

양생온도에 따른 고로슬래그 미분말 모르타르의 압축강도 평가

Evaluation on the Compressive Strength of the Ground Granulated Blast-Furnace Slag Mortar with the Curing Temperature

이 보 경* 김 규 용*** 신 경 수** 구 경 모** 최 경 철* 이 상 수****

Lee, Bo-Kyeong Kim, Gyu-Yong Shin, Kyoung-Su Koo, Kyung-Mo Choe, Gyeong-Cheol Lee, Sang-Soo

Abstract

With regard to the carbon reduction that has become an international problem, we have examined the effects of compressive strength of the ground granulated blast-furnace slag mortar with the curing temperature. Also, we evaluated the mechanical properties of steel slag powder produced during the steelmaking process in order to examine the possibility as admixture.

키 워 드 : 고로슬래그 미분말, 양생온도, 압축강도

Keywords : ground granulated blast-furnace slag, curing temperature, compressive strength

1. 서 론

최근 CO₂ 배출량의 저감 의미로 시멘트 대체재로서 산업부산물인 고로슬래그가 사용되고 있다. 고로슬래그를 치환한 콘크리트는 수화온도 저감, 화학저항성 향상 등의 효과가 있다. 그러나 고로슬래그를 다량으로 치환한 콘크리트는 강도발현에 문제가 있다.¹⁾ 이에 본 연구에서는 철강생산 공정 중 발생하는 철강슬래그 산업미분말을 고로슬래그의 수화반응 촉진재로서 사용하여, 양생 온도에 따른 고로슬래그 미분말 모르타르의 압축강도 특성에 대해 검토하였다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

표 1은 실험계획 및 모르타르 배합을 나타낸 것으로 KS L ISO 679 [시멘트의 강도시험방법]에 준하여 W/B는 0.5, B:S는 1:3으로 설정하였고, 고로슬래그 미분말은 80, 90, 100%로 치환하여 평가하였다. 사용재료의 물리적 성질은 표 2에, 화학적 성질은 표 3에 나타냈으며, Flow, 압축강도, SEM을 측정하였다.

2.2 실험방법

모르타르의 비빔은 KSL ISO 679 [시멘트의 강도시험방법]에 준하여 모르타르용 믹서를 사용하였으며, 압축강도 평가용 시험체는 40×40×160mm의 공시체를 제작하여 Vibrating 표을 사용하여 기계다짐을 실시하였다. 또한, 재령초기 양생온도에 따른 영향을 평가하기 위해 표준양생과 고온습윤양생의 두 수준으로 양생 조건을 설정하였다.

표 1. 실험계획 및 모르타르 배합

구분	W/B	B:S	Unit Weight (g)					양생 온도 (°C)	측정항목
			W	C	BFS	A ¹⁾	S ²⁾		
C100	0.5	1:3	450	900	-	-	2,700	20	· Flow(mm) · 압축강도(MPa) · SEM
B80+A20				-	720	180			
B90+A10				-	810	90			
B100				-	900	-			

1) A : 철강슬래그 산업미분말 2) S : ISO 표준사

표 2. 사용재료의 물리적 특성

사용 재료	물리적 성질
C	보통포틀랜드시멘트, 밀도 : 3.12g/cm ³ , 분말도 : 3,500cm ² /g
BFS	밀도 : 2.91g/cm ³ , 분말도 : 4,500cm ² /g
A	밀도 : 2.83g/cm ³ , 분말도 : 4,000cm ² /g
S	ISO 표준사, 밀도 : 2.50g/cm ³ , 흡수율 : 1%

표 3. 사용재료의 화학적 특성

사용 재료	화학적 성질							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃
C	20.70	6.20	3.10	62.20	2.80	0.10	0.84	2.10
BFS	33.70	15.80	1.52	43.20	4.60	0.46	0.260	3.90
A	10.35	1.50	2.40	69.71	1.52	-	-	3.72

* 충남대학교 건축공학과, 석사과정

** 충남대학교 건축공학과, 박사과정

*** 충남대학교 건축공학과, 교수-공학박사

**** 한밭대학교 건축공학과, 교수-공학박사

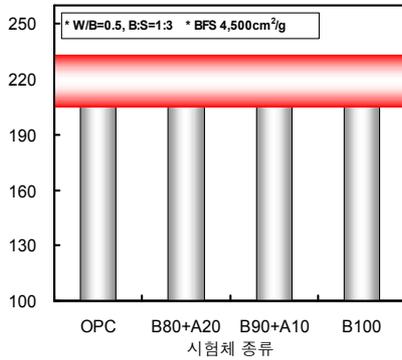


그림 1. 배합별 Flow

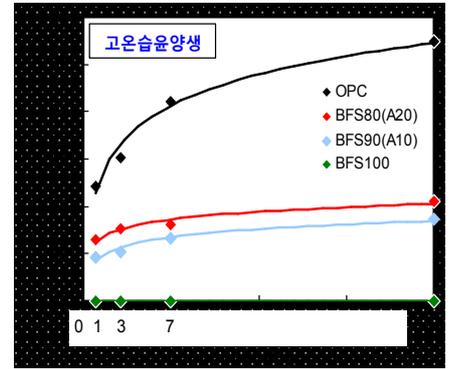
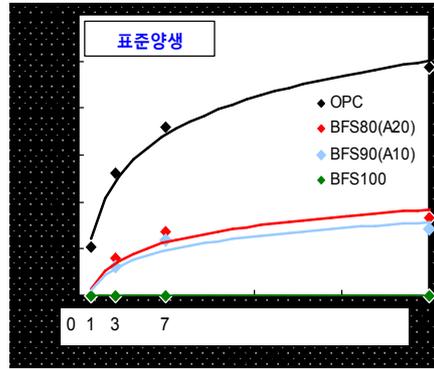
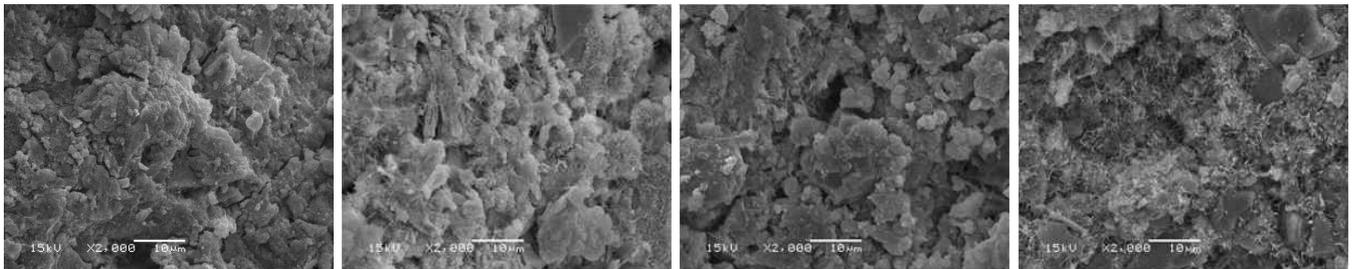


그림 2. 양생온도에 따른 압축강도



a) C100

b) B80+A20

c) B90+A10

d) B100

그림 3. 배합별 SEM 분석

3. 실험결과 및 고찰

그림 1은 고로슬래그 미분말의 치환율에 의한 Flow 측정결과를 나타낸 것으로 C100 대비 $\pm 5\%$ 정도 차이를 나타내어 유동성 측면에서는 큰 문제가 없는 것으로 판단된다.

그림 2는 양생온도에 따른 압축강도 측정결과를 나타낸 것으로, B80+A20 시험체의 경우 재령 3일에 압축강도 측정결과 고온습윤양생 조건에서는 표준양생 조건에서보다 46.7% 증가하였다. 그러나 고온습윤양생이 종료된 후 압축강도 증가율은 15~21%로 재령초기보다 큰 영향이 없는 것으로 나타나 재령초기의 양생온도가 압축강도의 향상에 영향을 미친 것이라 판단된다.

또한, B80+A20 시험체의 압축강도 측정결과 모든 수준에서 B90+A10 시험체 대비 13~30% 증가하는 경향을 보였다. 그림 3은 배합별 SEM 분석결과를 나타낸 것으로, 철강슬래그 산업미분말의 치환율이 증가함에 따라서 공극구조가 치밀한 것으로 나타났으며, EDS 분석결과 고로슬래그 미분말의 치환율이 증가할수록 CaO 성분이 줄어든 것을 확인하였다. 이는 철강슬래그 산업미분말의 CaO 성분이 반응성향상에 영향을 미친 것으로 판단된다.

B100 시험체의 경우 양생온도에 관계없이 재령28일에서 압축강도가 0으로 측정되었으나, 철강슬래그 산업미분말을 10% 사용함에 따라 약 15~20MPa의 압축강도를 발현하여 시멘트를 사용하지 않고도 강도 발현 가능성을 확인하였다.

4. 결론

본 연구에서는 양생온도에 따른 고로슬래그 미분말 모르타르의 압축강도 평가에 관한 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 고온습윤양생에 의해 B80+A20, B90+A10 시험체의 재령 초기 압축강도가 증가하는 것을 확인하였으며, 고로슬래그 미분말을 다량으로 사용 시 양생조건이 중요할 것으로 판단된다.
- 2) 철강슬래그 산업미분말을 활용하여 압축강도 향상을 확인하였으며, B80+A20 시험체의 경우 고온습윤양생에서의 압축강도는 20MPa 이상으로 일반강도 영역의 적용이 가능하다고 판단된다.

감사의 글

이 연구에 참여한 연구자의 일부는 BK21 사업의 지원비를 받았으며, 이에 감사드립니다.

참고 문헌

1. D. M. Roy, Alkali Activated Cements Opportunities and Challenges, CCR, Vol.29, No.2, pp.249~54, 1999