

유리 파단면의 형태 식별에 따른 파손원인 감정에 대한 연구

A Study on the identification of the causes according to the broken plane types of glass

경기지방경찰청	문 용 수
화성경찰서	사 상 열
화성경찰서	최 민 석
용인경찰서	최 재 호
삼성전자 PL팀	김 용 수

ABSTRACT

The purpose of this study is to distinguish the causes of broken glass from doors or windows when it is found being originally kept among the remains on the floor in fire site - whether it was broken due to heating or by outer power - through test and the properties of the broken plane including the pattern on the plane.

Addition to it, the study tries to find characteristics for judging the point and direction of breakdown through the analysis of glass broken by outer power.

With two causes assumed - a. breakdown due to heating and b. breakdown due to outer power - 3 pieces of glass plates (30cm x 30cm x 5mm) for each case were tested, getting the results as following:

1. For the glass broken due to the change of temperature
The broken plane is of slow curve and smooth without any pattern.
2. For the glass broken due to outer power
With the impact point as the center, the glass shows breakdown of radial type and the side shows breakdown of near-perpendicular type. The far the broken piece is from the impact point, the bigger the size is. The broken piece at the impact point is of long triangle type and the two long planes of the triangle shows semi-arc with the center of breakdown point and the other plane shows opposite pattern
3. Change of the pattern and type of the glass due to outer power
The pattern and type of the glass due to outer power shows change due to heating

1. 연구과제의 필요성

1-1. 파손 원인 구분

본 연구과제는 화재현장에서 출입문이나 창문 등에서 파손된 유리가바닥의 잔류물 하단에서 원형 그대로 발견 되는 경우 과연 이 파손유리가 수열에 의한 파손인가? 아니면 외력에 의한 파손인가?를 실험을 통한 파괴면과 파괴측면 무늬 등특징점을 통하여 명확히 구분 하고자 하였고,

1-2. 감정상의 특이점

부가적으로 외력 파손유리의 분석을 통한 파손 기점 및

방향을 식별하는 감정상의 특이점을 찾고자함.

2. 유리에 대한 이론적 고찰

2-1. 유리란?

유리는 처음 메소포타미아 지역에서 만들어졌다고 알려져 있으며, 그 이후 약 5000년이 경과하면서 유리의 조성과 제조방법에 있어 점 차적인 발전이 이루어져 왔다. 20세기 전까지만 하여도 유리란 매우 귀한 재료로서 특수층에서만 사용되어 오다가, 그 이후 유리의 대량생산 기술이 발전하면서 유리의 사용이 일반화되었다.

유리는 구조 물질로서 사실상 우리생활의 모든 구조물

에서 찾아볼 수 있다고 해도 과언은 아니다. 유리는 화재 조사자들에게 있어 매우 값진 현장증거이다.

유리는 고체처럼 보이지만 응고점 이하로 냉각시킨 액체이다. 또한 유리는 탄력성이 있어 큰 물체가 창유리에 힘을 가하면 유리 자체가 가지고 있는 탄력성의 한계에 미칠 때까지 휘어졌다가 부서진다.

2-2. 유리의 특성

2-2-1. 기계적 성질

유리는 일반 세라믹 재료와 마찬가지로 대표적 취성 재료이다. 취성재료는 압축 응력에는 강하지만 인장 응력에는 약하다.

유리 제품의 파괴는 항상 표면의 어느 한 점에서 일어나며, 유리 내부에 특별한 결함이 없는 한 유리 내부로부터 파괴가 일어나는 일은 없다.

유리에 일단 균열이 생기면 그 균열의 전파 속도는 가해진 응력의 크기에 따라 달라진다.

유리창의 한 끝에 균열이 발생하였다고 하여도 그 유리창이 완전히 깨어지려면 몇 주일이 걸리기도 하지만 많은 응력이 한꺼번에 걸리면 균열 속도가 빨라 즉시 깨어진다.

유리 제품에 대한 강도 측정을 하면 동일한 공정에 의해 만들어진 제품이라도 그 측정값에 10-15%의 차이를 보이기 때문에 유리의 강도를 정확하게 예측하기가 힘들다.

2-2-2. 열적 성질

화재 후 유리에 형태 변형에 영향을 주는 변수는 가열 속도, 광택으로 인한 유리 가장자리의 단열 정도, 창문틀로 인한 제한 정도, 화염 접촉 시간, 냉각시간 등에 관련이 있다.

열로 인해 유리가 완전히 녹는 데는 750℃ 정도의 온도에서 이루어진다. 녹을 때는 열이 가해지는 면부터 녹으며 구조 형태의 힘을 잃는 방향으로 흐른다. 일반적으로 건물 안에서 화재로 인해 생성된 압력만으로는 유리창을 파괴하거나 창틀에서 유리에 힘을 가하는 데는 불충분하다. 화재로 인한 압력이 대략 0.014kPa~0.028kPa 인데 비해 보통의 창 유리를 파괴 하는데 필요한 압력은 대략 2.07kPa~6.90kPa이다

※참고문헌

- 1) 삼성코닝 홈페이지 (<http://www.samsungcorning.co.kr>) 유리공학e-Book(저자 김철영, 김기동)에서 인용
- 2) John D. DeHaan, Ph.D. 『Kik's Fire investigation』 p.168 번역인용

- 3) NFPA 921 Guide for Fire and Explosion Investigations 1998 Edition, 4-13.1* Breaking of Glass 번역 인용

3. 실험장비 및 재료

● 실험장비

- (1) 열화상 카메라(제조사:FLUK 스웨덴, 품명:E-100, -40℃~950℃)
- (2) 접촉식 온도계(2씨어클)
- (3) 가열부스(콘크리트 벽돌, 철망 등으로 조립)
- (4) 가스토치 3EA(1회용기용 액체부탄가스)
- (5) 실체 현미경(동원정밀 OSM-1)

● 실험재료

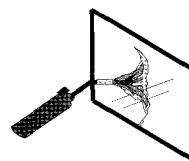
유리(제조사:한국유리, 규격:두께5mm×가로 30cm×세로30cm일반판유리)6EA

4. 실험 방법

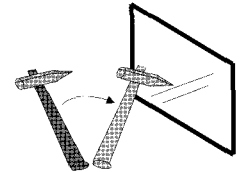
4-1. 우선 유리의 파손 원인별 구분을 위하여 수열에 의한 파손과 외력 파손으로 구분하여 두 가지 경우의 판유리(30cm×30cm×5mm)를 각 3점을 그림과 같이 실험하였으며,

4-2. 외력 파손유리의 수열에 따른 변형 형태를 식별하기 위해 외력 파손 유리 파편을 가열하였음.

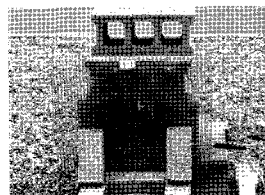
▼ 수열에 의한 파손



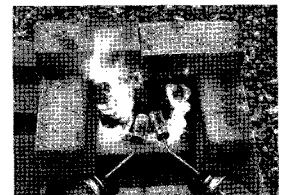
▼ 외력 파손



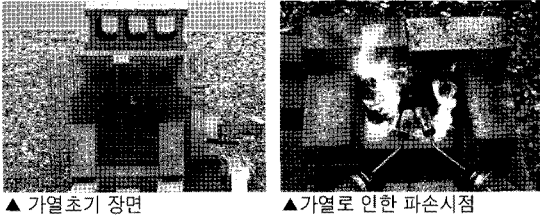
5. 실험 결과 및 분석



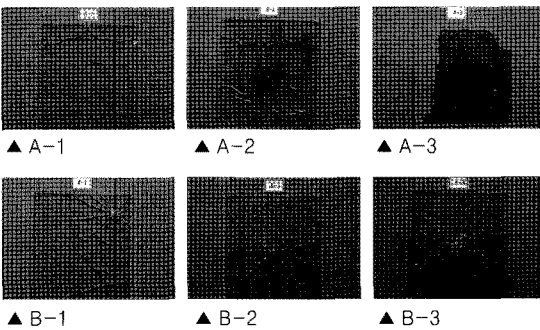
▲실험부스



▲유리 파편 가열장면

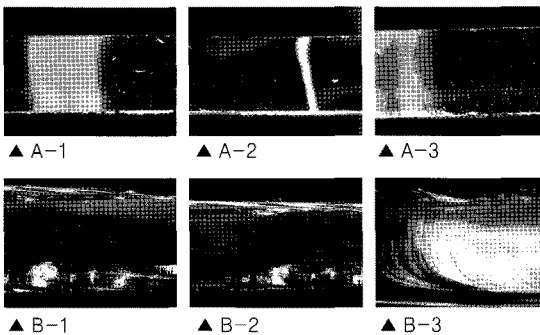


5-1. 유리의 파손 원인별 구분을 위하여 수열에 의한 파손과 외력 파손으로 구분하여 각 3점씩 실험한 시료 사진임.



5-2. 각 파손된 ①수열 파손 유리와 ②외력 파손 유리의 특징적 파손 측면을 실체 현미경 촬영한 사진임.

5-3. 수열(온도변화)파손유리와 외력 파손유리의 파괴 측면의 비교한바, 확연한 차이점을 다음 사진과 같이 식별 할 수 있었음.



5-4. 수열에 의한 파손의 경우 파손 측면에 아무런 무늬가 없는 매끄러운 곡선 형태로

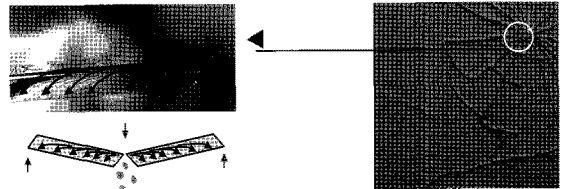


확인되며, 파손 형태가 불규칙적인 완만한 곡선 형태로

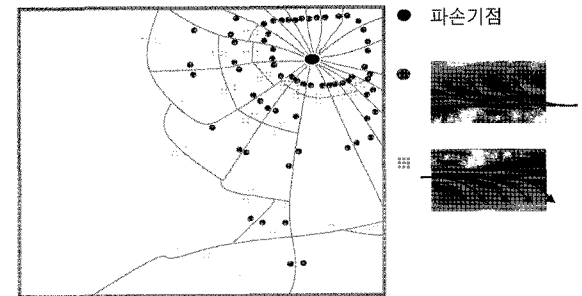
식별됨.

5-5. 외력에 의한 파손의 경우

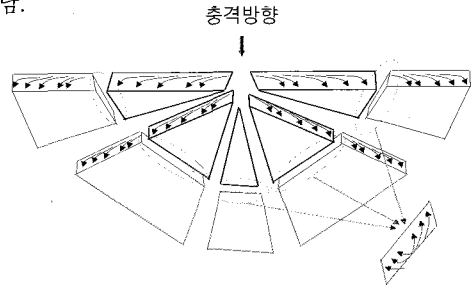
5-5-1. 파손 측면에 곡선 형태의 무늬가 식별되며, 무늬의 방향에 따른 충격방향을 구분 할 수 있음. 파손 형태는 거미줄 모양으로 충격 지점을 기준으로 방사형 직선 형태임.



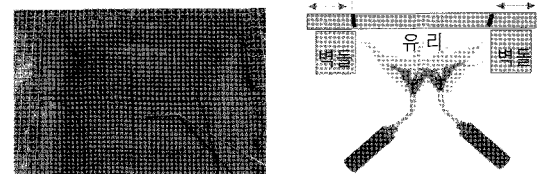
5-5-2. 파손형태의 방향성 및 파손측면 무늬표시



5-5-3. 충격 기점에서 파괴 측면의 형태를 입체적으로 표현한 것으로, 방사형 파괴 측면에서는 동일방향의 충격무늬가 식별되나, 부분인 방사 파괴면과 직각 하여 파괴된 면에서는 측면 무늬의 방향이 반대로 나타남.

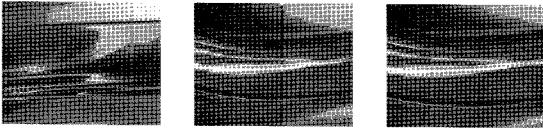


5-6. 유리의 수열(온도변화)에 의한 파괴 형태는 유리의 부분적인 온도차이가 발생하는 경계 지점을 중심으로 형성됨.



사진은 판유리 하단을 가열하여 파괴된 유리 형태로, 벽돌로 가려진 부분과 직접 가열된 부분의 경계에서 온도 차로 인한 파괴 형태를 식별 할수 있음.

5-7. 외력으로 파괴된 유리를 가열하여 파괴 측면의 변화를 확인코자 외력 파괴 유리 파편 측면을 30초, 60초 동안 가열함.



▲파손유리의 수열전 ▲가열 30초 후 ▲가열 60초 후

실험 결과 외력으로 파괴된 유리 측면의 무늬가 가열 후 녹아 없어져 가열전 무늬를 찾아 볼 수 없는 상태임. 유리 측면이 사진과 같이 용융 상태라면 가열 이전에 외력 파괴 여부를 식별 할 수 없을 것으로 판단됨.

4. 결론

본 연구과제에서 실험을 통하여 파손된 유리 파편의 형태, 파손 측면의 무늬등으로 파손 원인을 감정(감식) 할 수 있는 결과를 다음과 같이 요약하였다.

가. 온도 변화에 의한 파손 유리의 경우

파손면이 완전한 곡선 형태이며, 파손측면에 무늬가 없는 매끄러운 상태임.

나. 외력에 의한 파손 유리의 경우

① 충격 점을 중심으로 방사형 파손형태와 방사면과 직각에 가까운 측면 파손을 동반하며, 충격기점에서 멀어질수록 파편이 커지는 특징을 나타내었다.

② 충격기점의 파편은 긴삼각형 형태로 긴 양쪽 측면 무늬는 파괴기점을 중심으로 반호 형태로 식별되며, 나머지 한 변은 측면 무늬가 반대방향으로 형성되어 있었음.

다. 외력 파손 유리의 가열로 인한 변형

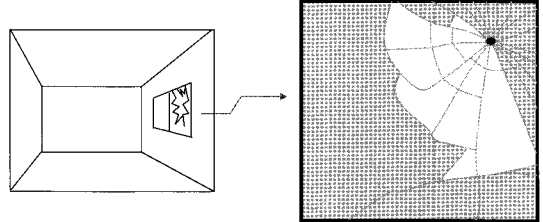
③ 외력 파손유리의 파손 형태와 측면 무늬는 수열로 인한 변형을 나타냄.

5. 현장 감정(감식) 방법에 적용

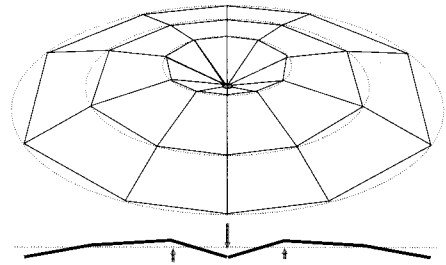
본 연구에서 확인된 결론을 근거로 유리 파편을 감정(감식) 할 수 있는 현장 체크 포인트를 다음과 같이 정리 하였음.

가. 창틀에 남아 있는 유리 파편으로 충격 방향 추정 (나머지 파편은 하단에낙하됨)

창문틀에 남아 있는 유리의 측면 무늬를 확인하여 충격 방향을 추정 할 수 있음.



나. 유리 파손 모양을 입체적으로 표현한 것으로, 충격 방향에서 그림과 같이 파괴가 일어남.



다. 현장 조사시 연소 잔류물을 하단에서 발견된 유리 조각 중에서 파괴 기점의 유리 파편(삼각형태, 양쪽 측면 무늬 같은 방향, 나머지 한 방향은 반대 방향)에 그을음 부착이 없다면 화재 발생 이전에 파손된 것으로 추정함.

