

건축설비 기계실의 벽체 투과손실에 관한 실험적 연구

Experimental Study on Wall Sound Transmission Loss

at Construction Equipment Machinery Room

국 정 훈†·정 철 운*·윤 재 현*·김 재 수**

Kook Joung-Hun, Jung Chul-Woon, Yun Jae-Hyun, Kim Jae-Soo

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

ABSTRACT

The equipment noise of machine room that generates at the building where human-being is living, is becoming to an object of strong civil appeal, and because it influences to the residential space through the floor or wall, its damage is very serious level. Accordingly, while an efficient forming of the sound insulating measures is earnest, as most of the transmission loss data was the material measured in laboratory, in case when it was applied to the job site, due to the precision difference of constructing work and the influence of detoured transmitting sound, the case of disaccord is the most.

Therefore, this thesis has intended to present a fundamental data for an efficient establishment of sound insulation measure, by means of comparison-analysis with the existing transmission loss data, after measurement of the transmission loss on the object of various walls, at the construction equipment machinery room.

1. 서론

인간이 거주하고 있는 건축물에서 발생하는 내부 및 외부 소음은 최근 중요한 환경요소로 대두 되고 있으며, 특히 기계실에서 발생하는 설비기기의 소음은 거주자의 쾌적한 생활환경을 침해하는 경우가 많아 강력한 민원의 대상이 되고 있다.

기계실에서 발생하는 건축설비소음은 바닥이나 벽체를 통해 주거공간에 영향을 미치므로, 투과손실을 알아야 효율적인 차음대책을 수립할 수 있다. 그러나 대부분의 투과손실자료는 실험실에서 측정된 자료로써, 이를 현장에 적용시켰을 경우 시공의 정밀도와 우회전달음의 영향 등으로 인해 일치하지 않는 경우가 대부분이다. 이처럼, 현장에서의 실질적인 투과손실 자료의 부족으로 인해 효율적인 차음대책 수립이 어려운 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 건축설비 기계실에서 다양한 벽체를 대상으로 투과손실을 측정하였으며, 이렇게 측정된 자료를 기존에 실험실에서 측정된 투과손실과 비교·분석함으로써 효율적인 차음 대책수립을 위한 기초적인 자료를 제시하고자 하였다.

2. 측정방법 및 개요

2.1 측정방법

음압레벨차를 산출하기 위하여, 기계실인 음원실에서 ISO에서 제안하는 무지향성 스피커(DO12)로 전 주파수가 들어가 있는 화이트 노이즈를 틀어주었으며, 음원실과 수음실에서 음압레벨을 각각 측정하였다.

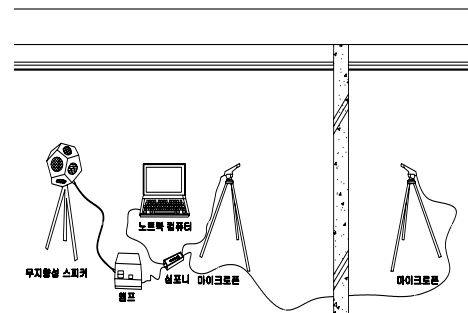


그림 1. 측정기기의 구성

측정은 K S F 2809(건축물 현장에 있어서 음압레벨차의 측정방법)에 준하여 실시하였으며, 스피커 높이는 1.5m, 마이크로폰 높이는 1.2m로 하였고, 마이크로폰은 벽체에서 각각 2m씩 떨어져서 측정하였다. 측정시 01dB사의 Symphonie를 사용하였으며, 측정 장면은 다음과 같다.

† 국정훈, 원광대학교 건축음향연구실
E-mail : kookcrew@hanmail.net
Tel 063-857-6712

* 원광대학교 건축학부 석사과정

** 원광대학교 건축학부 교수



그림 2. 측정 장면

본 연구에서 분석에 사용된 주파수범위는 31.5Hz~8kHz까지의 1/1옥타브밴드로 20초간 3회 측정한 평균값을 이용하여 분석하였으며, 동시에 전 주파수 대역의 평균값으로 측정·분석하였다

2.2 측정대상 벽의 개요

기계실의 벽을 측정한 곳은 대학교 기숙사, 식당, 수영장, 관공서등 총 6곳이며, 각 측정지점 및 모습은 다음 그림 3.과 같다.

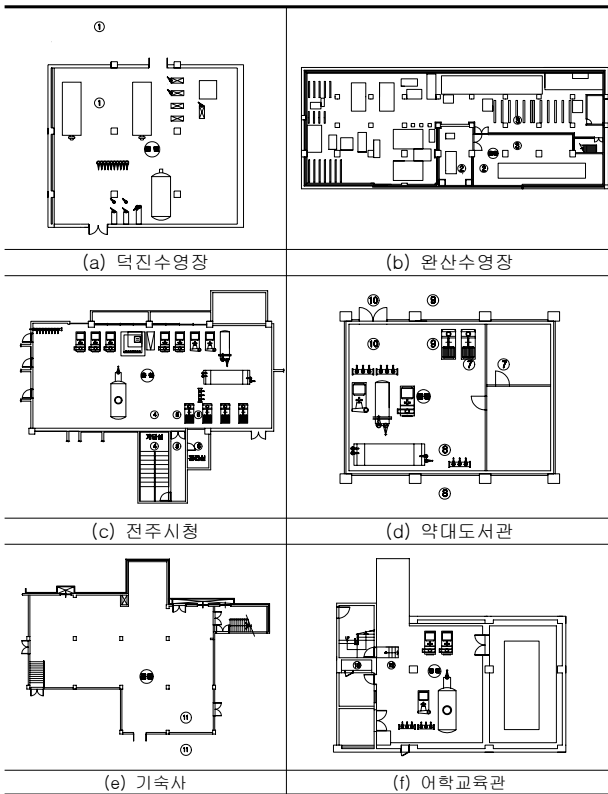


그림 3. 기계실의 투과손실 측정위치

벽의 종류는 현장에 실제적으로 시공 되어 있는 유리, 철문, 콘크리트, 몰탈 마감, 벽돌, 블록등 다양했으며, 총 12군데에서 측정하였다. 벽의 종류는 다음 표 1.과 같다.

표 1. 투과손실 측정위치

번호	기계실	재료
1	전주 덕진수영장	몰탈 + 콘크리트(200mm) + 몰탈위 수성페인트마감
2	전주	콘크리트블럭쌓기(200mm) + 글라스 크로스

3	완산수영장	콘크리트블럭쌓기(200mm)
4	전주시청	몰탈 + 콘크리트(200mm) + 몰탈위 수성페인트마감
5		철문
6		유리(4mm)
7, 8	월관대학교	몰탈 + 콘크리트(200mm) + 몰탈위 수성페인트마감
9		유리(3mm)
10		철문
11	기숙사	몰탈 + 콘크리트(200mm) + 몰탈위 수성페인트마감
12	여학관	콘크리트블럭쌓기(200mm)

2.3 투과손실(TL)

벽체에 음파가 입사되면 일부는 반사되고 일부는 투과된다. 이렇게 투과된 소음의 정량적인 평가는 투과손실 TL(Transmission loss)을 사용한다.

그림 2.~3.과 같은 방법으로 측정한 각 벽체의 주파수별 투과손실과 실험실에서 측정한 유사한 구조의 벽체 투과손실¹⁾은 다음 표 2.와 같다.

표 2. 각 벽체의 주파수별 투과손실
(a) 현장에서 측정한 투과손실

번호	재료	음향투과손실						O.A	
		63	125	250	500	1k	2k		4K
1	중량콘크리트	6.0	8.8	9.5	12.2	12.9	12.7	13.1	10.5
4		22.7	37.7	39.6	38.7	31.2	31.7	42.2	36.2
7		18.1	32.7	34.7	37.4	40.0	41.4	40.9	36.3
8		16.6	34.2	39.4	40.7	35.1	43.9	41.6	39.6
11		13.8	17.9	13.4	15.6	15.4	16.4	17.8	15.4
5		2.3	16.1	20.8	21.5	12.1	15.9	21.1	17.7
10	유리	12.0	17.7	19.6	14.4	16.4	16.9	19.3	17.9
6		23.0	24.1	32.0	34.4	28.0	28.3	38.7	30.3
9		16.9	14.0	16.6	19.9	21.7	21.5	24.5	17.9
2	글라스 크로스 블록	12.8	22.5	28.1	31.8	32.0	27.4	28.0	28.8
3		3	13.5	16.1	15.7	16.7	18.7	20.0	16.5
12	블록	16	25.6	19.1	21.7	25.6	26.8	28.4	22.3

(b) 실험실내에서 측정한 투과손실

번호	종류	1/1 옥타브밴드(Hz)							O.A
		63	125	250	500	1k	2k	4k	
13	보통콘크리트 150T	32	36	40	49	56	64	69	61.94
14	강철판 10K	7	15	19	31	32	35	38	32.49
15	판유리 5T(13K)	6	12	22	26	31	26	32	27.37
16	중량콘크리트블럭 150T+양면 몰탈마감	28	33	37	45	53	56	60	53.69

∴ T=mm, K=밀도

표 2.에서 보면 현장에서 측정한 투과손실은 각 벽체별로 서로 다른 패턴을 보였으며, 실험실에서 측정한 각 재료별 투과손실보다 낮게 나타났다. 이는 변수를 최소화한 실험실 실험에 비해 현장에 있는 설비기기의 배치, 시공의 정밀도, 개구부의 위치등 여러 조건들이 투과손실에 많은 영향을 미치기 때문인 것으로 사료된다.

3. 분석 및 고찰

3.1 중량벽체의 주파수별 투과손실

기계실에서 가장 일반적으로 시공되는 콘크리트위의 몰탈 마감된 벽의 주파수별 투과손실을 보면 다음 그림 4.와 같다.

1) 김재수 ; “소음진동학”

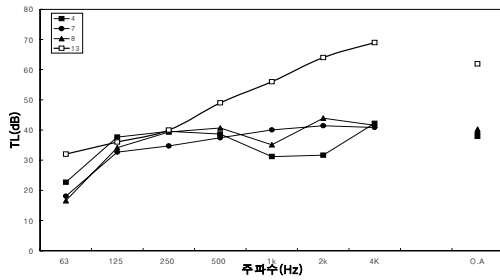


그림 4. 콘크리트벽의 물탈 마감된 벽의 주파수별 투과손실

그림에서 보면 250Hz이하에서는 현장과 실험실의 차음성능이 거의 유사한 특성을 보이고 있으나, 500Hz이상의 고주파수영역에서는 현장의 투과손실이 더 낮게 나타났다. 따라서 현장측정결과 설비기기의 배치, 시공의 정밀도, 개구부의 위치 등이 500Hz이상의 투과손실에 많은 영향을 끼치는 것으로 나타났으며, 질량법칙의 특성(Mass Law)은 나타나지 않았다.

3.2 개구부가 있는 중량벽체의 주파수별 투과손실

우회 전달음의 특성을 파악하기 위해 중량벽면 주위에 있는 문을 열어 놓고 실험한 결과는 다음과 같다.

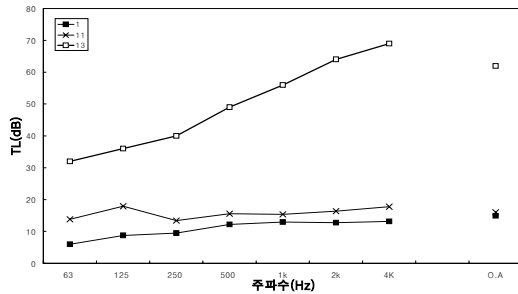


그림 5. 개구부없 중량벽의 주파수별 투과손실

중량벽 옆에 개구부가 있는 경우는 차음성능이 평균 15.45dB(OA)로 개구부가 없는 중량벽보다 38dB(OA)정도 차음성능이 낮게 나타났다. 이는 음원이 전파되어 마이크로폰으로 유입될 때 벽면이외에 주위에 있는 문을 통하여 음이 우회하여 수음점으로 입사되었기 때문으로 사료된다.

3.3 철문의 주파수별 투과손실

기계실의 특성상 관리실과 기계실은 일반적인 문보다는 철문을 많이 쓰게 된다. 기계실에서 측정된 철문과 실험실에서 측정된 철문의 투과손실을 살펴보면 다음과 같다.

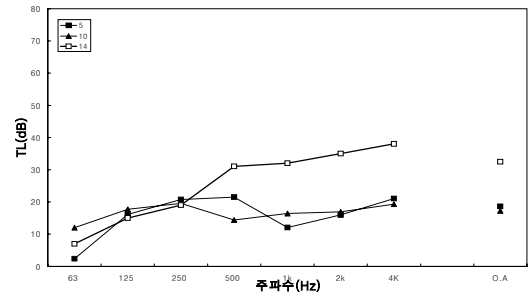


그림 6. 철문의 주파수별 투과손실

그림에서 보면, 250Hz이하의 저주파대역에서 차음성능이 실험실 실험결과인 14번과 비슷한 패턴을 보였으나, 500Hz이상의 주파수로 갈수록 차음성능이 현저하게 감소하였다. 이는 철문의 틈새에 의한 음의 누설이 발생하였기 때문으로 사료되며, 차음대책시 이러한 틈이나 구멍이 없도록 세밀한 시공이 필요할 것으로 사료된다.

3.4 유리창의 주파수별 투과손실

유리창은 관리실과 맞닿아 있거나 외부 쪽으로 통해 있으며, 차음에 가장 취약한 부분으로 문제 되고 있다. 유리의 주파수별 차음성능을 살펴보면 다음과 같다.

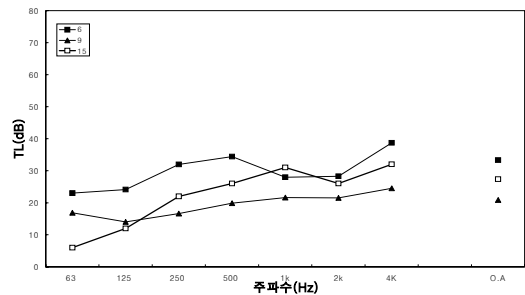


그림 7. 유리의 주파수별 투과손실

그림에서 보면 벽체와는 달리 유리창은 실험실과 현장측정의 차음성능이 비슷하게 나타났다. 이는 기계실 내부에 있는 관리실 유리의 경우 실리콘을 이용하여 밀실하게 시공되기 때문에 틈새가 없어 음의 누설이나 우회전달음이 많이 발생하지 않았기 때문으로 사료된다.

3.5 흡음보드 및 콘크리트블록의 주파수별 투과손실

“흡음보드+콘크리트 블록”, “블록에 수성페인트로 마무리한 벽”을 나누어 비교·분석해본 결과는 다음과 같다.

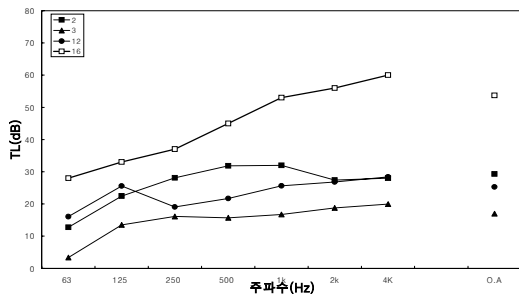


그림 8. 흡음벽의 주파수별 특성

그림에서 보면 현장에서 측정된 콘크리트 블록벽의 평균투과손실이 실험실에서 측정된 블록벽보다 약 34dB(OA)정도 낮게 나타나서, 많은 차이가 있음을 알 수 있었다.

특히, 흡음판을 설치한 블록벽의 투과손실값은 일반 블록보다 높게 나타났는데, 이는 벽체에 입사하는 음에너지가 흡음재에 흡수되어 벽체를 투과할 에너지가 감소하였기 때문으로 사료된다. 따라서 벽체에 흡음재를 병행하여 설치하는 것이 차음에는 훨씬 유리할 것으로 판단된다.

12번의 경우는 3번 구조와 벽체의 구성은 동일하지만 수음실의 체적이 작아 마이크로폰과 벽체의 이격거리가 1m미만이였다. 따라서 음압레벨이 불규칙한 근음장(Near Field)이 형성되어 3번 구조에 비해 저주파수에서 투과손실이 다르게 나타난 것으로 사료된다.

3.6 STC 곡선에 의한 평가

ISO 717-1에서 가중법(Weighting Method)에 의한 평가방법으로 제안한 벽체의 차음성능을 나타내는 단일평가지수인 STC(Sound Transmission Class)곡선으로 투과손실을 평가해보았다.

다음 그림 9.는 STC곡선에 각 투과손실값을 대입하여 평가한 모습이다. 차음지수(STC)산정시 STC 기준곡선 아래에 있는 모든 주파수대역별 투과손실값과 기준곡선과의 차가 32dB가 넘지 않도록 했으며, 평균편차가 2dB이하가 되게 하였다. 또한, STC 곡선 아래에 있는 단하나의 투과손실값도 곡선과의 편차에서 8dB가 초과하지 않도록 하였다.

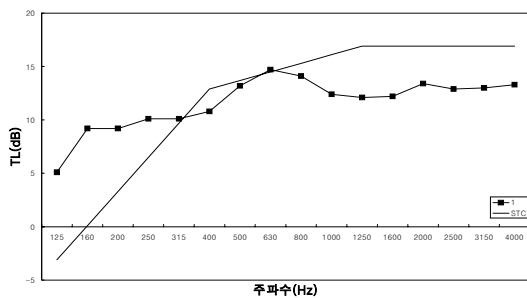


그림 9. STC곡선을 이용한 평가

위와 같이 각 벽체를 하나씩 대입해본결과 표 3.과 같이 나타났다.

표 3. 재료별 차음성능 평가지수

재료	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
평가지수(STC)	13.7	29.8	18.3	34.8	15.3	31.3	38.8	38.1	22.3	17.5	16.7	25.8

위의 값을 John K.Hilliard가 제안한 STC값과 음향적인 프라이버시와의 대응값에 대입해보면 35이하로 나타나 7번과 8번인 중량벽을 제외한 대부분 불만족하게 나타났다.

표 4. 재료별 차음성능 평가지수

STC값	주관적 반응
35이하	대부분 불만족
40~43	불만족
45~47	참을만한 정도
50~53	양호
55~58	상당히 양호
60이상	우수

평가된 차음성능을 국내에서 차음인정 구조(건설교통부 고시 1999-399호)로 정하기 위하여 기준 주파수인 125Hz, 500Hz, 2000Hz의 값을 나타낸 것이다. 차음인정을 위해서는 음향투과손실 값이 125Hz에서 30dB, 500Hz에서 45dB, 2000Hz에서 55dB이상이 되어야 한다.

표 5. 재료별 차음성능 결과

번호	평가지수(STC)	음향투과손실			OA
		125Hz	500Hz	2kHz	
1	13.7	8.76	12.2	12.73	10.5
2	29.8	22.47	31.81	27.41	28.8
3	18.3	13.52	15.71	18.74	16.5
4	34.8	37.69	38.67	31.68	36.2
5	15.3	16.11	21.51	15.94	17.7
6	31.3	24.1	34.44	28.28	30.3
7	38.8	32.65	37.43	41.42	36.3
8	38.1	34.17	40.69	43.93	39.6
9	22.3	14.02	19.89	21.53	17.9
10	17.5	17.7	14.39	16.92	17.9
11	16.7	17.9	15.55	16.38	15.4
12	25.8	25.56	21.72	26.82	22.3

표 5.에서보면 4번, 7번, 8번인 중량콘크리트의 경우 125Hz에서는 30dB보다 높게 나타나 값을 만족 하였으나, 500Hz와 2000Hz에서는 기준값을 만족 하지 못하여, 우리나라의 차음인정지수를 만족하지 못하는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서 측정 한 모든 벽체는 차음성능이 열악하여, 건축물에 부속된 설비기류에서 발생하는 설비소음이 실내로 전달될 경우 사람에게 큰 영향을 끼칠 것으로 사료되며, 이를 효과적으로 제어하기 위해서는 보다 체계적인 차음 및 흡음대책이 마련되어야 할 것으로 사료된다.

4. 결론

본 연구에서는 일반적인 설비실에서 여러 종류의 벽체를 대상으로 투과손실을 측정하여, 차음성능을 비교·분석해보았으며, 그 결과는 다음과 같다.

1. 기계실에서 현장 측정한 벽체의 평균 투과손실은 25.26dB(OA)로서 실험실에서의 투과손실보다 낮게 나타났다. 이는 설비기기의 배치, 시공의 정밀도, 개구부 위치 등에 많은 영향을 받기 때문이며, 질량법칙의 특성은 나타나지 않았다.

2. 철문의 경우 문의 틈새에 의한 음의 누설로 인해 500Hz이상의 주파수에서 차음성능이 감소했으나 유리창은 밀실한 마감으로 인하여 실험실에서 측정된 차음성능과 비슷한 값을 보였다. 따라서 차음성능을 높이기 위해서는 틈이나 구멍이 없도록 세밀한 시공이 필요할 것으로 사료된다.

3. 현장에서 측정한 “흡음보드+콘크리트 블록”의 경우 일반 블록보다는 흡음재에 의한 음의 감쇠로 투과손실이 높게 나타났으나, 실험실에서의 측정값보다 낮게 나타났다.

4. 현장에서 측정한 투과손실 결과를 STC에 적용해본 결과 모든 벽체의 차음성능이 차음성능 평가 지수를 만족하지 못하였다. 따라서 설비소음이 실내로 전달될 경우 사람에게 큰 영향을 미칠 것이며, 이를 효과적으로 제어하기 위해서는 보다 체계적인 차음 및 흡음대책이 마련되어야 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- (1) 김재수, 2004.3. ; “건축음향설계(개정판)”, 세진사,
- (2) 김재수 등, 2003.2. ; “이론과 실무를 겸비한 공기조화설비”, 세진사,
- (3) 김재수 등, 2001.9. ; “건축음향설계방법론”, 도서출판 서우,