

컨벤션 센터에서의 화재 안전과 인명 안전

Fire and life safety challenges in convention centers

오늘날 컨벤션 센터가 갈수록 대형화됨에 따라 이에 부합하는 최상의 인명 안전 지침을 준비할 필요성이 대두되고 있다. 컨벤션 센터 설계자들에게 NFPA 코드와 기준은 사용 용도에 따라 가장 효과적인 가이드라인을 제공한다. By Geza Szakats, P.E.

컨벤션 센터 사업은 미국에서 급속히 성장하였다. 미국 전역의 컨벤션 용도의 면적은 1970년에는 고작 6,500,000ft²에 불과했지만, 현재는 70,000,000ft²에 이르렀고, 앞으로 더 많은 도시들이 컨벤션 사업에 뛰어들면서 그 면적이 계속 늘어날 전망이다. 1995년 한 해만 보더라도 50개 정도의 도시들이 센터를 새로 짓거나 확장하는 것을 계획하였다. 컨벤션 사업의 규모가 확대됨에 따라, 컨벤션 센터의 설계는 갈수록 복잡해지고 있다. 과거, 대규모 창고의 크기를 넘으면 되는 수준에서 벗어나, 오늘날 컨벤션 센터는 복잡 다양한 전시물, 다중구조의 건축, 정교한 첨단 장치, 고급스러운 단체 회의장 등 그 용도, 구조 등도 더 다양해지고 있는 실정이다.

이렇게 컨벤션 센터의 규모가 커지면서 이들 건물의 화재와 인명 안전은 더욱 위협받고 있다. 이제 컨벤션 센터가 다목적 전시 센터로 대형화되면서 하나의 홀 내에 25,000명을 넘게 수용하는 경우를 흔히 볼 수 있게 되었다. 최근에는 토지 비용을 절감하기 위해서 2~3층으로 건축되는 엑스포 센터도 증가하고 있는데 설계시에 방문객 수와 다양한 범위의 잠재 가연물 하중 등을 반영하여 화재와 인명 안전을 확보해야 할 필요가 있다.

□ 가연물 하중(Fuel load)

전시홀에는 보트, 트럭, 레저차량(RVs), 조립식 주택 등 매우 큰 가연물 하중을 갖는 상당한 양의 가연성 물질들이 빈번히 전시되고 있다. 화재 위험을 제어하는 가장 근본적인 방법은 수동적인 설비(방화구획)를 사용하거나 능동적인 설비(자동식 스프링클러)를 사용하는 것이다.

전시회 공간은 공간 활용의 유연성이 요구되기 때문에 공간을 구획하여 연소 확대와 가연물 하중을 조절하는 것이 거의 불가능하다. 또한, 전시회와 시사회는 거의 모든 종류의 생산품 및 상품 전시가 가능해야 하므로 전시품의 가연물 하중을 제한하는 것도 가능한 방법이라 할 수 없다. 그러나 NFPA 101 인명안전코드에서는 전시 부스의 구조, 진열대, 간판과 커튼, 직물류 및 그밖에 다른 유사한 장식물에 대하여 언급하고 있다. 전시회에서 이 요소들은 비교적 쉽게 제어할 수 있다. 인명안전코드에서는 컨벤션 센터의 가연물 하중을 허용가능한 등급으로 제한하기 위하여 사용하지 않는 여분의 가연성 물질(예를 들면, 하루 공급량 이상의 팜플릿)은 1시간 내화 성능의 벽으로 분리된 저장 지역에 보관해

야 한다고 권장하고 있다. 게다가, 인명안전코드는 요리기구의 근본적인 위험을 검토함으로써 점화원 제어에 대한 가이드라인도 제시하고 있다.

□ 스프링클러설비 설계시 고려 사항(Sprinkler system design considerations)

전시 홀 내에서 점점 더 널리 사용되고 있는 대규모 복층형 부스는 가장 어려운 방화 과제중의 하나이다. 실제적으로 모든 신축 컨벤션 센터는 전체적으로 자동식 스프링클러 설비에 의해서 방호됨에도 불구하고, 건물의 자동식 스프링클러설비의 방호범위가 검토되어야 하는 경우가 많이 있을 수 있다. 화재가 초기에 천장에 설치된 자동식 스프링클러로부터 차폐된다면, 화재가 확장되어 자동식 스프링클러설비로 소화하기에 상당한 부담이 될 것이다. 이러한 이유로 큰 덮개가 있거나 복층형의 부스, 조립식 주택, 보트와 기타 유사한 전시 제품과 같이 상당히 큰 차폐된 방호구역은 자동식 스프링클러설비로 방호될 수 있도록 특별한 주의가 필요하다. 건물의 자동식 스프링클러설비에 가지배관 연결구를 전략적으로 설치하는 것도 하나의 해법이 될 것이다. 아주 큰 전시 제품과 부스에는 임시 자동식 스프링클러설비를 위하여 특수한 연결구를 설치할 수 있다. 인명안전코드에서는 대부분의 복층 부스와 면적이 300ft²이상인 전시부스 등의 방호공간을 자동 소화설비로 방호할 것을 요구한다.

전시부스 간 10ft(3m) 이격거리가 확보되지 않고 전시부스 전체 천장면적이 300ft²를 초과하는 경우에 더 작은 규모의 덮개로 차폐되는 부스에 대해서도 위와 비슷한 설비(자동 소화 설비)가 필요하다.

추가로, 큰 현수막과 잘못 설치된 간판은 살수장애물로 자동식스프링클러설비의 효과를 감소시킬 수 있기 때문에 NFPA13, *Installation of Sprinkler System*(스프링클러 설비의 설치)에 따라 면밀한 검토가 이루어져야 할 것이다.

전시 상품에 대해 임시 자동식스프링클러설비를 적용하는 것은 항상 가능한 옵션은 아니다. 예를 들어, 큰 요트내의 화재는 심각한 화재로 이어질 가능성이 있지만, 큰 보트나 레저용 차량 안에 자동식 스프링클러를 설치하는 것은 실용적이지 못하다. 하나의 대안으로, 전시 제품을 포함하는 큰 장소에 단독형(Single-Station) 연기 감지기를 설치하는 것은 경제적이고 비파괴적인 방법일 것이다. 연기 감지기는 훈소화재 또는 화재 발생초기에 경보를 발하여 조기에 화재를 발견할 수 있다. 조기 경보는 화재를 초기 단계에서 제어할 수 있도록 함으로써 화재 위험성을 상당히 감소시킬 수 있다. 이것이 스프링클러헤드가 미설치되고 100ft² 이상의 지붕으로 차폐된 공간의 전시공간에는 단독형 연기 감지기의 설치를 권고하는 인명안전코드 내용의 이론적 배경이다.

이러한 화재 및 인명 안전 대책들은 천장형 스프링클러헤드의 취약점을 보완함으로써 자동식 스프링클러설비로부터 차폐된 화재를 보다 잘 통제할 수 있도록 한다.

대형 컨벤션 센터의 건물 특성 중 자동식 스프링클러설비의 작동에 영향을 줄 수 있는 전형적인 두 가지 요소는 높은 천장고와 천장 주위의 높은 온도이다. 새로 건축되는 전시 센터는 가장 적합한 전시공간을 제공하기 위해 천장 높이가 35~40ft(10~12m)에 달하는

경우가 많다. 천장고가 높으면 자동식 스프링클러의 표준 작동시간을 지연시켜 소화효과가 감소될 수 있다. 또한, 천장 높이가 높은 홀의 상부 부분은 에너지 효율 등의 이유로 보통 공기 순환이 되지 않고 일상 조건에서도 높은 온도일 것이므로 NFPA 코드13에서는 이 부분에 표준 작동 온도의 스프링클러헤드의 사용을 허용하지 않을 것이다. 표준 작동 온도 등급보다 더 높은 작동 온도 등급의 스프링클러 헤드 설치시 기온이 낮은 날에는 스프링클러설비의 작동이 더 지연될 것이다.

자동식 스프링클러 설비에 대하여 이러한 높은 천장고로 인한 부정적인 효과를 없애기 위해서는 특수한 설계를 고려할 필요가 있다. McCormick Place 화재 후 UL이 수행한 실물크기 화재시험 결과와 FM Global 연구에 근거하면, 이러한 높은 천장고의 부분에는 살수 밀도와 살수면적을 증가시킨 속도형 스프링클러헤드의 사용이 권장된다. 또한 방사압력이 제한된 대형 구경 또는 특대형 구경의 오리피스를 가진 스프링클러헤드를 사용함으로써 높은 위치로부터 화원에 도달하여 소화할 수 있는 큰 살수입자를 생성할 수 있다.

□ 피난로

전시 센터에서 가연물하중 또는 화재의 제어보다 훨씬 더 중요한 과제는 수만명에 이르는 방문자들의 안전하고 빠른 피난이다. 대부분의 전시관이 다수의 단층 건물이었을 때에는 방문객들에게 안전한 피난로를 제공하는 것은 어렵지 않았다. 오늘날 대부분의 새로운 대형 컨벤션 센터는 다층 구조이고 면적이 1,000,000ft² 를 훨씬 초과하는 전시 구역이 그 물구조로 연결된 것이 일반적이다. 이러한 대형 센터에서의 이벤트에는 보통 6~7만 명 이상의 관람객이 집결한다. 이정도 규모의 관람객에게 적절한 비상구 폭과 적당한 피난거리를 제공하는 것은 상당히 어려운 과제이다. 충분한 피난로 폭과 피난거리는 안전 피난을 위하여 중요한 요소이다. 전시홀 중간에 있는 몇 개의 대형 내부계단은 바람직하지는 않지만 때로는 불가피한 선택이다. 그러한 설계는 가능한 최대의 유동성을 확보하려는 소유자의 목표에 큰 부담이 될 수 있다. 이러한 문제를 경감시키기 위해서 수평면상에서 비상구를 사용하는 것이 매력적인 선택이 될 수 있다.

대형 전시공간을 소규모 홀로 분할하기 위해 흔히 사용되는 이동식 임시 칸막이벽들은 수평면상의 출구는 될 수는 없으나 홀에 인접한 넓은 전면 행사 공간은 수평면상에 출구를 형성하는데 도움을 줄 수 있다. 보통 전시홀 설계시 자연 채광은 하지 않기 때문에 일반적으로 전시홀과 전면 행사공간 사이에는 창문이나 창이 부착된 문이 없는 단단한 벽이 있다. 이러한 분리는 수평 피난로를 위한 이상적인 배치로서 소요 계단 너비를 거의 50%까지 감소시킬 수 있다. 넓은 전면 행사공간은 일반적으로 수평 피난에 필요한 피난처에 대한 요구조건을 충족할 수 있다. 게다가, 방문자들은 전면 행사공간을 통해 전시홀로 입장하기 때문에 이런 수평 피난로 배열은 또한 주 피난로 요구조건을 충족시킬 수 있다.

비록 필요한 피난로 문의 너비, 최대 피난거리와 최소 비상구 이격거리 등을 충족하더라도 그것이 많은 인원의 안전한 피난을 보장할 수는 없을 것이다. 전시품과 진열상품들이 비상구 표시를 가리거나 피난로의 접근을 방해하여 방문자들의 피난을 방해하지 않도록

하는 것이 중요하다. 컨벤션 센터에 인접하거나 센터 내에 준비된 다목적 회의장에 대해서도 비슷한 문제가 고려되어야 한다. 회의장은 이동식 칸막이를 이용하여 평면이 수직 가지로 변경될 수 있다. 모든 설정 가능한 회의장에 대해 소요 비상구의 수와 피난거리, 문개방이 보장되어야만 한다. 모든 비상구는 쉽게 식별되고 접근이 용이하도록 신중히 고려해야만 한다. 비상구가 연회테이블에 가려지거나 연설자 등의 연단에 의해 가로 막히지 않아야 한다. 이 고려 항목들은 매우 중요하며 회의장 관리자와 무역 전시회 기획자들은 이에 대해 큰 책임을 느껴야 한다.

최근에 건축되는 전시시설은 거대한 내용적과 높은 천장 높이 때문에, 상당히 큰 화재가 발생하더라도 넓은 전시장 홀이 연기로 빠르게 채워지지 않는 것이다. 이러한 본질적인 특성은 컨벤션 센터 피난로의 성능기반 설계 접근에 도움이 된다. 그러한 접근방식은 주의 깊게 고려해야 한다. 전시홀은 대부분의 일반 건물들과 비교하여 규모면에서 상당히 거대함에도 불구하고 전시장 홀에서의 발생할 수 있는 화재의 크기는 제한적이다. 실제적인 무한한 잠재조합에 의거 전시 가연물들의 화재성장과 연기발생을 분석한 자료에 근거하면 열방출률은 15,000~20,000Btu/sec(15~20MW)로 가정하고 설계해야만 한다. 이 화재 크기는 자동식 스프링클러의 작동을 고려하지 않은 것인데, 그 이유는 전시된 상품의 배열과 성질 때문에 항상 스프링클러의 작동 및 효과가 보장되지 않기 때문이다. 그러나 정밀 분석에 의하면, 홀의 용적이 충분히 크다면 대형 화재로부터 발생하는 열과 연기가 피난에 큰 영향을 미치지 않을 것이라는 것을 예측할 수 있다.

□ 제연

대형 컨벤션 센터의 피난로 설비의 성능기반 설계의 한 부분으로써, 피난 시 안전 환경을 유지하기 위하여 제연설비 설치를 선택할 수 있다. 만일 컨벤션 센터가 고층구조물이거나 고층 구조를 포함할 경우 제연설비가 요구될 수 있다(적용 가능한 건축 법령에 의함). 대형 전시공간의 제연설비 설계는 독특한 과제이기도 하다. 배출형 제연설비는 화재가 발생한 큰 용적의 공간 내에서 연기를 조절할 수 있기 때문에 흔히 선택되는 방법이다. 천장에서 연기층의 하강을 막음으로써 피난에 필요한 시간동안 피난로에 안전 환경을 유지하는데 도움을 줄 수 있다. 심지어 예상된 대형 화재에서도 요구되는 피난로 배출 공기유동 속도는 많은 인원이 밀집된 대형 전시공간의 적절한 환기를 위해 필요한 공기 유동속도의 범위 내일 가능성이 높다. 이것은 건물의 HVAC 팬(fans)을 제연용으로 사용할 수도 있고 추가의 전용 용도로 사용될 수도 있다는 것을 의미하므로, 개별적인 연기 배출용 팬(fans)은 불필요할 수도 있다는 것을 의미한다.

그러한 제연설비의 중요한 두 번째 과제는 충분히 낮은 속도로 필요한 양의 공기를 급기하는 것이다. *NFPA 92B Guide for Smoke Management System in Mall, Atria, and Large Areas*는 화재가 발생할 우려가 있는 장소 근처에서의 급기 풍속을 최대 200ft/min(1m/s)로 제한하는 것을 권장한다. 왜냐하면 이보다 더 빠른 속도로 급기되면 화재플럼(fire plume)을 교란시킬 우려가 있고 보다 많은 양의 공기 혼입으로 연기가 성장할 수 있기 때문이다. 사실상 전시공간 전 지역이 화재가 발생할 우려가 있는 장소이기 때문에 이러

한 풍속을 제한하려면 홀의 외벽에 초대형 격자창이나 미늘창을 설치해야 할 것이다. 대형 전시공간을 여러 개의 제연구역으로 분할하는 것도 적절한 속도로 충분한 급기를 할 수 있는 한 가지 방법이다. 연기 배출 설비는 제연 경계벽으로 구획되지 않은 공간 내에서 연기 이동을 제한하는데 적합하기 때문에 화재가 발생한 제연구역에서만 작동해야 한다. 홀을 여러 개의 제연구역으로 나누면 연기 배출 유동 속도는 증가할 수 있으나 인접한 제연구역의 정상적인 외부 공기 공급 설비는 필요한 보충 공기량을 공급하는데 사용될 수 있다. 이렇게 공조설비를 제연설비로 활용하면 구역별로 제연설비를 설치할 필요가 없으므로 제연을 위한 기계설비와 환기 샤프트(shaft)의 수를 감소시킬 수 있을 뿐만 아니라 일상적으로 상시 감시가능한 설비를 사용함으로써 제연설비의 전체 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

□ 감지/통보

비록 충분히 연기로부터 방호된 안전한 피난로가 제공된다 할지라도 비상상황이 방문자들에게 적절하게 통보되어야만 피난에 성공할 수 있다. 대형 무역 전시회의 행사 규모와 무질서한 특성 때문에 방문자는 적절히 설계된 통보설비가 없으면 화재를 인지하기 어렵다. 일반적으로 연기 또는 불꽃 감지기가 가장 빨리 화재를 발견할 수 있다. 그러나 연기 또는 불꽃 감지기를 설치할 때의 고비용 문제는 차치하더라도, 이들 설비는 전시홀에서 개최될 무역 전시회의 매우 다양한 상황에 대해 적합하지 않다. 문제는 전시회와 관련된 다양한 홍보 활동들은 빈번히 비화재 경보를 야기할 수 있다는 점이다. 자동식 스프링클러설비와 연동하여 경보설비를 작동시킬 수 있으나 스프링클러 작동이 지연되면 피난 목적에 부적합할 것이다. 그러므로 일정형태로 관람객이 경보를 받을 수 있는 수동 경보 장치가 필요할 것이다. 보통 많은 관람객이 참석했을 경우에는 숙련된 직원이 배치되기 때문에 방호되는 장소에 위치한 수동 화재 경보 발신기가 피난상황을 알리기 위해 선호되는 옵션이 될 수 있다.

다음 과제는 충분한 가청도, 인지도, 가시도를 갖는 통보 신호를 제공하는 것이다. 전시홀은 보통 음향학적 고려 없이 지어진 큰 용적의 공간이기 때문에 *NFPA 72, National Fire Alarm Code(국가화재경보코드)*의 인지도 조건을 만족하기 위해 특별한 오디오 설비가 필요할 수 있다. 관할기관의 허용 하에 확장 장치를 잠재적으로 비상 음성 경보 설비 같이 두 배의 음량을 낼 수 있도록 설계 할 수 있다. 무역 전시회 기간동안 확장 장치가 빈번하게 사용되므로 이 방법은 쉽게 이용할 수 있다. 이 설비의 가청도 또는 인지도가 충분하지 않다면, 문제는 즉시 주의를 받고 교정될 것이다. 그러나 어떤 무역 전시회 동안에는(예를 들어, 전자제품 또는 패션쇼) 주변 소음 등급이 매우 높을 수 있기 때문에 음성 통보에만 의존하는 것은 현명한 방법이 아닐 것이다. 접근성을 높이기 위한 요구조건은 또한 시각 통보 장치를 의무화한다. 시각 통보의 형식은 모든 점유자에 의해 피난 신호가 인식되는지 여부를 확인하는 것이 필요하다. 왜냐하면 홀은 공간이 넓으며 전시부스는 다층구조인 경우가 많고 벽과 기둥에 설치된 진열품과 긴 커튼장식으로 인해 표지 및 시각통보장치가 모든 영역에 도달하지 않을 수 있기 때문이다. 천장에 설치된 스트로

보(고속용 조명)에는 장애물이 보다 적을 것이다. 그러나 *국가화재경보코드*에서 현재까지는 높이가 30ft(9m)를 넘는 천장을 갖는 공간에서 시각통보장치가 설치된 천장에 대해서는 지침을 제공하지 않는다. 높은 천장 공간에서 스트로브의 배치에 대해 설계법을 토대로 사용될 수 있도록 제안된 내용이 NFPA 72 2007년 판 부록에 수록되어 있다. 설계자들은 또한 *국가화재경보코드*의 2002년 판에서 허용된 새로운 방법으로서 성능기반 대안을 연구해 볼 수 있다. 또한 *국가화재경보코드*의 범위를 벗어난 추가적인 대안(예를 들어, 발광하는 건물 조명, 주기적으로 점멸하는 고휘도 신호 등)은 관할기관과 논의 할 수도 있다. 그렇더라도 비상경보 설비의 실제 동작은 가능한 한 예상되는 실제 상태와 비슷한 상황 하에 시험되어야만 할 것이다.

□ 구조적 방화 공학

컨벤션센터는 대부분 높고, 넓은 개방 공간을 갖는 특성 때문에, 긴 길이 60~90ft(18~27m)의 철골 구조가 대부분이다. 이러한 구조 설계와 다양하고 높은 화재하중을 고려하여 구조적 화재안전성 평가와 성능기반 설계의 필요성이 필요하다. 이런 형태의 분석은 내화처리가 필요하지 않은 장소에 내화처리를 감소시키고 열팽창이 발생한 경우 긴 빔(long span beams)의 인장력을 체크하는데 이용 될 수 있다.

특정 내화등급을 초과하는 온도 상승을 제한하기 위한 내화 설계는 전통적으로 구조체의 단일 물질 두께를 산출해내기 위해 아주 간단하고 단순한 구성요소 시험에 의존한다. 제한된 열팽창의 결과로서 발생한 열에 대한 인장력은 일반적으로 계산이나 설계에 포함되지 않는다. 이것은 구조 기술자들이 풍하중, 지진하중, 동하중 등을 구조체 설계에 반영하여 적당한 금속부재의 크기로 배치하는 것과 대조적이다.

특히, 넓은 전시홀에서 흔히 볼 수 있는 긴 빔과 트러스는 표준 가열로에서 시험될 수 없다. 그러므로 실제 건물 화재에서 그것들의 실제 성능은 알 수 없다. 실제 효과는 표준 가열로 시험 예상치보다 더 좋을 수도 있고 더 나쁠 수도 있다. 그러나 최악의 화재시나리오에 대비한 내화구조를 설계함으로써 중요한 구조 부재들을 재조정하고 소극적 화재방호를 구조체 전체에 보다는 필요한 부분에 적용함으로써 안전이 달성될 수 있다.

대형 컨벤션센터 프로젝트에 대한 구조적 방화 공학의 목적은 구조의 고유 설계 강도를 고려하여 잠재된 설계상의 약점을 드러냄으로써 소극적인 화재 방호에 대해 더 좋은 해결책을 탐구하기 위함이다. 그 결과 화재로 인해 발생한 인장력을 감안한 더 강력한 구조로 설계할 수 있다.

보통 전시홀에서 많은 관람객과 다수의 가연물하중은 설계자에게 복잡한 과제이다. 대형 컨벤션센터에서 화재안전과 인명안전은 전체 방화 계획의 일부로서 시험이 필요한 여러 소극적이고 적극적인 설비에 의존한다. 포괄적인 방법은 안전 등급을 최대한 끌어올리고 필요한 적응성을 제공할 수 있는 가장 비용 효율적인 해결책을 만들어내는 것이다.

출처 : NFPA Journal Vol101, No2 (2007.3/4월호)

번역 : 부산경남지부 사원 이흥수