

설 연휴가 끝나갈 무렵 발생한 승례문(국보1호) 화재사건으로 온 나라가 발칵 뒤집혔고 모든 국민은 나의 소중한 일부를 잃어 버린 공허함에 형용할 수 없이 참담한 심정으로 하루하루를 살아가고 있다. 언제나 그랬던 것처럼 화재원인의 끝자락에는 여지없이 인재로 귀결되고, 보존관리와 소화과정에 대한 논란도 쉽게 정리되지 않을 듯하다. 우리 주변에는 화재발생 요인도 다양하지만 그 대상을 또한 지나는 특징이 매우 다양하여 소화기 법이나 조사기법 등에 있어서도 그 만큼 복잡한 형태를 갖는다. 본 코너에서는 화재로 인해 심각하거나 빈번한 피해를 가져다주는 주요 구조 형태에 따른 화재의 특징을 살펴보고 화재 원인의 유형과 조사기법에 대하여도 논의해 보고자 한다. 승례문 화재 사건은 현재 조사가 진행 중인 만큼 사찰과 함께 특수 건축물의 유형으로 분류하여 추후 논의할 기회를 가져볼 것이다. 화재의 종류에는 소방관점이나 건축법상의 대상물 등 다양하게 표현되고 분류할 수 있다. 본 코너에서는 이러한 틀에서 벗어나 화재의 특징이 달라질 수 있는 구조나 재료, 형태 등을 달리하는 건축물 또는 구조물별로 화재 현상을 나누어 그들에서 발생하는 화재의 특징을 살펴보고, 사고 후 업무와 관련이 되는 담당자의 관점에서 조사의 요점이나 화재 사례 등을 살펴보고자 한다. 접근 방법에 따라 몇 가지로 분류해 보면 다음과 같이 나누어 볼 수 있다.

〈 목 차 〉

- 1. 창고 2. 주거용 건물 3. 빌딩 4. 특수건물(사찰 등)
- 5. 차량 6. 선박 7. 항공기 8. 기타

창고 화재의 특징과 조사

글 | 박남규 국립과학수사연구소 물리분석과장, 이학박사



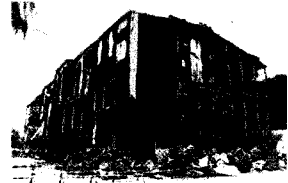
1. 창고형 건물의 화재

창고형 건물은 규모가 매우 크다는 점과 대부분 사람이 상주하지 않아 상시 관리가 어렵다는 물리적 취약점을 안고 있으며, 건물을 구성하는 자재 또한 경량화와 단열, 시공 편의 등을 앞세우다 보니 화재 예방에 대한 사고와 시설이 크게 발전하기 어려운 실정이다. 그러다 보니 한번 화재가 발생하면 규모가 매우 크고 피해 또한 막대하여 이천 냉동창고 화재사건¹⁾과 같이 어처구니없는 인명피해를 가져오는 위험을 안고 있다. 이들 화재에서는 화재의 성장 속도나 규모가 대단하여 타고 남은 잔재에서 화재원인을 증명하기 위한 증거 수집이나 조사 과정은 매우 어려운 형국이 된다.

가. 물류/자재창고

물류나 자재창고는 내부의 적재물에 따라 화재의 규모도 많이 달라진다. 적재물에 인화물질이 포함되어 있을 때는 대부분 강제 진화가 어려워 벽이나 지붕 등이 대부분 붕괴되는 것이 일반적이며, 내부의 배선이나 일반적인 구조재도 모두 원형을 잃어 화재원인 조사를 위한 증거 수집은 거의 불가능하다. 이들 창고는 대개 단일 공간으로 이루어져 내부가 전소되면 내부 적재물이 동시에 다발로 연소되면서 연소의 전개 과정이나 화염의 체류 공간에 대한 시간적 변별력 등은 모두 무용지물이 된다. 이러한 화재의 취약점으로 인해 보험금을 노린 화재가 많이 발생한다. 심하게 연소시키면 물증을 잡기 어렵고 적재물의 인위적 조작에 따라 피해액을 부풀리기 용이한 점 등 때문이다. 특히 창고의 경우는 도심보다는 민가에서 떨어진 독립 지역의 경우가 많아 은밀한 행동이 보장되고, 소방차가 도착하는 물리적 시간이 필요하여 건물이나 적재물이 충분히 탈 수 있을 것으로 기대됨과

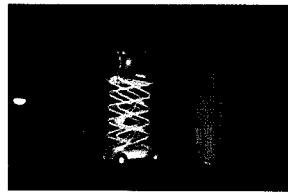
동시에 다른 건물이나 인명에 피해가 가지 않는 상대적 위험 부담이 적다는 심리도 작용된다.



(그림 1) 독립 공간의 창고가 전소된 모습

나. 냉동 창고

냉동 창고는 밀폐공간의 집합체라는 특징과 내부 전체가 단열재로 덮여 있는 특징을 가진다. 냉동 창고는 일반 창고에 비해 냉동 유지를 위한 기계설비나 이들의 큰 에너지 공급을 위한 전기 시설이 많아 그만큼 화재 예방에도 신경을 써야하는 건물이다. 앞서 언급한 이천 냉동 창고도 그 규모가 단일 층에 2만3천여 평방미터(m²)로 축구장 세 개 크기의 방대한 구조였으며, 일단 맹화단계로 전이되면 내부의 복잡한 구조와 연소 범위의 방대함에 쉽게 불길을 잡을 수 없다.



(그림 2) 발화지점 검사 중인 감시요원들

대부분 냉동 창고의 경우는 새로 건설하거나 수리 중에 사람의 실수에 의해 불이 나는 경우가 많으며, 가장 위험한 작업으로는 역시 용접작업이다. 용접작업은 냉동배관이 얽혀 있는 경우 용접 불뿔이 떨어지는 것을 완전히 통제할 수 없고 불뿔은 균일하지 않은 곳에서 부딪히면서 튀어 더욱 통제력을 벗어날 수 있다. 또한 그것이 단열재 등에 박히면 장시간 훈소 과정을 거치다 발화

1) 2008년 1월 7일 이천의 (주)코리아냉장 냉동 창고에서 발생한 화재사건으로 40명의 사망자를 낸.

에 이르게 되는데, 작업자가 현장에서 바로 발견할 수 없는 경우가 많아 작업자가現場을 떠난 후 화재로 이어지는 경우가 많다. 그렇다 보니 화재원인을 두고도 작업시점과 발화시점과의 차이로 인해 다툼이 많이 생기기 때문에, 조사자는 이를 증명하기 위해 물증으로서 가연물과 불똥과의 유기적 관계나 잔류물 확보, 연소 이론에 대한 기본적 지식 등의 확립이 필요하다.



〈그림 3〉 현장에서 자석을 이용하여 용접불똥을 수집한 결과



〈그림 4〉 용접불똥과 가연물과의 접촉 사실을 입증하는 잔류물 획득 결과

용접불똥은 기본적으로 일반 가연물의 발화온도인 400~500℃를 충분히 넘는 온도를 가지고 있으며, 높이 약 1m의 경우 바다 수평 반경 1.5m 전후로 많이 분포하여 떨어지나 작업 높이 가 높고 2차 비산(물체 맞고 튀는 경우)이 일어날 경우 수평으로 10m를 넘는 경우도 있다. 넓은 작업장에서 통제가 원활하지 않아 인화물질 취급과 용접이 같이 이루어지면 화재 위험은 극에 달할 수 있다. 화재조사에 있어 공사 중 사람의 실수가 의심되는 경우는 규모가 크고 여러 가지 작업이 동시에 이루어지는 특성상, 시방서나 그날의 작업 지시서 등의 서류에만 의존해서는 안 되며 실제로 이루어진 작업 내용을 탐문과 현장의 증거로서 접근하여야 한다. 특히 큰 작업 공간의 경우는 모든 작업(전기, 소방, 단열, 배관, 도료, 마감 등)을 일사분란하게 통제하기는 물리적으로 힘든 관계로 작업분야별로 사실관계를 세밀하게 따져 볼 필요가 있다.

한편, 냉동 창고에서 단열재로 사용되는 우레탄폼이나 스티로폼은 일단 발화가 시작되면 연소 속도는 일반적

소화방법으로는 진압하기 어려울 정도로 통제 불능이 된다. 또한 여기서 배출되는 질소산화물과 일산화탄소 등 유독성 물질이 연기와 함께 확산되어 사람이 빨리 대피하지 못할 경우 치명적인 위해를 입히게 된다. 냉동 창고 내부에는 전력을 공급하는 배선이나 전기 및 기계 기구 등이 시설되어 에너지를 이용하므로 이 또한 항상 화재의 에너지원으로써 상존하고 있다.

다. 조립식 창고

조립식 창고는 냉동 창고나 자재/물류 창고 등이 모두 포함될 수 있어서 화재의 구조적 위험성에 대한 것은 상기 항을 참고하면 될 것이다. 따라서 이번 항에서는 화재 위험에 대하여 다른 각도로 조명해 보고자 한다.

1999년 6월 30일 주로 어린 생명들이 희생된 경기도 화성 씨랜드청소년수련원 화재사건은 23명의 목숨을 앗아간 대형 화재 참사였다. 1층 콘크리트에 52개의 컨테이너를 올려 만든 조립식 건물로 수련원이라기보다는 창고형 건물에 가까웠다. 조립식 건물의 경우 그 규제나 기준이 법적으로 모호한 경우가 많고 이용자 입장에서 안전 보다는 경제적으로 유리한 이점 때문에 여러 가지 유혹에 쉽게 벗어나지 못한다.

이런 건물에는 기존 법률의 허점이 이용되고, 인허가 과정에서의 바람직하지 않은 일들이 벌어질 수 있는 개연성을 충분히 내포하고 있다. 다양한 형태의 건물과 안전 확보를 위한 법적 제제는 복잡한 우리사회의 현실에서 모든 것을 담보할 수는 없다. 법에서 정하는 것은 최소한의 요건을 제시하여 위험을 예방하되 많은 법적 규제로 인한 국민 생활에 불편을 최소화시키고자하는 사회적 합의 정신이 내포되어 있다. 이를 망각하고 법에서 제시한 경계에 서서 또는 살짝 비켜섬으로써, 법을 위반하지 않았다는 자만은 물론 위험도 회피된다는 잘못된



생각에 이르게 되는 우를 범하는 현실을 어렵지 않게 목격하게 되는 것은 안타까운 일이다.

예를 들어 인원이나 면적이 명시되는 다중시설, 층수가 제시된 안전시설 등에서 그 숫자를 피해 감으로써 범망을 피하고 쉽게 안전을 포기해 버리는 일이 일반화된다면 국가 안전망을 위한 시스템을 제도적으로 확립하기는 더욱 어려워질 수 있다.

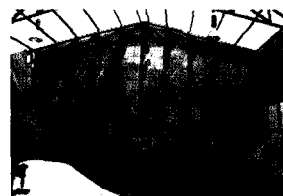
일반 국민도 법을 피할 생각 보다는 법에서 규제하는 안전 요구의 정신을 존중하는 성숙된 자세가 절실히 필요할 때가 아닌가 싶다.

2. 재료에 의한 화재 특징

가. 샌드위치 패널 구조

샌드위치 패널은 창고형 건물의 벽체와 지붕재로 널리 이용되는 자재이다. 샌드위치 패널이 구조적으로 가장 큰 특징은 내부 재료가 화염에 매우 취약하고, 표면이 철재이다 보니 내외에서 화염에 접촉되는 경우 열전도율이 높아 쉽게 반대쪽 벽면으로 열이 전달되어 화염의 차단이나 화염을 가두어 두는 기능이 전혀 없다는 것이다. 또한 1m 내외의 폭을 가진 수직 또는 수평재를 연결하다보니 연결부위를 통한 화염의 유출이 용이하여 이

웃 공간으로의 화염 진출이 매우 빠르게 진행된다. 이러한 것들이 복합적으로 작용하여 급격한 연소 확대와 유독 가스를 다량으로 발생시키는 메커니즘이 된다.



(그림 5) 샌드위치 패널의 연소 형태

나. 우레탄폼

우레탄폼은 샌드위치패널의 내부 재료로 이용될 뿐 아니라 폼의 형태로 마감재와 단열재로 널리 사용된다. 가볍고 단열성이 뛰어나 구조재로서 창고, 공장, 공공시설 등에 벽체와 지붕재 등에 다양하게 사용되고 있지만 화재에는 매우 취약해 일단 화재가 발생되면 빠른 연소 속도와 유독가스로 인해 다량의 인명피해를 가져온다.

1998년 10월 부산 안남동 냉동 창고 신축공사장 화재(사망 27명), 1999년 10월 30일 인천 인현동 호프집 화재(사망 55명), 2006년 7월 19일 잠실 노래방 화재(사

망 8명), 2008년 1월 7일 이천 냉동 창고 화재(사망 40명) 등 다시 떠올리기조차 두려운 대량 인명피해의 중심에는 우레탄폼이라는 가연물이 존재하였다.



〈그림 6〉 잠실 노래방 화재의 실내 연소상태

안남동 냉동 창고와 이천 냉동 창고는 공히 신축공사장이라는 특징으로 많은 작업자들이 빠른 불길을 미처 피하지 못하고 유독 가스에 질식된 사례이다. 잠실 노래방과 인천 호프집 화재도 역시 내부 실내 장식이 우레탄폼으로 치장을 하여 입체적이고 아름답게 해놓는다는 것이 큰 화마를 키운 사례들이다.

다. 스티로폼

스티로폼은 폴리스티렌수지에 발포제를 넣은 다공질의 기포플라스틱으로서 발포폴리스티렌이며, 샌드위치 패널의 내장재와 스티로폼 자체만의 패널 형태로 주로 쓰인다. 스티로폼은 뛰어난 단열 및 보온성은 물론 저렴한 가격, 반영구적 수명 등을 무기로 샌드위치 타입의 패널 형태로 각종 창고, 공장, 주택, 상가 사무실 등 어떠한 건축물에도 적용하기 쉬운 장점을 가지고 있다.

단열재로 사용되는 스티로폼은 1㎡당 약 300~660만 개의 미세한 기포로 구성되어 체적의 약 97%는 공기기 때문에 무게가 가볍고 열과 냉기의 침입에 대하여 효과적으로 차단하는 기능을 가지고 있다.

완전 독립된 기포로 구성된 구조는 모세관 현상으로 흡수되는 경우가 전혀 없으며 우레탄폼과 같이 수증기의 투과에 대한 차단성도 우수하다. 그러나 이러한 특징이 연소성에 있어서는 매우 취약하다. 기포형태이기 때

문에 열에 약하고 작은 화염에 쉽게 착화되어 번지는 위험을 가지고 있다. 그래서 실제 단열재로 건축 구조물에 쓰일 때는 난연제를 첨가한 자기소화성 폴리스티렌을 발포시켜 사용한다(KS M 3808).



〈그림 7〉 난연제가 첨가된 스티로폼 샘플(좌측)이 용접불꽃에 탄화되다가(중앙) 용융물이 뭉치면서 착화(우측)되는 과정

그러나 난연제를 첨가한 스티로폼이라 하더라도 어디까지나 연소 확대의 시간 지연에 의미가 있는 것이지 전혀 불이 붙지 않거나 화재에 안전하다고 안심해서는 안 된다. 특히 반복적인 용접불티의 축적이나 지속적 고온을 유지하는 전기적 발열부에 스티로폼이 접촉하는 경우는 화재로 발전될 위험이 매우 높다.

화재조사는 화재의 책임이 누구에 또는 어디에 있는지를 따지는 행위이며, 더 중요한 것은 조사 결과를 화재 예방하는데 기본 자료로 사용하는 것이다. 이러한 것들이 모두 현명하게 이루어 졌다 해도 이를 바탕으로 한 개선이나 발전이 이루어지지 않으면 화재위험에 대한 우리의 대처 수준은 한 발짝도 진보할 수 없을 것이다.

가스경보기나, 화재경보기가 자주 울리고 그것이 오작동일 경우가 많아 스위치를 꺼놓는 일은 큰 사고시마다 거론되는 명백한 사람의 잘못이다. 스프링클러의 설치 유무가 중요한 게 아니라 설치된 스프링클러도 오작동이나 기타의 이유로 작동 정지 상태로 밸브를 잠가 둔다면 화재원인 규명과 그에 따른 책임자 처벌, 예방 대책과 실행 등은 아무 의미 없는 행정절차의 반복에 불과할 것이다. 일반 대중의 안전 의식이 높아지고, 예방을 위한 예산을 아깝게 생각하지 않고, 전문가를 존중하는 사회가 화재위험을 낮출 수 있는 방도의 하나일 것이라 생각된다. ☺