

전기사고 사례와

이에 대한 대책

(외국의 예 : 3)

3. 自動金型溫度調節機의 漏電에 의한 感電死亡

가. 事故의 發生場所

事故가 發生한 會社는 受電電壓 6.6kV, 受電電力 210kW의 設備規模인 플라스틱 成型에 의한 光學렌즈製造工場으로서, 事故는 會社의 自動金型溫度調節機의 漏電으로 感電死亡 事故가 발생한 것이다.

나. 事故의 發生狀況

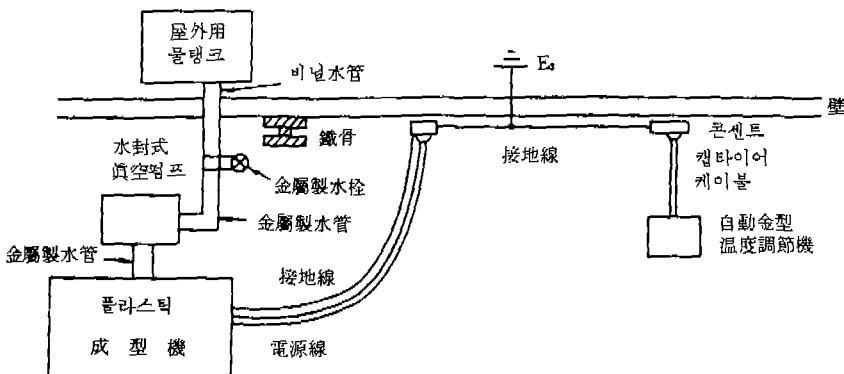
當日 從業員인 被害者는 런닝샤쓰에 긴바지, 맨

손과 맨발로 샌달을 신은 輕裝으로 다른 同僚와 플라스틱 成型機를 運轉하여 가며 夜間作業에 從事하고 있었다. 21時頃 同僚가 바닥面에 뒤로 넘어져 意識不明에 빠져 있는 被害者를 發見하고 병원에 收容하였으나 이미 死亡하였었다.

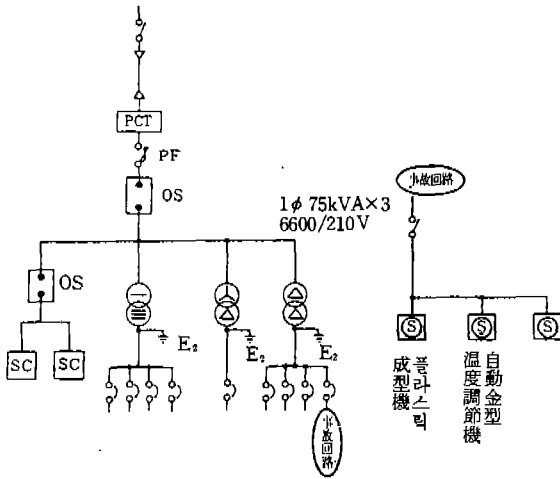
다. 事故原因과 事故防止 對策

事故發生後에 關係者가 實施한 調査結果 다음과 같은 事實이 判明되었다. 그림 1은 그 事故現場의 關聯機器配置略圖이고, 그림 2는 單線結線圖이다.

(1) 被害者는 右上肢 및 背部에 電流痕이 確認되었다.



〈그림 1〉 事故場所에서의 관련기기의 配置圖



〈그림 2〉 單線結線圖

(2) 水封式眞空 펌프와 屋外用 탱크를 連結하고 있는 金屬製水管과 大地 사이의 電位差를 測定한 바 200V의 電源이 發生되고 있는 것이 確認되었다.

(3) 漏電個所는 自動金型溫度調節器였다. 그것을 分解하여 調査한 바 內藏히터用的 시스線이 3線 있고 2線은 1kW用, 다른 하나는 750W用으로서 750W用的 시스히터線이 斷線하여 히터線의 外側을 流動하는 에틸렌그리콜(導電性 있음)을 通하여 漏電狀態였다(事故 約 2個月前的 精密點檢時 測定한 絶緣抵抗値는 100M Ω).

(4) 플라스틱 成型機의 電源은 210V로, 本體에는 第三種接地工事が 施工되어 있었다. 接地極은 自動金型溫度調節器와 共同的 抵抗値는 40 Ω 이었다(앞서의 精密點檢時的 抵抗値는 70 Ω).

(5) 自動金型溫度調節器는 移動型으로 電源은 210V, 接地는 電源線의 四心비닐 캡타이어 케이블의 一線을 使用하여 接地線에 콘센트로 接續되고 抵抗値는 플라스틱 成型機와 共通의 40 Ω 이었다.

(6) 低壓回路에는 漏電遮斷機는 設置가 안되었었다.

(7) 플라스틱 成型機나 自動金型溫度調節器等에 電氣를 供給하고 있는 電源變壓器의 第三種

接地工事的 抵抗値는 2 Ω 이었다(法定抵抗値는 75 Ω 이고 앞서의 精密點檢時는 4.5 Ω).

(8) 또 建物の 鐵骨과 大地間的 電氣抵抗値를 測定하니 0.4 Ω 이었다.

以上の 調査狀況과 測定結果를 綜合하여 이 死亡事故를 再現하여 보면 다음과 같은 狀況이 推定되었다.

事故發生 約 2個月前에 實施한 精密點檢時에는 絶緣抵抗値가 100M Ω 이었던 自動金型溫度調節機가 그 後 무엇인가의 原因으로 内部의 시스히터線인 750W用 1線이 斷線하여 그 外側을 流動하는 에틸렌 그리콜液을 거쳐 漏電하였다.

自動金型溫度調節器와 플라스틱 成型機와는 共同接地極에서 電氣적으로 接續되고 다시 플라스틱 成型機와 水封眞空 펌프 및 金屬製水管은 金屬製水管에 의하여 連結되었다.

그 때문에 自動金型溫度調節器가 漏電하여 大地와의 사이에 200V의 電位差가 생겨 接地線 및 金屬製水管으로 傳導되어 金屬製水管에도 傳導되었다.

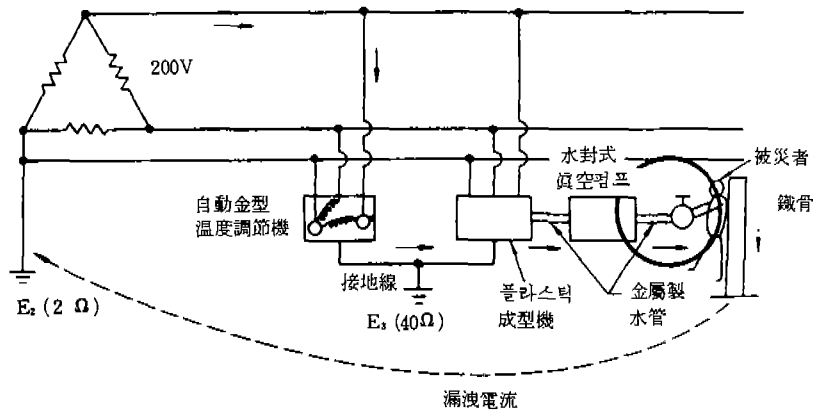
被害者는 플라스틱 成形機 運轉中 成型機金型眞空調整用水가 減水하였기 때문에 물을 補充하기 위하여 屋外用 물 탱크와 水封式眞空 펌프 사이에 있는 金屬製水栓을 열으려고 가서 등部位를 建物の 鐵骨에 먼 姿勢로 金屬製水栓에 손이 닿는 瞬間 200V의 電源이 被害者를 直擊하였다.

電流는 被害者의 右上肢에서 流入하여 背部를 뚫고 鐵骨에 傳導되어 大地에 흘렀다. 그림 3은 事故時的 洩電電流의 推測閉回路를 表示한다.

이 推定을 뒷받침하는 데이터가 다음 計算式이다.

自動金型溫度調節機의 電源電壓	210V
第三種接地工事的 抵抗値	40 Ω
第二種接地工事的 抵抗値	2 Ω

이들을 주어진 數値에 의하여 金屬製水栓과 大地와의 사이에 發生하는 漏電에 의한 電位差를 求하여 보면(鐵骨의 電氣 抵抗値는 근소하므로 無視함)



〈그림 3〉 事故時의 漏洩電流 推測閉回路

$$210(V) \frac{40}{40+2} = 200V$$

上記의 計算結果와 事故發生後에 實測된 電位差의 값이 正確히 一致한다. 以上의 事故例에서도 보는 바와 같이 第三種接地工事와 第二種接地工事의 協助는 우리가 想像하는 以上 重要한 問題이다. 電氣保安에 중사하고 있는 사람들은 第三種接地工事를 法定值의 範圍內에 두도록 할 뿐 아니라 第二種接地工事까지 包含한 低壓回路 全般을 考慮하여 抵抗值을 決定하여야 한다.

이에 第三種接地工事의 抵抗值을 決定하는 데의 參考資料로서 日本電氣協會의 「低壓電路保護 指針」에 게시된 것을 紹介한다.

指針에는 「通常의 狀態에서는 漏電에 의한 機械器具와 大地와의 사이의 電位差를 50V 以下로 抑制하도록 하여야 한다(물에 젖은 狀態인 경우는 當然히 그 값은 더욱 낮게 抑制하여야 한다)」라고 指導하고 있다.

事故發生後 이 會社도 第三種接地工事의 抵抗值을 내리려고 建物の 鐵骨에 接地의 連結을 하고 또 第二種接地工事의 抵抗值도 20Ω으로 引上시켰다. 그 위에 接地와는 따로 電氣의 保安關係者로부터 再三再四 會社의 經營者에게 要望되어 온 漏電遮斷器設置件도 이 事故를 契機로 設置하게 되었다. 그러나 이미 소 잃고 외양간 고 치기의 形態가 된 것이다.

4. 케이블 配線 덕트 落下에 依한 電力 케이블 燒損事故

가. 事故概要

事故는 鐵製所 構內에서 발생했다. 이 製鐵所는 약 15年前에 操業을 개시하였으며 粗鐵을 생산하기 위한 高爐 4基 및 高爐에 鐵鑛石을 投入하는 前處理로서 海外로부터 輸入된 粉狀의 鐵鑛石을 高溫處理하여 塊狀으로 만드는 燒結工場을 4個工場 보유하고 있다.

사고 發生전 燒結工場은 第3 및 第4 工場이 거의 100%의 操業率로 가동중이었다.

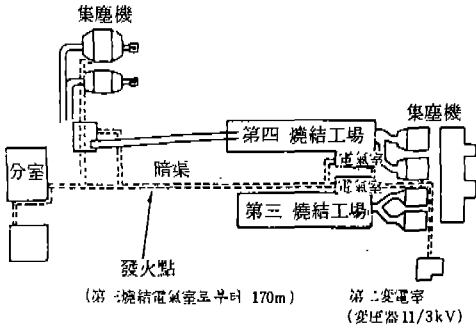
電力은 電力會社와 共同火力에서 110kV로 受電하고 있으며 또 爐頂壓發電 등의 自家發電發電設備도 보유하고 있다.

變電所에서는 110kV에서 11kV로 降壓, 構內의 各 現場 變電室에 송전하고 變電室에서 다시 3kV로 降壓한 다음에 現場電氣室에서 400V, 200V로 降壓하여 各負荷設備에 配電하고 있다.

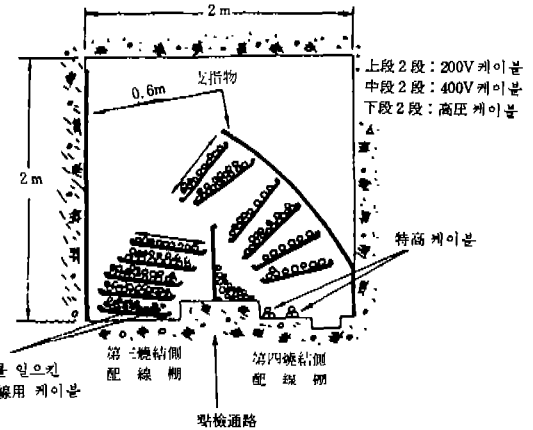
運轉의 監視는 特別高壓系統은 에너지 센터에서 動力課員에 의한 3交代 勤務로 하고 있다. 또 變電室과 各負荷設備(高壓, 低壓)에 대해서 는 各 現場의 電氣課員이 이를 담당하고 있다.

이번 사고는 第3 및 第4 燒結工場間의 暗渠(높이 2m, 넓이 2m)內에서 發生했다(그림 4).

무더운 여름밤이 계속되는 8月中旬 어느날



〈그림 4〉 第三 및 第四 燒結工場 配置圖



〈그림 5〉 配線덕트損傷 狀況圖

深夜, 第3 燒結工場이 停電됐다. 이 때문에 에너지 센터의 動力課員 및 現場의 電氣담당이 원인을 조사한 바 약 40분 뒤에 暗渠內에 火災가 발생한 것이 判明되어 곧 自体消防隊와 消防署가 消火활동에 들어 갔으나 진화되지 않아 鑛滓投入에 의한 空氣遮斷 또는 暗渠內의 水沒 등으로 화재발생 후 약 35시간만에 진화했다.

被害狀況은 다음과 같다.

(1) 人的被害 無

(2) 物的被害

a) 暗渠

暗渠內의 配線 덕트(한쪽 6段, 兩쪽으로는 12段)가 약 70m 붕괴되었다.

b) 케이블

特別高壓, 高壓, 低壓 케이블 計 580條가 길이 약 70m에 걸쳐 燒損됐다.

나. 事故原因의 檢討

(1) 事故現場의 狀況

鑛火後 暗渠內를 조사한 결과 第3 燒結側의 配線 덕트(配線 덕트 支持 앵글은 鐵柱에 熔接하여 半쪽 支持)는 落下되어 있고 第4 燒結側은 支持物과 함께 通路側에 倒壞되어 있었다(그림 5).

또한 支持物의 넓이는 고르지 못하였고(第3 燒結側은 45, 65mm, 第4 燒結側 50, 65, 75mm 使用) 熔接상태도 전반적으로 不良함이 발견되었

다.

短絡事故가 발생한 것으로 추정되는 3kV 連絡線用 케이블(알루미늄 導體 트리플렉스型 架橋 플리에틸렌 絕緣 비닐시이즈 케이블: 2회선으로 사용)은 電氣室로부터 170m 地點의 熔斷狀態가 가장 심하였고 上段 布設의 다른 케이블의 熔斷도 발견되었다.

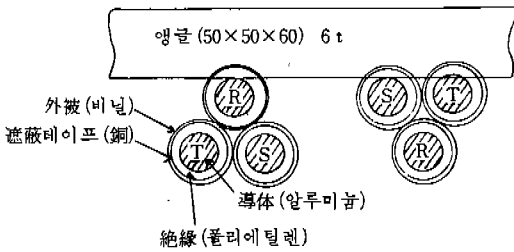
(2) 事故前後의 電源狀況

第3 燒結工場이 全停電된 것은 第2 變電室의 11kV 遮斷器가 過電流繼電器에 의해 트립하였기 때문이었다. 短絡은 3kV 連絡線用 케이블에서 발생하였음에도 불구하고 3kV 連絡線用 遮斷器가 트립되지 않은 것은 誤動作防止와 他 繼電器와의 協助 등을 위하여 過電流繼電器의 瞬時要素를 떼어 놓은 것과 限時特性이 11kV 側으로부터 長限時였기 때문이다.

또 3kV 系의 地絡繼電器는 地絡檢出後 2秒만에 動作하도록 되어 있다. 따라서 11kV 遮斷器가 먼저 트립한 것으로 짐작되었다.

(3) 事固原因

(1), (2)에서 보는 바와 같이 熔接不良 配線 덕트의 落下에 의하여 3kV 連絡線用 케이블이 損傷, 그때에 短絡 아크가 발생하여 이 때문에 火



〈그림 6〉 高压 케이블의 短絡狀況圖

災가 발생한 것으로 추정되고 있다.

그래서 既設備의 荷重에 의한 破壞試驗을 실시한 결과 靜荷重에서는 絶緣物의 損傷은 있을 수 없으나 2~5段제의 配線 덕트가 한꺼번에 落下하면 (衝擊荷重) 配線 덕트 支持 앵글에 의해 絶緣物을 切断狀態에서 파괴, 앵글을 통하여 短絡狀態로 되는 것이 判明(그림 6), 여기에서 事故原因은 다음과 같이 추정되었다.

暗渠의 電氣室로부터 170m 地點에서 第3燒結側 配線 덕트의 6段제에 布設되어 있는 3kV 連絡線用 케이블이 配線 덕트 支持 앵글의 熔接不良 및 熔接部의 腐蝕進行(시설 후 11년 경과)에 의한 上段配線 덕트의 落下로 損傷을 받아 短絡을 일으켰다. 이때에 17,000A의 電流가 2秒間 흘려 이에 의한 아크로 發火했다.

다. 事故의 再發防止對策

이 工場에서는 다른 事業場의 케이블 火災事故의 敎訓에서 火災防止分科委를 설치, 5~7월에 걸쳐서 所內 電氣設備의 總點檢을 실시, 異常을 발견하지 못하였던 직후의 사고인 만큼 關係者는 큰 충격을 받았다. 즉시 所長을 委員長으로 事故防止 委員會를 설치하고 여러 角度에서 검토한 다음 다음과 같은 再發防止對策을 決定·施行했다.

(1) 火災의 豫防

(가) 配線 덕트 및 支持材의 強化

既設의 配線 덕트 및 支持材에 대하여 早速히 支持物의 幅, 熔接狀況(全周熔接의 有無, 熔接

의 良否), 腐蝕 등의 點檢을 실시하고 필요한 是正作業을 한다.

그리고 新規分에 대하여는 支持物과 덕트 支持 앵글의 溶접을 確實하게 할 수 있도록 地上에서 溶接하여 塗裝後 暗渠內에 挿入하여 시설한다.

(나) 配電系統의 保護機能의 適正化

3kV連絡線用 遮斷器의 過電流繼電器의 瞬時要素를 復活使用한다.

(2) 火災의 擴大防止

(가) 早期發見

火災 및 發火場所를 早期에 발견하기 위해서 규정에 의한 電線異常溫度探知장치를 設置한다.

(나) 燃燒 및 煙害防止

火災를 最小範圍로 막고 火災의 擴大 및 煙害를 방지하기 위한 燃燒防止材(耐火板 등)를 設置한다(暗渠內를 數個 區域으로 分割한다).

(다) 消火活動의 容易化

消火활동을 쉽게 하기 위해 暗渠 上部에 맨홀을 추가 설치한다(이번 사고 때에 發火點의 확인과 消火活動이 지연되었기 때문에).

케이블은 工場·빌딩 등 여러가지 장소에서 수 많은 사용되고 있으나 發火하면 有毒 氣를 發生하는 것도 있고 또 發熱量이 매우 크다는 特性을 지니고 있기 때문에 이번 사고처럼 케이블에 화재가 발생하면 消火가 늦어지고 復舊에는 長期間이 필요하고 많은 經費가 소요되는 경우가 많다.

이번 사고는 케이블 配線 덕트 支持 앵글의 溶接불량이 직접적인 원인이므로 電氣設備의 工事나 保守點檢에 있어서는 電氣的인 現象에만 끝나지 말고 보다 넓은 視野에서 실시해야 한다는 것을 절감케 하는 사고이었다.

平常時에 자칫하면 生産性的의 向上 등에만 마음이 팔리기 쉬우나 電氣 關係者는 책임의 重大성을 자각하여 電氣事故防止에 더욱 힘써야 할 것이다.

〈다음號에 계속〉