

제201호

2011. 01

위험관리정보

□ 방재정보

- ✓ 제지 공장 손실 예방에 관한 고찰 / 1
- ✓ 스프링클러 설비용 빌딩 코드 내진 요건과
현장 시스템에 따른 특별한 인터페이스 요건 / 7

□ 신착자료 목록 / 13

□ 안내

- ✓ 판매도서 안내 / 19



WWW.KFPA.OR.KR

제지 공장 손실예방에 관한 고찰

Noura Milardo

1. 제지공장의 화재특성

롤페이퍼(말린 상태로 저장·운반되는 종이; Roll Paper) 저장이 심각한 화재위험을 가지고 있다는 것은 전혀 새로운 사실이 아니다. 이 위험은 경제적인 문제로 인한 적재 높이의 증가, 건물의 층고 증가, 좁아진 통로 공간으로 인해 더욱 커질 수 있다. 롤페이퍼 적재장소가 적절하게 보호되지 못하면 화재발생시 순식간에 연소 확대될 수 있다. 부적절하게 보호된 시설에서는 노출된 구조강재가 구조적으로 붕괴되는 온도에 쉽게 다다르게 될 수 있다. 강재의 굴절(deflection)은 스프링클러 설비 배관을 파손시켜, 가장 중요한 타이밍에 화재 보호 시스템을 앓아가 버릴 수 있다.

적재된 롤페이퍼는 아주 빠르고 급속하게 타들어간다. 쌓아올려진 종이 기둥(paper column) 측면에서 위쪽을 향해 움직이는 화재 확산속도는 상당히 빠르고, 화재는 통제 불가능한 수준에 다다를 수 있다.

적재물 배치는 이러한 위험을 이해하는데 중요한 요소 중 하나이다. 화재안전 측면에서 권장되는 적재 방법은 클로즈 배열(closed array)로, 이것은 동일한 직경의 롤을 4개 이상 붙여서 틈새가 없게 적재하는 방법이다. 공간절약과 함께, 이러한 배열은 아주 중요한 보호적인 장점이 있다. 이렇게 하면 종이가 풀리거나 벗겨지는 것을 막을 수 있다. 또한 공기 공급을 제한하여서 화재 성장속도를 감소시키고, 화재 강도도 상대적으로 작다. 하지만, 롤페이퍼를 이동하는데 필요한 장비들(클램프 또는 리프트 트럭, 크레인 등)은 이격거리와 공간이 필요하므로 이렇게 클로즈 배열에서는 운용하기 힘들다. 트럭이 움직이기 위해서는 오픈 배열이 사용될 수 있다.

오픈 배열은 롤페이퍼를 두 방향 모두 10cm 이상 띄우는 방법으로, 롤페이퍼 크기가 균일하지 않을 때 주로 사용한다. 이 배열은 스프링클러 설비의 방호에 큰 도전이 된다. 롤페이퍼 사이가 증가하면 간격으로 인해 종이가 쉽게 떨어져 나가고 연기의 이동 공간에서의 연돌효과에 의해서 더 빠른 수직 화재 확산속도를 나타낸다.

가능하다면 동일한 크기의 롤은 같이 적재되는 것이 바람직하다. 롤의 직경이 다르게

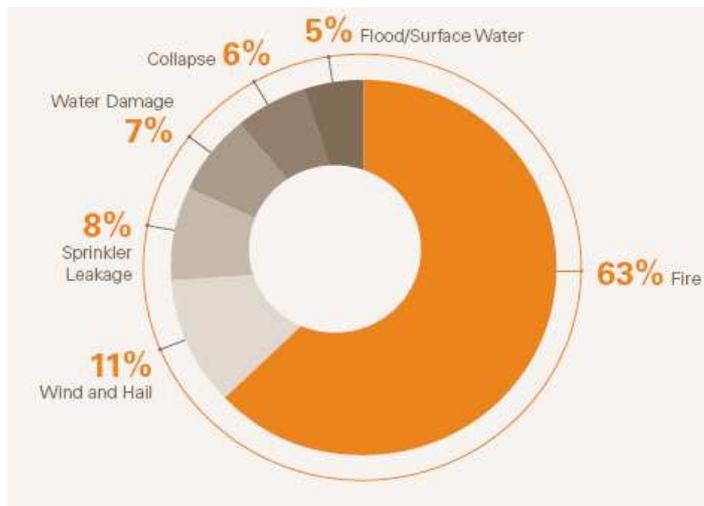
되면 적재물 사이의 간격이 더 커지게 마련이다. 화재는 이러한 배열에서 더 빨리 성장하고 종이 가 벗겨지기 쉽고, 연도와 같이 공기를 공급하는 공간으로 인해 연소가 용이하게 된다. 한 적재물에서 옆의 적재물로의 열복사는 이 위험성을 더욱 크게 만들고 화재를 더 심각하게 한다.

적재물 높이와 이격거리도 고려해야 할 변수이다. 화재 테스트와 실제 화재에서 경험한 바와 같이 적재 높이가 증가할수록 위험도 증가함을 알 수 있다. 주어진 롤페이퍼 창고에서 스프링클러 설비가 효과적이려면 적재 높이에 따라 적절하게 설계되어야 한다. 묶음(banding)과 포장(wrapping)은 화재에 노출되는 것을 줄여줄 수 있다. 또한 이것은 종이의 이탈을 방지하는 데 큰 효과가 있다. 손으로 짝 조이는 강철 소재로 묶는 방식도 효과적이다. 단, 플라스틱 밴드는 피해야 한다.

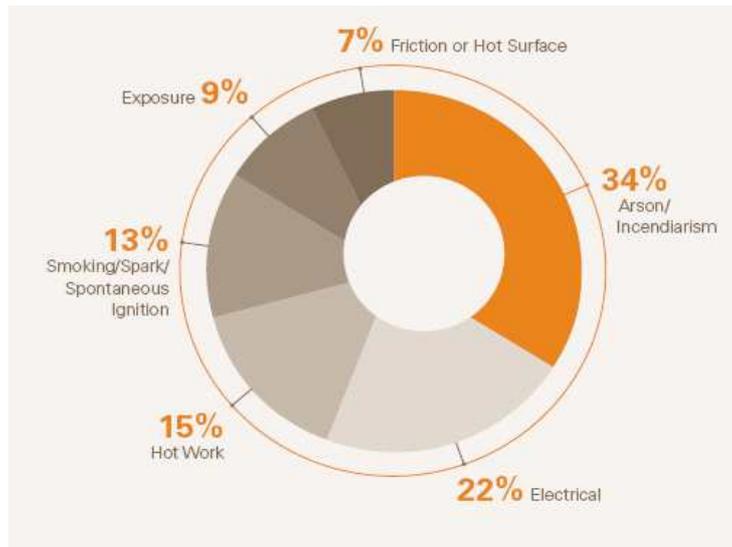
경량 종이 및 중간 무게의 종이를 포장(wrapping)하는 것의 이점은 두 가지이다. 포장하면 이탈을 방지하고, 또한 경량 종이의 화재 위험을 감소시킬 수 있다.

2. 제지공장 손실 통계

손실 통계자료를 분석해 보면 제지공장의 특성상 누수에 의한 화재 이외에 누수에 의한 손실액도 10% 가까이 나타남을 볼 수 있다. 하지만 그림 3의 그래프에서 볼 수 있듯이 스프링클러 설비가 설치되지 않은 공장의 사고 손실액은 스프링클러 설비가 설치된 경우의 6배에 달하므로, 스프링클러 설비 설치의 효과가 큼을 알 수 있다.



<그림 1 제지공장 손실 사고별 분포도>



<그림 2 제지공장 화재 원인별 분포도>

<표 1 사고 유형별 사고 건수 및 손실액 (1987-2002)>

구분	사고 건수	사고 비율(%)	손실액 비율(%)
화재	89	22.9	63
스프링클러 설비 누수	96	24.7	9.6
강풍	28	7.2	7.0
붕괴	20	5.3	7.4
홍수	16	4.1	3.7
수손	118	30.4	7.8
기타	21	5.4	1.5
총계	388	100	100

<표 2 화재 사고 원인별 사고 건수와 손실액(1987-2002)>

구분	사고 건수	사고 비율(%)	손실액 비율(%)
외부연소	5	5.6	30.4
방화	18	20.2	5.2
용접	3	3.4	5.1
전기적 문제	13	14.6	11.1
마찰 또는 고온표면	8	9.0	4.5
스파크	4	4.5	1.8
자연발화	4	4.5	1.1
흡연	5	5.6	2.5
기타 또는 미상	29	32.6	38.3
총계	89	100	100

3. 제지공장 화재 사례(시나리오)

한 행인이 새벽 3시에 제지공장시설의 화재를 발견하여 신고한다. 공장은 밤에는 상주 인원이 없는 상태로 종업원은 아무도 현장에 있지 않았고 스프링클러 설비도 설치되지 않았다.

화재의 정확한 원인은 파악되지 않았고, 6,000톤이 넘는 롤페이퍼는 화재가 건물 전체(4,645m²)로 연소 확대되어 가는데 충분한 가연물을 제공하였다. 가능성 있는 화재원인으로는 롤페이퍼 근처에 있는 전기설비의 고장이다. 화재로 인하여 건물의 철골구조는 심하게 훼손되었고, 스틸 지붕데크는 붕괴되었다. 소방대가 화재를 진압하는데 무려 일주일이 걸렸다.

긍정적 요소

- 소방대의 신속한 대응으로 화재가 연소 확대되는 것을 방지할 수 있었고, 공장의 생산시설까지 연소 확대되지 않았다.
- 불연성 단열재를 사용한 샌드위치패널이 화재확산에 기여하지 않았다.
- 소방대가 이 공장에 익숙하였고, 프로판 가스 용기들을 안전한 장소로 신속히 이동시켰다.

부정적 요소

- 스프링클러 설비가 설치되지 않아 전체 저장 창고에 걸쳐 화재가 확산되었다.
- 화재발생시 아무도 현장에 없어 즉각적인 대응이 불가능하였다.

사업적인 영향

- 주 생산시설은 아무 영향을 받지 않았으나, 원자재를 신속히 재조달하기 위해 추가 비용이 발생
- 500만 달러의 재산손해와 100만 달러 이상의 기업휴지손해 발생

어떻게 했더라면 손해를 최소화할 수 있었을까?

- 스프링클러 설비를 설치하였더라면 손해를 크게 줄일 수 있었으며, 스프링클러 설비는 화재 확산을 방지하고 소화활동을 용이하게 한다.

- 롤페이퍼에 밴딩 포장을 했으면, 종이가 흩어지는 것을 방지할 수 있다.

제지공장 방호 특성

종이의 종류를 파악하고, 방호방법을 설계하라.

에어로졸이나 플라스틱 등과 같은 고위험 물품들과 같이, 롤페이퍼는 다양한 수준의 위험성을 내포하고 있다. 대규모 화재시험 결과, 종이의 질(grade) 또는 중량이 화재 심도에 영향을 준다는 것을 보여주고 있다. 경량 종이 화재는 스프링클러 헤드를 더 많이 작동시키며, 고온을 형성한다. 또한 중량(heavyweight) 종이 화재보다 더 심각한 손실을 나타낸다.

분류: 중량 무게: 98g/m ² 이상 화재: 상대적으로 약함 예: 골판지, 종이박스, 브리스틀 판지 ¹⁾ 주의: 롤페이퍼 중 가장 화재심도가 작지만, 여전히 위험물질이다.	분류: 중간 무게 무게: 49g/m ² ~98g/m ² 화재: 격렬하지만 경량종이 보다는 약함 예: 책, 신문지, 봉투 주의: 종이 표면에 광택이 있다.	분류: 경량 무게: 49g/m ² 이하 화재: 격렬 예: 티슈, 화장지, 냅킨, 종이타월, 담배종이 주의: 무척 위험한 물품이므로 적재 높이 및 저장량을 제한할 것을 권장한다.

FM-Global의 시험 연구 결과

최근의 FM-Global 리서치 캠퍼스에서의 롤페이퍼 관련 연구는 여러 방향으로 수행되고 있다. 그 중 하나는 롤페이퍼 제품의 분류 기준의 제정이다. 즉 예전에는 오직 종이의 단위 중량으로만 화재 위험을 산정하던 것을 종이의 '종류(type)' 과 '중량(weight)' 을 보고 화재 위험을 산정할 수 있도록 하는 것이다.

또 하나의 연구는 롤페이퍼 묶음(banding) 소재에 관해서이다. 그동안의 연구 결과는

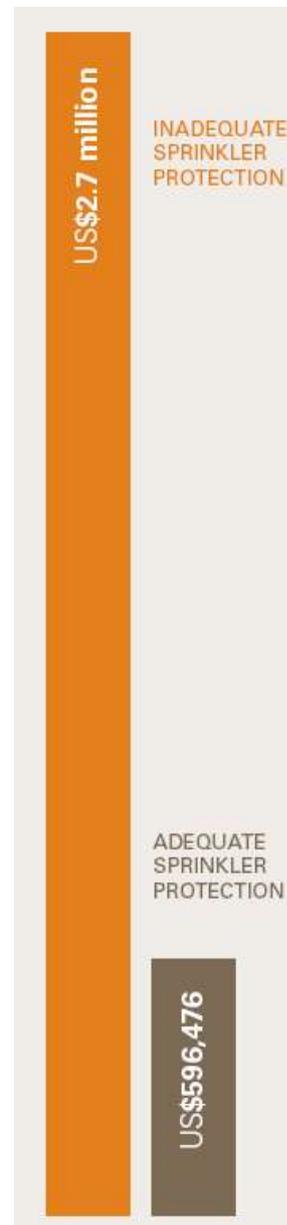
1) 명함, 도화지 등에 쓰이는 두꺼운 종이

롤페이퍼 둘레를 금속소재로 묶는 방식이 종이의 탈락 등을 방지하여 화재위험을 감소시킴을 보여주고 있다. 하지만, 이 금속 묶음장치가 갑자기 풀려서 튀어나오면 상당히 위험할 수 있는 문제를 수반하게 된다.

FM-Global의 시험연구는 소규모(bench-scale), 중간규모, 대규모의 세 가지 방식으로 수행되고 있는데, 소규모 시험은 여러 가지 종류의 롤페이퍼에 대한 특성시험을 수행하고 있다. 이것은 롤페이퍼 상품의 위험분류 기준을 정립하는데 필요한 시험들이다.

중간규모 시험은 여러 가지 롤페이퍼 저장방법, 즉 클로즈, 기본, 오픈 배열에 따른 상대적인 화재 위험, 배열 사이 이격거리에 따른 화재 위험 등에 대해 연구한다.

대규모 시험은 다양한 종류의 저장 방식에 따른 적절한 방호 방법을 찾기 위해 실시한다. 이러한 일련의 시험들을 통해 최적의 방호 방법을 찾아내려 하고 있다. 롤페이퍼는 상당히 빠른 화재 확산속도와 강력한 화재 플룸을 생성하므로, 이 강력한 화재플룸을 통과할 수 있는 강력한 모멘텀을 가진 큰 물방울을 생성할 수 있는 스프링클러 설비를 채택하는 것이 필요하다는 것을 알 수 있게 되었다. 즉 작은 물방울은 쉽게 증발되고, 화재 플룸에 의한 연소표면으로부터 튕겨나간다. 따라서 조기에 반응하고 저온도에 반응하는 대구경 오리피스 스프링클러 헤드가 롤페이퍼 화재시 화재확산을 방지하고 화재 및 연기 피해를 줄이는 데 아주 효과적인 것이 이러한 시험들을 통해 밝혀졌다. 이러한 시험 결과들은 FM-DATASHEET 8-21(Roll Paper Storage)에 반영되어 기술자들과 사업자들이 참조할 수 있다.



<그림 3 스프링클러 설비 설치시와 미설치시의 손해액 비교(제지 공장 사고사례)>

출처 : REASON 2010년 2호
 번역 : 위험사업부문 조사연구팀 대리 유희정