

물류센터의 자동화 시설과 화재하중에 따른 건축설계 키포인트



이용재 | 경민대학
소방과학과 교수,
공학박사

1. 머리말

속도가 기업경쟁력의 핵심이 되는 시대가 왔으며 물류산업은 한국에서 급성장하고 있는 업종 중 하나로, 물류산업 중에서도 물류 서비스는 점점 중시되고 있다. 정부는 1990년대 초반부터 물류에 대한 확고한 인식을 하게 되어 화물유통체계 혁신의 필요성과 중요성을 절실히 느끼고 여러 정책을 적극적으로 시행하기 시작하였다. 국내 물류산업의 올해 시장규모가 110조원에 이르고, 매년 15~20% 가량 늘어나 2005년에는 240조원에 달할 것으로 전망하고 있으며, 물류사업의 혁신은 기업과 국가의 경쟁력 확보에 중대한 요소가 되고 있다.

이러한 측면에서 물류센터의 화재 등 안전성 확보는 기업의 재산보호 차원에서 뿐만 아니라, 국가의 경쟁력 확보와 안정적 유통망의 확보 차원에서 체계적인 물류센터의 특수성을 고려한 화재안전 대책이 건축계획 및 설계 단계에서부터 필요하다고 판단된다. 따라서 물류센터에 대한 국내현황 등 기본적인 사항 및 보관품의 종류·자동화시설·화재하중·화재특성 등에 대한 검토를 통해 건축설계시 고려되어야 할 사항에 대해 언급하기로 한다.

2. 물류센터의 개념과 자동화시설

가. 물류센터(physical distribution center)

물류센터는 각 공장에서 완성된 제품을 집약하여 배송하는 시설로서 중추센터 기능을 가지고 있다. 종전에는 공장에서 배송센터에 직송해서 고객으로부터 주문·배송하고 있었으나, 대부분의 대기업들이 공장 제품창고를 외곽으로 내보내 그 지역 각 공장의 창고를 집약한 것이 바로 물류센터이다. 즉, 물류센터는 상품의 경유개념을 가지고 있으며 배송센터의 상품

보충을 담당하고, 배송센터는 재고 개념을 가지고 주문·배송을 담당하고 있다. 근래에는 몇몇 물류센터가 배송센터의 일부기능을 가지고 고객에게 직송제를 도입하는 기업이 많이 늘어나고 있다. 전 제품을 직송하는 것이 아니고, 대량 판매되는 품목을 선별하여 고객수요량의 70%를 직송하고 잔여 30%는 고객의 요구에 따라 가감될 수 있으며 주문배송을 하고 있다.

(1) 물류센터의 국내현황

물류센터(물류창고)의 지역별 분포를 살펴보면 경북, 경남, 충남, 경기 등에 집중해 있다. 종류별 현황을 살펴보면 일반창고가 전체의 약 80%로 가장 많으며, 냉동·냉장창고, 농산물창고 등이 약 30%를 점유하고 있다. <표 1>, <표 2>

(2) 자동화 창고(Automatic Warehousing)

창고의 종류는 자동화의 수준에 따라 인력 창고, 기계화 창고, 자동화 창고로 구분된다.

고층 랙크창고(High Storage Rack Warehouse)는 건축면적을 절약하고 공간의 활용도를 높여 보관량을 증대시키기 위한 “고층의 입체화한 팔레트 선반 방식”으로 재고관리가 용이하다. 물품의 출입은 통



[사진1] 창고 자동화 시스템과 자동화 창고의 내부전경

로 폭이 좁은 스택커 크레인(stacker crane)을 사용하고 쓸모 없는 공간을 최소화시키는 동시에 노동력의 절감을 꾀하고 있다. 고층인 팔레트 랙크와 스택커 크레인을 사용하여 팔레트의 입·출고 작업을 하는 창고를 말한다. 고층 랙크창고는 스택커 크레인(stacker crane)의 운전방식에 따라서 컴퓨터를 이용하여 스택커 크레인을 자동운전하는 것, 누르는 버튼식의 반자동인 것, 크레인에 사람이 타고 손으로 입·출고를 하는 수동인 것이 있다.

<표 1> 물류창고의 지역별 분포현황

지역	서울	부산	대구	광주	대전	인천	울산	경기	강원	경북	경남	전북	전남	충북	충남	제주	합계
업체수	41	96	26	2	13	52	2	172	83	405	305	194	17	125	269	3	1,805

*건설교통부 조사자료, 2000년 6월 기준

<표 2> 창고의 종류별 현황

창고의 종류	일반창고	냉장·냉동창고	농산물창고	야적창고	위험물보관창고	기타	합계
업체수(%)	1,439(79.7)	213(11.8)	81(4.5)	39(2.2)	18(0.9)	15(0.8)	1,805

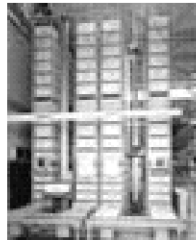
특 집 | 물류센터의 방재대책

자동화 창고는 일반적으로 고층 랙크창고에 컴퓨터를 도입해 자동 스택커 크레인(Automatic stacker crane)을 사용하여 팔레트의 입·출고 작업을 하는 창고를 말한다. 단층창고, 다층창고에 자동화된 하역기기를 사용하는 경우도 있다. 자동화 창고는 층

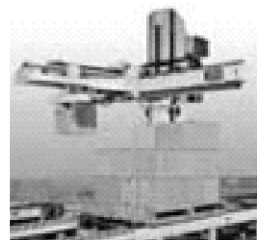
되어 있고, 후자는 1개의 마스트에 캐빈과 훅이 장치되어 있다. 운전방법은 수동, 반자동, 자동의 3종류가 있다. 적재하중 양은 주로 1~1.5t으로 1레인에 1개(고정물을 세는 단위)의 것과 트레버스를 설치하여 1기에 크레인을 커버하는 방식이 있다.



Stacker Crane



Bucket



로봇 팔렛타이저

[사진 2] 자동화 창고의 자동화 시설

고가 높고, 단위면적당 격납효율이 대단히 높으며, 랙크에 의한 적재방법에는 캔틸레버식, 횡적 형식 등이 있다. 입·출고 작업의 능률화를 계획하기 위해 더블 포크를 장치한 스택커 크레인과 보관효율을 높이기 위한 더블 랙크가 최근 사용되고 있다.

나. 자동화 시설

자동화 창고에는 스택커 크레인, 원격제어 및 관리시스템, 로봇 팔렛타이저, Free Flow Conveyor, Lifter, Dock Leveller, 전동지게차, 인테이너 및 각종 팔레트 등 자동화 시설이 있으며, 주요 장치로는 스택커 크레인이 있다.

스택커 크레인이란 고층 랙크창고 선반에 팔렛타이즈 화물을 넣고 꺼내는 크레인의 총칭이다. 구조는 크게 2종류로 나누어진다. 하나는 마루면에 하중을 지지하고 천장에 가이드 레일을 설치한 것, 다른 하나는 천장에 하중을 지지하는 가이드를 설치하여 크레인을 그 가이드에 매단 형식이다. 전자는 2개의 마스트와 좌우에 슬라이드하는 훅 및 캐빈이 장치

3. 물류센터의 화재이중 · 화재위험성 검토

가. 물류센터의 화재

미국의 FM(Factory Mutual), IRI(Industrial Risk Insurers), Kemper의 5년간 화재통계에 의하면 창고 화재가 전체화재에서 차지하는 비중이 화재건수에서는 14.2%에 불과하였으나 피해액에 있어서는 38.3%를 점유하고 있는 것으로 나타났다. 국내에서도 2000년의 경우 창고화재가 전체화재에서 차지하는 비중이 화재건수에서는 2.7%에 불과하나 피해액은 5.0%로 미국과 유사한 패턴을 보이고 있어 창고화재의 문제점을 실증적으로 보여주고 있다. 이는 창고가 적재하중(Live load) 및 화재하중이 많다는 특수성에 기인한 것으로 화재의 규모에 비해 인명의 피해는 상대적으로 적으나 재산의 피해가 크게 나타나고 있음을 증명하고 있다.

나. 물류센터의 보관 물품과 화재하중

(1) 물류센터의 보관 품목

물류센터는 창고의 종류(일반창고, 위험물품 보관창고, 냉장 및 냉동창고, 농산물창고, 기타 창고)에 따라 그 보관물품이 매우 다르며, 이러한 보관물품은 화재시 화재하중으로 작용한다는 측면에서 살펴보면 다음과 같다.

일반창고는 온도 조절장치 등 물품 보존에 필요한 특수한 시설이 없이 상온에서 보존이 가능한 물품을 보관하는 창고로 일반회사, 무역회사, 출판사, 도소매시장 등의 물품을 보관하며 다음과 같은 물품이 보관된다.

- 전자, 가전제품, 자동차용품 등 산업물류
- 출판사 도서 및 지류, 부수 자재
- 원단, 의류, 신발, 문구, 완구 및 잡화
- 내수용 재고품 및 원자재
- 수출입 상품 및 출하시기 조정상품
- 세무사 및 법무사 각종 보관서류 및 집기류
- 통조림, 한약재 등 실온보관이 가능한 식료품
- 각종 이사물품 등

위험물창고는 특별한 안전유지가 요구되는 발화성 또는 인화성 물질 등을 보관하는 창고를 말한다. 즉 화학적, 물리적 특성이 폭발성, 인화성, 독성 또는 부식성, 방사성이고 평균오염의 우려가 있어 인명, 선박, 화물 등에 손해를 줄 위험이 있는 위험물을 보관하는 창고를 말한다.

냉장창고는 생선, 육류, 냉동식품 등 농축수산물, 가공식품 선도를 유지할 목적으로 10℃이하의 온도로 보관하는 창고를 말한다. 보관온도에 따라 F급(-20℃이하), C1(-10℃~-20℃), C2(-2℃~-10℃), C3(10℃~-2℃)로 나뉜다.

농산물창고는 벌크상 또는 포장된 농산물을 냉장·냉동 이외의 방법으로 물품을 보관하는 창고를 말한다.

(2) 화재하중(Fire load)

화재시 인명과 재산을 보호하기 위한 화재차단의 정도를 결정하기 위해 화재하중을 평가해야 하는데, 화재하중이란 일정 구역 내에 있는 예상 최대 가연물질의 양을 말하며, 일반적으로 건물 내에 있는 가연성 구조체와 가연성 물품의 양을 말한다. 실내 가연물에는 여러 가지의 재료가 있고 연소시 발열량도 다르기 때문에 실제로 존재하는 가연물을 목재중량으로 환산하여 이용하는데 산정식은 다음과 같다.

$$q = \frac{\sum(Gt \cdot Ht)}{HoA} = \frac{\sum Qt}{4,500A}$$

q : 화재하중(kg/m²)

Ho : 목재 단위발열량(kcal/kg)

Gt : 가연물량(kg)

A : 화재실, 화재구획의 바닥면적(m²)

Ht : 가연물 단위발열량(kcal/kg)

∑Qt : 화재시 화재구획 내의 가연물 전체 발열량(kcal)

건축물에 작용하는 하중은 건물자체 중량인 고정하중, 바닥에 실리는 물품이나 사람의 중량인 적재하중, 바람에 의한 풍하중 등이 있으나, 화재시 화재하중으로 작용하는 것은 불연재를 제외한 적재하중이 대부분이며, 구조체 및 내부 마감재료 중 가연성 재료로 구성된 고정하중의 일부가 화재하중으로 작용한다.

그러나 물류센터의 화재하중에 대한 자료는 빈약하며, 물류센터의 종류(보관물품) 및 규모, 높이 등에 따라 화재하중은 많은 차이를 나타낼 수밖에 없고, 적재하중이 많다고 반드시 화재하중이 많다고 볼 수는 없다. 그러나 현실적인 측면을 고려 “건축물의 구조기준 및 설계기준”에 의한 적재하중을 살펴보면 <표 3>과 같다. <표 3>에서 보는 바와 같이

〈표 3〉 건축물의 종류별 적재하중

종 류		적재하중(kg/m ²)
주 택		200~300
병 원		200~300
숙박시설		200~500
사무실		250~500
학 교		300~500
판매장		600~600
집회 및 유흥장		400~700
체육시설		400~500
도서관		300~750
주차장	옥내	400~1,200
	옥내 차로와 경사로	600~1,600
	옥외	1,200~1,600
창 고	경량품 저장창고	1,200
	중량품 저장창고	1,600
공 장		600~1,200
지붕 및 옥상	100~500	
기계실		500
광 장		1,200

* 상기 표는 건축물의 하중기준(건교부 고시 제2000-153호)을 요약 정리한 것임

창고는 다른 건축물에 비해 적재하중이 1,200~1,600kg/m²으로 절대적으로 높다. 즉 물류센터 등 창고건축물 설계시 이 점을 고려한 건축물 주요구조부(벽, 기둥, 바닥, 보, 지붕, 주계단)의 내화성능에 대한 검토가 반드시 요구된다.

다. 자동화 창고의 화재성상과 위험성

창고화재는 일반적으로 저장된 물품의 표면에서 부터 시작하여 부채꼴 모양으로 확산되어 간다. 화재는 물질을 직접 가열, 연소시킴과 아울러 복사열이 가까운 주변 물질에 영향을 미쳐 연소확대를 용이하게 한다. 화재초기의 연소속도는 물질의 표면상

태에 따라 다르나, 반면에 화재의 지속시간은 저장 물질의 종류와 밀접한 관계가 있다. 저장된 물품들 사이의 공간이 넓으면 연소에 필요한 공기가 충분히 공급되어 화재는 빠르게 확산되고 반대로 공간이 좁으면 화재는 천천히 진행된다.

랙크식 창고는 보통창고보다도 연소가 빠르고 격렬하게 진행되는데 그것은 물질의 연소가능표면이 넓고, 연소에 필요한 충분한 공기량이 쉽게 공급될 수 있는 안정한 상태로 가열물이 적재되어 있기 때문이다. 스프링클러설비에 의한 살수조차도 랙크의 좁은 수직공간을 침투하여 효과적으로 소화하는데는 어려움이 있다. 랙크가 높고 공간이 좁을수록 물의 침투가 곤란하여 진화작업이 어렵다.

창고의 종류에 따라 다소의 차이는 있으나 최근에 발생했던 대규모 창고화재를 분석한 자료에 의하면 다음과 같은 몇 가지의 공통점이 발견된다.

- 대단위 창고건물은 화재하중이 매우 높고, 화재의 규모가 커서 내부에서 진화작업 및 인력소화가 극히 어렵고 위험하다.
- 랙크 사이나 크레인 통로, 또는 보관물과 보관물 사이에 공간이 있기 때문에 공기접촉 면적이 커서 연소하기 쉬운 구조이다.
- 방화벽과 방화문은 설치불량으로 화재가 확대된 이후에는 아무 쓸모가 없게 된다.
- 창고 관계자들 조차 일반적으로 인화성 액체 등의 위험물질과 일반물질을 구분하여 저장하지 않고 취급물질의 위험성을 모르는 경우가 많다.
- 포장재료가 금속과 종이 등의 재래식 물질에서 플라스틱과 같은 위험성 물질로 변환되고 있다.
- 화재하중이 높아 화재 초기단계에서부터 소화기 등의 수동소화설비로는 진화가 불가능한

경우가 많으며, 대부분 방화구획이 없어 전소 전손의 위험이 대단히 높다.

- 화재의 조기발견 및 신고, 스프링클러 작동, 소방대의 신속한 출동 등 모든 방재활동이 효과적으로 수행되었음에도 불구하고 연소확대를 저지하지 못하여 대형화재가 되는 경우가 많다.
- 냉동창고의 경우 배선, 모터, 램프 및 전열선(Heating elements)에 있어서 전기적 단락(short circuits)이 화재원인이 되고 있다.

4. 건축설계시 고려할 사항

이상의 자동화 창고의 종류와 보관물품, 화재하중, 자동화 창고의 화재성상과 위험성의 검토를 근거로 자동화 창고의 건축설계시 고려해야 할 사항을 제안하면 다음과 같다.

가. 물류센터의 자동화 시설 및 화재하중에 대한 검토

물류센터 스테커 크레인 등 자동화 시설의 가동에 대한 철저한 분석으로 발화의 가능성에 관한 검토가 우선시 되어야 하며, 이를 근거로 물류센터의 종류에 따라 화재하중으로 작용하는 보관물품의 양과 종류, 위험성 등에 대한 사전 검토가 반드시 필요하다.

나. 건축물의 내화구조 및 불연화

물류센터는 화재하중이 상당히 높고 출화로 인해 급격하게 연소되며 대형화재로 확대 붕괴의 가능성이 높다. 따라서 내화성능 및 내화시간을 근거로 주요 구조부의 철저한 내화구조 실현이 필요하며, 아울러 적극적인 내장재의 불연화 조치가 요구된다. 예를 들어 복합재료인 샌드위치 패널과 같은 건축

자재의 사용을 최소화하여야 한다.

다. 방화구획에 대한 검토

관련 법규정에 의해 방화구획이 없는 경우도 많으나 초기소화에 실패하면 전소 전손의 우려가 높다는 점과 대공간이라는 점을 고려, 방화구획의 의무 설치 대상이 아니라 하더라도 사용특성을 고려하여 적극적인 방화구획의 설치를 검토할 가치가 있다.

라. 상층연소 확대방지를 고려한 단면계획

다층 물류센터의 경우 타 용도의 건축물보다 내부 가연물(화재하중)의 과다로 상층으로의 연소확대가 용이하다. 따라서 입면상 스펀드렐(창문 아래의 벽체부분) 설치가 바람직하며, 층간에는 방화문 설치 등 화염의 상층연소확대 방지책이 필요하다.

마. 컴퓨터 시뮬레이션에 의한 화재안전성능 검토

화재는 근본적으로 실물 실험이 불가능하다는 측면에서 화재시 연기의 유동, 온도분포 등에 대한 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 설계 계획 단계에서 문제점을 찾고 이를 보완하는 절차가 바람직하다고 판단된다. ㉔

【참고문헌】

1. 건축관계제법규, 장동찬, 기문당, 2002
2. 로지스틱스 21세기(물류정책 발전사), 한국로지스틱스학회
3. 건축방재계획지침, 한국화재보험협회, 1997
4. 소방설비설계제도, 이용재, 예문사, 1998
5. 화재통계연보 2000, 행정자치부