

# 屋外 電氣 設備用 高分子材料의 長期成能 評價方法 (I)

A method for estimating a long-term performance of polymer material using in the outside electric installation

朴 東 化 ( 仁 川 大 學 校 教 授 )

李 炳 基 ( 韓 國 人 力 管 理 工 團 )

## I. 序 論

産業社會의 발달과 아울러 高分子材料는 機械的·電氣的 材料뿐만 아니라 建設分野에서도 다양하게 이용되고 있다.

이와 같은 분야에서의 그 용도도 각종 조건에 필요충분조건을 충족시키기 위하여 많은 노력이 계속되고 있으나 국가 또는 연구자에 따라 매우 다양하다.

1988년 6월 영국에서 개최된 5차 'I.C.M.A (International Conference on Measurements and Applications)의 Aging and Residual life 分科報告', 1989년 6회 I.S.H(Interantional Symposium on High Voltage Engineering)의 屋外 絶緣에 관한 汚損試驗法<sup>1)</sup>, CEIDP (Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena)에서의 Epoxy, PE의 放射線 r線效果에 대한 해석<sup>2)</sup> 및 1990년 日本 프라스티 安全研究所의 IEC pub.112 第三版 개정 제안<sup>3)</sup> 등 많은 연구결과가 발표되고 있다.

이와 같은 발표에서 중점적으로 다루어 진점이 電氣·雨·太陽등의 스트레스劣化이므로 이러한 환경조건에 의한 劣化特性의 측정방법의 동향을 충분히 파악할 필요가 있으므로 본誌에서는 外被材의 劣化를 加速試驗에 의한 長期性能 評價方法으로 연구되고 있는 促進耐候試驗과 Tracking파괴試驗의 최근 동향에 대하여 고찰하였다.

## II. 促進 耐候試驗<sup>4)</sup>

屋外에 사용하는 高分子材料는 태양광에 의한 자외선 열작용 또는 비·눈·結露現象등으로 光劣化·발수성의 지하·충진제의 노출등의 영향을 받게 된다.

이와 같은 환경조건의 영향을 평가하기 위한 加速試驗方法으로서 外被材의 接觸角·色差·機械的 特性(引張強度, 伸張率, 硬度)을 측정하여 長期的인 성능을 평가하고 있다.

### 1) 接觸角

外被材의 발수성은 材料表面에 부착하는 물의 접촉각의 크기로써 평가한다.

材料의 표면에 그림 1과 같이 10 $\mu$ l의 試液을 적하시켜 材料에 부착케 한후 1분이 경과 되면 다시 1ml를 적하시켜 水滴이 안정되면 시간경과에 따른 접촉각을 측정하여 접촉각 유지율(1시간후의 접촉각 Q<sub>1</sub>를 1분후의 접촉각 Q<sub>0</sub>로 나눔: Q<sub>1</sub>/Q<sub>0</sub>)을 구한다.

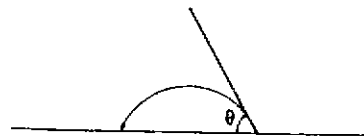


그림 1 접촉각[ $\theta$ ]

그림 2는 Epoxy resin 1(Epoxy resin+TB 5 %wt), Epoxy resin 2(Epoxy resin+SO 5%wt)의 접촉각 유지율을 나타낸 것이다.

두 종류의 試片이 50시간이내에서 접촉각 유지율이 크게 변화되고 있음을 알 수 있다.

이와 같은 해당은 外被材의 발수성이 材料表面의 疎水基에 의존하는 것으로 짧은 시간동안 紫外線 照射에도 분해되어 親水基가 변화되어 접촉각을 감소시키고 있는 것으로 사료된다. 試片에 따라 차이점을 나타내고 있지 않고 表面의 특성에 따라 영향을 받는것으로 발표되고 있다.

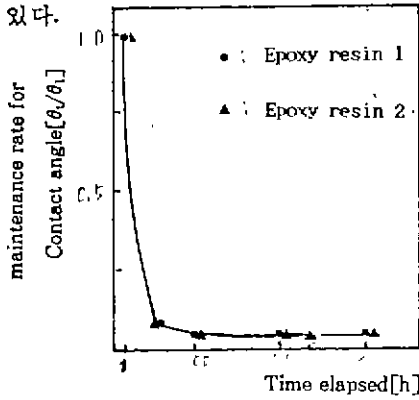


그림 2 경과시간과 접촉각 유지율의 관계

## 2) 色 差

外被材가 劣化됨에 따라 충전제를 노출하게 되어 표면이 백색화되는 현상으로써 평가하는 방법으로 다음 식에 의하여 色差(ΔE)를 구한다.

$$\Delta E = (\Delta M^2 + \Delta P^2 + \Delta Q^2)^{1/2}$$

여기에서 ΔM : 明度差

ΔP, ΔQ : 色度差

또한 時間變化에 따른 ΔE를 측정하여 色差維持率(ΔE₀/ΔEₜ)를 구한다.

그림 3은 Epoxy resin-1, 2의 시간경과에 따른 色差維持率의 관계를 나타낸 것이다.

Epoxy resin 1은 5000시간이 경과해도 근소한 초킹현상을 보이고 있으나 Epoxy resin 2는 1000시간부터 초킹현상이 가속되다가 2000시간부터 안정상태를 유지하고 있다. 충전제의 물성적인 변화에서도 충분히 고려해야 될것이지만 평가으로 큰 가능성을 나타내고 있다.

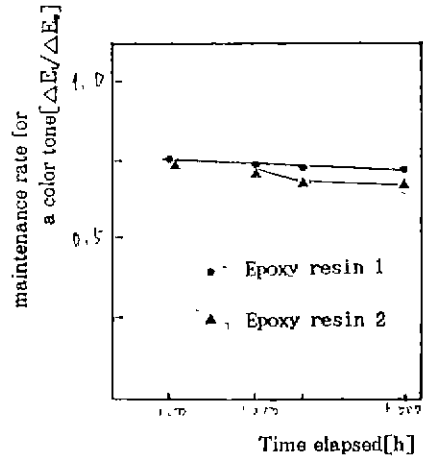


그림 3 경과시간과 색차유지율의 관계

## 3) 機 械 的 特 性

外被材의 引張強度·伸張率·硬도를 측정하여 경과시간에 따른 抗張積維持率(引張破斷強度(TBₜ)×伸張率(EBₜ)/TB₀×EB₀)과 硬度維持率(HSₜ/HS₀)의 특성을 조사하여 초기변화와 비교하는것으로 EPDM-1, 2의 특성<sup>6)</sup>은 그림 4, 5와 같다.

抗張積維持率은 초기부터 변화를 일으키고 있으나 경과시간에 대하여 매우 안정되어 있으며 試料에 따라 큰 변화를 나타내고 있다. 그러나 硬度는 처음부터 변화가 발생되지 않고 안정되어 있으며 試料에 따라 변화를 일으키지 않고 있다. 따라서 機械的 特性에 의한 방법은 極表面의 劣化에 한정하여 판단이 가능할 것으로 발표되고 있다.

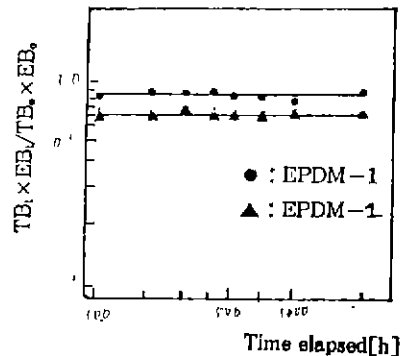


그림 4 경과시간과 抗張積維持率의 관계

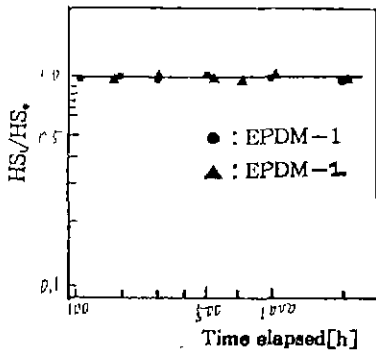


그림 5 경과시간과 硬度 維持率의 관계

### III. Tracking 試驗

外被材는 結露, 汚損物質, 課電 등에 의하여 表面 抵抗의 지하, 누설전류의 증대, Tracking 형성, 국부방전발생 등의 원인으로 劣化되므로

누설전류의 증대, Tracking 형성, 국부방전발생의 원인으로 劣化되므로 Tracking이나 侵蝕에 대한 加速試驗方法으로 연구되고 있다.

Tracking은 絶緣物表面이 結露·汚損됨에 따라 발생하는 電位差에 의하여 電極間에 부분적인 電流가 흐르므로 炭火導電路가 형성되므로 劣化가 진전되는 현상이다. 이와 같은 劣化의 정도를 判定하기 위한 方法으로 IEC pub. 112(濕式法)은 UL 및 IEC에서 重點적으로 연구가 進行되고 있다.

그러나 試驗者에 따라 측정값의 偏差가 매우 크게 나타나고 있으므로 CTI(Comparative Tracking Index)의 試驗조건이 제시되어 CTI값의 偏差를 줄이기 위한 연구가 重點적으로 進行되고 있다. 이의 일환으로 1990년 6월 日本 電氣學會 絶緣研究會에서는 IEC pub.112 第三版의 改定을 제안하게 되었다. 따라서 이 안에 대하여 高찰한 바를 다음 표에 나타내었다.

IEC pub.112 第三版	개 정 제 안 내 용	고 찰
3. 試驗片 15mm × 15mm	20mm × 20mm의 평면	낮은 電壓에서의 實驗時 試液의 유출로 인한 오차 발생을 감소시킬 수 있으나 완전하지는 못하며 CTI에서의 감소는 가능
4. 狀態調節 試驗片의 淸淨方法을 시험 보고서에 기재	試驗片을 에탄올 가제로 닦은 후 23±2°C, 50±5%RH의 상태에서 7日間 유지.	試片의 흡습 및 수소과전압의 영향을 균일화시키기 위하여 장시간 유지하는 것이 좋으나 에탄올의 피막형성으로 접촉각이 변화됨 <sup>1)</sup>
5. 試驗裝置 5.1 電極 2개의 白金電極은 5mm × 2mm의 方形斷面이며 한쪽 끝은 30°의 先端이다.	길이 20mm의 2개의 白金電極은 5mm × 2mm의 方形斷面이며 한쪽 끝은 30°의 刃狀先端이고 다른 끝은 10mm × 20mm의 方形斷面을 가진다. 白金電極이 마멸되어 길이가 12mm 이하가 되면 電極을 교체한다. 스텐레스 鋼製의 電極홀더의 길이는 100mm이고 16mm × 10mm의 方形斷面을 가지며 한쪽 끝은 白金電極을 삽입하여 고정하는 구조이다. 2개의 白金電極을 각 電極홀더에 고정시킨다.	裝置上에서는 개선되었으나 析出되는 위치(低電壓: 電極모서리 高電壓: 電極모서리)로 인한 Tracking 형성 적하수의 일정치 못함은 개선되지 못함 <sup>2)</sup>

IEC pnb.112 第三版	개 정 제 안 내 용	고 찰
<p>5.2 試驗回路 電源容量은 0.5KVA이상이 요망된다.</p>	<p>電源容量은 600VA로 한다. 注: 電源 pulse에 noise가 혼입하는 경우에 pulse 幅의 크기에 의해 試驗結果에 영향을 미치게 되므로 電源 noise의 제거가 요망된다.</p>	<p>電源容量에 의해 파괴까지의 직하수가 변하며 電源의 noise를 제거하여 오차의 원인을 줄이고자 함.</p>
<p>5.3 滴下裝置 30 ± 5초 간격 液滴은 30mm ~ 40mm의 높이에서</p>	<p>30 ± 2초 간격 液滴은 30mm의 높이에서</p>	<p>최근에 타이머의 정확도 및 液滴의 낙하시 튀어오르는 영향을 고려하여 가능한 낮게 할수록 유리하다 직하수에 조절방지 장치를 하여 20mm로 실험중에 있음.</p>
<p>6. 操作 試驗은 23 ± 5℃의 주위온도와 봉종은 차폐한 試驗片으로 행한다.</p>	<p>試驗은 23 ± 5℃의 주위온도와 봉종은 차폐한 試驗片으로 행한다. 단지, 장치가 상자로 주위가 되어 있는 경우에는 시험시 앞문을 열어놓고 시험을 행하지 않으면 안된다.</p>	<p>시험편에서 발생하는 가스가 상자내에 충전되면 파괴직하수에 영향을 미친다. 그러나 氣壓의 變化에 대한 Tracking시험은 불가능<sup>2)</sup></p>
<p>電極의 汚損이 試驗結果에 영향을 미치는 경우가 있다. 各 試驗전에 電極을 깨끗하게 하지 않으면 안된다.</p>	<p>電極의 汚損이 試驗結果에 영향을 미치는 경우가 있다. 各 試驗전에 電極을 깨끗하게 하지 않으면 안된다. 淸淨은 에탄올 강제를 사용한다. 電極의 汚損이 현저한 경우에는 #2000의 연마지로 電極의 淸淨한후 에탄올 가제로 닦아낸다.</p>	<p>淸淨에 사용하는 溶劑 연마지를 一定하게 淸淨의 정도는 電極의 표면의 조활도등으로 인한 오차를 적게 하기 위한.</p>
<p>兩電極의 刃狀先端과 試驗片을 규정하는 壓力으로 하고 試驗片과 試驗面을 수평으로 금속 또는 유리 지지대 위에 설치한다.</p>	<p>兩電極의 刃狀先端과 試驗片을 규정하는 壓力으로 하고 試驗片과 試驗面을 수평으로 금속 또는 유리 지지대 위에 설치한다. 두께가 3~5mm의 내열 유리판 위에 수평으로 설치한다. 단, 유리판의 밑은 공간으로 한다.</p>	<p>試驗片의 지지대의 재질에 의해 파괴되는 직하수가 영향을 받는다. 電極과 試驗片의 접촉을 양호하게 하기 위하여 下部에 스프링 장치삽입 실험중</p>
<p>試驗片 면상의 電極間에 導電路는 0.5A이상의 電流가 적어도 2초동안 흘러 과전류 계전기가 동작하거나 또는 과전류 계전기가 동작하지 않는 試驗片이 연소되는 경우로 한다.</p>	<p>兩電極의 刃狀先端과 試驗片을 규정하는 壓力으로 하고 試驗片과 試驗面을 수평으로 금속 또는 유리 지지대 위에 설치한다. 두께가 3~5mm의 내열 유리판 위에 수평으로 설치한다. 단, 유리판의 밑은 공간으로 한다.</p>	
<p>注 1.</p>	<p>注1 試驗間의 휴식시간은 電極 주변의 실온이 되도록 한다(약 10분간) 注1 侵蝕된 電極의 先端을 ○形하는 경우에는 연마용 휠더 및 研磨治</p>	<p>試驗片의 온도 및 電極表面의 조활도를 一定하게 하기 위한</p>

IEC pub.112 第三版	개정 제안 내용	고찰
6.3 保證 Tracking 試驗	具備 사용시 #2000년까지로 행한다. 注2 現行의 注1 6.3 保證 Tracking 試驗 注 試驗電壓-破壞 滴下數 特性이 液相的인 特性을 나타내는 재료의 試驗電壓을 지정하는 경우의 주의를 要한다.	
7. 보고 4 5~9 그림 1 " 2 " 3 " 4	全文 삭제 4~8 그림 1 " 2 " 3(현재 그림 2) " 4(" " 3) " 5(" " 4) " 6 " 7	

IV. 結 論

屋外用 高分子材料의 내구성 평가 방식으로 연구되고 있는 促進 耐候試驗方法과 Tracking 試驗方法을 고찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 紫外線 照射에 따라 外被材의 발수성은 疏水基가 영향을 미치는 것으로 試驗片에 따라 큰 변화를 나타내지 않고 있으므로 보완방법이 필요하다.

2) 色差의 이용方法은 짙은 색깔의 外被材에 있어서는 1000시간이상에서 어느정도의 色差를 나타내고 있어 劣化정도를 평가할 수 있을 것으로 생각된다.

3) 機械的 特性을 이용하는 방법에서 抗張積 維持率이 안정되며 材料에 따라 변화를 나타내므로 가능하지만 硬度가 변화가 없는 것으로 나타내므로 새로운 고찰이 첨가되어야 가능하게 될 것으로 생각된다.

4) IEC pub 112(濕式法)에 있어서 현재로서는 실험조건을 통일하여 실험자간에 CTI (Comperative Tracking Index)의 값의 정도를 축소시키는데 몰두하고 있으므로 많은 연구가 진행되어야 할 것이다.

이상과 같은 고찰에서 어떠한 材料의 기준평가는 이와 같은 방법으로 평가할 수 있으나 耐久壽命의 평가는 더욱 연구가 이루어져야만 가능할 것으로 생각할 수 있다.

參 考 文 獻

- 1) International Symposium on High Voltage Engineering(ISH) "6th ISH의 보고서" 1989. 8.
- 2) CIGRE "CIGRE SC-15 파리대회 보고서" 1988. 8
- 3) International Conference on Measurements and Applications "5th ICMA 영국대회 보고서" 1988. 6
- 4) 能登文敏外 "IEC pub.112 第三版(耐トウツキング 性試驗方法)への改○提案" 日本電氣學會研究會資料 ED-90-52, 1990. 7
- 5) 朴東化, 李輔鎭 "Phenolic resin의 CTI에 관한 연구" 照明·電氣設備學會 論文集, Vol. 2. 1987.
- 6) 國枝茂彦外, "屋外がいし用ポリマーの長期性能について" 日本電氣學會研究會資料 EIM 90-34, 1990.