

고로슬래그와 재생골재를 사용한 콘크리트의 실물대 특성에 관한 연구

Study on Mock-up Properties of Concrete using Blast Furnace Slag and Recycled Aggregate

박 현* 한 다 희** 박 무 영*** 김 우 재**** 이 영 도***** 정 상 진*****
Park, Hyun Han, Da Hee Park, Moo Young Kim, Woo Jae Lee, Young Do Jung, Sang Jin

ABSTRACT

Blast furnace slag doesn't have self-hydraulicity and it needs stimulants such as alkali to hydrate. Therefore using recycled aggregates erupted calcium hydroxides and blast furnace slag acquiring alkali stimulate could make a complementarily use of a recycling architectural material possible. In this study, we have discussed about characters of blast furnace slag and recycled aggregate firstly, and make recycled aggregate mortar and concrete using blast furnace slag for the experiment. The experiment is about mortar and concrete using recycled aggregate as a substitutional material of blast furnace slag. In this experiment, I replace blast furnace slag and aggregate with recycled aggregate. Conclusions through the test results analysis are as follows. And then, we added field experiment using concrete with composited materials.

요 약

최근 건설폐기물 중 가장 높은 비율을 차지하는 폐콘크리트는 과거 단순매립 처리의 한계를 넘어 무단폐기로 인한 환경오염 증대의 결과를 초래하고 있다. 이와 더불어 천연 골재의 부족 및 국가 자원의 절약, 환경보전적 측면에 대한 관심이 증대되면서 이런 시대적 흐름을 배경으로 폐콘크리트의 재처리 과정에서 파생되는 재생골재가 환경적 경제적 측면에서 그 사용의 필요성이 대두되고 있다.

그러나 재생골재의 사용이 제한적인 이유는 콘크리트의 강도, 내구성 저하와 재생골재에 존재하는 시멘트 페이스트에 의한 알칼리 골재반응의 발생 우려 때문이다. 또한, 건설수요의 증대로 천연골재가 고갈되어 제염사의 이용이 증대되고 있으며, 산업폐기물의 재이용 등의 이유로 플라이애시, 고로슬래그 미분말 등의 이용이 확대되고 있다. 한편 고로슬래그 미분말은 자체의 잠재수경성에 의하여 수밀성, 장기강도의 향상 및 화학저항성의 증대를 도모 할 수 있으나, 사용시 점성의 저하 및 초기강도 저하, 중성화저항성 저하 등의 문제점이 보고되고 있다. 현재 국내에서 생산되고 있는 고로슬래그 미분말은 보통 포틀랜드 시멘트에 비해 수화발열속도가 작고, 알칼리 골재 반응 억제 효과 및 수밀성, 염분차단성, 내해수성, 내약품성 등이 향상되는 장점이 있다는 특징을 가지고 있다. 그러나 고로슬래그 미분말의 경우 자경성을 가지고 있지 않아 수화하기 위해서는 알칼리등의 자극제를 필요로 하는 혼화재료이다. 따라서, 수산화칼슘이 용출되는 재생골재와 알칼리 자극을 필요로 하는 고로슬래그를 동시에 사용하면 상호보완적인 역할이 가능한 자원 순환형 건설재료로써 사용이 가능할 것으로 예상된다.

* 정회원, 단국대학교 대학원 석사과정
** 정회원, 단국대학교 대학원 박사과정
*** 정회원, 단국대학교 공학박사
**** 정회원, 포스코건설 기술연구소 연구원
***** 정회원, 경동대학교 건축토목공학부 교수
***** 정회원, 단국대학교 건축대학 건축공학과 교수

1. 서론

본 연구에서는 고로슬래그와 재생골재를 복합사용한 콘크리트를 제작하여 물리적 특성 및 내구특성을 검토 후, 현장적용 가능성을 검토하기 위한 현장 적용 실험대 구조물을 제작하여 역학적 특성을 검토함으로써, 결합재 및 사용골재를 순환자원으로 사용하여 건설재료를 제조하기 위한 기초적인 자료를 제시하는데 그 목적이 있다.

2. 실험방법 및 사용재료

2.1 실험계획

실험 요인에 따른 균지 않은 콘크리트의 특성 및 경화된 콘크리트의 특성에 대한 실험수준과 항목은 다음 표1과 같으며, 현장적용 시험체에 대한 형태는 그림 1과 같다.

표 1. 실험인자와 수준 및 측정항목

구분	W/B (%)	BS	고로슬래그미분말 치환율 (%)	재생 잔골재 치환율 (%)	재생 굵은 골재 치환율 (%)	측정항목
인자	50	0	0	0	0	슬럼프 및 공기량 경시변화, 수화열, 코어강도
		2종	50	0	30	
수준	1	2	2	2	2	4

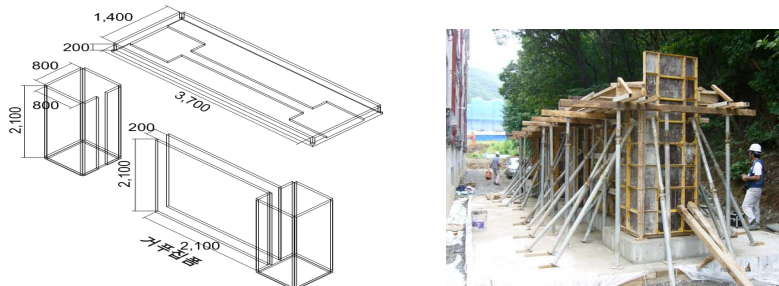


그림 1. 현장적용 시험체

2.2 사용재료

본 실험에 사용한 시멘트는 국내 S사의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였고, 고로슬래그미분말은 K 업체에서 생산되는 2종을 사용하였다. 잔골재는 인천산 세척사로 최대크기를 5mm이하로 입도조정 하였으며, 굵은골재는 광주 석산의 쇄석으로 최대치수 25mm이하로 입도조정하여 사용하였다. 재생 잔골재로는 국내 C사에서 생산되는 1종 재생 잔골재와 1종 재생 굵은 골재를 2회 수처리하여 사용하였다. 아울러 혼화제는 관련규정에 적합한 재료를 사용하였다.

2.3 배합계획

본 실험에 사용한 콘크리트 배합조건은 다음 표 2와 같다.

표 2. 콘크리트 배합

설계기준 강도	시험체명	W/B (%)	S/a (%)	단위중량 배합(kg/m ³)								
				W	B		S		G		AE 감수제 (%)	AE (%)
					C	BS	S	RS	G	RG		
24MPa	P	50	47	175	350	0	824	0	954	0	0.7	0.0010
	BS				175	175	818	0	663	268	0.5	0

3. 실험결과 및 고찰

3.1 슬럼프 및 공기량 경시변화

레미콘 공장에서 생산된 콘크리트와 현장부재 타설 직전 콘크리트의 40분 경시변화에 따른 슬럼프 및 공기량 결과를 그림 2, 그림 3에 나타내었다.

그림에 따르면 기준배합인 P시험체 슬럼프의 경우 경우 공장에서 현장타설까지 경과시간 동안 약 30mm의 Slump Loss가 발생하였으며, 공기량은 1.4%의 Loss가 발생하였다. 이 결과는 실험실 시험에서 목표했던 값과 동일한 수준이다. 복합재료인 BS 시험체의 경우도 P시험체와 거의 유사한 Loss분을 나타내었다. 이는 공장에서 배합 당시 Loss분을 고려하여 생산직 후와 현장타설 직후의 계산에 의해서 나타난 결과로 판단된다.

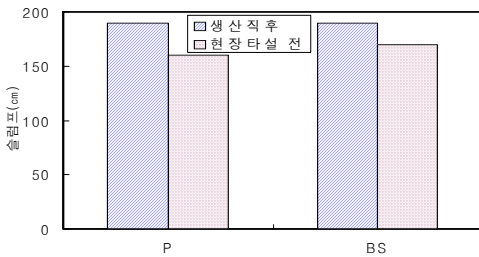


그림 2. 슬럼프 경시변화 시험 결과

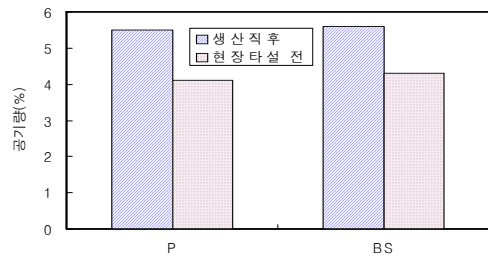
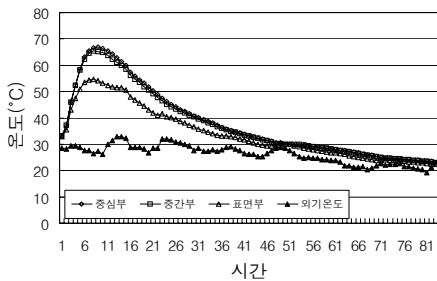


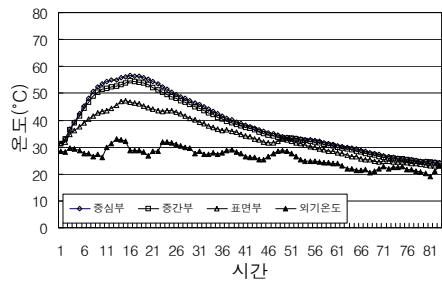
그림 3. 공기량 경시변화 시험 결과

3.2 수화열 특성 평가

배합별 구조체의 온도센서 위치에 따른 온도이력은 그림 4에 나타낸 것처럼 OPC의 경우 4시간 이후 급격하게 수화온도이력이 증가하는 경향을 나타냈으며 수화온도 측정 시작이후 14시간을 전후로 중심부에서 최고온도 66.4°C, 표면부는 54.7°C를 나타내었고 중심부에서 OPC를 사용한 콘크리트의 수화열이 가장 큰 것을 확인하였다. 고로슬래그 미분말과 재생골재를 혼합사용한 콘크리트의 경우 30시간을 전후로 하여 중심부의 최고온도 56.6°C를 나타내었고, 표면부의 경우 47.3°C의 최고온도를 나타내었다. OPC와 비교해 고로슬래그 미분말과 재생골재를 혼합 사용한 콘크리트가 최고온도 도달까지 완만한 형태로 증가하는 경향을 나타냈고 최고온도 또한 OPC와 비교해 현저히 낮은 온도이력을 나타내었다. 이는 고로슬래그 미분말을 사용한 콘크리트의 경우 미분말의 잠재수경성이 1일 이내에 발휘되지 않기 때문으로 사료되며, 수화온도 이력만을 기준으로 평가했을 경우 OPC보다 수화온도이력면에서 높은 안정성을 나타내어 현장타설 구조체에 대한 중심부에서의 열응력에 대한 저항성이 높을 것으로 판단된다.



a. OPC 현장타설 구조체



b. BS 현장타설 구조체

그림 4. 수화열 측정결과

3.3 현장시험체의 코어강도 특성

현장타설 구조체의 코어강도는 그림 5에 나타난 것처럼 코어 상부의 경우 고로슬래그미분말과 재생 골재를 혼합사용한 코어가 OPC와 비교하여 재령 7일에서 거의 유사한 강도발현 특성을 나타냈으나 28일 이후 재령에서는 다소 높은 강도발현 특성을 나타내었다.

중앙부의 경우 재령 28일까지 비슷한 강도발현 성향을 나타냈으나, 56일을 지난 장기 강도의 경우 약 4MPa 높은 강도 발현성을 나타내었으며, 하부의 경우도 약 5MPa 높게 측정되어 초기강도에 있어서는 OPC 구조체와 비슷한 강도발현 성향을 나타냈지만 장기 강도에 있어서 월등히 높은 강도발현율을 나타내었다.

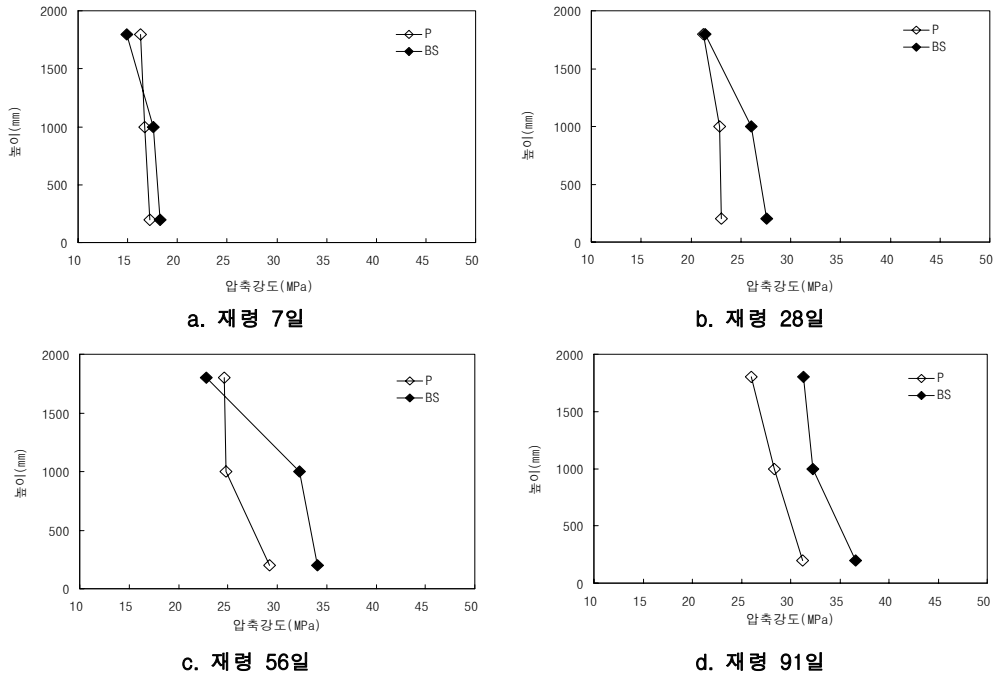


그림 5. 코어의 위치별 압축강도 측정결과

4. 결론

이상의 실험결과를 통해 고로슬래그미분말과 재생골재의 병행 사용시 적정 배합설계의 기준 부과를 통하여 역학적 특성에 있어서는 현장적용에 대한 가능성이 큰 것으로 사료된다.

감사의 글

이 연구에 참여한자는 2단계 BK21의 지원비를 받았음.

참고문헌

1. 정상진의 10인, “건축재료학”, 보성각, 1999
2. 정상진 외, 서냉고로슬래그 고미분말을 사용한 콘크리트의 압축강도 발현특성에 관한 연구, 대한건축학회 논문 (2004)
3. 지웅엽 외, 고로슬래그 이용에 관한 연구, 요업학회지(1981)
4. 大和竹史, コンクリートのリサイクルに関する海外の動向, コンクリート工学, Vol.35, No.7, 1997