

진동 전달율에 기반한 기여도 분석 방법

Contribution analysis using transmissibility of a vibration path

김찬중†·배철용*·이동원*·이봉현*·김현철*

C.J. Kim, C.Y. Bae, D.W. Lee, B.H. Lee and H.C. Kim

Key Words : Contribution analysis(기여도 분석), Transmissibility(전달율), 5-DOF system(5자유도계 시스템), Variation(분산), Vibration path(진동 전달 경로),

ABSTRACT

The design modification of problematic component in a given vibration path is disallowed in order to sacrifice other performances such as ride comfort or handling of a vehicle. For this, the paper presents a new contribution analysis based on transmissibility ratio (TR) of acceleration in a definite vibration path to find a proper candidate for design modification. The new contribution analysis is based on the fact that the sensitivity of TR over a small design change is inversely proportional to the magnitude of TR. The new methodology can significantly relieve efforts of time-consuming modal analysis for detail modal information. The theory of proposed contribution analysis is simulated with five-degree-of-freedom open vibration path and confirms that the contribution result is well matched with the variance of TR over a dynamic change on a vibration path.

1. 서론

기여도 분석 방법은 목적하는 물리적 현상에 대한 기여도가 높은 부품을 밝히는 것으로, 복잡한 대상 시스템을 직접적으로 다루어야 하는 수고를 보다 단순한 부분으로 한정하도록 도와주기 때문에 공학적인 가치가 높다. 특히 기여도가 높은 하위 부분은 대상 물리량에 매우 민감하기 때문에 동일한 설계 변경에 대해서 전체 시스템의 동적 거동이 매우 급격하게 변화되기 때문에 최소한의 설계 변경을 요구하는 공학적 문제의 접근에 유용하다.

본 논문에서는 명확하게 진동 전달 경로가 규명된 시스템의 기여도 분석을 수행하는 새로운 방법론을 제시하였다. 진동 전달 경로의 사전 지식을 활용하기 위해, 전달 경로상의 진동 전달율(transmissibility) 데이터들을 활용하여 해당 경로상의 절점들의 기여도를 분석하도록 고안되었다. 여기서 언급된 기여도는 규명된 진동 전달 측면의 기여 정도로서, 최소의 설계 변경으로 원하는 진동 측면의 개선을 구현하는데 효과적이다. 또한 새로운 방법론은 측정된 가속도 데이터만을 활용하여 기여도 분석을 수행한 바, 기존의

MPF 방법들과 같이 모달해석을 통해 모달 파라미터 등을 추출해야 하는 과정이 불필요하다. 새로운 기여도 분석 방법을 증명하기 위해 5자유도계 모델로 구성된 진동전달 경로 해석을 수행하여 동일한 설계 변경에 따른 전달 경로의 변화된 동특성을 알아보았다.

2. 진동 전달율을 활용한 기여도 분석

2.1 기여도 분석 방법

단순한 1차원 진동 전달 경로에 소속된 단일 절점은 연결된 전후의 절점들 간의 관계로부터 진동 전달율을 계산할 수 있다. 주파수 영역에서 진동 전달율은 크기와 위상을 가지는 복소수로 표현되며, i 번째 노드에서의 진동 전달율을 $i-1$ 과 $i+1$ 의 노드점에서의 가속도를 활용하여 표현할 수 있다. 만약 이 진동 전달율이 진동 경로의 변화에 의해 대응하여 변화가 발생한다면 기존의 복소수와 변화된 복소수의 상대적인 차이로 나타낼 수 있다. 이 수식의 변화율은 i 번째 노드의 크기와 위상의 변화에 대한 편미분으로 표현할 수 있으며 도출된 식은 전달율의 크기에 반비례하는 식으로 나타난다. 그러므로 진동 전달 경로상의 각 노드의 기여

† 김 찬 중; 자동차부품연구원
E-mail : cjkim@katech.re.kr
Tel : (041) 559-3124, Fax : (041) 559-3070

* 자동차부품연구원

도는 진동 전달율의 크기에 반비례함을 알 수 있다. 진동 전달 경로를 3차원으로 확대한 경우에도 편미분이 각각의 독립적인 방향에 대해 동일하게 적용되기 때문에 각 방향의 전달율에 반비례함이 유추된다. 최종적으로 각 축의 방향성을 강조하여 2-놈(2-norm)으로 하나의 지수로 표현할 수 있으며 이 값이 최종적인 i 번째 노드에서의 기여도이다.

2.2 5자유도 진동 전달 경로 모의시험

새로운 기여도 방법을 검증하고자 5자유도 진동 전달 경로를 구성하였으며 Fig. 1과 같다. 여기서, 모든 질량 값은 100(kg), 감쇠 값은 10(Nm/s) 그리고 강성 값은 100,000,000(N/m)이다.

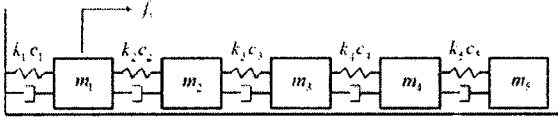


Fig. 1 Simple vibration path with 5-DOF

이 5자유도계가 m_1 부분에서 기인한 진동의 전달경로와 일치한다고 가정한다. 본 조건에서 얻어진 각 절점의 진동 전달율은 Fig. 2와 같다.

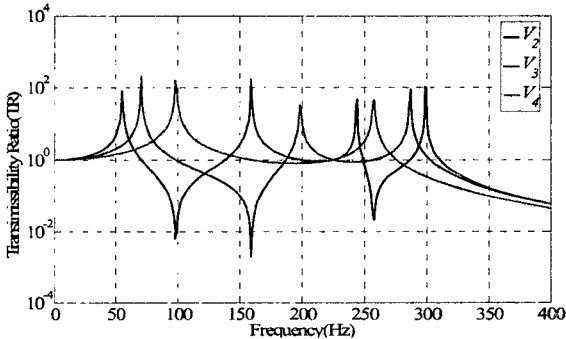


Fig. 2 Spectra of TRs on the vibration path

여기서, V_i 는 절점 i 에서의 진동 전달율이다.

2.3 5자유도 진동 전달 경로 모의시험 결과

Fig. 2에서 각 노드의 진동 전달율이 계산되었기 때문에 새로운 기여도 방법을 통한 해석이 가능하다. 5자유도 진동 전달 경로에 대해 기여도 해석을 수행하였으며, 기여도 결과를 Fig. 3에 도시하였다.

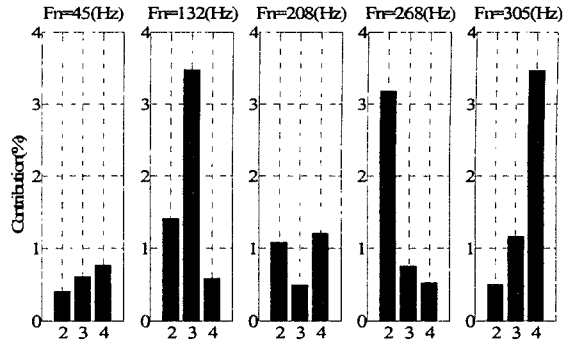


Fig. 3 Proposed contribution analysis result

진동 전달 경로가 각 노드의 설계 변경에 대해 변화되는 정도를 확인하고자 각 노드의 전달율 크기를 -0.05에서 0.05까지 변화시키면서 초기 값에 대한 변화를 분산(variation)으로 계산하여 Fig. 4에 도시하였다.

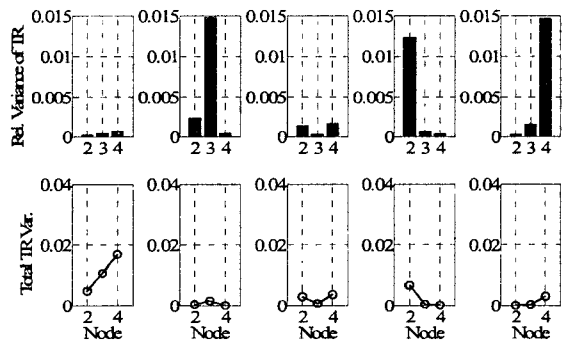


Fig. 4 Simulation result of a vibration path

Fig. 4의 모의시험 결과로부터 Fig. 3의 기여도 해석 결과가 분산으로 표현된 변화율과 일치함을 확인할 수 있다.

3. 결 론

대상 시스템의 진동 성능을 향상시키기 위해 허락된 자유도가 매우 제한되어 있으나 진동 전달 경로가 명백한 문제에 대응하고자 새로운 기여도 분석 방법을 제시하였다. 전달율의 변화로 표현된 기여도 지수로부터 전달율의 크기에 반비례하는 기여도의 수식을 도출하였다. 본 기여도 방법을 검증하고자 5자유도 모델의 진동 전달 경로를 구성하였으며, 각 절점의 미소 변화에 대해 진동 전달 변화량을 살펴보았다. 분산으로 표현된 동적 거동의 변화가 기여도 결과와 일치함을 확인하였다.