

## 초고층용 커튼월 내화성능 평가를 위한 실험적 연구

장승배 · 김홍열 · 김형준 · 이재승 · 조봉호

한국건설기술연구원, 한남대학교, 아주대학교

### An Experimental Study on Fire Performance of Curtain Walls in Super Tall Building

Jang, Seung Bae · Kim, Heoung Youl · Kim, Hyung Jun ·

Lee, Jae Sung · Cho, Bong Ho

Korea Institute of Construction Technology, Hannam University,  
Ajou University

#### 요 약

본 연구에서는 건축물의 초고층화와 대형화로 접목된 커튼월을 모델로 선정하여 알루미늄과 스틸 커튼월의 성능 비교를 위한 화재실험을 실시하였다. 화재실험은 3m × 3m 규모의 알루미늄과 스틸 재질로 제작하여, 차염성, 차열성, 방열성, 변위, 커튼월 파괴를 측정하였다. 실험결과 알루미늄커튼월의 차염성은 12분, 차열성은 6분, 방열성은 26분을 기록하였고 스틸커튼월의 차염성은 10분, 차열성은 6분, 방열성은 14분을 기록하였다.

#### 1. 서 론

현대 건축물의 고층화와 함께 다양한 기능과 미적 구조물의 구현을 가능하게 했다. 이러한 기술력의 발전 또한 화재로부터의 잠재적 위험을 최소화할 수 있는 화재 안전 시스템의 도입과 발전에 이바지하였다. 그러나 외국 선진국에 비해 국내의 화재 발생은 현저히 증가하고 있는 추세이며 이로 인한 인명피해와 경제적 손실은 국가 경쟁력의 손실을 유발한다. 이러한 결과는 건축물의 고층화와 다양화에 대한 기술적 발전의 이면에 건축물의 화재안전에 관한 요구를 충족할 만한 기술적 발전이 상대적으로 취약하다. 최근 상업용 건축물과 주상복합 건축물의 초고층화와 대형화로 에너지 세이빙과 접목된 커튼월과 관련된 기술이 날로 발전하고 있다.

현재, 초고층 건축물에서는 압출 성형을 통해 원하는 형태로 자유로운 가공이 가능하며, 경량으로 유닛화 시공이 용이한 알루미늄 프레임으로 하는 알루미늄 유닛 시스템 커튼월이 많이 사용되고 있다. 반면, 스틸 커튼월은 알루미늄 커튼월이 높은 층고에 사용될 때 별도의 스틸 프레임이 필요한데 비해 스틸 자체의 높은 강도와 강성 때문에 별도의 프레임 없이 사용가능하며 공사비 절감과 시야 확보에 장점을 가지고 있다. 하지만 최근 발생한 부산해운대 초고층 주상복합아파트 화재와 같이 건물내에서 화재가 발생하여 외벽의

알루미늄복합패널을 통한 화재확산으로 인한 인명피해와 재산피해 등을 초래하였다. 따라서 본 연구에서는 초고층 건물에 사용되는 초고층용 커튼월을 선정하여 내화성능 평가를 위한 실물화재실험을 실시하였다.

## 2. 기술동향

현재 국내 법규에서는 건축물의 내화에 관한 법적 근거를 ‘건축법 5장 제 50조 및 51조’에 제시하고 있으며, 내화구조가 필요한 대상 건축물에 대해서는 그 하위법인 ‘건축법 시행령’에서 정의하고 있다. ‘건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙’은 그 대상 건축물의 내화방법에 관한 규정을 제시하고 있으며, 건축물의 용도 및 규모에 따른 내화성능 기준과 2008년도에 제정된 커튼월과 관련된 내화충전구조 세부운영 지침에 대한 근거는 ‘내화구조의 인정 및 관리 기준’에서 정의하였다. 실제, 커튼월의 조인트 부분과 관계된 내화 시험방법은 2008년 ‘내화 충전구조 세부 운영지침’에서 제시되었다. 표 1은 커튼월과 관련된 국내 법규에 대한 상위법에서 하위법까지 그 내용을 정리한 것이다.

표 1. 커튼월과 관련된 국내 법규

법규	조항	내용	내용
건축법	5장제50조, 51조	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제50조:건축물의내화구조와방화벽</li> <li>• 제51조:방화지구안에건축물</li> </ul>	건축물의내화에 대한 법적근거를제시
건축법 시행령	제2조7호, 제56조	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제2조7호:내화구조에대한정의"내화구조(耐火構造)"란화재에건딜수있는성능을가진 구조로서 국토해양부령으로 정하는 기준에 적합한 구조"</li> <li>• 제56조:건축물의내화구조</li> </ul>	내화구조로 하여야하는 대상건축물에 대해정의
건축물의피난· 방화구조등의기 준에관한규칙	제3조	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 상기시행령제2조제7호에서언급한 "국토해양부령으로 정하는 기준에 적합한 구조"에 대하여 제시</li> </ul>	건축물의내화 방법에 관한규정을제시
내화구조의인정 및 관리기준	[별표1] 6장21조,22조	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 상기규칙제3조제8호의규정에의한내화구조 및동규칙제14조제2항제2호에의한내화충전구조의인정및관리에관한사항을제시</li> </ul>	건축물의용도및규 모별내화성능기준 및내화충전구조세 부운영지침에대한 근거를제시
내화충전구조세 부운영지침 (2008.07.08)	[부록]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 상기고시6장21조1항에의한내화충전구조의 세부운영지침을제시</li> </ul>	내화충전구조의내 화시험방법제시

### 3. 실험계획

초고층용 커튼월은 트랜섬을 연결하여 시공이 불가능하여 트랜섬과 커튼월 양끝단을 고정하지 않고 가로와 세로 각 3m인 실험체를 제작하였으며 사용된 화재 시나리오는 표준온도 식(1)이다. 알루미늄과 스틸 커튼월의 성능 비교를 위하여 각1회씩 실시하였다. 차열성 측정도구인 Cotton pad의 경우 이동형 Cotton pad를 사용하였다. 차열성 측정도구인 열전대는 각 지정위치마다 총 19개를 사용하였으며, 복사열 측정도구인 Vertical Furnace Heat Flux Measuring System을 실험체 비가열면으로 부터 1m떨어진 곳에서 사용하였다. 마지막으로 평가기준에 들어있지 않지만 실험조건중 하나인 변화량을 측정하기 위하여 Static Measuring System을 사용하였다. 세부사항으로는 노 내 초기온도는 26.5℃이며 기압은 5.8Pv 상태에서 실시하였다.

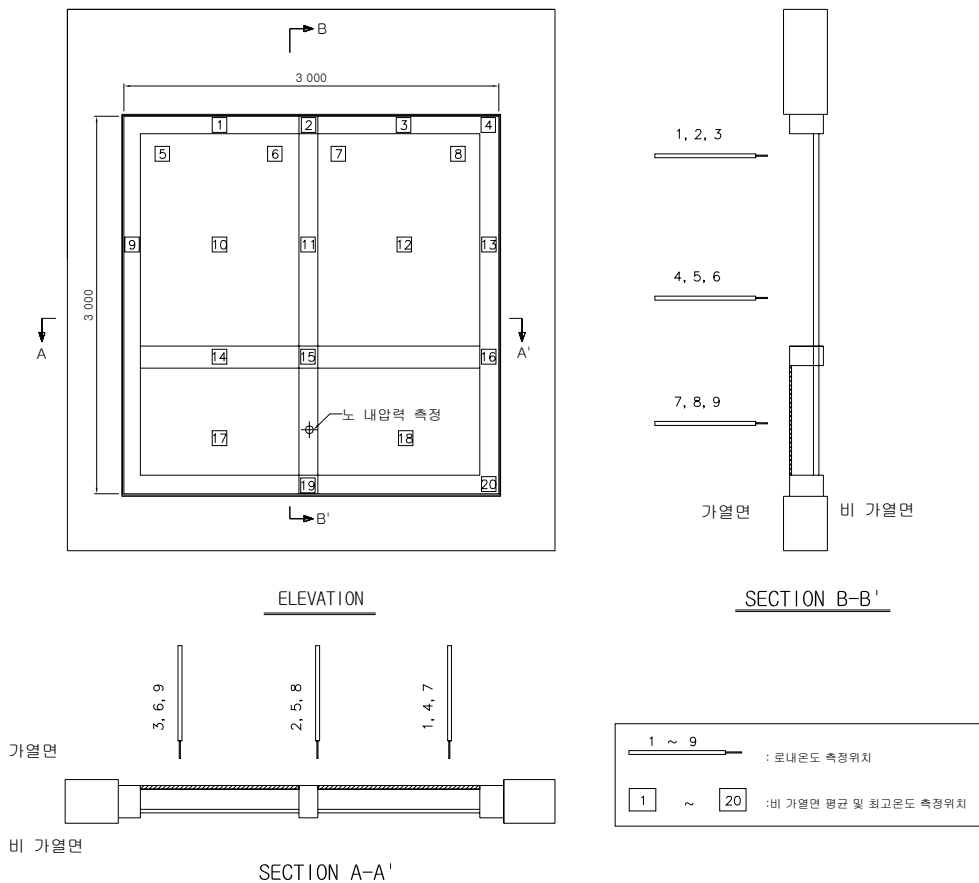


그림 1. 스틸 및 알루미늄 실험체 도면 및 측정도구 위치

그림 1은 알루미늄 커튼월과 스틸 커튼월의 도면 및 측정도구 위치를 나타낸 것이다. □는 열전대의 위치를 나타낸 것이다. 알루미늄 시험시 변위계는 중앙 멀리언의 변화량과 우측 중간부 멀리언의 변화량을 측정하기 위해 2곳에 설치 하였으며, 스틸 시험시 변위계는 트랜섬 변화량만을 측정하였다. 실험 전 예측한 멀리언 부분의 좌굴의 변형이 예상과 달리 화염방향으로 진행되어 변위계손실로 인해 DATA값을 구할 수 없었기 때문에 스틸 커튼월에는 트랜섬 방향에만 변위계를 부착하였다.

#### 4. 실험결과

차염성에 관한 평가는 Cotton pad의 화염 발생시간 측정이거나 Gap gauge를 통한 균열 측정, 비가열면의 화염 및 특이사항 발생 시간 측정이 있다. Cotton pad의 경우 실험체 외부에 특이사항이 발생하기 전까지 측정을 하였으나 화염이 발생하지 않았다. 다음 표 2는 알루미늄과 스틸 커튼월의 시간에 따른 특이사항에 관해 정리한 것이다.

표 2. 시간에 따른 시험체 외부 특이사항

시간(분)	스틸	알루미늄
0	시험 시작	시험시작
3	-	상부프레임 연기발생
5	수직 프레임 연기발생	-
6	수직 프레임 연기증가	-
7	-	상부 프레임 중앙 연기발생
8	-	수직 프레임 연기발생
10	상부 프레임 중앙부위 화염발생	-
12	-	전체 프레임 연기량 증가 및 오른쪽 상부 프레임 화염발생
13	-	유리 전체 탈락, 시험종료
18	왼쪽 수직 프레임 화염발생	
20	중앙부 수직 및 수평 프레임 화염발생 및 전체 화염 증가	
28	중앙 프레임 변형에 의한 개구부 발생	
30	수직 프레임 유리전체 개구부 발생	
36	유리 전체 탈락, 시험종료	

스틸 커튼월의 경우 실험 시작 후 약 10분 후 커튼월의 상부 프레임 중앙부위 화염발생 하였으며 약 36분 후 전체 유리가 파괴되면서 실험을 종료하였다. 알루미늄 커튼월의 경우 약 12분 후 오른쪽 상부 프레임에 화염이 발생하였고 약 13분 후 전체 유리가 파괴되면서 실험을 종료하였다.

실험 결과에 따라 스틸 커튼월은 약 5분에 상부에서 연기가 누출되었으며, 알루미늄 커튼월은 약 3분에 상부에서 연기가 누출되어 2분의 차염성능 차이가 발생되었다. 연기는 구조체 내부에서 발생한 연기가 수직 멀리언의 내부 공간을 따라 외부로 누출되었다.

표 3. 스틸 커튼월 측정결과 및 성능 시간

시험항목	성능기준		측정결과		
내화시험	차염성	균열개이지 관통 되지 않을 것	-		
		면패드 착화 되지 않을 것	-		
		화염, 균열 발생 및 가스 등 발생하지 않을 것	프레임상부에 화염착화		
	차열성	초기 온도	8.355 ℃	-	-
		비 가열면 평균온도	140 ℃ 이하 상승 : 148.355 ℃	67.11 ℃	6 분
		비 가열면 최고온도	180 ℃ 이하 상승 : 188.355 ℃	170.1 ℃	
방열성	비 가열면 복사열	15Kw/m <sup>2</sup> 이하	8.38 Kw/m <sup>2</sup>	14분	
추가시험	변위	트랜섬과 멀리언의 변화량은 기준 이하일것	멀리언±0.5mm이하 트랜섬±2mm이하	-0.4mm	5분
	커튼월 파괴				36분

표 3은 스틸커튼월 내화 시험의 Date를 통해 얻은 결과 값을 정리한 것이다. 차염성은 10분, 차열성은 6분, 방열성은 14분을 기록하였다.

표 4. 알루미늄 커튼월 측정결과 및 성능 시간

시험항목	성능기준		측정결과		
내화시험	차염성	균열개이지 관통 되지 않을 것	-		
		면패드 착화 되지 않을 것	-		
		화염, 균열 발생 및 가스 등 발생하지 않을 것	프레임상부에 화염착화		
	차열성	초기 온도	15.28 ℃	-	-
		비 가열면 평균온도	140 ℃ 이하 상승 : 165.28 ℃	74.155 ℃	6분
		비 가열면 최고온도	180 ℃ 이하 상승 : 195.28 ℃	170.5℃	
방열성	비 가열면 복사열	15Kw/m <sup>2</sup> 이하	13.23 Kw/m <sup>2</sup>	26분	
추가시험	변위	트랜섬과 멀리언의 변화량은 기준 이하일것	멀리언±0.5mm이하 트랜섬±2mm이하	-0.4mm	3분
	커튼월 파괴				13분

표 4은 알루미늄커튼월 내화 시험의 Date를 통해 얻은 결과 값을 정리한 것이다. 차염성은 12분, 차열성은 6분, 방열성은 26분을 기록하였다.

## 5. 결론

초고층에 적용되는 커튼월의 경우, 고층건물의 특성상 커튼월 시스템에서 트랜섬을 연결하여 시공하는 것이 불가능하기 때문에 트랜섬과 커튼월 양 끝단 멀리언을 구속하지 않는 형상적 특성이 있다. 이러한 시공적 차이를 고려하여 트랜섬과 멀리언을 구속시키지 않은 프레임조건을 반영하여 내화실험을 수행한 결과, 다음과 같은 결론이 도출되었다.

- 스틸 커튼월의 경우 차염성 10분, 차열성 6분, 방열성 14분을 기록하였고, 알루미늄 커튼월은 차염성 12분, 차열성 6분, 방열성 26분을 기록 스틸 커튼월보다 2분정도의 차염성능차이가 나는 것을 알수있다.
- 추가시험으로 변위 측정결과 알루미늄 커튼월 3분, 스틸 커튼월 5분으로 알루미늄 커튼월이 변위가 더 진행되어서 커튼월 파괴도 23분 먼저 진행되었다.

## 감사의 글

본 연구는 한국건설기술연구원 주요사업으로 수행된 (11주요)구조물 성능기반 화재거동해석 및 설계기술연구 과제와 관련되어 수행되었습니다, 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

1. 조봉호, 윤경조, 임현창, 김진호, 신성호 (2010), “스틸 커튼월 시장동향 및 초고층 커튼월 적용성 평가”, 강구조학회지, Vol 22, No. 2, pp.27-33
2. 이재승, 조봉호, 임현창 (2010), “커튼월 내화성능에 관한 고찰”, 강구조학회지, Vol 22, No. 5 , pp.14-18
3. EN 13830 (2003), “curtain walling. Product standard”