

체육관 마루 바닥에 대한 소음진동 평가

Noise and vibration evaluation for sports halls floor

윤제원† · 이성일* · 한희갑** · 이상준**

Je-Won Yoon, Sung-Il Lee, Hee-Kab Han, Sang-Jun Lee

1. 서 론

체육관 상하부층에 운동시설이 있는 경우 하부층에는 상부층에서 발생하는 충격진동에 의한 고체전달음과 바닥구조를 투과하여 발생하는 공기전달음이 합성되어 전파된다. 이 중 고체전달음이 문제가 될 우려가 있는 곳에는 방진고무를 적용한 마루 바닥을 적용하는 동시에, 추가적으로 마루 하부와 바닥슬라브 사이에 흡음재를 설치하기도 한다. 본 연구에서는 체육관 바닥에 설치되는 마루 바닥에 대한 소음진동발생 및 전파특성 분석과 함께 다양한 하중원에 의한 수음실에서의 소음영향평가를 수행하였다.

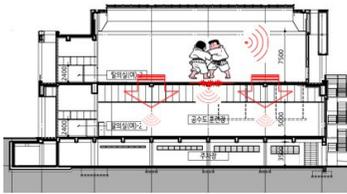


Fig. 1 Propagation path of noise and vibration

2. 본 론

2.1 체육관 마루의 국제기준

국제경기에 사용하는 체육관 마루는 DIN 18032 또는 EN 14904에서 제시하는 성능기준을 만족해야 한다. 국내에서도 국민체육진흥공단에서 마루에 대한 성능시험을 수행하고 있는데, 각각의 시험항목에 대한 합격기준을 Table 1에 정리하였다. 참고로, 본 연구에서 검토한 마루 바닥은 (단풍나무(22T)+합판(12T)+장선목+방진마운트)로 구성되어 있다.

Table 1 Required performance for sports halls floor

Technical properties		unit	Requirements
Force reduction	Measurement	%	Type 4 : 55~75
	Average shock absorption value	%	less than ± 5
Vertical deformation		mm	Type 4 : 2.3~5.0
Friction/Slip resistance		-	80 ~ 110
Ball rebound	Measurement	%	more than 90
	Variation from average	%	less than ± 3
Rolling load(1500N)	Residual deformation	mm	less than 0.5
	Sign of damage	-	No sign

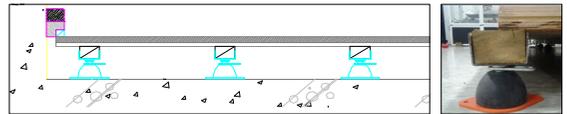


Fig. 2 Noise and vibration control for sports halls floor

2.2 체육관 마루의 소음측정 및 분석

(1) 측정개요

체육관 마루 바닥에서 다양한 하중원에 의해 발생하는 소음수준 분석을 위해 강화도에 위치한 00체육관에서 소음측정을 수행하였다. 마이크로폰은 음원실의 경우에는 충격원로부터 1m 이격된 위치의 1.2m 높이에 설치하였고, 직하부실(W35xL20xH7.8m)의 경우에는 충격원의 직하부 실 바닥의 1.2m 높이에 설치하였다. 그리고, 가진시마다 최대소음도를 측정 후 산술평균하여 소음레벨을 분석하였다. 충격 방법은 농구공과 KS 규격에서 사용하고 있는 중량충격음 표준발생장치(뱅머신)와 임팩트볼을 사용하였다. 참고로 농구공은 1.5Hz로 마운딩하였고, 그리고 임팩트볼은 1.0m 높이에서 자유낙하며 가진하였다.



Fig. 3 Test picture of noise and vibration

† 윤제원 ; 정회원, 유니슨테크놀로지(주)
E-mail : jwyoong@unisontg.com
Tel : 041-577-3457, Fax : 041-577-3458
* 유니슨테크놀로지(주)
** GS건설(주) 기술연구소

(2) 소음 측정결과

음원실에서의 소음레벨 측정결과 뱅머신의 경우 81.5dB(A)로 가장 높게 나타났다. 그리고, 직하부실에서 고체전달음 측정결과 뱅머신의 경우 48.5dB(A), 농구공의 경우 40.4dB(A)의 소음레벨을 나타내었고, 두 경우 모두 1/3옥타브밴드로 분석 시 50Hz에서 피크주파수를 나타내고 있었다.

Table 2 Test results of air-borne noise in source room

Load source	Bang machine	Bounding of basket ball	Impact ball
Noise level	81.5dB(A)	78.6dB(A)	71.8dB(A)

Table 3 Test results of structure-borne noise

Load source	Bang machine	Bounding of basket ball
Noise level	48.5dB(A)	40.4dB(A)

2.3 소음진동 평가를 위한 가진력의 산정

다양한 활동에 의해 발생하는 동하중을 아래의 표에 정리하였다. 참고로, ISO 10137에서의 뽀이나 보행에 의한 충격력은 체중이 100kg에 해당하며, 낙법 시 충격하중은 매트 하부에서 측정한 값이다. 단, 유도에 의한 충격하중은 매트종류와 체중 및 활동(예 : 엎어치기, 낙법)에 따라 달라질 수 있다.

Table 4 Kind of load source and vertical force

Load source	Bang machine(KS F 2810-2)	Running (ISO 10137)	Walking (ISO 10137)	Martial arts fall training (BioMed)
Force	Max. 4.2kN	Max. 4.0kN	Max. 1.2kN	Max. 2.5kN

2.4 소음해석 및 평가결과

체육관 상부층에서 운동활동을 수행하는 경우 하부층에서 발생하는 고체전달음 평가를 수행하였다. 우선 고체전달음은 ANSYS를 이용해 해석적으로 구한 상부층 바닥슬라브에서의 진동속도(v_{rms})로부터 아래의 식을 이용해 음압레벨(SPL)을 구하고, 이 값을 음향파위레벨로 환산한 후 RAYNOISE를 이용하여 소음해석을 수행하였다. 식에서 'C'는 거리감쇠, 실내의 흡음력 및 'A'참감보정이 포함된 보정값으로 RAYNOISE를 이용하여 평가가 가능한 값이다.

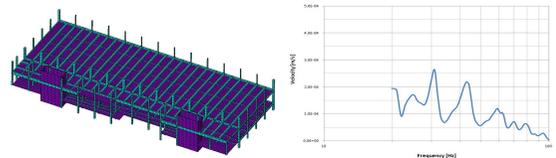
$$SPL=L_v+C \text{ [dB]} \quad (1)$$

$$L_v=20\text{Log}(v_{rms}/v_0), v_0=5 \times 10^{-8} \text{ [m/s]}$$

$$PWL=SPL+ 10\text{Log}(2\pi r^2)=SPL+ 20\text{Log}(r)+ 8 \text{ [dB]}$$

고체전달음 평가를 위해 하중원은 우선 뱅머신으로 가정하여 평가하였다. 진동해석모델은 Fig. 4와 같은 구조로 되어 있으며, Fig. 2와 같이 방진고무가 설치된 마루 바닥이 두께 150mm인 바닥슬라브 상부에 설치되어 있다. 진동해석결과 3층 바닥슬라브의 고유진동수는 5.18Hz로 분석되었으며, 뱅머신으로 가진 시 3층 바닥슬라브에서의 진동속도는 최대 2.6×10^{-4} m/s로 분석되었다. 이 값을 이용한 하부층에서의 고체전달음은 최대 47.8dB(A)로 예측되었다. 참고로, 평가대상 건물은 3층이 혼련시설이고 직하부의 수음실(2층) 층고는 8.0m이며, 수음실의 바닥으로부터 천정 마감텍스까지의 높이는 5m이다.

추가적으로, 다수의 인원(36인)이 동시에 낙법을 수행하는 경우에는 1인이 낙법하는 경우에 비해 소음원의 개수가 증가하는 것이므로 당연히 소음레벨이 증가할 것으로 예상되며 해석결과 54.6dB(A)까지 증가하는 것으로 예측되었다. 참고로, 36인은 유도실에서 낙법활동에 의한 행동 반경을 고려하여 가정한 인원(매트당 9인 \times 매트 수 4곳)이다.



(a) Simulation model (b) Vibration velocity
Fig. 4 Simulation model and simulation result for structure-borne noise evaluation

Table 5 Simulation results of structure-borne noise

Load source	Bang machine (1 point excitation)	Martial arts fall (1 point excitation)	Martial arts fall (36 points excitation)
	47.8dB(A)	43.3dB(A)	54.6dB(A)
Simulation result			

3. 결론

본 논문에서는 체육관 마루 바닥에 대한 고유진동수 및 상부층에서 발생하는 소음진동에 의한 하부층에서의 고체전달음 평가를 수행하였다. 이러한 연구는 향후 체육관의 소음진동 설계를 수행하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.