J Rec Const Resources 9(3)330-337(2021)
https://doi.org/10.14190/JRCR.2021.9.3.330

Print ISSN : 2288-3320
Online ISSN : 2288-369X

3D 프린팅용 경량재료 혼입 폴리머 시멘트 모르타르의 난연특성

Flame Retardant Properties of Polymer Cement Mortar Mixed with Light-weight Materials for 3D Printing

손배근[1] · 송 훈[2*]
Bae-Geun Son[1] · Hun Song[2*]

(Received August 27, 2021 / Revised September 23, 2021 / Accepted September 24, 2021)

3D printing is not only at the fundamental study and small-scale level, but has recently been producing buildings that can be inhabited by people. Buildings require a lot of cost and labor to work on the form work, but if 3D printing is applied to the building, the construction industry is received attention from technologies using 3D printing as it can reduce the construction period and cost. 3D printing technology for buildings can be divided into structural and non-structural materials, of which 3D printing is applied to non-structural materials. Because 3D printing needs to be additive manufacturing, control such as curing speed and workability is needed. Since cement mortar has a large shrinkage due to evaporation of water, cement polymer dispersion is used to improve the hardening speed, workability, and adhesion strength. The addition of polymer dispersion to cement mortar improves the tensile strength and brittleness between the cement hydrate and the polymer film. Cement mortar using polymer materials can be additive manufacturing but it has limited height that can be additive manufacturing due to its high density. When light-weight materials are mixed with polymer cement mortar, the density of polymer cement mortar is lowered and the height of additive manufacturing, so it is essential to use light-weight materials. However, the use of EVA redispersible polymer powder and light-weight materials, additional damage such as cracks in cement mortar can occur at high temperatures such as fires. This study produced a test specimen incorporating light-weight materials and EVA redispersible polymer powder to produce exterior building materials using 3D printing, and examined flame resistance performance through water absorption rate, length change rate, and cone calorimeter test and non-flammable test. From the test result, the test specimen using silica sand and light-weight aggregate showed good flame resistance performance, and if the EVA redispersible polymer powder is applied below 5%, it shows good flame resistance performance.

키워드 : 3D 프린팅, EVA 재유화형 분말수지, 폴리머 시멘트 모르타르, 난연특성

Keywords : 3D printing, EVA redispersible polymer powder, Polymer cement mortar, Flame retardant properties

1. 서 론

3D 프린팅은 기초적인 연구개발 및 소형물 수준에서 그치지 않고 최근 실제 사람이 거주할 수 있는 건축물을 제작하고 있다. 기존 건축물은 시공 시 거푸집 작업에 많은 비용과 노동력이 필요하지만 건축물에 3D 프린팅을 적용할 경우 거푸집이 불필요하여 공사기간 및 비용을 줄일 수 있어, 건설산업에서 3D 프린팅을 활용한 기술들이 주목을 받고 있다. 건축물에의 3D 프린팅 기술은 구조재와 비구조재로 나눌 수 있고, 비구조재로 적용되는 3D 프린팅은 외장재나 조형물 등에 적용된다. 3D 프린팅은 적층이 가능해야 하므로 경화속도 및 작업성 등의 제어가 필요하다.

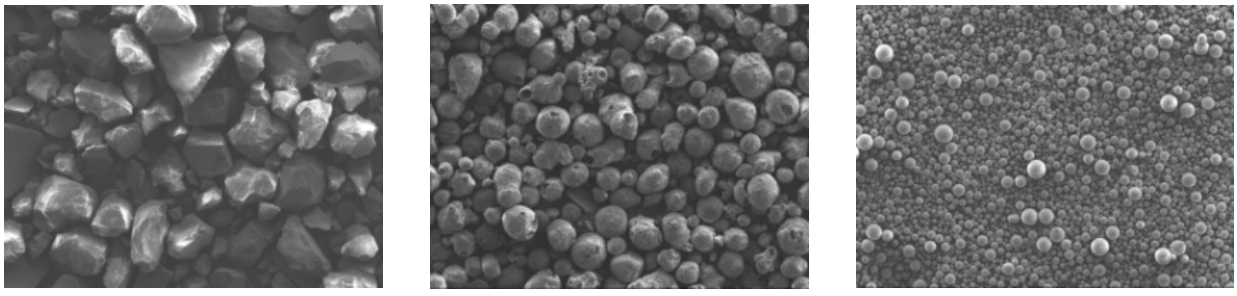
건축물 3D 프린팅 적층기술은 시멘트계 재료를 노즐을 통해 연속적으로 적층하는 방식으로 바인더와 같이 분사하는 방식으로 구분할 수 있다. 3D 프린팅의 적용을 위해서는 정밀한 분사속도와 압출이 필요하여 기본적으로 굳지 않은 시멘트 모르타르의 유동성, 이송성, 압출성, 적층성 및 성형성 등이 요구된다. 시멘트 모르

* Corresponding author E-mail: songhun@kicet.re.kr
[1]한국세라믹기술원 시멘트・건축소재센터 연구원 (Korea institute of Ceramic Engineering and Technology, Jinju, 52851, Korea)
[2]한국세라믹기술원 시멘트・건축소재센터 수석연구원 (Korea institute of Ceramic Engineering and Technology, Jinju, 52851, Korea)

Copyright ⓒ 2021 by Korean Recycled Construction Resources Institute
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

Table 1. Raw materials of polymer cement mortars

	Particle size(μm)	Density(g/cm^3)
Cement	10～100	3.15
Fly ash	5～200	2.67
EVA	100～200	0.45
Silica sand	50～170	2.60
Light weight sand	40～130	0.53
Glass bubble	10～100	0.37



(a) Silica sand (×100) (b) Light weight sand (×100) (c) Glass bubble (×100)

Fig. 1. SEM of light weight aggregates

타르를 3D 프린팅에 활용하여 건축물을 시공할 시 적층된 시멘트 모르타르는 특별한 양생방법이 없어 시공 후 외기 노출에 의한 건조수축으로 성능저하로 이어질 수 있다.

보통포틀랜드시멘트를 3D 프린팅에 적용하기 위해 굳지 않은 시멘트 모르타르에서 압출 및 적층성능, 노즐직경, 1회 적층높이, 피딩시스템 등을 고려한 최적배합과 성능확보가 필요하다.

시멘트는 기본적으로 물과 반응하여 경화하는 수경성 재료로써 에트린자이트와 미반응 간극 물질 등이 반응하여 모노설페이트를 생성함으로써 강도를 발현하게 된다. 이러한 과정에서 시멘트는 높은 점성을 가지며 경화 시 수분증발에 따른 시멘트 모르타르에 수축이 발생하게 된다. 이러한 문제점을 개선하기 위해서는 시멘트 혼화용 폴리머 재료를 사용하여 성능개선을 한다.

최근 시멘트용 혼화용 폴리머 재료 중 Ethylene vinyl acetate (이하 EVA) 재유화형 분말수지가 널리 사용된다. 시멘트 모르타르에 혼입하여 사용할 시 높은 초기 접착력, 마모성, 휨강도 등이 개선되며, 방수 및 보수용 접착제에 많이 사용된다(Kim 2006). 시멘트 혼화용 폴리머는 시멘트 메트릭스 내부에 폴리머필름을 형성하여 취성 및 인장강도가 향상되고 기밀성, 수밀성, 내화학성 등의 성능개선이 이루어지며, 특히, 3D 프린팅에서 요구되는 적층구조가 가능하게 된다.

보통포틀랜드시멘트를 활용한 3D 프린팅은 EVA 재유화형 분말수지에 의해 적층이 가능하지만 자중에 의한 처짐이 발생하여 적층 높이 제한이 있으며 적층 높이가 높을수록 구조의 변형 및 파괴가 발생할 수 있다.

EVA 재유화형 분말수지를 사용한 시멘트 모르타르에 경량재료를 혼입할 경우 시멘트 모르타르의 밀도가 낮아지게 되므로 적층할 수 있는 높이가 높아져 공기가 단축되고 구조 안정성을 확보할 수 있어 경량재료의 사용은 필수적이다. 하지만 EVA 재유화형 분말수지와 경량재료 사용으로 화재와 같은 고온에서는 시멘트 모르타르에 균열 등 추가적인 피해가 발생 할 수 있다.

본 연구는 재료 압출식 3D 프린팅 외장재에 적용할 수 있는 배합설계를 위해 경량재료 및 EVA 재유화형 분말수지를 혼입한 시험편을 제작하였다. 제작된 시험편의 흡수율, 길이변화율과 콘칼로리미터에 의한 난연 및 불연시험을 통해 난연특성을 검토하였다.

2. 사용재료 및 시험방법

2.1 사용재료

본 실험에 사용한 시멘트는 S사의 보통포틀랜트시멘트이며, 혼화재료는 N사의 플라이애시를 사용하였다. 경량골재는 규사8호, 경량골재, 중공글라스를 사용하였다.

Table 2. Mix proportions of EVA polymer cement mortars

Sample		Water/ Binder (%)	Binder (by weight)		Sand (by weight)	Redispersible polymer powder content (Cement*%)	Compressive strength, 28d (N/mm^2)
			Cement	Fly ash			
Silica sand	SS-0	45	0.9	0.1	1.00	-	57.0
	SS-1					1	46.7
	SS-2					3	36.8
	SS-3					5	34.4
	SS-4					10	32.7
Light weight sand	LS-0	45	0.9	0.1	0.44	-	49.2
	LS-1					1	44.9
	LS-2					3	42.3
	LS-3					5	37.6
	LS-4					10	32.4
Glass bubble	GB-0	45	0.9	0.1	0.10	-	45.2
	GB-1					1	43.1
	GB-2					3	42.1
	GB-3					5	37.7
	GB-4					10	31.1

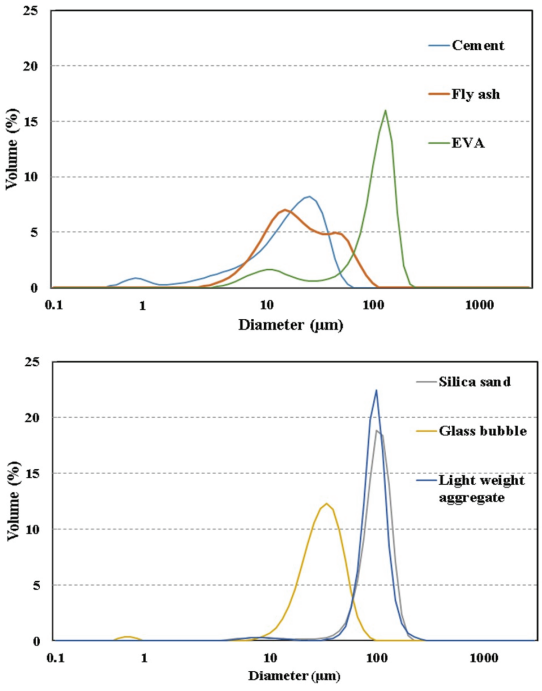


Fig. 2. Diameter of raw materials

규사는 SiO_2 주성분으로 물리적으로 파쇄하여 입자 크기별로 구분하여 사용하며 내화도가 높고 입자가 거칠지만 재료 자체의 강성이 높고 50~170μm의 입자크기로 압출식 3D 프린팅에 적합하다. 경량골재는 유리를 원료로 사용하여 만든 팽창유리 미립자로, 약 900℃ 온도의 특수한 가마(kiln)의 높은 온도에서 소성시킨 골재로서 시멘트와의 부착성능과 기존 경량골재 대비 강도 및 내구성이 우수하다. 중공글라스는 유리를 원료로 입자형태는 구형을 띄고 있어 배합 시 볼베어링 효과로 인한 유동성 증진효과와 내부가 비어있는 입자형태로 밀도가 낮다.

재유화형 분말수지는 W사의 EVA 재유화형 분말수지를 사용하였다. EVA 재유화형 분말수지는 높은 접착력과 내수성, 내알칼리성, 양호한 증점 반응성을 가진다. 사용재료의 입도분포는 Fig. 2에 나타내었다.

2.2 시험편 제작

경량재료 및 EVA 재유화형 분말수지를 사용한 3D 프린팅 배합표는 Table 2에 나타내었다. 플라이애시는 시멘트 대비 10%를 치환하였고, 물시멘트비는 45%로 고정하였다. 규사8호는 시멘트와 플라이애시 중량대비 1 : 1로 고정하였다. 경량골재는 시멘트와 플라이애시의 중량대비 1 : 0.44로 설정하였으며 중공글라스는 1 : 0.1로 고정하였다. EVA 재유화형 분말수지는 시멘트 중량대비 1, 3, 5, 10%를 혼입하였다. 시험편 제작은 KS L ISO 679에 의거하여 5.7L의 강제식 믹서를 사용하였다. 시편의 크기는 강재형틀을 이용하여 40×40×160mm의 시험편과 콘칼로리미터에 의한 난연성능 측정을 위해 100×100mm의 시험편을 제작하였으며 불연성능은 지름 45mm, 높이 50±3mm의 시험편을 제작하였다. 재료의 균질성을 위해 선비빔으로 진행하였고 시험편의 양생은 항온항습 챔버를 이용하여 온도 20±2℃ 습도 90%에서 양생하였다.

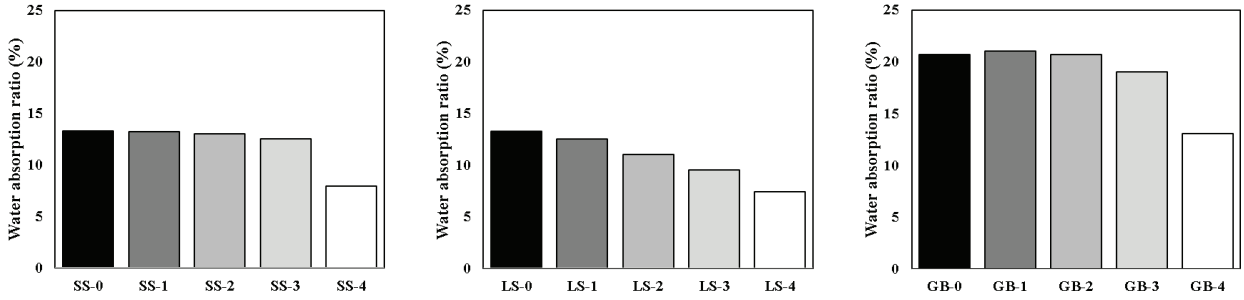


Fig. 3. Water absorption ratio of EVA polymer cement mortars

2.3 시험방법 및 평가

경량재료와 EVA 재유화형 분말수지를 혼입한 시험편의 물성평가를 위해 흡수율, 길이변화, 난연성능 및 불연성능 측정을 진행하였다. 흡수율 측정은 KS F 2476의 폴리머 시멘트 모르타르의 시험방법에 의하여 실험을 진행하였다. 시험편은 내부 수분의 증발을 위해 건조기를 사용하여 온도 80±2℃에서 48시간 건조시키고 데시케이터 내에 냉각 시킨 후 질량을 측정하며 공시체를 온도 20±2℃의 맑은 물 안에 담그고, 48시간이 경과한 후 질량을 측정하였다.

길이변화는 KS F 2424의 모르타르 및 콘크리트의 길이변화 시험방법에 의하여 실시하였다. 공시체의 크기는 40×40×160mm의 몰드를 사용하였으며 탈형 후 5일간 수중 양생한 후 즉시 공시체의 바탕길이를 측정하였다. 이어서 공시체를 온도 20±2℃, 상대습도 60±10%에서 28일 동안 양생시킨 후 시험편의 길이를 측정하였으며 3개의 공시체의 평균값으로 나타내어 계산하였다.

난연성능 측정은 KS F ISO 5660-1의 콘칼로리미터법에 의하여 실시하였다. 시멘트 모르타르는 기본적으로 불연재료에 속하지만 3D 프린팅용 배합에서는 EVA 재유화형 분말수지를 혼입하기 때문에 그에 따른 열분해가 발생할 수 있고, 혼입된 경량골재에 따른 열특성이 다르게 나타날 수 있다. 콘칼로리미터는 산소 1kg 소비되면서 13.1×10^3MJ의 열이 발출되는 원리를 이용하며 복사강도는 열효율이 가장 높은 50kW/m^2 복사강도를 유지하였고 준불연재료의 성능판정의 기준이 되는 시간인 10분을 가열하였다(ISO 5660-1 1993).

불연성 시험은 KS F ISO 1182 불연성 시험의 기준으로 실험을 진행하였다. 시험편의 양생은 온도 23±2℃, 상대습도 50±5%에서 48시간 이상 양생을 진행하였다. 질량감소율을 측정하기 위해 시험전 0.01g의 정확도를 가지는 전자저울을 사용하였다. 실험조건은 노 열전대에 의해 표시되는 노의 평균온도가 적어도 10분 동안 750±5℃로 유지될 수 있어야 하고, 10분간 온도변화가 2℃를 넘지 않아야하며 평균온도에서 최대편차가 10분간 10℃를 넘지 않아야 한다. 그 후 20분 동안 실험을 진행하고 시험편을 주위온도로 냉각 시킨 후 실험 시 생성된 재, 숯 그 밖의 부스러기를 수거하여 무게를 측정을 하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 흡수율

경량재료 및 EVA 재유화형 분말수지를 혼입한 시멘트 모르타르의 흡수율은 Fig. 3과 같다.

시멘트 모르타르 시험편의 흡수율은 재유화형 분말수지의 혼입율이 증가할수록 흡수율이 감소하는 경향을 보였다. 경량재료 종류에 따른 EVA 재유화형 분말수지를 혼입한 시험편을 비교해보았을 때, 규사와 EVA를 혼입한 시험편인 SS-0은 13.3%였으며, EVA 재유화형 분말수지 1~10%를 혼입한 시험편은 12.5~13.2%의 흡수율을 나타내었다. 경량골재와 EVA를 혼입한 시험편의 흡수율은 LS-0은 13.3%를 나타내었고, 혼입율에 따라 9.5~13.3%의 흡수율을 나타내었다.

경량골재를 혼입한 시험편의 흡수율은 다른 시험편에 비해 낮은 흡수율을 나타내었는데, 경량골재는 유리를 원료로 제작과정에서 팽창에 의해 다공성을 가지게 된다. 배합 시 경량골재가 배합수를 흡수하여 배합설계 대비 낮아진 물비에 의해 시험편의 내부조직이 치밀해져 경량골재를 사용한 시험편의 흡수율이 낮은 것으로 판단된다.

중공글라스를 혼입한 시험편은 다른 시험편 대비 흡수율 4~7%의 차이를 보였는데, EVA 재유화형 분말수지를 혼입한 경우 13.1~20.7%을 나타내었다. 이는 배합과정 중 믹서기에 의해 중공글라스가 깨지며 빈 공극을 형성시켜서 나타나는 현상으로 보인다.

경량재료의 사용과 무관하게 EVA 재유화형 분말수지의 혼입에 따른 폴리머필름 형성에 따라 흡수율은 감소하였다. 시험편의 양

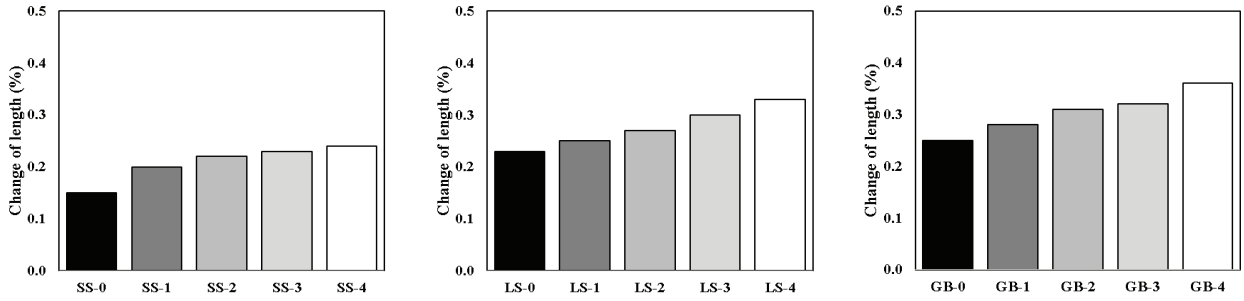


Fig. 4. Length change ratio of EVA polymer cement mortars

생 및 경화하는 과정에서 시멘트의 수화반응과 폴리머필름 형성이 동시에 진행되어 시험편 내부의 공극과 미세관공극이 폴리머필름이 연속적으로 분포됨에 따라 골재와 결합재 사이에 자체 필름이 형성되면서 흡수율이 감소한 것으로 보인다(Lee and Joo 2002).

3.2 길이변화율

경량재료 및 EVA 재유화형 분말수지를 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르의 길이변화율은 Fig. 4와 같다.

EVA 재유화형 분말수지 혼입율이 증가할 경우 시험편 내부에 폴리머필름이 연속적으로 분포되어 있기에 건조수축이 크게 나타날 수 있다(JO 2009). EVA 재유화형 분말수지의 혼입율이 증가할수록 길이변화율이 크게 증가하였다. 규사와 EVA 재유화형 분말수지를 혼입한 시험편의 길이변화율은 SS-0은 0.15%를 나타내었으며 1, 3, 5, 10%를 혼입한 시험편의 길이변화율은 0.2~0.24%를 나타내었다. 경량골재와 EVA 재유화형 분말수지를 혼입한 시험편의 길이변화율은 LS-0은 0.23%를 나타내었고, 혼입율 증가에 따라 시험편의 길이변화율은 0.25~0.33%이다. 중공글라스를 혼입한 시험편은 GB-0은 0.25%를 나타내었고 혼입율에 증가에 따라 시험편의 길이변화율은 0.28~0.36%를 나타내었다. 이는 전절에 서술하였듯이 EVA 재유화형 분말수지의 혼입율이 증가함에 따라 시험편 내부에 분포 되어 있는 폴리머필름으로 인해 건조수축이 크게 나타난 것으로 판단된다.

경량재료 종류에 따른 시험편 별 길이변화율을 비교하였을 때, 규사를 사용한 시험편의 길이변화율이 낮게 나타났다. 압축강도와 비교 시 규사 자체의 강성이 경량골재 및 중공글라스보다 높아 시험편의 초기 강도를 증진시켜 수축변형에 대한 저항이 우수한 것으로 판단된다. 경량골재를 사용한 시험편은 규사를 사용한 시험편에 비해 길이변화율이 높게 나타내었다. 이는 경량골재가 배합수를 흡수하여 배합설계 대비 낮아진 물비에 의해 내부조직이 치밀해졌지만 규사를 사용한 시험편 대비 낮은 강성으로 인해 수축변형에 대한 저항이 감소한 것으로 보이며, 중공글라스를 사용한 시험편 또한 같은 현상으로 보인다.

3.3 난연성능

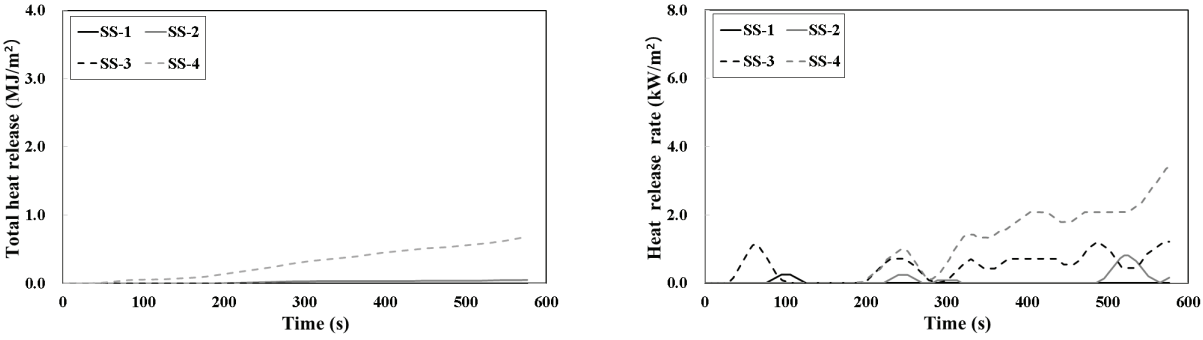
경량재료 및 EVA 재유화형 분말수지에 따른 시멘트 모르타르의 난연성능은 Fig. 5, Table 3과 같다.

시멘트 모르타르의 경우 기본적으로 불연성능을 가지고 있지만, EVA 재유화형 분말수지는 유기계 재료이므로 열에 반응하여 열분해로 인한 중량이 감소한다.

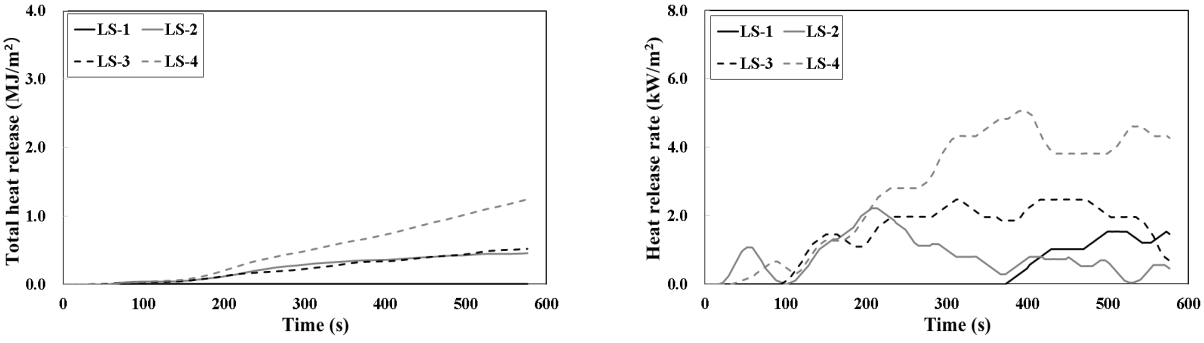
각각의 시험편의 열방출율을 보았을 때, EVA 재유화형 분말수지의 혼입율이 증가할수록 열방출율이 증가하는 경향을 보였다. 이는 시험편 내부에 분포되어 있는 폴리머 필름으로 인한 결과이며, 열방출율 또한 지속적으로 증가하는 경향을 보인다.

경량재료 별 시험편의 열방출율은 0~50초에서 열방출율이 증가 후 감소하는 경향을 보였는데 이는 시험편 내부 수분이 열에 의해 수증기로 변환됨에 따라 나타나는 현상으로 보인다. 이후 100~250초에서 열방출율이 증가하였고, 250~600초에서는 열방출율이 다시 증가하는 경향을 보였다. 이는 시험편 내부에 분포하고 있는 폴리머 필름에 의한 연소현상으로 보이며, 특히, EVA 재유화형 분말수지의 혼입율이 증가할수록 열방출율이 다른 시험편보다 높은 열방출율을 보였다. SS-4, LS-4, BG-4의 열방출율은 시간이 경과함에 따라 다른 시험편보다 높은 열방출율을 보였고, 그에 따라 총방출열량 또한 시간 경과에 따라 증가하는 것을 알 수 있다.

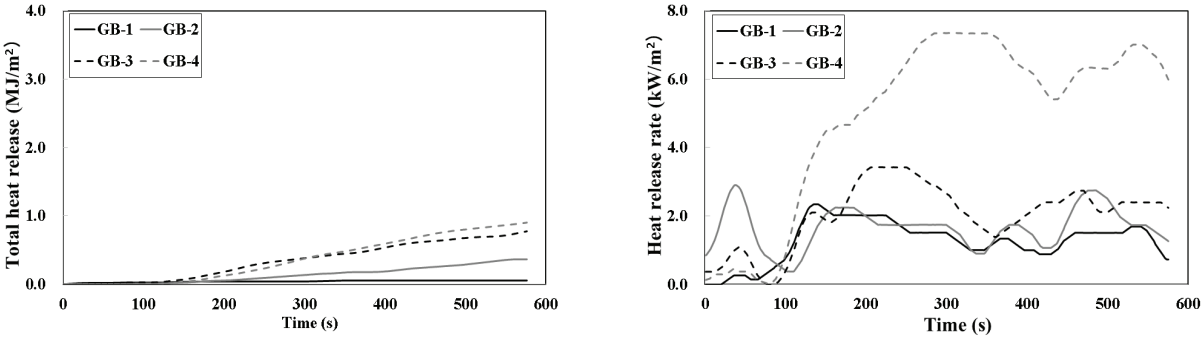
경량재료의 종류에 따른 총방출열량을 비교하였을 때, 규사와 경량골재를 혼입한 시험편의 열방출율 및 총열방출열량은 큰 변화는 나타나지 않았지만 중공글라스를 혼입한 시험편은 다른 시험편 대비 높은 총열방출율을 보였다. 이는 중공글라스의 연화점이 약 600℃로 콘칼로리미터로 측정 시 약 680℃ 에서 10분간 측정이 이루어지기 때문에 중공글라스의 열반응으로 인한 열방출율 및 총방출열량이 다른 시험편에 비해 크게 증가한 것으로 판단된다.



(a) Silica sand



(b) Light weight sand



(c) Glass bubble

Fig. 5. The results of cone calorimeter test

3.4 불연성능

시멘트 모르타르는 EVA 재유화형 분말수지의 사용으로 인해 높은 온도에 의한 질량감소 및 표면 균열 등의 성능저하가 발생할 수 있다. 경량재료 및 EVA 재유화형 분말수지 종류에 따른 시험편의 불연성능은 Table 4와 같다. 경량재료 종류에 따른 경향성을 확인하기 위해 EVA 재유화형 분말수지 5%의 혼입율로 고정하여 시험편의 불연성능을 측정하였다.

실험결과, Fig. 6의 EVA를 혼입한 시험편의 외부상태를 보았을 때, 규사를 사용한 시편은 표면에 균열이 발생하지 않았지만 경량골재와 중공글라스를 사용한 시험편은 표면에 균열이 발생하거나 시험편의 파손이 발생한 것을 확인할 수 있었다. EVA 재유화형 분말수지와 규사를 혼입한 시험편의 질량감소율은 13.81%, 경량골재를 혼입한 시험편은 19.48%, 중공글라스를 혼입한 시험편은 23.22%를 나타내었고, EVA재유화형 분말수지와 규사를 사용한 시험편에서 온도차는 0.5℃, 경량골재는 0.2℃, 중공글라스는 0.8℃를 나타내었다. 중공글라스를 혼입한 경우 EVA 재유화형 분말수지와 무관하게 질량감소율이 다른 시험편에 비해 높은 결과를 보여주었다. 이는 중공글라스의 연화점이 낮아 불연성능 측정 시

Table 3. The results of cone calorimeter test

Sample		SS-1	SS-2	SS-3	SS-4
Silica sand	Total heat release (MJ/m^2)	0.0	0.1	0.3	0.9
	Mean heat release rate (kW/m^2)	0.01	0.09	0.52	1.56
	Peak heat release rate (kW/m^2)	0.38	0.90	1.74	3.93
	Mass loss(g)	7.71	12.11	10.92	11.95
Sample		LS-1	LS-2	LS-3	LS-4
Light weight sand	Total heat release (MJ/m^2)	0.3	0.5	0.9	1.7
	Mean heat release rate (kW/m^2)	0.42	0.78	1.49	2.87
	Peak heat release rate (kW/m^2)	1.55	2.36	2.5	5.4
	Mass loss(g)	9.79	11.00	7.44	14.41
Sample		GB-1	GB-2	GB-3	GB-4
Glass bubble	Total heat release (MJ/m^2)	0.8	1.0	1.2	3.0
	Mean heat release rate (kW/m^2)	1.26	1.65	2.04	5.01
	Peak heat release rate (kW/m^2)	2.55	3.31	3.46	7.42
	Mass loss(g)	10.15	16.99	20.89	18.80

Table 4. Non-combustibility test of EVA polymer cement mortar

Sample		Silica sand (SS-3)	Light-weight aggregate (LS-3)	Glass bubble (GB-3)	Standard
Mass (g)	Final mass(g)	126.50	113.63	83.08	Below 30%
	Mass loss(g)	20.27	22.14	25.12	
	Mass loss(%)	13.81	19.48	23.22	
Furnace temperature (℃)	Maximuml furnace temperature(℃)	733.0	740.0	741.0	Not excess 20K
	Final equilibrium temperature(℃)	732.5	739.8	740.2	
	Temperature difference(℃)	0.5	0.2	0.8	

(a) SS-3 (b) LS-3 (c) GB-3

Fig. 6. Surface condition of EVA polymer cement mortars

750℃의 실험조건에서 열반응으로 인해 다른 시험편에 비해 질량 감소율이 높은 것으로 보여진다. 하지만 전체적인 실험결과로부터 모든 시험편이 충분한 불연성능을 나타내고 있다. 따라서 EVA 재유화형 분말수지의 혼입율이 5% 이하인 경우 충분한 불연성능을 보여줄 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 경량재료 및 EVA 재유화형 분말수지를 혼입한 시멘트 모르타르를 3D 프린팅에 적용하여 적층제조 및 굳은 상태의 시멘트 모르타르의 물성개선을 위한 연구로 EVA 재유화형 분말수지와 경량재료 혼입에 따른 흡수율, 길이변화, 난연 및 불연성능은 다음과 같다.

1) EVA 재유화형 분말수지를 혼입한 시멘트 모르타르의 흡수율은 혼입율이 증가할수록 감소하는 경향을 보인다. 이는 EVA 재유화형 분말수지의 특성인 폴리머필름의 형성으로 인해 흡수율이 감소한다. 경량재료는 종류에 따라 흡수율의 차이가 발생하는데 이중 중공글라스를 사용한 경우 흡수율 변화가 크다.
2) 시멘트 모르타르의 길이변화율은 EVA 재유화형 분말수지의 혼입율이 증가할수록 길이변화율은 증가하고, 경량재료의 강성에 따라 수축에 의한 저항성이 개선된다.
3) 시멘트 모르타르의 난연성능은 EVA 재유화형 분말수지의 혼입율이 증가할수록 총방출열량 및 열방출율은 증가하는 경향을 보인다. 또한 EVA 재유화형 분말수지의 열분해로 인해 총방출열량 및 열방출율은 증가한다.
4) 시멘트 모르타르의 불연성능은 불연재료에 적합한 판정결과를 보인다. 하지만 경량재료와 EVA 재유화형 분말수지를 혼입한 시멘트 모르타르의 불연성능 개선을 위해서는 경량재료인 규사와 경량골재의 사용과 EVA 재유화형 분말수지 혼입율은 5% 이하로 적용하여 사용하는 것이 유리하다.

Conflicts of interest

None.

감사의 글

This experimental research had been conducted under the financial support provided by MOLIT and KAIA (21AUDP-B121595-06). The support is appreciated.

References

ISO 5660-1. (1993). Reaction to Fire, Part 1. Rate of Heat Release from Building Products(Cone Calorimeter), Geneva.

Jo, Y.K. (2009). A study on the water permeability and drying shrinkage of polymer cement composites, Journal of the Korea Institute of Building Construction, **9(5)**, 73-78 [in Korean].

Joo, M.K., Lee, Y.S., Jung, I.S. (2004). Drying shrinkage and strength properties of high-fluidity polymer-modified mortar, Journal of the Korea Concrete Institute, **16(5)**, 651-657 [in Korean].

Kim, W.K. (2006). Strength and adhesion properties of polymer-modified mortars using redispersible powders and polymer dispersions, Journal of Architectural Institute of Korea, **22(4)**, 199-126 [in Korean].

Lee, Y.S., Joo, M.K. (2002). Fundamental properties of water-permeable polymer-modified concrete, Journal of the Korea Concrete Institute, **14(3)**, 402-408 [in Korean].

3D 프린팅 경량재료 혼입 폴리머 시멘트 모르타르의 난연특성

3D 프린팅의 기술발전으로 대형물 제작이 가능하게 되면서 이를 건축물에 적용하기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 건축물에서는 구조재와 비구조재로 구분되고 비구조재는 비정형 구조물 및 내·외장패널에 적용하기 유리하다. 3D 프린팅 재료는 기본적으로 시멘트 모르타르의 압출과 적층이 가능해야하므로 시멘트 혼화용 폴리머 와 경량재료의 사용이 필수적이다. 본 연구는 3D 프린팅 적용을 위해 시멘트 모르타르에 EVA 재유화형 분말수지를 사용하였다. 경량재료 혼입 폴리머 시멘트 모르타르의 난연특성을 평가하기 위해 골재로는 규사8호와 경량재료로 경량골재, 중공글라스를 사용하여 난연 및 불연성능을 평가하였다. 연구결과, 규사8호 및 경량골재를 사용한 시험체가 충분한 난연 및 불연성능을 보였다. EVA 재유화형 분말수지를 혼입할 경우 5% 이하로 적용하여 사용하는 것이 유리하다.