

바닥충격음 해석에 관한 연구

김현실, 김재승, 강현주, 김봉기, 김상렬

한국기계연구원 음향그룹

A Study on the Floor Impact Noise Analysis

Hyun-Sil Kim*, Jae-Seung Kim, Hyun-Joo Kang, Bong-Ki Kim and Sang-Ryul Kim

Korea Institute of Machinery and Materials, Acoustics Lab.,
hskim@kimm.re.kr

ABSTRACT

Prediction method of floor impact noise for light and heavy weight impact is described. Sound pressure level is predicted based on the impedance method. For floating floor system, noise reduction is studied assuming 1-D mass-spring system. It is found that comparisons of predictions and measurements show good agreements. However, certain correction factor is needed to predict noise reduction of floating floor system.

1. 서론

아파트, 연립주택 같은 공동주택에서 층간 소음은 매우 심각한 문제를 야기하고 있으며 현재 바닥충격음에 대한 규제안이 준비되고 있다. 국내의 바닥충격음을 포함한 건축음향관련 KS 기준은 일본 JIS와 유사하며 국내 실정에 적합한 기준제정작업이 현재 활발히 진행되고 있다. 바닥 충격음 문제를 해결하기 위해 완충재 시공이 점차 늘고 있는데 바닥충격음을 해석할 수 있는 수단은 시공전에 미리 충격음의 수준, 완충재의 효과 등을 사전에 예측해보고 대응할 수

있게 해준다는 면에서 대단히 중요하다. 본 논문은 경량 및 중량충격음 해석에 관한 것으로 예측치를 측정값과 비교하고 문제점 등을 다루었다.

2. 바닥충격음 해석

바닥충격음에 대한 해석은 우리와 거주 습관이 유사한 일본에서 많은 연구결과가 발표되었는데 기본적으로 임피던스법을 이용한 해석방법 [1,2]을 이용하고 있다. 중량충격음과 경량충격음에 따라 해석방법이 약간 달라지는데 가장 중요한 차이는 충격원자체의 특성에 기인한다. 경량충격음의 경우 참고문헌[1]에 의하면 다음과 같이 주어진다.

$$L_p = 20 \log(F_{rms}) - 20 \log Z_b + 10 \log \left(\frac{T_{60} h k_{rad}}{A} \right) + C \quad (1)$$

단, F_{rms} , Z_b , T_{60} , h , k_{rad} , A 는 각각 경량 충격음레벨, 바닥판의 임피던스, 바닥판의 진동 감소시간, 두께, 방사효율, 하부 실내의 흡음면적을 나타낸다. C는 상수로 바닥판의 재질 등에

의해 주어진다. 경량충격음레벨은 참고문헌[1]에 의하면 다음과 같이 주어진다.

표 1. 경량충격음레벨(dB)

63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz
20.3	23.8	26.8	29.7	32.3	33.5	30.0

바닥판의 임피던스는 무한판으로 가정하여 다음과 같이 주어진다.

$$Z_b = 8\sqrt{Bm} = \approx 2.31\sqrt{\rho E h^2}$$

단, ρ = 슬라브의 밀도, E = 슬라브의 탄성계수, h = 슬라브의 두께.

완충재가 있는 경우 상부판을 질량으로, 완충재를 스프링으로 보아 1-D mass-spring system에서 진동전달율은 다음과 같이 주어진다.

$$\tau = \left[\frac{1 + \eta^2 r^2}{(1 - r^2)^2 + \eta^2 r^2} \right]^{1/2}, \quad r = f/f_n$$

여기서 η 는 완충재의 손실계수, f_n 은 공진주파수이다. 참고문헌[1]에서는 공진주파수를 유효방사면적과 유효질량 등 복잡한 기정을 통해 얻었으나 본 논문에서는 동탄성계수 측정장치에서 얻은 값을 사용하였다.

완충재가 있는 경우 실내소음은 식 (1)에서 구한 값에서 전달율을 빼주어 다음과 같이 된다.

$$L_{floating} = L_p - 20 \log \tau + K$$

여기서 K 는 보정계수로 실제로 충격이 가해지는 부위는 바닥면적의 일부분이므로 전 바닥판에서 $20 \log(\tau)$ 만큼 감소하지는 않기 때문이다.

실내 흡음면적 A 는 잔향시간을 측정하여 구할 수 있는데 바닥충격음 실험을 수행한 장소는 가로 3m, 세로 4m, 높이 3m, 두께 20cm의 콘

크리트 방으로 방의 내부에는 부분적으로 두께 50t의 흡음재가 부착되어 있다. 잔향시간을 측정 한 결과는 그림 1과 같다.

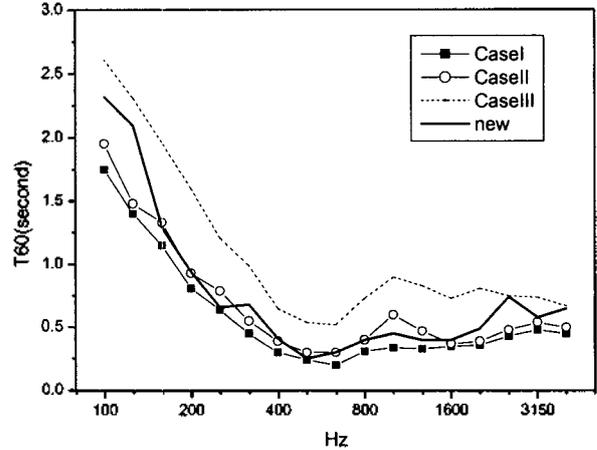


그림 1. 실내 잔향시간 (sec)

바닥판의 진동 감쇠시간 T_{60} 측정

바닥판 하부에 가속도계를 붙이고 위를 망치로 가격하여 60dB 감소시간 T_{60} 을 측정하였다. 망치는 쇠팅치와 고무망치 2가지를 사용하였는데 가속도는 3군데에 부착하였다. 바닥의 종류는 3가지로 완충재없이 상부중량물만 있는 경우, 고무 pad(두께 10t)를 완충재로 사용한 경우, 바닥판위에 아무것도 없는 경우인데 그림 2에 3가지 경우의 T_{60} 을 보였다.

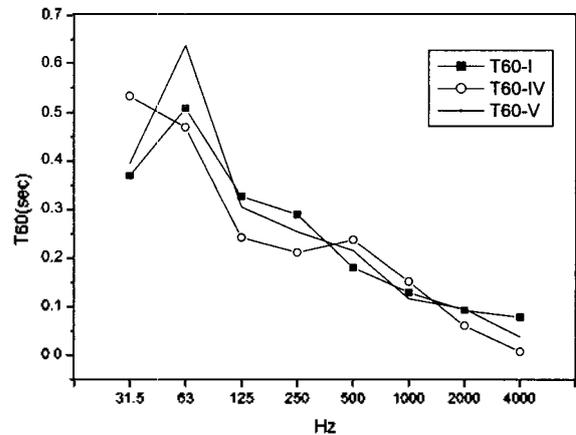


그림 2. 바닥판의 T_{60}

계측한 T_{60} 의 평균값은 다음과 같다.

표 2. 바닥판의 T_{60} (sec)

63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz
0.54	0.29	0.25	0.21	0.13	0.083	0.041

콘크리트판의 탄성계수측정

시험대상 구조물의 물성치를 정확히 모르므로 탄성파의 전파시간을 측정하여 탄성계수를 산정하고자 하였다. 상부구조물 및 천장판 양 끝단에 가속도계를 붙이고 한쪽에 망치로 임팩트를 주어 두 가속도계사이의 시간차를 구하고 이로부터 종파의 전파시간을 구하고 $E = c_L^2 \rho$ 에서 탄성계수를 구할 수 있다. 그림 3에 전형적인 응답곡선을 보였다.

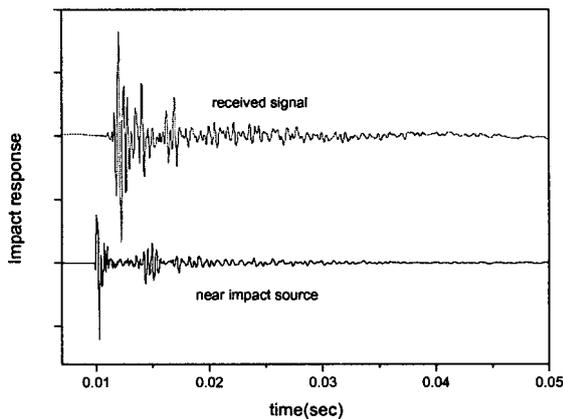


그림 3. 천장의 임팩트

바닥판에 대해서 얻은 두가지 결과는 다음과 같다.

$$\Delta t = 0.00122 \text{ sec}, C_L = 3110 \text{ m/s}$$

$$\Delta t = 0.01123 \text{ sec}, C_L = 2840 \text{ m/s}$$

평균은 2980 m/s로 주어지며 참고로 보통 콘크리트의 경우 $C_L = 3360 \text{ m/s}$ 이다.

상부중량물의 경우 다음과 같이 주어진다.

$$\Delta t = 0.00122 \text{ sec}, C_L = 2950 \text{ m/s}$$

상부중량물의 밀도는 1430 kg/m^3 이다. 밀도와

종파의 속도로부터 구한 탄성계수는 다음과 같다.

$$\text{상부중량물: } E = \rho c_L^2 = 1.2 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$$

$$\text{천장(바닥판): } E = \rho c_L^2 = 2.0 \times 10^{10} \text{ N/m}^2.$$

참고로 보통 콘크리트의 경우 밀도는 2300 kg/m^3 , 탄성계수는 $2.6 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$ 이다.

바닥충격음의 비교

경량충격음과 중량충격음에 대해 그림 4에서 10까지 두 가지 시편에 대해 해석치와 측정값을 비교하였다. 시편 A는 foam 형태로 두께 10t와 20t 두가지를 사용하였으며 시편 B는 고무 pad로 두께는 10t이며 표면에 울룩불룩한 들기처리가 되어있다.

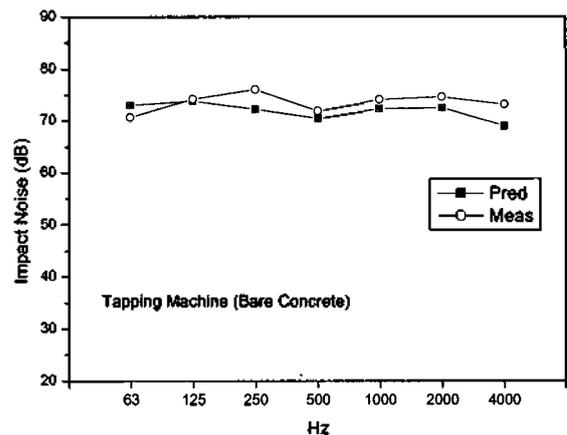


그림 4. 경량충격음(bare concrete)

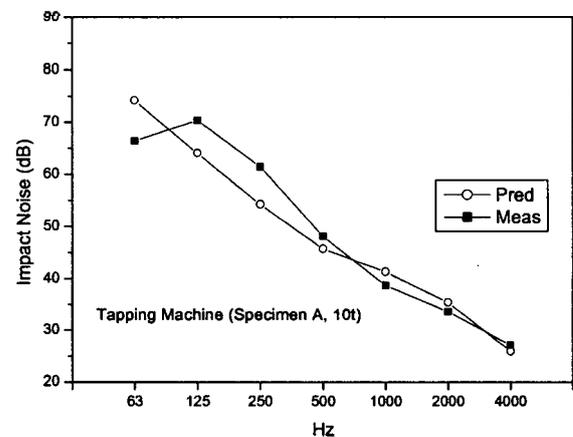


그림 5. 경량충격음(Specimen A, 두께 10t)

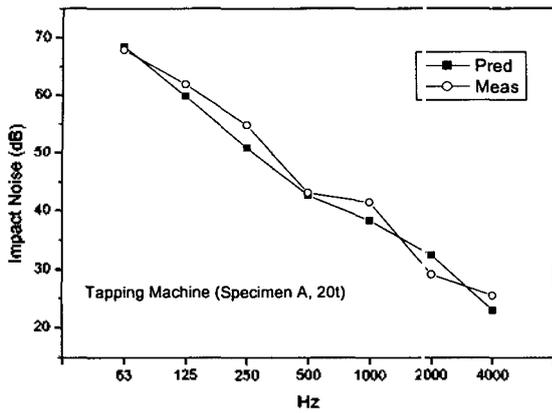


그림 6. 경량충격음(Specimen A, 두께 20t)

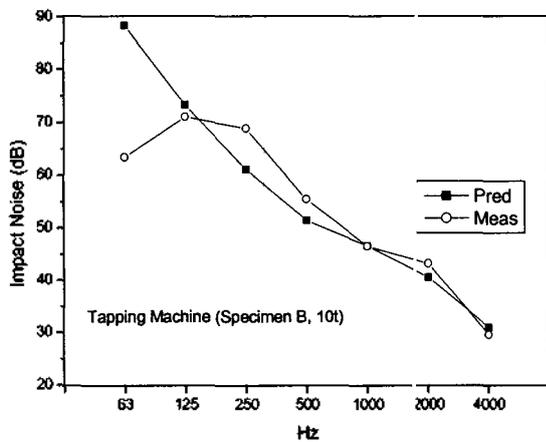


그림 7. 경량충격음(Specimen B, 두께 10t)

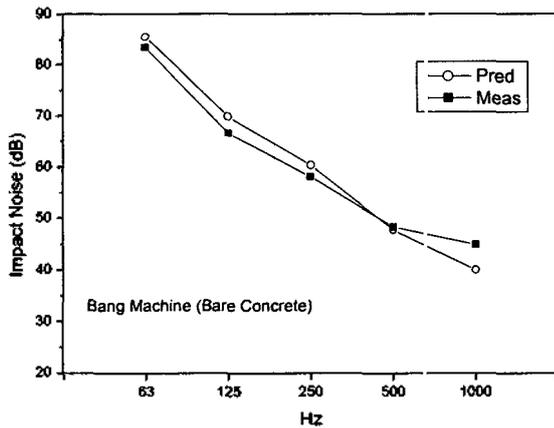


그림 8. 중량충격음(Bare concrete)

3. 결론

임피던스 방법을 이용한 바닥충격음 해석시

참고문헌의 방법에 대해 일정양 만큼 보정을 해 준 결과 바닥충격음 예측치와 계측치는 specimen A에 대해서는 비교적 잘 일치하나 specimen B는 표면이 울퉁불퉁하므로 저주파수(Hz)에서는 큰 오차를 보인다.

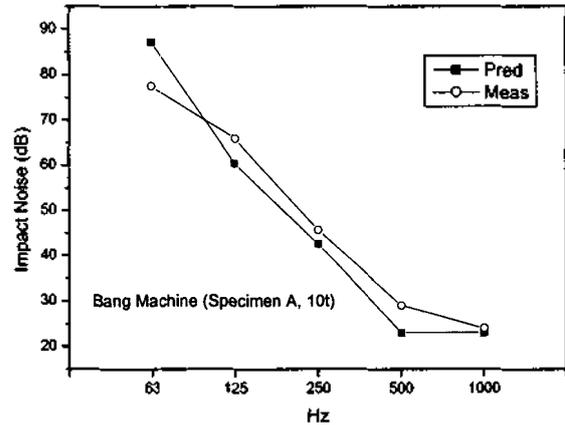


그림 9. 중량충격음(Specimen A, 두께 10t)

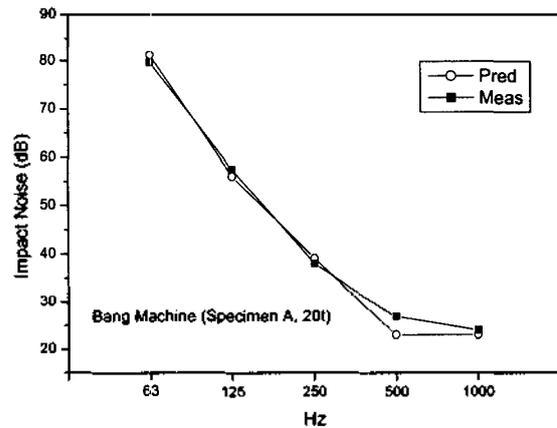


그림 10. 중량충격음(Specimen A, 두께 20t)

참고문헌

- [1] 건물의 차음설계자료, 일본건축학회, 기보당, 1988.
- [2] Sho Kimura and Katsuo Inoue, "Practical Calculation of Floor Impact Sound by Impedance method", Applied Acoustics, Vol. 26, 263-292, 1989.