

양생온도에 따른 페로니켈슬래그 미분말 적용 무시멘트 복합체의 유동성 및 강도특성

Fluidity and strength characteristics of no-cement composite applied with ferronickel slag powder according to curing temperature

김채영¹ · 윤주호¹ · 박정연² · 박관홍² · 이재인³ · 최세진^{4*}

Kim, Chae-Young¹ · Yoon, Joo-Ho¹ · Park, Jeong-Yeon² · Park, Gwan-Hong² · Lee, Jae-In³ · Choi, Se-Jin^{4*}

Abstract : Recently, research is being conducted on geopolymers using industrial by-products as a cement substitute to reduce carbon dioxide emissions from the construction industry. Since geopolymers use industrial by-products, their performance varies depending on the type of alkali activator used, curing temperature, etc. Therefore, as part of a study to reduce carbon dioxide emissions from the construction industry, this study mixed blast furnace slag powder and ferronickel slag powder as cement substitutes, and compared and analyzed the fluidity and compressive strength of no-cement composites according to curing temperature.

키워드 : 무시멘트 복합체, 페로니켈슬래그 미분말, 양생온도, 압축강도

Keywords : no-cement composites, ferronickel slag powder, curing temperature, compressive strength

1. 서론

무시멘트 복합체의 경우 시멘트를 사용하지 않고 결합재로서 고로슬래그 미분말, 플라이애시 등의 산업부산물을 사용함으로써 일반 시멘트 콘크리트에 비해 최대 80% 감축된 이산화탄소 배출량 나타낸다[1]. 그러나 무시멘트 복합체의 경우 사용되는 결합재, 알칼리 활성화제 및 양생온도 등 다양한 변수에 따라 성능 발현이 상이하게 나타나기에 적절한 결합재와 활성화제, 양생온도 등의 선정이 필요하다[2]. 따라서 본 연구는 결합재로서 고로슬래그 미분말 및 페로니켈슬래그 미분말을 혼입한 무시멘트 복합체의 유동성 및 양생온도에 따른 압축강도를 비교·분석하였다.

2. 실험계획

본 연구에 사용된 고로슬래그 미분말의 경우 비중 2.93g/cm³, 분말도 4,210cm²/g인 고로슬래그 미분말 3종을 사용하였으며 페로니켈슬래그 미분말의 경우 비중 3.09g/cm³, 분말도 15,890m²/g인 것을 사용하였다. 알칼리 활성화제의 경우 결합재의 일부로 CaO, CaCl₂ 및 Ca(NO₃)₂를 사용하였다. 표 1은 실험 배합표를 나타낸 것으로 물결합재비(W/B)는 40%로 고정하여 실험을 진행하였으며 폴리카르보나트계 고성능 AE감수제를 결합재 중량에 대하여 약 0.3% 혼입하였다. 페로니켈슬래그 미분말의 경우 고로슬래그 미분말 대체재로서 0, 5, 10, 15% 혼입하였으며 양생의 경우 소요의 재령까지 20°C 수중양생 및 40°C 증기양생을 실시하였다. 측정항목의 경우 모르타르 플로우 및 재령 7, 28, 56일의 압축강도를 측정하였다.

표 1. 배합표

Mix.	W/B (%)	Binder (kg/m ³)	Unit weight (kg/m ³)							AD (B*%)
			W	BFS	FNS	CaO	CaCl ₂	Ca(NO ₃) ₂	S	
Control	40	340	136	289	0	17	17	17	763	0.3
FNS05				272	17				764	
FNS10				255	34				765	
FNS15				238	51				766	

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

3. 실험결과

3.1 모르타르 플로우

그림 1은 모르타르 플로우 변화를 나타낸 것으로 페로니켈슬래그 미분말을 혼입하지 않은 Control배합의 경우 약 183mm의 플로우를 나타내었다. 페로니켈슬래그 미분말을 5% 혼입한 FNS05배합의 경우 약 200mm의 플로우를 나타내었으며 이후 페로니켈슬래그 미분말 혼입율이 증가함에 따라 플로우는 증가하는 경향을 나타내어 FNS15배합에서 약 225mm의 가장 높은 플로우를 나타내었다.

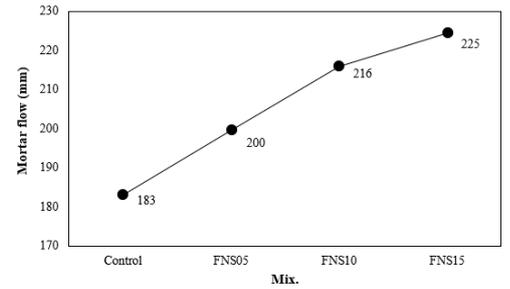


그림 1. 모르타르 플로우

3.2 압축강도

그림 2 및 그림 3은 재령별 압축강도 변화를 나타낸 것으로 재령 7일 20°C양생의 경우 Control배합에서 약 18.6MPa의 가장 낮은 압축강도를 발현하였으며 페로니켈슬래그 미분말 혼입율이 증가함에 따라 압축강도는 증가하는 경향을 나타내었다. 40°C양생의 경우에도 Control배합에서 약 27.7MPa의 가장 낮은 압축강도를 발현하였으며 페로니켈슬래그 미분말 혼입율이 증가함에 따라 압축강도는 증가하였다. 또한 페로니켈슬래그 미분말 혼입율이 동일할 경우 20°C양생에 비해 40°C양생에서 상대적으로 높은 압축강도를 발현하였다.

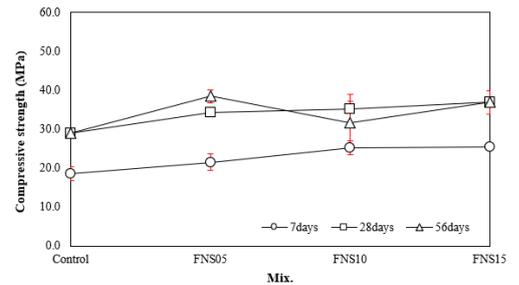


그림 2. 압축강도 (20°C)

재령 28일 20°C양생의 경우 재령 7일과 동일한 경향으로 Control배합에서 약 29.1MPa의 가장 낮은 압축강도를 발현하였으며 이후 페로니켈슬래그 미분말 혼입율이 증가함에 따라 압축강도는 증가하는 경향을 나타내었다. 40°C양생의 경우 FNS05배합에서 약 45.4MPa의 가장 높은 압축강도를 발현하였으며 이후 페로니켈슬래그 미분말 혼입율이 증가함에 따라 압축강도는 감소하는 경향을 나타내었다.

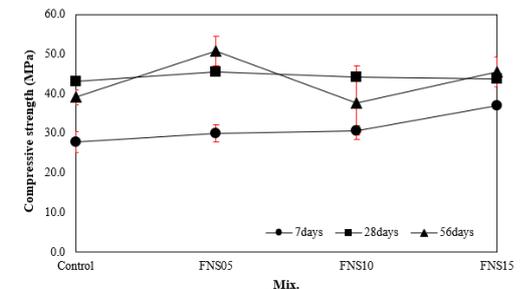


그림 3. 압축강도 (40°C)

재령 56일 20°C양생의 경우 Control배합에서 약 29.0MPa의 가장 낮은 압축강도를 발현하였으며 FNS05배합에서 약 38.5MPa의 가장 높은 압축강도를 발현하였다. 40°C양생의 경우 Control배합에서 약 39.1MPa의 압축강도를 발현하였으며 FNS05배합에서 약 50.8MPa의 전체 배합 중 가장 높은 압축강도를 발현하였다. 재령 56일의 경우 페로니켈슬래그 미분말 혼입율이 동일할 경우 20°C양생에 비해 40°C양생에서 상대적으로 높은 압축강도를 나타내었다.

4. 결론

본 연구는 양생온도에 따른 페로니켈슬래그 미분말 혼입 무시멘트 복합체의 모르타르 플로우 및 압축강도를 비교·분석한 것으로 모르타르 플로우의 경우 Control배합에서 가장 낮은 플로우를 나타내었으며 이후 페로니켈슬래그 미분말 혼입율이 증가함에 따라 플로우는 증가하는 경향을 나타내었다. 재령 7일 압축강도의 경우 양생온도에 관계없이 페로니켈슬래그 미분말 혼입율이 증가함에 따라 압축강도는 증가하는 경향을 나타내었다. 재령 28일 20°C양생의 경우 재령 7일과 유사한 경향으로 페로니켈슬래그 미분말 혼입율이 증가함에 따라 압축강도는 증가하였으며 40°C양생의 경우에는 20°C양생과 상이한 경향으로 페로니켈슬래그 미분말 혼입율이 증가함에 따라 압축강도는 감소하였다. 재령 56일의 경우 양생온도에 관계없이 FNS05배합에서 가장 높은 압축강도를 발현하였으며, 압축강도의 경우 모든 재령에서 20°C양생에 비해 40°C양생에서 상대적으로 높은 압축강도를 발현하였다.

감사의 글

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

참고문헌

1. Amer I, Kohail M, Feky MSE, Rashad A. Khalaf M., Realistic evaluation of reinforcement bond strength in alkali-activated slag concrete exposed to elevated temperature. *Int. J. Concr. Struct. Mater.* 2023.
2. Sitarz M, Hager I, Choinska M. Evolution of mechanical properties with time of fly-ash-based geopolymer mortars under the effect of granulated ground blast furnace slag addition, *Energies.* 2020. 1135 p.