

고로슬래그 미분말을 사용한 재생굵은골재 콘크리트의 유동특성에 관한 실험적 연구

The Experience Study on the Floating Properties of Concrete with Recycled Coarse Aggregate used Blast Furnace Slag

김 호 수* 백 철 우* 최 성 우* 반 성 수* 류 득 현**
Kim, Ho So Baek, Chul Woo Choi, Sung Woo Ban, Seong Soo Ryu, Deuk Hyun

ABSTRACT

Recently, owing to the deterioration of reconstruction and the construction, much of the construction waste is discharged in our construction field, and the amount of construction waste are rapidly increased. These waste are raised to financial and environmental problems, so the method of reusing waste concretes has been studied and carried out many direction. Especially being want of resources, if waste concrete could be recycled as aggregate for concrete, it will contribute to solve the exhaustion of natural aggregate, in terms of saving resources and protecting environment.

This study is that the floating properties of concrete with recycled coarse aggregate were investigated for the substitution of recycled coarse aggregate. The result of this study, floating properties increases and strength development of concrete is showing a clear strength increase effect compare to blast furnace slag non-mixing according to age passing in case of use blast furnace slag. The Quality of recycled coarse aggregate concrete was improved by water reducing.

1. 서 론

최근 도시의 재개발, 환경정비, 콘크리트 구조물의 노후화 및 기능저하에 따른 콘크리트 구조물의 철거가 지속적으로 증가하는 추세에 있으나, 골재 자원의 경우, 채취 구역 축소, 석산 개발 억제 등으로 인해 골재자원의 공급이 매우 곤란한 실정이다.¹⁾ 이러한 골재 공급 불안의 해소방안으로서 폐콘크리트에서 제조된 재생골재(순환골재)에 대한 관심이 증가하고 있으며, 관련 연구^{2,3)}도 활발히 진행되고 있다.

본 연구는 재생골재 특히 재생굵은골재의 활용성을 증진시키기 위한 기초자료의 축적을 목적으로, 양호한 품질의 재생굵은골재에 대한 콘크리트용 굵은골재 로서의 사용 가능성은 매우 높은 것으로 알려져 있으며, 기존의 연구결과³⁾를 토대로 혼화재를 사용한 경우에 있어서 재생굵은골재를 사용한 콘크리트의 유동특성 및 강도발현특성에 대해 연구하였다.

* 정희원, 유진종합개발(주) 기술연구소

** 정희원, 유진종합개발(주) 기술연구소 소장

2. 실험계획 및 방법

표 1. 실험계획

실험 요인	물결합재비 (%)	50
	혼화재 (%)	고로슬래그 미분말 (40)
	재생굵은골재 대체율 (%)	0, 25, 50, 75, 100
	목표 슬럼프 (cm)	15 ± 1.0
	목표 공기량 (%)	4.5 ± 1.5
실험 항목	굳지않은 성상	슬럼프, 공기량, 응결특성, 블리딩, 단위용적질량, 경시변화
	경화 성상	압축강도 ⇒ 재령 3, 7, 14, 28, 91일

2.1 실험계획 및 사용배합

본 연구의 실험계획을 표 1, 콘크리트의 배합을 표 2에 나타내었다.

고로슬래그 미분말을 사용한 경우에 있어서 재생굵은골재 콘크리트의 유동특성 검토를 위해, 물결합재비 50%에서 고로슬래그 미분말 대체율을 40%, 재생굵은골재 대체율을 부순골재에 대한 중량대체로 0, 25, 50, 75, 100%의 5수준으로 설정하였다. 목표슬럼프 15±1.0 cm, 목표공기량 4.5±1.5%로 설정하여 콘크리트의 유동성을 평가하였으며, 고로슬래그 미분말을 사용한 경우에 있어서 재생굵은골재 대체율 변화에 따른 유동특성 변화를 고려하여 동일 유동성을 확보하는 단위수량의 변화 및 그에 따른 콘크리트의 유동특성에 대해 검토하였다.

표 2. 콘크리트 기본배합

W/B (%)	S/a (%)	단위중량 (kg/m ³)					
		W	C	BFS*1	S	G	Ad
50	47.3	171	341	-	834	937	0.5
			205	136	829	932	

주1) BFS : Blast Furnace Slage

2.2 사용재료

본 연구에 사용된 재료로서 시멘트는 1종 보통포틀랜드 시멘트, 혼화제는 AE감수제를 사용하였으며, 사용골재의 기초물성은 표 3, 굵은골재의 입도분포는 그림 1에 나타내었다.

표 3. 사용 골재의 기초물성

혼화제	고로슬래그	비표면적 4201 cm ² /g 밀도 2.90
잔골재	바다모래	밀도 2.59, 조립율 2.94 흡수율 : 0.64
굵은골재	부순골재	최대치수 25 mm, 밀도 2.61 조립율 6.60, 흡수율 0.68
	재생골재	최대치수 25 mm, 밀도 2.49 조립율 6.08, 흡수율 4.22

2.3 실험방법

본 연구의 실험방법은, 고로슬래그 미분말을 사용한 경우에 있어서 재생굵은골재 대체율에 따른 콘크리트의 유동성을 검토한 후, 동일 유동성을 만족시키는 단위수량의 변화 및 수량 변동에 따른 유동특성을 검토하였다.

시험항목은 표 1에 나타낸 바와 같이 굳지않은 성상에서는 슬럼프, 공기량, 응결특성, 단위용적질량, 블리딩을 측정하고 경과시간에 따른 슬럼프 및 공기량의 변화를 제조 직후, 30, 60, 90분에서 각각 측정하였다.

또한 재생굵은골재의 대체율 변화에 따른 유동성의 변화를 고려하여 부순골재 만을 사용한 배합의 유동성을 기준으로 목표 슬럼프 ±1 cm를 벗어나는 경우, 단위수량을 변화시켜 동일 유동성을 확보하고, 그때의 단위수량의 변화 및 콘크리트 유동특성의 변화에 대해 검토하였다.

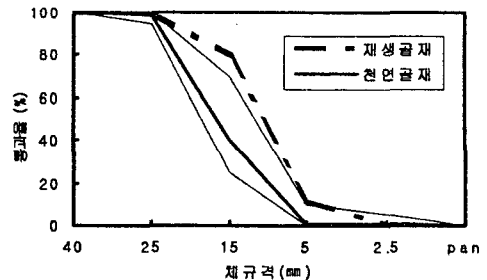


그림 1. 굵은골재의 입도분포곡선 (KS F 2573)

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지않은 콘크리트의 유동 특성 검토

(1) 슬럼프 및 공기량

재생굼은골재 대체율별 콘크리트 제조 직후의 슬럼프 및 공기량을 그림 2에, 단위수량 변화에 따른 재생콘크리트의 굳지않은 성상 측정 결과를 표 4에 나타내었다.

혼화제를 사용하지 않은 무혼입의 경우 유동성이 가장 저하하는 것으로 나타났으며, 고로슬래그 미분말을 대체한 경우에는 재생굼은골재를 대체한 경우 부순골재만을 사용한 경우에 비해 슬럼프 및 공기량이 증가하는 것으로 나타났다. 특히 재생굼은골재 대체율 25, 50, 75%의 경우에는 목표 슬럼프 범위를 벗어나고 있다.

동일 유동성에서의 단위수량 변화는 재생굼은골재 대체율 50%에서 최대 약 6 kg/m³ 정도 단위수량이 감소하는 것으로 나타났다.

(2) 경시변화

단위수량 감수에 따른 재생콘크리트의 경시변화특성을 그림 3에 나타냈다.

슬럼프의 경시변화는 대부분의 경우, 단위수량을 감소시킨 배합에서는 감소시키지 않은 경우에 비해 경과시간에 따른 슬럼프 저하가 다소 큰 것으로 나타났으며, 또한 재생굼은골재 대체율이 증가할수록 슬럼프 저하 폭이 증가하는 것으로 나타났다. 또한 고로슬래그 미분말을 대체한 경우가 무혼입에 비해 다소 경시변화가 적은 것으로 나타났다.

공기량의 경시변화에 있어서도 단위수량을 감소시킨 배합이 감소시키지 않은 경우에 비해 다소 공기량 저하가 큰 것으로 나타났으나, 혼화제 사용에 따른 경시변화에 있어서는 슬럼프의 경시변화와 달리 고로슬래그 미분말을 대체하지 않은 경우가 경과시간에 따른 공기량 저하가 다소 적은 것으로 나타났다.

(3) 단위용적질량 및 블리딩

재생굼은골재 대체율별 단위수량 변화에 따른 단위용적질량 및 블리딩율을 표 4에 나타내었다.

단위용적질량의 경우, 무혼입에 비해 고로슬래그 미분말을 사용한 경우 단위용적질량이 감소하는

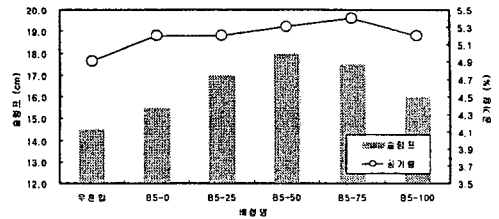
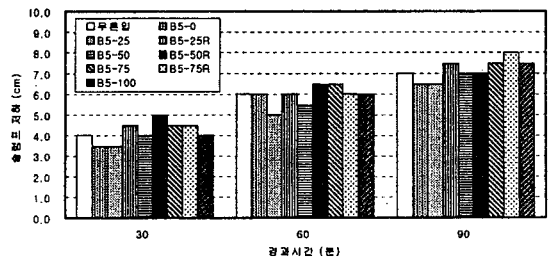


그림 2 재생굼은골재 대체율에 따른 초기성상

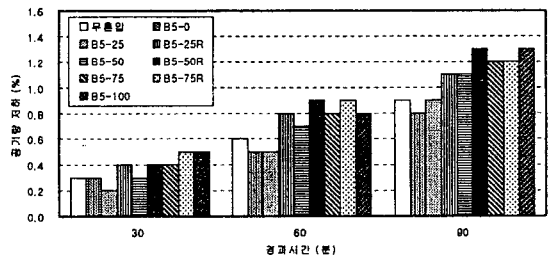
표 4. 단위수량 변화에 따른 굳지않은 성상

배합명	슬럼프 (cm)	공기량 (%)	단위수량 (kg/m ³)	단위용적질량 (kg/m ³)	블리딩율 (%)
무혼입	14.5	4.9	171.0	2325	3.73
B5-0	15.5	5.2		2291	2.96
B5-25	17.0	5.2	167.0	2264	2.95
B5-25R*	16.0	5.3		2251	2.53
B5-50	18.0	5.3	171.0	2243	2.85
B5-50R*	15.5	5.1	165.0	2252	2.70
B5-75	17.5	5.4	171.0	2213	2.60
B5-75R*	16.0	5.1	165.3	2222	2.63
B5-100	16.0	5.2	171.0	2153	2.50

* Reduced Water



a) 슬럼프 경시변화



b) 공기량 경시변화

그림 3 단위수량 변동에 따른 경시변화 특성

것으로 나타났으며, 재생굵은골재 대체율이 증가할수록 골재의 밀도 차이에 의해 단위용적질량은 감소하는 것으로 나타났다. 또한 단위수량이 감소된 경우에는 감소시키지 않은 경우에 비해 단위용적질량은 다소 증가하는 것으로 나타났다.

블리딩율의 경우, 고로슬래그 미분말을 사용한 경우가, 재생굵은골재 대체율이 증가할수록, 단위수량을 감소시킬수록 블리딩율은 감소하는 것으로 나타났다.

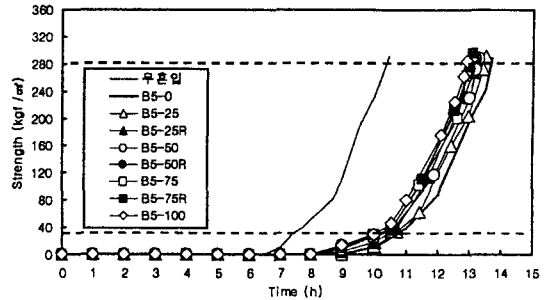


그림 4. 응결 특성

(4) 응결특성

재생굵은골재 대체율에 따른 응결특성을 그림 4에 나타내었다. 무혼입에 비해서 고로슬래그 미분말을 사용한 경우 응결이 약 2시간 정도 지연되는 것으로 나타났으며, 재생굵은골재 대체율이 증가할수록 응결시간은 단축되는 것으로 나타났다. 또한 단위수량을 감소시킨 경우에 있어서는 감소시키지 않은 경우에 비해 약 30분 이상 응결시간이 단축되는 것으로 나타났다.

3.2 경화 콘크리트의 성상 검토

그림 5에 재생굵은골재 대체율 변화에 따른 압축강도 발현특성을 대체율 무혼입에 대한 발현율로서 나타내었다.

재생굵은골재를 사용한 경우 강도는 저하하며, 단위수량을 감소시킨 경우에 있어서는 강도가 다소 회복되는 것으로 나타났다.

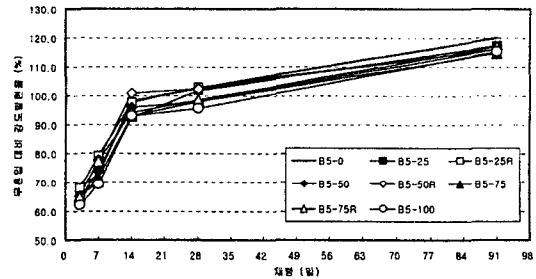


그림 5. 강도 발현 특성

4. 결론

본 연구에서는 재생굵은골재 대체율에 따른 콘크리트의 유동특성을 검토한 것으로서 시험결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 고로슬래그 미분말을 사용한 경우, 시멘트만을 사용한 경우에 비해 유동성은 증가하는 것으로 나타났으며, 재생굵은골재를 대체할수록 유동성이 증진되는 것으로 나타났다.
- 2) 재생굵은골재 사용 방법에 따라 부순골재 만을 사용한 경우와 동일 유동성을 만족시키기 위한 단위수량은 최대 6 kg/m^3 정도 감소시킬 수 있는 것으로 나타났다.
- 3) 경시변화에 있어서는 재생굵은골재를 대체할수록 또한 동일 유동성을 확보하기 위해 단위수량을 감소시킨 경우 경시변화의 폭은 큰 것으로 나타났다.
- 4) 응결특성은 재생굵은골재 대체율이 증가할수록, 단위수량이 감소될수록 응결시간이 단축되었다.

참고문헌

1. 구봉근 외 “플라이애쉬를 혼합한 재생골재 콘크리트의 내구성”, 한국콘크리트학회 논문집 제13권 1호, 2001, pp. 23-29.
2. 김진만 외 “폐콘크리트의 재활용”, 한국콘크리트 학회지 제15권 제2호, 2003. 3, pp. 14-20.
3. 류득현 외, “재생굵은골재를 사용한 재생콘크리트의 역학적 특성에 관한 실험적 연구”, 한국콘크리트학회 봄학술발표회 논문집 제15권 1호, 2003. 5, pp.25-30.