

탄성채널을 이용한 석고보드 건식벽체의 저주파 대역 차음성능 개선

Improvement of Sound Insulation at Low Frequencies Using Resilient Channel

김 경 호[†] · 전 진 용^{*}

Kyung Ho Kim and Jin Yong Jeon

(Received October 27, 2016 ; Revised December 19, 2016 ; Accepted December 19, 2016)

Key Words : Resilient Channel(탄성채널), Resonance Frequency(공진주파수), Sound Reduction Index(음향감쇠계수), Stiffness(강성)

ABSTRACT

Breaking the rigid connection between the two faces of the wall can significantly improve the sound transmission loss of the wall. This is usually achieved by resiliently mounting the gypsum board on one of the two faces of the wall using resilient channel. Resilient channel with less stiffness than that of air cavity could move the resonance frequency of the light-weight wall. So we can get higher sound transmission loss at low frequencies for light-weight wall using resilient channel. It's sound transmission loss is 17 dB higher than that of single stud wall, and 5 dB higher than that of double stud wall.

기 호 설 명

- $R_w + C$: 음향감쇠계수 단일평가지수
- f_0 : 공진주파수
- D : 댐핑계수
- s : Stiffness(강성)

1. 서 론

최근 초고층 건축물을 비롯하여 주상복합, 학교, 의료시설, 숙박시설 등에서 공간의 효율적인 활용이 가능하고 차음성능을 개선할 수 있는 새로운 형태의

건식벽체에 대한 요구가 증가하고 있다.

특히 차음성능과 개인의 프라이버시가 중요시되는 호텔이나 오피스텔, 의료시설 등에서는 소음의 차단성능이 소비자의 만족도로 나타나고 있으며, 특히 벽체의 두께절감으로 인한 전용면적의 확보는 호텔 객실과 병원 베드의 증가로 인한 경제성 창출로 이어지고 있다.

뿐만 아니라 벽식 구조로 시공되는 국내의 공동주택은 대부분의 벽체가 콘크리트로 시공되는 반면, 라멘구조나 무량판 구조로 시공되는 초고층 건축물에서는 건물의 총중량을 줄이기 위해 석고보드 또는 경량콘크리트 패널을 이용한 건식벽체의 사용이 필수적이다⁽¹⁾. 따라서 차음성능이 우수하고 경량이며,

[†] Corresponding Author; Member, Department of Architectural Engineering of Hanyang University
E-mail : khkim92@kccworld.co.kr

^{*} Member, Department of Architectural Engineering of Hanyang University

[‡] Recommended by Editor Myung Jun Kim

© The Korean Society for Noise and Vibration Engineering

두께가 얇은 건식벽체의 개발이 건물의 고층화와 쾌적한 거주환경 제공이라는 측면에서 꼭 필요한 사항으로 지적되고 있다.

차음성능을 개선시키기 위한 종래의 개선대책은 사용되는 패널의 두께를 증가시키거나 중공층을 형성하고 그 사이에 석고보드를 추가 시공하는 공법이 주로 사용되고 있다. 그러나 이러한 개선대책은 콘크리트벽체에 비해 차음성능이 떨어질 뿐만 아니라 벽체의 두께가 증가하여 전용면적이 감소하는 단점이 있다.

이에 최근 각 건설사별로 여러 종류의 재료 및 시공방법을 적용한 석고보드 건식벽체의 설계 및 시공이 수행되고 있으며 다양한 제품 개발에 대한 필요성을 절감하고 있다⁽²⁾. 따라서 이 연구에서는 기존 건식벽체보다 우수한 차음성능을 가지면서도 공간효율성이 뛰어난 경량건식벽체 시공방법 개발에 초점을 맞추었으며 개발제품을 실제 현장에 적용하여 차음성능 개선량을 정량적으로 평가했다.

2. 관련 법규 및 기존 벽체 차음성능 현황

2.1 차음성능 관련 법규

(1) 콘크리트 벽체 차음등급

세대 간 경계벽이나 세대 내 칸막이벽은 건축법 시행령 제 53조 「경계벽 및 칸막이 벽의 구조」의 기준에 의해 소리를 차단하는데 장애가 되는 부분이 없도록 설치되어야 한다고 명시되어 있다. 대부분의 공동주택에 적용되고 있는 콘크리트 벽체는 동일한

두께의 다른 재료보다 공기전달음의 차단성이 우수하다. 이에 콘크리트 벽체의 경우 Table 1과 같이 벽체의 두께로서 성능을 평가하고 있으며 1급은 두께 250 mm 이상이며 30 mm에서 40 mm 간격으로 4급까지 등급을 구분하여 규제하고 있다.

(2) 건식벽체의 차음성능 법규

벽체의 구성 재료가 콘크리트 벽돌조인 경우는 벽체의 두께로 차음구조를 규정하고 있으며, 두께가 확보될 경우 차음성능이 인정된다고 평가되고 있다. 그러나 상대적으로 중량이 작은 건식벽체의 경우 벽의 두께가 아닌 사용재료나 설계기술로 인한 소음저감 수치 등으로 평가되고 있으며, 이에 따른 성능등급기준을 Table 2와 같이 규제하고 있다. 건식체는 벽의 두께에 상관없이 성능만을 규제하고 있다. 따라서 석고보드 구조체는 벽체를 구성하고 있는 부자재의 성능 개선을 통해서 얇은 두께로도 차음성능 법 기준을 만족할 수 있는 가능성이 열려있다고 볼 수 있다.

2.2 기존 건식벽체 차음성능 현황

Table 3은 한국건설기술연구원에서 차음인정을 획득한 주요 건식벽체 현황을 나타낸 것이다. 건식벽체의 성능비교 결과에서는 차음성능의 경우 두께에 비례하는 경우가 대부분이다. 차음성능 2등급 이상을 만족하고 있는 석고보드 구조체에서 나타나는 공통점은 높은 차음성능을 구현하기 위해 스테르를 2열 배치하는 더블 스테르 공법을 사용하고 있다는 점이다. 그러나 더블 스테르 공법은 스테르를 2열 배치하므로 자재비가 높고 공기가 길어지며, 벽두께의 증가로 인해 공용면적이 줄어드는 단점을 갖고 있다. 또한 경량콘크리트 패널을 이용한 건식벽체는 차음 1등급을 만족하기 위해서 200 mm 이상의 벽 두께를 필요로 하고 있다.

Table 1 Sound transmission standards of green house certification

Type	Grade	Criteria of grade
reinforced concrete / steel concrete	1st	· 250 mm ≤ T
	2nd	· 210 mm ≤ T < 250 mm
	3rd	· 180 mm ≤ T < 210 mm
	4th	· 150 mm ≤ T < 180 mm
plain concrete / concrete block / block, stone	1st	· 300 mm ≤ T
	2nd	· 260 mm ≤ T < 300 mm
	3rd	· 230 mm ≤ T < 260 mm
	4th	· 200 mm ≤ T < 230 mm
precast concrete panel	1st	· 220 mm ≤ T
	2nd	· 180 mm ≤ T < 220 mm
	3rd	· 150 mm ≤ T < 180 mm
	4th	· 120 mm ≤ T < 150 mm

※ 자료출처: 녹색건축인증제도

Table 2 Sound reduction index regulations of dry walls

Grade	Criteria of grade
1st	63 dB ≤ Rw + C
2nd	58 dB ≤ Rw + C < 63 dB
3rd	53 dB ≤ Rw + C < 58 dB
4th	48 dB ≤ Rw + C < 53dB

Table 3 Examples of dry walls which have certification since 2013

Production company	Product name	Thickness (mm)	Insulation ($R_w + C$)
KCC	DSA	180	1st (62)
KCC	DSA-S	190	2nd (56)
KCC	SH	195	1st (58)
KCC	19DIW-S	176	2nd (54)
Samjung	modal panel	More than 200	1st
Daehye	Styrocon panel		1st
Sungeun	ALC wall		3rd
Acepanel	ECOPANEL		1st

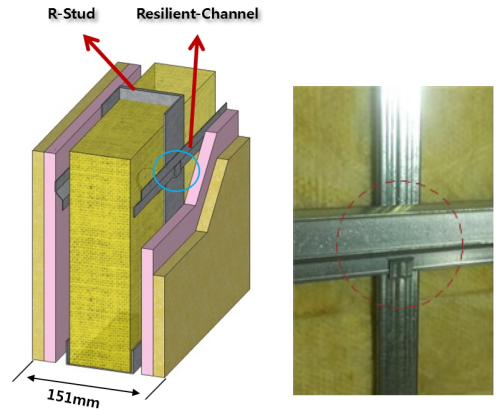


Fig. 1 Cross section of resilient channel dry wall

3. 고차음성능 신규 스테드 개발

3.1 개발 방향

기존 기술에 있어서 차음성능을 향상시키는 대표적인 방법은 벽체의 중량을 증가시키거나 두께를 늘리는 것이다. 즉, 석고보드 두께를 늘리고 내부 심재의 밀도를 증가시키며 스테드의 폭을 크게 하는 방법들이 주를 이루고 있었다. 그러나 이 연구에서는 종래의 접근 방법과 반대로 보다 얇고 가벼운 벽체로 높은 차음성능을 확보하는 것으로 개발방향을 설정했다. 석고보드를 추가 시공하거나 중공층을 증가시킬 경우 벽 두께가 증가하므로 스테드를 통해서 진동이 전달되는 것을 최소화하기 위한 부자재를 활용하는 것으로 정하였다.

3.2 탄성채널 및 전용 스테드 개발

탄성채널은 석고보드와 스테드 사이에 시공되는 부자재로 석고보드와 스테드 사이를 12.5mm 이격시켜 진동전달을 최소화 하는 것을 가능케 한다. 또한 탄성채널 자체에 탄성을 확보할 수 있도록 설계하여 석고보드 표면에 전달된 진동이 반대편 석고보드로 전달되는 것을 줄이는 역할을 한다. R-스테드는 탄성채널의 시공성을 개선하기 위해 기존 C-스테드의 측부에 연결클립을 일정간격으로 타공한 부자재다.

연결클립이 없다면 탄성채널과 스테드를 나사못으로 체결해야하지만 일정 간격으로 연결클립이 형성되어 탄성채널을 빠른 속도로 체결할 수 있다. 이와 같이 탄성채널과 R-스테드로 구성되는 벽체는 기존

벽체와 달리 스테드를 2열 배치할 필요가 없다. 따라서 벽체의 총 두께가 39mm 줄어들지만 고차음 성능을 구현할 수 있는 벽체를 기대할 수 있다.

3.3 탄성채널의 차음성능 개선원리

석고보드 건식벽체에서 발생하는 진동의 일반적인 전달은 다음과 같은 식 (1)에 의해 정의할 수 있다.

$$T = \sqrt{\frac{1 + 4D^2 \left(\frac{f}{f_0}\right)^2}{\left[1 - \left(\frac{f}{f_0}\right)^2\right]^2 + 4D^2 \left(\frac{f}{f_0}\right)^2}} \quad (1)$$

T 는 전달율이며 D 는 damping ratio, f 는 frequency, f_0 는 resonance frequency다.

여기에서, 중공층을 갖고 있는 두 개의 판재로 구성된 벽체는 공기의 강성과 마감판재의 질량에 의해 결정되는 mass-air-mass resonance를 갖게 되며 식 (2)와 같다.

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{s}{m}} \quad (2)$$

s 는 단위면적당 강성이며 m 은 단위면적당 질량이며, 두께 d 를 갖는 중공층의 s 는

$$s = \frac{\rho_0 c^2}{d} \quad (3)$$

여기서 ρ_0 는 공기의 밀도이고 c 는 음속이다. 그러나 탄성채널이 시공되면 공기의 강성 외에 탄성채널의

강성 값이 추가되어야 하는데, 이것을 계산하기 위해 Bradley, et al⁽³⁾는 다음과 같은 식을 제안했다. 기존 구조에서 두께 d 를 갖는 공기층의 강성을 s 라 할 때 탄성채널에 의한 벽체의 강성 변화를 공기층이 증가하는 것으로 가정했다. 따라서 식 (3)은 식 (4)와 같이 계산되며,

$$s = s_1 + s_2 = \rho_0 c^2 \left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right) \quad (4)$$

여기서 d_1 은 실제 공기층의 두께이며 d_2 은 탄성채널의 강성 변화를 공기층의 증가로 환산한 값이다. 따라서 탄성채널 벽체의 공진주파수를 f_R 은 식 (5)와 같다.

$$f_R = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\rho_0 c^2 \left(\frac{d_1 + d_2}{d_1 d_2} \right) \left(\frac{m_1 + m_2}{m_1 m_2} \right)} \text{ Hz} \quad (5)$$

여기서 벽체의 f_R 값을 실측을 통해서 측정한 후 역 환산하면 탄성채널에 의해 변화된 강성값을 환산할 수 있게 된다. 따라서 탄성채널을 시공하게 될 경우 전체 강성 값이 작아지게 되며 벽체의 공진주파수는 100 Hz 보다 낮은 주파수로 이동하여 저주파 대역의 차음능이 개선된다.

4. 고차음성능 신규 스테드 개발

4.1 차음성능 개선량 평가(실험실)

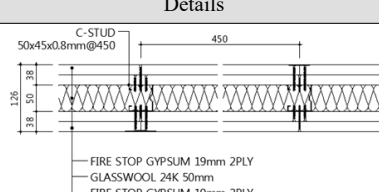
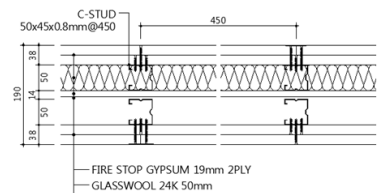
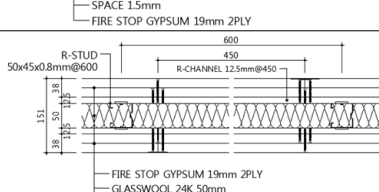
(1) 공기전달음 차단성능 평가

차음성능 평가는 (주)케이씨씨 음향시험동에 위치한 잔향실에서 실시하였다.

측정방법은 KS F 2808(2001) [건물부재의 공기 전달음 차단성능 실험실 측정방법]⁽⁴⁾에 준하여 실시하였다. 실험대상구조는 Table 4와 같이 구성하여 싱글스테드 공법과 더블스테드 공법과의 차음성능을 비교분석했다.

차음성능 평가 결과 탄성채널구조의 차음성능 개선량은 싱글 스테드 구조와 더블 스테드 구조에 비해 각각 17 dB, 5 dB 개선되는 것으로 나타났다. 싱글 스테드 구조에 비해서는 전체 주파수 대역에 걸쳐서 차음성능이 개선되었으나 더블 스테드 구조에 비해서는 저주파 영역(100 Hz ~ 400 Hz)에서만 개선되는 것을 볼 수 있다. 더블 스테드 구조는 10 mm

Table 4 specification of dry walls

Type	Details
Single stud (DIG)	 <ul style="list-style-type: none"> FIRE STOP GYPSUM 19mm 2PLY GLASSWOOL 24K 50mm FIRE STOP GYPSUM 19mm 2PLY
Double stud (DSA-S)	 <ul style="list-style-type: none"> FIRE STOP GYPSUM 19mm 2PLY GLASSWOOL 24K 50mm SOUND STOP GYPSUM 12.5mm 1PLY SPACE 1.5mm FIRE STOP GYPSUM 19mm 2PLY
Resilient channel (DIG-R)	 <ul style="list-style-type: none"> FIRE STOP GYPSUM 19mm 2PLY GLASSWOOL 24K 50mm FIRE STOP GYPSUM 19mm 2PLY

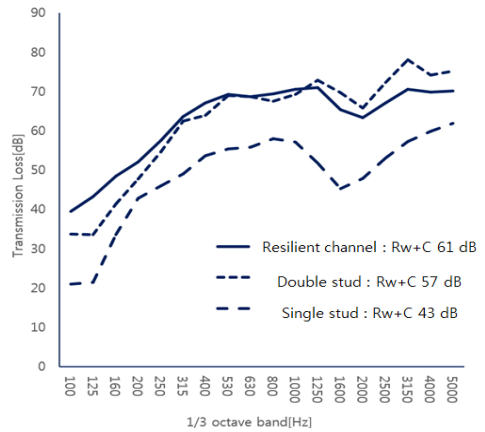


Fig. 2 Sound reduction index of dry walls(improvement of sound reduction when using resilient channel)

공기층을 두고 스테드를 2열 배치하여 진동 전달이 최소화 된 상태로 석고보드와 스테드가 이격 시공되는 것에 의한 차음성능 개선이 뚜렷하게 나타나지 않았기 때문이다. 그러나 탄성채널이 시공됨에 따라 전체적인 강성이 낮아지게 된다. 따라서 중공이중벽의 차음 특성 중 저주파 대역은 강성체어영역에 해당하므로 탄성채널의 강성에 의해 100 Hz ~ 400 Hz

대역의 차음성능이 효과적으로 개선되고 있는 것으로 분석되었다.

(2) 구조체의 공진주파수 측정

탄성채널에 의해 125 Hz 대역에서 차음성능이 개선되는 원인을 보다 면밀히 분석하기 위해 다음과 같은 실험을 진행했다.

실험대상 벽체의 양쪽 면에 진동센서를 부착하고 무지향성 스피커에서 소음을 발생시킨 후 벽체표면에서 발생하는 진동을 음원실과 수음실 양쪽에서 동시에 측정했다. 측정에 사용된 장비는 Table 5의 장비를 이용했으며 그 결과는 Fig. 4와 같다.

중공층을 갖고 있는 일반적인 건식벽체에서는 석고보드의 두께에 따라 다소 차이가 발생하지만 약 125 Hz대역을 중심으로 저주파 공진에 의한 차음성능 감소효과가 발생한다⁽⁵⁾. 그러나 Fig. 4에서 나타난 바와 같이 탄성채널을 적용한 벽체에서는 저주파 공진현상이 80 Hz ~ 110 Hz 대역으로 이동한 것을 볼

수 있다. 이는 앞서 설명한 바와 같이 공기의 강성보다 더 낮은 강성을 갖는 탄성채널에 의해 공진현상이 110 Hz를 기준으로 더 낮은 주파수 영역에서 발생하는 것으로 분석된다. 따라서 KS나 ISO의 차음성능 평가 대상이 100 Hz ~ 3150 Hz임을 고려할 때 저주파 공진현상을 평가대상 영역 밖으로 이동시켜 효과적으로 차음성능을 개선시키고 있다고 할 수 있다.

4.2 현장 차음성능 개선량 평가

개발 벽체의 현장 차음성능을 평가하기 위해 동일한 평면을 갖고 있는 기숙사 건물에 실제 시공을 한 후 현장 차음성능을 평가했다.

해당 기숙사 건물의 전체 벽체를 탄성채널 구조로 시공하고, 차음성능 평가를 비교분석하기 위해 521호와 522호의 경계벽에는 기존의 더블스터드 구조를 시공했으며 A(DSA-S)로 표시했다. 동일한 조건에서 성능 비교를 하기 위해 평면의 형태가 동일한 523호와 524호의 경계벽에 시공되어 있는 탄성채널 구조의 차음성능을 비교분석했다. 차음성능 평가 방법은 KS F 2809 [공기 전달음 차단성능 현장측정방법]⁽⁶⁾

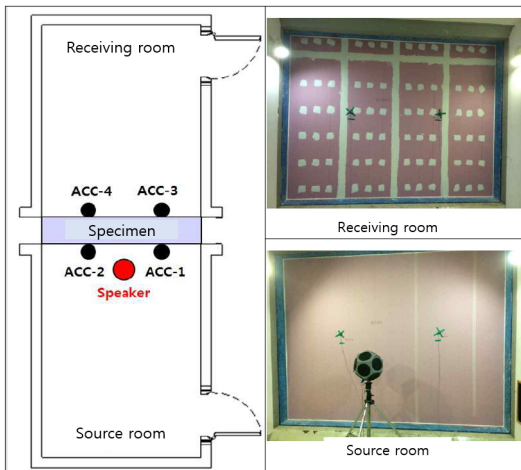


Fig. 3 Measurement set up of acceleration of both side of dry wall

Table 5 Measurement equipments

Type	Measurement equipment	Company
Accelerometer	KD41V	MMF
Analyzer	NETdB DAQ-12	01dB
Analyzing software	dBFA suite for NetdB	01dB
Etc	Speaker, amplifier, computer	-

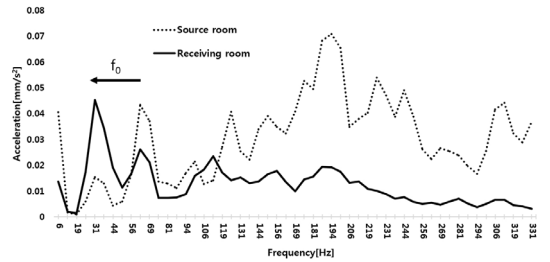


Fig. 4 Test result of acceleration at both side of wall (source room vs receiving room)

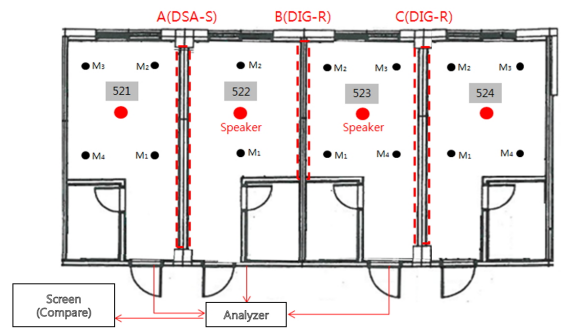


Fig. 5 Measurement set up of sound reduction index at field (KCC dormitory building)

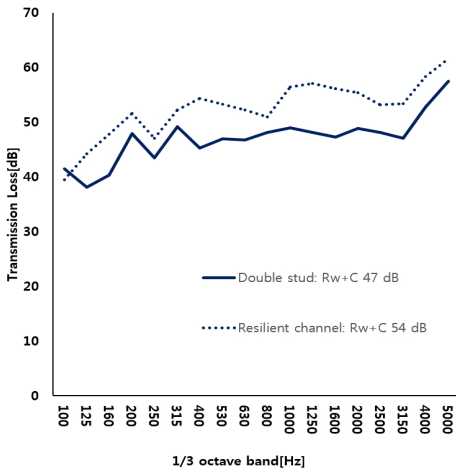


Fig. 6 Test results of sound reduction index of resilient channel wall and double stud wall

에 의해 진행했으며 평가 결과는 Fig. 6과 같다.

차음성능 평가 결과 더블 스티드에 비하여 차음성능이 7 dB 개선되었다. 이는 실험실에서 평가 했던 차음성능 개선량 보다 2 dB 높게 측정된 결과이며 특징적인 것은 앞서 언급한 바와 같이 저주파 영역에서 차음성능이 개선됐을 뿐만 아니라 고주파 영역에서도 차음성능이 개선되는 것으로 나타났다. 또한 차음성능 개선뿐만 아니라 벽 두께도 39 mm 얇아졌기 때문에 기숙사 내부 공간을 더 넓게 사용할 수 있는 장점도 갖고 있다.

5. 결 론

이 연구에서는 중공층을 갖고 있는 건식벽체에서 나타나는 저주파 공진현상을 제어하여 차음성능을 개선하기 위해 탄성채널과 독성적인 스티드(R-스티드)를 적용한 석고보드 벽체 시스템을 개발하고 실제 현장에 적용하여 실험실 및 현장에서 측정된 차음성능 개선량을 비교 분석했다.

그 결과 석고보드 벽체의 공진주파수가 저주파로 이동하여 차음성능이 개선되었으며 탄성채널을 싱글 스티드 구조에 적용할 때, R_w+C 17 dB 개선됐으며, 이는 더블 스티드 방식을 채택하는 건식벽체의 차음성능보다 R_w+C 5 dB 높은 값이며 두께 200 mm의 콘크리트 벽체의 차음성능과 동등한 수준이다. 또한 실제 현장에 적용했을 때도 기존에 많이 사용되는

구조체인 더블 스티드 공법의 건식벽체보다 차음성능이 R_w+C 7 dB 우수한 것으로 나타났다. 따라서 이와 같은 방식의 차음성능 개선대책은 벽 두께가 줄어들며 단가절감도 가능하고, 더불어 건물의 경량화도 이를 수 있어, 무량관 구조나 철골 구조 건축물이 증가하는 미래 건축의 추세를 볼 때 향후 널리 활용될 것으로 예상된다.

References

- (1) Kim, S. W., Lee, T. G. and Song, M. J., 1998, An Experimental study on the Sound Insulation Characteristics of Heavyweight Walls, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering Vol 8. No. 6, pp. 1079~1085.
- (2) Lee, S. C. and Jeon, J. Y., 2014, Effect of Stud for Plasterboard Partition on Sound Insulation Performance and Vibration Mode Shape, Journal of Korean Society for Living Environment, Vol. 21, No. 1, pp. 71~76.
- (3) Bradley, J. S. and Birta, J. A., 2001, A Simple Model of the Sound Insulation of Gypsum Board on Resilient Supports, Journal of Noise Control Engineering, Vol. 49, No. 5, pp. 216~223.
- (4) KS F 2808 : 2001, Measurement of Sound Insulation of Elements - Laboratory Test Facilities.
- (5) Jeong, G. C. and Jeong, J. Y., 2007, A Study on the Acoustic Characteristic of the Light Weight Concrete Panel Using Bottom Ash, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 17. No. 2, pp. 149~154.
- (6) KS F 2809 : 2001, Field Measurement of Airborne Sound Insulation of Building.



Kyung Ho Kim received M.S. degree from department of Hanyang University in 2003. He is a Ph.D. candidate in same university. He has worked for the KCC Central Research Center from 2004 to 2016 now. His research topic include sound reduction, sound absorption measurement, floor impact noise and so on.