랙크식 창고의 화재위험

1. 서 두

입체자동창고(이하 랙크식 창고라 한다)는 1965년에 처음 건설되어 경제의 고도성장에 따른 각종 물류의 증대와 더불어 합리화·공간 절약 및 에너지 절약화에 의한 물류비용 절감을 목적으로 증가해 왔다. 이는 적은 면적에 많은 물품을 수용할 수 있는 랙크식 창고가 기업의 니즈에 아주 잘 맞아떨어진 것이라 할 수 있다.

사회 니즈의 다양화로 다품종 소량의 상품이 요구됨으로써 보관·물류에서 그것을 가능케 하는 컴퓨터 관리의 자동랙크식 창고도 다양화·복잡화하고, 그 규모도 길이가 200m에 달하는 것, 높이가 30m에 달하는 것까지 출현하게 되었다. 그 결과, 수용품의 집적이 커지므로 일단 화재가 발생하면 그 영향이 창고 전체에 미쳐 막대한 손해를 초래할 위험성이 크나, 우리 나라와 일본에서는 랙크식 창고에서 큰 재해가 발생한 적이 없어 크게 문제삼지 않아 왔다.

1995년 11월 일본의 埼玉縣 소재 대규모 랙크식 창고에서 화재가 발생하였는데, 화재 당시 창고에 자동스프링클러설비가 설치되어 있었고 실제로 작동한 것으로 확인되었으나 소화에는 실패하고 말았다. 3명이 사망하는 인명피해와 거액의 물적 피해가 발생한 이 사건을 계기로 랙크식 창고가 안고 있는 각종 문제에 주목하게 되었다.

여기서는 (사)일본손해보험협회가 자동랙크식 창고의 화재위험에 대해 독자적으로 조사 연구한 「랙크식 창고의 화재위험에 관한 조사연구」라는 보고서의 개요를 소개한다.

2. 랙크식 창고의 개요

가. 랙크식 창고의 정의

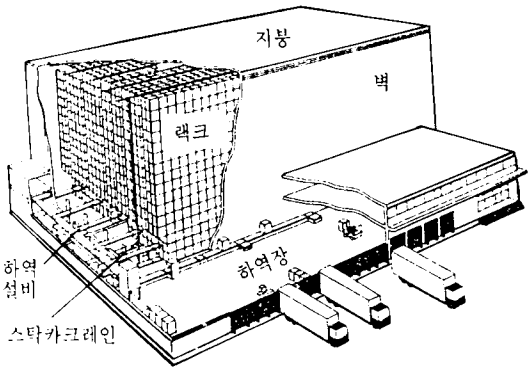
랙크식 창고는 물건을 입체적으로 보관하는 다단식 선반이 있는 창고이다. 그러나, 규모가 큰 랙크식 창고의 거의 대부분은 입출고에 스탁카 크레인이라 불리는 승강기를 이용하는, 입체자동창고·자동랙크창고라 불리는 것들이다. 그래서, 본 보고서에서 대상으로 하는 랙크식 창고는 「중·고층 선반(랙크)을 입체적으로 배치하고, 선반 사이를 주행하는 스탁카 크레인을 이용하여 자동적으로 입·출고할 수 있는 창고」라 정의하였다.

나. 랙크식 창고의 구조상의 분류

랙크식 창고는 구조상 아래 2종류로 분류된다.

(1) 빌딩식

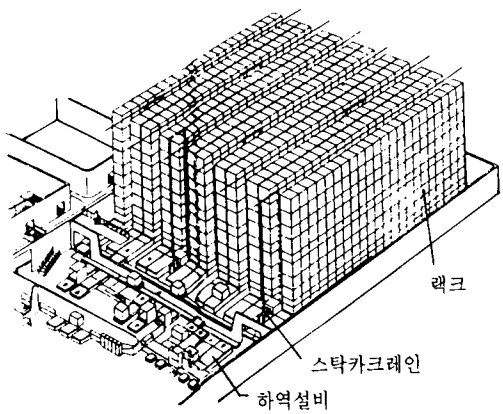
랙크식 창고의 주요 구조부로 그 지붕 및 외벽을 지지하고 있는 것(그림1 참조).



【그림 1】 빌딩식

(2) 유니트식

천장이 높은 건물 옥내에 랙크가 따로 설치되는 것(그림2 참조).



【그림 2】 유니트식

다. 랙크식 창고의 보급상황

일본에서는 1965년에 처음으로 도입되었다. 1965년 당시는 그 시대의 인기 산업이었던 가전·자동차 메이커에서의 도입이 많았다. 그 후 랙크식 창고의 사용층이 확대되어 감에 따라 그 사용 목적도 다양해져, 사용용도에 따른 전용 랙크식 창고가 증가하였다.

(1) 자동차용 자동창고

(2) 위험물용 자동창고

(3) 신문용지 보관 자동창고

(4) 냉동 자동창고

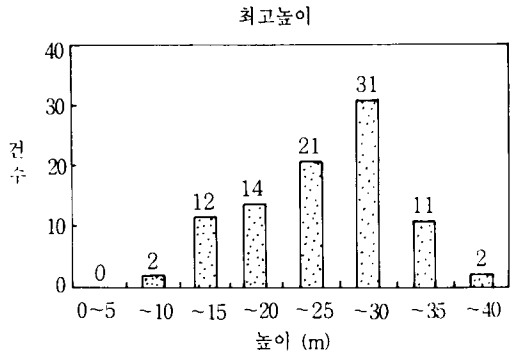
(5) 금형 보관용 자동창고

(6) 크린룸용 자동창고

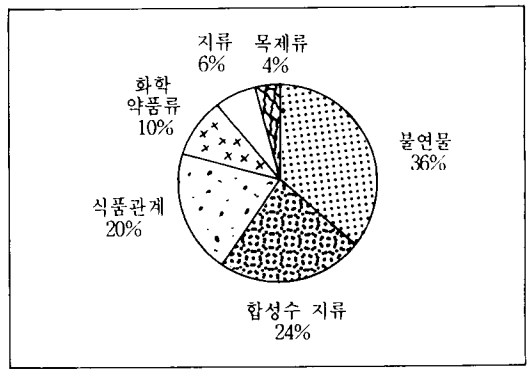
(7) CA저장 자동창고 등

라. 랙크식 창고의 실태

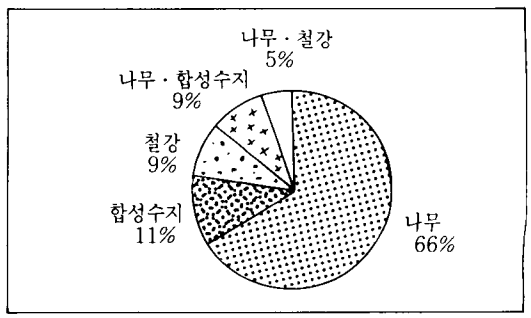
일본의 대표적인 랙크식 창고의 높이, 수용물, 팔레트, 곤포재 상황을 그림 3~6에 정리하였다.



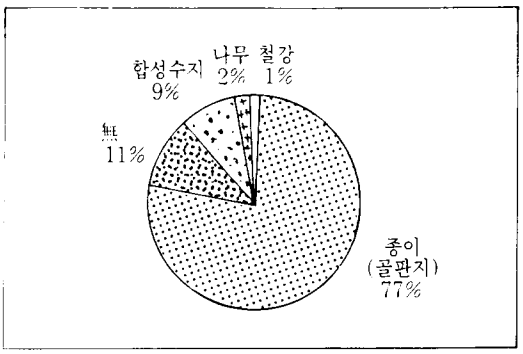
【그림 3】 랙크식 창고의 최고높이



【그림 4】 수용물의 종류



【그림 5】 팔레트의 재질



【그림 6】 곤포재의 종류

3. 랙크식 창고의 화재성상

가. 타기 쉬운 보관상황

연소에는 가연물과 공기(산소)와 열(화원)이 필요한데, 타기 쉬운 정도는 공기의 양에 비례한다. 랙크식 창고는 랙크 사이나 스탁카 크레인 통로 또는 수용물과 수용물 사이에 공기가 있고 수용물의 공기접촉면적이 크게 되어 있어 연소하기 쉬운 구조라 할 수 있다.

랙크 내에서 발화하면 불꽃과 고온기체는 상부 수용물을 가열하면서 수용물의 공간과 스탁카 크레인 통로를 경로로 상승해 간다. 불꽃과 고온기체는 천장에 달하면 천장면을 타고 수평으로 확대하며 다른 랙크에 있는 수용물도 차례로 연소시킨다. 또한, 수용물에 플라스틱 등 석유제품이 포함되어 있으면 화재의 열로 녹아 아래로 떨어지고, 기화하여 연소 확대하며, 화재가 아래쪽에서도 확대하여 延燒를 조장한다.

나. 가연물의 집적

자동랙크식 창고는 천장까지의 높이가 30m(10층 건물에 상당)를 넘는 경우가 있으므로 수용물이 높이 쌓이는 형태가 된다. 게다가 수용물을 반출·입하는 통로를 좁게 하여 수용공간이 점하는 비율이 아주 크다. 대량의 가연물을 수용하는 건물에서는 발화하여 어느 정도 성장하면 스프링클러나 옥내소화전의 소화력으로도 맞설 수 없을 정도로 격렬히 연소, 발열하는 수가 있다. 자동랙크식 창고에서 초기소화에 실패하면 전소·전손에 이르는 일이 많은 것은 이 화재하중이 크기 때문이다.

다. 불연품도 탈 수 있는가

불연성 물품만을 수용하는 것이라면 화재위험은 확실히 적으나, 금속제품은 플라스틱 부속품을 일부분으로 조립하는 경우가 대부분으로, 모두가 불연재료로 만들어지는 것은 아니다. 또한, 수용품 자체는 불연성이라도 포장재는 대부분이 가연성 재료를 사용하고 있고, 팔레트도 나무 또는 플라스틱을 사용하고 있어 창고 내에 가연물이 있다는 사실에는 변함이 없다. 따라서 금속제품과 같은 불연성 물품을 수납하는 창고라도 화재하중은 역시 높아져 대화재로 발전할 우려는 여전히 사라지지 않는다.

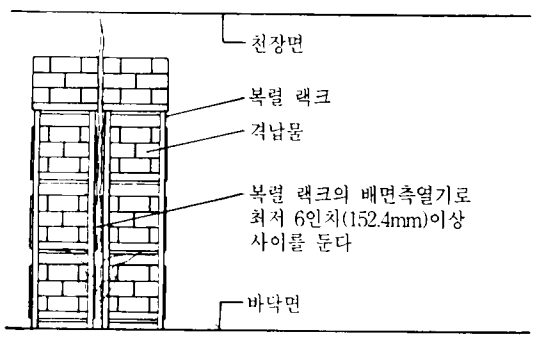
라. 방화구획이 없는 대공간

화재 발생 시 거대손해를 피하기 위해서는 한정된 범위 내로 화재를 억제하고, 다른 부분으로 연소하지 못하게 하는 조치가 필요하다. 내화구조 바닥이나 벽에 의한 방화구획은 연소를 방지하고 손해를 국한시키기 위한 가장 유효한 수단 중 하나이다. 그런데, 자동랙크식 창고의 경우, 스탁카 크레인의 주행을 위해 거대공간임에도 불구하고 내부의 방화구획이 곤란하다. 따라서 화재의 초기소화에 실패하면 전소·전손할 위험성이 대단히 높다.

마. 연돌 효과에 의한 연소

가연물의 연소는 수평방향보다도 수직방향 쪽이 속도가 빠르다. 자동랙크식 창고는 수납물이 높이 쌓아져 있으므로 수직방향으로의 연소속도가 보다 빨라지는데, 랙크 자체의 구조에도 크게 영향을 받는다.

랙크식 창고의 경우, 격납물과 인접한 격납물과의 공간, 복렬 랙크의 뒤쪽 수납물간의 틈, 크레인 통로의 폭, 랙크의 형식 등 각 요소가 화재 확대에 관련하고 있다. 특히, 熱氣路(flue space)라 불리는 인접 수납물간의 틈(transverse flue space)과 복렬 랙크의 뒤쪽 수납물간의 틈(longitudinal flue space)은 위쪽으로 불꽃과 열을 급속히 전파시키는 공간이 된다(그림 7 참조).



【그림 7】 랙크의 구조와 熱氣路

4. 랙크식 창고의 화재위험의 특징

가. 인력 소화가 곤란

랙크식 창고의 건물구조상 특징으로 아래와 같은 사항을 들 수 있다.

(1) 출입구나 창 개구부가 아주 적다.

(2) 사람이 다닐 수 있는 통로가 없다.

(3) 거대공간을 형성하여, 방화구획하기 어렵다.

(4) 유효한 배연설비를 설치할 수 없다.

(5) 나철골을 사용하는 경우가 많다.

이러한 구조상의 특징은 아래의 같은 현상을 야기하여 인력 소화를 곤란하게 한다.

(1) 무창 또는 무창에 가까운 구조이므로 화재로 정전이 되면 랙크식 창고 안이 캄캄해진다.

(2) (1)과 같은 이유로 연기가 충만하기 쉽다.

(3) 사람의 진입로가 좁다.

(4) 화재로 발생한 열이 채여 옥내가 고온화한다.

(5) 나철골이 화재시 고열로 座屈·湾曲한다.

(6) 아래쪽에서 위쪽으로의 유효 주수가 어렵다.

나. 가치 집적에 따른 대손해 발생위험

랙크식 창고는 대량의 물품을 효율적으로 수납하기 위한 것이므로 필연적으로 가치의 집적장이 된다. 집적되어 있는 물품의 평가액이 수억엔, 수십억엔인 것도 드물지 않고, 때로는 수백억엔에 달하기도 한다.

이와 같이 가치의 집적에 대한 방재대책으로 랙크식 창고에는 일반적으로 방화벽, 스프링클러설비, 소화전설비, 제연설비 등이 설치되어 있다. 그러나, 이들 소방설비는 궁극적인 안전을 보장하는 것은 아니고, 완전한 방화구획이 없는 한 전소할 가능성은 여전히 남아 있다. 스프링클러설비 등의 소방설비가 설치되어 있던 랙크식 창고라도 전소하여 수백억엔에 달하는 손해를 일으킨 화재사례가 얼마든지 있다.

다. 건물 외부에서의 유효 주수도 불가능

랙크식 창고는 물품의 효율적인 수납을 첫째 목표로 세워진 것이므로 일반적으로 창 등 개구부가 적다(방범 상으로도 이것이 유리). 따라

서 일반 건물과 같이 개구부를 파괴하여 건물 내부로 주수할 수 없다. 이는 건물 외부에서의 소화활동(주로 옥외소화전, 소방펌프차에 의한 소화활동)을 곤란하게 한다. 과거의 화재에서도 옥외에서의 소화활동은 거의 효과가 없었다.

라. 화재의 조기발견이 곤란

랙크식 창고 내 물품 반출입·소화설비 등의 기계는 대부분 자동화되어 랙크식 창고 내에서 사람이 상주하는 일은 거의 없다. 사람이 랙크식 창고 주변에 상주하고 있더라도 랙크식 창고 내는 물품이 고밀도로 수납되어 있으므로 창고 전체를 눈으로 감시하기는 어렵다. 또한, 천장이 높아 천장에 붙어 있는 화재감지기로는 화재의 조기감지가 곤란하다.

마. 랙크 자체의 붕괴 위험

랙크에는 내화피복이 안된 나철골이 사용된 경우가 많다. 때문에 화재시의 고열로 철골이 좌굴·만곡하여 랙크 자체가 붕괴할 위험이 있다.

이를 방지하기 위해 스프링클러설비 등의 소화설비는 화재의 소화뿐 아니라 랙크의 냉각효과도 담당하고 있다.

바. 화재장소에 유효 주수가 곤란

(1) 사람(옥내소화전)에 의한 주수

랙크식 창고 안은 랙크가 천장 부근까지 정연하게 늘어서 있고 그 랙크와 랙크 사이는 스탁카 크레인이 주행하는 공간뿐이다. 따라서 조기에 화재를 발견한다 하더라도 좁은 통로에 막혀 화원에 접근하는데 시간이 걸린다. 또한, 높은 곳에서 화재가 발생한 경우에는 올라가기 위한 전용 사다리가 없으므로 때로는 주수가 화원에 닿지 않는다.

(2) 자동소화설비(스프링클러)에 의한 주수

스프링클러설비가 화재를 감지하면 스프링클러 헤드에서 물이 방출된다. 이 스프링클러 헤드는 랙크 안에도 구석구석 설치하도록 소방법에서 규정하고 있다. 그러나, 랙크식 창고는 몇 단이나 되는 선반이 설치되어 있으므로 각 단에 스프링클러 헤드가 없으면 화재 감지가 지연될 뿐 아니라 선반 때문에 유효하게 화원에 방수되지 않는다.

사. 팔레트의 위험성이 가미

팔레트는 랙크식 창고에서는 없어서는 안될 수용보조기구이다. 그러나, 한편으로 연소를 촉진하는 공기를 보유하고 있으므로 적하 수평방향으로의 연소를 돕는다는 문제점을 안고 있다.

(1) 목제 팔레트

목제 팔레트는 이전부터 가장 많이 이용되고 있다. 이 팔레트는 몇 번 사용하면 끝에 거스러미가 일어나 작은 화원으로도 착화하기 쉬워진다. 랙크식 창고 내에는 큰 공간(공기)이 있고 가연물이 마주 보고 있으므로 빠른 속도로 연소확대된다.

(2) 플라스틱제 팔레트

플라스틱 팔레트는 그 화학적 조성상의 연소특성과 형상에서 오는 연소 용이성에 따라 화재위험도에도 차이가 난다. 그러나, 일반적으로는 플라스틱은 연소하면 다량의 연기를 발생시키고, 소화활동을 현저히 곤란하게 하는 것이다.

5. 랙크식 창고의 소화대책

가. 랙크식 창고에 유효한 소화설비

(1) 스프링클러설비에 의한 방호

스프링클러설비는 스프링클러 헤드가 발화시의 열로 일정온도에 달하면 헤드의 감열체가 작동하고, 방수구가 열려 압력수가 헤드의 디플렉터(반사판)에 충돌하여 일정한 범위로 살수되어 소화하는 것이다. 급수관 내의 압력저하로 자동적으로 소화펌프가 운전되어 급수를 한다.

스프링클러설비에서는 급수원 용량분의 물을 계속적으로 살수할 수 있다고 생각할 수 있다. 랙크식 창고와 같이 스프링클러 헤드로부터의 살수가 직접 닿지 않는 곳이 있는 대상물이라도 장시간의 방수에 의한 냉각효과 등으로 화재 억제, 진압을 기대할 수 있다.

또한, 소화에 사용되는 것이 물이라 인체에 미치는 영향이 거의 없으므로, 사람이 창고 내에서 작업하는 경우라도 스프링클러설비를 가동상태로 유지할 수 있다.

(2) 가스계 소화설비(자동)에 의한 방호

랙크식 창고에서는 창고 내에 설치된 화재감지기가 초기단계에 화재를 감지하기란 대단히 어려워, 감지했을 때에는 이미 화재가 확대되어 버린 후이다. 따라서 가스계 소화설비로는 화재 초기단계에 설비가 작동하기를 기대할 수 없다. 또한, 이 소화설비로 유효하게 진압하기 위해서는 방화구획 내에서 가스의 농도가 일정 이상이 되어야 한다. 랙크식 창고에서는 그 특성상 小방화구획화가 곤란하여 가스계소화설비로 방호하는 경우에는 상당량의 가스를 유지해야 하므로 사실상 불가능하다고 생각된다.

(3) 포소화설비(포 헤드)에 의한 방호

포소화설비가 유효하게 작동하기 위해서는 방출된 포가 직접 화원에 도달해야 한다. 또한, 포 상태에서는 연소에 의한 상승기류의 영향이 크므로 포 헤드에서 화원까지의 거리는 짧은 것이 바람직하다. 랙크식 창고를 포소화설비로 방호하는 경우, 화원에 직접 포가 도달하기 위해서는 랙크의 각 단에 포 헤드를 설치해야 하므로 기술적으로나 비용면에서나 부담이 커서 실현하기 어렵다.

(4) 물분무소화설비에 의한 방호

물분무소화설비는 방호구획 내에 안개 상태의 물을 직접 방사해야 하므로 포소화설비와 마찬가지로 랙크식 창고를 물분무소화설비로 방호하기는 곤란하다.

(5) 분말소화설비에 의한 방호

랙크식 창고를 분말소화설비로 방호하는 경우, 전역방출장치는 다량의 분말소화약제량을 유지해야 하므로 실제 설치는 곤란하고, 국소방출장치는 포소화설비와 같은 이유로 설치가 곤란하다. 또한, 가스계 소화설비처럼 분말소화설비는 1회에 분말약제 전량을 방출하므로 작동 후에 진화를 확인하고, 경우에 따라서는 방수로 진화시킬 필요가 생기므로 분말소화설비는 랙크식 창고의 방호에는 적합치 않다.

위에 서술한 바와 같이 현 시점에서 랙크식 창고를 방호하는 소화설비로 적당한 것은 스프링클러설비이다.

나. 기존 랙크식 창고의 개조방법

기존 랙크식 창고의 방화대책과 소화효과를 향상시키는 근본적인 방법은 없으나 다음의 사항을 검토·실시함으로써 소화효과를 높일 수 있다.

(1) 수평방호벽을 설치한다.

헤드가 설치되어 있는 부분 바로 위에 「수평방호벽」을 설치할 수 있으면 수직방향으로의 연소확대를 방지하는 효과를 기대할 수 있다.

(2) 페이스 헤드를 설치한다.

적재된 물품의 틈이나 통로 부분으로 화재의 열이 전달되므로 그 부분에 면하도록 스프링클러 헤드를 증설할 수 있으면, 스프링클러설비의 소화

효과 향상을 기대할 수 있다. 그러한 헤드를 페이스 헤드라 하고, 통로면에서 45㎝ 이내로 설치하는 것이 기준이 된다.

(3) 급수원을 확장한다.

소방법 기준으로 설치한 스프링클러설비에서는 수원 용량은 20분간의 방수가 가능하도록 설계·시공되어 있는 경우가 많다. 그런데, 랙크식 창고에서 실제 화재가 발생하면 완전소화까지는 20분 이상을 요하므로 수원용량의 확대가 필요하다. 그러나, 수조는 지하에 설치되어 있는 경우가 많아 확장이 불가능하므로 수조로의 보급장치 능력(배관 크기를 굵게 하거나 보급계통을 증설)을 향상시키는 것을 검토하는 것이 현실적이다.

(4) 소화펌프를 토출량이 큰 것으로 한다.

토출량을 크게 함으로써 설정 이상의 화재규모가 되더라도 어느 정도의 대응을 기대할 수 있다.

(5) 천장 부분의 헤드를 고온 타입으로 교환한다.

헤드의 일반적인 작동온도는 72℃인데, 이 온도에서는 화재시 랙크식 창고의 천장부분에서 광범위하게 헤드가 작동(개방)하여 실제 화재장소에 충분히 살수할 수 없게 될 우려가 있다. 그러나, 천장부분의 헤드를 고온(139℃가 그 일례)에서 작동하는 타입으로 교환하면 필요 이상의 헤드 작동(살수)을 제한하여 소화효과를 향상시킬 수 있다.

(6)) 하역 부분과 창고 부분을 방화적으로 구획한다.

각종 컨베이어나 동력기계가 설치되어 있거나 작업원이 오가는 하역 부분은 창고부분보다도 화재위험이 크다. 하역부분의 화재 시에는 소화전이나 소방자동차에서의 방수도 유효하게 대화재를 방지할 수 있다. 그러나, 하역 부분에서 발화하여 랙크 창고 내로 연소 확대하면, 전술한 바와 같이 인력 소화가 불가능해져 막대한 손해를 초래하게 된다.

이러한 사태를 방지할 수 있도록 하역 부분과 창고 사이는 방화벽과 방화문으로 구획하여 연소를 저지할 수 있도록 해야 한다.

또한, 방화문으로 방화셔터를 사용하는 경우는 셔터가 화재시 열로 뜨거워져 복사열로 반대측 가연물을 착화시킬 위험이 있으므로 셔터 냉각용 스프링클러 헤드를 셔터 상부에 설치해야 한다.

(7) 연결송수구의 설치를 검토한다.

랙크창고 옥외에 「연결송수구」가 있으면, 스프링클러설비의 소화펌프만으로 송수능력이 부족하거나, 수원이 부족해 헤드로부터의 살수가 중단되는 경우에 출동한 소방펌프자동차에서 스프링클러 펌프 대신에 창고 안으로 송수할 수 있다. 따라서, 현재 창고에 연결송수구가 없는 곳에는 설치하는 것이 바람직하다.

"火災(98. 6)"에서 발췌