

合成樹脂 絕緣材料의 Treeing破壞에 대한 小考

一차 略一

- 1. 緒 言
- 2. 폴리에틸렌 케이블의 絕緣性能
  - 2.1 케이블의 必要性能
  - 2.2 Corona 試驗의 意義
  - 2.3 Corona, Tree에 대한 實驗事項

- 2.4 美國에 있어서 철거된 케이블의 絕緣劣化 調査例
- 2.5 Corona, Treeing 劣化의 試驗方法
- 2.6 Treeing의 例
- 3. 結 言
- 參考文獻

1. 緒 言

폴리에틸렌 絕緣 電力케이블, 特히 架橋폴리에틸 絕緣 케이블이 高分子 材料分野의 發達에 隨伴하여 急速히 實用化되어, 電壓의 階級도 11~23KV級으로 부터 66KV級以上으로의 開發이 要望되고 있는 實情이다. 美國等 先進諸國에 있어서는 이미 이에 對한 充分한 研究가 進行되어, 試驗法이 制定되어 上位電壓階級の 케이블 製作을 위한 研究가 活潑히 進行되고 있는 狀態이다.

따라서 앞으로 우리나라 高電壓 分野에 있어서도 上記 分野의 開發을 위한 基礎作業으로서 케이블의 使用 條件, 케이블의 性能, 케이블의 劣化性能, 試驗技術等에 對한 調査, 研究, 分析이 必要함은 勿論 關係 研究者들의 共同實驗等 積極的인 參與가 要望되는 바이다.

本文에 있어서는 現在까지 進行되어온 外國에 있어서의 合成樹脂 絕緣體에 對한 여러가지 實驗結果에서 判斷한 앞으로의 研究課題 및 調査報告를 集約하여 간 단히 紹介코자 한다.

2. 폴리에틸렌 케이블의 絕緣性能

2.1 케이블의 必要性能

케이블의 性能上 具備條件으로서 다음의 여러가지 事項에 對하여 考慮되어야 한다. 卽 케이블의 布設方法 케이블의 布設設計條件 케이블의 布設環境條件 케이블의 使用年數, 케이블의 導體 許容電流容量, 架空線 케이블 混用系統에 있어서의 外雷의 크기, 架空送電線의 50%內絡電壓値와 分岐케이블 系統의 雷害頻度, 開閉 Surge의 크기, 開閉 Surge의 頻度, 開閉 Surge의 波形, 持續性異常電壓의 種類 및 波形等에 對한 基本的 知識과 檢討가 必要한 것이며 이에따라 케이블에 對한 性能上的 具備條件이 研究되고, 高電壓工學上的

必要 實驗이 要求되게 되는 것이다. 케이블의 性能上의 具備條件으로서의 例를 들면 ① 케이블의 使用年數를 30年으로 한다. ② 外雷 保證値는 系統의 耐雷設計 및 絕緣協調를 考慮하여 基準衝擊絕緣強度를 基準으로 하여 이에 30年間의 頻度 2000회를 考慮한다. ③ 其他의 異常電壓으로서 開閉 Impulse의 對地電壓 倍數는 22KV級은 4倍, 66KV級은 3.3倍로 하고 交流持續性 異常電壓은 對地電壓의 2倍, 約 2秒를 保證의 基本으로 한다는 等이다. 또 必要實驗에 關한 例를 들면 다음의 것을 들 수 있다.

- 1. 交流電壓에 依한 耐電壓 低下特性試驗
- 2. 交流電壓에 依한  $V-t$ 特性試驗
- 3. 異常電壓에 依한 耐電壓特性 試驗
- 4. 水中에 있어서 電壓印加時의 耐力低下와 Tree와의 關係
- 5. Impulse電壓에 依한 絕緣破壞試驗
- 6. Impulse에 依한 되풀이 電壓印加 試驗
- 7. 開閉 Impulse의 波形에 依한 分擔 試驗
- 8. Corona, Tree進展에 對한 實驗

2.2 Corona試驗의 意義

폴리에틸렌 絕緣物의 內部 或의 半導電層의 表面에 Void 或은 gap이 있으면, 어느 電壓値 以上에서 Corona가 發生된다. 또 絕緣特中에 異物이 混入되든지, 半導電層의 表面에 突起가 있는 경우, 어느 電壓値 以上을 印加하면 所謂 Tree가 發生하며, Tree의 內部에서 Corona와 同一한 放電이 發生한다. 이들 Corona는 絕緣物을 劣化하여 이것이 貫通破壞로 進展되는 경우가 있다. Corona試驗은 이들의 有害 Corona의 檢出, 或은 Corona發生의 原因이 되는 Void, 異物, 半導電層 突起等の 檢査에 依하여 케이블의 絕緣性能을 保證하려는 것이다.

Corona試驗의 目的으로서는 다음의 두 가지를 생각할 수 있다.

\* 正會員: 釜山大 工大 電氣工學科教授(工博)

1) 製品中에서 Corona의 放電量, 或은 Void, 異物, 突起의 크기가 基準値를 넘는 不良 케이블을 除去하는 것.

이 目的을 위하여는 不良으로 認定되는 判定基準의 選擇이 問題가 된다. 이것은 最近의 케이블 製造技術의 進歩로서 正常과 不良 케이블間에는 Corona의 放電量과 Void, 異物, 突起의 크기에 있어서 差가 커서 區別 可能하다.

2) 第2의 目的은 現在의 判定基準으로 正常으로 보인 케이블이 長期間에 걸쳐 保證되어야 한다는 것이다. 그러나 現在의 試驗技術로서는 正常으로 보인 케이블中에서 發見되지 않은, 적은 Corona 或은 Void, 異物, 突起等이 어떻게 壽命에 影響을 미치는가에 關하여는 不明確한 點이 너무 많다.

2.3 Corona, Tree에 對한 實驗事項

Corona 및 Tree에 對하여 다음 事項들을 實驗해야 할 것이다. 特히 交流 或은 衝擊電壓을 印加하여 Tree의 進展 過程等의 調査는 케이블 絶緣破壞의 基本原理 究明에 도움이 될 것이다.

- 1) 正常的의 케이블의 Void, 突起, 異物의 現狀調査
- 2) 正常的의 케이블의 Corona 試驗의 電壓値와 放電量과의 關係
- 3) 不良케이블에 對한 Void의 크기와 放電의 크기와의 關係
- 4) 放電開始電壓과 放電의 크기와의 關係
- 5) 放電을 隨伴하지 않는 破壞
- 6) 突起의 크기와 破壞電壓의 低下

2.4 美國에 있어서 撤去된 케이블의 絶緣劣化 調査例

1971年 9月 테트روی드에서 開催된 IEEE地中配電會議에서 센후한스스크의 PG & E에서 Report가 發表되어 最高 8年間 使用된 地中 配電用(1部 海底 케이블) 폴리에틸렌(1部 架橋 폴리에틸렌) 케이블에서 多數의 Tree가 發生 되었음이 報告 되었다. 調査報告된 케이블은 40個 샘플로서 그中 Tree가 發見된 것은 27個 샘플이나 된다. Tree의 發生狀況을 나타내기 위하여 그림 1과 같이 使用年數에 對한 샘플數를 나타내었다. 그림中의 數字는 샘플 番號이다.

위에 對한 調査結果를 綜合하면 다음과 같다.

- 1) 實際로 使用되고 있는 많은 폴리에틸렌 케이블에는 Tree가 있는 것으로 思料된다.
- 2) 實際로 使用되고 있는 폴리에틸렌 케이블에 發生되는 Tree에는 몇개의 發生 機構가 있어, 어느 경우나 Tree는 電氣의 Stress의 方向으로 向하고 있다.
- 3) Tree의 種類에 따라 伸長速度가 다르며, 빠른

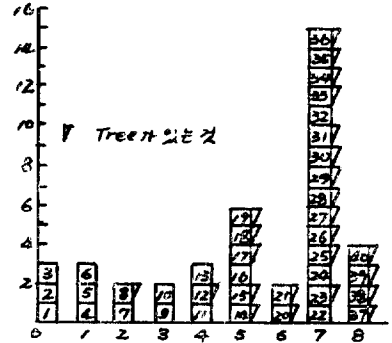


Fig 1. 調査된 케이블의 使用年數와 Tree發生狀況

것은 短時間에 破壞가 일어나고, 늦은 것은 使用年數가 걸어도 격계 破壞가 일어 나지 않는다.

4) 폴리에틸렌 絶緣體中의 異物과 Void의 크기와 數는 Tree의 起點으로 되어 있는 것으로 思料된다.

2.5 Corona, Treeing劣化의 試驗方法

現在 一般의으로 널리 使用되고 있는 Corona, Treeing劣化를 위한 實驗方法中 代表的인 것은 다음 4種類가 있다.

- 1) 平行平地電極法
- 2) 外部集中放電法
- 3) 內部放電法
- 4) 針電極挿入 Treeing試驗法

2.6 Treeing의 例

1) 針對針 電極系에 있어서의 Treeing現象

試料 Polymethyl-methacrylate를 使用하여 高壓側 針電極에 負極性 電壓을 40KV에서 順次的으로 2.5KV의 電壓增加로 段階的으로 印加했던 結果, Tree의 生成課程을 그림 2에 나타내었다. Treeing에 表示된 添字의 n番號는 衝擊電壓을 段階的으로 印加해 갔을 경우, 局部破壞로서 生成된 放電路의 發生順序이다.

이와같이 負極性의 衝擊電壓을 印加해 갔을때 試料의 接地側 電極에 있어서의 針端周邊이 固有의 破壞電位傾度에 接近하면 그 거리의 範圍 안에서 單純한 局部破壞(Initial tree)가 일어나는 것으로 思料된다. Initial tree의 發生後도 같은 方法으로 電壓을 印加해 가면, 印加電壓과 累積印加回數가 增加하여 Tree의 尖端, 其他의 幹部分에 局部的으로 電界가 增加되어 放電路가 伸長되고 또 分岐가 生成되는 것으로 생각된다. 印加電壓이 接地側 電極에서의 Initial tree發生電壓의 1.3~1.5배에 達하면 高壓側 負針電極의 尖端으로 부터도 Tree가 發生된다. 이와같이 兩電極에서 伸長된

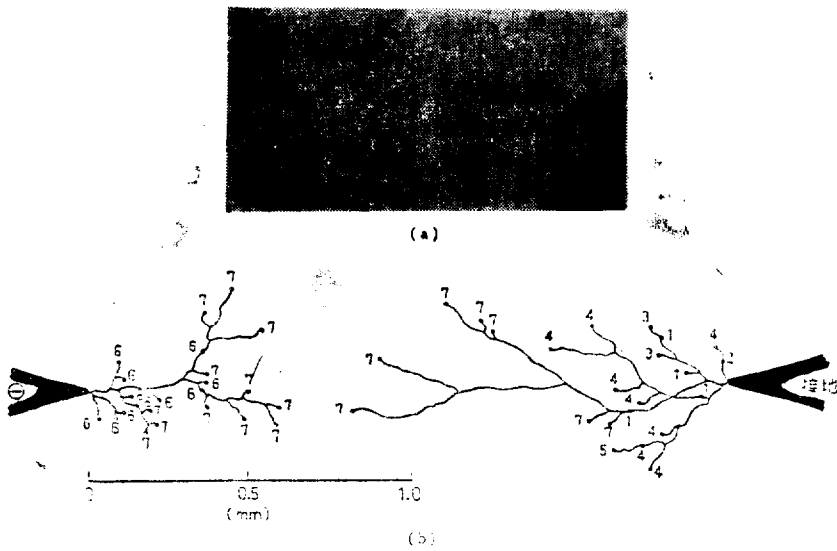


Fig 2. Extension of treeing with needle-needle electrodes.

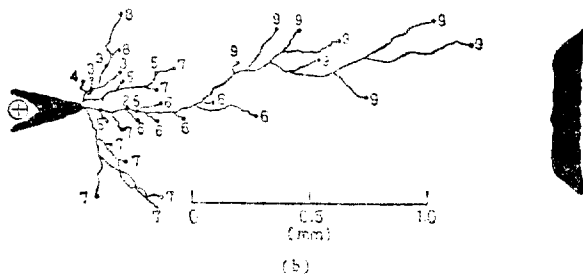
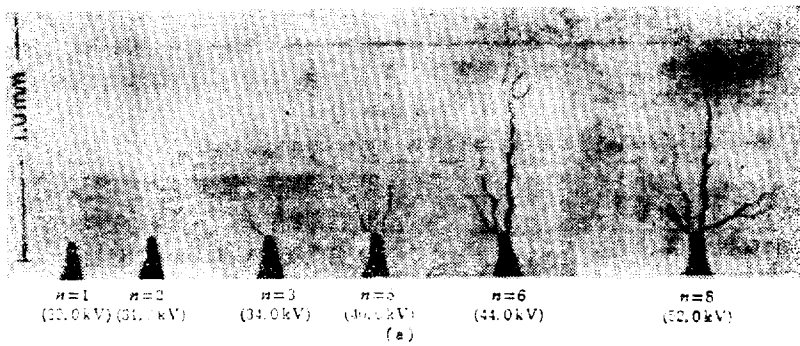


Fig 3. Extension of treeing with needle-plane electrodes at positive.

Treeing이 서로接觸되던 試料은 全路 貫通破壞가 일어나다.

2) 針對平板 電極系에서의 Treeing破壞

針對平板電極系에 있어서도 負極性에 있어서는 電壓 印加 方法을 앞의 경우와 同一하게 하고, 正極性에 있어서는 30kV에서 順次 1kV의 電壓增加를 하면서 段

階的으로 印加했을 경우 Initial tree의 發生에서 부터 Treeing의 進展課程을 그림 3 및 그림 4에 表示하였다.

그림 5는 Polyethylene試料을 使用하여 全路破壞時의 Tree의 幹斷面圖의 例이다.

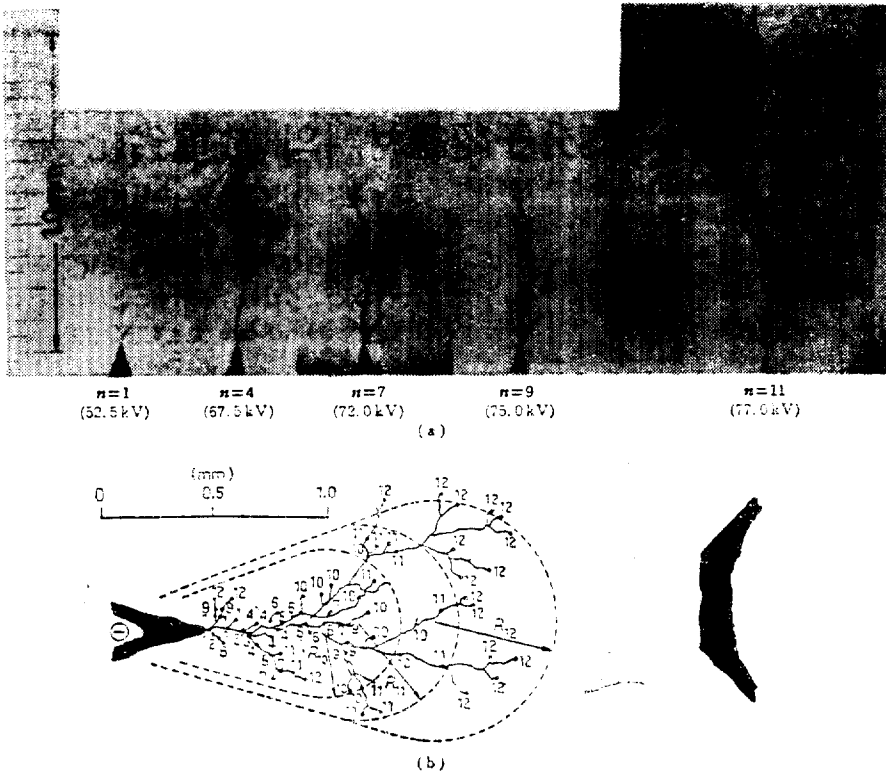


Fig 4. Extension of treeing with needle-plane electrodes at negative.



Fig 5. Cross-Section photo of a completed failure in a 100mil sample of polyethylene

### 3. 結 言

世界 여러나라의 高電壓分野 研究者들에 의하여 폴리에틸렌 絶緣材料에 對하여 그 破壞現象을 研究해 왔다. 그러나 아직도 解決해야 할 問題點이 많다고 한다. 특히 그중에서도 다음 事項에 對하여는 어느 것이나 그 解明이 어려운 點이 많고, 앞으로 더욱 높은 階級의 케이블 開發을 위하여는 必然코 研究가 되어야

할 問題이다.

- 1) 케이블 外部에 물이 存在하는 狀態에서 케이블이 使用된 경우의 交流電壓印加 時間과 破壞電壓과의 關係
- 2) 内部導電層 押出型 케이블의 되풀이 Impulse電壓印加時의 劣化係數, 絶緣層이 두꺼운 케이블의 高溫時의 破壞特性的 檢討
- 3) 開閉 Surge 印加時, 印加波形과 破壞電壓, 되풀이 電壓印加特性的 檢討
- 4) 케이블中의 缺陷(Void等)의 크기와 放電電荷量과의 關係를 把握하여, 케이블의 Corona, tree試驗을 行할時의 檢出感度の 檢討, 또 絶緣體中의 Void, 異物の 許容 Level의 檢討

### 參 考 文 獻

1. McMahon, Perkins: Surface and Volume Phenomena in Dielectric Breakdown of Polyethylene IEEE 1963. 2. 15
2. 日本 Treeing專門委員會 資料
3. 繩田, 河村: 衝擊電壓によるポリメチルメチアクリレート の Treeing破壞 電氣學會誌 1969. 12(日本)