

# 중량 바닥충격음 측정의 신뢰성 향상을 위한 측정방법 검토

## A Study on the Measurement Method for Improvement of Reliability for Heavy-Weight Floor Impact Sound Measurement

주 문 기\*, 박 종 영\*, 양 관 섭\*\*, 오 양 기\*\*\*

(Moon-Ki Joo\*, Jong-Young Park\*, Kwan-Seop Yang\*\*, Yang-Ki Oh\*\*\*)

\*목포대학교 친환경건축센터, \*\*한국건설기술연구원, \*\*\*목포대학교 건축학과  
(접수일자: 2007년 6월 24일; 수정일자: 2007년 11월 28일; 채택일자: 2008년 5월 2일)

대부분의 바닥충격음 측정은 반사성 재질로 마감된, 가구도 커튼도 없는 수 미터 치수의 장방형 공실에서 이루어진다. 이러한 공간에서 저주파 모드의 발생을 피하는 일은 쉽지 않다. 현재의 측정표준에 따른 중량 바닥충격음 측정의 재현성과 신뢰성을 저해하는 가장 큰 요인은 이러한 저주파 모드 중첩 현상이며, 그 측정의 편차는 63 Hz 대역에서 때론 10 dB에 이르는 경우도 있다. 이 연구에서는 중량바닥충격음 측정의 편차원인인 저주파 대역 모드중첩의 영향을 줄일 수 있는 보다 신뢰성 있는 측정방법을 찾고자 하였다. 그 방법으로 수음실의 모드 중첩 현상 자체를 제어하는 방법과 어느 정도 모드가 존재하는 상황에서도 수음실 공간 전체의 음압레벨 평균에 가깝게 측정할 수 있는 방법의 두가지에 대하여 실험하였다. 실험의 결과 저음흡음재 보다 베이스 트랩을 이용하여 수음실의 울림을 줄이는 방식은 수음실의 모드중첩을 제어하는 데는 효과가 있지만 현실적으로 다양한 측정 현장에서 저음 잔향시간을 1~2초사이로 구현하는 일이 쉽지 않음이 단점으로 드러났다. 마이크로폰을 회전시키면서 공간적 평균을 구하는 방식은 측정이 복잡하지도 않으며 쉽게 많은 수음점을 확보하여 수음실 전체 공간을 통한 측정값과 근소한 오차를 보이는 것으로 밝혀졌다.

**핵심용어:** 중량 바닥충격음, 측정방식, 저주파대역, 룸 모드, 모드 중첩, 회전기기

**투고분야:** 건축음향 분야 (7)

Most of receiving rooms for the measurement of floor impact sound have rectangular shapes with couple of meters of dimension, with reflective finishing, no furniture, no curtains. Modal overlaps in those condition are the major reason for the low reproducibility, and as a matter of course, the low credibility. It is the major purpose of this study that searching for a better measurement method which mitigate the effect of modal overlap on measurement. Two ways of methods are tested. One is the way described in ISO standards which enables controlling the room modes of receiving rooms, the other is the way which enables to get more precise spatial averages in receiving rooms with room modes. It is not easy maintaining the reverberation time of low frequency bands in the range between 1s and 2s, though it is proven to be effective controlling the room modes with base traps. Space-time average SPL's through combinations of rotating microphones are easy to measure, and have good consistencies with average SPL of entire receiving room.

**Keywords:** Heavy-weight impact sound, Measurement method, Low frequency range, Room mode, Modal overlap, Rotating machine

**ASK subject classification:** Architectural Acoustics (7)

### I. 서론

현재 사회적인 문제로 부각되고 있는 공동주택 바닥충격음 차단성능의 경우 법적 기준이 마련되어 이 기준

을 [1] 충족시켜야만 한다. 따라서 국내의 많은 건설사들은 이 기준을 충족시키기 위하여 많은 노력을 하고 있다. 하지만 바닥충격음 현장 측정 방법중 특히 저음 대역의 에너지가 큰 표준 중량충격원에 의한 방법의 경우 수음실의 공진에 의하여 마이크로폰의 위치에 따라 음압레벨이 크게 변동하여 바닥충격음의 단일수치 평가량에 영향을 줄 수 있는 것으로 밝혀진 바 있다 [2].

책임저자: 주 문 기 (archipy@hanmail.net)  
534-729 전남 무안군 청계면 목포대학교 친환경건축센터전임연구원  
(전화: 061-464-6242; 팩스: 061-464-6243)

대부분의 경우 바닥충격음 측정은 반사성 재질로 마감된, 가구도 커튼도 없는 수 미터 치수의 장방형 공실에서 이루어지고 있어 저음 대역의 공진이 일어나기 쉬운 조건을 갖고 있다. 이러한 상황에서 측정의 편차를 줄이려면 수음실의 공진 자체를 줄이거나, 측정의 횟수나 결과의 평균방식을 개선하는 간접적인 방식이 유효할 것으로 생각된다. 본 연구에서는 저음 흡음재나 베이스 트랩 등을 설치하여 잔향시간을 조절함으로써 실내에서 발생하는 저주파 대역의 모드 자체를 줄이고자 하는 방법과, 측정의 공간/시간적 평균 방식의 다양화를 통해 바닥충격음 측정의 재현성과 신뢰성을 높일 수 있는 방법을 모색하였다.

## II. 측정 편차의 문제점

### 2.1. 현행 측정방법의 한계

현행 바닥충격음 측정 표준인 KS F 2810-2 [3]에 의하면 측정공간인 수음실에 대한 기준이 수음실의 용적과 바닥구조나 마감종류만 보고서에 기재하도록 되어 있을 뿐 저음의 모드를 제어하기 위한 고려가 규정에 포함되어 있지 않다. 또한 수음실내의 마이크로폰 설치 포인트만 언급할 뿐 잔향시간 측정에서처럼 주파수 대역에 따른 측정횟수의 기준 또한 없는 실정이다. ISO 140-1 [4]는 실내에서 발생하는 모드에 의한 영향이 측정 결과의 신뢰도에 부정적 영향을 미칠 수 있음에 주목하여 특히 저음의 경우, 수음실의 잔향시간을 짧게 유지하도록 규정하고 있다. 또한 불안정한 저주파 대역의 측정 횟수의 차이도 결과값에 영향을 주는 것으로 사료된다.

### 2.2. 측정시 발생하는 편차

선행 연구에서는 수음실 내부 공간 전체의 음압 분포를 파악하기 위해 표 1의 표준실험실의 네 벽면으로부터 50 cm 떨어진 사각형의 공간 내에 25 cm 등 간격의 격자를 만들어 각 격자점에 대하여 바닥충격음을 측정하였다. 측정결과 그림 1과 같이 벽과 모서리가 만나는 부분의 음압레벨이 크게 나타나고 있어, 저음의 모드가 존재함을 알 수 있다. 특히 63 Hz 대역의 저주파수 영역에서 음압레벨 편차가 더 크게 나타났고 그 차이가 큰 곳은 10 dB 이상에 이르는 수준이다. 이러한 편차가 중량바닥충격음 측정 결과의 신뢰도를 저해하는 주된 요인으로 드러났다.

표 1. 측정 대상 공간의 제원 (단위:m)

Table 1. Dimensions of rooms measured (Unit:m).

구분	치수 (가로*세로*높이)	비고	구조
J	4.5*5.1*2.6	대한주택공사 표준실험실	벽식
K	4.5*5.1*2.6	한국건설기술연구원 표준실험실	

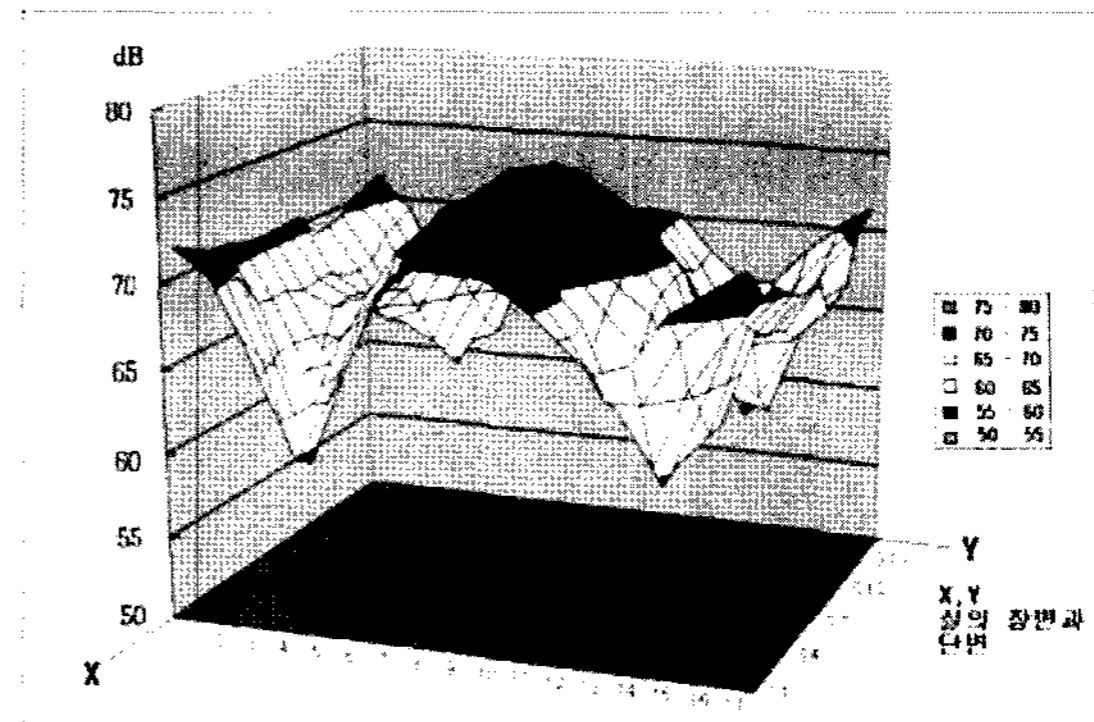


그림 1. 실내음압레벨의 분포 (K실험실, 63 Hz 주파수대역)  
Fig. 1. Distribution of SPL (room K, 63 Hz octave band).

## III. 측정방식의 개선

### 3.1. 수음실의 저음 모드 제어

중량바닥충격음 측정 편차의 원인이 선행연구 [2]에서 밝혀진 바와 같이 저주파 대역에서 발생하는 실내모드에 의한 영향이기 때문에 저주파대역의 모드를 줄일 수 있다면 측정편차는 그만큼 줄어들 수 있을 것으로 기대할 수 있다. 이러한 근거로 ISO 140-1에서는 수음실의 잔향시간 (T)을 수음실의 용적 (V)과 관련하여 다음의 한계 이내로 유지할 것을 규정하고 있다. 바닥충격음 현장측정의 경우 실의 용적은 50 m<sup>3</sup> 내외이므로 대체로 1초~2초 사이의 값이다.

$$1s \leq T \leq 2 \times (50/V)^{2/3}$$

또한 ISO 3741 [5]에서는 저주파수대역 (중심주파수 f)의 잔향시간 (T<sub>rev</sub>)을 다음의 식을 만족하는 수준으로 짧게 할 경우, 파워레벨 측정용 음원 위치의 갯수를 줄일 수 있도록 하고 있다.

$$T_{rev} < V(f/1000)^2$$

따라서 ISO에서 제안하고 있듯이 수음실의 저주파대역 잔향시간을 일정 한계 이내로 줄이도록 하여 모드의 발생을 제어한다면 측정의 편차를 상당 부분 줄일 수 있을 것으로 기대된다. 저주파대역의 잔향시간을 줄이는

방법으로는 패널형의 저음흡음재를 수음실 내에 설치할 수 있고, 음압레벨이 최대점인 모서리에 베이스트랩을 사용할 수도 있을 것이다.

### 3.2. 측정점의 공간적 평균방식의 변화

현 측정방식의 경우 수음점은 균등히 분포하는 4점 이상으로 규정되어 있을 뿐 측정의 횟수나 마이크로폰의 위치에 대한 명확한 규정이 없다. 수음실의 모드에 의한 음압레벨 분포는 대개 모서리와 코너 부위에서 최대값을 갖기 때문에 의도적으로 이 위치를 피하여 측정하는 경우, 실제보다 좋은 성능의 측정값을 얻을 수도 있다. 모드가 존재하는 공간에서 수음점간 음압레벨의 차이에 따른 측정 편차는 측정 횟수를 늘린다던지 평균의 방식을 변화 시킴으로서 최소화할 수 있을 것으로 판단된다. 이 연구에서는 다양한 길이와 각도의 회전 붐을 활용함으로써 저주파대역에서 실내모드 (room mode)에 의한 음압의 증폭지역과 감소지역을 넘나드는 공간적 평균값을 구하였다.

## IV. 실험방법 및 내용

### 4.1. 바닥충격음 측정

#### 4.1.1. 고정식 측정

공실에서의 전체 수음실 공간에 걸친 평균음압레벨을 정확히 알기 위해 25 cm 간격의 격자를 구성하여 그 격자점 모두에서 측정을 수행하였다. 동시에 저음의 흡음량을 늘임으로써 실내모드 자체를 제어하는 것이 측정의 신뢰도에 어떠한 영향을 미치는지 확인하기 위해 베이스트랩과 패널 흡음재를 설치하여 잔향시간을 조절한 다음 동일한 측정을 수행하였다.

수음실 공간에서 25 cm 격자간격 측정시 충격원의 위치는 중앙점을 포함한 외곽 4곳으로 하였으며, 4 채널의 마이크로폰을 사용하여 측정 시간을 단축하였다. 각 측정지점에서 3차례의 타격중 피크레벨을 측정하였다. 마이크로폰의 높이는 모두 140 cm로 규정 하였으며 바닥충격음 측정에 사용된 기기의 내역은 표 2와 같다.

#### 4.1.2. 회전 측정

실내 모드에 의해 발생하는 저주파대역의 편차를 마이크로폰의 위치를 증가시켜 실내의 다양한 지점에서 측정함으로써 공간적 평균방식의 효과를 검증하고자 하였다. 이때 마이크로폰의 위치를 쉽게 증가시킬 수 있도록 마이

표 2. 바닥충격음 측정용 기기  
Table 2. Instruments of measurement.

기기명	제조회사	모델번호	비고
Microphone	GRAS	40AR/40AP	
Preamp	B&K	26AF	
Power supply	B&K	Type 2106	
Bang machine	RION	FI-02	
Rotating machine	B&K		회전측정
Analyzer	01 dB	Oros 25	

크로폰 회전이송장치 (Rotating Microphone Boom)를 사용하였다. 회전이송장치를 이용한 측정시 회전기기의 지점을 회전반경의 끝이 벽으로부터 50 cm 이격시킬 수 있도록 하였다. 회전이송장치의 1회전주기를 64초로 하여 중량바닥충격음을 발생시키고 측정하였다. 음원은 약 2-2.5초 간격으로 발생되므로 1회전 동안 약 26-32회 레코딩 함으로서 좀 더 많은 공간적 지점에서 측정값을 얻을 수 있도록 하였다. 회전기기를 이용한 측정의 경우 후처리 과정을 통해 2-2.5초 간격으로 측정된 각각의 26-32개의 음원에 대해 하나씩 분석하여 최대음압레벨 값을 구하였다. 즉 하나의 음원점에 대해 회전측정지점을 1지점으로 할 경우 마이크로폰의 위치가 26-32개가 되며 회전측정지점을 4지점으로 할 경우 마이크로폰의 위치가 최소 104개로 늘어남을 의미한다.

### 4.2. 측정의 내용

ISO 140-1 에 규정된 수음실의 기준을 맞추기 위해 패널흡음재와 베이스트랩을 설치하여 저음의 흡음량을 증가시키고자 하였다. 잔향실험실에서 공기층과 패널의 두께에 따른 각 흡음재의 흡음률 측정을 KS F 2805의 규정에 의해 수행하였다. 흡음률 측정용 기기를 표 3에, 그리고 잔향실에서 측정한 패널흡음재 및 베이스트랩의 흡음력/흡음률을 표 4에 보였다. 마이크로폰 회전이송장치를 이용한 측정의 경우 붐의 길이 45 cm부터 90 cm까지 15 cm 간격으로 조절하여 수음실내의 다양한 공간적 평균을 실험하였다. 그 결과값을 수음실의 25 cm 격자점 전체에서 측정한 평균 음압레벨과 비교하였다.

수평적 공간 성분과 수직적 공간성분을 측정하기 위하여 붐을 평형, 그리고 사선 방향으로 구분하여 회전시켰다. 회전사선 측정의 경우 마이크로폰의 수음점 높이는, 붐 길이 90 cm의 경우 최저점 70 cm로부터 최고점 170 cm에 이르는 원 둘레에서, 붐 길이 75 cm의 경우 최저점 90 cm에서 최고점 150 cm에 이르는 원 둘레로 하였다. 회전이송장치는 수음실 공간내의 여러 지점에 설치

하여 측정함으로써 회전 측정의 신뢰도를 검토하도록 하였다.

측정내용과 측정 포인트를 다음 표와 그림에 보였다.

표 3. 잔향시간 측정기기

Table 3. Instruments of measurement.

기기명	제조회사	모델번호
Microphone	GRAS	40AR
Preamp	GRAS	26AF
Speaker	Norsonic	Nor229
Speaker Amp	Norsonic	Nor260
Analyzer	01 dB	Symphony

표 4. 측정결과

Table 4. Measurement results.

구분	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	비고
베이스트랩 (w*h*d) cm 900*1200*450	2.0	1.31	1.27	0.79	흡음력
패널흡음 (두께 3 t) (w*h*d) cm 1200*2400*300	0.28	0.23	0.15	0.11	흡음률

표 5. 측정 내용

Table 5. Measurement content.

구분	측정내역	비고	대상
KE	255 POINT	공실, 25 cm grid	한국건설기술연구원 표준실험실
KB	베이스트랩	6ea	
KP	패널흡음	6ea	

표 6. 측정 내용

Table 6. Measurement content.

구분	측정내역	비고	대상
KE	255POINT	공실, 25 cm grid	한국건설기술연구원 표준실험실
KR	회전	45,60,75,90 (분길이: cm)	
KH	회전사선	75,90 (분길이: cm)	

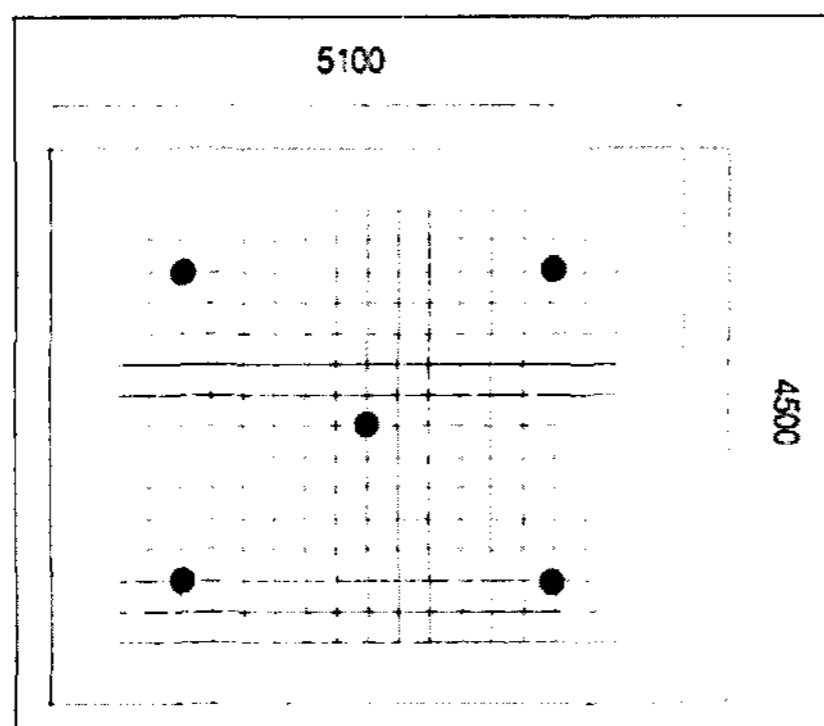


그림 2. 표준실험실 수음점 측정격자와 타격점  
Fig. 2. Measurement grid and impact points.

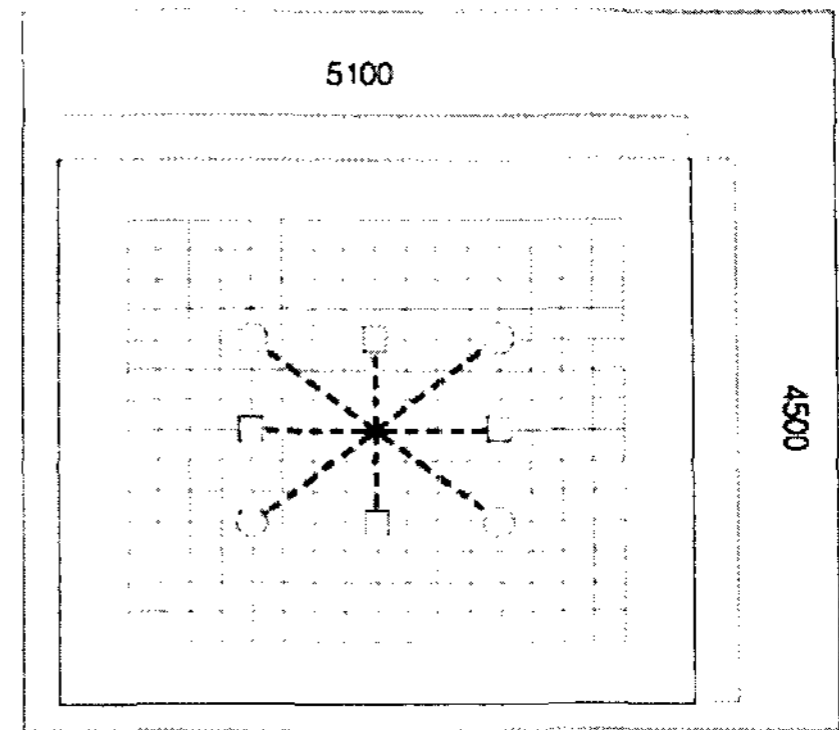


그림 3. 회전측정 포인트  
Fig. 3. Receiving points of Rotating machine.

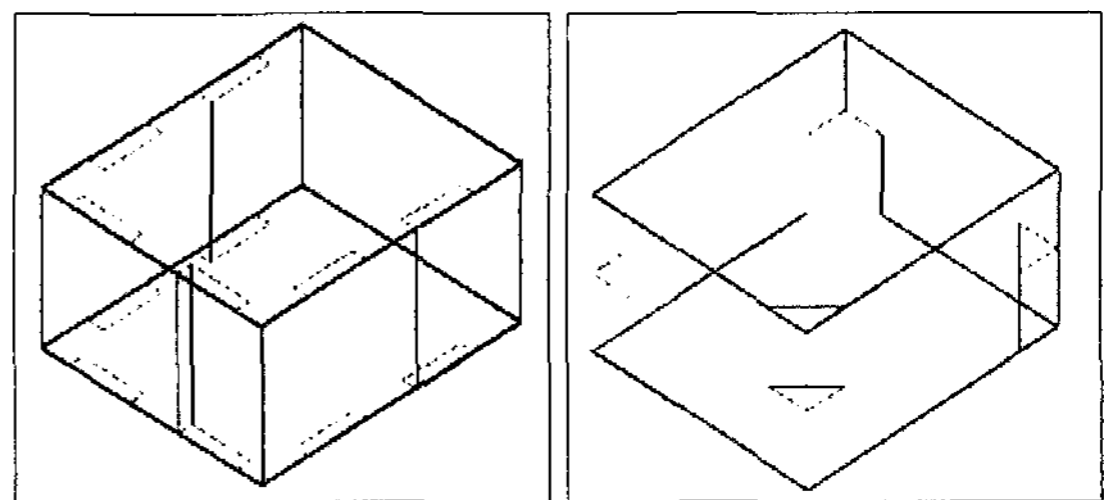


그림 4. 패널흡음재 (좌)와 베이스트랩 (우) 설치 그림  
Fig. 4. Panel absorber (left) and Base trap (right).



그림 5. 공실에서의 바닥충격음 측정사진 (회전측정)  
Fig. 5. Measurement pictures (empty).

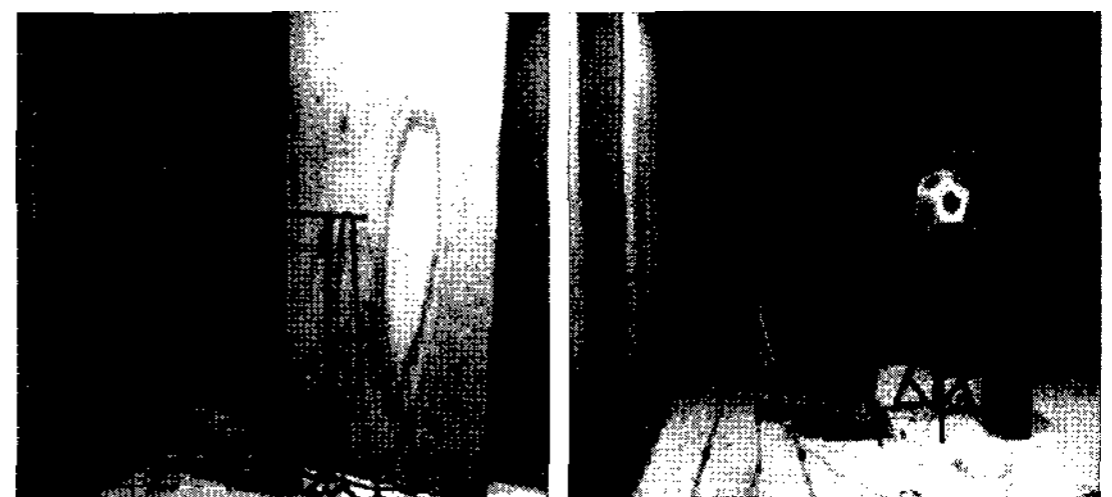


그림 6. 바닥충격음과 잔향시간 측정사진 (패널흡음)  
Fig. 6. Measurement pictures (panel absorber).



그림 7. 바닥충격음과 잔향시간 측정사진 (베이스트랩)  
Fig. 7. Measurement pictures (base trap).

### 4.3. 측정상황 및 실내 잔향시간

실험실의 경우 측정실내 공간은 장방형의 반사성 공간으로서 실내 벽면과 바닥 모두 콘크리트로 마감되어 있는 상황이며 가구 등이 전혀 없는 실내모드에 의한 공진이 일어나기 쉬운 형태와 조건이다. 측정 대상 공간의 공실상태와 흡음패널 및 베이스트랩을 설치한 경우의 실내 여섯 지점 평균 잔향시간은 표 7과 같다. 패널흡음의 경우 저음 모드를 줄이기 위한 ISO 140-1의 기준값(실내 용적기준 1초에서 2.2초사이)을 63 Hz 대역에서 0.1초 초과하고 저음대역의 경우 잔향시간을 대체로 만족하는 수준이다.

표 7. 실험실 잔향시간 (단위: s)  
Table 7. Reverberation Times of rooms measured (Unit: s).

	KE	KB	KP
63 Hz	4.4	2.1	2.3
125 Hz	3.8	1.6	1.4
250 Hz	1.6	1.3	1.0
500 Hz	1.9	1.6	1.4

## V. 실험결과 및 분석

### 5.1. 실내 모드의 제어

#### 5.1.1. 패널 흡음재의 부가

수음실의 바닥충격음 레벨은 때로 10 dB 이상의 큰 범위로 변동한다. 하지만 그림 4에서처럼 흡음재를 실의 세면에 패널흡음재를 설치하여 저음의 모드를 제어하여 측정결과 표 8에서 나타난 바와 같이 공실일 경우와 패널흡음을 부가 하였을 때 저주파 대역의 편차가 고주파 대역보다 크게 나타나고 있음을 알 수 있다. 하지만 125 Hz 대역 이상에서 0.1~0.6 가량 표준편차의 감소를 나타내고 있지만 중량충격음의 단일지수 평가값에 영향을 줄 수 있는 대역인 저주파 대역(63 Hz)에서 표준편차의 감소가 나타나지 않았다. 이는 흡음재를 설치하였지만 그림 8에서와 같이 모서리 부근에서 실내모드에 의한 동일한 현상을 나타내고 있기 때문이다. 따라서 저주파대역에서 패널흡음재는 실내모드에 의한 영향을 제어하는 효과가 크지 않는 것으로 측정결과 나타났다.

#### 5.1.2. 베이스 트랩

베이스 트랩은 판진동의 원리를 이용하여 특정한 주파수 대역을 흡음하는 장치로서 에너지 분포가 최대가 되는 공간의 끝부분과 코너위치에 설치하여 효과적으로 저음

을 제어할 수 있는 방법이다. 수음실에서 실내모드에 의한 저음편차를 줄이기 위해, 특히 63 Hz대역과 125 Hz 대역에서의 흡음력이 큰, 6개의 코너용 베이스트랩을 그림 4와 같이 설치하였다. 베이스 트랩의 경우 전 대역에서 평균음압레벨이 2 dB 이하 편차를 나타내고 있으며 코너부분의 실내모드에 의한 영향을 제어함으로써 저주파 대역에서 공실과 비교시 약 0.5~0.6, 패널흡음과 비교해 볼 때 약 0.8~0.9의 표준편차 감소를 나타내고 있어 효과적인 것으로 나타났다. 베이스트랩의 흡음력이 큰 대역과 베이스트랩의 설치로 인한 수음실용적의 감소로

표 8. 표준편차, 평균음압레벨 비교 (단위: dB)  
Table 8. Mean value and standard deviation.

구분	타격점		63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz
KE	중앙	음압레벨	72.1	65.6	54.6	48.0
		표준편차	2.58	1.49	1.80	1.22
	외곽	음압레벨	70.5	65.4	53.2	46.1
		표준편차	4.24	2.43	1.52	1.60
KB (베이스 트랩)	중앙	음압레벨	70.2	64.3	54.3	47.1
		표준편차	2.11	1.38	1.40	1.03
	외곽	음압레벨	70.6	65.4	54.3	46.6
		표준편차	3.63	1.95	1.10	0.96
KP (패널)	중앙	음압레벨	73.6	64.4	52.6	46.8
		표준편차	2.89	1.41	1.19	0.89
	외곽	음압레벨	73.9	65.0	52.6	44.8
		표준편차	4.54	2.17	1.19	1.05

표 9. 최대, 최소음압레벨차비교 (단위: dB)  
Table 9. Mean value and standard deviation.

구분	타격점		63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz
KE	중앙	최대음압	76.3	69.7	59.4	51.9
		최소음압	62.8	61.1	49.9	45.0
		레벨차	13.5	8.6	9.5	6.9
	외곽	최대음압	76.5	71.4	58.3	52.7
		최소음압	56.9	59.7	49.5	42.7
		레벨차	19.6	11.7	8.7	10
KB	중앙	최대음압	74.1	68.4	57.3	49.1
		최소음압	63.9	59.6	51.5	43.8
		레벨차	10.2	8.8	5.8	5.3
	외곽	최대음압	74.9	69.0	57.3	50.0
		최소음압	60.0	60.4	51.4	44.6
		레벨차	14.9	8.6	5.9	5.4
KP	중앙	최대음압	78.1	66.6	59.0	48.9
		최소음압	64.9	60.3	49.1	44.2
		레벨차	13.1	6.3	9.9	4.7
	외곽	최대음압	78.9	71.0	55.3	47.9
		최소음압	59.2	60.6	49.9	41.9
		레벨차	19.7	10.4	5.4	6.0

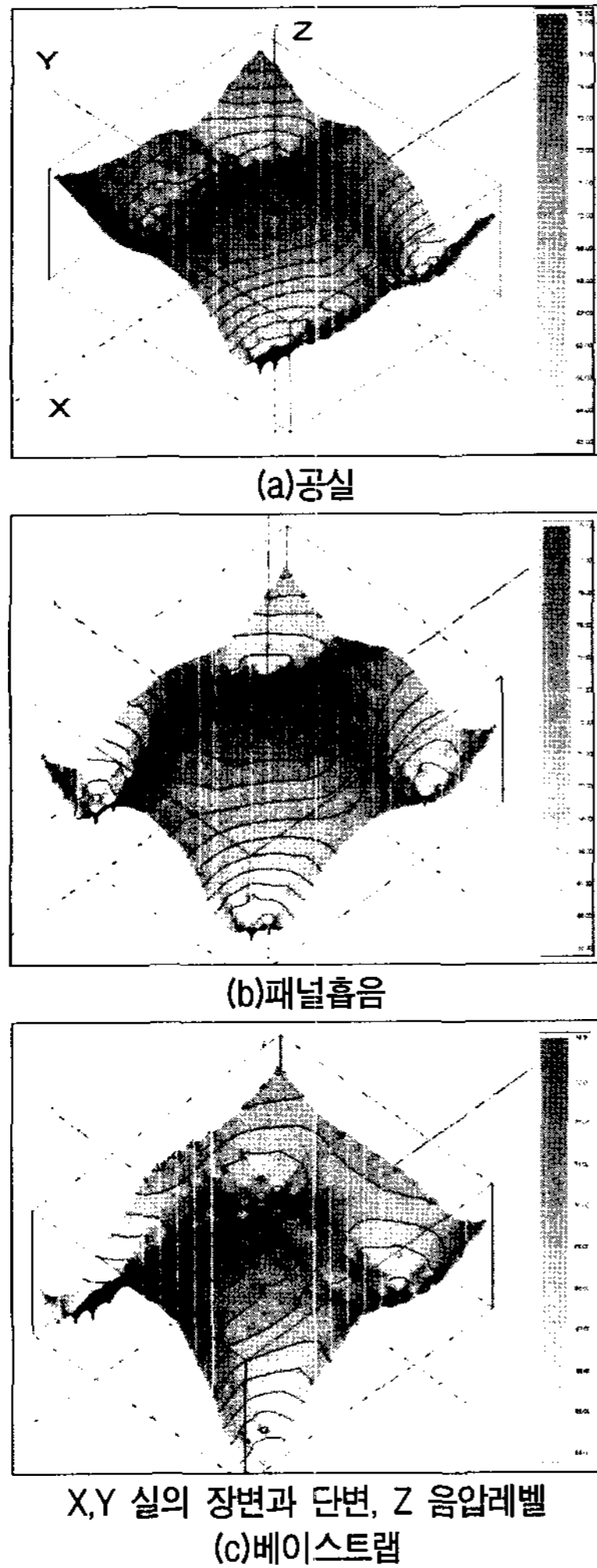


그림 8. 실내음압레벨의 분포 63 Hz  
Fig. 8. Distribution of SPL 63 Hz.

인하여 표준편차의 경우 전 대역에 걸쳐 감소경향을 보이고 있는 것으로 나타났다. 따라서 수음실내의 코너에 설치하여 음장조건을 변화시킬 경우 중량바닥충격음의 단일지수 평가값에 영향을 미치는 수음점간의 편차를 일정량 줄일 수 있을 것으로 판단되었다. 하지만 일정하지 않은 다양한 현장에서 측정을 실시해야 하므로 측정시 진행시간을 맞추기 위해 베이스 트랩이나 패널흡음재의 용적을 계산하거나 설치하는 일이 쉽지 않을 것으로 예측된다.

### 5.1.3. 단일지수 평가값의 편차

공실과 패널흡음재, 그리고 베이스트랩을 설치하였을 때 1) 25 cm 간격 전체 측정점의 평가값 2) 최소 음압레벨의 측정점 4곳으로 이루어진 조합, 3) 최대 4곳의 조합방법에 의한 역A특성가중바닥충격음레벨값을 비교 표 10에 나타내었다. 저음을 제어한 경우 편차가 줄어들어도 완화되지만 여전히 실내모드에 의한 수음점의 위치 조합에 따라 단일지수 평가값의 차이가 존재함을 알 수 있다.

표 10. 평가방법별 음압레벨 (단위: dB)  
Table 10. SPL for each combinations.

구분		63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	Li,Fmax,AW
공실	최대조합	73.7	69.5	51.5	46.9	50
	최소조합	64.9	65.7	54.9	46.6	46
	25 cm	71.1	66.5	54.2	46.9	48
패널흡음	최대조합	76.7	67.7	52.4	45	50
	최소조합	66.4	65.6	52.1	44.6	46
	25 cm	73.8	64.9	52.6	45.2	48
베이스트랩	최대조합	75.8	67.3	52.8	45.5	50
	최소조합	65.3	65.5	52.4	44.3	46
	25 cm	70.5	65.2	54.3	46.7	47

## 5.2. 측정 및 평균방식의 변화

### 5.2.1. 회전기기 (Rotating machine)를 이용한 측정

#### ① 회전평형 측정

바닥충격음 측정시 수음점은 KS 기준에 따라 균등히 분포하는 네지점을 측정하도록 되어 있다. 따라서 회전 측정의 경우 이를 감안하여 회전기기 역시 수음점을 앞 절 그림 3에 원으로 표시한 4곳으로 하였다.

중량 바닥충격음의 경우 마이크로폰의 위치에 따라 음압레벨이 10 dB 이상 크게 변화하며 단일지수 평가값의 2-6의 차이가 나타날 수 있는 것으로 밝혀진 바 있다. 수음실 평균음압레벨과 회전측정 결과를 표 11에 나타내었다. K실험실에서 측정된 값이 전 주파수 대역에서 2dB 내외의 차이를 나타내고 있으며 수음실의 평균음압레벨과 비교하여 높은 상관관계를 나타내고 있음을 알 수 있다. 또한 단일지수 평가값의 차이가 북의 길이 45 cm를 제외하고는 ±1 dB로 마이크로폰의 수음점 위치가 회전하면서 수음실의 공간적 성분을 다양하게 포함함으로써 나타난 결과라고 예측된다. 따라서 저주파 대역에서 실내모드에 의한 영향으로 마이크로폰의 위치에 따라 발생하는 편차를 모드존재 하에서도 수음실내의 다양한 측정점을 측정 평균함으로써 측정의 재현성 측면에서 신뢰성 있는 측정 방법의 대안이 될 수 있을 것으로 판단된다.

표 11. 평균음압레벨 비교 (단위: dB)  
Table 11. Mean value (Unit: dB).

구분	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	Li,Fmax,AW
KE	71.1	66.5	54.2	46.9	48
KR45	69.1	65.0	52.9	46.4	46
KR60	69.9	64.8	53.4	46.2	47
KR75	71.0	64.9	52.7	47.1	47
KR90	72.1	66.3	54.2	47.0	48

② 회전 사선측정

수음실의 수평면상에서의 모드가 발생하고 있으므로 수직면상에서도 모드는 존재하게 된다. 따라서 수음실의 상하 공간의 위치에 따라 음압레벨의 차이가 존재하게 된다. 회전 평형 측정의 경우 수음실 공간의 2차원 적인 평면의 음압레벨 평균이라고 본다면 회전 사선측정의 경우 3차원 공간의 음압레벨 평균이라고 할 수 있다. 평형 측정과 사선측정을 비교한 결과를 표 12에 나타내었다. 측정대상 공간의 수음점 높이에 의한 음압레벨의 차이는 마이크로폰이 회전하면서 상하공간의 차이를 평균함으로서 저주파 대역에서 2 dB 이내의 편차를 나타내 평형측정과 공간평균 방식의 측면에서 같은 결과값을 나타내고 있음을 알 수 있다.

표 12. 평균음압레벨 비교 (단위: dB)  
Table 12. Mean value (Unit: dB).

구분	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	단일수치
KE	71.1	66.5	54.2	46.9	48
KR75	71.0	64.9	52.7	47.1	47
KH75	72.7	65.0	55.3	48.2	47
KR90	72.1	66.3	54.2	47.0	48
KH90	72.9	65.4	56.2	47.8	49

5.3. 회전측정의 신뢰성

회전 측정의 경우 수음실 공간의 다양한 지점을 측정함으로써 수음점 위치에 따른 단일지수 평가값의 차이를 줄일 수 있는 것으로 측정결과 예측되었다. 또한 궁극적으로 수음실 공간의 평균 음압레벨과도 밀접한 관계가 있는 것으로 가정 한다면 회전기기의 위치 변화에 따른 회전측정의 음압레벨도 측정의 재현성 측면에서 유사한 결과 값이 나타나야 한다. 따라서 회전기기의 위치를 달리하여 측정, 그 결과를 알아보려고 하였다.

측정위치는 4절 그림 3에서 나타낸 바와 같으며 1번 조합 (x방향)과 2번 조합 (+방향)을 통하여 그 결과를 비교하였다.

붐의 길이는 회전반경을 나타내는 것인데 붐 (boom) 길이가 45 cm와 60 cm인 경우 저주파 대역에서 음압레벨 차이가 나타나고 있다. 그림8에 나타낸 실내음압레벨분포를 보면 1번 조합의 수음점 위치들이 저주파 대역에서 실내모드의 영향을 받은 음압레벨이 적은 모서리 지역을 다수 포함하고 있기 때문인 것으로 판단된다. 붐의 길이가 길어질수록 마이크로폰이 수음실 공간에서 실내모드에 의해 영향을 받는 지역을 평균 함으로서 음압레벨차이가 작아지고 있음을 알 수 있다. 따라서 회전 측정시 실내

에서 발생하는 모드에 의한 저주파대역의 수음점간 음압레벨차를 고려할 때 붐의 회전반경이 실내 공간에서 서로 접칠수 있도록 60 cm이상 충분히 유지한다면 실내모드에 의해 발생하는 편차를 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

표 13. 위치조합별 평균음압레벨 (단위: dB)  
Table 13. Mean value for each combinations.

구분	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	Li,Fmax,AW
KR45-1	69.1	65.0	52.9	46.4	46
KR45-2	72.8	64.9	53.2	45.2	48
KR60-1	69.9	64.8	53.4	46.2	47
KR60-2	72.4	65.1	53.1	46.3	47
KR75-1	71.0	64.9	52.7	47.1	47
KR75-2	71.4	65.6	53.4	46.3	47
KR90-1	72.1	66.3	54.2	47.0	48
KR90-2	70.1	65.4	53.2	47.8	47

VI. 결론 및 향후 과제

지금까지 본 연구에서는 현행 바닥충격음의 측정방법의 한계를 인지하고 편차의 원인을 제어함으로써 재현성과 반복성에 있어서 측정의 신뢰성을 개선하는 방법을 제안하고자 하였다. 측정을 통해 얻은 결론은 다음과 같다.

- ① 수음실의 음장조건을 ISO 140-1의 조건에 맞춰 잔향시간을 조절해 측정한 결과 패널흡음보다 베이스 트랩을 설치했을 경우 저주파 대역에서 표준편차가 일정량 감소하였으나 수음점의 조합에 따라 여전히 단일지수 평가값에 편차가 존재함을 알 수 있었다. 또한 현장측정의 조건상 잔향시간 조절의 어려움이 있을 것으로 사료된다.
- ② 회전기기를 이용한 측정의 경우 측정의 간편성과 더불어 수음실의 255개 지점의 측정 평균음압레벨과 주파수 전 대역에서  $\pm 1$  dB의 내외의 근소한 오차를 보였다. 이는 마이크로폰이 회전하면서 수음실의 다양한 공간적 성분을 포함해 나타난 결과로 보인다.
- ③ 수음실 상하공간적 성분을 포함한 회전사선 측정 결과 마이크로폰이 회전하면서 상하공간의 차이를 평균함으로서 저주파 대역에서  $\pm 1$ dB의 편차를 나타내 평형측정과 공간평균 방식의 측면에서 같은 결과값을 나타내고 있음을 알 수 있었다.
- ④ 회전측정의 위치조합별 음압레벨의 경우 회전 반경이 상대적으로 작은 45 cm의 경우를 제외하고는 1,2번 조합의 편차가  $\pm 1$  dB로 나타나 회전측정이 수음점 위

치에 따라 크게 10 dB 이상 크게 변동하는 고정측정법과 비교해 볼 때 좀 더 신뢰성 있는 결과를 나타내는 것으로 판단되었다. 이러한 결과는 현행 현장실험의 경우 많은 편차를 보이고 있는 저주파대역의 범위에서 측정의 신뢰성을 높이기 위한 현실성 있는 하나의 대안이 될 수 있을 것이다.

이 연구의 결과에도 불구하고 이동마이크로폰법에 의한 측정의 모든 사항이 전부 파악된 것은 아니다. 예를 들어 중량충격음의 경우, 20msec 이내에서 충격음이 발생한다. 따라서 회전이송장치를 사용하는 경우, 충격음 발생시 수 cm 정도의 위치차이가 발생하게 된다. 이와 같이 마이크로폰의 이동시, 발생하는 충격음 임펄스 파형과 고정식 마이크로폰에서 측정한 임펄스 파형을 타임도메인에서 비교, 분석하여 회전에 따른 영향요인을 검토해 볼 필요가 있다. 또한 사선으로 회전하는 이동마이크로폰법에 대하여 반복적인 측정에 따른 편차의 정보를 기존의 측정 결과 [6]들과 비교하는 작업이 이루어져야 할 것이다.

## 감사의 글

이 연구는 건설교통부 2005년도 건설핵심기술연구개발사업(과제번호 05건설핵심D06)에 의한 연구결과의 일부임.

## 참고 문헌

1. 대통령령 제19263호, 주택건설기준 등에 관한 규정, (2006.1.6 (일부 개정)).
2. 오양기, 주문기, 박종영, 김하근, 양관섭, "마이크로폰 위치에 따른 중량 바닥충격음레벨의 편차", 한국음향학회지 25, 49 -55, 2006.
3. KS F 2810-2, "바닥충격음 차단성능 현장측정방-표준중량충격원에 의한 방법". 2002.
4. ISO 140-1 "Measurement of sound insulation of elements" - Part1:Laboratory test facilities, 2005.
5. ISO 3741, "Acoustics-Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure-Precision methods for reverberation rooms", 1999.
6. 이신영, 유승엽, 전진용. "표준시험동 바닥충격음 측정위치에 대한 고찰", 2007년도 춘계 학술대회논문집, CD-rom, 한국소음진동공학회, 2007.

## 저자 약력

### •주 문 기 (Moon-Ki Joo)

2000년 2월 초당대학교 건축학과 졸업 (공학사)  
2002년 8월: 목포대학교 대학원 건축공학과 졸업 (공학석사)  
2007년 2월: 목포대학교 대학원 건축공학과 졸업 (공학박사)  
2007년 5월~ 현재: 목포대학교 친환경건축연구센터 전임연구원

### •박 종 영 (Jong-Young Park)

2007년 8월: 목포대학교 대학원 건축공학과 (공학석사)  
2007년 9월~2008년 2월: 목포대학교 친환경건축연구센터 연구조교  
현재 (주)에스아이판 소음진동기술연구소 주임연구원

### •양 관 섭 (Kwan-Seop Yang)

한국음향학회지 제25권 제2호 참조

### •오 양 기 (Yang-Ki Oh)

한국음향학회지 제25권 제2호 참조