

# 선박용 냉동기 받침대의 임피던스해석

## Impedance analysis of chiller foundation for ships

김현실\*, 김봉기(한국기계연구원), 이두호(동의대), 이경덕, 변정우(현대중공업)

Hyun-Sil Kim, Bong-Ki Kim (KIMM), Dooho Lee(Dong-Eui Univ.)

Kyung Deog Lee, and Byun Jeong Woo (HHI)

**Key Words** : Impedance(임피던스), chiller(냉동기), foundation(받침대)

### ABSTRACT

In this paper, impedance of the chiller foundation for ships is studied by using FEM and prediction is compared to measurements. Small and medium weight hammer are used to cover high and low frequency ranges in impedance measurements. Comparison shows that measurement and prediction is in good agreement in which coherence is higher than 0.98 for the frequency ranges of 40-50 Hz to 1600 -2000 Hz.

### 1. 서론

선박의 디젤엔진, 감속기어, 펌프 등 주요 장비는 대부분 탄성지지하는데 마운트를 설치하는 받침대의 강성이 충분히 커야 탄성마운트의 효과가 있다[1]. 이론적으로는 장비를 지지하는 바닥구조의 강성을 무한대로 가정하지만 실제의 장비 받침대는 유한한 강성을 갖는다. 특히 선박의 경우는 받침대가 앵글구조로 되어 있어서 선체 바닥이나 측면에 고정하며 높이가 0.5 m - 2 m에 이르는 경우가 많으며 받침대의 유연한 거동을 무시할 수 없는 상황이다. 해양조사선, 함정 등 수중소음이 중요한 선박에서는 주요 장비의 고체음전파를 감소시키고자 탄성마운트설치 등 많은 노력을 기울이고 있는데 장비 받침대의 효율적인 설계가 매우 중요한 요소로 대두되고 있다. 특히 주추진 관련장비의 고체음(Structure-borne Noise)은 받침대를 타고 선체에 전파하여 선체외벽(hull)을 가진시켜 수중에 소음을 발생하는데 이는 저속에서

수중방사소음의 중요한 원인이 된다.

본 연구에서는 선박에 사용되는 냉동기의 받침대에 대해 FEM 해석을 수행하여 임피던스 값을 예측하였고 이를 측정된 결과[2]와 비교하였다.

### 2. 임피던스측정

본 논문에서 고려한 선박의 냉동기실에는 Fig. 1처럼 냉동기가 2대 있으며 No.2 냉동기를 해석하였다. 임피던스 측정은 다음 해머(hammer)를 사용하였다.

(1) B&K impact hammer 8202 (고주파수용)

- Force range (steel tip) : 500 - 5000 N
- Frequency range: 0 -4000 Hz
- Sensitivity: 1.02 pC/N
- Weight: 434 g (hammer + added mass + steel tip)
- Accelerometer: : B&K 4384 (1.0 pC/ms<sup>-2</sup>)

(2) PCB Model 086D20 hammer (저주파수용)

- Frequency range: 0 - 700 Hz (medium tip)
- Weight: 2.4 lb (1.1 kg)

\* 한국기계연구원 음향.소음팀, hskim@kimm.re.kr

- Sensitivity: 0.23 mV/N



Fig. 1 No.1 & 2 chiller

임피던스는 다음과 같이 정의된다.

$$Z = F / V$$

여기서 F = Impact force, V = velocity이며 임피던스 측정결과는 다음과 같이 표시하였다.

$$L_Z = 20\log(|Z/Z_0|) \text{ in dB}, Z_0 = 1Ns/m$$

힘은 임팩트 해머로부터 측정가능하나 속도는 측정하기가 어려우므로 가속도계(accelerometer)를 사용하여 가속도  $a$ 를 측정한 후  $V = a/2\pi f$ 를 이용하여 임피던스를 구한다.

$$L_Z = 20\log(2\pi f) - 20\log(|a/F|)$$

측정시 최소 3회 이상 가진하여 coherence가 0.98이상 되도록 하였다. Coherence와 Innertance  $20\log(|a/F|)$ 는 narrow band로 1 Hz 간격으로 측정하였다.

Fig. 2는 받침대 형상을 보여주며 Fig. 3은 마운트 위치를 보여준다. Fig. 4(a)와 (b)는 작은 hammer 및 큰 hammer를 사용한 측정모습을 보여주며 Fig. 5는 가진위치와 가속도계 부착위치를 나타내며 각 마운트의 임피던스는 4개 측정 point에서의 값의 평균을 취하였다.

Fig. 6은 No.1-4 마운트의 임피던스 측정값을 보여준다.



Fig. 2 Foundation

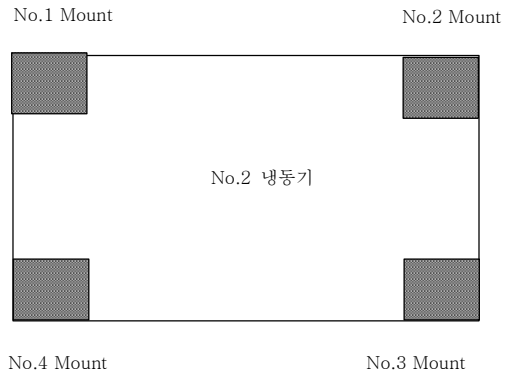


Fig. 3 No.2 chiller mount



(a)



(b)

Fig. 4 임피던스 측정모습

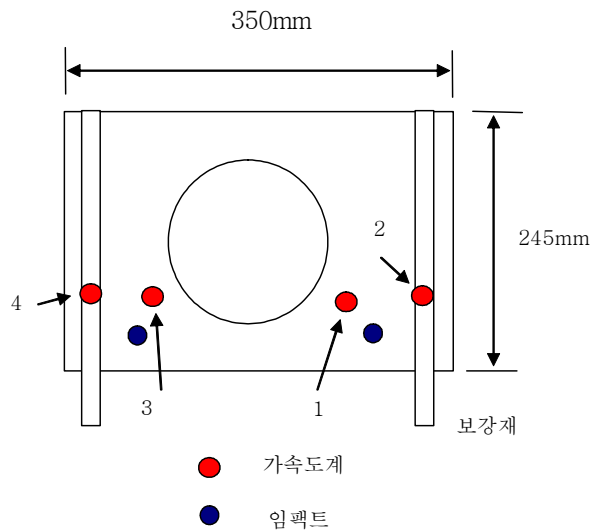


Fig. 5 Location of accelerometers and excitation

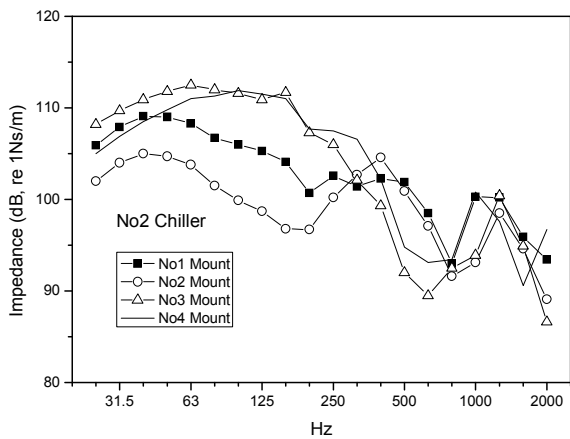


Fig. 6 Impedance measurement of No.2 chiller

### 3. FEM을 이용한 임피던스해석

냉동기 받침대의 유한요소 해석시 유한요소 크기의 영향과 모델링 영역의 영향을 알아보기 위하여 총 5가지의 모델을 사용하였다. 유한요소 모델은 받침대의 평균 두께를 기준으로 두께의 0.5, 1, 2, 4배를 요소크기 기준으로 하고 쉘 요소를 사용하여 받침대를 요소 분할한 모델을 준비하였다. 또, 유한요소 모델링 영역의 영향을 살피기 위하여 받침대 주변의 좀 더 작은 영역을 모델링 한 모델을 작성하였다. 냉동기 받침대 임피던스 해석을 위한 유한요소 해석 모델의 종류를 Table 1에 정리하였고 한 가지 모델을 Fig. 7에 보였으며 Fig. 8에는 하부구조를

포함한 모델을 보였다.

Table 1. FEM model for No.2 chiller foundation

모델명	절점수	해석시간	비고(Top Plate)
FE0.5	20046	12h 2m	t*0.5( 10mmX10mm)
FE1	8342	3h 26m	t*1.0( 20mmX20mm)
FE1b	6454	2h 9m	FE1과 동일하나 모델링 영역 축소
FE2	5371	1h 58m	t*2.0( 40mmX40mm)
FE4	3627	1h 8m	t*4.0( 80mmX80mm)

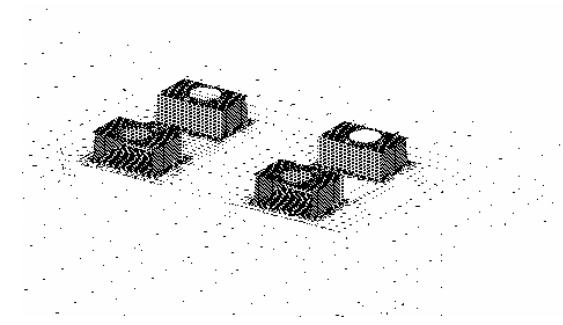


Fig. 7 받침대 FEM 모델(FE 0.5)

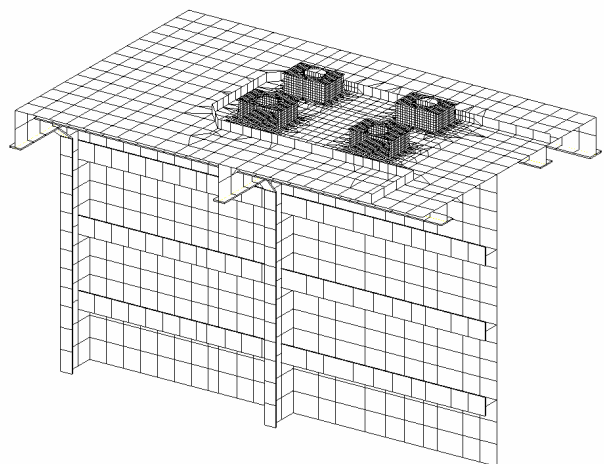


Fig. 8 Enlarged FE model for chiller foundation

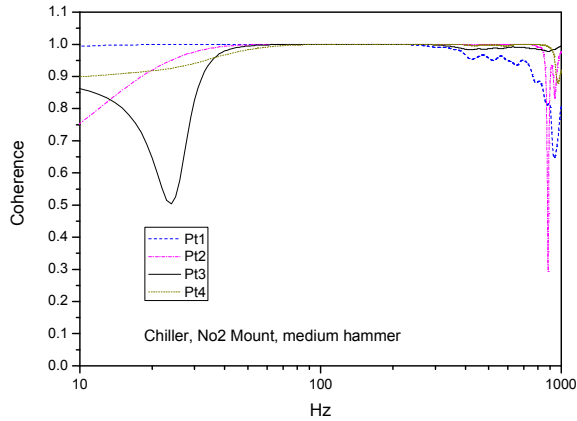


Fig. 9 Coherence of medium hammer(No.2 Mount)

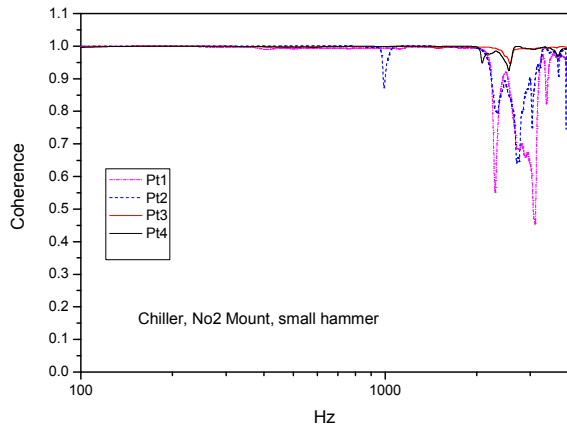


Fig. 10 Coherence of small hammer(No.2 Mount)

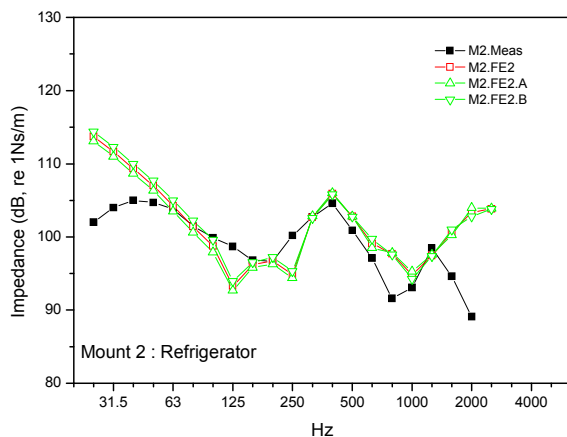


Fig. 11 Impedance comparison for No.2 mount

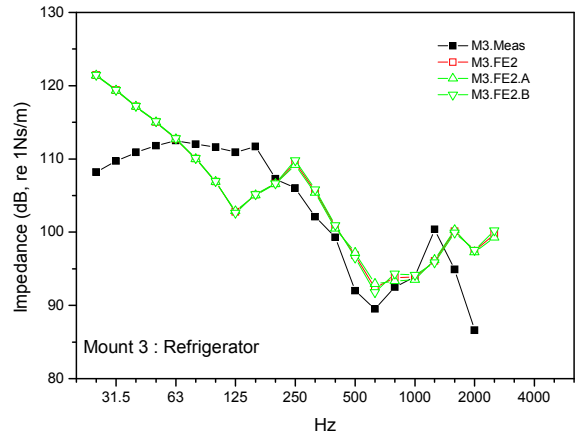


Fig. 12 Impedance comparison for No.3 mount

Fig. 9와 10에는 No.2 마운트의 coherence 측정결과를 보였고, Fig. 11과 12에는 No.2 마운트와 No.3 마운트의 임피던스 FEM 해석결과와 측정값을 비교한 결과를 나타냈는데 coherence가 떨어지는 40-50 Hz 이하의 저주파수 대역과 1600 - 2000 Hz이상의 고주파수대역을 제외하고는 대체로 양호한 일치를 보임을 알 수 있다.

#### 4. 결 론

선박용 냉동기 받침대의 임피던스해석결과 FEM 예측과 측정결과는 coherence가 높은 주파수 대역에서는 양호한 일치를 보였으며 이를 근거로 FEM 해석결과는 받침대 임피던스 설계개선에 활용할 수 있음을 확인하였다.

#### 참 고 문 헌

- (1) 김현실외, 탄성지지된 장비의 고체음저감 및 받침대 임피던스효과, 한국소음진동공학회 2007년도 춘계학술대회 CD-ROM.
- (2) 함정장비 받침대 임피던스 예측시스템개발, 한국기계연구원, BSI879-1380.M, 2008.