

전달함수를 이용한 이점 가진의 동하중 추정과 진동응답 예측에 관한 연구

Dynamic Force Estimation of Multi-input Force and Prediction of Vibration Responses Using Transfer Function

이선영†·홍갑표*·이성수**·전호민***·채민성****·심보군****

Lee Sunyoung, Hong Kappyo, Lee Sungsoo, Chun Homin, Chae Minsung, Sim Bogun

1. 서 론

최근 반도체 공장과 같은 대형 구조물에서 생산되는 하 이테크 장비는 현대기술에서 중요한 역할을 한다. 구조물에서 이러한 장비는 신뢰성 있는 제품을 생산하고, 그 기능을 수행하기 위해 일정수준 이하의 미진동 환경을 요구한다. 따라서 구조설계의 초기단계에 있어서 진동을 유발하는 가 진원의 동하중을 정확히 예측 할 수 있다면, 가진원이 작용 했을 때 발생하는 진동응답이 진동 규제를 만족시키는데 대한 여부를 알 수 있다.

본 연구에서는 구조물에 작용하는 다점 가진원의 동하중 을 추정하는 방법으로, H형강 보를 대상으로 모델실험을 실시하여 전달함수의 원리를 이용하여 임의의 가진원에 의 해 발생한 진동응답으로부터 동하중을 추정하는 방법을 제 시하였다. 따라서 건축물에서의 진동영향을 예측하여 이에 따른 적절한 대책을 강구하는데 유효한 수단으로 활용하고 자 한다.

2. 본 론

2.1 전달함수

(1) 선형시스템의 입출력관계

선형시스템에서 입력함수와 시스템의 임펄스 응답함수가 주어 졌을 때 두 함수의 컨벌루션 적분에 의해 출력함수를 구할 수 있다. 시간이력 에서 어떠한 계의 입력과 출력을 각각 $f(t)$, $x(t)$ 라 하고, $f(t)$ 및 $x(t)$ 의 푸리에변환을 각각 $F(w)$, $X(w)$ 라 한다. 이들은 모두 주파수 w 의

함수로서 시간영역에서 컨벌루션 적분은 진동수 영역으로 다음과 같이 정리된다.

$$X(w) = H(w)F(w)$$

여기서, $H(w)$ 은 임펄스응답함수 $h(t)$ 의 푸리 에변환을 나타내며 주파수응답함수(frequency response function, FRF)라고 한다.

(2) 전달함수

전달함수법에 의해 가진력을 구하는 방법은 간단히 다음과 같다. 응답 $X(w)$ 는 가진력 $F(w)$ 와 계의 특성 $H(w)$ 의 곱으로 표현된다.

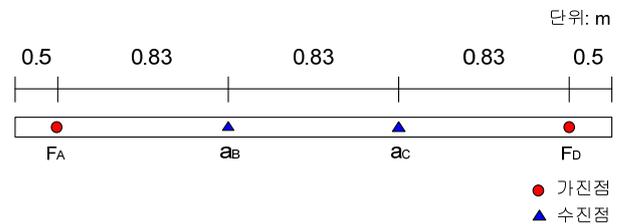
이 계의 특성 $H(w)$ 를 전달함수라 하며 다음과 같이 구할 수 있다.

$$H(w) = X(w)/F(w)$$

3.1 동하중 추정 모델 실험

(1) 전달함수의 계산

임팩트 해머를 가진원으로 사용하고, 전달함수법의 원리 를 이용하여 단일 가진으로 A점 가진 시 B점과 C점의 가속 도값을 측정하여, 각각의 전달함수 H_{AB} 와 H_{AC} 를 구하고, 마찬가지로 D점 가진 시 B점과 C점의 가속도값을 측정하 여, H_{BC} 와 H_{BD} 를 각각 구한다. 여기서 실험체의 H형강은 $100 \times 100 \times 6 \times 8$ 이다.



(2) 동하중 추정 실험방법

두 점 가진에 대한 임의의 동하중 추정을 하기 위하여 4 번의 실험을 실시하였고, 두 점의 가진원은 두 개의 임팩트 해머를 이용하였다. (1)에서 언급한 전달함수 H_{AB} , H_{AC} 그리고 H_{BC} , H_{BD} 를 구하기 위하여 A점과 D점에 각각 가 진을 하여 2번의 실험을 한 후, A점과 D점을 동시에 가진

† 연세대 대학원 건축공학과 석사과정
E-mail : qdbpsy@hotmail.com
Tel : (02) 2123-2787, Fax : (02) 365-4668

* 연세대 건축공학과 교수, 공학박사
** 군산대 건축공학과 부교수, 공학박사
*** 초당대 건축학과 조교수, 공학박사
**** 삼성엔지니어링 기술연구소

하여 2번의 실험을 하였다.

3번째의 실험에서 F_{A3} , a_{B3} , a_{C3} , F_{D3} 를 각각 측정하고 실험의 추정된 가진력을 검증하기 위하여 F_{A3} 의 값은 따로 보관한다. 전달함수의 선형성에 의한 $F_{A3} \times H_{AB}$ 값과 $F_{D3} \times H_{BD}$ 값을 더한 값이 a_{B3} 임을 이용하여 F_{A3} 값을 임의의 동하중으로 놓고, 4번째 실험을 통해 얻은 a_{B4} , a_{C4} 그리고 F_{D4} 의 값을 위의 식에 대입한다. 마지막으로 추정된 F_{A4} 값과 3번째의 실험에서 얻은 F_{A3} 값을 비교하여 동하중이 올바르게 추정되었는지 확인한다.

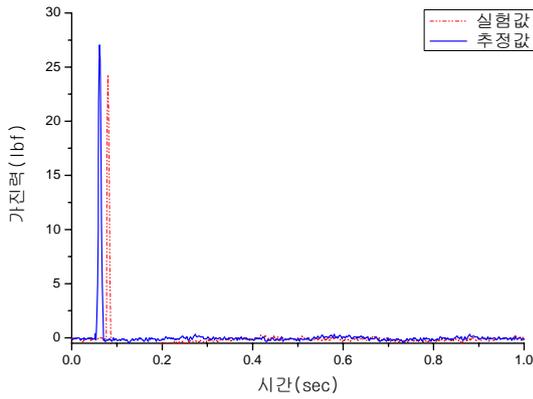


그림 1. F_{A3} 추정값과 실험값의 비교

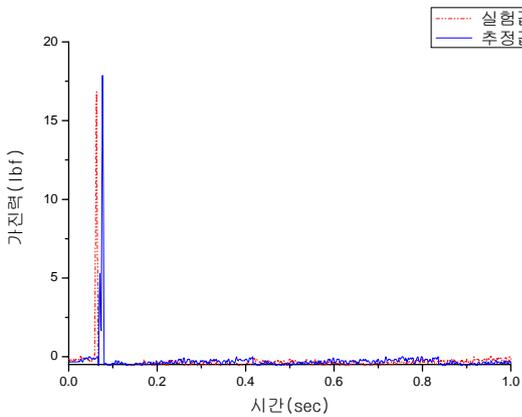


그림 2. F_{D3} 추정값과 실험값의 비교

A점과 D점 동시 가진시 A점의 실험값은 24.3lbf, 추정값은 27.1lbf을 얻을 수 있었고, B점의 실험값은 16.8lbf, 추정값은 17.8lbf이었다. 추정값이 상대적으로 실험값보다 크게 측정되었으나 이것은 동시 가진시 두 임팩트해머의 시간적 오차라 생각된다.

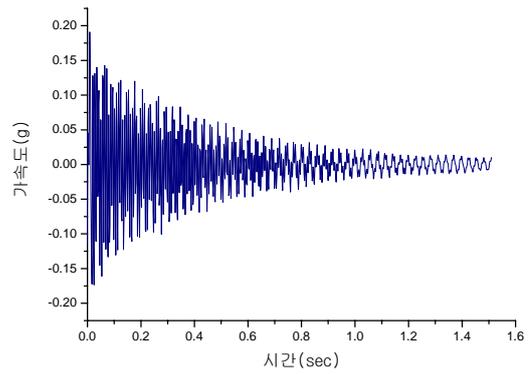


그림 3. A, D점 동시 가진시 a_{B3} 의 가속도값

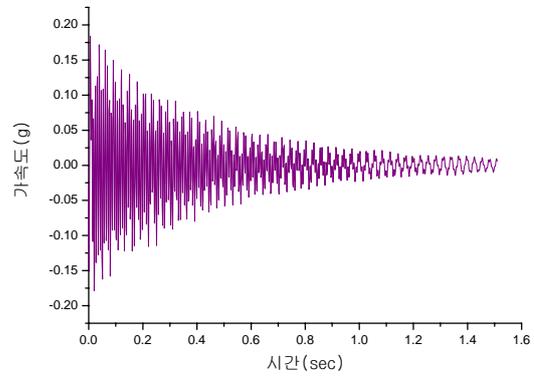


그림 4. A, D점 동시 가진시 a_{C3} 의 가속도값

4. 결 론

본 연구에서는 두 개의 가진원이 응답점과 일직선인 위치에서 동시에 작용했을 때의 가속도값을 측정하고, 전달함수법을 이용하여 임의의 동하중을 추정하였다. 실험값과 추정한 동하중을 비교하였을 때 오차의 범위는 6~10%안에 있었지만, 전체적으로는 비슷한 결과값을 얻을 수 있었다. 이러한 오차는 임팩트해머를 동시 가진 시 기계가 아닌 사람이 동시 가진을 한 것이기 때문에, 가진 시 시간적 차이에 의한 오차라 판단된다.

향 후 연구에서는 실험값과 측정값의 오차에 대한 이론적인 규명 및 다점 가진원과 수신점의 각도에 따른 위치 변화에 따라 전달함수를 계산해보고, 동하중 추정에 관하여 연구할 예정이다. 실험값과 측정값의 오차가 줄어들게 된다면 기계장비나 건물에서 발생하는 다점 가진원의 동하중을 추정하는데 도움이 될 수 있을 것이다.