

## 고층건물의 내진설계를 위한 고유진동수 측정에 관한 연구

# A Study on the Measurement of Natural Frequency for Seismic Design of High Rise Buildings

김 동 백\* · 이병훈\*\* · 이인덕\*\*\* · 이광재\*\*

Kim, Dong-Baek · Lee, Byeong-Hoon · Lee, In-Duk · Lee, Kwang-Jae

### 요 약

최근 도심의 건물들은 수요자의 요구에 따라 평면이 다양화 되어가고 토지의 효율을 높이기 위하여 초고층화 되어가는 경향이 있다. 심지어 전통적인 공동주택의 개념으로 지어지는 아파트도 그 높이가 100m를 상회하는 경우가 대부분이다. 현재 국내의 구조설계 시 구조물의 동적특성 요소를 반영하는 고유 진동수는 주로 미국의 지진자료를 바탕으로 계산되게 되어있으며, 기존 연구결과 실측결과가 상당한 차이를 보이고 있어 이에 대한 검토가 요구되고 있다. 이에 본 연구에서는 내진설계의 기본이 되는 건물의 고유주기를 측정하고 내진성능을 평가하여, 보다 경제적인 내진설계 방안에 대한 제시하고자 한다. 또한, 벽식구조 건물의 경우 구조설계 기준에서 제시하는 지진하중을 산정할 때, 실무자들이 구조형식을 선택하기가 곤란하여 어떤 주기산정 식을 사용해야 할지 혼란스러워 하는 경우가 많으므로, 기타 골조 식과 전단벽 식을 고려하는 경우를 구조물의 상시 미진동을 측정하여 고유 진동수 및 고유 주기를 비교하여 제시하였다. 연구결과 기타 골조 식에 의해 계산된 값은 매우 보수적으로 나타나서 이에 대한 검토도 필요하다고 사료된다.

## 1. 서 론

건물의 고유주기는 형태 및 높이에 지배되는데, 우리나라 경우 80년대 초반 15층 규모에서 90년대 20층 규모의 구조물이 건설되었으며, 최근에는 30층 이상도 건설되고 있다. 이러한 건물의 고유 진동수 및 감쇠정수 등의 진동특성을 정밀하고 평가하기 위해서는 양호한 실측데이터를 수집해야 하며, 그 방법으로는 상시 미진동 실험, 강제진동 실험, 자유진동 실험, 지진응답 실측 등이 있다. 이중에서 상시 미진동 실험은 추가가진 없고 구조물에 손상을 주지 않으면서, 측정 장비만으로 구조물의 고유 진동수의 측정이 가능하다. 본 연구에서는 상시 미진동 실험을 통하여 철근콘크리트 벽식 구조물의 진동수를 측정하고 이를 기존 주기 식에 적용하여 현재 설계기준에 적용하여, 지진하중을 산정할 때 적절한 지진하중이 산정되는지에 대한 연구를 수행하였다. 또한, 주기산정 식은 레일리-리츠식을 기본 개념으로 적용한 KBC-2009의 5가지로 하였으며, 이들 식에 의한 값과 실측치를 비교· 검토하였다.

\* 정회원 · 한경대학교 토목안전환경공학과 교수 dbkim@hknu.ac.kr

\*\* 정회원 · 한경대학교 건설재해제어공학과 박사과정 bhlee3789@naver.com

\*\*\* 정회원 · 한경대학교 건설재해제어공학과 박사과정 lid555@naver.com

\*\*\*\* 정회원 · 한경대학교 건설재해제어공학과 박사과정 jae3470@hanmail.net

## 2. 우리나라의 고유 진동수 산정식

우리나라의 주기 산정 식은 철근콘크리트 골조의 경우는  $T_a = C_T h_n^{3/4}$  이며, 기타 구조물에 대한 주기 산정 식은  $T_a = C_T h_n^{3/4}$  이고, 간편식은  $T_a = 0.1N$ 이다. 철근콘크리트 골조의 경우는  $C_T = 0.073$ , 기타 구조물의 경우는  $C_T = 0.049$ ,  $h_n$ 는 건물의 하단부터 최상층까지의 높이(m)를 의미하며, N은 층수이다. 또한, 최소높이가 3m 이상이며 12층을 넘지 않는 저층의 건물인 경우 전단벽(채움벽)이 있는 경우에 대한 주기식은  $T_a = 0.0743(h_n)^{3/4} / \sqrt{A_c}$  이며,  $A_c = \sum A_e [0.2 + (D_e/h_n)^2]$ ,  $D_e/h_n \leq 0.9$ 이다.

## 3. 실험결과의 비교 · 검토

각 구조물의 상시 미진동을 3회씩 측정된 고유 진동수 값의 결과를 평균낸 후, 그 역수를 취하여 고유주기 값을 얻었는데, 측정된 데이터 값의 양상은 그림1에 나타내었다. 각 그림의 위쪽에는 각 센서의 시간 - 가속도 파형을 보여주고 있으며, 아래쪽에는 측정된 데이터의 FFT변환 값을 보여주고 있다.

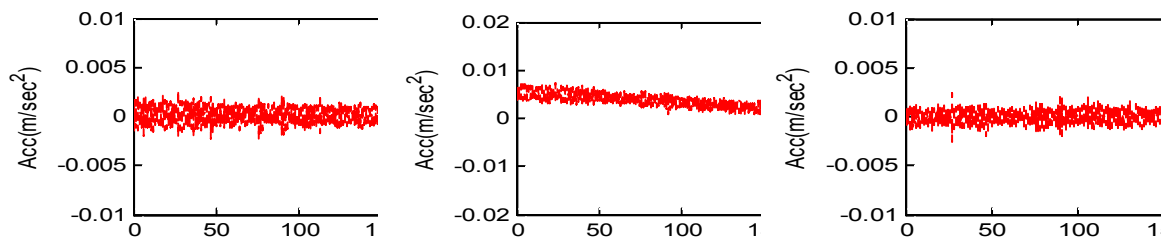


그림1 측정대상건물의 시간이력 및 고유진동수

측정된 결과를 국내 구조물의 내진설계 시 적용되는 주기식에 적용하여 비교하여 보면, 기존주기식보다 높은 값을 나타내고 있어 보수적인 주기산정 값을 갖는 것을 알 수 있다. 20층 이상의 고층건물의 경우 주기산정 시 간편식을 사용할 경우 매우 보수적인 값을 가지고 설계를 수행하는 결과를 가져올 것으로 판단된다. 표1에 나타난 바와 같이 실측된 주기와 기준식에서 산정하는 주기는 약 3%~25% 정도의 오차가 발생하고 있으며 기준식이 보다 더 보수적인 값을 나타내며, 장변방향은 주기가 안전측으로 나타내고 있다. 지진하중 산정 시 사용하는 주기값은 철근콘크리트 골조식의 경우 기존 기타골조식이나 전단벽식의 경우 모두 보수적인 값을 나타내지만, 기타 골조식을 적용할 경우 강성의 차이는 발생하지 않는 반면, 전단벽식의 경우 벽체의 강성을 반드시 고려해야 한다고 사료된다.

표 1 계측된 주기와 기준식(전단벽식)에 의한 주기의 비교

측정건물	실측된 주기값		기준식(전단벽식)에 의한 주기값	
	장변	단변	장변	단변
IM-2	0.52	0.83	0.7	0.85

**참고문헌**

- R.D Marshall, L.T. Phan and M. Celebi**, (1994) Full-Scale Measurement of Building Response to Ambient Vibration and the LOMA PRIETA Earthquake Proceedings, *5th US national conference on Earthquake Engineering*, Vol. 11, pp. 661-670
- Khan Mahmud Amanat, Ekramul Hoque**, (2006) A rationale for determining the natural period of RC building frames having infill, *Engineering structures*, V.28, pp. 495-502
- James L, Beck, B. Scott May, David. C. Polidori, Michale W. Vanok**, (1999) Ambient vibration surveys of three steel-frame buildings strongly shaken by the 1994 northridge earthquake, *California institute of Technology Report EERL*, No. 95-06