플라이애시 대체율에 따른 무시멘트 복합체의 유동성 및 압축강도 특성

Fluidity and compressive strength characteristics of no-cement composite according to fly ash replacement rate

이재인[1] · 박정연[2] · 김채영[3] · 윤주호[3] · 최세진[4*]
Lee, Jae-In[1] · Park, Jeong-Yeon[2] · Kim, Chae-Young[3] · Yoon, Joo-Ho[3] · Choi, Se-Jin[4*]

Abstract : Recently, the importance of eco-friendly and sustainable development has been emphasized. The construction industry also needs to make efforts to reduce cement use, which accounts for 8% of greenhouse gas emissions. This study examined the fluidity and compressive strength of a cementless composite using fine blast furnace slag powder and fly ash without using cement in order to reduce greenhouse gas emissions due to the use of cement.

키워드 : 플로우, 압축강도, 무시멘트, 고로슬래그 미분말, 플라이애시
Keywords : flow, compressive strength, no-cement, blast furnace slag powder, fly ash

1. 서 론

시멘트 콘크리트는 우수한 압축강도와 내구성을 보유하고 있어 건설산업에서 널리 사용되는 재료이다. 그러나 시멘트 콘크리트의 결합재로 사용되는 시멘트 생산으로 인한 이산화탄소 배출량이 전세계 이산화탄소 배출량의 8%를 차지하는 수준으로 알려져 있다[1]. 최근에는 친환경적이며 지속가능한 재료에 대한 관심이 높아지고 있어 건설산업에서도 시멘트 사용을 감축하기 위한 노력이 필요하다. 이에 따라 건설산업에서는 시멘트 콘크리트의 대체재료로써 시멘트를 사용하지 않는 무시멘트 복합체에 대한 연구를 진행하고 있다[2]. 무시멘트 복합체는 철강산업부산물인 고로슬래그 미분말과 화력발전소에서 발생되는 플라이애시를 결합재로 사용하여 시멘트 콘크리트에 비해 확연히 낮은 이산화탄소 배출량을 나타내고 산업부산물의 재활용율을 높일 수 있는 장점이 있다. 본 연 구에서는 플라이애시 대체율에 따른 고로슬래그 기반 무시멘트 복합체의 역학특성을 검토하였으며 이를 위해 플라이애시 대체율에 따른 고로슬래그 기반 무시멘트 복합체의 유동성 및 압축강도를 비교·분석하였다.

2. 실험방법 및 사용재료

본 실험에 사용된 고로슬래그 미분말은 국내 D사의 고로슬래그 미분말 3종을 사용하였으며 플라이애시는 국내 D화력발전소에서 발생된 플라이애시 2종을 사용하였다. 결합재의 반응을 활성화 시키기 위한 알칼리 활성화제의 경우 국내 D사에서 제조된 CaO, $CaCl_2$, $Ca(NO_3)_2$를 사용하였다. 잔골재의 경우 비중 2.60g/cm^3, 조립율 2.45, 흡수율 1.0%인 국내 N지역 산모래를 사용하였다. 표 1은 본 연구에 사용된 실험 배합을 나타낸 것으로 물결합재비는 40%로 고정하여 실험을 진행하였다. 플라이애시의 경우 고로슬래그 미분말 대체재로서 0, 5, 10, 15%를 대체하였다. 알칼리 활성화제의 경우 결합재 중량에 대하여 각각 5%를 사용하였으며 작업성의 확보를 위해 폴리카르본산계 감수제를 결합재 중량에 대하여 0.3% 사용하였다. 측정항목의 경우 모르타르 플로우 및 재령 7, 28, 56일의 압축강도를 측정하였으며 양생의 경우 시험체 제작 후 상온에서 24시간 후 탈형하여 40°C, 100% RH 환경의증기양생을 진행하였다.

표 1. 배합표

Mix.	W/B (%)	Unit Weight (kg/m^3)							AD (B*%)
		W	BFS	FA	CaO	$CaCl_2$	$Ca(NO_3)_2$	S	
FA00	40	340	289	0	17	17	17	764	0.3
FA05			272	17				762	
FA10			255	34				760	
FA15			238	51				758	

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

3. 실험결과

3.1 모르타르 플로우

플라이애시 대체율에 따른 무시멘트 복합체의 유동성 변화를 나타낸 그림 1에서 볼 수 있듯이 플라이애시를 혼입하지 않은 FA00배합의 모르타르 플로우는 약 185mm를 나타내어 전체 배합 중 가장 높은 플로우를 나타내었다. 플라이애시를 혼입한 FA05, FA10 및 FA15배합의 플로우는 약 139~159mm를 나타내어 FA00배합에 비해 상대적으로 낮은 플로우를 나타내었다. 플라이애시 혼입율이 15%인 FA15배합의 플로우는 약 139mm를 나타내어 전체 배합중 가장 낮은 유동성을 나타내었으며 이는 FA00배합에 비해 약 24.9% 낮은 수준이다. 플라이애시를 10% 혼입한 FA10배합의 경우 약 149mm의 플로우를 나타내어 FA00배합에 비해 약 19.5% 낮게 나타났으며 플라이애시 혼입율이 약 5%인 FA05배합의 모르타르 플로우의 경우에도 약 159mm를 나타내어 FA00배합에 비해 약 14.1% 낮은 수준을 나타내었다.

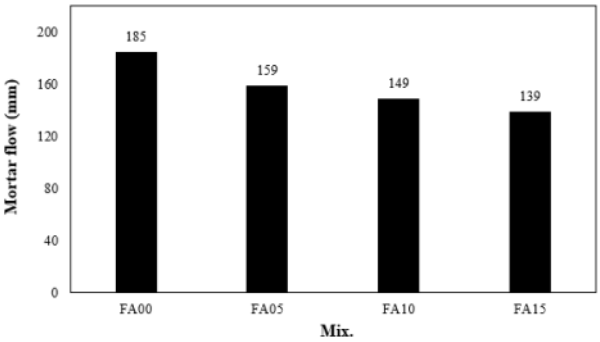

그림 1. 모르타르 플로우

3.2 압축강도

플라이애시 대체율에 따른 무시멘트 복합체의 재령별 압축강도 변화를 나타낸 그림 2에서 볼 수 있듯이 재령 7일의 경우 대체적으로 34.2~36.0MPa의 유사한 수준의 압축강도를 발현하였으며 FA05배합의 압축강도가 36.0MPa로서 가장 높게 나타났다.

28일의 경우 FA00배합의 압축강도가 약 38.4MPa로서 전체 배합중 가장 낮은 압축강도를 발현하였으며 이후 플라이애시 대체율이 증가함에 따라 압축강도는 증가하는 경향을 나타내어 약 41.5~44.9MPa의 압축강도를 발현하였다. 플라이애시 대체율이 가장 높은 FA15배합의 압축강도는 약 44.9MPa을 나타내었으며 이는 FA00배합에 비해 약 16.9% 높은 값이다. 56일의 경우 전체 샘플의 압축강도가 약 45.4~46.5MPa로서 유사한 수준의 압축강도를 발현하였다. FA15배합에서 약 45.4MPa의 가장 낮은 압축강도를 발현하였으며 이는 FA00배합(45.5MPa)과 유사한 수준이다. 가장 높은 압축강도를 발현한 FA10배합의 경우 약 46.5MPa의압축강도를 발현하였다.

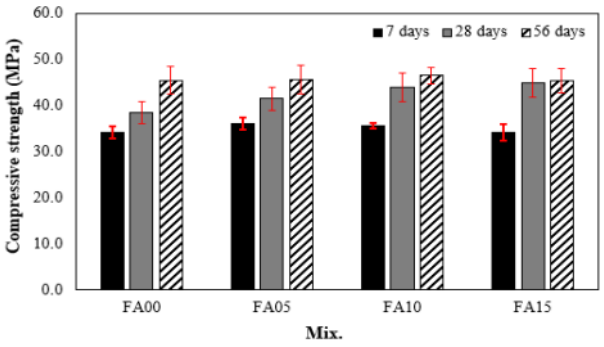

그림 2. 압축강도 변화

4. 결 론

본 연구는 플라이애시 대체율에 따른 무시멘트 복합체의 유동성 및 압축강도를 검토한 것으로 유동성의 경우 플라이애시를 혼입하지 않은 FA00배합에서 가장 높은 플로우를 나타내었으며 이후 플라이애시 대체율이 증가함에 따라 플로우가 감소하였다. 압축강도의 경우 7일은 대체적으로 유사하였으며 28일 압축강도의 경우 플라이애시 대체율이 증가함에 따라 압축강도가 증가하는 경향을 나타내었다. 56일 압축강도의 경우 약 45.4~46.5MPa의 유사한 수준을 나타내었으며 FA10배합에서 가장 높은 압축강도를 발현하였다.

감사의 글

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

참고문헌

1. Qin L, Mao X, Gao X, Zhnag P, Chen T, Li Q, Cui Y. Performance degradation of CO_2 cured cement-coal gangue pastes with low－temperature sulfate solution immersion. Case. Stud. Const. Mater. 2023. p. 01199.
2. Singh B, G I, Gupta M, Bhattacharyya SK. Geopolymer concrete: A review of some recent developments. Constr Build Mater. 2015. p. 78-90.