



경량충격음 차단성능 평가지표 및 주파수 대역별 상관성 분석

Correlation Analysis of the Evaluation Index of Lightweight Impact Sound Insulation and Frequency Bands

김 경 우[†] · 신 혜 경^{*}
Kyoung-woo Kim[†] and Hye-kyung Shin^{*}

(Received July 24, 2019 ; Revised September 18, 2019 ; Accepted September 18, 2019)

Key Words : Lightweight Impact Sound(경량충격음), Insulation Performance Index(차단성능 지표), Correlation(상관성), Single Number Quantity(단일수치 평가량)

ABSTRACT

The evaluation indexes of lightweight impact sounds are given by the inverse-A and L indexes and ISO ($L'_{n,AW}$). Based on the measurement results separated by 120 mm and 210 mm slab conditions, the correlation between the indicators was analyzed. The coefficient of determination for the 120 mm slab conditions ranged from 0.9148 to 0.9794, while that of the 210 mm slab conditions was from 0.7045 to 0.8955. In relation to the indicators and frequencies, the frequencies with the highest correlation coefficients were 125 Hz and 250 Hz in the five frequency domains. The accumulation of a lot of data is required so that conversion between the indicators can also be possible.

1. 서 론

국내 주택유형 중에서 공동주택이 단독주택에 비해 월등히 높기 때문에 공동주택 거주자들은 바닥충격음과 같은 소음 불편에 노출된다. 바닥충격음은 경량충격음 및 중량충격음으로 구분된다. 바닥충격음 차단성능 평가를 위해서 표준충격원이 사용되는데, 경량충격원은 tapping machine이 사용되며 중량충격원은 bang machine과 rubber ball을 사용한다. 국내와 일본 만이 bang machine을 중량충격음 성능평가에 적용하고 있다. 중량충격음과 달리 경량충격음은 국제적으로 모든 국가에서 사용하고 있지만 국가별로 평가지표는 차이를 보인다.

경량충격음은 수습실 공간특성에 영향을 받기 때

문에 잔향시간(T_0)이나 흡음력(A_0)을 보정한 표준화레벨 및 규준화레벨을 사용하기도 한다. 잔향시간 측정 방법에 따라 규준화 바닥충격음 레벨이 영향을 받는다고 알려져 있다⁽¹⁾. 흡음력과 잔향시간을 보정하는 방법에서 각 보정치가 거실이나 침실의 조건에 따라 다르게 나타남을 분석한 연구도 있다⁽²⁾. 경량충격음은 보정하는 방법에 따라 다른 결과를 보일 수 있다. 경량충격음 평가지표는 국내는 역A특성 곡선을 사용한 규준화 충격음레벨을 단일수치평가량($L'_{n,AW}$)으로 평가하며, 일본도 품질확보촉진법의 성능등급 기준에서 규준화 충격음레벨을 도입하고 있다. 그러나 유럽의 상당수 국가는 규준화 레벨을 대신하여 표준화 충격음레벨을 지표로 도입하고 있다⁽³⁾.

이 연구는 국내, 일본, 국제(ISO)표준에서 정하고 있는 경량충격음 차단성능 평가지표를 살펴보고, 경

[†] Corresponding Author ; Member, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology
E-mail : kwmj@kict.re.kr

^{*} Member, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

[‡] Recommended by Editor Jong Kwan Ryu

© The Korean Society for Noise and Vibration Engineering

량충격음레벨 측정결과를 바탕으로 각 지표들 간의 주파수 대역별 상관성을 분석하여 향후 효과적인 평가지표를 만드는 기초 데이터를 제공하고자 한다.

2. 평가지표

2.1 국내

Fig. 1은 국내에서 바닥충격음 단일수치 평가량 계산을 위해 사용되는 역A특성 기준곡선이다. 측정된 주파수별 경량충격음레벨이 기준곡선을 상회하는 값의 총합이 10 dB 을 초과하지 않는 범위까지 곡선을 낮추어 500 Hz 값을 단일수치로 사용한다. 경량충격음 차단성능 평가지표는 수음실 공간의 흡음력을 보정한 표준화 바닥충격음레벨을 등급의 수치로 사용하며, $L'_{n,AW}$ 의 기호를 사용한다.

2.2 일본

Fig. 2는 일본 JIS A 1419-2⁽⁴⁾ 부속서1에서 규정하고 있는 바닥충격음 차단성능의 등급곡선을 나타낸다. 등급곡선은 5 dB 간격으로 등급을 부여하며, 측정치가 등급곡선에 가장 가까운 등급으로 평가된다. 각 주파수 영역에서 최대 2 dB을 상향할 수 있도록 허용하고 있다. 일본 규격의 부속서3은 국내 역A특성 곡선을 이용한 평가방법을 포함하고 있다. 일본주택성능표시 제도에는 표준화 바닥충격음레벨로 성능등급을 1등급 ~ 5등급으로 구분하고 있다. 국내와 같이 표준화 바닥충격음레벨을 사용하며, 역A특성 기준곡선과 L등급 곡선은 동일한 기울기의 곡선을 적용하고 있다.

2.3 국제표준

Fig. 3은 ISO 717-2⁽⁵⁾에서 사용하는 1/1 옥타브밴드의 기준곡선을 나타낸다. 국내와 일본 모두 ISO 표준을 부합화 하여 동일한 기준곡선이 표준에 포함되어 있다. 1/1 옥타브밴드 및 1/3 옥타브밴드 기준곡선과, 표준화레벨 및 표준화레벨의 보정방법을 포함하고 있다. 1/1 옥타브밴드 결과로 평가 시에는 산출된 평가량에서 -5 dB 한 값을 사용하도록 하고 있다.

ISO/AWI TS 19488⁽⁶⁾은 음향관련 성능등급 구분을 A~F로 구분하여 나타내고 있으며, 바닥충격음(경량)은 국내와 일본의 표준화 레벨이 아닌 가중 표준화 레벨($L'_{n,T,w}$)을 사용하고 있다. 최저 성능등급인 F 등급은 66 dB로 정하고 있다.

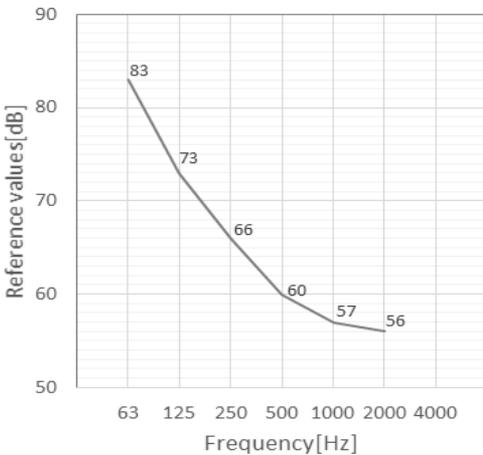


Fig. 1 Inverse-A characteristic reference curve

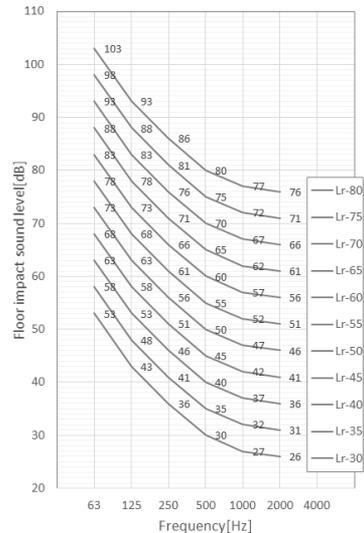


Fig. 2 Frequency characteristics and ratings (rating curves), octave bands

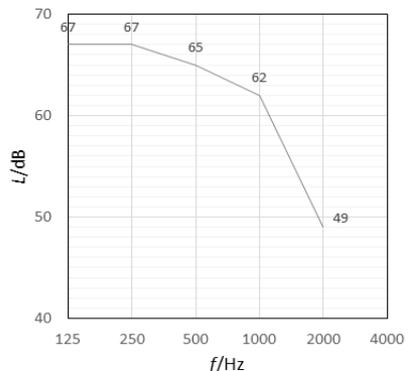


Fig. 3 Curve of reference values for impact sound, octave bands

3. 분석방법

경량충격을 차단성능을 평가하는 지표는 국내, 일본, 국제표준 모두 상이하다. 각 지표간의 상관성을 분석하기 위하여 바닥슬래브 두께를 기준으로 측정결과를 구분하여 분석하였다. 슬래브 두께가 얇은 기존 공동주택과 슬래브 두께 210 mm가 적용된 신규 공동주택 2개 그룹으로 구분하였으며, 기존 공동주택은 슬래브 두께가 120 mm 내외였다. 기존 공동주택 측정결과 20개 데이터와 신규 공동주택 31개 결과를 토대로 3가지 지표간의 상관성을 분석하였다. 분석된 데이터는 측정 현장과 평형이 다른 결과가 포함되어 있다. 210 mm 신규 공동주택은 모두 EPS나 EVA 재료의 완충재가 적용되었으며, 최종마감재는 온돌마루였다. 120 mm 기존 공동주택은 내부 바닥구조 조건을 정확히 알 수 없는 상황이었으며, 표면 마감재로 틸류가 일부 세대에 적용된 조건이었다.

3가지 평가지표는 국내의 역A특성 곡선을 이용한 단일수치 평가량과 일본의 L등급, ISO의 가중 표준화레벨($L'_{nT,w}$)을 사용하였다. 동일한 측정결과를 규준화 및 표준화로 보정한 후에 1/1 옥타브밴드 레벨로 각각 단일수치 평가량을 산출하였다. 일본의 L 등급은 5 dB 간격이 아닌 1 dB 간격으로 L 지수를 산출하였다.

4. 결과 및 분석

4.1 단일수치 평가량 상관성 분석(슬래브 두께 : 120 mm)

Figs. 4~6은 슬래브 두께 120 mm 조건에서 3가지 평가지표 간의 상관성을 분석한 결과이다. Fig. 4는 역A 평가와 L 지수간의 상관성 결과로서 결정계수가 0.9794로 2개 지표간의 상관성이 높음을 알 수 있었다. 역A 평가량은 48 dB~66 dB 범위이며, L 평가량은 53 dB~57 dB 범위로 L 지수 평가량이 역A 평가량 보다 대략 5 dB 높은 평가결과를 보이고 있었다. Fig. 5는 역A 평가와 ISO 평가의 상관성 분석결과이다. 결정계수는 Fig. 4에 결과에 비하여 다소 낮은 0.9396을 보이고 있으며, ISO 평가량은 49 dB~64 dB 범위였다.

ISO 평가량과 L 지수 평가과의 상관성은 Fig. 6과 같으며, 다른 지표와 유사한 특성을 보이고 있다. Fig. 4와 같이 L 지수 평가량이 ISO 평가량보다 더

높은 수치를 보이고 있으나, 평가량 레벨이 증가할수록 그 차이는 커지는 것으로 나타났다.

Figs. 4~6의 순서로 결정계수 낮아지고 추세선의 기울기가 완만해지는 것으로 분석되었다. 그러나 결정계수 0.9 이상의 양호한 상관성을 보였다. 바닥충격음 단일수치 평가량과의 상관성을 분석한 연구⁽⁷⁾의 결과에서도 경량충격음에 대한 각 평가량 간의 결정계수가 0.9 이상으로 높게 나타남을 알 수 있다.

동일한 기울기의 평가곡선을 사용하기 때문에 역A와 L지수 간의 상관성은 다른 평가량보다 더 높은 것을 알 수 있으며, 3가지 평가량의 표준편차는 역A 5.4, L 지수 6.1, ISO 4.0으로 분석되어 표준편차는 L 지수 평가량이 가장 높게 나타났다.

4.2 단일수치 평가량 상관성 분석(슬래브 두께 : 210 mm)

Figs. 7~9는 슬래브 두께 210 mm 조건일 때 상관성 분석결과이다. 역A 특성곡선의 평가량은 36 dB~51 dB, L 지수 40 dB~55 dB, ISO 평가량 36 dB~51 dB의 분포를 보였다. 측정결과와 표준편차는 역A, L지수, ISO 각각 3.6, 3.4, 3.9로 나타나서 120 mm 결과에 비하여 210 mm 조건에서 표준편차가 더 작은 것으로 분석되었다. 210 mm 조건은 측정결과 모두에 완충재와 최종마감으로 온돌마루가 적용된 바닥구조이기 때문에 경량충격음 편차발생이 상대적으로 더 적은 것으로 판단된다.

측정결과는 120 mm 조건에 비하여 전반적으로 성능이 개선되었음을 알 수 있으며, 각 지표 간의 결정계수는 오히려 낮아진 것으로 분석되었다. 각 지표간이 대응이 양호하지 못하며, 동일한 측정결과라도 평가방법에 따른 차이발생이 더 큰 것으로 나타났다.

Fig. 7 및 Fig. 8과 같이 동일한 역A 단일수치 평가량일지라도 다른 지표로 평가하게 되면 변동폭이 발생하였으며, 변동폭은 L지수보다는 ISO 평가량에서 더 크게 나타났다. L지수와 ISO 평가량의 변동폭도 유사한 수준으로 나타났다.

4.3 단일수치 평가량과 표준화레벨 주파수별 상관성 분석

Figs. 10~12는 각 지표와 표준화충격음 레벨의 주파수별 추세선과 결정계수를 나타낸다. 국내와 일본은 동일 기울기의 곡선으로 규준화 충격음레벨을 사

용하고 있기 때문에 규준화가 아닌 표준화충격음레벨을 적용하는 ISO 충격음레벨과 비교하였다. 125 Hz에서 산포도가 크며, 회귀식에 의한 결정계수가 상당히 낮은 것을 알 수 있다. 슬래브 두께 조건에 따른 차이는 크지 않았다.

125 Hz 보다 250 Hz의 결정계수가 더 높은 값을 보였으며, 슬래브 두께 조건 변화에 따라서도 같은

경향을 보였다. 125 Hz에서 슬래브 두께 조건이 증가됨에 따라 표준화충격음레벨이 낮아졌으며, 250 Hz에서는 낮아지는 폭이 더 크게 나타났다. 신규 공동주택에 EPS나 EVA와 같은 완충재가 적용된 바닥구조이기 때문에 주파수가 증가할수록 경량충격음레벨이 낮아지는 일반적인 특징에 기인한 것으로 판단된다. 완충재 적용은 중·고주파 대역의 저감효과가 크기 때

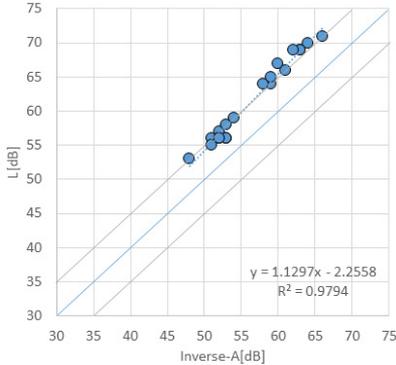


Fig. 4 Correlation between inverse-A and L (slab:120 mm)

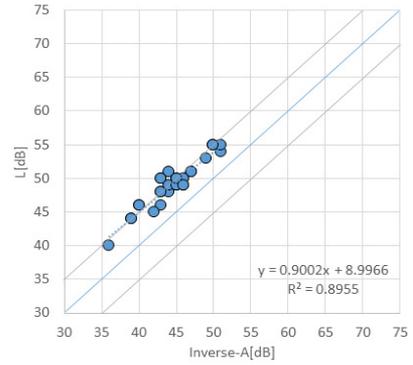


Fig. 7 Correlation between inverse- A and L (slab:120 mm)

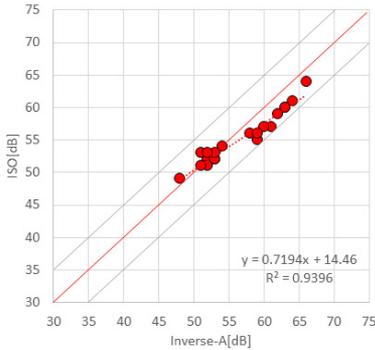


Fig. 5 Correlation between inverse-A and ISO (slab: 120 mm)

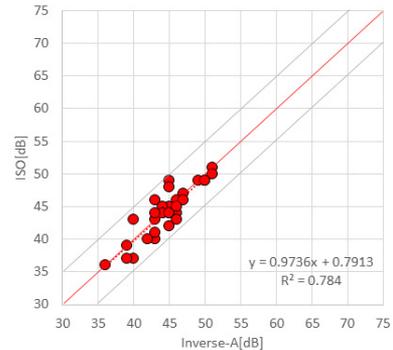


Fig. 8 Correlation between inverse-A and ISO (slab: 210 mm)

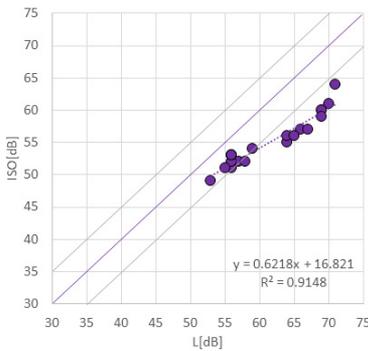


Fig. 6 Correlation between L and ISO (slab:120 mm)

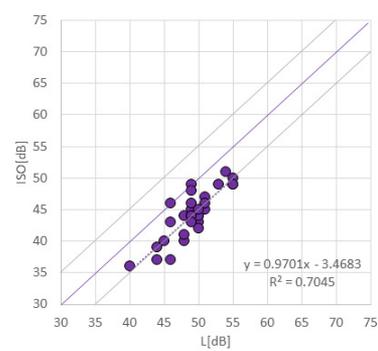
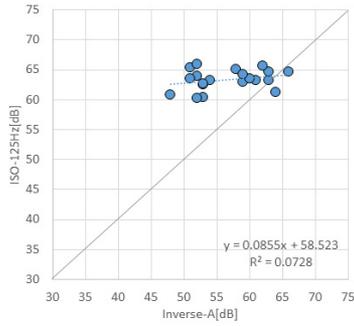
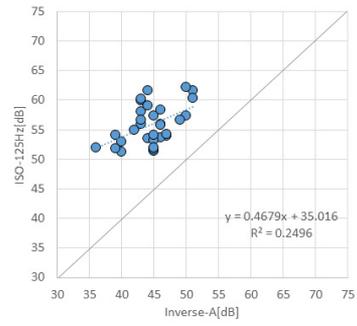


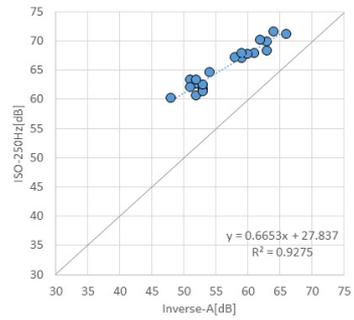
Fig. 9 Correlation between L and ISO (slab:210 mm)



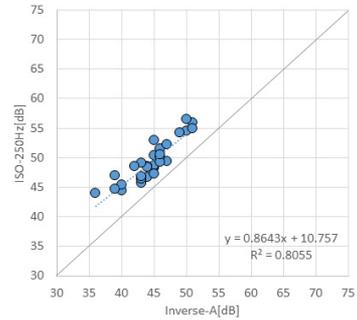
(a) 125 Hz (slab:120 mm)



(b) 125 Hz (slab:210 mm)

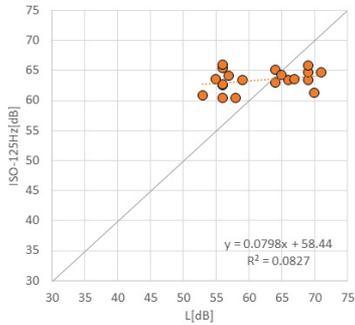


(c) 250 Hz (slab:120 mm)

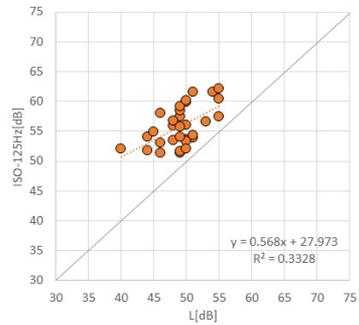


(d) 250 Hz (slab:210 mm)

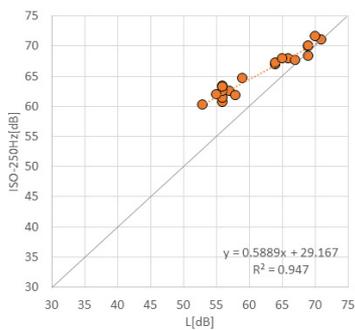
Fig. 10 Correlation between Inverse-A and frequency



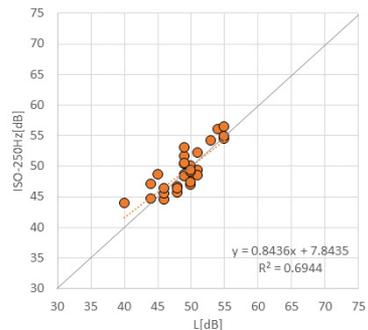
(a) 125 Hz (slab:120 mm)



(b) 125 Hz (slab:210 mm)

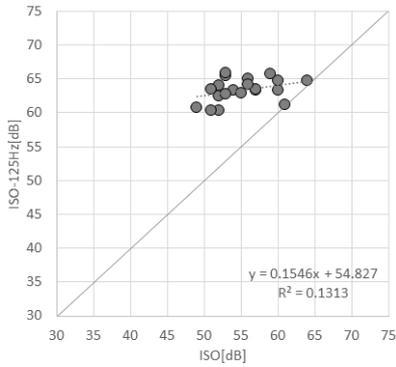


(c) 250 Hz (slab:120 mm)

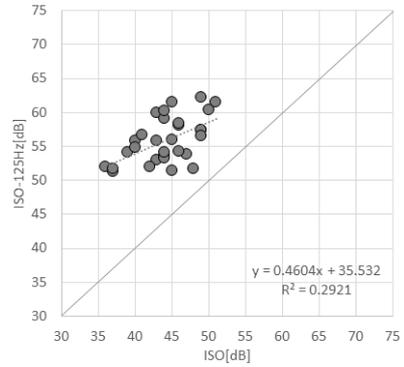


(d) 250 Hz (slab:210 mm)

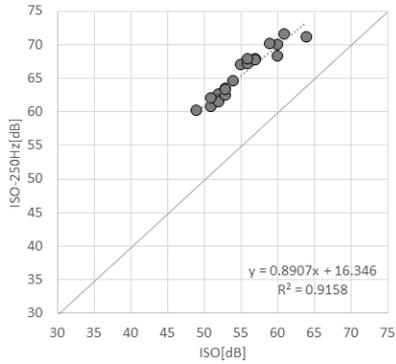
Fig. 11 Correlation between L and frequency



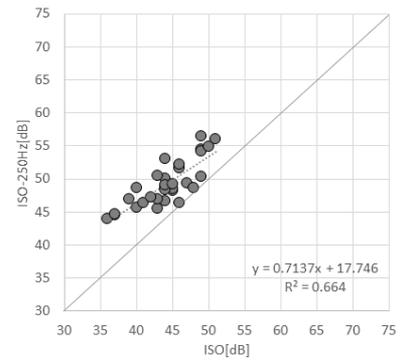
(a) 125 Hz (slab:120 mm)



(b) 125 Hz (slab:210 mm)



(c) 250 Hz (slab:120 mm)



(d) 250 Hz (slab:210 mm)

Fig. 12 Correlation between ISO and frequency

Table 1 Correlation coefficient between SNQs and frequency ($L'_{nT,w}$) (slab thickness : 120 mm)

	Inverse-A	L index	ISO	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz
Inverse-A	1							
L index	0.99	1						
ISO	0.97	0.96	1					
125 Hz	0.27	0.29	0.36	1				
250 Hz	0.96	0.97	0.96	0.38	1			
500 Hz	0.98	0.99	0.95	0.30	0.96	1		
1 kHz	0.89	0.84	0.85	0.04	0.78	0.86	1	
2 kHz	0.70	0.64	0.72	-0.06	0.57	0.65	0.91	1

Table 2 Correlation coefficient between SNQs and frequency ($L'_{nT,w}$) (slab thickness : 210 mm)

	Inverse-A	L index	ISO	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz
Inverse-A	1							
L index	0.95	1						
ISO	0.89	0.84	1					
125 Hz	0.50	0.58	0.54	1				
250 Hz	0.90	0.83	0.81	0.55	1			
500 Hz	0.80	0.68	0.74	0.13	0.75	1		
1 kHz	0.82	0.67	0.81	0.13	0.72	0.94	1	
2 kHz	0.77	0.64	0.85	0.07	0.65	0.86	0.93	1

문이다. 표준화충격음레벨은 국제표준의 음향등급에서 사용되는 지표이기 때문에 국내 지표와의 상관성 분석을 통하여 국외 자료의 활용도가 증가될 수 있을 것으로 판단된다.

Table 1과 Table 2는 3가지 평가지표와 주파수별 표준화 충격음레벨과의 상관계수를 분석한 결과이다. 슬래브가 210 mm인 조건의 상관계수가 120 mm에 비하여 대부분 비교 대상에서 낮아지는 것으로 나타났다. 250 Hz와 500 Hz의 표준화충격음 레벨이 다른 주파수에 비하여 더 높은 상관계수를 보였으며, 3가지 지표 모두 0.95 이상으로 분석되었다. 평가량 산출에서 다른 주파수에 비하여 250 Hz와 500 Hz의 영향을 더 많이 받고 있음을 알 수 있다. 역A 단일수치 평가량은 210 mm 슬래브 조건에서 다른 지표들 보다 250 Hz, 500 Hz, 1 kHz에서 상관계수가 더 높은 것으로 나타났다.

5. 결 론

경량충격음을 평가하는 3가지 지표를 대상으로 지표들 간의 상관성을 분석하였다.

120 mm 슬래브 조건에 비하여 210 mm 슬래브 조건의 각 지표별 평가치는 다소 향상되었으나 각 지표들 간의 결정계수가 210 mm 슬래브 조건이 더 낮은 것으로 분석되었다. 120 mm 슬래브 조건의 결정계수는 0.9148 ~ 0.9794이며, 210 mm 슬래브 조건은 0.7045 ~ 0.8955로 분석되었다. 주파수와 지표간의 상관계수는 120 mm 슬래브 조건에서 5개 주파수 중에서 250 Hz와 500 Hz에서 가장 높게 나타났으며, 210 mm 조건에서는 250 Hz ~ 1 kHz에서 결정계수가 높았다.

이 연구는 제한된 데이터를 사용한 분석결과로서 향후 바닥충격음 평가의 지표간 환산이 가능할 수 있도록 보다 다양한 조건의 데이터 축적이 필요하다고 판단되며, 성능지표와 심리적 반응과의 관계를 파악하는 것도 중요하다고 생각한다.

후 기

이 연구는 국토교통부 주거환경연구사업의 연구비 지원(19RERP-B082204-06)에 의해 수행되었습니다.

References

- (1) Lee, J. W. and Kwon, Y. P., 2006, Effect of the

Measuring Method of Reverberation Time Using Impulse Response Method on the Normalized Impact Sound Pressure Level, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 16, No. 1, pp. 34-39.

(2) Park, C. Y., Hong, G. P., Kim, S. H. and Jang, D. W., 2007, Analysis of the Reverberation Time in the Normalized Impact Sound Pressure Level, Proceedings of the KSNVE Annual Spring Conference, pp. 922-925.

(3) COST Action TU0901, 2014, Building Acoustics Throughout Europe : Towards a Common Framework in Building Acoustics Throughout Europe, Vol. 1, p. 40.

(4) JIS A 1419-2, 2000, Acoustics-Rating of Sound Insulation in Buildings and of Building Elements -Part 2: Floor Impact Sound Insulation.

(5) ISO 717-2, 2013, Acoustics-Rating of Sound Insulation in Buildings and of Building Elements -Part 2: Impact Sound Insulation.

(6) ISO/AWI TS 19488, 2019, Acoustics-Acoustic Classification of Dwellings.

(7) Kim, H. S., Kim, M. J. and Kim, H. G., 2002, Correlation of Single-Number Ratings for Sound Insulation by Floor Impact, Proceedings of the KSNVE Annual Spring Conference, pp. 791-723.



Kyoung-woo Kim received Ph.D. in architecture engineering from Hanyang university in 2009. He is working at KICT (Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology) as a Research Fellow. His research interests are floor impact sound, vibration, insulation and absorption in architecture environment.



Hye-kyung Shin is Research Specialist at KICT(Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology). She received the M.S. degree in Dept. of architectural engineering from University of Seoul in 2015. Her research interests are architectural acoustic and environmental noise.