

## 2. 해설기사

### 한국조선기자재연구원 잔향실의 음향특성 및 ISO 규격

#### Acoustic Characteristics of Reverberation chamber in KOMERI and ISO code



김 명 수

Myoung-Soo Kim

- 한국조선기자재연구원 연구원
- E-mail: mskim@komeri.re.kr

### 1. 서 언

크루즈선이란 100명 이상의 승객을 태우고 숙박, 유희, 운동, 오락, 식사 등을 제공하는 이른바 "해상호텔"이라 불리는 선박을 말한다. 세계적으로 800여척의 크루즈선이 카리브해, 알래스카, 미국 동부연안, 브라질 해안 등을 운항하고 있다. 그러나 한국 조선업계는 세계 1위라는 명성에도 불구하고 아직도 크루즈선 시장에서 시장 점유율이 낮은 것이 사실이다.

세계 선박발주 시장에서 금액 기준으로 20 % 이상을 차지하는 여객선과 크루즈선의 경우 이탈리아, 핀란드, 독일, 프랑스 등의 조선소들이 대당선가 5억~10억 달러에 이르는 대부분의 신조 물량을 독점하고 있다.

삼성중공업은 1990년대 후반부터 크루즈선을 미래 전략 선종으로 선정, 2010년 전후로 건조사업에 진출한다는 목표를 세웠다. 삼성중공업은 특히 여객선의 핵심 요소인 인테리어 기술축적을 위해 지난 2000년부터 인테리어 업체들과 "inTEC"라는 기술협력위원회를 결성했다. 이를 통해 인테

리어 기자재 국산화, 설계 및 시공기술 향상을 주도한 결과 최근에는 국내 업체 단독으로 여객선 인테리어 시공이 가능할 정도로 기술력이 높아졌다.

현대중공업은 중장기발전전략의 하나로 2008년부터 2010년까지 크루즈선에 대한 설계 및 시공능력을 확보한다는 목표를 정하고 현재 추진 중에 있다.

대우조선해양도 국내 조선업체내 최다 대형여객선 건조실적(6척)을 가지고 있으며 이를 크루즈선 사업에 진출하기 위한 발판으로 활용한다는 장기 목표를 세웠다.

크루즈선은 여객의 레저를 주목적으로 하고 탑승기간도 1주일에서 길게는 1개월에 이른다. 따라서 승객의 거주편리성을 확보하는 것이 큰 관건이다.

통상 크루즈선에 설치되는 패널(Panel)물량은 일반 상선의 2배~2.5배 가량 되는 5,000 m<sup>2</sup> 정도다. 이 패널들은 여객의 안락한 여행을 보장하기 위해 높은 차음성능이 요구되어진다. 현재 조선소나 선주측에서는 고 차음(Hi-Noise)패널의 차음성능을 최소  $R_w / STC$  44 dB 이상으로 요구하고 있다.

국내에는 선박용 패널을 생산하는 업체가 4개사가 있다. 이들은 보다 많은 수주물량 확보를 위해 고 차음(Hi-Noise)패널의 차음성능을 향상시키기 위한 연구개발에 집중하고 있다. 두께 50 mm 패널 Rw/ STC 45 dB를 목표로 개발 중이며, 이미 그 성능을 확보한 제품에 대해서도 생산단가 절감과 생산성 향상을 위한 노력들이 진행 중이다.

제품의 성능향상을 위해 중요한 요소 중 하나가 차음성능의 측정이다. 제품의 정확한 성능평가가 제품개발과 설계에 기준과 방향을 제시해 줄 수 있기 때문이다.

## 2. 한국조선기자재연구원 잔향실의 음향특성

한국조선기자재연구원에서는 2004년 음향시험시설을 구축하기 시작하여 2005년 완공하였고, 한국표준과학연구원으로부터 성능평가를 받았으며, 동년 8월에는 이 시설을 이용한 시험항목들에 대하여 KOLAS 인증을 획득하였다.

음향시험시설은 잔향실 1개, 벽체차음 시험실 1조, 천장재 차음시험실 1조로 구성되어 있다. 모든 시험실은 고무 마운트를 이용한 방진 시스템이 적용되어 공간 내의 주변 진동과 무관하게 시험을 수행할 수 있도록 했다. 특히 벽체 차음시험실은 이 방진 구조와 더불어 카세트와 시험실간의 틈새

를 고무튜브로 실링(Sealing)함으로써 측로 전달음에 의한 영향을 원천적으로 차단할 수 있도록 하였다.

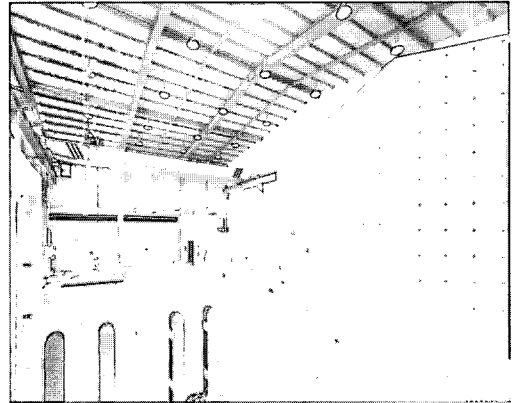
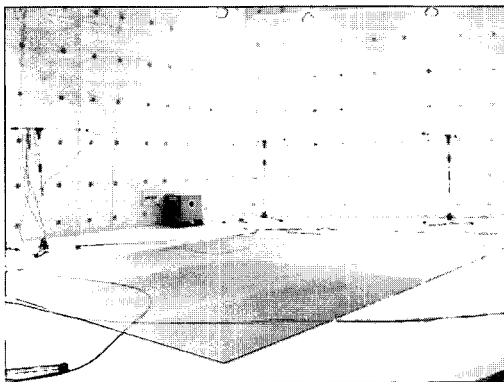


그림 1. 한국조선기자재연구원 음향시험동 전경

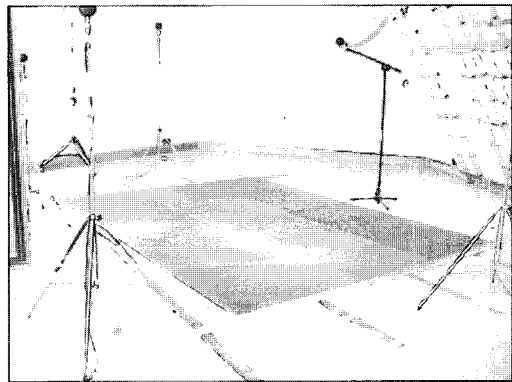
### 1) 잔향실

잔향실은 체적 220 m<sup>3</sup>, 표면적 214.3 m<sup>2</sup>의 부정형 7면체이다. 10 m<sup>2</sup>의 시료를 설치할 수 있는 테이블 승강기가 설치되어 시료의 두께에 따라 높이를 1.4 m까지 조절할 수 있도록 했다.

잔향실의 성능을 선진 시험실과 비교평가하기 위해 일본 고바야시연구소에서 측정 한 시료와 동일한 시료(폴리우레탄폼 50 mm, 23 kg/m<sup>3</sup>)를 수입하여 흡음률을 측정하였다. 측정결과 는 그림 3과 같이 아주 유사한 결과를 얻었다.



한국조선기자재연구원



고바야시연구소(일본)

그림 2 폴리우레탄폼의 흡음률 측정 장면

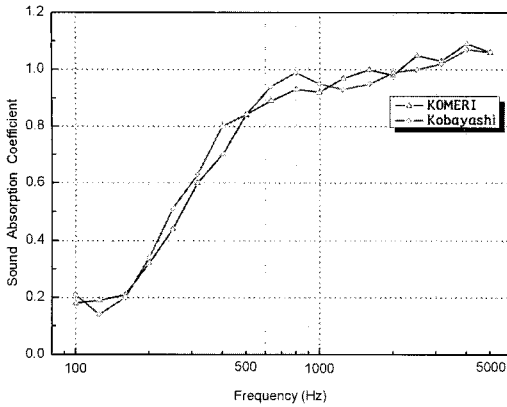


그림 3 흡음률 비교

2) ISO 140-1 잔향실

ISO 규격에 따라 만들어진 벽체차음 시험실은 국내에 두 번째로 구축된 시설이며, ISO 140-1에서 요구된 성능을 만족시킨 첫 번째 시설이다. ISO 140-1에서 잔향시간에 관한 규정은 다음과 같다.

『체적과 대응되는 치수들이 정확하게 일치해서는 안 된다. 체적과 치수는 적어도 10 % 차이를 권장한다. 시험실의 체적은 최소한 50 m<sup>3</sup>이어야 한다.(중략)』

방에서 음압레벨의 큰 편차는 두드러지게 강한 정재파가 존재함을 말한다. 이런 경우 방에 확산

요소들을 설치하는 것이 필요하다. 확산체들이 설치되어져 갈 때 음향감쇠계수가 영향을 받지 않도록 하기 위해 그 위치와 개수를 실험에 의해 평가한다.(중략)

방에서의 잔향시간은 정상적인 시험 조건하에서 지나치게 길거나 짧아서는 안 된다. 잔향시간이 저주파수에서 2초를 초과하거나, 1초 미만인 시험실에서는 측정된 음향감쇠계수가 잔향시간에 영향을 받는지를 확인해야한다. 그런 영향이 발견될 때는, 확산체가 방안에 있더라도, 그 방은 잔향시간이 저주파수에서 다음과 같이 조정되어야 한다.

$$1 < T < 2 \left( \frac{V}{50} \right)^{\left( \frac{2}{3} \right)}$$

위와 같은 ISO 140-1의 규정을 만족시키기 위해 4가지 타입의 흡음체를 사용하여 잔향시간을 조정하였다. 흡음체들의 흡음원리는 판 진동을 이용한 흡음, 막 진동을 이용한 흡음, 판 진동과 흡음재를 이용한 흡음, 공명을 이용한 흡음, 이렇게 4가지를 사용하였다.

잔향시간 조정은 다음과 같은 순서로 진행하였다.

(가) 흡음체 설계.

아래 그림 4는 각 흡음체의 외형과 내부 형상을 보이고 있다.

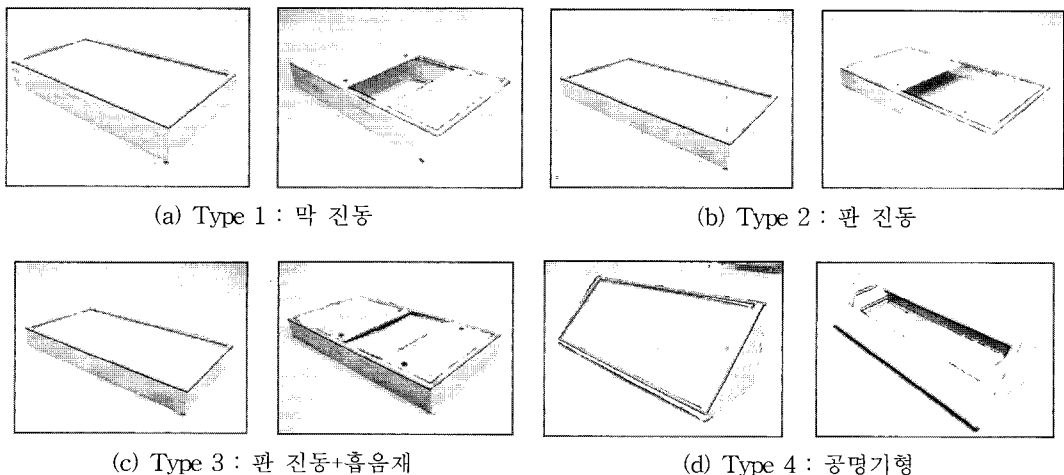


그림 4 흡음체의 외형과 내부 형상

(나) 흡음체의 흡음특성과 흡음력 확인.

각 흡음체들이 갖는 주파수별 흡음특성과 흡음력을 잔향실법 흡음률 측정방법을 이용하여 확인하였다. 그림 5는 그림 4의 각 흡음체별 흡음률을 보이고 있다.

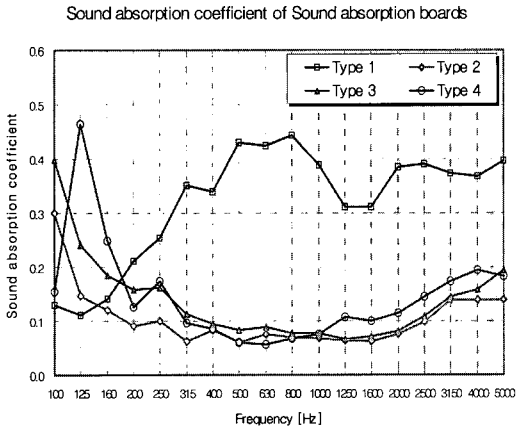


그림 5 각 흡음체의 흡음률

(다) 빈방의 잔향시간 측정.

(라) 각 흡음체들을 조합하여 ISO 140-1에 규정된 시간,  $1 < T < 2 \left( \frac{V}{50} \right)^{\left( \frac{2}{3} \right)}$  으로 조정.

각 흡음체들은 개수의 증가에 따라 흡음력이 정확하게 선형적으로 증가하진 않지만 근사적인 중첩의 원리가 적용되는 것을 실험을 통하여 확인하였고, 이 결과를 바탕으로 흡음체의 종류와 개수를 선택하고 결정하여 잔향시간을 조정해 나갔다.

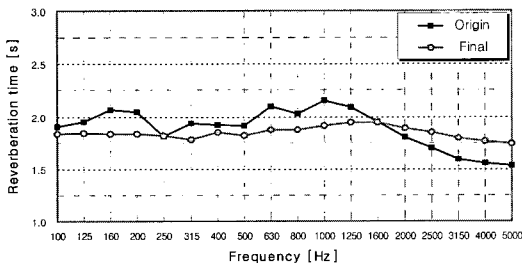


그림 6 ISO 140-1 잔향실의 잔향시간 조정결과

본 시험시설의 시공업체(사차원 엔지니어링)에서 쓰는 위에서 언급한 4종류의 흡음체 25개를 이용하여 아래 그래프와 같은 잔향시간을 얻었다. 이

후 공명형 흡음체를 새롭게 설계하여 흡음체 수를 19개로 줄이면서 그림 6과 같이 더 안정된 잔향시간을 얻게 되었다.

그림 7은 실제 흡음체들이 설치된 ISO 140-1 잔향실로, 카세트를 뺀 상태에서 두 방을 관통하여 찍은 사진이다.

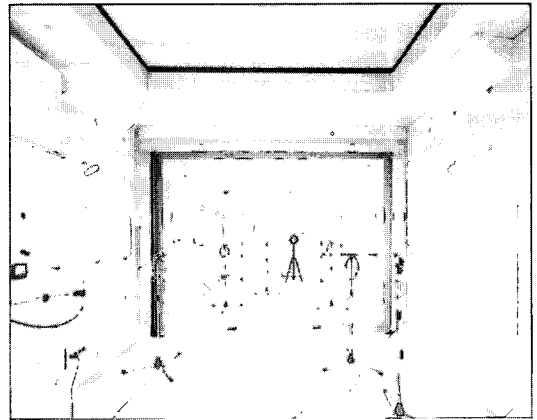


그림 7 흡음체를 설치한 ISO 140-1 잔향실 내부

그림 8은 바닥충격측정 시 두 시험실간 차단용으로 제작한 콘크리트 벽체가 시공된 카세트를 시험실 사이에 끼워 넣는 장면이다. 그림 9는 잔향시간 조정 후 이 시험실에서 측정된 콘크리트 벽체의 차음성능이다.

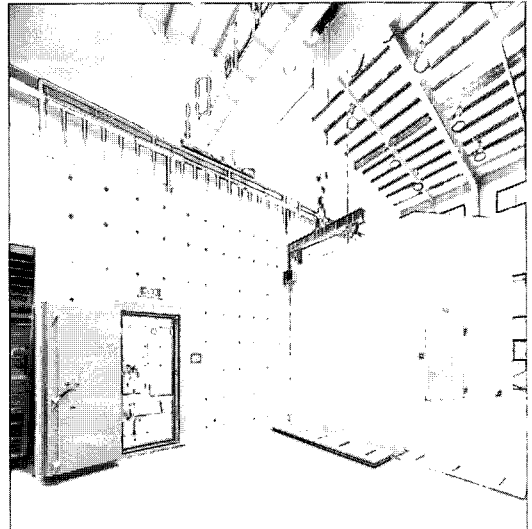


그림 8 카세트 끼우는 장면

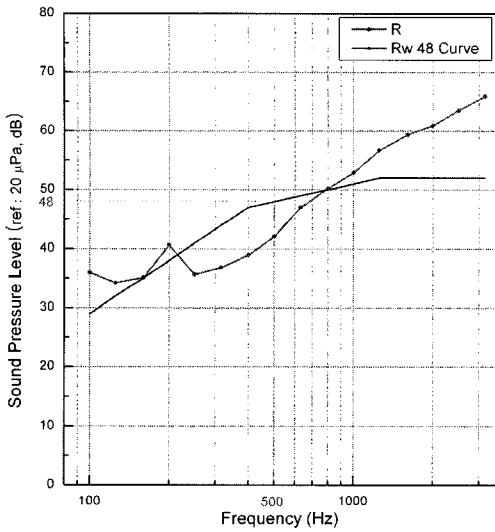


그림 9 차음성능 곡선

참고로 벽체의 차음성능을 표현하는 평가량으로 가장 많이 사용되는 것이 Rw 값과 STC 값이다. Rw 값은 ISO 717-1에 따른 차음성능 평가량이고, STC는 ASTM E 413-87에 따른 평가량이다. 특정 주파수 밴드에서 차음성능이 현저하게 떨어지지 않으면 이 두 값은 같거나 1 dB 정도 차이를 갖지만 차음성능이 현저하게 떨어지는 주파수

영역이 있다면 이 두 값은 3 dB 이상의 큰 차이를 가질 수도 있다. 이는 STC의 8 dB rule 때문인데, 8 dB rule이란 기준 곡선과 기준곡선을 하회하는 음향감쇠곡선 간의 차의 합이 32 dB을 넘지 않는다 하더라도 특정 주파수에서의 차이가 8 dB을 초과 하면 8 dB이 될 때까지 기준곡선을 내려야 하는 규정이다.

### 3. 결 언

한국조선기자재연구원은 국내 최초로 할 수 있는 ISO 140-1 잔향실을 구축함으로써 최근 대두되고 있는 크루즈선 개발과 관련하여 내장재의 차음성능향상에 기여할 수 있을 것으로 보인다. 또한 조선기자재업체들이 밀집되어 있는 녹산공단 내에 위치함으로써 기존에 업체들이 시험에 소모했던 물류비용과 시간들을 상당부분 절약할 수 있게 될 것이다. 시험시설의 신뢰성에 관해서는 KOLAS 인증과 외국 선진 시험시설과의 시험결과 비교로 충분한 신뢰성을 확보했다고 해도 과언이 아니다. 앞으로 조선기자재 업체들의 많은 활용으로 생산단가 절감과 제품개발 기간 단축에 많은 도움이 될 것으로 기대된다.