대형 아트리움이 있는 건물에 관한 화재공학적 접근법

– 아일랜드 학교건물 사례 연구 –

출처 **frm저널 2010년 4월호**

번역 **원창현** 한국화재보험협회 중앙지부 과장

1. 머리말

화재공학이 아트리움이 있는 3층 짜리 학교 건물 설계에 사용되었는데, 이는 건축학적, 기능적 디자인을 잃지 않으면서도 화재 안전에 관한 높은 기준을 만족시키기 위함이었다.

아일랜드 County Offaly 소재 Banagher시에 위치한 이 학교 건물에서 화재 안전 관련 주요 이슈는 위층 교실에서의 탈출은 발코니를 이용해야만 가능하다는 것이었다. 영국 아동학교가족부(Department for Children, School, Families)의 간행물인 Building Bulletin 100(학교 화재안전에 관한 설계, BB 100)에 설명된 지침은 스프링클러 설치를 조건으로 이러한 구조를 허가하고 있다. 그러

나 아일랜드에서, 화재 위험은(특히, 방화) 영국만큼 심각하지 않기 때문에 BB 100에 있는 스프링클러 설치 권고를 따르는 것이 때로 필요하지 않다. 이 경우에 이를 대신하는 화재공학 설계가 적용된다.

2. 건물 디자인

건물은 학생수가 약 550명 정도 되는 큰 3층짜리 학교다. 이것은 Pierse Contracting(아일랜드의 부동산 개발 및 건축 · 토목 엔지니어링 회사)과 MacQuarie Partnership for Ireland(아일랜드에 고품질의 사회 공공 기반시설을 확충하기 위한 맥쿼리 주관의 컨소시움)에 의해 개발되고 있는 총 4개 학교와 관련된 프로젝트의 한 부분이다. Dublin에 있는 A&D Wejchert and Partners社가 건설을 맡았다. 학교는 현재 건설 중에 있으며, 2010년 9월에 오픈할 예정이다. 건물의 주요 특징은 1층, 2층, 3층을 연결하는 100m 길이의 중앙 아트리움이다. 1층에는 교실들이 아트리움을 향해 열려있다. 그 위층에는 교실들이 아트리움 내 발코니로부터 출입할 수 있게 되어있고, 아트리움의 양쪽을 연결하는 다양한 브릿지가 있다. 이 학교는 효율적 조명, 난방, 환기를 가능케 해주는 아트리움을 가진 현대적이고 에너지 효율적인 건물의 한 예이다.

3. 안내 지침서

The Technical Guidance Document Part B(TGD B)는 아일랜드에서 잉글랜드, 웨일즈의 Approved Document B와 동등한 지침서로서, 건축물 규정을 만족시키기 위한 권고 사항들이 설명되어있다. TGD B는 학교에 대한 특정한 지침을 포함하지 않고 있기 때문에, 아일랜드에서는 학교 건물에 특정한 지침인 BB 100을 참조하는 것이 일반적 관례다.

BB 100에 있는 많은 권고사항들은 영국의 심각한 방화 문제에 대처하기 위해 작성된 것이다. 그러나 이 문제는 아일랜드에서는 그리 심각하지 않기 때문에, 몇몇 권고사항들은 적절하지 않은데, 예를 들

면 스프링클러나 구획층과 관련된 것들이 그런 것이다.
아일랜드 건축물 규정은 실용적이어서 대체 화재공학 적용을 허가하고 있다. 다른 관할권에서와 마찬가지로, 화재공학적 해법을 적용하려면 안전 수준이 적어도 규정에 따라 엄격히 설계된 이론상 건물만큼 좋다는 것을 증명하는 것이 필요하다. Baghner에 있는 이 학교를 위해 개발된 화재공학적 해법의 설계는 BS 7974(화재안전공학적 원리의 건물 디자인에의 적용)에 기반하고 있다.

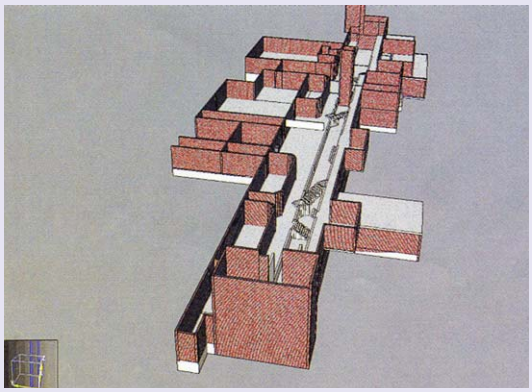
4. 발코니 대피

이 학교에서 규정에 따르지 않았던 주요 사항은 아트리움 발코니를 따라서만 탈출하는 것이었다. 층을 연결하는 공간이 있는 스프링클러 미설치 학교에 대해, BB 100은 화재 시 피난로는 공간 가장자리의 4.5m 근방이나 이내여야 한다고 권고하고 있다(TGD B는 5m 권고). 안전한 위층의 계단으로 도달하는 유일한 방법은 아트리움 발코니를 따라가는 것이기 때문에, 이것은 명백히 불가능하다.
아트리움 같은 큰 공간의 근본적인 이점은 낮은 천장이나, 단층 복도에 비해서 공간이 연기로 채워지는데 상당한 시간이 걸린다는 것이다. 또한 아트리움 공간을 통해 나온 연기는 공기와 섞여서 온도가 낮아지고 희석되어 독성도 덜하게 된다. 가시성도 일반적인 낮은 천장의 복도와 비교해 훨씬 낫다.

5. 자연적 연기환기

지역 당국과 논의 후에, 연기층 아래 발코니에서의 이동 거리는 18m로 제한되어야 하는 것에 합의했다. 발코니에서 모든 교실에서부터 층의 출구까지의 이동 거리는 18m 이내이다. 그러나 2층과 3층에는 이동거리가 28m나 되는 사무실이 있었다.
이것에 대처하기 위해 화재 시 3층 발코니에는 연기가 없는 상태가 유지될 수 있도록 하기 위한 자연적 연기환기 시스템이 제안되었다. 이는 아트리움 지붕을 두 개의 연기 저장소로 나누는 것이다. 1층과 2층에서 발코니 아래 제연 경계벽을 잘 위치시키면 연기를 하나의 저장소로 유도할 수 있다. 연기층 아래에서 사무실까지 이동거리가 18m를 초과하지 않도록 제연 경계벽이 위치해야 한다.
아울러, 학교 내 주요 화재하중은 순환 공간보다는 교실내부에 위치한다. 따라서 1층과 2층의 교실들은 아트리움으로부터 방화구획되어 있다. 이 방법은 화재가 처음 발생한 방안에서 화재를 억제하고, 연기가 아트리움으로 흐를 잠재가능성을 제한한다.
연기 환기 시스템 및 화재 확산 억제 방법에 더해, 강화된 화재감지 및 경보 시스템이 적용된다. 대피를 고려해볼 때, 사람들이 적정 시간 내에 안전한 장소에 도달할 수 있도록 안전한 탈출 경로까지의 이동 거리가 한정되어야 한다. 그러나 규정에 따른 설계는 사람들이 화재를 감지하고 출구로 움직이기 시작하는 데까지 걸리는 시간을 고려하지 않는다. 이 시간은 총 탈출 시간의 2/3만큼을 차지할 수 있다. 탈출의 사전 소요시간을 줄이기 위하여 BS 5839-8(보이스 알람 시스템의 설계, 설치, 유지보수에 대한 규정)에 따르는 보이스 알람시스템 또한 적용되었다.

6. CFD 연구



[그림 1] 파이로심(Pyrosim) 모델의 3차원 이미지

건물은 학생수가 약 550명 정도 되는 큰 3층짜리 학교다. 이것은 Pierse Contracting(아일랜드의 부동산 개발 및 건축 · 토목 엔지니어링 회사)과 MacQuarie Partnership for Ireland(아일랜드에 고품질의 사회 공공 기반시설을 확충하기 위한 맥쿼리 주관의 컨소시움)에 의해 개발되고 있는 총 4개 학교와 관련된 프로젝트의 한 부분이다. Dublin에 있는 A&D Wejchert and Partners社가 건설을 맡았다. 학교는 현재 건설 중에 있으며, 2010년 9월에 오픈할 예정이다. 건물의 주요 특징은 1층, 2층, 3층을 연결하는 100m 길이의 중앙 아트리움이다. 1층에는 교실들이 아트리움을 향해 열려있다. 그 위층에는 교실들이 아트리움 내 발코니로부터 출입할 수 있게 되어있고, 아트리움의 양쪽을 연결하는 다양한 브릿지가 있다. 이 학교는 효율적 조명, 난방, 환기를 가능케 해주는 아트리움을 가진 현대적이고 에너지 효율적인 건물의 한 예이다.

설계가 잘 되었는지 확인하고 학교 내에서의 다양한 화재 시나리오에 대한 시각적 표현자료를 제공하기 위해 화재 역학 시뮬레이터(Fire Dynamics Simulator, FDS – 화재에 의한 유체 흐름 모델)를 이용해 전산 유체역학(Computational Fluid Dynamics, CFD)도 수행되었다. [그림 1]은 파이로심(Pyrosim-FDS 구동 프로그램) 3차원 이미지를 보여준다.

규정을 따른 전통적인 낮은 천장의 복도를 가진 학교 건물과 제안된 건물의 조건들을 비교하기 위해서, CFD 분석을 통해 상대적 분석을 포함한 몇몇 결정론적 화재 시나리오를 검토했다.

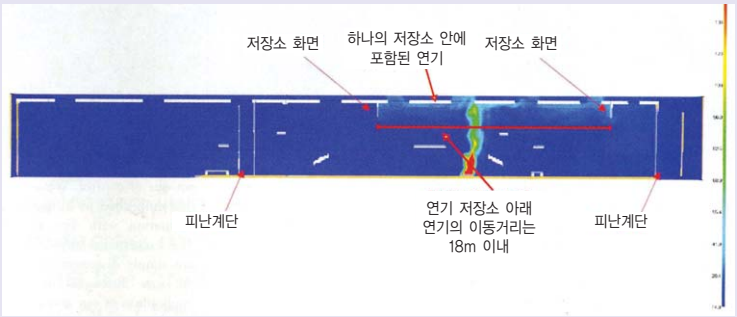
논의된 것처럼, 1층과 2층 교실의 방화벽은 화재와 연기가 아트리움으로 번지는 것을 막아야한다. 그러나 방화문이 열려져 있는 것을 가정한 상황을 보기 위하여 민감도 분석이 적용되었다. 또한 아트리움 바닥의 대부분은 화재 하중이 한정되어있어 순환에 영향을 받는 반면, 어떤 공간에는 크리스마스트리와 같은 작은 전시물이 놓일 수 있다.

화재 시나리오 모델의 두 가지 예는 다음과 같았다

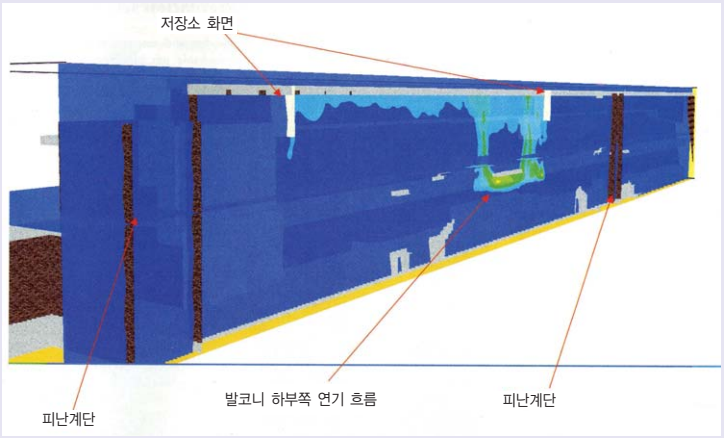
– 1층에서 문이 열려진 채로 있는 교실의 화재
– 아트리움 바닥에서 크리스마스트리의 화재

크리스마스트리 화재 시나리오에서 트리는 건조하고 중간크기의 북유럽 소나무이고 75초의 전소 시간을 가진 것이다. 화재는 35초에 1,817kw 정도 수준의 최대의 열방출율에 도달했다. 이 열방출율은

BS 7974에서 권고되는 수준이다. 이 분석은 아주 빠른 화재 성장에도 불구하고 위층의 상태는 안 좋은 영향을 받지 않았다는 것을 보여준다. 이는 무엇보다 솟아오르는 연기에 유입된 다량의 공기가 연기의 온도를 낮추고 희석했기 때문이다. 모든 화재 시나리오 모델에서 3층은 연기가 없이 유지되었다. [그림 2와 3]에서 연기가 하나의 저장소에 잘 저장되는 것을 볼 수 있다. 그래서 인접한 연기 저장소 아래의 연기가 없는 곳으로의 이동거리는 18m 이내이다. 온도와 일산화탄소 농도와 더불어 위층의 가시성 수준이 평가되었다.



[그림 2] 화재 시 아트리움 바닥에 있는 크리스마스트리의 온도



[그림 3] 1층 교실 화재 시 CO 농도

7. 맺음말

영국과 아일랜드에서 학교 건물에 빈 공간과 아트리움을 포함하는 것은 점점 일반화되어지고 있고, 특히 정부의 미래 학교 프로젝트의 영향으로 점점 확대되고 있다. 그러나 아트리움의 포함은 종종 사용자들의 안전에 대한 근거 없는 부당한 우려를 불러일으킨다. 이 사례 연구는 비록 BB 100 권고사항에 충족되지 않아도 우려 사항을 해결할 수 있고 건물 안전을 확실히 할 수 있는 화재공학적 해법이 있다는 것을 보여준다.