

환원슬래그를 사용한 콘크리트의 내구성 평가에 관한 연구

The Study of experiment on preventing frost damage at early age of mortar in low temperature using Reduction slag.

민 태 범* 최 현 국* 문 영 범* 김 형 철*
Min, Tae-Beom Choi, Hyun-Kuk Mun, Young-Bum Kim, Hyeong-Cheol

Abstract

In previous study, researchers studied development of early anti-freezing cement at low temperature (-5°C) using hydration characteristics of reduction slag. In this study, the durability of concrete using reduction slag was conducted. The experiment result, reduction slag makes high temperature and improves compressive strength due to quick setting. And then result of durability show that it is no problem. However, it is considered that further study is needed about high shrinkages which was indicated in dry shrinkage.

키 워 드 : 한중 콘크리트, 초기동해, 환원슬래그, 수화열, 석고

Keywords : cold weather concrete, frost damage at early age, reduction slag, hydration heat, gypsum

1. 서 론

환원슬래그는 30%이상의 Al_2O_3 와 50%이상의 CaO 를 가지는 제강산업에서의 부산물이다. 이러한 환원슬래그는 다른 시멘트 분체에 비해 Al_2O_3 많이 포함하고 있으므로 수화반응시 많은 수화열을 발생시키는 특성을 가지고 있다. 기존 연구에서 본 연구진들은 이러한 환원슬래그의 수화열 특성을 이용하여 저온(-5°C)에서 초기동해 방지용 시멘트 분체 개발 연구를 실시하였으며 본 연구에서는 기존연구에 이어 환원슬래그를 사용한 콘크리트의 내구성 평가를 실시하였다.

2. 실험 개요

본 연구에서는 내구성 평가를 실시하기 위해 표1과 같이 콘크리트 시험체를 제작하였으며 환원 슬래그를 시멘트 분체에 치환하는 방법으로 시험체를 제작 하였다. 실험 항목은 콘크리트의 기초 물성 실험과 내구성 평가로 구분하여 실시하였으며 실험항목, 실험기준, 실험목표는 표2와 같다.

표 1. 콘크리트 배합

Specimen	W/C (%)	W (g)	S/a (%)	Binder(kg/m^3)		Sand (kg/m^3)	coarse aggregate (kg/m^3)	AD (%)
				cement	reduction slag			
OPC	50	175	49.5	350	0	882	910	0.8
C/R				280	70			

표 2. 실험 항목 및 방법

항목	방법	유동성	공기량	압축강도	탄산화 저항성	동결융해저항성	길이변화
실험기준		KS F 2402	KS F 2421	KS F 2405	KS F 2584	KS F 2425	KS F 2424
실험 목표		180mm±25	5.0%이하	-	-	저항성 60%이상	-
측정 재령		굳지않은 콘크리트	굳지않은 콘크리트	1, 3, 7, 28일	1, 4, 8, 13, 26주	500Cycle*6회	12 Week

* 성신양회(주) 기술연구소

3. 실험 결과

표3은 기본 물성실험 및 내구성평가 결과를 나타낸 표이다. 유동성 측정결과 환원슬래그가 혼입됨에 따라 유동성이 감소하는 것으로 나타났다. 이는 환원슬래그의 분말도가 높기 때문에 물과의 흡착부족으로 인해 유동성이 감소하는 것으로 판단된다. 또한 공기량 실험은 Plain과 유사한 결과치를 나타냄으로 환원슬래그는 공기량과의 관계가 없는 것으로 나타났다.

압축강도 실험결과 Plain과 비교하였을 때 환원슬래그가 혼입됨에 따라 압축강도는 증가하는 것으로 나타났다. 이는 환원슬래그의 성분중 Al₂O₃가 수화반응 초기에 높은 수화열을 나타냄으로 강도 향상에 기여한 것으로 판단된다. 그러나 높은 수화열은 콘크리트의 단면내의 온도차에 의해 수축 균열이 일어날 확률이 높다. 따라서 환원슬래그의 사용시 수축균열에 대한 평가가 필수적으로 이루어져야 한다.

탄산화 실험결과 Plain과 환원슬래그를 사용한 실험체를 비교 평가 하였을 경우 환원슬래그를 치환하여 사용한 실험체가 탄산화에 의한 저항성이 높은 것으로 나타났다. 이는 환원슬래그를 사용한 실험체가 Plain실험체 보다 압축강도가 높기 때문에 나타나는 현상으로 사료되며 고로슬래그와 다르게 CaO의 성분이 OPC와 유사하게 포함하고 있으며 OPC에 비해 상대적으로 SiO₂함유량이 낮다. 따라서 탄산화 침투 속도가 낮은 것으로 판단된다.

동결융해 실험결과 Plain실험체와 환원슬래그를 혼입한 실험체의 동결융해 저항성은 유사하게 나타났다. 이는 각각의 실험체가 공기량이 비슷하기 때문에 나타나는 현상으로 판단된다.

표 3. 물성실험 및 내구성평가 결과

구분	유동성 (mm)	공기량 (%)	압축강도 (MPa)				탄산화 침투 깊이(mm)					동결융해 저항성(%)						
			1일	3일	7일	28일	1주	4주	8주	13주	26주	0	50	100	150	200	250	300
Plain	185	4.2	3.2	12.1	19.3	28.2	0.00	7.40	14.00	14.65	15.05	100	82	78	70	65	63	63
C/R	160	4.1	5.3	18.7	23.9	36.5	0.00	4.31	10.23	12.45	13.20	100	87	82	73	69	68	66

그림1은 건조수축 평가를 나타낸 그림이다. 그림1에서 알 수 있듯 환원슬래그가 포함된 실험체가 Plain에 비해 재령에 초기에 수축량이 높은 것으로 나타났으며 최종 수축량도 높은 것으로 나타났다. 이는 환원슬래그의 수화반응시 높은 수화열로 인하여 이와 같은 현상이 나타나는 것으로 판단된다. 또한 환원슬래그를 사용한 실험체의 최대 수축량은 $-428 \times 10^{-6}m$ 으로 나타났다. 일본의 JASS 5에서는 건조 수축의 최대 수축은 통상 $-800 \times 10^{-6}m$ 이하로 규정하고 있으므로 환원슬래그를 사용한 실험체가 건조수축량이 높더라도 내구성에 문제가 없을 것으로 사료된다.

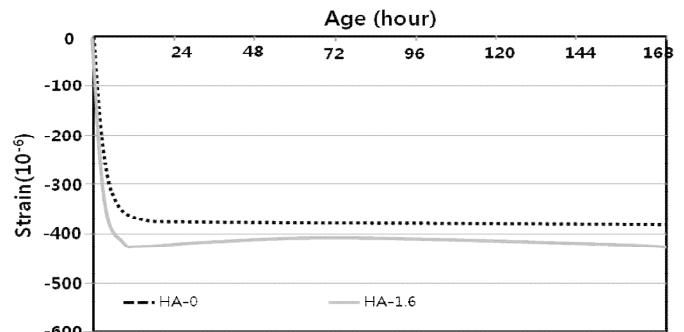


그림 1. 건조수축 평가결과

4. 결 론

본 연구 결과 환원슬래그는 높은 온도발열을 시키며 급결로 인해 강도발현을 증가 시키며 내구성 평가결과 문제가 없는 것으로 나타났다. 그러나 건조수축의 경우 높은 수축량을 나타냈으므로 추후 이에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 국토교통기술촉진사업의 연구비 지원에 의한 결과의 일부이다. (16CTAP-0078650-03)

참 고 문 헌

1. 민태범, 환원슬래그를 사용한 모르타르의 저온에서의 초기동해 방지에 관한 기초적 실험, 한국건축사공학회지, 제16권 제1호, pp.3~8, 2016.2