

환경진동측정을 리용한 □건물의 진동모드결정

김현석, 정송수

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《도로와 다리, 강하천건설에 대한 연구사업도 강화하여야 합니다. 도로와 다리, 강하천건설은 후손만대의 번영을 위한것인것만큼 먼 후날에 가셔도 손색이 없게 과학기술적으로 잘하여야 합니다.》(《김정일선집》 증보판 제11권 42페이지)

건물의 진동모드를 결정하는것은 건물의 지진안정성평가에서 중요한 문제로 나선다.

론문에서는 □건물의 미소진동측정결과를 주파수영역분해(FDD)법으로 해석하여 건물의 진동모드를 결정하였다.

1. 건물의 지진안정성평가를 위한 이론적기초

일반적으로 건물의 모드파라미터결정방법에는 두가지가 있는데 하나는 출력스펙트르의 특이값분해(SVD)를 리용하는 주파수영역방법이고 다른 하나는 시간리력특성을 리용하는 시간영역방법이다.[1-3]

환경진동을 리용한 FDD법은 특별한 가진장치를 쓰지 않고 미소진동측정자료로부터 진동모드파라미터들을 쉽게 얻어낼수 있는 우점을 가지고있다.[2]

주파수영역분해(FDD)법은 기본적으로 복소수모드시함수(Complex Mode Indicator Function-CMIF)방법에 기초하고있다.[2] 연속적인 시간주파수영역에서는 건물의 입력신호 u 와 측정된 출력신호 y 사이에 다음과 같은 관계가 성립한다.[2, 3]

$$G_{yy}(j\omega) = H(j\omega)G_{uu}(j\omega)H^H(j\omega) \quad (1)$$

여기서 $G_{yy}(j\omega)$ 와 $G_{uu}(j\omega)$ 는 각각 출력 및 입력신호의 출력스펙트르밀도(PSD)행렬이며 $H(j\omega)$ 는 주파수응답(FRF)행렬, $H^H(j\omega)$ 는 $H(j\omega)$ 의 복소공역전위행렬이다.

일반적으로 환경진동을 백색잡음이라고 가정하면 식 (1)의 입구출력스펙트르밀도행렬은 상수로 되며 결국 $G_{yy}(j\omega)$ 는 $H(j\omega) \times H^H(j\omega)$ 에 비례하게 된다.[2, 3]

식 (1)을 특이값분해(SVD)하면 출구의 PSD행렬은 모드벡터렬로 된 모드행렬과 기본주파수들로 분해된다.

론문에서는 웰크(Welch)의 방법을 리용하여 출력스펙트르밀도행렬을 얻었다.

건물의 진동모드가 결정되면 층당질량과 층높이로부터 건물에 대한 층당 역세기와 층간변위비를 평가할수 있다.

건물의 층간변위비 δ 는 층변위 u 와 그 층의 높이 h 의 비로 정의된다. 즉

$$\delta = \frac{u}{h} \quad (2)$$

건물의 층당 역세기와 층간변위비를 결정하면 그 건물에 대한 안정성평가를 진행할 수 있다. 실제로 수평역세기가 매우 작은 층이 있으면 그 층에 동적응답이 집중되어 지나친 변형이 생길수 있다.[3]

2. 측정 및 결과분석

지진계는 65형지진수감부(고유주기 1s, 감쇠상수 0.7)를 리용하였으며 예비증폭단에서 신호를 10배로 증폭한 다음 16bit 12통로 상사-수자입력장치(《MP426》)를 리용하였다. 수평방향지진수감부 4대를 매 층에 놓고 10min동안 4개 층진동을 동시에 측정하였다. 표본화주파수는 200Hz로 설정하였다.

실험은 수감부를 각각 1, 3, 5, 7층과 0, 2, 4, 6층에 놓고 두번 진행하였으며 MATLAB의 수자신호처리도구(DSP)를 리용하여 측정자료를 해석하였다.

미소진동자료의 출력스펙트르밀도(PSD)그래프와 주파수영역분해(FDD)법으로 계산하여 얻은 1~2차까지의 수평진동모드들은 그림과 같다.

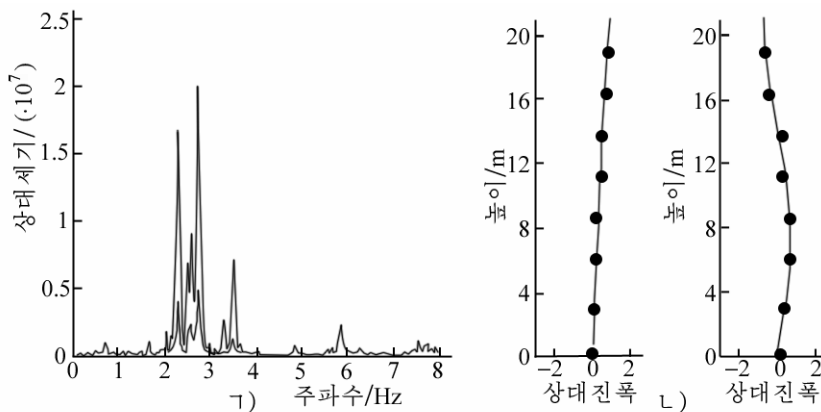


그림. 동서방향 출력스펙트르밀도그래프와 진동모드

가) 출력스펙트르밀도그래프, 나) 진동모드

그림에서 나)의 첫번째는 동서방향 1차, 두번째는 2차수평진동모드이다. 나)에서 점표식은 수감부위치 즉 수감부가 설치된 층을 의미한다.

수감부들사이의 값은 모두 선형보간함수를 리용하여 얻었다.

건물의 지진안정성평가에 리용되는 진동모드는 최소한 1차, 보통 2차까지의 진동모드이므로 여기서 계산한 口건물의 1~2차까지의 진동모드들은 건물의 지진안정성평가에서 기초자료로 리용될수 있다.

맺는 말

口건물의 환경진동측정자료를 주파수영역분해법으로 계산하여 건물의 진동모드를 얻었다. 이 방법은 앞으로 건물의 지진안정성평가에 효과적으로 리용될수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 김명범; 모드해석, 김일성종합대학출판사, 138~139, 186~192, 주체97(2008).
- [2] M. Clotaire et al.; Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 28, 593, 2008.
- [3] O. Piotr et al.; Earthquake Commission Research Foundation, UNI/578, 2013.

주체106(2017)년 9월 5일 원고접수

Estimation of Vibration Modes from Ambient Vibration Recordings of Building □

Kim Hyon Sok, Jong Song Su

From ambient vibration recordings of building □, we computed the modes by Frequency Domain Decomposition. This approach would be useful in estimation of seismic vulnerability of buildings.

Key words: ambient vibration, building, mode