전자공장 화재의 다수 사상자 발생원인 분석

이의평

전주대학교 소방안전공학과 교수

Analysis of the Causes of Multiple Casualties in an Electronics Factory Fire

Eui-Pyeong Lee

Professor, Department of Fire Safety Engineering, Jeonju University

(Received July 10, 2019; Revised August 5, 2019; Accepted August 8, 2019)

요 약

2018년 8월 21일 15시 40분경 발생한 전자공장화재로 9명이 사망하고 6명이 부상을 입는 인명피해가 발생하였다. 이 논문에서는 이 전자공장화재에서 다수 사상자가 발생한 원인을 화재조사결과 등을 토대로 구체적으로 분석하고 있다. 다수 사상자가 발생한 주요 원인은 자동화재탐지설비 기능 정지, 비상방송시설 기능 정지, 4층 천장의 우레탄 폼 착화로 인한 급격한 화재 확산, 화재발견 직후 정전 발생, 스프링클러설비 미작동, 화재신고 지연, 소방시설관리 업체의 소방시설관리 부실 등으로 분석하였다.

ABSTRACT

The electronics factory fire, that occurred at 15:40 on August 21, 2018, killed nine people and injured six. This study analyzes the causes of many of the casualties from the fire, and is based on fire investigation results and so on. The findings suggest that major causes included failure of the automatic alarm system to function, failure of the emergency broadcasting system to function, the fire suddenly spreading due to polyurethane foam in a ceiling on the 4th floor, a power outage immediately after the fire started, a sprinkler system that was not working, a delay in reporting the fire, and improper management of fire facilities by a fire safety management company.

Keywords : Factory fire, Fire investigation, Fire case analysis, Catastrophic fire

1. 서 론

소방관계법규에서는 특정소방대상물을 공장 등 30가지 용도로 분류하고 있고, 용도, 규모, 수용인원 등에 따라 소방시설 설치를 달리하도록 규정하고 있다.

국가화재정보시스템(www.nfds.go.kr)의 화재통계에 의하면 2014-2018년 공장 화재는 전체 화재 중 발생건수로는 6.00%, 사망자로는 3.63%, 부상자로는 7.57%, 재산피해로는 35.95%를 차지하고 있다. 화재의 1건당 평균 피해액은 화재 전체로는 약 1,075만원인 반면에 공장 화재는 약 6,323만원으로 공장화재의 재산피해가 5.9배정도 높다.

통계를 통해서도 알 수 있는 것처럼 공장 용도의 건물은 가연물의 양이 많고 방화구획 없이 사용하는 등의 이유로

화재가 발생하면 많은 재산피해가 발생하는 특징이 있다. 반면에 공장 건물이 1층이나 2층 정도가 대부분이어서 지상으로 피난에 큰 어려움이 없으므로 급격히 확대되는 위험물화재나 폭발화재인 경우를 제외하고는 거의 사망자가 발생하지 않는 특징이 있다.

2018년 8월 21일 발생한 인천 남동공단 소재 ○○전자(주) 공장 화재는 위의 화재통계와는 달리 9명이 사망하고 6명이 부상을 입는 대형화재이었다. 대구지하철화재, 이천냉동창고화재, 국립현대미술관 서울관 화재, 고양종합터미널 화재, 의정부 대봉그린아파트화재, 제천스포츠센터화재 등 다수 사상자가 발생한 대형화재 사례를 분석한 논문들은 있지만⁽¹⁻⁸⁾ 공장에서 다수 사상자가 발생한 대형화재 사례를 분석한 논문은 찾아보기 어렵다.

[†] Corresponding Author, E-Mail: krfirechief@empal.com. TEL: +82-63-220-2039, FAX: +82-63-220-2056

© 2019 Korean Institute of Fire Science & Engineering. All right reserved.

Figure 1. Factory building with a fire and 4th equipment entrance with smoke emission.

Figure 2. 4th floor plan.

이 전자공장 화재는 제천스포츠센터화재, 밀양세종병원 화재로 화재안전에 대한 경각심이 어느 때보다 고취된 상태에서 발생한 화재이고 아직까지 공장 대형화재에 대해 분석된 논문이 없으므로 다수 사상자가 발생한 원인을 연구 분석할 필요성이 있다.

이 논문에서는 위와 같은 연구 배경 하에 공장에서 유사 대형화재를 예방하고 화재사례 분석 자료로 활용하는데 기여할 목적으로 이 전자공장 화재에 대해 저자의 현장조사 결과, 관할 소방서의 화재현장조사서, 국립과학수사연구원의 법안전감정서, 경찰에서 관계자들로부터 받은 진술조서, 검찰의 공소장, 법원 판결문 등을 토대로 다수 사상자가 발생한 원인을 구체적으로 분석한다.

2. 화재 발생 전후 상황 분석

2.1 화재개요

2018년 8월 21일 15:40경 폭염경보가 발령된 상태에서 인천광역시 남동공단 소재 ○○전자(주) 제1공장 지하1층 지상4층 건물의 4층 복층 공간에서 전기적인 요인으로 화재

가 발생하여 4층에 근무하던 58명 중 9명이 사망하고 6명이 부상을 입는 피해가 발생하였다.

2.2 화재발생 전후 상황 분석

2.2.1 화재발생 전 상황

화재가 발생한 건물(Figure 1)의 바닥면적은 지하1층 384.76 m², 1층 3,942.21 m², 2층 3,676.03 m², 3층 3,676.03 m², 4층 3,527 m², 옥탑1층 492.96 m², 옥탑2층 83.36 m²이고, 층고는 1층 6 m, 2~4층은 각각 5.5 m이다.

Figure 2에 나타난 것처럼 화재가 발생한 4층은 좌측은 사무동(1,029.5 m²), 중앙은 공장동 (1,638.82 m²), 우측은 식당, 교육실 및 휴게실 등(858.88 m²)으로 구성되어 있었다. 4층 중앙 공장동의 층고 5.5 m의 공간 아래 부분은 높이 2.55 m의 난연성 샌드위치 패널로 칸막이를 하고 천장을 덮은 구조이고 위쪽 높이 2.85 m의 복층 공간에는 공조기 덕트와 전선 케이블 등이 설치되어 있고, 4층 전체의 천장면 상판(높이 5.5 m의 부분)과 보에는 우레탄폼이 시공되어 있었다.

Figure 3. Numbered yellow and red stickers.

Table 1. Time Lines

Time Lines	Conditions
15:40:00	Power Failure of Production Process Equipment
15:42:42	Fire Receiver Received Fire Signal from 4 th Floor. But, no Fire Alarm was Issued because the Fire Alarm Stop Button was Pressed.
15:43:00	Witnessing a Fire from the Ceiling During the Meeting
15:43:26	Power Outage in of a Four-story Factory
15:43:38	119 Call from an Employee at the Factory Across the Other Side
15:44:26	A Female Employee in the Computer Room on the Fourth Floor Urgently Called 119 for Help.
15:48:09	Fire Crews Arrived at the Fire Site.

복층 공간 위쪽 천장의 누수나 결로 등으로 인한 누전으로 2017년 11월 이후 정전이 여러 차례 발생하고 있었다.

소방시설 점검과 소방안전관리를 위탁받은 소방시설관리 업체의 담당 직원은 4층 복층 연기감지기 회로의 단선 감지 등의 신호가 들어온다는 연락을 받고 복층 연기감지기 회로와 연결된 4층 중계기에 저항을 쫓아서 복층 공간에서 화재가 발생하더라도 화재수신기가 화재신호를 곧바로 수신할 수 없게 하였다.

또한 소방시설관리 업체는 3명으로 2018년 6월 19일 10:16~12:20 종합정밀점검을 형식적으로 하고 이상이 없는 것으로 관할소방서에 보고를 한 상태이었다.

그리고 정문 옆의 경비실에 화재수신기가 설치되어 있었는데, Figure 3과 같이 화재수신기의 버튼에 ①~⑤가 적힌 노란 스티커를 붙여 놓고 화재 경보음이 울리면 경비원이 순차적으로 버튼을 누르고 현장을 확인하도록 교육한 상태이었다.

2017년 11월 20일 소방안전관리자로 선임된 직원(남, 1986년생)은 화재가 발생한 제1공장에 근무하지 않고 1.5 km 떨어져 있는 제2공장에 근무하고 있었다.

2.2.2 화재발견 전후 상황

화재 발생 당일 전조증상부터 소방대도착까지의 주요 타임라인은 Table 1과 같이 요약할 수 있다.

2018년 8월 21일 15:40:00 2층 생산공정 설비에서 정전

이 되고, 15:42경 설비관리팀 직원이 주전원이 차단됨을 확인하고 옥상으로 올라갔더니 옥상의 수변전실 쪽으로 연기가 나오고 있었다. 15:42:42에 화재수신기 주음향장치가 경보를 발하였고 경비원이 ①(주음향), ②(지구경종), ③(비상방송), ④(부제), ⑤(사이렌)버튼을 순차적으로 눌러서 지구경종이 전혀 울리지 아니하였다. Figure 1에 표기한 CCTV1이 15:42:55에 연기가 복도 반자 아래로 내려오고, 15:43:8에 연기로 완전히 뒤덮인 상황을 녹화하였다. 15:43:14에 화재수신기에서 4층 공장동 준비작동식스프링클러설비 준비작동밸브의 솔레노이드밸브에 기동신호를 보냈으나 기동확인 신호가 오지 않았다. 15:43경 출하검사실 여직원이 식당 조리실 앞쪽 복도의 반자 위쪽에 있는 화재를 목격하고 QRB실과 최종검사실의 직원들에게 화재 발생 사실을 알리고 피난하였다. 15:43경 BBT실에서 6명이 회의를 하고 있다가 BBT실 뒤편 천장 쪽에서 무너지는 소리와 함께 스파크가 튀는 것을 목격하고 피난하였다. 15:43:26에 4층 공장동 정전이 되었다. 15:43:38에 맞은편 공장 여직원이 4층 화물용승강기 좌측의 장비반입구 위쪽의 연기를 보고 핸드폰으로 최초 119 신고를 하였다. 맞은편 포장공장 지게차 운전원이 지게차 조작 중 제1공장 4층 화물용승강기 옆 장비반입구에서 분출하는 화염을 목격하고 15:43:47에 두 번째로 119신고를 하였고, 119신고 직후와 15:45경 자신의 핸드폰으로 Figure 4와 같이 사진을 촬영하였다.

4층 공장동 QRB실 여직원(사망)이 전산실로 피난하여

Figure 4. Photographs of a forklift truck driver calling 119 at 15:44, 15:45.

15:44:26에 49초간 100명이 간헐고 빨리 살려달라고 핸드폰으로 119신고를 하였다. 15:48:9에 소방대가 현장에 도착하였을 때 전산실에 10명이 간헐 연기가 분출하고 있는 창문 사이로 5명이 고개를 내밀고 구조를 요청하고 있었다. 화재발생 당시 4층에는 58명(사무동 22, 공장동 33(전산실 2, 검사실 9, 개발 2, 창고 1, 신뢰성 3, BBT 6, QRB 2, 포장 3 등), 식당 3) 정도가 근무하고 있었다. 화재는 4층 공장동의 입주업체(PIC) 사무실(6.08 m × 6.05 m) 위쪽 복층 공간에서 전기적인 요인으로 발생하였다.

3. 다수 사상자 발생원인 분석

3.1 경보설비 기능 정지와 정전

3.1.1 화재수신 후 지구경종 등 기능 정지

GR형 화재복합수신기(이하 ‘화재수신기’라 함)가 정문 경비실에 설치되어 있었다. 소방안전관리자와 소방시설관리업체 담당 직원(대리)은 Figure 3과 같이 화재수신기의 주음향장치, 지구경종, 비상방송, 부저, 사이렌이 있는 버튼에 ①~⑤가 적힌 노란 스티커를 붙여 주고 경비업체 파견 직원인 경비실 경비원에게 화재 경보음이 울리면 순차적으로 ①~⑤ 버튼을 누르고 현장을 확인한 후 화재가 나지 않았으면 다시 돌아와서 빨간색 복구 버튼을 누르도록 교육했고, 경비실 경비원은 교육받은 대로 15:42:42에 주음향장치가 울리자 주음향장치(①), 지구경종정지(②), 비상방송정지(③), 부저정지(④), 사이렌 정지(⑤)를 하였다.

15:42:42에 주음향장치가 울림과 동시에 4층 지구경종이 울리지 않은 것은 30초 축적시간 기능을 설정하고 있었기 때문이다.

평소에 화재경보가 울려서 경비원이 소방시설관리 업체의 담당 직원에게 전화를 하면 화재수신기에 설치된 버튼을 차단하고 빨리 어떤 감지기에서 빨간 불이 들어오는지 확인하고 이상이 없으면 위탁업체에 연락을 하라고 안내하고 있었다.

소방안전관리자는 경비원에게 만약 화재경보가 울려서 ①~⑤를 눌러 화재경보를 멈추고 현장에 나가는 도중에 바로 다시 화재경보가 울리면 그때는 멈추지 말고 그것은 진짜 화재가 난 것이니 119신고를 하고 사람들 대피를 도와라고 하였는데, 경비원은 ①~⑤를 눌러 화재경보가 멈춘 후 다시 경보(주음향장치)가 울렸음에도 지구경종 등 경보해제를 하지 않았다. 경비원이 지구경종을 정지시켜서 화재가 발생한 4층은 물론 건물 전체에 경보가 울리지 않았다. 4층 공장동 복층 공간에서 발화되었음에도 4층 공장동에 화재경보가 되지 않고 비상방송도 안되어서 연기가 가득 찬 상태에서 4층 공장동 근무자가 화재를 인지하고 그 직후에 정전이 되어 버려서 4층 공장동 근무자의 희생이 컸다.

3.1.2 정전 발생

4층 사무동 로비 쪽을 촬영하고 있는 CCTV2에 15:43:39에 연기가 차기 시작하고 사무동 앞 피난계단으로 4층 공장동 근무자들이 피난하는 모습이 녹화되어 있다. 4층 공장동에 있다가 사상자가 된 대부분의 분들은 15:43 이후에 화재발생 사실을 인지하였고, 4층 공장동과 사무동은 각각 15:43:26, 15:43:48에 정전이 되었다.

15:43경 4층 공장동 반자 위의 샌드위치패널 붕괴 등으로 인해 우레탄폼 화염과 연기가 복도 등 아래로 급격히 쏟아져 내린 것이 피난장애의 결정적 요인이었겠지만 4층 공장동 전산실에 갇혔다가 창문으로 뛰어내려 생존한 목격자들의 진술을 참고하면 정전까지 겹쳐 사무동 피난계단으로 피난을 어렵게 하였을 것이다.

3.2 관리 부실

3.2.1 소방시설관리업체의 소방시설관리 부실

화재가 발생한 제1공장에는 소화설비(소화기, 옥내소화전설비, 준비작동식스프링클러설비), 경보설비(자동화재탐지설비, 비상방송설비, 자동화재속보설비), 피난구조설비

Figure 5. Transmitter treated with termination resistance.

(완강기, 유도등)가 설치되어 있었다.

전자공장 측은 소방관계법령에 적합하도록 소방대상물을 유지관리하고, 화재로부터 제반 피해를 최소화하기 위한 목적으로 2013년 6월 25일 소방시설관리 업체와 소방안전관리 및 소방시설 점검 용역계약을 체결하였다. 소방시설관리 업체가 ‘화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률(이하, ‘소방시설법’이라 함)’ 제20조 제6항에서 정하고 있는 소방안전관리자 업무의 보조 및 소방시설 점검 업무를 담당하며, 매월 소방시설 점검과 연 1회 이상 종합정밀점검 및 작동기능점검을 실시한다”는 내용으로 계약하였다. 소방시설관리 업체는 직원(1990년생, 대리) 1명을 2016년 4월부터 전자공장 담당으로 지정하고 있었고, 전자공장 담당으로 지정된 직원(이하 ‘담당 직원’이라 함)은 같은 방식으로 다른 90여 개의 특정소방대상물 소방안전관리와 소방시설 점검도 맡고 있었다.

담당 직원은 2년 이상 전자공장의 소방안전관리 및 소방시설 점검을 담당하면서 누수나 결로 등으로 인해 화재감지기의 오동작이 일어나고 단선 등의 오류가 발생하자 이를 정비하지 않고 중계기에서 저항처리를 하여 화재수신기상에서 오동작과 오류가 없는 것처럼 하였다.

제1공장 준공(2013년 6월 25일) 후 얼마지 않아서 누수와 결로가 빈번하게 발생하고, 화재수신기 로그 기록에 의하면 2016년 1월 5일부터 2018년 8월 20일까지 총 92회(날짜기준으로 총 39일)에 걸쳐 화재감지기가 오동작을 하였다. 담당 직원은 2018년 1월 15일 15:14경 경비실 경비원으로부터 4층 복층 화재감지기 회로의 단선 감지와 복구 신호가 반복되니 조치를 해달라는 연락을 받고 다음 날 10:55경 동료와 함께 방문하여 4층 중계기(31번)에 저항을 꽂아 처리를 하였고, 또한 2018년 4월 13일 09:44경 화재감지기 오동작을 이유로 출동해달라는 요청을 받은 후 같은 날 17:42경 동료와 함께 방문하여 4층 중계기(29번)에서 저항처리를 하였다. 이로 인해 4층 복층 공간에 설치된 연기감지기와 4층 식당, 교육실 구역의 화재감지기가 화재를 감지하여도 그 신호가 화재수신기에 수신되지 못하게 하였다.

Figure 5와 같이 4층 복층 전체의 연기감지기 작동 신호

를 중계하는 31번 중계기의 1번(A회로), 2번(B회로) 입력단에 종단저항을 설치하고, 8가닥 중 2가닥씩 2쌍에 종단저항을 설치하고 나머지 4가닥은 삽입되어 있지 않았다.

화재발생 당일 15:40에 설비 정전이 된 것으로 미뤄보아 화재는 15:40 이전에 4층 복층 공간에서 시작되었고, 4층 복층 공간은 1경계구역으로 34개의 연기감지기가 설치되어 있었는데 중계기에서 저항처리를 함으로써 4층 복층 공간 화재 시 화재수신기에서 화재수신이 불가능하게 되었다.

15:42:42에 4층 복층 공간 아래의 공장동의 화재감지기 신호를 다른 중계기(26번)를 통해 화재수신기가 수신하여 주음향장치가 경보를 발하였지만, 소방시설관리 업체 담당 직원과 소방안전관리자의 교육을 받은 경비원이 지구경종을 정지하여 화재경보가 전혀 되지 않았다.

그리고 소방시설관리 업체 대표(소방시설관리사)는 2018년 6월 19일 10:16~12:20 제1공장 건물에 대한 종합정밀점검을 하면서 자격을 갖춘 4명으로 점검을 해야 함에도 소방설비기사 등의 자격증을 소지하고 있지 아니하여 점검인력 자격 요건을 갖추지 못한 담당 직원을 포함한 3명만으로 구성하여 소방시설법에서 정하고 있는 점검인력 배치기준에 위배하여 점검을 단시간에 실시하였다. 또한 점검장비를 이용하여 건물 내에 설치된 화재감지기 등 소방시설이 작동되는지 확인해야 함에도 담당 직원으로 하여금 4층 중계기에서 화재감지 신호를 인위적으로 송출하는 방법 등으로 형식적으로만 점검을 하여 저항을 꽂아 놓은 중계기가 화재신호를 보낼 수 없게 방치하였다.

자동화재속보설비의 단자를 화재수신기에서 빼놓아두어 화재속보를 할 수 없고 4층 사무동에 위치한 방송설비에 비상방송 송출 모듈장치가 존재하지 않아 비상방송을 할 수 없음에도 확인하지 않았으며, 준비작동식스프링클러설비의 펌프 성능 시험과 준비작동밸브의 작동 시험을 실시하지 않았고, 4층 창고와 QP실에 설치되어 있는 완강기 앞에 적치물이 방치되어 있었음에도 이에 대한 점검을 하지 않았다.

심지어 지하1층 소방펌프실의 스프링클러설비 충압펌프에 전원을 공급하는 MCC패널의 다이젯푸즈가 Figure 6과

Figure 6. The Diazed fuse of the filling pump inserted upside down in the MCC panel.

Figure 7. Preaction valve and solenoid valve of 4th.

같이 거꾸로 끼워져 있어 충압펌프에 전원이 공급될 수 없는 상태로 방치되고 있었는데, 전원공급이 안되면 MCC패널의 램프가 점등되지 않아 아마추어도 육안만으로도 쉽게 확인할 수 있음에도 그대로 방치하였다.

소방시설관리 업체는 위와 같이 종합정밀점검을 부실하게 하게 실시하여 중계기, 자동화재속보설비, 비상방송설비, 소방펌프, 준비작동밸브, 완강기 등 소방시설이 제 기능을 할 수 없는 상태로 방치된 상태에서 화재가 발생하여 화재 수신이 지연되고, 소방서에 화재속보(자동 119신고)가 안 되고, 스프링클러설비가 작동하지 않고, 완강기를 이용할 수 없는 등으로 인해 많은 사상자가 발생하였다.

4층 공장동의 준비작동식스프링클러설비는 다음과 같은 이유로 작동하지 않았다. 공장동 복층 공간의 화재를 감지하여 중계하는 중계기에 저항 처리를 하여 복층 공간의 연기감지기가 작동하여도 화재신호를 화재수신기에서 수신할 수 없게 된 상태이었고, 준비작동식스프링클러설비의 스프링클러헤드에서 방수가 되려면 준비작동밸브의 솔레노이드밸브가 작동하여 준비작동밸브가 개방되어야 하고 준비작동밸브 솔레노이드밸브는 교차회로방식으로 된 A, B회로의 화재신호를 화재수신기가 수신하지 못하면 준비작동밸브 솔레노이드밸브에 기동신호를 줄 수 없는바 복층 공간에 화재가 확대되어도 스프링클러헤드에서 소화수가 살수될 수 없었다.

4층 복층 공간에서 공장동 복도 아래로 연기가 내려온 후 15:42:56 SVP A감지기 4B-2에서, 15:43:05경 SVP B감지기 4B-2에서 각 화재감지 신호가 화재수신기에 수신되었

다. 화재수신기에서 15:43:14에 4층 준비작동밸브의 솔레노이드밸브에 개방하도록 기동신호가 발신되었다. 준비작동밸브의 솔레노이드밸브 기동신호가 나가면 솔레노이드밸브가 열리고 2차측 스프링클러설비 배관으로 물이 들어가며 준비작동밸브 작동확인 신호가 화재수신기로 오고 사이렌이 울리면서 스프링클러헤드에서 소화수가 살수되고 소방펌프가 기동되어야 하나 준비작동밸브 작동확인 신호와 소방펌프 기동 및 기동확인 신호가 화재수신기 로그 기록에 없고 준비작동밸브의 솔레노이드밸브도 미개방된 상태이었다.

화재진화 직후 4층 공장동의 준비작동밸브는 Figure 7과 같이 솔레노이드밸브가 폐쇄되고 1차, 2차 측 모두 압력이 0 kg/cm²이었고, 지하에 있는 소방펌프도 작동되지 않은 상태이었다.

화재발생 다음 날 경찰에서 경찰차 전원을 화재수신기에 연결하여 시험 중 4층의 준비작동밸브가 개방되어 스프링클러헤드를 통한 살수가 되고 소방펌프가 기동되었다. 이는 화재진화 직후 소방시설관리 업체 대표가 4층 공장동 유수검지장치실(AV) 안에 들어가 Figure 7의 솔레노이드밸브를 인위적으로 돌린 것과 연관이 있는 것으로 사료된다. 화재발생 당시에 화재수신기에서 15:43:14에 솔레노이드밸브 기동신호를 받았지만 솔레노이드밸브 기어가 고착된 상태에 있어 작동하지 않다가 화재진화 직후 소방시설관리 업체 대표가 인위적으로 힘을 가해 돌려서 고착이 해제되고 다음 날 화재수신기 시험 중 기동신호를 받아 솔레노이드밸브가 작동하여 스프링클러헤드에서 살수가 되고 스프

링클러설비 펌프가 기동된 것으로 추정할 수 있다. 이 솔레노이드밸브 기어 고착은 화재발생 전에 소방시설 종합정밀 점검을 하면서 준비작동밸브의 솔레노이드밸브를 작동시키는 점검을 전혀 하지 않아서 발생한 것으로 추정된다.

3.2.2 소방안전관리자의 소방안전관리 부실

전자공장 제1공장은 소방시설법상 2급소방안전관리대상 물이므로 전자공장 측은 산업안전기사 국가기술자격증이 있는 직원(남, 1986년생)을 2017년 11월 20일 관할소방서에 소방안전관리자로 선임신고를 하였다. 소방안전관리자로 선임된 이후 소방시설관리 업체 담당 직원으로부터 누수, 결로로 인해 4층 공장동 복층 등에 설치된 화재감지기가 빈번히 오동작을 일으켜서 화재감지기가 작동되지 않도록 중계기에 저항을 꽂아놓은 상태이고 화재감지기 교체 공사가 필요하다는 말을 수차례 들었으나 아무런 조치를 하지 않아 복층 등의 화재감지기가 작동되더라도 화재수신기가 화재신호를 수신할 수 없는 상태로 방치하였다. 소방안전관리자는 소방계획서에 따라 상시 화재수신기를 감시하고, 매일 소화기, 감지기, 발신기 외관 등을 점검하는 등 일상적 소방시설 관리 활동을 지속적으로 실시하여야 하고, 소방안전관리 업무를 대행하는 업체가 매월 1회 방문하여 소방시설 점검 업무를 실시하거나 종합정밀점검을 실시할 경우 이를 감독함으로써 소방시설이 정상적으로 유지될 수 있게 하였어야 한다. 그러나 화재당시 화재수신기와 연결되어 있어야 할 자동화재속보기의 연결선이 빠져 있어 화재수신기가 15:42:42에 화재신호를 수신하였어도 즉각 119 신고에 자동 신고를 할 수 없는 상태로 방치하였고, 4층 공장동 QP실 내에 설치된 완강기 앞에 적치물이 있어 완강기 위치 인식을 곤란하게 하여 화재 당시 완강기를 사용할 수 없게 방치하였으며, 소방안전관리 업무를 대행하는 업체가 2018년 6월 19일 10:16부터 12:20까지 제1공장 소방시설에 대한 종합정밀점검을 실시할 때 소방시설법에서 정한 인력과 장비로 온종일 점검하여야 함에도 점검인력과 장비를 제대로 갖추지 않은 상태에서 이례적으로 조기에 종료되었음에도 이에 대한 감독을 하지 아니하여 부실 종합정밀점검이 되어 중계기, 자동화재속보기, 완강기, 소방펌프 등 소방시설이 기능을 할 수 없는 상태로 방치하였다.

전자공장 대표는 제1공장 소방안전관리자를 제1공장에서 1.5 km 떨어진 제2공장에 근무하게 하여 소방계획서에 기재된 소방안전관리자의 소방시설 관리업무를 곤란하게 하고, 누수, 결로로 인하여 빈번하게 화재감지기가 오작동하였음에도 누수, 결로에 대한 적절한 조치를 하지 않았다.

3.2.3 자위소방대 역할 미흡

제1공장에서 1.5 km 떨어진 곳에 위치한 2공장에서 2014년 2월 6일 02:39 1층 작업장 동도금기계에서 전기적 요인에 의한 화재, 2015년 12월 3일 21:59 오독물 저장시설 외부 이송배관에서 전기적 요인으로 화재가 발생한 사실이 있

다. 화재가 2회에 걸쳐 발생한 사실이 있고 소방시설법에서 정하고 있는 자위소방대가 조직되어 있음에도 평상시 훈련이 제대로 실시되지 않아 이 사건 화재 시에 자위소방대 역할을 전혀 하지 못하였다. 심지어 자위소방대에 속한 사실을 대부분의 직원들이 모르고 있거나 알고 있는 경우에도 자위소방대 어느 부서에 소속된 것인지조차 모르고 있음이 경찰 조사 과정에서 드러났다.

화재발견 직후 자위소방대가 제 역할을 하였다면 사자를 줄이는데 기여할 수 있었을 것이다. 자위소방대가 제 역할을 못한 이유는 소방안전관리자가 1.5 km 떨어져 있는 제2공장에 근무하고 있는 것과 관련이 있을 수 있다.

3.2.4 피난 후 문 출입문 개방상태 방치

전산실 출입문이 열린 상태로 화재에 노출된 패턴이 Figure 8과 같이 남아 있는 점을 감안하면 전산실로 10명이 피난하면서 맨 나중에 전산실로 들어간 직원이 경황이 없어 출입문을 닫지 않은 것으로 추정된다. 반자가 붕괴되기 전에 급격히 반자 아래 복도로 연기가 확산되어 시야확보가 안 되는 상황이 CCTV에 녹화되어 있음을 감안하면 전산실의 열린 출입문을 통해서 뿐만 아니라 전산실 반자의 틈새를 통해서도 전산실 내로 연기가 들어왔을 가능성을 배제할 수 없지만, 전산실에 갇혔다가 창문을 통해 뛰어내려 부상을 입거나 구조된 분들이 열기를 견딜 수 없어 뛰어내렸다고 진술한 점을 감안하면 연기뿐만 아니라 열기가 직접 전산실로 들어 왔을 것으로 여겨진다. 출입문이 닫히고 반자 틈새로만 연기가 스며들어 왔다면 뜨거운 열기를 직접 느끼지 않았을 것이다. 전산실의 외부 복도 쪽은 화재로 반자가 손상을 입었지만 전산실 내부의 반자는 온전한 상태였고, 또한 출입문이 열린 상태에서 복도 쪽에서 전산실 내부 쪽으로 연기와 열기가 들어간 흔적(물증)이 Figure 8과 같이 출입문에 남아 있음을 감안하면 출입문 개방으로 인해 복도를 통해 연기와 열기가 반자가 파손된 복도 쪽에서 전산실 안으로 밀려들어왔을 것으로 분석할 수 있다. 연기와 열기가 전산실로 들어간 화재패턴은 문이 열려 있지 않고는 나타날 수 없다.

3.3 화재발견 및 119신고 지연

15:40 설비 정전이 되었고, 15:42:42 경비실 화재수신기가 화재 신호를 수신하였고, 15:43:38 옆 공장 여직원이 최초 119신고를 하였다. 소방대가 도착했을 당시에는 4층 공장동 전산실에 피난한 10명 모두 생존한 상태이었는데, 구조대가 에어매트를 전개하고 있는 과정 중에 5명이 뛰어내려 2명이 사망하고 2명이 부상을 입고 1명이 구조되었고, 전산실에서 5명이 사망한 상태로 발견된 점을 감안하면 화재발견과 119신고가 조금만 빨랐다면 전산실에 갇힌 분들 중 상당수는 구조할 수 있었던 것으로 분석할 수 있다.

Figure 8. False ceilings of in front of and inside of the computer room.

3.4 급격한 화재 확산 및 다량의 유독가스 발생

화재가 시작된 4층 공장동 복층 등의 4층 천장에는 단열과 결로를 방지하기 위해 우레탄폼이 시공되어 있었다. 천장에 시공된 우레탄폼은 1초당 10 m정도로 연소확산속도가 빠름은 물론 연소되면서 엄청난 열량과 다량의 검은 연기를 발생시켜 수초 또는 늦어도 1분 이내에 통제 불가능의 상태에 빠질 수 있는데⁽⁹⁾, 이 사건 화재의 경우에는 사상자들은 화재발생 후 3분 이상 경과한 시점에 화재를 인지하고 피난하였다.

천장에 시공된 우레탄폼으로 인해 다수의 사상자가 발생한 사례는 2007년 3월 서울 구로 복합건축물 신축공사 중 화재(사망 1명, 부상 59명)⁽¹⁰⁾, 2008년 1월 경기 이천 냉동창고 화재(사망 40명, 부상 10명)⁽¹¹⁾, 2012년 8월 서울 종로 미술관화재(사망 4명, 부상 25명)를 들 수 있다. 이들 화재사례에서 천장에 시공된 우레탄폼에 불이 붙으면 1분 이내의 아주 짧은 시간에 급격히 연소확대가 되어서 다수의 인명피해와 막대한 재산피해를 발생시킨 특징이 있었다.

4. 유사화재 예방 대책

4층 근무자 58명 중 9명이 사망하고 5명이 부상을 입은 결정적인 원인은 소방시설관리 업체 담당 직원이 중계기에 저항 처리를 하고 형식적인 종합정밀점검을 하여 복층 공간의 화재발생 초기에 화재수신기로 화재신호를 보내지 못하고, 복도로 연기가 내려온 후 화재수신기가 화재신호를 수신하였음에도 경비원이 지구경종 등을 정지시켜서 화재 발생 사실을 근무자들이 알 수 없게 하고, 반자가 무너져 복도 등으로 연기와 불이 내려온 후에 알아 피난할 시간적 여유가 없었기 때문이다.

다수 사상자가 발생한 원인을 위에서 8가지로 분석을 하였으므로, 이 8가지 관점에서 예방대책을 강구할 수 있겠지만, 여기서는 결정적인 원인을 제공한 관점에서 대책을 제시한다.

4.1 소방안전관리 대행 업무량 기준 마련

전자공장 측은 소방시설법에서 정하는 소방안전관리와 자체점검을 소방시설관리 업체에 위탁하고 있었고, 위탁받은 소방시설관리 업체는 담당 직원을 지정하여 소방시설법 제20조 제6항에서 정하고 있는 소방안전관리자의 업무를 보조(지원)해주는 외에 매월 1회씩 소방시설을 점검해주고 화재가 아님에도 화재경보가 울리는 등 특이사항이 발생한 경우에는 이에 대한 대처(조치)를 해주는 등의 소방시설 점검과 소방안전관리를 대행하고 있었다.

그런데 이 담당 직원은 화재가 발생한 전자공장 외에도 90여개의 특정소방대상물에 대해서도 동일한 소방안전관리 보조(지원)와 소방시설 점검 등을 하고 있었다. 담당 직원은 경찰 조사에서 불가능한 업무량을 담당하고 있었다고 진술하였다. 담당 직원이 90여개 특정소방대상물에 대해 소방안전관리 보조(지원)를 해준다보니 화재경보가 울린다고 갑자기 조치를 해주라고 하면 당일이나 다음 날 상당한 시간을 내서 조치를 해주어야 하고 매월 1회씩 순회를 하여야 하므로 업무량을 감당할 수 없었다. 화재감지기의 화재신호를 화재수신기에 보낼 수 없게 중계기에 저항처리를 하면 담당직원을 갑자기 부를 이유가 없어진다. 화재감지기가 오동작하더라도 중계기에서 저항처리를 하면 중계기에서 화재수신기에 신호를 보내지 않으므로 오동작을 했는지 알 수가 없고 화재경보가 울리지 않으면 갑작스럽게 부를 이유가 없기 때문이다.

소방시설관리 업체와 전자공장 사례에서 볼 수 있는 것처럼 소방시설법에서 소방안전관리와 소방시설 점검을 소방시설관리 업체에 대행(위탁)할 수 있게 규정하고 있는데, 자체점검 업무량(소방시설관리사 1명과 보조 기술인력 2명을 점검인력 1단위로 하며, 점검인력 1단위가 하루 동안 종합정밀점검을 할 수 있는 점검한도 면적은 10,000 m²임)을 규정하고 있을 뿐 소방시설관리 업체가 소방안전관리 대행할 수 있는 업무량에 대해서는 규정하고 있지 않다.

현재처럼 소방안전관리 대행 업무량을 제한하지 않으면 형식적인 소방안전관리 대행을 하거나 형식적인 종합정밀점검으로 이어질 수 있다.

소방시설법에서 자체점검 대행 업무량을 규정하고 있고, 소방공사법에서도 소방시설공사업자의 업무량, 소방공사감리업자의 업무량을 규정하고 있는 것처럼 소방안전관리 대행할 수 있는 업무량에 대해서도 규정할 필요가 있다.

4.2 종합정밀점검 결과 보고 시 로그기록 제출 의무화

전자공장 화재 사례에서 볼 수 있는 것처럼 소방시설관리 업체가 종합정밀점검 등을 형식적으로 한 후 이상이 없다고 관할소방서에 보고하여도 현 시스템에서는 그 보고서 내용의 진위를 알 수 없다. 그 이유는 제출된 보고서(소방시설등 종합정밀점검 실시결과 보고서) 내용은 종합정밀점검을 실시한 현장에 가서 확인하기 전에는 검증할 수 없기 때문이다.

종합정밀점검 대상의 화재수신기는 대부분 R형수신기이므로 소방시설 점검을 하면 점검 내용이 로그 기록으로 남으므로 관할소방서에 점검결과 보고를 할 때 현재 서식의 보고서 외에 점검한 로그기록을 첨부하도록 의무화할 필요가 있다. 보고서를 제출받은 소방서에서 현장 확인을 하지 않더라도 점검 로그 기록 확인만으로 점검이 제대로 이뤄졌는지 검증이 가능하기 때문이다.

또한 이전 종합정밀점검 시점부터의 로그기록을 동시에 제출하게 하면 지구경종 정지 등 소방시설 폐쇄나 차단 등에 대한 사실도 알 수 있어 소방시설 점검 시에만 정상으로 작동시키는 부작용을 막을 수 있을 것이다.

로그 기록을 제출하게 하더라도 별도의 비용이 발생하거나 추가 시간이 소요되지 않으므로 제도 도입에 문제가 없다고 생각한다.

5. 결 론

5.1 다수 사상자 발생 원인

전자공장 화재는 주간에 발생했고 폭발이 발생하지 않았음에도 15명의 사상자가 발생하였으므로 다수의 사상자가 발생한 원인을 구체적으로 분석하였다. 다수의 사상자가 발생한 주요 원인은 화재수신 후 지구경종 등 기능 정지, 화재발견 직후 정전 발생, 소방시설관리 대행업체 소방시설 관리 부실로 소방시설 미작동, 소방안전관리 부실, 지위소방대 역할 미이행, 전산실로 피난 후 출입문 개방상태 방치, 화재발견 및 119신고 지연, 천장에 시공된 우레탄폼으로 인한 급격한 화재 확산 및 다량의 유독가스 발생으로 분석하였다. 여러 요인 중 결정적인 것은 화재수신기가 화재를 수신했음에도 경비원이 화재수신기에서 지구경종 등의 기능을 정지하고, 중계기에서 저장 처리를 하는 등으로 4층 복층 공간에서 발생한 화재의 화재신호를 화재수신기가 감지할 수 없게 중계기에 저장을 쫓아 놓은 것이다.

5.2 예방대책

첫째, 소방시설관리 업체의 소방안전관리 대행 업무량

한도를 정해야 한다. 현행 소방시설법에서는 소방시설관리 업체가 종합정밀점검을 하는 경우에 1일 점검한도를 규정하고 있는 반면에 소방안전관리 대행에 대해서는 업무량 한도를 정하고 있지 않아 소방시설관리업체 담당 직원이 감당할 수 없는 90여개의 특정소방대상물 소방안전관리를 담당하고 있는 상태이었다. 소방안전관리 대행 업무량 한도를 제한해야 내실 있는 소방안전관리 대행이 가능할 것이다.

둘째, 종합정밀점검 결과를 소방서에 보고할 때 로그기록 제출을 의무화해야 한다. 보고서를 제출받은 소방서에서 현장 확인을 하지 않더라도 점검 로그 기록 확인만으로 점검이 제대로 이뤄졌는지 검증이 가능하기 때문이다.

References

1. S. C. Jeong, "Case Study on the Daegu Subway Fire Disaster Accident in 2003", Master's Thesis, Kyungbook National University (2004).
2. T. H. Kim, "Analysis for Daegu Subway Fire", Proceeding of 2003 Autumn Conference, The Society of Air-Conditioning and Refrigerating Engineers of Korea, pp. 240-248 (2003).
3. M. S. Hur, "A Study on Fire Prevention and Safety Facilities based on Investigation Report on Cold Storage Fire Case", Proceedings of 2009 Autumn Annual Conference, Korean Institute of Fire Science & Engineering, pp. 204-209 (2009).
4. E. P. Lee, "Problems and Measures to Prevent Recurrence of Cold Storage Fire", Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design, Vol. 24, No. 12, pp. 39-46 (2008).
5. Y. B. Lee, C. H. Jeong, T. J. Jeong and H. Kim, "An Experimental Study on the Fire Characteristic of National Museum", Journal of the Fire Investigation Society & Equipment Technology, Vol. 3, No. 2, pp. 81-88 (2012).
6. E. P. Lee, "Analysis of the Causes of Catastrophic Damage of Goyang Bus Terminal Fire and the Preventive Measures for Similar Catastrophic Fires", Journal of Scientific Criminal Investigation, Vol. 12, No. 1, pp. 39-48 (2018).
7. S. B. Choi and D. M. Choi, "A Study on Fire Risk of Apartment House with Pilotis Structure - Focused on the Fire case of Uijeongbu-si Urban Living Homes -", Fire Science and Engineering, Vol. 30, No. 3, pp. 48-54 (2016).
8. E. P. Lee, "Analysis of Causes of Casualties in Jecheon Sports Center Fire - Focus on Structural Factors of Building and Equipment -", Fire Science and Engineering, Vol. 32, No. 4, pp. 86-94 (2018).
9. B. Y. Oh, "A Study on the Fire Risk of Special Combustible Materials", Master's Thesis, Gacheon University, p. 56 (2004).

10. E. P. Lee, "Analysis of the Actual Conditions of Fire Outbreak and its Preventive Measures during New Construction of Buildings", Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design, Vol. 24, No. 10, pp. 97-104 (2008).
11. H. K. Kim, S. H. Park and T. H. Jung, "A Study on the Alternatives for Fire Safety Management by Warehouse Fire Analysis", Proceedings of 2009 Spring Annual Conference, Korean Institute of Fire Science & Engineering, pp. 598-605 (2009).