

진동전달을 기반 진동 기여도 분석의 실험적 검증

Experimental Vrification of Contribution Analysis Based on Transmissibility

김찬중†·이동원*·권성진*·배철용*·이봉현*

Chan-Jung Kim†, Dong-Won Lee*, Seong-Jin Kwon*, Chul-Yong Bae*, Bong-Hyun Lee*

1. 서 론

대상 부품의 설계 파라미터 민감도 해석을 통해 대상 부품의 취약 부위를 알아내거나 혹은 가장 효율적인 설계 변경 위치를 알아내는 방법은 설계 엔지니어에게 수많은 시행착오를 줄여줄 수 있을 뿐만 아니라 최적의 설계안을 제공하는데 필수적인 방법론이다. CAE 해석 모델을 활용한 설계 파라미터 해석 방법은 모든 시스템 특성을 알고 있는 조건에서 계산된 모달 파라미터 혹은 주파수 응답 함수 등을 활용하여 설계 민감도(design sensitivity analysis)를 수행한 후 해석자가 선정한 설계 파라미터에 대한 후보 노드들의 민감도를 비교 평가함으로써 현재까지 많은 공학적 문제에서 좋은 효과를 보여준다. 본 연구에서는 Kim 등이 제안한 전달을 기반 기여도 분석 방법을 실험적으로 검증하기 위해, 간단한 시편을 활용하여 얻어진 실험적 진동 전달을 데이터로부터 제안 방법에 대한 검증을 하고자 한다. 실험 데이터의 경우 해석 모델로부터 알 수 없는 현실적인 불확실 요소들이 포함되어 있기 때문에 제안된 기여도 분석 방법의 신뢰성 검증에 적합하다.

2. 진동 전달을 기반 기여도 분석법 이론 전개⁽¹⁾

시스템의 i 번째 절점과 $i+1$ 절점 사이의 응답 특성을 r_i 와 r_{i+1} 로 각각 표현할 수 있다면, 두 응답 사이의 진동 전달을($T_{i,i+1}$)은 아래 식 (1)로 정의할 수 있다.

$$T_i = \frac{r_{i+1}}{r_i} \quad (1)$$

또한 1차원 상에서 절점 i 에 연관된 2개의 진동 전달을

의 곱을 식 (2)로 표현한다면, V_i 의 변화율인 D_i 는 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$V_i = T_{i-1,i} \times T_{i,i+1} \quad (2)$$

$$D_i = \frac{\dot{V}_i - V_i}{V_i} \quad (3)$$

여기서, \dot{V}_i 는 V_i 가 동적 특성의 변화에 따라 바뀐 진동 전달을 나타낸다. 이와 같은 조건에서 i 번째 절점에서의 기여도는 D_i 의 변화량으로 표현할 수 있으며, 식 (4)와 같다.

$$\frac{d(D_i)}{dz} = \frac{1}{\|V_i\|} \quad (4)$$

여기서, $\|j\|$ 는 복소수 j 의 절대 값을 나타낸다. 또한 본 기여도 분석 개념을 3축 방향으로 확장할 경우 절점 i 에 대한 기여도 결과(C_i)는 아래 식 (5)으로 표현될 수 있다.

$$C_i = \frac{\sqrt{\left(\frac{1}{\|V_{i,x}\|}\right)^2 + \left(\frac{1}{\|V_{i,y}\|}\right)^2 + \left(\frac{1}{\|V_{i,z}\|}\right)^2}}{\sum_{k=1}^N \sqrt{\left(\frac{1}{\|V_{i,x}\|}\right)^2 + \left(\frac{1}{\|V_{i,y}\|}\right)^2 + \left(\frac{1}{\|V_{i,z}\|}\right)^2}} \quad (5)$$

여기서, $V_{i,k}$ 는 k 방향에 대한 절점 i 의 전달율이며, N 은 전체 절점을 개수이다.

3. 단축 시험을 통한 단순 시편의 진동 전달을 획득

Fig. 1은 진동 시험에서 사용된 단순 시편으로써, 같은 방향으로 서로 다른 6 부분에서 진동 데이터를 측정하여 시편 전체의 진동 특성을 최대한 반영할 수 있도록 하였다. 진동 가진기의 스틱거는 Fig. 2와 같이 시편을 상하로 고

† 교신저자; 자동차부품연구원 ICE/EV구동융합연구센터
E-mail : cjkim@katech.re.kr
Tel : (041) 559-3124, Fax : (041) 559-3340

* 자동차부품연구원 ICE/EV구동융합연구센터

정하고 있는 지그의 중앙 부분을 가진할 수 있도록 장치를 구성하였다.

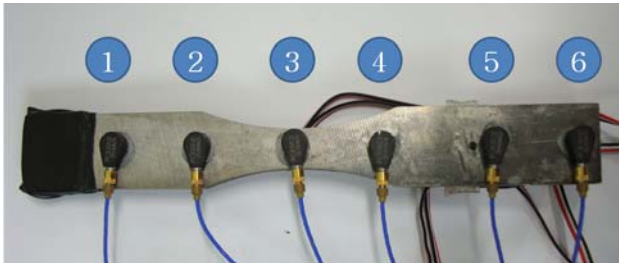


Fig. 1 Configuration of specimen and attaching sensor locations

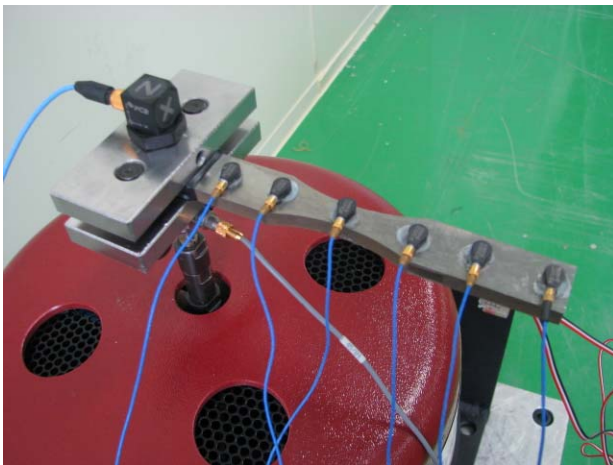


Fig. 2 Configuration of uni-axial vibration testing

본 진동은 10(Hz)에서 2,000(Hz)의 넓은 주파수 대역의 랜덤 파형으로 가진 하였으며, 서로 다른 6 부분의 가속도 데이터는 동시에 측정된 후 기여도 분석 데이터로 활용하였다. 또한 Fig. 2에서 가진 스팅거가 부착되는 지그 부분에 별도의 3축 가속도 센서를 부착하여 가진 진동 성분을 효율적으로 제어하였다.

4 진동 전달을 기반 대상 시편의 기여도 해석

측정된 진동 데이터를 바탕으로 전달을 기반 기여도 해석을 수행하였다. 본 연구에서 활용된 가속도 데이터는 가진 방향이 동일한 방향으로 측정된 가속도 데이터 6개가 활용되었다. 전달을 식의 특성 상 시편의 끝단에 위치한 절점들(#1, #6)의 기여도 특성을 반영되지 않는다. 식 (2)를 활용하여 모든 절점들 간의 진동 전달을 얻어낼 수 있으며, 식 (4)를 활용하여 측정된 모든 주파수 대역에 대해 기여도 분석을 수행할 수 있다. 측정 가능한 모든 주파수 대역 중 진동 측면과 내구성 측면에서 관심이 집중되는 시편의 1차 공진점과 근접한 1920(Hz) 주파수에 대해 기여도 분석을 수행하였다. 아래 Fig. 3은 기여도 분석 결과를 보

여준다.

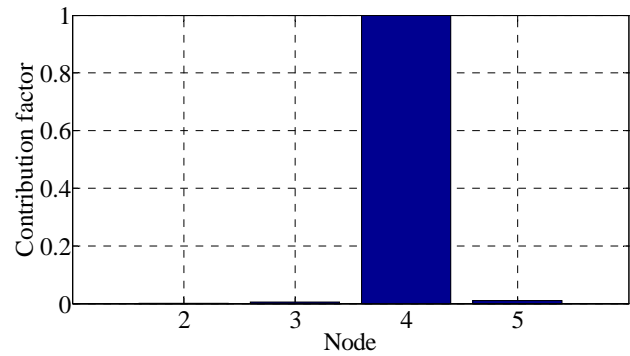


Fig. 3 Result of contribution analysis based on transmissibility data

분석 결과 Fig. 1의 절점들 중 #4의 기여도가 다른 절점들에 비해 월등히 높게 나타났다. 본 연구에서의 기여도 분석 방법이 진동 전달율의 변화율을 기여도 합수로 표현하였기 때문에 노치 부분에 해당하는 #3과 노치의 동적 영향도가 낮은 #5 사이에 위치한 #4의 진동 변화율이 큰 것이 기여도를 높게 한 주요 원인이다.

4. 결 론

본 연구에서는 기 제안된 진동 전달을 기반 기여도 분석 방법을 단축 가진 시험을 통해 얻어진 데이터를 활용하여 적용함으로써 방법론에 대한 실험적 검증을 수행하였다. 노치를 가지는 단순 시편을 활용하여 가진 시험을 수행하였으며, 서로 다른 6 부분에서 측정된 가속도 데이터를 활용하여 진동 전달을 및 기여도 분석에 필요한 변환 데이터를 획득하였다. 기여도 분석 결과, 동적 변화가 가장 크게 발생하는 시편의 절점 위치에서 기여도가 가장 크게 계산되었으므로 제안된 기여도 분석 방법은 충분한 타당성을 가진다.

후 기

본 연구는 자전거산업육성사업(과제명 : 자전거용 변속기 내장형 기어허브 개발)의 연구 성과물로서 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고 문헌

(1) C. J. Kim, C. Y. Bae, D. W. Lee, B. H. Lee, H. C. Kim, "Contribution analysis using transmissibility of a vibration path", Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference, pp. 602-603, 2008.