

# 순환골재 용출수를 활용한 고로슬래그 미분말 혼입 모르터의 강도특성

## A Study on the Hydration Property of Mortar with Blast Furnace Slag using Water Eluted from Recycled Coarse Aggregates

신상엽\*

정의창\*

김영수\*\*

Shin, Sang-Yeop Jeong, Euy-Chang Kim, Young-Soo

### Abstract

The purpose of this study is the hydration properties of mortar using Blast-Furnace Slag(BFS) with water eluted from recycled coarse aggregate. The results of the experiment show that the water eluted from recycled coarse aggregate mixed with blast furnace slag has comparatively higher hydration activity than the mortar not mixed with one in early-age mortar causing the calcium hydroxide in the recycled coarse aggregate to work on as a stimulus to the hydration of ground granulated blast furnace slag. BFS mixed with the eluting water the hydration reaction was a promotion.

키워드 : 고로슬래그 미분말, 순환굵은골재, 용출수

Keywords : Blast Furnace Slag, Recycled Coarse Aggregates, Eluted Water

## 1. 서론

### 1.1 연구의 목적

고로슬래그는 잠재수경성을 가진 재료로써 초기의 강도발현은 고알칼리 환경이 아니기 때문에 일반 포트랜드 시멘트의 수화반응과 비교하였을 때 발현이 잘 되지 않는다. 그러나 기존의 연구에 의하면 강알칼리성 자극제를 첨가하면 공극을 치밀하게 충전시키며 수화물 사이의 결합력도 대폭 증진시키기 때문에 고로슬래그 시멘트의 초기 압축강도와 기타 물성을 개선하는 것을 알 수 있었다.

순환골재는 골재표면에 경화된 시멘트페이스트가 존재하는데, 여기에는 미수화시멘트와 더불어 다량의 수산화칼슘(Ca(OH)<sub>2</sub>)이 존재하게 된다. 이 때문에 순환골재는 강알칼리성(pH 12)을 지니게 되며 순환골재를 물에 담귀 용출된 알칼리수를 배합수로 사용하면 강알칼리 자극제로서 사용이 가능할 것으로 판단하였다.

이에 본 연구에서는 순환골재에 부착된 미수화 모르터에서 수산화칼슘 성분을 용출시킨 후, 고로슬래그 미분말을 단계별로 혼입한 시멘트 페이스트와 배합하여 순환골재에서 용출된 알칼리성분이 고로슬래그 시멘트 수화물의 성장에 미치는 영향을 종합적으로 분석하고자 하였다.

### 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 고로슬래그 미분말의 혼입률에 따라 시멘트를 대체하여 10, 20, 30, 50%씩 단계별로 혼입하고 순환굵은골재에서 시간별(1,2,3,4,5,10시간) 용출수를 분석하여 알칼리도가 가장 높은 시간대의 배합수를 혼합한 후 시멘트 페이스트를 제조하고 이에 대한 재령별 특성을 검토하였다.

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 실험계획

배합인자 및 수준을 반영하여 일반배합수와 용출수를 사용된 경우로 구분하고 용출수는 시간별(1,2,3,4,5,10시간)고로슬래그 미분말을 10, 20, 30, 50%씩 단계별로 혼입한 후 재령 1,3,7일에 X-선 회절분석과 재령 3,7,14,28일에 압축강도를 측정하였다.

### 2.2 실험방법

#### 2.2.1 용출수 분석

순환골재에서 수돗물을 중량비 1대 1로 투입 후 혼합하여 용출수를 제조한 후 pH를 측정하였으며 ICP-MS 질량분석장비를 이용하여 Ca 농도를 결정하였다.

\* 부산대학교 건축공학과 박사과정

\*\* 부산대학교 건축공학과 교수, 교신저자(kys@pusan.ac.kr)

### 2.2.2 XRD 분석

본 연구에서는 시간에 따른 용출수의 알칼리도를 바탕으로 모르터를 제작하여 재령(1일, 3일, 7일)에 따른 수산화칼슘(Ca(OH)<sub>2</sub>) 및 에트링가이트(C<sub>3</sub>A·3CaSO<sub>4</sub>·32H<sub>2</sub>O) 등의 수화물 생성여부를 분석하였다.

### 2.2.3 모르터 강도 분석

ICP-MS와 XRD분석을 통하여 pH가 가장 높은 시간대의 용출수를 배합수로 사용하여 강도 테스트용 모르터를 제조하였다.

## 3. 실험 결과 및 고찰

### 3.1 ICP-MS 테스트 결과

표 1은 ICP-MS 테스트 결과로 알칼리 총량과 pH 결과를 종합하여 배합 용출 1시간의 배합수를 사용하는 것이 효과적인 것으로 판단되었다.

표 1. ICP-MS 테스트 결과

	Elements amount(mg/l)					pH 측정결과
	Ca(OH) <sub>2</sub>			K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	
	Ca <sup>2+</sup>	OH <sup>-</sup>	Total			
1h	82.6	35.0	152.6	27.6	4.2	12.27
2h	75.3	31.9	139.1	32.5	4.2	12.28
3h	74.2	31.5	137.1	26.2	3.5	12.20
4h	70.0	29.7	129.4	27.8	3.6	12.30
5h	68.9	29.2	127.3	26.6	3.3	12.32
10h	68.8	29.1	127.2	27.4	3.4	12.30

### 3.2 XRD 분석결과

그림 1은 순환 굽은골재에서 용출된 배합수를 사용하여 제조한 모르터 시료의 시험결과와 고로슬래그 미분말 30% 대체한 시료의 시험결과로서 재령에 관계없이 수산화칼슘(Ca(OH)<sub>2</sub>)이 약 18°에서 관찰되었다. 30% 대체한 시료에서 재령 증가와 더불어 수산화칼슘은 저하되었다.

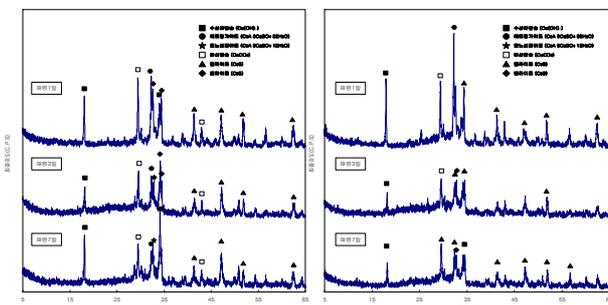


그림 1. XRD 분석결과(RB0, RB30)

### 3.3 모르터 강도결과

모르터 강도 분석결과 초기 재령(3일)에서 고로슬래그 미분말

20%와 30% 혼입한 시편의 강도가 기준시편과 유사한 수준을 나타내었다. 이는 용출수의 알칼리성분이 초기부터 고로슬래그를 자극하여 수화반응을 촉진한 현상으로 판단된다

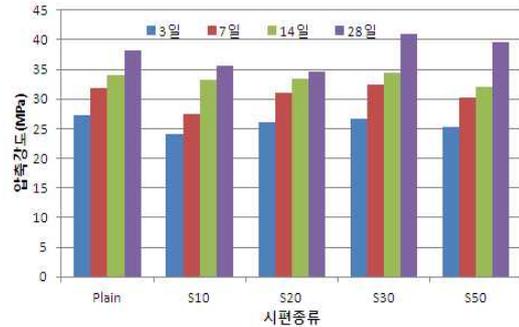


그림 2. 모르터 압축강도 결과(RB0, RB30)

## 4. 결론

본 연구에서는 순환굽은골재에서 수산화칼슘과 미수화시멘트 성분을 용출시킨 후, 고로슬래그 미분말을 단계별로 혼입한 시멘트 페이스트와 배합하여 순환골재에서 용출된 알칼리성분이 고로슬래그 시멘트 수화물의 성상에 미치는 영향을 종합적으로 분석하고자 하였다.

- 1) ICP-MS 분석결과, 시간에 따른 용출수의 알칼리도, 알칼리 총량과 pH 측정결과를 바탕으로 용출시간 1시간에서 가장 높은 활성도를 나타내는 것을 확인할 수 있었다.
- 2) XRD 분석결과 용출수를 사용한 시편과 고로슬래그 미분말 30% 대체한 시편에서 모두 수산화칼슘이 관찰되었으며 30% 대체한 시편의 경우 재령 증가와 더불어 수산화칼슘이 저하되는 것을 확인하였다.
- 3) 고로슬래그 미분말 20%와 30% 혼입한 시편의 강도가 기준시편과 유사한 수준을 나타내었는데 이는 용출수의 알칼리성분이 초기부터 고로슬래그를 자극하여 수화반응을 촉진한 현상으로 판단된다

## 참고 문헌

1. 이한백 외 3인, 자극제 종류가 고로슬래그-시멘트 경화체의 물성에 미치는 영향, 한국콘크리트학회 가을 학술발표회 논문집, 2009