

위험관리정보

투명한 유리에 의한 화재보호

출처
s+s report international
2006년 2월호

번역
최명영
한국화재보험협회
경기강원지부 사원



투명한 유리에 의한 화재보호

머리말

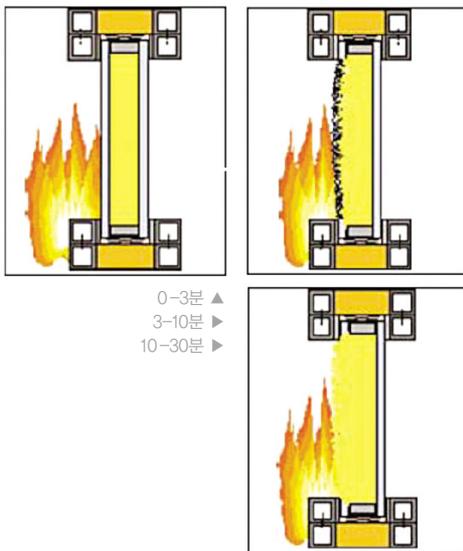
개발된 공간 설계와 투명도의 확대는 최근 몇 년간 사유, 공공, 상업건물의 디자인과 시공의 주류가 되었다. 현대의 거주 및 업무 공간 설계는 많은 양의 시야확보와 빌딩 중심에서조차 최적화된 자연광 사용을 가능하도록 하였다. 이러한 이유로 유리제품을 건물 모든 부분, 복도와 계단뿐 아니라 구획벽체와 외관에서 응용할 수 있는 방법을 모색 중이다. 주(州) 건물 규정과 특별 법령 또는 지침의 조항은 건축물에 쓰이는 유리제품은 적합한 연기와 화재에 대한 성능을 반드시 갖추도록 규정하고 있다.

본고는 다양한 유형의 건축물에서 내화유리의 가능한 응용과 그것의 사용 및 승인에 관련된 수많은 문제점을 다루고 있다. 전부 유리로 된 구획벽체는 화재예방과 교통안전 및 붕괴 측면에서의 안전과 같은 기능이 고려되어야 한다.

내화유리 _ 구조와 기능

구조적인 화재예방을 위한 특별한 유리제품의 개발은 1970년대 말 독일에서 시작되었다. 현재의 개발 상태는 유리제조업체들이 각각의 구조물에 다양한 제품을 공급할 수 있게 해주었다. 유명한 독일과 국제적인 제조업체들은 과거에 자주 사용되었으나 현재는 다양한 활용에 있어서, 안전상의 이유로 더 이상 허용되지 않는 철망유리와 광택 철망유리의 대체품으로 매우 투명하며 철망 없이 화재에 견디는 안전유리를 제공하고 있다.

규산나트륨(sodium silicate)을 주성분으로 한 내화유리가 가장 폭넓게 사용되고 있다. 이 유리는 화재 시 발생하는 온도차와 압력에 노출되었을 때 깨지는 것을 방지하기 위하여 고온압축과 같은 특별한 처리를 했다. 이러한 규산



〈그림 1〉 화재 시 내화유리 반응 과정과 보호 효과



나트륨을 주성분으로 한 내화유리는 얇은 판의 안전유리(LSG ; Laminated Safety Glass)를 생산하기 위해 PVB필름과 함께 얇은 판 형태를 만들거나 방음유리에 붙여질 수 있다.

G30 또는 E30의 결과를 갖는 유리제품은 내화등급으로 분류된다. 이것은 화재가 발생했을 때 공간을 밀폐할 수는 있으나 복사열로부터는 보호할 수 없음을 뜻한다. 30, 60, 90 또는 120분 내화성능을 갖는 유리제품은 독일의 건물 규정에서 승인되었다. 60분 또는 그 이상의 내화를 만족하기 위해서는 붕규산염 유리, 알칼리성 토류 규산염 유리, 결정화 유리와 같은 보다 높은 연성을 가진 특별한 유리제품을 필요로 한다. 앞에서 언급한 모든 유형의 유리는 화재 시 투명한 상태로 남아있다.

여러 겹의 규산나트륨으로 된 내화유리, 강화안전유리(TSG ; Toughened Safety Glass), 얇은 판의 안전유리(LSG ; Laminated Safety Glass)는 구획벽체 또는 움직이는 내화 덮개와 같은 F-glazing이나 T-components로 사용된다.

대개 얇은 유리판 사이에 화재 시 거품을 내며 사라지는 알칼리 규산염과 같은 냉각과 반응을 차단하는 층을 삽입한다. 이러한 기능적인 층은 화재 시 최대온도한계(초기온도 이상, 평균 fff 140K)를 견딜 수 있게 해준다. 그것은 또한 사람들이 피난경로를 사용할 때 보호해주어 건물로부터 안전한 대피를 가능하게 해준다. 이러한 유형의 유리는 화재에 노출되었을 때 그것의 투명성을 잃으며 팽창이 없어진다. <그림 1>은 내화유리가 한쪽의 실(室)에 화재가 발생하였을 때 fff 120℃에서 거품을 내며 사라지는 반응과 보호 효과를 보여준다.

유리제품의 발달은 요구되어지는 내화등급을 기반으로 한 수많은 개선책을 이끌어냈다. 다른 형태, 예를 들면 다른 반응 층을 이용한 내화유리도 유용하나 여기서 자세히 논하기엔 기사의 목적과 부합되지 않으므로 언급하지 않겠다.

DIN 4102-13(내화 유리창)은 유리로 된 화재 예방 구조물은 30분~120분 동안 불에 견디는 제품의 설계에 있어서 다음과 같은 차이를 둔다.

• 30분에서 120분 내화(G30-G120), 30분 난연(F30), 60분 난연(F60), 90분 내화(fff F90)
유럽기준은(DIN EN 13501-2 와 같은 등급) 독일에서 사용되는 E30, EW60 또는 EI90 와 같은 유리 성분의 새로운 등급 분류를 소개할 것이다. 건물 규정에 있어서 일치된 유럽 분류의 활용은 2002년 8월 베를린 DIBt 발표에서 공표되었다.



투명한 내화제품은 이제 실질적으로 모든 범주, 즉 내부와 외부 창 유리, 수직, 수평 그리고 지분과 경사진 유리창 등에서 활용된다. 현재의 법령 하에 내화유리가 내화 측면에서 동등한 성능을 가지고 주(州)건물규정을 만족한다면 기본적으로 모든 건물과 모든 분야에서 고품질 또는 구획벽체 대신에 사용될 것이다. 그것의 활용은 대개 국가기술승인(ABZ) 또는 독립적인 기준에 의한 개별승인(ZIE)과 같은 적절한 인증에 의해 좌우된다.

화재예방 투명유리에 사용되는 주재료는 철과 알루미늄, 목재와 단단한 목재(어느 정도의 밀도와 질량 연소율을 갖는), 콘크리트와 석고판 등을 포함한다. 제조업체들은 폭넓고 다양한 물질 또는 물질의 배합을 구획 벽체 또는 복잡한 칸막이 구획 시공에 사용하며, 점점 그들은 투명한 유리 설계를 위해 선택해가고 있다.

독일에서 시스템 공급자들과 유리 제조업체들은 다양한 활용에 있어서 일반적인 건물규정 시험 승인을 받은 다른 내화시간을 갖는 수

백 가지 설계를 제공한다. 그러나 시공 또는 모든 건축 설계가 승인과 시험인증을 이유로 하여 모든 측면에서 직접적으로 충족될 수는 없다. 그럼에도 불구하고 EN 1364-1 또는 EN 1634-1과 같은 EN 규정을 따르고 있는 다른 EU 국가들에서 시험된 단품들은 보다 많은 활용을 찾고 있으나 모든 설계와 모든 여건들을 자동적으로 포용할 수 없기 때문에 이것은 여전히 건물 규정 승인을 요구하게 될 것이다.

사실 허가를 받은 개별 승인은 혁신적인 설계와 개선책을 반영하며 지난 수년간 꾸준히 증가해왔다. 이것은 개발에 박차를 가하고 시스템의 수명이 훨씬 짧아져 증가된 경쟁에서 부분적으로 원인을 찾을 수 있다. 마지못한 투자의 배경에 대비하여 설계자, 제조업체와 건물 계약자 사이의 경쟁은 더욱 치열해졌다. 심지어 시험과 인증에 연관된 공공 및 국가 단체들도 이러한 개발 또는 특히 계속되는 EN 규정의 조율과 같은 국제적인 경쟁으로부터 자유로울 수 없다. 궁극적으로 세계적인 비교 속에서 자유경쟁으로 남아있는 것이 또한 문제이다. 호환성

있고 인증된 제품을 개발하고 혁신하는 방면에서 선두를 달리는 것이 독일 제조업자들이 시장에 더 빨리, 그리고 더 잘 진출하는 것을 보장해준다.

화재예방 투명유리 분야에 상대적으로 덜 혁명적이고 덜 화려한 설계와 개념이 아직도 몇몇 남아있다. 그러나 2002년 뮌헨 Petuel Ring에 터널의 소음을 줄이기 위해 천장에 볼트로 죄어진 평평한 G30 판유리를 사용한 것이 한 예이고, 그것은 세계 최초로 그러한 용도의 구조물이 되었다.

전반적으로 건물규정에 약간의 변화는 있어야만 한다. 다른 말로 약간의 변화를 주어 시험하고, 승인하고, 검사에 대비하여 전문적으로 설치해야만 한다. 이러한 과정의 부분으로 내화유리는 새로운, 허나 때로는 반복해서 발생하는 객체 보호 관점에서 경제적이고 실용적인 해결책을 요구하는 의문과 문제를 발생시키곤 한다.

어떠한 건물 규정이나 참고자료에 없는 내화유리와 구획벽체의 설계가 건물에 설치되는 것에 대한 승인을 받은 것이 하나의 전형적인 예이다. 화재 시 잠정적인 변형 양과 유리의 공간 밀폐성에 영향을 미치는 압력의 범위는 각각의 경우에 오직 전문가의 의견과 경험을 가진, 자격이 주어진 단체의 기준에 의해서 평가될 수 있다.

독일에서 유일하게 자격이 주어진 단체는 Institutes for Materials Testing이다. 그들의 실질적인 경험은 그들이 제공하는 다양한 재료에 대한 전문적인 평가를 할 수 있게 해준 수많은 화재시험과 추가적인 시험이 불필요할 정도의 여러 유형의 유리성분에 내화시험을 통해 얻어졌다.

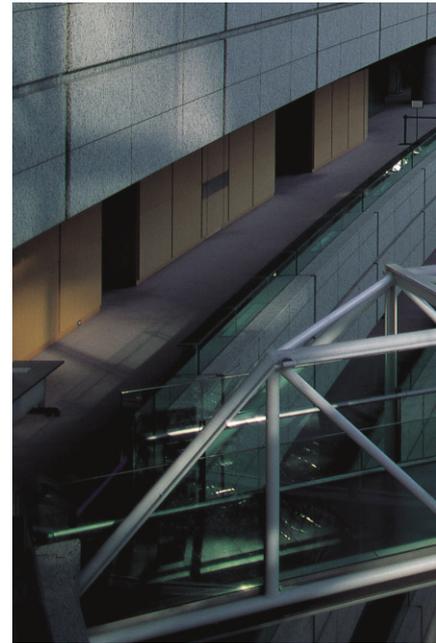
극도로 큰 내화유리 구조물의 설계는 종종 기존의 유리가 대체할 수 있는 크기를 기반으로 한다. 어떤 방화기능도 없는 얇은 판으로 된 유리는 플로트 유리의 최대인 3.21×6.00m 크기로 여러 해 동안 생산되었다. 현재는 이러한 크기는 내화제품 응용에 사용할 수 없다. 그러나 몇몇의 제조업체들은 G30, F30 그리고 F60의 성능을 갖는 유리를 최대 2200×3500mm의 크기까지 생산할 수 있게 되어 내화구조물의 설계에 있어 보다 넓은 범위를 제공하고 있다. 심지어 3m가 넘고 F90의 성능을 갖는 유리가 현재 독일에서 성공적으로 시험되고 승인을 받았다.

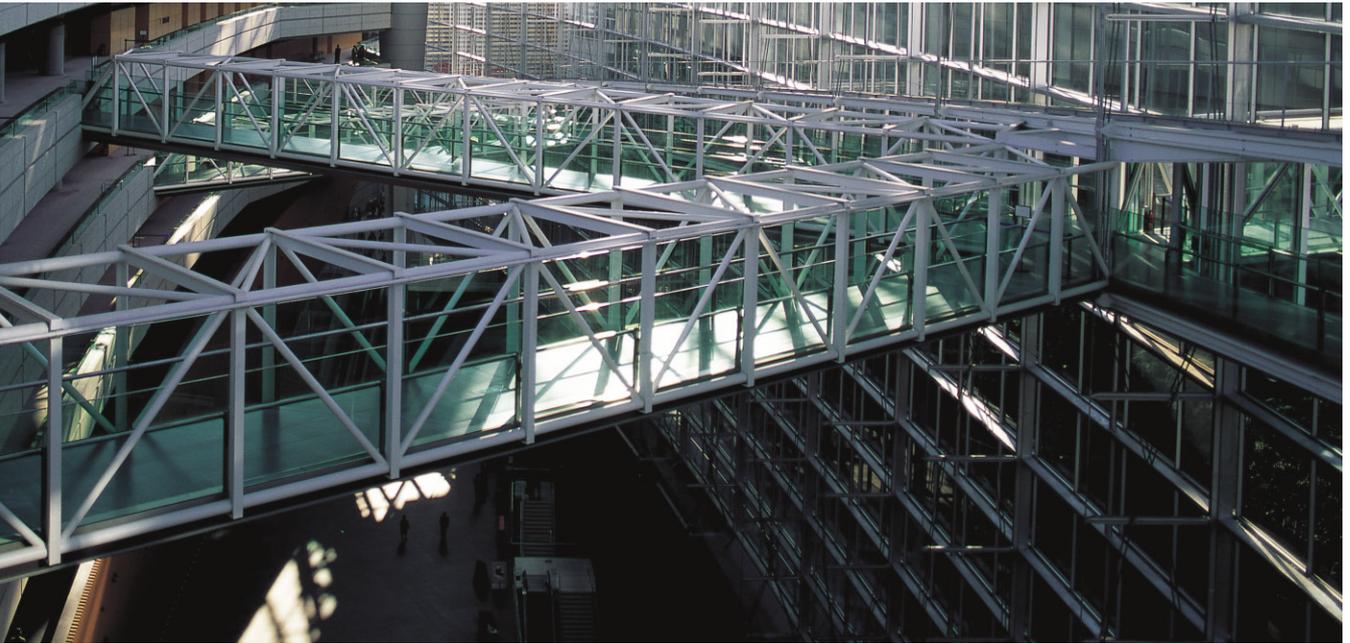
실질적으로 몇몇의 설계자들에게 관련된 승인에서 명기된 내화유리와 구조물의 허용할 수 있는 최대크기는 여전히 시야 밖에 있다. 관련된 해결책들을 프로젝트와 연관된 프로파일 시스템과 유리 제조업체들은 함께 앞서 개발했음에도 불구하고, 계약자들은 계약이 체결된 후에 전문가의 자료와 각각의 기준에 의한 검사 형식의 승인 및 인증을 구해야만 한다. 이러한 경로는 불행히도 현실에서는 꽤 흔한, 특히 계약자들에게 상당한 재정적 위험을 유발한다.

다양한 기능을 갖는 내화유리

지난 몇 년 동안 건물규정에 대한 승인은 수많은 내화유리에 중요한 부가기능을 통합하는 것을 가능하게 하였다. 이러한 것은(능동적이거나 수동적인) 시야확보, 차음, 차열, 차광, 물리적인 보호기능(공을 던졌을 때 보호, 충격에 대한 저항, 방탄 등)과 특별한 풍치 또는 에칭 디자인 등과 같은 장식적인 측면에서의 기능을 말한다. 건축양식과 설계의 관점에서 이것은 설계와 응용의 면을 넓혀주는 진정한 다기능성으로 대표된다.

유리부분을 시각적으로 표시하기 위해 또는 교통사고를 예방하기 위해 내화유리에 장식 필름





을 붙이는 것에 대한 질문은 여전히 발생한다. 이러한 표시는 구획벽체 또는 공공장소에서의 문과 같은 큰 유리로 된 부분에 있어 방화(防火)를 포함한 안전상의 이유로 의무적이다.

현재의 조사에 따르면 필름 또는 창문의 빗장은 대부분의 내화유리 또는 내화문의 방화성능을 줄이지 않은 것으로 알려졌다. 각각의 경우에 있어서 내화유리에 관련된 전문가에 대한 접근성을 가지고 있는 유리 제조업체로부터 정보를 얻을 것을 권장한다. 교통안전은 공공장소에 사용되는 유리와 투명내화재료에 있어서 특별히 중요한 인자이다.

지난 몇 년간 다수의 내화유리를 포함한 기술지침이 건물규정에 개정되거나 도입되었다. 그것은 선형수직유리(TRVV), 고가유리(TRUV) 그리고 붕괴에 대해 안전성을 확보한 유리(TRAV)에 대한 지침을 포함하고 있다.

작업장, 운동설비와 조립장소의 법령과 학교에 대한 건물 규정과 GUVV(Communal Accident Insurance Association)의 요구사항과 같은 조항들은 잘 부서지지 않는 물질 또는 유리제품의 사용을 의무화하였다.

플로트유리는 DIN 52337, DIN EN 12600 (추의 충격) 또는 DIN 18032 (공 던짐에 대한 안전성)을 만족하지 못하였고, 결과적으로 건물의 많은 부분에서 사고 예방 규정을 이유로 사용될 수 없었다. 같은 논리가 철망을 넣은 유리에 교통안전에 대한 성능을 평가하는 시험인 DIN EN 12600 또는 DIN 18032에 근거하여 적용되었다. 강화안전유리 또는 얇은 판의 안전유리 외는 대조적으로 플로트유리와 철망을 넣은 유리는 DIN 58125에서 잘 부서지지 않는 물질로 분류되지 않았다. 증가된 안전성능은 대한 대부분의 내화유리 구조물에 통합될 수 있고, 몇몇 TSG 또는 LSG제품은 모든 버전(G/E 30에서부터 F/EI 120)의 기준에 채워졌다.

유리는 일반적으로 공장에서 출고된 후에 수정할 수 없기 때문에 안전규정과 유리성분에 요구되는 물성에 대한 풍부한 지식이 있는 전문가들과 계약자들이 건물의 설계와 준비단계에서부터 관여되어야 한다.

본에 있는 161미터(41층)의 Deutsche Post 본부는 유리제품의 매우 복잡한 규정인 계단 내 내화유리 구획벽체를 사용한 완벽한 예이다. 그 구조와 유리의 크기, 붕괴에 관한 안전과 같은 부수적인 요구사항은 설계와 실행을 하는 동안 큰 도전이었다.

건축가 Murphy와 Jahn에 의해 설계된 그 건물은 기본적으로 철과 유리로 되어 있다. 소위 하늘정원이라고 불리는 9개의 유리로 된 바닥은 방화구획을 하였다. 그 바닥은 또한 건물을 수평하게 6개의 부분으로 나눠지고 화재집합부 구실을 한다. 하늘정원으로부터 내려오는 4개의 밀폐된 계단은 피난경로로 사용되며, 이는 유리로 된 멀리온(mullion)과 트랜섬(transom)을 사용한 스틸 구조이다. 투명성을 확보하기 위해, 유리판은 철이 적게 포함된 유리로 되어 있다. 설계된 유리 스펙은 몇몇의 유리 공급업체들은 이 프로젝트가 시작되기 전에 그들의 생산 방법을 수정해야 한다는 것을 의미했다.

하나의 하늘정원 위 처음 두 개 부분에 사용되는 내화유리는 F90을, 7층 위의 다음 하늘정원까지의 내화유리는 F30을 만족해야 했다. 9개의 층에서 7개의 층은 유리 층의 양쪽 면에 스프링클러 설비가 장착되어 있어서 그 요구사항은 F90에서 F30으로 줄여질 수 있었다. 내화유리판은 205×2.05m의 큰 사각유리들로 만들어질 예정이었다. 전체에 걸쳐 대략 5,000m²의 내화유리가 계단실과 승강기의 벽체에 사용되었다. 앞서 언급한 치수의 내화유리로 설계된 건축물은 일반적인 건물규정의 승인은 어떠한 공급업체로부터도 받을 수 없기 때문에 승인은 지역빌딩감사관에 의한 개별적인 기준에 의해 교부되어야만 했다.

개별적인 기준에 의한 승인은 전문가의 자료와 추가적인 화재시험을 필요로 한다. 이것은 독일 브룬즈워에 있는 물질시험위원회(Institute for Materials Testing)에서 두 제조업체가 프로젝트 계약업체인 Gundelfingen의 Gartner GmbH와 협력하여 성공적으로 시행되었다.

특이한 치수와는 별개로 계단실에 사용되는 내화유리는 붕괴에 대한 안전성(Category A in accordance with the then applicable draft TRAV)을 갖추어야만 한다. 이것은 이전 방화시험에 사용된 유리에 충격을 가하는 추 충격시험과 같은 단품시험(DIN EN 12600)으로 설명되어진다.

방화시험과 마찬가지로 시스템, 즉 프레임과 화재시험에 사용된 모든 보조재료를 포함한 내화유리 사이의 상호작용에 있어 붕괴에 대한 안전성은 증명되어야만 한다. 내화 TSG는 Deutsche Post의 본부의 F30과 F90의 성능을 갖는 유리재료를 선택되었다. 그것의 탁월한 내화성능과 재무적인 면, 붕괴에 대한 안전성과 사용할 수 있는 크기와 그것의 강한 물성은 이 까다로운 건설 현장에 적합했다.

내화유리의 부수적인 붕괴에 대한 안전성에 필요한 승인은 North-Rhine-West-phalian Ministry of Urban Development and Housing, Culture and Sport에 의해 수여되었다. 계약자는 약정된 스틸 라벨을 내화유리의 프레임에 붙임으로써 법적인 규제를 만족시킬 수 있었다.

이 글에서 오직 완벽한 자격을 갖춘 전문가들만이 독일에서 내화성능을 갖춘 유리로 된 건축물과 구조물이 일반적인 건물 규정 승인이나 개별적인 기준에 의한 승인 하에 사용되는지 여부에 관계없이 제작하고 설치할 수 있게 허용했는지 주목해볼 가치가 있다.

독일에서는 구획벽체에 사용되는 문인 T30과 T90과 같은 이동식 부품을 제조하기 위해 저명한 시스템 공급업체로부터 공급받은 프레임 프로파일을 사용하는 금속엔지니어링 회사는 제



로 시험기관(Institute for Materials Testing)이나 이동식 내화막 감독협회(Supervisory Association for Movable Fire Resisting Enclosures)와 같은 제3자에 의한 법적인 감독을 필요로 한다. 문의 건물규정준수를 나타내는 스틸라벨은 그 문과 관련된 모든 부품이 독립된 검사관에게 승인받은 후에 발효된다. 문과 같이 대량 생산하며 공장에서 스틸라벨을 표시하고 조립 및 설치 설명서가 공급되는 내화물은 이 요구조건에서 제외된다.

유리 제조업체의 일반적인 건물규정승인에 따른 구획벽체와 같은 고정된 내화유리나 저명한 구획벽체제조자, 전문건축업자에 의해 제조된 합성구획의 분리도 승인을 받기 전에 제조자에 의해 라벨이 부착되어야 한다. 승인의 소유자(구획벽체, 프로파일시스템 또는 유리제조자)는 전문 공급업체에 자격을 주기 위해 연수회를 조직한다.

방화유리의 외형과 유형

독일에서의 건축활동이 감소되어 건설업계의 수입이 감소함에도 불구하고 유리는 화재에 방책으로 더 넓게 사용될 것으로 기대된다. 이것은 유리가 재료로서의 대중성과 폭넓은 디자인의 가능성, 환상적인 개념의 다른 어떤 재료도 만족할 수 없는 수행능력 때문이다. 곡면의, 볼트로 체결된 또는 장식적인 유리와 같은 개별적인 해결책의 증가는 투명한 방화에 적용된다. 이러한 많은 디자인은 실외건물 규정승인과 같은 각각의 승인 아래 시행된다.

가능한 단순하고 합리적인 가격의 승인절차를 위해 프로파일시스템 제조자와 내화유리제조자는 협회와 함께 재료시험을 한다.

내화성과 함께 교통안전, 붕괴에 대한 안전성, 열 보호, 장식성과 같은 추가적인 기능은 내화유리로 사용되는 유리의 중요한 측면이다. 새로운 디자인과 새로운 유형의 내화유리의 개발은 신속히 진행되고 있다.

그 결과, 최대 2,200×3,500mm 크기의 유리, 가얏핀 F90 멀리온과 알루미늄 구조 트랜섬(시아 폭 60mm) 또는 F90 고가(高架)유리가 나왔다. F90 내화유리는 Technical Regulations for Linear Overhead Glazing (TPUV)을 준수하여 건물의 지붕에 사용되는 전통적인 유리 크기인 1.20×2.20m와 대체적으로 일치한다.

4면이 고정되는 고정적인 내화유리시스템과 달리 건물 전체가 유리로 된 내화시스템이 구획벽체에 있어 교차부의 감소는 그것의 방화 한계에 근접한다는 사실에도 불구하고 인기를 얻고 있다.

천장높이의 내화유리와 수직의 실리콘 조인트 부분으로 이루어지며 두 면(천장과 바닥)만 고정되는 구획벽체에 사용되는 전체가 유리로 된 구조물 전체 유리구조는 이미 다른 내화등급(F/E130, F/E160)에 대해서 승인을 받았다. 필요하다면 붕괴에 대한 안전성, 깨짐에 대한 저항성(break resistance), 비상 경로에서 혼잡 시 안전성 또한 제공할 수 있다. 보다 전문적인 응용(곡면 또는 볼트로 체결된 큰 유리)에서 자주 발견되는, 내화 성능을 가지며 전체가 유리로 된 구조물의 설계는 기술적으로 가장 정교한 건물의 투명한 방화유리에 반영된다. (SM)