

배연탈황석고를 이용한 고강도 알파형 반수석고의 제조 및 활용기술

Manufacture and Applications of the High Strength α -Calcium Sulfate Hemihydrate Using FGD Gypsum

글 | 성길모* / 유성테크 대표이사
 문정호 / 유성테크 기술연구소 연구소장
 박민아 / 유성테크 기술연구소 연구원

(Sung, Gil-Mo / 399-2 Sangseo-Dong, Daeduk-gu, Daejeon, Korea
 Moon, Jeong-Ho / Hanbat Cultur-leading Center, 410, 705 Gwanpyung-dong, Yuseong-gu, Daejeon, Korea
 Park, Min-A / Hanbat Cultur-leading Center, 410, 705 Gwanpyung-dong, Yuseong-gu, Daejeon, Korea)

1. 서언

현재 국내에서는 천연석고의 산출은 없으나 배연탈황석고, 불산석고, 티탄석고, 인산부생석고 등 화학석고는 연간 200만톤 이상 발생되고 매년 10%씩 증가하고 있어 문제점으로 대두되고 있다. 이러한 저 부가가치의 탈황석고로부터 고부가가치의 고강도 반수석고를 제조하는 국가는 일본, 미국, 독일과 같은 선진국으로 탈황석고를 활용하여 알파(α)형 반수석고를 대량으로 제조하고 있으며, 특히 수경성 바인더(binder)와 같이 물과 접촉을 하면서도 고강도의 특성을 요구하는 무기재료 및 기계재료, 항공선반 등과 같은 분야에서 널리 활용되고 있다. 화력발전소의 부산물인 탈황석고를 활용하여 고강도 반수석고를 제조할 경우 원료 공급이 용이하여 대량 생산 시 제조원가가 시멘트계 수준으로 하락이 가능하고 친환경 중성소재로서 범용적으로 사용이 가능하므로 응용사례를 중심으로 기술하고자 한다.

2. 원리 및 장점

탈황석고는 침상형으로 탈수성능이 뛰어나 소성이 용이

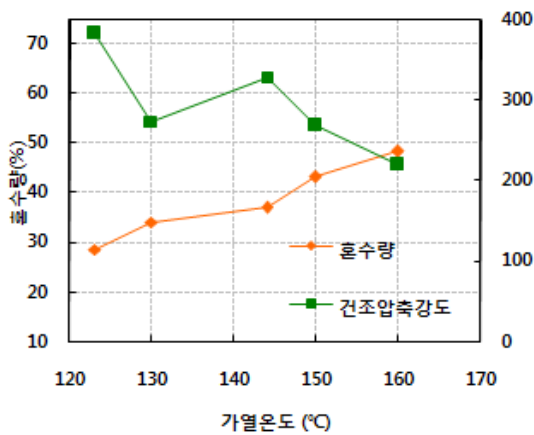
하며 단순 열을 가하면 일부 또는 전체 결정수를 잃어 소석고가 되는 탈수과정이 진행되며, 소석고에 물을 가하면 고경화를 거쳐 일부는 결정수 두 개를 가진 이수석고가 되고 일부는 결정수가 1/2개 있는 반수석고가 되는 재수화과정이 이루어진다. 이렇게 파생된 알파형 반수석고는 연한미색 또는 백색을 띄고 있으며 <표 1>과 같이 적은 양의 물로써 경화되기 때문에 수축에 의한 균열을 억제할 수 있고 결합재(바인더)로써 사용이 가능하다. 일반 고온 건조로 생산된 베타(β)형 반수석고보다 적게는 5배 많게는 10배 이상의 압축강도를 가지며, 경화 특성 또한 뛰어나서 작업 효율이 상당히 높다는 장점이 있다.

<표 1> 알파형 반수석고 특성

항 목		알파형	
표준 혼수량 (%)		35	
경화시간 (분)		15 ~ 20	
경화 선폽창율(%)		0.28 ~ 0.35	
강도 (MPa)	1시간 후	인 장(MPa)	3.5
		압 축(MPa)	28
	건 조	인 장(MPa)	7
		압 축(MPa)	60 <

* E-mail : pc-600@hanmail.net

그리고 안정된 무수축성은 우수한 모재와의 밀착성을 갖도록 하며 높은 초기강도 발현 및 안정적인 장기 강도 유지 성능을 발휘할 수 있고, 물비 제어에 의한 응결시간 조절이 가능할 뿐만 아니라 높은 초기유동성 확보를 통해 불규칙한 형상을 갖는 단면에서 작업성이 매우 우수하다. 높지 않은 일정수준의 알칼리도가 내수 공극 확보에 의한 건습 반복 작용 및 동결융해 작용으로부터 안정적인 내구성을 확보할 수 있도록 해준다. 또한 가열온도에 따라 달라지는 물성을 가지고 있어 [그림 1]과 같이 온도가 낮은 쪽에서 혼수량이 적으며 강도가 크다.



[그림 1] 가열온도에 따른 혼수량과 강도

3. 주요 제조공정

국내 배연탈황석고로부터 알파형 반수석고를 제조하는 기술은 현재 크게 상압수용액법, 가압수증기법, 가압수용액법, 마이크로웨이브법 등이 있다. 네 가지 방법의 공통점은 모두 습식상태에서 이루어지며 알파형 반수석고의 결정형상을 잘 발달시킬 수 있는 것으로 알려져 있다. 본 기술에 적용된 가압수용액법은 사진 1과 같이 탈황석고와 물을 혼합하여 슬러리 형태로 제조한 후 반응기 내부에 열과 압력을 가하여 일정온도에서 짧은 시간동안 교반하고 탈수와 건조과정을 연속으로 거친 후 볼밀(ball mill)로 분쇄하여 입자크기를 균일하게 만들어 생산된다. 천연 수입석고를 이용하는 국내 M사, S사의 가압수증기법은 많은 시간과 비용이 들어가는 반면 가압수용액법으로 생산된 고강도 알파형 반수석고는 속경성, pH 중성, 팽창성 등이 우수하여 바

닥용 및 벽체 미장으로 이용되거나 사진 2와 같이 석고천정타일, 석고패널 등 건축자재로 제조되어 고급 장식용 및 에너지절감형 인테리어 내장재로도 사용된다.



(a) 배연탈황이수석고(원료)



(b) 반응기(오토클레이브)



(c)탈수기(원심탈수기)

사진 1. 알파형 반수석고 제조과정 일부



사진 2. 석고 천정/벽면 타일

4. 적용사례

아파트나 빌라, 사무실 등의 공동주택과 공공건축물, 소규모 상업시설과 같은 거의 모든 건축물의 내장재로 사용되거나 원자재가 될 수 있는 고강도 알파형 반수석고는 보편적인 건축자재로써 점차 시공법이 경량화, 건식화 되어가고 있는 추세에 대응이 가능하다. 응용제품으로는 황토몰탈, 셀프 레벨링재(self leveling), 석고플라스터, 무수축 세라믹몰탈 등이 있으며 국내 H사의 셀프 레벨링재의 원료로 사용된 경우를 보면, 사진 3과 같이 자기수평성이 우수하여 바닥면의 넓이나 요철에 관계없이 타설과 동시에 고르기 작업만으로 평활면을 유지할 수 있어 반도체 공장, 전자제품공장, 스튜디오 등 정밀한 평활도가 요구되는 곳의 바닥면에 시공이 용이하다.



사진 3. 셀프레벨링재 시공

알파형 반수석고와 황토를 혼합 제조한 황토몰탈은 사진 4~6과 같이 바닥 또는 벽 미장용으로 레스토랑, 사무실, 베란다, 주택의 거실 등 내외부에 사용된다. 1포(25kg) 당 약 5~6리터의 물만 혼합하여 바로 시공 가능하며, 가로세로 각각 182cm의 면적을 1cm두께로 시공할 경우 약 65kg정도 소요된다. 물과 황토몰탈의 비율 20%로 하였을 때, 양생기간 5시간 후에는 압축강도 5~6 MPa, 3일 후에는 10 MPa 이상, 28일 후에는 15 MPa 이상 발휘된다. 이는 기존 시멘트계 황토몰탈 보다 높은 압축강도를 보이며 초결이 2시간 30분, 종결이 3시간 50분으로 보통의 시멘트계 황토 몰탈보다 매우 빠르므로 공기단축에 의한 비용 절감이 가능하며 수축율은 -0.03% 이하로 균열방지에 효과적이다. pH는 약 6.2~7로 중성을 띠고 있어 인체에 자극이 없으며, 입도는 1.2mm로 잔골재보다 고운입정을 가진다. 이러한 특성은 알파형 반수석고를 황토 몰탈의 바인

더로 이용함으로써 얻을 수 있는 최대의 장점이라고 할 수 있다.



사진 4. 황토몰탈 바닥시공



사진 5. 황토몰탈 내벽면시공



사진 6. 황토몰탈 외벽시공



사진 7. 석고플라스터 벽면시공

<표 2>는 석고플라스터의 물성으로 알파형 반수석고가 주원료이며 석회, 물, 모래 등의 성분이 함유되어있다. 경화시간이 시멘트계 플라스터는 28일 후 90% 경화되지만 석고플라스터는 12시간 이내로 경화되어 시공시간을 단축

할 수 있을 뿐만 아니라 건조수축이 커서 시공 후 크랙이나 뒤틀림이 발생하는 시멘트계와는 달리 온도 및 습도에 따른 신축변형이 거의 없어 뒤틀림이 발생하지 않는다. 또한 석고 자체에 21%정도의 결정수를 함유하고 있어 화재 시 탈수에 의한 초기방화 및 화재 지연효과가 있다. 플라스터의 경우 현재 국내보다는 러시아, 독일 등과 같은 유럽에서 최대의 수요처가 형성되고 있다.

<표 2> 석고 플라스터 물성

Item	Value
Grain size(mm)	Up to 0.3
Dry density(kg/m ³)	Approx. 1,100
Yield	100kg=approx. 90 l
Consumption	1.1 kg /mm ² &m ³
Drying time(day)	7
Flexural strength (MPa)	2.5
Compressive strength(MRa)	7.0
Mixing water ratio(wt%)	36~42

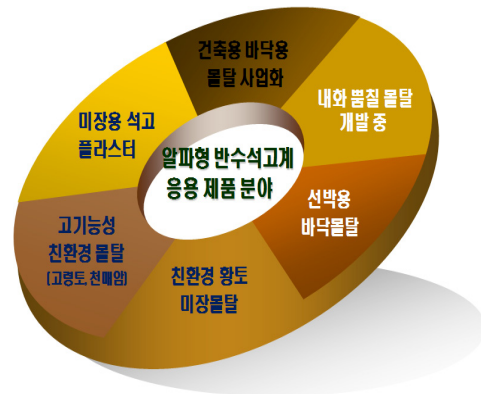
무수축 고강도 세라믹 몰탈의 경우, 기존 속경성 시멘트에 사용하는 팽창제 대신에 고강도 반수석고를 사용하여 팽창제의 성능으로는 만족할 수 없었던 고강도, 급결, 팽창성을 보완하여 초속경시멘트의 단점인 수축을 반수석고의 팽창특성을 이용하여 보완하기 때문에 변형이 일어나지 않는다.

5. 기대효과

이미 유럽에서 최고급 친환경 불연건축자재로 널리 활용되고 있는 고강도 반수석고는 [그림 2]와 같이 형재형 석고, 뿔칠형 석고 컴파운드, 장식용 석고, 천정타일, 석고 패널 및 다양한 몰탈의 수경성 바인더로 활용할 수 있다. 형재형 석고는 귀금속 및 의료 분야에서 몰드를 만들 때 쉽게 활용이 가능하고, 장식용 석고천정타일은 알파형 반수석고에 섬유를 보강한 고급 장식용 석고 천정재로 이미 선진국에서는 상용화되고 있으며, 석고패널은 단열성,

불연성, 경량성, 가공성, 시공성이 우수한 에너지 절감형 건축자재로서 활용이 확대될 전망이다.

알파형 반수석고를 건축자재로서 대량으로 활용할 수 있는 주거용, 산업용 셀프 레벨링재와 같은 다양한 석고계 바닥용 마감재는 건축시공 및 마감능력을 향상시키기 위한 제품으로써 대규모의 알파형 반수석고가 이용될 것으로 예측되며 소개된 사례와 같이 우수한 모재와 혼합하여 사용할 경우 그 활용도는 더욱 넓어질 수 있다.



[그림 2] 알파형 반수석고 응용분야

이러한 녹색기술은 저탄소화, 녹색산업화에 기여하여 환경보호와 경제성장이 선 순화되는 녹색성장의 구심점이 되고 있으며 탄소배출권 거래, 신재생에너지 등과 함께 친환경 소재의 규모가 급속히 성장하여 환경부에 따르면 2020년 3천조원 시장이 될 것으로 전망하고 있다.

산업 부산물의 일종인 배연탈황석고를 이용하여 제조되는 고강도 알파형 반수석고의 활용방안 확대는 이러한 시대적 요구에 부응하는 것이라 할 수 있으며, 또한 부존자원이 빈약한 우리나라의 경우 자원확보와 수입대체에 크게 기여할 것으로 보여 진다.