순환골재 세척수를 혼입한 고로슬래그 콘크리트의 압축강도 특성에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Compressive Strength Property of Concrete with Ground granulated Blast Furnace Slag Using Wash Water from Recycled Aggregates

정 상 경* 신 상 엽** 김 영 수***
Jung, Sang-Kyung Shin, Sang-Yeop Kim, Young-Soo

Abstract

The purpose of this study is to investigate the compressive strength property of concrete with Ground granulated blast furnace slag(GBFS) using wash water from recycled aggregate. When GBFS is reacted with water, it doesn't happen to hydraulic reaction but GBFS becomes latent hydraulic property in alkaline environment. For this reason, if it is possible to use wash water from recycled coarse aggregate as mixture water, GBFS have the advantage of early strength due to effect of activation. We investigated the compressive strength properties of GBFS concrete using wash water from recycled aggregate. According to the experimentation result, ICP-OES showed wash water from recycled coarse aggregate has a high alkali value of pH of 12. Also, compressive strength in early age using wash water can be improved as an activation.

키 워 드 : 순환골재, 세척수, 고로슬래그 미분말, 수화, 잠재수경성
Keywords : Recycled aggregate, Wash water, Ground granulated Blast furnace slag, Hydration, Latent hydraulic property

1. 서 론

순환골재는 경제적이고 천연골재 생산 대비 환경부하가 낮으며 부족한 골재자원을 대체하기 위한 적절한 방안으로 각광 받고 있다. 이러한 순환골재를 생산하는 과정에서 미분제거와 분진방지를 위해 물을 이용하여 세척하는 공정을 거치게 되는데 이 과정에서 다량의 용수가 사용된다. 시멘트의 반응특성인 수경성은 물분자와 접하게 되면 수화물을 형성하여 경화하는 메커니즘인 반면에, 고로슬래그의 잠재수경성은 단순히 물과 접촉하게 되면 불투수성 산성 피막을 형성함에 따라 반응성이 없으므로 알칼리 자극제의 존재가 반드시 필요하며 이것에 의해 고로슬래그의 반응이 촉진된다는 점에서 차이가 있다.

순환골재 세척수에 용해되어 있는 수산화칼슘이 알칼리 자극제로서의 역할을 한다면 고로슬래그 콘크리트의 조기강도는 증진이 될 것으로 예상된다. 본 연구에서는 세척수의 ICP-OES 질량분석을 통해서 세척수의 성분을 분석하고 이를 배합수로 활용하여 고로슬래그 콘크리트의 압축강도 특성에 대해 알아보고자 한다.

2. 실험계획

2.1 실험 개요

본 연구에서는 표 1과 같이 시멘트의 질량에 고로슬래그 미분말을 10, 20, 30, 50, 70(%)씩 단계별로 치환한 뒤 세척수와 수돗물을 각각 사용하여 콘크리트를 제조하였다. 재령 3일, 7일, 14일, 28일에서 콘크리트의 압축강도를 측정하여 세척수를 혼입한 고로슬래그 콘크리트의 특성을 수돗물을 사용한 콘크리트와 비교 · 분석 하였다. 표 2에 각 시간별 세척수의 성분 분석을 나타내었으며, 수돗물을 사용한 시편과 세척수를 사용한 시편을 제작하여 배합수에 따른 고로슬래그 콘크리트의 역학적 특성을 비교하였다.

3. 실험결과

ICP-OES 질량분석장비를 이용하여 수산화칼슘의 총량을 측정하였을 때, 침지 1시간에서 수산화칼슘이 가장 높게 나타났으며

* 부산대학교 건축공학과 석사과정
** 부산대학교 건축공학과 박사수료
*** 부산대학교 건축공학과 정교수, 교신저자(kys@pusan.ac.kr)

다소 근소한 차로 줄어드는 것을 알 수 있었다. 이는 순환골재의 형상 및 두께에 의한 샘플링의 차이 때문으로 사료된다. 또한 세척시간에 관계없이 pH 12이상으로 강알칼리성을 확인할 수 있었다. 동일한 시편의 경우 세척수를 사용한 시편들은 압축강도가 증가하는 것으로 나타났다. 재령 7일에서의 압축강도의 경우 세척수를 사용한 시편의 경우는 재령 3일과 동일한 강도 발현 성상을 나타내었다. 재령 28일에서 세척수를 사용한 시편이 수돗물을 사용한 시편과 비교하여 평균 10% 정도 강도가 상승하는 것으로 측정되었다.

표 1. 세척수를 사용한 콘크리트의 실험인자 및 평가항목

항목		수준
실험인자	고로슬래그 미분말 치환율(%)	0, 10, 20, 30, 50, 70
평가 항목	콘크리트의 압축강도(일)	3, 7, 14, 28
	ICP-OES 질량분석	침지 시간 별

표 2. ICP-OES를 이용한 각 시간별 세척수의 성분 분석

침지 시간 (hr)	성분들의 양(㎎/ℓ)					pH
	수산화칼슘			K^+	Na^+	
	Ca^{2+}	OH^-	Total			
1h	83.8	36.0	155.8	27.0	4.1	12.22
2h	74.3	32.0	138.3	32.0	4.0	12.23
3h	74.5	31.8	136.1	26.0	3.5	12.18

표 3. 각 시편별 콘크리트의 압축강도

구분	압축강도(MPa)			
	3일	7일	14일	28일
Plain	27.12	31.00	33.19	38.11
Plain-W	27.25	31.85	33.95	38.25
S10	23.20	25.26	32.21	33.22
S10-W	24.00	27.50	33.15	35.70
S20	22.14	27.16	33.12	34.03
S20-W	26.10	31.15	33.45	34.65
S30	24.03	29.05	34.00	38.00
S30-W	26.60	32.45	34.50	40.90
S50	21.32	28.09	30.19	37.11
S50-W	25.30	30.30	31.95	39.55
S70	17.00	20.19	23.07	30.00
S70-W	19.85	21.85	24.75	31.40

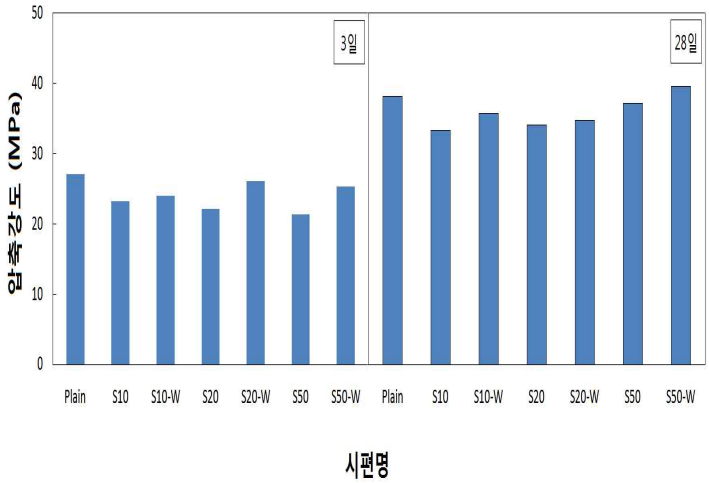

그림 1. 세척수를 사용한 재령에 따른 콘크리트 압축강도

4. 결 론

1) 순환골재 세척수를 ICP-OES 분석한 결과 칼슘이온(Ca2+), 수산화이온(OH-), 칼륨이온(K+), 나트륨이온(Na+) 등이 존재하였으며, 강알칼리성(pH>12)을 띄는 것으로 pH 측정결과 확인할 수 있었다.
2) 모든 시편에서 세척수를 사용 하였을 때 압축강도는 증진되는 것을 알 수 있었다. 이는 세척수에 용해되어 있는 수산화칼슘이 알칼리 자극제로서의 역할을 수행한 결과로 판단된다.
3) 조기재령에서 고로슬래그를 20-50% 범위로 치환한 시편에서는 7일 재령시, 플레인 대비 동등이상의 압축강도 결과를 보였다.

참 고 문 헌

1. 이유진 외 3인, 순환골재 용출수를 사용한 플라이애쉬를 혼입한 모르타르의 압축강도 특성에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 2013
2. 박응모, 무기계 자극제가 고로슬래그 시멘트 수화물의 특성에 미치는 영향, 전북대학교 대학원, 2002