

터널 및 도로 조명기구의 보수율 개선을 위한 광촉매 성능평가

(Efficiency Estimation of Lighting Catalyst for Maintenance Factor Improvement of Tunnel and Road Luminaire)

김기훈* · 한중성 · 이창모 · 김훈

(Gi-Hoon Kim · Jong-Sung Han · Chang-Mo Lee · Hoon Kim)

Abstract

광촉매의 성능을 평가하기 위해 3종류의 광촉매를 형광등 터널등기구, 고압나트륨 터널등기구, 고압나트륨 가로등기구에 코팅하고 이들 조명기구의 신설 시와 설치 1.5개월 후의 투과율을 측정하여 그 성능을 평가하였다. 그 결과 고압나트륨 터널등기구에는 광촉매 반응이 거의 일어나지 않았고, 형광등 터널등기구에서만 그 효과가 나타났다. 이것은 고압나트륨등이 자외선 영역에서 빛을 거의 방출하지 않았기 때문이다.

1. 서론

램프와 조명기구 전면 유리의 오염은 조명기구의 밝기를 감소시키므로 커다란 문제일 뿐만이 아니라, 사람에게 어둡고 불쾌한 이미지를 제공하기 때문에 정기적으로 청소와 교환이 이루어져야 한다. 최근의 조명기구는 여러 연구의 결과 청소와 교환이 용이하도록 발전되고는 있지만 설치 장소와 용도에 따라서는 아직도 커다란 노력을 필요로 한다.

특히 터널 및 도로용 조명기구는 차량의 배기가스와 날리는 먼지 때문에 전면 유리 커버나 글로브가 매우 쉽게 오염되므로 교통안전에 필요한 노면 조도와 휘도도 상당히 저하한다. 그렇기 때문에 이것에 대응하는 보수 및 청소가 행하여지지만 차선을 규제하여야 하므로 안전적 측면, 또는 교통 지체 발생 등의 문제가 있으므로 빈번히 행하는 것은 곤란하다. 특히 터널은 통행 차량으로 인한 배기가스와 소음으로 다른 장소에 비하면 작업환경이 열악하기 때문에 관리자를 위해서라도 이와 같은 조명기구의 오염은 반드시 개선이 필요하다.

또한 광촉매의 조명기구로의 응용은 보수율에도 영향을 준다. 보수율은 최소한으로 유지되어야 할 노면 휘도를 위해 설정된 값으로 램프의 성능 열화와 조명기구의 오염에 의한 노면 휘도의 저하를 보수율에 의해서 억제되도록 하고 있다. 통상 60~70[%] 정도의 값이 이용되고 있지만, 광촉매를 조명기구에 도입함으로써 그 값을 상승시키고 청소 주기를 연장하여 에너지의 절감과 보수비용의 절감을 가져올 수 있다. 뿐만 아니라 미래에 조명기구의 램프를 소 와트화 함으로써 터널 조명에 사용하는 에너지의 량을 절감하는 데에도 도움이

될 것이라 기대된다.

2. 관련이론

2.1. 광촉매막의 원리

광촉매 막은 램프와 태양으로부터 350~400[nm]의 빛을 쬐이는 것에 의해 광촉매막의 표면에 있는 유기물과 반응하여, 산화 환원 반응에 의해 유기물을 주로 물과 탄산가스로 분해한다.

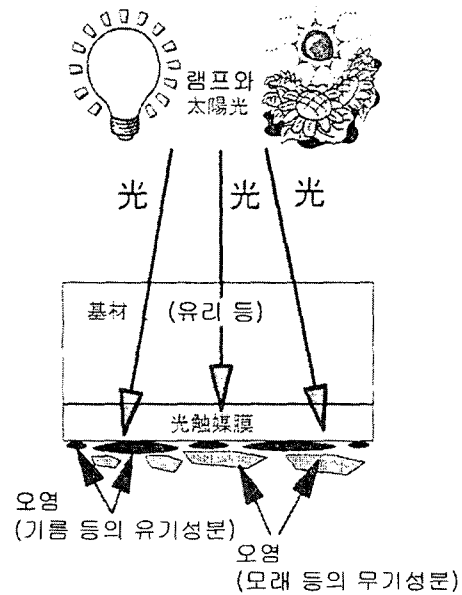


그림 1. 오염 물질의 부착 구조

부착되는 오염 물질은 모래, 먼지 등의 무기물도 많이 존재하지만 무기물은 유기물인 유분을 접착제로 하여 부착되는 것들이 많기 때문에 유분을 분해하는 것에 의해 무기물도 조명기구 전면 유리로부터 떨어지기 쉽게 된다. 그림 1은 광촉매막이 코팅된 유리의 오염 물질의 부착 구조를 나타내고 있다.

광촉매 반응은 표면에 부착한 수분이 광촉매 효과에 어느 정도 영향을 주는가 등, 아직 불명확한 점이 있으나 현재에도 많은 연구자에 의해 연구되고 있다.

한편 빛을 쬐이는 만큼 유기물을 분해하고, 그 효과가 반영구적으로 지속된다는 것에서 NOx의 분해와, 악취 제거, 항균, 오염방지를 목적으로 한 제품이 최근 활발하게 연구개발 되고 있다.

2.2 광촉매막의 특징

TiO₂에 의한 광촉매 막의 장점을 요약하면 다음과 같다.

- ① 광촉매 효과(활성도)가 크다.
 - ② 반영구적 수명을 지닌다.
 - ③ 막은 무색투명하다.
 - ④ 광촉매 막이 자외선을 사용하므로 자외선 차단 효과 얻을 수 있다.
 - ⑤ 화학적으로 대단히 안정하고 막의 강도가 강하다.
- 한편 단점으로서

- ① 광촉매 효과를 얻기 위해서는 350~400[nm]의 자외선이 필요하다.
 - ② 활성이 높으므로 유기도장과 재료도 분해하여 버린다. (유기도장과 플라스틱 상에 직접 도포할 수 없다.)
 - ③ 전면 유리에 막을 형성하면 막 두께와 막 특성에 의해서 투과율과 기구 효율이 저하한다.
- 등이 있다.

2.3 광촉매와 사용하는 램프의 종류

조명기구에 사용하는 램프의 종류에 따라서는 램프로부터 조사되는 자외선의 양이 다르기 때문에 광촉매 효과에도 차이가 있을 수 있다. 또한 램프에 형광체를 사용하고 있는 경우 형광체의 종류와 양에 따라서도 차이가 생긴다. 다시 말하면 투명 수는 램프와 형광 수는 램프에서는 투명 수는 램프 쪽이 효과가 크다. 형광 램프의 경우는 3파장형 형광 램프가 종래의 광대역 발광형 램프보다 자외선을 형광체에 의해 유효하게 가시광으로 변환하기 때문에 광촉매의 효과는 반대로 적게 된다.

그러나 옥외에 설치하는 기구라면 램프로부터의 자

외선 양에 관계없이 태양광으로 충분히 효과가 얻어진다. 반대로 인공 조명광 이외의 자연광이 닿지 않는 옥내에서는 램프의 선정이 그 효과를 결정한다.

램프 중에는 자외선이 거의 나오지 않는, 예를 들면 저압나트륨 램프와 LED 등이 있다. 이들을 옥내에 사용하는 경우는 광촉매 효과는 얻어질 수 없으므로 주의가 필요하다. 그림 2에 고압 나트륨램프 (NH)와 저압 나트륨램프 (NX)의 분광 분포를 보인다[2].

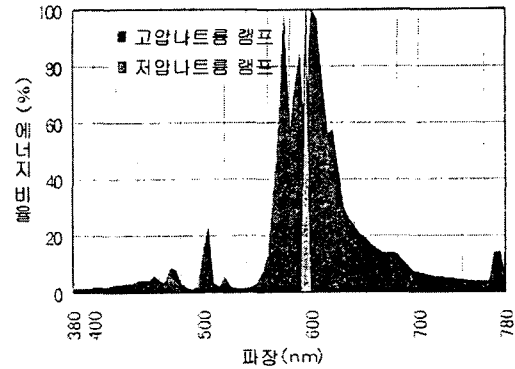


그림 2. 고압 나트륨램프와 저압 나트륨램프의 분광 분포

3. 광촉매 성능 평가 실험

3.1 평가 방법

광촉매 성능 평가를 위해서 사용된 조명기구는 고압 나트륨 가로등기구 2대, 고압나트륨 터널 등기구 2대, 형광등 터널 등기구 1대가 각각 사용되었으며, 평가된 광촉매는 서로 다른 제조사의 제품인 광촉매 1과 광촉매 2, 광촉매 3 그리고 자외선의 자극 없이 반응하는 무광촉매가 평가되었다. 그래서 평가된 광촉매의 종류는 모두 4종류이다. 평가에서 사용된 무광촉매는 오염 방지의 목적이 아니라 악취 제거용으로서 조명기구의 응용으로는 적합하지 않으나 오염 방지를 목적으로 하는 광촉매의 오염 물질 분해도를 정확하게 파악하기 위해서 평가 대상으로 하였다.

평가 방법은 위에서 언급한 고압나트륨 가로등기구와 고압나트륨 터널 등기구에 광촉매 1, 2를 코팅하고 각 조명기구의 어느 한 부분은 어떠한 광촉매도 코팅하지 않았다. 그리고 형광등 터널 등기구는 광촉매 3만을 코팅하고 고압나트륨 가로등기구 및 터널 등기구와 마찬가지로 어느 한 쪽은 미코팅으로 남겨 두었다.

그리고 이들 조명기구를 실제 야외에 설치하기 이전

에 조명기구 전면 유리의 초기 투과율을 각각의 광촉매 코팅부분과 미코팅 부분으로 나누어 측정하고, 이들 조명기구를 실제 야외에 설치하고 나서 이들의 투과율을 다시 측정하였다. 측정 시기는 실제 야외에 설치하고 나서 약 1.5개월이 경과한 후였다. 그림 3에서 그림 5까지는 평가에 사용된 조명기구와 3종류의 광촉매가 코팅된 부분을 나타내고 있다.

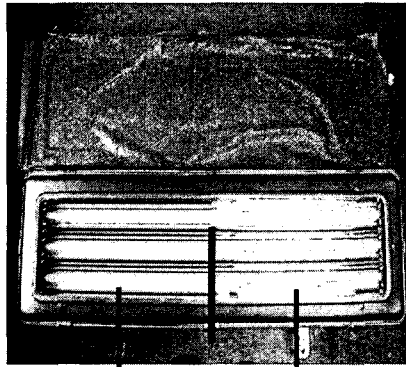


그림 3. 형광등 터널등기구의 광촉매 코팅 부분

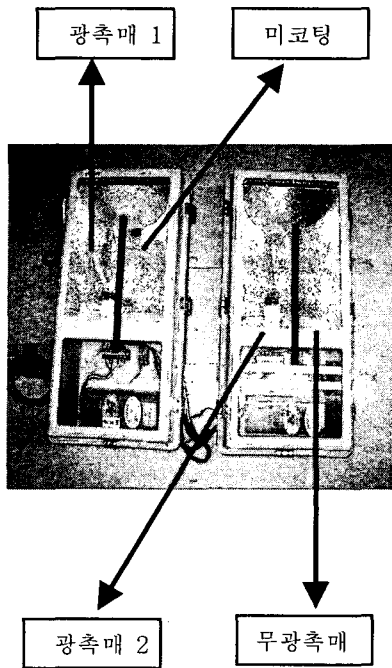


그림 4. 고압나트륨 터널등기구의 광촉매 코팅 부분

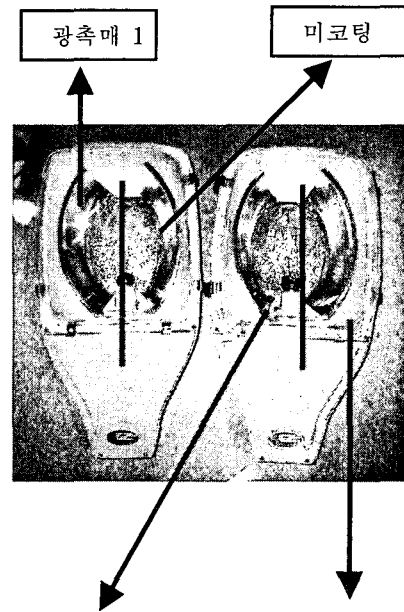


그림 5. 고압나트륨 가로등기구의 광촉매 코팅 부분

3.2 평가 결과

표 1에서 표 3은 각 조명기구에 대한 투과율의 측정값을 나타내고 있다. 표 3에서 고압 나트륨 가로등기구의 투과율 측정은 야외에 설치하기 이전에만 이루어졌고 설치한 후에는 투과율이 측정되지 않았다. 그 이유는 가로등기구가 조명 등주의 끝에 설치되어 투과율의 측정이 매우 곤란하였기 때문이다. 그래서 가로등기구에 대해서는 신설 시의 투과율 값만을 나타내고 이후 회수 시에 가로등기구의 투과율을 측정할 계획이다.

표 1. 형광등 터널 등기구의 투과율

광촉매 측정 시기	광촉매 3	미코팅
초기(신설)	0.93	0.89
1.5개월 후	0.79	0.64

표 2. 고압나트륨 터널 등기구의 투과율

광촉매 측정 시기	광촉매1	미코팅	광촉매2	무광촉매
초기(신설)	0.90	0.91	0.88	0.90
1.5개월 후	0.77	0.77	0.77	0.67

표 3. 고압나트륨 가로등기구의 투과율

광촉매 측정시기	광촉매1	미코팅	광촉매 2	무광촉매
초기(신설)	0.91	0.92	0.91	0.90

다음의 그림 6과 7은 고압나트륨 터널등과 형광등 터널등기구의 투과율의 변화를 나타내고 있다.

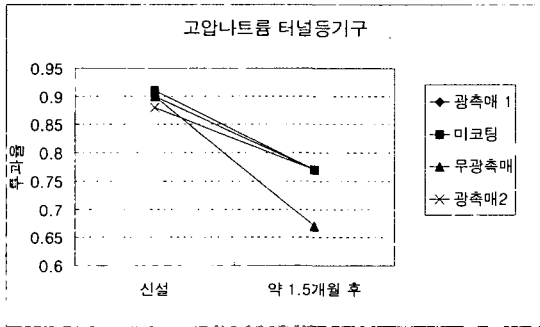


그림 6. 고압나트륨 터널등기구의 투과율 변화

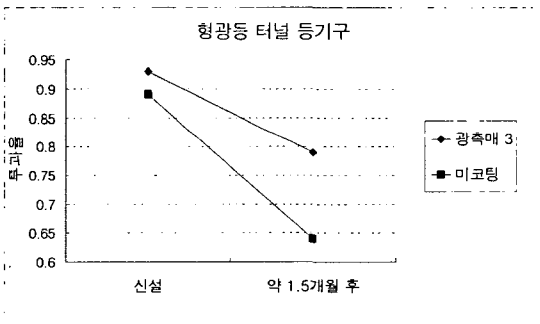


그림 7. 형광등 터널등기구의 투과율 변화

그림 6을 보면 고압나트륨 터널등기구의 경우는 무광촉매를 제외하고 초기의 투과율과 1.5개월 후의 투과율이 거의 같은 값에서 시작해서 같은 값으로 끝나고 있음을 알 수 있다. 이것은 광촉매의 반응이 거의 일어나지 않았음을 뜻한다. 이것은 그림 2에서와 같이 고압나트륨등의 경우 광촉매 반응에 필요한 350[nm] ~ 400[nm]의 자외선 영역의 빛이 거의 방출되지 않았기 때문이다. 무광촉매의 경우는 투과율이 미코팅 부분보다도 더욱 떨어지는 결과를 보였다. 이것은 무광촉매의 용도가 오염물질의 방지가 아닌 악취제거용이기 때문인 것으로 판단된다. 즉 무광촉매는 조명기구에서 오염물질을 분해하는 것이 아니라 오히려 오염 물질의 부착을 심화시킨 원인으로 작용하였음을 뜻한다.

그림 7의 형광등 터널등기구를 보면 광촉매 3 코팅

부분보다도 미코팅 부분의 투과율이 상당히 떨어지고 있음을 알 수 있다. 이것은 형광등이 자외선영역의 빛을 상당히 방출하기 때문이며 이 결과로부터 광촉매 반응은 자외선의 유무에 따라 크게 달라진다는 것을 알 수 있다. 가로등기구의 경우는 투과율을 측정하지는 못하였으나 위의 결과로부터 광촉매의 효과가 어느 정도 나타날 것이라 판단된다. 왜냐하면 가로등은 터널등과 달리 자외선의 빛을 어느 정도 포함하고 있는 자연광이 조명기구에 입사하기 때문이다.

4. 결 론

광촉매의 성능을 평가하기 위해 3종류의 광촉매를 형광등 터널등기구, 고압나트륨 터널등기구, 고압나트륨 가로등기구에 코팅하고 이들 조명기구의 신설 시와 설치 1.5개월 후의 투과율을 측정하여 그 성능을 평가하였다. 그 결과 고압나트륨 터널등기구에는 광촉매 반응이 거의 일어나지 않았고, 형광등 터널등기구에서만 그 효과가 나타났다. 이것은 고압나트륨등이 자외선 영역의 빛을 거의 방출하지 않았기 때문이다.

앞으로는 광촉매와 관련하여 조명기구의 투과율뿐만 아니라 보수율의 개선과 그것으로 인한 에너지의 절감 그리고 유지보수비용의 절감 등에 대해서도 연구가 이루어져야할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Ryuji Schma & Hiroyuki Kojima, "汚れはあかりの大敵", 日本照明學會誌, 第82巻, 第3号, pp.203~206, 平成10年
- [2] Hiroyuki Kojima, "光触媒技術の照明器具への応用", 日本照明學會誌, 第81巻, 第4号, pp.333~335, 平成9年.