

대규모 회의 및 전시시설의 위험과 대책

이 글은 NFPA Journal 2004년 5, 6월호에 수록된 John Nicholson의 글로, 엠파이어 스테이트빌딩 높이보다 길고, 30m가 넘는 천장을 가진 건물에서 최적의 안전대책을 어떻게 수립할 것인가를 설명한다.

유 호 정 · 협회 위험조사부 사원

소유자와 관리자인 메사추세츠 컨벤션 센터 행정당국(MCAA)에 의하면, 148,645㎡의 BCEC(Boston Convention & Exhibition Center)는 미국 북동지역에서 가장 큰 컨벤션 센터이고, 한 층에 47,845㎡의 연속된 전시공간, 3,809㎡의 연회장, 15,328㎡의 회의실을 가지고 있다고 한다. 건물은 도시의 남쪽 보스톤 근교에 위치하며 길이가 469m이고, 너비가 234m, 대지 24ha에 연면적 16ha에 달한다. 건설관리 회사인 Clark/Huber, Hunt&Nichols/Berry는 BCEC가 엠파이어스테이트 빌딩 높이보다 더 길다고 말한다.

인명안전 전문가들은 그 새로운 전시센터의 최첨단 성능위주설계를 주목하고 있다. 반면 방화 기술자들은 92,900㎡의 넓이를 커버하며 25cm 구경, 3,657m 길이의 연결식 배관으로 급수되는 약 17,124개의 스프링클러에 주목한다. 건설과정 동안 부딪혔던 가장 큰 문제가 무엇이었느냐는 물음에 방화기술자들은 BCEC의 30m에

달하는 높이의 천장과 그것에 연관된 기술적인 요구사항이라고 말했다.

1. 스프링클러 시스템

“처음에는 컨벤션센터의 높은 천장 지역에서 스프링클러를 제거할까 하는 생각도 있었다.” 라고 소방기준전문가인 DeMascio씨는 말했다. “15m 이상의 높이에서의 스프링클러시스템은 화재를 진화하기에 너무 높다고 생각해왔다. 그래서 스프링클러는 비효율적이라 여겨졌다.” 이렇게 높은 천장 지역에 스프링클러를 설치하지 않자 몇몇의 설계자들은 불안해했다. 그들은 1967년 시카고의 6년 된 건물인 McCormick Place의 화재 결과를 기억하고 있기 때문이다. 그 화재는 전시회 기간 중에 일어났고 구조물이 심각하게 손상되었다. 그리고 구조물의 92%에는 스프링클러가 없었다. 그리하여 다시 그 건물이

1971년 개장하였을 때 전체적으로 스프링클러를 설치하였다. BCEC의 설계를 돕기 위해서 FM Global은 다양한 스프링클러를 설계·실험하였고, 새로운 스프링클러 시스템을 개발해냈다.

그 시험은 다양한 형태, 밀도, 간격배치 등을 이용하고, 여러 가지 소재를 이용하였다. 9번의 테스트에서 최대 26가지의 스프링클러를 시험하면서 이루어졌다. FM Global은 30m 천장을 가진 테스트 설비를 갖추지 못하였기에, 18m 천장 설비에서 이 테스트를 실시하고 나서 그 결과를 30m 간격을 가진 컨벤션센터에 확장시켜 적용하기 위해서 컴퓨터 모델링을 하였다. 테스트 결과 K factor가 11.2 이상이면 높은 방출밀도를 가져야 한다고 결론을 내렸다. 그리하여 스프링클러를 없애려는 다른 설계는 배제되었다.

컨벤션 센터를 위해 FM이 만든 기준은 방출량 1.7lpm(liter per minute/m²), 설계반경 464 m², 특수 대구경 오리피스 헤드(K=11.0), 조기반응 스프링클러, 호스방수허용량 1,892lpm, 최대 스프링클러압력 2.07kg/cm²이다.

이러한 연구가 끝난 후에 기술자들은 시 당국 및 건축가와 함께 스프링클러의 성능위주설계를 시작했다.

2. 스프링클러 시스템 설계

Theriault사와 방화설계자 John Hebert는 이러한 높이에서의 적절하게 작동하여 화재를 진압하는 시스템의 설계를 요청받았다. 컨벤션 센터 홀의 지붕 높이에 다다를 만큼 충분한 압력을 가지면서, 높은 방출 밀도를 만족하고 또 큰

물방울 크기를 유지하기 위해서 FM Global이 설정한 2.07kg/cm²의 압력한계도 넘지 않도록 해야 한다. 최대 설계압력 2.07kg/cm²는 스프링클러에 걸리는 과대압력을 막고, 미세 물방울이 생길 가능성을 최소화하기 위함이다.

NFPA 13의 스프링클러설비 설치기준에 따라, 화재안전기술자인 Garran은 Hebert와 협력하여서 7,570lpm의 디젤펌프로 급수되는 라지드롭스프링클러시스템을 설계했다. NFPA 13은 높이에 따라 예외가 없다. 따라서 그 기준을 만족하는 시스템을 개발하는 것이 우선과제이다. 그들이 직면한 첫 번째 과제는 스프링클러의 요구조건을 결정하는 것이다. 설정된 양의 물을 정해진 압력으로 통과하게 하는 압력조절장치를 위한 설정치, 배관구경 등에 대해서이다. 그들은 그 펌프가 배출압력 12kg/m²를 넘지 않으면서, 압력밸브의 설정치를 만족하며 적절한 흐름과 압력을 제공할 수 있는지를 결정해야 했다.

BCEC의 700만달러짜리 최종 스프링클러 설계안은 2.07kg/cm²를 넘지 않으면서 최소 170lpm의 물을 송수할 수 있는 대형 오리피스헤드와 조기반응 스프링클러를 사용하였다. 또한 최대한으로 물방울 크기를 유지하기 위해서 이 압력은 하강시킬 수 있게 되어 있다.

수력계산은 464m² 지역에서 8500lpm이 넘는 스프링클러의 요구조건에서 작동하는 50개의 스프링클러를 포함하였다. 전시홀, 회의실, 연회실, 기계실, 사무실, 행정지역, 수하물하역실, 창고에는 70개 이상의 습식배관설비가 있고, 그 외 지역에는 12개 이상의 건식과 프리액션식설비가 설치되어 있다.

모든 배관은 천장의 트러스 안에 깔끔하게 숨겨져 있다. 방화 시스템은 두 개의 도시수도연결구에 의해서 주수되고, 이 연결구는 센터의 북쪽 끝과 남쪽 끝에 있는 두 개의 펌프시스템에 주수한다. 이 펌프는 각각 디젤로 구동된다. 그중 하나의 펌프는 7570lpm을 4.8kg/cm²로 보낼 수 있고, 다른 하나는 같은 양을 6.5kg/cm²로 보낼 수 있다. 이 펌프의 총 토출압력은 12kg/cm²까지 가능하다.

25cm의 옥내 소화전의 주 분배관은 소방대의 화재 진압용인 옥외소화전에 급수한다. 이 옥내방화시스템 주 분배기(internal fire system distribution main)는 또한 펌프와 연결된 25cm의 배관을 쓰면서 스프링클러와 스텐드파이프에 급수한다.

설계가 끝나자 소방설계자는 건축가들과 여러 번의 회의를 가지며, 어떻게 센터 내부의 인테리어와 지붕 디자인을 손상시키지 않으면서 배관들을 매달 것인지에 대해 논의하였다.

지붕의 2-방향 경사는 배관을 매다는 것을 더욱 어렵게 하였다. 그리고 스프링클러 시스템의 고유한 디자인대로 설치하는데 이용 가능한 유일한 철강재는 4.5m의 간격으로 설치되었고, 이것은 NFPA 13이 허용하는 최대 간격이다.

심미적인 요건이 중요치 않다면 시스템은 바닥 가까이까지 내려오게 설치될 수 있었을 것이다. 결국 설계자들은 groove 연결식 배관을 선택하였다. 이것은 쉽게 조립할 수 있고 교차점에서 어느 정도 제한된 유연성을 가지고 있기 때문이다. 설계과정 도중에 그 설계자들은 스프링클러시스템을 트러스보강재로 매달지 않기로 하고, 원래 쓰던 방식이 적용되기 힘든 곳에서 대신 진동 케이블을 매달고 일부분을 받치는 방법을 이용하였다.

3. 인명안전 문제

피난설계 시에도 성능위주 설계가 이용되었다. 피난계획을 고안할 때, DeMascio는 한 블록 떨어진 소방서에서 아무런 화재진압이 없다고 가정하였다. 또한 센터가 25,000명을 수용하고 있다고 가정하였다. 이러한 가정을 하고 시간피난해석(timed egress analysis)을 하였다. 컴퓨터 해석 피난모델은 사람들이 방과 거실을 거쳐 건물 전체를 탈출하는 시간을 제공하면서, 전체 피난시스템에서 개개인을 추적하였다. 이 분석작업은 또한 피난시스템의 시각적 분석을 제공하는 그래픽으로 출력되고, 또한 잠재적인 문제발생 지역을 인식할 수 있게 해 주었다.

이러한 분석은 사람들이 제한되어 있지 않은 공간에 대피할 수 있도록 설계되었다. 만일 바깥쪽 회의실에서 회의가 진행 중에 5MW의 화재가 발생한 경우, 실질적으로 탈출에 걸리는 시간은 몇 분 안되지만, 사람들은 약 45분 동안 탈출할 수 있는 시간적 여유가 있다.

시공되어있는 방화장비들이 이것을 가능하게 만든다. 그런데 검토과정에서 소방당국은 화재가 발생했을 때 계속 행사를 진행한다는 것에 대해서 특히 우려를 표하였다.

“우리의 목표는 연기층이 건물을 연결하는 구름다리 밑으로 내려가지 않게 하는 것입니다. 우리는 연기를 한정된 지역에 가두어 두어서 컨벤션 센터가 계속 돌아갈 수 있게 될 것입니다.”라고 DeMascio가 말했다.

연기가 7.3미터 높이인 다리 위로 가도록 하기 위해서 제연설비가 설치되었다. 이것은 단지 탈출을 위한 것이 아니라 운영을 계속하기 위한 목적이다. 어쨌든 이것은 탈출에도 도움을 줄 것이다. ☺