건물 외장재 적용을 위한 3D 프린팅 시멘트 베이스 결합재 개발

Development of 3D Printing Cement Based Composite Materials Applying for Exterior Finishing Material

신 현 욱* 송 훈**
Shin, Hyeon-Uk Song, Hun

Abstract

3D printing technology can be applied to various industries, and is trapped by major technologies that change existing manufacturing processes. 3D printing materials must satisfy designability, economy and productivity, and building materials are required to have strength and economy secured technology. 3D printing technology of construction field can be divided into structural materials and internal and external materials, and is mainly done by extruding and adapting. Particularly when it is applied as an exterior materials, it is mainly applied to an unstructured exterior materials and high accuracy is required. The exterior materials can be used as a cement composite materials, it is suitable also for a lamination type, and the role of a cement base bonding material is important. In this research, we developed a cementitious base binder applicable as a 3D printing exterior materials, confirmed density and strength characteristics for application as an exterior materials, a flame retardancy test for improving the fire resistance of buildings and confirmed its possibility.

키 워 드 : 3D 프린팅, 시멘트, 결합재
keywords : 3D printing, cement, composite materials

1. 서 론

3D 프린팅 기술은 다양한 산업에 적용이 가능하며 기존의 제조공정을 변화시키는 주요 기술로 인신되고 있다. 3D 프린팅 소재는 디자인, 경제성, 생산성을 만족하여야하며, 건축재료는 강도 및 경제성이 확보되는 기술이 요구된다.

건축분야 3D 프린팅 기술은 구조재와 내 · 외장재로 구분 할 수 있으며 주로 압출하여 적응하는 방식으로 이루어진다. 특히 외장재로 적용되는 경우는 주로 비정형 외장재로 적용되며 고도의 정밀도가 요구된다. 3D 프린팅에 적용되는 외장재의 경우 시멘트 재료로 사용이 가능하며 적층방식으로도 적합하며 시멘트 베이스 결합재의 역할이 중요하다.

본 연구에서는 3D 프린팅 외장재로 적용가능한 시멘트 베이스 결합재를 개발하고 외장재로 적용하기 위한 경량성능을 확인하고 건축물의 내화성능 향상을 위한 난연성 실험을 실시하여 그 가능성을 확인하였다.

2. 실험내용

외장재용 시멘트 베이스 결합재를 구성하기 위한 재료를 검토하여 3D 프린팅의 특성에 맞는 재료를 선정하였다. 3D 프린팅에 요구되는 성능으로는 적층방식을 위한 시멘트 반죽의 점도확보 재료, 외장재 적용을 위한 경량성능, 내화성능 향상 재료를 검토하였다. 실험에 사용한 배합비는 표1 과 같다. 3D 프린팅용 결합재 구성을 위한 기초실험으로 경량성능은 밀도확인, 난연특성은 콘칼로미터를 사용하여 열방출률 실험을 진행하였다. 배합비를 통한 시멘트 결합재를 구성하여 몰드에 넣어 성형하여 실험을 진행하였다.

3. 실험결과

경량성능 평가는 밀도의 측정으로 실시하였으며 실험에 사용한 경량골재는 기존사용 모래와 입도가 비슷한 재료를 사용하였다. 밀도 측정결과 폴리머 및 경량골재의 사용이 경량성 확보에 효과적이었으며 증점제의 경우 반죽을 다루기 어려워

* 한국세라믹기술원 에너지환경소재본부 연구원
** 한국세라믹기술원 에너지환경소재본부 책임연구원, 교신저자(songhun@kicet.re.kr)

표 1. 실험에 사용한 배합비

Series	W/C	Cement	Fly ash	Aggregate		Superplasticizer	Polymer	Thickener
				Sand	L.A.*			
Plain	0.55	450	50	500	-	-	-	-
EFM1		450				0.5	-	-
EFM2		450				2.5	-	-
EFM3		445.5				-	4.5	-
EFM4		437.5				-	12.5	-
EFM5		427.5				-	22.5	-
EFM6		405				-	45.0	-
EFM7		450				-	-	0.5
EFM8		450				-	-	2.5
LEFM1		450	50	250	125	-	-	-
LEFM2		450	50	0	250	-	-	-

표 2. 밀도 측정결과

Series	Plain	EFM1	EFM2	EFM3	EFM4	EFM5	EFM6	EFM7	EFM8	LEFM1	LEFM2
Density	2.04	1.86	1.84	1.94	1.80	1.93	1.85	1.68	1.51	1.88	1.56

표 3 콘칼로리미터 측정결과

Series	Plain	EFM1	EFM2	EFM3	EFM3-1	EFM4	EFM4-1	EFM5	EFM5-1	EFM6	EFM7	EFM8	LEFM1	LEFM2
Total heat release(MJ/m2)	1.4	2.0	-	0.3	0.8	1.0	1.0	1.0	1.2	1.0	1.6	-	0.5	0.1
Mean heat release rate(kW/m2)	2.27	2.21	-	0.54	1.31	2.3	1.66	1.7	2.05	1.7	2.34	-	0.91	0.19
Peak heat release rate(kW/m2)	4.63	4.78	-	2.89	3.92	3.3	3.81	5.25	5.82	5.25	4.97	-	2.87	2.23
At peak times(s)	125	126	-	61	525	488	600	527	581	597	167	-	77	61
Total smoke production(m2)	2.9	4.1	-	1.5	3.6	2.8	3.4	2.8	2.9	6.2	2.8	-	3.0	3.1

다량의 기포가 형성되어 밀도가 낮게 측정되었으며 측정결과는 표2와 같다. 난연성능 실험은 콘칼로리미터를 사용하여 10분간 실험을 진행하였으며 측정결과는 표 3과 같다. 시멘트계 폴리머는 두 가지를 시험하였으며 A형 폴리머는 3, 4, 5, B형 폴리머는 3-1, 4-1, 5-1로 나타내었다. 측정결과 방출열량, 열방출률, 연기발생량 모두A형 폴리머의 사용이 효과적인 것으로 나타났으며 B형 폴리머의 시험체는 변형이 발생하였다.

4. 결 론

건축물 외장재 적용을 위한 시멘트 베이스 결합재 시험결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 폴리머 및 경량골재의 사용은 경량성능 확보에 도움이 되며 경량골재의 사용은 시공성이 낮아져 적절한 수준의 배합이 요구된다.
- 콘칼로리미터를 사용한 난연성능 측정결과 A형 폴리머를 사용한 시험체가 난연성능이 좋았으며 경량골재를 사용한 시편이 난연성능이 가장 좋았다.

Acknowledgement

본 논문은 2018년 국토교통부 도시건축연구사업(과제번호: 18AUDPB121595-03)의 일환으로 수행된 연구임을 밝히며 이에 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

1. Gregory john gibbons, 3D printing of cement composite, Advances in applied ceramics, 2010.5
2. Arnaud Perrot, Structural built-up of cement based materials used for 3D printing extrusion techniques, Materials and Structures, 2015.2