

이산화티탄(TiO₂ anatase) 분말을 광촉매로 사용한 노출 콘크리트의 VOCs(Benzene, Toluene)와 질소산화물(NO_x) 제거 특성 연구

The Properties of VOCs(Benzene, Toluene) with NO_x Removal in Exposed Concrete With TiO₂(Anatase type) Powder as Photocatalyst

김 광 련^{*} 이 동 범^{*} 김 화 중^{**}
Kim, Kwang Ryeon Lee, Dong Bum Kim, Wha Jung

Abstract

Generally, TiO₂ powders absorb ultraviolet rays and make oxidation/reduction reactions on its surface. Hydroxide radical(OH), a product of photocatalyst reactions, has so strong oxidation/reduction electric potential that it can oxidize noxious gas like VOCs(Volatile Organic Compounds) and NO_x. In this study, TiO₂ was substituted for exposed concrete to investigate the purifying degree of VOCs(Benzene, Toluene) and NO_x. Anatase types of TiO₂ were used as photocatalyst. The sun rays and the ultraviolet were used as a light source. Anatase type TiO₂ was better than rutile type in purifying performance. The sunray showed the best purifying performance among the light sources. 3% substitution of TiO₂ with the sunray was enough to purify VOCs(Benzene, Toluene) and NO_x efficiently.

1. 서론

우리의 생활환경은 20세기 후반 산업의 발달과 인구의 도시집중화로 인해 도시 내의 대기환경은 날로 악화되어져 왔다. 이런 대기환경의 문제점을 두고 각 국가는 민간시설이나 상업시설 및 군사시설 등에서 배출되는 오염물질의 처리에 고심을 하고 있다. 이런 오염물질에는 일산화탄소(CO), 아황산가스(SO₂), 질소 산화물(이하 NO_x), 여러 용매들을 비롯하여 대기 중 휘발성유기 화합물(Volatile Organic Compounds, 이하 VOCs), 염화 유기물 등이 있다. 이들 중에서도, 자동차 배기가스에서 배출되어지는 NO_x와 자동차 배출가스, 소각로, 쓰레기, 폐수처리시설, 일반 가정의 연소과정 등에서 유출되는 VOCs의 오염은 심각한 환경오염 문제로 인식되고 있다. NO_x와 VOCs는 호흡기관 등의 질병을 일으키는 것 뿐 만이 아니라 광화학 스모그와 산성비 등의 원인이 되므로 NO_x와 VOCs를 제거 하여 대기환경을 개선시킬 수 있는 방안이 절실히 요구되고 있는 시점이다. 최근 선진국이나 일본 등지에서는 도로포장재, 방음벽, 터널 조명기구 등 다양한 건축재료에 광촉매(TiO₂)를 적용하는 방법을 개발함으로써 대기 환경의 개선에 상당한 실효를 거두고 있으며 더욱 많은 분야에 이를 응용할 수 있는 연

* 정희원, 경북대학교 건축공학과 석사과정

** 정희원, 경북대학교 건축공학과 교수

구가 진행되고 있다.

본 연구에서는 이러한 광촉매(Anatase형 TiO_2)를 적용하여 환경친화적 건축재료 개발을 위한 연구로서 광촉매 건축 재료의 메커니즘을 응용하여 노출 콘크리트에 광촉매(Anatase형 TiO_2)를 적용하여 NO_x 와 VOCs의 대기 정화 기능을 부여하여, 질소산화물 가스인 NO_x 와 휘발성 유기화합물인 VOCs의 대표적인 물질 중에서 Benzene, Toluene의 대기 정화 성능에 대한 가능성을 검토하고자 한다.

2. 광촉매의 개요

광촉매란 촉매의 일종으로서 빛이 있어야만 촉매작용을 일으킬 수 있는 물질을 말한다. 광촉매 역할을 가진 물질로는 TiO_2 (anatase), TiO_2 (rutile), ZnO, CdS, SnO_2 , WO_3 등이 있는데, 가장 많이 이용되는 광촉매 물질은 이산화티탄(Titanium Dioxide : TiO_2)으로 자신이 빛을 받아도 그 기능성이 변하지 않고 반영구적으로 사용이 가능하다. 이산화티탄은 파장 400nm 이하의 빛을 흡수함으로써 내부 전자와 정공이 생긴다. 이것이 표면에 확산되어 표면 흡착물질과 산화, 환원반응을 일으키는 것이 광촉매 반응의 원리이다.

3. 실험개요 및 방법

3.1 사용재료

본 실험에서 시멘트는 S社 보통 포틀랜드 시멘트가 사용되었으며, 골재는 칠곡산 갠자갈(비중:2.66 FM:6.49) 강모래(비중:2.58 FM:2.8)가 사용되었다. 혼화재로는 고로슬래그, 제올라이트, 플라이 애쉬를 사용하였으며, 광촉매 반응을 유도하기 위해 사용한 광촉매 재료는 분말형태의 이산화티탄(Titanium Dioxide : TiO_2 (Anatase형))으로 시험시약으로 판매되는 국내 D화학의 산화티타늄이 사용되었다.

표 1. 광촉매 이산화티탄의 물성

종류	분자식	분자량	색상	물리적 상태	끓는점	용융점	비중	물용해도
아나타제	TiO_2	79.90	백색	결정체	2,500~3,000℃	1,825~1,850℃	3.84~4.26	불용성

표 2. 실험 계획

실험인자	광촉매의 종류 및 치환율	혼화재	혼화재 치환율	광원의 종류	W/C
실험수준	Anatase 형, 3%고정	고로슬래그	10, 20, 30%	자외선램프(UV)	50%
		제올라이트	10, 20, 30%		
		플라이 애쉬	10, 20, 30%		

3.2 실험계획

본 연구의 주된 실험목적은 이산화티탄에 혼화재를 달리한 노출콘크리트 시험체의 VOCs(Benzene, Toluene) 및 질소산화물(NO_x) 제거성능을 확인하는 것이다. 실험인자 및 수준은 표 2에 나타내었다.

3.3 실험방법

3.3.1 배합 및 시험체 제작

본 연구에 사용될 VOCs(Benzene, Toluene) 및 질소산화물(NO_x) 제거성능 확인을 위한 시험체의

경우 350mm×350mm×60mm의 크기를 가지는 판넬형 시험체로서 몰드는 노출 콘크리트의 시공에 사용되는 코팅합판을 사용하여 제작하고, 압축 시험체는 10φ×20cm의 시험체를 제작하였으며, 휨강도 시험용으로 40cm×40cm×10cm의 시험체를 제작하였다. 제작된 시험체는 VOCs 및 질소 산화물 (NOx) 제거 성능 시험체의 경우 7일간 양생 후 시험을 실시하였고, 압축 강도와 휨강도의 경우는 28일의 재령이 경과 한 후 시험을 실시하였다.

3.3.2 VOCs(Benzene, Toluene) 및 질소산화물 (NOx) 제거성능 시험

시험체의 VOCs(Benzene, Toluene) 및 질소산화물(NOx) 제거성능 시험은 대기 중 공기의 흐름상태와 유사한 상황이 되도록 하기위해 '공기 흐름장치'를 자체로 제작하여 시험하였다. 시험장치 내부에 시험체를 넣고 VOCs(Benzene, Toluene)가스 및 질소가스가 시험장치내에 끌고 루 흐르도록 한 후, 시험장치내에 농도 3~5ppm의 가스를 투입시켜 공기 주입장치를 통해서 분출된 공기와 15분간 혼합되도록 하였다. 자외선(UV)램프를 작동시킨 후 일본 GasTech社의 가스검지관을 이용하여 VOCs(Benzene, Toluene) 농도와 질소산화물(NOx)의 농도를 측정하였다.

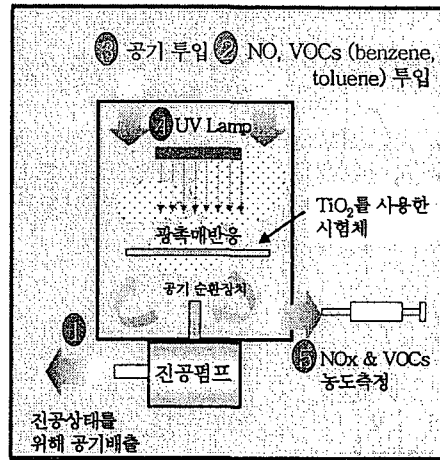


그림 1 UV시험 장치 개요도

4. 실험결과 및 고찰

4.1 압축강도 및 휨강도

표 3 강도시험결과

TiO ₂ 종류	강도 구분	혼화재에 따른 강도결과 (kgf/cm ²)										
		Plan	P-3	B-10	B-20	B-30	Z-10	Z-20	Z-30	F-10	F-20	F-30
Anatase	압축강도	341	322	328	354	355	303	292	247	323	305	303
	휨강도	63	62	62	60	61	52	52	45	63	61	60

4.2 VOCs(Benzene, Toluene) 및 질소산화물(NOx) 제거 성능

이산화티탄(anatase형) 광촉매를 3% 사용한 노출콘크리트의 VOCs(Benzene, Toluene) 및 NOx 제거 시험결과를 보면 광촉매를 사용하지 않은 P의 경우에는 제거율이 10% 정도이나 이산화티탄 광촉매를 사용한 시험체의 경우에는 시간이 경과함에 따라 30%~90%까지 제거됨을 알 수 있다. 본 실험의 결과에 의해 광촉매 반응에 의한 공기정화가 가능할 수 있을 것으로 기대된다.

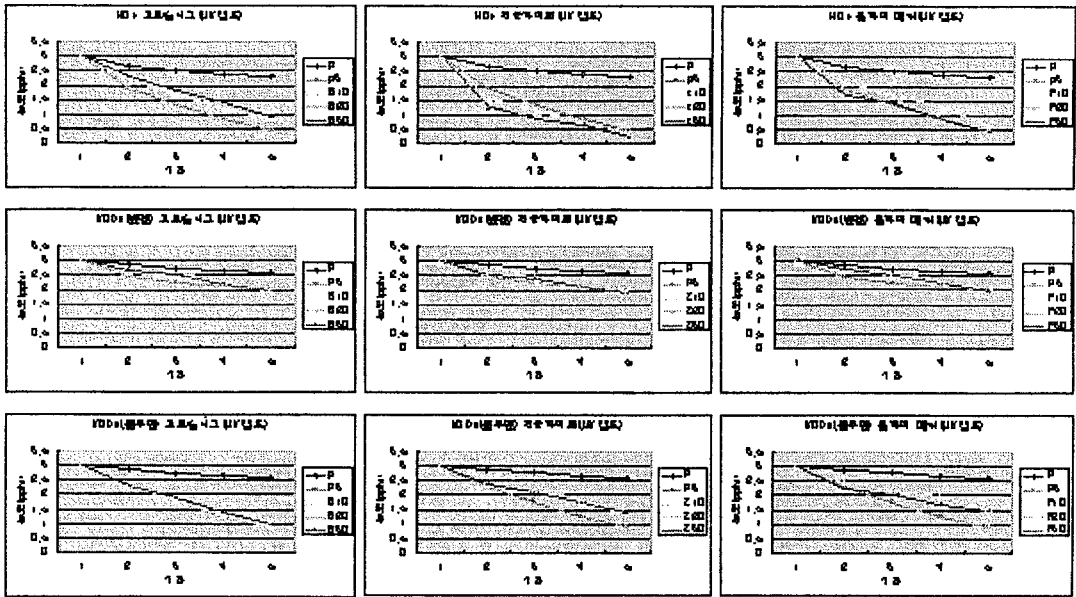


그림 2 VOCs(Benzene, Toluene) 및 질소산화물(NOx) 제거 시험결과

5. 결론

VOCs(Benzene, Toluene) 및 NOx 등의 유해가스를 정화할 수 있는 기능을 콘크리트에 부여할 목적으로, 이산화티탄(TiO₂)에 의한 광촉매 반응을 이용해 본 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 이산화티탄(TiO₂)를 첨가한 노출콘크리트의 강도시험 결과, 압축강도의 저하는 큰 차이를 보이지 않았으며, 제올라이트를 혼화제로 30%첨가한 경우 강도의 저하가 있었다. 휨강도 또한 제올라이트 첨가에 있어서 강도저하가 있었으나 그 외의 혼화제에 있어서는 큰 차이를 보이지 않으므로, 이산화티탄의 사용에 따른 콘크리트 제품의 강도저하현상은 발생되지 않을 것으로 판단된다.

2) VOCs(Benzene, Toluene) 및 NOx 제거성능은 VOCs(Benzene)의 경우 30%~35%정도의 제거율을 보이며, VOCs(Toluene)의 경우 60%~70%정도의 제거율을 보이고 있다. NOx의 경우에는 70%~90%정도의 높은 제거율을 보였다. 따라서, 이산화티탄(Anatase형)에 의한 VOCs(Benzene, Toluene) 및 NOx를 제거할 수 있는 것으로 나타났다.

이상과 같이 광촉매를 노출콘크리트에 적용할 경우 VOCs(Benzene, Toluene) 및 NOx등의 유해가스를 제거할 수 있으며, 이를 통한 대기오염을 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 박영서 외 2인, "광촉매의 국내외 산업동향 및 업체별 사업화 추진전략" 한국과학기술정보연구원, 2001.2
2. 김영도, "광촉매의 세계", 대영사, 2000. (김영도, "광촉매의 실제", 대영사, 2001)
3. 石森 正樹, "光觸媒セメントで自動車排ガスを処理", セメント・コンクリート, No.639, pp18~23, 2000.5
4. 村田 義彦, "環境に貢献する舗装ブロックの開発", セメント・コンクリート, No.622, pp 32~37, 1998.12
5. 양진외, "광촉매를 이용한 건축, 토목재료의 개발 현황", 한국콘크리트학회지 제 13권 2호, pp 46~50, 2001.3
6. 남인식, "고정원에서의 NOx 제거", 화학공업과 기술, 제6권 제2호, 1988
7. 이영수. 우리나라의 대기오염 저감기수 현황, 환경포럼 5권 제 10호