

음향블럭의 흡음특성

° 김연수*, 김옥희*

Absorption Characteristic of Sound Block

(Youn-Soo Kim, Ok-Hee Kim)

1. 서론

과학문명의 발달은 지구환경에 미치는 영향이 서로 달라도 환경파괴라는 대가를 치르면서 발전하여 왔다. 환경문제는 수질오염, 대기오염, 폐기물 및 소음진동이 있다. 이 중에서 소음진동과 관련된 환경문제는 도시가 커지고 기계문명이 발달하면서 심각성은 더해가고 있다.

환경소음중 주거생활에 직접적으로 영향을 미치는 교통소음, 공장소음에 대하여 일반적인 성분을 파악하였다. 조사시 소음레벨보다는 주파수 분석에 의한 특성을 중시하였으며, 주파수 분석 결과에 따라 저주파 대역 및 고주파 대역으로 분류하였다.

음향블럭은 시멘트 블럭을 가공하여 제작한 것으로 일정한 크기의 흡이 있다. 음향블럭의 음향특성은 이 흡에 따라 달라지는 것이 일반적인 특징인데 본 연구에서는 동일한 음향블럭에 대하여 설치방법 및 흡음재 사용에 따라 달라지는 음향특성에 대하여 실험결과와 적용방법을 제시하였다.

2. 음향블럭의 이론적 배경

소음방지를 위해 사용하는 흡음재는 여러가지 종류가 있으나 기본적으로 다공질형 흡음재, 판막 진동형 흡음재, 공명기형 흡음재로 분류된다.

○ 다공질형 흡음재(Porous Type) : Glass Wool, 암면, 섬유류 및 화학제품으로 최근에 많이 사용하는 추세있는 polyurathane 등이 있다. 다공질형 흡음재의 흡음성능은 일반적으로 저음역에서는 효과가 적고 고음역에서는 크다

○ 판막 진동형 흡음재(Membraneous Type) : 얇은 베니

어판이나 유리창과 같은 재료에 소리가 부딪히면 판은 막진동을 하며, 소리 에너지가 진동 에너지로 변하여 열로 소비된다. 흡음특성은 저음역의 공진주파수에서 최대치를 갖지만 전반적인 흡음특성은 높게 나타나지 않는다. 판형 흡음재는 판의 두께와 질량, 공기층에 영향을 받는다.

○ 공명기형 흡음재(Resonator Type) : 공동의 구멍에 소리 에너지가 입사하면 특정주파수 부근에서 구멍 내부의 공기가 공명을 일으켜 소리 에너지가 마찰열로 소비되면서 소리 에너지를 소비시킨다. 공명기형 흡음재는 공명주파수에서 흡음특성이 매우 좋은 반면에 다른 주파수 대역에서는 흡음특성이 낮아지는 특성을 갖는다. 따라서 이 흡음재를 사용할 때는 대상소음의 주파수성분을 미리 분석해 둘 필요가 있다.

일반적으로 건축마감재료 및 구조상의 흡음재료로서는 상기한 세가지 종류가 있으나 이들 특성이 두가지 이상 서로 겸한 것들이 사용되고 있다.

본 연구에 사용된 음향 블럭은 공명기형으로 제작된 흡음재로서 내부(cavity)에 유리면 또는 암면을 채운 경우로서 다공질형 흡음재와 공명기형 흡음재를 병용한 것으로 볼 수 있다.

1) 단일 공명기(Helmholtz 공명기) :

공명기형 흡음재는 우리의 선조들이 오래전부터 종교의식을 행하는 장소에 많이 채택하여 사용하여 왔다. 종교적인 분위기의 창출을 위하여 전반적인 실내음향 특성을 조절하다보니 특정주파수 대역에서 문제음이 발생하는 것을 해결하기 위한 방편이었던 것으로 생각된다.

문제가 되는 소리가 파장에 비하여 목의 길이, 공동, 입구면적이 충분히 작을 경우($\lambda \gg L$, $\lambda \gg V^{1/3}$, $\lambda \gg$ 일 경우) 외부

소리에 의하여 목의 공기는 하나의 질량으로서 운동하고, 공동내의 공기는 압축 및 팽창되어 용수철(강성 : stiffness)과 같이 작용하며, 입구에서는 음원과 같이 소리를 외부로 방사하여(radiate) 저항(Rr)으로서 작용한다. 이는 Helmholtz 공명기로 그림 2-1과 같이 단순진동자에 의해 해석된다.

Helmholtz 공명기의 공명주파수 Fr은 다음과 같다.

$$Fr = C/2\pi\sqrt{(S/LV)} = C/2\pi\sqrt{S/(L+0.7r)V} \quad (2-1)$$

흡음효과는 공명주파수에서 매우 높게 나타나며, cavity내에 흡음재를 채웠을 경우공명주파수 대역에서는 다소 흡음율이 떨어지나 다른 주파수 대역에서는 흡음율이 향상된다.

2) 유한 길이 슬릿 :

유한길이 slit형 공명기의 공명주파수 (Fr)는 식 2-2와 같다.

$$Fr = C/2\pi\sqrt{S/V(L+kb)} \quad (2-2)$$

여기서 C : 음속(m/sec)

V : 공동용적(m³)

S : Slit 면적(m²)

b : Slit 길이(m)

K : $1/\pi + 2/\pi (\ln(2a/b))$

a : Slit 길이(m)

속이 빈 시멘트 블럭에 흡이 있는 경우에는 유한길이 slit형 공명기와 같은 역할을 하게 되어 흡음효과가 있다. 블럭의 구멍이 cavity 역할을 하며, 내부에 흡음재를 사용하면 공명주파수 이외의 주파수 대역에서는 흡음능력이 개선된다.

3. 실험 방법

3-1. 시편의 제작

본 실험에 사용한 시멘트 블럭은 8", 6", 4"블럭이다. 시멘트 블럭은 중앙에 속이 빈 부분이 있으며, 그림 2-1에서 보는 바와 같이 목부분의 공기가 스프링작용을 한다. 즉, 공동에 작은 구멍이 뚫려 있어서 외부와 통하고 있을 때 뚫린 구멍 또는 구멍 입구의 공기는 하나의 질량으로서 진동하기 때문에

그림 2-1과 같이 용수철에 추를 매달은 단일 진동자를 생각할 수 있다. 이때 소리 에너지가 열 에너지로 변환되어 소리가 흡수되는 Helmholtz 공명기 역할을 하는데 다음 식과 같이 표현할 수 있다.

Helmholtz 공명기의 공명주파수 (Fr)는

$$Fr = C/2\pi\sqrt{S/(V(\ell + \delta(=kb)))} \quad (3-1)$$

여기서 c : 음속 343m/sec(20℃)

S : 뚫린 구멍의 단면적(m²)

V : 공동용적(m³)

ℓ : 뚫린 구멍의 목부분의 길이(m)

δ : 관단보정(End Correction)

k : 유한길이 slit의 관단보정계수

b : slit의 폭(m)

관단보정에 대하여는 그림 3-1을 참고로 하면 된다.

제작된 8"시멘트 블럭의 공명 주파수는 식 3-1에 의하여 계산하면 384(Hz)이다.

3-2. 흡음측정

재료의 표면에 입사하는 음향 에너지는 표면에서의 반사, 재료 내부에서의 흡수 및 배후에서의 투과로 나누어지는데 흡수 및 투과에너지의 합과 입사 에너지의 비율 흡음계수(sound absorption coefficient)라 하며, 흡음계수에 100을 곱하여 흡음율로도 표시한다.

흡음계수를 측정할 때는 주로 관내법과 잔향실법을 이용한다. 잔향실법은 완전히 확산된 음장에서 측정하는 시험법으로 소음방지 대책에서 사용되는 흡음재료의 흡음을 측정에 많이 이용하며, 빈 잔향실에서의 잔향시간과 시료가 있을 때의 잔향시간 차로 부터 흡음율을 결정한다.

관내법은 잔향실법과는 달리 수직으로 입사하는 음파에 대하여만 흡음효과를 나타낸다. 따라서 간이측정이나 연구용으로 많이 이용하고 있다.

3-3. 흡형 시멘트 블럭의 흡음율

이미 제작된 시멘트 블럭을 잔향실 바닥의 중앙에 설치한 후 흡음능력을 측정하였다. 흡음시험을 위한 시료 설치시는

슬리트면이 위로 향하거나 중앙의 흠이 위로 향하도록 하여 실험을 하였다. 이는 시멘트 블럭의 설치 방법에 따라 공명 주파수가 달라지며, 한가지 블럭으로 주파수 성분이 전혀 다른 장소의 소음방지도 이용하고자 함이다.

시험에 사용된 시멘트 블럭의 크기는 8", 6", 4"의 세가지 종류이다.

3-4. 흡음재를 채운 흠형 시멘트블럭의 흡음율

제작된 시멘트 블럭의 공동(cavity)에 유리면 또는 암면을 설치하고 잔향실에서 흡음특성을 측정하였다.

흡음재를 설치한 시멘트 블럭은 그림 3-2에서 보여주고 있는데 제작한 세가지 블럭중 8"블럭에 대하여 보여주고 있다.

그림 3-3은 8"시멘트 블럭의 흡음성능 측정결과를 보여주고 있으며, 이 그림에는 슬리트와 중앙의 흠이 위로 향하고 흡음재를 유리면으로 사용했을 때의 측정결과이다. 이 그림에 의하면 시멘트 블럭은 설치하는 조건에 따라 흡음성능이 다르게 나타나고 있음을 볼 수 있다. 즉, 설치 방법에 따라 환경소음을 줄이는 대상을 달리해야 한다.

그림 3-4는 그림 3-3의 조건에서 흡음재를 암면으로 교체하여 사용했을 때의 측정결과이다. 시멘트 블럭은 같은 8"이지만 또 다른 흡음특성을 보이고 있음을 알 수 있다.

그림 3-5는 8"시멘트 블럭을 일반적인 사용방법인 슬리트를 위로 했을 때의 흡음율 측정결과이다. 슬리트를 위로 하고 흡음재를 유리면과 암면으로 교체 사용하였으며, 이 그림에서는 두가지 흡음재의 변화에 따른 흡음성능의 차이를 보여주고 있다.

그림 3-6은 6", 4"블럭을 대상으로 하여 측정한 흡음시험 결과이다. 흡음재를 교체하면서 측정한 결과로 적당한 크기의 시멘트 블럭을 선정하여 사용하는데 지표가 된다.

4. 활용방안 및 경제성

소음제이시 가장 좋은 방법은 소음원 자체를 줄이는 것이다. 교통소음은 교통량을 줄이거나 차량의 속도를 줄임으로써 수음점의 소음도를 줄일 수 있으며, 공장소음은 기계에서 발생하는 소음을 줄임으로써 외부로 방사되는 전체 소음에너지 줄일 수 있다.

교통통제로 차량수와 주행속도를 줄일 경우 불안한 사회, 경제적인 손실을 초래할 수 있으며, 가동하는 기계의 수를 줄

여 소음도를 낮추는 것은 국가 경제상 불필요한 착상이 된다. 이와 같은 일차적인 방법이 불가능한 경우 이차적인 소음 저감방안이 이용되고 있으며, 방음벽이나 차음실이 사용되고 있다.

그림 4-1은 일반적으로 산업장에서 사용하는 송풍기와 비상용 발전기에서 발생하는 소음의 주파수 성분을 보여주고 있다. 또한 철도소음과 고속버스에서 발생하는 교통소음의 주파수성분에 대하여도 보여주고 있다.

4-1. 도로 방음벽

소음이 문제시되는 고층아파트 단지, 고속도로변 주거단지에는 소음방지 대책으로 방음벽 설치, 수림대 조성 등으로 교통소음을 감소시킬 수 있다. 여기서는 시멘트 블럭의 흡음성능과 설치조건에 따라 달라지는 흡음특성을 비교하여 적절한 장소를 선택하는데 기여하고자 한다.

그림 4-1에서 보듯이 도로 방음벽에 사용되는 시멘트 블럭은 8"크기를 흠이 중앙에 오도록 설치하는 것이 효과적이다. 사용하는 흡음재로는 유리면이 효과적이다. 이에 대하여는 그림 3-3과 그림 3-4를 참고로 하면 된다.

4-2. 지하로 및 터널

지하로나 터널의 내부는 대부분 콘크리트로 시공되어 있어 자동차가 지날 때 반사음과 확산음으로 인하여 소음레벨이 도로변에서 보다 높게 나타난다. 특히 하절기에는 자동차 문을 여는 빈도가 많아 동절기보다 크게 느낀다.

시멘트 블럭을 지하로 또는 터널에 사용하면 소음 경감효과뿐만 아니라 구조적으로 콘크리트 구조물의 허용하중을 약간은 증가시킬 수 있다.

4-3. 산업시설

산업장 소음의 경감을 위하여 흡음판, 흡음벽, 방음 커버 등을 사용한다. 산업장에서 발생하는 소음은 광대역 소음, 저주파 소음, 고주파 소음으로 분류하여 취급한다.

시멘트 블럭은 저주파 대역에서 흡음효과가 높게 나타나고 있으므로 팬과 같은 기계를 많이 사용하는 작업장에서 특히 효과적이다.

또한 그림 4-1에서 송풍기틀 예로 살펴보면 방음대책용으로 적당한 것은 4"시멘트 블럭임을 쉽게 알 수 있다. 이것은 그

림 3-6과 비교해 보면 쉽게 알 수 있다.

5. 결 론

교통소음과 산업장 소음은 모두 환경소음으로 분류되고 있지만 소음에 노출되는 대상이 서로 다르다. 교통소음은 지역 주민을 대상으로 하지만 산업장 소음은 해당 회사에 근무하는 일부 근로자를 그 대상으로 하고 있다.

소음은 적절히 규제 또는 제어하는 것이 지역사회를 발전시키는 데 크게 기여를 하게 된다. 따라서 이제는 경제적인 부산물로서 여기는 환경문제를 떠나 통제하고 규제하면서 모두가 더불어 살 수 있는 분위기를 만드는 것이 주민들과 근로자의 심리적 및 정신적 영향을 고려하는 계기가 된다.

시멘트 블럭은 경제적인 특성이 지니는 장점때문에 많이 사용하고 있으나 소음특성에 맞도록 적절한 사용방법을 이해하지 못하고 있다. 지금까지 사용된 시멘트 블럭은 주로 은폐된 장소나 지하 공간에 사용되어 왔다. 이제는 이를 과감히 탈피하여 외부에도 사용할 수 있는 미적 감각을 살릴 수 있으며, 음향특성도 고려하여 더 나은 제품을 만들수 있도록 하여야 한다.

시멘트 블럭은 공명주파수를 이용하기 위하여 제작된 것이다. 따라서 앞으로 시멘트 블럭을 사용할 때는 설치방법에 따라 흡음성능이 달라지는 것을 이해하고 블럭의 특성에 따라 알맞는 것을 선택하여 사용하도록 권장하며, 정확한 조사와 시공에 의해 만족할만한 소음차단 효과를 얻을 수 있기를 기대한다.

6. 참고 문헌

1. 은회준 외, 음향 및 소음, 정밀측정교재 86-012, 공업진흥청, 1986.
2. 은회준 외, 건축음향, KSRI-ET-58, 한국표준연구소, 1984.
3. 이세철, 시멘트 블럭(Hollow Concrete Block)의 흡형태에 따른 방음효과에 관한 연구, 1983.
4. 은회준 외, 국내사용기계류의 음향power 및 진동레벨 측정 조사연구, 환경처, 1981.
5. 정일득, 소음진동, 신평문화사, 1991.

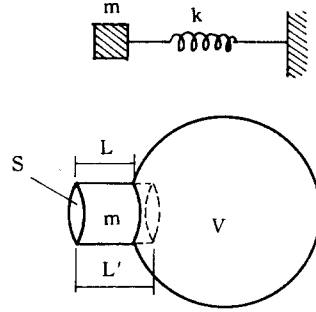


그림 2-1. Helmholtz 공명기와 단순 진동자.

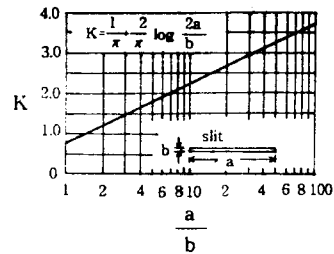
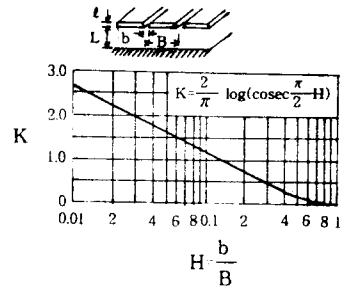
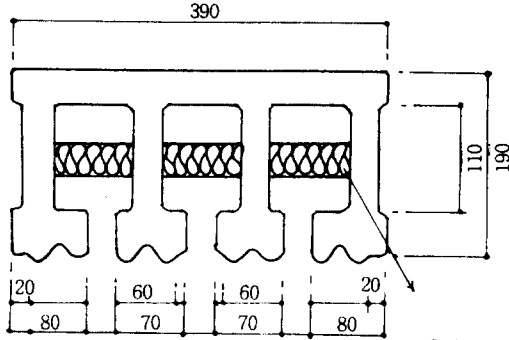


그림 3-1. 슬리트의 End Correction.



유리섬유 24K25T 또는 암면 60K25T

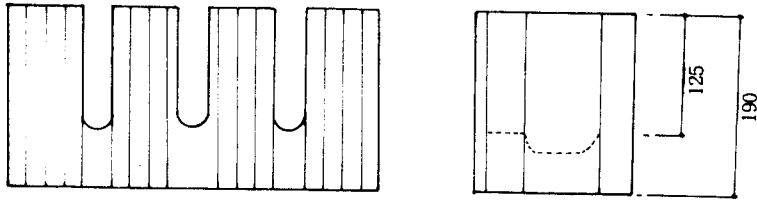


그림 3-2. 흡음재를 설치한 8"시멘트 블럭.

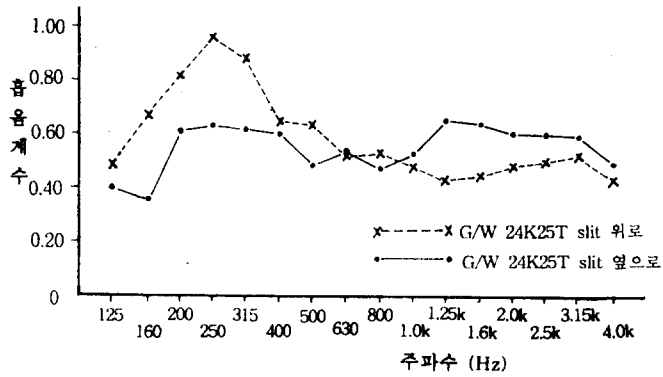


그림 3-3. 설치방법에 따른 8"시멘트 블럭의 흡음성능. (유리면 사용시).

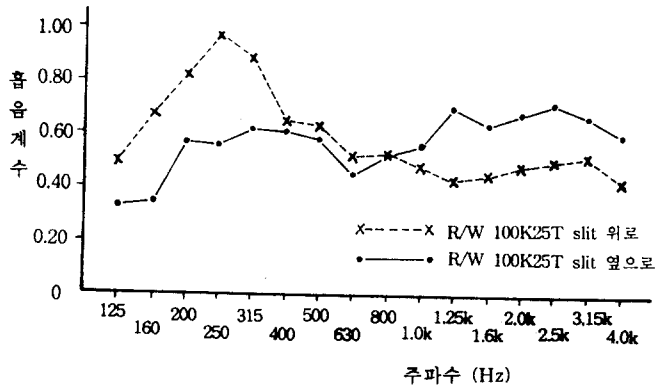


그림 3-4. 설치방법에 따른 8"시멘트 블럭의 흡음성능. (암면 사용시).

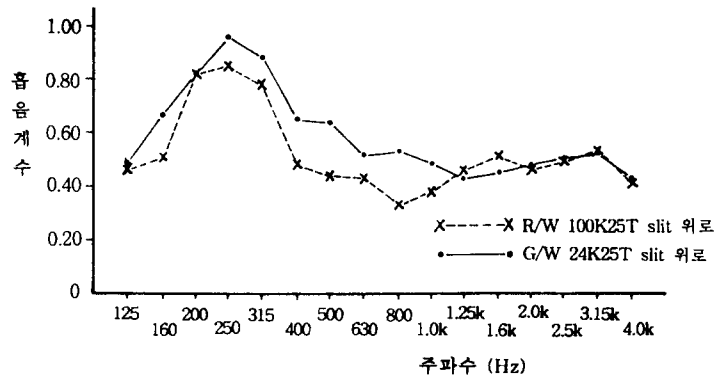


그림 3-5. 슬리트가 위로 향하도록 시료를 설치하고 흡음재를 교체했을 때의 8"시멘트 블록 흡음성능.

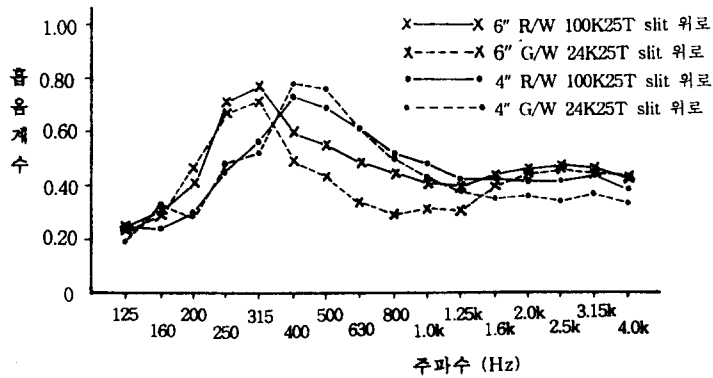


그림 3-6. 흡음재를 설치한 6", 4"시멘트 블록.

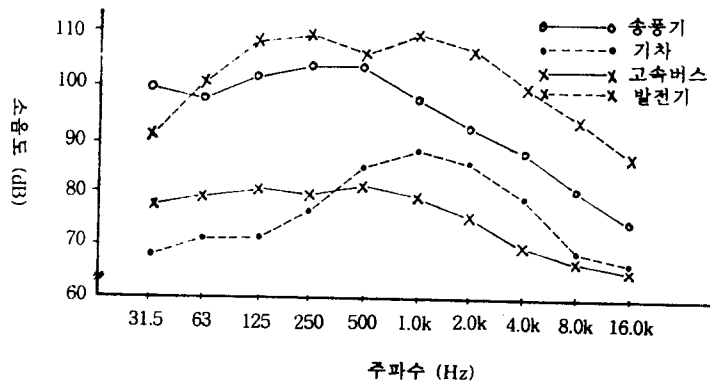


그림 4-1. 산업장소음 및 교통소음의 주파수 성분.