

火災로 인한 間接損害防止策



金 周 烈
〈業 務 部〉

本稿 "Consequential Damage"와 다음에 게재된 Loss Prevention in Petrochemical Risks"는 1978年 2月 美國의 NFPA Seminar에서 SWISS RE,의 Risk Management Dep,의 A Wyss氏가 發表한 資料를 1979年度 SITC教育에 參加한 本協會 業務部 曹秉甲 代理가 入手한 것을 翻譯 轉載한 것이다. <편집자 주>

1. 序 言

오늘날 화재로 부터의 손실을 방지하기 위해 구조적인 면에서나 작업과정에서 또는 어떤 방법으로든 간에 화재를 사전에 예방해야 한다는 점에 대해서는 異論의 여지가 없는 것 같다. 그 이유는 이러한 예방책이 적절하고 효과적인 방법으로 취해진다면 손실의 빈도나 그 양을 축소시킬 수 있기 때문이다. 그럼에도 불구하고 간접손해나 또는 그러한 손해의 개선책에 크게 주의가 환기되고 있지 않다는 것은 놀라운 일이라 하지 않을수 없다.

따라서 본 고에서는 간접손해에 대한 팔복할 만한 감소 및 성공적인 업적에 관하여 간략하게 기술하고자 한다. 간접손해의 방지로 인하여 얻어지는 이익은 보험업자 뿐만아니라, 명백히 피보험자의 이익이기도 하다. 아시아시피 화재로 인해서 발생할 수 있는 모든 손해를 보험이 전부 카버할 수는 없으며 LOP(loss of profit) POLICY에서도 모든 이익에 대한 손실을 보상하기까지는 아직도 요원하기 때문이다.

화재로 인한 기업의 休止는 必然的으로 市場과 고객을 잃게 되고 이러한 損失을 補償해 주는 保險은 이 世上에 아직은 없다. 따라서 火災가 發生하면 곧 最善을 다해서 早速히 生産을 再開할 수 있는 狀態로 諸般設備를 復舊시키는 일이 무엇보다도 重要한 것이다. 새로운 施設의 設備는 長期間을 要하기 때문에 損害를 입은 生産施設을 곧 修理하게 될 때에만 이러한 企業損失의 豫防이 可能하게 되는 것이다. 그리고 實際에 있어서 大部分의 火災는 分損에 그치고 있고 또한 細心한 經營者는 火災로 부터의 事前豫防에 最善을 다하였을 것이므로 全損의 境遇는

거의豫想하기 어렵다. 따라서 이러한 分損의 迅速한 復舊에 重點을 두어야 한다는 것은 當然한 일이라 하겠다.

2. 火災로 因한 直·間接損害

모든 火災에 있어서는 두가지 種類의 損害, 즉 直接損害와 間接損害에 對하여 理論的인 面과 實際的인 面으로 區分이 이루어질 수 있다. 그러나 實際로는 이러한 區分이 잘 안되는 수가 있는데 그것은 全損의 境遇 直·間接損害에 關하여 理論적으로 얼마, 實際적으로 얼마의 損害를 입었다고 區分하다는 것은 意味가 없기 때문이다. 全損에 關한 限 우리가 看過하여서는 안되는 根本的인 事實이 하나 있는데 그것은 얼핏 보면 全損처럼 보이는 火災로 因한 모든 損失이 事實은 全部 全損이라 볼 수는 없다는 점이다. 確實히 大火災를 목격하게 되면 우리는 最惡의 狀態, 즉 全損이라고 생각토록 誘惑받고 있는 것도 事實이지만 그런 中에서도 우리 關係專門家나 엔지니어들이 해야 할 일은 復舊할 수 있는 일은 復舊하려고 最善을 다해야 한다는 것이다.

1) 直接損害란 무엇인가

이는 火災나 爆發을 原因으로 해서 損壞되는 것으로 다음과 같은 것을 들 수가 있다.

(1) 可燃性 商品의 損壞와 滅化: 이러한 境遇에는 어떠한 手段으로도 復舊나 修繕이 不可能한 것이다.

(2) 全建物 또는 建物의 一部分의 崩壞: 이러한 境遇에는 崩壞된 建物 또는 그 部分의 主要構造部가 損害를 입었으므로 修繕의 可能性이 없을 것이다.

(3) 機械施設의 滅化: 이러한 境遇에도 實際적으로 復舊가 不可能하며 特히 精密機械는 두 말할 必要가 없다. 機械施設은 한번 불의 영향을 받으면 한낱 古鐵에 불과하게 된다.

그러나 다행스럽게도 모든 火災가 工場全體에 擴散되는 일은 드물기 때문에 우리는 火災 以後 部分的으로 損傷된 商品이나 機械施設을 接하게 된다.

따라서 여기서는 火災나 爆發에 依해 發生되는 煙氣, 有毒性가스, 熱, 煤煙 및 消火時의 防火水 또는 水壓에 依해서 發生하는 間接損害에 對해서 보다 具體적으로 言及해 보고자 한다.

2) 間接損害

가) 有毒性가스에 依한 損害

어떤 物質이 燃燒할 때에는 그 物質의 構成分子의 性質에 따라 여러가지 種類의 가스가 發生한다는 것은 周知의 事實이다. 火災時 發生되는 가스중의 대부분은 일산화탄소(CO)로서, 이는 人體에 대단히 有害하나 商品에는 損害를 주지 않는다. 그러나 例外로서 일산화탄소는 化學工業, 醫藥品 및 特定 食料品에는 민감한 反應을 나타낸다. 또한 불행스럽게도 煙氣에서는 他 種類의 가스가 發見되며 이는 建物, 機械施設, 商品 등에 훨씬 더 有害하다. 大多數의 工場에서는 그 우수한 特性 때문에 自然的인 物質 대신 大量의 프라스틱을 도처에 使用하고 있다. 이 프라스틱中 가장 一般化되어 있는 것은 PVC(poly vinyl chloride)이다.

PVC는 그 모든 長點에도 不拘하고 한가지 短點을 가지고 있다. 즉 PVC가 熱을 받으면 염화수소 가스를 발생하고 空氣中의 濕氣와 急히 反應하여 염산으로 변한다는 점이다. 이 가스는 實際로 PVC를 쓰고 있는 거의 모든 場所의 화재에서 發生되는 煙氣에서 發見된다. 1kg의 PVC는 550g의 순수한 염화수소를 排出하며 이는 1.2l의 염산, 또는 330l의 염화수소 가스에 該當하게 된다. 上記 數値는 물론 正常條件下에서 나온 것이다. 염화수소 가스는 周圍의 水蒸氣와 反應하여 霧狀의 鹽酸을 形成하게 된다. 이러한 霧狀의 鹽酸은 材料의 表面온도가 霧狀의 鹽酸

의 凝結點 以下로 내려가면 材料의 表面에 凝結하게 되고 곧 材料表面을 腐蝕시키기 시작한다. 表面이 평평한 金屬類는 鹽酸의 作用에 依해서 즉시 腐蝕되고 만다. 金屬에 對한 化學作用은 作用 그 자체가 觸媒역할을 한다. 즉 鹽酸으로 因하여 金屬 表面은 염화제 2철이 되고 염화제 2철은 周圍의 濕氣에 依해 加水分解되어 또 다시 鹽酸을 放出하여 이런 式으로 腐蝕過程이 進行되는 것이다. 락카나 其他 다른 物質로 코팅된 表面도 被害를 받게 되며 소위 피팅現象(pitting: 表面이 움푹움푹 파이는 현상)이 일어나게 된다. 염산은 콘크리트 表面에도 損傷을 입히는데 이 때는 염산이 콘크리트內의 石灰質과 作用하여 염화칼슘을 生成시키게 된다. 鹽素化合物은 擴散作用에 依해 콘크리트 內部까지 침투할 수가 있으며 어떤 境遇에 있어서는 콘크리트속의 鐵筋을 腐蝕시키기도 한다. 콘크리트에 對한 酸의 침해는 몇가지 形態로 나타난다. 酸의 侵害가 建物에 일어난다는 것이 可能한 境遇란 理論적으로 새로운 酸이 꾸준히 供給되어야 하고 反應副產物이 適時에 除去되어야 하는 境遇이다.

그러나 이러한 境遇는 實際로 생기기 어렵으므로 콘크리트에 對한 酸의 侵害 効果는 事實上 경미하다고 보아야 할 것이다. 이러한 事實은 독일의 한 研究機關에서 實驗을 通해 밝혀진 바가 있다. 그 외에도 鹽分의 離散作用에 依하여 콘크리트內의 氣孔에 鹽分을 形成할 憂慮도 있는데 이는 鹽素化合物의 濃度 및 浸透壓으로 因한 콘크리트內에 靜力學的 不均衡을 招來케 하며 氣孔內에 漸增하는 壓力이 콘크리트의 凝結力을 超過하는 境遇에는 콘크리트의 強度가 저하되어 破壞될수 있는 可能性을 말해준다. 그러나 實際로는 그러한 鹽分의 離散作用은 表面에만 局限되는 때가 대부분이고 따라서 輕微한 被害로 그치게 된다.

더 큰 위험은 鹽素化合物의 浸透가 콘크리트의 補強鐵筋에까지 이르게 될 境遇로서 鹽素化合

物의 腐蝕作用에 依해 建物 全體의인 破壞를 誘發시킬 수 있다는 點이다. 數年前까지만 해도 鐵筋 콘크리트나 프리스트레스트콘크리트가 酸의 影響을 받았을 때에는 모든 境遇에 있어 補強鐵筋이 腐蝕되어 構造體의 耐力이 許容應力以下로 떨어진다라는 意見이 支配的이었다. 그러나 수 많은 研究機關에서 類似한 條件下에서 實驗을 實施하였는데 結果는 다르다. 鹽酸의 腐蝕作用은 콘크리트의 補強鐵筋에 여러가지 形態로 나타난다. 갈라진 틈이나 氣孔이 적은 良質의 콘크리트에 있어서는 鹽素化合物의 浸透는 매우 천천히 일어나며 또한 여러가지 要因에 依해 그 移動狀態가 달라진다. 여기서 중요한 것은 鹽素化合物의 浸透가 온도의 影響을 별로 받지 않는다는 事實이다. 腐蝕을 방지하는 또 하나의 要因은 補強筋이 이미 콘크리트의 높은 PH값(12)에 依해 적절히 防護되고 있다는 點이다. 鹽素의 濃度가 높고 지속적일 경우에는 補強筋을 피복하고 있는 水酸化 필름이 장애를 받아서 鐵筋에 피팅(pitting) 現象이 일어날 可能性이 있다. 이와 類似하게 鹽素化合物은 콘크리트內의 시멘트의 水化物과 反應하여 소위 프리델의 鹽(Fridel's Salt, $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot CaCl_2 \cdot 10H_2O$)을 形成하게 된다. 上記한 事實과 또한 實驗의 根據에 依하면 重量比로 따져 鹽素가 콘크리트內 시멘트 무게의 0.2% 以下인 때에는 어떠한 境遇에도 腐蝕은 일어나지 않는다는 것이 밝혀졌다.

우리는 또한 煤煙이나 煤煙의 냄새에 대한 被害도 고려해 볼수 있다. 煤煙은 아무리 작은 틈으로도 새어나와 그을린 자국을 남겨 놓는다. 纖維나 食料品이 특히 잘 노출된다. 탈때의 냄새가 불쾌한 것과 같이 纖維나 食料品에 特別 影響을 미친다.

나) 熱에 依한 損傷

여기에서의 大部分의 損傷은 長距離에 까지 미치는 輻射熱에 依한 것으로 特別 熱에 민감한 製品들이 損傷을 받기가 쉽다. 이러한 損傷의

범주에는 食料品, 纖維, 프라스틱類 뿐만 아니라 金屬이나 石綿 스테이트 등으로 構成된 특수한 建物들도 포함된다. 石綿 스테이트類는 熱에 의해 破壞되는 경향이 있다. 鐵製 支柱는 火災에 直接 노출되지 않고 輻射熱만으로도 軸應力을 상실하여 建物の 崩壞를 야기시킬수도 있다.

프라스틱類나 合成섬유類는 熱 效果에 의해 녹으며 이것이 다시 점화되어 他處에 불씨를 일으킨다. 電氣, 電子器機 및 施設은 종종 熱에 全損을 招來하고, 특히 트랜지스터類는 60°C 이상만 되면 復舊할 도리가 없다. 또한 高溫下에서는 마크네틱 Tape의 데이터 등은 쉽게 지워진다는 것을 유의해야 할 것이다.

다) 火災의 爆發 壓力에 의한 損害

經驗에 依하면, 가장 基本的인 損害의 大部分은 爆發에 依한 것이다. 만일 火災時 생기는 壓力을 除去할 수 없는 狀態라면 피해 범위는 극심할 것이나 大部分의 被害는 建物과 機械에만 局限되고 있다. 火災가 계속 進前되지 않는限, 建物の 지붕이나 벽이 崩壞되지 않는다면 精密機械가 아닌것은 별로 被害를 받지 않는다. 防爆型의 構造가 그것을 잘 입증하고 있다. 이 壁은 一定 壓力을 견딜수 있는 防爆型의 構造로하고 지붕은 가벼운 재료로 함으로서 지붕이 爆發 壓力을 排出시킬수 있는 構造로 된 것이다.

라) 消火水에 의한 被害

많은 境遇에 있어, 消火水에 依한 被害가 火災에 依한 被害를 능가하는 수가 있다는 것이 알려져 왔다. 그러나 많은 種類의 物件들이 생각하는 것처럼 물에 민감하지는 않다. 明白한 것은 溶解性 物質은 물에 極히 민감하다는 點이다. 즉 粉乳, 소금, 비료, 염료等으로서 물에 씻기고 녹아서 積載場所로 부터 흘러나와 못쓰게 된다. 纖維類는 多量의 물을 흡수하여 창고 등의 支柱에 엄청난 荷重을 가한다. 이러한 現

象이 가끔 荷重을 못이겨서 建物이 崩壞되는 원인이 되기도 한다. 以上 言及한 바와 같이 火災로 인한 附隨的 損失이 결코 輕視할 수 없기 때문에 이의 損失防止에 關한 몇가지 方案을 추가하고자 한다.

3. 火災로 인한 間接損害의 防止

가장 最上의 防止策은 火災를 미연에 防止하는 것이다. 構造的인 問題나, 工程上의 問題로 다음과 같은 몇가지 方案을 記述해 보고자 한다.

- (1) 防火區劃의 設定
- (2) 電氣施設, 制御施設 및 暖房, 換氣施設의 設置
- (3) 火氣使用處의 安全守則 附着
- (4) 別途의 區劃된 場所에 가연성 物質 및 危險物의 貯藏
- (5) 組織的인 환경 정리.
- (6) 排煙設備 및 다른 火災防止 設備設置
- (7) 火災警報設備 및 自動消火施設 設置

PVC의 境遇 이를 腐蝕性物質과 同一場所에 보관할 때는 특히 注意를 해야 한다. 金屬板類는 락카나 또는 프라스틱으로 보호 피박을 해야 하고 때로는 포일이나(foil) 얇은 프라스틱 포일로 포장해야 한다. 板紙로 덮거나 포장을 해도 短時間은 防護될수 있다는 사실이 前述한바에서 알려졌고 따라서 프라스틱類의 필름으로 機械等을 덮어 두어도 상당한 防護效果를 얻을 수 있는 것이다. 보통 防護用 기름은 腐蝕防止效果가 그리 크지 않다. 그러므로 防腐劑를 金屬部分에 뿌려 주는것이 좋은데, 그런 防腐劑에는 티탄化合物(titanium compounds)이 대단히 效果的인 것으로 알려져 있다. 建物 部分에 對한 最善의 防護策은 施工精度를 높힌 밀실한 콘크리트를 만드는 일이다. 여기서 역시 주의해야할 點은 補強筋의 피복 두께이다. 적어도 피복두께가 20mm以上 되면 酸의 侵害로부터 防護될 수 있다.

추천할 만한 方法은 예폭시 수지 피복이나 蒸氣防護 페인트(a steam repelling dispersion paint)칠이 있다. 製品을 貯藏하기 爲해서는 먼저 貯藏할 製品의 特性을 判明할 필요가 있다. 이러한 特性은 “유럽보험위원회”(Comite' Europeén des Assurances)의 “物성과 製品”의 카탈로그에서 쉽게 찾을 수 있다. 또한 이러한 特性에 의해 分類保管된 物品들은 消防隊員이 어떤 조치를 취할 것인가를 미리 알 수 있도록 하므로서 消防活動이 대단히 便利하게 되는 것이다. 最新의 포장材料들은 煙氣, 水害 또는 타는 냄새 등에 의한 損失을 크게 줄이고 있고 貯藏台(Storage pallets)는 또한 水害를 막는데 큰 도움이 되고 있다.

4. 救助 作業

우리 모두가 아다시피, 각종 對策에도 不拘하고 火災는 계속 發生하고 있다.

火災後의 現場을 한번 상상해 보자. 지쳐버린 消防隊員, 타는 냄새와 煤煙, 수백톤의 防火水, 破壞된 建物, 흥분한 군중등 한마디로 말해서 황폐한 광경이고 그래서 完全히 잃은 것 뿐이란 생각이 든다. 그러나 이 時點은 이러한 시련을 극복하기 위해 오랜 時間동안 준비를 게을리 하지 않았던 安全關係이나, 防火隊員이 救助作業을 시작할 때이다. 이들은 企業의 內部人들이며 救助作業은 그들의 防災業務 못지않게 중요하다. 그들의 行動이나 의무는 매우 광범하지만 여기서는 그들의 行動영역에 對해 간단히 요약해서 言及해 보고자 한다. 救助作業의 目的은 두말할 것 없이 業務를 다시 영위할 수 있는 狀態로 가능한 限 速히 復舊하는 일이다.

그러면 救助作業의 過程에 있어 몇가지 參考할 사항을 列擧해 보고자 한다.

(1) 救助作業은 即時 시작하라. 가능하면 火災中에도 해야하고 專門家를 기다리느라고 時間을 허비하지 말라. 監素가 포함된 製品이 탈때

는 監素의 反應이 우려되므로 特히 신속하게 行動하여야 한다. 그리고 監酸은 신속하고 철저하게 對象物을 破壞한다는 것을 항상 마음 속에 깊이 새겨 두어야 할 것이다.

(2) 防災設備을 신속하게 復舊하라. 더 이상의 불씨나 煙氣가 보이지 않더라도 火災現場을 돌면서 면밀히 檢査해서 진화에 徹底를 기하라.

(3) 날씨에 의한 각종 위험과 손해에 대한 보호조치를 취하라.

(4) 물기를 없애고 드라이어를 준비하여 機械類는 드라이어로서 건조 시켜라.

(5) 損傷을 받은 製品을 세무더기로 分類하라.

경미한 피해製品, 극심한 피해製品, 被害가 없는 製品으로 나누고 제품창고를 徹底히 감시하라.

(6) 그리고 當然히 保險會社에 알려라.

鹽素의 피해를 입은 建物이나 施設에 對해서 좀더 言及해 보고자 한다. 火災後에는 監素化合物 反應이 일어났는지 여부를 신속히 檢討하여야 한다. 이는 간단한 化學分析에 의해 곧 알 수 있다. 反應狀態가 심한가, 資格있는 業體가 지체 없이 復舊作業에 임하고 있는가도 檢討하여야 한다. 그러한 業體는 대략 다음과 같은 일을 하게 될 것이다.

腐蝕은 습기의 存在下에 더욱 活性化되기 때문에 우선 드라이어를 設置하여 冷却法이나 鹽酸의 凝結點 以上으로 溫度를 상승시키는 방법으로 물기를 除去하여야 한다. 동시에 영향을 받은 부위 즉 機械나 金屬의 部分은 酸을 中性化시킬 수 있는 溶液으로 세척하되 表面이 完全히 中性이 될때까지 계속 씻어내어 腐蝕防止가 되도록 하여야 한다.

防腐劑는 상당한 效果가 있으나, 충분한 量을 使用하여야 하므로 주의를 요한다. 防腐劑를 많이 쓰게 되면 部分的인 無抵抗狀態(passivation)가 되어 表面에 피링(pitting)現象이 일어나는 수가 있다. 不幸하게도 지금까지 민감한 電子施設에 대한 만족할만한 復舊 方法은 없다. 많

은 實驗 結果, 火災로 被害를 다소 받은 後에도 그러한 電子장치 部分이 어떤 期間동안 作動을 하는 反面 誤差率이 높다는 것이 밝혀지고 있다. 木材部分은 앞으로 더 水蒸氣를 發生할 憂慮가 있으므로 徹底하게 調査하여야 한다. 木材는 많은 量의 鹽酸을 含有하고 있다가 時間이 경과되면 大氣中에 다시 放出되어 一定期間동안 腐蝕을 야기시키는 原因이 되는 것이다.

만일 콘크리트 部分이 영향을 받았다면 酸의 추가적인 中性化 方法이 불 필요할 경우가 많은데 이는 콘크리트 自體가 알칼리성을 띠고 있기 때문이다. 여기서도 역시 酸의 영향을 받은 部分은 表面에서 부터 떨어져 나가려는 경향이 있고 이때 콘크리트와 혼합된 粉末狀態의 鹽素가 放出되어 이것이 다시 습기와 反應하여 腐蝕을 시키는 要因이 될 수 있는 것이다. 콘크리트 部分은 샌드 블라스팅(sand blasting)으로 表面을 청소할 수가 있다. 이때 콘크리트의 表面層은 그것이 밀실한 良質의 콘크리트일 경우 습한 狀態의 鹽素를 含有하고 있으며 表面은 벗겨져 떨어지게 된다. 鹽素는 콘크리트 表面層으로의 浸透力이 느리기 때문에 高壓의 水蒸氣로 세척하는 것도 상당한 效果가 있다. 이때 表面세척은 빠를수록 좋으며 콘크리트의 表面에서 5mm~6mm 깊이 까지는 다소 영향을 주는 것을 배제할 수는 없다. 콘크리트의 損傷程度가 심한 경우에는 석회 슬러리(lime slurry) 方法이 좋다. 石灰 프라스타를 샌드블라스트된 콘크리트 表面에 얇게 바르면 수산화칼슘(석회)은 鹽素와 다음과 같은 反應을 하게 된다.



이때 生成된 염화칼슘은 떨어져 나가고, 이러한 方法으로 콘크리트 表面에 鹽素가 다 없어질 때까지 계속하면 되는 것이다.

특히 곤란한 문제는 食料品の 再使用이다. 食料品을 再加工하여 먹을 수 있도록 하는 것은

가능한 일이지는 하지만 여기서 問題되는 것은 法的인 各種 制裁規定이다. 大部分의 國家에서는 통조림은 그 外部에 단지 消火水가 묻어있기만 해도 이를 버리도록 하고 있으며 專門家の 감식 결과 充分히 먹을 수 있다고 判明된 경우에도 버리도록 規定하고 있는 것이다. 食料品の 質은 화재시 發生하는 各種 가스에 오염되어 못 먹게 되는 것이 보통이다. 이런 경우란 매일 常用하는 우유, 버터, 치즈 등이다. 이런 경우는 아무런 조치를 취할수가 없으며 심지어는 商店의 진열장에서 일어난 조그만 火災로 因한 煙氣가 空調施設을 따라 번져 많은 치즈를 못쓰게 만든 사례도 있는 것이다.

5. 結 論

지금까지 피력한 것에 대해서 結論적으로 말 씀드린다면 構造的, 作業過程 및 其他의 火災豫防 技法과 신속한 損害 減少의 方法 研究는 비단 損害豫防 專門家나, 保險會社나, 消防隊員에 局限된 문제가 아니며 나아가서는 우리 모두의 과제이며, 特히 적절한 豫防策으로 損害를 미연에 방지해야 하는 企業所有主의 과제이기도 하다. 모든 關係者들이 協心合同해서 일 한다면 어떠한 企業에서나 낙관적인 解決策을 강구할 수가 있고 그로 인한 利益은 保險業者뿐만 아니라 被保險者의 利益이며 나아가서는 國家的인 利益이라고 생각하는 바이다. 마지막으로 나는 나의 한 친구의 말을 引用하면서 本稿를 끝내고자 한다.

“Fire is the stupidest method of throwing one's hard hard earned money out of the window.”

“어렵게 어렵게 땀흘려 번돈을 창문밖으로 내 동맹이치는 어리석은 것이 바로 火災이다”

(끝)