

미국 사우스캐롤라이나 소파 판매점 화재사례

1. 사고의 개요

2007년 6월 18일 9명의 소방관이 사망한 찰스턴 소파 수퍼 스토어의 화재사고는 2001년 9/11 테러사건에서 343명의 소방관이 사망한 이후 단일 사고에서 가장 많은 소방관 인명피해가 발생한 사고이다.

사고의 원인은 밝혀지지 않았으나, 쓰레기 더미에서 발화가 시작된 것으로 볼 때 담배꽂초와 같이 부주의로 인한 발화원 방치로 추정된다. 스프링클러 및 화재감지기가 설치되지 않아 피해가 더 커진 화재이다.

- 소재지: 미국 사우스캐롤라이나 Charleston
- 사고일시: 2007. 6. 18(월) 오후 6시 56분경
- 발화장소: 매장 뒤편 쓰레기더미
- 사고원인: 쓰레기 더미에 버려진 담배꽂초로 추정
- 인명피해: 소방관 9명 사망
- 재산피해: 소파 판매점 전소

2. 사고건물현황

2-1. 건물

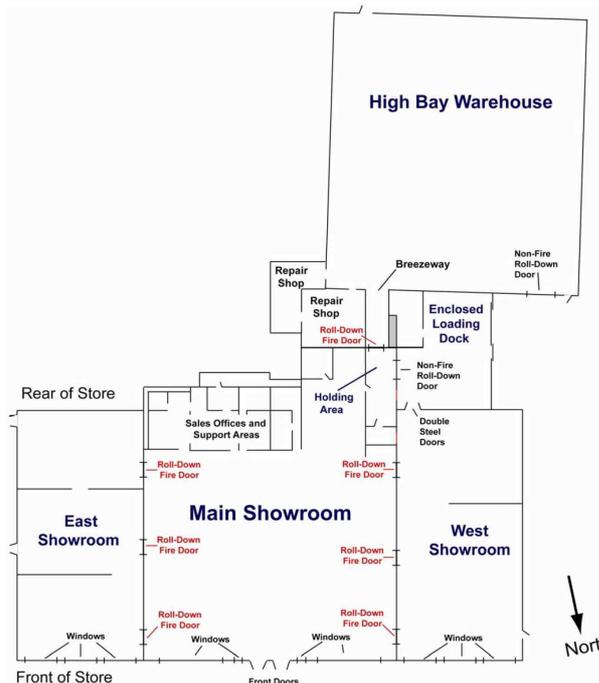
[표 1] 소파 수퍼 스토어의 건물 현황

구 분	구조특징	면적	건축년도	비고
중앙 전시장	콘크리트 블록벽, 경량철골바 장선, 복합금속판지붕	1630m ²	1960	최초 용도는 식료품점
서쪽 전시장	금속판 벽, 철골 I-빔 장선, 금속판지붕, 중앙전시장 사이에 3개의 방화셔터	650m ²	1994	
동쪽 전시장	금속판 벽, 철골 I-빔 장선, 금속판지붕, 중앙전시장 사이에 3개의 방화셔터	650m ²	1995	
창고	금속판 벽, 철골 I-빔 장선, 금속판지붕	1450m ²	1996	
하역장(남측)	높임바닥 목재 데크, 목조 스테드 및 장선, 금속 벽체, 금속 지붕	95m ²	1998	
페인트 수리장	목조 스테드 및 장선, 금속판 벽, 금속판 지붕	70m ²	1998	
하역장(북측)	높임바닥 목재 데크, 목조 스테드 및 장선, 금속판 벽, 금속판 지붕	95m ²	2006	
목재 수리장	목조 스테드 및 장선, 금속판 벽, 금속판 지붕	60m ²	2006	

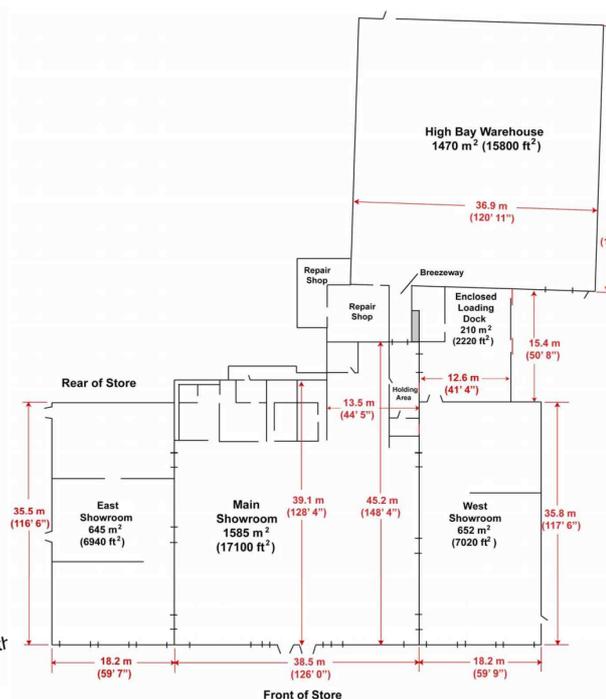
건물은 크게 중앙 전시장, 동쪽/서쪽 전시장, 창고, 수리장, 하역장으로 구성된다. 식료품점으로 사용되던 중앙 전시장이 가구점으로 바뀌면서, 측면 전시장과 창고 등이 잇따라 증축되었다.(표1 참조)



[그림 1] 소파 수퍼 스토어의 건물 항공사진



[그림 2] 소파 수퍼 스토어의 건물 평면도



[그림 3] 소파 수퍼 스토어의 건물 크기

2-2. 수용품

하역장에 적재되었던 판매물품, 전시장의 전시품, 창고에 보관된 물품 등이 대량의 가연물이 되었다. 또한, 하역장에 보관중이던 인화성 솔벤트로 인해 화재가 임시보관소와 창고로 더욱 빠르게 확산되었다.

건물의 용도에 걸맞게, 매장에는 판매용 물품이 대량 보관중이었다. 여기에는 다양한 종류의 가구가 있는데, 소파, 의자, 탁자, 침대, 옷장 등이 포함된다. 재고장부는 매장내에 보관되었다가 소실되었으므로 정확한 가구별 수량은 알 수 없다.

가구의 수량은 현장에서 발견된 타다 남은 가구들과, 연소되지 않고 남은 경첩 등의 금속제 부품으로 추정하였으며, 매장직원 및 소방관의 증언을 토대로 추산하였다. 또한 이런 형태의 매장이 일반적으로 가구를 전시하는 방법을 기준으로 하였다.

중앙 전시장의 면적이 동쪽/서쪽 전시장의 면적보다 2배정도 컸기 때문에, 전시된 물품의 수도 두 배정도 많았다. 구조물과 가구 등 물품의 총 화재하중은 1450GJ로 추정되었다.

[표 2] 소파 슈퍼 스토어에 보관중이던 가구 수량(추정)

구 분	보관 수량(추정)
중앙 전시장	360~590
서쪽 전시장	180~290
동쪽 전시장	160~240
하역장	40~110
창고	220~1940
계	960~3170

추정에 따르면, 동쪽 전시장에 매트리스와 옷장이 전시되어 있었고, 중앙 전시장에는 소량의 매트리스와 소파, 의자가 전시되었다. 서쪽 전시장에는 소파, 침구류, 젓힘 의자가 전시되었다.

가연물의 종류와 구성도 화재 성장에 크게 기여하였다. 매트리스, 장식(upholstered) 의자, 소파, 젓힘 의자, 퍼톤은 대량의 폴리우레탄 폼을 함유하고 있다. 장식 가구는 표면적이 넓고, 합성섬유로 덮여있으며, 발포수지 패딩이 있

어서 화재하중에 큰 부분을 차지하였다. 합성섬유덮개와 발포수지 패딩은 화재의 빠른 확산에 크게 기여하였다. 장식 가구의 목재성분과 전시장/창고에 보관된 가구들의 목재는 화재가 오랜 시간 지속 연소할 수 있는 연료가 되었다. 매장의 깔개와 카펫 또한 대량의 합성 섬유를 갖고 있었다.

2-3. 건물의 화재안전 관련 특성

가. 경보설비

화재경보설비 또는 연기감지기가 전시장과 창고에 설치되었다는 기록은 찾을 수 없었다. 정기 화재안전 점검의 기록에서도, 화재경보설비 또는 연기감지기는 언급되어있지 않다. 소방대에서 별도로 평가한 사전 점검계획서에서도, 화재경보설비 항목은 “해당없음”으로 기록되어 있다.

나. 소화설비

건물내에 스프링클러 또는 옥내소화전이 설치되었다는 기록은 없었다. 정기 화재안전 점검의 기록에서도, 스프링클러 또는 옥내소화전은 언급되어있지 않다. 최소 5개의 휴대용 소화기가 비치되었음은 기록되어있다. 소방대에서 별도로 평가한 사전 점검계획서에서도, 스프링클러와 옥내소화전 항목은 “해당없음”으로 기록되어 있다.

다. 수원

소방대가 출동하여 급수를 받기 위해 사용할 수 있는 공공소화전이 건물 주변에 6곳이 있었다.

라. 방화구획

건물은 판매용 전시장으로서 내벽이 없는 트여진 공간 형태의 구조였다. 건물은 최초 건축된 중앙 전시장에 덧붙이는 형식으로 증축되어 화재가 확산되기 용이한 구조였다.

마. 과거의 건물 점검기록

소방서 점검 기록에 따르면 비상구 표지 및 복도적재물에 대한 지적이 있었다. 또한 화재경보설비와 스프링클러가 없다는 점을 지적하고 있었다. 소방서 점검에서는 가연물이 대량으로 보관되고, 목재 증축부가 규정에 어긋났던 점, 하역장의 인화성 용제 보관, 하역장과 임시보관소 사이에 방화문이 없었

다는 점 등을 지적하지 않았다.

3. 화재상황

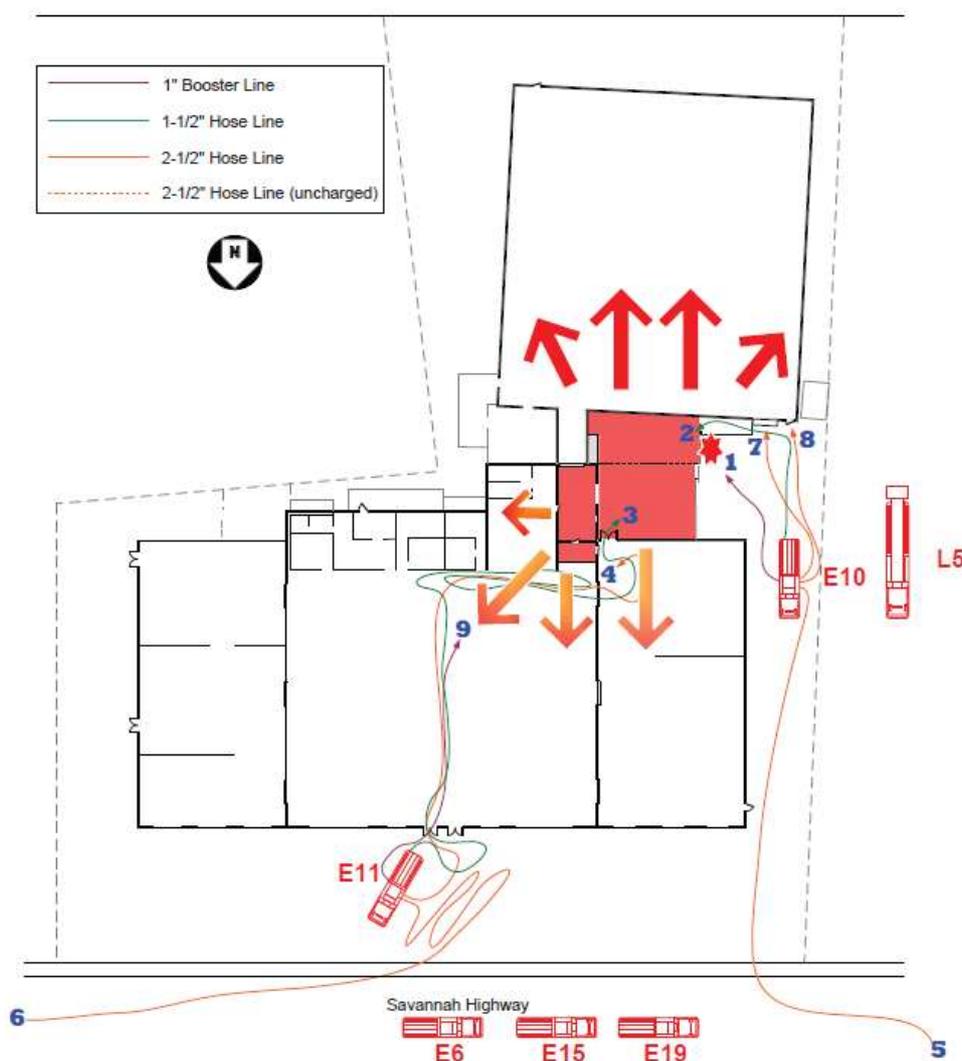
2007년 6월 18일 오후 6시 56분, 화재가 처음 발견되었을 때, 소파 슈퍼 스토어는 영업중이었고, 직원들은 전시장과 창고안에서 근무중이었다. 화물 하역장 바깥에서 화재를 목격한 외부인의 신고를 받은 후, 매장 관리인은 화물 하역장의 문 틀에서 화재를 발견하였다. 주류담배화기단속국(ATF)의 화재조사보고서에 따르면, 화재는 건물 외부 공간(전시장과 창고 사이의 공간)의 쓰레기/파쇄물을 쌓아둔 더미에서 시작되었다.

화재임을 확인한 매장 관리인은 휴대용 분말 소화기를 분사하였으나 소화에 실패하였다. 전시장으로 돌아온 관리인은 직원들에게 911 신고할 것을 부탁하였다. 다른 소화기를 들고 다시 화재현장으로 달려간 관리인은, 하역장이 완전히 화재에 휩싸인 것을 발견하였고, 하역장으로 들어가지 못한 채 외부에서 소화기를 분사하였다. 7시 8분이 되자 소파 슈퍼 스토어의 화재신고가 찰스턴 소방서에 접수되었고, 소방차가 출동하였다. 전시장 내의 모든 직원은 전시장 정문으로 피난하였다.

신고후 약 1분이 지난 7시 10분경, 찰스턴 소방서의 소방차(11호, 10호), 사다리차(5호), 진압대장(4호), 부소방서장이 출동길에 올랐다. 현장으로 달려가는 길에 진압대장은 사고현장의 연기기둥을 목격하고 관제센터에 교신하였다. 이 교신으로 인해 다른 소방차(16호)가 추가 출동하였다. 7시 11분 현장에 도착하자 진압대장은 전시장 뒤편의 쓰레기/파쇄물에서 화재를 발견하였음을 보고하였다. 진압대장의 지시에 따라 소방차 10호는 하역장에 장비를 조준하고 소화수를 방사하기 시작했다.

오후 7시 12분, 부소방서장과 소방차11호가 현장에 도착하였고, 중앙 전시장을 수색하였으나 화재와 연기는 중앙 전시장에 도달하지 않은 상태였다. 부소방서장이 현장의 직원들에게 매장내에 남아있는 인원이 있는지를 묻자, 모두 피난했다는 답변을 얻었다. 부소방서장과 소방관들이 서쪽 전시장의 후면을 두 번째 수색하였고, 서쪽 전시장 후면의 문을 열자 하역장 부분에서 화재가 발견되었다. 7시 16분 경, 소방대원들이 직경 3.8cm의 호스를 사용하여 하역장 화재에 살수를 시작하였다. 동시에, 매장 전면에서는 소방대원들이 정문에 설치된 직경 3.8cm의 호스를 중앙 전시장을 통해서 서쪽 전시장으로 연결하고 있었다. 이 때, 하역장

에 있던 소방차10호와 정문쪽에 있던 소방차 11호는 모두 소화전에 연결되어있지 않았고, 살수되던 소방수는 모두 소방차의 물탱크에서 나오고 있었다. 이때 소방서장은 소방차 4대의 지원부대를 이끌고 현장으로 이동 중이었다.



[그림 4] 화재확산방향과 소방대의 화재진압 작전 배치도

다음 10분 동안, 두 대의 소방차가 소화전에 연결되었다. 10호차는 12호차를 통해 블리치리지 가 및 퍼스트 드라이브의 소화전에 연결되었다. 12호차는 길이 230m, 직경 6.4cm의 호스를 통해 살수하고 있었다. 7시 25분에 살수압을 증가시켜달라는 요청이 12호차로 송신되었다. 7시 27분에는 매장 전면에서 있던 11호차에도 16호차를 통해 길이560m, 직경 6.4cm의 호스를 통해 사바나 고속도로의 소화전에 연결되었다.

창고와 임시보관소 사이에 설치된 방화셔터가 작동하여 창고와의 직접 접촉을

막았음에도 불구하고, 구획된 하역장의 화재는 이어진 금속 벽을 타고 창고 전면까지 번졌다. 화재로 인해 벽체가 가열되면서 창고의 내부에서 발화가 시작되었다.

거의 동시에, 관제센터에서는 소방서장에게 매장 내부에 갇혀있다고 하는 사람의 신고가 접수되었음을 보고하였다. 신고자는 매장의 직원으로서 수리장에서 일하고 있었다고 통화시 주장하였다. 방화셔터가 창고/수리장으로부터 빠져나오는 길을 막았던 것이다. 신고자는 닫힌 방화셔터를 망치로 두들기고 있었다. 소방서장은 부소방서장에게 연락하여 갇힌 신고자를 구조하도록 명령하였다. 이 시점에는 모든 소방관들이 같은 주파수를 사용하고 있었기 때문에, 갇힌 사람이 있다는 것을 모두 알게 되었다. 부소방서장은 매장 관리인에게 갇힌 사람이 직원인지 확인을 요청하였고, 매장 내에서 가구 수리를 담당하던 직원으로 확인되었다. 부소방서장은 소방관 한 팀을 이끌고 매장의 동쪽 끝으로 이동하여, 잠겨진 목재 문을 파괴하고 금속벽을 망치로 두들기고 있던 직원을 찾아냈다. 소방관들은 프라이 바를 사용하여 금속 벽체에 구멍을 뚫고 갇혔던 직원을 구출해냈다. 오후 7시 31분이 지나자 구출된 직원과 구조팀이 매장 전면으로 이동하였다.

구조 작업이 진행 중이던 오후 7시 27분, 다수의 라디오 교신이 들리지 않으면서, 몇 명의 소방관과의 교신이 끊어지거나 소방관이 길을 잃었다는 느낌을 주었다. 몇 분후, 7시 29분에서 30분 사이에, 추가적인 라디오 교신이 있었으나 여전히 해독이 어려운 내용이었는데, 한명 이상의 소방관이 건물 외부로 나가는 길을 묻거나, 구조요청을 하는 것으로 보이는 교신이였다. 다른 라디오 교신은 건물에 갇힌 직원을 구조하는데 관련된 교신과 뒤죽박죽으로 엉켜있는 상황이었다. 7시 31분쯤에는 좀더 명확한 교신이 발생했는데, 다수의 소방관이 어려움을 겪고 있다는 내용이였다. 신원미상의 소방관이 “MAYDAY” 구조요청을 송신하였고, 관제센터에서는 사다리차L-5의 엔지니어가 무전기의 비상버튼을 누른 것을 확인하고 소방서장에게 보고하였다. 7시 35분이 되자, 소방서장이 “건물에서 즉각 퇴거할 것”을 명령하였다.

부소방서장이 갇혔던 직원을 구조하여 매장 전면으로 돌아온 시점에, 매장전면의 화재 상황은 크게 달라졌다. 갈색 연기가 정문을 통해 뿜어져 나오고 있었다. 7시 35분에는 중앙 전시장의 전면 유리창이 휘어지면서 파괴되었다. 깨진 유리창의 하단을 통해 신선한 공기가 중앙 전시장으로 빨려들어가면서, 깨진 유

리창의 상단에서는 갈색 연기가 더 짙게 뿜어져 나왔다. 일부가 채 지나지 않아, 갈색 연기는 짙은 검정색 연기로 바뀌었다. 그리고 화재가 중앙 전시장의 남동쪽 후면부에서 북서쪽 전면으로 빠르게 확산되면서 중앙 전시장 동쪽 창문 바깥으로 화염이 분출되었다. 또한 미처 내려오지 않은 방화셔터를 통과하여 화재가 서쪽 전시장으로 확산되었다. 이로 인해 9명의 소방관이 화재에 갇히게 되어 사망하였다.



[그림 5] 매장 전면부에서 뿜어져나오는 짙은 연기

구획된 하역장 구역의 금속 지붕재는 부분적으로 붕괴하였고, 아직 타지 않은 목재 기둥 여러 개에 의해 지탱되고 있었다. 7시 51분경, 중앙 전시장 서쪽의 지붕이 중앙 전시장 안쪽으로 무너져 내렸다. 지붕난간과 전면부 벽체의 일부분이 매장 전면부의 주차장 쪽으로 무너져 내렸다. 화재는 중앙 전시장에서 계속해서 맹렬하게 지속되었고, 중앙 전시장의 지붕 전체가 전시장 바닥으로 무너져 내렸다. 화재 후 현장사진을 보면 중앙 전시장의 모든 가연물이 연소되었음을 알 수 있다.

화재는 서쪽 전시장으로도 확산되어 전시된 가구의 2/3가 화재로 소실되었다. 7시 50분경에는, 강렬한 열복사로 인해 지붕이 처지기 시작하여 전면부에서 바닥으로부터 1.2m까지 내려왔다. 서쪽 전시장 후면에는 상당한 양의 가구들이 아직 타지 않은 채로 남아있었다.

화재는 부분적으로 폐쇄된 방화셔터를 통과하여 동쪽 전시장의 후면부로도 확산되었다. 상당한 양의 제품이 소실되었으나, 지붕 지지구조에는 피해가 미미하여 동쪽 전시장에서는 붕괴현상이 발생하지 않았다.

10시 이후에는 화재가 통제 가능한 수준으로 진압되었고, 구조작전은 다음날인 2007년 6월 19일 오전 4시까지 계속되었다.



[그림 6] 진화 후의 소파 슈퍼 스토어

4. 화재확산의 메커니즘

(1) 개요

화재는 6:56에 매장 후면에서 발견되었다. 화재는 하역장 외부의 쓰레기더미에서 시작되어 구획된 하역장 내부로 확산되었다. 소방차는 7:11에 도착하였는데 출동한지 4분이 채 지나지 않은 시간이었다. 하역장로부터, 화재는 판매제품 임시보관소를 거쳐 중앙 전시장 후면으로 번져나갔고, 거기서부터 중앙 전시장 전면부까지 확대되었다. 화재는 또한 창고의 금속 벽을 통과해서도 확산되었다. 중앙 전시장에서는 6명의 소방관이 사망하였다. 화재는 달리지 않은 3개의 방화셔터를 통해 서쪽 전시장으로 확산되었으며, 이로 인해 서쪽 전시장에서는 3명의 소방관이 사망하였다. 화재로 인한 강렬한 열에너지가 경량 철골 트러스를 약화시켜서 지붕이 부분적으로 붕괴하긴 했지만, 부검결과에 따르면 소방관들은 화상과 연기 흡입으로 사망에 이르렀고, 붕괴에 따른 부상은 없었던 것으로 나타났다.

(2) 발화

화재는 하역장 바깥 아스팔트위에 버려진 폐가구와 쓰레기 더미에서 시작되었다. 화재의 원인은 명확히 밝혀내지 못하였으나, 쓰레기 더미에서 발화한 점과

직원들의 흡연이 상시 있었던 점으로 볼 때 부주의하게 버려진 담배꽂초로 추정할 뿐이다.



[그림 7] 화재 초기 하역장에서 보이는 화염과 연기

(3) 하역장으로 확산

화재는 금속 사이딩과 목재 스테드 및 프레임이 씌워진 외벽과 내벽측 플라이우드와 석고보드 안면을 타고 확산되었다. 구획된 하역장에는 며칠 동안 출고될 제품들이 보관되어 있었다. 제품을 소비자에게 배달하기 위한 트럭이 6대 있었으므로, 하역장에는 배달준비중인 소파, 이부자리, 러브시트, 의자, 탁자, 깔개, 옷장, 매트리스가 다수 있었을 것으로 추정된다. 화재가 구획된 하역장 내부로 확산되면서, 이러한 제품은 화재에 추가적인 가연물을 제공하였고, 목재골조, 합성섬유 카펫, 목재 데크도 가연물이었으므로 연소되었다. 또한 제품 수리용으로 액체 솔벤트도 보관되어 있었다.

하역장은 칸막이가 없이 트여진 구조였고 대량의 가연물이 적재되어 있었으므로 화재가 빠르게 성장하였다. 하역장은 소방대가 도착하기 이전에 화염에 완전히 휩싸였다.

(4) 임시보관소로 확산

화재의 초기에(소방차 도착후 5~10분) 화재가 임시보관소으로 확산되었다. 이때는 임시보관소의 화재가 중앙 전시장이나 서쪽 전시장에서는 보이지 않았다.

하역장과 임시보관소 사이에 설치된 방화셔터(화재에 작동안함)가 작동하지 않아 열린 상태였으므로 연기와 화염이 임시보관소로 흘러들어왔다. 임시보관소에 있던 소량의 가구 및 다른 물품들은 하역장 화재에서 발생한 복사열과 화염에 의해 발화되었다.

공기의 부족으로 인해 화재의 열발생률은 낮았다. 화재는 급기의존형 화재였다.

임시보관소에서 흘러나온 연기와 화염은 중앙 전시장의 이중천장 위 빈공간으로 흘러갔다. 더 나중에는, 화재가 임시보관소의 파티션 벽체를 넘어 또는 타고 중앙전시장 후면으로 확산되었다.

임시보관소에서 창고복도(breezeway)쪽으로 나있던 방화셔터는 소방차가 도착하기 전에 작동되고 폐쇄되었으므로, 창고로 직접 화염이 확산되지는 않았다.

(5) 전시장으로 확산

화재는 임시보관소로부터 중앙 전시장의 남서쪽 구석으로 확산되었다. 임시보관소와 창고 사이에 있었던 방화셔터가 작동하여 폐쇄됨으로서, 창고로 화재가 확산되는 것은 차단되었다. 화재가 어떻게 중앙 전시장 후면으로 확산되었는지는 밝혀지지 않았다. 연기와 화염이 하역장으로부터 임시보관소로 흘러들어가고 있었으며, 중앙 전시장의 이중 천장내 빈 공간으로도 흘러들어갔다. 고온의 가스가 이중 천장내의 물체를 발화시키고, 발화된 물체들이 천장 아래로 떨어지면서 가구들에 닿아 발화시켰을 것이다. 또한 화재는 중앙 전시장 후면과 임시보관소 사이의 파티션 벽을 관통해서도 확산되었을 수 있다. 해당 벽체는 금속 스티드 양 측면에 부착된 석고보드로 만들어진 벽체였다. 혹은, 화재가 금속 문을 통해 중앙 전시장 후면으로 확산되는 것도 가능하다. 정확한 확산 경로를 알 수 없으나, 화재는 중앙 전시장 후면으로 확산되어, 추가적인 가구들을 발화시켰다.

하역장의 화재로부터 불완전 연소된 가연물이 연기와 가연성 가스의 형태로 중앙 전시장 천장의 빈 공간으로 채워져 들어갔고, 이 연기는 급배기 그릴을 통하여 중앙 전시장으로 흘러들어갔다. 거의 동시에, 화재는 임시보관소로부터 중앙 전시장 후면부로 화재가 확산되었다. 중앙 전시장 후면부의 화염으로부터 생성된 연기와 천장을 통해 흘러들어오던 연기가 천장 아래에 불완전 연소된 가연물 층을 형성하였다. 이 단계에서는 완전연소를 할 수 있는 충분한 산소유입이 되지 않은 상태였다.

중앙 전시장은 벽체가 없는 열린 구조였고 대량의 가연물이 있었으므로 후면의 화재가 성장하고 확산되기에 충분한 조건이었다. 중앙 전시장과 동쪽/서쪽 전시장을 모두 고려하면 3곳의 전시장에는 최대 1100개의 물품이 전시되어 있었으므로 총 480GJ에 달하는 대량의 가연물이 있었다. 화재는 중앙 전시장 전체로 번진 후에, 서쪽 및 동쪽 전시장으로 확산되었다.

(6) 전시장에서의 화재의 성장

중앙 전시장의 연기 층이 계속 두꺼워지면서, 연기 층의 높이가 점점 낮아졌고

중앙 전시장의 가시도가 급격히 감소하였다. 시야를 확보하기 위해, 소방관들은 정면 창문을 부수고 연기를 바깥으로 흘러나오도록 하였다. 그러나 창문을 부수면서 신선한 공기가 중앙 전시장으로 흘러들어가게 되었다. 유입된 공기가 중앙 전시장 후면부까지 도달하자, 화재는 산소의 추가공급으로 인해 더욱 강렬하게 타오르기 시작했다. 연소속도가 올라가면서 열에너지 방출도 늘어났고, 연기 층의 온도를 향상시켜 연기 형태로 존재하던 불완전연소 가연물을 발화시켰다.

화염은 엄청난 속도로 중앙 전시장 후면으로부터 정면 서측 창문까지 확산되었다. 중앙 전시장의 정면 창문에 화염이 나타난 것은 약 7시 36분 경이었다. 잠시 후 화염이 중앙 전시장의 동쪽 측면으로 이동하였다. 중앙 전시장과 서쪽 전시장 사이에 있던 3개의 방화셔터는 폐쇄되지 못했고, 이로 인해 화재가 서쪽 전시장으로 확산되었다. 중앙 전시장의 동쪽 측면에서는 두 개의 방화셔터가 작동하여 폐쇄되었지만, 후면부측 세 번째 방화셔터가 1/3만 폐쇄되었다. 폐쇄된 방화셔터는 화재를 차단하였지만, 완전히 닫히지 않은 방화셔터쪽을 통해 화재가 동쪽 전시장 후면으로 확산되었다.

중앙 전시장과 서쪽 전시장 내에서는, 온도상승과 산소농도저하가 모두 보호 장구가 없는 사람의 생존이 불가능한 정도까지 도달하였다. 중앙 전시장의 화재에서는 6인의 소방관이 사망하였다. 방화셔터를 통해 서쪽 전시장으로 확산된 화재로 인해 3인의 소방관이 추가로 사망하였다. 연소하는 가구에서 발생한 강렬한 열기로 인해 지붕 구조물을 약화시켜서 중앙 전시장의 지붕이 붕괴하였고, 서쪽 전시장의 지붕이 함몰되었다.

(7) 창고로 확산

하역장과 창고, 서쪽 전시장은 금속 벽체를 공유했는데, 이로 인해 창고와 서쪽 전시장으로 화재가 확산되었다. 화재는 서쪽 전시장의 후면부보다는 창고 내부로 빠르게 확산되었는데, 그 이유는 벽체구조의 차이 때문이었다. 하역장 내부에서 화재가 성장하면서, 복사열이 창고와 서쪽 전시장 후면부 벽의 금속 사이딩을 가열하였다. 서쪽 전시장 후면부는 내부 벽면이 금속 스티드에 결합된 석고보드였다. 서쪽 전시장 후면부의 벽체의 철골 구조로 인해서, 하역장 방면의 외벽 금속 사이딩과 내벽 석고보드 사이에 15cm정도의 이격 공간이 있었다. 이 이격공간은 절연체 역할을 하여 연소 에너지가 뜨거워진 금속 사이딩으로부터 서쪽 전시장 내부로 전달되는 것을 지연시켰다. 반면에, 창고 벽체에는 내측에 석고보드가 없었고, 창고 외벽의 금속 사이딩이 가열되자 창고 내에 보관 중인

던 가연물로 열에너지가 급격히 전달되었다.

창고의 다단 랙크 선반에 보관된 1900점의 가연물을 포함, 840GJ의 대량의 가연물이 존재했다. 창고는 벽체가 없는 열린 구조였고 대량의 가연물이 있었으므로 후면의 화재가 성장하고 확산되기에 충분한 조건이었다. 연소하는 가구에서 발생한 강렬한 열기로 인해 지붕 구조물을 약화시켜서 창고의 지붕이 붕괴하였다. 창고에는 소방관이 진입하지 못했으므로 사상자가 발생하지 않았다.

5. 결 론

5-1. 사고 악화의 원인

(1) 스프링클러설비

스프링클러가 없었던 것은 화재피해가 커지게 된 가장 큰 이유이다.

NIST에서 실시한 컴퓨터 시뮬레이션에 따르면 하역장에 스프링클러가 있었다면 화재를 하역장 내로 제한하고 화재의 확산을 막을 수 있었다. 또한 스프링클러로 인해 하역장, 전시장, 창고에 소방관이 생존 가능한 조건이 유지되었을 수 있었다.

(2) 방화구획

벽체가 없는 열린 구조의 대공간으로 인해 화재가 구조물 전체로 확산되었다. 내부에 설치된 벽과 방화문은 충분한 구획을 만들지 못했다. 하역장과 임시보관소 사이에 설치된 셔터는 화재작동식이 아니었고, 개방된 채로 남아있어서 화재가 중앙 전시장 후면부로 확산되는 것을 막지 못했다. 화재작동식 방화셔터의 작동도 완전하지 못하여 7개의 방화셔터 중 3개만 온전히 작동하였다.

단열처리가 되지 않은 금속 벽체(창고의 북측 벽과 서쪽 전시장의 남측 벽)는 화재로 인한 열기를 통과시켜 벽 안에서 가연물이 발화되는 것을 막지 못했다.(반면 중앙 전시장의 콘크리트 블록 벽체는 화재가 서쪽/동쪽 전시장으로 확산되는 것을 막았다.)

임시보관소와 중앙 전시장을 분할하던 파티션 벽체는 지붕끝까지 연결되어있지 않았다. 그러므로 연기와 화염이 중앙 전시장의 이중천장위 공간으로 흘러들어 가면서 화재확산의 경로가 되었다. 하역장의 높임바닥과 서측 외벽은 화재가 하역장 내부로 확산되는 것을 막지 못했다.

(3) 환기

소방대는 화재진압작전을 수행하면서 창문을 파괴하거나 천장에 구멍을 내면 화재 건물을 환기할 수 있고, 연기와 고온가스를 배출시키면서 소방관의 시야를 개선할 수 있다고 판단하였다. 그러나 중앙 전시장의 전면부 창문을 파괴하여 연기와 고온가스를 배출시키자 동시에 신선한 공기가 건물로 빨려 들어가게 되었다.

화재에 신선한 공기가 공급되자 열방출률이 높아지면서 화재가 더 빠르게 확산되는 계기가 되었다. 창문이 파괴된 후, 화재가 엄청난 속도로 중앙 전시장과 서쪽 전시장으로 확산되었다.

(4) 화재상황 파악 미비

출동한 소방관들은 화염과 연기가 전시장에 들어왔는지를 알지 못했다. 소방서는 이중천장 밑 부분만을 육안으로 확인했을 뿐이다. 소방관이 이중천장을 뜯어내고 빈 공간에 화재가 확산되었는지 확인하였는지는 알 수 없다. 화재가 서쪽 전시장으로부터 공기를 빨아들이고 있었으므로, 하역장의 문이 열렸을 때 문이 하역장 쪽으로 당겨졌다. 만약 문이 열린 시점에 화재가 공기를 흡수하며 닥쳐왔다면, 문이 열림과 동시에 화염과 고온 가스가 소방관들을 덮쳤을 것이다. 연기감지기/열감지기가 설치되지 않았고 중앙 화재감시반이 없었으므로 소방관들은 화재의 위치를 알 수 없었다.

(5) 수원

소방관들이 사용한 소화용수의 공급은 하역장에서는 9분, 전면부에서는 15분이거나 지체되었다. 지역 소화전에 연결이 완료된 후에는, 직경이 작은(6.4cm) 긴 송수관으로 물을 공급받고 있었다. 이렇게 공급받은 소화용수는 화재를 적기에 진압하기에는 부족하였다. 소화전에 연결하는데 시간이 소요된 점과, 건물 내 피난이 완료되기 전에 급수를 받은 호스 수가 부족했던 점, 호스의 길이 때문에 방수압이 낮았던 점은 소화활동에 제약사항으로 작용하였다.

(6) 리스크 관리계획 및 초기 대응의 부실

소방서의 초기 대응은 소방차 부대 2, 사다리차부대1, 진압대장 1이었다. 엔지니어, 소방관, 소방장교 포함하여 총 인원은 10인이었다. NFPA 1500에 따라 수립된 종합 위험관리계획에 따랐다면 스프링클러가 없고 대용량의 화재하중 물품을 보관하는 열린 공간이었으므로 고위험 업종임을 산출하였을 것이다. 고위험 업종에 대해, NFPA 1710은 장비별로 최소 5~6인을 배정하도록 하고 있으며

로, 이 사건에서는 16~19인이 되었어야 했다.

(7) 피난용 비상구

작업장 구역에는 건물규정을 만족하는 적절한 수의 비상구가 설치되지 않았다. 창고의 문은 두 개의 여닫이문과 셔터 하나였고 하역장에는 두 개의 미닫이문이 설치되었다. 서쪽 전시장 전면부에 설치된 하나의 비상구는 평상시 잠겨있었다. 동쪽 전시장의 동측 문에는 비상피난 경보장치가 설치되어 있었고, 셔터 잠금장치도 설치되어 있었다. 동쪽 전시장의 비상구들이 잠겨있었는지는 확실하지 않다. 창고의 문들이 피난용 비상구 규정에 맞게 설치되었더라면, 갇혔던 직원이 소방관의 도움 없이 피난할 수 있었을 것이다

5-2. NIST의 권장사항

NIST에서는 사고를 면밀히 조사한 후에 이러한 사고의 재발을 방지하기 위해 다음과 같은 5개의 권장사항을 제시하였다.

(1) 적절한 화재안전기준

정부에서 건물의 화재안전코드를 적절하게 채택하여 적용하도록 해야 한다. 화재안전코드에서는 각 물건의 업종과 화재하중 정도에 따른 안전기준을 제시하고 있다.

(2) 법규 준수에 대한 점검

정부기관에서는 화재안전기준이 준수되는지를 적극적이고 효율적으로 점검하여야 한다. 점검시 주요 항목은 다음과 같다.

- 화재안전기준의 각 조항 준수 여부
- 건물 허가 및 변경에 관한 서류 보관
- 소방시설에 대한 점검방법 및 상세기록 보관
- 화재안전점검의 빈도와 강도, 후속점검 및 감사 절차 매뉴얼 보유
- 기준위반사항을 발견한 경우 조치를 위한 가이드라인 보유

(3) 스프링클러 설치

화재 발생시 화재를 초기에 진화하거나 화재의 성장을 제한할 스프링클러 설비가 설치되어야 한다.

- 모든 신규 상업용 가구소매점은 크기와 상관없이 스프링클러를 설치할 것
- 기존의 가구점은 매장 면적이 190㎡ 이상인 경우 스프링클러를 설치할 것

(4) 정부에서 종합적인 화재위험관리계획을 작성

종합적인 화재위험관리계획에서는 업종에 따라 낮은/보통/높은 화재위험 업종을 분류하고, 분류된 결과에 따라 소방자원을 배치한다. 리스크 크기별로 대응 절차를 개발하여 준비한다.

(5) 화재역학에 따른 환기 지침 마련

화재현장의 상황에 따라 환기로 인한 공기공급이 화재의 급격한 성장으로 이어질 수 있다. 소방관에게 급기가 충분한 화재/그렇지 않은 화재의 메커니즘과 신선한 공기의 공급이 화재에 미치는 영향에 대한 이론 교육이 필요하다. 또한 여러 형태의 환기(수직, 수평, 정압)에 관해 훈련시키고 화재현장에 적용해야 한다.

참고문헌

- 1) Technical Study of the Sofa Super Store Fire - South Carolina, June 18, 2007, NIST-SP 1118
- 2) Lessons learned - A review of published investigation reports from the Charleston Sofa Super Store fire, Frank J. Baker, July 2009, Professional Safety
- 3) Firefighter fatality investigative report, City of Charleston Post Incident Assessment and Review team, May 2008

기고 : 조사연구팀 과장 안승일

※ 흑백 인쇄로 인하여 잘 보이지 않는 도표는 협회 홈페이지(kfpa.or.kr)에 로그인 후 지식창고 - 발간자료 - 위험관리정보에서 PDF로 확인 가능합니다.