

시멘트계 재료 기반 캡슐을 사용한 자기치유 모르타르의 역학 특성

Mechanical Properties of Self-Healing Mortar Using Cementitious Material-Based Capsule

이재인¹ · 임수빈² · 나범수² · 김채영³ · 윤주호³ · 최세진^{4*}

Lee, Jae-In¹ · Im, Soo-Bin² · Na, Bum-Su² · Kim, Chae-Young³ · Yoon, Joo-Hoo³ · Choi, Se-Jin^{4*}

Abstract : Although concrete is a material widely used in the construction industry, it is very vulnerable to cracking and has a disadvantage in that durability deteriorates when cracks occur. When cracks occur, harmful factors are introduced through the micro-cracks of the structure, reducing durability. Therefore, in this study, as part of a study to alleviate the problems of maintenance and durability deterioration due to cracks in concrete structures, the mechanical properties of self-healing mortar according to the size of the capsule made of cement material were reviewed.

키워드 : 자기치유, 자기치유 캡슐, 유동성, 압축강도

Keywords : self-healing, self-healing capsule, fluidity, compressive strength

1. 서론

콘크리트는 높은 압축강도와 내구성을 보유하여 건설산업에서 대표적으로 사용되는 재료이다. 그러나, 온·습도 및 기후 변화 등 외부 환경 변화에 따라 발생하는 구조물의 균열 및 내구성 저하에 대한 문제점이 지속적으로 발생되고 있는 실정이다. 균열이 발생한 콘크리트 구조물의 경우 발생한 균열을 통하여 이산화탄소, 염소이온 등의 유해인자가 콘크리트 내부로 침입하기 유리한 환경이 조성되어 콘크리트 구조물의 열화 및 부식 등의 문제가 발생한다. 최근에는 콘크리트 구조물의 균열로 인해 발생하는 지속적인 내구성 저하 문제를 개선하기 위해 국내·외적으로 자기치유 기술이 접목된 시멘트 복합체에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다[1]. 자기치유 기술 중 하나인 캡슐을 사용한 자기치유 기술의 경우 코어재료의 대량혼입이 가능함과 동시에 균열이 발생할 경우 손상 부위에 존재 하던 캡슐이 파괴되며 즉시 균열 치유가 가능하다는 장점이 존재한다. 본 연구에서는 시멘트와 고로슬래그 미분말 및 플라이애시 등의 시멘트계 재료로 구성된 캡슐을 혼입한 자기치유 모르타르의 역학 특성을 검토하였으며 이를 위해 캡슐 크기에 따른 자기치유 모르타르의 유동성 및 압축강도를 비교·분석하였다.

2. 실험방법 및 사용재료

본 실험에 사용된 시멘트는 국내 H사 1종 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며 잔골재의 경우 비중 2.60g/cm³, 조립율 2.45의 국내 N지역 산모래를 사용하였다. 시멘트계 재료 기반 캡슐(Cementitious materials capsule, 이하 CMC)의 경우 보통 포틀랜드 시멘트, 국내 D사에서 제조된 고로슬래그 미분말 3종 및 국내 D화력발전소에서 제조된 플라이애시 2종을 4:3:3의 비율로 교반하였으며 교반 시 응집력 향상을 위해 PVA를 사용하였다. 또한 배합중 사전수화를 방지하기 위해 폴리우레탄을 사용하여 코팅을 진행하였다. 캡슐

표 1. 배합표

Mix.	W/C (%)	S/a (%)	CMC (S*%)	Size (mm)	Unit weight (kg/m ³)			
					W	C	S	CMC
Plain	50	42	-	-	532	340	739	-
03CMC			5	0.3	532	340	702	
06CMC			5	0.6	532	340	702	
12CMC			5	1.2	532	340	702	
25CMC			5	2.5	532	340	702	

1) 원광대학교 건축공학과, 박사과정
 2) 원광대학교 건축공학과, 학부생
 3) 원광대학교 건축공학과, 석사과정
 4) 원광대학교 건축공학과, 교수, 공학박사, 교신저자(csj2378@wku.ac.kr)

의 사용량은 천연잔골재 중량에 대하여 약 5%를 사용하였으며 캡슐 크기의 경우 0.3, 0.6, 1.2, 2.5mm 크기의 캡슐을 사용하였다. 표 1은 본 실험에 사용된 배합표를 나타낸 것으로 물시멘트비를 50%, 잔골재율은 42%로 고정하여 실험을 진행하였다. 측정항목의 경우 모르타르 플로우 및 재령 7, 28일의 압축강도를 측정하였다.

3. 실험결과

3.1 모르타르 플로우

시멘트계 재료로 구성된 캡슐을 혼입한 자기치유 모르타르의 유동성 변화를 나타낸 그림 1에서 볼 수 있듯이 캡슐을 혼입하지 않은 Plain배합의 경우 약 201mm의 가장 높은 플로우를 나타내었다. CMC배합의 플로우의 경우 03CMC(182mm), 06CMC(180mm), 12CMC(183mm), 25CMC(184mm)로 약 180~184mm의 수준을 나타내었으며 캡슐을 혼입하지 않은 Plain배합에 비해 약 8.5~10.4% 낮은 플로우를 나타내었다. 본 연구의 모르타르 플로우의 경우 캡슐을 사용한 배합들의 플로우는 큰 차이를 나타내지 않았으나 Plain배합에 비해 최대 약 10.4% 감소한 플로우를 나타내었는데 이는 배합 중 일부 캡슐의 손상으로 CMC를 구성하던 재료들이 물을 흡수하여 플로우가 감소한 것으로 판단된다.

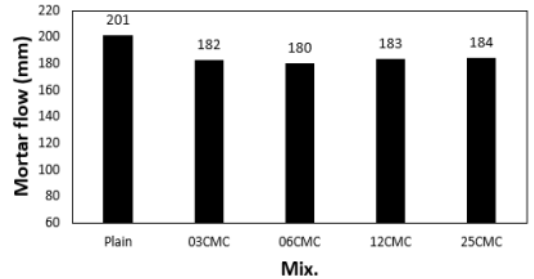


그림 1. 모르타르 플로우

3.2 압축강도

시멘트계 재료로 구성된 캡슐을 혼입한 자기치유 모르타르의 재령별 압축강도 변화를 나타낸 그림 2에서 볼 수 있듯이 재령 7일의 경우 캡슐을 혼입하지 않은 Plain배합에서 약 34.7MPa의 압축강도를 발현하였다. 캡슐을 사용한 CMC배합의 경우 0.3mm 크기의 캡슐을 사용한 03CMC배합에서 약 39.2MPa의 가장 높은 압축강도를 발현하였으며 캡슐을 혼입하지 않은 Plain배합에 비해 약 12.9% 높은 수준을 나타내었다. 06CMC배합, 12CMC배합 및 25CMC배합의 경우 약 32.7~34.2MPa의 압축강도로 Plain배합에 비해 상대적으로 낮은 압축강도를 발현하였다. 재령 28일 압축강도의 경우 Plain배합에서 약 39.9MPa의 압축강도를 발현하였다. 가장 낮은 7일 압축강도를 발현하였던 25CMC배합의 경우 약 47.5MPa의 가장 높은 압축강도로 7일 압축강도에 비해 약 45% 증가한 압축강도를 나타내었다. 7일 압축강도에서 가장 높은 압축강도를 발현하였던 03CMC배합의 경우 약 46.7MPa의 압축강도를 발현하였으며 이는 Plain배합에 비해 약 17% 높은 수준인 것으로 나타났다. 12CMC배합의 경우 약 39.6MPa의 가장 낮은 압축강도를 발현하였으나 Plain배합(39.9MPa)과는 유사한 수준인 것으로 나타났다.

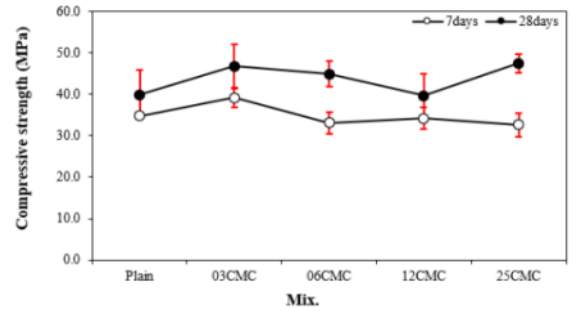


그림 2. 압축강도

4. 결론

본 연구는 시멘트계 재료로 구성된 캡슐을 혼입한 자기치유 모르타르의 유동성 및 압축강도 특성을 비교·분석한 것으로 유동성의 경우 캡슐을 사용한 배합에서 Plain배합에 비해 플로우가 감소하는 경향을 나타내었으며 압축강도의 경우 12CMC배합을 제외한 모든 배합에서 Plain배합에 비해 상대적으로 높은 압축강도를 발현하였다.

감사의 글

본 논문은 교육부의 지원으로 한국연구재단의 기초과학연구사업(과제번호: 2019R1I1A3A01049510)의 일환으로 수행된 연구임을 밝히며 이에 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 이재인, 김채영, 최세진. PCC(Powder Compacted Capsule) 크기 및 혼입율에 따른 자기치유 모르타르의 공학적 특성에 관한 실험적 연구. 한국건설순환자원학회. 2022. pp. 514-522.