

# 광촉매 시멘트 콘크리트 연구동향 및 활용방안



정진훈 | 정회원 · 인하대학교 토목공학과 부교수

김상호 | 정회원 · STX건설(주) 기술영업실 팀장

이강훈 | 학생회원 · 인하대학교 토목공학과 석사과정

## 1. 서론

산업화와 경제성장을 최우선으로 삼아왔던 지난 개발과정에서 발생한 각종 환경문제에 대한 관심은 전세계적으로 증가하였다. 이에 1992년 6월 유엔환경 개발회의에서는 “환경적으로 건전하고 지속 가능한 개발”(ESSD, Environmentally Sound and Sustainable Development)을 전제로 기후변화협약을 채택하였고 이 협약에 우리나라를 포함한 많은 나라가 서명하고 ESSD에 기반하여 기술개발에 힘쓰고 있다.

특히, 건축 및 토목 구조물의 경우 건설, 사용, 폐기 등 전 과정에 걸쳐 자원 및 에너지를 소비하는 주체일 뿐만 아니라 지구온난화를 유발하는 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 가스 및 각종 환경오염 물질을 배출하는 요인이기 때문에 다른 어떤 분야보다도 친환경적 기술 개발 및 보급이 시급한 실정이다.

가장 대표적인 건설재료인 콘크리트의 경우 각종 건설분야에 폭넓게 사용되고 있으나 제조 시 많은 자원과 에너지를 소비하며, 특히 주 재료인 시멘트의 제조과정에서 이산화탄소를 다량 배출하고 폐기

시 주로 매립하기 때문에 환경적 측면에 있어서 부정적인 인식이 존재하는 것이 사실이다. 이를 극복하기 위하여 콘크리트 제조시의 환경 부하량 저감 기술, 콘크리트를 이용한 환경 부하량 저감 및 환경 개선 기술, 생태계와의 조화를 꾀하는 에코 콘크리트의 개발 등 다양한 관점에서의 연구 수행 및 대책 수립이 이루어지고 있으며, 이미 선진국에서는 학계 뿐만 아니라 관련 업계에서도 체계적이고 조직적으로 콘크리트의 친환경적 특성을 부각시키기 위해 지속적으로 노력하고 있다.

그 일환으로 최근에는 광촉매 물질을 이용하여 대기 중의 오염물질을 제거하려는 노력이 시도되고 있다. 광촉매 물질은 빛 에너지를 이용하여 자신은 변화하지 않고 대기 중의 오염물질을 제거하는 능력을 가진 친환경 재료이다. 이러한 광촉매 물질 중 가장 각광받고 있는 것은 이산화티탄(TiO<sub>2</sub>)으로 현재 실내 벽, 조명기구, 커튼, 도로 등 많은 분야에 적용되어 사용되고 있다(한국건설 기술연구원, 2002). 그럼 1은 광촉매 물질을 사용하였을 때 제품에 나타난 효과를 보여주고 있다.

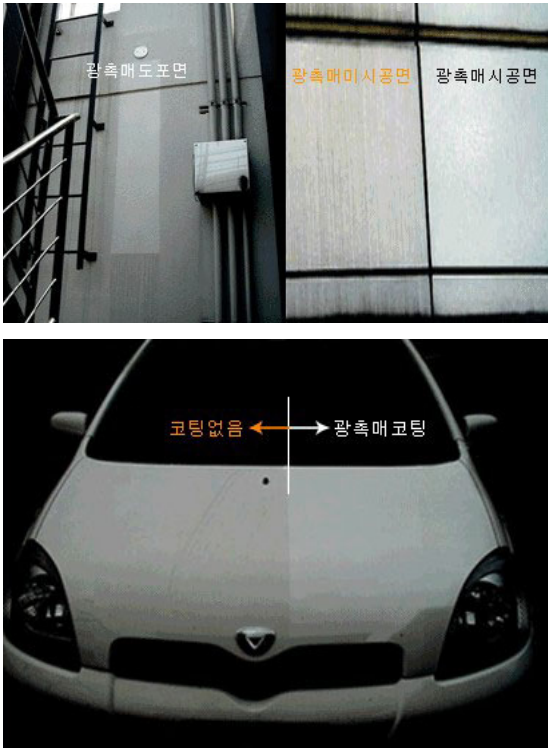


그림 1. 광촉매의 적용

본 기사에서는 이러한 친환경적 재료인 이산화티탄을 사용한 시멘트 콘크리트의 연구 동향과 도로 포장에의 적용방안을 제시해 보고자 한다.

## 2. 광촉매

### 2.1 광촉매 반응의 이론적 배경

광촉매 물질은 주로 반도체의 물질이며 그 반응과정을 이해하기 위해서는 에너지 밴드의 개념을 알 필요가 있다. 그림 2는 도체(Conductor), 반도체(Semiconductor), 절연체(Insulator)가 절대온도 0° K에서 나타내는 에너지 밴드이다. 가전자대(VB)의 높은 에너지 밴드와 전도대(CB)의 낮은 에너지 밴드의 경계 간 에너지의 차이를 밴드 갭(Band Gab)이라고 부르고 이 밴드 갭에 해당하는

에너지를 갖는 빛이 닿으면 고온이 되었을 때와 동일하게 전자가 가전자대에서 전도대로 이동하게 된다. 그 결과 전도대에는 전자가 생성되며 가전자대에는 정공(Hole)이 생성된다. 일반적으로 반도체는 저온에서는 전류가 거의 흐르지 않지만 고온이 됨에 따라 전기 전도도가 증가하여 가전자대의 전자가 전도대로 이동하여 전류가 흐르는 특징을 갖고 있다. 광촉매 물질은 반도체의 밴드 갭에 해당되는 빛 에너지가 존재하는 경우 열 에너지가 존재하는 경우와 마찬가지로 전류를 흐르게 하므로 광촉매 물질은 반도체 물질인 경우가 거의 대부분이다.

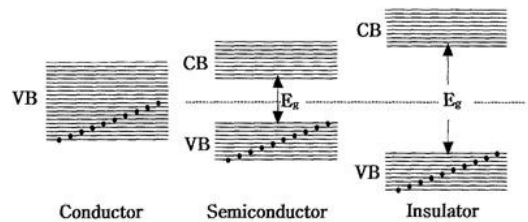


그림 2. 재료별 에너지 밴드 구조 (한국건설기술연구원, 2002)

이처럼 광촉매 물질이 빛을 받아 생성된 전자와 정공은 표면에 흡착된 산소나 물과 반응하여 슈퍼옥사이드( $O_2^-$ )나 수산화( $OH$ )기 등을 생성한다. 이렇게 생성된 수산화기 등은 강한 산화력을 가지며 대기 중의 각종 유기화합물을 탄소와 물로 분해할 수 있어 향균 및 탈취뿐만 아니라 휘발성 유기화합물(Volatile Organic Compound)과 다이옥신의 제거 등 친환경적 반응을 일으킨다.

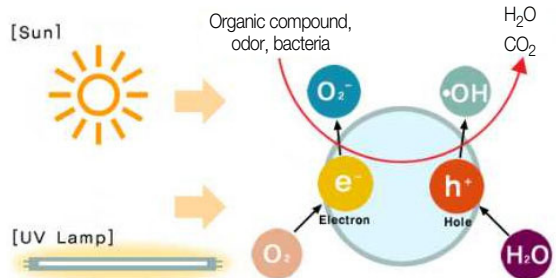


그림 3. 광촉매 반응 매커니즘

## 2.2 광촉매 물질

광촉매 물질로는 표 1과 같은 여러가지 물질이 존재한다. 고체의 광촉매 물질로는 이산화티탄과 같은 금속산화물이나 복수의 금속을 포함한 복합 금속 산화물, 황화카드뮴(*CdS*)과 같은 금속 황화물, 셀렌화카드뮴(*CdSe*)과 같은 금속 칼코겐나이트 등이 있다. 어느 것이나 빛을 받게 되면 전기를 통하게 되므로 광반도체라고 불린다.

표 1. 광촉매 물질의 종류

분 류	광 촉 매
고 체 (금속산화물, 황화물 등)	<i>TiO<sub>2</sub></i> , <i>ZnO</i> , <i>Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub></i> , <i>WO<sub>3</sub></i> , <i>SnO<sub>2</sub></i> , <i>ZrO<sub>2</sub></i> ,..... <i>SrTiO<sub>3</sub></i> , <i>KTaQ<sub>3</sub></i> ,..... <i>CdS</i> , <i>ZnS</i> ..... <i>CdSe</i> , <i>GaP</i> , <i>CdTe</i> , <i>MoSe<sub>2</sub></i> , <i>WSe<sub>2</sub></i> .....

이러한 금속산화물 광촉매중에서 이산화티탄에 관한 연구가 가장 활발하며 친환경적인 측면에서는 이산화티탄에 대한 연구만이 진행되고 있다고 해도 과언이 아니다. 그 이유는 이산화티탄이 산과 염기 및 유기용매에 침식되지 않는 화학적 안정성을 갖기 때문이다. 광촉매 물질로서 높은 활성을 갖는 산화아연(*ZnO*)은 수용액 중에서 광용해 반응을 일으켜 녹아버리며, 염산, 질산 등의 일반적인 산에 의해서도 녹아버리는 단점이 있다. 또한 다른 금속 황화물과 금속 칼코겐나이트 종류의 대부분 물질들도 물속에서 광촉매 물질로 사용되면 금속이온으로 녹아버리며, 심지어 카드뮴(*Cd*), 셀레늄(*Se*), 비소(*As*) 등에는 독성이 있는 것으로 보고되고 있다. 이에 반해 이산화티탄은 독성이 없을 뿐더러 빛에 의한 부식이 없고 용매로 사용되는 산, 염기, 유기물질에 침식되지 않아 가장 대표적인 광촉매 물질로 알려지게 되었다.

## 2.3 건설재료로서의 광촉매 물질

현재까지 개발된 고성능 광촉매 물질은 일반 건설

용 재료로 사용하기에는 가격이 높아 경제성 면에서 불리하고 가격이 낮은 광촉매 물질은 성능에 문제가 있는 것이 사실이다. 시장에 유통되고 있는 고성능 광촉매 물질로는 일본 S산업의 ST-01과 독일 D사의 P-25가 있다(김화중 외, 2009). 이들 광촉매 물질의 결정상은 아나타제 유형(Anatase Type)이며 표 2와 같은 기본적인 특징을 갖는다.

표 2. 상용 광촉매의 기본적 특징 (김화중 외, 2009)

제 품 명	ST-01	P-25	KA-100
분자식	TiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>
색상	백색	백색	백색
결정상	Anatase+비정질	Anatase+루타일	Anatase
순도	99% 이상	99% 이상	98% 이상
비표면적(m <sup>2</sup> /g)	300	55	0.015
1차 입도크기(nm)	10 이하	25	250~300

표 2에서 알 수 있듯이 ST-1 및 P-25의 경우 비표면적이 300m<sup>2</sup>/g 및 55m<sup>2</sup>/g이며 1차 입자크기가 10~25nm로 효율이나 성능면에서 뛰어나지만 1kg당 9~13만원의 고가이므로 포장용 재료로는 부적합하다. 반면 안료용으로 생산되는 C 화학의 KA-100은 앞의 두 제품에 비해 효율이나 성능면에서는 떨어지지만 20kg당 8만원 가량으로 포장용 재료로 사용하기에 경제적인 면에서 보다 적합하다고 할 수 있다. 이에 국내 연구자들은 비교적 성능은 떨어지지만 경제적인 광촉매 물질의 효율을 높이는 연구를 진행 중에 있다.

## 3. 광촉매 시멘트 콘크리트 연구 동향

### 3.1 광촉매 물질의 고효율화 방안

앞서 기술한 바와 같이 광촉매 이산화티탄은 고성능 제품의 경우 경제적인 측면에서 건설재료로 부적합하고 경제적인 제품은 성능이 크게 떨어지는 것으로 알려져 있다. 따라서 성능은 낮지만 경제적인 이

산화티탄의 성능을 향상시키려는 연구가 진행되었다. 기존 연구자들은 광촉매의 기능을 개선하기 위한 방법으로 널리 알려진 열처리와 수열처리 방법을 사용하였다(김화중 외, 2009).



(a) 열처리



(b) 수열처리

그림 4. 열처리 및 수열처리 (김화중 외, 2009)

### 3.1.1 열처리 방법

열처리 방법으로 300℃, 400℃, 500℃, 600℃의 환경에서 실시하였으며 도가니에서 광촉매 이산화티탄과 증류수를 1:1의 비율로 섞어 완전히 용해시킨 다음 전기로에 넣고 1시간 동안 가열하였다. 가열이 완료된 후 전기로에서 꺼내어 자연 상온상태에서 2시간 동안 식힌 후 굳은 덩어리를 잘게 부수어 100 $\mu$ m의 체로 치는 방법으로 이산화티탄 가루를 제조하였다. 국내에 알려진 한국광촉매협회의 가스백 A 실험을 통하여 이산화티탄 가루의 아세트알데히드 및 산화질소(NO) 가스 제거 성능을 살펴 보았다.

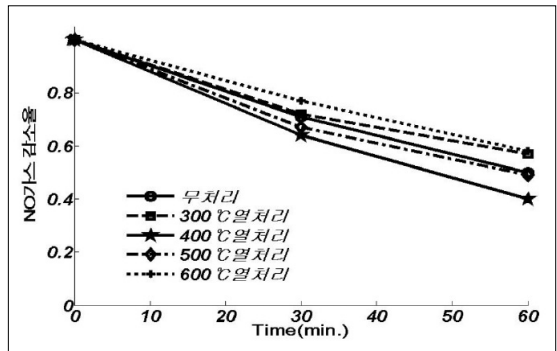
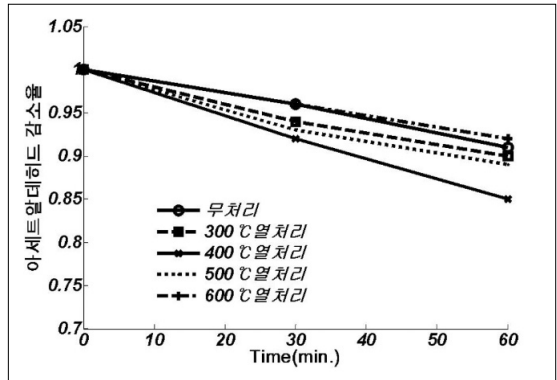


그림 5. 열처리 온도에 따른 아세트알데히드 및 산화질소 농도 감소율 (김화중 외, 2009)

그림 5에서 알 수 있듯이 400℃에서 열처리된 이산화티탄 가루가 가장 좋은 가스 제거 효율을 보였으며(1시간 후 아세트알데히드 15%, 산화질소 가스 60%), 무처리한 이산화티탄과 비교했을 때 아세트알데히드는 6%, 산화질소 가스는 10% 가량 더 제거된 것으로 조사되었다.

### 3.1.2 수열처리 방법

수열처리로서 150℃, 200℃, 250℃에서 500mL의 스테인리스 비커에 이산화티탄과 증류수를 1:1 비율로 혼합하고 수열합성기에서 1시간 동안 수열합성하였다. 수열합성기 안에는 같은 비율의 물을 채워두었으며, 이때 수열합성기 내부에 발생한 압력은 150℃일 때 5kgf/cm<sup>2</sup>, 200℃일 때 15kgf/cm<sup>2</sup>, 250℃일 때 35kgf/cm<sup>2</sup>였다. 수열처리 후에는 90℃

에서 건조시키고 굳은 덩어리를 잘게 부순 후 100 $\mu$ m의 체로 쳐서 이산화탄 가루를 제조하였다. 열처리의 경우와 마찬가지로 가스백 A 실험을 통해 이산화탄 가루의 아세트알데히드 및 산화질소 가스 제거 성능을 살펴보았다.

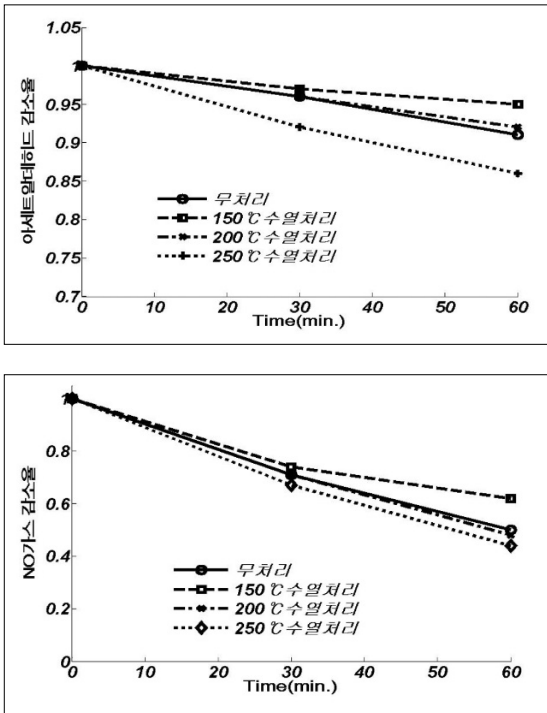


그림 6. 수열처리 온도에 따른 아세트알데히드 및 산화질소 농도 감소율 (김화중 외, 2009)

그림 6은 수열처리 후 아세트알데히드 및 산화질소 가스 감소율을 수열처리 온도에 따라 나타낸 것이다. 그림에서 보듯이 250 $^{\circ}$ C에서 수열처리한 이산화탄 가루의 가스 제거 성능이 가장 우수했으며(1시간 후 아세트알데히드 14%, 산화질소 가스 56%), 무처리한 이산화탄과 비교했을 때 아세트알데히드는 5%, 산화질소 가스는 6% 가량 더 제거된 것으로 나타났다.

### 3.1.3 열 및 수열 병행처리

열처리 후 수열처리, 수열처리 후 열처리의 실험

온도는 열처리와 수열처리에서 가장 우수한 성능을 보인 400 $^{\circ}$ C와 250 $^{\circ}$ C에서 각각 수행되었다.

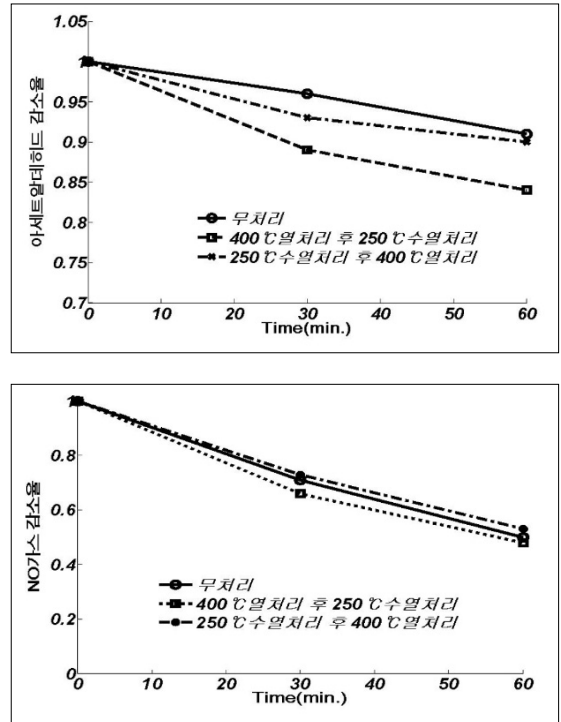


그림 7. 병행방법에 따른 아세트알데히드 및 산화질소 농도 감소율 (김화중 외, 2009)

실험 결과 그림 7과 같이 열처리 후 수열처리 한 경우가 수열처리 후 열처리한 경우보다 가스 제거 성능이 의미가 없을 정도로 약간 나은 것으로 나타났다. 또한, 무처리, 열처리, 수열처리 실험군과 비교하였을 때에도 그 성능은 눈에 띄게 향상되지는 않았다. 따라서 이산화탄의 성능을 개선시키기 위한 가장 효과적인 방법으로는 400 $^{\circ}$ C에서 열처리하는 방법을 기존 연구에서는 제안하고 있다. 이러한 효과는 광촉매를 적정온도에서 열처리나 수열처리할 경우, 그 과정에서 이산화탄의 결정구조가 안정화되어 잘 형성되기 때문이라고 보고되고 있다.

### 3.2 광촉매 물질의 고정화

이산화티탄은 일반적으로 대단히 미세한 백색분말 형태로 존재하므로 쉽게 흩어져 버리고 물에 혼합된 후에는 줌처럼 분리 회수가 어려운 물질이다. 따라서 다루기 쉬운 물질에 잘 부착하여 떨어져 나가지 않도록 하는 것이 중요한데 이것을 고정화라고 한다. 현재까지 알려진 이산화티탄의 고정화 방법으로는 바인더를 사용하여 고정하는 방법, 이산화티탄 피막 산화방법, 이산화티탄 도포 후 열처리 방법, 진공상태에서 원자 및 분자상태로 부착시키는 방법 등이 있다. 이중 가장 손쉬운 방법은 바인더를 이용하여 이산화티탄을 고정하는 방법이다.

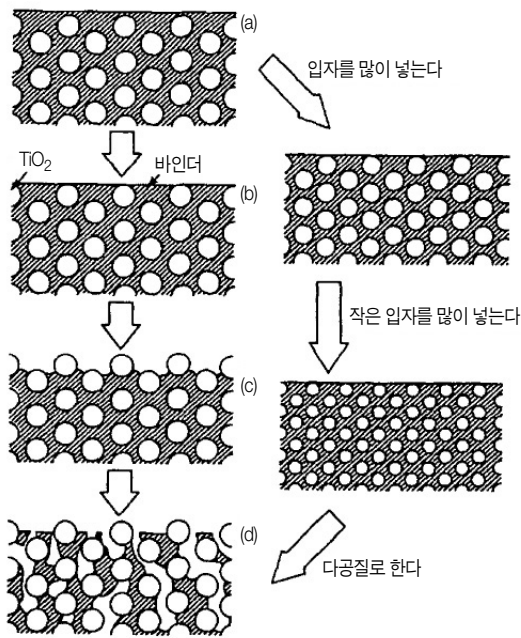


그림 8. 바인더에 의한 광촉매 입자의 고정 (다게우찌 외, 2000)

그림 8은 바인더에 이산화티탄을 고정하는 작업을 단계별로 나타낸 것이다. 광촉매 반응이 일어나는 곳은 이산화티탄 입자의 표면이므로 이산화티탄과 바인더를 혼합하여 다지지만 할 경우 (a)와 같이 이산화티탄의 입자가 혼합물의 표면에 나타나지 않아

광촉매 반응이 전혀 일어나지 않는다. 이에 이산화티탄 입자의 수를 증가시키면 (b)와 같이 입자들이 표면에 조금씩 드러나게 되지만 이 상태에서도 광촉매 반응이 가능한 표면적은 상당히 적은 것을 확인할 수 있다. 이를 개선하기 위해 입자의 크기가 작은 이산화티탄을 혼합할 경우(c) 광촉매에 유효한 표면적이 상당히 증가 하지만 광촉매 입자가 바인더로부터 쉽게 이탈할 우려가 있다. 즉 이산화티탄을 바인더에 단단히 고정하려고 하면 광촉매에 유효한 표면적이 감소하여 반응 효율을 감소시키고 유효한 표면적을 증가시키려고 하면 이산화티탄이 바인더에서 이탈할 가능성이 커지게 되는 것이다. 따라서 (d)와 같은 입체적인 구조를 만들게 되면 바인더 표면뿐만 아니라 내부에 있는 광촉매 입자도 반응하게 되는데 이러한 구조를 주사전자현미경(SEM)으로 살펴보면 바인더 표면에 많은 구멍이 나 있는 것 같이 보이며 이를 다공질이라 부른다.

구조 외에 고려해야 할 사항은 바인더의 화학적 내구성이다. 이산화티탄은 활성산소를 생성하여 유기물을 분해하는 성질을 갖는다. 따라서 유기질은 바인더로 적합하지 않아 실제로 바인더로 사용되는 유기물은 내산화성이 큰 불소수지(테프론 등)에 불과하다(다게우찌 외, 2000). 하지만 무기질은 산화에 강한 성질을 갖는다. 따라서 다공질 무기질을 광촉매 입자를 고정하기 위한 바인더로 사용하는 것이 가장 적합하며 경화시 다공질을 나타내며 무기계에 속하는 시멘트를 바인더로 사용하는 것은 적절하다고 할 수 있다(이원암 외, 2002).

### 4. 광촉매 시멘트 콘크리트의 친환경적 성능 실험

광촉매를 이용하기 위한 실질적 방법으로는 졸 형태의 이산화티탄 혼합물을 공시체 위에 코팅하는 방법과 분말형태의 이산화티탄을 고정시킨 후 코팅하는 두 가지 방법이 있다(한국건설교통기술평가원,

2007). 졸 형태 이산화티탄의 제조과정은 비경제적이며 현재 유통되고 있는 졸 형태의 이산화티탄 역시 가격이 비싸 도로포장용으로 사용하기에는 부적합하다. 따라서 분말형태의 이산화티탄을 고정시킨 후 코팅한 공시체로 대기 중 오염물질(질소산화물, NOx) 제거 성능을 평가하고 물리적 및 역학적 성능을 실험하는 것이 바람직할 것이다.

현장에서의 적용성을 파악하기 위해 회전마모실험(Rotary Abrasion) 및 가속하중실험(Accelerated Loading Test)을 실시하여 마모 전과 후의 질소산화물 제거 성능을 비교하고 주사전자현미경 및 에너지 분산분광 분석을 통해 마모 전과 후의 이산화티탄 손실 정도를 파악할 수 있을 것이다(Hui Li 외, 2006).

#### 4.1 공시체 제조 및 강도실험

실험에 사용할 광촉매 물질은 위에서 언급한 것과 같이 성능은 다소 떨어지나 경제적인 측면에서 유리한 분말형태의 이산화티탄을 사용하여 기존 연구자들이 제시하고 있는 열처리 방법으로 효율을 높여 사용한다. 실험에 사용되는 공시체의 배합은 표 3과 같이 할 수 있다.

표 3. 실험변수

실험인자	실험수준
광촉매(TiO <sub>2</sub> )	Anatase Type
광촉매 치환율(C×wt%)	0, 1, 3, 6, 9, 12%
광원의 종류 UV램프	자외선(UV) 램프
모르타르 배합	W/C : 45%, C:S=1:3

이산화티탄의 농도에 따른 질소산화물 제거 성능 및 강도를 평가하기 위해 이산화티탄의 치환율을 달리 한다. 바인더로는 시멘트를 사용하며 시멘트 모르타르의 혼합은 시멘트와 잔골재를 1분간 건비빔한 후 400℃에서 열처리된 이산화티탄 분말을 투입하여 1분간 혼합한다. 그리고 물을 투입하여 3분간 혼합함으로써 시멘트 모르타르를 제작한다. 공시체의 제작은 휨강도 실험을 위하여 40mm×40mm×

160mm 크기로 제작하고 수증양생 후 재령에 따라 실험을 실시한다. 압축강도 실험은 휨강도 실험 후 큰 파편을 40mm의 길이로 잘라 사용한다.

#### 4.2 질소산화물 제거 효과 실험

질소산화물 제거 성능에 대한 실험은 국내외의 여러 가지 방법 중 선택하여 실시하도록 한다. 본 기사에서는 국외와 국내의 실험방법을 각각 1가지씩 소개하고자 한다.

##### 4.2.1 국외 실험방법

국외의 기존 연구자들이 수행한 질소산화물 제거 성능 실험방법으로 Japanese standard JIS TR Z 0018의 "Test method for air - purification performance of semi - conducting photocatalytic materials" (2007) (ISO 22197-1에 준함)이 있다. 그림 9는 JIS TR Z 0018의 실험 모식도 및 실험장치이다.

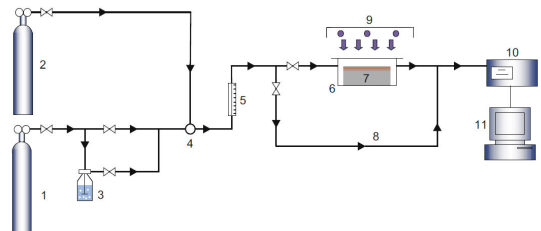


그림 9. 질소산화물 제거 성능실험 모식도 및 장치 (Hassan 외, 2010)

오염되지 않은 일반적인 공기(1) 중의 미세 먼지는 가스 세척기(3)를 통과하면서 제거된다. 공기는 질소산화물(2)과 혼합되어 습도 및 온도 센서(4)를 통과하며 가스 흐름량 제어기(5)에서 농도가 조절되면서 반응기(6)에 주입된다. 광촉매 물질이 사용된 시편(7)은 광원(9)으로부터 빛에너지를 받아 광촉매 반응을 일으켜 반응기에 주입된 질소산화물이 제거되며 질소산화물 분석기(10)에서는 질소산화물의 제거성을 분석하게 된다.

실험장치 중 반응기는 산화반응에 저항성이 좋은 테프론으로 제작되었다. 평균 실험온도는 26.5℃를 유지하고 실험장치는 외부와 차단되어 자체적으로 빛과 대기상태를 모사할 수 있도록 하였다.

총 실험 시간은 5시간으로 광촉매 작용은 실험 시작 후 30분 후부터 실시하는데 이는 환경 챔버의 농도를 정확하게 안정화시키기 위함이다. 기존 연구에서는 질소산화물 제거율을 식 (1)과 같이 나타냈다.

$$NRE(\%) = \frac{NO_{x,out} - NO_{x,equil}}{NO_{x,equil}} \times 100 \quad (1)$$

여기서,

$NRE(\%)$  :  $NO_x$  제거효과

$NO_{x,out}$  : 초기  $NO_x$  농도

$NO_{x,equil}$  : 평형상태의  $NO_x$  농도

#### 4.2.2 국내 실험방법

국내에서는 한국광촉매협회에 명기된 가스백 A법 및 가스백 B법이 광촉매 물질의 질소산화물 제거 성능 실험법으로 사용되고 있다. 가스백 A법은 질소산화물이 실험기구, 시료 및 광촉매에 흡착되는 것을 무시할 수 있는 광촉매 제품에 사용되며 B법은 무시할 수 없는 경우 사용된다. 콘크리트포장에 대해서는 질소산화물이 시멘트 콘크리트 표면에 흡착되지 않기 때문에 가스백 A법이 질소산화물 제거 성능 실험방법으로 적당하다고 판단된다.

가스백 A법은 340nm~420nm 파장 범위에서 광촉매의 효과를 조사할 때 사용되는 방법으로 질소산화물 가스를 광촉매 물질이 들어있는 가스백에 주입하고 자외선에 노출하여 광촉매에 의한 질소산화물의 분해정도를 확인하는 실험이다. 실험절차는 그림 10와 같다. 먼저 시편을 제작하고 평가용 가스백의 한 쪽 면을 절단하여 시편을 넣은 후 가능한 가스백 안의 공기를 배기시키고 접착테이프 등을 이용하여 밀봉한다. 질소산화물 가스가 들어있는 별도의 가스백을 실리콘 튜브로 시편이 들어있는 가스백과 연결하여 질소산화물을 시편이 있는 가스백 안으로 투입하고 실온에서 30분 이상 방치한다. 가스백 안의 초기 질소산화물 농도를 측정하고 가스백을 챔버에 넣은 후 실온에서 자외선에 노출시키면서 1시간 30분 간격으로 검지관으로 질소산화물 농도를 측정하여 질소산화물 제거 성능을 확인한다.

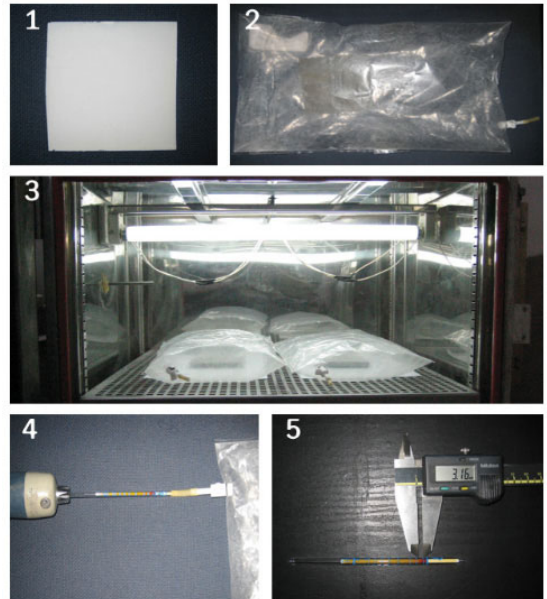


그림 10. 가스백 A 실험 과정 (김화중 외, 2009)

#### 4.3 마모 실험

시편 표면의 이산화탄 마모에 대한 저항 성능을 평가하기 위하여 가속하중실험 및 회전마모실험을 실



시하여 질소산화물 제거 성능 및 이산화티탄 손실률을 파악한다. 가속하중시험은 LWT(Loaded-Wheel Tester)를 사용하여 코팅된 시편 표면에 하중을 재하하고 마모를 모사하는 것이다. 회전마모시험의 경우 ASTM C944에 정의된 대로 200rpm의 회전 능력을 가진 장치로 코팅된 시편 표면의 마모를 모사하여 수행된다.

#### 4.4 내구성 실험

이산화티타늄을 적용한 시멘트 콘크리트의 내구성 판단을 위하여 다음 표 4와 같은 실험을 수행하여 친환경적 성능뿐만 아니라 내구성 측면에서의 검증 또한 필요하다.

표 4. 콘크리트 내구성 평가 시험 방법

표준 번호	표준 내용	목적
KS F 2456	급속 동결 융해에 대한 콘크리트 저항 시험 방법	광촉매 콘크리트의 동결 융해에 대한 저항성 분석
KS F 2405	콘크리트 압축강도 시험 방법	광촉매 콘크리트의 압축강도 측정
KS F 2408	콘크리트 휨 강도 시험 방법	광촉매 콘크리트의 휨 강도 측정
KS F 2585	콘크리트의 알칼리 실리카 반응성 판정 시험 방법	알칼리 실리카 반응에 대한 광촉매 코팅 효과 판정
KS F 2737	지시약에 의한 콘크리트의 염화물 침투 깊이 측정 방법	염화물 침투에 대한 광촉매 코팅 효과 판정
KS F 2595	콘크리트의 건조 수축 균열시험 방법	건조 수축에 대한 광촉매 콘크리트 저항성 판정

#### 4.5 미세구조 분석

주사전자현미경(SEM)을 사용하여 코팅 막 내부의 미세 구조를 관찰하고 에너지분산분광(EDS)을 통해 이산화티타늄이 코팅된 시편 표면의 원소 분석을 실시한다. 이 두 가지 방법에 의하여 마모시험에 의한 이산화티탄 손실율을 판단할 수 있을 것이다.

### 5. 맺음말

앞서 살펴본 바와 같이 광촉매 물질을 이용한 환경 친화적 제품들은 산업 각 분야에 걸쳐 실용화되고 있으며 그 효과 또한 검증된 것이 사실이다. 시멘트 콘크리트에 적용하기 위한 노력이 계속되고 있으며 각종 건축물 및 도로 부속시설 등에 적용이 되어 있는 실정이다. 하지만 도로 포장용 시멘트 콘크리트에 광촉매 물질을 사용한 사례는 없으며 관련 연구 또한 미비한 것이 사실이다. 본 기사에서는 기존 연구 결과를 바탕으로 도로 포장에 광촉매 물질을 적용하기 위한 실험 방안을 수립하여 보았다. 향후 관련된 연구를 수행하여 문제점을 충분히 보완한다면 도로 포장용으로 사용될 수 있으리라 판단된다

#### 참고 문헌

1. 한국건설기술연구원(2002), “소음 및 배기가스 저감 환경친화 콘크리트의 개발연구”, 건설교통부
2. 이원암, 양진, 유재상, 이종열(2002), “광촉매 콘크리트의 특성에 관한 연구”, 한국콘크리트학회 2002년도 봄 학술발표회논문집, 한국콘크리트학회, P 575~580
3. 최영준, 박준영, 이승조, 허노일, 김화중(2002), “이산화티탄(TiO<sub>2</sub>) 분말을 광촉매로 사용한 시멘트 모르타르의 질소산화물(NOx) 제거특성에 관한 기초 연구”, 대한건축학회 논문집, 대한건축학회, 제18권 8호, P 43~50
4. 김화중, 전기용(2009), “고효율 광촉매의 제조와 모르타르에의 적용”, 대한건축학회 논문집, 대한건축학회, 제25권, P 73~81
5. 한국건설교통기술평가원(2007), “콘크리트 구조물 보호용 첨단 코팅재료 및 실용화 연구보고서(최종)”, 건설교통부
6. 다게우찌 고우지, 무라사와 사다오, 이부스키 다카시(2000), “광촉매의 세계”, 대영사, P 19~52
7. Hui Li, Mao - hua Zhang and Jin - ping Ou(2006), “Abrasion resistance of concrete containing nano - particles for pavement”,

- Wear 260 (11-12), pp. 1262~1266
8. Marwa M Hassan, Heather Dylla, Louay N Mohammad and Tyson Rupnow(2010), "Evaluation of the durability of titanium dioxide photocatalyst coating for concrete pavement", Construction and Building Materials Vol 24 Issue 8, P 1456~1461
  9. G.Husken, M. Hunger and H.J.H. Brouwers (2009), "Experimental study of photocatalytic concrete products for air purification", Building and Environment Vol 44 Issue 12, P 2463~2474
  10. Akira Fujishima, Tata N.Rao, Donald A.Tryk (2000), "Titanium dioxide photocatalysis", Jorunal of Photochemistry and Photobiology C:Photochemistry Review 1~21

### 학회지 원고접수 안내

학회지 편집위원회에서는 다음과 같은 내용으로 여러분을 초대하고자 합니다. 언제든지 참여하시어 알찬 학회지를 만듭시다. 여러분의 원고를 기다리겠습니다. (연락처 : 학회사무국 또는 편집위원)

컬 럼	내 용 및 형 식	비 고
권두언/축사/제언/격려사	시사성 있는 내용으로 A4 2쪽이내 분량으로 작성	편집위원회 주관
특집	회원들에게 도로포장내용과 최신동향소개 : 특집편집위원회 주관하여 연재	게재원고료 지급 심의 후 게재
기술기사	도로 및 도로포장과 관련된 기술보고서로서 A4 10쪽 이내 분량으로 작성 : 사례연구, 공사지, 성공 및 실패사례, 지역별 도로특성, 국내 산학연 합동 연구, 국내외 관련연구소 소개 등	심의 후 게재
기술위원회 세미나 주요내용	기술위원회 세미나 내용을 자세히 요약하여 그 내용을 회원들에게 알리는 컬럼	기술위원회 제공
해외기술동향	도로 및 도로포장관련 해외의 최신 연구내용 및 결과로 A4 4쪽 이내	
국내외 학술회의	도로 및 도로포장과 관련된 학술 및 기술강좌, 세미나 등의 내용 소개	E-mail 이용 가능
문화산책(교양)	교양과 관련된 내용으로 A4 4쪽 이내 : 수필, 취미생활(등산, 낚시 등), 독후감 및 의견제시 등 자유내용	게재원고료 지급 심의후 게재
국내외 신간도서 소개	최근 발간된 도로 및 도로포장 도서 내용소개 및 총평과 국내 회귀 입수 서적 소개	E-mail 이용 가능
학교 및 업체연구소 소개	도로 및 도로포장관련 학교 연구실 및 업체 연구소의 A4 2쪽 내외의 소개	게재분량 엄수
학회소식	정기총회 및 학술발표회 소식, 이사회 회의록, 기술위원회 활동소식 등	학회 사무국 제공
Q/A	도로 및 도로포장 관련 문제에 대한 질문과 답변	E-mail 이용 가능
회원동정	주소변경, 직장변경, 경조사, 회원가입, 박사 및 석사학위 취득자 등	E-mail 이용 가능

\* 집필자는 필히 본인 및 공동집필자 사진을 첨부하십시오.

E-mail : ksre1999@hanmail.net