

슬래그 모래특성에 따른 모르터의 강도에 관한 연구

A Study on Mortar Strength as Slag Sand Characteristics

박 정 우* 백 민 수** 김 성 식*** 임 남 기*** 정 재 동**** 정 상 진****
Park, Jung Woo Paik, Min su Kim, Sung Sik Lim, Nam Gi Jeoung, Jae Dong Jung, Sang Jin

ABSTRACT

In these days, there are out of natural sands in the construction field. It is required that development of substitute material for natural material. The blast-furnace slag could be a good alternative material in this situation. It can help resource recycling and the protection of environment.

This study presents that the strength properties of mortar using air-cooled blast-furnace slag sand and water-cooled blast-furnace slag sand. The mixing design of this study have a few factors, three type of unit water, four types of W/C, five types of substitution rate. When air-cooled furnace slag sand used in mortar, as substitution rate is higher, 3,7-days compression strength and flexural strength are going up. But, in case of water-cooled furnace slag sand mortar, strengths are going down.

1. 서 론

고로슬래그는 골재로서의 효용뿐 아니라, 콘크리트 기능개선에도 효과적인 대체재로서 자원재활용과 환경영향 측면에서도 우수한 재료로써 이미 실용화 단계에 접어들었다. 본 논문에서는 고로슬래그의 냉각방법 분류에 따라 급냉 및 서냉슬래그를 골재로 사용한 모르터에 대해 골재의 치환율, 물시멘트비, 단위수량 등에 따른 각종 강도특성을 비교·분석을 통하여 고로슬래그 모르터의 초기재령 특성과 내구특성을 규명하여 실제 건설공사에 채용될 수 있는 고로슬래그 콘크리트 제조를 위한 자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

2. 실험재료 및 계획

2.1 사용재료

(1) 시멘트

- * 정회원, 단국대 건축공학과, 석사과정
- ** 정회원, 단국대 건축공학과, 박사과정
- *** 정회원, 동명정보대 건축공학과 교수
- **** 정회원, 대구대 건축공학과 교수
- *****정회원, 단국대 건축공학과 교수

시멘트는 비표면적이 3,112cm²/g인 국내 S사 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 화학성분 및 물리적 성질은 표1과 같다.

(2) 잔골재

골재는 춘천산 강모래를 사용하였으며, 입도조정은 KS F 2502 체가름 시험방법에 의거하였다. 잔골재의 물리적 성질은 표2와 같다.

표1. 시멘트의 화학성분 및 물리적성질

표2. 잔골재의 물리적 성질

구분	화학성분(%)							비중	구분	비중	흡수율 (%)	조립율 (F.M)	유기 불순물	단위용 적중량 (kg/m ³)	실적 율 (%)
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Ig.loss								
보통 포틀랜드 시멘트	21.95	6.59	2.81	60.12	3.32	2.11	2.58	3.15	춘천산 강모래	2.60	1.83	3.13	양호	1,584	61.0

(3) 고로급냉 및 서냉슬래그 모래

슬래그 모래는 포항제철에서 슬래그 처리업체에 제공하여 슬래그로 생산된 것을 사용하였다. 특히 고로 서냉슬래그 모래는 별도의 공정을 거쳐 저비중 요소에 의한 표면부화 및 저장도 현상을 제거, 탈황축진, 고강도화, 그리고 흡수율을 저감시켜 만든 슬래그 모래를 사용하였으며, 각각의 화학·물리적 성질은 표3 과 표4에 나타내었다.

표 3. 고로슬래그의 화학·물리적 성질

표 4. 고로슬래그의 물리적 성질

구분	화학성분별 구성비(%)						구분	절대건조 비중	흡수율 (%)	단위용적 중량(kg/m ³)	공극률 (%)	입형판정 실적률 (%)
	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	Fe ₂ O ₃	S						
서냉	43.4	32.0	13.1	7.08	1.52	0.5	서냉	2.99	2.58	1670	41	55.9
급냉	38.4	36.5	12.2	7.55	1.27	1.51	급냉	2.21	4.51	1198	46	54.2

2.2 배합

본 실험의 배합계획은 KS F 5105에 따라 배합하였으며, 실험계획 및 배합인자는 표5와 같다.

표 5. 슬래그 모르타 실험계획

구분	W/C	슬래그 잔골재	슬래그 잔골재 치환율 (%)	단위수량 (kg/m ³)	비고
인자	45, 50, 55, 60	서냉슬래그 급냉슬래그	0, 25, 50, 75, 100	250, 275, 300	수중양생

2.3 비빔 및 시험방법

본 연구에서의 비빔은 모르타용 믹서를 사용하였으며, 재료 투입 전 믹서의 표면에 동일배합의 시멘트 모르타를 도포함으로써 시멘트 페이스트에 의한 실험오차를 줄일 수 있도록 하였다. 압축강도 및 휨강도의 실험방법으로는 실험재령일까지 표준 수중양생한 공시체를 KS L 5105의 규정에 의거하여 함수율이 $10 \pm 2\%$ 가 되는 표준상태로 건조시켜 실시하였으며 강도측정은 만능시험기(U.T.M INSTRON 8501)를 사용하였다.

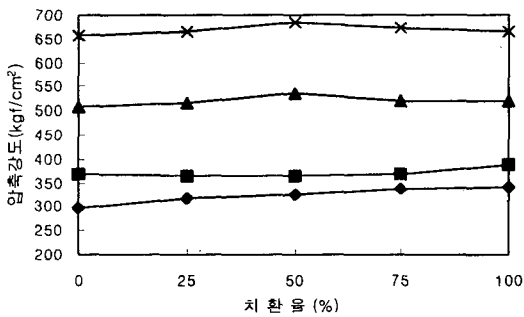
3. 실험결과 및 고찰

3.1 치환율과 압축강도

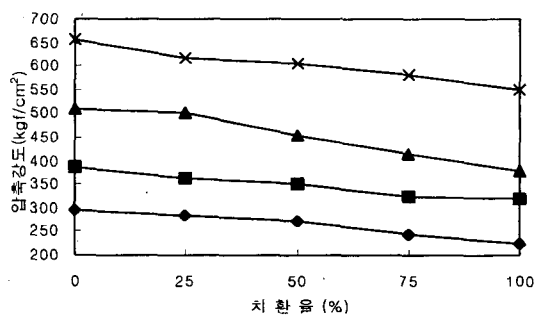
치환율의 증가에 따른 압축강도의 변화는 그림1과 같다. 서냉슬래그 잔골재의 치환율이 증가할수록 3,7일의 초기강도가 증가하여 높게 나타났으며, 28, 91일의 장기강도는 유사한 값을 나타내었다. 장기강도는 치환율 50%가 가장 큰 값, 치환율 25, 75%가 다소 큰 값, 치환율 100%가 일반모르타의 강도와 동등이상의 높은 값을 나타내고 있다. 서냉슬래그의 이런 경향은 고로슬래그 초기강도 부족을 보완하기 위해 제조 과정에서 슬래그 모래의 흡수율을 크게 저하시킴으로써 초기강도의 개선효과가 나타난 것으로 보이며 이에 비해 장기강도 증진효과는 크지 않은 것으로 보인다. 이에 비해 급냉슬래그 모래를 사용한 모르타는 입도조정되지 않은 상태에 따른 외형적 특성으로 인한 잔골재간 결합능력 저하와 재료자체의 높은 흡수율로 인해 치환율이 증가할수록 초기강도가 낮게 나타났다.

3.2 물시멘트비와 압축강도

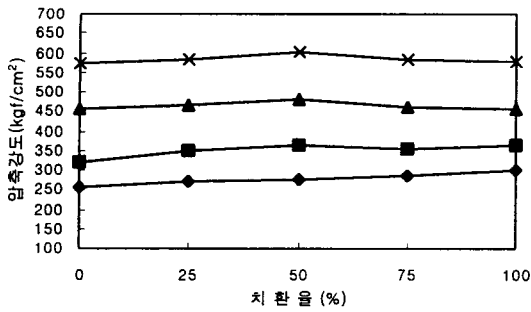
물시멘트비와 압축강도는 그림2와 같다. 물시멘트비가 클수록 압축강도가 저하하는 경향을 보임으로써 서냉 및 급냉슬래그 모두 일반모르타와 동일하였으며, 물시멘트비에 따른 슬래그 모르타만의 강도특성은 나타나지 않았다.



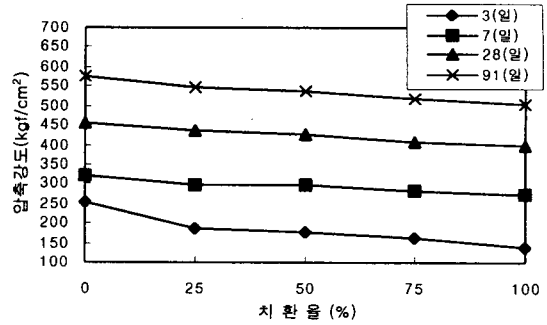
물시멘트비 45%(서냉)
(단위수량 300kg/m³)



물시멘트비 45%(급냉)
(단위수량 300kg/m³)

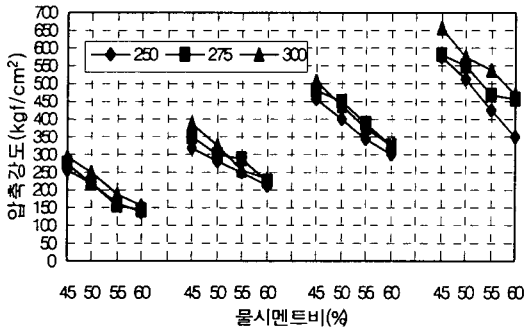


물시멘트비45%(서냉)
(단위수량 250kg/m³)

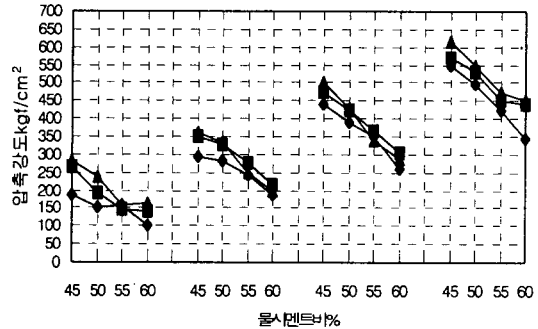


물시멘트비 45%(급냉)
(단위수량 250kg/m³)

그림1. 치환율에 따른 재령별 압축강도



(서냉슬래그)



(급냉슬래그)

(슬래그 치환율 50%)

그림2. 물시멘트비에 따른 단위수량별 압축강도

3.3 압축강도의 경시변화

압축강도의 경시변화는 그림3과 같다. 경시변화의 경향은 일반모르터와 유사하지만, 슬래그 잔골재별 재료적 특성이 나타났다. 서냉슬래그 잔골재의 경우 치환율이 높을수록 초기강도 발현이 크고, 장기강도 효과는 나타나지 않았지만 초기강도가 높았던 관계로 장기재령에서도 일반모르터와 동등 이상의 값을 나타내었다. 급냉슬래그 잔골재의 경우는 치환율이 높아질수록 전체적인 강도저하 현상이 나타났다.

3.4 휨강도

슬래그 잔골재 치환율에 따른 휨강도는 그림4와 같다. 모르터의 휨강도는 서냉슬래그 모르터의 경우 치환율이 높아질수록 완만하게 커지는 경향을 나타내고 있고, 급냉슬래그 모르터의 경우는 치환율 높아질수록 작아지는 경향을 보이고 있다. 서냉슬래그 모르터에서의 이러한 휨강도 증진효과는 서냉슬래그 자체의 Al_2O_3 성분비가 높은 것에 의한 것으로서 균열방생을 저감시키는데 유효할 것으로 판단된다.

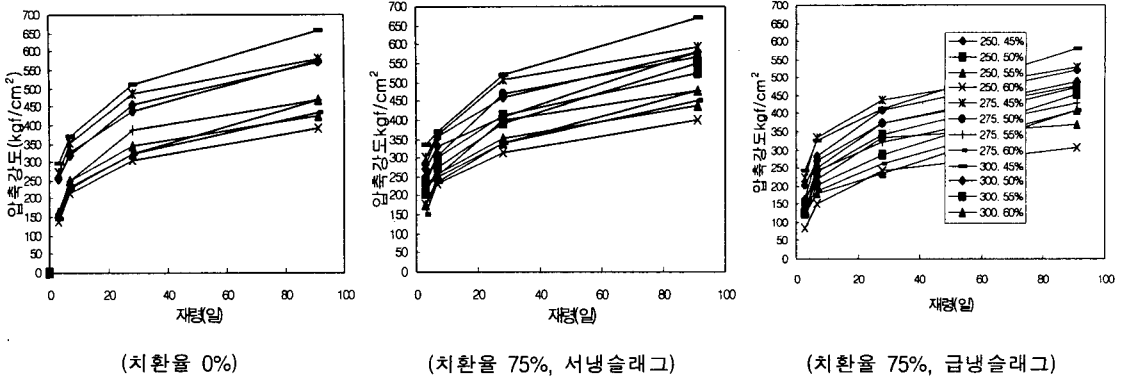


그림3. 압축강도의 경시변화

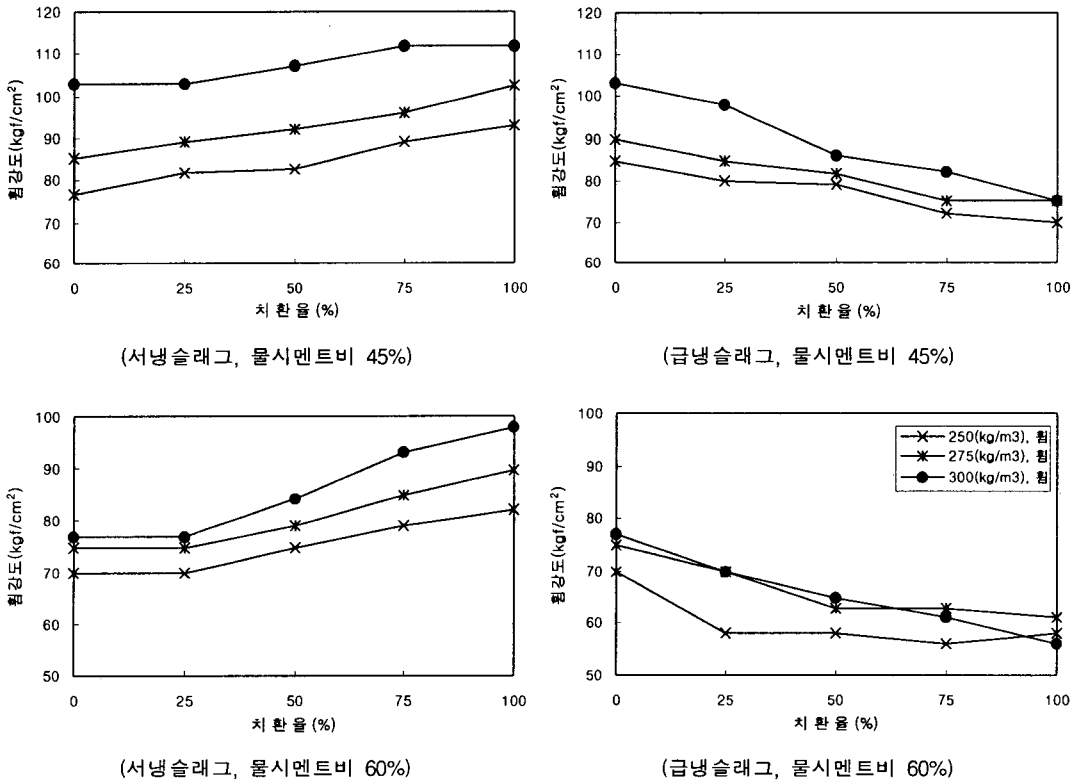


그림4. 치환율에 따른 휨강도 (재령28일)

5. 결론

슬래그의 치환율, 단위수량, 몰시멘트비를 변화시켜 고로슬래그 모래 사용 모르타에 대한 실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 서냉슬래그 모래사용 모르터의 압축강도 특성은 일반모르터와 유사한 경향을 나타내고 있으나, 치환율이 증가할수록 조기강도 증진이 나타나므로 현장적용시 거푸집 탈형시기 단축으로 인한 공기단축효과가 기대된다.

(2) 물시멘트비에 따른 압축강도 변화는 일반모르터와 동일한 경향을 나타내었으며 슬래그만의 특성은 발견되지 않았다.

(3) 휨강도는 서냉슬래그 모래를 사용한 모르터의 경우 슬래그 치환율의 증가에 비례하였으며, 재령28일에서는 압축강도의 25%까지 발휘되었다. 반면 급냉슬래그 모래를 사용한 모르터는 치환율이 증가할수록 휨강도가 감소하는 경향을 나타내었다.

이상의 결과에 따라 서냉슬래그 모래를 사용한 모르터는 급냉슬래그 모래를 사용한 모르터보다 일반모르터와 유사한 강도경향을 보이므로 사용상의 문제점은 없을 것으로 판단된다. 또한, 서냉슬래그 모래의 높은 조기강도와 휨강도는 공기단축 및 휨 균열저감에 유효할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 한국콘크리트학회, “최신 콘크리트공학”, 기문당, 1999
2. 대한토목학회, “고로슬래그 굵은 골재를 이용한 콘크리트에 관한 연구” 동서개발 주식회사, 1985,
3. 이도현외 4인, “부순모래의 실용화 방안에 관한 연구(I)”, 대한주택공사, 1993.
4. 임남기외 5인, “수재슬래그 모르터의 강도특성에 관한 연구”, 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집, 1997.