

架橋 포리에치렌 絶緣케이블

朴 貞 道*

1. 概 要

近來 6kV 程度의 電壓에 使用되는 電線이나 케이블에는 여러가지 種類의 合成고무나 푸라스틱(plastic) 物質이 使用되고 있다. (1) 부철고무(butyle rubber), (2) 폴리에치렌(polyethylene(P.E.)) (3) 포리크로라이드(P. V. C.) (4) 自然고무의 4가지가 主로 絶緣物質로 使用되며 이 4가지중 P.V.C. 및 自然고무는 60°C 보다 적은 導體 周圍의 溫度에서 使用되므로 P.E. 나 부철고무 絶緣케이블 보다도 比較的 電流容量이 작은데 使用되는 것이다. P.E. 는 電氣的性質 即 絶緣破과電壓, 絶緣抵抗, 誘電率 및 力率在 아주 優秀하여 他 絶緣體와 比較해서 絶緣두께를 減少할 수 있게 된다. 이러한 要素는 케이블의 重量과 全體 直徑을 減少케 하므로 價格을 싸게 할 수 있으나 부철고무 絶緣케이블을 主로 使用하는 것은 P.E. 가 瞬間的 過負荷電流에 依하여 發生되는 熱에 對하여 弱하며 또한 可燃性이기 때문이다. 그러므로 P.E. 와 같이 電氣的 性質이 좋으면서도 高軟化點을 가진 物質을 主로 必要하게 되는데 이것이 架橋포리에치렌으로서 一般的 性質은 아래와 같다.

2. 架橋 포리에치렌의 特性

架橋포리에치렌(P. E. X.)의 一般的 特性은 表 1에 나타난 것과 같으며 普通 포리에치렌(P. E.)과 同一하거나 보다 더 優秀하다.

2. 1 加熱變形의 比較

그림 (1)은 부철고무, P.V.C., P.E. 및 P.E.X. 에 對한 加熱變形의 持續率 對 溫度와의 關係를 나타낸 그림으로 1 cm² 당 22 kg 의 荷重에서 測定한 값이다. 이 그림에서 보면 架橋포리에치렌(P. E. X.)은 120°C 와 200°C 사이에서 徐徐히 變化를 하며, 부철고무와 거의 같은 特性을 나타내는 反面에 P.E. 는 100°C 를 넘어면 軟化되어 버리고 ㅁ다. 그러므로 架橋포리에치렌(P.E.X.)은 高軟化點을 가지고 있기 때문에 케이블이나 電力線에 適當하다.

2. 2 加熱老化特性

架橋포리에치렌을 担벨狀(dumb-bell)으로 만들어 老

	P. E.	P. E. X.
誘電率 (1Mc에서)	2.30	2.30
損失係數(tan δ) (1HC에서)	2×10 ⁻⁴ 以下	3~5×10 ⁻⁴
體積固有抵抗 (80-cm)	10 ¹⁶ 以上	10 ¹⁶ 以上
引張強度 (kg/mm ²)	1.2~1.4	1.9~2.1
伸張率(%)	500~600	400~500
脆化溫度	-60°C 以下	-60°C 以下
熱特性	—	優 秀
外部加壓으로 인한 龜裂	—	//

表 1 P. E. 와 P. E. X. 의 一般特性

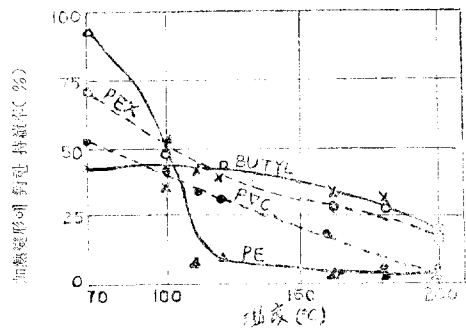


그림 (1) P. E. X. 의 加熱度變形

	P.E. (100°C에서)		P.E.X. (100°C에서)		P.E.X. (120°C에서)	
	引張強度 (kg/mm ²)	伸張率 (%)	引張強度 (kg/mm ²)	伸張率 (%)	引張強度 (kg/mm ²)	伸張率 (%)
初期	1.37	590	1.95	440	1.95	440
1個月後	1.07	320	1.98	440	1.79	460
2 //	1.12	290	1.89	460	1.82	490
3 //	1.16	300	1.87	440	2.00	520
6 //	1.00	420	1.78	450	2.16	500
8 //	1.12	400	1.77	470	2.08	490
12 //	1.08	410	1.84	470	1.88	480

表 2

*國際電線工業株式會社

化試驗器에 넣어서 100°C와 120°C로 加熱 老化하여 얻어진 値가 表 2에 나타나 있으며 포리에치렌(P.E.)보다 훨씬 優秀하다.

2. 3 溶解에 對한 抵抗性 및 外部 加壓으로 因한 龜裂에 對한 抵抗性

포리에치렌은 化學藥品이나 溶媒에 優秀한 抵抗性을 가지고 있으나 50°C보다 높은 溫度에서는 平常 혹은 溶解된다. 그러나 架橋포리에치렌은 溶媒나 化學藥品에 對한 抵抗性이 훨씬 더 높다.

그림 (2)는 그 一例로서 그림 (2) (a)는 70°C의 벤젠에 浸漬했을 때의 P.E.와 比較한 것이고 그림 (2) (b)

에 100°C 周圍의 高溫度에서 普通 포리에치렌 보다도 10%~20%가 더 높은 것을 알 수 있다. 충격電壓 試驗에 있어서는 架橋포리에치렌에 對한 絶緣 파괴 電壓이

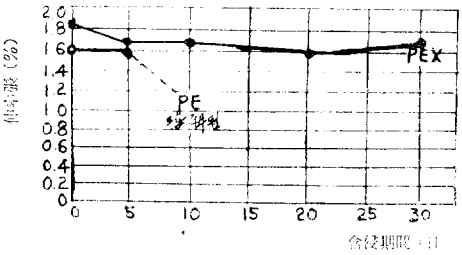
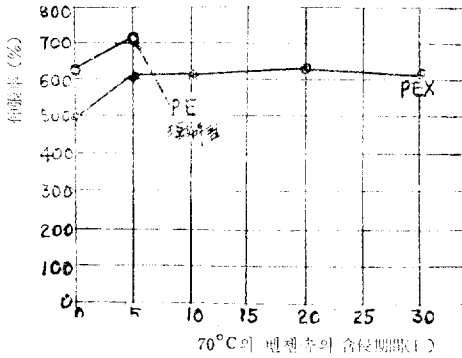


그림 2 (a)

는 70°C의 JIS 第3號 기름에 浸漬했을 때의 얻어진 값이다. 外部加壓으로 因한 龜裂에 對한 抵抗 特性도 P.E.를 架橋하므로 顯著하게 改善할 수 있다.

2. 4 誘電特性

誘電特性 即 誘電率, 損失係數 및 體積固有抵抗 對溫度와의 關係를 6kV, 80mm² 架橋포리에치렌 絶緣케이블(絶緣두께 3.5mm)로 測定한 값이 그림(3)과 같으며 高溫(100°C까지)에 있어서도 誘電特性이 매우 優秀하다.

2. 5 絶緣破壞 試驗

6kV, 100mm² P.E.X. 케이블에 對한 絶緣 파괴試驗 特性은 表 3과 같다. 架橋포리에치렌에 對한 交流(A.C.) 絶緣 파괴 電壓은 長時間 試驗이든 短時間 試驗이든 間

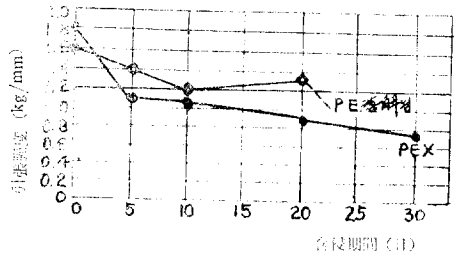
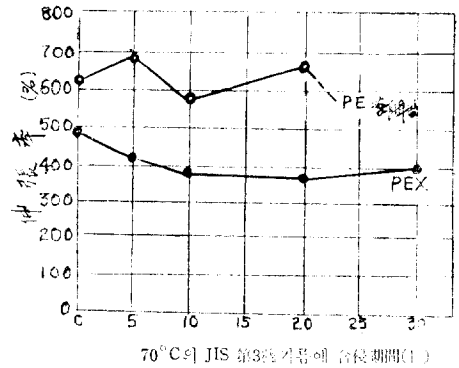
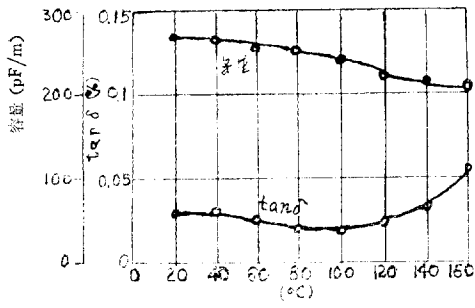


그림 2 (b)

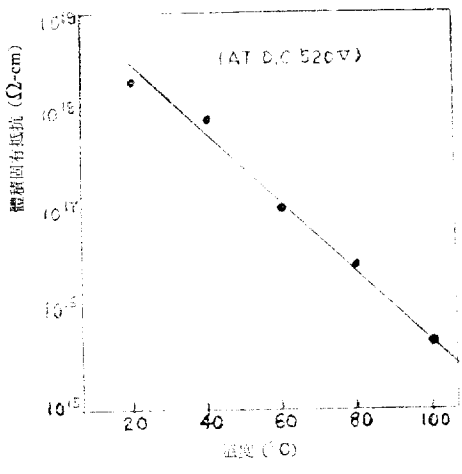
溫度上昇에 따라 徐徐히 減少하며 絶緣 파괴 電壓은 포리에치렌보다 약간 낮다. 그래도 架橋포리에치렌은 高壓 케이블에 아주 滿足할만 하다. 表 4에 있는 값은 30kV 架橋포리에치렌 絶緣 케이블의 絶緣 파괴 電壓을 나타낸다. 이 試驗은 케이블의 兩端의 絶緣 파괴를 防止하는 特別한 方法을 使用하여 行한 것으로 이 表로서 架橋포리에치렌은 絶緣 파괴 特性이 아주 優秀하여 30kV 以上의 高壓 케이블에도 使用될 수 있다는 것이다.

3. 電流容量 및 瞬間過負荷電流에 對한 容量

表 3. 4의 加熱老化 試驗에서 行한 長時間試驗 및 熱劣化 特性試驗의 結果를 미루어 보아 連續적으로 電流가 흐르고 있는 架橋포리에치렌 케이블의 導體周圍의 溫度가 80°C까지 許容될 수 있다는 것이며 이것은 부철고무 絶緣 케이블과 同一한 것이다. 瞬間 過負荷電流에 있어서도 加熱變形, 電氣의 特性 및 熱劣化 特性 試驗과 같이 여러가지 試驗이 行해졌는데 이는 主로 1秒間의 瞬間過負荷電流를 使用해서 반복적으로 施行되었다. 이 試驗으로 過負荷電流로 因한 케이블導體의 溫度上昇이 瞬間적으로 230°C 程度까지 許容될 수 있는데



(a)



(b)

그림 3 化學的으로 架橋된 폴리에치렌의 諸電氣 特性(6 kV 80 mm²: 60초, 6 kV 電源에서)

이것도 부철고무 絶緣케이블과 同一하다. 表 5는 連續 負荷에 對한 許容溫度的 瞬間過負荷電流量을 計算하는 公式을 表示한 것이며 이 公式은 케이블 導體의 溫度가 1秒 혹은 이보다 적은 期間內에서 230°C 範圍에서 許 容될 수 있다는 조건에서 誘導된 것이다.

	最大溫度 (°C) (連續負荷에 對하여)	最大溫度 (°C) (短終電流에 對하여)	最大 短終 電流 (A)
부철고무 絶緣케이블	80	230	142S√t
P. E. 絶緣케이블	75	140	100S√t
架橋폴리에치렌 絶緣케이블	80	230	142S√t

表 5 電流容量

註: S는 mm²로 된 導體斷面積, t는 秒로 表示된 過負 荷電流期間(1초를 넘지 못할)

試驗 種類	溫度 (°C)	絶緣과 試壓 (kV)	最大加壓值 (kV/mm)	平均加壓值 (kV/mm)
총격電壓 試驗	室溫	-190	69.2	54.3
		-220	80.0	62.9
		-220	80.0	62.9
		+215	78.2	61.0
		+230	83.7	65.8
		+240	87.3	68.6
	100°C	-150	54.6	42.9
		-145	52.8	41.4
		-110	40.0	31.4
		+140	51.0	40.0
交流電壓 階段 印加試驗	室溫	85	30.9	24.3
		75	27.3	21.1
		95	36.5	27.1
	100°C	70	25.5	20.0
		65	23.6	18.6
		80	29.1	22.9
交流電壓 瞬間 印加試驗	室溫	127	46.2	36.3
		115	41.8	32.9
		98	35.6	28.0
	100°C	109	39.7	31.1
		104	37.8	29.7
		113	41.1	32.3

表 3. 6 kV 100 mm² P.E.X. 케이블의 絶緣破壞 試驗 (절연두께 35 mm)

- 註: 1. 交流電壓階段 印加試驗
30 kV를 한시간동안 充電後 絶緣이 파괴될 때까지 每時間 5 kV의 比率로 電壓을 올린다.
2. 交流電壓瞬間 印加試驗

絶緣이 破壞된 때까지 每秒 500 V의 比率로 電壓을 上昇시킨다.

3. 총격電壓試驗
1×40 μ초의 총격電壓 70 kV를 3回 充電한 後에 異常이 생길 때까지 5 kV의 比率로 每 3回 上昇시킨다.
(-)는 導體에 印加한 負電壓 (+)는 正電壓

4. 架橋폴리에치렌 絶緣케이블의 壽命試驗

一般的으로 케이블의 가장 重要한 特性은 그 使用 壽命이며 이는 電氣的 및 機械的 特性에 關지 않다. 케이

試驗種類	絶緣 파괴 電壓 (kV)	最大加壓值 (kV/mm)	平均加壓值 (kV/mm)
階段試驗	180	26.9	15.7
	210	31.4	18.3
	200	29.9	17.4
	180	26.9	15.7
충격試驗	520	77.7	45.1
	500	74.7	43.5
	400	71.7	41.8

表 4. 30 kV 架橋포리에치렌 絶緣케이블의 絶緣破壞試驗(絶緣두께 11.5 mm)

註: 1. 絶緣 파괴 階段試驗
100 kV를 한 時間 동안 充電後 異常이 生길 때까지 每時間 10 kV의 比率로 電壓을 印加한다.
2. 충격 電壓試驗
1×40 μ초 負性 충격 電壓 200 kV를 3회 充電後에 異常이 生길 때까지 20 kV의 比率로 每 3회씩 上보시킨다.

불의 壽命을 調査하기 위하여 時間을 節約하는 意味에서 促進法을 利用하며 試驗 結果는 아래와 같다.

(1) 過電壓 高溫水試驗

6 kV 22 mm² P.E.X. 絶緣케이블의 試料를 50 C의 溫水에 浸水시키고 導體의 大地 사이에 6 kV의 電壓을 印加한다.

下記 表에서 나타난 絶緣抵抗의 變動은 多少 甚하나 이 値는 測定誤差가 甚한 試驗計器의 最大限界點에 가깝기 때문이다. 그러나 50°C의 溫水에 8.214時間 동안 浸水한 後의 架橋포리에치렌의 絶緣抵抗의 値가 그다지 많은 變化를 한 것은 아니다.

(2) 過電壓 連續試驗

6 kV 22 mm² P.E.X. 絶緣케이블의 24個의 試料로 8 個의 무리(group)로 나누어 4무리는 浸水시켜 6 kV, 10 kV, 15 kV, 20 kV의 電壓으로 各 무리에 印加한다. 다른 4 무리는 浸水시키지 않고 6 kV, 10 kV, 15 kV, 20 kV의 電壓을 各 무리에 印加하여 試驗한다. 그 結果는 表 7에 나타난 바와 같다.

5. 架橋포리에치렌 케이블의 利點과 그 應用

架橋포리에치렌 絶緣케이블은 포리에치렌의 電氣의 優秀性을 잃지 않고 포리에치렌 보다 많은 利點을 갖고 있는데 그들 中에 몇가지를 들면 (1) 機械的 特性 改善 (2) 熱에 對한 抵抗性 改善 (3) 硬度的 値가 廣範圍한 點 (4) 溶解에 對한 抵抗 改善 (5) 外部壓力에 對한 抵抗 改善 등의 여러가지 利點을 가지고 있으므로 高壓케이블 뿐만 아니라 아래에 列擧한 種類에도 많이 利用된다.

電壓을 加한 總時間	試料에 6 kV를 印加			試料에 電壓을 印加치 않음	
	1 番	2 番	3 番	4 番	5 番
時 間	MΩ/km	MΩ/km	MΩ/km	MΩ/km	MΩ/km
0	14,000	10,000	14,000	20,000	30,000
48	※	※	※	※	※
307	14,000	14,000	※	14,000	※
2,230	11,000	14,000	14,000	21,000	21,000
3,136	17,000	15,000	23,000	15,000	13,000
4,662	※	※	※	※	※
5,424	12,000	15,000	20,000	※	20,000
6,330	14,000	13,000	17,000	19,000	17,000
7,070	12,000	12,000	14,000	12,000	20,000
8,214	—	22,000	24,000	—	—

表 6. 6 kV 22 mm² P.E.X. 케이블의 過電壓浸水試驗
浸水初期: 1960. 7. 25
試驗初期: 1960. 10. 6

(※)는 測定 計器數値 範圍를 벗어난 試料의 抵抗을 表示하는데 25,000 MΩ/km 以上으로 推定한.
註: 모든 試料는 50°C에서 測定한 것임.

- (1) 架橋포리에치렌 外被 被覆케이블
- (2) 架空 配電線
- (3) 浸水用 電動機의 捲線

以上的 記述한 바와같이 未來에 있어서는 架橋포리에치렌을 使用할 여러가지 形態의 케이블 및 電線이 더 많이 使用될 수 있다는 것이다.

水中에서 20 kV 印加	1,231時間後에 케이블 端에서 異常發生. 다른 두개는 5,826時間後에도 異常없음.
空氣中에서 20 kV 印加	3,054時間後에 케이블 端에서 異常發生. 他 2개는 5,826時間後에도 異常없음.
水中에서 15 kV 印加	모든 試料는 6,242時間 後에도 如前히 良好
空氣中에서 //	모든 試料는 6,522時間 後에도 如前히 良好
水中에서 10 kV 印加	모든 試料는 6,344時間 後에도 如前히 良好
空氣中에서 //	모든 試料는 6,628時間 後에도 如前히 良好
水中에서 6 kV 印加	모든 試料는 6,342時間 後에도 如前히 良好
空氣中에서 //	모든 試料는 6,628時間 後에도 如前히 良好

表 7. 6 kV 200 mm² P.E.X. 絶緣케이블의 連續 過電壓試驗 試驗初期 1960. 12

(西紀 1964年 2月 20 接受)