

미술관 건설현장에서 전기화재로 인한 사망 재해



글_ 류보혁 (공학박사/기술사)

한국산업안전보건공단 경인지역본부 전문위원실장

2012년 8월 13일(월) 11시 17분경, 서울시 중로구 소격동 소재, 국립현대 미술관 건립공사현장 지하 3층 기계실 천장에 설치되어 있던 가설전등(메탈할라이드) 에서 발생한 전기 스파크로 천장 폴리우레탄폼이 발화되어 4명이 유독가스에 의해 질식사망하고 9명이 부상을 입은 재해임

※ 재해 현장은 A건설 등 3개사가 공동으로 시공 중인 국립 현대 미술관 서울관 건립공사 현장(공사기간 : '11.12.23~'13.2.5, 건설 규모 : 지하 3층, 지상 3층 1개동, 연면적 52,101.38㎡)으로 재해 발생 당시 공정율은 35% 정도였으며, 당일 22개 업체 482명의 근로자가 출근하여, 지하층에서는 골조(B사), 조적(C건축), 방수 및 우레탄폼칠(D방수)등의 작업을 152명이 수행하고 있었음



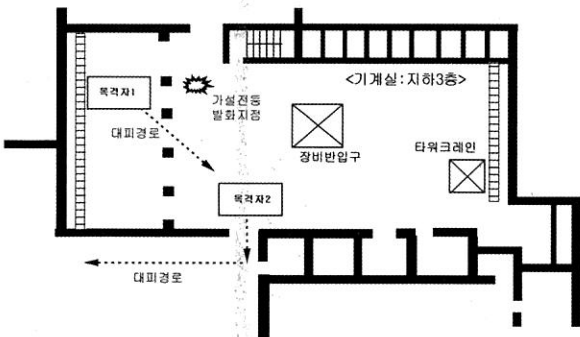
재해 발생 과정

- ◎ 최초 화재발생 지점인 지하 3층 기계실 작업 상황 및 재해 발생 과정
 - 재해발생 시간인 11:17경, 지하 3층 기계실에서는 C건축 소속 조적공 4명이 기계실 벽체 블록 쌓기 작업을, A건설 근로자 1명은 기계실의 물빠기 작업 중이었으며,
 - 기계실 천장에 설치된 가설전등(메탈할라이드) 상부에서 발생한 전기 스파크에 이은 화재로 천장의 폴리우레탄폼이 발화되어
 - 지하 3층에서 물빠기 작업을 하던 A건설 근로자 1명, 지하 2층에서 천장에 우레탄 폽칠작업을 하던 D방수 근로자 1명, 지하 1층에서 탈의실 이전작업을 하던 B사 근로자 2명 등 4명이 연기 및 유독가스에 질식사망하고 9명이

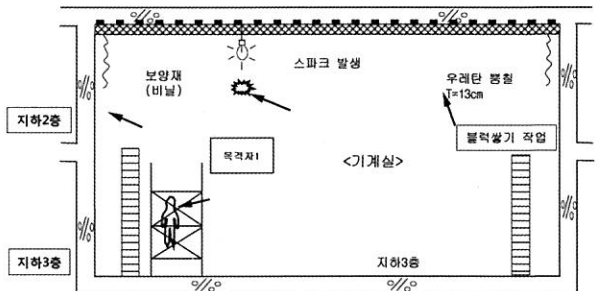
부상을 입은 재해임(그림 1 및 2 참조)

※ 폴리우레탄폼 연소 시 발생하는 연소 가스는 일산화탄소, 이산화탄소, 황산가스, 암모니아, 시안화수소, 염화수소, 아크롤레인, 포스겐 등이 발생하여 주요한 치사원인으로 작용 추정

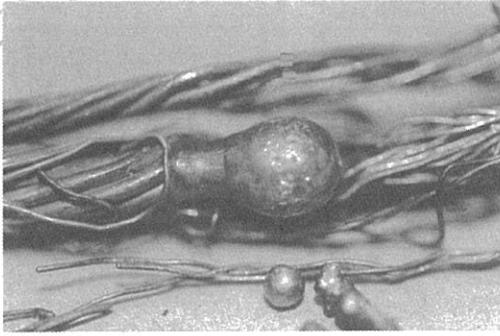
- ◎ 재해발생시 시간대별 주요상황
 - 가설 전등(메탈 할라이드)상부에서 스파크 발생(11:17분경) → [목격자 1]이 [작업자 1]에게 전원차단 요청(스위치 오조작으로 기계실을 제외한 지하 3층 전체 소등) → 3층 천장에서 화재 발생 → [목격자 1]이 화재 상황 동영상 촬영(11:19분경, 약5초간)하면서 [목격자 2]에게 틀비계에서 내려오도록 함 → [목격자 3]이 소화기를 가져온 순간 화재가 전체로 확산되어 계단을 통해 3명 모두 대피(11:20분경)



【그림 1】 화재발생 당시 상황도 - 지하 3층 기계실 평면도



【그림 2】 화재발생 당시 상황도 - 지하 3층 기계실 정면도



【그림 3】 전선의 단락흔

- 따라서, 작업자가 보양비닐을 제거 시 그 일부가 가설전등에 붙어 있거나 제거되지 않았을 경우에는 연소촉진제의 역할이 가능하였을 것으로 추정

▣ 재해 예방대책

- ◎ 점화원의 철저한 관리 및 가연성 물질의 충분한 이격
 - 가설전등의 전선 연결부 등은 외부의 기계적 힘 등에 의하여 손상되지 않고 전선에는 중량이 걸리지 않도록 지지하여 설치
 - 우레탄폼 및 보양비닐 등은 가연성 물질로서, 전기기계기구(가설전등)의 전선과 직접 접촉되지 않도록 시설 하고,
 - 빈번한 폴리우레탄 품의 화재로 인한 많은 인명피해가 있었으므로 이에 대한 위험성 인식 및 대처 능력 배양
- ◎ 비상사태시 대비 및 대응 체제 확립
 - 대형건설공사 지하작업장에는 화재 등 비상시에 주변 근로자에게 긴급 상황을 신속히 알릴 수 있도록 적합한 장소에 경보용 설비와 기구를 설치하고, 향시 사용할 수 있도록 유지 관리하여야 함
 - 지하 기계실 등 제한공간에서 작업 중에 화재 등의 비상 사태가 발생할 경우에는 신속히 대피할 수 있도록 대피로를 확보함과 동시에 평상시 교육훈련을 실시하여야 함

▣ 재해 발생원인

우레탄 뿜칠 작업 시, 가설전등의 오염방지를 위해 씌운 비닐이 단락(또는 반단선)으로 발생된 전기스파크에 의해 착화되면서 폴리우레탄폼을 발화시킨 것으로 추정

- ◎ [목격자 1] 에 따르면, 지하 3층 기계실 천장 가설전등 부위에서 스파크를 보고, 불을 끌려고 작업 중이던 [목격자 2]가 틀비게 2단에서 내려오는 순간, 천장의 우레탄폼에 불이 옮겨 붙으면서 순식간에 기계실 천장 전체로 확산되었다고 함

- 최초 목격자는 화재 발생 1~2분전부터 발화지점으로 추정되는 가설전등 상부에서 스파크가 발생되었고, 이후 가설전등 상부를 중심으로 화재가 기계실 전체로 순식간에 확산되었다 진술함(그림 4 참조)

- 당시, 목격자는 전기스파크와 동시에 전등이 흐렸다 밝아지는 현상이 수차례 있었다고 진술하였고, 이 가설전등 아래 바닥에서 전선의 단락흔(단락에 의해 구리가 구슬처럼 녹아 떨어진 흔적)이 발견된 점으로 보아 단락현상(그림 3 참조)이 있었다는 것으로 추정됨(그림 5 참조)

- ◎ 단열재로 많이 사용되는 폴리우레탄폼은 약 600°C 이상의 고온에 일정시간 이상 노출될 경우에만 연소되는 난연성 물질로 단순한 전기스파크에 의해서 점화될 수 없는 물질이므로, 우레탄을 연소시키기 위해서는 일종의 연소촉진제 역할을 하는 물질이 있어야 하며 이것이 뿜칠 할 때 가설전등을 보양재로 사용한 비닐(PE 또는 PP계)로 추정됨

- 그 이유는 비닐은 폴리에틸렌(Polyethylene) 또는 폴리프로필렌(Polypropylene) 계 제품으로 P(중합도)에 따라 그 물성이 많이 달라지나 일반적으로 연화온도는 최소 65°C 이상, 발화점은 PE계가 349°C, PP계가 570°C로 정도로 상당히 높아 자연발화보다는 조명기구에서 발생하는 열에 의해 녹은 상태에서 전기스파크에 의해서 점화될 가능성이 크며

- 특히, 사용된 보양 비닐제품은 종이테이프가 붙어있어 전기스파크에 의해 보다 쉽게 착화될 수 있음(경우에 따라 스프레이 접착제도 사용하였다 함)

※ 종이테이프가 부착된 비닐이 전기스파크에 의해 쉽게 점화됨을 실험에 의해 확인



【그림 4】 가설전등 위에서 화재 확산 현상



【그림 5】 최초 발화 현상(좌측의 조명등 점등)