시험설비소개

차음성능시험장치

임 홍 순 / 건축음향팀 선임연구원

1. 개요

차음성능시험장치는 건축물 실간막이벽 및 바닥, 천정재와 출입문 또는 창호등, 각종 건축구조부재의 遮音性能, 바닥衝擊音性能 測定과 흡음재료의 吸音率, 실내공조 및 급배수등 건축설비의 室內騷音力을 측정하기 위한 장치로서건축부재 및 공법의 개발등 연구에 필수적인 장치이다.

이 장치는 연면적340m^2(약100평) 규모의 지상1층, 지하1층으로 잔향실 3개, 계측실, 작업장등이 있으며, ISO(국제규격) 및 KS,ASTM,JIS등의 국내외규격에 적합하게 설계 되었다.

특히 이번 시험장치는 시험의 편의성과 효율성을 감안하여 국내 처음으로 자체개발한 시험체 카트리지 및 공기튜브 음차폐장치를 적용하여 급증하는 사회적 시험 수요에 대비하였다.

이러한 차음성능 시험장치 설치의의 및 활용분야 구성등 특징을 소개하면 다음과 같다.

2. 설치 의의

국내산업의 급속한 발달과 국민소득수준의 향상으로 인한 쾌적한 환경에서의 삶을 추구하고자 하는 욕구가 점점 증가함에 따라 주거환경에서의 보다 광범위한 고품질의 성능을 요구하게 되었고 더우기 주택수요의 증가에 따라 국가정책적으로 주택의 대량생산, 공급체계의 정비와 더불어 「공업화주택 성능 및 생산기준(주택건설기준에 관한 규칙 제22조 2;1993.7.20)」이 보완되어 주택의 구조안전성(구조적 안전및방내화), 거주성(음환경,열환경,환기 기밀성),내구성(방수,방청,방부성)등이 요구되게 되었다. 특히 거주성은 실생활의 질에 미치는 영향이 커서 사회적으로 시험수요가 증가하고 있으며 이들중차음, 흡음등 음환경 분야에서의 시험수요가 급증, 적체되고 있는 추세이나 국내에서 건축구조부재의 차음, 흡음등의 성능을 측정할 수 있는 곳은 한국표준과학연구원등 4개소뿐이며 각 시험에 소요되는 기간이 길어 사회적 시험수요에 대처하지 못하고 있는 실정이었다.

이에 당 연구소에서 최적의 시험시설을 확보하여 사회각계의 필요로 하는 곳에서 손쉽고도 신속하게 이용이 가능하게 되어 산,학,연의 긴밀한 협력을 통하여 , 건축차음부재 등 자재 및 공법의 성능 측정은 물론 개발연구 등 보다 폭넓은 음환경 분야에서 사회적 역할을 수행할수 있게 되었다.

3. 활용분야 및 품목

가. 활용분야

- ❑ 각종 건축자재의 吸音率, 遮音性能 측정
- ❑ 바닥부재의 바닥衝擊音 遮斷性能 측정
- ❑ 각종 실내 공조 및 급배수등 건축설비의 가동騷音力 측정
- ❑ 각종 가전제품등 소음원의 室內騷音力 측정
- ❑ 실내음향 특성 및 騷音防止 對策 硏究

나. 대상품목

- ❑ 건축자재 : 벽판넬,석고판,지붕판, PC콘크리

트, 천정재, 바닥판,방음샷시,판유리, 방음벽, 방음문,암면,유리면, 흡음타일, 뿜칠 흡음재등

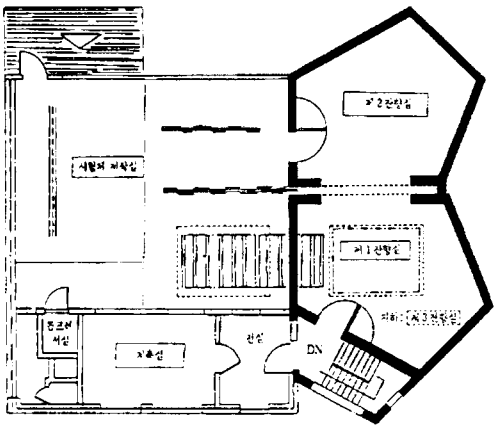
- 건축설비 : 공조설비의 닥트 및 싸이렌서, 급배수관 등 설비류
- 가전기기류 : 냉장고, 세탁기, 진공청소기, 선풍기, 에어컨등 가동소음원

4. 장치의 구성 및 특징

가. 개 요

遮音性能試驗裝置는 실내벽면에서 음을 가능한 한 흡수하지 않고 반사하여 발생한 소리가 쉽게 소멸되지않도록 한 잔향실을 이용, 차음 및 흡음율, 소음원성능평가하는 시험장치로서 그림1과 같이 철근콘크리트 (두께 30cm) 일체식구조의 7면체 부정형 잔향실 3개와 계측실,작업장등 부속실로 구성되는 음향시험동과 측정분석장비들로 구성된다.

또한 부대설비로서 시험체 카트리지 및 공기튜브 차폐방식을 국내 처음으로 개발 적용하였고 기타 잔향실 및 모니터 설비(CCTV), 운송설비(대형 크레인트) 및 온습도조절장비등을 갖추고 있다.



[그림 1] 방재시험연구소 음향시험동 개요도

나. 殘響室(Reverberation Room) 특성

잔향실이란 무향실과 정반대적인 조건을 갖추고 주위 벽면의 음흡수를 극도로 적게 한 것으로서 실내의 음장이 완전 확산상태가 되도록한 실을 말한다.

그러므로 실내 벽면은 평평하고 반사성이 높고 두꺼운 콘크리트와 같은 재료로 구성하고 6-8면체의 모양으로 만들되, 주요벽면은 평행하지 않게 하여 실내가 완전확산 음장으로 되게 한 것이다. 따라서 잔향실내 어느 위치에 있어서도 음압이 일정하고 가능한한 음에너지가 소멸되지 않게 되어 있다.

이러한 잔향실이 갖추어야 하는 중요 조건으로는 다음과 같은 것이 있다.

1) 실내 음에너지는 잔향실내 어느지점에 있어서도 일정하게 분포되어 있고,

2) 실내 어느지점에 있더라도 모든 음에너지의 흐름방향이 균등하여야 하며

3) 반향된 음의 에너지는 대수적(對數的)으로 감쇠되어야 한다.

이와 같은 잔향실은 상기 잔향조건(잔향실법)에 의한 遮音,吸音,소음원의 室內騷音 측정분석에 필수적 실험실이다.

다. 잔향실 규모

잔향실은 제1,제2,제3잔향실 등 3개의 잔향실로 구성되며, 부속실은 계측실,시험체제작장, 기타실(컴프레서실 등)로 구성된다. 시험체 개구부는 제1,2잔향실간에 벽용이, 제1,3잔향실간에 바닥용이 설치되었다. 이러한 방재시험연구소 잔향실 규모는 표1과 같다.

[표 1] 방재시험연구소 잔향실 규모

실 명	실용적(m^3)	실표면적(m^2)	바닥면적(m^2)
제1잔향실	269	241	42
제2잔향실	195	196	39
제3잔향실	217	209	42

라. 잔향실 형태 및 구조

각 잔향실 형태는 외부와의 음차단과 실내의 음

분산을 좋게 하기 위해서 철근콘크리트(두께 30cm)구조의 7면체 부정형으로 하고 실내마감은 에폭시페인트 도장을 행하여 표면반사율을 최대한 도모하였으며 5개 벽면이 서로 다른 둔각을 유지하고 천정,바닥,벽이 상호 대면방향으로 평형벽면이 없도록 하였다.

또한 각 잔향실에서 실내 모서리와 대각선 최대거리 및 측정주파수는 잔향실의용적 및 형태를 결정하는 중요한 요소로서 실간의 용적차이 및 대각선비등 ISO등 국내외 주요규격에서 요구하는 잔향실 설계기준이 모두 충족되도록 설계제작하였다.

위와 같은 국내외의 설계기준 및 당연구소 잔향실 제원을 비교한 내용은 다음 표2와 같다.

[표 2] ISO등 주요기준 대비 당연구소 잔향실 제원

구 분		ISO	ASTM	KS & JIS	방재시험연구소
차음	잔향실	❑ 음원실과 수음실 용적은 같으면 안됨. (최소 10% 차이) ❑ 용적:50m^3이상	❑ 음원실과 수음실 용적은 같으면 안됨. ❑ 각변치수비는 2:1 이내 ❑ 용적은 $V=4\lambda^3$이상 (최소 80m^3이상) λ: 최저측정주파수음파장	❑ 음원실과 수음실 용적:100m^3이상	❑ 용적 제1실:269m^3 제2실:195m^3 제3실:217m^3
	시험체	❑ 크기 벽용:10m^2이상 바닥용:10~20m^2 (단변길이 2.3m이상)	❑ 크기 한변:최소 2.4m이상	❑ 크기 면적:10m^2이상 한변:2.5~4.0m 장방형	❑ 크기 벽용:11.2m^2 바닥용:11.2m^2 (단변길이 2.8m)
흡음	잔향실	❑ 용적:150m^3이상 (200m^3권장) ❑ 대각선거리(최대) 〈1.9V×1/3〉 (V:실용적)	❑ 용적은 $V=4\lambda^3$이상 (최소 85m^3이상) λ: 최저측정주파수음파장	❑ 용적:150m^3이상 (100~150m^3미만은 160Hz에만 적용) ❑ 형태:6~8면체 대각선비 1~2	❑ 용적:269m^3 ❑ 형태:7면체 ❑ 대각선(최대) 12.1m 대각선비 1~2
	시험체	❑ 크기:10(12m^2) ❑ 장단변비:0.7~1.0 ❑ 시료주변:1m이상	❑ 크기:6.69m^2 (최소 4.46m^2)	❑ 크기:8.5~12m^2 ❑ 장단변비:1.3~1.5 ❑ 시료주변:1m이상	❑ 크기:11.2m^2 ❑ 장단변비:1.4 ❑ 시료주변:1m이상

마 부대설비

1) 시험체 카트리지 및 공기튜브차폐장치

이 장치는 시험체 제작설치 및 시험체주변 음차폐 작업를 신속 용이하게 하기위하여 고안된 것으로서, 시험체를 미리 준비된카트리지에 제작하여 시험실의 시험체 개구부에슬라이딩 삽입하는 구조로서,카트리지 삽입후 시험체 주변틈은 압축공기 주입식 공기튜브를 이용한 음차폐방식을국내에서 처음으로 자체개발하여 적용하였다. 이방식은 시험체제작 설치과정의 소요시간을 시간을 대폭 단축하는 이점이 있어 차후 국내 타 연구소등에서도 이 방식을 적용할 것으로 알려졌다.

2) 기타설비

잔향실내에서 음반사 및 흡음특성은 실내의 온습도에 따라서 크게 변화하므로 온습도 조건의 수시확인, 조절이 가능하도록 하였으며, 시험중 잔향

실에 시험진행상황을모니터 할 수 있는 설비로서 각 잔향실마다 1대씩의 CCTV 카메라를 설치하여 원격조정에 의하여 계측실에서 동시에 관찰이 가능하도록 하였다.

또한 중량물인 시험체 이동 및 설치를 위하여 대형크레인(10ton) 1대와 바닥부재 및 흡음성능측정시험체를 위한 컨베이어롤러 장치 1대, 제1잔향실 전용 체인블럭 3대를 설치하여 PC 콘크리트 판넬등 중량 시험체의 시험이 가능하도록 하였다.

3) 측정분석장비

당 연구소의 보유장비는 음향측정장비분야에서 세계적인 신뢰성을지니고 있는B&K제품으로 음발생기기 3종, 수음기기 4종, 음분석장비 5종등 계 12종 22점의 장비를 갖추고 있으며 그 보유현황은 다음과 같다.

1) 음발생기기
   - Sound Source (B&K 4224)
   - Tapping Machine (B&K 3204)
   - Bang Machine (표준타이어 : 5.29-10-4PR)

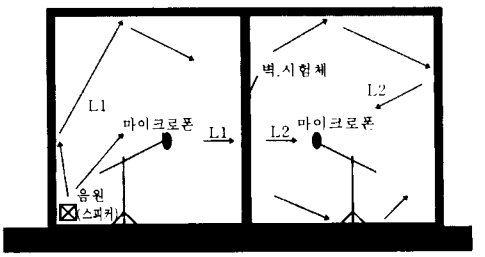
2) 수음기기
   - Microphone (B&K 4166)
   - Microphone Pre-Amplifier (B&K 2639T)
   - Rotating-Microphone Boom (B&K3923)
   - Sound Intensity Probe (B&K 3548)

3) 분석장비
   - Intensity & Realtime Frequency analyzer (B&K 2133)
   - Portable Build Acoustic Analyzer (B&K 2144)
   - Building Acoustic program (B&K 5305)
   - Computer System (Compaq XL560)
   - Lazer Printer (HP-Lazerjet 4)

5. 각종 음향시험 적용사례

가. 음향투과손실측정

음향투과손실은 벽체등 구조체의 음 차단정도를 나타내는 것으로 그림2와 같이 측정용 잔향실의 음원실과 수음실 사이의 개구부에 벽 시험체를 설치하고 , 음원실에서 발생된 음압레벨과 벽 시험체를 투과하여 수음실로 들어간 음압레벨의 차이를 측정하여 다음 식(1)을 적용하여 계산한다.



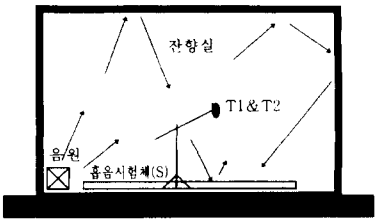
[그림 2] 음향투과손실측정 개요도

$$TL = L_1 - L_2 + 10\log_{10} A/S \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

여기서
TL: 벽시험체 음향투과손실(dB)
L1: 음원실 음압레벨(dB)
L2: 수음실 음압레벨(dB)
A: 수음실내 흡음력(m^2)
S: 벽시험체 면적(m^2)

나. 흡음율측정

실내에서의 확산음은 흡음재 면에 여러각도에서 난입사하게 되는데 이러한 실제적 흡음특성을 측정하기 위해서는 실내 확산음장 조건을 가진 잔향실이 이용되며 이렇게 측정된 흡음율을 잔향실법 흡음율이라고 한다. 측정계통은 그림3에 나타난 바와같이 용적 V(m^3)인 잔향실에 흡음재 시료를 넣기전과 넣은 후의 잔향시간의 차이를 통해 흡음율을 산출하며 식(2)을 적용하게된다.



[그림 3] 흡음율측정 개요도

$$\alpha = \frac{KV}{cS}\left[\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right] \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2)$$

여기서

α : 잔향실법흡음율

K: 상수(55.3)

T1: 시험체 설치후 잔향시간(초)

T2: 시험체 설치전 잔향시간(초)

V:잔향실 용적(m^3)

S: 시험체 설치면적(m^2)

c: 공기중의 음속(m/s); c=331.5+0.61t

t: 공기중의 온도(C)

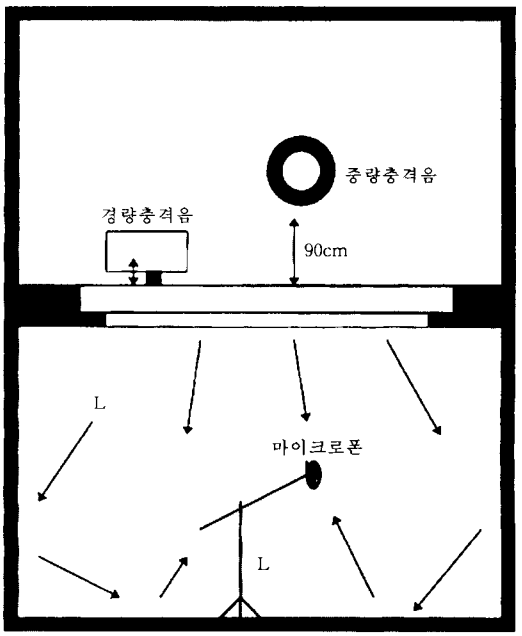
다. 바닥충격음레벨측정

일반적으로 공기중에 직접 방사되어 전달되는 음을 공기전달음(Air-borne sound)이라 하는 데 이와 반대로 바닥 충격등 진동원에서의 진동이 건축구조물 등 고체를 통하여 전달되어 건물의 천정 바닥등을 진동시켜 공기중으로 방사되는 형태의 음을 고체전달음(Solid-borne sound)이라 한다.

건물내외에는 각종 진동원이 있고 이 진동원이 구조체를 진동시켜 건물내부에 자주 소음문제를 일으키고 있다. 이것의 한 사례로서 아파트의 경우 상층부의 사람의보행 특히 어린아이의 뛰 그리고 물건이 떨어지는 것에 의해 바닥에 충격이 가해지고 그것이 마루를 굴곡진동시키고, 그것에 따라서 음이 바로 아래방향으로 방사되므로 아래층의 방에는 큰영향을 미친다. 이것이 바로 바닥충격음으로서 공동주택이나 학교 등의 건물에서 자주 문제가 되고 있는 고체음의 대표적인 예이다.

바닥충격음측정계통은 그림4에 나타난 바와같이 상하층으로 구성된 잔향실사이에 시험체 바닥스래브를 설치하고 상층 바닥위에 표준 충격음원을 사용하여 충격을 연속적으로 가할때의 아래층에 전달된 소음레벨(L;dB)을 측정하게 된다.

여기에서 사용된 표준 충격음원으로서는 입식생활 위주 서양사람들 관습상 유래하여 구두를 신고 보행할때 충격효과를 내는 태핑머신을 사용하며, 좌식생활 위주의 동양사람들 관습상 유래하여 그 보행상의 효과를 고려한 자동차타이어를 사용하고 있는데 태핑머신을 경량충격음, 타이어를 중량충격음이라 한다.



L: 바닥충격음레벨(dB)

[그림 4] 바닥충격음레벨 측정 개요도

6. 맺음말

최근 환경문제가 실로 복잡한 양상을 보이며 심각한 사회 문제로 확산되어 더 이상 방치할 수 없는 상태에 이르러, 이번 당 연구소 遮音性能 試驗裝置의 도입을 계기로 환경공해의 주요 원인이며 시급한 대책이 필요한 소음공해를 방지하는데 관련제품의 품질관리의 활성화와 신자재 및 신공법의 개발에 기여하는 계기가 되기를 바란다.