

내황산성 자기치유 콘크리트 및 단면복구재 개발에 관한 연구

A study on the development of self-healing concrete and repair materials with the resistance to sulfuric acid attack

방 신 영*

Bang, Sin-Young

김 정 미**

Kim, Jeong-Mi

안 태 호***

Ahn, Tae-Ho

Abstract

The aim of this study is to develop crack self-healing concrete and repair materials with the sulfate resistance using geo-materials and by-products for practical industrial application. Research has been done on the healing of cracks in aged concrete, but it seems that very little is known about the actual healing mechanism and its conditions. In this research, the essential properties of geo-materials with pozzolanic reaction for self-healing were analyzed and discussed.

키 워 드 : 균열, 자기치유 콘크리트, 단면복구재, 내황산성, 산업부산물

Keywords : Crack, Self-healing concrete, Repair materials, Sulfate resistance, By-products

1. 서 론

콘크리트는 강도, 부식성, 장기 내구성 등에서 기타 건설재료와 비교하여 우수한 장점을 가지고 있으며, 또한 경제적 관점에서도 적절하여 국내외에서도 지하 상하수용 구조물 시공재료로 널리 활용되고 있다. 그러나 유기화합물이 다량 존재하는 도시 하수도관에 사용되는 콘크리트는 티오바실루스(thiobacillus) 박테리아에 의해 장기간 방치되어질 경우 내구력이 상당히 저하되는 경향을 보이고 있다. 티오바실루스(thiobacillus) 박테리아는 도시하수 내에 존재하는 유기물로부터 황화물을 생성시키며, 콘크리트의 표면을 열화시키는 주요 역할을 하게 된다. 콘크리트의 황산열화는 (a) 황산침투 (b) 시멘트 수화물의 석고화에 의한 체적팽창 (c) 에트링자이트 생성(Ettringite)과 체적팽창 (d) 석고 층의 박리, 탈락 (e) 콘크리트의 체적감소 (f) 재황산 침투의 반복 순환과정으로 발생하며, 장기적으로는 하수도 콘크리트 흡관의 균열, 부분적 파손 및 열화를 발생시키는 주원인이 되기도 한다. 최근 국내외적으로 많이 부각되어지고 있는 자기치유 콘크리트는 자체 발생된 균열에 대하여 균열 저항성 및 균열 자기복구능력을 지닌 것으로 보고되어지고 있다. 하수 시설은 지하 구조물로서 시공 후 보수 및 재시공이 어렵고, 유지보수비용도 많이 발생하기 때문에 자기치유 콘크리트를 적용하기에는 가능성이 높은 구조물로 검토되어지고 있다. 기존 상하수도 시설물의 누수 및 열화 부위를 보수하는데 있어 이러한 균열 자기치유 특성을 가지는 단면 복구재료를 적용할 경우에도 재누수에 의한 내구성을 높여 줄 것으로 판단된다. 따라서, 본 연구에서는 우선적으로 내황산 특성이 증가될 것으로 판단되는 산업부산물과 슬래그 세골재를 사용하여[1] 내황산성 증가 여부와 더 나아가 이러한 재료를 응용한 단면복구재 개발을 위한 자기치유 조성물의 기초실험을 진행하였다.

2. 실험방법

본 연구에서 내황산성 자기치유 콘크리트를 개발하기 위하여 일반적으로 내화확성이 우수한 것으로 알려진 산업부산물인 고로슬래그, 플라이 애쉬, 자기치유 조성물을 첨가하여, 각 배합이 2성분계일 때는 시멘트 중량대비 20%, 3성분계시에는 10%로 치환하여, ISO 679 (W/B=0.4)규격에 따라 모르타르를 제작하였다. 추가적으로 골재의 내화확성 기여도를 확인하기 위하여, 강모래를 고로슬래그 골재로 100% 치환하여 시편을 제조하였다. 각 시편은 탈형 후 28일 간 수중 양생을 진행하였고, 이후 고농도 황산용액(3%)에 침지하여 내황산성을 관찰하였다. 황산 침지 중 시편의 질량변화와 표면관찰은 5일 단위로 5일, 10일, 15일, 20일까지 관찰 측정하였다. 자기치유 특성을 가지는 단면복구재료를 개발하기 위해서는 산업부산물을 이용하여 페이스트를 공시체 (W/B=0.45)를 제조한 후 120일 양생 후 재균열을 도입 (균열 폭 0.1mm, 0.2mm, 0.3mm), 페이스트의 균열 자기치유 효과를 검토하고 2차 생성물 물성을 검토하였다.

* (주) 세릭 (SERIC) 연구개발센터 선임연구원, 공학박사

** (주) 세릭 (SERIC) 연구개발센터 연구원

*** (주) 세릭 (SERIC) 대표이사, 공학박사, 교신저자(thahn@hanyang.ac.kr)

3. 결과 및 고찰

그림 1은 일반 세골재(좌)와 고로슬래그 세골재(우) 사용하여 3% 황산수용액에 20일간 침지된 시편의 사진이다. 일반 세골재의 경우 표면 요철이 심하며, 이는 황산에 의한 페이스트의 석고화와 박락에 의한 것으로 예상된다. 그림 2는 3% 황산수용액 침지시 경과일에 따른 시편 질량 변화량을 측정된 결과를 보여주고 있다. 실험결과로부터 침지 5일째부터 황산 침투는 각 배합비에 따라 차이가 나타나는 것을 확인 할 수 있었다. 특히 2성분계 바인더를 혼합한 시편의 경우 침지 20일까지 Plain에 비하여 높은 내황산 특성을 가지는 것을 확인 할 수 있었다. 또한 고로슬래그 세골재(BFSS)를 사용한 경우는 내황산성이 plain에 비하여 상당히 향상된 것을 확인 할 수 있었으며, 여기에 2성분계 바인더를 혼합한 경우가 가장 높은 내황산성 특성을 가지는 것을 알 수 있었다. 결론적으로 국내 생산되는 산업부산물을 활용하여 분체 및 세골재를 치환하는 방식으로도 내황산성을 높이면서 향후 포졸란 특성으로 균열 자기치유 특성을 가지는 재료 배합이 가능한 것을 알 수 있었다.



그림 1. 일반 세골재와 고로슬래그 세골재(BFSS)로 치환한 시료의 표면(3% 황산수용액, 20일경과)

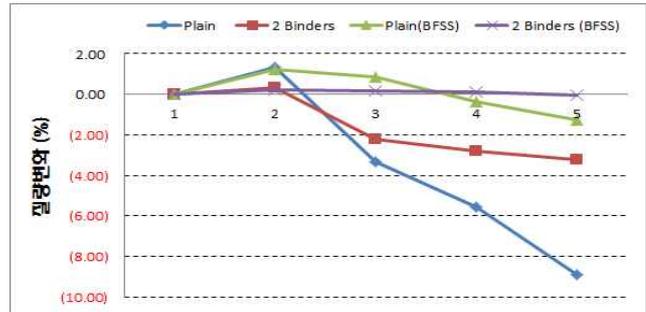


그림 2. 황산수용액(3%) 침지 경과에 따른 시편 질량 변화

그림 3은 균열 자기치유 특성을 가지는 단면복구재료를 개발하기위하여 산업부산물과 자기치유 조성물을 혼합하여 제조한 시멘트 페이스트 경화체로 수화 28일에서 재균열 도입 후 2차생성물이 생성되는 과정을 관찰한 결과이다.

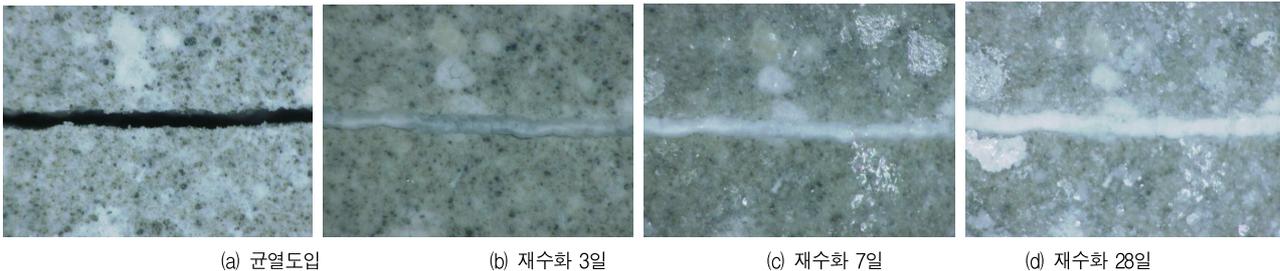


그림 3. 자기치유 조성물을 가진 시멘트 페이스트의 균열자기치유 거동 (균열 폭 0.25mm)

4. 결 론

산업부산물을 이용한 바인더, 자기치유 조성물과 고로슬래그 세골재를 활용하면 내황산성 있는 자기치유 콘크리트가 제조 가능한 것을 확인 할 수 있었으며, 이러한 조성물을 사용하여 보수재료인 단면복구재료도 자기치유 특성을 발휘할 수 있는 것을 확인 할 수 있었다. 추가적으로 지수성능과 여러 물리, 화학적 특성은 지속적으로 관찰할 예정이다.

감사의 글

본 연구는 중소기업청에서 지원하는 2014년도 산학연협력 기술개발 사업 ‘창업성장-건강진단연계 (S2211804)사업’의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다. 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. Paweena J., Kazuyoshi H., Takashi F. and Toshiki A., Improvement of resistance to sulfuric acid attack of concrete by use of blast furnace slag sand, JSCE, Vol.69, No.4, pp.337~347, 2013