

# 전기사고 사례와

## 이에 대한 대책

(4)

### 9. 인입선과 간선의 결선 작업중 사다리 위에서 감전

#### 가. 사고발생 개요

이 사고는 아파트의 전력수요가 증가되어 간선교체공사를 하던 중 발생한 감전사고이다.

피해자는 교체작업을 완료한 후 인입선과 간선의 결선작업을 하기 위하여 안전모와 반팔상의 그리고 긴 바지에 안전대를 착용하고 운동화를 신은 상태에서 길이 20cm의 뺨찌를 가지고 철재 사다리(길이 6.15m)를 벽에 지지시킨 다음 지상에서 약 7m 높이의 전주 위에 올라갔다(그림 1).

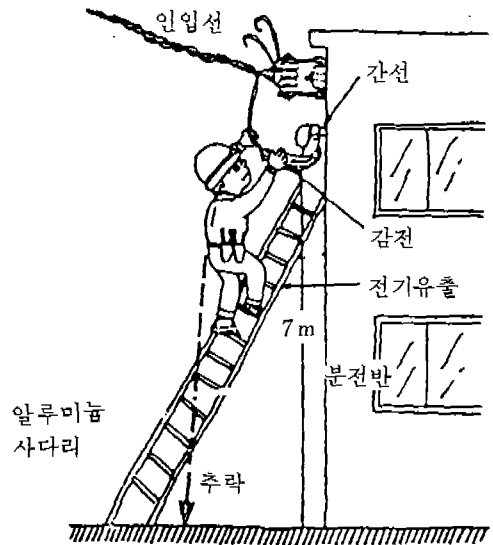
단상 3선식 인입선의 한 선을 간선과 결선시키고 다음 선을 연결하던 도중에 잘못하여 손목 부근이 활선에 접촉되면서 손목-팔-흉부-복부-다리-철재사다리로 통전회로가 구성되어 감전으로 인해 사망한 사고이다.

#### 나. 사고원인 및 방지대책

이 사고는 땀으로 인해 피해자의 표피저항이 상당히 저하되었음에도 불구하고 간선전압 100V에 대해 안전의식이 결여되어 절연용 보호구나 방구를 전혀 장착하지 않은 상태에서 작업을 한

것이 그 직접적인 원인이라고 할 수 있으며 땀을 많이 흘리는 계절에 흔히 발생하는 안전의식의 결여에 의한 재해의 대표적인 사례이다.

따라서 여름철, 또는 땀을 많이 흘리게 되거나 다습한 작업환경 하에서 전기공사를 할 때에는 평상시에는 미약한 전압이나 전류에 대해서도 감전되어 사망할 경우가 있기 때문에 반드시 절연용 보호구를 착용하거나 절연용 방구를 설치해야 하며 안전한 작업환경을 조성해야 한다.



〈그림 1〉

## 10. 개폐기 보수작업시 부주의로 인한 화상

### 가. 사고발생 개요

이 사고는 도로포장용 원료를 제조하는 사업장에서 발생한 단락으로 인한 화재사고이다.

전동기 전원개폐기의 퓨즈를 교체하기 위하여 개폐기를 내려 전원을 차단시켜 놓고 파손된 퓨즈를 제거한 다음 새 퓨즈를 삽입하여 드라이버로 고정나사를 조이면 중 과열음과 함께 발생한 스파크로 인하여 근로자는 안면과 양팔에 1개월간의 치료를 요하는 화상을 당했으며 3p 60A의 커버 나이프 스위치 1개가 소손되었다.

### 나. 사고원인 및 방지대책

이 사고는 고정나사를 조이기 위해 드라이버를 사용하면 중 부주의에 의해 개폐기의 양쪽 칼날 부분과 드라이버가 동시에 접촉하여 단락상태가 된 것이 그 원인이라 할 수 있다.

이와 같은 사고는 퓨즈 교체작업중 조그마한 부주의로 인해 발생한 단락사고이지만 작업전 작업을 요하는 개폐기는 물론 주개폐기도 차단시키면 부주의에 의한 사고는 방지할 수 있다.

또한 퓨즈 교체작업중에 발생하는 사고를 방지하기 위해서는 퓨즈가 필요없는 노퓨즈 브레이커를 사용해야 한다.

## 11. 가배선 접속작업에서 신호착오로 감전

### 가. 사고발생 개요

이 사고는 기계공장 사무실의 신축공장에서 공업용 동력권상기(動力捲上機)를 설치하기 위한 전기배선중 발생한 감전사고로서, 피해자는 권상기측의 전선접속작업을 하고 있었으며, 또 한 명의 근로자는 피해자로부터 약 25m 정도의 잘 보이지 않는 위치에 설치되어 있는 배전반에서 전원측에 전선 접속작업을 담당, 5분동안 전

원 스위치와의 전선접속을 마치고 피해자쪽에 작업완료 연락이 올 때까지 대기하고 있었다.

잠시 후에 피해자 쪽에서 들려 온 소리를 전원투입 신호로 잘못 알고 배선 선로를 통전시켰으나 그때 피해자는 권상기용 모터의 리드선 접속작업을 계속하고 있었기 때문에 불의의 통전에 의해 감전되어 사망하였다.

### 나. 사고원인과 방지대책

이 사고는 두 근로자가 상당히 이격된 거리에서 동일배선상의 전원측과 부하측의 작업을 분담하여야 함에도 불구하고 상호 작업진행상태의 연락과 확인에 소홀한 것이 그 직접적인 원인이었다.

이와 유사한 경우로 전기회로를 변경하거나 전기설비의 내압시험(耐压試驗) 등의 정전공사 등에서도 전원조작측과 부하측의 상호 연락이 불충분하여 불의의 통전에 의하여 감전재해를 일으킨 예도 있었다. 따라서 이러한 종류의 재해를 방지하기 위해서는 우선 상호연락을 확실하게 해야 한다.

즉, 작업 착수전에 분담에 대해 작업의 내용, 범위, 순서 및 소요시간 등 구체적인 시공 요령을 상대방에게 알려 주어야 하며 특히 작업의 진행상태를 확실히 연락하기 위해서는 신호방법과 확인방법을 결정하여 숙지할 필요가 있다.

또한 부하측의 작업종료 여부와 각 근로자가 감전이나 위험범위를 벗어났는지, 혹은 절연처리 등 공사결과와 적정여부를 확인한 후 정전선로를 통전시키는 등 전원관리를 철저히 해야 하며 서로 잘 보이지 않는 위치에서 작업할 경우는 작업지휘자를 임명하여 작업진행상태의 파악이나 통전시의 안전상태 등을 확인하게 하여야 한다.

## 12. 저압 작업중 노출부위 접촉사고

### 가. 일반사항

(1) 일 시 : '87. 7. 20(월) 19:30경

(2) 장 소 : 주상 220V 인입선 (충북 청주시)

(3) 재해자 : 전공 (남23세, 사망)

### 나. 사고내용

신규 수용공사에 따른 인입선을 저압선에 연결하기 위해 재해자가 승주하여 암타이 밴드에 다리를 지지하고 먼저 인입 케치를 연결하고 저압간선의 잠바선에 인입선을 연결하고 비닐 테이프로 테이핑 하던 중 테이프 위로 뚫고 나온 바인드 끝부분에 왼손이 접촉함과 동시에 오른 팔이 케치에 접촉, 감전되었다 (그림 2).

복장 : 반소매 티셔츠 차림 (무더위 : 29도)

인입선 : OW 22

### 다. 안전교육 실적

○'87. 2. 6 제 2종 전기공사업체 종사자교육

-참석업체수 : 42개 업체 (재해자 소속업체 참석)

-참석자수 : 110명

-교육내용 : 사고사례의 내선과 제작교재

○'87. 6. 17 관내 전기공사업체 교육

-참석업체수 : 53개 업체 (재해자 소속업체

참석)

-참석자수 : 101명

-교육내용 : 전기안전 일반, 앗차사례, 사고사례, 설계기준 등

○'87. 7. 29 내선시공업체 간담회 실시

-참석업체수 : 53개 업체

-참석자수 : 83명

-교육내용 : 사고사례, 안전장구사용법 등

### 라. 문제점

○인입선 권선접속 불량

○저압 경시

○복장 불량

### 마. 예방대책

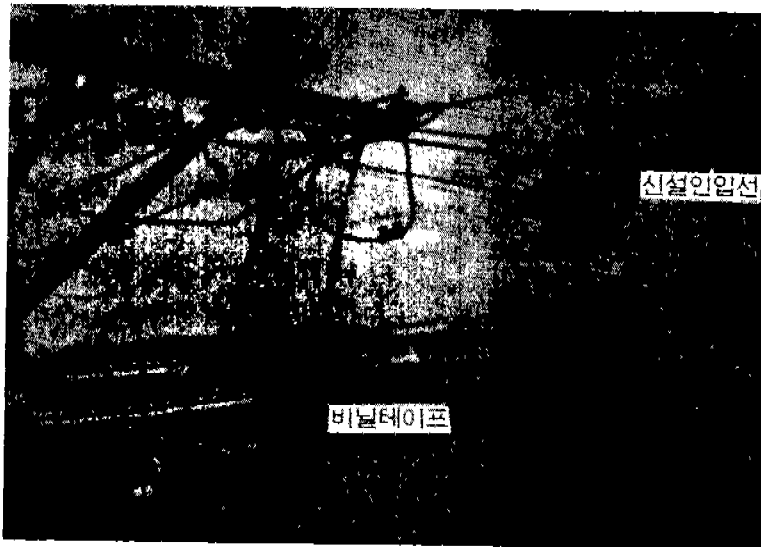
○저압작업시 저압고무장갑 착용

○도급업체 종사자에 대한 안전교육

○신체가 노출되지 않도록 작업복 착용

## 13. 수증기로 인한 만수경보

어느 호텔 수용가로부터 「고가(高架)수조의 만



〈그림 2〉

수경보가 계속 올리고」 있다는 전화를 받고 급히 갔다. 사장으로부터 자세한 상황을 들어 본즉 2~3일전부터 만수경보가 때때로 작동하고 있다는 것이다.

출입하는 수도업자에게서 점검을 받았으나 물의 순환계통에는 이상이 없다는 것이다. 물론 고가수조는 만수로 되어 있지도 않으므로 원인을 알 수 없어 연락을 하였다고 한다. 곧 액면(液面) 릴레이를 점검하였으나 이상은 발견되지 않았다. 다음에 고가수조에 올라가 맨홀에서 내부를 살펴보니 수조안이 울퉁불퉁한 곳이 조금 있었지만 수증기가 가득 차 있는 것 같았다. 수위검출기를 자세히 살펴보니 전극봉을 부착시켜 놓은 보지기(保持器)에 물방울이 대롱대롱 맺혀 있었다. 이것이구나 하고 생각되어 마른 형질으로 물방울을 닦아내자 만수경보는 금방 멈추었다(그림 3).

수증기의 낫곳은 장난으로 수위검출기의 전극이 단락(短絡) 상태로 되어 있었던 것이다.

그런데 왜 수조 안에 수증기가 들어 왔을까? 배관계통을 조사하여 보니 고가수조 옆에 보일러의 팽창 탱크가 설치되어 있어 이 탱크의 온수 오버 플로(Over flow) 배수관과 고가수조의 오버 플로 배수관이 서로 만나는 곳에서 연결되고 있었다. 그 때문에 온수의 수증기가 고가수조의 배수관을 통하여 고가수조에 들어오게 된 것이다. 때때로 이 팽창 탱크에는 만수경보를 부착하여 두지 않기 때문에 온수가 오버 플로하여

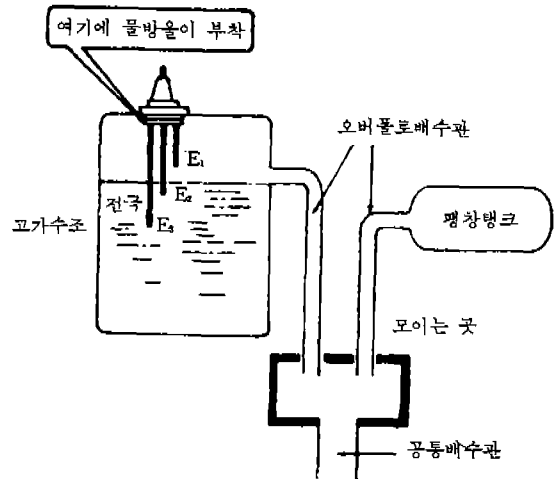
흘러나왔기 때문에 이번과 같은 사고가 생긴 것이다.

#### 가. 수초(水草)의 발생에 의한 트러블

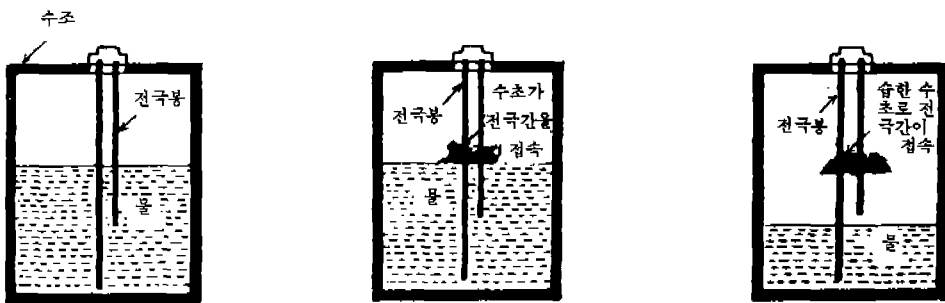
시간의 경과에 의해 수조 내에 수초가 번식, 전극간에 접속되는 일이 있다(그림 4). 그렇게 되면 수조의 수위가 저하되어도 습한 수초가 전극간을 접속한 상태로 되어 흡사 물이 충만하여 있는 것처럼 오동작하여 최악의 경우는 수조의 물이 완전히 비어 버리는 일이 있다.

### 14. 집음방지용 콘덴서에서 화재발생

조명기구의 주류로 되어 있는 형광등에서의



(그림 3)



(a) 수초가 부착하지 않았을 때

(b) 수초가 무성한 경우

(c) 수초에 의해 전극간이 접속

(그림 4) 플로트래스식의 전극에 수초가 부착

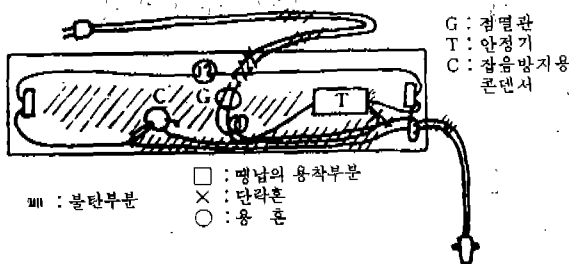
발화는 과거에도 몇번 발생하였으나 그 원인의 대부분은 안정기나 역률개선훈 콘덴서가 노후되어 발열, 발화한 것이다. 그런데 시내 모 주택에서 안정기가 역률개선훈 콘덴서 이외의 원인으로 형광등에서 발화된 사례가 있어 그 개요를 소개한다.

### 가. 화재 개요

이 형광등은 약 10년 전에 구입한 1등용(정격 100V, 역률 60%, 주파수 60Hz, 소비전력 10W)으로, 그림 5에 나타낸 것과 같이 형광등 안에서 발화되어 있었다. 안정기는 표면이 타버렸기 때문에 권선의 과열, 층간단락 흔적도 알 수 없었고, 또 역률개선훈 콘덴서는 설치되어 있지 않았으며 리드선에 단락 흔적이 있었으나 흔적이 비교적 거칠고 광택이 없는 것으로 미루어 2차적으로 발생한 것이라고 생각되어졌다.

잡음방지용 콘덴서의 리드선 접속부에 용흔(溶痕)이 발견됨과 동시에 약 4cm 길이에 걸쳐 뱀납의 용착이 발견되었다. 이 때문에 잡음방지용 콘덴서(세라믹콘덴서)를 자세히 살펴 보았더니 절연용 도료가 리드선 접속부에 덮는 부근이 소손되어 있고 당행 도료를 벗기면 그림6에 나타난 것 같이 은전극(銀電極) 용융을 알 수 있었다. 또한 반대면의 절연용 도료, 은전극, 리드선 접속부분은 변색, 용융 등의 이상이 없었다.

2차적으로 변색, 용융이 되었다면 양면(兩面)에 걸쳐 나타나는데 한쪽 면에만 나타나 있었으므로 1차적으로 발생한 것임을 알 수 있었다.



### 나. 발화원인

이상의 상황에 의해 이번 발화의 원인은 잡음용방지용 콘덴서의 은전극과 리드선의 접속이 완전하지 않았기 때문에 발생한 스파크로 리드선의 비닐 피복에 착화된 것이라고 판단되었다.

### 다. 대책

잡음방지용 콘덴서는 각종 전기제품에 사용되고 있으므로 제조시, 조립시 또는 설치 중에 접속부를 파손하여 접속불량을 일으키지 않도록 충분히 유의하여야겠다.

## 15. 금속관 끝에서 발화

### 가. 금속관에서의 발화

현재 전기배선의 외상 보호 등을 위하여 금속관(또는 경질 비닐 전선관)을 많이 사용하고 있다. 금속관 배선의 시공시 주의할 사항으로서는 전류감소계수의 적용, 점적물의 적용, 관 끝부분에 전선피복 손상 방지용 부싱의 시공 등이 중요하다. 이러한 착안사항을 고려하지 않고 시공하면 전선의 과열, 피복손상을 일으켜 감전사고 또는 화재를 일으키게 되는 수가 있다.

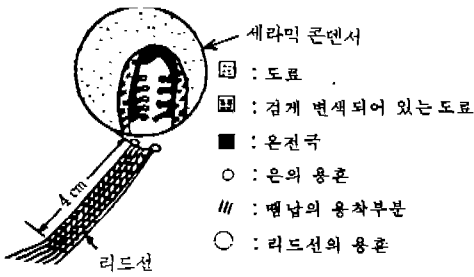
얼마전 모 원면 가공공장에서 부싱을 시공하지 않은 금속관 끝부분의 전기배선으로부터 화재가 일어난 사례가 있어 이를 소개하고자 한다.

### 나. 화재의 개요

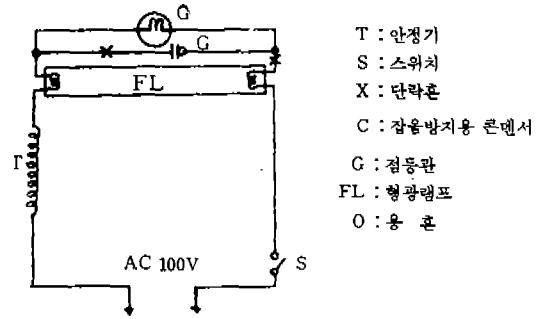
한 종업원이 혼타면기(원면을 가공하는 첫번째 공정) 내부에 쌓여 있는 원면을 꺼내는 작업을 하다가 바로 옆에 있는 배선을 건드렸을 때 금속관 끝 부근에서 전기합선이 일어나 스파크에 의한 열이 원면에 착화되어 화재로 이어졌다.

배선은 비닐 외장 케이블(3심)로 되어 있고, 금속관 끝부분의 심선 2선이 단선되어 녹아 있고, 금속관 끝에 동질의 용접물이 부착되어 있는 것이 발견되었다.

### 다. 배선공사



〈그림 6〉 콘덴서의 볼탄 부분 그림



〈그림 7〉 전기회로도

배선은 그림 8 과 같이 금속관(약 15년전 시공)에서 나와서 위쪽으로 올라가 전동기(3상 3선식, 380V)에 연결되어 있었고, 올라가는 배선의 바로 옆에 원면을 꺼내는 구멍이 있었는데 월 수회 정도 원면을 꺼내는 작업을 할 때마다 바로 옆의 배선을 건드리게 되는 상황이었다.

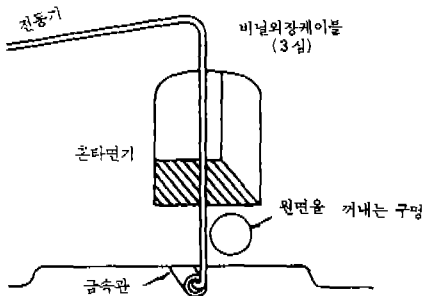
#### 라. 대책

이번 화재는 종업원이 직접 현장에 있었기 때문에 초기 진압을 하여 큰 피해는 없었으나 ① 금속관 끝에는 꼭 부싱을 부착하고, ② 전선을 작업자가 쉽게 건드리지 않는 곳에 시설토록 하는 것이 통감되는 사례였다.

### 16. 이동용 투광기 철대에 감전 사망

#### 가. 사고내용

건설 중인 아파트의 지하 물탱크 약 300평의



〈그림 8〉 배선상황도

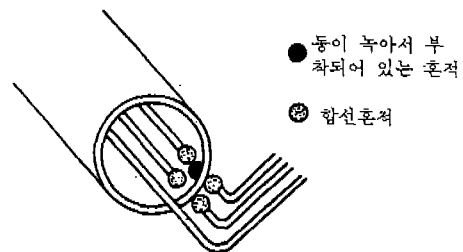
방수작업을 실시하기 위하여 사고자의 동료직원이 임의로 펌프실 분전반에서 분기하여 200V 이동용 투광기를 설치하고 자리를 비운 사이 지하물 탱크에 들어온 사고자는 방수작업을 위하여 투광기를 옮기다 투광기 인출선 피복 손상으로 인한 외함 및 고정용 철대의 충전전압에 감전 사망한 사고이다.

#### 나. 사고원인

- ① 투광기 리드선 인출구에 전선 피복손상을 방지하기 위한 고무 패킹을 미 설치한 점.
- ② 전기상식이 없는 자가 임의로 배선한 점.
- ③ 물기 있는 장소의 기계기구 설치 전선로에는 누전차단기를 설치하여야 함에도 누전차단기를 미부착한 점.

#### 다. 재발 방지대책

- ① 불량기계, 기구, 사용금지



〈그림 9〉 금속결부분

- ② 유자격자에 의한 전기공사 시공
- ③ 물기있는 장소의 기계기구 전선로에 반드시 누전차단기 시설

## 17. 주의환경을 둘러보는 것도 사고 예방

9월 초순의 어느날 오후 5시경부터 시내에 천둥 번개가 심하게 몰아쳐 여기 저기에서 낙뢰로 인한 정전이 일어났다. 이때 도시의 수원지에서 근거리 배전선의 낙뢰에 의해 정전이 되었다. 전기가 다시 들어 온 다음 곧 송수 펌프를 가동하려 하였으나 가동되지 않아 5시 50분경에 출동요청이 왔다.

급히 현장에 달려가 조사를 하였더니 1호~3호 송수 펌프반 가운데 2호 송수 펌프반의 과부하 표시 램프가 점등되어 있고 3E 릴레이가 동작되어 있었다. 릴레이를 복귀시키고 기동시켜 보았더니 순조로와 전기적인 이상은 없었다. 그런데 송수압력이 전혀 올라가지 않는다. 진공 펌프 등도 점검해 보았으나 이상이 없다. 방법이 없으므로 이번에는 고장 표시 램프가 점등되어 있지 않았던 3호 송수 펌프의 기동을 시도하였지만 역시 수압은 올라가지 않았다. 여기저기를 점검하고 예상되는 개소는 모두 조사하였으나 원인을 알 수 없고 어떻게 할 방법이 없어 조금 머리를 식혀야겠다고 생각하고 펌프실에서 한발짝 밖으로 나가다 깜짝 놀랐다.

이곳으로 급히 올 때는 다른 쪽 입구로 들어왔기 때문에 주의를 기울이지 않았는데 펌프실 입구 바로 앞 5m 부근의 아스팔트로 포장된 곳에 1m 정도의 균열이 생겨 그 주위 3~4m에 걸쳐 아스팔트가 부풀어 올라 있었다.

수원지 직원도 그곳이 송수관 경로이기 때문에 놀랐는데 천둥번개가 심할 때 밖을 한번 보았더니 탁류(비에 의한 탁류라고 생각하였음)였다는 것이다. 혹시나 수도관이 파열된 것이 아닐까하고 생각되어 곧 상수도과장에게 연락을 하였다. 이 수원지는 넓은 지역에 송수를 하고 있

어 다른 수원지에 급수용원을 요청하더라도 배수량(配水量)의 형편상 늦은 밤이 되어야만 그 쪽에서 송수할 수밖에 없으므로 급히 공사업자의 수배를 의뢰하여 오후 8시경 복구를 시작하였다고 한다.

다음날 아침 수원지에 전화를 걸어 복구 상황을 물었더니 예상한대로 송수관(직경 40cm)이 파열되어 있어 오전 0시에 복구를 완료하여 무사히 송수할 수 있었다 한다.

송수관이 파열된 것은 벼락에 의한 정전후 몇 번의 기동으로 배관내의 수도물의 유속이 급격히 변화되어 수격작용(Water-Hammer) 현상을 일으킨 것이라고 생각된다. 사고나 트러블에 직면하여 원인이 좀처럼 파악되지 않을 때는 자칫 하면 초조해지기 쉬운데 이런 경우에는 숨을 한번 돌리는 것이 그만큼 여유를 갖게 되어 중요하다는 것을 통감한 사고였다.

## 18. 트러블의 원인은 엉뚱한 곳이었다

어느 철공소에서 일이다.

수전설비는 이상이 없었고, 저압설비를 점검하기 위하여 공장내를 순회하고 있을 때 한 종업원이 이 프레스기에서 일을 하면 이따금 찌릿 찌릿하고 전기가 온다는 것이었다.

곧 연락책임자와 같이 프레스기의 전동기 회로(3상 220V)와 제어회로(단상 100V)의 절연저항을 측정하고 이곳 저곳을 살펴 보았으나 아무런 이상도 발견할 수가 없었다.

퇴근시간이 가까와져서 연락책임자에게 전체적인 점검결과를 알려 주고 사무실로 돌아왔으나 그 종업원의 말이 아무래도 마음에 걸렸다. 혹시 감전사고라도 일어나지 않을까 하고...

이튿날 아침 동료 한사람에게 용원을 청하여 그 철공소를 다시 찾아갔다. 연락책임자의 협조를 얻어 프레스기의 3상 220V 분전반 이후 주회로와 제어회로에 중점을 두고 살살이 살펴 보았으나 이번에도 아무런 이상이 발견되지 않았다. 그 종업원이 거짓말을 하지는 않았을 텐데...

이리저리 궁리하여 보다가 어제 그 종업원이 프레스기를 사용중에 찌릿찌릿 했었다는 말이 생각이 나서 이번에는 가동중의 상태에서 점검해 보기로 하였다.

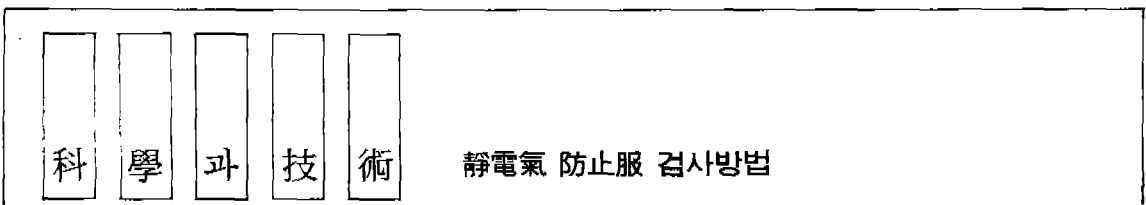
그 프레스기는 콘크리트 위에 고정 설치되어 있고 접지선이 풀어져 있었으므로 별도로 접지봉을 박아서 접지선을 연결시켜 놓고 동료직원에게 옥상에 있는 변압기의 2차측 접지선에 흑크롬미터를 걸어 놓고 접지전류를 감시하도록 하면서 작업자에게 프레스기를 가동시키도록 하였다. 프레스기의 옥중한 쇠덩어리가 몇번인가 아래로 내려왔다가 다시 올라갔을 때 옥상으로부터 동료직원의 목소리가 들려왔다. 밖으로 뛰어나와 알아보니 조금전에 300mA 정도의 접지전류가 순간적으로 흐르다가 다시 0으로 되돌아왔다는 것이다.

다시 공장안으로 들어와서 프레스기를 가동시켜 보니 프레스기 가동 암이 최대 높이로 올라

갔을 때 천정쪽으로부터 불꽃이 약간 일어나는 것 같았다. 순간적으로 형광등의 위쪽 천정을 바라보니 옆전물로 보내는 동력 케이블(3φ 220V) 2가닥(회선)이 가설되어 있었다. 자세히 살펴 보니 프레스기의 최상부의 안전가동 암(길이 1m 정도)의 끝이 케이블에 닿아서 피복은 물론 절연층까지 손상시켜 심선이 노출될 정도로 오랜 기간동안 닳아져 있었다. 그래서 암이 닿는 순간 기계를 통하여 누전되어 작업자가 놀랐던 것이다.

만일 작업자가 맨발로 작업을 하였거나 발밑에 물기가 많았다라면 감전사고가 일어나기에 안성맞춤인 조건이었다.

트러블의 원인은 평상시 전혀 예기치 못했던 장소로부터 발생하는 경우가 있다. 이번에도 프레스기와 관련되는 배선만을 보고 그만두었거나 단순히 정전 탓이었겠지 하고 단념했다라면 훗날 언젠가 인명사고가 일어났을 것이다.



**정**전기 방지 보호복을 시험하기 위해 영국에서 개발한 새로운 방법이, 마이크로-일렉트로닉스(超小型電子技術) 산업 및 그밖의 산업의 표준이 될지도 모른다.

하이텍 산업에서 정정실(淸淨室) 제조가 급증함에 따라, 섬유의 입자를 분리시키지 않는 정전기 방지복의 필요성이 극적으로 증대하게 되었다. 미국에서만도, 마이크로-일렉트로닉스 산업은, 조립 중에 제품을 손상시키는 정전기의 위험에 대처하기 위해, 1년에 2억 5,000만파운드(3,570억원)이상 지출하고 있는 실정이다.

갖 도입된 새로운 시험 및 평가 서비스는, 잉글랜드 서북부 맨체스터에 본부를 둔 영국 섬유기술그룹(BTTG)이 개발한 기술의 결과로 생긴 것인데, 이 그룹은 세계에서 가장 큰 독립 섬유연구 및 개발기관이다.

BTTG의 정전학부 부장 노먼 윌슨 박사는 설명했다. "우리

기술의 성공은, 섬유의 전통적인 시험방법에서, 전체 직물의 질을 들여다보는 쪽으로 이동한 데서 온 것이다."

정전기 방지기능에 대한 재래식 평가방법은, 주로 표면저항에 중점이 주어진다. BTTG가 확립한 처리방법은, 특질적으로 정전기 방지 성질을 제공해 주는 전도성 단섬유(單纖維)의 패턴을 평가하는 것이 아니라, 직물의 전하(電荷)/소실(消失) 시험법이다. BTTG는 전하 소실 시험법의 유효성이 장차 기업에서의 관련 표준으로서 채택되기를 희망하고 있다.

BTTG는 또 연구비 20만파운드(2억 8,560만원)를 들여서, 전기적으로 불활성(不活性) 직물에 대한 연구계획에 착수한다고 발표했다. 이 구상은 영국통산부와, 유럽 최대의 작업복지 생산업체인 Klopman International과 같은 섬유회사의 후원을 받고 있다.