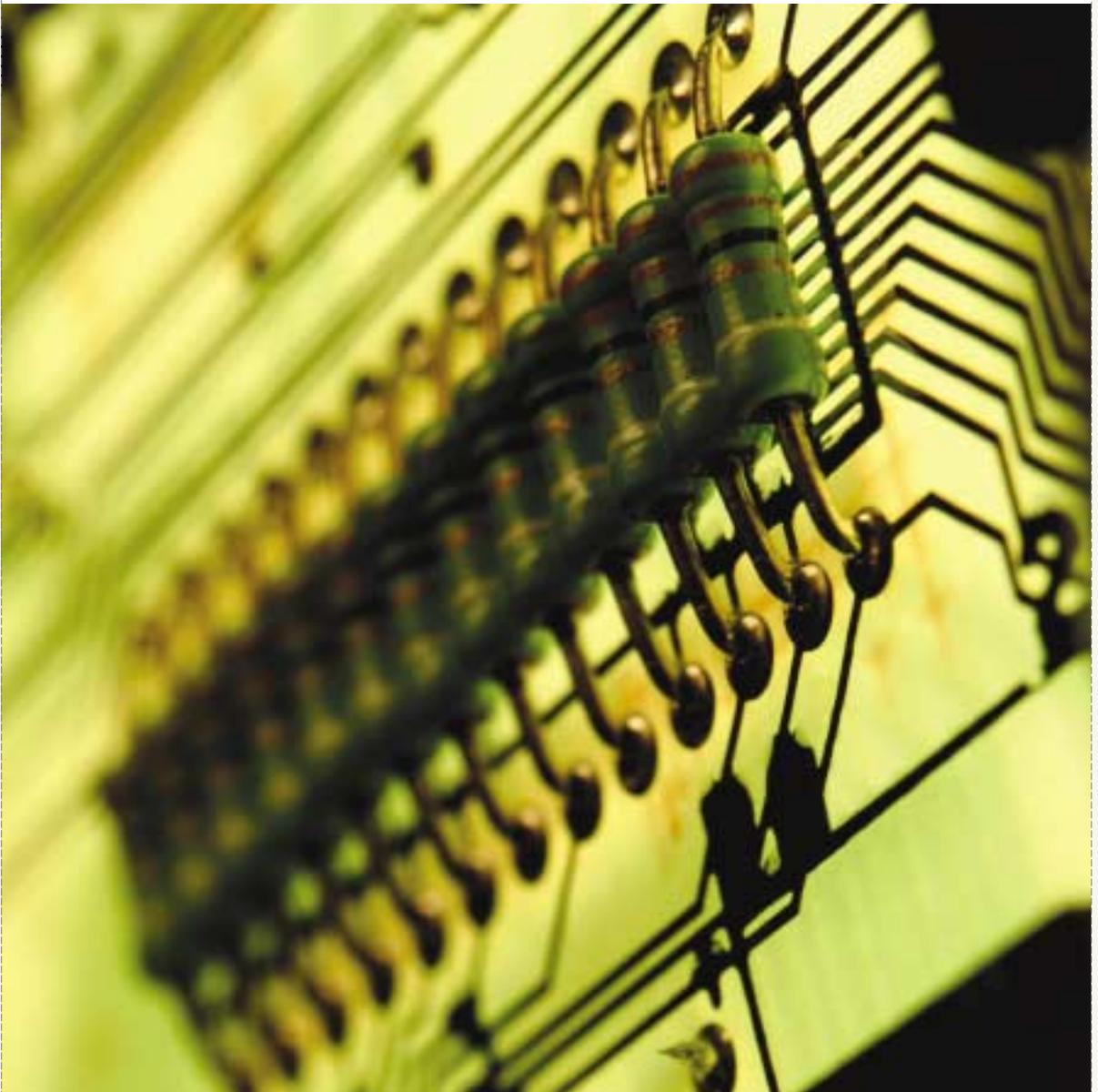


금속제 가요전선관 내의 전선 소손에 의한 화재사고 해석

글 | 최충석 한국전기안전공사 전기안전연구원 재해예방연구그룹장, 공학박사



1. 머리말

전기설비를 안전하게 사용하기 위해서는 시설의 사용 목적 및 대상에 따라 전문가가 적합한 공사 방법을 적용하여 시설하는 것이 요구되며, 사용자의 설비 또는 기기의 특성을 고려한 운용 및 사용이 전기사고의 발생을 최소화할 수 있다.

일반적으로 옥내에 시설되는 전기설비 공사의 종류는 금속관공사·합성수지관공사·합성수지제 가요전선관공사·금속제 가요전선관공사·케이블공사·접지공사·전선접속과 가선공사·인입선공사·기기공사 등 다양한 형태의 공사가 있으며 각각의 기능이 잘 발휘되도록 융합되어 있을 경우 우리들은 안전한 전기를 사용하게 된다. 이들 중에서 가요전선관 공사는 공사의 유연성과 시공의 편리성이 우수하여 비교적 짧은 곡선 구간의 공사에 많이 사용되며, 재질에 따라 합성수지제와 금속제로 나눈다.

금속제 가요전선관공사는 관 그 자체가 가요성을 가지고 있으므로 굴곡 개소가 많을 때나, 전동기와 금속관 사이·계장용 배관·인테리어 배선 등에 쓰면 편리하다. 또한 관의 나사 만들거나 굽힘 작업이 필요가 없으므로 시공이 편리하다. 가요전선관의 종류는 제1종 금속 가요전선관과 제2종 금속 가요전선관이 있다. 제2종 가요전선관은 제1종 가요전선관에 비해서 기계적 강도 및 내수성 등이 우수하기 때문에 현장에서는 제2종 가요전선관이 주로 사용된다.

따라서 본 고에서는 실내 인테리어 변경 공사에 사용된 제1종 금속제 가요전선관공사에 시설된 전선 피복의 일부가 소손되어 발생한 화재에 대해서 사고 발생 과정을 규명하고, 유사 사고 예방을 위한 자료를 제공하고자 한다.



2. 가요관공사의 장점과 단점

가. 합성수지제 가요전선관공사

(1) 장점

- 가요성이 우수하므로 굽힘 작업이 우수하다.
- 절단이 용이하고, 나사내기 작업이 불필요하다.
- 길이가 길기 때문에 접속 개소가 적다.
- 가볍기 때문에 운반이 용이하고 보관 공간도 작다.
- 내식성, 내구성이 우수하다.
- 비자성체이기 때문에 전자력에 의한 불평형 우려가 없다.
- 관의 내측이 파형으로 되어 있어서 통선이 용이하다.
- 비도전체이므로 임피던스 본딩이 불필요하다.
- 작업자의 촉감이 좋고, 소음이 적다.

(2) 단점

- 간단하게 굽혀지기 때문에 굽힘 부분이 많아지기 쉽다.
- 콘크리트 타설 시에 찌그러질 우려가 있다.
- 중량물에 의해 변형될 가능성이 높다.
- 관의 내측이 파형이므로 물이 들어가면 빠지지 않는다.
- 박스와 기기의 접지가 필요한 개소에는 접지선이 필요하다.
- 합성수지제이기 때문에 열적 스트레스에 취약하다.
- 불연 및 난연 성능이 우수하지 못하여 사용이 제한된다.

나. 금속제 가요전선관공사의 특징

- 합성수지제 가요전선관과 같이 굽힘성이 우수하다.
- 공사 중에 발생하는 굽힘 개소는 그대로의 형상을 유지하는 성질이 있다.
- 한 권의 길이가 장척이며, 필요한 치수만 어디에서 잘라도 사용이 가능하다.
- 무게가 가벼워 이동이 쉽고, 시공의 편리성이 우수하다.
- 나사내기와 절단부의 마무리 가공이 불필요하다.
- 제2종의 경우 내식성 및 내수성 등이 우수하다.

3. 화재 패턴 및 조직 분석

가. 개요

경기도 ○○시 ○○구 호프집의 실내 인테리어 교체 공사를 마무리하고 영업을 개시하여 사용하던 사업장에서 19시 30분경 화재가 발생한 사고로 인명 피해는 물론 건물 소손이 심하게 발생하였다.

화재는 종업원이 출입구 계단에서 연기가 발생하는 것을 최초로 발견하고 진압을 시도하였으나 진압에 실패하였다. 최초 발견자는 손님들과 종업원들에게 화재가 발생했음을 큰소리로 외쳤으나 살내가 매우 시끄럽고 어수선한 상황이었던바 적절한 조치는 되지 못한 것으로 진술되었다.



〈사진 1〉 연결 계단의 소손 패턴

나. 소손 패턴

〈사진 1〉은 화재가 최초 목격된 현장의 연소 패턴으로 계단의 중심부에서 화재가 상부로 진행된 특성을 보이고 있다. 그러나 바닥의 탄화 심도의 형성이 없고 계단 손잡이의 중간 부분에서 상부로 탄화의 흔적이 있는 것으로 보아 계단은 천장에서 소각된 가연물에 의해 소각된 것으로 판단된다.

〈사진 2〉는 연결 계단의 바닥에서 수거된 금속제 가요전선관의 실제 사진으로 심하게 탄화되었으며, 인테리어에 사용된 우레탄 소재의 고분자 화합물로 확인되었다. 또한, 현장 조사에서 유류 또는 가스 등에 의한 방화의 흔적은 발견할 수 없었다.



〈사진 2〉 소각된 가요전선관



〈사진 3〉 수거한 분전반

〈사진 3〉은 호프집에 설치된 분전반을 나타낸 것이다. 주차단기는 배선용차단기(MCCB)이며, 조작 핸들은 중립 상태(trip)에 위치하였다. 차단기의 작동 손잡이가 중립에 위치하였다는 것은 어떠한 이유인지는 알 수 없으나, 전기는 공급되고 있었음을 의미한다. 그리고 각각의 분기에 설치된 누전차단기(RCD)는 모두 개방(off)된 상태에 위치했음을 확인할 수 있었으나 누전에 의한 것인지 평상시 개방(off)으로 작동시켰는지는 정확히 판정할 수 없었다. 그러나 사용자의 진술과 손

● 화재 원인 조사 실무 ●

금속제 가요전선관 내의 전선 소손에 의한 화재사고 해석

님들의 증언을 통해서 호프집에서 전기가 사용된 근거로 선로를 분석한 결과 누전차단기는 사고에 의해 개방(off)되었음을 알 수 있었다.

다. 금속 조직 분석

〈사진 4〉는 호프집에 설치된 형광등의 안정기와 전선을 수거한 것으로 심하게 탄화되었다. 〈사진 4〉 A 부분의 금속 조직을 분석한 결과 일반 화염에 의해 전선 조직이 커진 특징을 확인할 수 있었다(사진 5 참조).



〈사진 4〉 안정기와 전선



〈사진 5〉 사진 A의 금속 조직

〈사진 6〉은 현장에서 수거된 금속제 가요전선관과 용융된 전선을 나타낸 것이다. 〈사진 7〉은 전선관 속에서 수거한 탄화물을 테스트로 저항을 측정한 결과 22[Ω]으로 측정된 것으로 보아 내부에서 트래킹에 의한 탄화가 있었던 것으로 판단된다.



〈사진 6〉 전선관과 용융 전선



〈사진 7〉 탄화물의 저항 측정

〈사진 8〉은 〈사진 6〉의 G 부분의 실제 사진을 나타낸 것이다. 용융된 전선의 표면은 불규칙한 특성을 보이거나 어떤 원인에 의해 용융되었는지 확인하기 위해서는 단면 구조를 분석하면 가능할 것이다.

〈사진 9〉는 〈사진 8〉의 금속 단면 사진을 나타낸 것으로 결정 입자가 구리 전선 본래의 특성이 아니고 일부 규칙성을 가지는 입자의 특성을 보이고 있는 것으로 보아 용융과 재결합의 과정에 전기가 흐르고 있었음을 알 수 있다.



〈사진 8〉 사진 6의 G 부분 사진



〈사진 9〉 사진 8의 금속 단면

〈사진 10〉은 현장에서 수거한 전선을 나타낸 것으로 각각의 표시 부분이 용융된 특성을 보이고 있다. 용융된 부분이 화재 열에 의한 것인지, 전기적인 요인에 의한 것인지 확인하기 위해 단면 구조를 분석할 필요가 있다. 〈사진 11〉은 〈사진 10〉의 I부분의 금속 조직 단면 사진을 나타낸 것이다.

조직의 특성 분석에서 전선은 화재 열에 의해 단지 입자의 크기가 커진 것을 알 수 있고, 다른 부분의 용융 전선에서도 같은 특성을 나타냈다.



〈사진 10〉 현장에서 수거한 전선



〈사진 11〉 사진 10의 I부분 조직

4. 맺음말

가. 화재 소손 패턴

화재 현장의 연소 패턴에서 계단의 중심부에서 화재가 상부로 진행된 특성을 보였으며, 바닥에서 탄화 심



도의 형성이 없고 계단 손잡이의 중간 부분에서 상부로 탄화의 흔적이 있는 것으로 보아 화재는 천장에서 소각된 가연물에 의해 소손된 것으로 판단된다.

나. 차단기의 작동 상태

배선용차단기는 조작핸들의 위치가 모두 중립상태로, 화재 전 투입상태에서 화재중 합선 또는 누전 등의 현상으로 과전류가 흘러서 트립된 것으로 판단된다.

누전차단기는 모두 개방된 상태로 화재 전에 투입된 상태였는지를 확인할 수 없으며, 전기적 원인에 의한 개방(off) 여부도 단언할 수 없으나 호프집은 전기가 정상적으로 공급된 것으로 확인되었다.

다. 형광등 안정기의 특성

형광등 안정기는 화재로 인해 소손되었으며, 인출선 및 내부 코일에서 발화 및 용융된 흔적이 나타나지 않았다. 인출선 및 내부 코일 4개소의 금속 조직을 분석한 결과 일반 화염에 의해 입자가 커진 조직으로 확인되었다.

라. 전선관 내부 탄화물의 저항

천장에서 수거한 금속제 가요전선관 중 내부 전선 피복에서 탄화도전료가 형성되었으며, 전선과 금속제 가요전선관이 용착되어 있고 2개소의 금속 조직을 분석한 결과 트래킹이 진행된 것을 확인할 수 있었다.

마. 용융 전선의 단면 특성

6개소의 전선 금속 조직을 분석한 결과 일반 화염에 의해 변형된 조직과 입자가 커진 조직이 나타났으며, 특이한 조직 변화는 발견할 수 없었다.

이상의 결과를 종합하면 화재는 금속제 가요전선관에 전선을 포설할 때 무리하게 전선을 잡아당기며 공사가 진행되어 절연 피복의 일부가 벗겨져 도체와 금속관 사이에 누전이 형성됨과 동시에 지속적인 트래킹(tracking)이 발생하여 화재가 발생한 것으로 판단된다. 따라서 이와 같은 화재를 예방하기 위해서는 전선에 무리한 힘을 가하는 공사가 되지 않도록 주의가 요구되며, 지나친 굴곡이 생기는 공사는 중간에 접속함을 설치하여 전선의 피복 손상이 없도록 하는 것이 필요하다. ⚡