논단 III

配電用 碍子의 特性分析과 向後 展望

韓電技術研究院
研究員 宋 一 根

1. 序 言

우리나라도 점차 國民生活 向上에 따른 電氣利用 高度化와 高度 情報化 사회로의 진입에 따라, 電氣의 質 向上은 아무리 強調하여도 부족하다.

그 중에서도 예고없는 불의의 停電은 그것이 순간이라 할 지라도 産業活動이나 日常生活에 심각한 影響을 미치게 된다.

'93년도 配電事故 건수는 총 3,572건이며, 이중 碍子事故가 24%를 점유하였고, 매년 增加하는 傾向을 나타내고 있어, 그 심각성을 더해주고 있다.

이러한 상황에서 本 考에서는 碍子事故의 根本的인 原因糾明과 이에 대한 對策으로 懸垂碍子의 材質分析과 碍子의 壽命을 극히 단기적으로 評價하는 徑年試驗 規格檢討 및 向後 Polymer 碍子 動向등의 內容을 紹介하고자 한다.

2. 物理的, 微細組織의 特性分析

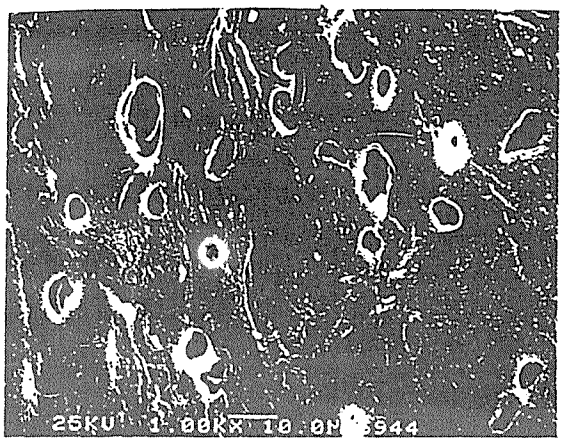
현재 고압전력용 절연물로 사용하는 porcelain 애자제품은 구성요소에 따라 주로 다음 4종류가 사용되고 있다. 즉 석영질(Quartz), 동석질(Steatite),

Cristobalite질, 알루미나질(Alumina)로 나누어지며, 이들 애자에 대한 물성을 요약하면 〈표-1〉과 같다.

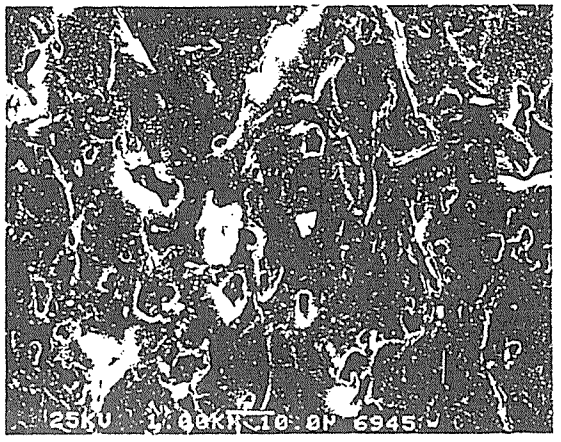
〈표-1〉 Summary of Mechanical Physical and Mineralogical Properties of Porcelain Bodies

Materials Properties	U.S. Quartz Porcelain	U.S. Alumina Porcelain	German Alumina Porcelain	German Steatite Porcelain	Japan Cristobalite Porcelain
Compressive Strength(psi)	65,900 ±5,800	85,300 ±3,200	66,300 ±5,500	78,900 ±3,500	75,700 ±5,500
Flexural Strength(psi)	12,800 ±700	20,200 ±1,100	14,000 ±800	16,300 ±500	12,700 ±500
Bulk Density(g/cm)	2.36 ±0.04	2.72 ±0.03	2.45 ±0.01	2.615 ±0.004	2.323 ±0.003
True Density(g/cm)	2.519 ±0.001	2.805 ±0.006	2.755 ±0.002	2.913 ±0.006	2.491 ±0.007
True Porosity	6.15%	3.21%	11.18%	10.23%	6.74%
Phase(wt%)					
Quartz	16.25	3.0	4.0		4.3
Mullite	20.0	12.0	17.4		17.0
Al O	—	32.8	22.8		—
Cristobalite	—	—	—		25.1
Glass	63.75	55.2	55.8		53.6

한편 자기제 애자의 기계적, 전기적 물성은 애자를 구성하는 미세 결정구조에 의해서 결정된다고 말할 수 있으며, 우리나라의 애자구조와 일본애자의 미세구조를 비교 분석하면 다음과 같다.



〈그림-1〉 國産碍子의 SEM 사진, 배율 1000배



〈그림-2〉 日産碍子의 SEM 사진, 배율 1000배

(1) SEM(Secondary Electron Microscope)에 의한 表面分析

전자현미경 사진은 정성, 정량 분석적인 관점으로 보면 별의미를 갖지 못하나, 시료의 미세부위 결함이나 분석하고자 하는 부위를 정확히 지정하고 싶을 때 전자현미경을 이용하여 확대된 영상으로 미세부위의 관찰이 가능하다.

〈그림-1〉은 국산애자의 미세구조 조직을 나타내고 있으며 〈그림-2〉는 일산애자의 미세구조 조직을 나타내고 있다. 여기서 보듯이 국산은 Void(기공)가 다량으로 검출되고 상당히 불균일 분포를 나타내고 있으나, 일산은 기공이 적고 균일됨을 알 수 있다. 이것의 원인은 재료 가공시 균일도가 떨어지고, 소성시의 원인으로 예측되며 기계적, 전기적 특성변화의 가장 근본이 되는바 더욱더 많은 연구가 필요한 분야이다.

〈표-2〉 國產碍子의 造成結果

CONCENTRATION

	WT.%	AT.%	% S.E.
ALK	30.61	32.45	1.16
SIK	61.04	62.18	0.83
K K	2.79	2.04	5.91
CAK	1.45	1.03	10.00
TIK	2.16	1.29	8.17
FEK	1.95	1.00	10.72
	100.00		

3. 碍子類의 事故分析

최근 3년간의 애자사고 경향을 분석한 결과 〈표-4〉의 배전선로 전체 사고중 점유비율이 '90년의 20.96%에서 '93년은 23.9%로 매년 증가하는 추세이며 애자사고가 대부분이고, 제작불량이 주요인으로 나타나고 있다.

다음에 최근 10년간 제작소별, 제작년도별 애자사고수는 10,000개당, 현수애자에서 A사 5개, B사 0.44개, C사 0.04개 이고, LP애자는 A사 0.46개, B사 0.5개, C사 0.01개로 제작소에 따라 현격한 차를 나타내고 있다.

특히 A사제 현수애자가 '86, 87년 제품에서 애자 10,000개당 36개, 21개로 사고가 집중적으로 발생하고 있는 점에 주목하여야 한다.

또한, 제작소별, 원인별로 분석한 결과 A사애자의 93.8%가 제작불량으로 나타나 있다. 특히 A사 현수애자는 애자두부의 관통사고가 주원인으로 '93년중 사고발생 1,253개, 예방점검에서 검출 2,620개의 애자를 교환한 점에 유념하여야 하며, 이는 설계, 제

(2) EDX에 의한 試料分析

원소의 정량 및 정성분석은 EDX를 이용하였으며, 장비는 VG사 제품으로 공간분해능 150A, 배율 30만배의 기능을 가진 제품으로 EDX를 장착하여 정성, 정량분석을 동일 챔버내에서 하였다.

시료분석의 결과는 〈표-2〉의 국산애자 조성 결과이고 〈표-3〉은 일산애자의 조성 결과이다. 이 시험결과 알루미늄과 규소가 대부분을 차지하고 미량원소로 철분과 칼슘이 존재하고 있다. 통상 세라믹은 A1성분의 함유량이 커질수록 경량화되고, 열전도율이 낮아 절연성능이 우수하며, 강도 또한 커진다. 또 Si성분이 커질수록 내마모성이 향상된다. 한편, '86. 11(K사)의 주성분중 알루미나 성분이 20.64%이나 '92(K사)의 제품시험 결과 30.61%로 크게 향상됨을 알 수 있다.

〈표-3〉 日產碍子의 造成結果

CONCENTRATION

	WT.%	AT.%	% S.E.
ALK	22.15	23.26	1.49
SIK	72.86	73.50	0.78
K K	2.81	2.04	6.47
CAK	0.31	0.22	45.39
TIK	0.47	0.28	36.13
FEK	1.39	0.71	15.93
	100.00		

작상 문제점으로 새로운 시험방법이 모색되어야 한 다.

〈표-4〉 22.9KV 가공배전선로 애자사고 일람표

○ 기간:'91~'93, 영구사고:5분이상, ( ) : 염진해

원인 / 연도		자연열화				낙뢰				제작불량				기타				총계				사고점유율
		LP	현수	Pin	계	LP	현수	Pin	계	LP	현수	Pin	계	LP	현수	Pin	계	LP	현수	Pin	계	
'93	영구	46	116	7	169	13	38	4	55	60	405	3	468	31 (3)	122 (20)	8	161	150	681	22	853	23.88
	순시	38	135	15	188	12	50	10	72	44	370	2	416	104 (31)	241 (26)	47	392	198	796	74	1068	7.41
'92	영구	26	34	4	64	19	26	5	50	29	9	3	122	14 (1)	41 (2)	9	64	88	191	21	300	21.52
	순시	28	84	19	131	20	53	15	88	38	187	4	229	68 (12)	190 (16)	127	385	154	514	165	833	7.23
'91	영구	6	24	30	60	4	8	13	25	37	92	26	155	18 (2)	39 (6)	23	80	65	163	92	320	20.96
	순시																					

4. 碍子試驗 規格檢討

애자류의 사고분석에서 사고의 원인을 면밀히 분석한 바, 설계와 제조공정의 부적절이 주요인으로 밝혀졌으며, 또 하나의 요인은 경년열화가 단기간에 도래하고 있다는 점이다.

따라서 이러한 점에 유념하여 새로운 경년시험방법이 강구되어야 한다.

또한 설계와 제조공정이 적절하다고 해도 현수애자가 사용중 경년에 따라 인장강도가 저하하고, 두부에 균열이 발생하며 전기적 절연이 저하하는 경로에 대해서는 아직도 충분히 해명되고 있지 않으나 다음 두가지를 생각할 수 있다.

첫째, 내부에 제조결함이 있던가, 자기강도가 낮아져 사용중의 스트레스에 의해 발생하는 정적피로 이고

둘째, 사용중의 온도변화, 진동하중, 착빙설, 풍우 또는 금구, 자기, 시멘트의 열팽창 수축율의 차로 기인하는 과대응력에 의해 발생하는 자기의 열화를 들 수 있다.

전자는 주로 재질과 제조면에 열화의 요인이 있다고 보며, 다음 사항을 고려할 필요가 있다.

- ○ 강도가 큰 자기의 사용과 유약(釉藥) 내에 적절한 압축응력을 내재시키고
- ○ 제조결함이 없도록 제조공정, 제품관리의 철저, 전수시험을 실시하여야 한다.

후자는 설계면에 원인이 많은 것으로 다음 사항을 고려해야 한다.

- ○ 핀(Pin)의 시멘트 삽입부의 형상 및 Cap Skirt부 내면형상을 자기에 응력이 집중되지 않는 형상으로 설계하며
- ○ 자기, 금구의 시멘트 접착면에 완충용 페인트를 발라 자기로의 응력집중을 완화하고
- ○ 전선의 진동, 핀의 열팽창으로 일어나는 핀의 치밀어 올리는 하중에 대하여 자기두부가 손상을 받지 않도록 완충용 콜크를 삽입한다.

가. 長期 強度 性能檢證(徑年變化試驗)

장기성능의 유무를 평가하기 위한 시험방법으로 종래 IEC에서는 24시간 하중시험을 정하고 시행하였으나 그 유효성의 결여로 이에 대체되는 시험법이 검토되었고, 1977년에 형식시험법으로 기계적 반복하중에 온도주기를 중첩시킨 Thermal-Machanical Performance Test가 IEC 575로 제정되어 전력회사에서 규격으로 채택하고 있으며 한전도 이 시험방법을 도입하여 애자의 장기 강도성능을 확인하고 있으나 여전히 애자사고가 많이 발생하고 있는 점으로 미루어 볼때 이 시험방법은 필요 최저한의 장기성능의 유무를 평가하는 시험방법으로는 유효할지 모르나 그 나라의 기후조건과 환경변화등을 고려할때 보다 신뢰성이 높은 우수한 애자를 선별한다든지, 우리나라와 같이 애자의 열화가 단기간에 나타나는 곳에서는 보다 현실성 있는 가혹한 시험방법이 모색되어야 한다고 보여진다.

시험방법 1은 현재 시행하고 있는 방법이며, 시험방법 2는 1시간을 주기로 360시간 기계적 반복하중에 온도주기 −40℃, +60℃를 각 1시간을 1주기로 하여 360시간을 중첩한 온도 −기계적 성능시험 방법이다.

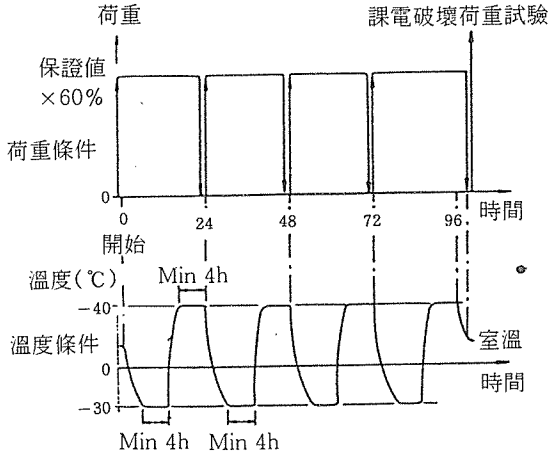
외국에서는 그 나라의 기후적 조건에 따라 시험방법의 골격은 IEC 575와 같으나 기계적 하중치와 하중시간 그리고 반복 하중회수, 온도변화의 범위와 시간 그리고 반복회수등을 각기 정하여 적용하고 있다.

전술한 시험방법 2는 NGK사가 고안한 방법의 한 예이며, 카나다에서는 기계적 하중치가 70℃(IEC규격은 과전파괴 하중치의 60%), 온도변화가 −50℃~+50℃(IEC −30℃~+40℃)이고, 기타는 IEC 규격과 동일한 규격을 택하고 있다(Canadian Standard C 411.1의 5.10항 참조).

이외에도 많은 나라들이 그나라 표준규격 또는 참고시험으로 그나라 환경조건에 따라 IEC 575규격을 골격으로 하여 시험조건을 규정 시행하고 있다.

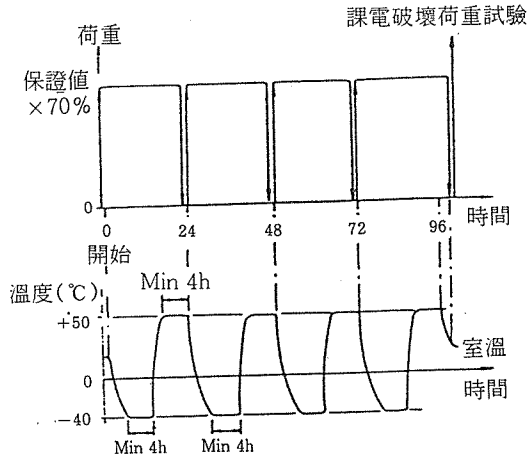
시험방법 1

ESB 131 애자 시험방법 13항
IEC 575 열−기계적 성능시험



− $\bar{R} - 1.58S \geq RS(N=10)$
− $Ri \geq RS$(한전)

〈그림−3〉 徑年試驗方法(現行)



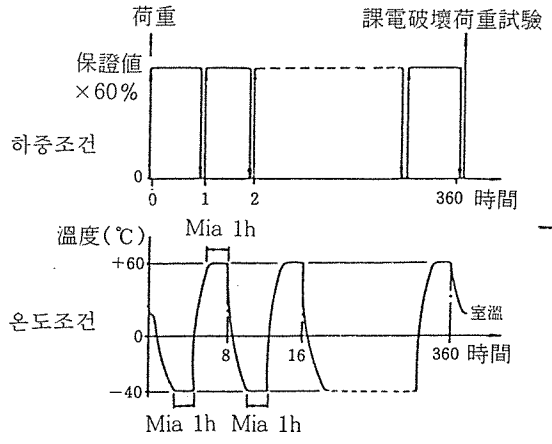
− $\bar{R} - 3S \geq RS(N=10)$
− $Ri \geq RS$

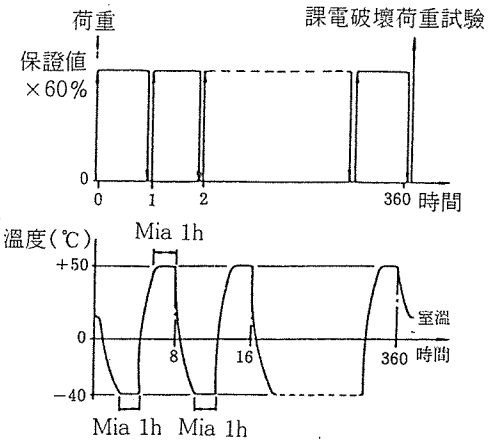
〈그림−4〉 第1案

시험품의 두 쇠붙이 사이에 규정의 과전 파괴 하중치의 60%의 인장하중을 축심방향으로 인가하고 냉열순으로 24시간을 1주기로 96시간 수행한다.

이때 유지해야 할 온도 및 시간은 저온에서는 −30±5℃, 고온에서는 +40±5℃로 각각 4시간 이상이어야 한다〈그림−3〉.

시험방법 2





R− 1.58S ≧ RS(W=10)

− R − 1.58S ≧ RS(W=10)
− Ri ≧ RS

〈그림−5〉 徑年試驗方法(NGK考案)

〈그림−6〉 第2案

열주기 초기에는 실온상태이어야 하고, 최종과정을 제외한 매회 가열과정의 종료시점에서 인장하중을 완전히 제거하여 당일 9항 ESB 131의 과전파괴 하중시험을 실시한다.

시험품의 두 쇠붙이 사이에 규정의 과전파괴 하중치의 60%의 인장하중을 축심방향으로 인가하고 냉열순으로 1시간을 주기로 360시간 수행한다.

이때 유의해야할 온도 및 시간은 저온에서는 −40±5℃, +60±5℃로 각각 1시간 이상 이어야 한다〈그림−5〉.

열초기에는 실온상태이어야 하고, 최종과정을 제외한 매회 가열과정의 종료시점에서 인장하중을 완전히 제거하여 당일 9항의 과전파괴 하중시험을 실시한다.

시험결과는 다음식의 품질관리지수가 소정의 합격판정계수 이상이면 합격으로 평가한다.

$$QS = (\overline{R} - Rs)/S \geqq K$$

QS : 품질관리지수

$\overline{R}$: 측정치의 평균치 $[=R_1 + R_2 + \cdots + Rn/n]$

Rs : 규정의 과전파괴 하중치

S : 표준편차$(\sqrt{(R_1 - \overline{R})^2 + (R_2 - \overline{R})^2 + \cdots + (Rn - \overline{R})^2/n-1})$

K : 허용정수 [n=5일때 1.4, n=10일때 1.58]

우리나라의 경우 지난 30년간 (1961~1990)까지 의 최고 기온인 +40℃, 최저기온 −32℃로 나타난

바 지난 30년간의 기후적인 조건등을 감안하여 카나다 규격과 NGK에서 고안한 시험방법을 참고로 2개안을 시도하였다.

제 1안은 현행 시험방법과 비교하여 기계적 하중을 10%증가한 상태에서 기후적 변동을 고려하여 온도차를 상·하 10℃로 강화하였고, 판정기준에 있어 품질관리지수 QS를 1.58(시료 10개)에서 3.0(시료 10개)으로 상향 강화한 것이다.〈그림-4〉 제 1안

제 2안은 온도차 상·하 10℃, 온도와 하중주기는 45주기, 시험 계속시간 360시간으로 강화하여 기계적 반복하중 회수와 시간을 연장, 온도주기를 중첩한 수명시험이라고 볼 수 있다. 기타는 현행과 같다.〈그림-6〉 제 2안

그러나 위 안 이외에도 여러안이 있을 수 있고, 국·내외 애자를 시료로 하여 충분한 시험검토가 있어야 할 것으로 본다.

나. 懸垂碍子의 急峻雷 임펄스 電壓試驗

송·배전선에서 사용하는 현수애자는 자기부분의 두께가 기중절연 거리에 비하여 크게 얇아서 대단히 높은 전압이 걸리면 자기가 관통파괴할 염려가 있다. 그래서 IEC, ANSI, 시험규격에 자기부의 품질확인의 한 방법으로 상용주파 유중파괴 전압시험을 적용하여 왔다. 그러나 실선로에서 현수애자에 걸리는 과전압은 주로 뇌 서어지 전압이므로 뇌과전압으로 평가하는 것이 타당하다는 강력한 주장이 있어 (Final report of CIGRE Task Force 33.07.01 : Puncture testing of ceramic and glass Insulators) IEC에선 수년전 부터 「급준파 뇌임펄스 전압시험법」의 검토가 진행중이며, 미국, 카나다를 위시한 여러나라의 전력회사에서 규격을 제정 시행하고 있다.

이 시험방법은 대기중에서 현수애자에 뇌임펄스 과전압이 인가 되었을때 자기부의 절연파괴 유무를 확인하는 방법이다.

이와 관련하여 현수애자의 연면 섬락특성, 내부관통 전압특성 그리고 자기두부의 관통형상에 대하여 설명하고자 한다.

선로의 효과적인 오손설계, 애자의 연결수, 아킹혼, 가공지선 설치등 종합적인 뇌대책으로 애자에 걸리는 과전압을 억제하면, 현수애자가 뇌서어지 전압으로 절연파괴에 이르는 경우는 극히 드물 것이다.

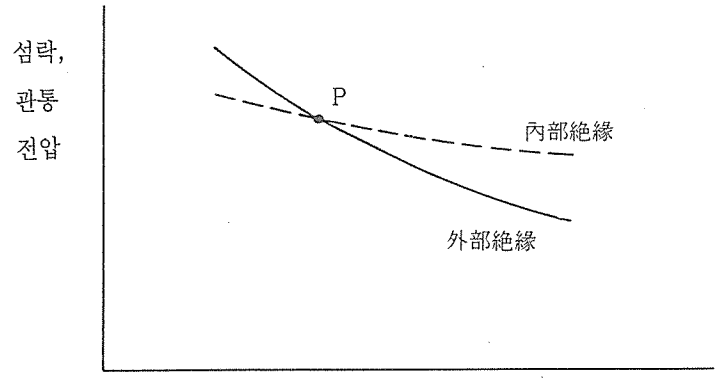
1) 懸垂碍子의 絶緣破壞 現象

실선에서 만나는 급준 뇌서어지의 크기는 선로의 운전전압, 뇌격전류, 철탑, 가공지선의 뇌격개소, 철탑의 접지저항, 서어지 임피던스 등에 의해 다르다.

송전선로에서 발생하는 급준 뇌서어지에 대해서는 각국에서 조사되고 있다. 가공지선이 있는 송전선로에선 200~2,500kV/μs, 도체 직격일때는 500~5,000kV/μs의 전압준도를 나타낸다.

특수한 예이나 도체의 서어지 임피던스가 높은 도체직격 일때는 11,000kV/μs의 전압준도가 관측되고 있다.

이러한 준도의 전압은 애자련 전체에 인가되므로 애자단체에 인가되는 전압준도는 작아진다. 현수애자의 뇌임펄스 섬락전압은 준도가 높을수록 상승하여 〈그림-7〉과 같은 V-t곡선을 나타낸다.



〈그림-7〉 懸垂碍子의 絶緣破壞 V-t 特性

또, 현수애자의 자기두부를 관통하는 내부절연 파괴특성도 V-t곡선을 나타낸다.

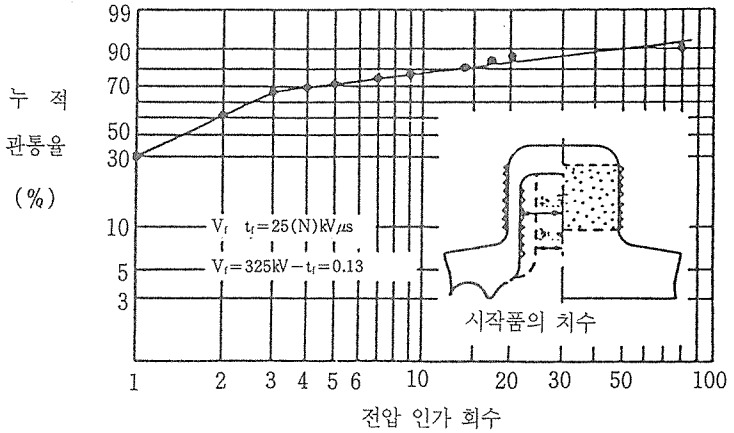
개념적으로는 양자의 V-t곡선의 교차점 P보다 좌측의 급준영역에서 관통파괴가 발생한다고 볼 수 있다.

또한 급준 뇌임펄스 전압에 의한 현수애자의 내부절연파괴는 전압의 반복인가로 저하한다는 것이 알려지고 있으며, 전기적 스트레스에 의한 애자의 자기두부의 파괴현상이라고 볼 수 있다.

2) 懸垂碍子 磁器頭部의 貫通現象

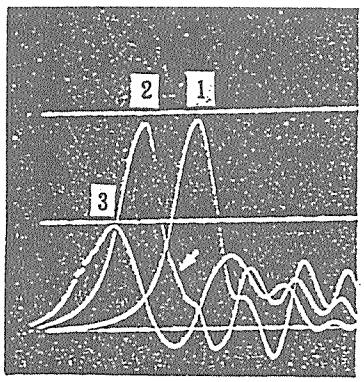
현수애자의 관통전압은 급준파 뇌임펄스 전압의 반복인가에 의해서 저하하는 것으로 알려지고 있다. NGK는 애자 자기두부에서 관통을 쉽게 하기 위하여 자기부가 얇은(6.5㎜) 샘플을 시작하여 30개의 시료로 전압준도 2,500kV/㎲에서 전압을 반복인가하여 그 영향을 조사하였다.

〈그림-8〉은 시작품 현수애자의 치수와 급준파 인가회수에 따른 현수애자의 누적관통율을 나타내고 있으며 3회 이전에 초기적 관통이 많이 발생하고 있음을 알 수 있다.

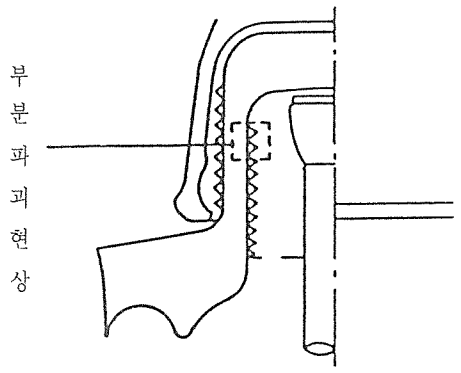


〈그림-8〉 試作品의 電壓印加回數와 累積破損率 關係

또, 〈그림-9〉는 3회째 전압인가에서 관통한 애자의 급준파 뇌임펄스 전압파형이며 2회째 전압인가에서 파미에 이상(distortion)이 있음을 알 수 있다. 전압파형의 파미에 이상이 있는 시점에서 전압인가를 중지하고 애자를 해체 조사한 바 부분파괴 〈그림-10〉이 생겼다. 전압파형의 이상은 이 부분 파괴부의 잔류전하의 영향에 의한 것으로 생각된다. 이러한 부분파괴가 일단 발생하면 그곳에 전계집중이 커지고, 다음 전압인가에서 관통이 발생한다고 생각할 수 있다.



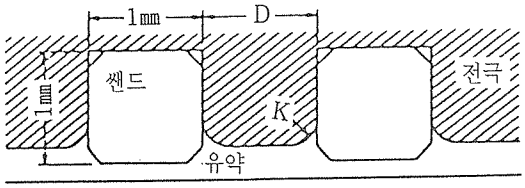
〈그림-9〉 電壓波形의 왜형



〈그림-10〉 部分破壞 現象

전압파형의 이상은 파괴부에 잔류전하의 영향이며 이와 같은 부분파괴가 발생하면 전계집중이 커져서 다음의 전압인가에서 관통이 일어난다.

부분파괴는 애자 자기두부의 샌드(돌기)부에 전계집중현상에 기인한다고 생각되며 〈그림－11〉과 같이 샌드를 모형화(동축 원통모형)하여 전계 계산을 하면 최대 전계의 발생부위는 〈그림－10〉의 화살표 표시한 부분파괴의 발생개소와 일치하며, 전극계면의 곡율반경 R의 크기와 샌드간격 D의 영향을 받는다는 것이 확인되었다.



〈그림－11〉 計算 基本模型(同軸圓筒模型)

5. 世界的인 碍子動向과 向後展望

碍子는 1835년부터 使用되어 왔으나 電力會社에서의 碍子使用은 1882년 독일의 Miesbach에서 Munich까지의 送電線路에서 맨처음 使用되었다.

오늘날 북미지역에서 送電用, 配電用에 대한 碍子는 주로 懸垂碍子, Line-post碍子 그리고 핀碍子가 주종을 이루고 있다. 그리고 絶緣材料별로 대별하면 Ceramic과 polymer 碍子로 區別되며, 日本의 NGK社는 세계 최대 애자 제조회사이다.

미래의 Ceramic(애자, 붓싱, 스위치류등)使用은 全 世界시장의 約 50%수요가 向後 減少할 것으로 豫測되며, 美國의 送電用 懸垂碍子의 約 46%와 配電用 懸垂碍子의 約 28%는 磁器제와 유리로 生産되고 있다〈표－5〉.

〈표－5〉 미국의 현수애자 현황(1991년 기준)

구 분	점 유 도
Ceramic > 35kV	46.67%
Ceramic < 35kV	28.33%
Polymer > 35kV	20 %
Polymer < 35kV	5.0 %
합 계	100%

以上의 送·配電用 碍子의 絶緣材料는 Porcelain, Glass, Silicon Rubber, E.P.D.M, Cyclo Epoxy 등이 현재 使用中에 있다.

한편 우리나라의 경우 Glass 소재를 제외한 모든 絶緣材料 碍子를 韓電 연구개발충당금 (R/D)을 지원 받아서 연구 완료중이거나 연구중에 있으며, Glass 소재를 이용한 애자개발은 현재 모 중소기업에서 연구중에 있다.

이러한 소재중 porcelain은 絶緣特性이 가장 良好하고 영구적으로 사용할 수 있는 장점이 있으나, 인건비 상승과 3D현상으로 말미암아 점점 더 수요 감소가 예상된다.

Polymer소재중 Silicon은 35kV 이상의 送電用 碍子에 적합하고, 35kV 이하의 配電用 碍子는 E.P.D.M과 Epoxy 碍子가 현재 주로 사용중에 있다.

따라서 세계적인 추세가 Porcelain에서 Polymer 애자류의 전환이 서서히 진행중인 바, 우리나라에서도 이에 대한 産·學·硏의 硏究開發과 우리나라의 地形과 氣候特性에 가장 적합한 소재발굴 및 최적설계가 向後 配電用 碍子 事故減少에 가장 큰 關鍵이라 하겠다. 끝으로 Polymer 사용의 응용분야를 소개하면 〈표－6〉과 같다.

〈표-6〉 Application fields for outdoor use of various polymeric materials

	Porcelain	Glass	Silicone Rubber	EPDM	POLYMER Concerte	Cyclo Epoxy
Line or Pin Insulators	AAA BB	– –	– –	– –	– B	AA –
Suspensions or dead end Insulators	AAA BBB	AA BB	AA BB	AA B	– –	A –
Bushings	AAA BBB	– –	– B	– –	– –	A –

14.4～34.5kV → A limited use　AA average use　AAA strong use
69 ～765kV → B limited use　BB average use　BBB strong use

6. 結 言

以上의 結果들을 考察하여 보면

- ○ 우리나라의 碍子材質과 일본의 碍子材質은 균일도 (Void)면에서 큰 차이점이 發見되었고
- ○ 碍子事故 分析 結果 大部分이 製造 不良이 주요 原因이며(주로 관통事故)
- ○ 機械的, 電氣的 特性은 碍子를 構成하는 微細 構造組織에 의해서 決定되기 때문에 徑年試驗規格을 制·改正하여 高品質 碍子를 製作할 수 있도록 電力會社가 先導하여야 한다.

따라서 貫通事故의 근본원인은 제작불량과 설계불량이므로 사용자측에서 急峻雷 임펄스 電壓試驗을 실시하여 事故를 사전 豫防할 수 있도록 조속히 規格制定이 시급한 실정이다.

또한 長·短期 徑年劣化 事故감소를 위해서는 현재 경년시험 규격을 강화시켜서 碍子事故를 減少시켜야 한다.

〈금 언〉

신념이라는 것은 우리들이 자신의 생활과 행동을 그 위에 쌓아 올리지 않는 한 전연 아무런 값어치도 없다.

– D.카네기(미국의 기업가) –