

화재 사례 해석을 위한 전기다리미 소훼흔 실험

경기지방경찰청 형사과 과학수사계 문용수, 서문 수철

요 약

을 살펴보기로 한다.

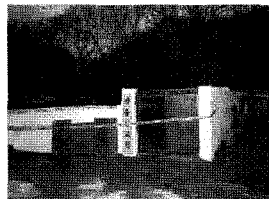
본 실험은 화재현장에서 발견된 소훼된 전기다리미 내부 바이메탈 스위치 접점이 꺼짐 상태로 식별되는 경우와 다리미에 접촉된 바닥재가 소실 상태로 발견되는 경우의 과열 출화흔을 확인키 위해 조건별 A, B, C로 구분하여 실험한 결과 사용중인 전기 다리미를 면셔츠 위에 1시간 정도 방치한 정도로는 자체 과열 발화할 가능성은 희박한 것으로 판단되었고, 내부 안전장치(바이메탈 스위치, 온도휴즈 등)를 제거하여 자체과열 시킨 다리미의 경우 외부 화염으로 소훼시킨 다리미에 비해 발열선 주변과 발열판 바닥이 심하게 용융된 특징점을 발견하였으나, 실험의 조건상 바닥재 탄화소실 정도에 대한 과열 특징점은 명확히 구분치 못하였다.

제1장 실험개요

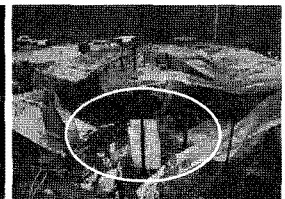
본 실험은 먼저 화재 사례를 소개 후 현장에서 흔히 발견되는 전기다리미의 내부 구조, 동작 상태 등을 설명하였고, 소개된 사례를 바탕으로 실험 조건을 부여하여 다리미의 사용여부에 따른 다리미 잔해 및 장판재 소훼흔에 대한 감식·감정상의 특징점을 정립코자 전기다리미의 조건별 소훼 실험을 통한 탄화 상태 등

제2장 화재사례

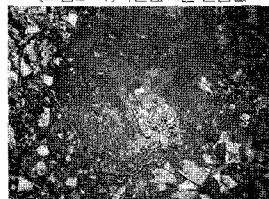
2005. 3. 4. 05:00경 경기도 안양시 만안구 석수동 소재 바울선교원(비인가 시설) 화재 발생, 단층 약 300여평의 건물(블럭벽, 양철 지붕)이 완전 붕괴 상태로, 붕괴 및 소훼 형태 관찰로는 특정 발화부를 축소할 수 없는 현장으로 판단되어 최초 화염을 목격한 여러명의 목격자 상대 현장 구두 진술을 청취하여 발화 구획을 일부분으로 축소하였으며, 축소된 발화부를 발굴하는 과정에 방내부 바닥에서 전기다리미 잔해가 발견됨.



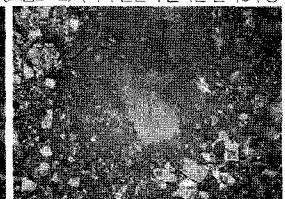
[그림2-1] 바울선교원 출입문



[그림2-2] 목격자 진술이 일치한 발화구 추정부분

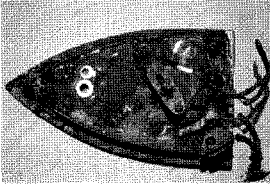


[그림2-3] 전기다리미가 발견된 상태

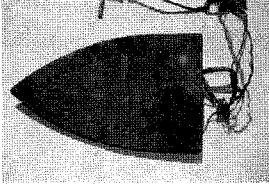


[그림2-4] 바닥재 소실 상태

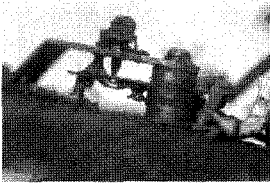
발화 추정 부분 바닥에서 발견된 전기다리미 잔해의 전원 플러그는 콘센트에 삽입되어 있지 않은 노출된 상태로 발견되었으며, 전기다리미 잔해의 육안 관찰로는 통전 및 사용여부를 판단할 수 없었으나, 전기다리미를 수거한 다리미의 바닥 면과 접촉된 면적의 바닥재가 소실 상태로 관찰됨.



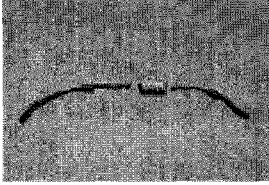
[그림2-5]수거한 다리미 상태



[그림2-6]다리미 발열판 바닥 상태



[그림2-7]바이메탈 스위치 O점접이
꺼짐 위치로 식별



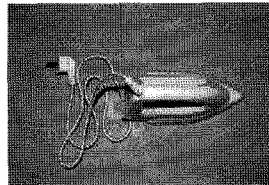
[그림2-8]온도퓨즈 성형극판
소실 상태

현장에서 수거한 다리미를 정밀 관찰한 결과 바이메탈 접점은 꺼짐 상태로 관찰되며, 온도조절다이얼은 꺼짐/켜지(저온)/켜짐(고온) 위치를 정확히 파악할 수 없으나, 꺼짐 또는 켜짐(저온) 주변의 위치인 것으로 추정되며, 내부 온도퓨즈는 성형 접점 극판이 완전 소실되었고, 다리미 바닥은 용융흔이 전혀 없는 불완전 연소 생성물인 그을음이 다량 부착되어 있음.

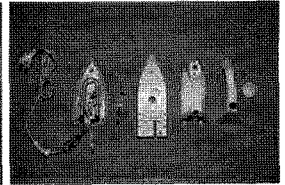
이상의 현장 상황과 발화부의 수거물인 다리미를 관찰한 결과 다리미의 내부 바이메탈 스위치는 꺼짐 상태로 관찰되나, 다리미가 발견된 바닥재가 다리미와 접촉되어 있던 면만 소실 상태로 발견되어 다리미의 출화 가능성에 대한 판단이 불가능했던 현장임.

제3장 전기 다리미 구조

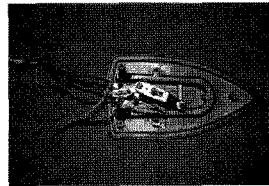
전기다리미는 매우 단순한 구조로 온도조절용 회전식 스위치를 돌려 작동하는 구조로, 내부 바이메탈 접점을 연결시켜 발열선이 가열되고, 적정 온도 이상 상승하면, 바이메탈 스위치가 꺼짐과 켜짐을 반복하면서 온도를 유지하나, 2차적인 안전 장치로 온도 상승에 대비하여 발열판에 부착된 온도퓨즈(250℃, 250V, 10A)를 통하여 전원선이 연결된 구조임.



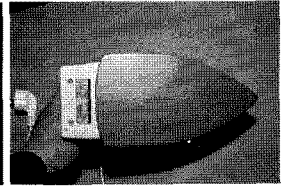
[그림3-1]실험용 전기 다리미 외형



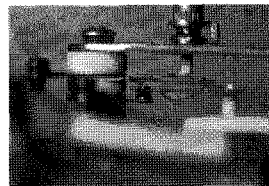
[그림3-2]다리미 분해



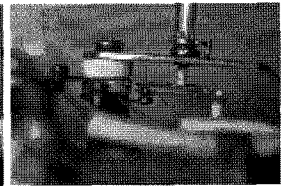
[그림3-3]다리미 분해 내부



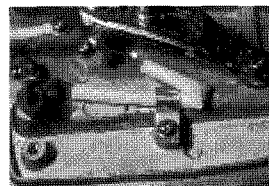
[그림3-4]다리미 발열판 하단



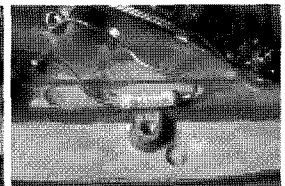
[그림3-5]켜짐 상태
바이메탈 접점



[그림3-6]꺼짐 상태
바이메탈 접점



[그림3-7]발열판에 부착된 온도퓨즈



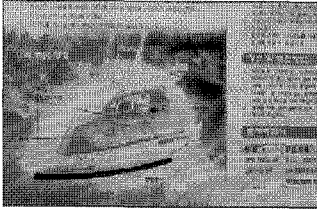
[그림3-8]불연재를 제거한 온도퓨즈

1) 열팽창 계수가 높은 금속과 낮은 금속을 합쳐서 하나의 판으로 만든 것으로 전열 기구에 가장 많이 사용되는 온도 조절 장치이다.

2) thermal fuse 퓨즈의 일종으로 전류에 의해 용단하는 것이 아니고, 규정값 이상의 온도에 의해 용단되는 소자임.

제4장 실험조건

사례를 바탕으로 장판재 위에 면서츠를 을 놓고 A, B, C조건별로 전기다리미를 구분하여 실험을 실시하였음.



[그림4-1]제품설명서에 표시된 각 부위 명칭

· 실험조건

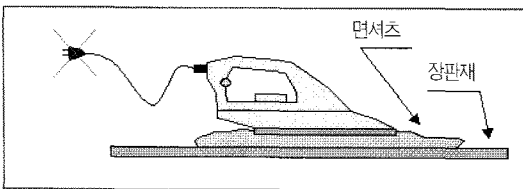
조건별 실험 전 실험용 전기다리미의 온도조절다이얼을 고온 위치에서 온도 측정 후 다음 A, B, C 3가지 조건으로 장판재와 면서츠 위에 놓인 전기다리미를 연소 실험 실시

A조건 : 장판과 면서츠 위에 전원을 인가하지 않은 전기다리미를 놓고 외부 화염으로 완전 연소 시킴.

B조건 : 장판과 면서츠 위에 전원을 인가하여 온도 조절 다이얼을 켜짐(고온) 위치에서 1시간 동안 방치함.

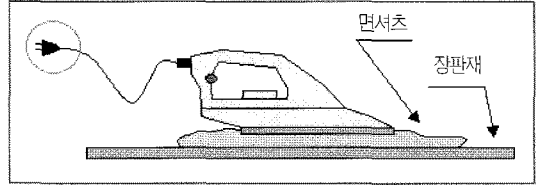
C조건 : 장판과 면서츠 위에 전기다리미의 외함 케이스와 바이메탈 스위치, 온도퓨즈를 제거 후 히터 단자에 전원선을 직접 연결 후 착화 시점까지 방치,

착화 시점에 전원을 차단, 종이류 가연물(두루마리 휴지)을 다리미 상단에서 낙하시켜 A조건과 같이 충분히 다리미와 면서츠, 장판재를 연소시킴.

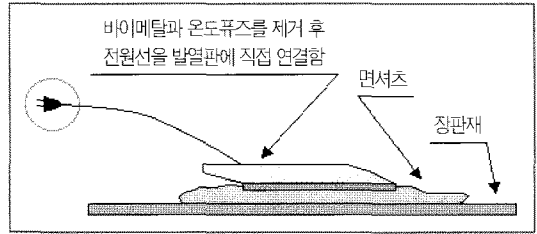


[그림4-1] A조건 실험 그림

- 실험용 전기다리미 제원
 제품명 : 듀-프렉스 전기다리미
 모델명 : DP-702N
 제조국 : 중국(양일상사 수입)
 정격전원 : 220V, 60Hz
 소비전력 : 1,000W
 온도퓨즈 : 250°C, 250V, 10A



[그림4-3] B조건 실험 그림

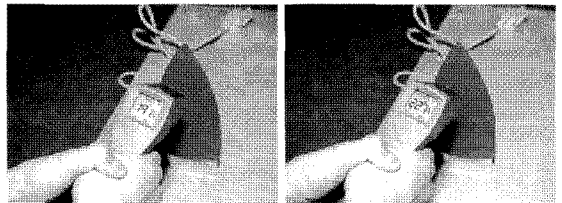


[그림4-4] C조건 실험 그림

제5장 실험결과

1. 실험용 다리미 온도 측정

실험용 전기 다리미의 정상 사용 중 최고 온도를 측정기 위해 전원인가 후 온도조절다이얼을 고온으로 설정, 발열판 온도를 비접촉식 온도계로 측정하되, 191°C ~ 227°C 범위 내에서 내부 바이메탈 스위치 접점이 켜짐과 꺼짐을 반복하면서 온도를 유지함.

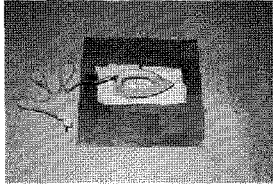


[그림5-1] 온도조절다이얼 고온에서 최저온도 191°C로 측정됨

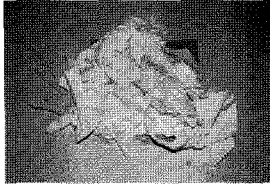
[그림5-2] 온도조절다이얼 고온에서 최고온도 227°C로 측정됨

2. A조건 실험결과

A조건은 바닥재가 충분히 탄화될 때까지 가연물(두루마리 휴지)를 계속해서 공급하여 탄화시킨 결과 다리미의 발열판이 밀착되어 있던 부위의 면서츠와 장판재는 원형 그대로 남아있는 상태로 보존됨.



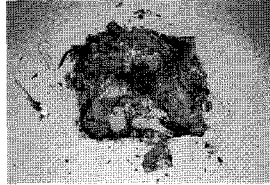
[그림5-3] 실험전 상태



[그림5-4] 가연물 추가



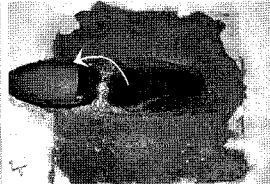
[그림5-5] 착화 시점



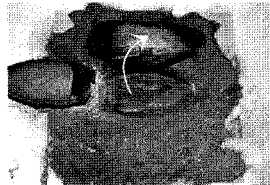
[그림5-6] 소화된 상태



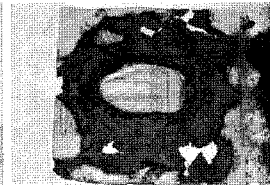
[그림5-7] 잔류물 제거



[그림5-8] 다리미 이동



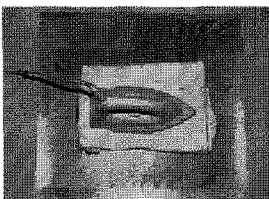
[그림5-9] 면셔츠 이동



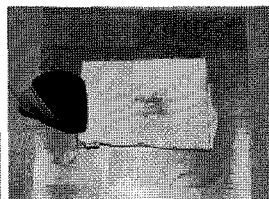
[그림5-10] 장판재 밀면

3. B조건 실험결과

B조건은 전원을 인가 후 온도조절다이얼을 고온으로 고정하여 1시간 동안 방치하였으나, 면셔츠와 장판재에 착화되지 않고 일정 온도를 유지하고 있었으며, 면셔츠만 약간 탄화된 형태가 관찰됨.



[그림5-11] 전원인가 고온상태

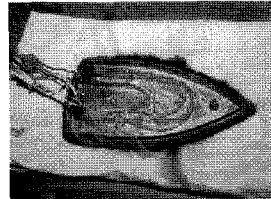


[그림5-12] 하단 면셔츠 탄화상태

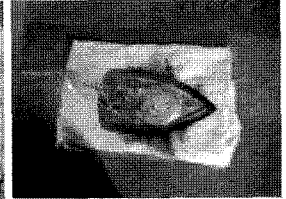
4. C조건 실험결과

C조건은 다리미 내부 바이메탈 스위치와 온도휴즈를 제거 후 전원선을 발열판 단자에 직접 연결 후 전원을 인가, 1분 25초에 바닥에서 연기가 발생하기 시작했으며, 발열판내 발열선이 주황색의 적열 상태로 과열을 시작한 뒤 4분 10초가 지나서 면셔츠에 착화, 다리미 전원을 차단, 화재현장과 같이 조건으로 다리미와 장판재를 완전 탄화시키기 위해 계속해서 가연물(두루마리 휴지)를 공급함.

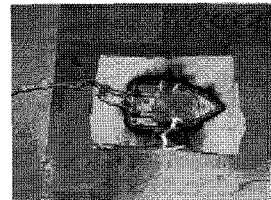
진화된 다리미는 발열판 하단과 발열선 부분에 용융 상태가 관찰되며, 발열판이 접촉된 면셔츠와 장판재는 일부 탄화소실 상태임.



[그림5-13] 연기 발생



[그림5-14] 발열선 적열 상태



[그림5-15] 면셔츠에 착화



[그림5-16] 가연물 공급



[그림5-17] 소화 후 잔류물 제거



[그림5-18] 다리미 바닥 상태



[그림5-19] 장판재 상태



[그림5-20] 장판재 밀면

제6장 결과 검토

1. 전기 다리미 사용 중 과열 발화 가능성에 대한 검토

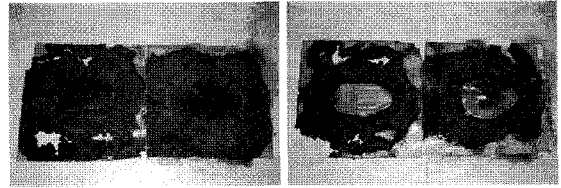
B조건의 실험결과 온도조절다이얼 고온 위치에서 바이메탈 접점이 지속적으로 꺼짐과 켜짐을 반복하면서 온도를 제어하여 발열판에 접촉된 면의류에 착화 온도까지는 이르지 못하였고, 1시간 이상 수 시간을 방치하여 발열판이 250℃ 이상 축열된다면 발열판에 부착된 온도휴즈 접점이 끊어져 전원이 완전 차단되므로 전기 다리미의 사용 중 방치 상태에서 착화될 가능성은 본 실험의 조건에서는 희박한 것으로 판단되나, 추가 조건인 다리미의 종류와 접촉 가연물의 종류(합성섬유 등)와 축열 분위기(보일러를 가동한 방바닥), 가열 시간 등에 따른 추가 실험이 필요함.

2. 다리미의 자체 과열발화 특징점 검토

A조건과 C조건의 다리미 잔해와 장판재를 비교 관찰한바,

A조건의 전원이 인가되지 않은 다리미의 외부 화염에 의한 소해 잔해의 경우 발열판이 원래의 형태를 그대로 유지하고 있었으나, C조건의 자체 과열로 출화된 다리미의 경우 발열판의 발열선 부위와 바닥이 용융된 상태가 관찰되는 특징점이 발견되었음.

A조건과 C조건의 바닥재 탄화흔 비교 관찰의 경우 화재 현장과 같은 고온의 장시간 탄화시킨 조건이 아닌 본 실험의 결과에서 나타난 A조건과 C조건의 면셔츠과 바닥재의 탄화 소실 상태의 비교 관찰은 자체 과열 다리미 바닥재가 일부 소실 상태이나, 대부분이 남아있어 장판재 과열 특징점을 찾기에는 다소 부족한 점이 발견되어 추가 실험이 필요함.



[그림6-3]좌 : A조건, 우 : C조건

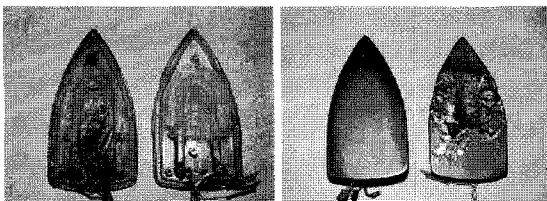
[그림6-4]좌 : A조건, 우 : C조건

제7장 결론

이상의 사례를 바탕으로 한 실험은 결과 검토 과정에서 소개된 사례를 해석하기에는 실험 조건이 다소 충실하지 못한 면이 발견되었으나, 추후 본 실험을 바탕으로 좀더 발전적인 추가 실험이 시행될 것을 기대하며, 결론을 요약하면 검토에서 기술한바와 같이 사용 중인 전기 다리미를 면셔츠 위에 1시간 정도 방치한 정도로는 자체 과열 발화할 가능성은 희박한 것으로 판단되며, 내부 안전장치(바이메탈 스위치, 온도휴즈 등)를 제거하여 자체과열 시킨 다리미의 경우 외부 화염으로 소해시킨 다리미에 비해 발열선 주변과 발열판 바닥이 심하게 용융된 특징점을 발견하였으나, 실험의 조건상 바닥재 탄화소실 정도에 대한 과열 특징점은 명확히 구분치 못하였다.

참고문헌

1. 문용수, 「화재현장 조사결과」, 경기지방경찰청, 2004.
2. 김만진, 「전기안전용어사전」, 성안당, 2000.
3. 최한숙, 「전기·전자용어사전」, 탐구원, 2000.
4. 최충석, 「전열기구에 의한 발화 현상 연구」 한국전기안전공사, 1999.
5. 화재조사팀, 「현장실무자를 위한 화재원인 조사기법」, 인천소방본부 2003.



[그림6-1]좌 : A조건, 우 : C조건

[그림6-2]좌 : A조건, 우 : C조건