

코로나 대전된 복합절연재료의 표면상태가 전위감쇠에 미치는 영향

The Characteristics of Potential Decay on the Corona Electrified Composite Insulating Material by Surface Condition

황명환*·정재희**·조한구***·송진호****·이덕출*****

M. W. Hwang · J. H. Chung · H. K. Cho · J. H. Song · D. C. Lee

(1996년 7월 22일 접수, 1997년 6월 10일 채택)

ABSTRACT

Especially, Fiber glass Reinforced Plastics(FRP) is the best composite insulating material which has been so far. Therefore, it's worthy of notice to investigate on the corona electrified composite insulating material by surface condition. And then some other materials will be focussed on.

In this study, charge decay were measured with charging-time and grid voltage on FRP composite material surface in order to analyze the mechanism.

As a result we have studied that the way of the composite glass fiber(GF) and Polymer and the condition of the contaminated surface was different.

In case of the GF is mixed with vertical, charge decay speed is fast because the charge is easily leaked. On the other hand, the surface charge decay speed is depend on conductive or insulated of the contaminant.

1. 서 론

에폭시수지를 매트릭스로 하는 복합재료는 에폭시 수지가 가지고 있는 특성인 높은 유리전이온도,

내습성, 우수한 전기적 및 기계적 특성, 접착성 및 유동성을 갖는다. 최근 이 에폭시수지에 여러가지 재료 즉 마이카편, 유리섬유, 또는 무기질필러를 조합해서, 필요로 하는 방향에 따라 요구되는 특성

* 국립기술품질원 전기과

** 서울산업대학 산업안전공학과

*** 한국전기연구소

**** 세종기술(주)

***** 인하대학교 전기공학과

을 가지도록 설계하여 만든 재료로서 복합에자-에관이 하중지지체용으로 고전압에서 사용되는 기회가 늘고 있다. 이는 단일재료로는 기대할 수 없는 여러 우수한 특성을 가지고 있다. 개개의 우수한 재료를 선택조합하여 만들어진 복합재료는 종합기술의 결정이며, 재료혁명의 기수로 주목되고 있다¹⁾. 그러나 이 경우 전기절연재료로서의 성질에 있어 에폭시 수지와 기재 계면의 상태가 안전에 문제가 된다. 일반적으로 계면층의 절연특성은 떨어지므로 계면에 연속하는 방향(섬유방향)과 전계방향이 이루는 각(계면각이라 칭한다)이 절연파괴특성이나 유전특성에 크게 영향을 미치고 또한 흡습상태에서는 이들 특성이 더욱 저하하는 것이 이미 여러 문헌에서 보고되고 있다^{2~4)}.

본 연구에서는 이러한 복합재료를 섬유방향 및 섬유방향과 직각방향으로 절개해서 그 표면에 코로나 방전에 의해 전하주입을 시킨후 전위감쇠 대시간특성 및 표면의 상태를 실리콘이나 염분을 처리한 시료에 대한 전위감쇠의 시간특성을 비교분석하고 표면상태의 영향을 고찰하였다.

2. 실험방법

Fig. 1은 실험장치로 침전극은 일반바늘을 사용했고, 침전극과 그리드전극 간격은 50mm, 그리드와 시료사이는 5mm로 각각 설치하였다. 코로나 대전후 각시료를 표면전위 감쇠측정프로그가 설치된 위치로 옮기고 기록계로서 감쇠특성을 측정한다. 이 모든것은 동일환경하에서 행하였다.

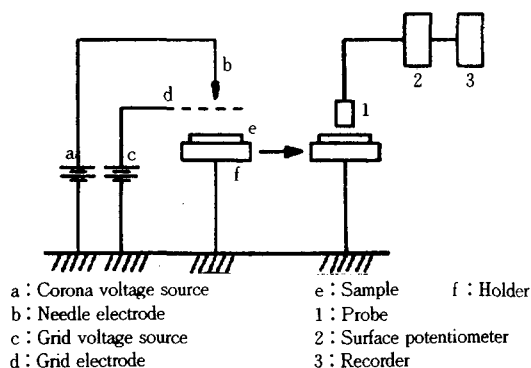


Fig. 1 Schematic diagram of experimental apparatus

코로나 방전은 그리드전압 V_g 를 먼저 인가한후

코로나 방전 개시전압 V_c 를 인가하여 시료 표면에 기중 부분방전에 의해 전하를 대전시켰다. 복합재료인 FRP시료는 일본 산업안전 연구소에서 제공받은 것으로서 GF(glass fiber)와 Polymer(epoxy)가 90°로 함유된 시료(V형시료 : vertical) 37mmφ인 원형시료(두께 5.5mm)와 0°로 함유(H형시료 : Horizontal)된 31mm×35mm, 두께 5mm의 사각형 시료이다. GF 함유율은 중량 67%이나 체적은 50%이다. 시료표면을 오염시키기 위한 NaCl 수용액은 200gr 이온 교환수에 10gr의 NaCl을 용해(용해시간 : 2시간)시켜 만들었고, 사용된 Silicon oil은 점도 20CS인 Toray Dow Coming silicon SH200 oil이다. 시료는 표면을 연마한뒤 가정용 세제로 씻은후 ion교환수를 사용해 깨끗이 씻었다.

3. 결과 및 고찰

3.1 V형 시료의 표면전위감쇠 특성

에폭시 수지를 매트릭스로한 복합절연재료에 유리섬유방향과 직각으로 절개한 시료(V형시료)에 코로나전압 $V_c = -8kV$, 그리드 전압 $V_g = -1kV$, 대전시간 $t_c = 5sec, 60sec, 180sec$ 로 대전시킨 시료

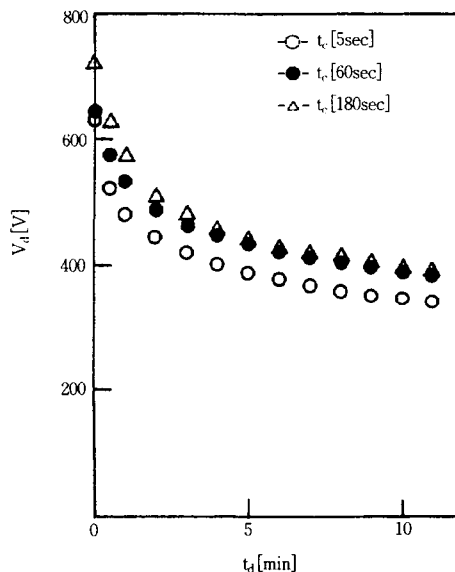


Fig. 2 The surface potential decay characteristics of the V type sample by charge time

의 전위감쇠(V_d) 특성을 Fig. 2에 나타낸다. 그리고 코로나 전압 $V_c = -8kV$, 대전시간 $t_c = 60sec$ 로 일정하고 그리드전압(V_g)을 $-1, -2, -3kV$ 로 변화시킨 시료의 전위 감쇠특성을 Fig. 3에 도시한다.

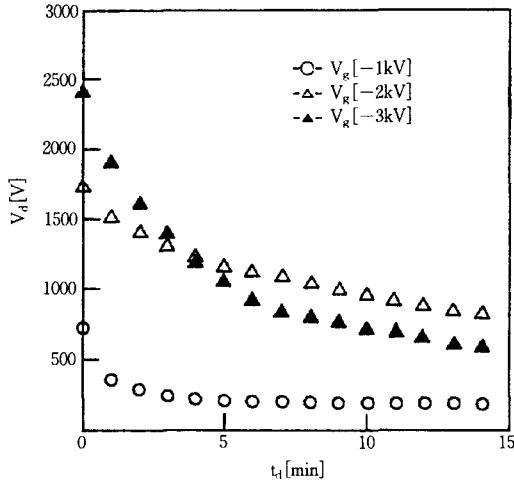


Fig. 3 The surface potential decay characteristics of the V type sample by grid voltage

일반적으로 절연물 표면에 대전된 전하는 시간의 경과와 더불어 소멸하며 그 경로는

- 1) 대기중의 방전이나 전하의 재결합에 의한 전하의 누설
- 2) 표면으로 흐르는 전하의 누설
- 3) 체적방향으로 전하의 누설 등으로 크게 나눌수 있으나 1)에 대한 것은 다른것에 반하여 거의 무시될수 있다는 家田⁵⁾의 보고가 있고, 2)에 대한 것도 연면방향의 확산이나 연면누설저항에 의한 영향이 크지않은 값으로 1)과 2)에 의한 전하의 누설은 무시되고 있으며 주로 시료의 “체적방향”이라는 경로를 통해서 소멸되는 것으로 간주할 수 있다.

Fig. 3에서 V_g 의 값이 높게 될수록 급격하게 감쇠하는 것을 알수 있는데 이것은 家田⁵⁾의 연구에 의해서 이미 보고된 바 있다.

3.2 H형 시료의 표면전위 감쇠특성

복합절연재료 FRP에 유리섬유방향과 평행으로 절개한 H형시료와 V형 시료를 비교분석하기 위하

여 실험조건을 일정하고 대전시킨 H형시료의 전위 감쇠특성을 Fig. 4와 Fig. 5에 도시하였다.

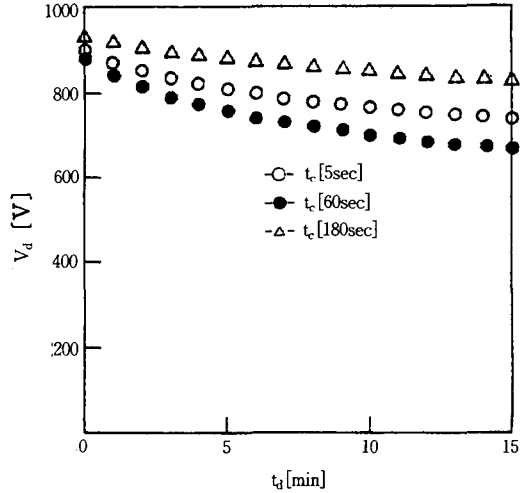


Fig. 4 The surface potential decay characteristics of the H type sample by charge time

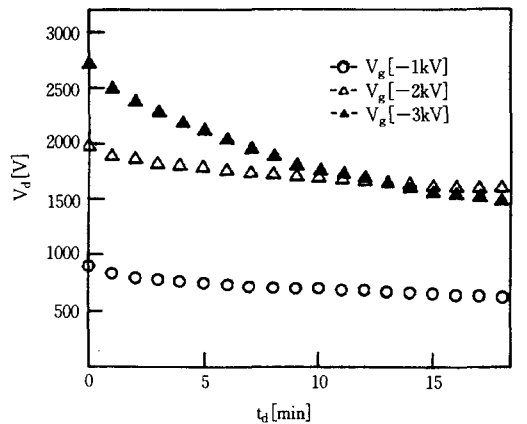


Fig. 5 The surface potential decay characteristics of the H type sample by grid voltage

여기서, 코로나 대전된 H형 시료의 표면전위 감쇠속도는 V형시료보다 늦으며 표면전위가 높게 나타난다. 이러한 결과는 도전성인 유리섬유의 방향을 염두에 둔다면 대기중이나 표면으로 전하가 누설되는 것보다는 체적방향으로 전하의 누설이 빠르다는 것을 알 수 있다.

3.3 표면상태에 따른 전위감쇠특성

3.3.1 실리콘오일도포

V형 시료표면에 Silicon oil을 도포한후 코로나 전압 $V_c = -8kV$, 그리드 전압 $V_g = -1kV$ 로 하고 대전시간 $t_c = 5sec, 60sec, 180sec$ 로 한 시료의 감쇠특성을 Fig. 6에 도시하였다.

실리콘을 도포하지 않은 시료보다 표면전위의 감쇠속도가 늦음을 알 수 있다.

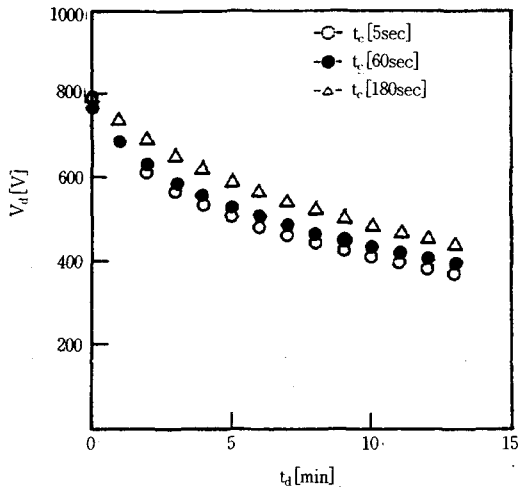


Fig. 6 The surface potential decay characteristics by charge time of the V type sample coated with silicon oil

이 결과 또한 체적방향으로의 전하누설이 어렵고 실리콘박막에 전하의 축적이 형성되고 있음을 알 수 있다.

3.3.2 염수도포

V형 시료표면에 NaCl 수를 도포한 후 건조시킨 다음 실리콘오일에서와 같은 방법으로 코로나 대전시킨 후 전위감쇠특성(V_d)은 초기에 높은 전위를 보인후 몇초뒤 모두 Zero로 뚝이 관측되었다.

3.3.3 염수+실리콘오일도포

그리고 염수를 도포한후 실리콘오일을 도포한 다음 같은 실험과정으로 V_d 를 측정한 결과 $V_g = -1kV$ 인 경우 V_d 가 150V에서 15V, $V_g = -2kV$ 인 경우 300V에서 90V로, $V_g = -3kV$ 인 경우 850V에서 140V로 감쇠하는 것이 30sec정도 짧은 시간이었으나, 염수 만의 경우보다는 감쇠가 늦은편이다.

상기의 도포방식과 역으로 V형시료에 실리콘오일을 도포한 후 다시 염수를 도포한 시료에 코로나

대전시킨후 전위감쇠 특성을 조사한 결과 염수만을 도포한 시료와 동일한 특성이 관측되었기에 실리콘 도포의 영향은 무시할 수 있었다. 그리고 glass기판만의 상부에 코로나 대전시킨 후 전위감쇠특성을 조사한즉 시료위에 염수만을 도포한 것과 같은 특성이었고 glass기판위에 실리콘오일을 도포한 후 대전시킨 것의 전위감쇠 특성도 무시할 수 있을 정도로 미소하였다. 이러한 결과로부터 표면의 상태에 따라 전하의 누설 및 축적의 현상을 추정할 수 있다.

H형 시료의 전위감쇠특성에 대한 표면상태의 영향도 V형 시료와 같은 크기로 되는 경향을 보이고 있음이 관측되었다. 그리고 V형 시료와 H형 시료에 실리콘오일을 도포한후 $V_c = -10kV$, $V_g = -3kV$, $t_c = 60sec$ 로 코로나 대전하고 30분 경과후 시료표면에 전하 분포측정 프로브를 X-Y기록계에 설치하여 PC로 영상처리하여 관측된 전하분포를 Fig. 7, Fig. 8에 도시한다. H형 시료의 경우가 표면전하의 축적이 V형시료보다 많이 되고 있음을 육안으로 볼 수 있으며 Fig. 3과 Fig. 5의 특성을 지지하고 있다.

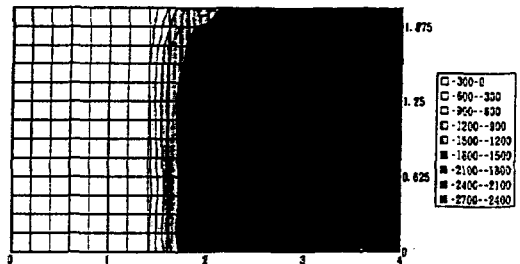


Fig. 7 Charge distribution characteristics of the H type sample coated with silicon oil

4. 결 론

본 연구에서는 자체제작한 코로나 방전장치로 기중코로나 방전을 이용하여 복합절연재료인 FRP표면에 균일하게 대전시킨후 표면전위 감쇠특성을 관측한바 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

FRP시료에서 GF와 polymer의 혼합방식과 FRP 표면의 오염상태에 따라 전위감쇠 특성이 매우 다르다.

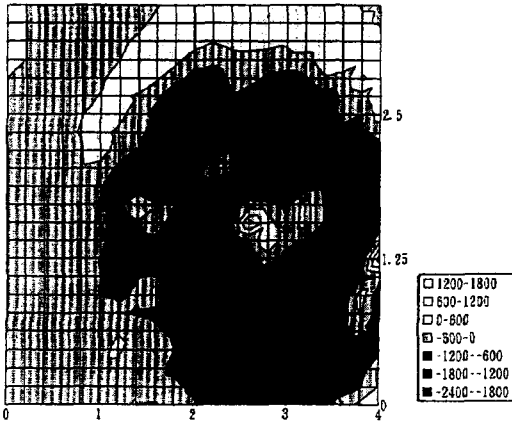


Fig. 8 Charge distribution characteristics of the V type sample coated with silicon oil

- 1) FRP의 표면전위 감쇠는 Epoxy matrix에 glass fiber의 혼입방식에 따라 다르게 나타난다. 이는 glass fiber가 도전성을 가지고 있기에 체적 방향으로 전하 누설이 용이하도록 혼입하면 감쇠가 빠르게 됨을 알 수 있다.
- 2) FRP의 표면상태가 도전성 물질로 오염되었는

가 또는 절연성 물질로 오염되었는가에 따라 표면전위감쇠 특성은 크게 변화한다. 그리고 시료표면에 절연성과 도전성을 갖는 오염성 물질이 도포되는 경우에는 도전성 물질의 성질에 따라 표면전위 감쇠속도가 의존됨을 알 수 있다.

본 연구는 1995년도 학술진흥재단 국제협력 연구과제의 지원으로 수행되었으며 관계당국에 감사드린다.

참 고 문 헌

- 1) 崔政喆, 朴翊昊, 複合材料, 半島出版社, 1990.
- 2) 市川健二, 本山建雄, 門谷建藏: 平成6年, 電氣學會全國大會, 410.
- 3) 門谷建藏: 電學論, 54-A27, Vol. 99, No. 5.
- 4) 電氣學會: 電氣絶緣材料の誘電率及び誘電正接試験法通則, JEC-6150.
- 5) 家田正之 et al, “高分子表面電荷減衰過程”, Trans. I. E. E. J. 88. 957, 1968.