

# 제지공장 화재분석 및 예방대책

글 최진만 경기오산소방서 구조대장

## 1. 머리말

식물성 섬유나 펄프를 소재로 만들어진 종이는 우리의 생활주변에서 매일 접하고 있는데 재질에 따라 다른 물품을 보관하는 포장재로 이용되는가 하면 직접 활자를 써 넣을 수 있는 신문이나 각종 메모지, 서책 등으로 생산되어 쓰이고 있다. 그러나 구입이 쉽고 휴대가 간편하기 때문에 길거리에 아무렇게나 버려지기도 하는데 종이류 자체만 연소한다 하더라도 야적장에 쌓여진 형태이거나 구획된 공간에서 촘촘한 형태로 보관중일 경우라면 잠재된 열량이 매우 클 수밖에 없다. 목재나 합성수지류, 가솔린 등과 비교할 때 종이류는 발열량이 극히 낮은 수준이지만 밀집된 상태에서는 장기 고온상태를 유지할 수 있다는 것이다. 주택이나 공장화재와 달리 집적된 종이류에 착화된 경우에는 실내 또는 실외를 구분하지 않고 쌓여있는 종이더미 자체를 하나도 남김없이 들어내거나 파헤쳐야 한다는 화재진압 상 어려움도 있다. 일단 한 번 종이에 착화된 불씨는 가연물 내부 깊숙이 파고 들어가 지속적으로 연소를 유지하려는 반면 소화수의 침투가 용이하지 않기 때문에 최후의 종이 한 장까지 살살이 확인하

지 않는다면 재발화(Rekindling fire)의 우려가 높아질 수밖에 없기 때문이다.

## 2. 제지공장 화재분석

### 가. 일반사항

- (1) 발생 일시 : 2012년 2월 12일 11:07
- (2) 장 소 : 경기 오산시 ○○제지공장
- (3) 건물 현황 : 조립식 샌드위치패널 1동 2층, 15,705㎡
- (4) 화재 원인 : 기계적 요인(컴프레서 순환불량)

### 나. 화재상황

화재 당시 근무자들에 의하면, 종이 원단을 쌓아둔 A동 건물에서 ‘뽕’ 하는 폭발음이 들려 달려 가보니 다량의 짙은 연기와 화염이 뿜어져 나와 접근이 불가하다고 판단되어 곧바로 119로 신고를 하였다. 관할 소방서는 불과 1km 거리에 있어 초기 신속하게 현장에 도착하였으나 A동 건물에 빼곡하게 들어 차 있는 원통형 골판지 원단더미 전체에 이미 화염이 덮친 상태로 최성기를 향해 치달고 있는 상황이 전개되고 있었다.



[사진 1] 원통형 골판지원단



[사진 2] 원단 해체작업



[사진 3] 탄화된 원단 잔해

#### 다. 생산품 피해현황

제지공장에서 생산하고 있는 골판지 원단은 반제품으로서 TV, 냉장고 등 전자제품을 담기 위한 비교적 재질이 강한 종이상자의 1차 원단을 제조하는 공장이었다. 골판지 원단은 용도에 따라 규격이 다양했다. 원통형태의 원단 1개의 높이가 80cm인 것부터 140cm까지 다양하였고 무게 또한 800kg에서부터 1.4ton까지 천차만별이었으며, 원단을 수평으로 전개할 경우 보통 5천여 미터까지 연장이 가능하다고 하였다. 사람의 인력으로 원단을 옮긴다는 것은 불가능한 것으로 이날 화재로 인해 원단 피해만 700여개가 소실되었는데 가장 가벼운 원단(800kg)을 기준으로 하더라도 560ton이므로 10ton 트럭 56대가 연소된 셈이었다.

#### 라. 화재진압활동

롤(Roll) 형태로 겹겹이 쌓여있는 종이 원단은 빼곡하게 나무가 들어 차 있는 숲과 같은 형국이다. 나무의 줄기에 화염이 착화되면 견잡을 수 없이 가지들 태우며 화세가 뻗쳐 나가는 수관화(Crown fire) 산불은 불길에 강하고 진행속도도 빠르기 때문에 화재진압도 어렵지만 장시간 에너지를 유감없이 뿜어낸다는 특징이 있는데, 지름 1m가 넘는 종이 원단뭉치는 마치 수령(樹齡)이 수백 년 된 나무가 장시간 연소하는 것과 유사한 형태로 연소되었다. 특히 종이 원단을 5개씩 위로 쌓아 올렸고 서로 맞닿은 상태로 보

관하고 있어, 원단 사이로 열이 오랜 시간 잠복할 수 있도록 제공해 준 꼴이 되었다. 종이류의 화재 위험성은 활성화된 불길보다는 숨어있는 잠열(潛熱)에 있다. 온도는 낮더라도 축적된 열은 지속적으로 연기를 생성시키며 타지 않은 부분으로 확산되는데 원단 표면에 냉각소화 방법을 취하더라도 물이 원단 내부까지 침투되지 않기 때문에 가연물을 제거하는 소화방법이 병행되어야 효과적이다.

이날 화재는 원단을 제거하기 위해 굴삭기 및 지게차가 동원되었으며 원단의 최상단 윗부분으로부터 소화수가 흘러내리도록 하기 위해 굴절차를 이용하여 지붕 천공작업을 시도하여 천장에서 물을 쏟아붓는 소화작업이 실시되기도 하였다. 이날 화재는 1박 2일에 걸쳐 19시간 동안 소화작업을 행한 힘든 화재였다.



[사진 4] 지게차를 이용한 가연물 제거 작업



[사진 5] 굴절차 지붕 천공작업

#### 마. 화재원인조사

(1) ○○제지 생산물품 제조공정

○○제지공장은 3교대 근무체제로 24시간 생산라인이 작동 중이었는데 화재가 발생한 A동은 1층에

컴프레서실이 있으며 2층에는 에어드라이실로 사용되고 있었다. 제조공정을 살펴보면 1층 에어컴프레서실에서 만들어진 압축공기를 2층 에어드라이실로 보내면 공기에 포함되어 있는 수분이나 이물질 등을 에어드라이실에서 걸러낸 후 생산라인으로 보내 주는 에어식 실린더를 사용하고 있는 생산체제였다.



[사진 6] A동 컴프레서실 전경 [사진 7] 2층 에어 드라이실 내부 모습

(2) 발화 및 연소확대 과정

화재가 발생한 A동은 조립식 샌드위치패널 구조로 1층에 컴프레서실과 골판지 저장 공간이 격벽을 사이(평면도 점선)에 두고 맞붙어 있는 구조로 되어 있었다. 컴프레서는 모두 3대가 설치되어 있었는데 운전 중 발생한 내부 온도를 외부로 배출시키기 위한

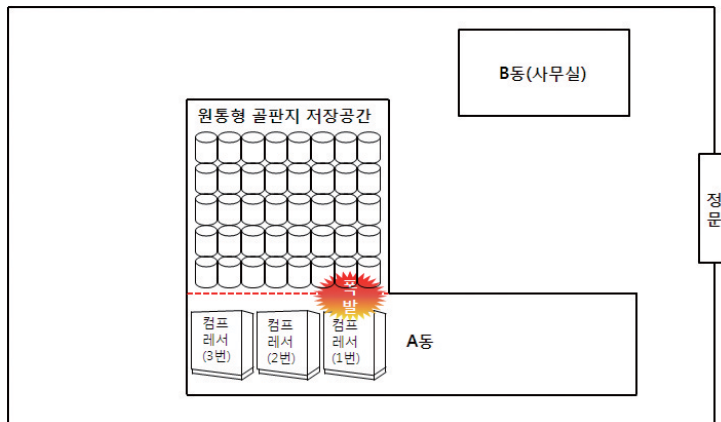
배기 덕트 배출구를 설치한 곳이 공교롭게도 격벽을 사이에 둔 골판지 저장 공간이었다.

3대의 컴프레서 중 1번 컴프레서만 연소된 형태로 나타나 확인해 보니 냉각쿨러 및 냉각오일배관, 배기모터가 압력에 파손된 형태로 나타나 냉각쿨러 순환불량에 따른 압력파가 하나의 시스템으로 형성된 배관라인을 타고 냉각쿨러 및 모터, 냉각오일배관에 동시다발적으로 영향을 미쳐 과압이 걸리면서 터져 나가면서 이때 발생한 불꽃이 배기 덕트를 타고 원단창고로 넘어가 착화된 것으로 조사되었다.

### 3. 문제점 및 대책

#### 가. 컴프레서 설치장소 부적절

컴프레서와 같이 소음이 심한 기계는 옥외 독립된 공간에 설치하는 것이 가장 바람직스럽다. 공기를 압축하기 위한 신선한 공기는 들판처럼 개방된 곳일 수록 효과적이며 독립된 건물이라면 운전 중에 발생하는 소음과 충격 등으로부터 안전할 수 있기 때문이다. 불가피하게 옥내에 설치하는 경우라면 일정한



[그림 1] 발화지점 건물구조 평면도





[사진 8] 1번 컴프레서 연소형태



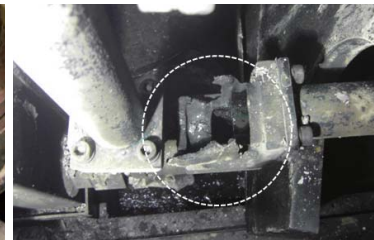
[사진 9] 골판지 저장공간으로 연결된 배기덕트 배출구



[사진 10] 냉각쿨러 파손



[사진 11] 배기모터 파손



[사진 12] 냉각오일배관 파손

안전거리를 반드시 확보하여 관계자 외에는 출입에 제한을 둘 필요도 있다. 컴프레서에서 빠져 나가는 배기덕트 배출구 쪽으로 다량의 골판지를 보관해 놓은 것은 근본적으로 컴프레서의 설치장소가 부적절했다고 볼 수밖에 없다.

#### 나. 물품 보관상태 취약

골판지 원단뭉치를 한곳에 집중적으로 쌓아 놓을 때 만일의 사고에 대비한 통로나 여유 공간 등이 마련되어 있지 않았다. 이런 조건은 화재 시 소방대원의 진입로나 연소저지선 등을 구축할 수 없기 때문에 발화장소 전체가 연소되더라도 속수무책일 수밖에 없다. 더욱이 열에 취약한 샌드위치 패널 건물 안에 화재하중이 높은 상태로 보관하고 있었음은 건물

자체가 붕괴될 위험까지 있는 것으로 골판지 원단에 대한 관리방법을 달리 생각해 보아야 할 것이다.

#### 다. 안전관리 의식 미흡

관계자에 의하면 불이 난 골판지 원단 보관 장소는 본래 창고가 아니었다고 한다. 생산된 재고 물량이 넘쳐 나자 임시방편으로 쌓아놓게 된 것이 차일피일 미뤄지면서 화근이 되고 말았다는 것이다. 종이를 취급하는 제조업체의 대부분은 공장 전체를 금연구역으로 지정·운영하고 있어 화재의 위험이 없을 것이라는 인식이 있다. 그러나 이번 사례처럼 예기치 못한 원인으로 화재가 발생할 수 있음을 염두에 두고 시설물 관리는 물론 종사자에 대한 안전관리 교육을 늦춰서는 안 될 것이다. ☹