

고로슬래그 미분말을 다량 치환한 모르타르의 압축강도 평가

Evaluation of Compressive Strength of Mortar Replaced to High Volume Blast Furnace Slag

이 보 경* 김 규 용** 이 세 범*** 이 병 천**** 신 경 수* 김 흥 섭*
 Lee, Bo-Kyeong Kim, Gyu-Yong Lee, Se-Bum Lee, Byoung-Cheon Shin, Kyoung-Su Kim, Hong-Seop

Abstract

With blast-furnace slag is a by-product generated when pig iron is produced. It has been used as the concrete admixture due to high reactivity. However, It causes low strength development during early age. In order to make up for this drawback, in this study, we evaluated compressive strength of mortar replaced with high volume blast-furnace slag. Experimental results, Compressive strength of mortar based on blast-furnace slag is affected by cement type, substitution rate of blast-furnace slag and pH after mixing.

키 워 드 : 고로슬래그 미분말, 치환율, 압축강도

Keywords : Ground granulated blast-furnace slag, Substitution ratio, Compressive strength

1. 서 론

고로슬래그 미분말은 선철을 제조하는 과정에서 발생하는 부산물로서 시멘트와 유사한 성분을 가지고 있으며, 반응성이 높아 고로시멘트나 콘크리트용 혼화재료 등 시멘트 대체제로서 사용되고 있다. 그러나 물과 접촉하면 입자 표면에 불투수성의 피막이 생겨 수화반응이 억제되기 때문에 응결 지연 및 재령초기 낮은 강도발현의 단점이 발생하게 된다.

따라서 본 연구에서는 고로슬래그 미분말을 다량 치환한 모르타르의 압축강도를 평가하고자 하였다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

표 1은 본 연구의 실험계획을 나타낸 것으로 KS L ISO 679 「시멘트의 강도시험방법」에 준하여 W/B는 0.5, B:S는 1:3으로 설정하였고, 고로슬래그 미분말은 분말도 4000, 6000, 8000cm²/g를 사용하였으며, 치환율은 0, 70, 80, 90%로 설정하였다. 평가항목으로는 플로우, 압축강도, pH, 수화온도를 실험실 증적으로 검토분석하였다. 표 2는 사용재료의 화학성분을 나타낸 것이다.

2.2 실험방법

비법은 KSL ISO 679 「시멘트의 강도시험방법」에 준하였으며, 압축강도 평가용 시험체는 Vibrating table을 이용하여 진동다짐을 하였다. 타설 약 24시간 후 탈형하여 온도 20±1℃에서 수중양생을 실시하였다.

표 1. 실험계획

구분 ¹⁾	W/B	B:S	고로슬래그 미분말		측정항목
			분말도 (cm ² /g)	치환율 (%)	
OPC	0.50	1:3	4,000급	0	플로우 (mm) 압축강도 (MPa) - 1, 3, 7, 28일 pH 수화온도
EC			6,000급	70	
AC			8,000급	80	
				90	

1) OPC : 보통보틀랜드시멘트, EC : 조강시멘트, AC : 알루미늄시멘트

표 2. 사용재료의 화학적 성질

구분	화학적 성분 (%)								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	
시멘트	OPC	19.68	5.31	3.24	61.86	3.32	0.10	0.84	2.10
	EC	20.49	5.35	3.26	62.33	3.45	0.10	0.84	3.07
	AC	0.60	73.20	0.30	24.50	0.27	0.05	0.02	-
고로 슬래그 미분말	4000급	33.70	15.80	1.52	43.20	4.60	0.46	0.26	3.90
	6000급	34.10	14.90	1.02	44.40	4.30	0.50	0.23	3.20
	8000급	34.30	15.10	1.04	44.40	4.40	0.54	0.44	3.10

3. 실험결과 및 고찰

그림 1은 고로슬래그 미분말을 70% 치환한 배합별 압축강도

* 충남대학교 건축공학과, 대학원생
 ** 충남대학교 건축공학과, 교수·공학박사
 *** 광일종합건설(주), 건축부
 **** (주)계룡건설

발현 기온기를 나타낸 것이다. OPC 및 EC의 경우 고로슬래그의 분말도가 높아짐에 따라 강도발현 기온기는 명확히 상승되었으나, AC의 경우는 강도발현 기온기가 매우 낮았다. 또한, EC가 OPC에 비해 강도발현 기온기가 약간 높은 것으로 나타났다.

그림 2는 OPC100의 재령 28일 압축강도 대비 슬래그 결합재 모르타르의 압축강도 발현율을 나타낸 것이다. 고로슬래그 미분말의 치환율이 증가할수록 수화반응에 영향을 미치는 시멘트의 양이 감소하여 압축강도 발현율은 감소하였다. 또한, OPC와 EC를 사용한 경우 고로슬래그 미분말의 분말도가 증가함에 따라 압축강도 발현율은 증가하였으나, 고로슬래그 치환율 90%에서는 압축강도 발현율이 약 40~50%로 낮아졌다. 또한, 알루미늄시멘트를 사용한 경우 압축강도 발현율이 약 30% 이하로 매우 낮았다. 본 연구의 조건에서 OPC와 EC, 고로슬래그 미분말의 분말도 6,000cm²/g이상, 치환율 70%이하의 범위에서 압축강도 발현율이 80%이상 발현되었다.

그림 3은 비빔 직후 pH와 재령 28일 압축강도의 상관관계를 나타낸 것이다. 비빔 직후 모르타르의 pH와 압축강도와의 관계는 유의할만한 상관관계를 보이고 있으며, 시멘트 종류별로 차이를 보이고 있다. 이는 비빔 직후 모르타르 결합재의 pH가 고로슬래그 미분말의 수화반응에 영향을 미쳐 지속적인 수화생성물의 발생을 촉진한 것으로 판단된다. 고로슬래그 미분말을 다량으로 사용한 모르타르는 동일 결합재 범위에서 비빔 직후의 pH 증가에 의해 압축강도의 향상이 가능할 것으로 사료된다.

그림 4는 재령 1일에서의 Maturity와 압축강도 관계를 나타낸 것으로 일반 콘크리트에서 강도발현은 온도와 시간(재령)에 의존하며, 강도발현을 양생온도와 시간의 함수로서 표현하는 적산온도를 사용하였다. OPC 및 EC를 사용한 모르타르의 경우 재령 초기의 Maturity와 강도발현에 밀접한 관계를 보이고 있으나, AC를 사용한 경우 분산된 결과를 나타내었다. 이는 시멘트의 수화발열 특성과 고로슬래그와의 화학적 상성이 불일치 한 것에 기인한 것으로 사료된다.

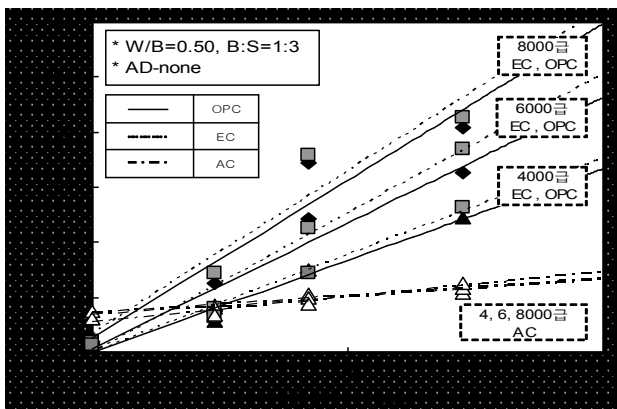


그림 1. 고로슬래그 미분말을 70% 치환한 배합별 압축강도 발현 기온기

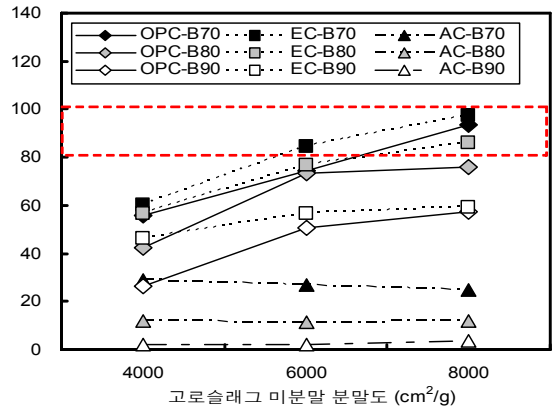


그림 2. OPC100의 재령28일 압축강도 대비 슬래그 결합재 모르타르의 압축강도 발현율

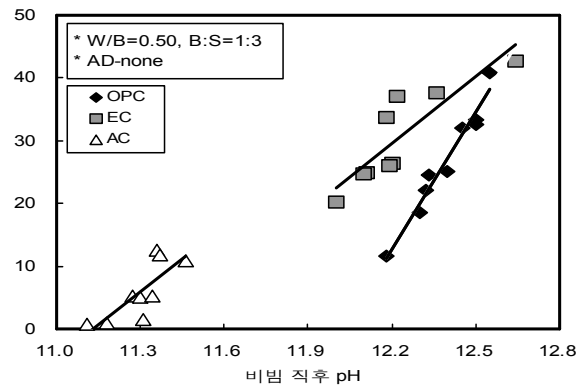


그림 3. 비빔 직후 pH와 재령 28일 압축강도의 상관관계

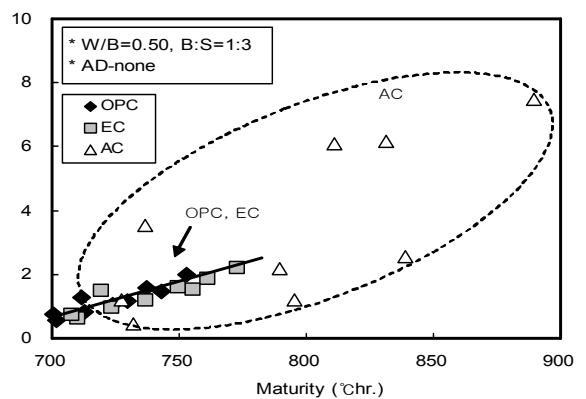


그림 4. 재령 1일에서의 Maturity와 압축강도 관계

4. 결 론

- 1) 고로슬래그를 다량 치환한 모르타르의 압축강도 발현은 결합재로 사용한 시멘트의 종류, 고로슬래그 미분말의 치환율, 비빔 직후 모르타르의 pH 등이 주요한 요인으로 작용하는 것으로 판단된다.
- 2) 본 연구의 범위에서는 고로슬래그 미분말의 분말도 6,000cm²/g

이상, 치환율 70% 이하, OPC 및 EC를 결합재로 사용한 조건에서 가장 효율적인 압축강도 발현성상을 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 논문의 연구자 일부는 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업(2012H1B8A2025606) 및 2단계 BK21 사업의 지원을 받았습니다. 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. F. Bellmann, and J. Stark., Activation of blast furnace slag by a new method, Cement and Concrete Research Vol39, pp644~650, 2009