

제강슬래그 잔골재 사용 모르타르의 역학적 특성에 대한 고찰

A Study on the Mechanical Properties of Mortar Using Steel Slag Fine Aggregate

문한영^{*} 유정훈^{**} 박영훈^{***} 강정용^{***} 정문철^{***} 송준혁^{****}
Moon Han-Young, Yoo Jung-Hoon, Park Young-Hoon, Kang Jung-Yong, Jung Moon-Chul, Song Joon-Hyuk

ABSTRACT

Recently, as quality river aggregates like sands and gravels become scarce, use of crushed stones and sands, seashore sands, and seashore gravels is increasing abruptly. And, aggregates recycled from slags and waste concretes are used. However, since the converter slag easily expands and breaks due to free lime, differently from the blast-furnace slag, it is not suitable for use as concrete aggregates. Since the atomized steel slag aggregate has slippery surface and spherical shape, the mortar flowing characteristics improved as the atomized steel slag content increases, without regard to the aggregates coarseness and water/cement ratio. The flow characteristics loss rate of the mortar manufactured from steel slag aggregates was similar to that of the mortar manufactured from washed sand only. The compact strength of the mortar manufactured from coarse PS Ball were larger than that manufactured from washing sand only.

1. 서론

근년에 와서 양질의 강모래, 강자갈과 같은 하천골재의 품귀현상으로 인하여 콘크리트용 골재로 부순돌, 부순모래, 바닷모래 및 바다자갈을 사용하는 경우가 급증하고 있을 뿐만 아니라 산업부산물인 고로슬래그, 전기로슬래그 및 폐콘크리트를 재활용한 재생골재 등을 콘크리트용 골재로 활용하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그런데 콘크리트 표준시방서에서는 고로슬래그를 콘크리트용 골재로 사용할 수 있도록 제정하고 있으나, 전기로슬래그나 전로슬래그와 같은 제강슬래그는 고로슬래그 골재와는 달리 유리석회에 의한 팽창붕괴성이 있어 콘크리트용 굵은골재로 사용해서는 안된다고 규정하는 등의 제약을 받고 있다. 그러나 한국표준공업협회에서 동(銅)슬래그 골재 및 연(鉛)슬래그를 콘크리트용 골재

* 정회원, 한양대학교 공과대학 토목공학과 교수

** 정회원, 한양대학교 산업과학연구소 선임연구원

*** 정회원, 부천대학 토목과 조교수

**** 학생회원, 부천대학 토목과

로 사용하기 위한 한국산업규격을 제정하였으며, 일본에서는 제강슬래그를 콘크리트용 골재로 활용하기 위한 규정을 제정하려는 움직임이 활발하다.(일본철강협회, 1997)

본 연구에서는 제철산업에서 발생하는 전로슬래그를 개질처리의 일종인 분무법에 의해 산소를 불어 넣어 구형(球形)의 전로슬래그 입자를 형성하므로써 최대 단점인 팽창성을 억제한 전로슬래그를 콘크리트용 잔골재로 활용하기 위한 기초적 연구의 일환으로 바다모래를 세척한 잔골재(세척사로 약함) 및 세척사와 일부 대체하여 제조한 모르타르의 기초 물성 실험을 실시한 결과에 대하여 고찰하였다.

2. 실험개요

2.1 실험재료

(1) 시멘트 : 보통포틀랜드시멘트(OPC로 약함)의 화학성분 및 물리적 성질은 표 1과 같다.

표 1. 시멘트의 화학성분 및 물리적 성질

SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO ₃ (%)	강열감량 (%)	비중	비표면적 (cm ² /g)
20.30	6.20	3.20	62.40	3.00	2.00	1.90	3.14	3,265

(2) 잔골재 : 비중 2.62인 세척사 및 비중 3.48인 개질처리한 구형의 전로슬래그 잔골재(전로슬래그 잔골재 또는 PS Ball로 약함)를 사용하였다. 이때 전로슬래그 잔골재의 화학성분은 표 2와 같으며 주성분이 Fe 및 CaO임을 알 수 있다.

2.2 시험방법

(1) 모르타르 제조 : 전로슬래그 잔골재와 세척사의 비중이 상이하므로 골재의 용적이 달라지는 점을 고려하여 모르타르 중 시멘트와 골재의 용적비를 1:2.94의 비율로 고정한 후 전로슬래그와 세척사의 비율을 각각 0, 50 및 100%로 정하였으며, 물-시멘트비는 40 및 50%로 하여 모르타르를 제조하였다. 특히 세척사와는 달리 전로슬래그 잔골재는 표면이 매끄러워서(그림 1 참조) 표건상태를 맞추기가 어려워 절건상태로 실험을 실시하였다.

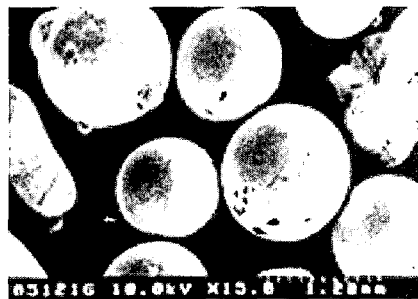


그림 1. 전로슬래그 잔골재

(2) 모르타르의 플로우 및 플로우 손실률 : 모르타르 플로우는 KS L 5015에 의해 측정하였으며, 경과시간에 따른 플로우 손실률은 모르타르 제조

표 2. 전로슬래그의 화학성분 (wt.%)

T-Fe	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Pb	Cr	Cd	Zn	P	Ti	V	Cu	Mn	Mo
20.83	3.35	26.06	12.69	40.30	2.22	7.95	<0.10	<0.10	0.0095	0.21	0.0055	0.015	1.46	1.22	0.61	0.0046	4.40	0.01

후 경과시간 3시간까지 30분 간격으로 측정하였다.

(3) 모르타르 압축강도 : 표준양생한 모르타르의 재령별 압축강도는 2.5kgf/cm²의 하중재하속도로 측정하였다.

3. 실험결과에 대한 고찰

3.1 모르타르의 유동성 평가

전로슬래그 잔골재를 사용하여 물-시멘트비를 40 및 50%로 제조한 모르타르의 플로우값을 전로슬래그 잔골재의 대체율 및 조립률에 따라 정리한 것이 그림 2이다.

이 그림에서 전로슬래그 잔골재의 대체율이 증가하는데 따라 플로우값이 크게 증가하고 있음을 알 수 있었으며, 조립률과 물-시멘트비의 변화에 따른 경향은 매우 유사하였다. 전로슬래그 잔골재의 대체율이 증가하는데 따라 플로우값이 증가하는 이유는 그림 1에서와 같이 전로슬래그 잔골재의 표면이 매끄럽고 둥근 입형(구형율≒1)으로 골재 사이의 마찰저항이 감소된 탓으로 생각된다.

전로슬래그의 대체율 및 조립률이 각각 증가할수록 모르타르의 플로우값이 거의 비례적으로 증가하고 있음을 알 수 있으며, 각 조립률별로 세척사만을 사용한 모르타르(이하 기준 모르타르로 약함)의 플로우값을 100으로 가정할 때 전로슬래그 잔골재의 대체율이 증가할수록 플로우값의 증가율은 물-시멘트비 50%의 경우, 30~50%, 물-시멘트비 40%의 경우, 50~90% 정도 증가된 높은 플로우값의 나타내었다. 따라서 전로슬래그 잔골재를 콘크리트용으로 활용할 경우 유동성을 크게 개선시킬 수 있을 것으로 생각된다.

3.2 모르타르의 플로우 손실

전로슬래그 잔골재를 사용하여 물-시멘트비 50%로 제조한 모르타르의 믹싱 직후의 플로우값 100에 대한 경과시간별 플로우 손실률을 측정하여 정리한 것이 그림 3이다.

이 그림에서 기준 모르타르의 플로우 손실률은 약간 작은 경향을 나타내었으나, 전로슬래그 잔골재 사용 모르타르의 경우, 조립률과 대체율에 따라 플로우 손실률의 경향이 약간 상이함을 알 수 있었다.

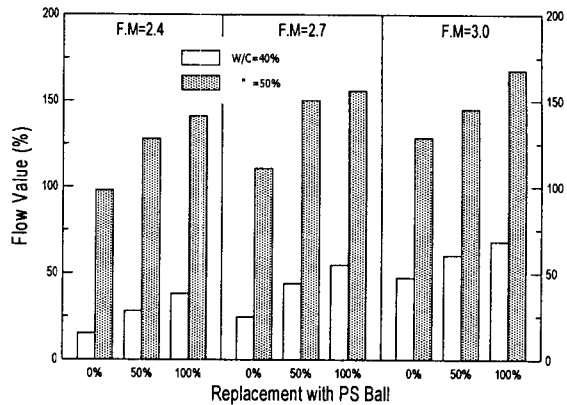


그림 2. 전로슬래그 골재 사용 모르타르의

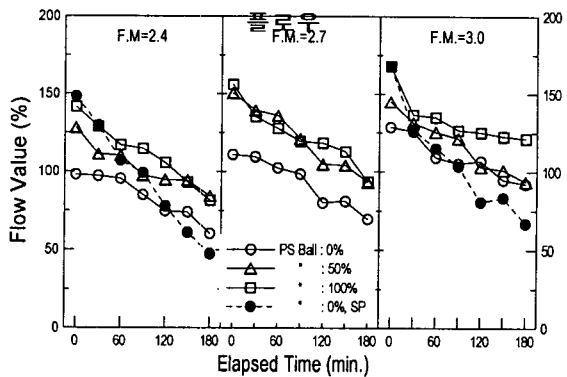


그림 3. 전로슬래그 골재 사용 모르타르의 경과시간별 플로우 손실률 (W/C=50%)

이때 전로슬래그 잔골재의 조립률에 관계없이 대체율 100%로 제조한 모르타르의 경우, 믹싱 후 60분 정도에서 블리딩이 가장 많이 생겼으며, 블리딩이 큰 탓으로 인하여 플로우 손실률이 가장 크게 나타났다고 생각된다. 경과시간 60분 이후 3시간까지의 플로우 손실률의 경향은 대체율 및 조립률에 따라 약간 상이한 결과를 나타내었다.

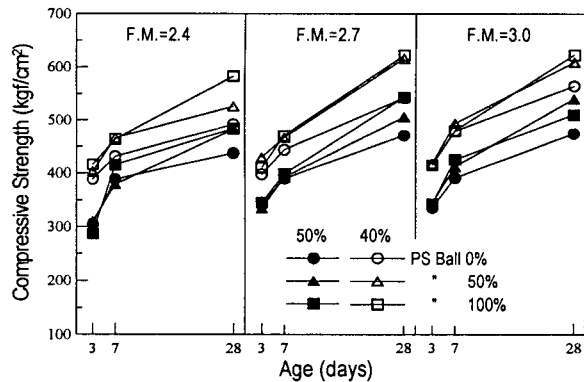


그림 4. 전로슬래그 잔골재 사용 모르타르의 압축강도

3.3 모르타르의 압축강도

전로슬래그 잔골재를 사용하여 제조한 모르타르의 재령 3, 7 및 28일에서의 압축강도를 대체율, 조립률 및 물-시멘트비별로 정리한 것이 그림 4이다. 이 그림에서 재령, 조립률 및 물-시멘트비에 관계없이 전로슬래그 잔골재를 사용한 모르타르의 압축강도가 기준 모르타르의 압축강도보다 전반적으로 큰 좋은 결과를 나타내고 있음을 알 수 있었다. 전로슬래그 잔골재의 조립률이 큰 경우의 압축강도가 약간 크게 나타났다.

일반적으로 천연 잔골재를 사용한 모르타르의 경우, 압축강도를 기준으로 한 잔골재의 조립률은 약 2.70 정도가 가장 적합하다고 하나, 본 실험에 사용된 전로슬래그 잔골재의 경우, 조립률 3.00에서 압축강도가 약간 큰 경향을 나타냄을 알 수 있었으나, 장기재령에 대한 자료가 없으므로 조립률이나 대체율에 대한 강도의 경향을 한마디로 말할 수 없었다.

4. 결론

- (1) 전로슬래그 잔골재의 표면이 매끄럽고 둥근 입형(구형율≒1)으로 인해 잔골재의 조립률 및 물-시멘트비에 관계없이 전로슬래그 잔골재의 대체율이 증가할수록 모르타르의 플로우값이 증가하는 좋은 경향을 나타내었다.
- (2) 전로슬래그 잔골재를 사용하여 제조한 모르타르의 플로우 손실률은 세척사만을 사용한 모르타르와 비슷한 경향을 나타내었다.
- (3) 조립률이 큰 전로슬래그 잔골재를 사용한 모르타르의 재령 28일까지의 압축강도가 세척사만을 사용한 경우보다 큰 경향을 나타내었으나, 전로슬래그 잔골재의 조립률 및 대체율에 따른 장기재령에서의 강도에 대한 예측은 추가실험이 요망된다.

본 연구는 2000년도 한국과학재단 목적기초연구(과제번호 : R01-2000-000-00368-0)의 연구비로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.