

可燃性粉塵의 爆發火災

—그 樣相과 豫防策—



이 승 위
<業務部·代理>

I. 緒 言

우리가 흔히 사용하고 있는 말 중에 “可燃性物質”(combustible) 또는 “非可燃性物質”(non-combustible)이라는 用語가 있다. 이 用語들은 “燃燒性” 또는 “非燃燒性 物質”이라는 用語들과 별다른 區別 없이 混用되기도 한다.

“可燃性物質”이란 보통 “불에 탈 수 있는 物件이나 建築物等”을 가리키는 用語로서, 이 말은 어디까지나 比較的인 概念을 가졌다. 卽 一定한 條件하에서 불에 타는 物건이 다른 條件하에서는 타지 않는 경우가 있다는 것이다. 예를 들어, 건축에 사용하는 鐵骨[물건의 뼈대철]은 “비가연성”이라고 할 수 있으나 微細한 纖維 모양의 “강철솜”(steel wool)은 같은 철로 되어 있으나 “연소성”인 것이다.

「알루미늄」, 亞鉛, 其他 이와 類似한 金屬은 연소될 우려가 적으며, 따라서 이러한 金屬을 다루는 工場에서 화재가 발생할 確率이 지극히

적은 것이라고 생각한다면 그 것은 큰 誤算이라고 하겠다. 왜냐 하면 이같은 金屬의 工程에서 발생한 먼지, 작은 파편 등이 공기 중에 많은 비율로 섞이게 되는 경우에는 이 먼지, 파편 등이 “가연성”이 되며, 이것이 적당한 引火源을 만나면 맹렬한 폭발 현상을 惹起하게 되므로 오히려 화재 발생의 위험성은 더욱 큰 것이다.

비단, 金屬을 다루는 工場 뿐만 아니라 대부분의 工場에서는 作業過程 중 불가불 먼지가 많이 발생하게 되는 것인 만큼, 이로 인한 폭발·화재의 위험성은 대부분의 工場에 潛在하고 있다고 보아야 하겠다. 이렇듯 生産·作業 중 발생하는 먼지를 흔히 “粉塵”이라고 부르거나, 우리 나라의 많은 工場—특히 中小 生産業體—에서는, 粉塵의 폭발 위험성에 대한 인식 부족으로 인하여 이에 대한 대책을 소홀히 하고 있는 형편이다. 심지어는 作業中의 喫煙을 例事로 알고 있는 경우가 허다하다.

本稿는 粉塵으로 인한 폭발 화재의 樣相, 그 原因 및 防止策을 다룬 것이다.

II. 可燃性粉塵의 爆發危險

微細한 粉塵이 공기중에 적당한 비율로 분포되어 있다가 点火源을 만나게 되면 爆發現象을 일으키기 쉽다. 勿論 여기서 말하는 분진은 가연성인 것만을 의미하는데 粉塵이 酸化되는 성질의 것이라면 그 火災의 規模는 더욱 커지게 된다.

粉塵이 비록 당장은 폭발을 일으키지 않는다고 해서 安心할 수 없는 것은, 그것이 기동·대들보·기계 등의 표면에 점차 果積이 되었다가 点火源을 만나게 되는 경우 급속한 閃光火災(flash fire) 현상을 일으키게 되며, 공기 중에 섞여서 “먼지 구름”(粉塵雲=dust cloud) 모양을 이루고 있을 때에는 더욱 맹렬하고도 急速한 폭발을 惹起하게 되기 때문이다.

統計에 의하면 粉塵으로 인한 화재는 대부분

의 경우 連鎖的으로 발생하는데 흔히 두 가지 단계로 나누어져 있다. 즉 제 1 단계의 비교적 제한된 규모의 爆燃(deflagration)이 기계·대들보·좁은 선반 같은 데에 누적되어 있던 먼지에서 발생하여, 이것이 粉塵雲에 인화되면 제 2 단계의 폭발이 크게 발생하게 되는 것이다.

우리 나라에서 분진으로 인한 폭발 화재가 1년에 평균 몇 건씩 발생하며, 또 어느 정도의 피해를 내는가는 통계가 없어 명확하지 않다. 다만, 지난 1974년 1월 龜尾工團 내 潤成紡績工場의 대화재 사건을 계기로 분진 폭발 문제가 갑자기 「클로우즈업」된 것이 사실이다.

외국에서도 정확한 통계가 없지만 미국·「캐나다」 같은 국가의 경우에는 1860년부터 1957년 사이에 양국에서 총 1,177건의 분진 폭발 사고가 있었다고 미국 방화 협회(NFPA)가 추산하고 있는데 이것은 어디까지나 NFPA의 독자적인 조사 결과에 의한 것이며 실제로는 분진으로 인한 사고가 이보다 더 많았던 것으로 추측이 된다.

NFPA는 또한 1900년부터 1965년 사이에 미국내에서만 1,173건의 분진 화재 사건이 발생, 이로 인해 681명이 사망하고 1,791명이 부상했으며 약 119,400,000弗의 재산 피해를 낸 것으로 추산하고 있다(별표 참조). 이 통계에는 광산 폭발 사건이 포함되어 있지 않다.

별표에서 보듯 가연성 분진 폭발 사고는 나무 접질, 석탄, 「코오피」, 금속 등의 제조 과정에서 광범위하게 발생한다는 것이다. 또한 분진 폭발 사고 중에서도 곡물, 밀가루, 사료 등의 공정 과정에서 발생한 사고가 수위(首位)를 차지하고 있다는 사실은 주목할 만하다고 하겠다.

이제 미국에서 실제로 발생하였던 몇 가지 분진 폭발 사고의 예를 들어 보기로 하자.

[예 1]

옥수수를 분쇄하여 사료를 만드는 공장에서 분진 폭발이 발생, 공장의 철근 「콘크리트」 벽

1900년부터 1965년 사이의 粉塵爆發(美國)

粉塵의 종류	폭발건	사망자	부상자	피해액
나무 접질 석	15	—	2	\$ 1,029,000
탄※				
粉 炭	57	30	33	906,000
其 他	12	1	14	1,614,000
코오피와 향료	12	5	13	202,000
코 르 크	40	6	29	196,000
숨	18	6	12	264,000
사료와 곡류	143	72	316	13,177,000
비 료	28	7	21	873,000
밀 가 루	92	9	69	7,246,000
곡 물(grain)	218	144	464	47,528,000
모 율 트(malt)	25	2	19	2,931,000
금 속	83	108	199	3,213,000
기 타	62	25	85	3,154,000
종 이	10	—	1	1,870,000
레 코 오 드	6	—	1	36,000
역 청 · 수 지	5	12	47	2,055,000
플 래 스 틱	37	24	71	1,156,000
고 무	15	13	2	565,000
총 진	12	10	6	2,363,000
분	56	145	169	8,102,000
설 탕	31	19	33	8,079,000
유 황	36	2	40	614,000
나 무	160	41	145	12,227,000
計	1,173	681	1,791	\$ 119,400,000

※ 광산 폭발 사고는 불포함.

대부분이 날아가 버리고 「콘크리트」 지붕 일부가 수 「피트」나 뜨는 등 큰 피해를 났다. 총 피해액은 625,000「달러」. 원인은 분쇄기(粉碎機) 속에 옥수수 아닌 돌같은 이물질(異物質)이 섞여 들어가 마찰이 되면서 열이 일어나서 발생한 것으로 추정된다.

[예 2]

한 밀가루 공장의 곡물 「클리어닝」부에서 분진으로 인한 폭발이 발생하여 벽, 계단실 창문들과 「엘리베이터」 통로를 날려 보내고 2층 건물을 파괴시켰다. 이 바람에 근처 철도 측선(側

線)에 있던 열차 두 량이 전복되고 저장「탱크」들이 큰 피해를 입었다. 피해액은 1,500,000弗 정도로서 직접적인 원인은 밝혀지지 않았다.

[예 3]

한 방적 공장에 보풀을 세우는 기계(napper)에서 불이 나서 이 불이 「다트」(導管)를 통해 솜 공장의 옥외 集塵室에 옮겨 불어 그 결과 폭발이 발생, 집진실 한 벽과 인접 「빌딩」의 유리창들을 깨뜨렸다. 피해액은 1,000弗 정도. 원인은 노출되어 있던 「모오터」導線의 「아아크」현상으로 추측된다.

[예 4]

한 瀝靑炭「클리어닝」공장의 「파인 드라이잉 시스템」(fine drying system)에서 폭발 사고가 일어나 큰 「빌딩」 및 기기들이 파손되고 5만여 「달러」의 손해를 냈다. 원인은 작업 개시 전에 이미 기계 안에서 타고 있던 불씨 때문인 것으로 알려졌다.

[예 5]

커다란 사료 공장에서 연쇄적인 폭발이 발생, 화재가 나서 두 개의 큰 저장 「엘리베이터」 및 아홉 개의 곡물 분쇄 공장에 커다란 피해를 입혔다. 이로 인해 인접해 있는 「빌딩」의 대부분의 유리가 날아가고 적하(積荷) 「도크」에 있던 「트럭」이 전복되었으며 부근의 열차들과 차들도 망가졌다. 추정 손해액은 무려 3,000,000弗. 「해머」 공장 내 「베어링」의 給油 「시스템」에 결함이 있어 「베어링」에 무리가 간 것이 원인인 듯하다.

[예 6]

한 「캔디」工場에서, 一次的으로 「캔디」 속에 넣는 「크리임」의 모양(틀)을 만드는 기계에서 폭발이 일어나자 연속적으로 다른 폭발 사고가 발생했다. 3회의 폭발 중 가장 큰 폭발은 앞서

의 두 번 연속 폭발 때문에 과자 만드는 전분의 가루가 들떠서 이것이 다시 인화되면서 생긴 것. 이 폭발 사고로 耐火造로 된 본 건물의 3층 벽돌 벽과 창문들이 날아가는 등 2,000,000弗 정도의 손해를 냈다. 첫번째 폭발의 사고 원인은 「펜」이 움직이기 시작했을 때에 「드라이어」로부터 불이 붙은 분진이 「크리임」 모양 만드는 기계로 들어가 일어난 듯하다.

[예 7]

한 제당 공장의 설탕 먼지의 集塵櫃에서 폭발, 벽돌로 된 벽이 밖으로 밀려 금이 가고 마루, 지붕 등이 파괴되고 7층 「빌딩」의 모든 유리창이 날아가는 등 400,000여弗의 손해를 냈는데, 원인은 「스크루우 컨베이어」의 과열로 추측이 된다.

[예 8]

역시 한 제당 회사의 정제 공장에 있는 거대한 설탕 「탱크」들이 설탕의 분진 폭발로 큰 손해를 입었다. 「탱크」 두 개는 산산조각이 나고 「탱크」 6개도 수리가 불가능할 정도로 파괴되었다. 또한 옆에 있는 분쇄 공장에도 큰 피해를 입혔다. 피해액은 3,000,000弗 정도. 원인은 溶接 작업 중에 된 불꽃이 분진에 인화, 폭발된 것으로 보인다.

[예 9]

한 「플라스틱」 공장의 집진실에서 폭발이 시작되어 이로 인해 제 2의 폭발이 발생, 4층 「빌딩」에 커다란 피해를 주었다. 약 490,000弗의 피해를 냈는데 원인은 「해머」 공장의 과열된 「베어링」 때문인 듯하다.

[예 10]

한 목재 공장에서 섬광(閃光) 화재가 발생, 이어서 나무의 분진이 폭발하면서 지붕과 벽이 날아갔다. 이 목재 공장에서는 나무를 갈아가

루로 만드는 작업을 하는 공장이었다. 그 직접적인 원인은 밝혀지지 않았으나, 분진이 가득차 있었던 관제로 사태가 악화된 것은 의심할 여지가 없는 것이었다. 피해액은 약 240,000弗이었다.

[예 11]

한 곡물 공장에서 분진 폭발이 일어나 18「인치」 두께의 철근 「콘크리트」 벽이 「빌딩」으로부터 35「피트」나 날아가는 등 750,000여弗의 손해를 보았다. 직접적인 원인은 일반 電球의 파열 때문이었다.

[예 12]

한 엿기름 공장에서 「엘리베이터」로 엿기름을 운반하는 도중 「엘리베이터」 안에서 폭발 사고를 냈다. 피해액은 1,800,000여弗이었으나 그 직접적인 원인은 밝혀지지 않았다.

以上은 美國에서 있었던 몇몇 粉塵爆發 事故의 例를 든 것이거니와, 우리 나라의 火災史上 가장 큰 피해를 낸 바 있는 龜尾工團 潤成 방적 공장의 화재 사건도 調查結果 그 原因이 可燃性 粉塵의 폭발 사고였던 것으로 그 結論이 接近되어 있는 것 같은 만큼, 火災當時의 상황을 한번 살펴 보는 것도 가연성 분진의 폭발성에 관한 정확한 개념을 갖는 데 도움이 될 것 같다.

火災 발생 당시 목격자들의 증언을 들으면 두 가지 엇갈리는 듯한 느낌을 주고 있다. 즉 工員인 金某양은 “混打線室 天井에서 번쩍 「스파이크」가 나더니 불이 확대되기 시작하여 소면부(실 뽑는 곳), 연조실(실 형태로 꼬는 곳), 정방부 및 「와인딩」부(감는 곳)로 화재가 곧 번졌다”고 證言한 데 비해서, 기계 운전 주임은 金某氏는 “타면기 바로 옆으로 걸려져 나와 쌓인 솜 위에서 갑자기 불이 보이면서 솜全體로 순식간에 불이 번졌다”고 證言하였던 것이다.

이 두 가지 증언은 얼핏 보기에 莫不되는 것 같으나, 전술한 바와 같이 가연성 분진의 폭발이 흔히 두 단계를 거치게 되므로, 타면기에서 작은 규모의 爆然이 먼저 생긴 후 이어서 2단계의 粉塵雲 폭발이 있었다고 推理하면 두 진술 사이에 모순이 없어지게 된다.

여하간 분진으로 인한 화재는 전혀 뜻하지 않게 발생하여 미처 손 쓸 틈을 주지 않을 정도로 빠르게 확대된다는 점을 항상 명심해야 할 것이다.

Ⅲ. 粉塵爆發의 原理

粉塵爆發도 하나의 燃燒現象에 不過하다. 燃燒現象인 이상 세 가지 基本要素 即 酸素, 燃料, 點火源이 相互關係되고 있는 것은 分明하다고 하겠다. 이 중에서 燃料에 해당되는 것이 바로 粉塵이다.

그런데 燃料性固體는 容積에 대한 表面 面積의 비율이 增加할수록 더 잘 타는 傾向이 있다. 이 사실을 證明하는 한 가지 좋은 例로, 우리가 불을 붙이려고 할 때에 불쏘시개를 크게 잘라서 붙이는 경우보다 잘게 쪼개어 많이 놓고 즉, 表面 面積의 비율을 증가시켜 놓고 불을 붙이면 금방 잘 타는 것을 볼 수 있다. 이런 예에서 보는 바와 같이, 가연성 분진은 그 표면 면적의 비율이 상당히 높다는 점에서 상당히 타기 쉬운 것이라고 하겠다.

그런데 물건 용적에 대한 표면 면적의 비율이 높아 연소되는 속도가 더해가면 더해 갈수록 열 방출의 비율도 높아지는 것이다.

前述한 바와 같이 粉塵爆發도 單純한 연소 현상에 불과하나, 보통의 연소가 비교적 낮은 速度로 進展되는 데에 비해 그 불타는 속도가 굉장히 빨라 불꽃 前面의 속도가 每抄當 10「피트」를 초과한다.

[다음 號에 계속]