

활성화제 혼입율에 따른 무시멘트 경화체의 미소수화열 및 강도 특성

Microhydration Heat and Strength Characteristics of No-Cement Composites according to Activator Ratio

김채영¹ · 윤주호¹ · 박정연² · 이재인³ · 최세진^{4*}

Kim, Chae-Young¹ · Yoon, Joo-Ho¹ · Park, Jung-Yeon² · Lee, Jae-In³ · Choi, Se-Jin^{4*}

Abstract : This study, as part of a study to reduce carbon dioxide emissions from the cement industry, compared and analyzed microhydration heat and strength characteristics of no-cement composites using blast furnace slag powder as a binder and CaO, CaCl₂, Ca(HCOO)₂ and Ca(NO₃)₂ as alkali activators. As a result of the evaluation, considering the strength, it is judged appropriate to use CaO, CaCl₂ and Ca(NO₃)₂.

키워드 : 무시멘트, 활성화제, 미소수화열, 압축강도

Keywords : no-cement, activator, microhydration heat, compressive strength

1. 서론

최근 시멘트 산업에서 발생하는 이산화탄소 배출을 감소시키기 위해 결합재로서 고로슬래그 미분말, 플라이애시 등의 산업부산물을 사용하는 지오폐리머 콘크리트에 관한 연구가 다수 보고되고 있다[1]. 지오폐리머에 대표적으로 사용되는 고로슬래그 미분말, 플라이애시 등의 경우 자체적으로 물과 반응하지 않아 반응을 유도시키기 위해 적절한 알칼리 활성화제의 종류 및 혼입량을 선정하여야 한다[2]. 따라서 본 연구에서는 활성화제 혼입율에 따른 무시멘트 경화체의 미소수화열 및 강도 특성을 비교·분석하였다.

2. 실험계획

본 연구에 사용된 고로슬래그 미분말의 경우 국내 D사에서 제조된 고로슬래그 미분말 3종을 사용하였으며 천연잔골재의 경우 비중 2.60g/cm³, 조립율 2.45의 N지역 산모래를 사용하였다. 활성화제의 경우 분말 및 과립형태의 활성화제를 결합재 대체재로서 사용하였으며 활성화제 종류의 경우 국내 D사의 CaO, CaCl₂, Ca(HCOO)₂ 및 Ca(NO₃)₂를 사용하였다. 표 1은 실험에 사용된 배합표를 나타낸 것으로 물결합재비는 40%, 잔골재율은 42%로 고정하여 실험을 진행하였으며 각 배합의 작업성을 확보하기 위해 고성능 감수제를 결합재 중량에 대하여 약 0.3% 사용하였다. 양생의 경우 소요의 재령까지 20°C 수중양생 및 40°C 고온양생을 진행하였으며 측정 항목의 경우 미소수화열 및 재령 7, 28, 56일의 압축강도를 측정하였다.

표 1. 배합표

Mix.	W/B (%)	S/a (%)	C (%)	BFS (%)	CaO (%)	CaCl ₂ (%)	Ca(HCOO) ₂ (%)	Ca(NO ₃) ₂ (%)	AD (%)
Plain	40	42	100	0	0	0	0	0	0.3
Sample_1			0	85	5	5	5	0	
Sample_2						5	0	5	
Sample_3						0	5	5	
Sample_4						86	3	3	

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

3. 실험결과

3.1 미소수화열

그림 1은 미소수화열 변화를 나타낸 것으로 Plain배합의 경우 약 20시간 경과 후 Peak 온도가 발현되었다. 무시멘트 배합의 경우 초기에 Peak 온도를 발현하고 이후 수화열의 증진은 미미하였으며 CaCl₂와 Ca(NO₃)₂를 각각 5% 혼입한 Sample_2배합에서 가장 높은 수화열을 나타내었다.

3.2 압축강도

그림 2 및 그림 3은 재령별 압축강도 변화를 나타낸 것으로 재령 7일 20°C 양생의 경우 Plain배합에서 약 52.2MPa의 가장 높은 압축강도를 발현하였다. 무시멘트 배합의 경우 CaCl₂와 Ca(NO₃)₂를 각각 5% 혼입한 Sample_2배합에서 약 25.0MPa의 압축강도로 가장 높은 압축강도를 발현하였다. 40°C 양생의 경우 20°C 양생을 진행한 시편과 유사한 경향으로 Plain배합에서 약 49.6MPa의 가장 높은 압축강도를 발현하였으며 무시멘트 배합의 경우 Sample_2배합에서 약 36.9MPa의 가장 높은 압축강도를 발현하였다. 재령 28일 20°C 양생의 경우 Plain배합에서 약 57.4MPa의 가장 높은 압축강도를 발현하였으며 무시멘트 배합의 경우 CaCl₂ 및 Ca(HCOO)₂를 각각 5% 혼입한 Sample_1배합에서 약 35.4MPa의 가장 높은 압축강도를 발현하였다. 40°C 양생의 경우 Plain배합에서 약 49.5MPa의 압축강도를 발현하였으며 Sample_1배합에서 약 50.4MPa의 압축강도로 전체 배합 중 가장 높은 압축강도를 발현하였다. 재령 56일 20°C 양생의 경우 Plain배합에서 약 59.1MPa의 가장 높은 압축강도를 발현하였으며 무시멘트 배합의 경우 재령 28일과 유사한 경향으로 Sample_1배합에서 약 40.2MPa의 가장 높은 압축강도를 발현하였다. 40°C 양생의 경우 Control배합에서 약 52.7MPa의 압축강도를 발현하였으며 Sample_1배합에서 약 55.0MPa의 가장 높은 압축강도를 발현하였다. 무시멘트 배합의 압축강도의 경우 20°C 수중양생을 진행한 시편에 비해 40°C 고온양생을 진행한 시편이 상대적으로 높은 압축강도를 발현하였다.

4. 결론

본 연구는 활성화제 혼입율에 따른 무시멘트 경화체의 미소수화열 및 강도 특성을 비교·분석한 것으로 미소수화열의 경우 Plain배합에서 가장 높은 Peak 온도를 발현하였다. 무시멘트 배합의 경우 초기에 Peak 온도를 발현하고 이후 수화열의 증진은 미미하였으며 CaCl₂와 Ca(NO₃)₂를 각각 5% 혼입한 Sample_2배합에서 가장 높은 수화열을 나타내었다. 무시멘트 배합의 압축강도의 경우 20°C 수중양생을 진행한 시편에 비해 40°C 고온양생을 진행한 시편이 상대적으로 높은 압축강도를 발현하였다. 본 연구에 따르면 미소수화열 및 강도를 고려할 시 CaCl₂ 및 Ca(NO₃)₂를 사용하는 것이 적절하다고 판단된다.

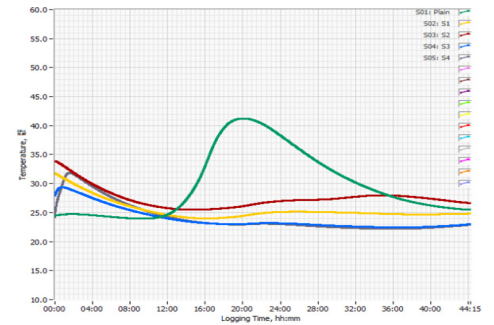


그림 1. 미소수화열

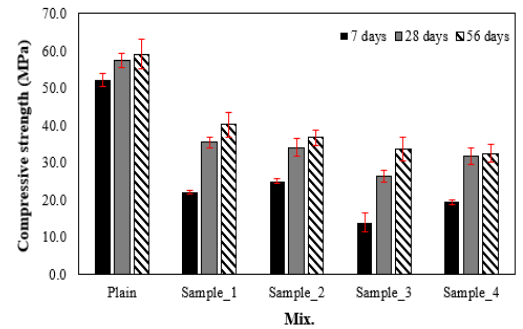


그림 2. 압축강도 (20°C)

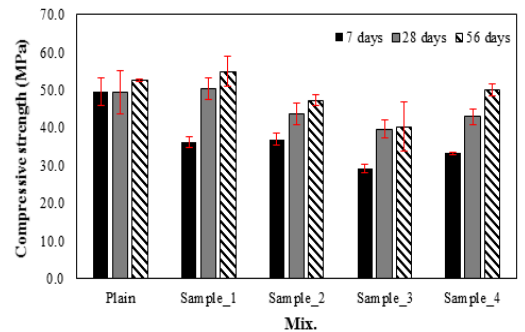


그림 3. 압축강도 (40°C)

참고문헌

1. Idawati I, Jhon LP, Rackel SN, Sinin H, Jannie D. Modification of phase evolution in alkali-activated blast furnace slag by the incorporation of fly ash, Cem Concr Compos. 2014. pp. 125-135.
2. Piotr P, Zengfeng Z, Luc C, Tomasz P, Frederic M, Andrzej G. Influence of Activators on Mechanical Properties of Modified Fly Ash Based Geopolymer Mortars. Materials. 2020. Vol.13 No.5.