

주거시설의 화재시 유리파손 예측에 관한 연구

김봉찬 · 김동은 · 황현배* · 이주희** · 권영진
 호서대학교 소방방재학과 · 한국교통안전공단*
 호서대학교 메카트로닉스 학과**

A Study on Prediction of Glass Breakage in Fire of Housing Facilities

Kim, Bong Chan · Kim, Dong Eun · Hwang, Hyun Bae*
 Lee, Ju Hee** · Kwon, Young Jin
 Hoseo University Fire and Disaster Protection Engineering
 Korea Transportation Safety Authority*
 Hoseo University Mechatronics Engineering**

요 약

본 연구는 유리내화실험을 실시하고 일본 동경이과대학에서 실시된 유리내화실험과 비교 분석하였으며, 분석결과, 실험에서 유리내화성능은 접합유리, 강화유리, 복층유리, 일반유리 순으로 나타났으며, 유리의 균열이 발생 후 일반유리는 62℃, 접합유리는 48℃, 복층유리는 27℃가 상승한 후 파괴되었다. 일본의 실험에서는 일반유리의 경우 본 실험과 비교 시 비교적 낮은 온도로 측정되었으나 이는 가열조건에 차이에 따른 것으로 판단된다.

1. 서 론

최근 건축물은 지속적으로 초고층화 되어가는 추세이며, 외형적 미와 시공의 용이성으로 대부분의 초고층 건축물은 유리의 사용비율이 높아지고 있다. 향후 이러한 유리의 사용은 주거환경의 변화와 함께 지속적으로 증가할 것으로 사료된다. 그러나 이와 같은 유리의 사용은 화재가 발생 시 균열 및 파괴와 함께 개구부가 확장되어 다량의 급기량 변화를 동반하여 화재 발생 구획에서의 화재현상에 매우 중요한 역할을 하게 된다. 또한 파괴된 창문을 통해 건축물 상층부로의 화재확대 및 인근 건물로의 화재확대도 가능하게 된다. 이에 화재성장 예측에서 유리파손예측은 중요 요소라고 할 수 있다.

이에 본 연구에서는 주거용 건축물에서 일반적으로 사용하는 유리의 내화실험을 실시하고 일본 동경이과대학의 실시된 실험사례와 비교분석하여 유리의 열에 의한 균열 및 파괴 현상을 예측하는데 목적이 있다.

2. 유리 내화 실험

2.1 유리 내화실험 개요 및 방법

유리내화실험의 대상은 표 1과 같이 건축물에 주로 사용되는 일반유리·접합유리·복층유리·강화유리 총 4가지로 하였으며, ‘유리구획부분의 내화실험방법(KS F2845)’을 기준으로 방재시험연구원에서 실험을 실시하였다. 각 유리마다 1회씩 실험을 실시하였으며, 균열시의 시간과 가열로의 온도, 파괴시의 시간과 가열로의 온도를 측정하였다. 가열로의 내부 온도는 ISO 표준가열곡선을 기준으로 실험을 실시하였다.

실험의 순서는 다음 표 2와 같다. 실험체를 콘크리트 틀에 결합시킨 뒤 결합된 부분에 유리섬유를 채워 넣어 공기의 유입을 차단하였다. 그리고 실험장치를 결합한 뒤 준비가 완료되면 실험을 개시하였다. 실험 완료시간은 30분으로, 30분전에 유리가 파괴될 경우 파괴된 지점에서 실험을 종료하고 유리의 파괴 시간 및 온도를 측정하였다. 가열로의 온도가 높아 바로 재 실험을 실시할 경우 장치의 오동작 및 정확한 측정이 어렵기 때문에 실험장치는 한번 실험을 실시한 후 약 30분 정도 실험 장치를 자연냉각을 하여 다시 실험하였다.

표 1. 실험대상별 개요

실험체	두께
일반유리	8mm
접합유리	12.76mm(일반판유리 6mm X 2, 접합필름 0.76mm)
복층유리	24mm (강화유리 6mm / 12mm / 반강화유리 6mm)
강화유리	8mm

표 2. 유리내화 실험순서

	1. 실험체 장착	2. 공기차단	3. 실험장치결합	4. 실험 개시	5. 실험 완료
실험 순서					

2.2 실험 결과 및 고찰

유리 내화 실험의 균열 및 파괴 시간과 온도에 관한 실험결과 값을 그림 1과 같이 그래프로 나타내었다. 일반유리의 경우 160초에서 균열이 발생하고 206초에 파괴되었으며, 접합유리는 305초에서 균열이 발생하고 466초에 파괴되었다. 또한 복층유리는 348초에 균열이 발생하고 356초에 파괴되었으며, 강화유리의 경우 392초에 균열과 동시에 파괴되었다. 위의 상세 내용을 다음 표 3에 나타내었다.

표 3. 실험 결과

실험체	균열		파괴	
	시간 [sec]	가열로 온도 [°C]	시간 [sec]	가열로 온도 [°C]
일반유리	160	432	206	494
접합유리	305	569	466	617
복층유리	348	567	356	594
강화유리	392	590	균열과 동시에 파괴	

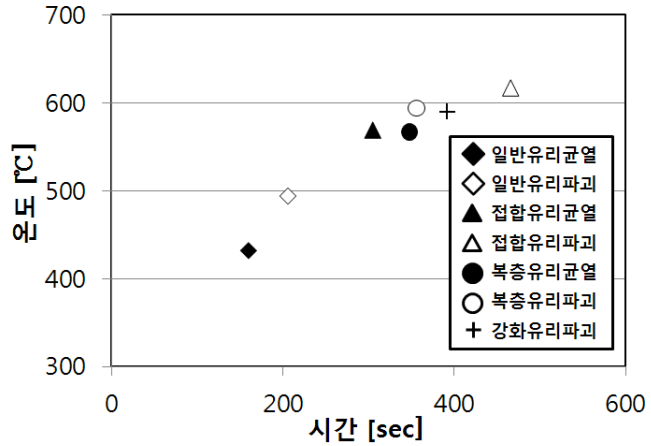


그림 1. 실험 결과 그래프

유리 내화 성능은 균열시간이 아닌 파괴시간으로 산정하였다. 균열은 곧바로 개구부의 확장을 발생시키는 것이 아니기 때문에 파괴가 발생하는 파괴시간을 직접적인 성능이라고 판단하였다. 실험결과 내화성능은 접합유리>강화유리>복층유리>일반유리의 순으로 나타났다. 접합유리의 경우 305초에서 균열이 발생하여 복층유리와 강화유리에 비하여 빠른 균열이 발생하였으나, 파괴는 가장 늦은 466초에 발생하였기 때문이다.

유리의 균열이 발생한 후 파괴까지의 온도차는 일반유리의 경우 62°C, 접합유리의 경우 48°C, 복층유리의 경우 27°C, 강화유리의 경우 균열과 동시에 파괴되었다. 또한 실험체들의 평균 파괴온도는 573.75°C로 나타났다. 이는 실험체가 직접 받는 온도가 아닌 가열로 내부의 온도이기 때문에, 화재 발생 시 일반적으로 Flash over가 발생하는 5~10분 사이에 파괴될 것으로 사료된다.

2.3 일본 유리 내화 실험과의 비교분석

일본 동경이과대학에서 실시된 유리내화 실험은 일반유리, 철선유리, 철망유리를 대상으로 실험을 수행하였으며, 유리의 균열 및 파괴에 의한 차연성, 차염성, 방사가열실험을 실시하였다. 본 실험과의 차이점은 가열곡선에 따라 가열을 하는 것이 아닌, 50~100°C씩 단계적으로 온도를 증가시켜 가열하였으며, 차염성 실험에서 측정된 요소를 표 4에 나타내었으며, 본 연구에서 실시되었던 실험과 비교하였다. 일본의 유리내화 실험에서 측정된 요소는 균열시간과 온도, 노출온도, 가장자리 온도, 면내온도차, 파괴 시간과 온도, 동일 실험의 재수행, 균열진행도 기록이다. 본 실험에서는 균열시간과 온도, 파괴 시간과 온도만을 측정했기 때문에 다르게 세부적인 요소들을 측정하였다. 또한 그림 2와 같이 균열발생의 진행상황에 관한 진행도를 시간과 온도에 따라 작성하여 유리균열 및 파괴에 관한 메카니즘 분석을 하였다.

일본의 실험에서 측정된 일반유리의 균열은 5번의 반복실험의 평균 온도는 169.7°C로 측정되었으며, 전면파괴(1회) 온도는 418°C, 일부파괴(4회) 평균온도는 346.3°C로 측정되었다.

표 4. 일본 유리내화실험과의 측정요소 비교분석

측정요소	일본			본 연구			
	일반유리	철선유리	철망유리	일반유리	접합유리	복층유리	강화유리
균열	시간	○	○	○	○	○	○
	온도	○	○	○	○	○	○
노출온도	○	○	○	×	×	×	×
가장자리온도	○	○	○	×	×	×	×
면내온도차	○	○	○	×	×	×	×
파괴	시간	○	○	○	○	○	○
	온도	○	○	○	○	○	○
동일실험 재수행	○	○	○	×	×	×	×
균열진행도 기록	○	○	○	×	×	×	×

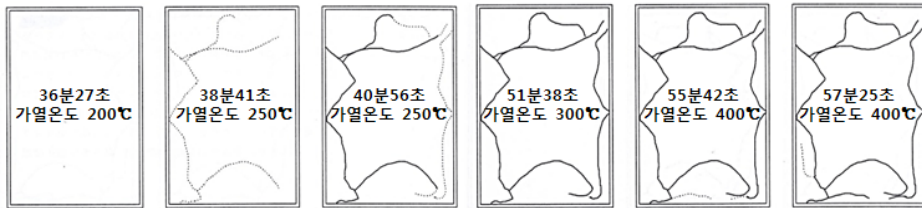


그림 2. 균열진행도 기록의 예

3. 결 론

유리의 내화실험을 실시하고 일본 동경이과대학의 실시된 실험사례와 비교분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 실험을 통하여 유리내화 성능은 접합유리, 강화유리, 복층유리, 일반유리 순으로 나타났다. 유리의 균열이 발생 후 일반유리는 62℃, 접합유리는 48℃, 복층유리는 27℃가 상승한 후 파괴되었다.

2) 일본의 실험에서 일반유리의 경우 균열 온도는 평균 169.7℃, 파괴온도는 418℃로 나타나 본 실험에서와는 균열 및 파괴 온도가 낮게 나타났다. 이는 가열조건의 차이에 의한 것으로 판단된다.

향후, 화재발생시 유리의 파손예측에 대한 분석을 위해서는 유리의 표면온도, 유리면 내외의 압력차, 가장자리 온도 등의 다양한 측정요소에 의한 메커니즘 분석이 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2011년 소방방재청 차세대 핵심소방안전기술개발 과제 1665005762[NEMA-차세대-2011-3] 지원에 의하여 수행하였으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. 서윤정 외 4명 (2010). “국내 건축용 유리 및 커튼월의 안전기준 개선 방향에 관한 연구 (Ⅱ)” 한국화재소방학회. 추계학술논문발표논문집. pp25-28.
2. 上出 和幹 外 1人(1998). “火災加熱を受ける窓ガラスの破損予測手法”. 日本建築學會大會 術講演梗概集. pp241-242