

질산 중화 레드머드를 첨가한 시멘트 페이스트의 초기강도 특성

Initial Strength Characteristics of Cement Paste Added with Nitric Acid Neutralized Red Mud

강 혜 주*
Kang, Hye Ju

강 석 표**
Kang, Suk Pyo

Abstract

An increasing amount of red mud (RM) is being generated globally with the growth in aluminum production. To avoid the RM becoming a pollutant, methods for effectively recycling RM at a low cost are being investigated. This study proposes a method for recycling RM as a construction material. The cement paste with neutralized liquefied red mud had higher compressive strength than that of plain cement paste and cement paste with liquefied red mud without neutralization at 1 d of aging; this indicates that nitric acid neutralization increases the early-age strength.

키 워 드 : 레드머드, 액상레드머드, 중화레드머드, 압축강도, XRD

Keywords : redmud, liquefied red mud, neutralization red mud, compressive strength, X-ray diffraction

1. 서 론

레드머드는 보크 사이트를 알루미늄 생산의 원료인 알루미늄이나 가공할 때 발생하는 폐기물이다. 일반적으로 알루미늄 1 톤당 0.8 ~ 1.5 톤의 레드머드가 발생된다. 알루미늄 산업의 급속한 발전으로 전 세계 레드머드 (RM) 발생량은 연간 약 6억 6천만톤에 이른다. 레드머드는 다양한 응용 분야에서의 활용에 대한 여러 연구가 수행되었다. 지금까지 대부분의 연구는 시멘트 모르타르에 대한 레드머드의 영향에 초점을 맞추었다. 이러한 연구는 대부분 함수율 약 50%상태로 배출되는 레드머드 슬러지를 건조시킨 분말을 사용하였다. 가열 및 건조분쇄 공정을 거친 레드머드는 제조원가가 상승되어 재활용에 장애요인이 되고 있다. 기존연구에서는 레드머드 재활용을 확대하기 위한 방법으로서 기존 슬러지 상태의 레드머드를 간단한 혼합만으로 액상화하는 방법을 제안하였다. 그러나 이를 시멘트 콘크리트에 적용할 경우 압축강도가 저하되는 것으로 나타났다. 이러한 압축강도 저하는 레드머드의 높은 알칼리 함량으로 인하여 시멘트 수화반응에 부정적인 영향을 미치는 것으로 보고하였다. 이를 개선하기 위하여 레드머드를 질산으로 중화하여 시멘트 페이스트에 적용하고자 하였다. 레드머드를 질산으로 중화할 경우 레드머드의 Na^+ 와 NO_3^- 의 존재로 NaNO_3 와 같은 경화촉진제 역할을 할 수 있을 것으로 예상된다. 본 논문에서는 액상레드머드를 질산으로 중화하고 초기강도 특성을 검토하였다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험 계획

질산 중화 레드머드를 첨가한 시멘트 페이스트의 제조를 위하여 질산 중화 및 액상 레드머드를 시멘트 중량에 대해 20% 외할 첨가하고 물시멘트비를 30%로 설정하였다.

2.2 사용 재료

레드머드는 액상 레드머드(Before)와 질산 중화 후의 레드머드(After) 두 종류를 사용하였다. 질산 중화 레드머드는 액상 레드머드를 질산으로 중화하여 pH를 7~8로 제조한 레드머드이다. 시멘트는 국내 S사의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였다.

2.3 실험 방법

질산 중화 레드머드를 첨가한 시멘트 페이스트의 압축강도는 KS L ISO 679 시멘트의 강도 시험 방법에 준하여 측정하였으며, 12시간, 1일, 3일, 7일의 재령별로 샘플을 수집하여 X-Ray Diffraction 분석을 하였다.

* 우석대학교 건설공학과 박사과정, 교신저자(leekang02@nate.com)

** 우석대학교 건축학과 교수

3. 실험 결과 및 분석

질산 중화 레드머드를 첨가한 시멘트 페이스트의 압축강도를 그림 1에 나타내었다. 1일 압축강도 측정결과 Plain의 경우 32.8MPa, Before20의 경우 0.6MPa, After20의 경우 36.2MPa를 나타내었다. 액상 레드머드를 첨가한 경우 강도발현을 거의 하지 못하였으며, 질산 중화 레드머드를 첨가할 경우 Plain보다 높은 강도를 나타내었다. 3일 압축강도 측정결과 Plain의 경우 46.5MPa, Before20의 경우 9.1MPa, After20의 경우 37.62MPa를 나타내었으며, 7일 압축강도 측정결과 Plain의 경우 52.0MPa, Before20의 경우 32.5MPa, After20의 경우 42.1MPa를 나타내었다. 28일 압축강도 측정결과 Plain의 경우 61.0MPa, Before20의 경우 34.1MPa, After20의 경우 52.9MPa를 나타내었으며, 액상 레드머드를 첨가한 경우 Plain에 대해 56%, 질산 중화 레드머드를 첨가한 경우 87%의 강도발현을 하는 것으로 나타났다.

질산 중화 레드머드를 첨가한 시멘트 페이스트의 xrd 분석결과를 그림 2에 나타내었다. 초기재령에서의 수화특성을 검토하기 위하여 본 연구에서는 포틀랜드이트의 생성을 중심으로 분석하였다. 주요 수화생성물인 portlandite는 $2\theta = 18.1^\circ$ 34.1° 에서 Before의 경우 3일 재령부터 나타나고 있으며, After의 경우 재령 12시간부터 나타나고 있다. xrd결과에서 확인할 수 있듯이 액상레드머드의 질산중화로 생성된 NaNO_3 의 영향으로 수화가 촉진되어 강도가 높게 발현된 것으로 추측할 수 있다.

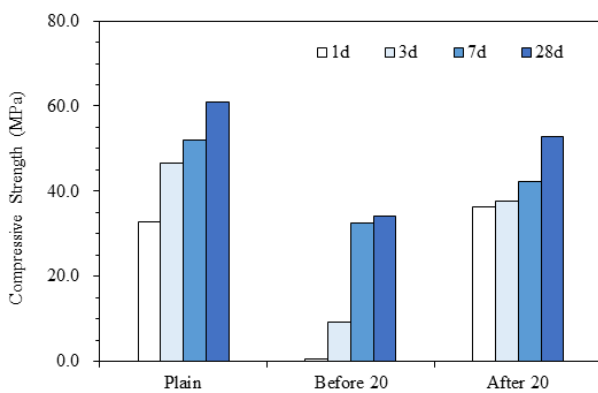


그림 1. 압축강도

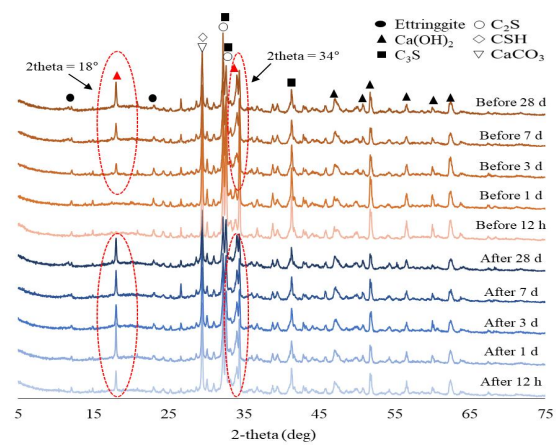


그림 2. XRD

4. 결론

질산 중화 레드머드를 첨가한 시멘트 페이스트의 1일 압축강도는 중화전 액상 레드머드를 첨가한 시멘트 페이스트와 비교하여 높고, Plain과 비교하여도 높게 나타나고 있어 질산으로 중화한 레드머드는 초기재령에서 강도개선효과가 있는 것으로 나타났다. XRD분석결과 질산 중화 레드머드를 첨가한 시멘트 페이스트의 포틀랜드이트 피크는 12시간부터 나타나는 반면에 중화전 액상 레드머드를 첨가한 시멘트 페이스트는 3일에 나타나고 있어 뚜렷한 차이를 보였다.

Acknowledgement

이 논문은 2019년 정부(환경부)의 재원으로 한국환경산업기술원의 지원을 받아 수행되었습니다.(과제번호 2019002750002)

참 고 문 헌

1. Choe, G., Kang, S., & Kang, H., Mechanical Properties of Concrete Containing Liquefied Red Mud Subjected to Uniaxial Compression Loads. Materials, Vol.13, No.4, pp.854, 2020
2. Kim, H. Y., Urea additives for reduction of hydration heat in cement composites. Construction and Building Materials, 156, pp.790~798, 2017