플라이애시와 폐유리분말을 사용한 외단열용 마감모르타르의 고온 특성

§송 훈* · 신현욱***

*한국세라믹기술원 에너지환경본부 책임연구원, **강원대학교 건축공학과 박사과정

High Temperature Properties in Finishing Mortars of Exterior Insulation Finishing System Using Fly Ash and Waste Glass Powder

§Hun Song* and Hyeon Uk Shin***

*Energy & Environmental Division, Korea Institute of Ceramic Engineering & Technology, Jinju, Korea

**Department of Architectural Engineering, Kangwon National University, Chuncheon, Korea

요 약

플라이애시는 발전소의 탄종 및 품질에 따라 화학조성이 다르고 품질 변화가 크며 탄소함량과 입경에 따라 분류하며, 폐유리분말은 파유리를 분쇄하여 제조하고 분쇄정도에 따라 분류한다. 건축물의 외단열 공법은 경제적이면서 단열성능이 우수한 폴리스티렌 폼 단열재를 활용한 공법이 일반적이다. 하지만 유기계 단열재는 단열성능이 우수하나 화재에 취약하고 다수의 문제점이 지적되었다. 본 연구에서는 플라이애시와 폐유리분말을 사용하여 고온에서 안정한 외단열용 마감모르타르를 제작하고 고온 강도 및 난연 특성을 검토하였다. 실험 결과, 플라이애시와 폐유리분말을 이용한 마감모르타르는 고온에서의 안정성이 높았다. 하지만 강도감소의 폭이 크므로 적절한 배합조건의 선정이 필요하다.

주제어 : 플라이애시, 폐유리분말, 열전도율, 난연, 외단열

Abstract

Fly ash has different chemical composition depending on the type and quality of flaming coal. Fly ash is classified according to carbon content and particle size. Waste glass powder is manufactured by crushing glass. Exterior Insulation Finish System (EIFS) is generally applied by using poly-styrene foam which is economical and has excellent thermal insulation performance. However, poly-styrene foam has excellent insulation performance, but it is vulnerable to fire, which is becoming a serious problem. In this study, using a fly ash and waste glass powder to produce a finishing mortar at high temperatures. Also, High temperature strength and flame retardant properties were tested according to the cover thickness. From the test result, finishing mortar prepared using fly ash and waste glass powder is due to the improved heat resistance by alkali-activated bonding. However, since the strength decreases at high temperatures, it is necessary to select an appropriate mixing proportion.

Key words : Fly ash, Waste glass powder, Thermal conductivity, Flame retardant, Exterior insulation finish system

· Received : October 29, 2019 · Revised : November 8, 2019 · Accepted : November 21, 2019

§ Corresponding Author : Hun Song (E-mail : songhun@kicet.re.kr)

Energy & Environmental Division, Korea Institute of Ceramic Engineering & Technology, 101, Soho-ro, Jinju-si, Gyeongsangnam-do 52851, Korea

©The Korean Institute of Resources Recycling. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서 론

플라이애시는 발전소의 탄종 및 품질에 따라 화학조성이 다르고 미연탄소분에 의한 강열감량 및 입자의 크기와 형상은 연소상태와 환경에 따라 달라진다. 탄종에 따라 품질 변화가 크기 때문에 탄소함량과 입경에 따라 분류된다. 플라이애시는 SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 성분이 대부분을 차지하며 포졸란 활성에 기여하는 성분은 SiO_2 , Al_2O_3 가 담당한다. 플라이애시 입자는 결정질 물질과 함께 탄소를 미량 함유하는 유리질의 구형 형태이며 속이 채워져 있는 입자가 대부분이다^{1,2)}.

유리는 SiO_2 , Na_2O , CaO 성분이 대부분이며 용도에 따라 조성비가 결정된다. 폐유리의 재활용은 고도화 공정을 통해 글라스울 단열재, 발포유리, 유리비드와 폐유리분말 등으로 재활용 할 수 있다. 폐유리분말은 폐유리를 분쇄하여 제조하며 분쇄정도에 따라 입도가 달라진다. 또한, 무기계 소재이며 화재에 강한 강점을 가지고 있어 단열성능이 확보된다면 더욱 다양한 분야에 적용이 가능하다^{1,2)}.

현재 건축물의 외단열 공법은 경제적이면서 단열성능이 우수한 폴리스틸렌폼(이하 EPS) 등을 활용한 공법이 사용된다. 하지만 EPS 등의 유기계 단열재는 단열성능이 우수하나 화재에 취약하다. 최근 도심형 생활주택이나 요양병원 화재로 다수의 사상자가 발생하여 유기계 단열재의 사용이 문제점으로 지적되었다. 위의 화재사례에서 단열재와 마감재의 부착과 마감두께를 유지하고 고온에서 안정성이 높은 재료로 시공됐다면 피해를 줄일 수 있었다는 의견도 제시된다³⁾.

플라이애시를 활용한 알칼리 활성화 결합재는 고온에서 안정성이 높은 재료로 알려져 있고 난연성 원료를 사용하는 것에 비해 경제성 측면에서 매우 유리하다. 플라이애시의 표면층은 유리질로 이루어져 반응을 위해서는 알칼리 용액으로 표면층을 침식하고 OH^- 이온이 충분히 공급되어야 한다. OH^- 이온의 지속적인 공급으로 플라이애시 표면의 Si-O-Si , Si-O-Al 결합을 파괴하고 Si^{4+} , Al^{3+} , Ca^{2+} 등의 수식이온들을 용출하여 반응한

다^{4,6)}. 또한 선행연구를 통해 내화성 마감재료 제조를 위해 플라이애시와 알칼리 용액을 사용하는 경우 발열 반응하며 입자사이의 간극을 충전하여 치밀한 조직의 생성과 고온에서 일반 시멘트 경화체 마감재료에 비해 상대압축강도 등이 우수한 것을 확인하였다⁴⁾.

본 연구에서는 플라이애시와 폐유리분말을 사용하여 고온에서 안정한 외단열 마감용 모르타르를 제작하고 고온에서의 강도 특성 및 마감재 두께에 따른 난연 특성을 검토하여 화재확산 방지를 위한 마감모르타르로서의 적용가능성에 대해 알아보고자 한다.

2. 사용재료 및 실험방법

2.1. 플라이애시와 폐유리분말

내화성 외단열용 마감모르타르를 구성하는 결합재의 주 원료는 시멘트, 플라이애시, 폐유리분말 및 메타카올린이다. 플라이애시는 시멘트와 함께 알칼리 활성화 반응을 유도하는 결합재로 사용되며 화학조성은 Table 1과, TG-DSC 및 FE-SEM 이미지는 Fig. 1과 같다. 플라이애시는 하동화력에서 발생하는 부산물로 SiO_2 약 60%, Al_2O_3 약 24%, Fe_2O_3 약 6%의 조성비로 이루어졌다. 플라이애시는 구의 형태로 약 3 ~ 310 μm 의 크기이며, 평균입도는 약 20 μm 이다. 90% 이상이 90 μm 이하의 입도로 분석되었다. 또한, 800 $^{\circ}\text{C}$ 에서의 강열감량은 약 5% 정도이다.

폐유리분말의 TG-DSC 및 FE-SEM 이미지는 Fig. 2와 같다. 폐유리분말은 SiO_2 약 72%, Na_2O 약 15%, CaO 약 7%, Al_2O_3 약 1%의 조성비로 이루어졌다. 약 3 ~ 100 μm 의 크기이며, 평균입도는 약 30 μm 이다. 90% 이상이 60 μm 이하의 입도로 분석되었다. 또한 폐유리분말을 내화성 혼합재로 사용하기 위해서는 폐유리분말의 용점을 파악하는 것이 중요하고, TG-DSC 분석 결과 유리의 용점은 약 720 ~ 770 $^{\circ}\text{C}$ 로 나타났다. 분석에 사용한 TG-DSC는 Rigaku사의 TG-8121이며, FE-SEM은 Jeol사의 JSM-761F 모델이다.

Table 1. Chemical compositions of fly ash and waste glass powder

	Chemical compositions (wt.%)							
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	SO_3
Fly ash	59.5	23.8	5.54	3.75	1.20	0.69	1.50	0.27
Waste glass powder	71.9	0.9	0.36	7.44	3.42	15.2	0.47	0.20

Fig. 1. TG-DSC and FE-SEM images of fly ash.

Fig. 2. TG-DSC and FE-SEM images of waste glass powder.

2.2. 배합설계 및 시험체 제작

내화성 외단열용 마감모르타르의 사용재료는 시멘트, 플라이애시, 폐유리분말 및 메타카올린과 알칼리 활성화 반응을 유도하기 위한 수산화칼륨 용액이며 Table. 2와 같다. 시멘트는 보통 포틀랜드시멘트이며, 메타카올린은 국내 시판 제품을 사용하였다. 알칼리 활성화 용액은 2몰의 수산화칼륨 용액을 사용하였다. 또한 마감모르타르의 유동성을 확보를 위해 에틸렌-비닐아세테이트 분말과 6 mm의 폴리프로필렌 섬유를 사용하였다. 또한, 경량화를 위해 경량골재를 이용하였다. 외단열용 마

감모르타르의 제조를 위한 배합은 Table 3과 같다. 마감모르타르는 시공시의 유동성을 확보하기 위해 플로우는 180 ± 20 mm로 하였다.

내화성 외단열용 마감모르타르의 배합은 강제식 믹서를 이용하여 선 비빔을 실시하였다. 이후 KS 시험방법에 의해 강제 형틀을 이용하여 시험체를 제작하였다. 제작된 시험체는 항온항습 챔버를 이용하여 온도 23 ± 2 °C, 상대습도 95%의 조건에서 표준양생을 실시하였다.

Table 2. Raw materials of finishing mortars of exterior insulation finishing system

Cement	Ordinary portland cement	Potassium hydroxide	Assay min. 85%
Fly ash	Blain : 3,764 cm ² /g Particle size : 20 μm	Light weight aggregate	Expanded Glass Density 0.26 g/cm ³ Porosity : 78%
Glass powder	Cullet, Particle size : 30 μm	Polypropylene	Polypropylene fiber, 6 mm
Metha kaoline	Blain : 9,812 cm ² /g	Redispersible polymer powder	Ethylene-vinyl acetate

Table 3. Mix proportions of finishing mortars of exterior insulation finishing system

	Solid /Liquid (%)	Solid (wt.%)				Liquid (Solid wt.%)	Light weight aggregate (Solid wt.%)	Redispersible polymer powder content (Cement*%)	Poly propylene (Solid wt.%)
		Cement	Fly ash	Waste glass powder	Meta kaolin	KOH			
FMEIFS-1	50	40	40	-	20	50	40	1	0.1
FMEIFS-2	47	40	30	10	20	47	40	1	0.1
FMEIFS-3	47	40	20	20	20	47	40	1	0.1

2.3. 시험방법 및 평가

내화성 외단열용 마감모르타르의 밀도는 KS F 2701의 겔보기밀도 측정방법과, 압축강도는 KS L ISO 679의 시멘트 압축강도 시험방법을 이용하였다. 실험에 사용한 밀도 및 압축강도 측정용 시편의 크기는 50×50×50 mm이다. 고온에서의 내화성 외단열용 마감모르타르의 강도 특성을 파악하기 위한 가열곡선은 Fig. 3에 나타내었다. 가열은 전기로를 이용하였고 가열온도는 200 °C, 400 °C, 600 °C 및 800 °C이다. 마감재의 내화성능은 2시간 동안 가열한 후 상온으로 되돌린 후 밀도와 강도감소의 정도를 측정하였다. 가열온도는 시멘트 수화물의 탈수나 변화가 일어나는 온도대역이며, 시험체의 종류나 특징에 따라 온도범위를 달리할 수 있다. 마감모르타르의 열전도율은 KS L 9016의 열류계법으로 측정하였다. 시험체의 크기는 200×200×30 mm이었다. 마감모르타르의 단열성능은 건축용 평판재료의 열전도율 시험방법으로 평형온도는 25 °C이다.

2.5. 난연성능의 평가

Fig. 3. Heating condition of finishing mortars of exterior insulation finishing system. **Fig. 4.** Heating condition of finishing mortars of exterior insulation finishing system.

난연성능의 평가는 KS F ISO 5660-1의 콘칼로리미터 시험방법에 의하여 실시하였다. 일반적으로 시멘트 모르타르는 불에 타지 않는 불연재료로 구분되지만, 마감모르타르로 적용되는 경우는 불에 타기 쉬운 가연성 소재인 EPS 위에 시공되기 때문에 마감층의 두께에 따라 영향을 받는다. 콘칼로리미터법의 복사강도 50 kW/m²이며 열효율이 가장 높고 일반적으로 사용한다⁵⁾. 난연성능의 평가는 5분 또는 10분간 시험하여 난연재료와 준불연재료로 구분한다. 따라서 본 실험에서는 외단열 마감재료의 성능기준인 준불연재료로 설정하여 10분을 가열하였다. 준불연재료의 판정은 가열시간, 열방출률 및 총열방출량과 방화상 유해한 균열 등의 유무이다. 준불연재료 시험은 100×100×40 mm 크기의 EPS 위에 외단열용 모르타르를 5 mm와 10 mm로 마감하여 제작하였고, 형상은 Fig. 4와 같다. 시험체는 온도 23±2 °C, 상대습도 50±5%로 유지한 후 실시하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 마감모르타르의 밀도 및 압축강도

3.1.1. 밀도변화

플라이애쉬와 폐유리분말을 사용한 마감모르타르의 밀도변화를 Fig. 5에 나타내었다. 상온에서 FMEIFS-1,

Fig. 5. Density vs. temperature of finishing mortars of exterior insulation finishing system.

2, 3 시험체의 밀도는 약 0.99, 0.97, 0.92 g/cm³으로 나타나 일반적인 시멘트 모르타르 마감의 약 2.0 g/cm³에 비해 50% 정도의 경량재료임을 확인할 수 있었다. 마감모르타르가 경량인 경우 중량에 비해 바탕면 부착에 대한 부담이 적다. 이는 폐유리분말과 경량골재의 밀도가 낮기 때문이며, 특히 경량골재의 혼입에 따른 결과이다. 외단열용 내화 마감모르타르 시험체의 밀도는 가열온도가 상승할수록 감소하는 경향을 보였다. 또한 100 ~ 200 °C 전후에서 밀도변화가 크게 나타났는데 이는 100 °C 이상의 고온에서 시멘트계 경화체 내부의 수분이 증발함에 따라 밀도변화도 크게 나타난 것이다. 시험체는 폐유리분말의 혼입 정도에 상관없이 가열온도의 증가에 따라 밀도가 감소하였다. 밀도감소는 가열온도 200 °C에서 약 13 ~ 18%이며, 400 °C에서 약 18 ~ 19%이며, 600 °C에서 약 13 ~ 18%이며, 800 °C에서 약 19 ~ 25%이다.

3.1.2. 압축강도

플라이애시와 폐유리분말을 사용한 마감모르타르의 압축강도 변화를 Fig. 6에 나타내었다. 상온에서 FMEIFS-1, 2, 3 시험체의 압축강도는 약 10.0, 9.6, 9.4 N/mm²이었다. 200 °C에서 2시간 가열한 후의 압축강도는 FMEIFS-1, 2, 3가 약 6.2, 6.0, 5.9 N/mm²이었고, 400 °C에서는 약 3.0, 3.5, 2.7 N/mm²이었다. 또한, 800 °C에서는 약 2.0, 2.2, 1.4 N/mm²이었다. 압축강도는 시험체에 상관없이 200 °C로 가열한 후 강도감소가 크게 나타났다. 이는 시멘트 경화체에서 보이는 일반적인 특징이다. 가열시간이 1시간 이내로 작은

Fig. 6. Compressive strength vs. temperature of finishing mortars of exterior insulation finishing system.

경우 강도감소의 정도가 작지만 2시간 가열한 시험체의 경우 200 °C에서 강도감소가 크다⁴⁾. 특히, FMEIFS 시험체는 경량골재를 기본으로 사용하였기 때문에 일반 시멘트계 마감재료에 비해 압축강도가 작고 강도감소가 상대적으로 크다. 가열온도가 증가할수록 압축강도는 감소하는 경향을 보이며 시험체의 종류에 상관없이 동일하였다. 플라이애시의 알칼리 활성화제에 의한 강도발현 과정은 수화에 의한 생성물을 생성하지 않고 초기 채령에서 좀 더 치밀하게 입자사이를 결합(Si-O-Al-O)하여 시멘트 경화체에 비해 초기 압축강도 증가가 크고, 고온에서 상대압축강도가 크다⁴⁾. 또한, 일반 시멘트 경화체의 경우 200 °C에서 상온과 유사하거나 약 90%의 정도의 상대압축강도를 보이는 것에 비해 강도 감소의 폭이 크게 나타났는데, 이는 알칼리 결합재의 몰비가 작고 경량골재의 사용 등 경량화에 따른 요인으로 판단된다. 따라서 경량골재를 사용하여 내화성 외단열용 마감모르타르를 제조하는 경우 고온에서 강도감소의 폭이 크므로 적합한 골재의 선정과 혼입율의 조절 등이 필요하다.

3.2. 고온에서의 특성

플라이애시와 폐유리분말을 사용한 마감모르타르의 TG-DSC 결과를 Fig. 7에 나타내었다. 일반적으로 시멘트를 바인더로 사용하는 시멘트 수화물의 경우 수화에 의해 C-S-H계 수화물, 수산화칼슘이 생성된다. 시멘트 수화물은 온도의 상승에 따라 화학적으로 결합된 수분이 탈수하여 밀도 및 강도저하가 발생한다. 대략적으로 100 °C에서 시멘트 경화체의 공극내에 있는 수분이 중

(a) TG-DSC (20°C condition)

(b) TG-DSC (800°C heating condition)

Fig. 7. TG-DSC of finishing mortars of exterior insulation finishing system.

발하며 이에 따라 중량감소가 크게 나타난다. 40 N/mm² 이상의 고강도 시멘트 경화체의 경우 약 10% 전 후이며, 시멘트 모르타르의 경우 약 15% 정도이다. 또한 450 ~ 500 °C에서 수산화칼슘이 열분해되어 강도의 감소가 크게 나타나며 내화성능을 저하하므로 온도판정이 되는 기준온도로 사용하기도 한다. 수산화칼슘은 시멘트를 주 바인더로 사용하는 수화물에서 나타나며 Ca(OH)₂가 CaO+H₂O로 분해된다⁴⁾. 본 실험에서 사용한 외단열용 마감모르타르의 경우 시멘트 수화물과 알칼리 활성화제에 의한 알루미늄 실리케이트(Alumino-silicate) 겔이 형성된다. 따라서 시멘트 수화물에서 나타나는 수산화칼슘의 존재를 확인할 수 있는 450 ~ 500 °C 부근의 흡열피크를 확인하기 어려웠다. 또한, 2시간 가열된 시험체를 분쇄하여 열분석을 하였으므로 밀도변화에서 보이는 정도의 중량 감소는 보이지 않았고, 400 °C로 가열한 경우 약 6% 정도와, 800 °C로 가열한 경

Fig. 8. Thermal conductivity of finishing mortars of exterior insulation finishing system.

우 약 3% 정도의 중량감소를 보여 고온 가열을 통해 먼저 수화생성물이 열분해 된 것을 알 수 있다.

3.3. 열전도율

플라이애시와 폐유리분말을 사용한 마감모르타르의 열전도율을 Fig. 8에 나타내었다. 건축용 평판재료의 열전도율 시험방법에 의한 FMEIFS-1, 2, 3 시험체의 열전도율은 약 0.218, 0.213, 0.204 W/mK 이었다. 일반적인 시멘트 모르타르 재료의 경우 약 0.5 W/mK이다. 시험체 모두 비교적 낮은 열전도율을 보여 화재 시의 고열이 내부로의 전도되는 것을 차단하여 EPS 단열재의 온도가 급격히 상승하는 것을 어느 정도 늦출 수 있을 것으로 판단된다. 이는 사용한 재료 및 경화체가 다공체이며 내부의 공극이 많아 열전도율이 낮기 때문이며 외단열용 마감모르타르로 적용하는 경우 매우 유리한 조건이 된다.

3.4. 난연 특성

플라이애시와 폐유리분말을 사용한 마감모르타르의 콘칼로리미터 시험결과는 Table 4와 같고 시험 전후의 시험체의 상태를 Fig. 9에 나타내었다. 플라이애시는 무기계 재료이므로 불에 타지 않고 열방출율이 낮다. 또한 마감모르타르에 사용된 시멘트도 불에 타지 않는 재료이지만 단열재와의 접착을 위해서는 시멘트 혼화용 폴리머나 메틸 셀룰로우스와 같은 증점제의 사용이 필수적이다. 이러한 경우 불에 탈 수 있는 유기계 재료가 포함되어 난연성능이 감소하게 된다. 일반 EPS 외단열 공법의 마감모르타르 두께는 약 2 mm 정도이다. 마감모르타르 두께에 대한 성능기준은 없지만 마감모르타르

Table 4. Cone calorimeter test of finishing mortars of exterior insulation finishing system

Specimens	FMEIFS-1 5 mm			FMEIFS-1 10 mm		
	1	2	3	1	2	3
Size (mm)	100×100×40			100×100×40		
Thickness (mm)	5			10		
Mass (g)	85.3	109.8	100.9	158.7	131.0	182.9
Change of mass (g)	9.2	12.4	10.4	15.3	12.7	17.4
Ignition time (s)	200	278	198	346	310	600
Total heat release (MJ/m ²)	5.3	5.6	7.2	2.5	3.5	1.8
Peak heat release rate (kW/m ²)	21.9	41.8	23.0	9.6	13.4	8.0
Cracks	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Fig. 9. Before and after shape of cone calorimeter test.

의 두께 부족으로 인한 단열재의 손상 등이 발생하는 예가 많고, 6층 이상의 건축물의 경우 외부 마감재의 성능기준을 준불연재료 이상으로 규정하였기 때문에 준불연성능에 부합하는 마감모르타르 두께를 적용하는 것

이 바람직하다³⁾.

마감모르타르를 5 mm, 10 mm 마감한 시험체의 열 방출율을 Fig. 10에 총방출열량을 Fig. 11에 나타내었다. 콘칼로리미터 시험결과 기본적으로 마감모르타르는

Fig. 10. Heat release rate of finishing mortars of exterior insulation finishing system.

Fig. 11. Total heat release of finishing mortars of exterior insulation finishing system.

불에 타지 않는 불연재료이므로 열방출값이 거의 없어 준불연재료의 성능을 나타내었다. 앞 절에서 전술한 바와 같이 고온에서는 시멘트 수화물 등이 열분해하기 때문에 중량이 감소한다. 시험체를 200 °C, 400 °C 및 800 °C의 온도에서 2시간을 유지하기 때문에 10분을 시험하는 콘칼로리미터 시험 보다는 훨씬 가혹한 조건이 된다. 콘칼로리미터와 같이 10분 동안 50 kW/m² 복사 강도를 유지하는 경우 불에 타지 않는 재료의 중량감소는 거의 유사하게 나타나는 것이 일반적이다. EPS를 5 mm와 10 mm로 마감한 경우 준불연재료의 성능을 나타내었다. 특히 10 mm로 마감한 시험체는 5 mm 마감한 경우에 비해 열방출 및 총방출열량이 현저하게 낮았다. 이는 마감모르타르를 구성하는 시멘트와 플라이애시가 무기계 재료이므로 고온에서 안정하다. 또한, EPS 단열층을 보호하여 연소 및 착화가 발생하지 않아

낮은 값으로 측정되었고 이에 따라 중량감소도 거의 발생하지 않았다. 열방출률, 총방출열량, 중량감소로부터 5 mm 이상의 외단열용 마감모르타르로 마감한 경우 화재안전성이 높은 재료로 확인되었다.

4. 결 론

플라이애시와 폐유리분말을 이용하여 제조한 외단열용 마감모르타르의 밀도 변화, 고온 및 난연 특성으로부터 예측되는 본 연구의 결과는 다음과 같다.

1. 플라이애시와 폐유리분말을 이용하여 제조한 외단열용 마감모르타르는 일반 시멘트계 마감모르타르에 비해 고온에서 밀도 및 강도감소의 폭이 커진다. 이는 시멘트 마감재료에 비해 경량이고 내부 공극이 크기 때문이다.
2. 마감모르타르의 열전도율은 시험체 약 0.2 W/mk로 시멘트계 마감재료에 비해 낮아 내부로의 열전도를 차단하여 EPS 단열층의 온도상승을 늦출 수 있어 화재 발생시 유리하다.
3. 플라이애시와 폐유리분말을 이용한 제조한 마감모르타르는 연소 및 착화가 발생하지 않았고, 열방출률, 총방출열량, 질량감소로부터 5 mm 이상의 마감모르타르로 단열층에 마감된 경우 화재안전성이 높다.
4. 플라이애시와 폐유리분말을 이용하여 제조한 마감모르타르는 알칼리 활성화 결합에 의한 내열성 향상과 마감면의 부착을 위해 경량화하고 단열성을 향상한 것이다. 하지만 경량골재의 혼입으로 고온에서 강도감소의 폭이 크므로 적합한 골재의 선정과 혼입율의 조절 등이 필요하다.

감사의 글

본 과제는 국토교통부 기술축진연구사업(과제번호 19CTAP-C152126)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

References

1. Hun Song and Hyeon-Uk Shin, 2015 : Physical properties of light weight foamed glass using waste glass Powder and fly ash, Journal of Recycled Construction Resources Institute, 3(4), pp.328-334.
2. Hyeon-Uk Shin, Hun Song, and Ki-Bong Park, 2016 : Physical property of light-weight inorganic insulation

- foaming Material using waste glass powder, Journal of Korea Society of Waste Management, 33(8), pp.796-803.
3. KICET, 2005 : Commercialization of dry and wet construction method of exterior insulation wall system using light-weight nonflammable ceramic insulation.
 4. Hun Song, Yong-Sik Chu, Jong-Kyu Lee, and Jeong-Yun Do, 2010 : High Temperature Properties of Fire Protection Materials Using Fly Ash and Meta-Kaolin, Journal of Korean Ceramic Society, 47(3), pp.223-231.
 5. KS F ISO 5660-1, 2009 : Fire tests for combustion (Cone calorimeter test), Korea Standard Association.
 6. Kyung-Taek Koh, Su-Tae Kang, Jung-Jun Pakr, Gum-Sung Ryu, and Hyun-Jin Kang, 2010 : Effent of the combined using of fly ash and blast furnace slag as cementitious materials on properties of alkali-activated mortar, Journal of Korean Institute of Resources Recycling, 19(4), pp.19-28.

송 훈

- 1998.02. 전북대학교 대학원 건축공학 공학석사
 - 2003.03. The University of Tokyo 건축학 공학박사
 - 2004~2006 한국건설기술연구원 건축연구부, Post-doc.
 - 2017~2018 Georgia Institute of Technology, CEE, Research Scientist
 - 2006~현재 한국세라믹기술원 에너지환경본부 책임연구원
-

신 현 욱

- 2011.02 강원대학교 대학원, 건축공학 석사
 - 현재 한국세라믹기술원 에너지환경본부 연구원
-