

제194호

2010. 6

위험관리정보

□ 방재정보

- ✓ 가연성 단열재에 의해 급속히 연소확대된 화재와 그 대책 / 1
- ✓ 지진 시 건축물의 화재안정성 / 7

□ 신착자료 목록 / 15

□ 안내

- ✓ 판매도서 안내 / 20

 **한국화재보험협회**

WWW.KFPA.OR.KR

가연성 단열재에 의해 급속히 연소확대된 화재와 그 대책

1. 머리말

2009년 6월 1일 고베 시내에서 발생한 창고화재로 인해 급격히 확대된 화재와 그 농연열기에 휩싸인 소방대원 1명이 순직하는 사고가 발생했다. 고베시 소방국에서는 학계, 시민대표, 소방대원으로 사고조사위원회를 구성하고 사고원인 규명과 함께 재발방지책에 관한 제언을 했다.

본 고에서는 급격히 화재가 확산된 원인에 대해 조사한 결과 및 사고조사위원회의 제언을 근거로, 당국에서 내놓은 대책에 대해 보고한다. 이 보고는 소화활동 시에 가연성 단열재의 연소성상에 유의하는 계기가 되며, 사고재발방지에 기여하게 되길 바란다.

2. 화재 개요

2.1 시간경과, 출동부대

- 발생일시 : 2009년 6월 1일 10시 12분경
- 감지일시 : 동일 10시 17분
- 진압일시 : 동일 23시 16분
- 진화일시 : 2009년 6월 2일 2시 21분
- 출동부대 : 소방차량 41대, 헬리콥터 1대, 소방정 1대
- 출동인원 : 178명

2.2 피해정도

철골 준내화구조 3층의 창고 겸용 작업소 1동 연면적 4,715 m² 중 3,484 m²가 소손되고 건물 내에서 소방활동을 하던 소방대원 1명이 순직했다.

2.3 대상물 개요

출화당시 소맥제분 공장 부지 내의 창고겸용 작업장에서는 부침용 분말 등의 믹스분말 제조(분말혼합작업), 소맥배아를 볶는(열로 인해 노릇해진 빛깔을 만드는) 등의 작업 중이었으며, 창고 내에는 소맥분류가 약 300톤 저장되어 있었다. 또한, 이 건물의 북측 절반은 관련 회사가 입주해 있었으며, 창고 내의 소맥분을 사용해서 냉동피자를 제조하고 있었다.

2.4 기상상황(고베시 해양기상대 발표)

대기 : 맑음, 풍향 : 남남서, 풍속 : 3.8 m/s, 기온 : 20.3 °C, 상대습도 : 55 %

2.5 출화시 상황

출화실은 소맥배아를 볶는 작업 중이었으며, 실내에서 별도의 작업을 하고 있던 종업원이 「평」 하는 소리가 들리는 방향을 보니, 로스타의 윗 방향에 있는 필터탱크에서 불꽃이 분출하고 있었다.

2.6 사고발생 시의 상황

선착 소방대가 현장에 도착한 시점의 창고 내부는 답답한 연기로 가득했으나, 시야확보는 용이했기에 실내로의 진입 및 소화활동 실시가 가능하다고 판단할 수 있는 상황이었다. 그런데, 먼저 소대장과 대원 1명이 실내로 진입하여 소화활동을 개시하고, 그 후 조금 늦게 다른 대원 1명도 실내로 진입하여 소화활동을 개시했다. 3명이 소화활동을 개시한 지 얼마 안 되어, 천정부분에서 농연이 소용돌이 치면서 급격히 분출하고 순식간에 시계확보가 안 되었다.

소대장은 위험을 감지하여 철수를 명령하고 자신도 피난했지만, 2명의 대원 중 1명이 피난하지 못했다. 곧 다른 소방대와 연대하여 구출할 생각으로 재차 실내로 진입했지만 실내의 농연열기가 격렬하여 대원의 모습을 확인하는 것은 불가능했다.

이어서, 특별구조대를 포함한 소방구조대가 실내진입을 시도하였지만, 개구부가 작고 충만한 농연열기 때문에 좀처럼 행방불명된 대원을 발견할 수가 없었다.

그 후에도 중기로 벽체를 파괴하는 등 소화구조활동을 계속하고 구조활동 개시로부터 9시간 후, 구조활동 중의 특별구조대가 행방불명된 대원을 발견했다.

3. 연소확대요인

3.1 건물구조

이 창고 겸용 작업소는 1976년에 준공되어 당초는 철골에 외벽과 지붕을 철판으로 덮은 건물이었다. 그 후 2003년에 1층 사용부분 전체와 3층 동측 1/3 정도를 「샌드위치패널」로 천정·내벽·칸막이 내장공사를 실시했다.

이 샌드위치패널은 단열재로 경질우레탄폼을 사용하고 양면에 0.4 mm 철판을 붙였다. 이음매는 염화비닐수지로 처리하였다.

천정은 반자 구조의 천정시공방법과 동일한 방법이었지만, 천정재의 샌드위치패널은 철판 1매 정도가 달대의 금구로 유지되고 경질우레탄폼과 나머지 1매의 철판은 우레탄의 자기접착력으로 유지되고 있었다.

3.2 현장상황

현장에서는 얇은 철판 대부분이 천정과 벽에서 떨어져 드리워진 것을 확인할 수 있다. 제품보관실에서는 전체 반자 구조의 천정이 낙하하고 있었지만, 포장기계실과 배아실의 철판은 낙하하는 동시에 반자 구조의 천정자체는 낙하하지 않고 남아있었다. 보관되었던 소맥분 상부와 기기 상부에 천정과 벽체에서 낙하했던 철판이 덧씌워지고 소방대 소화활동에 장애가 되었지만, 바닥면 자체에는 연소잔재물과 흔적을 확인할 수 없었다.

또한, 출화한 필터탱크에서 반자 구조의 천정까지의 거리는 10 cm 정도 밖에 떨어지지 않은 것이 확인되었다.

즉, 잔존해 있는 배아실의 1층 천정 내부를 확인하면 벗겨진 내화피복과 연소된 전선을 확인할 수 있지만, 소맥분과 연소된 소맥분의 분진은 확인할 수 없었다.

3.3 연소확대의 메커니즘

화재발생 초기에서는 소맥분을 취급하는 공장이므로 소맥분에 의한 분진폭발의 가능성도 제기되었지만, 현지 조사와 관계자의 의견을 청취한 결과, 소맥분은 연소확대와 관련성이 없는 것으로 판단되었다.

또한, 1층 각 실의 천정은 반자로 시공된 샌드위치패널의 단열재가 완전히 연소되었기 때문에 반자 구조의 천정은 심한 연소작용을 수반한 것으로 생각되었다. 더욱이 출화개소의 필터탱크와 반자 구조로 된 천정의 간격은 10 cm 정도이기 때문에 필터탱크에서 분출된 화염에 의해 샌드위치패널의 단열재는 쉽게 착화하는 상황이었다. 따라서 필터탱크의 화염이 샌드위치패널의 단열재에 착화되었기 때문에 건물전체로 연소하였던 것으로 추정되었다.

이상의 상황 및 추정을 토대로 하여, 연소확대 메커니즘에 대하여 다음과 같이 3가지 추론을 하였다.

(1) 추론 1 : 폭연현상에 의한 연소확대

- a) 필터탱크에 의해 분출된 화염에 의해 천정의 샌드위치패널이 고온에 노출되었고, 샌드위치패널의 심재인 단열재에서 가연성 가스가 발생.
- b) 가연성 가스에 착화한 후, 단열재 자체에서 연소 시작
- c) 천정의 샌드위치패널 하단 철판이 휨, 끝부분에서 가연성 가스와 화염이 분출.
- d) 천정판의 연결부위를 통하여 포장기계실로 순차적인 연소
- e) 제품보관실 남동 측의 칸막이벽 상부의 천정까지 연소.
- f) 제품보관실에는 공기가 충분히 존재했기 때문에 작은 화염과 하얀 연기가 발생했

지만, 출화실은 산소부족에 의해 가연성 물질을 함유한 검은 연기가 발생.

- g) 천정 내부 공간에 검은 연기와 가연성 물질이 서서히 가득 차면서, 가연성 물질의 농도가 폭발한계에 도달하여 폭연이 발생.
- h) 폭연에 의해 천정 내부 공간의 온도가 급격히 상승하고, 기체압력이 급격히 증가하면서 팽창. 이것에 의해 천정 패널 하부 측 철판이 낙하하면서, 패널이 변형되어 틈 사이로 검은 연기가 분출.
- i) 천정 패널의 낙하, 변형에 의해 발생한 틈새에 의해 공기가 공급되고, 천정 내부의 불완전 연소영역이 일거에 활성화하여 전체 화재로 발전.

(2) 추론 2 : 샌드위치패널 연소속도의 급격한 변화

- a)부터 d)는 추론 1과 동일.
- e) 제품보관실 남동 측의 칸막이벽 단열재에 착화, 그 열로 칸막이벽 외측의 철판이 상부에서 탈락되면서 단열재가 노출되었기 때문에 공기가 공급되어 급속히 연소.
- f) 제품보관실 동측의 천정판은 인접하는 동측 천정판에서의 화염과 하부 칸막이벽에서의 화염에 의해 노출되면서 가열이 촉진.
- g) 더욱이 제품보관실 서측의 개구부로부터 신선한 공기가 공급되었기 때문에, 일거에 연소확대, 외부로부터의 신선한 공기는 아래 방향에서 유입되고, 고온의 검은 연기는 팽창하면서 위에서부터 내려오므로써 화연(火煙)이 소용돌이치도록 급속히 분출. 제품보관실은 동측에서 연소하고 있었기 때문에 제품보관실 동측의 천정재는 조기에 열을 받음으로써 변형되어 낙하.

(3) 추론 3 : 추론 1과 추론 2가 복합적으로 발생

4. 재발방지를 위한 대처방안

4.1 단열재의 현재 상황

현재 건축업계에서는 건축물의 고기밀·고단열화를 추진하고 있으며, 다양한 건축자재를 사용한 단열공법이 사용되고 있지만, 기밀·단열성능, 시공의 용이성, 낮은 비용, 결로방지 등의 이유로 발포성수지 단열재를 사용한 샌드위치패널의 우수성이 부각되고 있다. 따라서, 그 사용처는 냉장창고 및 냉동창고는 물론 식품가공공장과 클린룸 등으로 확대되고 있다.

우레탄과 폴리스티렌으로 명명되는 발포수지단열재는 석유화학제품이지만, 건축자재별로 난연재료와 준불연재료 및 불연재료로서 국토교통부 대신(大臣)의 인정을

특한 상품도 있다. 그러나, 그것은 정해진 시험에 합격하여 일정한 성능을 유지하는 것을 인정받은 것으로써, 제품 그 자체가 연소하지 않는 것은 아니다. 이러한 발포수지단열재가 다양한 건축물에 사용되고 있지만, 건축물을 사용하는 관계자와 소화활동을 담당하는 소방대가 건축자재의 상황까지 파악하는 것은 쉽지 않다.

4.2 사고재발방지를 위한 대책

사고조사위원회의 사고재발방지를 위한 여러 제언들 중에서 화재예방대책으로 추진하고 있는 것에 대하여 소개한다.

(1) 내장재 표시마크 게시의 조례화

1977년 5월 동경 강동구의 창고에서 소방활동 중인 소방대원을 포함한 21명이 급격한 화염확대에 의해 부상한 화재가 발생했다. 이 부상사고의 원인이 우레탄폼 내장재의 폭연에 의한 것이어서 동경도에서는 냉동창고 등에 대하여 「내장표시마크」를 하도록 지도하고 있다. 고베시에서도 1979년에 우레탄수지, 스티롤수지의 가연성 발포수지단열재를 벽체·천정·바닥에 사용하는 냉동·냉장·정온창고에 대하여 「내장표시마크」의 게시를 실시방침의 요강에서 규정하고, 이후 이것을 토대로 창고업자에게 지도해 왔다.

가연성 발포수지단열재는 냉동창고 뿐만 아니라 기밀성을 중요시하는 클린룸 등, 다양한 용도로 사용되고 있다. 따라서, 냉동·냉장·정온창고에 한정되지 않고, 가연성 발포수지단열재를 사용하고 있는 전체 건물에 대해서도 「내장표시마크」의 확실한 게시를 담보하기 위해 「고베시 화재예방조례」의 개정을 추진하고 있다.

현재, 식품공장 등에서 가연성 발포수지단열재가 사용된 실태를 파악했을 시에는 관계자에게 「내장표시마크」의 게시를 권고하고 있다.

(2) 재해현장에서의 정보수집방책 검토

기업은 종업원을 보호하는 의무와 사회 일원으로서 안전 관련 대책을 수행하는 사회적 책임이 있으며, 책임·보호활동 등을 통해 자주적인 보안활동에 적극적으로 참여하고 있는 기업도 적지 않다.

따라서, 기업이 자주적 보안활동으로서 연소확대 요인이 되는 가연성 단열재의 사용상황과 소화활동상 위험한 물품의 수용 유무(有無) 등, 일상적인 기업 내의 잠재위험을 파악하고, 기업 스스로 관리함으로써 종업원의 안전을 지키는 동시에 화재 등의 재해가 발생했을 때, 현장에서 소방대에 신속한 정보제공이 가능한 시스템 구축을 검토하고 있다. 현재, 시내에 위치한 공장단지에 협력을 요청하고 5개사에서 시범적으로 진행하고 있다.

(3) 자주방화관리체제의 강화

공장과 창고 등, 화재가 발생한 경우에 소화활동이 곤란한 시설의 자주방화관리를 강화하기 위해, 방화관리자격자에게 방화관리를 담당하도록 의무화하는 한편, 동일한 내용을 조례에 반영하도록 추진하고 있다.

5. 맺음말

고베시 소방국에서는 본 고에서 소개한 화재예방 관련 대책 외에 경방활동 관련 대책도 강구하고 있으며, 동일한 사고가 재발하지 않도록 소방국 전체에서 총력을 기울이고 있다.

이러한 당국의 대처가 전국의 소방기관에도 확대되어 전국적인 화재예방에 이바지하게 되기를 기대한다.

출처 : 火災誌 (2010년 2월호)

번역 : 방재컨설팅팀 여한승 대리