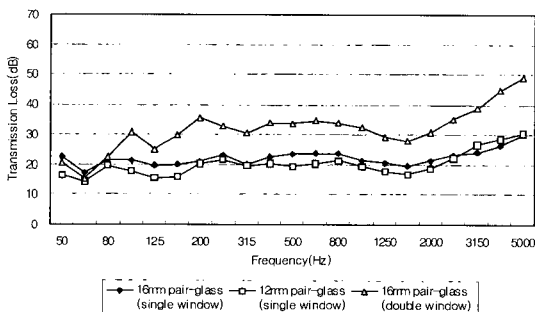
이 감쇠치를 바탕으로 공동주택 외벽체 중 주요 소음 경로가 되는 발코니 창호의 투과손실 특성으로 소음원에 가미하여 음원변조를 실시하였고, 이렇게 변조된 음원은 도로 교통소음을 표현하는 어휘로 추출

된 평가어휘를 이용하여 청감실험을 실시하였다.

현재 대부분의 공동주택에서 사용되는 창호의 사용 현황을 조사한 결과, 외벽체 차음성능을 좌우하는 창

**Table 2** Sound source for psycho-acoustic experiment

Sound source	Window structure	Index	Presentation level, dB(A)	Source number
Road traffic noise in automobile road	16 mm pair-glass single window	A-1-가	53.9	S10
		A-1-나	48.9	S24
		A-1-다	43.8	S19
		A-1-라	39.3	S01
		A-1-마	33.8	S14
	12 mm pair-glass single window	A-2-가	53.9	S27
		A-2-나	48.9	S02
		A-2-다	43.9	S23
		A-2-라	38.8	S07
		A-2-마	33.7	S18
	16 mm pair-glass double window	A-3-가	52.7	S12
		A-3-나	47.7	S30
		A-3-다	42.7	S06
		A-3-라	37.7	S25
		A-3-마	32.8	S09
Road traffic noise in expressway	16 mm pair-glass single window	B-1-가	52.8	S17
		B-1-나	47.8	S28
		B-1-다	42.8	S03
		B-1-라	37.9	S20
		B-1-마	33.0	S29
	12 mm pair-glass single window	B-2-가	52.8	S22
		B-2-나	47.8	S11
		B-2-다	42.8	S15
		B-2-라	37.8	S26
		B-2-마	33.0	S04
	16 mm pair-glass double window	B-3-가	51.7	S13
		B-3-나	46.7	S05
		B-3-다	41.7	S16
		B-3-라	36.7	S21
		B-3-마	31.7	S08



**Fig. 3** Transmission loss of window structures

호구조는 16 mm 복층유리가 사용되고 있음을 확인하였다. 그 외에 사용연한이 어느 정도 지난 공동주택의 경우, 12 mm가 사용되고 있으며, 일부 공동주택에서는 구조와 실의 용도에 따라 16 mm 복층유리 이중 창 및 시스템 창호가 활용되고 있음을 확인하였다. Fig. 3은 음원의 주파수 및 레벨 변조에 사용된 3종류의 창호구조의 간향실험실 투과손실 특성을 나타낸 것이다.

음원변조의 과정으로서 녹음된 음원을 대상으로 Fig. 3에 나타난 각 창호구조의 투과손실 특성을 감안한 주파수 변조를 실시하였고, 그 후 주요 음압 레벨을 5 dB 간격으로 하여 레벨 변조를 실시하였다. 음원의 제시레벨은 실내에서 청취하는 조건임을 감안하여 최대 55 dB(A)에 준하여 제시하였고, 최소 레벨은 주거 생활에서의 배경소음 레벨을 감안하여 30 dB(A) 정도로서 음원 제시 레벨간의 차이는 약 5 dB 간격으로 하였다. Table 2는 청감실험에 제시된 음원의 수와 레벨을 표현한 것이다.

청감실험에 사용된 평가어휘로는 도로교통소음이 가장 잘 표현한다고 할 수 있는 어휘 추출을 위한 연구를 통해서 도출된 “시끄럽다”, “신경쓰인다”, “거슬린다”의 3가지 평가어휘를 사용하였다.<sup>(3)</sup> 이 어휘를 통해서 물리적 자극이라고 할 수 있는 레벨의 변화 또는 주파수 변조된 다양한 자극에 대한 반응의 정도를 가늠하게 되는데, 어휘 척도에 따른 반응의 정도는 Fig. 4와 같은 13단계 SD척도를 사용하였다.

청감실험에 참여한 인원은 39명으로 각 피험자는 모두 정상청력을 지닌 22~47세의 남녀로 구성되어

Extremely high														Not at all	
Noisy															
13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1			
Extremely high															Not at all
Irritating															
13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1			
Extremely high															Not at all
Strident															
13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1			

**Fig. 4** Answer sheet

있으며 피험자 대부분 청감실험 경험이 있는 사람들을 대상으로 하였다. 또한, 실험은 공동주택 거주자의 조건에서 창을 통해 들려오는 소음임을 주지시키고, 거주자의 집안이라는 느낌이 들도록 편안한 자세에서 실험을 실시하도록 하였다.

#### 4. 실험결과 및 분석

##### 4.1 각 음원에 대한 어휘별 심리반응치

청감실험에 의한 심리적 반응치를 분석하기 위하여, 음원에 대한 각 어휘별 피험자 반응의 대표치로서 피험자 반응의 극단치를 제거하는 효과를 갖는 중앙값(median)을 채택하여 분석하였다.

제시된 30개의 교통소음원을 듣고 각 평가어휘에

Table 3 Subjective response for each sound source

Sound source	Sound Structure	Source number	Presentation level, dB(A)	Vocabulary		
				Noisy	Irritating	Strident
Automobile road	16 mm pair-glass single window	10	53.9	12	11	12
		24	48.9	11	11	11
		19	43.8	9	9	9
		1	39.3	7	8	7
	12 mm pair-glass single window	14	33.8	5	5	5
		27	53.9	11	11	12
		2	48.9	9	10	10
		23	43.9	9	9	9
	16 mm pair-glass double window	7	38.8	7	7	7
		18	33.7	5	5	6
		12	52.7	11	12	12
		30	47.7	10	10	10
Express-way	16 mm pair-glass single window	6	42.7	7	8	8
		25	37.7	7	7	7
		9	32.8	5	5	4
		17	52.8	11	12	12
	12 mm pair-glass single window	28	47.8	9	9	9
		3	42.8	7	7	7
		20	37.9	6	6	6
		29	33	3	2	3
	16 mm pair-glass double window	22	52.8	11	11	11
		11	47.8	10	10	10
		15	42.8	7	8	8
		26	37.8	6	5	6
16 mm pair-glass double window	4	33	3	3	3	
	13	51.7	11	11	12	
	5	46.7	9	9	9	
	16	41.7	7	7	7	
16 mm pair-glass double window	21	36.7	5	5	5	
	8	31.7	5	5	5	

대하여 13단계 척도를 대상으로 평가한 피험자의 반응치(중앙값)은 아래 Table 3과 같다.

기본적으로 제시레벨이 높을수록 반응치가 높게 나타나고 있으며, 하나의 제시레벨에 대한 각 어휘들의 반응치도 거의 유사한 특점 양상을 보이고 있다.

각 소음원별(자동차 전용도로, 고속도로)로 차음구조에 따른 차이를 분석한 결과, 3개 창호 구조에 따른 현저한 차이는 나타나고 있지 않음을 확인하였다. 이는 유사한 차음특성을 갖는 구조에서 소음의 영향을 받을 경우, 소음레벨에 의한 영향이 심리 반응치에 있어 소음인지가 높아지고 있음을 예측할 수 있다.

##### 4.2 물리적 평가치와 심리반응치와의 관계

우선 각 13단계 척도에 대한 평가어휘별, 발생소음원별 레벨을 파악하여 피험자의 반응정도에 따른 물리적 평가치의 관계를 파악해보았다. 평가지표로는 환경소음 평가에 가장 일반적인  $L_{eq}$ 와 변동하는 소음레벨의 피크치를 의미하는  $L_{10}$ 을 사용하였다.

Table 4는 물리적 평가치와 심리적 반응치의 상관성을 보여주는  $R^2$  값을 정리한 것이다. 대체적으로 0.9 정도의 높은 상관계수 값을 보이고 있어 양호한 상관관계가 있음을 알 수 있다. 어휘별로 보면, "거슬린다", "시끄럽다", "신경쓰인다" 순으로 나타나고 있다.

이 관계를 바탕으로 각 평가어휘에 대한 주관적 심리 반응치를 1~13의 SD 척도로 표현하여 각 어휘에

Table 4 Correlation coefficient between three adjectives and  $L_{eq}(R^2)$

Rating index	Vocabulary		
	Noisy	Irritating	Strident
$L_{eq}$	0.9241	0.9059	0.9389
$L_{10}$	0.9179	0.9068	0.9337

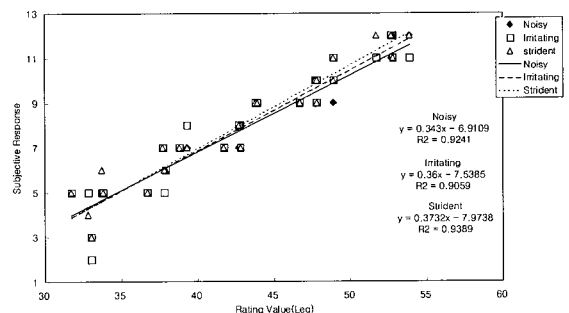


Fig. 5 Relationship between subjective response and rating value( $L_{eq}$ )

대응하는 물리적 평가지수와의 관계를 Fig. 5, 6과 Table 5, 6에 표현하였다.

물리적 평가치와 심리 반응치가 양호한 상관관계를 보이고 있으며, 기울기는 각 평가지표별로 0.03 정도의 편차를 보이고 있어서 심리 단계별 물리적 평가치의 변화량이 거의 동일한 수준일 것으로 판단된다. 각 평가어휘에서는 미세하게나마 소음레벨이 높아갈수록 “거슬린다”, “신경쓰인다”, “시끄럽다”의 순으로 편차가 생기고 있으나, 거의 유사한 패턴을 보이고 있음을 확인하였다.

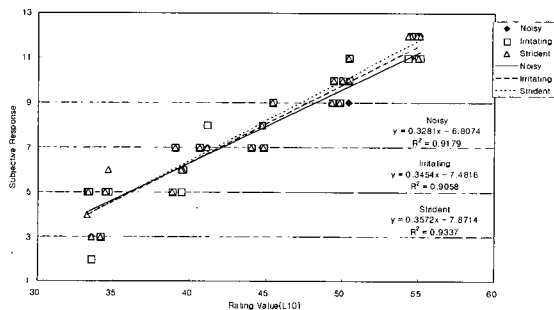
우선 SD 척도를 “전혀, 거의, 그다지 ~하지 않다”의 의미를 갖는 소음에 대해 낮은 불만족도를 보이는 척도와 “약간, ~하다, 상당히, 매우 ~하다”의 의미를 갖는 다소 불만족이 나타나는 총 7단계의 척도로 구분하여 분석하였다.

**Table 5** Rating values for each subjective step (Leq,5min dB(A))

Vocabulary	Scale						
	Not at all	1	3	5	7	9	11
Noisy	23.1	28.9	34.7	40.6	46.4	52.2	58.0
Irritating	23.7	29.3	34.8	40.4	45.9	51.5	57.1
Strident	24.0	29.4	34.8	40.1	45.5	50.8	56.2

**Table 6** Rating values for each subjective step (L10,5min dB(A))

Vocabulary	Scale						
	Not at all	1	3	5	7	9	11
시끄럽다	23.8	29.9	36.0	42.1	48.2	54.3	60.4
신경쓰인다	24.6	30.3	36.1	41.9	47.7	53.5	59.3
거슬린다	24.8	30.4	36.0	41.6	47.2	52.8	58.4



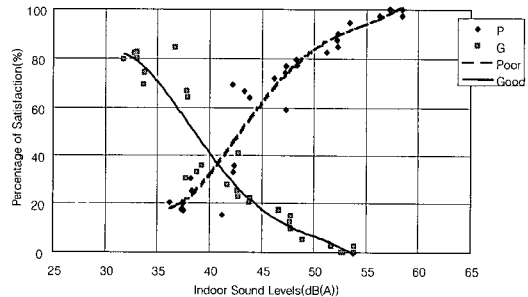
**Fig. 6** Relationship between subjective response and rating value(L10)

상기 척도 중 피험자가 교통소음원에 대해 부정적으로 반응하기 시작하는 단계인 “약간 시끄럽다”, “약간 신경쓰인다”, “약간 거슬린다”에 해당하는 레벨을 살펴보면, Leq의 경우 40.6dB(A), 40.4dB(A), 40.1dB(A)로 나타나 약 40dB(A) 정도의 레벨에서 교통소음레벨에 대해 부정적으로 인식되는 단계로 나타났다.

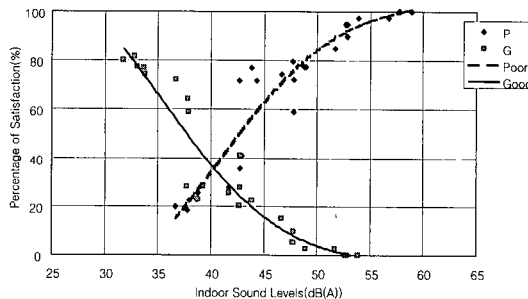
### 4.3 만족도 분석

청감실험의 결과를 바탕으로 거주자의 만족도에 따른 차음설계기준치를 찾기 위한 과정으로서 자극에 대한 반응 관계를 살펴보았다.

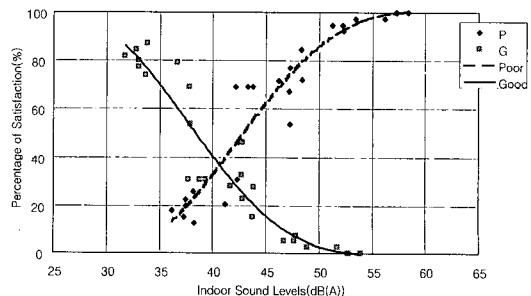
만족과 불만족의 기준으로는 13단계 척도 중 소음



**Fig. 7** Percentage of satisfaction(noisy)



**Fig. 8** Percentage of satisfaction(irritating)



**Fig. 9** Percentage of satisfaction(strident)

인지가 시작되는 시점으로 판단되는 7단계(약간 ~ 하다)를 기준으로 7단계를 포함하는 13단계까지를 불만족으로 하여 표현은 P(poor)로 하였으며, 나머지 부분을 만족의 상태로 간주하여 G(good)로 표현하였다.

Fig. 7~9는 내부소음레벨에 대한 만족도 및 불만족도 비율을 plot한 추세선을 보여주고 있다.

앞서 Rindel의 연구로부터, 만족과 불만족의 관계에 있어서 F(fair)는 약 30% 정도이고, P(poor)와 G(good)는 0에서 70% 정도를 차지한다고 밝힌바 있다. Fig. 7~9는 P와 G의 관계를 약 70% 정도로 보고 표현한 것이다. 특히 또한, 내부소음에 대한 만족과 불만족의 비율이 같아지는 약 35%에 이르는 단계에서의 내부소음레벨을 살펴보면, 각각의 평가어휘에 있어서 대략 40~41 dB(A) 정도로 나타나고 있다.

이 결과를 바탕으로 앞선 물리적 평가치와 심리반응치의 상관관계에서 도출된 결과와 비교할 때, 40 dB(A)에서 인지하는 소음의 정도가 내부소음기준한계로 인식되고 있음을 확인할 수 있다.

또한, 불만족에 대한 자극-반응의 곡선에 대한 직선의 기울기가 dB 당 4.6%의 정도로 나타나고 있다. 이는 Rindel이 제시한 dB 당 4%의 기울기와 다소 편차는 있으나 거의 유사한 청감반응을 갖는 것으로 판단된다. 차음성능 등급화에 있어서 한 단계에서 다른 한 단계로 넘어갈 때 만족도가 20%의 변화를 갖는다고 할 때 5dB의 단계적 변화를 적용할 수 있으리라 판단된다.

Table 7 The proposed grade of limits

Class	Indoor noise level Leq dB(A)
Special grade	$L_{eq} \leq 25 \text{ dB(A)}$
1st grade	$25 \text{ dB(A)} \leq L_{eq} \leq 30 \text{ dB(A)}$
2nd grade	$30 \text{ dB(A)} \leq L_{eq} \leq 35 \text{ dB(A)}$
3rd grade	$35 \text{ dB(A)} \leq L_{eq} \leq 40 \text{ dB(A)}$

Table 8 The revised grade of limits

Class	Indoor noise level, Leq dB(A)
1st grade	$L_{eq} \leq 30 \text{ dB(A)}$
2nd grade	$30 \text{ dB(A)} \leq L_{eq} \leq 35 \text{ dB(A)}$
3rd grade	$35 \text{ dB(A)} \leq L_{eq} \leq 40 \text{ dB(A)}$
4th grade*	$40 \text{ dB(A)} \leq L_{eq} \leq 45 \text{ dB(A)}$

\* remodeling

## 5. 공동주택 내부소음 기준(안) 제시

이상의 연구결과를 토대로 도로교통소음에 대한 공동주택 내부소음 기준안 등급화 방안을 제시하면 다음과 같다.

그러나, 실태조사 결과 공동주택 외부소음레벨은 75~85 dB(A) 사이의 분포를 보이고 있고, 외벽채창호를 통한 소음감쇠는 balkoni에서 약 15 dB(A) 내외, 거실 등 실내부에서는 약 30~35 dB(A) 내외의 저감효과를 보이고 있어, 현실적으로 상기의 기준을 만족치 못하는 경우가 발생하게 된다. 따라서, 기준 적용을 위한 리모델링과 외벽채 차음성능 개선의 시간적 여유를 두기 위하여 다음의 수정 등급화 방안을 제시하고자 한다.

## 6. 결 론

이상의 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 도로교통소음에 대해 피험자가 부정적으로 반응하기 시작하는 단계인 “약간 시끄럽다”, “약간 신경쓰인다”, “약간 거슬린다”에 해당하는 심리반응치에 대한 소음레벨을 살펴본 결과,  $L_{eq}$ 의 경우 40.6 dB(A), 40.4 dB(A), 40.1 dB(A)로 나타나 약 40 dB(A) 정도에 분포하는 것으로 나타났다.

(2) 피험자들의 도로교통소음에 대한 반응으로서 만족도 비율에 대한 분석을 실시한 결과, 만족과 불만족의 비율이 같아지는 약 35%에 이르는 단계에서의 내부소음레벨은 3개의 평가어휘에 있어서 대략 40~41 dB(A) 정도로 나타났다.

(3) (1)에서 언급한 물리적 평가치와 심리반응치의 상관관계에서 도출된 결과와 (2)에서 언급된 자극-반응에 따른 만족도 비율로부터 도출된 결과를 비교하면, 도로교통소음에 대하여 주거 내부에서 부정적으로 인식하는 소음레벨은 40 dB(A) 내부소음기준으로 제시함이 타당하리라 판단된다.

(4) 또한, 불만족에 대한 자극-반응의 곡선에 대한 직선의 기울기가 dB 당 4.6%의 정도로 나타나고 있으므로, Rindel이 제시한 dB 당 4%의 기울기와 비교하여 거의 유사한 청감반응을 갖는 것으로 판단된다. 차음성능 등급화에 있어서 한 단계에서 다른 한 단계로 넘어갈 때 만족도가 20%의 변화를 갖는다고

할 때 5 dB의 단계적 변화를 적용하면, 앞서 도출된 40 dB(A)의 최저 등급의 기준을 바탕으로 5 dB 단계의 등급화가 가능하리라 판단된다.

(5) 그런데 법적 기준은 강제기준이므로 현재 기술상의 문제를 고려치 않고 청감반응상의 기준만을 그대로 적용하게 되면 민원의 제기 등으로 인해 상당히 심각한 문제를 불러올 소지가 있다.

최근 공동주택 창호 시스템의 차음성능에 대한 많은 실태조사 및 연구결과로부터 도로교통소음에 대한 실내소음 수준을 40 dB(A) 이하로 유지할 수 있는 차음성능에 대한 기술력이 갖추어져 있는 것으로 나타났다. 이는 앞으로 창호성능에 대한 인증제도의 도입을 통해 오히려 단순한 주거의 내부소음기준뿐만 아니라 외국의 실례에서와 같이 실의 용도에 따른 소음기준치를 설정하여 적용하게 된다면 수요자의 다양한 요구에 맞는 주거환경을 조성할 수 있으리라 판단된다.

## 후 기

이 연구는 2003년도 건교부 산학연 공동연구개발사업 연구결과의 일부임.

## 참 고 문 헌

(1) Rindel, J. H. and Rasmussen, B., 2003, "Building Acoustic Regulations for Dwellings in Europe", Symposium on Building Acoustics 2003, pp. 7~13.

(2) Rindel, J. H., 1999, "Acoustical Quality and Sound Insulation Between Dwellings", Journal of Building Acoustics, Volume 5 Number 4, pp. 291~301.

(3) 이주엽 외, 2004, "청감실험에 의한 교통소음

적정평가어휘 조사에 관한 실험적 연구", 한국소음진동공학회 추계학술대회논문집, pp. 786~789.

(4) 이주엽 외, 2005, "청감실험을 통한 도로교통소음에 대한 공동주택 내부소음 기준설정 연구", 한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집, pp. 83~86.

(5) 정광용, 2000, 한국어 어휘를 이용한 주거환경소음 심리평가에 관한 연구, 전남대학교 박사학위논문.

(6) 한명호, 1994, 음향심리측정법을 이용한 주거환경소음 심리평가에 관한 연구, 전남대학교 박사학위논문.

(7) 대한주택공사, 1986, 공동주택 내부소음기준설정에 관한 연구.

(8) 조대승 외, 2002, "고속도로 교통소음 예측-전달 감쇠 산정", 한국소음진동공학회논문집, 제 12권, 제 3호, pp. 236~242.

(9) INSTA STANDARD, 1998, "Sound Classification of Dwellings", Revised Final DP INSTA 122:1997.

(10) World Health Organization, 2000, "Executive Summary of the WHO Guidelines for Community Noise", Sustainable Development and Healthy Environments, Genova.

(11) National Research Council of Canada, Road and Rail Noise: Effects on Housing, Central Mortgage and Housing Corporation.

(12) Rasmussen, B., 2004, "Sound Insulation Between Dwellings-Classification Scheme and Building Regulations in Europe", Proceeding of Inter-Noise 2004.

(13) Rindel, J. H. and Rasmussen, B., 1997, "Assessment of Airborne and Impact Noise From Neighbours", Proceeding of Inter-Noise 1997, pp. 1739 ~1744.