

팽창질석을 사용한 기포콘크리트의 흡음특성

공경록, Ganbileg Gayabazar, 강헌찬
동아대학교 지구환경공학부

Sound absorption characteristic of foamed concrete according to using expanded vermiculite

Kyoung-Rok Kong, Ganbileg Gayabazar, Heon-Chan Kang
Department of Geo-Environmental Engineering, Dong-A University

1. 서론

폐석고는 국내의 여러 산업분야에서 약 400만 톤 정도가 해마다 발생되고 있으며 현재 활용되지 못하고 방치되고 있는 양만도 2,000만 톤 정도에 이르고 있어 주변 환경에 큰 문제가 되고 있다.⁽¹⁾ 석고 자원이 없는 우리나라로는 폐석고 자원을 최대한 활용하여 천연석고의 수입대체에 의한 외화절감 뿐만 아니라 현재 폐석고로 인한 환경오염이 야기되고 있어 오염문제 해결 및 자원재활용에 많은 연구가 요구됩니다.

국내에는 대부분의 건축물에 단열재로 스티로폼을 사용하고 최근에 노래방이나 카페 등의 소음이 심한 곳에 방음 및 흡음재로 스티로폼이나 우레탄과 같은 방음재를 사용함으로써 화재의 발생 시 이들의 연소로 대형화재로 확대되는 경우가 많아 많은 인명사고가 발생하고 있다. 국내의 화재 발생 시 나타나는 인명사고의 대부분은 건축물에서 사용되는 단열재와 방음재가 연소하면서 발생하는 유해가스에 의한 질식사(거의 대부분을 차지하고 있다. 또한 최근에 화재의 발생 시에 건물의 붕괴사고로 많은 소방관들이 참사를 당하는 등 화재 발생 시 건물의 붕괴도 자주 볼 수 있다. 최근 고층건물들은 철골구조로 건축되는 경향이 높기 때문에, 화재 시 건물의 붕괴를 막기 위해 철골 구조에 내화피복재를 많이 사용하고 있는 실정이다.⁽²⁾

따라서 본 연구에서는 폐석고를 활용한 내장재의 비중이나 흡음, 단열성과 같은 물리적 특성을 향상시킬 수 있게 내장재를 경량화하기 위한 기초자료를 확보하는 차원에서 폐석고와 시멘트 혼합물에서 계면활성제인 SDS(Sodium n-dodecyl Sulfate)를 활용하여 SDS의 함량에 따른 기공분포 및 기공률을 조사하고 이에 따른 흡음특성을 파악하는데 목적을 두었다.

2. 실험재료 및 방법

2.1. 실험재료

본 연구에서 사용된 시료는 질석의 경우 국내산 질석을 950℃에서 열처리하여 팽창시킨 것을 사용하였고 결합재로 1종 보통 포틀랜드 시멘트(D사)와 내화재료로써의 인산제조공정에서 부생되는 폐석고(여수, N사)를 사용하였다.

또한 시멘트 및 폐석고 입자의 분산력을 높이고 팽창질석의 물의 흡수량을 줄여 강도를 증가시키기 위해 시멘트혼화제중 유동화제인 P-HC(J사)를 사용하였고 기포를 혼입하여 단열 및 흡음성을 더욱 높이기 위하여 기포제로 시약용 계면활성제인 SDS(Sodium n-dodecyl Sulfate, SamChun, CP)를 사용하였다.

2.2. 실험방법

폐석고에 의한 내화의 효과를 확인하기 위하여 가로 12cm, 세로 8cm, 높이 4cm의 몰드에 폐석고와 시멘트, 팽창질석을 혼합하여 수화시킨 시료를 Fig. 1.과 같이 시료의 정가운데에 thermocouple을 삽입하고 인디케이터(indicator)에 연결하여 내부의 온도를 측정할 수 있도록 하여 전기로의 온도를 올리는 과정에서 시료의 내부온도를 측정하였다.

팽창질석과 시멘트, 폐석고 함량에 따라 흡음률을 측정하는 과정에서 경량골재인 팽창질석을 첨가한 시료의 흡음률 측정은 Table 1과 Table 2의 혼합비로 혼합한 시료를 KS F 2814-1⁽⁶⁾과 KS F 2814-2⁽⁷⁾의 규정에 따라 흡음률을 측정하였고 Fig. 3.에서와 같이 제작된 시료는 두 가지 종류로 나뉜다. 두께 20mm, 지름 100mm인 원판형 시료는 흡음률 측정 주파수 범위가 50 Hz~1.2kHz 이고, 두께 20mm, 지름 29mm인 원판형 시료는 흡음률 측정 주파수 범위가 500 Hz~6kHz 이다. 두 종류의 흡음률 측정시료를 제작한 뒤 Fig. 2.의 흡음측정기기(Type 4206, B&K)를 이용하여 흡음률을 측정하였다.

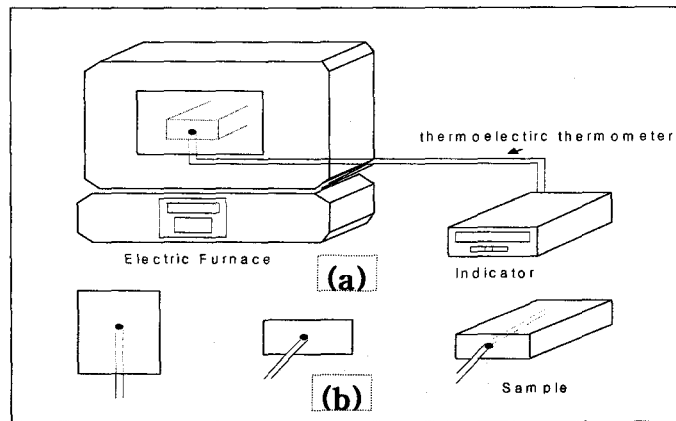


Fig. 1. Fireproof experiment apparatus

Table 1 Ratio of sample according to content of waste gypsum, cement and expanded vermiculite(%)

Sample	1	2	3	4	5	6	7
Expanded vermiculite	20	25	30	35	40	45	50
Waste gypsum	40	32.5	35	32.5	30	27.5	25
Cement	40	32.5	35	32.5	30	27.5	25

Table 2 Ratio of Sodium n-dodecyl Sulfate in mixture of cement, waste gypsum and expanded vermiculite

Expanded vermiculite : Cement : Waste gypsum (45 % : 27.5 % : 27.5 %)						
Sample	1	2	3	4	5	6
Sodium n-dodecyl Sulfate(%)	0.01	0.05	0.1	0.2	0.5	1

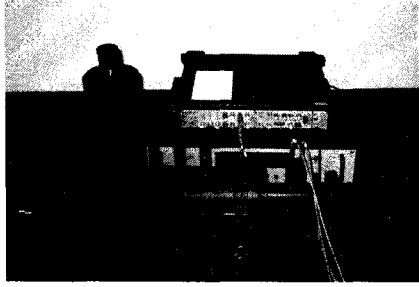


Fig. 2. Sound absorption measurement system

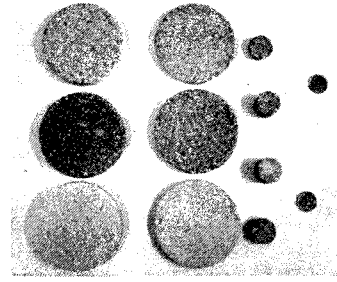


Fig. 3. Samples for sound absorption measurement

3. 실험결과 및 고찰

3.1. 폐석고의 내화효과

내장재를 제조시 시멘트와 석고만 사용할 경우 자연건조 과정에서 균열이 자주 발생하거나 균열이 발생하지 않은 경우도 화재에 의한 열충격이 주어졌을 때 대부분 심하게 균열이 가면서 부서지는 것을 볼 수 있었다. 이런 문제를 해결하기 위하여 본 연구자들은 첨가물로 비중이 낮고 흡음·단열 효과가 있으면서 열충격을 완화시킬 수 있는 소재로 팽창질석을 선정하여 연구 검토해 보고자 하였다.

본 연구 과정에서는 초기 단계에서 우선적으로 석고와 시멘트의 혼합물에 중량비로 30%정도의 팽창질석을 첨가하여 혼합하고 물을 첨가하여 수화시켜서 경화시킨 뒤 충분히 건조시켜 시료를 제조하였다. 이렇게 만들어진 시료(두께 2cm정도)를 전기로 안의 온도를 600℃ 정도로 올린 상태에서 전기로에 넣고 전기로의 상승온도를 분당 4℃씩 상승시키는 과정에서 본 연구용 내화시료의 2cm두께에 열이 전달되는 온도를 측정하여 본 결과를 Fig. 4.에 나타내었다.

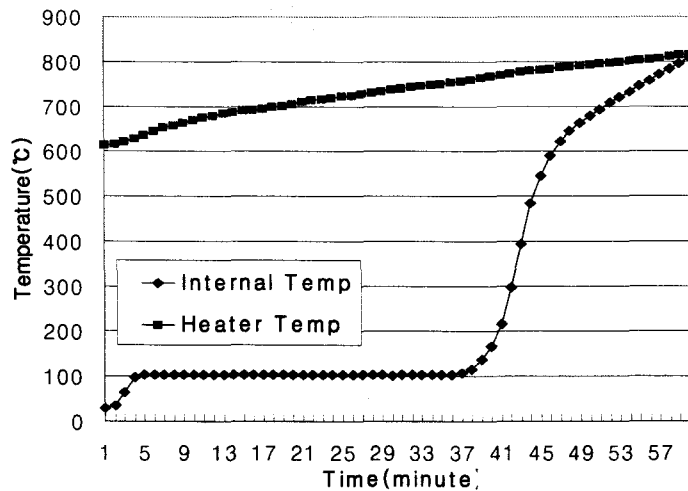


Fig. 4 Heat transmission effect of 2cm thick fireproof sample

Fig. 4에서 볼 수 있는 바와 같이 처음 2분 정도는 단열효과로 온도의 상승이 없었으나 시간이 지나면서 열전달이 일어나 약 5분 정도에서 105℃ 정도로 온도가 올라가는 것을 볼 수 있다. 그리고 105℃ 정도에서 약 36분 정도 일정한 온도를 유지하는 것을 볼 수 있다. 이것은 시료 내에 들어 있는 모세관수와 같은 자유수의 증발과 석고와 시멘트의 수화과정에서 형성된 층간수 및 결합수들이 증발하면서 흡수하는 잠열에 의하여 전기로에서 전달되는 높은 열들을 흡열하면서 온도가 일정하게 유지되는 것으로 사료된다.

Fig. 4.에서 볼 수 있는 바와 같이 40분이 경과하면서 온도가 급격하게 상승하는 것을 볼 수 있다.

이것은 층간수 및 결합수들의 휘발 잠열량이 줄어들면서 전기로에서 계속되는 고온의 열전달에 의해 온도가 상승하는 것으로 생각된다. 따라서 Fig. 4.에서 볼 수 있는 바와 같이 약 40분 정도까지는 석고와 시멘트의 수화물이 분해되면서 나타나는 흡열반응에 의하여 고온의 열전달이 차단되어 화재의 확산을 막을 수 있고 사람들이 건물 밖으로 피난할 수 있는 시간적 여유를 확보할 수 있을 것으로 사료된다.

3.2. 폐석고와 시멘트혼합물에 팽창질석의 첨가에 따른 흡음효과

저주파 영역과 고주파 영역에서의 경량골재인 팽창질석의 함량에 따른 흡음률을 측정해 본 결과는 Fig. 4.에 나타내었다. Fig. 5.에서 볼 수 있는 바와 같이 팽창질석에 의한 흡음특성은 대략 1,000~4,000 Hz 사이에서 나타나는 것을 볼 수 있으며 팽창질석의 함량에 따라서 다소 차이는 있으나 주파수 범위 1,700 Hz 및 2,300 Hz 전후에서 최대흡음특성이 있는 것을 관찰할 수 있다.

질석의 함량이 증가됨에 따라 약 11.06%씩 흡음률이 증가되는 것을 볼 수 있어 팽창질석의 함량이 높아질수록 흡음률이 증가되는 경향이 있음을 알 수 있다. 팽창질석의 함량이 50%일 때 2,300 Hz에서 흡음률이 86.3%로 최대임을 확인할 수 있었다.

Table 3 NRC according to content of expanded vermiculite in 1/3 octave

Frequency(Hz)	Absorption coefficient						
	Expanded vermiculite(%)						
	20	25	30	35	40	45	50
250	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04
500	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04
1000	0.13	0.17	0.15	0.11	0.17	0.15	0.16
2000	0.33	0.29	0.46	0.49	0.4	0.48	0.65
NRC	0.13	0.13	0.17	0.17	0.16	0.18	0.22

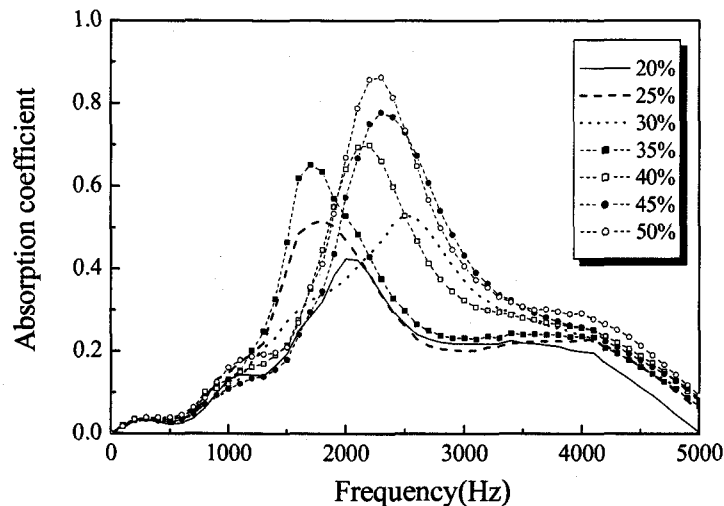


Fig. 5. Absorption coefficient according to content of expanded vermiculite

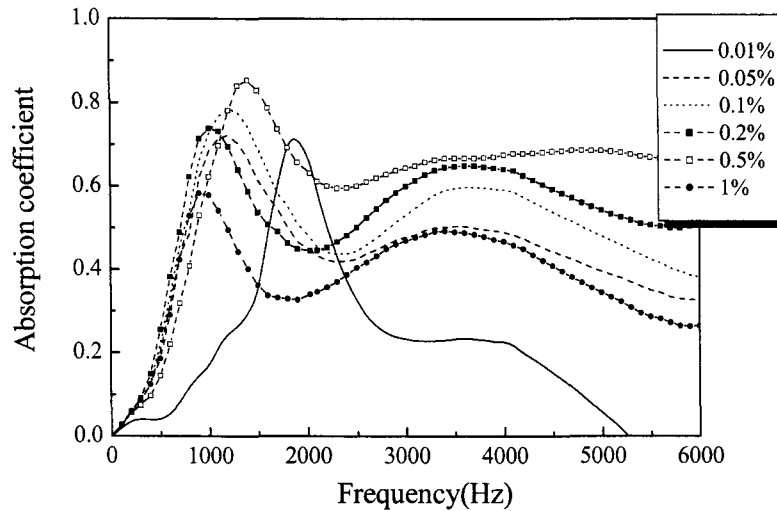


Fig. 6. Absorption coefficient according to content of Sodium n-dodecyl Sulfate

3.2 경량골재를 첨가한 시료에 SDS의 효과

SDS의 성분량에 따라서 기고의 분포와 기공률이 달라지며 이에 따른 흡음률의 변화를 측정해 본 결과 Fig. 6.과 같다. Fig. 6.에서 볼 수 있는 바와 같이 흡음률은 SDS의 함량이 증가됨에 따라 첨가하지 않은 경우에 비해 고주파 대역에서의 높은 흡음능력이 있음을 확인할 수 있다. SDS를 0.01% 첨가한 경우 흡음률은 SDS를 첨가하지 않은 경우와 유사함을 알 수 있다.

그러나 0.01% 이상의 함량에서는 최대흡음률이 1,200 Hz 전후에서 나타나는 것을 볼 수 있어 흡음의 대역이 저주파대역으로 더 넓어짐을 알 수 있으며 그 이상의 주파수 범위에서는 전범위에 걸쳐 흡음능력이 있음을 볼 수 있다.

SDS의 함량에 따른 흡음률의 크기를 비교해 보면 SDS를 0.5% 첨가한 경우의 흡음률이 주파수 범위 1,400 Hz 에서 85.3%로 가장 높음을 알 수 있으며 0.05%, 0.1%, 0.2% 첨가한 경우의 흡음률은 주파수 범위 1,100 Hz 에서 각각 72.2%, 78.6%, 73.8%로 유사하며 SDS를 1% 첨가한 경우는 주파수 범위 900 Hz 에서 58.3%로 오히려 흡음률이 감소되는 것을 볼 수 있다. 이는 SDS의 함량이 0.5% 이상에서는 micelle에 의한 영향에 의한 것으로 사료되어진다.

Table 4 NRC according to content of Sodium n-dodecyl Sulfate in 1/3 octave

Frequency (Hz)	Absorption coefficient					
	Sodium n-dodecyl Sulfate(%)					
	0.01	0.05	0.1	0.2	0.5	1
250	0.04	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
500	0.04	0.2	0.22	0.26	0.14	0.19
1000	0.17	0.68	0.73	0.74	0.61	0.59
2000	0.54	0.45	0.48	0.44	0.65	0.33
NRC	0.20	0.38	0.42	0.43	0.43	0.33

SDS의 함량에 따른 흡음률을 1/3 octave 대역으로 측정하여 NRC를 계산하여본 결과 Table 4에서 볼 수 있는 바와 같이 SDS의 함량이 증가할수록 기공률이 증가하고 또한 NRC도 비례하여 증가하는 것을 알 수 있었다.

4. 결론

- (1) 내장재로 시멘트와 폐석고 혼합물에 팽창질석을 사용할 경우 균열을 방지하며 폐석고의 흡열반응에 의해 뛰어난 내화성능을 가지는 것을 알 수 있었다.
- (2) 경량골재로 팽창질석을 사용한 경우의 흡음특성이 나타나는 주파수대역은 1,000~4,000 Hz 이며 팽창질석의 함량에 따라서 다소 차이는 있으나 주파수대역 1,700 Hz와 2,300 Hz 전후에서 최대흡음특성이 있는 것을 알 수 있다.
- (3) 경량골재에 계면활성제인 SDS를 첨가한 시료의 흡음률은 SDS를 첨가하지 않은 경우에 비해 SDS의 함량이 증가됨에 따라 고주파대역에서 높음 흡음성능이 있음을 확인할 수 있다.

5. 참고문헌

- (1) 배광현, 선일식, 한상오, 정권수, 1999, "다중자연낙하 공기분급에 의한 인산부산석고의 불순물제거기술 연구", 한국폐기물학회, (1999)
- (2) 최준석, 김진곤, 김명배, 한용식, 1996, "건물화재에서의 화재성상 해석", 한국연소학회, vol. 14, pp. 107 ~ 117.
- (3) Standard Test Method for Sound Absorption and Sound Absorption Coefficients by the Reverberation Room Method.
- (4) C. Boutin, P. Royer and J. L. Auriault, 1998, "Acoustic absorption of porous surfacing with dual porosity", Journal of Solids and Structures, Vol. 35, issues 34-35, pp. 4709 ~ 4737.
- (5) J. Ducourneau, V. Planeau, 2003, "The average absorption coefficient for enclosed spaces with non uniformly distributed absorption", Applied Acoustics, Vol. 64, issue 9, pp. 845 ~ 862.
- (6) 임피던스 관에 의한 흡음계수와 임피던스의 결정방법 -제1부 : 정재파 방법
- (7) 임피던스 관에 의한 흡음계수와 임피던스의 결정방법 -제2부 : 전달함수법