

간이 잔향실의 음향성능

Acoustic Performance of a Scaled Reverberation Chamber

강현주* · 김봉기** 김재승**

Hyun-Ju Kang, Bong-Kee Kim and Jae Seung Kim

Key Words : Scaled Reverberation Chamber(간이 잔향실), Sound Insulation Performance,

ABSTRACT

This study presents experimental results from the performance test of a scaled reverberation chamber for measurement of sound insulation of panels. Experimental investigations were conducted in various parameters such as tunneling effect source locations, and maximum sound transmission loss. It is evident that the tunneling effect which means the variation with specimen location on the test frame gives rise to more than 3 dB deviation. One of the objective of this study that compares measured results between a real reverberation chamber and a simplified test apparatus, by using a specimen of a sandwich panel. It shows qualitatively reasonable agreement from which one can find a potential to provide a design tool.

1. 서 론

상대적으로 작은 면적의 시편을 이용하여 차음성능 계측을 목적으로 간이 잔향실이 개발되었다. 전보[1]에 이어 본 연구에서는 차음측정과 관련된 여러 가지 음향학적 현상들을 실험연구를 통해서 수행되었다. 간이 잔향실 실험결과에 영향을 주는 인자들에 대한 영구가 실험적으로 수행되었다. 연구된 항목들은 음원의 위치나 대수의 영향, tunneling effect 즉, test frame 상에서 시편의 설치위치, 확산판 효과 등이다.

2. 간이 잔향실의 설계

2.1 형상

간이 잔향실의 제원은 시편면적에 종속된다. 본 연구에서는 일반적인 조립식 판넬들의 평균 폭이 600 mm인 점

을 고려하여 시편의 크기를 1200×1000 mm로 결정하였다. 방의 크기들은 이러한 시편의 크기를 수용할 수 있도록 정하였다. Fig. 1.A는 간이 잔향실의 개념도를 보이고 있다. 차음 실험을 하기위한 잔향실이 갖추어야 할 가장 중요한 조건은 실내 음장이 가능한 확산음장(diffuse sound field)과 유사해야 하는 것이다. 이 조건을 현실적으로 구현하기 위해서는 정재파(standing wave)의 영향을 가능한 줄여야 한다. 따라서 실내의 경계면들이 가능한 서로 평행하지 않도록 배치해야 한다. Fig. 1.B는 이러한 개념하에서 설계된 축소 잔향실의 개략도이다. 간이 잔향실은 측로손실(flanking transmission loss)을 최소화하기 위하여, 두실의 가능한 구조적 접촉이 없도록 하였으며 또한 실의 경계면은 MDF판과 강판을 이용하여 이중벽 형태로 제작하였다. 따라서 외부소음의 유입은 물론 개구부(Fig. 1.D 참조)이외의 실 벽면을 통한 음에너지의 전달을 최소화할 수 있도록 하였으며 결과는 실험으로 확인하였다.

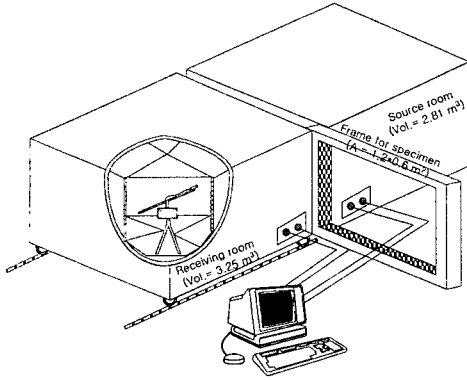
* 한국기계연구원 음향연구팀

E-mail : kanghj@kimm.re.kr

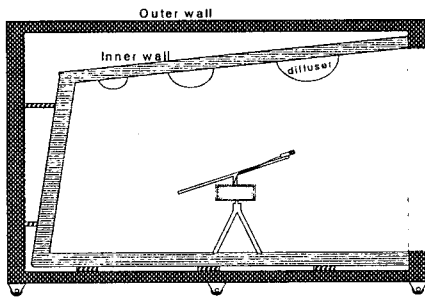
Tel: (042)868-7469, Fax: (042)868-7440

** 한국기계연구원 음향연구팀

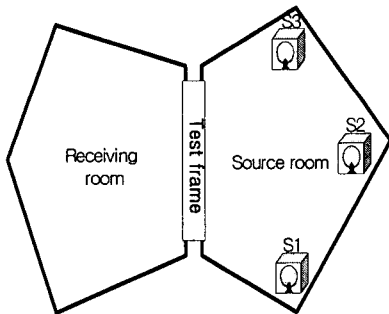
*** 한국기계연구원 음향연구팀



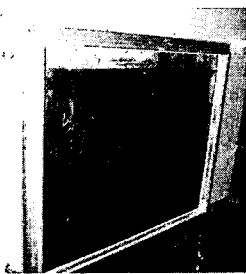
A) 개념도.



B) 측면도



C) 평면도



D) 개구부(Test frame)

Fig. 1. 간이 잔향실.

2.2 시험 방법

차음성능의 평가는 일반 잔향실과 마찬가지로 다음 식을 이용하여 평가하였다.

$$STL = L_{p1} - L_{p2} + 10 \log(S/A) \quad (1)$$

여기서 L_{p1}, L_{p2} : 각각 소음원실과 수음실의 공간 평균 음압레벨 (dB ref 20 micro Pa), S : 시편 면적(1.2 × m), A : 수음실의 등가 흡음 면적(m^2). (1)식에서 실내 공간 평균 음압레벨은 6 지점의 계측을 평균하여 산정되었다. 또한 A 는 $A = 0.16 V/T_{60}$ 식에 의해서 산정된다. 여기서 V 는 수음실 용적(m^3), T_{60} (sec)은 잔향시간을 나타낸다.

3. 간이 잔향실의 음향성능

3.1 소음원의 영향

실내음장이 이상적인 확산음장이 아니기 때문에 측정 위치별로 음압의 차이가 존재하고 특히 저주파수 영역에서 더욱 심한 차이가 난다. 불균일 음압분포의 주 원인은 정재파 즉 실음장의 고유모드에 기인하며, 소음원의 위치에 따라 가진되는 실음장의 고유모드는 다르게 된다. 따라서 소음원 위치별 변화를 보기위한 소음원의 위치는 Fig. 1.C에 나타내고 있다. 소음원은 두개의 독립된 스피커들을 동시에 작동하였다. Fig. 2는 5 mm 단층 glass에 대한 실험결과 및 예측결과를 비교하고 있다. 예측치는 판을 무한판으로 가정하여 예측한 것이다. 저주파수 대역에서는 계측 및 이론치와 차이가 있으며 고주파수로 갈수록 차이가 적어지고 있다. 한편 계측치에서는 100, 160 및 250Hz 밴드에서는 peak, 반사적으로 125 및 20Hz에서는 dip이 나타나고 있다. 다른 시편에서도 유사한 경향을 보이고 있다. 특히 계측치와 이론치 비교에서 주목할 만한 것은 임계주파수(critical frequency, $f_c = \frac{c^2}{2\pi \sin^2 \theta} \sqrt{\frac{m}{B}}$; c =음속, θ =입사각, m =면밀도, B =굽힘강성)의 차이이다. 즉 이론적으로는 $\theta=90^\circ$ 도(즉 판에 수평입사시)일때 $f_c=2,349$ Hz이지만 계측치는 입사각 θ 가 약 60° 해당하는 $f_c=3,132$ Hz에서 발생

하고 있다. 이러한 차이에 대한 물리적 의미는 벽면에 입사되는 음이 완전한 확산음장인 경우 $\theta=0 \sim 90^\circ$ 지만 간이 잔향실내부 음장은 $\theta=0 \sim 60^\circ$ 으로서 완전한 확산음장이 아님을 알 수 있다. 최종적으로 가장 좋은 스피커의 조합은 source 1&3로 결정하였다. 그 이유는 source 1&3의 경우가 저주파수 대역에서 실제 잔향실 실험치와 가장 유사한 경향을 보이고 있기 때문이다.

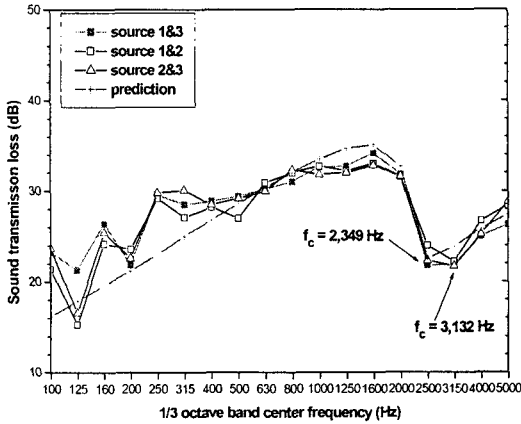


Fig. 2. 소음원 위치별 차음성능: 시편 glass(5 mm).

3.2 시편의 설치 위치별 영향

실제 잔향실에서 실험의 재현성(reproducibility) 관련하여 상당한 이슈가 되는 사항으로서 tunneling effect가 있다. 즉 test frame상에 시편의 설치위치에 따른 결과가 차이가 나는 현상을 말한다. Fig. 3에 보인 것처럼 간이 잔향실에서 test frame의 폭이 200 mm에 불과하지만 Fig.3에서 비교한 것처럼 시편의 위치는 매우 민감한 인자가 되고 있다. 특히 test frame의 중간(그림에서 "cen")에 위치한 경우 타 경우에 비해서 3 ~ 4 dB의 차이가 발생하고 있다. 이론치와 비교로부터 시편의 위치는 수음실 면과 일치시키는 쪽으로 결론지어졌다.

3.3 디퓨저 영향

실내의 음을 가능한 확산시키기 위한 시도로서 반구형 확산판을 간이 잔향실내부에 설치하였다. 비교 실험결과가 Fig.4에 나타나 있다. 비교결과를 보면 고정 확산판인 경우 그 영향은 미미한 것으로 판단되었다.

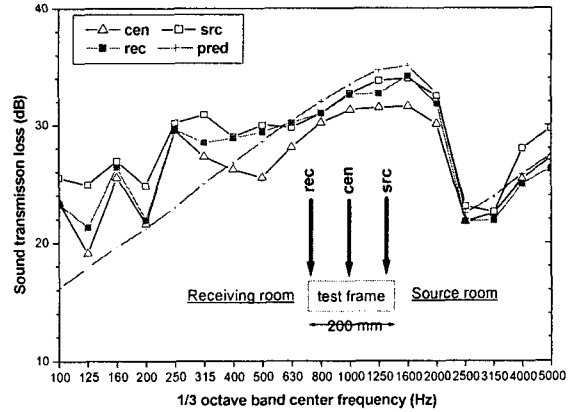


Fig. 3 시편 설치 위치별 차음의 비교: 시편 glass(5 mm)

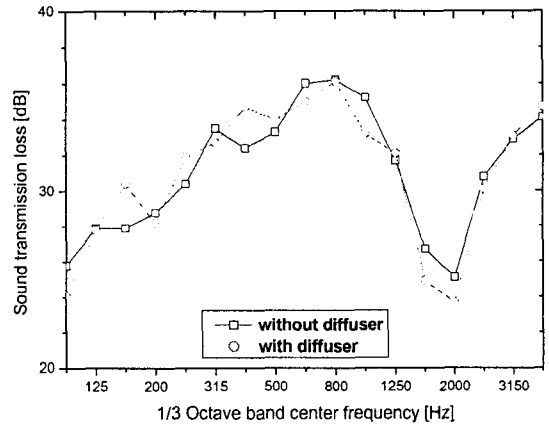


Fig. 4. Diffuser 효과: 시편 glass(8 mm)

3.4 최대 차음성능

잔향실과 마찬가지로 간이 잔향실 실험에서도 본 설비로 측정할 수 있는 최대차음성능을 아는 것이 중요하다. 최대차음성능은 석고보드, 납 및 공기층을 조합하여 test frame이 감당할 수 있는 최대폭(200 mm)의 시편을 제작하여 측정하였다. 측정결과는 Fig. 5에 보이고 있으며 약 STC 56 dB 까지는 측정이 가능할 것으로 추정하였다.

3.5 잔향실 계측치와 비교

간이잔향실의 궁극적 목표는 잔향실 실험결과와의 일치이다. 따라서 잔향실 결과와의 비교는 가장 중요한 성능 평가가 될 수 있다.

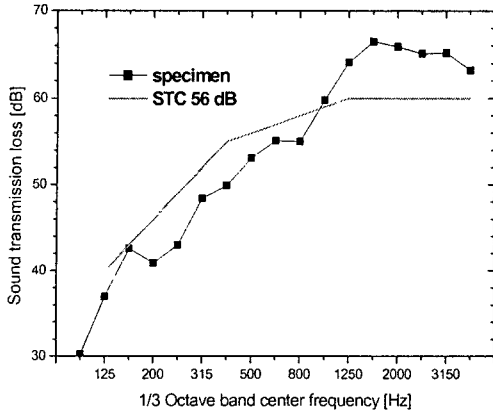


Fig. 5. 최대차음 성능 추정결과.

두 종류의 시편에 대하여 비교를 수행하였다. 첫 번째 시편은 0.6 mm 강판으로서 이 시편은 ASTM에서 실제 잔향실의 성능 교정 및 평가용 표준 시편이다. Fig. 6에 비교결과를 보이고 있다. 200 Hz 이하에서는 다소 심한 편차를 보이고 있지만 다른 주파수 대역에서는 두 결과가 매우 좋은 일치를 보이고 있다.

두 번째 시편은 50 mm 샌드위치판(0.6t steel+50t, #140 mineral wool+0.6t steel)이며 비교결과가 Fig. 7에 보이고 있다. 여기서도 200 Hz 이상의 주파수에서는 잔향실 실험결과와 좋은 일치를 보이고 있다. 비교 결과로부터 간이잔향실의 실험결과와 잔향실 실험결과와 정성적 일치는 물론 저주파수 대역을 제외하고는 정량적 평가도 가능할 것으로 생각한다.

4. 결 론

차음성능 측정에 있어서 일반잔향실에서 발생하는 여러 가지 음향학적 현상들이 간이 잔향실에서도 나탄고 있다. 특히 tunneling effect는 frame의 폭이 상대적으로 작음에도 불구하고 뚜렷하게 보이고 있다.

또한 간이잔향실 실험결과는 200 Hz 이상의 주파수에서는 잔향실 실험결과와 좋은 일치를 보이고 있다. 비교 결과로부터 간이잔향실의 실험결과는 잔향실 실험결과와 정성적 일치는 물론 저주파수 대역을 제외하고는 정량적 평가도 가능할 것으로 생각한다

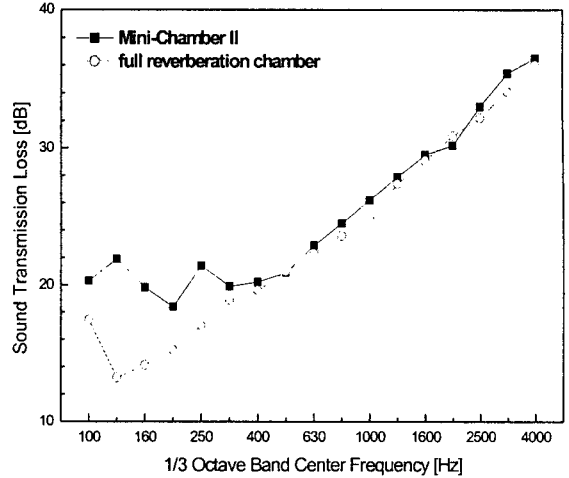


Fig.6 간이 잔향실(Mini-chamber II) 및 잔향실의 성능비교. 시편: 0.6 mm steel,

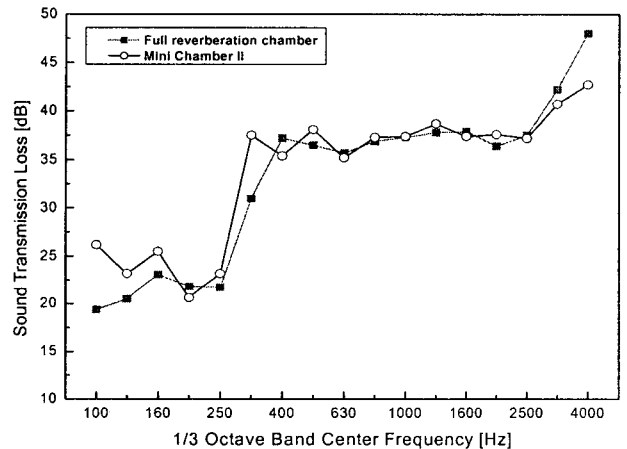


Fig.7 간이 잔향실(Mini-chamber II) 및 잔향실의 성능비교. 시편: 50 mm sandwich panel

후 기

본 논문은 과학기술부가 지원하는 특정연구개발사업 중 엔지니어링 핵심공통기반기술사업으로 지원되어 수행하였습니다.

참 고 문 헌

- (1) 이해성 등, 2003, "간이 차음시험장치 개발", 추계학술 발표회 논문집, 한국소음진동공학회