

# 방염도료의 신뢰성 평가법 개발

최정진 · 박윤미

한국건설생활환경시험연구원 신소재신뢰성센터

## 요 약

방염제품의 내구신뢰성은 국민의 화재 안전성 확보를 위한 필수 불가결의 요소로 이들 제품의 내구성능 예측은 방염성능의 지속적 유지를 위한 방염시설물 유지 관리 측면에서도 상당히 중요하다. 본 논문에서는 방염도료의 내구신뢰성 예측 및 확보를 위한 방염도료 가속수명법에 관한 연구로써, 방염도료의 고장 원인분석을 진행하였으며, 현장시험 및 현장 모사 실내 가속축진시험을 진행하였다. 실내 가속축진시험은 방염도료의 현장 주고장모드인 온·습도 사이클 시험으로 진행하였으며, 시험 척도로서 화학발광을 분석하여 적용하였으며 현장 데이터와 실내 축진데이터와의 상관성 규명을 위하여 Mitab 등의 통계적 기법을 이용하여 고장유형 및 상관성을 규명하였다.

## 1. 서 론

산업화에 따른 건축물의 다변화와 고층화로 인하여 화재 발생 위험요인이 증가되고 있으며 더불어 다중이용시설물과 생활형 숙박시설이 증가로 인해 최근 소방시설 설치유지관리 및 안전관리에 관한 법률이 강화되고 있는 추세이나 방염처리 활용 제품 및 시설에서 발생하는 백화, 박락, 열룩현상 등의 열화는 방염제품의 내구성을 현저히 저하시키는 요인에 대한 평가는 미비한 실정으로써 이에 대한 신뢰성 평가 기술도입을 통해 내구 신뢰성을 확보하고 최적화된 유지 보수 관리법이 요구되고 있다. 본 연구에서는 신뢰성 평가법의 일환으로 화학발광(Chemical luminescence, 이하 (CL)를 활용한 열화환경조건에서 시간변화에 따른 발광량을 측정하고 이를 통해 방염도료의 신뢰성 평가법 제안하였으며 현장 데이터와 실내 축진데이터와의 상관성 규명을 위하여 Mitab 등의 통계적 기법을 이용하여 고장유형 및 상관성을 규명하고자 한다.

## 2. 실험

### 2.1 시험방법

도료의 경우 수지의 종류에 따라 다소 차이가 있지만 일반적으로 실제 사용환경에서의 요구수명이 장기간이기 때문에 표면의 외관적 변화를 관찰하기에는 장기간이 소요된다. 하지만, 화학열화현상을 대상으로 하는 조성변화는 물리열화현상을 대상으로 하는 광택, 표면경도, 백화 등의 정보변화에 의해 조기에 일어나기 때문에 이러한 원리를 이용하여 조기에 열화를 평가할 수 있게 된다. CL에 의한 평가방법은 매우 고감도의 측정방법으로, 도막의 산화반응에 의해 열화초기의 극히 미소한 구조변화를 감지할 수 있으며, 3개월 단위로 1년간의 방염도료의 CL분석데이터와 온습도(사이클) 시험에 의한 CL데이터를 비교하여 가속성 및 수명분포를 역산하였다.

### 2.2 통계적 분석

다음은 수명예측하기 위한 유도과정으로 크기  $n$ 의 샘플로 동시에 시험을 진행하였을 때 시간  $t$ 에서의 불신도를  $F(t)$ , 신뢰도를  $R(t)$ 이라고 하면,  $t$ 까지의 고장개수는 모수가  $n$ ,  $F(t)$ 인 이항분포를 따른다. 즉, 신뢰수준  $CL$ (소비자 위험  $\beta=1-CL$ )을 만족하는  $t$ 는 다음의 관계식으로부터 구할 수 있다.

$$1 - CL = \sum_{x=0}^n \binom{n}{x} F(t)^x R(t)^{n-x} = R(t)^n \text{ 에서 } (t) = (1 - CL)^{\frac{1}{n}}$$

평균수명이  $MTTF_q$  이고 보증수명이  $B_p$  일 때 이에 대응하는 척도모수  $\Theta_q$ 는 다음과 같다.

$$\Theta_q = \frac{MTTF_q}{\Gamma(1 + \frac{1}{\beta})} = \frac{B_p}{[-\ln(1 - p)]^{1/\beta}} \quad \begin{array}{l} \text{여기서 } \beta : \text{형상모수(Shape parameter)} \\ \Gamma : \text{감마함수(Gamma function)} \end{array}$$

가속수명시험에 동시에 투입되는 시편의 수가  $n$ (샘플크기)이고 신뢰수준이  $CL$ 일 때 신뢰성 인증에 합격할 수 있는 무고장 시험시간  $t$ 는 다음식과 같이 결정할 수 있다.

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\Theta_q}\right)^\beta} = (1 - CL)^{\frac{1}{n}} \text{ 에서부터 } t = \Theta_q \left(\frac{-\ln(1 - CL)}{n}\right)^{\frac{1}{\beta}} = \frac{B_p}{n^{1/\beta}} \left[\frac{\ln(1 - CL)}{\ln(1 - p)}\right]^{1/\beta}$$

### 2.3 실험결과

1년간 방염도료의 옥외폭로조건과 가속열화 조건에 있어서의 3개월 단위의 화학발광량을 검지한 결과로 다음과 같다.

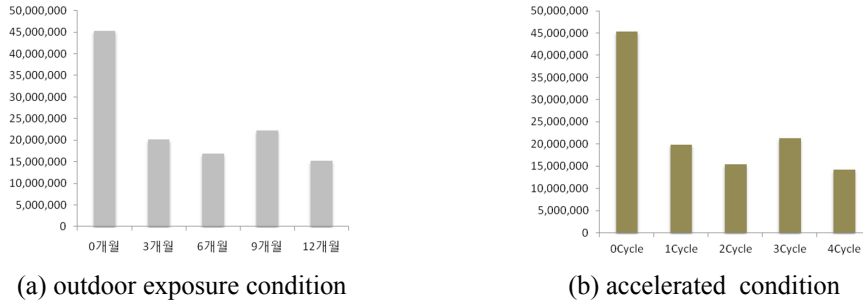


Figure 1. Comparative evaluation of Chemical luminescence,

### 3. 결과 및 고찰

실제 환경에서의 1년간의 방염도료의 CL분석결과와 동일시편으로 내습성시험 후 CL측정 결과를 비교하여 내습성 시험이 실제 환경에서의 가속조건 Cycle 수를 산정하고 이에 따라, 내습성 시험을 연속적으로 시험하여 고장여부를 확인하고 수명분포 특성을 조사한 하여 방염도료의 분포의 특성을 추측하고 또한, 와이블 분포의 수명특성 분석 결과 방염도료의 형상모수 값을 파악하였다.

#### 감사의 글

이논문은 2012년도 소방방재청의 재원으로 차세대 소방핵심안전기술개발의 사업의 지원을받아 수행한 연구임 (2010-NEMA06-011-01040000-2012)

#### 참고문헌

1. Birgit OG, Angelika Voss, Andrew Hughes, Per Jostein Hovdeand Ondrej Grexa stman "Durability of fire retardant wood products " FIRE AND MATERIALS Fire Mater. 25, 95}104 (2001)
2. 소방방재청고시 제 2012-114호, "방염성능의기준"
3. RS 0025 "건축용 방화도료" 기술표준원