

Estimation on Floor vibration by new approach

정민기† · 권형오* · 강대인** · 이재혁*** · 이상엽****

Min-Ki Jeong, Ji-Hoon Lim, Kang, Dae-Eon, Lee Jae-Hyuk and Sang-Yeop Lee

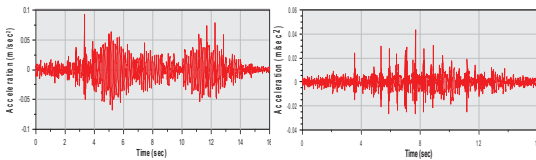
1. 서 론

일반적으로 국내에서는 AISC “Steel Design Guide Series 11. Floor Vibrations Due to Human Activity”에서 제시된 방법에 따라 보행하중에 의한 바닥진동을 평가하고 있다. 하지만 이 방법은 국내의 전문가들로부터 부정확한 보행하중의 정량화 과정, 합리적이지 못한 바닥진동 예측 모델 사용, 바닥진동 평가 기준의 적정성 측면에서의 의문점 측면에서 평가방법의 개선이 많이 요구되고 있다.

따라서, 본 논문에서는 이러한 측면들을 고려하여 최근 영국에서 제시된 SCI PUBLICATION P354 : Design of Floors for Vibration: A New Approach (Revised Edition, February 2009) 기법을 새로운 바닥진동 예측기법으로 소개하고, 기존 구조물의 바닥구조를 대상으로 보행진동 예측결과와 측정결과를 비교하는 방식으로 본 기법의 적정성을 검증하고자 한다.

2. 새로운 바닥진동 예측기법 소개

일반적으로 보행진동은 바닥의 고유진동수를 가진하는 경우 (Resonance Response)와 아닌 경우(Impulse Response)로 나뉜다. 본 장에서는 바닥구조가 보행하중의 2nd~4th Harmonics(15Hz 이하)에 Resonance Response를 일으키는 경우에 대하여 언급하였다.



a) resonance response b) impulse response

Fig.1 전형적인 보행진동 시간이력곡선

† 교신저자; (주)브이테크
E-mail : jmk4000@chol.com
Tel : (031) 783-5651, Fax : (031) 783-5651

* (주)브이테크
** 창민우구조컨설팅트
*** 롯데CP프로젝트
**** LMS Korea

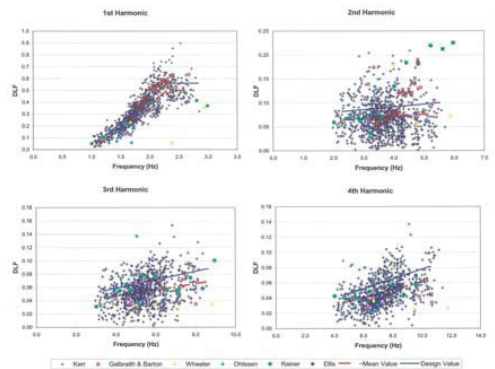


Fig.2 First four harmonics of footfall forces

(1) 보행하중 정량화

보행하중을 정량화하기 위하여 Fig. 2에서의 882회의 보행 실험을 실시하고 상위 25% 하중분포를 회귀분석하여 보행하중의 설계치(DLF)로 선정하였다.

(2) 바닥진동 예측방법

바닥진동의 예측은 모달이론을 기초하여 다음과 같이 유도하였다. 보행하중에 대한 각 모달응답의 Real과 Imaginary part 각각의 응답을 식(1), (2)에서 제시하였으며, 식(3)과 (4)는 전 모드에 대한 합친 응답을 계산한 것이다.

$$a_{real,h,m} = \left(\frac{f_h}{f_m}\right)^2 \frac{F_h \mu_{r,m} \mu_{e,m} \rho_{h,m}}{\tilde{m}_m} \frac{A_m}{A_m^2 + B_m^2} \quad (1)$$

$$a_{real,h,m} = \left(\frac{f_h}{f_m}\right)^2 \frac{F_h \mu_{r,m} \mu_{e,m} \rho_{h,m}}{m_m} \frac{B_m}{A_m^2 + B_m^2} \quad (2)$$

여기서, P = 보행자의 중량, $\rho_{h,m} = 1 - e^{-2\pi \zeta_m N}$

$$A_m = 1 - (f_h/f_m)^2, B_m = 2\zeta_m f_h/f_m,$$

$$a_{real,h} = \sum_m a_{real,h,m}; \quad a_{imag,h} = \sum_m a_{imag,h,m} \quad (3)$$

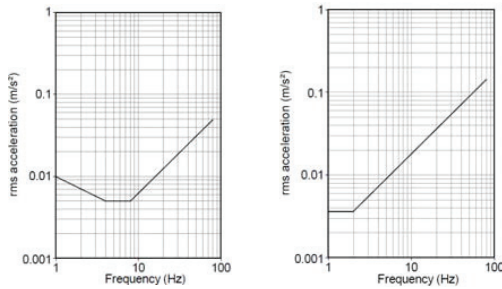
$$|a_h| = \sqrt{a_{real,h}^2 + a_{imag,h}^2} \quad (4)$$

(3) 바닥진동 평가기준

ISO 2631(BS6472)에서 제시된 Baseline(Fig.3)을 기준하

여 정리한 Response Factor(R_h)를 평가지표로 활용하였으며, 기준에서 제시된 실별 Response Factor Guideline을 평가기준은 적용하였다.

$$\begin{aligned} \text{If } f_n < 4Hz, a_{R=1,h} &= \frac{0.0141}{\sqrt{f_h}} m/s^2 \\ \text{If } 4Hz < f_h < 8Hz, a_{R=1,h} &= 0.0071 m/s^2 \\ \text{If } f_h > 8Hz, a_{R=1,h} &= 2.82\pi f_h \times 10^{-4} m/s^2 \\ R_h &= |a_h|/a_{R=1,h} \\ R &= \sqrt{R_1^2 + R_2^2 + R_3^2 + R_4^2} \end{aligned} \quad (5)$$



a) z-axis base curve b) x-, y-axis base curve
Fig.3 Base curves for vibration perception(BS6472)

3. Case Study

3.1 대상바닥구조

본 장에서는 보행진동 평가를 위하여 Fig.4에서 제시된 철골 바닥구조(12.7m X 15m Span)를 대상으로 보행진동 실험/예측/평가를 수행하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

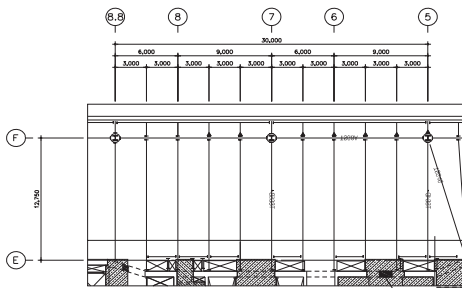


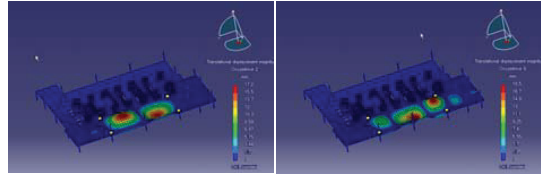
Fig. 4 대상 건물 바닥 구조

3.2 진동예측 및 평가

(1) 바닥진동 예측모델 생성 및 모드해석

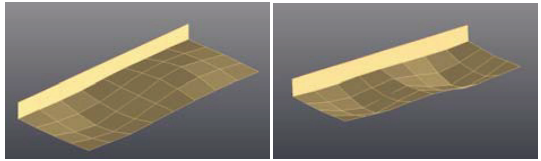
Table 1 해석 모드 해석 결과

| No. | Frequency(Hz) | No. | Frequency(Hz) |
|-----|---------------|-----|---------------|
| 1 | 5.782 | 5 | 6.873 |
| 2 | 5.916 | 6 | 6.682 |
| 3 | 6.018 | 7 | 6.777 |
| 4 | 6.187 | 8 | 6.886 |



(a) 모드 2 (b) 모드 3
Fig. 5 실험 모드에 가장 가까운 해석 모드 형상

(2) 실 구조물 실험적 모드해석 결과



(a) 모드1 (b) 모드2
Fig. 6 대상 바닥구조의 실험 모드 해석 결과 (모드형상)

(3) 보행진동 평가(보행진동 측정 ≙ 측정 FRF 측정에 의한 평가 < FE 해석에 의한 평가)

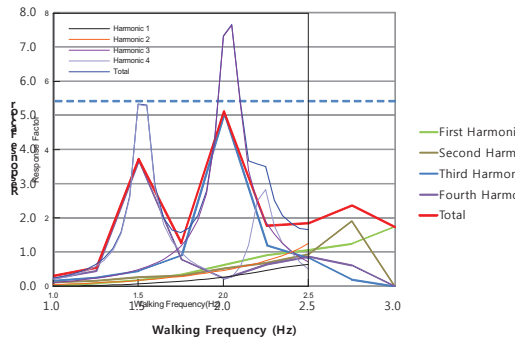


Fig. 7 대상 건물 바닥 구조

4. 결론

본 연구에서 새로운 바닥진동예측기법을 정리하고 실 구조물을 대상으로 보행진동 실험/예측/평가를 수행하여, 본 기법의 신뢰성을 검토하였다. 따라서 설계단계에서 본 기법을 적용할 경우 기존의 AISC 방법보다 효과적인 평가가 가능할 것으로 판단된다.

후 기

본 논문은 롯데 CP프로젝트 설계팀과 공동으로 수행중인 '롯데월드타워의 소음진동컨설팅' 과제의 일환으로 도출된 성과물을 정리한 것이다.