

• 물류창고의 화재특성과 효율적인 방재대책

글
유길중 전무이사
(주)건국이엔아이

물류창고의 화재특성과 효율적인 방재대책



「화물유통촉진법」에서 물류창고라 함은 '물건의 멸실 또는 훼손을 방지하기 위한 보관시설 또는 보관창고'로 정의되고 있으며, 창고와 배송의 기능을 담당하였다. 그러나 현대경영에서 물류창고는 물건이 머무는 것이 아닌 흐르는 것으로 해석되며 '생산과 소비 사이의 시간적·공간적 격차를 해소'하는 수급 조절로 가격안정 도모, 물품의 입고, 보관, 유통가공(포장, 제품 패키지와 라벨작업, 검심, 상표 및 가격 부착, 부품조립, 직물절단, 마킹 등), 피킹, 분류 배치, 출고 등'의 기능으로 확대되고 있다. 또한 다양한 상품에 대한 소비자의 욕구에 부합하도록 기능은 더욱 발전되고 있다. 물품의 종류와 용도에 따라 일반창고, 냉장 및 냉동창고, 농산물창고, 위험물 보관창고, 기타 창고로 세분되며, 위험물에 이르기까지 저장물품의 종류도 헤아리기 어렵다.

이러한 물류창고의 다양성과 기능 확대에 따라 건축 경향도 대공간화, 고천장화, 자동제어시스템화 되어 발화요인의 증대와 화재하중이 커짐에 따라 화재위험도도 점점 커지게 된다. 따라서 최근 급격히 증가하고 있는 물류창고의 화재특성과 이에 대한 효율적인 방재대책을 마련하는 것이 절실하다.



물류창고의 화재위험과 특성

물류창고는 저장품의 종류, 양 및 배치상태가 일반 건축물의 수용품과 매우 다른 형태를 띠며, 이에 따라 화재위험과 특성도 다르다. 저장품은 일반적인 가연물을 비롯한 인화성 액체 등 위험품까지 망라하고 있으며, 대량의 가연물이 높고 깊게 저장되어 있어 소화활동에 제한을 받는다.

● 연소형태 및 화재하중

연소형태는 저장물질의 연소특성(연소의 난이도, 화재의 확산속도, 열과 연기의 방출속도)과 저장상태(저장량, 저장높이, 통로 폭, 저장방법 등)에 따라 달라진다.

화재 초기의 연소속도는 물질의 표면 상태에 따라 다른 반면, 화재 지속시간은 물질의 종류 및 저장 상태와 밀접한 관계가 있다. 레크식 창고는 일반 창고보다도 연소가 빠르고 격렬하게 진행되는데, 그것은 물질의 표면적이 넓고 연소에 필요한 충분한 공기량이 공급되도록 물품이 적재되어 있기 때문이다.

화재하중이란 일정구역 내 예상 최대 가연물질의 양으로서 일반적으로 건물 내 가연성 구조체와 가연성 물품의 총량을 말한다. 단위면적에 최대한 많은 물품을 저장하기 위한 구조, 예로서 레크(racks), 펠릿(pellets) 등을 이용한 대량저장 및 집중화는 화재하중을 커지게 한다. 최근 많은 창고들이 대공간, 고천정화 되고 있는 추세로 초기 소화에 실패할 경우 장시간 심부화재로 발전하게 된다.

물류창고의 화재하중에 대한 자료는 매우 빈약하다. 이는 저장물품의 종류 및 규모 등에 따라 많은 차이가 나타날 수밖에 없으며, 일반 사무실과 비교할 때 대략 2.5~6배 정도인 것으로 추정된다.

● 화재의 조기 발견

물류창고는 사무용 또는 상가 건물과 비교할 때 상주인원이 비교적 적은 편으로, 이는 화재 사실을 직접 발견할 수 있는 확률이 낮아진다는 의미이다.

고천장화에 따라 높게 적재된 물품 또는 레크식 창고와 같이 고밀도로 물품이 적재되면 시야 확보가 어려워 화원을 발견하기 어렵고 어느 정도 연소가 진행된 이후에 발견되는 경우가 많다.

화재 감지기의 작동시간도 천장고가 높으므로 낮은 천장에 비해 지연될 수 있어서 화재의 조기 발견이 쉽지 않다는 특성이 있다.

● 초기 소화

화재를 초기에 발견하지 못하면 그만큼 초기 소화에 실패할 확률은 높아진다. 또한 저장물품의 종류 및 저장 상태에 따라 화염의 크기가 크고 연소속도가 빨라 소화기나 옥내소화전 등으로 초기 소화가 불가능한 경우도 많다. 특히 대단위 창고건물에서 초기 소화에 실패하면 내부에서 진화하는 것은 더욱 어렵고 위험해진다.

자동식 소화설비인 스프링클러설비가 작동하여도 레크 또는 더미 상태의 조밀한 구조로 물품이 저장되

어 있어, 살수된 소화수가 좁은 수직공간을 침투하여 효과적으로 소화하는 데는 어려움이 있다. 특히 래크가 높고 공간이 좁을수록 더욱 그러하다.

※ 화재 확대

물류창고는 대공간이 많아 화재 확대가 용이하여 화재의 조기 발견 및 통보, 스프링클러설비의 작동, 소방대의 신속한 출동 등 모든 방재활동이 효과적으로 수행되었다 하더라도 연소 확대를 방지하지 못하여 대형화재가 되는 경우가 있다.

물품의 단순 저장을 벗어나 파킹,

패킹 등의 작업이 이루어지는 물류창고가 많고, 제조공정과 유사하게 컨베이어 등에 의한 물품의 이동이 빈번하게 이루어짐에 따라 방화구획 설정이 쉽지 않다. 또한 방화문 등을 닫은 상태로 유지하기 어려워 방화구획의 효율성이 극히 떨어진다.

※ 피난

일반 건물에 비해 비교적 상주인원이 적다고 인식하고 있기 때문에 건축물의 설계단계에서부터 물품의 저장기능을 우선시키고 피난계획 등을 소홀하게 다루는 경향이 있다.

외벽은 창이 거의 없고 출입구도 제한적이다. 내부는 사람이 통행하기 위한 통로가 배제된 경우가 많으며 물품 이송크레인(Stock car crane)의 이송공간만 존재하여 긴 미로 구조가 많다. 이러한 조건은 원활한 피난의 장애 요소가 된다.



효율적인 방재대책의 수립

특정한 소방대상물의 방재대책을 수립하기 위해서는 무엇보다 대상물의 화재특성을 면밀하게 파악하는 것이 우선이다. 즉, 저장물질의 연소특성과 물질의 저장상태를 고려하여야만 효율적인 방재대책을 수립할 수 있다.

※ 물품의 저장 및 관리

기본적으로 발화원과 저장물품을 이격하고, 위험물질은 분리 저장하여야 한다. 위험품저장소가 아닌 장소에 인화성액체 등 위험품이 혼재되면 위험은 가중된다. 관리자는 위험물질에 대한 전문적 지식이 부족한 경우가 많으므로 물질안전데이터표(MSDS)와 위험물질명세서를 비치하고 관리하여야 한다.

Pallet은 목재 또는 불연성 재품(접촉 등에 의해 불꽃 등이 발생하지 않는 것)을 사용하고, 플라스틱은 사용을 억제하도록 NAPA에서 정하고 있다. 일반적으로 플라스틱은 발열량이 크고 고온에 이르면 가연성 액체와 유사한 형태의 화재현상이 될 가능성이 있으며 목재 등과 같이 물의 침투도 되지 않기 때문이다.

※ 발화원 관리

- 용접, 절단 등 불꽃을 발생하는 작업은 철저히 통제, 관리하여야 한다. 이러한 작업은 대부분 외부 용역에 의해 수행되므로 화기작업허가절차에 따르고 철저한 감독이 이행되어야 한다.
- 포장작업 등의 전기히터는 과열자동차단장치를 설치하고, 가연성가스를 사용하는 경우에는 가스누설자동차단장치를 부설하고 용기는 옥외의 별도 저장소에 보관하여야 한다.
- 공조설비, 전기시설 등 열원은 가연성 저장품과 접촉되지 않도록 유효한 안전거리를 확보하여야 한다. 조명설비의 경우, 최소 0.3m의 안전거리가 필요하다.
- 전등에는 파손방지 보호망을 설치하고, HID(High Intensity Discharge) Lamp의 경우 내부압력이 4.8bar에 이르며 온도가 1,000℃를 초과하기도 하므로 파손에 주의한다.
- 전기화재 원인으로 배선, 모터, 램프 및 전열선의 전기적 단락이 많으므로 전기적 접촉부분의 열화 상태 등 이상온도 상승을 수시 점검하여야 한다.
- 흡연은 엄격하게 금지시켜야 하고 흡연구역은 외부의 지정된 장소에 국한시켜 항상 청결을 유지한다.
- 창고 내 나화(裸火)의 사용을 엄금한다.
- 지게차 등 저장물품의 이송장비는 정기적으로 점검토록 한다. 모든 운송차량은 창고 외부의 적절한 장소에서 주차, 수리, 급유되도록 한다.
- 방화(放火)는 지속적으로 증가하는 추세이며, 표적이 되기 쉽다. 침입자 감지, CCTV, 출입통제시스템 등 철저한 관리시스템으로 위험성을 최소화한다.

※ 조기 감지 및 경보

신속한 피난, 소화 및 소방대 통보 등을 위해서는 화재의 조기 감지 및 경보가 필수적이다. 창고는 주간에 비해 야간 상주인력이 적으므로 감지기 등에 의한 자동설비에 의해 화재의 조기 발견 및 경보가 이루어져야 한다. 통계적으로 창고지역 화재발생 시간은 대략 60%가 오후 6시와 아침 6시 사이에 일어나고 있다. 스포트형 열 또는 연기감지기는 천장고가 20m 미만의 부분에 적용되며, 천장고가 20m 이상인 부분에는 화염감지기 등 고감도감지기를 설치하여야 한다.

대공간의 경우, 화재감지기로써 화염감지기 이외에도 광전식분리형감지기 및 아날로그식 감지기를 설치할 수 있다. 혼소 물질은 스프링클러 헤드만으로는 혼소화재를 감지하지 못한다. 따라서 근래에는 혼소화재의 연소생성물을 빠르게 감지하는 공기흡입형감지기가 선정되기도 한다.

※ 소화시스템

자동식 소화설비가 설치되면 옥내소화전은 법적 기준에서 면제된다. 그러나 NFPA에서는 화재를 완전히 진화하고, 안전을 확인한 후 소화전으로 잔화처리를 하기 위하여 보조용 옥내소화전의 설치를 규정하고 있다.

창고 화재에 가장 유효한 소화설비는 스프링클러로서 건식보다 습식설비가 더 바람직하다. 건식 스프링클러는 동결의 우려가 있는 장소에만 허용되며, 프리액션 스프링클러는 수손이 심각한 물품의 저장 장소에서의 설치가 검토될 수 있다.

대형창고에서는 창고전용 스프링클러로서 라지드롭(Large Drop) 스프링클러 및 화재 조기진압형(ESFR : Early Suppression Fast Response) 스프링클러를 설치하고 있다.

랙식 창고에서 화재하중이 높은 곳에는 화염에 보다 효과적으로 침투할 수 있도록 큰 물방울을 생성하는 직경 16mm 오리피스스의 라지드롭 스프링클러가 적용된다. 이 스프링클러는 위험도가 높은 창고에서는 표준형보다 훨씬 더 효과적이다.

ESFR 스프링클러의 특징은 신속한 화재 진압과 수송 피해를 국한시키기 위해 화재 초기에 진압할 수 있도록 표준 스프링클러보다 좀 더 민감한 퓨지블 부품을 채용했고, 각 헤드당 50psi(345kPa)에서 최소한 100gpm(380L/min)의 물이 나오도록 직경 0.70in.(17.8mm) 오리피스를 사용한다. 상기 두 가지 시스템은 건식시스템에는 사용할 수 없다.

랙식 창고는 천장면이 높아서 랙 내 헤드보다 천장면 헤드가 먼저 작동할 가능성이 있다. 따라서 NFPA에서는 천장면 헤드를 랙 내 헤드보다 높은 온도에서 작동할 수 있도록 권장하고 있다.

천장면 헤드가 먼저 작동하면 하단 랙 내 헤드가 물에 젖어 작동되지 않을 가능성이 있기 때문에 이를 방지하기 위해서 헤드의 직상부에 차폐판(Water Shield)을 설치하도록 규정하고 있다. 이 차폐판이 설치된 스프링클러헤드를 'Intermediate Level Sprinkler' 라고 한다.

통계자료에 따르면 스프링클러가 설치된 창고화재의 70%가 부적절한 설계로 보호받지 못한 것으로 나타나고 있다.

*** 피난(인명안전 고려사항)

창고의 1차적 기능은 대량의 물품을 효율적으로 수납하기 위한 것으로서 물품의 가치가 집적되므로 물품의 방호에 방재시설이 집중화되는 경향이 있으며, 자칫 인명안전분야가 소홀해질 수 있다.

물류창고도 일반 건축물과 동일한 피난시스템을 구축해야 하며, 특히 창고의 특성상 피난로 및 피난구가 충분히 확보되지 못하거나 개구부가 극히 제한되어 피난상의 장애요인이 되므로 사전에 이러한 부분에 대한 고려가 필요하다.

피난대상 인원 측면에서 불 때 창고의 자동화 수준이나 하루의 시간대와 연중 특정시기에 따라서도 인원수는 달라진다. 인원수가 몇 명이든지 안전하고 신속한 피난이 이루어질 수 있도록 피난의 기본원칙에 충실하여야 한다.

*** 화재의 한정

창고화재의 연소 확대는 저장품의 연소 특성, 저장 형태 및 건물의 구성 재료와 방화구획 상태에 따라 결정된다.

(1) 건축물의 내화구조 및 불연화

내화구조는 일반적으로 철근콘크리트 또는 콘크리트로 피복된 철골구조이다. 철 구조물에 방화도장을 적용할 수 있으나 이 경우 적정수준의 도장이 되어야 하며, 작업 시 또는 사고 등으로 인하여 피복이 손상되지 않도록 유의하여야 한다. 내화성능을 공인받지 못한 복합재료인 샌드위치패널과 같은 건축자재의 사용도 최소화하는 것이 좋다. 아울러 내장재의 불연화 조치가 뒤따라야 한다. 특히 가연성 보온재(특히 냉동, 냉장창고에 흔히 사용되는 발포 플라스틱을 함유한 패널)의 사용을 억제하여야 한다.

(2) 방화구획

방화구획은 소화설비 등에 의한 초기 소화에 실패할 경우 화재를 한정시키는 데 절대적인 요소로서, 기본적으로 면적별, 층별, 용도별로 구역화한다. 예를 들면 저장창고와 기타 부분(공정지역, 사무실 등), 위험품 저장소는 별도 방화구획하고, 랙식 창고의 폭이 큰 경우는 Stock car crane의 주행방향에 평행하게 방화구획을 한다. 다층의 물류센터의 경우, 타 용도의 건축물보다 화재하중이 높아 상층으로의 연소 확대가 용이하므로 입면상 스펀드럴 설치가 바람직하다.

방화구획 zone이 적절하게 선정되었다 하더라도 방화문은 상시 닫힌 상태를 유지하여야 하며, 특히 각종 환기구나 공조덕트, 케이블 관통부 등 주위 개구부에 대하여 내화재로 긴밀하게 충전하여 연소 경로를 차단하여야 한다.



유지 관리

방재시설이 우수하다 하더라도 그 성능이 그대로 유지되지 않는다면 그 효용성은 반감되거나 무용지물이 되고 만다. 따라서 물류창고의 유지 관리에 필요한 기본사항을 잘 이행하여야 한다.

- 화기 관리/흡연 관리/발화원 관리
- 저장품의 정리/정돈/청소
- 저장상태/저장량/저장방법/취급방법의 변경에 따른 위험의 증가나 감소 파악
- 방재설비의 작동 상태 등 정기적인 점검/건물 내 상주자의 관심 유발
- 소방교육/소방훈련

아울러 화재예방을 위한 점검 등 유지 관리와는 별도로 '사전 사고계획'을 수립하도록 권장한다. 사전 사고계획수립은 어떤 사고가 발생할 것이라는 가정 하에서 가능한 모든 시나리오를 가상하여 대응방안을 수립하는 것이다.

맺음말

성공적인 물류 공급시스템이 기업의 성패를 좌우한다고 할 만큼 중요시되고 있으나 물류창고의 화재안전에 대해서 등한시했던 것도 사실이다. 또한 최근 물류창고가 본래의 목적 외에 부동산 투기의 한 방편으로 이용되어 무허가창고가 난립함에 따라 법의 사각지대가 되면서 끊임없이 크고 작은 화재가 발생하고 있다.

국내에는 물류창고화재에 대한 별도의 통계자료가 발표되지 않고 있으나, NFPA에서 1985년부터 1990년까지 미국에서 발생한 손해규모가 500만 달러를 초과하는 창고화재 발생건수와 직접 자산손해 총액을 조사한 보고서에 의하면, 창고화재는 매년 대형화재의 평균 22%, 자산손해의 11%를 차지한다. 이러한 창고화재는 1년에 평균 10건 정도 발생하고 각 건당 15,243,000달러의 자산손해가 발생하는 것으로 나타났다. 물류창고는 수적인 증가는 물론 보다 대형화되면서 대형손실의 위험성도 커지고 있다. 지금까지 검토된 바와 같이 저장물질의 종류, 저장량 및 저장상태에 따라 화재위험과 특성이 달라지므로 보편적인 법률 적용을 벗어나 특성에 맞는 효율적인 방재대책 수립이 필요할 것이다.

따라서 계획 및 설계 단계에서부터 화재 시 연기의 유동, 온도분포 등에 대한 화재 및 피난 시뮬레이션을 통해 방재계획을 수립하는 절차가 바람직하다고 판단된다. 또한 2009년도부터 시행 예정인 화재영향평가의 범주에 대형화재 발생가능성이 있는 물류창고를 단계적으로 포함하는 방안도 고려해볼 수 있겠다. ☺

참고문헌

1. NFPA 231, Standard for General Storage, 1995. 2. NFPA 231C, Standard for Rack Storage of Materials, 1995. 3. NFPA 1420 Recommended Practice for Pre-Planning for Warehouse Occupancies, 1993. 4. 한국화재보험협회, 건축방재계획지침, 1997. 5. 한국화재보험협회, "방재와 보험", "위험관리정보" 발간자료 다수.