

One Meridian Plaza 화재사례

—연결송수관설비의 부적절한 감압밸브 셋팅에 의해 대형화재 초래—

1. 서 언

1991년 2월 23일(토) 초저녁에 필라델피아 도심지의 38층 건물에서 화재가 발생하여 3명의 소방대원이 사망하고 9개층이 화재에 휩싸였으며 건물에 심한 구조적 손상을 입었다. 불길을 잡기 위한 18시간30분 동안의 진압활동은 전원손실(비상전원 포함)과 부적절한 소방호스 방수압에 의해 더욱 많은 어려움을 겪었다. 수직화재확산은 30층에서 소방차로부터 송수구를 통해 물을 공급받은 스프링클러 소화설비(주1)에 의해 완전히 멈추었다. 이 보고서는 필라델피아 소방서와 BOCA(Building Officials & Code Administrators International)의 협조를 받아 NFPA가 작성한 것이다.

2. 소방대상물의 개요

One Meridian Plaza는 지하3층과 지상38층의 내화구조 건물이다. 도심지에 위치해 있고 정문은 건물북측에 있으며 시청과 마주하고 있다. 건물외면은 그라나이트(granite)와 유리로 되어 있으며 외면 중 약 50%가 자연채광이 가능하도록 되어 있다. 지붕에는 2개의 헬기착륙장이 있으며 이는 화재진압작업시 이용되었다. 내화스프레이가 된 강구조 프레임과 데크 플레이트의 콘크리트 바닥구조로서 건물의 구조적 차염성은 갖추어져 있었다.

사무실 건물에 대한 건축물허가는 1969년에 처음 받았으며 용도허가는 1973년에 필라델피아 면허 및 검사국에 의해서 받았다.

이 건물은 바닥면적이 약 240ft×92ft로 거주자가 사용하는 면적이 17,000ft²이고 나머지 부분은 빌딩코아 부분이다. 빌딩코아는 3개 옥내계단중 2

개와 엘리베이터, 유틸리티 및 기타 수직관통부로 구성되어 있다. 계단과 수직샤프트는 2시간의 내화성을 갖추었다.

3. 소화설비

처음부터 지하층부분에는 스프링클러설비가 설치되어 있었으며 2개의 건식 연결송수관이 건물코아내의 계단에 설치되어 있었다. 건물 동측의 계단에는 연결송수관이 설치되어 있지 않았다. 연결송수관 및 스프링클러설비용 송수구가 건물외부에 각각 별도로 2개가 설치되어 있었다. 여기에 추가로 거주자용으로 습식 연결송수관 설비가 모든층에 설치되어 있었으며 각 방수구에는 100ft 호스와 노즐이 비치되어 있었다. 이 설비는 자체급수설비(주2)에 의해 급수되었다.

1988년에 건물소유주는 건물전체에 스프링클러설비를 설치하기로 결정하고 기존 연결송수관설비를 함께 이용하고자 하였다. 이들 설비의 연동작업을 위해서는 건물의 소화급수설비의 개수가 필요하였다. 이를 위해서 건식 송수관설비에 6'급수배관을 연결시켜 습식 송수관설비로 개조하였다. 개수내용에는 750gpm 용량의 소화펌프 2대의 설치도 포함되어 있다;한대는 최하층에 다른 한대는 12층(기계층)에 설치하였다.

또한 일부 계단참에 있는 호스접결구에는 감압밸브(PRV)를 설치하였다. 감압밸브는 설치시의 밸브셋팅압력보다 방수구 압력이 초과되는 것을 방지해 준다. 연결송수관 설비에 설치된 감압밸브는 두종류이었다. 둘 다 현장에서 압력을 조정할 수 있는 밸브였다. 하나는 유량이 흐르는 동안

호스에 걸리는 압력을 제어할 수 있는 반면, 다른 하나는 노즐이 폐쇄되어 있을 때 호스의 정압을 제어할 수 있는 것이었다.

임대층은 비게 되거나 또는 개수시에 공사를 하는 방법으로 1993년까지 스프링클러설비를 전층에 설치한 계획이었다.

화재발생 당시에는 스프링클러설비가 불완전한 상태이었으나 30층, 31층, 34층 및 35층에는 기준(NFPA 13)에 따라 스프링클러설비가 설치되어 있었다.

4. 화재경보설비

이 건물에는 수동 및 자동화재경보설비가 설치되어 있었다. 이 설비의 일부로서 열 및 연기감지기가 설치되어 있었으나 임대층 전체에 설치되어 있지는 않았다. 엘리베이터 로비부분에는 연기감지기가 설치되어 있으며 유리간막이를 설치하여 임대부분과 로비가 구획된 경우에는 이 부분에 별도의 감지기를 설치하였다. 이 경우에는 연기감지기를 문의 임대부분쪽에 있는 천정에 설치하였다. 또한 계단통로 근처의 임대부분 및 기타 공동임대부분에 감지기가 설치되어 있었다.

화재경보설비가 작동하면 건물전체에 경보를 발하고 경비실과 호출표시판넬 및 중앙방재회사에 경보신호를 자동으로 보내도록 설계되어 있었다.

5. 구조 및 용도

건물소유주는 화재경보설비 작동에 따라 자동으로 옥내계단문이 개방되도록 해야 하는 면허 및 검사국 예규에 대한 일부변경허가를 1984년에 받았다. 계단문은 재진입을 방지하기 위해 계단 쪽에서 잠기도록 되어 있었다. 이 변경허가는 매 3개층마다 재진입이 가능하고, 각 계단참에 가장 가까운 재진입 가능장소를 알리는 표식을 갖추고 있으면 문의 잠금을 허용하였다. 건물내의 일반적인 용도는 자문회사, 변호사, 회계사 사무실이었다. 이러한 업무는 일반적으로 많은 서류철(많은 화재연료를 제공함)을 비치하고 있다. 더우기

한 회사가 21층과 22층을 사용하고 또 다른 한 회사가 24층과 25층을 사용한 관계로 이들 두 층간에는 개방된 별도의 옥내계단이 설치되어 있었다.

건물의 코어부분이 외벽(남쪽)에 맞대어 설치되어 있었다. 일반적으로 각층의 배열은 외벽을 따라서 개인 사무실이 있으며 건물내부에는 금속 재 셋기등을 설치하고 여기에 석고재를 붙여서 내부 간막이를 구성하며 출입구는 목재문을 사용하였다. 개인 사무실 바로 바깥쪽에는 지원부서 사무실이 개방된 대형공간에 위치한다. 사실상 이 부분에는 바닥에서 천정까지 이어져 있는 간막이 벽이 설치되어 있는 층은 몇개층 되지 않았다. 대신에 업무영역을 구분시키기 위한 5ft 높이 정도의 분리대만 설치되어 있었다.

6. 발견시 상황

화재발생시기가 토요일 초저녁이었기 때문에 경보가 발한 시각에는 건물내에 몇사람 있지 않았다. 경보가 처음 울렸을때 경비 1명과 보수작업자 1명이 1층 경비실에 있었다. 필라델피아 소방서에 따르면 자동화재경보는 경비실에 약 8:23 P.M에 처음 접수되었으며, 이에 따라 건물 보수작업자가 화재경보수신기로부터 22층에서 화재가 발생하였다고 판단하고 엘리베이터를 이용하여 상황파악을 위해 올라갔다. 22층에 도착하여 엘리베이터 문이 열리자 심한 연기와 열기를 인지하였다. 그는 바닥에 엎드려 휴대용 전화기를 이용하여 실제화재가 발생하였음을 경비에게 알렸다.

경보발생원인을 조사한지 몇분 이내에 경비는 화재경보회사로부터 전화를 받았으며 화재경보회사는 경보발생원인을 조사하고 있는 중이라는 내용을 전달받았다. 그러나 이때까지 소방서는 이에 대해 보고를 받지 못한 상태이었다.

필라델피아 소방서에 들어온 첫 화재발생신고는 8:24P.M경에 건물외부에 있는 한 행인이 전화로 하였다. 이 사람은 건물의 정확한 위치나 그가 있는 정확한 위치를 잘 모르고 14층이나 15층

의 한 건물에서 연기가 나온다고 신고하였다(소방서 배차담당자는 수분동안 전화통화자와 이야기한 후에 화재발생건물을 인지하였다).

7. 화재상황 및 진화작업

이 화재발생신고 후에 곧바로 중앙방재회사로부터의 신고를 포함하여 여러차례의 추가적인 신고전화가 접수되었다.

4대의 소방차, 두 사다리차 회사 및 소방지휘관 2명의 파견이 8:27P.M에 이루어졌고 8:31P.M에 최초 소방대가 도착하였다. 이 소방대는 건물 중간부분의 깨어진 유리창으로부터 많은 연기가 발생하고 있다고 보고하였으며 몇분후에 두번째의 화재경보가 울렸다.

화재는 급속히 확산되어 반시간이 약간 지나서 5번째 화재경보가 울렸으며 추가적인 소방대원 및 장비의 필요성과 소방대원들도 수시간 동안의 진압작업으로 피곤해지기 시작할때 12번째 화재경보가 울렸으며 이때까지 계속 확산되었다.

소방지휘관과 먼저 도착한 몇몇 소방대는 경비로부터 22층에서 화재가 발생하였다는 정보를 받았다. 소방대원의 부상에 대한 고려와 화재발생 장소에 대한 상반된 정보에 따라 소방지휘관은 엘리베이터로 11층까지 간 다음에 정확한 발화장소를 발견할때까지 계단을 이용하여 올라가기로 결정하였다. 이들이 11층에 도달된 후 얼마되지 않아서 건물의 모든 전원이 나갔다고 보고되었다.

전원손실은 소방대원의 활동에 직접적이고 심각한 영향을 주었다. 전원복구 작업에도 불구하고 암흑같은 상황은 계속되었다. 소방대원들은 어두운 곳에서 막대한 양의 장비를 손으로 20층까지 이동시켜 설치한 후 다시 발화장소까지 끌고 가야만 했다. 밤새도록 화재진압 책임자는 수많은 사람들로 하여금 소방대원들에게 필요한 장비를 올려보내 주도록 하였으며, 이 결과 많은 소방대원들이 건물내의 어두운 계단에서 장비를 끌고 다니면서 8시간이나 보냈다.

건물을 제일 먼저 올라가는 진압대원들은 층의

바닥배열상태와 주요소화설비의 위치를 확인하기 위해 여러층을 조사하면서 올라갔다. 이들이 22층에 접근하였을때 계단실내에 연기가 차있음을 발견하였으며 화재진압위치를 잡으면서 22층의 계단문까지 화재가 확산되었음을 보고하였다. 또한 이때 내부에서 잠겨있는 문을 여는데도 어려움을 겪었다. 문을 열고 난후 대원들이 발화층으로 전진하기 시작하면서 소방호스의 방수압이 낮고 또한 호스에 의한 방사는 형편없으며 방사거리도 짧다고 보고하였다.

이 결과 제1화재진압대는 발화층으로 전진하지 못한채 적정한 급수상태가 이루어질때까지 계단문에서 방어적이고 자체보호자세를 취하였다.

또한 23층과 24층에서도 소방대원들이 진압자세를 취하기 시작하였으나 이들도 역시 소방호스에 대한 앞에서와 유사한 결함에 대해 보고하였다. 이때까지의 평가에 의한 보고는 이들 층에서의 화재조건은 심각하였으나 아직까지 발화층이외로 화재가 확산되지는 않았다는 것이다. 그러나 21층과 22층의 중간 옥내계단을 통하여 화재 및 연기가 21층으로 내려갔다는 보고가 곧이어 접수되었다. 여기에서의 소규모화재는 쉽게 소화되었으며, 이 옥내계단을 이용하여 소방대원들이 22층으로 올라갔다. 이때까지의 화재진압노력은 효율적이지 못했다.

이후 수시간동안 소방대원들은 소방호스의 급수상태를 개선시키기 위해 여러방법을 시도하였다. 인접건물로부터 호스를 설치하기도 하고 소방차의 작동압력을 증가시키고 건물내의 소화펌프가 작동되지 않는 원인을 찾기 위해 노력하였다. 암흑속에서의 소방대원들에 의한 이러한 노력에도 불구하고 여건이 좋아지지는 않았다. 이 결과 화재진압책임자는 소방서의 소방차로부터 5'급수호스를 계단을 통하여 손으로 운반하여 사용하도록 지시하였다. 이 힘든 노력은 사고후 약 5시간 30분후에 이루어졌다. 그러나 이때쯤 하여서는 화재는 23층과 24층까지 확산되었으며 25층도 위협하고 있었다.

이러한 힘든 장비운송문제가 화재진압을 방해

하고 있는 동안에 비상사태가 발생하였다. 약10시30분경에 연기로 가득찬 계단을 환기시키기 위한 작업을 하던 진압지휘관 1명과 소방대원 2명이 창문을 깰 수 있도록 허가를 요청한 직후 지휘관이 쓰러졌다고 보고하였다. 이 보고후 곧바로 30층에 있는 2번 계단(건물코어의 동쪽 끝에 위치함)을 떠났다고 보고하였다. 이 보고에 의해 이들 소방대원들을 찾기 위해 소방대원들은 30층과 이 이상층을 조사하기 시작하였으며 일부 소방대원들은 헬기를 이용하여 지붕에서 내려가면서 조사를 시작하였다. 그러나 극심한 열과 열기에 의해서 헬기에 의한 작업은 정지할 수 밖에 없었으며 14명의 소방대원들이 헬기로 지상에 내려왔으며 이때까지의 모든 노력에도 불구하고 이들을 찾는 데는 실패하였다.

건물주위를 맴돌던 헬기가 마침내 깨어진 창문을 28층 동남쪽 끝에서 찾아내었다. 이 정보에 따라 구조팀은 쓰러져 있는 소방대원 시체를 찾아내었으며 이들을 20층에 있는 응급처치장소로 옮겼다.

화재진압작업은 작업시작 4시간 후에 이 건물의 스프링클러설치작업을 하였던 설비계약자가 소화작업을 지원하기 위해 도착하였을 때 약간 호전되기 시작하였다. 연결송수관설비 및 감압밸브의 셋팅에 대해 잘 알고 있는 설비계약자에 의해 감압밸브의 셋팅조정이 이루어지자 소방대원들의 호스급수상황이 개선되어졌다.

진압작업 5시간30분후에 5* 급수배관의 설치가 완료되었으며 소방대원들이 사용하기 시작하였다. 그러나 이때는 이미 화재가 여러층으로 확대되었으며 기타층들도 위협하고 있었다. 이후 수시간 동안 소방대원들은 발화지점에 접근하기 위해 많은 노력을 하였다.

그러나 이러한 개선과 노력에도 불구하고 진압작업은 11시간동안이나 계속되었으며 일부층의 붕괴가능성에 대한 구조공학자의 경고에 직면하였다. 이때에는 21층에서 24층까지의 화재는 누그러졌으며(화재연료가 대부분 연소되었음), 진압작업은 25층과 26층에서 진행중이었으나 화재

는 여전히 확산되고 있었다.

이러한 상황에 직면한 화재진압책임자는 건물로부터 모든 소방대원들을 철수시켰다. 그는 소방대원들의 인명을 보호하고 대신에 소방차를 통하여 30층에 설치된 스프링클러설비에 물을 공급하기로 결정하였다. 따라서 30층 아래층까지는 아무런 방해도 받지 않고 연소하게 되었다. 스프링클러 방수량이 급수원의 여건때문에 0.3gpm/ft² ~ 0.4gpm/ft² 정도로 높았을 것으로 보이는데 이러한 낮은 위험용도의 설계기준에 의하면 발단부면적 1,500ft²에 대해 0.1gpm/ft²가 되도록 하고 있다. 화재확산이 30층에 이르러서야 여러장소에서 작동된 10개의 스프링클러에 의해 화재의 수직확산이 완전히 정지되었다.

8. 결 론

필라델피아 소방서 화재조사자들은 이 화재는 건물 22층 북쪽에 위치한 개인 사무실에서 시작된 것으로 결론지었다. 발화원은 목재판넬의 세척용 등으로 이용하던 아마인류가 적셔진 걸레에서 자연발화된 것으로 결론지어졌다. 일단 화재가 발생하자 이는 발화실내에 산재하여 있던 여러 휘발성 물질로 번져나갔으며 얼마후에는 가연성 내장재와 마감재로 확산되었다.

화재감지시에 발화실에서 외부로 확산된 화재의 규모에 대해서는 알 수가 없다. 그렇지만 발화층 내부의 인접실로 화재가 확산되었으며 다른층으로까지 연소생성물을 전파시킨 것으로 추정된다. 화재감지직후에 화재의 강도가 강했다는 확증은 보수작업자가 발화층으로 올라갔을 때 그의 생명을 위협을 만큼 심각한 화재상황에 직면하였 발화층(22층)상부로는 30층이 첫번째로 스프링클러가 설치된 층이었다.

(주2) 화재진압 공격선에서 압력이 낮다는 것을 발견하고서 소방대원들이 화재진압을 위해 이 설비를 사용하려고 시도하였으나 이 설비의 압력도 역시 적당치 못하다고 보고하였다. 자체급수 펌프는 건물의 전원이 나가자 작동이 되지 않은 것으로 보인다.

다는 것이다.

소방서에 통보된 시각에 이미 심각해진 화재는 소방대원이 진압작업을 위해 배치되기까지는 계속해서 아무런 방해없이 성장하였다. 소방대원의 첫 보고에 의하면 화재가 계단문으로 전파하였음을 나타내고 있으며 물론 다른 개방된 공간으로도 확산되어졌다. 초기 진압대원은 발화층으로 가는 도중에 전원이 나갔음을 보고하였고, 이는 강한 열이 전기실로 유입되었으며(발화실에서 약60ft 거리) 건물로 송전되는 메인송전선 모두(2개)를 파괴시켰다는 것을 의미한다. 22층 전기실의 석재구획은 상층바닥까지 연결되어 있지 않았으며 이러한 개구부를 통해서 전달된 열이 송전배관을 파괴시켰다.

비상용 발전기가 설치되어 있었으나 실제상황에서는 작동되지 못한 것으로 결론지어졌다. 이 결과로 엘리베이터, 조명 및 소화펌프에 대한 비상전원의 공급이 이루어지지 못했다.

소방서에 화재신호가 어느정도 지체되었고, 초기진압을 위한 소방대원의 배치에도 어느정도 시간이 소요되었으며, 화재의 빠른 성장 및 확산에도 불구하고 소방대원의 도착시간 정도에 소방대원의 노력만으로 화재는 제어될 수 있었던 상황이었다. 그러나 이러한 수동진압노력은 충분한 양의 물이 공급되는 소방호스와 방사된 물이 얼마나 연소표면까지 깊숙히 침투하느냐에 거의 의존하게 된다. 이러한 상황은 진압작업시작 5시간 후에서야 나타나게 되었다. 소방호스에 적절한 급수를 하기 위한 소방대원의 노력은 압축속에서 연기로 가득한 조건하에서 실시될 수 밖에 없었다.

세명의 소방대원의 자체호흡기(SCBA)의 산소가 떨어진 상태로 고층건물 화재진압작업을 실시하게 되었으며 28층에서 피난처를 찾으려고 노력하였다.

그러나 이들은 자기들이 30층에 있었던 것으로 생각하였으며 이러한 내용을 지휘센터로 보고하였던 것이다. 많은 노력에도 불구하고 이들의 목숨을 구할 수 있는 시간내에 발견할 수가 없었다.

이러한 모든 사고가 발생하는 동안에 소방대원들의 화재진압능력은 손상되었고 화재는 성장하여 상층부로 확산되어 갔다. 화재진압작업이 정상적으로 재개되었을 때는 이미 화재는 수동적 제어능력 범위를 벗어나 있었다. 더우기 화재진압책임자는 건물내의 심각한 구조적 손상에 의해서 일부층의 붕괴가 일어날 가능성에 직면하였다.

이러한 결과로서 모든 소방대원들은 일요일 아침 7:00시경에 안전을 위해 전면 철수했다. 이러한 상태에서 화재는 30층에 도달될때까지 27층, 28층, 29층에서 전혀 방해받지 않고 계속 연소하였다. 30층에 이르러서야 소방차에 의해서 공급된 여러개의 스프링클러가 각기 상이한 여러장소에서 작동하기 시작하였다. 스프링클러는 30층으로 올라온 열에 의해서 작동된 것으로 보이는데, 이 열은 파열된 창문과 바닥슬라브와 외벽 그라나이트면 사이의 개구부 및 콘크리트바닥 슬라브(구조빔으로부터 열전도와 바닥파열에 의한 크랙을 통한 열전달)를 통하여 전달된 것 같다. 이러한 열전달 기구에 의해 주위의 여러 가연물질로 발화되었으며 전층의 여기저기서 발화가 이루어졌다. 이러한 화재는 스프링클러에 의해 소화되었으며 결국 총10개의 스프링클러가 작동하여 30층에서 화재확산이 중단된 것으로 결론되었다.

NFPA보고서에 의한 이번 화재에서의 주요 문제점과 영향을 미친 요인을 보면 다음과 같다.

- 1) 발화층에서의 스프링클러설비 부재
- 2) 너무 높게 조정된 감압밸브(PRV)의 셋팅에 의한 소방호스의 부적절한 방수압
- 3) 발화층에서 화재의 빠른 성장과 확산
- 4) 메인 전원 및 비상전원의 조기손실
- 5) 초기화재시에 자동설비에 의한 화재감지 실패
- 6) 30층에서 수직화재확산을 막기 위해 소방차로부터 급수된 스프링클러설비의 효과

(주1) 이 건물은 스프링클러설비가 설치되지 않았으나 설치층에 있었다. 화재발생 당시 몇개 층과 지하층에만 스프링클러가 설치되어 있었다.