

모달테스팅을 위한 기여도 함수값에 대한 실험적 고찰

An Experimental Study of Coherence Value for Modal Testing

박미유[㉠] · 한형석* · 이민재* · 황원우**

Mi-You Park, HyungSuk Han, MinJae Lee, Won-Woo Hwang

대하여 고찰해 보고자 한다.

1. 서 론

구조물의 고유진동수(Natural Frequency)나 모드형상(Mode Shape), 주파수응답함수 (FRF : Frequency Response Function)를 구하기 위하여 실시하는 모달테스팅에 있어서 측정된 데이터의 신뢰성을 가름하는 가장 중요한 기준으로 쓰이는 것이 기여도 함수값(Coherence Value)이다. 기여도 함수값은 두 신호 사이의 선형성 정도를 나타내는 지표로서 0~1의 값을 가지게 되는데, 1에 가까울수록 두 신호 사이의 선형 종속성이 크다는 것을 의미하게 되며, 같은 지점에 있어서 행해지는 몇 번의 평균 과정에서 1에 가까운 값을 갖도록 실험이 행하여진다. 하지만 이러한 기여도 함수값이 과연 어느 정도 값을 가져야 하는지에 대해서는 실험자 사이에 이견이 있는 것이 현실이다.

또한 함정의 경우, 수중방사소음 (URN : Underwater Radiated Noise)의 저감을 위하여 함정의 엔진이나 감속기어, 해수/소화 펌프 등의 각종 장비에는 탄성 마운트 등이 쓰이게 되는데 이러한 마운트의 성능을 보장하기 위하여 위 장비의 받침대는 일정 수준 이상의 임피던스 값을 갖도록 하는 것이 요구되고 있다. 따라서 현재 위 주요 장비 받침대의 임피던스 값을 구하는 실험이 행해지고 있는데 함정에 있어서 현재는 기여도 함수값이 공진점(Resonance Point) 이외에 반공진점(Anti-Resonance Point)을 포함한 모든 영역에서 0.98 이상이 되도록 요구하는 등, 기여도 함수값을 과중하게 제한함으로써 실험 자체가 어렵게 되고 있는 실정이다.

따라서 본 논문에서는 간단한 평판을 대상으로 기여도 함수값이 다른 경우에 대하여 실험을 하여 그 결과를 비교함으로써 기여도 함수값에 따른 주파수응답함수의 변화와 특성과 함께, 모달테스팅을 위한 적절한 기여도 함수값에

2. 기여도 함수값(Coherence Value)

기여도 함수(Coherence Function)는 두 신호의 자기스펙트럼(Auto-Spectrum)과 상호 스펙트럼(Cross-Spectrum) 사이의 함수로서 다음과 같이 정의된다.

$$\gamma_{12}^2(f) = \frac{|G_{12}(f)|^2}{G_{11}(f) \cdot G_{22}(f)}$$

여기서 아래첨자 1,2는 각각의 신호 1,2를 의미하는 것으로서, 기여도 함수값은 0~1의 값을 가지게 되며, 1에 가까울수록 두 신호 사이의 선형 종속성이 크다는 것을 의미하게 된다.

이러한 기여도 함수값은 모달테스팅과 같은 구조물의 모드 실험 데이터를 얻는 실험에 있어서 측정된 데이터의 신뢰성을 가름하는 중요한 기준으로 쓰이고 있는데, 한 지점에 있어서 행해지는 몇 번의 평균 과정에서 1에 가까운 값을 갖도록 실험이 행해지고 있는 상황이다. 하지만 이러한 기여도 함수값이 과연 어느 정도의 값을 가져야 하는지에 대해서는 실험자 간에 주장하는 값이 0.8~0.98로 그 폭이 다소 광범위한 상황이며, 공진점(Resonance Point)과 반공진점(Anti-Resonance Point)에서도 기준으로 삼은 기여도 함수값 이상이 나와야 하는지에 대해서도 이견이 있는 상황이다.

실험을 행함에 있어서 기여도 함수값에 영향을 주는 가장 큰 인자는 여러 번 행해지는 가진에 있어서 정확히 같은 지점을 가진하는지와 가진하는 각도로 알려져 있다. 즉, 임팩트 해머(Impact Hammer)를 이용하여 가진을 할 경우, 가진하는 순간 미세하게 조금씩 다른 지점을 가진하게 되는데 이 경우 기여도 함수값이 나빠지게 되며 특히 반공진점 영역에서 그 값이 크게 나빠지는 것으로 알려져 있다. 한편 임팩트 해머를 이용한 가진에 있어서 기여도 함수값에 많은 영향을 주는 또다른 인자는 가진하는 각도이다. 해머를 손으로 들고 가진하게 되는 경우 가진하는 순간 손이 조금씩

㉠ 교신저자; 국방기술품질원 함정센터
E-mail : hanhim@dtqa.re.kr
Tel : (051) 750-2553, Fax : (051) 758-3992

* 국방기술품질원 함정센터

** STX조선해양

움직이게 됨으로써 해머가 가진점을 때리는 입사각이 조금씩 변하게 되는데 이러한 각도의 변화도 기여도 함수값을 나쁘게 만드는 것으로 알려져 있다.

일반적으로는 가진점의 변화에 의한 기여도 함수값의 변화가 각도의 변화에 의한 기여도 함수값의 변화보다 더 크게 영향을 주는 것으로 알려져 있다.

3. 실험 및 결과

3.1 대상 구조물 및 실험 장치

기여도 함수값에 따른 영향을 알아보기 위하여 Fig.1에서와 같이 평판에 대하여 실험을 실시하였다.

60cm X 60cm X 5mm인 크기의 평판을 대상으로 하였으며 네모서리는 패킹고무로 지지를 하였다. 평판의 중앙에 가속도계를 놓고 측정을 하였으며 가진은 중앙에서 네변으로 1/3되는 지점을 가진하였다. 가진시 3번 평균을 하여 가진하며 가진점을 약간씩 다르게 가진토록 변화를 줌으로써 기여도 함수값을 변화시켰다. 가진은 6kHz까지 가진을 하였으나 1kHz~2kHz를 대상주파수로 삼았다.

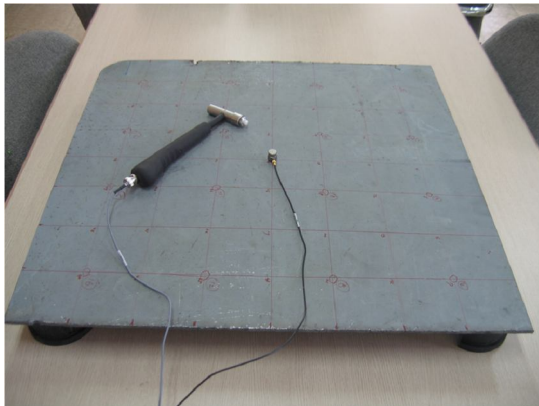


Fig. 1 Test Plate and Experimental tool

3.2 실험 결과

대상주파수 대역을 1kHz~2kHz로 놓고 기여도 함수값을 1, 0.98, 0.95, 0.9, 0.85, 0.8로 변화를 시켜가면서 각각의 기여도 함수값에 따른 주파수응답함수의 값을 구해보았다.

논문의 지면관계상 다양한 그래프를 첨부하지는 못하였으나 대상주파수 대역 모두에서 전체적으로 의도한 기여도 함수값을 얻을 수는 없었지만 전반적으로 의도한 값을 갖을 수 있도록 노력하였다. Fig.2와 Fig.3는 그 중 기여도 함수값에 따른 주파수응답함수의 변화를 알 수 있는 1250Hz~1400Hz사이의 값을 도시해 본 것이다.

Fig 2, 3에서와 같이 주파수응답함수는 기여도 함수값의 변화에 따라 다르게 나타났는데, 전반적으로 기여도 함수값이 0.9 이상인 경우 그 변화는 적음을 알 수가 있었다. 또한, 알려진 바와 같이 기여도 함수값이 나쁘더라도 대상주

조물의 공진주파수는 큰 변화가 없었으나 반공진주파수는 기여도 함수값의 변화에 따라 크게 변함을 알 수 있었다. 이는 공진주파수가 대상구조물의 거시적인(Global) 특성을 나타내기 때문이다.

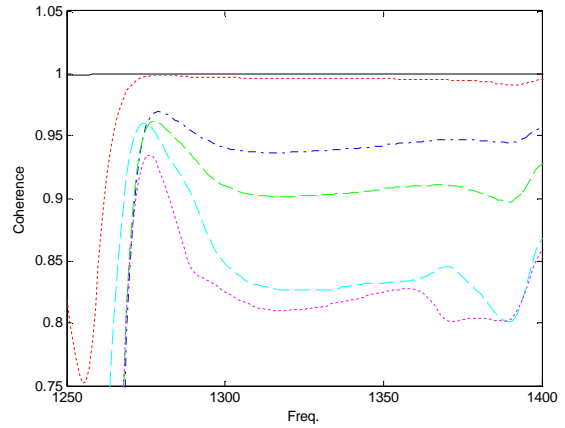


Fig. 2 Coherence Value

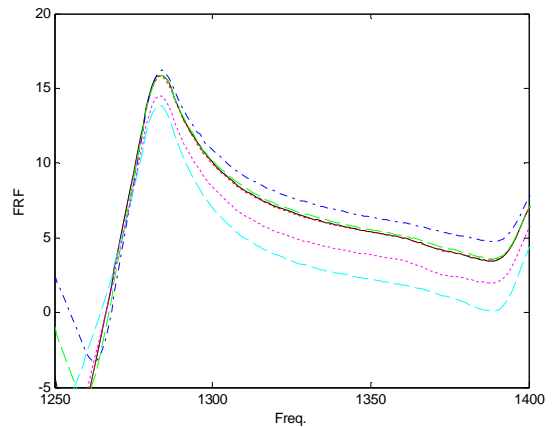


Fig. 3 Frequency Response Function Value

4. 결 론

본 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 모달테스팅을 실시하는 경우 신뢰성 높은 데이터를 얻기 위해서는 기여도 함수값이 0.9 이상이 되도록 할 필요가 있다.
- (2) 주파수응답함수에 있어서 공진주파수 값은 기여도 함수값에 큰 영향을 받지 않으나, 반공진주파수는 기여도 함수값에 크게 영향을 받는다.