

청감실험을 통한 역A특성 평가방법의 타당성 검토

A study on the capability of inverse A weighting through the auditory perception test

°이성찬* · 전진용**

Sung-Chan Lee and Jin-Yong Jeon

Key Words : Inverse A-weighted value(역A특성곡선), L-index(L지수), Floor Impact Sound(바닥충격음), Heavy-weight Noise(중량충격음), Light-weight Noise(경량충격음).

ABSTRACT

Recently, the research and discussion to set up the evaluation standard for floor impact noises in multistory residential buildings has been vividly carried out in Korea. Therefore, the correlation between the methods and auditory responses was investigated through this research to investigate the applicability of the L index evaluation method and the reverse A characteristics evaluation method that are listed in JIS A 1419 since Japanese circumstance are similar to Korean after evaluating the quality of Korean multistory residential buildings. As a result, it was found that the correlation between the value resulted from L index evaluation and the value from reverse A characteristics evaluation is high. In addition, it was also revealed that human responses to each impacter was similar. Consequently, it is considered that the tendency about the two methods would be similar.

1. 서론

공동주택의 거주환경에 대한 불편사항에 대하여 불만족도를 표시하는 경향이 증가하면서 쾌적한 주거환경에 대한 요구가 늘어나고 있다. 특히 공동주택에서 상하층간의 바닥 충격소음은 피해 당사자들간의 끊임없는 문제제기와 민원사항으로 지적되어 왔음에도 불구하고 우리나라에는 아직까지 층간소음에 대한 측정 기준(KS F 2810-1/2: 2000)은 제정되었으나 적절한 평가기준이 없는 실정이다.

한편 일본에서는 건축물 및 건축 부재의 차음성능의 평가방법에 관한 규격으로 1979년에 JIS A 1419(건축물의 차음등급)을 제정하여 사용하고 있다. 그후 공업분야 국제화 방침에 따라 2001년에 JIS A 1419도 개정되었다. 개정된 주요 내용은 한 규격에서 규정하고 있던 공기음과 바닥 충격음 차단 성능의 평가를 각각 제 1부(JIS A 1419-1) 및 제 2부

(JIS A 1419-2)로 나누어 재 개정하였다. 특히 제2부에서는 바닥충격음 차단성능 평가방법을 규정하고 있으며, 개정 전 규격에서 이용되었던 등급곡선(L곡선)에 의한 평가방법에 A특성 음압레벨로 평가하는 방법 및 역 A특성 곡선을 이용하여 평가하는 방법이 추가되었다.⁽¹⁾

우리 나라에서는 바닥충격음에 대해 여건이 비슷한 일본의 JIS A 1419에 의거하여 차음성능을 평가해 왔다. 그러나 최근 들어 바닥충격음 관련 기준에 대한 필요성이 제기됨에 따라 거주자의 감성반응을 기반으로한 기준 및 등급설정에 한 연구가 진행되었다.⁽²⁾

본 연구에서는 일본의 JIS A 1419-2: 2000의 역 A특성평가에 의한 평가방법의 국내 적용성 검토와 청감적 반응과의 상관성을 알아보기 위하여 동일한 충격소음에 대해 L지수, 역 A특성 상호 두 지표의 상관성을 조사하였으며 각 평가치와 인간의 주관적인 반응과의 관계를 청감실험을 통해 규명하였다.

* 한양대학교 대학원 건축공학과
E-mail : 1004@ihanyang.ac.kr
Tel : (02) 2290-1735, Fax : (02) 2291-1733

** 한양대학교 건축공학부

2. 평가방법 및 현장측정

2.1 L지수 평가방법

L지수 등급곡선에 의한 평가방법은 JIS A 1419 부속서 1에서 규정하고 있다. 등급을 구하는 방법은 경량충격원의 경우 중심주파수 125, 250, 500, 1000, 2000Hz, 중량충격원의 경우 중심 주파수 63, 125, 250, 500Hz의 옥타브밴드 측정치를 Fig. 1에 플로팅하고 그 값이 모든 주파수 대역에서 기준곡선 이하가 되면 최소 기준곡선에 부여된 수치에 의해 차음등급을 표시한다. 이때 각 주파수 대역별 측정결과가 등급곡선보다 최대 2dB까지 상회하는 것을 허용한다.

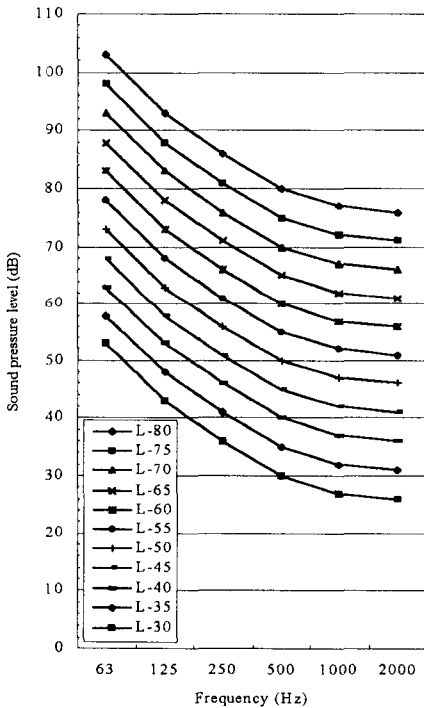


Fig. 1 Standard L-index curve

2.2 역 A특성곡선에 의한 평가

역 A특성곡선에 의한 평가방법은 JIS A 1419 부속서 3에서 규정하고 있다. 등급을 구하는 방법은 경량충격원의 경우 중심주파수 125, 250, 500, 1000, 2000Hz의 옥타브 밴드 측정치를 연결한 곡선에 대해 대응하는 Fig. 2의 기준곡선을 1dB 단계로 상하로 이동시켜, 기준곡선에서 상회하는 5개의 옥타브밴드 값의 합계가 10dB을 넘지 않는 범위에서 가능한 한 기준곡선을 낮게 이동시켰을 때 이때의 500Hz값

을 평가치로 한다. 반면 중량충격원의 경우는 중심 주파수 63, 125, 250, 500Hz의 옥타브밴드 측정치를 연결한 곡선에 대해 대응하는 기준곡선을 1dB단계로 상하로 이동시켜 기준곡선을 상회하는 값의 합계가 8dB을 넘지 않는 범위에서 기준곡선이 가장 낮아질 때까지 이동시켰을 때 500Hz값을 평가치로 한다.

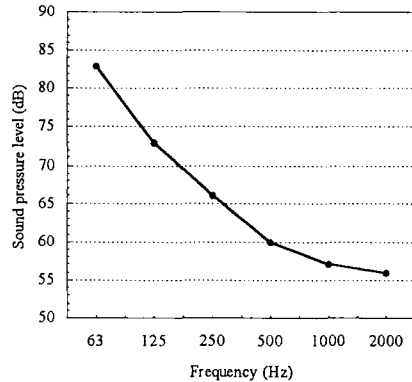


Fig. 2 Inverse A-weighted curve

2.3 현장측정

평가대상 음원은 경기도에 위치해 있는 입주하기 전 실내 마감이 마무리된 H아파트 30평형 7개층 7세대를 측정대상으로 선정하였다. 측정 및 가진은 중량 충격원인 뱅머신과 경량충격원인 태핑머신으로 가진하였으며, Fig. 3에서와 같이 직하 세대의 거실 및 주방 그리고 방 3개의 중앙 지점에서 경량 및 중량 충격음을 다미헤드로 수음하여 DAT로 녹음하였다. 측정시 주변의 배경소음의 영향을 가능한 배제시키기 위하여 밤10시 이후에 현장에서 실험을 실시하였다.

측정주파수 대역(KS A 2810-1/2: 2000)은 중량의 경우 63Hz~500Hz, 경량의 경우 125Hz~2000Hz 범위에서 1/1 Octave Band로 분석하였다. 측정에 사용된 장비는 다음과 같다.

- B&K Type 4100 Head & Torso Simulator
- B&K Type 2690 A0S4 Nexus
- Sony-208AX DAT Recorder (8 channels)
- G.R.A.S AK 26 microphone
- Calibrator (B&K 4123)
- Tapping Machine (경량 충격원, ISO-140)
- Tire (중량 충격원, JIS A 1418)

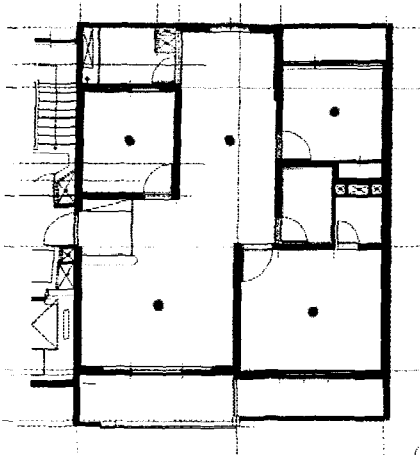


Fig. 3 Plan and receiving points at the measured suite

3. 각 평가치의 상관관계

3.1 경량충격음

경량 충격음에 대한 역 A특성 기준곡선에 의한 평가와 L지수에 의한 평가의 상관성 분석을 실시하여 Fig. 4와 같이 회귀식과 결정계수 (R^2)로 평가방법간의 상관성을 표시하였다.

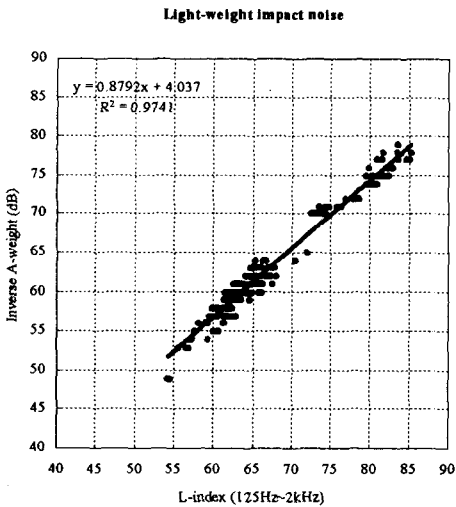


Fig. 4 Correlation between inverse A-weighted value and L-index value for the light weight impact noise

Fig. 4에서와 같이 경량 충격음에 대한 각 평가 방법별

평가치에 대해 결정계수 (R^2)가 0.974로 높은 상관성을 보이고 있다. 따라서 공동주택의 경량충격음 평가에서 L지수 평가 방법에 의한 평가치와 역A특성 곡선적용에 의한 평가치의 경향은 유사할 것으로 판단된다.

3.2 중량충격음

중량 충격음에 대한 역 A특성 기준곡선에 의한 평가와 L지수에 의한 평가의 상관성 분석을 실시하여 Fig. 5와 같이 회귀식과 결정계수 (R^2)로 평가방법간의 상관성을 표시하였다.

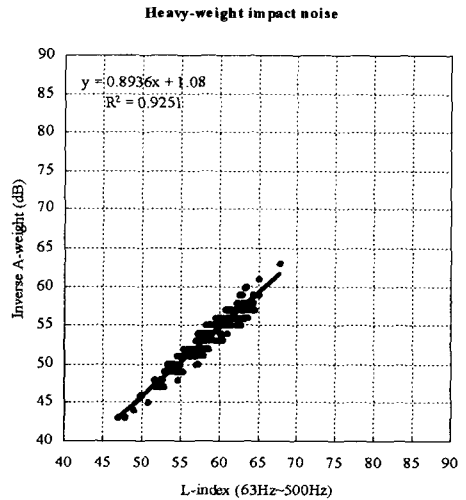


Fig. 5 Correlation between inverse A-weighted value and L-index value for the heavy weight impact noise

Fig. 5에서와 같이 중량충격음에 대한 각 평가 방법별 평가치에 대해 결정계수 (R^2)가 0.925로 높은 상관성을 보이고 있다. 따라서 공동주택의 중량충격음 평가에서도 L지수 평가 방법에 의한 평가치와 역 A특성 곡선적용에 의한 평가치의 경향은 유사할 것으로 판단된다.

그러나 중량충격음에 대한 상관성은 경량충격음의 경우보다 다소 떨어지는 것을 알 수 있으며 L지수와 역 A특성곡선에 의한 평가결과 역A특성곡선에 의한 평가치가 중량충격음의 경우 약 5dB정도 경량충격음의 경우 약 4dB정도 더 작은 것으로 나타났다. 김홍식 등⁽³⁾이 실시한 공동주택 바닥 충격음 차단성능 기준설정 연구결과, 경량충격음과 중량충격음의 경우, L지수 평가 방법에 의한 평가치와 역 A특성곡선에 의한 평가치와의 결정계수 (R^2)가 각각 0.9771, 0.9169로 나타나 본 연구결과와 일치하는 결과를 보였다.

4. 평가치와 주관적 반응과의 관계

L지수와 역 A특성곡선에 의한 물리적 평가치의 상관 관계가 경량충격음과 중량충격음의 두 경우 모두 높게 나타났으나 주관적 반응의 경향이 동일한 음원에서 평가방법차이에서 발생하는 문제점이 없는지 알아보기 위하여 3회의 청감실험을 실시하였다.

청감실험은 배경소음에 의한 영향을 배제하기 위하여 20시에서 24시 사이에 저소음 챔버에서 실시하였다. 챔버의 배경소음은 20dB(A) 수준으로 헤드폰에 의한 청감실험에 영향을 미치지 않는 수준이었다.⁽⁴⁾

피험자의 수는 20명이며 모두 정상청력을 지닌 20대의 대학생으로 공동주택에서의 생활경험이 있는 피험자들로 구성하였다. 청취레벨은 실제 현장음압레벨을 재현하였으며, 더미헤드로 녹음된 음원을 헤드폰을 통해 제시하여 청감실험을 진행하였다.

4.1 청감실험1

본 실험에서는 청감 반응과 평가방법과의 상관관계를 알아보기 위하여, ME(Magnitude Estimation)법으로 37개 음원에 대해 소리의 크기(Loudness)에 대한 청감실험을 실시하였다. 그 결과 경량충격음의 경우 Fig. 6과 같이 역 A특성곡선과 L지수에 의한 평가치의 주관적 반응의 상관관계가 각각 0.966, 0.937로 나타나 두 가지 평가방법 모두 주관적 반응과 상관성이 매우 높은 것으로 분석되었다.

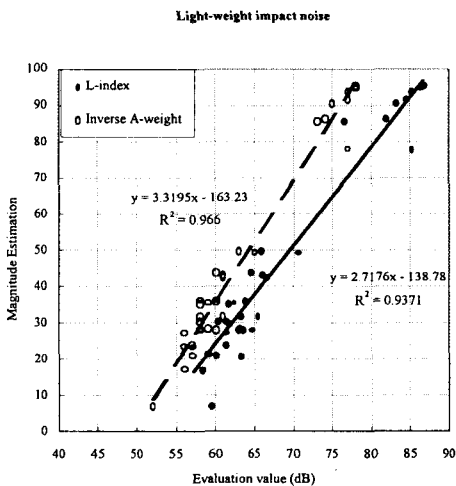


Fig. 6 Correlation of light-weight impact noise between the values from each evaluation method and subjective response

그러나 중량충격음의 경우 Fig. 7에서와 같이 역A특성곡선에 의한 평가치와 L지수에 의한 평가치가 각각 0.290, 0.366으로 나타나 두 가지 평가방법 모두 주관적 반응과 상관성이 매우 낮은 것으로 분석되었다.

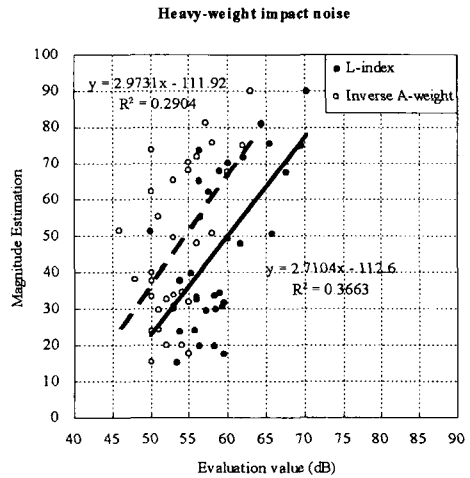


Fig. 7 Correlation of heavy-weight impact noise between the values from each evaluation method and subjective response

두 가지 평가 방법 모두 경량충격음에서는 주관적 반응과 높은 상관관계를 보였으나 중량충격음에서는 주관적 반응과 낮은 상관관계를 보였다. 한국의 공동주택의 거주자들은 경량충격음 보다 중량충격음에 더 시끄러움을 느끼는 것으로 보고⁽⁵⁾되고 있으므로 주관적 반응과 상관관계가 낮은 중량충격음에 대해 보완이 필요하다고 사료된다.

4.2 청감실험2

본 실험에서는 평가 방법에서 동일한 평가치를 보임에도 불구하고 다른 평가 방법에서 다른 값을 나타내는 음원들이 청감적으로는 어떠한 경향을 나타내는지 알아보았다. 청감실험1에서 사용한 음원들 중 경량충격음의 경우 역A특성 평가가 58dB이면서 L지수 평가가 60~65dB인 음원들에 대해서 소리의 크기(Loudness)에 대한 청감실험을 실시하였다. 다음 L지수 평가가 63dB이면서 역A특성 평가가 57~61dB인 음원들에 대해서도 소리의 크기(Loudness)에 대한 청감실험을 실시하였다.

중량충격음의 경우 역A특성 평가가 50dB이면서 L지수 평가가 53~57dB인 음원들에 대해서 소리의 크기(Loudness)에 대한 청감실험을 실시하였다. 다음 L지수 평

가가 56dB이면서 역A특성 평가가 50~53dB인 음원들에 대해서도 소리의 크기(Loudness)에 대한 청감실험을 실시하였다.

일대일 비교법을 이용하여 청감음원에 대한 반응을 7단계 양극 척도로 평가하도록⁶⁾ 하였으며, 각 반응에 대한 평가항목은 '매우 크다', '크다', '조금 크다', '비슷하다', '조금 작다', '작다', '매우 작다'를 사용하였다. 한가지 평가 방법에서는 동일한 평가치임에도 불구하고 다른 평가 방법에서는 다른 값을 보인 한 쌍의 음원을 들려준 후 앞의 음원에 비해 뒤의 음원의 소리가 얼마나 크게 느껴지는가를 물어본 후 반응에 대한 평가항목 중 '비슷하다'를 0으로 정한 후 '조금 크다'를 1, '크다'를 2, '매우 크다'를 3으로 정하고 '조금 작다'를 -1, '작다'를 -2, '매우 작다'를 -3으로 하여 경량충격음 및 중량충격음에 대한 주관적 반응 (7단계 반응치 차이)의 평균치를 Table 1과 Table 2에 나타내었다.

Table 1. Subjective evaluation result by the difference between evaluation methods for light-weight impact noise

기준음원 L지수 (역A)	비교음원 L지수 (역A)	7단계 반응치 차이	기준음원	비교음원	7단계 반응치 차이
			L지수 (역A)	L지수 (역A)	
60(58)	60(58)	0.16	63(61)	63(61)	0.25
60(58)	61(58)	0.25	63(61)	63(60)	0.16
60(58)	62(58)	0.41	63(61)	63(59)	0.66
60(58)	63(58)	0.41	63(61)	63(58)	0
60(58)	65(58)	0	63(61)	63(57)	-0.83

Table 1에서는 경량충격음중에서 역A특성 평가가 58dB이면서 L지수 평가가 60~65dB인 음원들의 비교평가와 L지수 평가가 63dB이면서 역A특성 평가가 57~61dB인 음원들의 비교평가에 대한 평균치를 볼 수 있다. 그 결과 평가방법의 차이에서 오는 평가치의 차이는 비슷하다고 느끼는 것으로 나타났다.

Table 2. Subjective evaluation result by the difference between evaluation methods for heavy-weight impact noise

기준음원 L지수 (역A)	비교음원 L지수 (역A)	7단계 반응치 차이	기준음원	비교음원	7단계 반응치 차이
			L지수 (역A)	L지수 (역A)	
53 (50)	53 (50)	0	56 (53)	56 (53)	0.25
53 (50)	54 (50)	0.5	56 (53)	56 (52)	-0.5
53 (50)	55 (50)	1.33	56 (53)	56 (52)	-0.58
53 (50)	56 (50)	1.25	56 (53)	56 (51)	-0.58
53 (50)	57 (50)	1.08	56 (53)	56 (51)	-0.5
53 (50)	58 (50)	1.33	56 (53)	56 (50)	-0.25
53 (50)	59 (50)	1.25	56 (53)	56 (50)	0.56

Table 2에서는 중량충격음중에서 역A특성 평가가 50dB

이면서 L지수 평가가 53~57dB인 음원들의 비교평가와 L지수 평가가 56dB이면서 역A특성 평가가 50~53dB인 음원들의 비교평가에 대한 평균치를 볼 수 있다. 그 결과 중량충격음도 평가방법의 차이에서 오는 평가치의 차이는 비슷하거나 조금 크거나 작다고 느끼는 것으로 나타났다.

4.3 청감실험3

본 실험에서는 청감실험2의 연장실험으로 주파수 Filter를 사용하여 음원을 각 주파수 대역별로 변조하여 평가방법상에서 차이가 적은 것에서 가장 차이가 많이 날 수 있는 경우의 음원을 제작하여 평가치의 차이에 따른 주관적 반응을 조사하였다.

청감실험2와 같이 한 쌍의 음원을 들려준 후 앞의 음원에 비해 뒤의 음원의 소리가 얼마나 크게 느껴지는가를 물어본 후 반응에 대한 평가항목 중 '비슷하다'를 0으로 정한 후 '조금 크다'를 1, '크다'를 2, '매우 크다'를 3으로 정하고 '조금 작다'를 -1, '작다'를 -2, '매우 작다'를 -3으로 하여 경량충격음 및 중량충격음에 대한 주관적 반응의 평균치를 Table 3과 Table 4에 나타내었다.

Table 3. Subjective evaluation result by the difference between evaluation methods for light-weight impact noise

기준음원 L지수 (역A특성)	비교음원 L지수 (역A특성)	7단계 반응치 차이
79 (78)	80 (78)	0.2
79 (78)	81 (78)	0.2
79 (78)	82 (78)	0.3
79 (78)	83 (78)	0.1
79 (78)	84 (78)	0.15
79 (78)	85 (78)	-0.1
79 (78)	86 (78)	0.1
79 (78)	87 (78)	-0.35

Table 4. Subjective evaluation result by the difference between evaluation methods for heavy-weight impact noise

기준음원 L지수 (역A특성)	비교음원 L지수 (역A특성)	7단계 반응치 차이
49 (48)	50 (48)	0.05
49 (48)	51 (48)	0.1
49 (48)	52 (48)	0
49 (48)	53 (48)	0.1
49 (48)	54 (48)	0.45
49 (48)	55 (48)	-0.35

청감실험3 결과 경량충격음과 중량충격음에서 청감실험2의 결과와 마찬가지로 평가방법의 차이에서 오는 평가치의

차이가 거의 없는 것으로 나타났다.

5. 결론

지금까지 기존의 L지수와 역A특성평가에 의한 평가치의 상관관계를 알아본 후 청감실험을 통하여 평가치와 주관적 반응과의 상관관계를 알아보았다. 그 결과 경량충격음과 중량충격음에서 L지수와 역A특성곡선에 의한 평가치의 상관관계는 매우 높은 것으로 나타났다. 그리고 청감실험을 통해 두가지 평가방법 모두 경량충격음에서는 주관적 반응을 잘 대변하는 것으로 나타났으나 중량충격음에서는 주관적 반응을 잘 대변하지 못하는 것으로 나타났다. 따라서 중량충격음 평가시 주관적 반응을 보다 잘 대변할 수 있는 보완이 필요하다고 사료된다. 또한 주관적 반응과 상관관계가 높은 경량충격음에서 각 평가방법별 상관관계 분석결과 역A특성곡선에 의한 평가치와 주관적 반응과의 상관관계가 조금 높게 나타났다. 따라서 역A특성곡선에 의한 평가치가 L지수에 의한 값보다 주관적 반응을 좀더 잘 대변하는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

- (1) JIS A 1419-2, 2000, 建築物及び建築部材の遮音性能の平價方法 - 第2部 : 床衝撃音遮斷性能.
- (2) 전진용 등, 2001, "표준음원에 대한 Annoyance 평가 및 차음등급 설정에 관한 연구", 대한건축학회 논문집 계획편 17권 7호, pp. 172~185.
- (3) 김홍식 등, 2001, "공동주택 바닥충격음 차단성능 기준설정 연구", 대한주택공사 주택도시연구원, pp. 56~62.
- (4) 김선우 등, 1993, "聽感實驗에 의한 바닥衝撃音 遮音性能 評價方法 및 基準考察", 대한건축학회 논문집 9권 6호 통권 56호, pp. 107~115.
- (5) Jeon, J. Y, 2000, "Subjective Evaluation of Floor Impact Noise Based on the Model of ACF/IACF", Journal of Sound and Vibration , 241(1), 147-155.
- (6) 국 찬, 1993, "都市住居地域 道路交通騒音에 對한 住居者の 反應에 관한 實驗的 研究", 대한건축학회 논문집 9권 5호 통권 55호, pp. 79~85.