

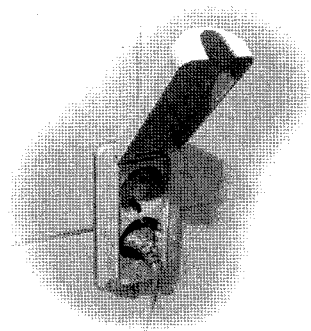
# 방수용 콘센트의 결로(結露) 방지 성능에 대한 고찰



최 중 석  
전주대학교 소방안전공학과 교수

## 1. 서론

전기 설비가 전기 에너지를 효율적으로 공급하기 위해서는 다른 시스템과의 상호 연동 및 제어가 잘 이루어져야 한다. 발전소에서 생산된 전기가 소비자까지 적절하게 배분되기 위해서는 필연적으로 접속 기구를 사용하게 되며, 대표적인 기구가 콘센트(electric outlet)이다. 콘센트는 전원의 종별에 따라 단상용(single phase)과 3상용(three phase) 등으로 나누어진다. 주택, 사무실, 교실 등에서 사용되는 대부분의 것이 단상용이고, 공장이나 공연장 등에서는 3상용을 사용한다. 그런데 콘센트가 옥외 또는 온도차가 많이 발생하는 곳에 시설되는 경우 환경적 인자인 물기 또는 습기에 의해 전극 사이에 누전 경로가 형성된다.



콘센트 내부에 누전 경로(leakage current path)가 형성되면 감전사고(electric shock), 전기 화재(electric fire) 또는 전기 설비 사고(electric installation accident) 등의 원인이 되기도 한다. 이와 같은 사고를 예방하기 위해서 방수용 콘센트(outlet)가 사용된다. 즉 콘센트의 단자 사이에 외부에서 물기가 튀기거나, 상부에서 흘러내리거나, 온도차에 의해서 누전 경로가 형성될 때 사고 예방을 목적으로 방수용 콘센트를 사용하는 것이다. 일반적으로 종래의 방수 콘센트는 플러그 핀 삽입 구멍과 전선 삽입 구멍에 방수 패킹의 재료가 고무(플라스틱)로 되어 있어서 초기에는 성능이 우수하나 반복적인 끼움과 분리가 있는 경우 방수 패킹의 플러그 핀

삽입 구멍의 주위에 주름이 형성되어 방수 기능을 상실하게 되는 단점을 갖고 있다. 또한 전선 삽입 구멍에 장착된 방수 패키지의 하측부가 개방된 상태이므로 물기가 하측으로 배수되는 구조이므로 전극 사이에 누설 전류가 흐르며, 그때 발생한 순간순간의 아크에 의해서 탄화도전로가 만들어진다. 즉 이 때 형성된 탄화도전로는 전류량을 증가시켜 발열량도 전류의 제공에 비례하는 열을 발생시켜 결국에는 화재를 유발시킨다.

따라서 본 논고에서는 옥내용 방수 콘센트의 단자 사이에 온도차에 의해 형성된 결로(結露)에 누설 전류가 흘러 트래킹이 진행되었을 때의 소손 패턴을 제시하고, 결로(結露) 방지가 가능한 콘센트의 성능 조건을 제시함으로써 전기 재해의 발생을 근원적으로 예방하는데 있다.

## 2. 콘센트 설치 기준

일반 주택에서 사용되는 콘센트의 수요 수는 실내 공간의 용도, 규모에 따라 일정하지 않다. 특히 공업용 콘센트는 그 종류에 따라 다르므로 사용자의 여건에 따라 결정할 필요가 있다. 보통의 사무실에서는 벽 쪽에 약 5m마다 1개의 비율로 설치하면 좋다. 설치 위치는 방의 용도에 따라 결정하고 설치 높이는 바닥으로부터 30cm 정도가 적합하다. 물이 닿을 우려가 있는 곳은 바닥으로부터 50~100cm 정도의 높이에 설치하는 것이 일반적이다. 콘센트는 단식보다 복식을 설치하는 것이 활용이 용이하다. 사무실 또는 은행과 같이 방의 크기가 큰 곳은 중앙부에서 전기를 사용하기 곤란하므로 바닥 면에 플로어 콘센트를 설치하던가 또는 바닥에 1.5m 간격으로 언더플로어 덕트를 이용하여 예비로 설치해 놓으면 공간의 활용에 필요한 전원을 편리하게 확보할 수 있다.

최근에는 새로운 개념의 배선 회로 일체형 조명 등기구를 이용하여 전원 공급의 유연성을 제공하고 있다. 일반적으로 사무실용 콘센트 1개당 용량은 150VA로 산정하며, 5개를 1회로로 연결하여 설치한다. 또한 대형 기구는 300VA를 1개의 용량으로 계산하며, 표 1은 KSC IEC 60884-1에 언급되어 있는 가장용 및 이와 유사한 용도의 플러그와 콘센트(제1부: 일반 요구 사항)에 대한 것으로 정격 전압과 전류를 나타낸 것이다.

〈표 1〉 콘센트의 정격 전압과 전류

| 형 식                                 | 정격전압[V]    | 정격전류[A] |
|-------------------------------------|------------|---------|
| 2P(코드 비교환형 플러그 전용)                  | 130 또는 250 | 2.5     |
| 2P(플러그 전용)                          | 130 또는 250 | 6       |
| 2P                                  | 130 또는 250 | 10      |
| 2P <sup>+</sup>                     |            | 16      |
|                                     |            | 32      |
| 2P                                  | 440        | 12      |
| 3P <sup>+</sup>                     |            | 32      |
| 3P <sup>+</sup> N <sup>+</sup>      |            |         |
| 비고) 기존 시스템의 표준값과 구성은 IEC 60083에 명시됨 |            |         |

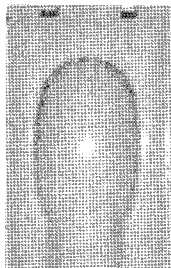


리고 콘센트는 감전 보호 등급에 따라 통상적인 보호 등급을 갖는 것과 높은 보호 등급을 갖는 것으로 분류하며, 사용 및 설치 방법에 따라 매입형, 반매입형, 패널형, 액자형, 이동형, 탁상형(단식 또는 복식), 바닥 매입형, 기구형 등으로 분류한다. 제품에 표시되는 내용은 정격 전류, 정격 전압, 전원 전압의 기호, 제조자 및 판매자명, 상표 또는 마크, 형번(카탈로그 번호도 가능) 등이다. 위험물의 접근과 고형 이물질의 침입에 따른 유해 결과에 대한 보호 등급의 첫 번째 고유 숫자가 만일 2 이상이면 두 번째 고유 숫자도 표시하여야 한다. 또한 고정형 콘센트의 구조의 주요 요구 사항은 다음과 같다.

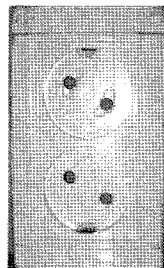
- ① 칼반이 조립품은 플러그 핀에 적절한 접촉압력을 갖도록 충분히 탄력성이 있어야 한다.
- ② 콘센트의 칼반이 핀은 부식과 마모에 견뎌야 한다.
- ③ 절연 내장재 및 격벽 등은 적절한 기계적 강도를 가져야 한다.
- ④ 콘센트는 해당 플러그를 완전히 꽂는 것이 꽂음 면의 어떠한 돌기로부터 방해받지 않도록 해야 한다.
- ⑤ 커버 핀의 삽입구에 대한 부상이 장착되었다면 그 커버를 바깥으로부터 떼어내거나 커버가 제거되었을 때 안쪽에서 부주의로 떨어져서는 안 된다.
- ⑥ 커버, 커버 플레이트 및 감전 방지를 위한 부분들은 적절한 공구를 가지고 2개 이상의 위치에 고정되어야 한다.
- ⑦ 노출형 콘센트는 일반 용도로 고정, 배선될 때 플러그 핀의 삽입구나 측면 접지극 또는 잠금장치 등과 다른 접촉 삽입구를 제외하고는 외함에 개구부가 없는 구조이어야 한다.

### 3. 콘센트의 특성 분석

〈그림 1〉(a)는 방수용 콘센트를 나타낸 것으로 상부에서 물기가 흘러내리거나 외부에서 물방울이 튀면 내부로 물기가 스며들지 못하도록 덮개가 설치되어 있다. 즉 이와 같이 덮개가 있으면 간단한 외부 물 튀김은 방호가 가능하나 내부에서 발생하는 습기 또는 물기 등에 의해서 형성되는 결로(結露)의 예방은 현실적으로 불가능한 것으로 알려져 있다. 〈그림 1〉(b)는 일반용 콘센트를 나타낸 것으로 덮개가 없어서 외부에서 튀긴 물기가 직접 칼반이(구멍)를 통해서 내부로 유입되기 쉬운 형태이며, 덮개만 없을 뿐이지 기존 방수용 콘센트와 비슷한 성능을 나타낸다.



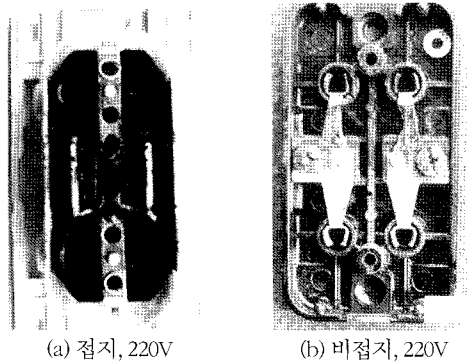
(a) 방수용 콘센트



(b) 일반용 콘센트

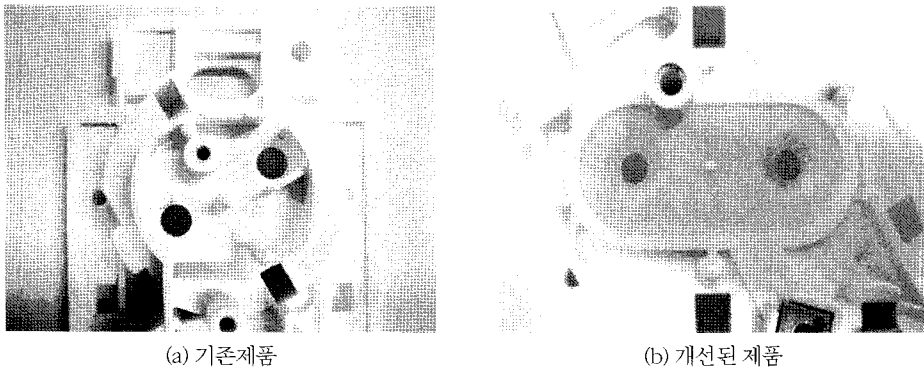
〈그림 1〉 콘센트의 외형 비교

〈그림 2〉는 콘센트의 단자 사이에 온도차에 의해 형성된 결로(結露)에 누설전류가 흘러 트래킹(tracking)이 진행되어 소손된 실체사진이다. 〈그림 2〉(a)는 접지형으로 매입 구조이며, 〈그림 2〉(b)는 비접지형으로 노출 구조이다. 금속단자 지지대인 플라스틱의 탄화 흔적이 명확히 나타났으며, 칼받이의 일부가 용융된 것으로 보아 전극 사이에 장시간 누설 전류가 흘러 탄화도전로 형성에 의한 트래킹에 의해 발생한 패턴을 보이고 있다.



〈그림 2〉 소손된 콘센트의 탄화 패턴

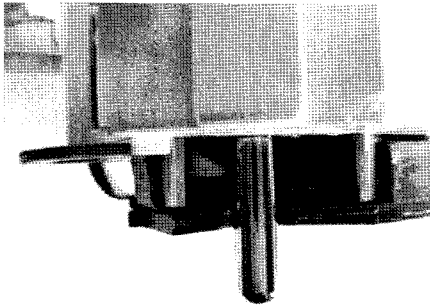
〈그림 3〉은 콘센트 플러그 지지대의 구조를 비교한 것이다. 〈그림 3〉(a)는 기존 제품의 실체 사진으로 플러그를 안전하게 유지시키는 구조로 되어 있으나 물기 또는 습기의 유입과 출입이 가능한 구조로 되어 있다. 따라서 온도차가 심한 곳 또는 습기의 발생이 심한 곳에 설치하는 경우 방수 기능을 발휘하기 어렵다. 반면에 〈그림 3〉(b)는 콘센트 단자 사이에 발생하는 결로(結露)를 완벽하게 방지할 수 있는 실리콘 층이 있는 제품(주식회사 위너스)으로 플러그가 실리콘 층을 통과하여 접속되는 구조로 설계되어 있고 이물질의 유입은 물론 방수 성능이 우수한 것을 알 수 있다.



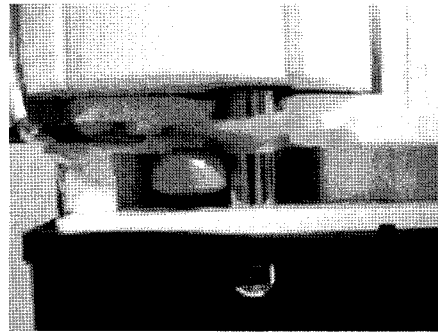
〈그림 3〉 콘센트 플러그 지지대의 구조 비교



〈그림 4〉는 콘센트에 플러그가 삽입될 때의 성능을 분석하기 위해 나타난 실체사진이다. 〈그림 4〉(a)는 기존 제품으로 플러그와 방수 차폐층의 기밀성이 형성되지 못하고 있음을 알 수 있다. 그러나 〈그림 4〉(b)는 개선된 제품(주식회사 위너스)으로 플러그가 실리콘 층을 통과할 때 기밀성이 유지되는 형태를 알 수 있다. 즉 플러그 삽입과 동시에 완벽하게 밀착되고 있으므로 외부에서 이물질의 유입이 불가능한 구조이다.



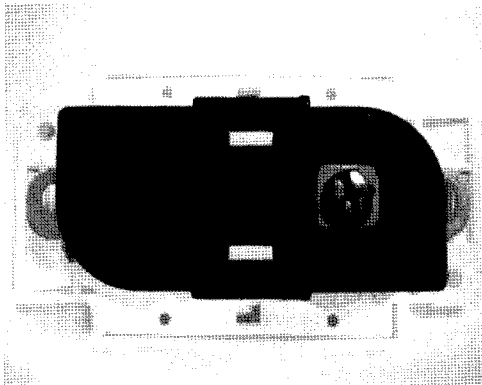
(a) 기존제품



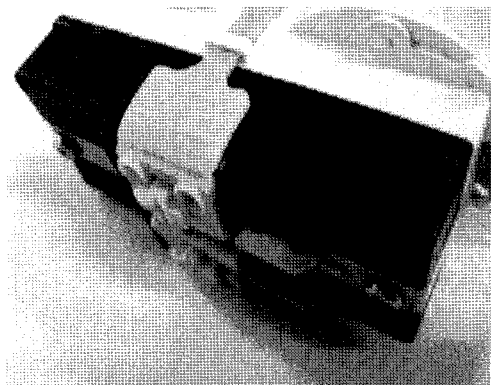
(b) 개선된 제품

〈그림 4〉 플러그와 방수 차폐층의 기밀성 비교

〈그림 5〉는 콘센트 후면의 특성을 비교한 것이다. 〈그림 5〉(a)는 기존 제품으로 전선이 삽입되는 구멍이 개방되어 있어서 방수 기능이 효과적으로 발휘할 수 어렵게 되어 있다. 또한 전면과 후면 덮개 사이의 기밀성이 적절하지 못하여 습기의 침투가 가능한 구조이다. 그러나 개선된 제품 그림 8(b)는 개선된 제품(주식회사 위너스)으로 밀폐형 구조로 제작되어 있어서 방수 기능이 우수한 것으로 확인 되었다.



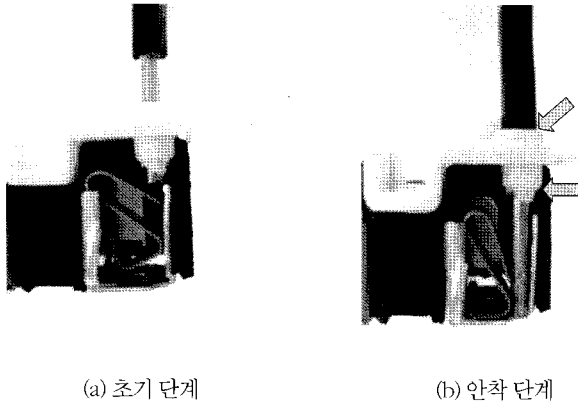
(a) 기존제품



(b) 개선된 제품

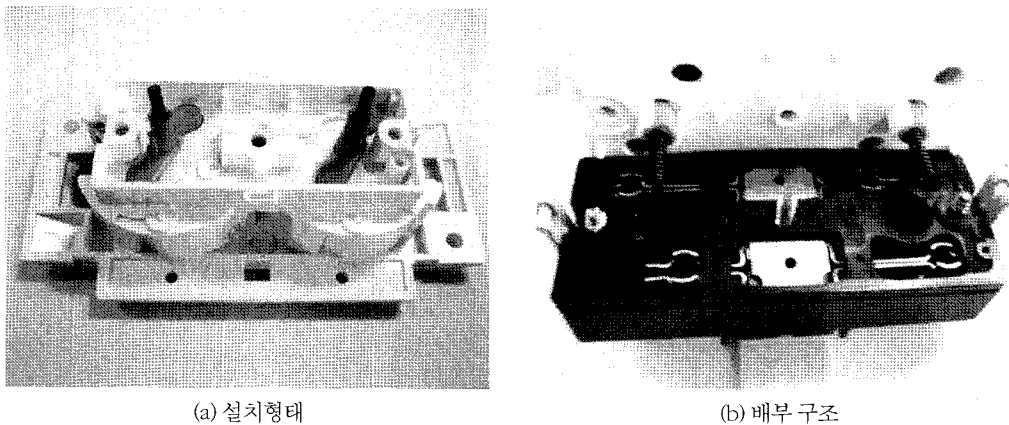
〈그림 5〉 콘센트 후면의 방수기능 비교

〈그림 6〉은 외부에서 전선이 콘센트의 후면에 접속될 때의 형태를 나타낸 실체 사진이다. 도체가 실리콘으로 제작된 방수 패키징을 통과하여 접속 구멍에 정확히 안착된 형태를 보이고 있다. 절연 피복이 실리콘 패키징과 우수하게 밀착됨으로써 물기 및 이물질의 유입이 불가능한 구조로 되어 있다. 따라서 온도 편차가 큰 외벽, 물기에 쉽게 노출되는 식당, 화장실, 세탁실, 실험실, 과학실, 강당 등에 적합한 것으로 판단된다.

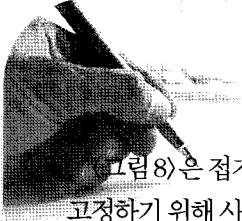


〈그림 6〉 개선된 제품의 전선 삽입 과정

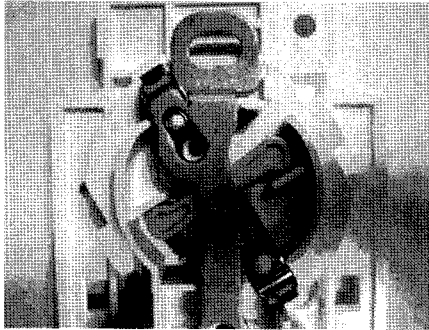
〈그림 7〉은 개선된 콘센트(주식회사 위너스)의 안전핀 설치 형태를 나타낸 것이다. 안전핀이 수직 방향으로 작동되도록 설치되어 있어서 안전핀이 좌우로 작동할 때 발생할 수 있는 혼촉 또는 이탈의 가능성이 없도록 하였다. 또한 수직 방향의 축이 안전하게 유지되도록 지지대를 일체형으로 제작하여 상부와 하부가 완벽하게 밀착되는 구조로 금형을 설계하여 제작되었다.



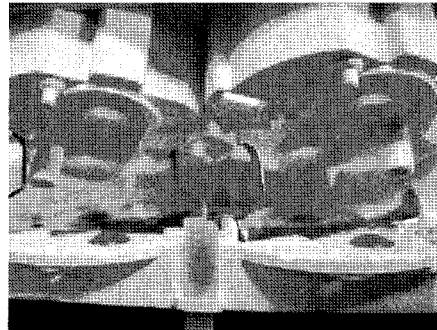
〈그림 7〉 개선된 콘센트의 안전핀 설치 형태



〈그림 8〉은 접지 단자의 설치 형태를 나타낸 것이다. 〈그림 8〉(a)는 기존 제품을 나타낸 것으로 안전편을 고정하기 위해 사용된 스프링(수평 방향 설치)이 이탈될 때 접지 단자와 접촉되어 감전사고 또는 전기화재를 유발될 수 있는 구조이다. 그러나 〈그림 8〉(b)의 개선된 제품(주식회사 위너스)은 스프링이 수직 방향으로 작동하도록 설치되어 있어서 사고를 근원적으로 예방할 수 있도록 되어 있다.



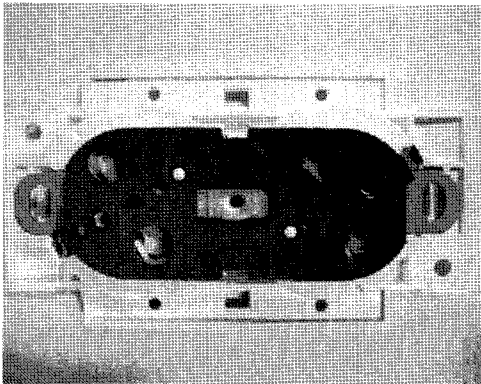
(a) 기존제품



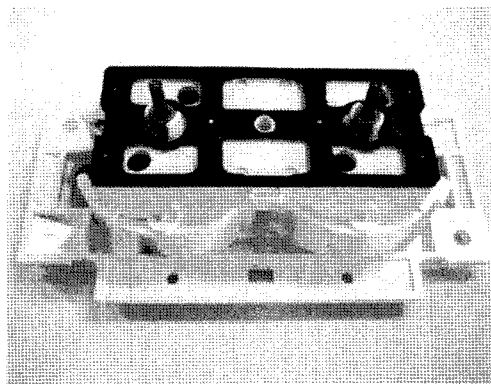
(b) 개선된 제품

〈그림 8〉 콘센트 접지 단자의 설치 형태 비교

〈그림 9〉는 개선된 콘센트의 상판과 하판의 연결부의 상태를 비교하기 위해 나타낸 실체 사진이다. 〈그림 9〉(a)의 경우 별도의 차폐 시설이 없이 단순한 체결로 되어 있어서 방수 기능이 불가능하나, 〈그림 9〉(b)의 개선된 콘센트(주식회사 위너스)는 전극 사이와 충간을 각각 차폐할 수 있는 구조의 얇은 판을 설치하여 이 물질의 유입과 누설 전류의 경로 형성이 불가능한 구조로 설계되어 있어서 온도차가 심한 곳에서 발생되는 습기 또는 물기 등도 적절하게 방수할 수 있음을 알 수 있다.



(a) 기존제품



(b) 개선된 제품

〈그림 9〉 콘센트 상부와 하부의 연결 형태 비교

#### 4. 결론

본 논고에서는 옥내용 방수 콘센트의 단자 사이에 온도차에 의해 형성된 결로(結露)에 누설전류가 흘러 트래킹이 진행되었을 때의 소손 패턴을 제시하고, 결로(結露) 방지가 가능한 콘센트의 성능 조건을 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- (1) 주택에 사용되는 매입형 콘센트에 이물질이 유입되어 소손되면 단자의 일부가 용융될 뿐만 아니라 출화의 가능성도 있는 것을 알 수 있다.
- (2) 기존 제품의 콘센트는 건조한 상태에서의 기능 구현은 양호하나 물기 또는 습기의 유입으로 감전 및 화재 사고가 발생할 가능성이 높다. 그러나 개선된 제품은 플러그가 실리콘 층을 통과하며 접속되는 구조를 가지고 있어서 이물질의 유입 방지 및 방수 성능이 우수했다.
- (3) 기존 제품의 전선 삽입 구멍은 개방되어 있어서 방수 기능의 발현이 어려운 구조이다. 또한 전면과 후면 덮개 사이의 기밀성이 충분하지 못하여 습기의 침투가 가능하다. 그러나 개선된 제품은 밀폐형 구조로 되어 있어서 방수 기능이 우수한 것이 확인 되었다.
- (4) 개선된 콘센트의 안전핀은 수직 방향으로 작동되도록 설치되어 있어서 안전핀이 좌우로 작동할 때 발생할 수 있는 혼촉 또는 이탈의 가능성이 없어서 제품의 불량 발생이 적고 안전하게 사용할 수 있음을 알 수 있다.
- (6) 개선된 방수 콘센트를 온도 편차가 큰 외벽, 물기에 쉽게 노출되는 식당, 화장실, 세탁실, 실험실, 과학실, 강당 등에 사용하면 감전사고 또는 전기 재해 등의 예방에 우수한 특성이 있음이 확인되었다.

