

알칼리 자극제를 사용한 고로슬래그 경화체의 반응 및 강도특성

Strength and Reaction Characteristic of the Hardened Blast Furnace Slag Paste using the Alkali Accelerator

김 윤 미* 박 선 규** 이 상 수*** 송 하 영****
Kim, Yun-Mi Park, Sun-Gyu Lee, Sang-Soo Song, Ha-Young

Abstract

The study carried out the experiment with presenting as the fundamental data for developing non-cement by using red mud generated in blast furnace slag and bauxite generated in the process of manufacturing the pig iron process of manufacturing $Al(OH)_3/Al_2O_3$ from as the binding material using the accelerator of NaOH. After fixing the thing and the NaOH adding the blast furnace slag and NaOH 10, 20, 30 (%) with 10, 20, 30 (%) substituted the red mud in the blast furnace slag and the experimental method carried out the experiment. And it measured the flexural strength and compressive strength and took a photograph EDS analysis and SEM. Consequently, the compressive strength was improved as the addition rate of the NaOH was high and the compressive strength according to the replacement ratio of the red mud was degraded. This is determined that film of the blast furnace slag is destroyed and it makes the hydration reaction condition and the intensity is revealed.

키 워 드 : 알칼리 자극제, 레드머드, SEM(전자주사현미경), EDS(에너지 분산형 X-선 분광기), 압축강도
Keywords : Alkali Accelerator, Red Mud, SEM, EDS, Compressive Strength

1. 서 론

건설 재료로 사용하고 있는 시멘트는 소성과정(1450℃) 중 많은 에너지를 소비하고 있으며, CO₂를 가장 많이 발생시키는 재료이다. 이 때문에 시멘트를 대체할 수 있는 재료로 산업부산물인 고로슬래그에 대한 연구가 진행되고 있으며, 고로슬래그는 잠재수경성으로 물과는 직접적으로 반응하지 않아 슬래그 표면에 존재하는 유리질을 깨트릴 수 있는 자극제가 필요하다. 또한, 보크사이트로부터 수산화알루미늄/알루미나($Al(OH)_3/Al_2O_3$)를 제조하는 과정에서 발생하는 부산물인 레드머드도 물과 직접적으로 반응을 일으키지 않아 이에 대한 연구가 진행되고 있다.¹⁾

본 연구는 시멘트 제조과정 중에 소비되는 에너지와 이산화탄소를 저감하고자 한 시멘트 대체재인 무시멘트를 개발하기 위한 기초적인 실험이며, 결합재료 산업부산물인 고로슬래그 및 레드머드를 사용하고 자극제로써 수산화나트륨(이하, NaOH)를 사용하여 경화체를 제작한 후 강도 및 반응 특성에 대하여 분석하였다.

표 1. 본 실험수준 및 요인

실험요인	실험수준	
결합재 조건	▪ BFS ¹⁾	▪ BFS + RM ²⁾
알칼리 자극제	▪ NaOH	
레드머드 치환율 (%)	▪ 0	▪ 10, 20, 30
알칼리 자극제 및 첨가율 (%)	▪ 10, 20, 30	▪ 10
양생조건	▪ 상대습도 80±5%, 온도 20±2℃	
W/B	▪ 0.55	
시험항목	▪ 휨 강도, 압축 강도, EDS, SEM	

1) BFS : 고로슬래그 (Blast Furnace Slag), 2) RM : 레드머드 (Red Mud)

* 정희원, 한밭대학교 건축공학과 석사과정

** 정희원, 목원대학교 건축공학과 조교수, 공학박사

*** 정희원, 한밭대학교 건축공학과 부교수, 공학박사, 교신저자 (sslee111@hanbat.ac.kr)

**** 정희원, 한밭대학교 건축공학과 교수, 공학박사

2. 실험개요

본 실험에서 사용된 고로슬래그는 밀도 2,91g/cm³, 분말도 4,464cm²/g이며, 레드머드는 밀도는 3,37g/cm³, 분말도는 3,483cm²/g인 것을 사용하였다. 실험 방법은 결합재로서 고로슬래그 100%에 레드머드를 0, 10, 20, 30 (%) 치환하였으며, 알칼리 자극제로서 NaOH를 사용하였다. 고로슬래그만을 사용한 시험체의 NaOH의 첨가율은 10, 20, 30 (%)이며, 레드머드를 치환한 시험체의 NaOH의 첨가율은 10%로 고정하여 실험을 실시하였다. 시험항목으로 압축 및 휨 강도는 시멘트의 강도 시험 방법(KS L ISO 679)에 의거하여 측정하였으며, 미세조직을 관찰하기 위한 시험은 EDS(에너지 분산형 X-선 분광기)분석과 1,000 및 10,000배율로 SEM(전자주사현미경)을 촬영하였다. 본 실험수준 및 요인은 표 1에 나타내었다.

3. 실험결과

그림 1은 알칼리 자극제의 첨가율 및 레드머드의 치환율에 따른 휨 강도를 나타낸 것으로 NaOH 10, 20 (%)를 첨가한 시험체는 재령에 따라 강도가 증진되었으나 NaOH의 첨가율 30%와 레드머드를 치환한 시험체의 강도는 재령에 따라 저하되는 경향을 나타내었다. 또한, NaOH의 첨가율이 높아질수록, 레드머드의 치환율이 높아질수록 재령 28일 강도는 저하되었으며, 이는 시험체 표면에 발생한 균열에 의한 것으로 판단된다. 그림 2는 압축강도를 나타낸 것으로 NaOH의 첨가율 20%의 경우 다른 시험체보다 낮은 강도를 보였으나, 10, 30 (%)를 보았을 때 첨가율이 높을수록 강도는 증진되는 것으로 보이며, 레드머드의 치환율에 따른 압축강도는 치환율이 높아질수록 강도는 저하되는 경향을 나타내었다. BFS-NaOH 10%와 BFS-RM10%-NaOH를 비교하였을 경우 레드머드의 적정 치환은 강도발현에 도움이 되는 것으로 판단된다. EDS 분석과 SEM 촬영 결과 NaOH에 의해 고로슬래그의 유리질 피막이 파괴되어 잠재되어 있던 CaO 및 SiO₂등이 용출되어 수화반응 조건을 만들고 물과 반응하여 치밀한 조직을 만들어 강도가 발현된 것으로 판단된다.



그림 1. 휨 강도

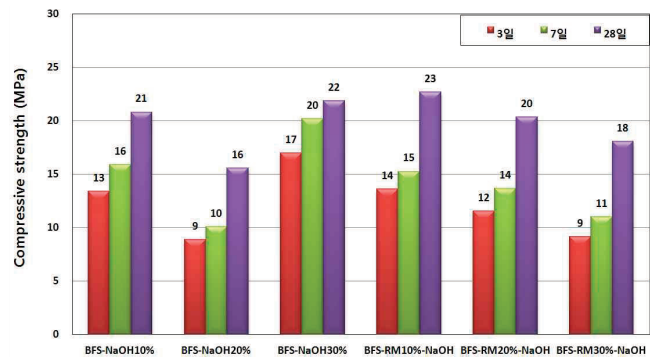


그림 2. 압축 강도

4. 결론

본 연구는 산업부산물인 고로슬래그 및 레드머드와 NaOH를 사용하여 경화체의 강도 및 반응 특성에 대하여 분석하고자 한 실험으로 휨강도 시험결과, NaOH를 10, 20 (%)를 첨가한 시험체는 재령에 따라 강도가 증진되었으며, NaOH의 첨가율 30%와 레드머드를 치환한 시험체의 강도는 재령에 따라 저하되었다. 압축강도 시험결과 NaOH의 첨가율이 높을수록 강도는 증진되었으며, 레드머드의 치환율에 따른 압축강도는 치환율이 높아질수록 강도는 저하되는 것을 나타내었다.

Acknowledgement

본 논문은 2012년 국토해양부 첨단도시개발 연구개발사업(과제번호: 12첨단도시 D01)의 일환으로 수행된 연구임을 밝히며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 이승형 외, 고로(수쇄)슬래그의 수화반응 메커니즘, 콘크리트학회지, 제24권 제6호, 2012