

개질처리한 제강슬래그 잔골재 사용 콘크리트의 성질

A Fundamental Property of Concrete Containing Atomized Steel Slag Fine Aggregate after Reforming Process

문 한 영^{*}, 유 정 훈^{**}, 박 영 훈^{***}, ○김 주 용^{****}, 윤 표 호^{***}, 김 얼^{***}
Moon Han-Young, Yoo Jung-Hoon, Park Young-Hoon, Kim Joo-Yong, Yoon Pyo-Ho, Kim Ul

ABSTRACT

Steel slag is produced during steel making process. Compared with the blast furnace slag, converter slag has the expansibility due to the reaction with water and free CaO. Therefore it is specified in Standard Specification for Concrete in Korea that steel slag aggregate must not be used in concrete. In this study, atomized steel slag aggregate is conducted from converter slag by the atomizing method. Atomized steel slag and conventional converter slag are same in its composite by nature in the converter but compounds of the composite become different because of different method of slag treatment. Especially atomized steel slag aggregate overcomes expansibility that is the weak point for usage. It is researched whether it has the possibility, suitability for fine aggregate in concrete. Slump and air content are measured in fresh concrete, compressive and bending strength in hardened concrete. These is compared with control concrete with washed sand.

1. 서론

고로슬래그는 시멘트 원료, 도로 포장 및 콘크리트용 골재 등으로 사용할 수 있도록 한국산업규격에 제정되어 광범위하게 재활용되고 있는 반면, 제강슬래그는 제강과정에서 부원료로 사용되는 생석회가 충분히 슬래그화되지 않으면 불안정한 상태로 슬래그 내부에 잔존하기 때문에 건설교통부 제정 콘크리트 표준시방서에서는 콘크리트용 골재로 사용해서는 안 된다고 규정하는 등의 제약을 받고 있다. 그래서 지금까지 제강슬래그는 콘크리트용 골재로 사용된 실적은 없으나, "제강슬래그를 사용한 아스팔트포장 설계시공지침", "전기로슬래그를 사용한 도로 포장설계·시공지침" 및 KS F 2535 "도로용 철강슬래그"를 제정하므로 도로포장재

- * 정회원, 한양대학교 공과대학 토목공학과 교수
- ** 정회원, 한양대학교 산업과학연구소 선임연구원
- *** 정회원, 부천대학 토목과 조교수
- **** 학생회원, 부천대학 토목과

료 및 매립재 등과 같은 한정된 용도로 활용되고 있다. 그러나 외국에서는 제강슬래그를 콘크리트용 골재로 활용하기 위한 움직임이 활발한 실정이다.

본 연구에서는 제강슬래그를 콘크리트용 잔골재로 활용하기 위한 연구의 일환으로 개질처리인 분부법에 의해 구형(球形)의 전로슬래그 입자를 형성함으로써 전로슬래그의 최대 단점인 팽창성을 억제한 후 바다모래를 세척한 잔골재(세척사로 약함)와 대체하여 제조한 콘크리트의 경화 전후의 기초물성 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 (%)	Ig. loss (%)	Specific Gravity	Surface Area(cm ² /g)
20.30	6.20	3.20	62.40	3.00	2.00	1.90	3.14	3,265

(2) 골재

천연의 잔골재는 비중 2.60, 조립률 2.81의 바다모래를 세척하여 사용하였다. 제강슬래그 잔골재로는 비중 3.65인 개질처리한 구형의 전로슬래그 잔골재(전로슬래그 잔골재, CS로 약함)를 사용하였다. 또한 잔골재의 입도에 의한 영향을 배제하기 위해 전로슬래그 잔골재를 입도별로 분류한 후 세척사와 동일한 입도로 계량하여 사용하였다. 또한 굵은골재는 비중 2.63의 부순돌을 사용하였다.

(3) 화학혼화제

콘크리트의 슬럼프와 공기량을 조절하기 위해 비중 1.2이고 암갈색의 액상형 나프탈렌계 고성능감수제와 비중 1.02, 연한 암갈색의 AE제를 각각 시멘트 중량에 대해 사용하였다.

2.2 실험방법

(1) 슬럼프 및 공기량

KS F 2402에 따라 굳지않은 콘크리트의 슬럼프를 측정하였으며, KS F 2421에 준하여 압력법에 의한 굳지않은 콘크리트의 공기량을 측정하였다.

(2) 압축강도

KS F 2403에 따라 $\phi 10 \times 20$ cm의 공시체를 제조한 후, KS F 2405에 따라 재령별 압축강도를 측정하였다.

(3) 휨강도

KS F 2408에 준하여 10×10×40cm 공시체를 제조한 후 재령 28일 동안 표준양생하고 3등분점 하중법에 따라 콘크리트의 휨강도를 측정하였다.

2.3 콘크리트 배합

콘크리트 배합은 설계기준강도로부터 1종(270kgf/cm²), 2종(240kgf/cm²) 및 3종(210kgf/cm²)으로 나누었다. 이때 콘크리트의 배합표는 표 2와 같다.

표 2. 콘크리트 배합표

Types	Items	G _{max} (mm)	Slump (cm)	Air (%)	W/C (%)	S/a (%)	Unit Weight (kg/m ³)					Remarks
							W	C	S	CS*	G	
Type 1	270	25	15	4~6	45	43	156	346	764	-	1,041	C270
									382	526		C270-S
Type 2	240	25	15	4~6	50	42	167	334	739	-	1,048	C240
									370	509		C240-S
Type 3	210	25	15	4~6	53	43	167	315	764	-	1,039	C210
									382	526		C210-S

* CS : 개질처리한 제강슬래그 잔골재

3. 실험결과 및 고찰

3.1 굳지않은 콘크리트의 물성

콘크리트 구조물을 시공할 경우 굳지않은 콘크리트의 유동성을 확보하기 위해서는 고성능감수제를 사용한다. 그림 1에서 알 수 있듯이 전로슬래그를 일반 잔골재와 50% 대체하여 사용한 콘크리트의 경우 일반 잔골재만 사용한 보통콘크리트와 동일한 슬럼프를 얻기 위해 사용되는 고성능감수제의 사용량이 현격히 줄어드는 것을 알 수 있다. 이는 개질처리에 의해 발생하는 전로슬래그 잔골재가 거의 완벽한 구형이고 슬래그 발생시 혼입되는 철분 등에 의해 비중이 높아졌기 때문으로 생각된다.

3.2 경화한 콘크리트의 역학적 성질

전로슬래그 잔골재 사용 콘크리트의 재령

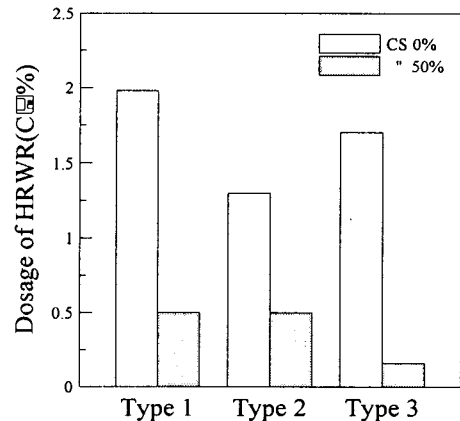
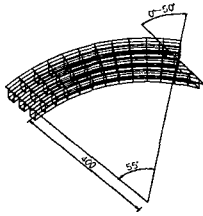


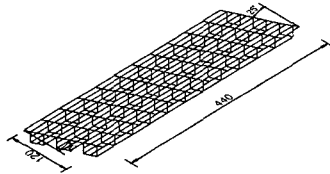
그림 1. 전로슬래그 잔골재 사용 콘크리트의 고성능감수제 사용량

3.3 직선사교와 곡선사교의 비교

3.3.1 해석 모델링



(1) 곡선사교 모델링



(2) 직선사교 모델링



(3) 단면도

그림 3-5 직선사교와 곡선사교의 모델링

직선사교와 곡선사교의 해석시 경계조건과 하중 등의 기본 모델링에 대한 조건은 3.1.1에서와 동일하게 적용하였고, 단면은 그림3-5의 (3)과 같이 모델링하였다. 곡선사교는 가동단(우측)에 3.1절과 같이 25°씩 단계별로 사각을 증가시켰으며, 직선사교는 곡선사교에서 사각이 50°가 되었을 때와 같이 양단이 평행하게 사각을 25°로 주어서 해석하였다.

3.3.2 해석 결과

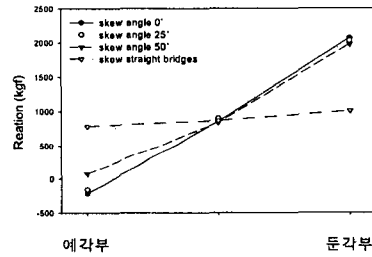
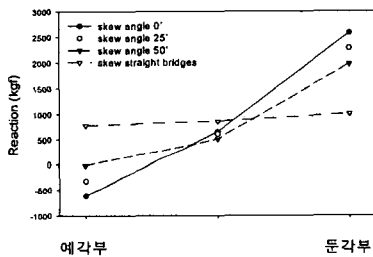


그림 3-6 직선사교와 곡선사교의 반력

4. 결론

본 연구에서는 사각의 크기 및 곡률의 변화에 따른 곡선 보의 거동과 직선사교와 곡선사교의 역학적 거동에 대한 차이를 각각 비교·분석하였으며, 이로부터 얻은 결론은 다음과 같다.

- (1) 곡선보의 해석결과로부터 곡률을 일정하게 하고 가동단(우측)의 사각을 단계별로 증가시켰을 때, 가동단의 사각이 증가함에 따라 최대처짐이 감소하였고, 반력은 둔각부에서 10~32%가 감소하였다. 또한 사각을 일정하게 하고 곡률을 증가시켰을 때, 최대처짐이 증가하였고, 반력은 둔각부에서 20~21%가 증가하였다.
- (2) 직선사교와 곡선사교의 비교에서 최대처짐은 동일조건에서 곡선사교가 더 크게 발생하였다. 반력은 직선사교에서는 둔각부에서 고정단에서는 97~157%, 가동단에서는 97~106%가 증가하였다. 또한 곡선사교는 둔각부에서 반력이 편중되었다.

참고 문헌

1. Nakai, C. P., and Chai Hong, Y., "Analysis and Design of Curved Steel Bridges," McGraw - Hill Book Company, 1988
2. Hambly, E. C., "Bridge Deck Behaviour," Wiley, New York, 1975
3. 장병순, "교량공학," 기문당, 2002
4. "도로설계편람(Ⅲ)," 건설교통부, 2001
5. 엄종욱, "傾斜 境界軸을 갖는, 平板으로 結合된 三次元 構造物의 解析," 부산대학교 석사학위논문, 1987