

황산 중화 레드머드 첨가량에 따른 시멘트 페이스트의 역학적 특성

Mechanical Properties of Cement Paste according to the amount of Red mud Neutralized with Sulfuric Acid

인병은¹ · 김상진¹ · 강석표^{2*}

In, Byung-Eun¹ · Kim, Sang-Jin¹ · Kang, Suk-Pyo^{2*}

Abstract

In order to improve the strength degradation of the cement-based material to which strong alkaline liquid red mud was added, the liquid red mud was neutralized with sulfuric acid and added to the cement paste to examine the mechanical properties according to the amount added. As a result of measuring the compressive strength, the strength was higher when the red mud was neutralized with sulfuric acid and added to the cement paste than the cement paste to which the liquid red mud was added. As a result of hydration heat measurement, when red mud was neutralized with sulfuric acid and added to the cement paste, an initial strength higher than that of liquid red mud was expressed.

키 워 드 : 레드머드, 시멘트 페이스트, 압축강도, 수화열

Keywords : red mud, cement paste, compressive strength, hydration heat

1. 서 론

1.1 연구의 목적

레드머드는 알루미늄 산업에서 베이어프로세스를 통해 발생하는 적갈색의 sludge 폐기물이다. 1톤의 알루미늄을 생산하기 위하여 1.0~1.5톤의 레드머드가 폐기물로 발생된다. 레드머드는 pH가 11~12의 고알칼리성이기 때문에 매립하여 폐기하는 경우 토양, 물, 대기오염으로 이어질 수 있어 산업계에 큰 문제가 되고 있다. 알루미늄 산업의 성장과 공장 수의 증가에 따라 레드머드는 전 세계적으로 매년 6억 6천만톤이 발생하는 것으로 추정되고 있다. 레드머드가 연간 28만톤이 발생되고 있으며, 재활용율은 10% 미만으로 조사되고 있다. 레드머드는 배출시의 약 35wt %의 함수율을 10%미만으로 건조하여 분쇄하고 있다. 이와 같은 레드머드의 분쇄공정은 많은 에너지를 필요로 한다. 이러한 에너지 소비를 줄이기 위하여 본 연구의 선행연구에서는 레드머드를 건조분쇄하지 않고 물에 분산한 액상 레드머드를 시멘트 콘크리트의 재료로 재활용하는 연구를 수행하였다. 그 결과 시멘트 콘크리트에 액상레드머드를 첨가할 경우 콘크리트의 강도가 저하되는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 강알칼리성의 액상 레드머드를 첨가한 시멘트계 재료의 강도저하를 개선하기 위해 황산으로 레드머드를 중화시켜 황산 중화 레드머드 첨가량에 따른 시멘트 페이스트의 역학적 특성을 검토하였다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

Plain 제조를 위한 실험배합은 물시멘트를 30%로 설정하였고, 일반 액상 레드머드(LRM)와 황산(LRM+S) 중화 액상 레드머드를 첨가한 시멘트 페이스트의 배합은 레드머드를 시멘트 중량의 10%, 20% 첨가하였다.

2.2 사용재료

본 실험에서는 시멘트는 S사의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였고, 레드머드는 알루미늄 제조공정 폐기물로 발생하는 슬러지 형태의 Red Mud(KC, Korea)를 사용하였고, pH 11~12인 액상 레드머드에 황산을 이용해 중화하여 pH를 7~8로 제조하여 사용하였다.

1) 우석대학교 건설공학과 석사과정

2) 우석대학교 건축학과 교수, 교신저자(ksp0404@woosuk.ac.kr)

2.3 실험방법

본 논문에서는 레드머드와 황산 중화 레드머드를 첨가한 시멘트 페이스트의 압축강도는 1일, 3일, 7일, 28일 재령별로 샘플을 수집하여, KS L ISO 679 시멘트 강도 시험에 준하여 측정하였다. 수화열은 A multichannel microcalorimeter(TAM AIR, C80, SETARAM Company, France)를 사용하여 측정하였다. 수화열 흐름은 시멘트에 물을 혼합한 직후부터 72시간까지 측정하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 압축강도

Plain의 28일 압축강도는 61MPa로 나타났다. LRM을 첨가한 28일 압축강도는 LRM-10 및 LRM-20이 각각 38, 34MPa로 나타났다. 따라서 플레인과 비교하여 38, 44% 감소하였다. 반면에 LRM+S를 첨가한 28일 압축강도는 LRM+S-10 및 LRM+S-20이 각각 60, 53MPa로 나타났다. LRM과 비교하여 각각 59, 56% 증가 하였다. LRM는 첨가량이 증가할수록 plain에 대한 강도비가 낮게 발현하였다. LRM+S는 첨가량이 증가할수록 plain에 대한 강도비가 낮고, 모든 재령에서 LRM과 비교하여 유사한 강도비 차이를 유지하고 있다. 이는 LRM과 비교하여 시멘트의 초기수화에 부정적인 영향이 줄어들어 재령 28일에는 강도비가 다소 증가하는 경향을 보인다.

3.2 수화열

본 실험에서 첫 번째 피크와 두 번째 피크는 각각 0.1~0.3시간, 15~54시간에 나타났다. Plain의 첫 번째 피크는 약 0.1시간에 나타났다. LRM 및 LRM+S를 첨가한 페이스트의 첫 번째 피크는 각각 약 0.15시간, 0.1시간으로 나타났다. Plain의 두 번째 피크는 약 15시간에 나타났다. LRM을 첨가한 페이스트의 두 번째 피크는 LRM-10 및 LRM-20이 각각 24시간, 54시간으로 나타났다. 시간에 따른 누적수화열량은 plain의 72시간 동안의 누적수화열량은 9.8J/g으로 나타났다. LRM을 첨가한 경우 LRM-10은 9.5J/g이고, LRM-20은 6.4J/g 으로 나타났다. LRM+S의 경우 LRM+S-10은 10.2J/g이고, LRM+S-20은 9.5J/g으로 나타났다.

4. 결 론

28일 압축강도 측정결과는 Plain과 비교하여 LRM을 20% 첨가한 시멘트 페이스트에서 최저인 55%의 강도비를 나타낸 반면 LRM+S를 10% 첨가한 시멘트 페이스트에서 최고 99%의 강도비를 나타내었다. 수화열 측정결과 Plain과 비교하여 LRM을 첨가한 시멘트 페이스트는 수화열 최대피크의 발열량이 낮고 0.14시간 지연되었다. 반면 LRM+S를 첨가한 시멘트 페이스트의 경우 Plain 수화열 피크와 유사하게 나타났다. LRM+S10의 28일 압축강도는 plain과 유사한 수준까지 도달하고 있어 레드머드를 중화함으로써 기존에 제한하고 있는 레드머드의 사용량보다 증가시킬 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 국토교통부 국토교통기술사업화지원사업의 연구 지원(과제번호: 21TBIP-C160747-01)의 일환으로 수행된 연구임을 밝히며 이에 감사를 드립니다.

참고문헌

1. Choe, G., Kang, S., & Kang, H.. Characterization of slag cement mortar containing nonthermally treated dried red mud. Applied Sciences, 9(12), 2019, 2510.
2. Choe, G., Kang, S., & Kang, H.. Mechanical Properties of Concrete Containing Liquefied Red Mud Subjected to Uniaxial Compression Loads. Materials, 13(4), 2020, 854.
3. Kim, H. Y.. Urea additives for reduction of hydration heat in cement composites. Construction and Building Materials, 156, 2017, 790-798.