

220V 가정용 콘센트에 대한 감전위험성 연구

A study on the hazard of electric shock for 220V domestic receptacles

한기봉*, 정세중, 이대종

Ki-Boong Han*, Se-Joong Jeong, Dae-Jong Lee

한국전기안전공사 전기안전시험연구원

Abstract

A children's electric shock accidents have broken out because children can easily insert sharp things in 220V receptacle holes. As the test result of pushing force, children's pushing force was about 2-4kg and the pushing force of sharp things was less than 2kg. Therefore, it is reason for electric shock that children's pushing force is large than pushing force of sharp things.

We have measured insulation resistance for the receptacles of five companies during 50 weeks in humid condition. As these results, Insulation resistance for the receptacles of J. Co. had rapidly decreased with lapse of time. As the result for investigating the surface of receptacle by SEM and EDX, Al, Fe and Br, which weren't discovered at original form, were produced. Therefore, the receptacles of J. Co. should be the improved in the quality of insulating material because insulation resistance can be decreased in humid environment

Key words(중요용어) : electric shock(전격), insulation resistance(절연저항), SEM(주사전자현미경)

EDX(에너지분광분석기)

1. 서론

오늘날 산업문명의 발달은 전기에너지의 역할이 그 무엇보다도 큰 힘으로 작용하였다 할 수 있으며, 또한 우리의 일상생활 속까지 깊숙이 자리잡은 전기는 국민의 생활수준 향상과 비례하여 그 사용량이 지속적으로 증가하고 있다. 이러한 전기에너지는 과학적인 것으로서 제어통제가 가능하기 때문에 편리하고 안전하게 사용할 수 있지만 자칫 부주의한 취급이나 잘못 사용할 경우에는 감전 또는 전기화재와 같은 대형재해로 이어지게 된다.

국내에서 발생한 최근 3년간의 감전사고 통계에 의하면 매년 1,000명 정도의 감전재해자가 발생하는 것으로 나타나고 있는데 이중 콘센트에서의 감전사고는 높은 증가율을 보이고 있다. 이러한 콘센트에 의한 감전사고 대부분은 주거시설인 가정에서 발생하며 특히 5세 이하 어린이들에게서 발생한다. 이와 같은 감전사고 원인은 콘센트의 구조적

인 문제점도 있겠지만 어린이들이 쉽게 접근할 수 있는 위치에 콘센트가 설치되어 있는 점과 항상 전원이 공급되고 있다는 문제점 등을 들 수 있다. 이에 대한 대책방안으로 여러 종류의 감전방지용 콘센트가 개발되어 시중에 유통되고 있지만 가격이 비싸다는 것과 감전위험성에 대한 인식 부족으로 실용화되고 있지 않은 실정이다. [1]

따라서 본 논문에서는 콘센트의 구조적인 문제점 분석과 개선방안 등을 제시하여 콘센트로 부터의 어린이 감전사고를 예방할 수 있도록 가정에서 쉽게 구할 수 있는 젓가락이나 송곳 같은 뾰족한 물체로 콘센트의 유형별·제작사별 꽂음압력 실험과 어린이의 최대 미는 힘을 비교 분석하고, 내습 실험장치를 구성하여 주기별 절연저항 변화상태와 절연체 표면을 주사전자현미경(SEM : Scanning Electron Microscope)을 이용하여 감전위험성을 고찰하고자 한다.

2. 실험방법

어린이 감전사고는 젓가락이나 송곳 등의 도전성 물체를 콘센트 구멍에 넣어 발생되므로 표 1의 시료로 꽂음압력실험을 실시하고 3~6세 어린이 20명에 대하여 미는힘과 누르는 힘을 측정하였다

표 1. 꽂음압력 시료

Table 1 Samples of pushing force

시료명	굵기(mm)	길이(cm)
송곳	∅3.23(끝부분 1.54mm)	13.2
못	∅2.87(끝부분 1.19mm)	6.5
전선	∅1.6	20
젓가락	∅2.77	23
철사	∅3.15	11.8

절연체는 주변의 온도나 습도에 따라 절연능력이 변화하므로 콘센트의 절연특성을 고찰하고자 내부온도 20~30℃, 습도 90% 유지하는 내습시험장치를 구성하였다. [2], [3], [4]

이 실험에 사용된 콘센트는 가정에서 널리 사용되고 있는 2P15A250V로서 그림1과 같이 전원을 투입한 것과 투입하지 않는 것으로 분류하여 목판과 아크릴판에 부착하고 내습장치에서 20주 동안의 절연저항을 측정하고 절연체 표면에 대하여 금속현미경(Metallurgical microscope, Nikon, Japan)과 주사전자현미경(SEM; JEOL JSM-6400, Japan)을 이용하여 고찰하였다.

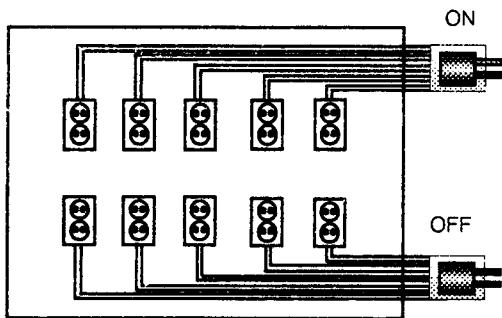


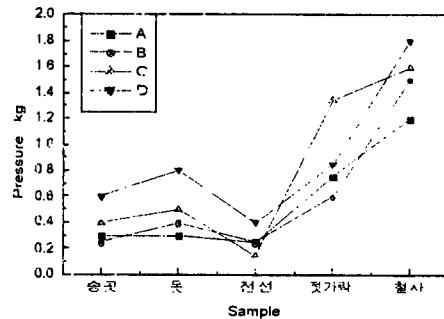
그림 1. 콘센트 설치 단면도(목판 및 아크릴판)
Fig. 1 The cling diagram of receptacles

3. 결과 및 고찰

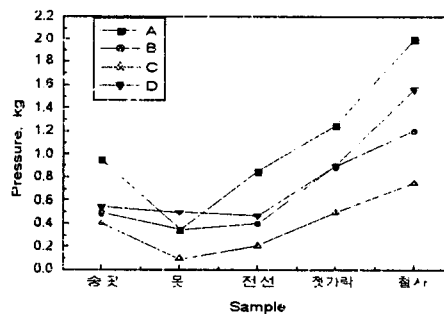
3.1 꽂음압력실험

현재 가정이나 사무실에서 전원용으로 많이 사

용되는 콘센트에 대하여 4개 제작사의 콘센트를 선정 노출형과 매입형으로 분류하여 꽂음압력실험을 실시한 결과를 그림 2에서 보이고 있다. 그림 2-(a)는 노출형 콘센트시료별·제작사별 꽂음압력 실험결과를 나타낸 것으로 시료에따라서 꽂음압력이 서로 다르게 나타났고 제작사별로도 약간의 차이가 있었다. D회사 제품은 타 회제품에 비하여 꽂음압력이 높게 나타났다. 시료별꽂음압력은 송곳 : 250~600g, 못 : 300~800g, 전선 : 150~400g, 젓가락 : 600~1350g, 철사 : 1200~1800g으로 시료의 직경크기에 따라 꽂음압력은 비례하였다.



(a) 노출형



(b) 매입형

그림 2. 시료별 꽂음압력

Fig. 2 The pushing force by samples

그림 2-(b)는 매입형 콘센트에 대해 제작사별·시료별 꽂음압력 실험결과를 나타냈는데 제작사별로는 A사 제품이 높게 나타났고 C사 제품이 비교적 낮게 나타나는 것을 볼 수 있다. 노출형 콘센트에 비하여 못과 젓가락 시료에서 낮게 나타났으며, 시료별 꽂음압력은 송곳 : 400~950g, 못 : 100~500g, 전선 : 210~850g, 젓가락 : 500~1250g, 철사 : 750~2010g으로 시료의 직경에 따라 꽂음압력이 달랐다. 3~6세 어린이 20명을 대상으로 최대

누르는 힘과 미는힘을 측정된 결과 어린이의 최대 누르는 힘은 2.5 ~4.8kg, 미는힘 2 ~3.9kg으로 나타났다. 이 실험결과 어린이의 미는힘이 시료별 콧음압력보다 크다는 것은 뾰족한 물체를 쉽게 콘센트 구멍에 넣을수 있다는 것이며 들어가 어린이 감전사고 발생원인으로 지적할 수 있다. 이의 대책으로 널리 보급이 가능한 가격이 저렴하고 견고한 감전방지용 콘센트 개발이 요구된다.

3.2 절연저항 변화상태

절연체의 절연저항 저감상태를 고찰하기 위하여 주기적으로 절연저항 변화상태를 측정된 결과 4개사의 제품은 목판과 아크릴판 모두 전원 투입여부와 관계없이 시간경과에 따른 절연저항의 변화는 장치구성 초기의 절연저항값을 그대로 유지하였으나 J사의 콘센트는 그림 3과 같이 시간경과에 따라 절연저항이 감소하였다. 20주가 경과한 후 목판, 아크릴판의 절연저항은 0.62~3.35MΩ으로 저감되어 재질측면에서 세부적인 고찰의 필요성이 요구된다.

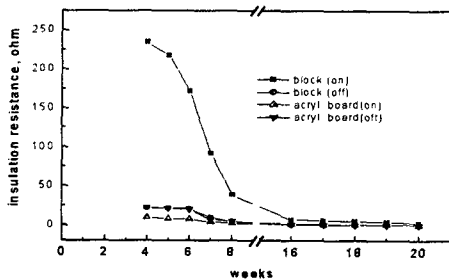


그림 3. 주별 절연저항 데이터
Fig. 3 By weekly insulation resistance data

3.3 SEM에 의한 콘센트 표면고찰

시간경과에 따라 절연저항이 저감한 J사 제품의 콘센트와 절연저항의 변화가 있었던 콘센트 표면에 대하여 사진 1의 시료부분을 SEM에 의한 고찰 결과 절연저항변화가 없었던 시료에서는 표 2와 같이 내습장치 구성전의 절연체 표면은 O, C, Na의 원소가 검출되었고 내습시험후(20주 경과)의 목판에 설치된 전원 ON상태의 콘센트에서 O, C원소가 미소하게 증가하거나 감소하였으며, 또한 Na원소가 소멸된 반면 Zn원소가 생성되었다. 전원 OFF 상태의 목판 위의 콘센트는 O, C, Na원소가 증·감하였고 Si, Al, S원소가 생성되었다.

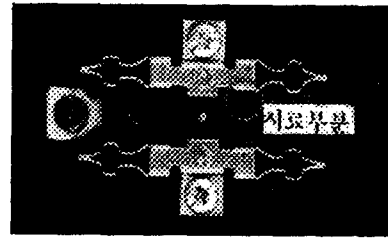


사진 1. 고찰부분
Phot. 1 The part on investigation

표 2. 정량분석 결과(절연저항 변화 없음)
Table 2 The result of quantitative analysis

[단위%]

구분 \ 성분	O	C	Si	Na	Al	S	Mo	Zn	계
초기상태	37.4	60.9	-	1.7	-	-	-	-	100
목판	ON	35.2	62.1	-	-	-	-	2.7	100
	OFF	28.9	62.6	2.9	2.7	2.1	0.8	-	100
아크릴	ON	27.7	63.4	3	2.6	2	-	1.3	100
	OFF	60.8	-	-	-	-	-	39.2	100

그리고 아크릴판에서는 전원 ON상태에서의 정량분석이 목판의 OFF상태와 비슷한 변화가 있었고 S성분 대신 새롭게 Mo원소가 생성되었는가 하면 전원 OFF상태에서는 초기상태의 원소에 비하여 O가 60.8%로 증가하였고 Zn이 39.2% 생성되었으며, C와 Na원소는 소멸된 것으로 나타났다.

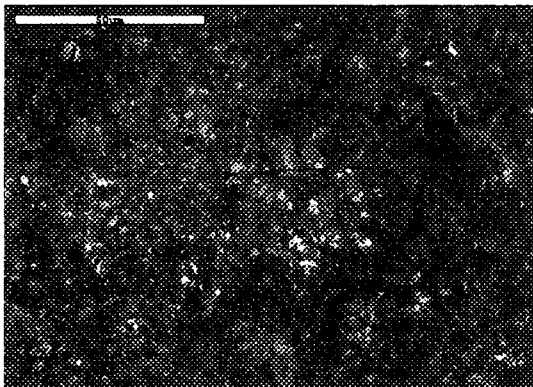
절연저항 변화가 있었던 시료에 대한 정량분석 결과는 표 3과 같이 실험장치 구성전 시료에 대한 성분이 절연저항 변화가 없었던 시료의 성분과 많은 차이가 있음을 알 수 있다. 초기상태와 비교하면 목판 전원 ON상태에서 Si 원소가 9.3%, K원소가 10.5% 증가한 반면 산소 17.5%, Ca 10.7% 감소하고 Al이 8.4% 생성되었다.

표 3. 정량분석 결과(절연저항 변화)
Table 2 The result of quantitative analysis

[단위%]

구분 \ 원소	O	Si	K	Ca	Al	Cl	Fe	Br	계
초기상태	50.7	30.6	4.3	14.4	-	-	-	-	100
목판	ON	33.2	39.9	14.8	3.7	8.4	-	-	100
	OFF	72.1	18.1	-	2.8	2.3	-	4.7	100
아크릴	ON	66.5	13.6	5.3	7.3	-	7.3	-	100
	OFF	40.5	25.9	3.3	8.6	-	6.5	6.4	100

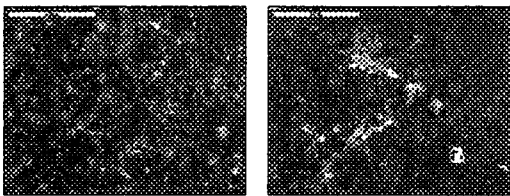
목판의 전원이 OFF상태에서는 산소가(21.4%) 증가한 반면 Si(12.5%), Ca(11.6%) 감소하면서 K가 소멸되었다. 아크릴판의 전원 ON상태에서 Cl(7.3%)이 생성되었고, OFF상태에서는 원소의 증가는 없는 반면 O(10.2%), Si(4.7%), K(1%), Ca(5.8%) 원소의 감소로 Cl(6.5%), Fe(6.4%), Br(8.8%) 원소가 생성되었다. 이러한 정량분석 결과로 절연저항 저감 요인은 합습성에 따른 Al, Fe, Br 원소가 검출되었고 콘센트 표면을 SEM에 의하여 고찰한 결과 사진 2에서와 같이 목판에서는 초기상태와 전원의 투입유무에 따라 큰 차이는 없으나 아크릴판에 부착된 전원이 투입된 상태에서 크랙(crack)현상이 많이 나타났다. 이것은 목판은 합습성이 있는 반면 아크릴판은 내습성이 있어 열화의 진행속도가 목판위에 설치된 콘센트보다 다르게 나타나고 있었다.



(a) 내습시험전 초기상태



(b) 전원ON(좌-목판, 우-아크릴판)



(c) 전원OFF(좌-목판, 우-아크릴판)

사진 2. 콘센트표면(SEM 1,000:1)

Phot. 2 SEM photographs(1,000:1)

3. 결론

꽃음접속기의 감전위험성 고찰을 위하여 꽃음접속기의 구조적인 문제점과 절연특성에 대한 실험 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 꽃음접속기의 감전사고 발생원인의 구조적인 문제점으로는 콘센트 구멍에 뾰족한 물체를 쉽게 넣을 수 있다는 것인데, 시료별 꽃음압력 실험결과에서는 2kg이하인 반면 어린이의 최대 미는 힘은 2~4kg으로 어린이의 미는 힘이 시료별 꽃음 압력보다 크기 때문에 뾰족한 물체를 쉽게 넣을수 있음을 알 수 있고 이에 대한 대책이 요구된다.
- (2) 5개 제작사의 콘센트에 대한 20주 동안의 내습 실험결과 1개사의 제품에서 절연저항이 시간 경과에 따라 감소하여 장시간 사용하면 감전위험성이 있으므로 절연체에 대한 재질개선이 요구된다.
- (3) 절연저항이 저감된 콘센트에 대하여 SEM에 의한 고찰결과 목판 및 아크릴 판에 부착된 콘센트 모두에서 내습시험후 Al, Fe, Br 원소가 생성되어 합습성에 의한 절연체의 열화로 이어짐을 확인하였다.

참고문헌

- [1] 한국전기안전공사, 전기재해통계분석 ('97, '98, '99) 한국전기안전공사, '97-'99
- [2] KS C 8305, 배선용꽃음접속기, 1992
- [3] KS C 8111, 배선기구시험방법, 1984
- [4] IEC 112, Recommended Method for Determining the Comparative Track Index of Solid Insulating Materials Under Moist Conditions, 1971 Second Edition