자동 스프링클러로 보호된 창의 내화 성능 평가에 관한 연구

The Evaluation of Fire Endurance of Glazing Systems with Automatic Sprinklers

이창섭* 장석화** 김홍*** 정기창***

Lee, Chang-Seop Chang, Sok-Hwa Kim, Hong Jung, Ki-Chang

ABSTRACT

To use glazing systems protected by automatic sprinklers as fire barriers in building compartmentation, fire endurance tests of these systems have been performed by several research workers. Most of the tests concerned the types of glasses and sprinklers, sprinkler water flow rate, and sprinkler activation time. Horizontal side wall sprinklers and window glazing systems with a vertical center mullion were mainly applied in the tests.

In the study, full-scale fire endurance tests were carried out to verify the ability of large glazing systems divided by a horizontal mullion and protected by pendent vertical sprinklers. The result shows that the protrusive length of the horizontal mullion, which is perpendicular to the glass surface, is the main parameter that determines the fire resistance rating of the systems. The mullion obstructs the water flow in the glass.

제 1 장 서 론

Water Spray 는 화재시 화염이나 열에 노출된 유리를 보호하는 한 방법으로써 최근의 건축 기술 향상과 더불어 큰 관심을 불러일으키고 있는 보다 진보적인 빌딩의 한 형태인 Atrium 빌딩에 있어서 이용되고 있다.

그러나 화재 안전의 측면에서 건축 재료중 유리의 비율이 높은 Atrium은 화재시 열에 의한 유리의 파열로 건물 전체 및 인접 건물로의 화염 및 연기가 전파되는 통로가 될 수 있다.

따라서 건물의 방화 구획이나 외벽에 있어서 Glazing System이 이용된다면 유리의 재질은 열에 강한 것이 사용되어야만 하는데 미관이나 비용 면에서 불리한 실정이다.

따라서 본 연구를 통해서 스프링클러로 보호된 유리의 내화 성능 평가 방법을 확립하고 외국에서 행한 실험의 타당성을 검증함과 동시에 국내에서 생산되는 각종 유리의 내화 성능을 평가하고 나아가 건물의 방화·방연구획에 있어서 Glazing System의 이용에 대한 실험적 근거를 제시하여 건축·소방 설계의 기초 자료로 활용하고자 한다.

* 경기도 소방재난본부

** 행정자치부 중앙소방학교

*** 호서대학교 안전공학부

**** 호서대학교 대학원 산업안전공학과

제 2 장 실험 및 결과

1990년에 NRCC/NFL에서 행한 실험을 기본 모델로 하여 Burn Room 을 설계·제작하여 모든 가능한 Fire Scenario를 설정하여 많은 실험 변수를 도출 적용하였고 Burn Room 내부의 평균온도는 ULC에서 건축구조물 및 건축재료의 내화 실험에 적용하고 있는 Standard Time-Temperature Curve에 가능한 한 일치하도록 버너의 Oil Flow 를 조절하였고 이때 얻어진 Time-Oil Flow Curve를 스프링클러 작동하의 모든 Full-Scale Test에 적용함으로써 각 실험마다 Burn Room 내부로 인입되는 열량을 일정하게 하여 실험적 오차를 줄였고 Glazing System의 인접한 곳에 경유 Pool Fire를 적용시킴으로써 이전에 외국에서 행해진 연구에서 문제점으로 되어왔던 Slowly Developing Fire에 대한 Glazing System의 취약성을 검증하고자 하였다. 또한 Frame의 재질을 포함한 Glazing System의 종류, 스프링클러 헤드의 종류 및 방수량 변화에 따른 영향을 평가하였고 스프링클러로 보호되지 않는 조건하에서 유리의 종류별 파열 시간 및 파열 온도에 대해서도 고찰하였다.

2.1 유리의 종류별 파열 시험

실험은 한국 유리에서 생산하고 있는 일반 평 유리, 반강화 유리 그리고 강화 유리를 이용하여 세차례 실시하였다.

2.2 스프링 클러로 보호된 Glazing System의 내화 실험 (Full-Scale Test)

그림 1은 Full-Scale Test시 룸내 온도 변화를 나타내는데 스프링클러의 작동으로 인해 룸 내부의 평균 온도는 Standard Time-Temperature에 비해 약 600℃ 가량 감소되었고 최고 상승 온도는 390℃ 이며 특히 룸의 상부층 온도는 500℃ 이상이었다.

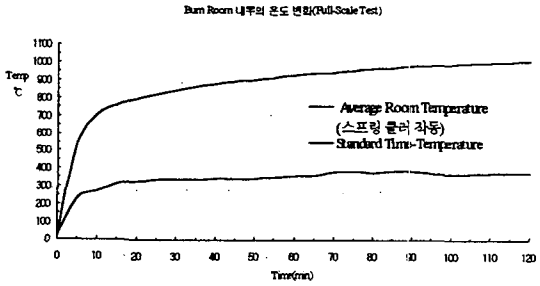

그림 1. Full-Scale Test시 룸내 온도와 Standard Time-Temperature와의 비교

측정 / Glass 종류	최초 유리 균열 시간	유리 파열		파열시 유리 표면의 평균 온도	
		파열 시간	파열 현상	화염 노출면	비 노출면
Float(평유리)	58초	1분5초	부분적인 균열에의한 개구부 발생	195.8 ℃	57.7 ℃
Semi-Tempered (반 강화)	1분53초	3분47초	부분적인 균열에의한 개구부 발생	217.8 ℃	145.8 ℃
Tempered(강화)	-	6분25초	균열 없이 유리 전부위 동시 파열	230.2 ℃	202.1 ℃

Table 1. 유리 종류별 파열 시험 결과

측정 / Glass 종류	스프링클러 작동시간	균열 및 파열	유리 표면의 최고 도달 온도(평균)	
			화염 노출면	비 노출면
Float(평유리)	40초	발생 되지 않음	126 ℃	66.8 ℃
Semi-Tempered (반 강화)	41초	발생 되지 않음	79.9 ℃	65.4 ℃
Tempered(강화)	42초	발생 되지 않음	77.7 ℃	73.3 ℃

Table 2. Full-Scale Test시 스프링클러 작동 시간 및 유리 종류별 파열 여부

Table 2는 유리 면의 최고 도달 온도와 스프링클러 작동시간 및 유리의 파열 여부를 보여준다.

유리의 화염 노출면과 비 노출면의 표면 온도차는 평 유리의 경우가 가장 크고 그 다음으로 반강화 유리, 강화유리 순으로 나타났는데 이는 유리의 물리적 특성 차이에 기인하는 것으로 판단되며 유리의 화염 노출면의 온도가 높을수록 Frame 화염 노출면의 온도는 상대적으로 낮은 경향을 보인다. 또한, 스프링클러 헤드의 방수량을 10분 간격으로 20 ℓ 씩 감소 감소시킬 때 평 유리의 경우 화염 노출면의 온도는 4 ℃씩 상승하여 시간이 지날수록 화염 노출면과 비 노출면의 온도차가 커진다.

2.3 스프링클러로 보호된 Glazing System의 내화 실험 (Small-Scale Test)

Small Scale Test의 시험방법과 사용된 Glazing System 및 스프링클러 헤드의 종류는 Full- Scale Test와 모두 동일 하나 단지 Pool Fire Test로써 44.7cm×44.7cm×30cm크기의 Pan(두께 3mm)에 높이 12cm까지 물을 채우고 그 위에 3cm 높이의 경유로 채운 후 착화 시켜 화원으로써 적용시켰다.

유리 면으로부터 화원까지의 거리는 40 cm 이고 스프링클러 작동전 유리의 파열 여부, 스프링클러 작동 시간 및 유리의 표면 온도를 측정하였다.

Table 3. Small-Scale Test 시 스프링클러 작동 시간 및 유리 종류별 파열 여부

측정 / Glass 종류	스프링클러 작동 시간	균열 및 파열
Float(평유리)	3분25초	발생되지 않음
Semi-Tempered (반 강화)	3분29초	발생되지 않음
Tempered(강화)	3분55초	발생되지 않음

2.4 수평으로 분할된 Glazing System의 내화 실험 (Full-Scale Test)

측벽형 헤드 2개를 설치하고 수평 분할틀이 유리로부터 20 cm 돌출된 Glazing System의 Full-Scale Test 실험에서 좌측 스프링클러는 26초만에 작동하였으나 우측 스프링클러는 1분 4초만에 작동하였고 유리면으로 분사되는 물의 흐름이 돌출된 수평 분할틀에 의해 방해를 받아 하부 유리의 화염 노출면 온도는 상부 유리 보다 상대적으

로 높았으며 특히 하부 유리에서도 분할틀 아래 부분의 온도는 유리 하단의 온도보다 상당히 높았다.

결국 하부유리의 상단과 하단의 높은 온도차로 인한 열응력이 발생되어 실험 시작 7분 49초만에 분할틀 바로 밑부분의 좌측 모서리에 균열이 발생하였고 19분에는 우측 모서리에 균열이 발생되어 실험을 종료하였다.

수평 분할틀 밑부분의 물 분무의 사각 지대를 없애기 위해 살수 시험을 행하였으며 이를 토대로 유리 면으로부터 분할 틀의 돌출 길이를 4cm로 변경하였고 스프링클러의 헤드는 폐쇄 하향형 2개를 설치하여 같은 실험을 반복하였다.

이 실험에서 우측 스프링클러는 42초만에 작동하였고 좌측 스프링클러는 1분 2초만에 작동하였으며 실험 시작 41분 경에는 헤드의 한 개당 방수량을 80 ℓ/min 에서 62.5 ℓ/min로 낮추었으며 53분 경에는 다시 50 ℓ/min로 낮추었다. 실험은 2시간동안 계속되었고 수평 분할 틀의 하단 좌측과 우측에 약간의 물 분무 사각 지대가 형성되었으나 유리의 균열이나 파열은 관찰되지 않았으며 2시간 실험후 연속해서 30분간 룸내부로의 인입되는 열량을 최대로 하여 룸의 평균 온도를 상승시켜 보았지만 유리에 균열이나 파열은 관찰되지 않았다.

제 3 장 결론

스프링클러로 보호된 창의 내화 성능 평가 연구의 결론을 요약하면 다음과 같다.

- 스프링클러로 보호된 Glazing System의 Full-Scale Test와 Small-Scale Test에 있어서 평 유리를 비롯한 반 강화, 강화 유리의 내화 시간은 2시간 이상 이었음
- Glazing System 전체에 고르게 물이 분사된다면 스프링클러 헤드의 종류에 관계없이 충분한 내화 능력을 갖는다.
- 스프링클러의 작동 시간은 Glazing System의 내화 능력에 커다란 영향을 미치며 최소한 50초 이전에는 작동되어야 평 유리의 경우도 충분한 내화 능력을 지님
- 수평으로 분할된 Glazing System일 경우 분할 틀이 유리 면으로의 물 흐름을 방해하여 하부 유리의 균열을 초래 하나 분할 틀의 돌출 길이가 유리 면으로부터 4 cm 이하일 경우는 2시간 이상의 내화 등급을 지님
- 유리 가까이에서 발생하는 소규모 화재에 있어서 표준 반응형 스프링클러로도 Glazing System을 충분히 보호할 수 있었다.