

고로슬래그·광촉매담체를 이용한 무기도료의 개발과 질소산화물 및 실내오염물질의 제거 특성에 관한 연구

Development of the Inorganic Paint Using Blast Furnace Slag·Photocatalytic Carrier and the Removal Property of NO_x and Indoor a Pollutant

채 한 식* 이 준 철** 김 화 중***
Chai, Han sik Lee, Jun-cheol Kim, Wha-Jung

ABSTRACT

In this study, the objective is to develop environment friendship mineral pigments for removal of harmful chemical substance. Environment friendship mineral pigments made of Slag blast furnace-photocatalyst carriers were developed to identify their removal effects of NO_x, HCHO and VOCs(benzene, Toluene) on sunlight, fluorescent light and UV lamp.

In case of NO_x at UV light, the eliminative ability was been better than different harmful materials, and it was appeared large degree rather than different harmful materials.

1. 서론

최근 산업 활동과 급증하는 차량의 배기가스 등에 의한 대기오염이 심각한 수준에 이르렀다. 특히 대기 중에 배출되는 오염물질 중 약 30%를 차지하고 있는 질소산화물(NO_x)은 대도시나 공장지대의 공해를 야기 시키는 가스성분으로 상온에서는 쉽게 NO₂로 산화되어 공해의 직접적인 원인이 된다.

실내의 경우 각종 전자재에서 휘발성 유기화합물(VOCs)을 발생시키며, 그 중 화학물질과민증을 유발시키는 물질로 알려져 있는 포름알데히드(HCHO)가 전자재에서 상당량을 배출되고 있어 그 심각성이 크게 대두되고 있다.

본 연구는 실내외의 오염이 심화되고 있는 국내 대기환경오염 물질 중 많은 비중을 차지하고 있는 VOCs(Benzene, Toluene)와 질소산화물(NO_x) 그리고 실내 환경오염의 주 인자인 포름알데히드를 제거 흡수하고자 고로슬래그·광촉매담체를 제조하고 이에 무기재료를 이용하여 도료를 개발하여 VOCs와 NO_x 및 HCHO를 제거 흡수할 수 있는 기능이 부여된 도료를 개발하고자한다.

도료를 개발하는 과정에서 첨부되는 각종 무기재료에 따른 VOCs와 NO_x 및 HCHO의 제거 성능시험과 기타의 물리적 특성 실험을 통하여 친환경 무기도료의 개발을 위한 기초 자료의 확보와 친환경 무기도료의 실용화 방안에 대한 검토를 하고자 한다.

*정회원, 경북대학교 건축학부 석사과정

**정회원, 경북대학교 건축학부 석사과정

***정회원, 경북대학교 건축학부 교수

2. 실험

2.1 고로슬래그·광촉매 담체의 제조

고로슬래그의 중량비 5%의 아나타제형 이산화티탄(TiO_2)을 혼입하여 건조비빔을 하였다. 단 고로슬래그와 TiO_2 을 담은 용기는 고온에서도 파열되지 않는 재질의 용기로 한다. 고로슬래그의 중량비 40%의 물을 용기에 혼입한 후 다시 30분가량 충분한 비빔을 한 후 고온 가열기를 이용하여 아나타제형 TiO_2 의 결정형이 바뀌지 않는 $500^{\circ}C$ 의 온도에서 4시간 정도 하소시킨 후 굳어진 분말덩어리를 공냉시켜 볼밀기를 이용하여 분말의 입자를 도료원료 기준인 $25\mu m$ 이하로 분쇄시켰다.

2.2 무기도료의 배합

고로슬래그·광촉매 담체에 pH값이 크며 초결과 종결의 사이의 속도가 빠른 NaOH를 알칼리 자극제로 사용하였으며 외장용 도료로써의 기능을 갖추기 위해 무기방수제를 첨가하였다. 바인더로 내수성과 접착성이 크며 표면상태가 양호한 카세인을 이용하여 표1의 배합비로 도료를 제조하였다.

표1 무기도료의 배합비

구분	고로슬래그·광촉매 담체	NaOH	카세인	물	무기방수제
중량(g)	100	10	10	80	20

2.3 실험방법

도료의 물리적 특성 실험은 KS M 2221, KS M 2411, KS M 2511에 의해 실시하였다.

도료의 유해물질 제거 실험은 제조된 도료를 $30cm \times 30cm$ 의 밤라이트 판에 바름하여 48시간 건조시킨 후 밀폐식 진공 시험장치와 태양광 시험 장치를 이용하여 유해물질 제거 실험을 실시하였다. 진공 밀폐된 공간 속에 유해가스를 일정량 투입하여 UV라이트, 형광등, 태양광을 각각 광원으로 하여 가스 검지관법으로 4시간동안 분해된 유해가스의 농도를 1시간 간격으로 2회 측정하였다.



그림1 밀폐식 진공 시험장치와 태양광 시험장치

3. 실험결과 및 고찰

3.1 도료의 물리적 특성실험

제조된 도료를 $10cm \times 6cm$ 의 밤라이트 판에 바름을 실시하여 48시간 건조하여 부착강도 시험용 판 ($4cm \times 4cm$)에 접착제를 이용하여 적정시간 고정시킨 후 부착강도 시험기를 이용하여 부착강도를 시험

하였다. 실험에 의해 측정된 강도는 16.25kg/cm²으로서 일반 수성도료와 비슷한 강도를 나타냈으며 고로슬래그의 장기적인 강도를 고려한다면 더 높은 강도를 나타낼 것이다.

흡수성시험은 일반적으로 용매를 사용하지 않은 원액상태를 대상으로 하지만 본 실험에서 행해진 도료는 분말상태에 물을 용매로 사용한 도료를 이용하여 측정하였다. 시험결과 가장 멀리 번져나간 흡수 거리는 2.78cm로서 일반 도료에 비해 약간 큰 값을 나타냈으나 임의의 배합비임을 고려할 때 이 값이 가지는 의미는 그리 크지 않다고 할 수 있다.

붓용이성 시험결과 스트리킹 및 붓 자국현상 등은 나타나지 않았으나 본 실험시 사용된 배합이 세로 방향으로 세워져서 건조되었을 경우 약간의 흘러내림 현상이 발생하였다.

스프레이 작업성 시험결과 세워서 건조하는 특성에 의해 끝 부분에서 세정 현상이 약간 있었으며 미세분말의 결합에 의해 나타나는 뜬반점 현상도 나타났다. 또한 일정량 분사되지 못한채 분말은 남고 수분이 미약하게나마 단독으로 출현하는 버블링 현상도 나타났다.

표2 도료의 스프레이 작업성 시험

판정항목	세정	반뜬점	색일록	버블링	주름살	실킹	핀홀	크레터링	백화
결과	있음	있음	없음	약간있음	없음	없음	없음	없음	없음

도료의 건조시험에 있어서는 지촉건조시간과 점착건조시간의 간격은 그리 크지 않았으며 고착건조와 고화건조 사이의 시간은 약 1시간에 가까운 시간차를 보였다. 또한 완전 건조의 경우 고로슬래그의 초기강도 지연 특징으로 인하여 약 6시간 이상이 소요되는 것으로 나타났다.

표3 도료의 건조시험

건조의 종류	지촉건조	점착건조	고착건조	고화건조	완전건조
건조시간(min)	43	58	82	136	384

3.2 도료의 유해물질 제거 시험

3.2.1 UV 라이트 시험

NO_x의 경우는 타 유해물질에 비하여 UV라이트 하에서 제거되는 정도가 큰 경향을 보였으며 제거폭 또한 타 유해물질에 비해 큰 폭을 나타내었다. 반면 HCHO의 경우는 Benzene과 Toluene에 비하여 초기 제거율은 높게 나타났으나 2회 측정에서는 그 정도가 Benzene과 Toluene에 비하여 낮게 나왔으며, Benzene과 Toluene의 초기 감소폭은 HCHO에 비하여 작으나 2회 측정만을 비교할 때 그 정도가 큰 것으로 나타났다.

3.2.2 형광등 시험

형광등 광시험의 경우는 형광등에서 발생하는 자외선 양이 미비하여 각 유해물질에 대한 제거 폭이 그다지 크지 않았으며 어느 유해물질에 대해서도 완전한 제거를 위해서는 장시간 방치가 필요할 것으로 사료된다. NO_x의 경우 형광등에서의 반응은 UV에서처럼 민감하게 반응하지 않았으며 오히려 제거량이 Benzene에 비하여 떨어지는 경향을 보였다. Benzene은 UV에서의 반응과는 달리 NO_x보다 큰 제거폭을 보였으며 Toluene의 경우는 NO_x와 거의 비슷한 제거율을 나타냈다.

3.2.3 태양광 시험

태양광 조사 하에서는 NOx의 제거능력이 가장 높았으며 Benzene과 Toluene이 비교적 낮은 제거율을 나타냈다. HCHO의 경우 UV라이트 시험과 마찬가지로 1회 측정의 경우는 매우 우수한 제거율을 나타냈으나 2회 측정시에는 Benzene과 마찬가지로 낮은 제거율을 나타냈다. 태양광의 경우는 순수 자외선만을 포함한 UV라이트에 비해서는 제거능력이 약간 떨어졌으나 형광등 광원과 비교하였을 때는 형광등 보다 우수한 제거 성능을 보여주었다.

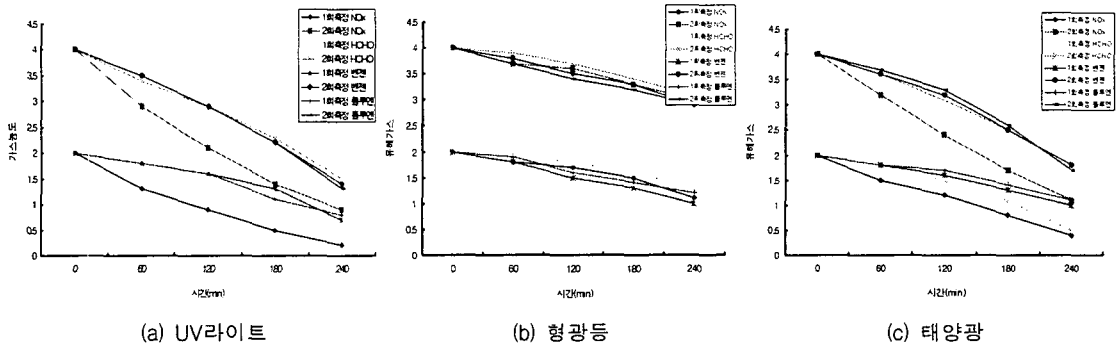


그림2 도료의 광원별 유해물질 제거 성능

4. 결론

고로슬래그·광촉매담체를 이용하여 제조된 도료를 사용하여 대기유해 인자인 NOx, VOCs(Benzene, Toluene) 및 실내 유해인자인 HCHO를 제거 제거할 수 있음을 확인하였다. 또한 실내 및 실외의 도료로 사용되어질 경우 유해인자를 제거할 수 있는 친환경재료로서의 가능성을 증명하였다.

그러나 일반 도료에 비하여 고로슬래그의 경화지연 등으로 인해 완전경화 까지 다소 많은 시간이 소요되었으며 재료의 미세 분쇄 후에도 다시 분말재료들끼리의 교반과정에서 덩어리가 지는 현상으로 인해 표면에 돌기가 생기는 등 좋지 못한 표면을 나타내기도 하였다. 또한 스프레이 건으로 분사하였을 때 충분한 교반이 되지 않았을 경우엔 분말은 남고 수분만 분사되어 표면에 좋지 않은 현상을 보이기도 하였다.

본 실험의 결과를 바탕으로 친환경재료로서의 가능성은 제시되었다고 할 수 있으나 도료로서 실용화되기엔 약간의 미비한 점이 남아 있으며 장기적인 안목으로 충분한 시간을 두고 도료의 내구성 및 정화효과 등을 측정할 필요성이 있다고 보는 바이다.

감사의 글

이 연구는 2005년 건설교통기술평가원 지정, (주)인본건설의 연구비 지원에 의한 결과의 일부임.

참고문헌

1. 石森 正樹, “光觸媒セメントで自動車排ガスを處理”, セメント・コンクリート, No.639, pp18~23, 2000/5
2. 남인식, “고정원에서 NOx 제거”, 화학공업과 기술, 제6권 제2호, 1988
3. 김영도, “광촉매의 세계”, 대영사, 2000