계측을 통한 벽식아파트의 동적특성 분석

Comparison of Measured Natural Frequencies with Analyzed Results for the Reinforced Concrete Shear Wall

조 자 옥* • 김 지 영** • 유 은 종*** • 김 미 진**** • 김 대 영****
Cho, Jaock • Kim, Ji Young • Yu, Eunjong • Kim, Mi jin, • Kim, Dae Young

요 약

FE 해석은 구조물의 고유진동수 판단 및 거동 예측 등에 사용되며 따라서 실구조물과 동일하게 FE 해석모델을 작성할수록 실제 구조물의 고유진동수 및 거동을 정확하게 예측할 수 있다. 그러나 실 구조물과 동일하게 모델링 하는 것이 어렵기 때문에 FE 해석을 통해 예측한 구조물의 고유진동수와 실제 구조물의 고유진동수는 차이가 발생한다. FE 해석을 통한 고유진동수에 대하여 정확성을 판단할 수 있는 방법은 실제 계측을 통하여 얻은 고유진동수와 비교하는 것이다. 따라서 본 연구는 미진동하의 구조물에 대하여 계측을 실시함으로써 대상건물의 고유진동수를 파악하고, 실제 고유진동수에 대한 FE 해석의 고유진동수 비교를 통하여 FE 해석의 정확도를 판단하였다.

keywords : 해석모델, 보정, 계측, 고유진동수, 벽식아파트

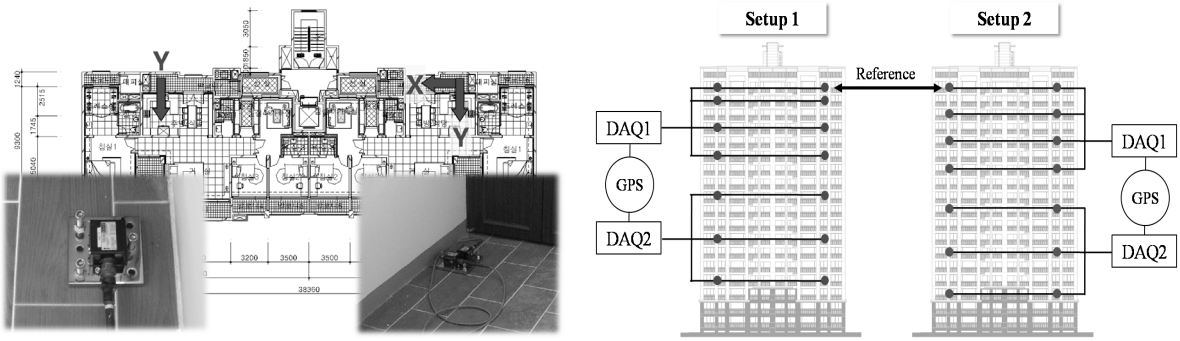
1. 서 론

구조물의 동적특성은 풍하중 또는 지진하중에 대하여 구조물의 거동을 예측하고 건전도 평가에 이용되는 등 구조물의 중요한 특성이다. 따라서 대상 구조물의 고유진동수를 실제와 유사하게 예측하는 것이 중요하다. 구조물의 고유진동수를 예측하기 위한 보편적인 방법은 FE 해석을 이용하는 것이다. 그러나 실제 구조물의 조건과 동일하게 FE 해석모델을 구현하는 것이 어렵기 때문에 실제로 해석결과와 실제 건물의 고유진동수는 차이가 발생할 수 있다. 이러한 결과에 대하여 일본 건축학회는 보다 합리적인 구조물의 동적특성을 평가할 수 있도록 실측 결과를 바탕으로 건물의 고유진동수에 대한 제안식을 별도로 제시하고 있다. 따라서 본 연구에서는 실제 구조물의 고유진동수와 FE 해석결과의 차이를 규명하기 위하여 벽식아파트의 계측을 실시함으로써 고유진동수를 평가하고 FE 해석으로부터 얻은 고유진동수를 실제 고유진동수와 비교하였다.

2. 대상건물 및 가속도 계측

2008년에 시공된 벽식아파트에 대하여 풍응답 계측을 수행하였다. 계측된 대상건물은 슬래브 및 내력벽으

* 정회원 • (주)대우건설 기술연구원, 연구원, 0801287@dwcosnt.co.kr
** 정회원 • (주)대우건설 기술연구원, 책임연구원, kimjyoung@dwconst.co.kr
*** 한양대학교, 부교수, eunjongyu@hanyang.ac.kr
**** 한양대학교, 석사과정, goldstory@empal.com
***** (주)대우건설 기술연구원, 수석연구원, kimdy@dwconst.co.kr



(a) 평면에서의 가속도계 배치 (b) 가속도 설치 Setup

그림 1 가속도계 배치

로 구성된 철근콘크리트 내력벽식 아파트로, 높이 56.8 m, 층수는 지상 18층, 지하 1층 건물이다. 계측 당시 건물이 완공되어 입주를 앞둔 상태였으며 총 21개의 Force Balace Type 가속도계를 사용하여 가속도를 계측하였다. 그림 1 (a)와 같이 층별로 3개씩 가속도 센서를 배치함으로써 x축 및 y축의 병진가속도와 z축 방향의 회전가속도를 계측하였다. 그리고 구조물의 모드형상 추출을 위하여 그림 1 (b)와 같이 최상층을 기준으로 하여 두 번에 걸쳐 가속도 데이터를 측정하였으며, 각 Setup에 대하여 데이터의 샘플링은 100 Hz로 2시간씩 계측을 실시하였다. 데이터로거(Data Logger)는 증폭기(Amplifier), 24-bit A/D변환기(A/D Converter), 아날로그 필터(Analog Filter), 기록장치(HDD)로 구성되었으며 계측의 편의를 위하여 2대의 데이터로거를 사용하였다. 아날로그 필터는 고주파의 노이즈를 제거하기 위한 Low-pass 필터를 사용하였고, 계측된 데이터에 대하여 0.01 Hz에서 10 Hz 대역을 갖는 Band pass필터를 이용함으로써 디지털 필터링을 수행하였다. 또한 각 데이터 수집장치의 측정시간 동기화를 위하여 GPS Clock을 이용한 시간동기화를 수행하고, 무선랜 시스템을 사용하여 각 데이터 수집장치의 원격제어가 가능하도록 하였다.

3. 동적특성 분석

층별로 계측된 x축 및 y축 병진가속도, z축 회전가속도 데이터로부터 Frequency Domain Decomposition

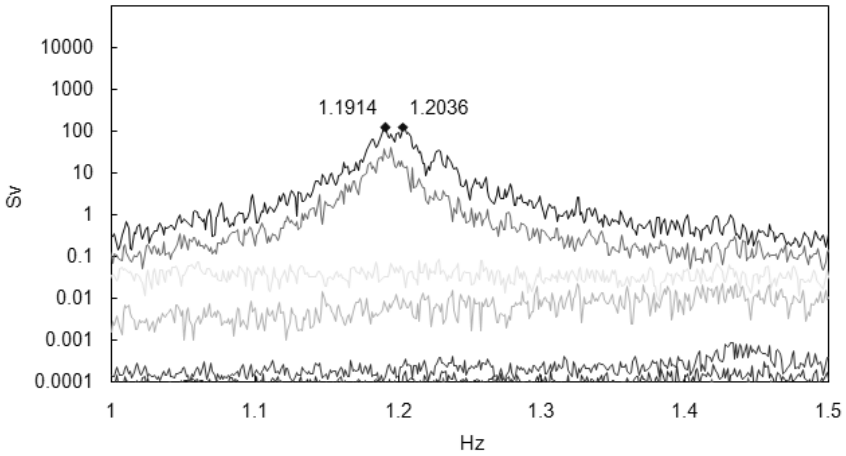
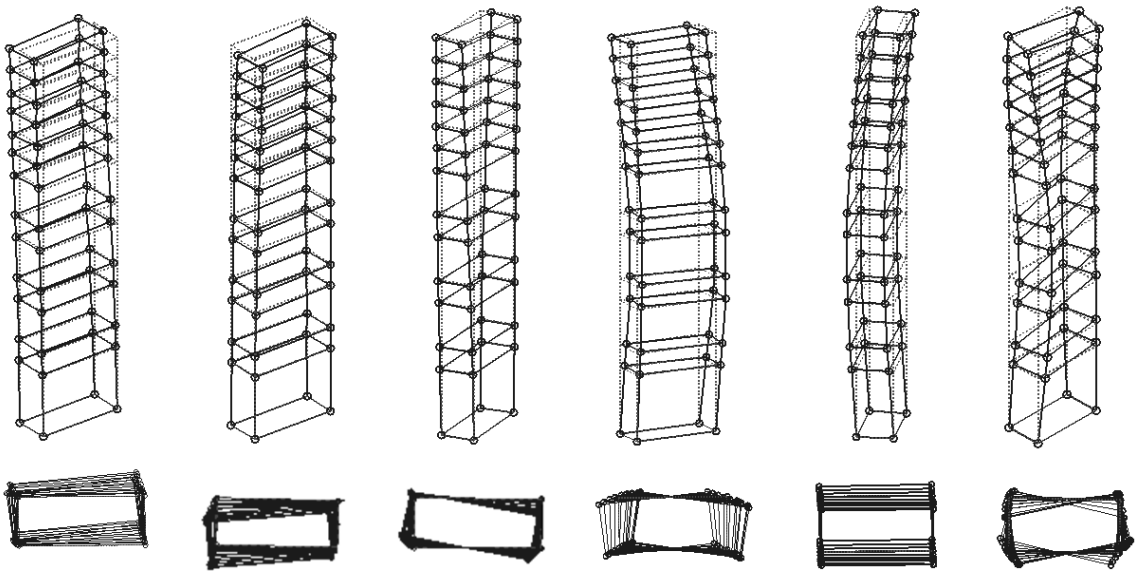


그림 2 FDD법을 통한 계측된 구조물의 Singular Value(SV) plot



(a) 1차모드 fn=1.1902 (b) 2차모드 fn=1.2036 (c) 3차모드 fn=1.9202 (d) 4차모드 fn=4.4763 (e) 5차모드 fn=5.0037 (f) 6차모드 fn=6.5649

그림 3 FDD법을 통한 계측된 구조물의 모드형상 및 고유진동수(단위: Hz)

(FDD)법을 적용하여 Singular Value(SV) plot을 구하고, 이동측정된 데이터를 조합하여 건물의 고유진동수 및 진동모드를 추출하였다. FDD법(R.Brincker et al, 2000)2)은 각 측정점의 시계열 데이터에 대하여 파워스펙트럼을 Singular Value Decomposition(SVD)의 기법을 이용하여 분해하는 과정을 통해 노이즈를 분리하고 고유진동수 및 진동모드를 추출할 수 있는 방법이다. 이때 사용되는 Autospectal Density Function, G_{yy}는 SVD에 의해 아래 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$G_{yy}(jw_i) = U_i S_i U_i^H \qquad (\text{식 } 1)$$

여기서 U_i는 Singular Vector이고 S_i는 Singular Value다. 이 Singular Value(S_i)의 Peak값에 해당하는 Singular Vector(U_i)가 구조물의 고유진동수 값이 된다.

본 연구에서는 데이터 처리과정을 효율적으로 향상시키기 위해 100 Hz로 계측된 데이터에 대하여 20 Hz로 샘플링을 재수행하고 이 결과를 바탕으로 SV plot을 구하였으며 그 결과는 그림 2와 같다.

계측된 가속도 데이터에 대하여 FDD법을 이용하여 나타낸 고유진동수 및 진동모드의 결과는 그림 3과 같다. 1차모드의 모드형상은 주로 x축 병진방향으로 나타나며 이때 고유진동수 값은 1.1092 Hz이고, 2차모드의 모드형상은 주로 y축 병진방향으로 나타나며 이때 고유진동수의 값은 1.2036 Hz이다. 3차모드의 모드형상은 주로 z축에 대한 회전방향으로 나타나며 이때 고유진동수의 값은 1.9202 Hz로 나타났다.

4. 계측결과와 FE 해석결과의 비교

표 1은 계측된 고유진동수에 대하여 FE해석결과의 고유진동수를 비교한 표이며 단위는 Hz, 괄호안의 값

표 1 고유진동수 계측결과 및 해석결과 비교 (단위: Hz)

	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Mode 6
계측결과	1.1902	1.2036	1.9202	4.4763	5.0037	6.5649
Case 1	0.6276 (53%)	0.8758 (73%)	0.9611 (50%)	2.2524 (50 %)	4.1939 (84 %)	4.6363 (71 %)

은 계측된 고유진동수에 대하여 FE 해석결과를 비교하여 비율로 나타낸 것이다. 표 1에서와 같이 FE 해석결과로부터 얻은 고유진동수는 계측된 고유진동수에 대하여 최고 50%까지 오차를 보이고 있다. 이것은 FE 해석모델을 실제 구조물과 동일하게 모델링 하는 것이 어려울 뿐 아니라 FE 해석모델을 작성할 때 효율성 및 편의성에 초점을 맞추기 때문으로 판단하였다.

Case 1의 FE 해석모델은 슬래브에 대하여 바닥판을 생성하지 않고 동일 레벨에 있는 모든 절점을 강막으로 고려하는 다이아프램으로 설정하였으며, 보의 단면을 모델링할 때 편의성에 초점에 두고 시공도면과는 다소 다르게 모델을 작성하는 등 실제 구조물의 조건과 상이한 경우를 발견하였다. 따라서 고유진동수에 영향을 미칠 수 있는 원인을 분석하여 FE 해석모델의 보정방안을 마련함으로써 실제 구조물의 고유진동수를 예측할 수 있는 방안의 수립 필요할 것으로 판단된다.

5. 결론

구조물의 중요한 특성인 고유진동수에 대하여 계측결과와 FE 해석결과의 비교에서 나타난바와 같이 미진동하에서 실제 고유진동수와 FE 해석으로부터 얻은 고유진동수는 상당한 차이를 보인다. 이것은 FE 해석모델이 실제 구조물의 조건과 상이하게 모델링되는 부분이 있기 때문에 실제 구조물의 동적특성과는 다른 결과를 나타내는 것으로 판단된다. 그러나 구조물의 고유진동수를 정확하게 예측할수록 실제구조물의 풍응답 및 지진응답을 정확하게 예측할 수 있고, 이를 바탕으로 구조물량을 정확하게 산정할 수 있으며 부가적으로 진동저감 장치 등의 필요성을 판단할 수 있다. 따라서 실제 구조물의 고유진동수를 정확하게 예측할 수 있도록 FE 해석모델의 보정방안에 관한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부가 주관하고 한국건설교통기술평가원이 시행하는 2007년도 첨단도시개발사업(과제번호:07도시재생B04) 지원 사업으로 이루어진 것으로 이에 감사를 드립니다.

참고문헌

대한건축학회 (2005), 건축구조설계기준, 대한건축학회

김지영 (2000) 초고층 건물 계측 및 FE 해석을 이용한 고유진동수 비교평가, 한국강구조공학회 학회지, v.20, n.1,(48~52)