

표면 자정성을 갖는 방음판 개발에 관한 연구

A study on the development of soundproof panel with self-cleaning properties

윤제원* · 임정빈 · 김영찬 · 김두훈

Yoon Je-Won, Im Jung-Bin, Kim Young-Chan, Kim Doo-Hoon

Key Words : Photocatalyst(광촉매), Soundproof Panel(방음판), Self-cleaning Properties(자정성), Hydrophilic properties(친수성)

ABSTRACT

The soundproof barrier used to reduce the traffic and rail noise is usually designed to the point of view of the acoustic performance such as absorption ratio and transmission loss. But, because the surface of soundproof barrier is polluted by the air pollutant or discharge gas of automobiles, so it's surface clearly maintained by the periodic washing with detergent. But, in this case the environmental pollution and the working expenses are worried. So, the objective of this study is to develop the soundproof panel with the self-cleaning properties only by raining.

1. 서 론

도로교통 및 철도에서 발생하는 소음을 저감하기 위해 다양한 종류의 방음벽이 설치되고 있는데, 이들 방음벽의 성능을 결정하는 요소는 크게 투과손실과 흡음률 및 풍압 등으로 방음벽 생산 업체들은 주로 이러한 관점에서 방음벽을 설계해 오고 있다. 그러나, 모든 건축물은 점차적으로 환경친화적인 관점에서 설계하고 시공되고 있으며 방음벽 또한 이러한 추세에 맞추어 설계되어지고 있다.

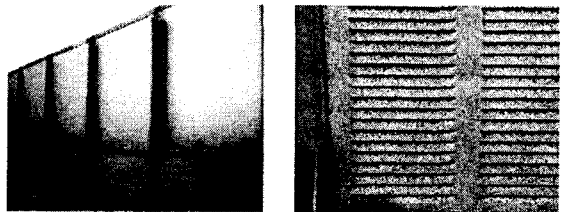
그러나, 이들 방음벽은 시간이 지남에 따라 자동차 배기가스 등과 같은 대기 오염물질에 의해 그 표면이 오염되어 거리의 흉물로 되어버리는 경우가 많아 이로 인해 민원이 발생하고 있는 실정이다. 따라서 이들 오염물질을 제거하기 위해 세척제를 이용한 주기적인 청소를 수행하고 있지만, 세척제의 사용은 환경오염의 발생 원인이 되고 있으며, 청소 기간 동안의 교통통제 문제 및 작업비용이 발생하게 된다.

일례로, 알루미늄 방음벽의 경우에는 알루미늄의 산화작용 및 오염물질에 의해 초기의 깨끗한 외관을 유지하지 못하고 점차 검은 회색빛으로 변하여 운전자로 하여금 거부감을 느끼게 만들고 있다. 또한, 투명 방음벽의 경우에도 오염물질에 의해 방음판의 투명성을 상실하게 됨으로써 본래의 목적인 가시권 확보가 어렵고 도시 미관을 해치고 있는 것

이 현실이다. [그림 1]은 오염물질에 의해 방음벽의 외관이 심하게 손상된 투명 및 알루미늄 방음벽을 나타낸 것이다.

이를 해결하기 위해 방음벽을 세척이 용이하도록 제작하여 설치한 경우도 있기는 하지만, 이는 이미 오염된 방음벽을 인위적으로 세척하는 것으로 전술한 바와 같은 문제점이 발생하기는 마찬가지이다. 따라서, 방음벽의 외관을 깨끗이 유지하기 위해서는 주기적인 청소도 필요하지만 근본적으로 초기 표면 상태를 보다 지속적으로 깨끗하게 유지하는 방안이 효과적이며, 이것이 가능하다면 청소로 인한 경비와 시간 및 세척제로 인한 환경오염을 방지할 수 있다.

본 연구의 목적은 별도의 세척작업 없이 자연적인 강우만으로도 광촉매의 친수성에 의한 자정작용으로 인해 대기 중의 오염물질에 의한 방음벽의 오염을 방지하여 깨끗한 외관을 보다 지속적으로 유지할 수 있는 광촉매를 적용한 방음판을 개발하는 것이다. 이를 위해 광촉매를 적용한 방음판을 개발하였고, 이에 대한 성능 시험평가를 수행하였다.



[그림 1] 오염된 투명 및 알루미늄 방음벽

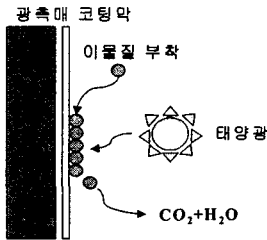
* 유니슨주식회사

E-mail : jwoon@unison.co.kr
Tel : (041)620-3415, Fax : (041)532-7416

2. 본 론

2.1 광촉매의 작동원리^{(1),(2),(3)}

광촉매란 어떤 화학반응에서 자신은 변하지 않고 반응속도를 변화시키거나 또는 반응을 개시시키는 등의 역할을 수행하는 것이며, 광촉매란 촉매의 한 종류로서 촉매작용이 빛 에너지를 받아 일어나는 것을 말한다. 즉, 각 물질이 갖고 있는 고유한 띠틈격 에너지(band gap energy)보다 더 큰 에너지를 갖는 광을 조사하면 광촉매로부터 전자와 양공이 생성되어 TiO_2 입자표면으로 이동하게 된다. 이때, TiO_2 입자 표면에 있는 물이나 OH^- 이온 등이 양공과 반응하여 $\cdot OH$ 라디칼을 생성하게 되고, 이 $\cdot OH$ 라디칼은 TiO_2 입자 표면에 흡착되어 있는 유기물과 반응하여 무해한 화합물로 분해된다. 즉, 이러한 산화력이 방음벽 표면에 부착되어 있는 유기물을 탄산가스(CO_2)와 물로 분해시켜 오염물질을 제거하는 기능을 갖게 한다.



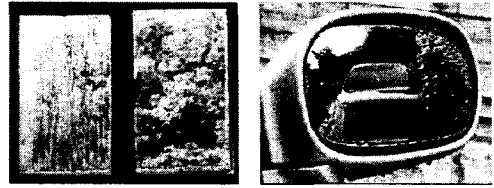
[그림 2] 광촉매의 작동원리

2.2 국내의 기술현황

광촉매의 선진 기술을 보유하고 있는 일본은 국내에도 광촉매 제조에 관한 원천기술에 대해 특허를 다수 보유하고 있고, 다양한 분야에 광촉매를 적용한 제품을 생산하고 있으며, 알루미늄 방음판에도 광촉매를 적용하여 그 특성시험을 수행한 바 있다. 또한, 상온상대 및 가시광선에서도 코팅 가능한 광촉매를 개발하였다. 특히, 일본의 TOTO社에서 개발한 제품 중 광촉매를 건물 외장용 타일에 적용하여 자정성, 김서림 방지, 살균, 냄새 제거 기능을 갖도록 한 제품은 자정성 시험결과 광촉매를 코팅한 타일의 경우가 그렇지 않은 것보다 외관이 상당히 깨끗하게 유지되고 있음을 입증한 바 있다. 또한, HITACHI社에서는 광촉매를 적용한 형광램프를 개발하였는데, 램프에 접촉한 공기 중의 부유균이나 냄새의 근원이 되는 유기물을 분해하여 방안의 청정화를 돕는 작용을 갖는다. 또한, 광촉매가 갖고 있는 소취작용을 이용하여 인공 관엽식물을 제품화한 바 있으며, 고속도로 차단벽 및 가드레일 등에 광촉매를 도포한 제품을 개발한 바 있다.

우리나라에서도 많은 사람들이 광촉매에 대한 연구를 하고 있으나 대부분 환경오염물질 처리기술로서 연구 중이며, 기능성 재료로서의 연구는 선진국 특히, 일본에 크게 뒤쳐

져 있다. 또한 광촉매의 적용분야로 방음벽에 적용하고자 하는 업체는 많으나, 기술적인 문제 및 코팅 설비에 관한 문제점으로 아직 활성화되지 못하고 있는 실정이다.



[그림 3] 국내에서 개발된 광촉매의 적용 예

2.3 광촉매의 물성

방음판에 적용한 광촉매의 물성은 다음과 같다. 광촉매의 성능을 좌우하는 입자크기는 최대 8nm로 매우 작고, 다른 반도체 물질에 비해 매우 안정한 아나타제 형태의 산화티타늄(TiO_2)으로 제작되어 우수한 성능을 나타내리라 판단된다.

[표 1] 광촉매의 물성값

항 목	점도(cp)	비중(g/ml)	입자크기(nm)	결정상
물성값	3~8	0.5~1.5	3~8	Anatase, TiO_2

3. 시험평가

3.1 친수성시험

광촉매의 친수성이란 물체 표면에 물분자가 흡착하여 친수성이 강한 표면을 형성함으로써, 표면에 물이 떨어져도 방울로 맺혀 있는 것이 아니라 흘러져 버리는 현상을 말한다. 이러한 광촉매의 친수성을 확인하기 위하여 투명 방음판과 금속제 칼라 방음판을 준비하였는데, 이는 각각 절반씩 코팅 처리한 부분과 그렇지 않은 부분으로 되어 있다.

시험방법은 스프레이로 방음판 표면에 골고루 물을 분사시킨 후 표면 상태를 관찰하는 것으로 하였다. 시험 결과 코팅 처리하지 않은 부분에서는 물방울이 형성되어 있는 반면에 광촉매로 코팅 처리한 부분에서는 친수성이 있어 물이 수막으로 형성되어 잘 퍼져 있는 것을 확인할 수 있으며, 이 친수성은 오염물질의 제거가 용이함을 의미하는 것이다.

3.2 품질시험

광촉매로 코팅 처리한 경우와 그렇지 않은 경우에 대한 금속제 칼라 방음판 및 알루미늄 방음판에 대한 품질시험을 한국화학시험연구원에 의뢰하여 수행하였다. 시험항목으로는 내화학성 시험 및 광택도 시험과 광촉매 코팅막의 부착 상태를 확인하기 위한 코팅부착성 시험을 수행하였으며, 내화학성 시험 후 시험편 상태를 [그림 5]에 나타내었다.

방음판의 품질시험은 다음과 같은 조건에서 수행하도록 하였다. 우선, 밀착성 시험방법은 KS D 6711⁽⁴⁾에 따라 측정 을 수행하였다. 이의 시험방법은 시험편의 도막에 안전 면 도용 칼날 등으로 도금면에 닿도록 1mm 간격으로 11개의 선을 교차시킨 바둑판 모양을 그은 후, 테이프를 강하고 빠르게 떼어내며 도막의 박리 여부를 관찰하는 것으로 하였다. 또한 내화학성 시험방법은 우선, 내산성 시험의 경우 2%의 황산(H₂SO₄)을, 내알칼리성 시험의 경우 포화석회수(NaOH)를 시험편 위에 2~3ml 떨어뜨린 후 1시간 동안 실 내에 방치한 후에 도막의 부풀음이나 갈라짐 또는 벗겨짐 등의 외관상 변형을 관찰하여 평가하는 것으로 하였다.⁽⁵⁾

시험결과 금속재 칼라 방음판의 경우에는 광촉매 코팅 전·후에 대해 모재의 변형없이 내화학적 특성이 동일하게 우수한 성능을 나타내었다. 또한, 광촉매의 코팅부착성 시험에 대해서도 부착력이 우수해 현장 적용시 쉽게 코팅막이 벗겨지지 않으리라 판단된다. 또한, 광택도도 10% 미만으로 측정되어 방음벽을 현장에 설치 시 태양광이나 자동차의 전 조등에 의한 반사의 영향이 매우 적을 것으로 판단된다.

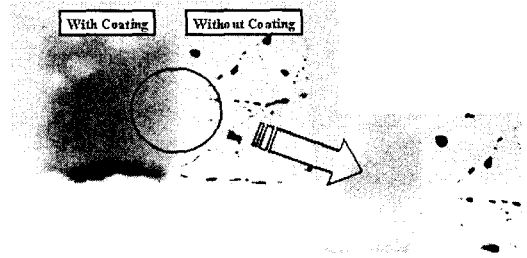
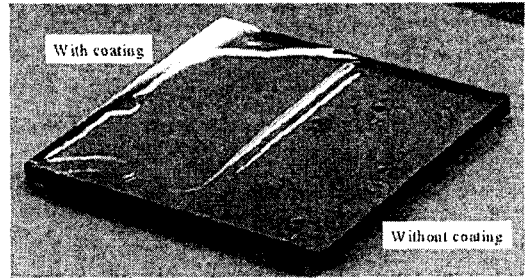
그러나, 알루미늄 방음판의 경우에는 광촉매의 코팅 여부에 관계없이 산성이나 알칼리성과 같은 내화학성에 대해 매우 취약한 것으로 나타났다. 이는 알루미늄 방음판에 광촉매를 코팅한다 할지라도 그 모재의 특성 자체를 변화시키지 못한다는 것을 의미한다. 특히, 이러한 시험결과가 대기의 오염으로 인해 발생하는 산성비 등에 대해 매우 심각한 방음판의 외관 손상을 초래할 수 있음을 보여주는 것으로 판단된다. 또한, 광택도 시험에서도 코팅 전이나 코팅 후 모두 100% 이상의 매우 높은 값을 보이고 있는데, 이는 시험 시 사용한 광원보다 더욱 증폭된 빛이 반사됨을 의미하는 것으로 알루미늄 방음벽을 현장에 설치 시 태양광 등에 의한 반사의 영향이 매우 클 것으로 판단된다.

[표 2] 금속재 칼라 방음판의 도막품질 시험결과

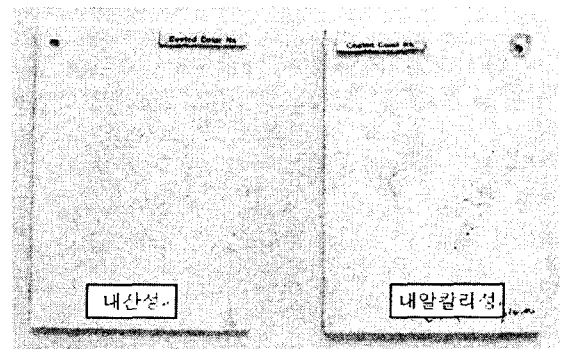
시험항목	시험규격	시험방법	시험결과	
			코팅 전	코팅 후
내 산 성	KS D 6711	5% H ₂ SO ₄ , 120시간	이상 무	이상 무
내알칼리성		5% NaOH, 120시간	이상 무	이상 무
코팅부착성		바둑판 눈금 시험	-	100/100
광택도	KS M 5000	60° 거울면	3.4%	5.0%

[표 3] 알루미늄 방음판의 도막품질 시험결과

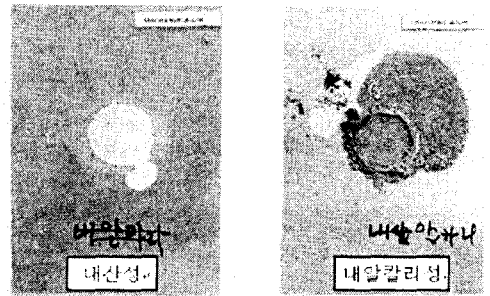
시험항목	시험규격	시험방법	시험결과	
			코팅 전	코팅 후
내 산 성	KS D 6711	5% H ₂ SO ₄ , 120시간	이상 유	이상 유
내알칼리성		5% NaOH, 120시간	이상 유	이상 유
코팅부착성		바둑판 눈금 시험	-	100/100
광택도	KS M 5000	60° 거울면	124.8%	160.8%



[그림 4] 광촉매의 친수성 시험



(a) 광촉매로 코팅 처리된 금속재 칼라 방음판의 시험결과



(b) 광촉매로 코팅 처리된 알루미늄 방음판의 시험결과

[그림 5] 광촉매로 코팅 처리된 방음판에 대한 내산성 및 내알칼리성 시험결과

3.3 자정성 시험

광촉매의 자정성이란 광촉매가 갖고 있는 친수성을 이용해 방음벽에 부착되어 있는 유기화합물을 분해시켜 먼지나 배기가스 등의 오염물질을 제거하는 성질을 말하며, 광촉매의 입자크기가 작을수록 그 효과는 더욱 우수하다.

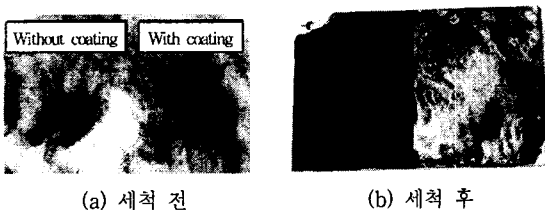
광촉매의 친수성을 이용한 표면 자정성을 확인하기 위해 인위적으로 그을음을 발생시켜 [그림 6]과 같이 방음판에 고루 분포되도록 하였다. 이때, 시험에 사용된 방음판의 절반은 광촉매로 코팅된 부분이고, 나머지 반은 코팅처리하지 않은 부분으로 구성되어 있다. 단, 그림 중 (a)는 물로 세척하기 전 상태이므로 광촉매를 코팅한 부분이나 그렇지 아니한 부분 모두 전체적으로 오염되어 있는 것을 볼 수 있다.

광촉매의 자정성 평가를 위해 분무기로 시험편에 물을 조사한 후 그 표면에서의 오염 제거 정도를 비교하여 보았다. 시험 결과 [그림 6]의 (b)에서 보는 바와 같이 물을 분무한 후에 광촉매를 코팅한 부분에서 그렇지 않은 부분에 비해 현저한 오염물질의 제거 상태를 확인할 수 있었다.

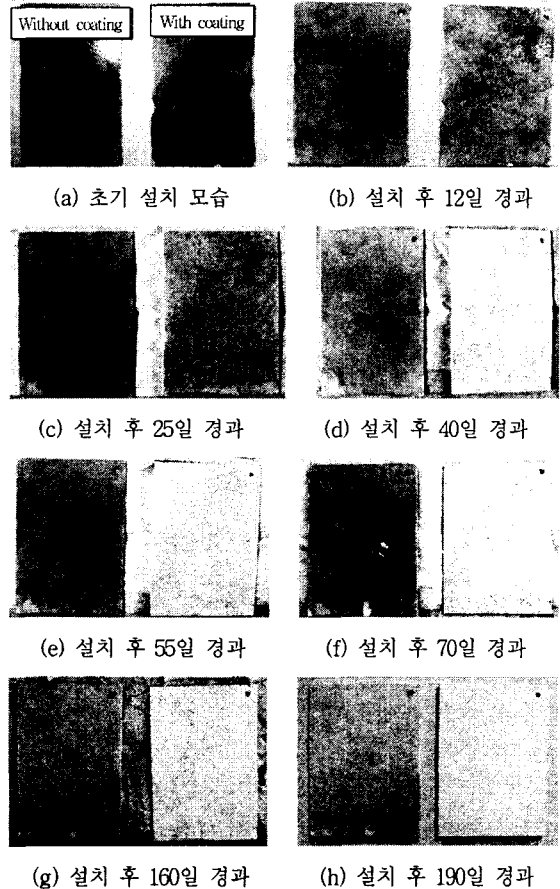
다음은 광촉매로 코팅된 방음판에 대한 야외에서의 자정성 평가를 위해 [그림 7]과 같이 인위적으로 발생시킨 그을음으로 시험편의 표면을 오염시킨 후, 이를 야외에 설치하여 약 6개월 동안 외관 상태를 관찰하여 보았다. 이때, 그림에서 두개의 시험편 중 우측에 있는 것이 광촉매를 코팅한 방음판이다. 시험결과 광촉매로 코팅 처리한 방음판이 그렇지 아니한 방음판에 비해 외관이 상당히 깨끗하게 유지되고 있음을 볼 수 있었으며, 자연적인 강우만으로도 광촉매의 친수성에 의한 자정효과가 있음을 확인할 수 있었다.

또한, [그림 8]과 같이 실제 방음판 생산라인에서 제조된 금속재 칼라 방음판의 일부를 0.5×0.7m로 절단한 후 절반만을 광촉매로 코팅 처리한 후 야외에 방치하여 외관 상태를 관찰하였다. 이때, 설치한 시기는 황사가 심한 기간으로 이로 인해 광촉매를 코팅 처리하지 아니한 왼쪽 부분에서 방음판의 외관이 심하게 더러워진 것을 확인할 수 있었다. 이에 반해 광촉매가 코팅 처리된 부분에서는 초기의 깨끗한 표면상태를 유지하고 있음을 관찰할 수 있었다.

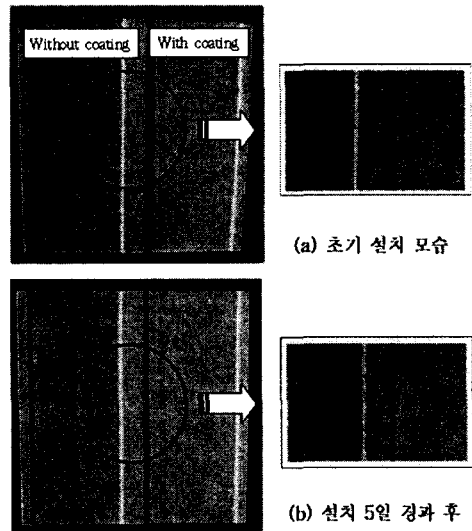
따라서, 이와같은 자정성 시험을 통해 광촉매로 방음판의 표면을 코팅 처리하는 경우 광촉매의 친수성에 의한 자정작용으로 인해 자연적인 강우만으로도 오염물질의 제거가 가능하여 깨끗한 외관 유지가 가능함을 확인할 수 있었다.



[그림 6] 광촉매의 자정성 시험



[그림 7] 야외자정성 시험결과(1)



[그림 8] 야외자정성 시험결과(2)

4. 결 론

방음벽의 오염을 방지하여 초기의 깨끗한 외관을 보다 지속적으로 유지할 수 있도록 가능하게 하는 광촉매 적용 방음판을 개발하기 위한 본 연구의 결과는 다음과 같다.

- 1) 광촉매를 코팅 처리한 방음판에 대한 친수성 효과를 확인할 수 있었다. 또한, 이러한 친수성을 이용해 그을음으로 오염시킨 방음판에 대한 시험실에서의 성능평가를 수행한 결과, 광촉매로 코팅 처리하지 않은 방음판에 비해 매우 깨끗한 표면상태를 유지하는 것을 확인하였다.
- 2) 광촉매를 코팅 처리한 금속재 칼라 방음판에 대한 도막 품질 평가 결과 코팅막에 대한 우수한 부착력을 확인할 수 있었으며, 모재의 도막 특성에 영향을 미치지 않으면서도 내화학성이 우수함을 확인할 수 있었다.
- 3) 광촉매로 코팅된 방음판에 대한 야외에서의 자정성 평가를 위해 인위적으로 발생시킨 그을음으로 시험편의 표면을 오염시킨 후, 이를 야외에 설치하여 약 6개월 동안 외관 상태를 관찰하여 본 결과 광촉매로 코팅 처리한 방음판이 그렇지 아니한 방음판에 비해 외관이 상당히 깨끗하게 유지되고 있음을 볼 수 있었다. 이는 광촉매의 친수성에 의한 자정작용에 의해 별도의 세척작업 없이 자연적인 강우만으로도 대기 중의 오염물질에 의한 방음벽의 오염을 방지하여 깨끗한 외관을 보다 지속적으로 유지할 수 있는 방음판의 적용이 가능함을 의미한다.

참 고 문 헌

- (1) 전희동, "광촉매의 환경분야 이용기술", RERC Nesletter, 2001년 3월 제 3호.
- (2) 윤우식 등, 2000, "PMMA에 코팅된 $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ 의 광촉매 활성", 한국화학공학회 발표논문집, pp.1693~1696.
- (3) 김학수 등, 2000, "광촉매 공기정화에 관한 연구, 연구보고서", 선문대학교 공조기술연구센터, pp.265~287.
- (4) KS D 6711, "알루미늄 및 알루미늄 합금의 도장판 및 조".
- (5) 윤제원 등, 2001, "방음벽의 성능평가를 위한 시험방법의 검토", 춘계학술발표회 논문집, 한국소음진동공학회, pp.449~455.