

내화첨가제로서의 질석의 효과

강진구 · 강현찬¹⁾

1. 서 론

국내에는 충청도 지역에 1000만톤 정도의 질석이 매장되어 있는 것으로 보고되어져 있다. 그러나 국내의 질석은 대부분 저품위 질석으로 불순물로는 각섬석, 석류석, 자철석, 감람석, 석영 및 장석 등이 많이 함유되어 있는 상태이다. 국내에 질석을 개발하고 있는 광산은 몇 곳이 있으나 대부분 영세업자들로 특별한 지식과 기술을 확보하지 못한 상태에서 질석을 개발하여 원광을 그대로 팽창시켜서 농업용 소재로 사용하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구자들은 국내산 질석의 부가가치를 높이고 활용방안을 확대하기 위하여 건축용 재료로 활용하는 연구를 하는 과정의 하나로 질석을 내화용으로 첨가하는 방안을 연구 검토하기 위한 기초자료를 확보하고자 한다.

2. 연구배경

화재의 발생으로 인하여 많은 인명을 잃는 참사가 자주 발생하고 있다. 이들 원인의 대부분은 건축물에 사용하는 내장재가 스티로폼이나 우레탄과 같은 화재의 발생시 유해 gas를 발생하는 물질로 되어 있어 화재시 인명 피해의 대부분은 유해 gas에 의한 질식사로 판명되고 있다. 그러므로 화재의 발생시 유해 gas의 발생이 없는 단열·방음 내장재의 개발이 필요하다. 또한 여기에 화재의 발생으로 인하여 사람들이 건물내에서 피난하기 전에 건물이 붕괴되면서 많은 인명 피해를 입는 경우도 간혹 볼 수 있다. 따라서 화재의 발생시 인명의 피해를 줄이기 위해서는 유해 gas의 발생이 없고 사람들이 건물내에서 충분히 피난할 수 있는 시간을 가질 수 있는 단열·방음 및 내화가 가능한 내장재의 개발이 절실히 요구되고 있는 실정이다.

여기에 본 연구자들은 단열·방음 및 내화용 내장재 개발에 질석을 활용할 수 있는 기초자료를 연구 확보하고자 하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

1) 석고계 내화재의 문제점

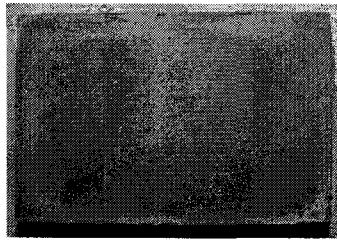
일반적으로 건축의 구조체에 목재가 많이 사용되는데 목재를 가열하면 수분이 증발하고 더욱 가열하면 열분해하여 CO, H₂, 알데히드 등의 가연 가스가 발생하면서 이들이 인화되고 약 260℃에서 목재가 착화함으로써 이 온도를 화재의 위험온도라 부른다. 일반적으로 내화시험에서는 가열실험 후 내화상에서 구조 강도상 유해한 변형, 파괴, 탈락 등의 변화가 생기지 않아야 하며 벽면 및 구조체의 온도가 260℃를 초과하지 않아야 한다.

따라서 화재의 발생시 벽면 및 구조체에 온도의 상승을 막기 위하여 내화피복재를 사용하도록 규정하고 있다. 따라서 국내에서는 대부분 석고계를 중심으로 한 내화피복재를 많이 사용하고 있다.

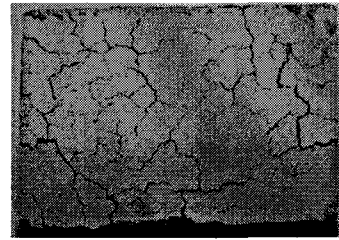
주요어: 팽창질석, 내화재, 유해 gas

1) 동아대학교 지구환경공학부(hckang@daunet.donga.ac.kr)

그러나 석고를 중심으로 내화재를 사용하는 경우 석고와 시멘트를 일정한 비율로 혼합하여 경화시켜서 사용하는데 경화과정에서 균열이 자주 발생하는 것을 볼 수 있다. 균열이 없이 잘 경화된 경우에도 고온의 열충격이 주어졌을 때 균열이 심하게 가는 문제점이 있다. 실제로 본 연구자들이 석고와 시멘트를 일정한 비율별로 혼합하여 내화실험을 하여 본 결과 사진 1.과 같이 많은 균열이 가는 것을 볼 수 있었다.



(a) 내화전



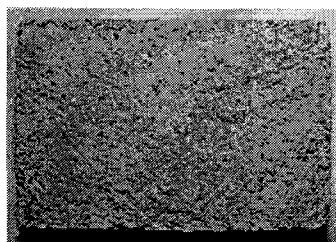
(b) 내화후

사진 1. 석고와 시멘트 혼합 경화체의 내화실험 후의 모습

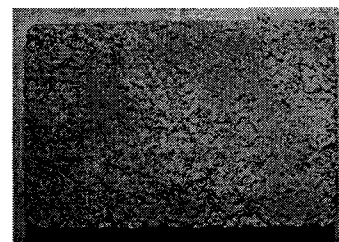
2) 질석의 첨가 효과

내화피복재를 제조시 시멘트와 석고만 사용할 경우 자연건조과정에서 균열이 자주 발생하거나 균열이 없는 경우도 화재에 의한 열충격이 주어졌을 때 대부분 사진 1.와 같이 심하게 균열이 가면서 부서지는 것을 볼 수 있었다. 이런 문제를 해결하기 위하여 본 연구자들은 첨가물이 가볍고 보온·단열 효과가 있으면서 열충격을 완화시킬 수 있는 소재로 팽창질석을 선정하여 연구 검토해 보고자 하였다.

따라서 시멘트와 석고를 1:1로 혼합한 기본 소재에 팽창질석의 양을 변화시켜 가면서 혼합하고 물로 수화시켜 경화시킨 시료를 실험한 결과 팽창질석의 첨가된 시료는 사진 2.에서 볼 수 있는 바와 같이 내화 후에 어떤 균열도 가지 않는 것을 볼 수 있었다.



(a) 내화전



(b) 내화후

사진 2. 석고와 시멘트 및 팽창질석을 혼합한 내화재의 모습

따라서 팽창질석은 내화실험에서 고온의 열충격을 완화시키고 보온·단열 및 내화재료의 첨가물로써의 활용 가치가 큰 것으로 파악되어 체계적인 연구를 하고자 하였다.

3) 내화효과

본 연구 과정에서는 초기 단계의 연구과정에서 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 5℃씩 상승시

키는 과정에서 본 연구용 내화시료의 2cm두께에 열이 전달되는 온도를 측정하여 본 결과를 그림 1.에 나타내었다.

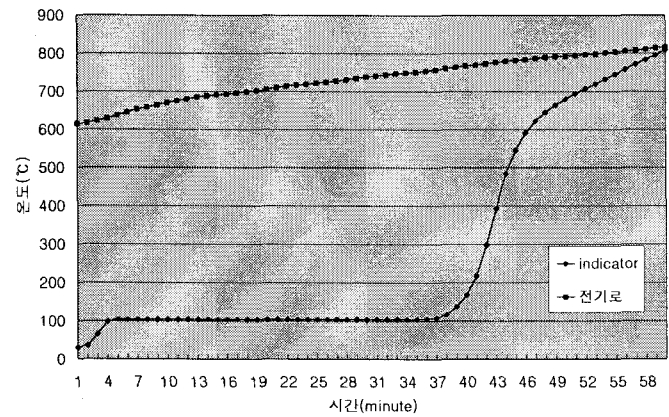


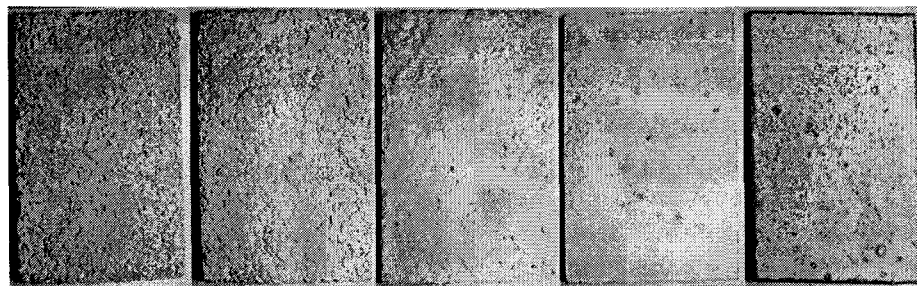
그림 1. 2cm두께 내화시료의 열전달효과

그림 1.에서 볼 수 있는 바와 같이 처음 2분 정도는 단열효과로 온도의 상승이 없었으나 시간이 지나면서 열전달이 일어나 약 5분 정도에서 105°C 정도로 온도가 올라가는 것을 볼 수 있었다. 그리고 105°C 정도에서 약 30분 정도 일정한 온도를 유지하는 것을 볼 수 있었다. 이것은 시료내에 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 사료되어 진다.

그림 1.에서 볼 수 있는 바와 같이 40분이 경과하면서 온도가 조금씩 상승하는 것을 볼 수 있는데 이것은 층간수 및 결합수들의 휘발 잠열량이 줄어들면서 전기로에서 계속되는 고온의 열전달에 의해 온도가 상승되는 것으로 생각되어진다.

4) 고온에서 열충격의 영향

석고와 시멘트의 혼합물에 팽창질석의 양을 일정하게 변화시켜 가면서 혼합하여 이들을 각각 물로 수화시키고 경화시킨 후 oven에서 충분히 건조시켜 시료를 제작하였다. 이렇게 제작된 각각의 시료들을 전기로의 온도를 1000°C로 일정하게 유지시키고 여기에 제작된 시료를 넣고 내화실험이 완료되는 시점에서 전기로의 온도를 1000°C로 그대로 유지시킨 상태에서 꺼내어서 상온에서 냉각시켜 보았다. 이 과정에서 본 연구용 내화시료를 관찰한 결과를 사진 3.에 나타내었다.



(a) 55% (b) 50% (c) 40% (d) 30% (e) 15%

사진 3. 1000°C로 급열한 뒤 상온으로 급냉한 후 3시간 유지시킨 모습(팽창질석의 함유량%)

사진 3.에서 볼 수 있는 바와 같이 석고와 시멘트의 혼합물에 팽창질석을 혼합하고 수화하여 경화시키면 화재시의 급열·급냉에도 어떤 균열이 없이 안전하게 보존되어 있는 것을 볼 수 있었다.

한편으로 1000℃의 급열을 공급할 때 실험용 시료 2cm 두께의 지점에 고온의 열전달이 이루어져 260℃의 온도가 도달하는 시간을 측정한 결과를 그림 2.에 나타내었다.

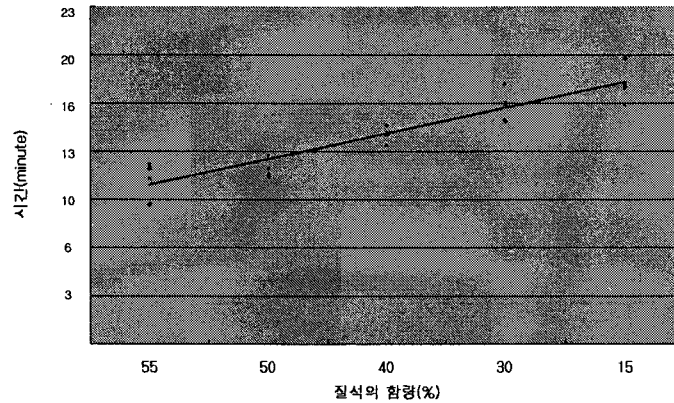


그림 2. 1000℃의 온도에서 2cm 두께의 시료가 260℃로 상승되는 시간

그림 2.에서 볼 수 있는 바와 같이 팽창질석의 함량이 많을수록 1000℃의 고온이 2cm 두께에 열전달되어 260℃로 상승시키는 시간이 짧은 것을 볼 수 있어 팽창질석은 내화시간을 연장시키는 데는 큰 효과가 없는 것으로 나타났다.

그러나 방음이나 단열 및 경량화를 위해서는 팽창질석의 첨가 비율을 높이는 것이 효과적이기 때문에 건축물의 시공 상황에 따라 조절하여 주는 것이 바람직한 것으로 생각되어진다.

5. 결 론

국내산 질석을 건축용 내화재의 첨가용으로 활용하기 위한 기초 연구과정에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 국내산 질석은 중국산이나 남아프리카산에 비하여 MgO의 함량이 낮은 반면에 CaO의 함량이 많은 것을 알 수 있었다.
2. 석고계의 내화재는 급열·급냉의 열충격에 약하기 때문에 열충격을 완화할 수 있는 첨가제가 필요함을 알 수 있었다.
3. 팽창질석을 석고계 내화재에 첨가할 때 고온의 열충격에 의한 균열을 방지하는데 큰 효과가 있음을 알 수 있었다.
4. 석고 및 시멘트 혼합물에 팽창질석을 첨가하여 수화시키고 경화시켰을 때 팽창질석의 함량이 증가할수록 건조 중량 감소율이 높았다.
5. 팽창질석은 내화시간을 연장시키는데는 큰 영향이 없음을 알 수 있었다.
6. 본 연구 결과 내화재의 두께 2cm에서 1시간 이상을 내화할 수 있는 패널의 제작에는 어려움이 없었다.