

서냉슬래그 모르타의 강도특성에 관한 연구

An Experimental Study on the Strength characteristics of Mortar using the Blast-Furnace Slag Sand

임 남 기 김 종 락 김 성 식
Lim, Nam Gi Kim, Jong Rak Kim, Sueng Sik
김 영 회 정 상 진
Kim, Young Hoi Jung, Sang Jin

Abstract

This experimental Study presents the strength properties of mortar Using the Blast-furnace Slag Sand. It gives following result. The 3-days and 7-days compression strength is increase as substitution rate is higher. As W/C ratio increase, the strength is decrease. The flexural strength is increase as substitution rate is higher specially. As flexural strength ratio for compression strength is each 16.7%, 21.1%, 25.4% on 3-days, 7-days, 28-days, long age flexural strength is higher than short age.

키워드 : 서냉슬래그모래, 치환률, 조립률

Key Word : Blast-furnace Slag Sand, Substitution rate, F.M(Fineness Modulus)

1. 서 론

최근 건축, 토목분야의 천연골재 부족현상은 시간이 지남에 따라 심각해지고 있어 대체 골재의 개발이 시급한 실정이다.

고로서냉슬래그 조골재, 급냉슬래그는 세골재로써만 KS에 규정되어 있으나 모두 품질관리나 재료 면에서 다소의 취약점을 나타내고 있다. 이러한 현실에서 서냉슬래그의 생산원가가 급냉슬래그에 비해 다소 낮음에 착안하여 이를 세골재로 생산사용할 때의 문제점을 도출·보완시켜 대체골재화 한다면 환경보호와 골재의 안정적 공급이라는 측면에서 지향할 방향이 될것이다.

이에 본고에서는 고로서냉슬래그를 세골재로 사용한 모르타에 대하여 세골재의 치환률, 물시멘트비, 단위수량에 따른 각종 강도특성을 조사하고자 한다.

-
- * 정회원, 단국대 대학원 박사과정
 - ** 정회원, 단국대 대학원 석사과정
 - *** 정회원, 시립인천전문대 건축과 교수
 - **** 정회원, 단국대학교 건축공학과 교수 공학박사

2. 실험계획 및 방법

2.1 사용재료

(1)시멘트

시멘트는 비표면적이 $3,112\text{cm}^2/\text{g}$ 인 S사 보통포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 화학성분 및 물리적 성질은 표1과 같다.

표1. 시멘트의 화학성분 및 물리적 성질

항목 시료명	화학성분(%)							비 중
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Total S	
보통 포틀랜드 시멘트	21.9	6.59	2.81	60.12	3.32	2.11	2.58	3.15

(2)잔골재(강모래)

잔골재는 춘천산 강모래를 사용하였으며, 물리적 성질은 표2와 같다.

표2. 잔골재의 물리적 성질

항목 종류	비중	흡수율 (%)	조립률 (F.M.)	유기 불순물	단위 용적중량 (kg/m ³)	실적률 (%)
춘천산 강모래	2.60	1.83	3.14	양호	1.584	61.0

(3)서냉슬래그 모래

서냉슬래그 모래는 포항제철에서 슬래그 처리업체에 제공하여 서냉슬래그 모래로 생산된 것을 사용하였다.

서냉슬래그 모래는 각각의 생성과정에 따라 약간의 성분량의 차이를 보이기도 하지만 대체로 구성원소는 일반암석과 같으며, 성분은 시멘트와 유사하다.

(4)물

물은 수돗물을 상온상태에서 사용하였다.

2.2 배합

모르터의 배합조건은 서냉슬래그 모래의 치환률(0%, 25%, 50%, 75%, 100%), 물시멘트비(45%, 50%, 55%, 60%), 단위수량(250kg/m³, 275kg/m³, 300kg/m³)을 변화시켜 배합하였다.

모르터의 배합은 표5에 나타낸다.

표5. 모르터의 배합(단위:kg/m³)

단위수량250					단위수량275					단위수량300				
W/C (%)	치환율 (%)	C	Sand	Slag	W/C (%)	치환율 (%)	C	Sand	Slag	W/C (%)	치환율 (%)	C	Sand	Slag
45	0	556	1361	-	45	0	611	1251	-	45	0	667	1140	-
	25		1021	288		25		938	265		25		855	241
	50		681	576		50		625	529		50		570	482
	75		340	864		75		313	794		75		285	723
	100		-	1152		100		-	1058		100		-	964
50	0	500	1408	-	50	0	550	1301	-	50	0	600	1195	-
	25		1055	298		25		976	275		25		896	253
	50		704	595		50		651	550		50		597	505
	75		352	893		75		352	826		75		299	758
	100		-	1191		100		-	1101		100		-	1011
55	0	455	1445	-	55	0	500	1342	-	55	0	545	1240	-
	25		1084	299		25		1007	284		25		930	262
	50		722	611		50		671	568		50		620	525
	75		361	917		75		336	852		75		310	787
	100		-	1223		100		-	1136		100		-	1049
60	0	417	1476	-	60	0	458	1377	-	60	0	500	1277	-
	25		1107	312		25		1032	291		25		958	270
	50		738	625		50		688	582		50		639	540
	75		369	937		75		344	874		75		319	811
	100		-	1249		100		-	1165		100		-	1081

2.3 비빔

본 연구에서의 비빔은 실험방법은 서냉슬래그 모래를 사용한 경우 강사와 서냉슬래그모래를 넣고 1분간 건비빔한 후에 시멘트를 넣고 다시 1분간 건비빔하고 물을 투입하고 3분간 비빔하였다.

3. 실험결과

3.1 압축강도

시험제작한 모르터의 압축강도를 KS F 2405에 의거하여 3일, 7일, 28일강도에서 표준적인 방법으로 측정하였으며 그 결과를 표6에 나타내었다.

서냉슬래그모래를 사용한 모르터의 압축강도는 재령에 따라 증가하였으며, 물시멘트비와 압축강도는 반비례하였다. 대부분 서냉슬래그 모르터의 강도가 3일과 7일 압축강도에서는 일반모르터보다 큰값을 나타내어 슬래그모래 자체의 조기강도 개선 효과가 잘 나타나고 있었으나 28일 압축강도에서는 거의 유사한 값을 나타내고 있었다. 또한 슬래그 자체의 장기강도 개선효과가 나타난다면 91일 강도에서는 일반모르터의 압축강도보다 다소 높은 강도를 나타낼 수 있을 것으로 추측된다.

4. 결과의 고찰

4.1 단위수량과 강도의 관계

서냉슬래그모래의 치환률에 따른 강도의 변화는 그림2에 나타난 바와 같이 서냉슬래그의 치환률과 28강도는 특별한 관계가 없는 것으로 나타났으며, 다만 3일,7일 압축강도는 치환률과 정비례하며 3일 강도가 더욱 높은 비율을 나타내고 있다.

또한 재령별 강도의 차이는 서냉슬래그모래의 치환율이 증가함에 따라 강도차가 줄어드는 것은 강사에 비해 서냉슬래그모래의 특성상 초기강도가 좋기 때문에 서냉슬래그의 양이 증가할수록 재령에 따른 강도의 차이 줄어드는 경향을 나타낸 것으로 사료된다.

4.2 물시멘트비와 압축강도

물시멘트비가 증가함에 따라 강도는 저하되는 경향을 보이고 있다.(그림3)

따라서 서냉슬래그모래의 치환률이 증가하면 물시멘트비가 증가해도 단위시멘트량이 증가하는 대신 서냉슬래그모래가 필요로 하는 배합수를 많이 확보함에 따라 단위시멘트량의 감소에 따른 강도의 저하를 서냉슬래그모래가 보완하는 특성을 나타내고 있다.

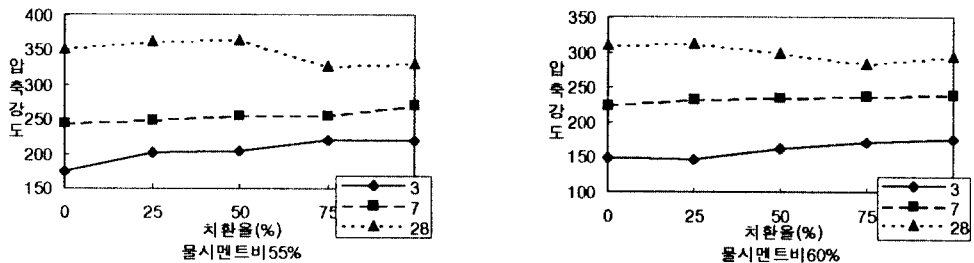
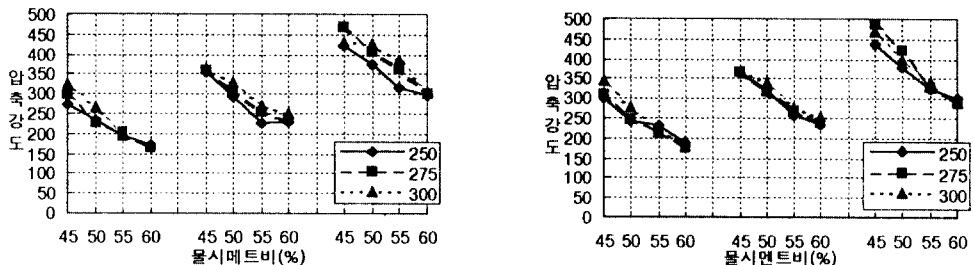


그림2. 치환률에 따른 재령별 압축강도(단위수량 275kg/m³)



(서냉슬래그 치환률50%)

(서냉슬래그 치환률100%)

그림3. 치환률에 따른 재령별 압축강도

4.3 모르터의 경시변화

서냉슬래그모래를 사용한 모르터는 강사를 사용한 모르터와 같은 경향으로 시간이 지남에 따라 강도가 증가하는 경향으로 재령과 강도는 비례관계를 나타내었다. 다만 강사를 사용한 모르터에 비해 초기 강도 발현이 좋은 관계로 인해 강도의 증가율은 약간 떨어지는 경향을 보이고 있다.(그림4)

4.4 시멘트물비와 압축강도

시멘트물비와 압축강도의 관계는 일반 모르터와 같은 경향으로 시멘트물비가 증가됨에 따라 압축강도 역시 증가되는 비례관계를 나타냈다.

서냉슬래그모래 치환율 25%와 100%에 대한 C/W비와 강도와와의 관계를 그림5에 나타내었다.

4.5 서냉슬래그 치환율과 휨강도

휨강도는 전체적으로 서냉슬래그모래의 치환율이 높아짐에 따라 강도도 높아지는 경향을 나타내어

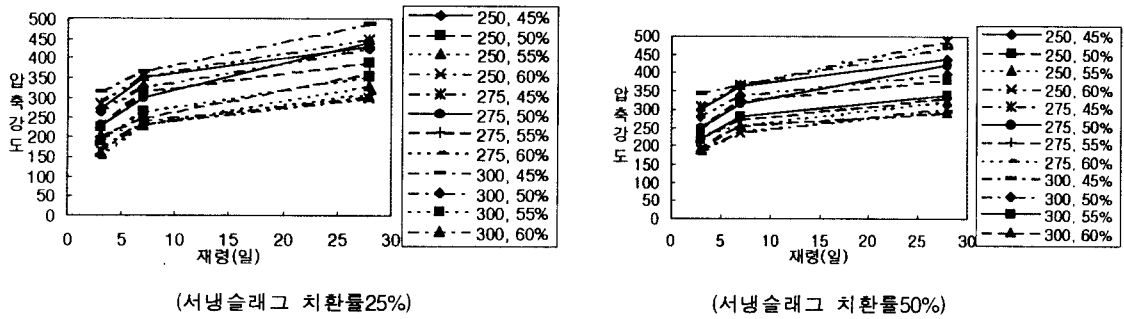


그림4. 서냉슬래그모래를 사용한 모르터의 경시변화

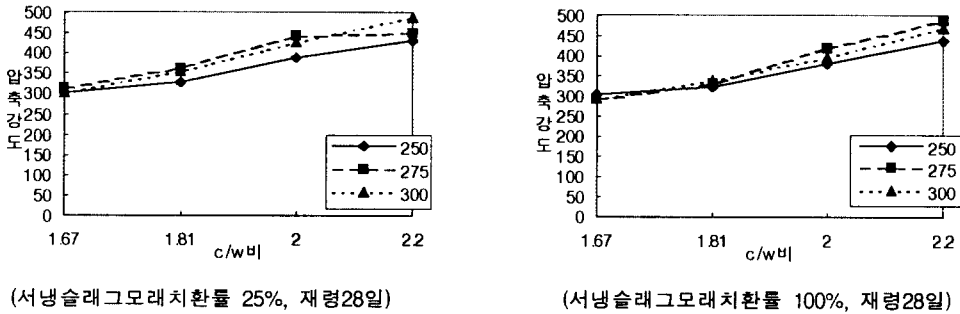
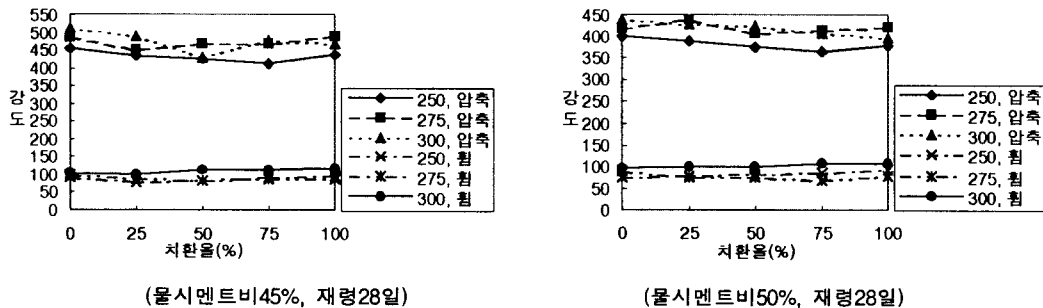


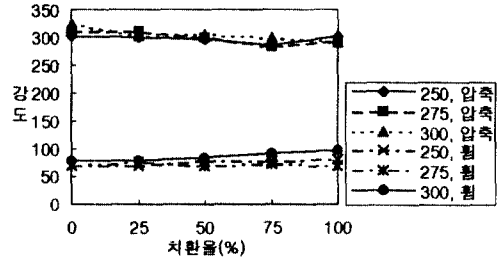
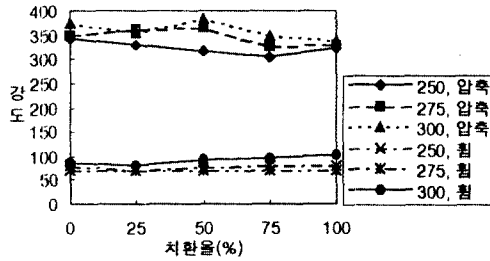
그림5. 시멘트물비와 압축강도

압축강도와는 다소 상이한 특성을 보여주고 있다. 휨강도는 재령3일에 압축강도의 16.7%수준에서 재령28일에는 25.4%수준까지 상승되어 재령이 증가함에 따라 휨강도의 발현성이 증대되어 압축강도 역시 장기재령에 있어서 더욱 증가될 것으로 사료된다.

5. 결론

서냉슬래그모래의 건축용 골재로서의 활용성을 알아보기 위하여 서냉슬래그모래의 치환율, 단위수량,





(물시멘트비55%, 재령28일)

(물시멘트비60%, 재령28일)

그림6. 치환률에 따른 압축강도와 휨강도

물시멘트비를 변화시켜 시험제작한 모르터의 강도특성에 대한 실험결과는 다음과 같다.

- (1) 서냉슬래그 모르터의 28일압축강도는 서냉슬래그모래의 치환율과 큰 관련이 없었다.
- (2) 물시멘트비가 증가되면 강도는 저하된다.
- (3) 재령에 따른 압축강도는 3일 및 7일강도는 치환률이 높을수록 높게 나타났으며 특히 28일강도는 관련성을 보이지 않았다.
- (4) W/C에 따른 강도의 변화는 일반 모르터와 비슷한 경향을 나타내고 있었지만 W/C가 증가해도 강도의 차이는 강사와 비교하여 큰 차이를 보이고 있지 않아 일반모르터보다 배합수를 많이 조정하는 것이 강도발현에 기여할 수 있는 것을 알 수 있으며, 치환율 25%~50%의 경우는 서냉슬래그모래를 세골재로서 사용할 수 있는 범위임을 알 수 있다.
- (5) 서냉슬래그 모르터의 휨강도는 치환률에 비례하여 증가되는 특성을 나타내어 압축강도와는 다소 상이한 강도특성을 나타내었고, 재령3일에서 압축강도의 16.7%, 재령7일에서 21.1%, 재령28일에는 25.4%수준을 나타내었다.

이상과 같은 결과로 서냉슬래그모래를 사용한 모르터에 대한 장기강도에 대한 실험연구가 필요하며 현재 본고에서는 언급하지 않은 장기재령에 있어서의 강도특성에 대해서는 실험진행에 따라 추가될 계획이다.

참고 문헌

1. 정상진의 10名, 「건축재료학」, 1986, 보성각, p132~135
2. 양범석의 5名, 「수재사 모르터의 Flow 특성에 관한 연구」 한국 콘크리트학회 학술발표논문집 제 17권 제2호
3. 임남기의 5名, 「수재사 모르터의 강도특성에 관한 연구」 한국 콘크리트학회 학술발표논문집 제 17권 제2호
4. 문한영의 2名, 「고로슬래그를 골재로 사용한 콘크리트의 배합설계에 관한 기초적 연구」, 산업과학 논문집, 한양대학교 산업과학연구소, Vol.21, 1985
5. 「골재관련 KS규격 및 시방서비교 검토 정비」 국립기술품질원, 1996. 11
6. KS F 2559 「고로슬래그 잔골재」
7. 「콘크리트용 고로슬래그 골재 설계시공지침」 사단법인 대한토목학회
8. 한국콘크리트학회. 「최신콘크리트공학」, 기문당, 서울, p84, p213