

노래연습실 벽체의 투과손실에 관한 실험적 연구

A Study on the Experimental Sound Transmission Loss of Wall-Body in Song Practice Room

윤재현† · 주덕훈* · 김재수**

Yun, Jae-Hyun, Ju, Duck-Hoon, Kim, Jae-Soo

Key Words : Sound Transmission Loss(투과손실), Sound Insulation(차음성능)

ABSTRACT

Recently, on account of stress relief and settlement of a healthy drinking culture, many people are visiting a song practice room. In case of such song practice room, since the mechanical voice through a loud accompaniment-music and microphone is on using, there has made a very loud noise, and it influences a lot to the adjacent other space and song practice room booth. Consequently, from the designing stage an efficient measures for soundproof and sound-insulation should be arranged. However, as most of the song practice room wall-bodies that already built up or under construction step were constructed merely with consideration on an interior-wise factor only, it is suffering at the soundproof and sound-insulation.

Reflecting such viewpoint, this Study has measured Sound Transmission Loss on the subject for the song practice room wall-body recently built up, and based on the actually measured data, by practice of comparison-analysis on it using various evaluation methods, would intends to present a fundamental material for establishment an efficient sound-insulation measure.

1. 서론

최근 스트레스해소와 건전한 음주문화의 정착으로 인해 많은 사람들이 노래연습실을 찾고 있다. 이러한 노래 연습실의 경우 큰 반주 음악과 마이크를 통한 기계적 음성을 사용하고 있기 때문에 매우 큰 소음이 발생하여 인접한 다른 공간 및 노래연습실에 많은 영향을 미치므로, 설계 단계에서부터 효율적인 방음 및 차음대책을 마련해야한다. 그러나 대부분의 노래연습실 벽체는 인테리어적 요소만을 고려한 채 시공되어 방음 및 차음에 많은 어려움을 겪고 있다. 이러한 관점에서 본 연구는 최근 건립된 노래연습실 벽체를 대상으로 투과손실을 측정하였으며, 실측한 자료를 토대로 STC 곡선에 의한 평가방법과 국내 공기 전달음 평가방법, 그리고 국내 차음성능 기준에 의한 평가방법을 통해 비교·분석함으로써 효율적인 차음 대책수립을 위한 기초적인 자료를 제시하고자 한다. 이렇게 파악된 자료는 향후 이와 유사한 노래연습실 벽체 설계 및 시공시 방음 및 차음성능을 향상 시킬 수 있는 유용한 자료로 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

2. 측정방법 및 개요

2.1 대상 노래연습실의 형태

대상 노래연습실은 전라북도 J시에 위치하였으며 내부 형태는 그림 1.과 같다.

† 윤재현, 원광대학교 건축음향연구실
E-mail : yun810805@naver.com
Tel : (063) 857-6712, Fax : (000) 000-0000

* 원광대학교 석사과정
** 원광대학교 건축학부 교수



그림 1. 대상 노래연습실의 내부 모습

2.2 측정된 실의 제원

투과손실을 측정한 곳은 소음이 다른 공간에 영향을 미치는 것을 고려하여 인접한 노래연습실 및 홀의 복도에서 실시 하였다. 또한 정확한 분석을 위해 실내 내부 마감공사가 끝난 상태에서 측정하였으며 각 측정지점 및 실의 형태는 그림 2.와 같다.

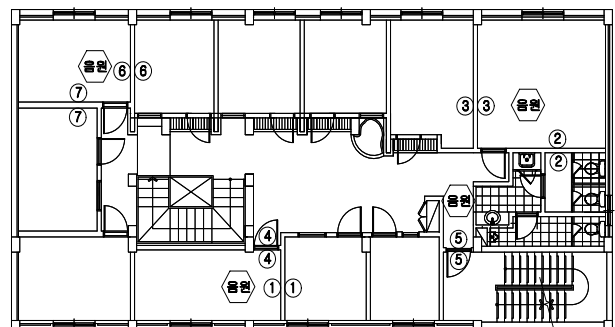


그림 2. 대상 노래연습실의 내부형태 및 측정점의 위치

2.3 측정 대상 벽체의 개요

벽체의 종류는 현장에 실제적으로 시공 되어 있는 유리문, 철문, 콘크리트, 석고보드, 샌드위치판넬, 벽돌, 블록, 모르타르 마감 등 다양했으며, 총 7군데에서 측정하였고 벽체의 종류 및 제원은 표 1.과 같다.

표 1. 투과손실 벽체의 재료

번호	재료
1	석고보드9T + 50T압면샌드위치판넬 + 공간50T + 50T압면샌드위치판넬 + 석고보드9T
2	자기질타일 + 벽돌1.0B + 스티로폼50T + 석고보드9T
3	석고보드9T + 벽돌1.0B + 스티로폼50T + 석고보드9T
4	나왕목재 유리문
5	철 문
6	모르타르 + 시멘트블록6인치 + 모르타르
7	모르타르 + 시멘트블록6인치 + 스티로폼50T + 석고보드9T

∴T=mm

2.4 측정방법

음압레벨차를 산출하기 위하여, ISO에서 제안하는 무지향성 스피커(D012)로 전 주파수가 들어가 있는 화이트 노이즈 음원을 틀어주었으며, 음원실과 수음실에 마이크로폰을 설치하여 음압레벨을 각각 측정하였다. 실험에 사용된 측정기기의 구성은 그림 3.과 같다.

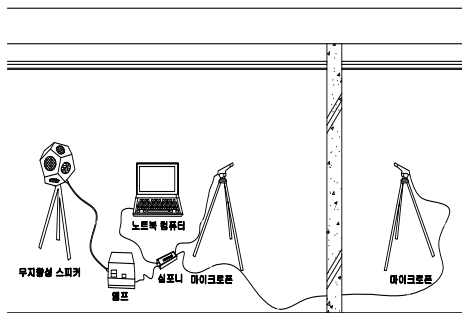


그림 3. 측정기기의 구성

측정은 K S F 2809(건축물 현장에 있어서 음압레벨 차의 측정방법)에 준하여 실시하였으며, 스피커 높이는 1.5m, 마이크로폰 높이는 1.2m로 하였고, 마이크로폰은 벽체에서 각각 2m씩 떨어져서 측정하였다. 측정시 01dB 사의 Symphonie를 사용하였으며, 측정 장면은 그림 4.와 같다.



그림 4. 측정 장면

본 연구에서 분석에 사용된 주파수범위는 31.5Hz~8kHz까지의 1/1옥타브밴드로 20초간 3회 측정된 평균값을 이용하여 분석하였다.

3. 분석 및 고찰

3.1 투과손실(TL)

구조체가 차음할 수 있는 능력을 투과손실 TL (Transmission loss)이라 하고 데시벨(dB)로 나타낸다. 일반적으로 벽체에 음파가 입사되면 일부는 반사되고 일부는 투과하게 되는데 이렇게 투과된 소음의 정량적인 평가를 할 때 투과손실을 사용한다. 그림 2.와 3.과 같은 방법으로 측정된 각 벽체의 주파수별 투과손실과 이를 비교한 것은 표 2.와 그림 5.와 같다.

표 2. 각 벽체의 주파수별 투과손실

번호	음향투과손실(Hz)							O.A
	63	125	250	500	1K	2K	4K	
1	14.1	32.3	36.8	41.8	49.1	53.3	47.2	47.2
2	12.7	32.2	37.1	41.4	48.5	52.4	46.6	46.5
3	15.9	30	27	45.2	44.6	47.4	40.6	42.7
4	26.7	31.7	27.7	28.2	31.1	31.2	27.5	29.6
5	11.4	18.3	15.6	17.6	16.5	14.9	20.1	17.0
6	26.7	35.7	31.9	36.9	41.8	44	43.2	40.1
7	26.9	34.4	33.8	40.2	44.2	44.3	40	40.5

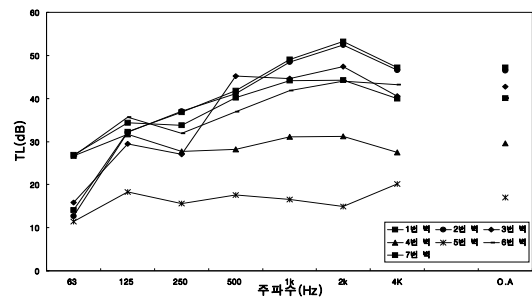


그림 5. 측정된 각 벽체의 주파수별 투과손실 비교

일반적으로 투과손실은 재료의 질량과 강성이 클수록 커지는데 그림 5.의 1,2,3번 벽체를 보면 에너지가 큰 저주파수의 경우 음이 쉽게 투과되어 투과손실은 낮지만 이와 반대인 에너지가 작은 고주파수는 음이 쉽게 벽체를 투과하지 못하므로 투과손실이 높게 나타났다. 개구부로 사용되는 4,5번 벽체의 경우 틈새에 의한 음의 누설로 인해서 다른 벽체에 비해 투과손실이 낮게 나타났으며 기밀하게 시공된 1,2,3번 벽체와 같은 질량법칙을 확인 할 수 없었다. 따라서 차음 대책 시 이러한 틈이나 구멍이 없도록 세밀한 시공이 필요할 것으로 사료된다. 시멘트 블록을 사용하고 있는 6,7번 벽체의 경우 벽돌을 사용하고 있는 2,3번 벽체와 비교해 보면 저주파수는 투과손실이 높지만 고주파수는 낮게 나타났다. 따라서 시멘트 블록을 사용할 경우 벽체에 비해 고주파수에서 차음성능을 확보 할 수 있는 방안을 강구해야 할 것으로 사료된다. 또한 개구부로 사용되는 4,5번 벽체를 제외한 나머지 벽체에서 4kHz 대역에서 차음성능이 저하되는 일치효과(Coincidence Effect)를 확인할 수 있었다. 따라서 이 주파수 영역에서는 차음성능이 저하되므로 벽체 설계 및 시공 시 주의가 필요할 것으로 사료된다.

3.2 STC 곡선에 의한 평가

ISO 717-1에서 가중법(Weighting Method)에 의한 평가 방법으로 제안한 벽체의 차음성능을 나타내는 단일평가지

수인 STC(Sound Transmission Class)곡선으로 투과손실을 평가해보았다. 차음지수 산정시 STC 기준곡선 아래에 있는 모든 주파수대역별 투과손실 값과 기준곡선과의 차가 10dB이 넘지 않도록 했으며, 평균편차가 2dB 이하가 되게 하였다. 또한, STC 곡선 아래에 있는 단하나의 투과손실 값도 곡선과의 편차에서 8dB이 초과하지 않도록 하였다. STC곡선에 각 투과손실 값을 대입하여 평가한 결과는 표 3.과 그림 6.과 같다.

표 3. 각 벽체의 주파수별 STC 값

번호	음향투과손실(Hz)				
	125	250	500	1K	2K
1	31	40	47	50	51
2	30	39	46	49	50
3	26	35	42	45	46
4	15	24	31	34	35
5	1	10	17	20	21
6	25	34	41	44	45
7	27	36	43	46	47

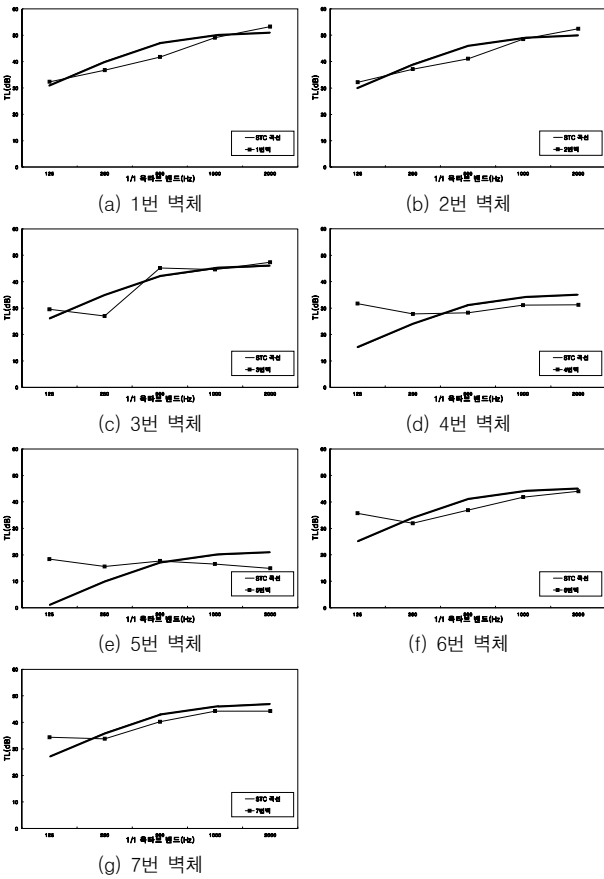


그림 6. STC 곡선을 이용한 평가

위의 결과를 토대로 평가 기준인 500Hz에서의 투과손실 차음지수 값을 John K.Hilliard가 제안한 STC 값과 음향적인 프라이버시와의 대응값에 대입한 결과는 표 4.와 같다.

표 4. STC값과 음향적 프라이버시와의 대응

STC값	주관적 반응	해당 벽체 번호
35이하	대부분 불만족	4,5
40~43	불만족	3,6,7
45~47	참을만한 정도	1,2

50~53	양호	
55~58	상당히 양호	
60이상	우수	

위의 결과를 미루어 볼 때, 대상 노래연습실의 경우 1,2번 벽체를 제외한 모든 벽체는 소음으로 인하여 인접한 다른 공간 및 노래연습실에 많은 영향을 미칠 것으로 사료된다.

3.3 국내 공기 전달음에 의한 평가

2006. 1.9일부터 시행되는 주택성능 등급표시제도에 의한 경계벽 차음기준으로 평가하기 위해 국내 공기 전달음 평가방법(건물 및 건물부재의 공기 전달음 차단성능 평가방법)에 의한 투과손실을 평가해보았다. 평가량 산출방법은 STC 곡선에 의한 방법과 거의 동일하며 음향투과손실(R)을 STC 곡선과 같이 가중법으로 평가한 결과를 가중음향투과손실(Rw)이라 한다. 공기 전달음 차단성능 기준 곡선에 각 투과손실 값을 대입하여 평가한 결과는 그림 7.과 같다.

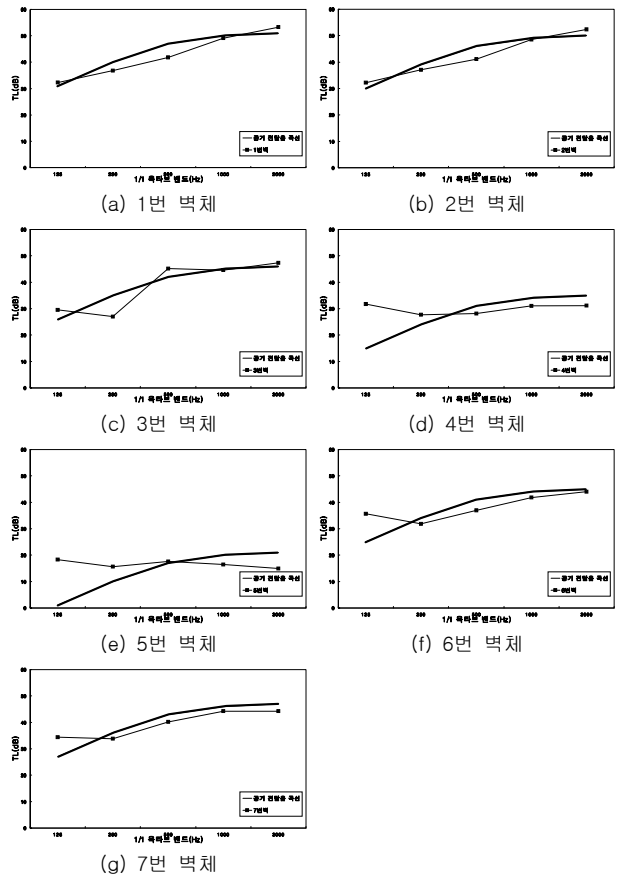


그림 7. 공기 전달음 차단성능 기준곡선을 이용한 평가

위와 같이 각 벽체를 하나씩 대입한 후 투과손실 평가시 스펙트럼 조정항(스펙트럼 특성 1 : 건물 내부의 소음) C를 계산하기 위한 기준 스펙트럼의 특성과 이를 계산한 결과는 표 5,6.과 같다.

표 5. 기준 스펙트럼의 특성

상대음압레벨 L_{ij} (dB)					
주파수(Hz)	125	250	500	1K	2K
1/1옥타브밴드	-21	-14	-8	-5	-4

표 6. 각 벽체의 주파수별 Rw+C 값

번호	음향투과손실(Hz)				
	125	250	500	1K	2K
1	29	38	45	48	49
2	29	38	45	48	49
3	24	33	40	43	44
4	14	23	30	33	34
5	0	9	16	19	20
6	24	33	40	43	44
7	26	35	42	45	46

표 6.을 보면 소음원의 종류에 따라 스펙트럼 값을 보정해 주기 때문에 STC곡선에 의한 평가보다 투과손실 값이 낮게 나타난 것을 알 수 있다. 위의 결과를 토대로 평가기준인 500Hz에서의 투과손실 차음지수 값을 경계소음기준(주택성능 등급표시제도, 건설교통부 고시 2006-14호)에 비교한 결과는 표 7.과 그림 8.과 같다.

표 7. 주택성능 등급표시제도에 의한 경계벽 차음기준

구 분	급 별	단일수치 평가량(dB)
차음성능에 의한 평가 (공기 전달음 차단성능 평가치)	1급	$58 \leq R_w + C$
	2급	$53 \leq R_w + C < 58$
	3급	$48 \leq R_w + C < 53$

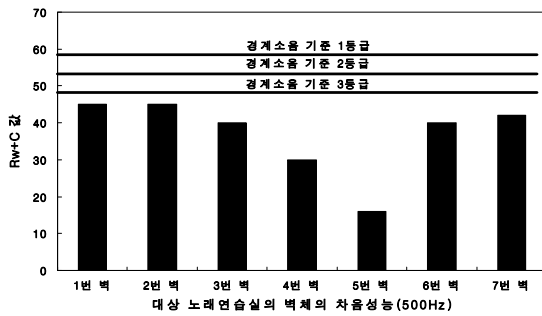


그림 8. 경계벽 차음기준에 비교한 대상 노래연습실 벽체 차음성능

그림 8.을 보면 노래연습실 벽체의 경우 법적으로 명확한 규제 기준이 없기 때문에 주택성능 등급표시제도에 의한 경계벽 차음기준과 비교해 보면 단 하나의 벽체도 이 기준을 만족하지 못함을 알 수 있다. 이는 표 7.의 기준이 소음에 대해 민감하게 반응하고 프라이버시가 중요시 되는 주택을 대상으로 하기 때문이다. 따라서 이러한 노래연습실이나 기타 주택을 제외한 다른 용도의 건물에서 차음성능을 확보하기 위해서는 각 건물 용도별 차음성능 규제기준 설정이 필요하다고 사료된다.

3.4 국내 차음성능 기준에 의한 평가

노래연습실 벽체의 경우 현재까지 차음인정 구조에 대해 법적으로 명확한 규정이 없기 때문에 주택건설 차음구조 성능기준(건설교통부 고시 1999-399호)을 대상으로 비교해 보았다. 이 기준에 따르면 차음인정을 위해서는 음향투과손실 값이 125Hz에서 30dB, 500Hz에서 45dB, 2kHz에서 55dB이상이 되어야 한다.

표 8. 대상 노래연습실 벽체의 차음성능

번호	STC	Rw+C	음향투과손실			OA
			125Hz	500Hz	2kHz	
1	46	45	32.3	41.8	53.3	47.2
2	46	45	32.2	41.4	52.4	46.5
3	42	40	30	45.2	47.4	42.7
4	31	30	31.7	28.2	31.2	29.6
5	17	16	18.3	17.6	14.9	17.0
6	41	40	35.7	36.9	44	40.1
7	43	42	34.4	40.2	44.3	40.5

표 8.의 음향투과손실 값을 이용하여 국내 주택건설 차음인정 구조와 비교한 결과는 그림 9.와 같다.

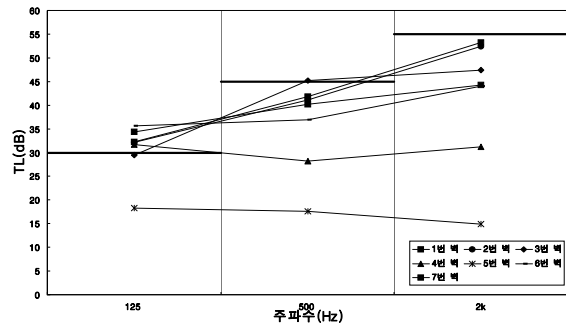


그림 9. 국내 차음인정 구조와 비교한 대상 노래연습실 벽체 차음성능

그림 9.를 보면 125Hz의 저주파수 대역에서는 5번 벽체를 제외한 모든 벽체가 만족하였으나 500Hz는 3번 벽체를 제외하고 모든 만족하지 못하였으며, 2kHz이상의 고주파수 대역에서는 단 하나의 벽체도 기준치를 만족하지 못하여 차음인정 구조를 받지 못하였다. 따라서 대상 노래연습실의 벽체의 경우 고주파수 대역에서 차음성능이 열악하여, 노래연습실에서 발생한 소음이 인접한 다른 공간 및 노래연습실에 전달될 가능성이 있다. 이를 효과적으로 제어하기 위해서는 고주파수에서 차음성능이 높은 재료를 선택하여 체계적인 차음 및 방음대책이 마련되어야 할 것으로 사료된다.

4. 결론

본 연구에서는 노래연습실의 7가지 종류의 벽체를 대상으로 투과손실을 측정하여, 현재 국내에서 사용되고 있는 STC 곡선에 의한 평가방법과 국내 공기 전달음 평가방법, 그리고 국내 차음성능 기준에 의한 평가방법을 통하여 차음성능을 비교·분석해보았으며, 그 결과는 다음과 같다.

1. STC 곡선에 의한 500Hz에서의 투과손실 차음지수 값을 John K.Hilliard가 제안한 STC 값과 음향적인 프라이버시와의 대응값에 대입한 결과 1,2번 벽체의 경우는 참을만한 정도로 평가 되었으나 나머지 벽체는 불만족스러운 정도로 평가되었다.

2. 국내 공기 전달음에 의한 평가($R_w + C$) 결과 단 하나의 벽체도 국내 규제기준을 만족하지 못함을 알 수 있다. 또한 주택건설 차음구조 성능기준으로 비교해 보면 저주파수 대역인 125Hz는 대부분 만족하지만 500Hz는 3번 벽체를 제외하고 모든 만족하지 못하였으며, 2kHz이상의 고주파

수 대역에서는 단 하나의 벽체도 기준치를 만족하지 못하여 차음인정 구조를 받지 못하였다. 그러나 이 두가지 평가기준은 비교적 엄격한 차음 규제기준을 제시하고 있는 주택을 대상으로 한 것이며, 향후 노래연습실 뿐만 아니라 다른 용도의 건물에서 차음성능을 확보하기 위해서는 각 건물 용도별 차음성능 규제기준 설정이 필요할 것으로 사료된다.

이러한 연구 결과를 통하여 얻어진 자료들이 축적되어 각 건물 용도별 차음성능 규제기준 설정이 마련된다면 벽체 설계 및 시공이나 리노베이션시 방음 및 차음성능을 향상시킬 수 있는 유용한 자료로 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 김재수 ; "소음진동학", 세진사, 2007
2. 김재수 ; 건축음향설계(개정판), 세진사, 2004.3.
3. 김재수, 양만우 ; 건축음향설계방법론, 도서출판 서우, 2001.9.
4. 국정훈, 정철운, 윤재현, 김재수 ; 건축설비 기계실의 벽체 투과손실에 관한 실험적 연구
한국소음진동공학회 학술발표대회, 2007.5.10
5. 국정훈, 김재수 ; 예술대학 연습실의 벽체 차단성능 평가에 관한 연구