2007년도 해양환경안전학회 춘계학술발표회

論 文

# 크루즈요트의 기관실 소음 차단용 차음벽 개발에 관한 연구

유 영 훈* · 이 종 근**

* 목포해양대학교 기관시스템공학부 교수

# A Study on the Development of the Acoustic Absorption Well of the Cruise Yacht

Young-Hun Yu* · Jong Keun Yi**

*, **Department of Marine engineering, Mokpo National Maritime University, Mokpo, 530-729, Korea

**요 약** : 요트에서는 가벼운 선체에 비해 고성능의 엔진을 탑재하게 되므로 엔진에서 발생하는 소음이 승조원 및 여객에 미치는 영향은 매우 크다. 최근에는 국내에서도 크루즈요트의 생산이 시도되고 있지만, 선박의 성능과 함께 기관소음의 차단기술이 구매자의 요구에 부응하지 못하고 있는 실정이다. 이와 같이 선실의 소음이 구매를 결정하는 중요한 척도로 되고 있지만, 메인엔진의 소음을 차단하기위한 대책이 부족한 형편이다. 그러나 최근에 발전되고 있는 모니터링설비와 지능제어시스템을 이용하면, 주 엔진의 주변을 고효율의 흡음벽으로 차단하여 기관실의 소음을 개선할 수 있다. 본 연구에서는 소음을 흡수할 수 있는 흡음벽의 성능을 높이기 위해 헬름홀츠 공명기의 원리를 적용에 대하여 연구하였다.

**핵심용어** : 크루즈요트, 기관실소음, 거주구역 소음, 소음의 흡수와 차음, 헬름홀츠공명기, 흡음벽

**ABSTRACT** : *Yacht have an high powered main engine relatively light hull, so the noise generated from the engine have a bad influence upon the crew and passenger. Recently, cruise yacht is made an attempt by domestic production skill, however the insulation skill of the noise made by the main engine is not satisfy the real purchasing power of the buyer. Like this, yacht cabin's noise level is becoming the barometer to decide the purchase. the method to insufficient. However, if we use the skill of the monitoring equipment and the genetic algorithm system, the circumference of the main engine can be enclosed by an high quality absorbtion wall and the noise levels of the cabins are improved. In this study, the sound absorbtion barrier is experimentally researched by change the volume and the length of the neck for the Helmholtz resonator as the resonator can absorb the noise effectively.*

**KEY WORDS** : Ship Engine Room Noise, Hearing Loss, Working Environment, Helmholtz Resonator, Noise Reduction Barrier

## 1. 서 론

선박의 기관실에는 메인엔진이 중앙부에 설치되고 주변에는 발전기를 비롯한 각종 보조 기계가 설치되어진다. 선박에 사용되는 메인엔진은 통상 디젤엔진으로 엔진의 운전효율을 높이기 위해서 폭발의 순서가 정해져있다. 따라서 선박의 기관실에는 디젤엔진의 연속적인 폭발과정에서 기인하는 강력한 소음이 발생하게 된다. 따라서 선박의 기관실은 메인엔진에서 발생하는 소음으로 인하여 고 소음의 환경에 놓여지게 되며, 또한 이들은 연속적으로 발생하므로 저감이 불가능한 것으로 인식되어있다. 이것에 기인하여 선박의 기관실은 개선의 노력이 미비하여 작업자의 청력손실이 발생할 수 있는 최악의 작업환경에 놓여지고 있는 실정이다. 특히 고속여객선 및 고 부가가치의 레져용 선박인 요트에서는 가벼운 선체에 비해 고효율의 엔진을 탑재하게 되므로 엔진에서 발생하는 소음이 승조원 및 여객에 미치는 영향은 매우 크다. 최근에는 국내 기술에 의해 레져용 크루즈요트의 생산이 시도되고 있지만, 선박의 성능과 함께 기관소음의 차단기술이 구매를 결정하는 중요한 척도로 되고 있다. 그러나 보통의 선박에서는 메인엔진의 소음을 차단하기위한 특별한 설비가 없기 때문에 기관실 내부는 작업이 불가능할 정도로 고 소음의 환경으로 되고 있다. 고속여객선이나 요트에서는 기관실벽에 흡차음을 위한 설치를 하는 것이 일반적이다. 그러나 최근에 발전되고 있는 모니터링설비와 지능제어시스템을 이용하면 기관실의 메인엔진을 개방해 둘 필요가 없어지게 되었다. 따라서 주 엔진의 주변을 흡음 및 차음벽으로 차단하여 기관실의 소음을 개선할 수 있는 계기가 되고 있다.

* 대표저자 : 종신회원, yuyh@mmu.ac.kr, 061)240-7103
** 목포해양대학교 대학원 jklee0315@hotmail.com, 061)240-7103

그리고 기관실의 주변에는 발전기를 비롯한 각종 보조기계가 설치되어 있으나, 이것들로부터 발생하는 각종 소음은 주 엔진의 소음레벨에 비교하면 매우 낮다. 따라서 선박의 기관실에는 엔진을 부분 또는 완전 밀폐하는 방법으로 주 엔진에서 발생하는 소음을 효과적으로 차단할 필요가 있다.

소음원을 차폐하는 방법을 이용하고 있는 대표적인 기계는 자동차의 엔진룸이다. 자동차의 경우 차실내의 정숙성이 가치를 결정하는 척도가 되므로 차음성능을 높이기 위한 연구가 지속되고 있다. 선박의 경우는 초고속여객선에서 기관실의 소음이 여객실로 전달되는 것을 방지할 목적으로 기관실의 벽면에 흡음재료를 부착하여 사용하고 있으나 차음성능을 보다 개선할 필요가 있다. 메인엔진의 소음을 효과적으로 흡수하여 소멸시키기거나 차단하기 위해 헬름홀쯔 공명기(Helmholtz Resonator)를 사용하기위한 방법을 연구제안할 필요가 요구된다. 헬름홀쯔 공명기는 특정 주파수의 소음을 소멸 및 저감할 수 있는 소음제어요소의 하나로 알려져 있으며, 항공 우주분야의 소음문제에 적용하기 위한 연구가 진행되고 있다. (이와 김, 2002). 최근에는 정확한 공명주파수 계산이나 공명기배열을 이용한 판넬형에 대한 연구가 계속되고 있다. (서와 김, 2004), (김과 김, 2005).

본 연구에서는 헬름홀츠 공명기의 흡음효과에 의한 차음성능을 검정하기 위하여 공명기의 체적, 목의 길이를 변경할 수 있는 장치를 제작하여 효율 높은 공명기의 설계방법을 제안하여 차후 상선 및 내연기관 발전기와 같은 대형의 디젤 엔진을 운전하는 설비에 소음차단을 위한 차음벽으로 적용할 수 있도록 실험결과를 제안한다.

## 2. 헬름홀츠 공명기 이론

헬름홀츠 공명기는 Fig. 1과 같이 목의 체적에 비하여 상대적으로 큰 부피를 갖는 공동(Cavity)과 좁은 목(Neck)으로 이루어져 있는 음향기구를 일반적으로 말한다.

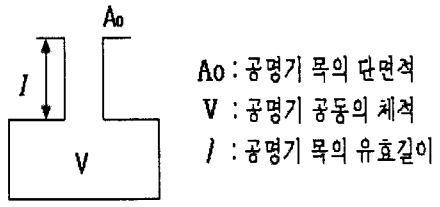


Fig. 1.Schematic of Helmholtz resonator.

$$f_r = \frac{c}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{A_0}{Vl}} \qquad (1)$$

공명기의 공명현상은 임피던스가 최소가 될 때 일어남은 물리적으로 자명하여 공명기의 감쇄가 충분히 적은 경우, 공명기의 공명주파수는 식 (1)과 같이 얻어진다. (하와 김,1994)

이때 $f_r$ 은 공명주파수이고, $c$ 는 음속이다. 식 (1)에 따르면, 공명주파수는 공명기의 구체적 형상에는 상관이 없으며 오직 공명기를 이루고 있는 각 요소인 $A_0, V, l$, 등에 의하여 결정되고 있다. 하지만 엄밀히 살펴보면 공동의 형상이나 치수에 따라 공동 내의 파동 운동은 상당히 다를 수 있고 공명기의 공명 주파수에 영향을 줄 수 있는 가능성이 있다. 즉 같은 체적을 갖는 공동이라 할지라도 공동이 공명기 목에 대하여 같은 선상에 위치하고 있는 경우에 유체입자의 운동은 다를 수 있을 것이다. Alster, Panton 등은 이러한 현상이 공명 주파수에 상당한 영향을 주고 있음을 밝힌 바 있다.(Alster, M.,1972, Panton, R. L. and Miller, J. M.,1975) 따라서 본 연구에서는 공명기를 실제 주파수에 맞춰 제작 후 이들의 영향에 의한 소음의 차단 효과를 실험적으로 조사하였다.

## 3. 실 험

### 3.1 공명기의 구조

공명기의 구조를 Fig. 2 과 같이 모델링하였다. 이 때 앞에서 서술한 바와 같이 공명기의 목의 길이, 단면적, 공동의 체적은 실제 실험에서 목표로 하는 주파수에 맞게 제작되었다.

실험에서 사용된 공명기의 공명주파수는 318Hz 와 380Hz 의 두 가지 주파수이며, 특히 본 실험에서는 체적 V를 변화시켜 서로 다른 공명주파수를 가지게 하였다. Fig 3은 제작된 공명기 형상을 보인다.

공명기를 설치할 장치 즉 기관실의 구조는 Fig.4와 같이 700*600*440mm(가로*세로*높이) Size의 부피를 가지는 직사면체 모델로 형상화 하였다. 외벽에 의한 차음성능의 영향을 최소화하기 위해 콘크리트로 제작하고, 그 직사면체 내부에 noise를 발생시키는 즉 엔진에 해당하는 speaker를 설치하여 일정한 소음을 발생시켰다. 소음요소는 0-1KHz 사이의 random noise 성분을 generator를 통하여 발생시켰다.

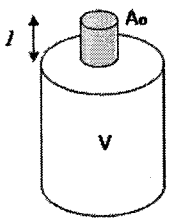


Fig. 2. Resonator model.

Fig. 3.Shape of the resonator.

Fig.4. An experimental room.

### 3.2 소음측정방법

내부에 설치될 공명기의 모양을 Fig.5 에 보인다. 상부그림(a)는 공명기를 스피커 상부 음이 투과하는 차음벽에 중심으로부터 설치하는 경우를 도시한 것이며, 하부그림(b)는 공명기를 벽면이 아닌 음원 옆에 설치하여 측정하는 경우를 도시한 것이다. 크루즈 요트의 정숙성을 위해서 기관실에 공명기가 설치된 차단벽을 설치하였을 경우, 기관실 외부에서 들리는 소음의 정도도 중요하지만 기관실 내부의 작업자 소음환경도 고려하여야 한다. 따라서 이번 실험에서의 측정법은 크게 두 가지로 나뉘어 볼 수 있다.

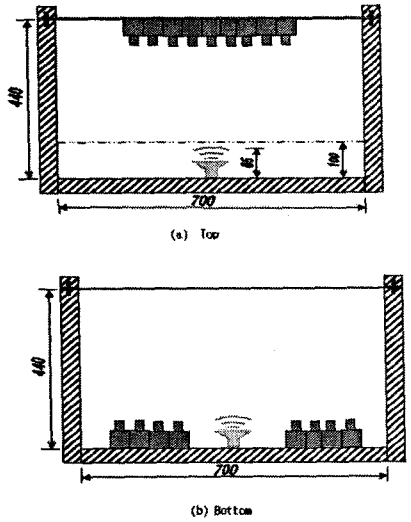


Fig. 5. Experimental et-up.

첫 번째는 Fig. 6 의 1번 방향 화살표와 같이 공명기를 통하여 방출되는 음압의 세기를 음원 주변 일정거리에서 10 개의 Microphone을 사용하여 측정하는 음향파워측정법을 사용하는 방법이 있다. 두 번째는 2번 화살표 방향과 같이 장치 내부에 2 개의 Microphone을 설치하여 각각 측정되는 음압을 구하여 음압을 더하는 방법을 사용하였다. 특히 이번실험에서는 장치내부 즉 기관실 내부와 벽면을 통과 한 기관실 외부에서의 소음정도 비교가 가장 큰 관심대상이다.

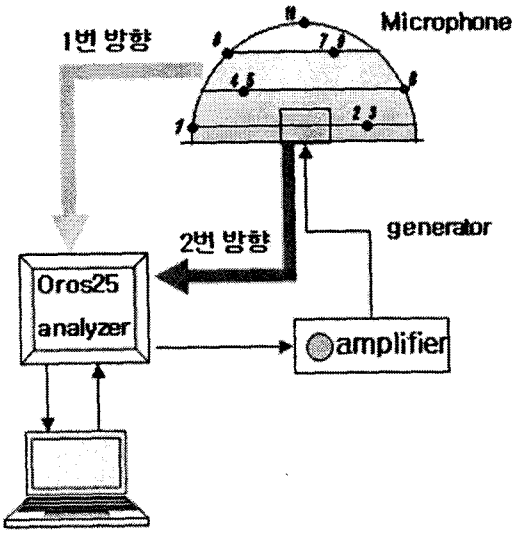


Fig. 6. Schematic diagram of testing apparatus.

### 3.3 실험방법

공명기가 설치될 차음벽의 종류를 두가지로 하였다. 두께가 3mm인 철판과 두께 40mm의 그라솔 재질 흡음재를 사용하였다. 또한 공명기의 차음벽에 설치를 하여 내,외부에서 측정한 경우와 차음벽이 아닌 공간 내에 공명기를 설치하여 내외부 음압을 측정하였다.

차음벽에 설치할 경우 Fig. 7과 같이 공명기를 철판의 안쪽 중앙부분부터 붙여나가며 개수를 증가시켰다. 이때 공명기 사이사이의 공동현상을 방지하기 위해 폼스프레이로 매꾸었다.

Fig. 8 은 이와는 반대로 장치 내부에 공명기를 설치한 형상을 보여주고 있다. 공명기 외에 내부에 설치된 소음원인 Speaker와 음압을 측정하기 위한 Microphone이 있는 모습이다.

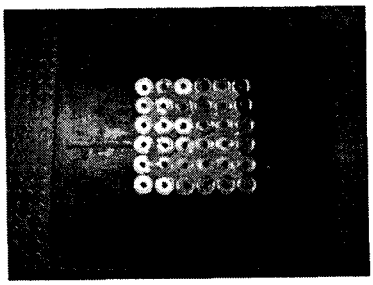

Fig. 7. The attached shape of absorbers(top).

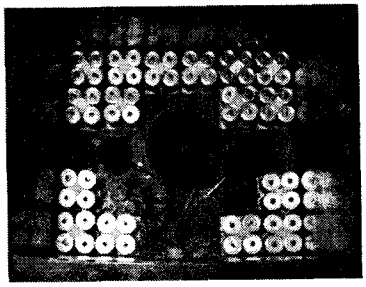

Fig. 8. The attached shape of absorbers (bottom).

## 4. 실험결과 및 고찰

### 4.1 음원과 실내 소음레벨

Fig. 9 는 Fig. 5에서 보인 실험장치의 cover 부분을 철판 혹은 흡음재로 덮었을 경우 실험장치 내부에서 설치된 두 개의 microphone 에 의해 얻어진 음원의 소음 레벨을 보인 것이다.

동일한 음원을 스피커로 입력하여 얻어진 소음원이지만 커버되는 재질에 따라 실내의 음압이 달라짐을 알 수 있다. 철판의 경우에는 철판의 진동모드에 영향을 받아서 특정 주파수에서 peak를 나타낸다. 반면에 흡음재의 경우에는 특정한 모드에 연관하지 않고 전체적으로 평탄한 경향을 보인다.

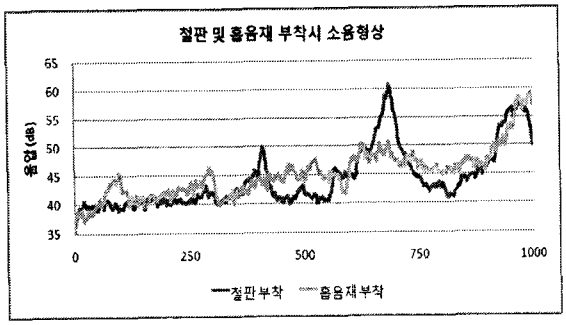


Fig.9. Sound source levels in frequence range from 0Hz to 1kHz.

### 4.2 철판에서의 특성

#### 4.2.1 철판에 부착했을 때

공명기를 철판에 붙여서 개수를 증가시키는 형상 가운데 36개의 공명기를 부착한 형상을 상기에서 Fig. 7 에 보였다.

Fig. 10 은 철판재질의 덮게에 부착하였을 때 실험장치내부에서의 측정한 소음레벨과 외부에서 측정한 소음레벨을 공명기의 부착개수에 따라 비교한 것이다.

내부에서는 공명기의 개수가 증가할수록 소음레벨이 낮아져 공명기의 효과를 비교할 수 있다. 반면에 외부에서의 소음은 내부에 부착된 공명기의 개수에 상관없이 거의 일정한 레벨을 보인다.

#### 4.2.2 바닥에 부착했을 때

Fig. 11 은 공명기를 바닥에 부착했을 때 실험장치 내부 및 외부에서 측정한 소음레벨의 정도를 보인다. 결과는 전절에서 설명한 철판에 부착했을 때와 유사한 경향을 보인다.

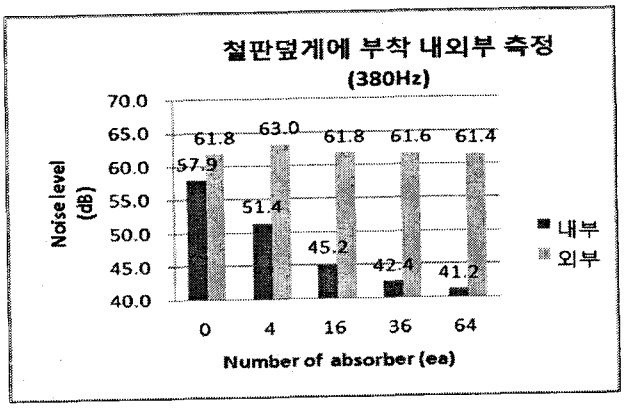


Fig. 10. Noise levels with the absorbers.

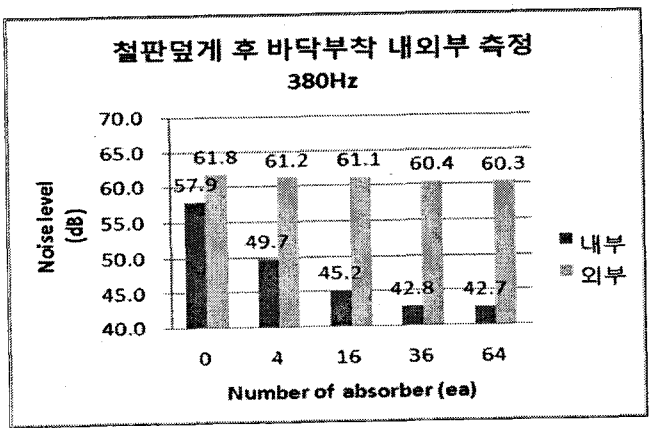


Fig. 11. Noise levels with the absorbers.

### 4.3 흡음재에서의 특성

#### 4.3.1 흡음재에 부착했을 때

Fig. 12 는 흡음재 덮개에 부착하였을 때 실험장치내부에서의 측정한 소음레벨과 외부에서 측정한 소음레벨을 공명기의 부착 개수에 따라 비교한 것이다.

내부에서는 공명기의 개수가 증가할수록 소음레벨이 낮아져 공명기의 효과를 비교할 수 있다. 반면에 외부에서의 소음은 내부에 부착된 공명기의 개수에 상관없이 거의 일정한 레벨을 보인다.

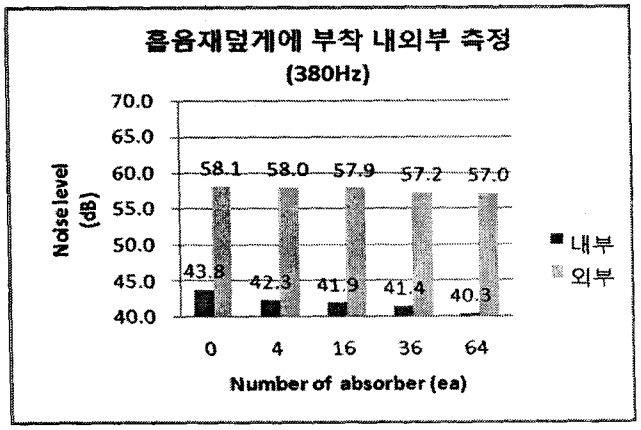


Fig. 12. Noise levels with the absorbers.

## 4. 결 론

크루즈 요트에서의 기관실 소음을 차단하기 위한 차음벽을 개발하기 위하여 기관실 내벽의 흡음용 공명기를 부착하는 가장 효율적인 방법을 얻기 위해 실험을 하였다.

메인 엔진에서 발생하는 특정주파수 성분의 소음을 감소시키기 위하여 공명기를 설계 제작하여 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 철판에 공명기를 부착한 경우 내부에서는 공명기의 개수가 증가할수록 소음레벨이 낮아져 공명기의 효과를 비교할 수 있다.

2. 흡음재의 경우 내부에서는 철판과 비교했을 때보다 저감효과는 작지만 소음레벨이 낮아지는 비슷한 효과를 나타낸다.

3. 철판 및 흡음재에 부착했을 경우 내부에 부착된 공명기의 효과는 외부에는 영향을 미치지는 못한다.

## 참 고 문 헌

[1] 이준신, 김태룡, 2002, "음향공명 방음벽 연구", 한국소음진동공학회논문집, Vol.12, No.6, pp. 413-419

[2] 서상현, 김양한, 2004, "공명기 배열을 이용한 소음기의 음향학적특성", 한국소음진동공학회논문집, Vol.14, No.10, pp 975-982

[3] 김상렬, 김양한, 2005, "저주파 흡음을 위한 헬름홀쯔 공명기 배열형 패널", 한국소음진동공학회논문집, Vol.15, No.8, pp 924-930

[4] 하상태, 김양한. (1994), "1자유도 등가 진동계로 이해하는 헬름홀츠 공명기 특성의 한계점과 응용" 한국소음진동공학회지, 제4권, 제2호, pp.210.

[5] Alster, M.(1972) "Improved Calculation of Resonant Frequencies of Helmholtz resonators," Journal of Sound and Vibration 24(1), pp.63-85.

[6] Panton, R. L. and Miller, J. M.(1975) "Resonant Frequencies of Cylindrical Helmholtz Resonators", Journal of the Acoustical Society of America 57, pp. 1533-1535.

[7] John E. K. Foreman, P. Eng. (1990) "Sound analysis and Noise control ", pp. 77-79.