

황산이온 반응제어 물질을 이용한 자기치유 콘크리트에 관한 문헌 연구

A Literature Study on Self Healing Concrete Using Reaction Control Materials of Sulfate Anion

김 보 석* 장 현 오* 이 한 승**

Kim, Bo-Seok Jang, Hyun-O Lee, Han-Seung

Abstract

Sulfate anion which cause concrete degradation is affected on marine structures. There are two of control method concrete degradation which is arisen by sulfate anion. Cementitious materials prevent permeation of sulfate anion and water-binder ratio increase to improve watertightness. But, those methods are passive. So, this study is developing new materials which prevent actively concrete degradation on sulfate anion.

키 워 드 : 황산 이온, 자기치유 콘크리트, 황산염 침식

Keywords : sulfate anion, self healing concrete, sulfate attack

1. 서 론

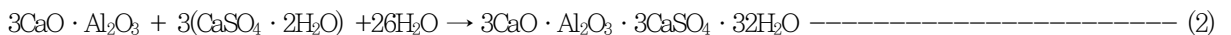
콘크리트는 대표적인 불균질 재료이며 콘크리트의 열화는 염소 이온, 이산화탄소, 황산 이온 등 다양한 요인들에 의해 영향을 받는다. 콘크리트의 열화를 주는 원인 중 하나인 황산이온은 주로 해안 근처에 있는 구조물에 많은 영향을 주고 있으며 황산 이온을 적절하게 제어를 하지 않으면 황산염 침식으로 인하여 콘크리트 체적이 변화해 종래에는 구조물 붕괴로 이어진다. 현재 황산 이온으로 인하여 발생하는 열화를 제어하는 방법은 콘크리트의 혼화재를 사용하여 황산이온 침투 자체를 막거나 물-결합재 비를 높여 수밀성을 향상시키는 방법 등 수동적 방법을 주로 사용하고 있다. 그러나 이러한 방법의 경우 콘크리트의 물리적 특성을 변화시켜 막는 방법이며 황산 이온만을 선택적으로 막는 것은 불가능하다. 또한 현재 화학 반응을 이용한 능동적 방법의 사용을 통한 자기치유 콘크리트에 관한 연구는 미비한 실정이다.¹⁾²⁾ 따라서, 본 연구에서는 열화를 일으키는 유해 이온 중 하나인 황산 이온의 능동적 열화를 막는 방법을 제시하기 위해 기존 열화 억제 방법의 문제점을 파악하고자 한다.

2. 황산염 침식 메커니즘

황산 이온(SO₄²⁻)이 콘크리트 내부에 침투함으로써 인하여 열화를 일으키는 메커니즘은 크게 세 가지가 있다. 이는 각각 분리되어 일어나는 것이 아니라 서로 복합적으로 발생하며 그림 1은 황산 이온에 의한 열화 메커니즘에 관한 모식도를 나타낸 것이다. 첫 번째는 황산 이온이 콘크리트에 침투하면서 콘크리트 내부의 석고를 생성하여 팽창을 하며 이에 대한 메커니즘은 식(1)에 나타내었다. 이 반응을 통해 황산 이온의 콘크리트 침투가능성유도하고 석고와 C-S-H의 반응을 통한 지연된 에트링자이트 형성으로 인하여 2차 황산염 침식을 일으킨다.



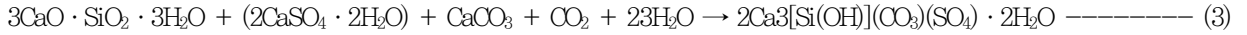
두 번째는 지연된 에트링자이트(Delayed Ettringite)의 형성이다. 이는 주로 양생 온도가 높을수록 많이 발생하며 식 (1)에서 발생한 석고에 C₃A와 반응하여 에트링자이트를 생성하여 부피를 증가시킨다. 이에 따른 메커니즘은 (2)와 같다.



세 번째는 쏘머사이트(Thaumasite) 생성이다. 쏘머사이트는 에트링자이트와 비슷한 결정구조를 가지고 있으며 C-S-H에 석고와 탄산칼슘의 결합을 통해 생성된다. 이에 따른 메커니즘은 식 (3)과 같다.

* 한양대학교 건축시스템공학과 박사과정

** 한양대학교 ERICA 건축학부 교수, 교신저자(ercleehs@hanyang.ac.kr)



3. 기존 황산 이온에 의한 열화 억제 방법

기존 황산 이온에 의한 콘크리트 열화 억제방법으로는 내황산성 시멘트를 사용하여 에트란자이트의 생성에 영향을 주는 C₃A의 함량을 제어하거나 콘크리트의 수밀성 및 물-결합재비 증가를 통해 황산 이온의 침투 자체를 억제 및 혼화재를 사용하여 단위시멘트량을 감소시켜 C₃A 감소를 통한 에트란자이트 생성을 억제하거나 포졸란반응으로 인해 수산화칼슘의 감소로 인한 석고 생성을 억제하는 방법을 사용한다. 이에 따른 모식도는 그림 2와 같다.

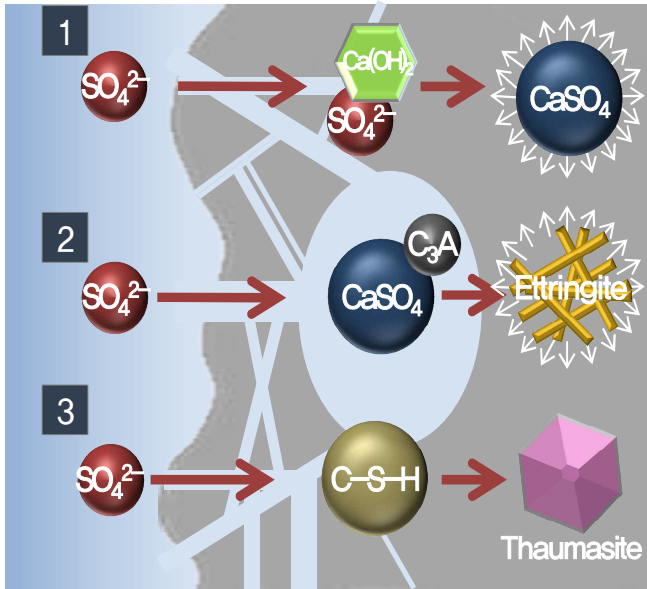


그림 1. 황산 이온에 의한 열화 메커니즘

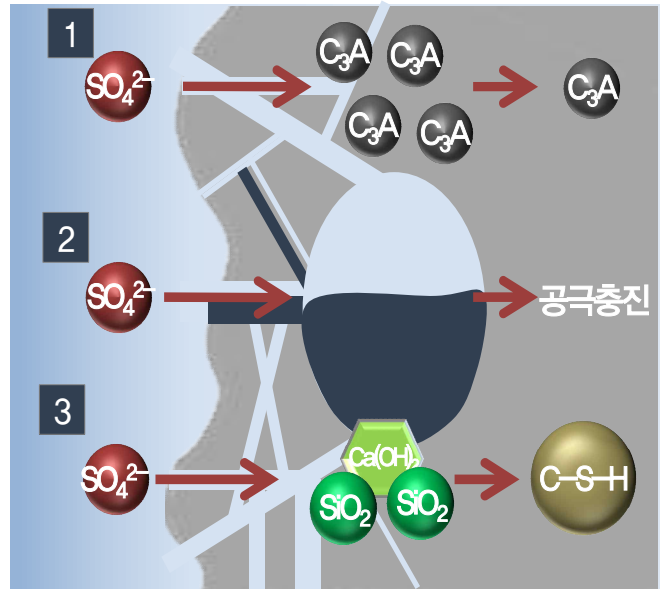


그림 2. 기존 황산 이온에 의한 열화 억제 방법

4. 결 론

기존 콘크리트에 사용하고 있는 황산 이온에 의한 열화 억제 방법은 콘크리트의 물리적인 성질을 변화시켜 황산 이온만 선택적으로 제어할 수 없는 수동적인 방법으로 판단된다. 또한 현재 콘크리트 황산염 침식에 관한 시험 기준은 국내에서는 명확한 기준이 설정되어 있지 않기 때문에 정확한 평가가 어려운 실정이다. 따라서 추 후에는 기존 황산 이온에 의한 열화 억제 방법을 보완한 능동적으로 황산 이온을 제어할 수 있는 열화 억제 메커니즘을 제시하면서 이를 콘크리트에 적용시켜 황산염 침식을 막을 수 있는 새로운 재료의 개발 및 국내에서 적용할 수 있는 시험 기준이 필요하다.

감사의 글

본 논문은 2015년 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2015R1A5A1037548)

참 고 문 헌

1. Maloepszy Jan 외 1명, Sulfate Attack Resistance of Cement with Zeolite Additive, Procedia Engineering, 제108권, pp.170~176, 2015
2. Sidney Mindess 외 2명, Concrete, 2nd edition, Pearson, 2003