

## 구조물의 임피던스 측정기법 고찰

### A Investigation on the Measurement Method for Impedance of Structure

서영수†·김재호·정우진·전재진\*

Seo Young Soo, Kim jae ho, Jung woo jin and Jeon jae jin

#### 1. 서 론

현재 합정을 개발하고 있는 각 나라는 방사소음을 줄이기 위하여 많은 노력을 하고 있다. 합정의 방사소음은 다양한 소음원에 의해서 발생하며 이중에서 저속으로 운항시 합정 내부 기계류에 의하여 합정의 선체를 가진하여 합정 외부의 수중으로 방사되는 방사소음을 감소시키는 것이 필요하다. 이를 위하여 합정 내부 기계류의 가진에 의한 선체 진동을 줄이기 위하여 마운트를 이용하고 있다. 따라서 기계류에 의한 진동이 마운트를 통해서 선체에 전달되기 때문에 마운트가 설치되는 선체 부위의 진동 전달특성인 mobility 또는 impedance를 파악하는 것이 중요하다.

마운트가 설치되는 위치의 진동 전달특성은 방사소음에서 주로 이용되는 1/3 octave band 형태로 사용하는 것이 편리하며 진동의 전달 특성을 살펴보기 위해서는 narrow band의 데이터로부터 1/3 octave band 형태로 산출하는 것이 필요하다. 그리고 합정에서 마운트는 일정한 크기의 영역에 설치된다. 실험을 통해서 구한 여러 점의 임피던스를 마운트가 설치되는 영역을 대표하는 하나의 임피던스로 나타내기 위해서는 여러 점의 측정결과를 평균화할 필요가 있다.

본 논문에서는 여러 점에서 측정된 mobility 또는 impedance를 하나의 대표값으로 나타내기 위하여 산술평균과 파워평균한 결과를 서로 비교하였다. 그리고 impedance 설계 기준과 비교하기 위하여 mobility의 역수를 취한 값과 직접 impedance의 신호로 획득한 값과 서로 비교하여 어떤 값을 사용하는 것이 타당한지에 대해 실험을 통하여 설명하였다.

#### 2. 본 론

#### 2.1 Mobility와 impedance의 평균값 산출

유한한 면적을 가지고 있는 부분의 point mobility 혹은 point impedance를 하나의 값으로 나타내기 위해서는 여러 점의 측정값을 평균하여 나타낼 필요가 있다. 측정된 narrow band의 mobility 또는 impedance를 평균하기 위하여 자연대수의 산술평균(AA: Arithmetic Average)과 파워평균(PA: auto Average)을 이용하였을 경우 각각의 값들의 문제를 살펴보기 위하여 산술평균과 파워평균을 수식으로 나타내었다.

Narrow band에서 mobility와 impedance의 평균값을 구하기 위하여 자연대수의 산술평균과 파워평균을 이용하였다.

$$[M(F, V, \omega)]_{AA}^{dB} = AA[M(F, V, \omega)] = \frac{\left( \sum_{i=1}^N 10 \text{Log}(V_{auto,i}(\omega)) \right) / N}{\left( \sum_{i=1}^N 10 \text{Log}(F_{auto,i}(\omega)) \right) / N} \quad (1)$$

$$[M(F, V, \omega)]_{PA}^{dB} = PA[M(F, V, \omega)] = 10 \text{Log} \left( \frac{\left( \sum_{i=1}^N (V_{auto,i}(\omega)) \right) / N}{\left( \sum_{i=1}^N (F_{auto,i}(\omega)) \right) / N} \right) \quad (2)$$

여기서  $[M(F, V, \omega)]_{AA}^{dB}$ 는 힘(F)과 속도(V), 각각의 auto-spectrum에서 산술 평균을 이용하여 구한 mobility를 나타내고  $[M(F, V, \omega)]_{PA}^{dB}$ 는 파워 평균을 이용하여 구한 mobility를 나타내고 N은 평균값을 구하기 위한 측정 점의 수이다. Narrow band의 mobility와 impedance를 이용하여 1/3 octave band의 mobility와 impedance를 구하기 위하여 다음의 방법을 사용하였다.

$$[M_{AA}(F, V)]_{1/3} = 10 \text{Log} \left( \frac{\sum_{j=\omega_l}^{\omega_u} 10 \frac{[M(F, V, j)]_{AA}^{dB}}{10}}{BW} \right) \quad (3)$$

$$[M_{PA}(F, V)]_{1/3} = 10 \text{Log} \left( \frac{\sum_{j=\omega_l}^{\omega_u} 10 \frac{[M(F, V, j)]_{PA}^{dB}}{10}}{BW} \right) \quad (4)$$

여기서  $\omega_l$ 는 1/3 octave band의 하한 주파수이고  $\omega_u$ 는 상한 주파수이다.

† 교신저자; 국방과학연구소  
E-mail : sys@add.re.kr  
Tel : (055) 540-6343, Fax : (055) 542-3737

\* 국방과학연구소

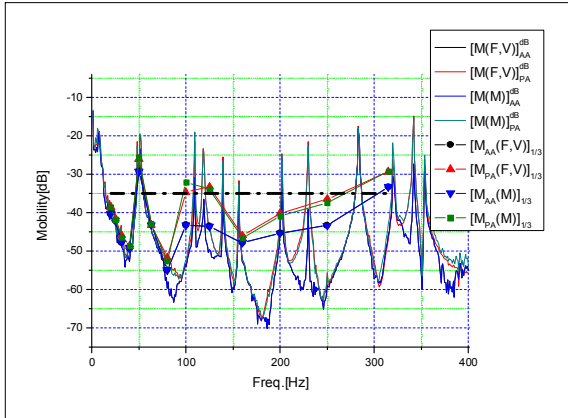


그림 1. Comparison of arithmetic and power average of mobilities in 1/3 octave band

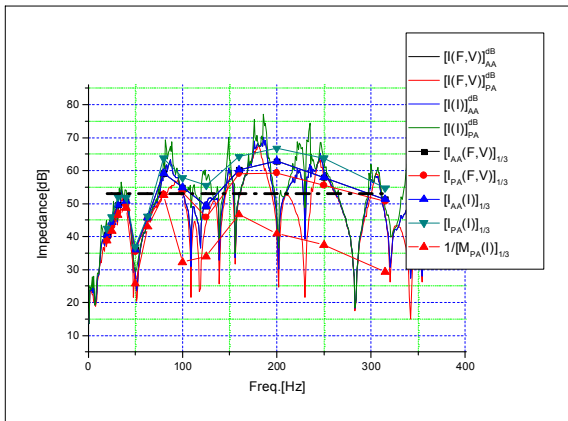


그림 2. Comparison of arithmetic and power average of impedance in 1/3 octave band

## 2.2 실험 결과

그림 1은 1/3 octave band에서의 mobility의 평균을 나타낸다. 그림을 보면  $[M_{AA}(M)]_{1/3}$ 는 전달함수로 구한 mobility의 산술평균을 나타내며  $[M_{AA}(F, V)]_{1/3}$ 과  $[M_{AA}(M)]_{1/3}$ 로 구한 값은 서로 일치한다. 이는 narrow band의 값이 같으므로 당연할 결과이다. 그리고  $[M_{PA}(F, V)]_{1/3}$ 와  $[M_{PA}(M)]_{1/3}$ 로 구한 값도 거의 같은 결과 값을 나타내고 있다. 그러므로 narrow band의 mobility를 1/3 octave band로 합성할 경우 힘과 속도의 auto-spectrum과 전달함수인 mobility 중 어느 것을 사용하여도 큰 차이가 없다.

산술평균과 파워평균한 결과를 비교해 보면 산술평균값이 파워평균값에 비해 작게 나타나고 있다. 만일 그림 1에서 검은 점선이 mobility 설계기준이라고 하면, 산술 평균한 값은 구조물의 동특성을 제대로 표현하지 못하고 설계기준을 만족하고 있다. 그러나 파워 평균으로 구한 값은 구조물의 동특성을 제대로 반영하여 100Hz 부근에서 설계기준을 초과하고 있다. 따라서 파워 평균으로 구한  $[M_{PA}(F, V)]_{1/3}$ 와  $[M_{PA}(M)]_{1/3}$ 로 구한 1/3 octave

band 값을 설계 기준과 비교하는 것이 타당해 보인다.

그림 2는 impedance의 평균한 결과를 나타내고 있다. 그림을 보면  $[I_{AA}(F, V)]_{1/3}$ 과  $[I_{AA}(I)]_{1/3}$ 로 구한 값은 서로 일치한다. 이는 mobility의 경우와 같은 결과로 narrow band의 평균값이 서로 같기 때문이다. Narrow band에서 공진 점이 많은 영역일수록 각각의 방법으로 구한 값들이 많은 차이를 보이고 있다.

Impedance의 경우 narrow band의 값을 1/3 octave band의 값으로 합성을 하게 되면 공진 부분의 영역이 넓어져서 1/3 octave band로 합성한 값이 크게 나타난다. 따라서 impedance를 이용하여 구한 1/3 octave band 값은 모두 과대평가 된다. 그러나 mobility의 파워 평균으로부터 구한 1/3 octave band의 역수( $1/[M_{PA}(M)]_{1/3}$ )를 이용하여 구한 값을 이용하면 가장 작은 값을 얻을 수 있다. 만일 그림에서의 검은 점선이 설계 기준이라고 가정하면 impedance는 설계기준을 만족하기 위해서는 기준보다 큰 값을 가져야 한다. 따라서  $1/[M_{PA}(M)]_{1/3}$ 로 구한 값을 설계 기준과 비교하면 엄격한 설계가 될 것이다.

## 3. 결 론

마운트가 설치되는 위치에서의 적절한 impedance 값을 가지도록 하는 것은 마운트가 제 성능을 발휘하기 위한 기본적인 조건이다. 따라서 마운트 설치위치의 impedance를 측정하는 것이 필요하며 이를 합성 설계에서는 주로 1/3 octave band 값으로 환산하여 사용하게 된다. 본 논문에서는 1/3 octave band의 impedance를 구하는 방법들에 대하여 고찰한 결과 다음과 같은 결론들을 얻을 수 있었다.

- (1) 힘과 속도, 각각의 auto-spectrum의 비로 구한 1/3 octave band 값은 mobility와 impedance가 서로 역수 관계를 만족하는 특성을 나타낸다.
- (2) 전달함수인 mobility와 impedance로부터 1/3 octave band로 구한 값은 서로 역수관계가 성립하지 않는다.
- (3) Mobility의 경우 힘의 auto-spectrum이 같을 경우 힘과 속도, 각각의 auto-spectrum의 비로 구한 1/3 octave band의 값과 전달함수를 이용하여 구한 1/3 octave band의 값은 서로 같다.

따라서 impedance의 1/3 octave band 값은 힘과 속도, 각각의 auto-spectrum의 비로 구하거나 mobility로 구한 1/3 octave band 값의 역수를 사용해야 한다. 또한 mobility와 impedance의 평균을 구하기 위하여 자연대수의 산술 평균을 구하면 구조물의 동특성 파악이 어려우며 파워 평균을 이용하는 것이 구조물의 동특성을 잘 표현할 수 있다.