

광촉매 시멘트의 이산화질소 분해에 따른 내구성에 관한 연구

Durability of Photocatalytic Cementitious Materials Exposed to Nitrogen Dioxide

이 보 연*

Lee, Bo Yeon

Abstract

Photocatalytic cement is receiving attention due to its high oxidation power that oxidizes nitrogen oxides (NO_x), thus contributing to clean atmospheric environment. However, there has not been a thorough investigation on durability of a parent material, cementitious material, as a result of photocatalytic reactions. In this study, durability of photocatalytic cementitious materials exposed to nitrogen dioxide (NO₂) gas was examined. Titanium dioxide (TiO₂) nanoparticles containing cement paste samples were exposed to cycles of NO₂ with UV light, followed by wetting and drying to simulate environmental condition. The surface of samples was characterized mechanically, chemically, and visually during the cycling. The results indicate that the photocatalytic efficiency decreased with continued NO₂ oxidation due to calcium carbonate formation. The pits found from SEM demonstrate that chemical deterioration have occurred, such as acid attack or leaching. In conclusion, the photocatalytic reactions and its product could alter cementitious materials chemically and mechanically which could further affect long-term durability.

키 워 드 : 광촉매 시멘트, 이산화질소, 질산, TiO₂, 내산성

Keywords : photocatalytic cement, nitrogen dioxide, NO₂, nitric acid, HNO₃, TiO₂, acid attack

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

광촉매 (TiO₂)는 강한 산화력을 지닌 물질로, 특히 오염물질 분해와 광촉매의 성능 개선과 관련하여 공학 각 영역에서 활발히 연구되고 있다. 건설 분야에서도 시멘트에 나노 광촉매를 혼입하여 인체에 해로운 대기오염물질, 즉 일산화질소(NO)와 이산화질소(NO₂), 휘발성유기화합물 (VOC) 등의 농도를 저감시키는 연구가 많이 진행되고 있다. 그러나 대부분의 연구는 오염물질의 저감에 집중되어 있어 시멘트 모체의 내구성에 관련한 연구의 필요성이 제기된다. 본 연구는 NO 관련 연구의 후속연구로 계획되었으며 광촉매의 NO₂ 산화반응에 중점을 두었다. 광촉매 시멘트가 반복적인 NO₂, 건조, 습윤한 조건에 장기적으로 노출되었을 때의 내구성에 관하여 실험적인 접근을 하였다. 본 연구의 목적은 광촉매 반응으로 NO₂가 효과적으로 저감되는지를 실험을 통하여 알아보고, 그로 인한 주요 생성물인 질산(HNO₃)이 장기적으로 시멘트 모체의 표면에 미치는 영향과 내구성 대책에 관하여 고찰하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험 재료

실험을 위하여 물시멘트비=0.60인 시멘트 페이스트 샘플이 사용되었다. 시멘트는 ASTM C150 Type I을 사용하였고 나노 TiO₂는 시멘트 질량의 10%를 대체하였다. 샘플은 28일동안 RH=100%에서 양생하였으며 그 이후 30° C에서 3일간 건조한 후 실험에 사용될 때 까지 밀폐하여 보관하였다.

2.2 실험 방법

이 연구를 위하여 ISO 22197-1을 참고하여 제작된 실험장치가 활용되었다. 밀폐된 챔버에 자외선 램프를 설치하고 내부에 샘플을 위치시킨 후 한쪽으로 1000ppb의 NO₂를 주입하고 다른 한쪽으로 배출되도록 하였으며 배출되는 공기의 NO_x (NO+NO₂) 농도를 측정하여 광촉매 반응 효율을 산정하였다. 매 24시간 마다 샘플을 꺼내어 습윤, 건조의 과정을 거치며 외기의 환경에 노출될 경우를 가정했으며 이를 14회 반복하였다. 샘플의 내구성 측정을 위해 SEM, 마이크로경도, X-ray diffraction 분석법 등의 실험을 실시하였다.

* 수원대학교 건축공학과 조교수, 공학박사, 교신저자 (bylee@suwon.ac.kr)

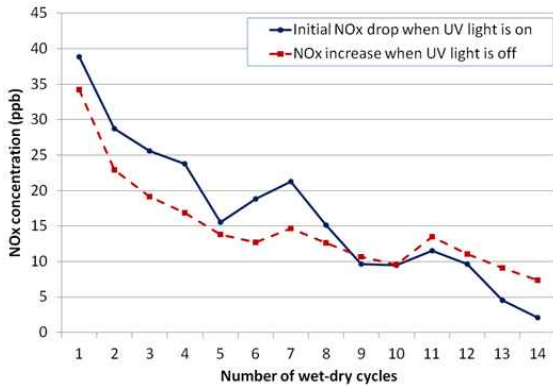


그림 1. 반복적인 NO₂ 노출에 대한 광촉매 시멘트의 광촉매 반응 효율 변화

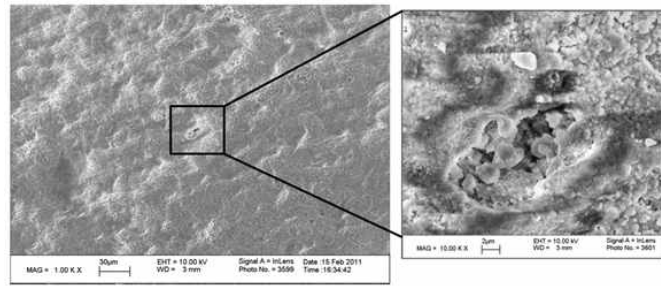


그림 2. 광촉매 시멘트가 NO₂에 장기적으로 노출된 후의 SEM 이미지. 표면에 구멍이 발생하였다.

3. 실험결과 및 고찰

실험 결과 광촉매 시멘트는 이산화질소를 효과적으로 산화시키는 것을 알 수 있으며, 그 부산물인 질산이 생성된 것을 유추할 수 있다. 그러나 시간에 따라 광촉매 반응 효율이 감소하는 것을 볼 수 있는데 (그림 1), 이것은 탄산화로 생성된 CaCO₃가 TiO₂ 표면을 덮어 산화반응을 방해하는 결과라고 볼 수 있다. SEM 결과로부터 샘플 표면이 화학적으로 부식되어 20mm 이상의 구멍이 발생한 것을 확인할 수 있으며 (그림 2), 이것은 질산으로 인한 부식 또는 침출에 의한 것으로 보인다. 표면의 마이크로경도는 큰 변화가 없는 것으로 나타났다.

4. 결론

광촉매 시멘트는 이산화질소를 효과적으로 저감시키지만 그 부산물인 질산 (또는 질산염)의 영향으로 표면이 화학적으로 부식되는 등 장기적인 내구성에 문제가 있을 수 있음이 드러났다. 따라서 광촉매 시멘트 사용 시에는 공기질 개선과 내구성의 측면을 모두 고려해야 하며, 물시멘트 비를 낮추는 등 공극을 감소시키고 충분한 강도를 확보하도록 해야 한다.

Acknowledgement

This material is based upon work supported by the National Science Foundation under Grant No. CMMI-082573. Any opinions, findings, and conclusions or recommendations expressed in this material are those of the authors and do not necessarily reflect the views of the National Science Foundation.