

내화유리 화재로부터 위험요소를 줄이는 방법

출처 | IFP 2005년 8월호
저자 | 마이크 우드 (필링톤 글래스社)
번역 | 김기욱 협회 총무부 사원

1. 머리말

화재안전을 고려하여 내화 관련 상품을 디자인함에 따라 실험에 근거한 새로운 접근 방식이 필요한데, 이렇게 하기 위해서는 내화 제품과 시스템의 다각적인 평가방법이 전제되어야 할 것이다. 현대의 건설 환경은 점점 더 복잡화되어가고 있다. 따라서 전통적으로 관례화되어 있는 방화 디자인에 대한 접근방법이 기존 제도의 틀을 크게 벗어나지 않는 범위 내에서 좀더 유연성 있게 바뀌어야 한다는 의견이 대두되고 있다.

상기와 같이 위험관리를 고려하여 디자인하기 위해서는 각 빌딩의 정보와 상시 화재 위험성이 상존하고 있는 현 상황을 근거로 하여 치밀한 방화 전략을 개발하여야 한다. 좀더 범위를 국한시켜 제품과 시스템에 대하여 살펴보면 이러한 것들은 상기의 목적에 맞게 적합하고 강인하게 제작되어야 한다. 그리고 이러한 접근방식에 따르면 근본적으로 방화 제품과 시스템은 각 빌딩의 사용 용도에 맞게 평가되어야 한다. 기존 평가 방법은 화재에서 일어날 수 있는 상황을 근거하여 행해졌던 것이 아니라, 각 제품의 특성에 근거, 그 범주를 나누는 것을 주로 하여 하나의 규정된 실험용 틀 안에서 합격 또는 불합격의 여부만 나누는 것일 뿐이었다. 하지만 이제부터는 실제 화재 상황에서 일어날 수 있는 조건에서 제품 테스트가 이루어져야 하는 것을 염두에 두고 평가 방법의 많은 변화가 필요하겠다.

2. 화재 위험 연구의 접근방식

한 가지 또는 조작되기 쉬운 상황에서 행해지는 실험실 테스트를 통과했다고 해서 그 제품





이 실제 화재 상황에서 충분한 신뢰성을 보여줄지는 확실하지 않다. 내·외부적으로 테스트에서 합격했다는 것이 실제 화재 상황에서 그 제품이 어느 정도의 믿음을 줄 수 있다는 보증서가 되어서는 안 될 것이다. 특히, 화재 발생시 그 제품이 보여줄 수 있는 일관성과 다양한 잠재적 화재 조건에서 얻을 수 있는 신뢰도는 확일적으로 용광로같은 틀 안에서 행해지는 테스트에서 얻어진 흑백 논리 같은 합격/불합격의 통보에서 쉽게 얻어질 수 있는 것이 아니다. 이러한 측면에서 고려했을 때, 한 가지의 특별한 테스트 데이터와 유약한 관계를 통해 얻어지는 평가 결과는 지양하며 그 대신 충분한 신뢰도와 통일성을 측정해 낼 수 있는 새로운 평가제도가 필요하게 되었다.

화재로 인해 전소된 마드리드의 원저 빌딩을 토대로 한 자료를 보면 현대의 종합적인 기계, 기구나 가구류는 ISO834 테스트 기준과는 현격히 다른 시간대 온도 곡선을 가지고 있는 것을 볼 수 있는데 이는 매우 치명적인 화재 환경을 초래할 수 있다는 것을 예측할 수 있다. 이를 통해 용광로 테스트에서 얻어진 규정화된 시간대 온도 곡선이 반드시 실제 화재 조건을 재현하는 것이 아님을 알 수 있다. 그럼에도 불구하고 여전히 제품이나 시스템들의 평가는 상호 관계된 구조에서 복합적으로 이루어지지 않고 각각 개별 요소로써 테스트되고 있는 상황이다.

3. 9/11 교훈에 의한 NIST 보고서

국제무역센터 재해에 대해 미국표준기술연구소(NIST : National Institute of Standards and Technology)가 최근에 발표한 보고서에 따르면 상기와 같은 문제점을 제기하고 있다. 이 보고서에는 건물의 화재 성상은 더 다각적인 면에서 조사되어야 하며 각 제품의 테스트는 더욱 엄격하게 측정될 필요가 있다고 쓰여 있다. NIST는 특별히 한 세기동안 이어져 내려온 방화 테스트에 관한 규정은 바뀌어야 한다고 주장하며, 특히 실제 빌딩에 응용할 수 있는 실험 결과로 외삽

법(한정된 자료로 일정한 틀 안의 다른 정보를 추정하는 보간법에 대하여 그 틀 외의 한 부분을 추정하는 해석학상의 용어)을 적용하여야 한다고 한다.

만약 NIST의 요구가 관철되어진다면 제품 및 시스템의 화재성상은 더욱 정밀하고 과학적인 접근 방식을 기초로 평가될 것이다. 동시에 이 평가는 그 동안 규정화된 틀에서 테스트되었던 광범위한 기록을 결합한 제품 공학이 내재되어 이루어져야 하며, 임의로 실행되었던 규정화되지 않은 테스트 결과와 실제 화재의 검사 결과도 이 제품 평가에 포함되어야 할 것이다. 이렇게 다각적으로 범위를 넓혀서 평가하려는 이유는 화재시 유리 제품이 붕괴되는 메커니즘을 증명하기 위해서일 뿐 아니라 이미 알려진 화재성상 중에서 그 동안 공학이 풀지 못한 문제점을 충분히 납득할 수 있을 만큼 해석하기 위해서다.

상기에 제안되었던 잠재 위험을 고려한 디자인을 뒷받침하기 위해서는 제품 공학의 평가방식이 더욱 견고해야 할 것이다. 즉, 가장 보편적으로 행해지고 있는 독립된 개체 실험에서 제품 평가의 결과를 얻는 것보다 다양한 잠재적인 화재 환경에서 안전하게 대처할 수 있을 정도로 말이다. 유리 화재 성상의 재해석은 앞으로 적용될 수 있는 좋은 접근 방식의 예가 될 수 있겠다.

4. 유리의 화재 성상

유리는 근본적으로 화재에 강하지 않다. 열복사도 쉽게 허용할 뿐만 아니라 급격한 온도의 변화에 의해서도 쉽게 깨진다. 규정에 의해 만들어진 일반 제품은 보통 화재 상황에서 약 5분에서 12분 사이에서 기본 성능을 잃어버린다. 가장 위험한 것은 온도에 의한 스트레스로 인해 다각적인 균열이 생길 수 있다는 것이다. 최소 80℃ 정도의 기온상승으로 충분히 균열이 생길 수 있으나 최초 온도에 따라 그 여부는 미지수다. 유리의 전체적인 사이즈, 장기간의 사용에 따른 형태 및 성질의 변화, 그 유리와 틀의 이격 상태 및 유리 표면의 상태는 유리가 직접적으로 화재에 노출되었을 때 그것의 화재 성상을 결정하는 중요한 요인이 된다. 유리의 근본적인 성질이나 구조 때문에 원천적으로 유리가 언제 파괴될지 예측하는 것은 불가능하다. 다만 환경에 따라 다르겠지만 유리를 겹으로 끼우는 것은 파괴의 여부를 늦추어 줄 수는 있지만, 유리의 기본 성능을 향상시키는 데는 그다지 도움을 줄 수 없다.

만약 달구어진 유리에 스프링클러가 작용할 때와 같이 물이 떨어진다면 화재초기부터 시작해서 그 보호효과는 유리 표면에 대해 어느 정도 유지될 수 있을 것이다. 하지만 이렇게 유리 위로 물이 온전히 적셔질 만큼의 이상적인 조건들은 여러 가지 구조물이나 가구 및 문설주 등으로 인해 물의 음영지역이 생기므로 일상적으





로 유리가 설치된 상황에서는 얻기 어려울 것이다.

5. 강화 유리와 안전 합판 유리공학

충격안전 열강화 유리는 화재시 예측할 겨를도 없이 급격하게 붕괴되기도 한다. 이는 200℃ 정도의 온도 변화에 의해 충분히 가능하다. 이러한 붕괴가 일어났을 경우 강화 유리판은 산산조각이 되어 고스란히 쌓이게 되는데 이는 충격안전공학의 입장에서 봤을 때 이상적인 모습이다. 화재시 일어나게 되는 이러한 붕괴를 최소화하기 위해 정제된 소다 석회가 여러 가지 방법으로 사용되기도 하였다.

유리가 창틀에 끼워져 있는 상태는 국부적인 가열에 쉽게 헐거워지기도 한다. 특히 그 표면의 상태는 이를 결정하는 중요한 요소이다. 예를 들어, 유리를 창틀에 끼울 때(보통 10mm까지 들어가는 것이 최대이다.) 가장자리는 항상 최대한으로 들어가게 해왔고 실제 화재시 그 유리의 보전성은 절대적으로 어떠한 방법으로 마무리 작업을 했는지에 달려있다. 게다가 유리가 첫 번째의 위험에도 온전히 남아 있게 됐다 하더라도 화재로 인한 고열은 강화상태를 완화시킬 것이고 그 제품은 실질적으로 그 능력을 상실하게 될 것이다. 이러한 논거에서 봤을 때 강화유리는 화재 발생시 확실히 안전하다고 볼 수 없을 것이다. 단지, 온 좋게 강화유리에 적합한 환경이나 조건이 맞을 때만 그 성능을 유지할 수 있을 것이다.

충격이나 보안 특성을 보완시키기 위해 내장 접합 유리 사이에 플라스틱 pvb (polyvinylbutyral)를 끼워 넣기도 한다. 하지만 이 또한 화재시 제한된 특성을 가질 뿐이다. 실험에 의하면 이러한 타입의 내장재는 화재 발생시 120℃부터 140℃ 사이에서 녹을 수 있고 심지어는 발화를 할 수도 있다. 뿐만 아니라 타거나 많은 양의 연기를 발생시킬 수도 있다. 이러한 접합 유리 사이에 있는 플라스틱 내장재는 단지 샌드위치처럼 겹쳐 있어 충격에 강할 뿐이지 결코 좋은 내화재라고는 판단할 수 없는데, 실험에 의하면 이러한 제품들은 내장재의 온도가 300℃ 근처에서 급격히 성능저하가 되는 것으로 판명이 되었다.



6. 내화 유리 공학

내화 유리의 성능 향상을 위해서는 유리의 근본적인 성질을 이해하고 현대 빌딩에서 일어날 수 있는 여러 가지 화재 변수를 고려한 공학적인 진보가 필요하다. 내화 유리 제품들은 보호 기능이 있어야 한다. 즉, 기본적인 보전(화재의 이동을 막을 수 있는 장벽으로서의 기능을 의미한다.) 또는 보전과 단열(이는 보전뿐만 아니라 화재로 인한 열의 전이까지 막을 수 있는 것을 의미한다.) 기능이 있어야 한다는 것이다. 하지만 이렇게 간단히 넓은 범위로 유리의 범주를 나누게 되면 내화유리를 제조하는 데 쓰일 다양한 유리 공학의 미세하지만 중요한 역할을 하는 차이점들을 간과할 수 있다. 왜냐하면 이러한 미세한 차이에 의해서 실제 화재 성상은 전혀 다르게 나타날 수도 있기 때문이다.

모든 내화 유리제품이 똑같다는 생각은 아주 초보적인 실수이다. 왜냐하면 실제로는 전혀 그렇지 않기 때문이다. 어떻게 보면 유리를 만든다는 것이 다 똑같은 작업으로 보일 수도 있다. 하지만 사실 세세하고 중요한 부분에서부터 아주 커다란 차이점이 있다. 무엇보다도 하나의 내화 유리 제품에서 얻을 수 있는 것이 다른 제품에서는 얻기가 힘들다는 것이다. 그렇기 때문에 실험 후 인기를 낼 때에는 각각의 구성이나 유리의 크기, 면적의 비율, 원료의 배합, 실제 제작된 유리의 틀이나 그 외의 것을 고려해야 할 것이다.

위험관리의 입장에서 방화부분을 고려했을 때, 실제 발생할 수 있는 여러 종류의 화재상황에서 내화유리 타입의 제품들이 보통의 다른 것보다 훨씬 내성이 있다는 것은 확실하다. 믿을만한 공학 기술이 저변에 깔려있기 때문이다. 우리 주위를 보면 각각 다른 제품의 겉 표면에 “pyro”(난연인증) 라는 라벨이 붙어 있는 것을 볼 수 있는데 이렇게 부착되어 있다 하더라도 모든 제품들이 다 똑같은 레벨로 불에 대





해 신뢰성과 일관성을 보여주는 것은 아니다. 그러므로 각각의 제품군과 그 기본성질과 변화를 확인하는 방재 공학은 아주 신중히 검토되어야 한다.

예를 들어, 철 망입 유리는 100년 넘게 그 기술이 닦여진 기초적인 전통 내화유리 공학이다. 이것은 인간이 처음으로 진흙 벽돌을 만들 때 안에 잘게 썬 짚을 넣음으로써 더욱 강인한 특성을 얻을 수 있다는 것을 발견한 이후로 보강의 기본적인 개념이 되어 왔다. 화재 상황에서, 이 유리 안에 삽입된 철선은 방화의 기본적인 성능을 잃지 않고 그 자리에서 버틸 수 있게 유리를 지탱해준다. 하지만 화재에 의해 발생하는 복사열에 관해서는 보통의 유리처럼 그 열을 투과시킬 수밖에 없다. 방화 붕규산염(borosilicate)공학도 이와 비슷하다. 이는 보통의 유리인데 온도의 압박을 제한할 수 있게 저팽창 유리를 구성하여 온도 스트레스에 좋은 저항력을 가지고 있다.

가장 탄탄한 내화유리 기술 중 하나는 샌드위치 구조처럼 단련된 두 장의 유리 사이에 특별한 무기질의 팽창성 내장재를 삽입하는 것이다. 이러한 기술은 보존성뿐만 아니라 광범위한 온도, 시간, 시스템 등의 변화에

도 독립되게 보존성을 유지할 수 있다. 그렇기 때문에 이러한 특별 내장 시스템은 화재 상황시 다른 제품에 비해 신뢰할 수 있다. 또한 이 시스템은 화재 발생시 단열효과와 함께 증기를 방출하며 열을 흡수할 뿐만 아니라 팽창하여 적정수준까지 발포를 하게 된다. 이 중간 내장재는 적절한 수준까지 복사열을 차단하고 불에 대해 탄력성 있는 보존성을 가진 방파제로서 전체적인 구조를 유지시켜준다.

필킹톤(Pilkington)사의 Pyrostop(TM)과 Pyrodur(TM)라는 제품은 실제 빌딩에 30년 동안 사용되어 왔는데 이 제품들은 그 기간동안 세계의 다양한 시스템에서 광범위하게 테스트되어졌고 규정에 얽매이지 않은 채 거대한 시장에서 사용되어졌다. 뿐만 아니라, 실제 여러 화재를 통해 평가되어 왔으며 현대 방화 구조가 목표로 하는 기준에 맞추어 개발되어 왔다.

실제 건물 환경에서 높은 방화 성능은 꾸준히 요구되어 왔다. 우리의 도시는 점점 복잡화되고 혼잡스러워지고 있는 반면 건물을 새롭게 지을 공간은 부족하다. 그래서 도시 계획을 세울 때 최우선으로 고려하는 부분은 도시의 스프롤화(계획없이 제멋대로 도시가 커져가는 것)를 최소화시키는 것이다. 이러한 상황에서 양질의 주거와 업무 공간을 구축할 유일한 해결책은 위로 뻗어나가는 것이었다. 그로 인해 도시의 경관은 고층 빌딩들로 채워졌고 세계 각각의 도시는 이러한 독특한 양상을 보이게 되었다. 고층화에 따른 화재의 위험을 감수하면서도 말이다. 경제 효과, 상업 성장, 양질의 삶을 고려했을 때 이러한 건축 환경은 엄격히 말해서 다른 종류의 사회 시스템보다 중요하다. 이러한 측면에서 봤을 때 현대 도시에서 화재에 대한 염려는 단지 인명 안전에만 국한된 것은 아닐 것이다.

위에서 살펴본 바와 같이 위험에 기초한 화재 방어 디자인과 실험은 선행되어야 할 중요한 부분이 되었다. 그리고 이는 곧 우리의 제품과 시스템을 실제 화재에서 발생할 수 있는 조건에서 신뢰성, 지속성 및 일관성을 지킬 수 있게 여러 각도에서 평가해야 한다는 것을 의미한다. 🔥