

배기가스 제거용 광촉매시멘트의 특성에 관한 연구

A Study on the Properties of Photocatalytic Cement for Waste Gas Reduction

이원암*	양진**	유재상***	이종열****
Won-Am Lee	Jin Yang	Jae-Sang Ryu	Jong-Ryul Lee

ABSTRACT

The needs of the times, a cement plays an important roll in the materials field. So, in this research we would like to study on the properties of Photocatalytic Cement for waste gas reduction.

The fundamental phenomena of the Photocatalytic Cement were observed by the NO_x Analyzer, Bonding strength, SEM, Flow and Surface hardness(Pencil tester).

As a result of this study, the Photocatalytic Cement used Photocatalytic powder, admixture and other materials can obtain its physical properties, also photocatalytic efficiency.

If we have added a various experiment, we could have to develop the Photocatalytic Cement.

1. 서론

우리는 급속한 경제발전 및 풍요로운 생활추구로 인하여 최근에 1가구 1차량시대를 맞이하였다. 또한, 주5일 근무제의 도입을 앞둔 시점에서 레저용 차량(RV)이 증가하고 있는 추세이다.

이로 인하여 각종 대기오염물질의 배출증대가 예상되는데 이러한 오염물질은 호흡기질환을 일으킬 뿐 아니라 발암물질로서의 위험성이 존재한다. 또한 NO_x는 SO_x와 같이 산성비의 주원인으로 알려져 있으며 광화학반응에 의해 오존을 발생함으로써 대기오염을 일으키는 주요 물질이라 할 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 광촉매를 사용하여 대기오염물질인 NO_x 등, 각종 배기가스를 제거할수 있는 고기능성의 광촉매시멘트를 개발하고자 제반실험을 통하여 그 특성을 살펴보고자 한다.

2. 광촉매 기술의 활용

광촉매는 특수가공 처리한 산화티탄으로 빛(자외선)이 닿으면 산소나 물과 반응하여 활성산소를 생성한다. 광촉매를 도포한 표면은 활성산소의 반응에 의해 표면에 붙은 유기물이나 NO_x, SO_x, Cl₂, NH₃ 등의 분자를 분해한다.

또한, 산화티탄에 빛이 닿으면 표면 부근의 물분자가 배위한다. 이때 물분자는 광촉매 표면에 늘어 놓은 상태가 되며 광촉매 표면은 친수성을 띠게 되어 물이 부착되어도 물방울이 생성되지 않는다. 이러한 상태를 초친수성이라 부르며, 자동차의 백미러나 창 의 서리 방지에 이용하고 있다.

* 정희원, 쌍용양회공업(주)기술연구소 콘크리트연구실 주임연구원

** 정희원, 쌍용양회공업(주)기술연구소 콘크리트연구실 책임연구원, 공학박사

*** 정희원, 쌍용양회공업(주)기술연구소 콘크리트연구실 실장, 공학박사

**** 정희원, 쌍용양회공업(주)기술연구소 소장

이러한 특성을 활용하여 광촉매는 배기가스 저감 및 자기정화에 사용되는 주요 재료로서 본 연구에서도 NOx 등의 배기가스 제거하는 특성을 이용한 광촉매시멘트를 개발하고자 하였다.

광촉매는 국내외적으로 다양한 상품의 시판되거나 개발되었는데 이러한 광촉매의 각종 응용분야는 표 1과 같다.

표 1 광촉매의 응용분야

구분	응용 분야
건축용	빌딩/주택용 내외장 건축재, 패널, 타일, 위생도기
토목용	도로 포장재, 도로 포장용 블록, 흡음판, 차음벽, 중앙분리대, 터널 내벽, 옹벽, 도로 반사경
도장용	내/외장용 페인트, 자동차 외장용 페인트, 항균/방취용 도료(병원, 주방 등)
환경용	정수/폐수 처리, 대기오염물질(NOx, SOx, VOC, 다이옥신 등) 제거, 방조타일(저수 탱크), 항균타일, 골프장 농약제거/토양개량용, 놀이터용 모래, 광붕괴용 플라스틱
전자제품	공기청정기, 에어컨, 냉장고용 악취제거, 프린터 오존제거, 육조 살균장치, 컴퓨터 디스플레이

한편 위의 다양한 응용분야 중 특히 광촉매를 적용한 건축, 토목재료의 시장은 매우 클 것으로 전망되고 있다. 건축용 재료시장에서는 항균, 탈취용 타일이나 위생도기 등이 이미 시판되고 있으며 병원, 목욕탕 등에 적용하여 우수한 효과를 나타내고 있는 것으로 보고되고 있다.

또한 광촉매를 혼입한 도료나 시멘트 등의 형태로 제공되어 기존 시멘트, 콘크리트 구조물 위에 물이나 붓 또는 스프레이 등으로 간단히 시공할 수 있도록 되어 있는데, 이 제품을 적용할 경우 건축물의 외관이 깨끗하게 유지될 뿐 아니라 각종 대기오염물질을 제거할 수 있는 장점이 있다. 이 제품은 광촉매에 무기도료 또는 시멘트를 혼합하여 제조되거나 유기도료와 혼합하여 제조되는데 유기도료와 혼합하는 광촉매가 유기물자체를 분해하기 때문에 이를 억제 또는 제거하기 위한 기술이 요구된다.

그러므로 본 연구에서는 무기계 바인더인 시멘트를 광촉매와 혼합, 제조하여 각종 대기오염물질을 제거할 수 있는 광촉매시멘트를 개발하여 그 특성을 고찰하고자 하였다.



그림 1 중앙분리대 로라시공 장면

3. 실험

3.1 사용재료

본 실험에 사용된 광촉매(I사 제품)의 특성값은 표 2와 같다.

표 2 광촉매의 특성값

항 목	특 성 값					
	TiO ₂ 함량 (%)	비표면적 (m ² /g)	비중 (g/ml)	수분 (%)	pH	강열감량 (%)
I	93.6	317	0.26 (겉보기)	6.2	6.7	6.2

또한, 원부재료로는 백시멘트와 아원, 석고 및 규사 등을 사용하여 제조하였으며 이에 성능개선을 위하여 촉진제 및 감수제 등의 혼화제를 첨가하였다.

3.2 배합

본 실험에서는 분말기리의 응집현상을 가능한한 줄이기 위하여 유리 비이커에서 먼저 계량한 후 충분한 건믹싱을 실시하였다. 이후 사용수를 계량한 플라스틱 비이커에 건믹싱한 재료를 투입하여 기계 믹서를 사용하여 믹싱하였다.

믹싱시간은 총3분30초가 소요되었는데 최초 30초 저속, 30초 고속으로 믹싱한후 90초간 방치하였다. 그 후, 60초간 고속으로 믹싱하여 시료를 제작한후 제반실험을 실시하였다.

3.3 실험방법

3.3.1 Flow 및 연필경도 특성

작업성 및 굳지 않은 재료의 특성을 파악하기 위하여 최초, 10분 및 30분에서의 Flow를 측정하였으며 최초와 30분에서의 Flow값 차를 $\Delta F(30)$ 로 정하였다. 건믹싱(dry mixing)한 재료 및 사용수를 혼합하여 소정의 시간동안 믹싱한 후 유리판 위에 놓여 있는 슬럼프콘($\varnothing 50 \times 51\text{mm}$, 내용적 100ml)의 내용적에 정확히 채워서 이를 수직으로 들어올렸을 때 퍼진 직경값을 3회 이상 측정하여 그 평균값을 Flow로 정하였다.

도막경도 특성은 Pencil Tester를 사용하여 각기 연필 무르기가 다른 연필(6B~9H, 17단계)중 적절한 연필을 선택하여 측정 대상표면에 45° 경사로 적재시킨 다음 1kg의 가압하중 및 일정속도로 도막위를 이동시켜 측정하였다. 경도값은 3회 측정하여 표면이 손상정도를 판단하여 도막경도로 정하였다.

3.3.2 미세구조 분석

광축매를 사용한 재료의 미세구조 분석은 동일 배합한 시료를 재령별로 양생한후 적정배율을 선택하여 주사전자현미경(SEM, Top con Co. model: ABT 150F)을 사용하였다.

3.3.3 부착강도

본 부착강도 평가는 바탕판 표면에 믹싱한 시료를 제작하여 소정기간이 경과한 후에 KS F 4715 (얇은 마무리용 벽 바름재)에 준하여 실시하였다.

3.3.4 NOx 제거성능

본 실험은 UV램프가 장착된 밀폐형의 반응기, NOx Analyzer, MFC, 가습기 및 펌프 등으로 구성된 장비에 일정농도의 가스를 흘려보낸후 NOx Analyzer를 통하여 제거성능을 판단하였다.

4. 실험결과 및 고찰

4.1 Flow 및 연필경도 특성 검토

본 Flow 실험은 광축매시멘트의 작업성 확보를 판단하기 위한 것으로, 건믹싱한 재료에 대한 사용수량의 선정에 중요한 요소이다.

표 3 수지첨가량에 따른 시간경과별 Flow변화 및 연필경도 특성

수지첨가량 (%)	Flow(mm)				연필경도 (3일)
	0분	10분	30분	ΔF	
0	193	214	190	3	B
5	184	208	187	-3	H
10	179	193	178	1	2H
20	172	182	164	8	7H

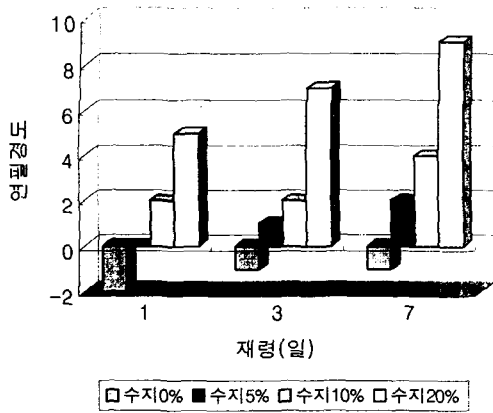


그림 2 수지첨가량에 따른 재령별 연필경도

Flow 시험결과, 표 3. 에서와 같이 수지첨가량이 증가함에 따라 전체적으로 Flow값은 감소하는 추세를 보이고 있으며 ΔF 값은 감소하다가 증가하는 경향을 나타내었다. 또한, 각 배합에서 수지첨가량의 변화에도 불구하고 0분값 대비 30분에서의 Flow값의 변화는 미미하였다. 광촉매시멘트의 경화 후 도막성능 개선을 위하여 수지첨가량을 0%~20%까지 각각 5%씩 증가하면서 각각의 배합에 시료를 제작하여 재령 1일, 3일, 7일이 경과함에 따라 특성을 파악하였다. 시험결과, 수지첨가량과 경도값이 비례적으로 증가하는 추세를 나타내었으므로 수지첨가가 경도값에 영향을 미치는 것으로 판단되었다. 재령별 연필경도값은 대체적으로 시간이 경과할수록 경도값도 향상되는 것으로 나타났으나 그 차이는 근소하였다.

4.2 재령별 미세구조 분석

광촉매시멘트의 미세구조 관찰은 수지를 0~20%를 각 단계별 5%씩 증가하면서 1,3,7,28일의 재령별로 SEM 측정을 하였다. 다음은 그 중 수지 0%, 5%에 대하여 각각 1일 및 28일을 촬영한 사진이다. 두 경우 모두 시료 제작후 배율 10.0KX로 하여 관찰한 것이다.

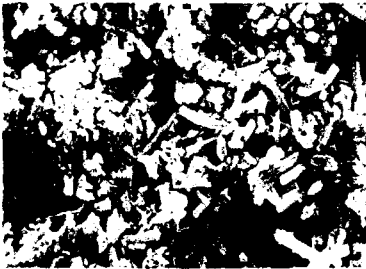


사진 1. 수지 0%(재령1일)



사진 2. 수지 5%(재령1일)

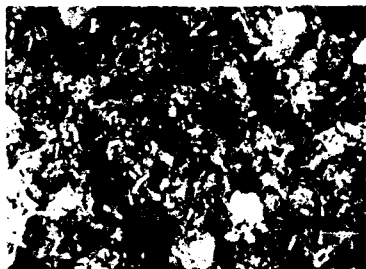


사진 3. 수지 0%(재령28일)

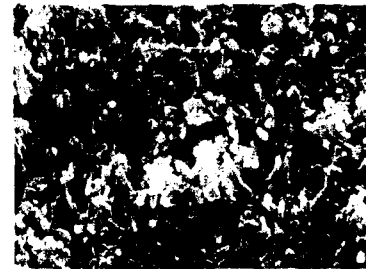


사진 4. 수지 5%(재령28일)

미세구조는 전반적으로 에트린자이트가 단주상으로 발달한 구조로 내부조직에 적당한 공극이 분포하는 다공성구조를 가지고 있다.

수지를 5% 첨가한 사진 2., 사진 4.의 경우는 광축매, 시멘트수화물 및 수지등을 볼수 있다. 관찰된 수지가 많이 존재하면 광축매를 덮어 배기가스 저감효율을 감소시킬 우려가 있으므로 수지첨가량에 대한 적절한 판단이 요구된다. 재령별 미세구조의 변화는 미미하였으나 시멘트 수화가 진행됨에 따라 치밀해지는 일반적인 현상을 관찰할수 있었다.

표 4 수지첨가량에 따른 부착강도 특성

수지첨가량 (%)	Flow (mm)	부착강도(kg/cm ²)	
		primerX	primerO
0	150	3.0	-
4	150	8.1	8.3
8	153	12.3	13.6
16	148	12.4	21.4
22	147	19.2	31.4

4.3 수지첨가에 따른 부착강도 개선

본 실험은 KS F 4715(얇은 마무리용 벽바름제)에 준하여 실시하였는데 시험체 밀판의 표면에 조제한 시료를 바른후 양생실에서 14일이 경과한 후에 부착강도를 구하였다.

표 4에서 보는바와 같이 수지첨가량이 증가함에 따라 primer 도포 유무에 상관없이 부착강도값이 증가하는 경향을 나타내고 있다. primer 도포 유무면에서 살펴볼 때 primer 도포한것이 도포하지 않은 것 대비 강도값이 향상되는 경향이며 특히, 수지첨가량 16%이상에서는 부착강도값이 급속히 증가하는 경향을 나타내었다.

4.4 습도조건에 의한 NOx 제거 효율

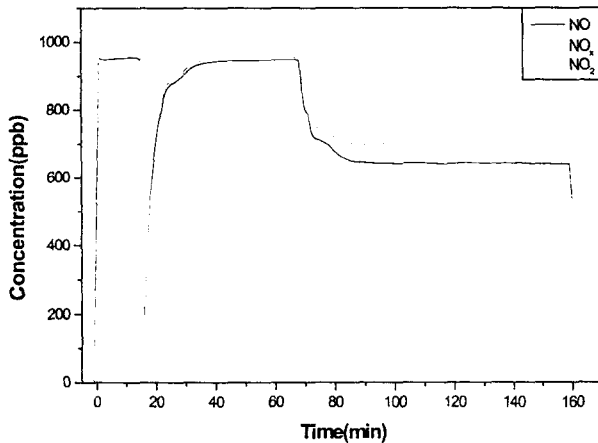


그림 3 상대습도 50%에서의 NOx 제거효율

본 시험은 UV램프가 장착된 밀폐형의 반응기와 가스를 조절하는 MFC 및 NOx Analyzer 등이 주요 장비이다. 사용된 시편은 유리판(50×100mm)이며 시험변수로 시간당 가스투입량을 3.0L/min flow와 상대습도 50%의 조건으로 측정하였다.

시험결과, 그림 3에서 보는바와 같이 경과시간 30분내에 양호한 NOx제거 효율을 나타내고 있다.

상대습도 50%의 경우, 습도를 0%에서의 경우보다 낮은 NO값을 나타내었는데, 이는 NO분자가 일부 물분자에 용해되었거나 또는 흡착되어진 것이 원인으로 추정되며, 현상규명을 위한 많은 실험이 요구된다.

5. 결론

본 연구의 결론을 요약하면 다음과 같다.

- 1) Flow특성값은 증가하였다가 다시 감소하는 경향이 나타났으며, 특히 각각의 배합 모두 10분에서 최고의 Flow값을 나타내었다. 재령별 경도값 또한 수지첨가량과 비례적인 관계를 보였다.

- 2) 재령별 미세구조는 단주상으로 발달한 에트린자이트가 관찰되었으며, 특히 수지는 광촉매의 배기가스 저감효율에 영향을 미치리라 예상되므로 함량의 선정과 관련하여 적절한 판단이 요구된다.
- 3) 부착성은 primer의 유무에 관계없이 수지량 증가에 따라 비례적으로 증가하였다.
- 4) 광촉매시멘트의 우수한 NO_x 제거효율을 확인하였으며, 추후 다양한 배합과 장기간의 옥외폭로시험 등을 통하여 지속적인 특성개선이 요구된다.

참고문헌

1. D.F. Ollis and H. Al-Ekabi, Photocatalytic Purification and Treatment of Water and Air, 1993.
2. 한국콘크리트학회, 콘크리트 혼화재료, 1997.3.
3. 한국표준협회, 도료 및 관련 원료 시험 방법, 한국산업표준심의회 심의, 1990, 12개정.