

고로슬래그 미분말 치환에 따른 알칼리-실리카 반응 팽창 저감효과

The Effect of Ground Granulated Blast Furnace Slag Replacement on Alkali-Silica Reaction

김지현* 전쌍순** 엄장섭*** 진치섭****

Kim, Ji Hyun Jun, Ssang Sun Um, Jang Sub Jin, Chi Sub

ABSTRACT

The effect of ground granulated blast furnace slag to prevent detrimental expansion due to alkali-silica reaction was investigated through the ASTM C 1260 method. This method is one of the most commonly used method because results can be obtained within 16 days. Reactive aggregate used is a metamorphic rock. The replacement ratios of portland cement by ground granulated blast furnace slag were 0, 15, 25, 35 and 55 percent, respectively. The results indicate that 35 percent replacement of portland cement by ground granulated blast furnace slag seems to be effective to reduce alkali-silica reaction expansion under this experimental conditions.

1. 서론

콘크리트의 내구성을 저하시키는 요인 중의 하나인 알칼리-실리카 반응은 콘크리트 구조물에 장기적으로 균열 및 누수, 심한 경우에는 구조물의 붕괴로 나타나기도 한다. 최근 쇄석골재 사용으로 발생할 수 있는 알칼리-실리카 반응은 비결정질의 실리카를 함유한 특정골재와 시멘트의 알칼리 금속이온(Na^+ 또는 K^+)이 수분의 존재 하에서 반응하여 알칼리-실리케이트 겔이 생성되고, 이 겔이 팽창하여 구조물에 악영향을 미치는 것으로 이에 대한 대책이 마련되어야 할 것이다.

본 연구에서는, 혼화재료인 고로슬래그 미분말을 사용하여 알칼리-실리카 반응에 대한 팽창 저감효과를 알아보려고 고로슬래그 미분말을 시멘트 중량에 대해 치환하여 이에 따른 알칼리-실리카 반응 팽창 저감효과를 평가하여 보았다.

2. 시험 개요

2.1 시험 재료

*정회원, 부산대학교 토목공학과 석사과정

**정회원, 부산대학교 토목공학과 박사과정

***정회원, 창신대학 토목과 부교수

****정회원, 부산대학교 토목공학과 교수

2.1.1 시멘트

본 연구에서 사용한 시멘트는 국내 S사의 보통포틀랜드 시멘트로서 등가알칼리량($0.658 K_2O + Na_2O$)은 0.75%이고, 화학성분은 표 2.1과 같다.

표 2.1 사용 시멘트의 화학성분 (%)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O
20.5	6.0	3.1	61.6	3.2	2.1	0.95

2.1.2 혼화제

본 시험에서는 국내 S사의 고로슬래그 미분말을 사용하였고, 화학성분은 표 2.2와 같다.

표 2.2 고로슬래그 미분말의 화학성분 (%)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	TiO ₂
33.439	14.932	0.098	0.215	43.249	5.68	0.295	0.195	0.014	0.586

2.1.3 골재

골재의 잠재적인 알칼리 반응성을 평가하는 Mortar-Bar 시험법인 ASTM C 1260으로 쇄석골재의 반응성을 검토하여 반응성 골재로 판정된 변성암 골재를 사용하였다.

2.2 시험 방법 및 계획

2.2.1 Mortar-Bar Method

알칼리-실리카 팽창 저감효과는 ASTM C 1260 시험법에 준하여 고로슬래그 미분말을 시멘트 중량에 대하여 0, 15, 25, 35 및 55%로 치환하여 Mortar-Bar의 길이 변화율로 비교하였다.

(1) Mortar-Bar 제작

시험 모르타르는 시멘트와 골재 중량비를 1 : 2.25로 물·시멘트 비(W/C)는 0.47로 배합하였다. 고로슬래그 미분말 치환에 따라 각 3개의 시편을 제작하였고, 시편의 치수는 2.5×2.5×30cm이다. Mortar-Bar의 배합은 표 2.3과 같다.

표 2.3 Mortar-Bar 배합

고로슬래그 미분말 치환율(%)	W/C	단위량(g)			
		물	시멘트	고로슬래그 미분말	잔골재
0	0.47	206.8	440	0	990
15	0.47	206.8	374	66	990
25	0.47	206.8	330	110	990
35	0.47	206.8	286	154	990
55	0.47	206.8	198	242	990

(2) 시편의 보관 및 길이 변화 측정

시편 제작 후 24±2 시간 뒤에 Mortar-Bar를 탈형하여 초기길이(initial reading)를 측정하였다. 초기길이 측정 후, 80±2℃ 온도의 수돗물에 Mortar-Bar를 보관하고, 24±2 시간 후 Mortar-Bar를 꺼내어 길이를 측정하였는데, 이것이 zero-reading이다. zero-reading후에 1N NaOH용액을 준비하여 Mortar-Bar를 담근 다음 80±2℃ 온도로 유지한 용기에 보관하였다. Mortar-Bar의 길이변화는 zero-reading 후 3, 6, 9, 12 및 14일에 대해 매번 같은 시간에 측정하였다.

2.2.2 모르타르 유동성 시험

고로슬래그 미분말 치환에 따른 유동성을 파악하기 위하여 플로우 시험을 실시하였다. 플로우치는 흐름시험기를 6초 동안 13mm로 10회 낙하하여 모르타르가 흘러 퍼진 증가된 평균지름을 원래의 지름에 대한 백분율로 나타내었다.

2.2.3 모르타르 압축강도 시험

고로슬래그 미분말 치환에 따른 모르타르의 압축강도 시험은 KS L 5105에 준하여 수행하였다. 공시체는 모르타르 길이변화 시험과 같은 배합으로 제작하였으며, 양생은 $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ 의 온도를 유지하여 재령 7일과 28일에 모르타르의 압축강도를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 Mortar-Bar 시험결과

ASTM C 1260에 준하여 측정한 고로슬래그 미분말에 따른 모르타르 길이변화율은 그림 3.1과 같다. 고로슬래그 미분말을 15, 25%까지 치환했을 때는 그림 3.1에서 보는 바와 같이 고로슬래그 미분말을 치환하지 않은 것에 비해 팽창률은 감소하였으나, ASTM C 1260에서 기준하는 0.1%의 팽창률을 넘는 것으로 나타났다. 이 치환양으로는 반응성 골재의 유해한 팽창을 억제하는 데 효과가 없었지만 치환율 35% 이상부터 알칼리-실리카 반응에 대한 팽창 저감효과가 있는 것으로 나타났다. 그리고 55%로 치환하였을 때는 재령에 따른 길이 변화가 거의 없는 것으로 나타났다.

3.2 모르타르 유동성

고로슬래그 미분말 치환율을 증가시키면서 플로우 시험에 의해 모르타르 유동성을 측정하였다. 그림 3.2에서 보는 바와 같이 치환율이 15%일 때는 플로우치의 변화가 거의 없는 것으로 나타났으며, 치환율이 25%일 때는 점차 증가함을 알 수 있다. 25% 이상 치환율에서는 플로우치가 급격히 저하하는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 고로슬래그 미분말의 15% 치환은 모르타르 유동성에 미치는 영향이 아주 작은 것으로, 그리고 25% 치환은 유동성이 가장 좋은 것으로 나타났다. 따라서, 모르타르 유동성 측면에서 고로슬래그 미분말의 적절한 치환율은 25%인 것으로 판단된다.

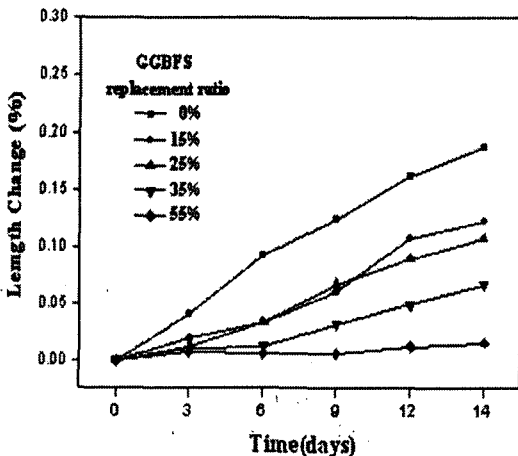


그림 3.1 고로슬래그 미분말 치환에 따른 모르타르 길이변화

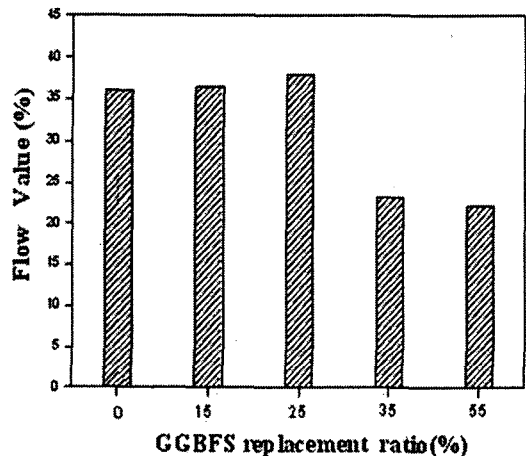


그림 3.2 고로슬래그 미분말 치환에 따른 플로우치

3.3 모르타르 압축강도

그림 3.3은 고로슬래그 미분말을 시멘트 중량에 대하여 0, 15, 25, 35 및 55%로 대체하여 제조한 모르타르의 재령별 압축강도를 나타낸 것이다. 본 연구에서 사용된 반응성 골재는 고로슬래그 미분말 치환율을 35, 55%로 할 경우 7일 강도는 기존 모르타르 보다 작은 것으로 나타났다. 그리고 치환율이 15, 25%인 경우는 기존 모르타르 보다 7일 강도는 증가하였지만 재령 28일에서는 기존 모르타르보다 강도가 작은 것으로 나타났다. 이 그림에서 알 수 있듯이 7일 강도는 치환율 15%일 때 가장 우수한 발현 강도를 보이고 있다.

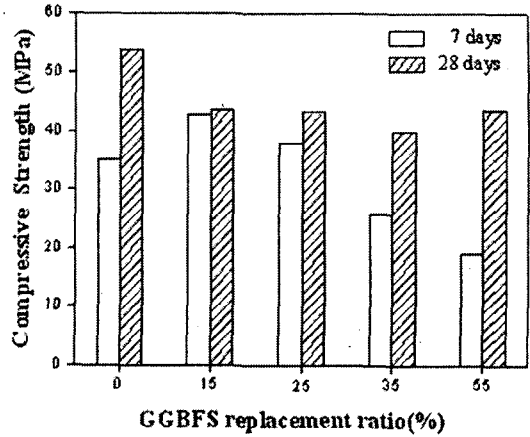


그림 3.3 고로슬래그 미분말 치환에 따른 모르타르 압축강도

4. 결론

- 1) 고로슬래그 미분말로 시멘트를 15, 25%로 치환할 경우 기존 모르타르보다는 팽창이 감소하였으나 ASTM C 1260에서 기준하는 0.1% 이상의 팽창을 나타냈다. 본 연구에서 사용한 반응성 골재에 대해서 치환율 35~55%가 알칼리-실리카 반응에 팽창 저감효과가 있는 것으로 나타났으며, 최소 35% 이상의 치환율이 팽창저감에 효과가 있는 것으로 판단된다.
- 2) 고로슬래그 미분말 치환율 35% 이상에서 모르타르 유동성이 매우 감소하는 것으로 나타났다.
- 3) 모르타르 압축강도 시험결과, 시멘트 중량에 대한 고로슬래그 미분말 치환율 15%에서 7일 강도가 가장 크게 나타났고, 28일 강도는 0%에서 가장 크지만 치환율에 따른 강도차이는 별로 없는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. 전쌍순, 이효민, 서기영, 황진연, 진치섭, “쇄석 골재의 알칼리-실리카 반응 방지 대책”, 한국콘크리트학회 논문집, 제17권, 1호, pp.129~137, 2005.
2. 김호수, 백철우, 최성우, 반성수, 류득현, “고로슬래그 미분말을 사용한 재생굵은골재 콘크리트의 유동특성에 관한 실험적 연구”, 한국콘크리트학회 봄학술발표회 논문집, 제16권, 1호, pp.356~359, 2004.
3. 윤재환, 이영수, 정재동, 노재호, 이양수, 조일호, “쇄석골재의 알칼리-실리카 반응에 관한 실험적 연구”, 한국콘크리트학회 가을학술발표회 논문집, 제5권, 2호, pp.103~107, 1993.
4. 이양수, 정재동, 노재호, 조일호, 윤재환, 이영수, “쇄석골재의 알칼리-실리카 반응에 관한 실험적 연구”, 한국콘크리트학회, 봄학술발표회 논문집, 제6권, 1호, pp.169~173, 1994.