

커튼월의 박스형 선형조인트 내화충전시스템의 내화성능

여인환 · 조경숙
한국건설기술연구원

Fire Resistance Performance of Box Type Linear Joint Fire Stop System for Curtain Wall

Yeo, In Hwan · Cho, Kyung suk
Korea Institute of Construction Technology

요 약

고층 건축물에 주로 사용되는 커튼월의 경우 구조체와의 접합으로 인해 층간 틈새가 발생하게 되고 이는 화재 시 틈새를 통해 화염이나 연기 등의 확산 경로가 될 수 있다. 본 연구에서는 커튼월 시스템에 적용되는 선형조인트 내화충전시스템의 개발을 위해 경제적이고 시공이 간편한 박스형 시스템을 도입하고 내부에 다양한 변경하여 내화성능을 평가하였으며, 그 결과 케이싱 내부의 단열재 20mm두께의 내화 뿔칠재와 석고보드를 케이싱 안쪽에 박스 형태로 구성한 시스템이 가장 안정적이고 온도상승도 작은 것으로 나타났다.

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

방화구획은 면적별, 용도별, 구획의 공간적 특성별로 여러 종류가 있는데 커튼월 방식의 고층건축물의 경우 커튼월과 바닥판 사이의 틈새처리는 수직적 화재확산 차단에 있어 매우 중요하다. 본 연구에서는 내화충전구조의 한 종류인 커튼월 선형조인트 내화충전시스템의 개발을 위한 선행연구로써 시스템 자체의 노출이 가능하면서 경제적이고 시공이 간편한 박스형 시스템 대안을 설정하고 내화성능을 평가하는데 그 목적이 있다.

1.2 연구의 범위 및 방법

선형조인트 시스템의 구성은 U자형 강판 케이싱(Casing) 내부에 단열재를 채우는 방식으로 8가지의 박스타입(Box type) 대안을 설정하고 각각에 대한 내화성능을 평가하였다. 화재안전성능은 표준화재조건에서 실험체 변형이나, 탈락 등 외관 상 변화와 함께 화재이면의 온도 상승 측정을 통해 평가하였다.

2. 선형조인트 내화성능 실험

2.1 실험체 제작

실험체는 U자형 강관을 케이싱하고 내부에 단열재를 조합하여 채우는 방식으로 구성하였다. 실험체 상부는 케이싱과 같은 강관으로 덮개를 덮은 박스형태로 제작하였다. 실험체는 모두 8가지의 대안으로 구성하였으며, 각 실험체는 표 1에서 보는 바와 같다.

표 1 실험 변수별 실험체구성

No	1	2	3
도면			
구성	석고보드(12.5mm) 박스(160×160mm) + 락울섬유 충전(4면 각20mm)	락울120mm(90K, 50mm보드×4장) + 뽀뽀충진 80mm	질석채움 무기질 포대(100mm)+석고보드 중간막이(12.5mm)+공간 87.5mm
No	4	5	6
도면			
구성	락울보드 120mm(90K, 50mm×4장) + 석고보드 중간막이(12.5mm) + 공간 67.5mm	그라스울 보드120mm(48K, 50mm×4장) + 석고보드 중간막이(12.5mm)+공간 67.5mm	일반석고보드(12.5mm) 박스(160×160mm) + 내화뽀뽀충진(4면 각20mm)
No	7	8	
도면			
구성	그라스울120mm(48K, 50mm×4장) + 내화뽀뽀충진 80mm	석고보드(12.5mm) 박스(160×160mm) + 그라스울보드 충전(4면 각20mm)	

케이싱은 0.8mm 두께의 아연도금강관을 사용하였다. 케이싱 상부 덮개는 케이싱의 온도가 직접 전달되지 않도록 하기 위해 끝부분을 안쪽으로 접어 단열재 위에 놓이도록 제작하였다.

2.1 내화성능 실험

실험은 ‘내화구조 인정 및 관리기준’(국토해양부고시 제2009-863호)에 의한 ‘내화충전구조 세부운영지침’ 부록의 II.선형조인트 충전시스템 내화시험방법에 따라 실시하였다. 열

전대는 8개 실험체의 가열 이면 중앙부에 각 2개씩 설치하였다. 시험·측정장비 및 환경 조건은 KS F 2257-1(건축부재의 내화시험방법-일반요구사항)의 조건에 따랐으며, 가열온도는 표준가열온도곡선을 구현하여 실험하였다. 지지구조는 경량기포콘크리트로서 바닥벽체의 접합부위를 구현할 수 있는 것으로 하였고 벽체부위는 바닥부재면으로부터 상하 200mm 연장되도록 제작하였다. 실험은 120분간 진행한 후 20분을 추가해 모두 140분간 진행하였다. 각 실험체 상부에 설치된 이면열전대의 온도는 매분마다 측정하였다.

3. 실험결과 고찰

3.1 실험체 상태

1번실험체는 석고보드 박스 전체가 열화되었고 박스 상부 일부에 균열이 발생하였다. 케이싱 일부에 변색 및 변형이 발생하였고, 케이싱 하부는 열부식으로 배부름, 터짐현상이 발생하였다. 석고보드 상부의 압면섬유 상태는 양호하였으나, 측면 및 하부의 압면섬유는 모두 열화되었다. 2번실험체의 경우 압면보드의 표면 및 하부까지 전체적으로 별다른 점이 발견되지 않았다. 3번실험체는 실험 중 무기질 포대가 열화되면서 뜯겨져 내부의 질석이 쏟아졌으며 질석은 약 80%정도가 발포되었다. 석고보드 중간막이는 완전히 파손된 상태였는데 실험 중 열화되면서 질석의 무게에 의해 파손된 것으로 사료된다. 케이싱은 변색 및 하부의 열부식으로 인한 배부름 현상이 관찰되었다. 4번실험체는 압면보드의 표면 상태는 양호하였으나, 하부는 50mm까지 열화되었다. 압면보드 아랫부분의 석고보드 중간막이는 완전히 열화되어 파손되었고, 케이싱 하부는 열부식으로 관통 상태가 관찰되었다. 5번실험체의 경우 유리면보드는 모두 전소되었고 석고보드 중간막이도 열분해되어 파손되었다. 케이싱은 변색, 변형이 발생하였고 하부에 지름 약100mm 정도의 관통부가 발생되었다. 6번실험체는 실험체 외관상 내화뿔칠블럭의 전체적인 상태에 이상이 없었고 케이싱도 변색 또는 변형이 발생하지 않았다. 7번실험체의 경우도 유리면 보드 표면 및 하부까지 이상이 없었고, 하부의 내화뿔칠제 및 케이싱도 변색, 변형이 관찰되지 않았다. 8번실험체는 석고보드 박스는 열분해되어 완전히 파손되었고 석고보드 주위의 유리면섬유도 완전히 연소되었다. 케이싱은 부분 변색 및 부분변형이 관찰되었다.

3.2 이면온도 변화

실험체의 초기온도는 0℃이며, 지침에 따르면 이면온도 적합 온도는 120분 가열시 18 0℃ 이내이다. 실험체 #2,#6,#7은 120분 가열시점에서 각각 84.1℃, 71.4℃, 83.8℃로 온도기준을 만족하였다. 또한 초기 급격한 온도 상승 후 온도 상승이 현격히 줄어 더 이상 온도가 상승하지 않는 임계점을 지난 후 오히려 온도가 약간씩 하락하는 경향을 보였다. 실험체 #6의 경우는 실험체 #2와 #7보다도 시간이 지날수록 온도 하락폭이 더 크게 나타났다. 실험체 #2와 #7은 초기 급격한 온도상승이 시작되는 시점에서 약 5분간의 시차만 관찰될 뿐 매우 유사한 온도변화 특성을 보이고 있다. 실험 종료시 가장 낮은 온도를 보인 실험체 #6은 20분대 진입을 전후해 급격한 온도상승을 보였으나, 실험체 #2와 #7이 약 5분만에 87℃정도까지 상승한 데 비해 약 20분간 81℃정도까지 상대적으로 덜 급격한 온도상승을

한 것으로 나타났다. 이는 내부 충전재의 종류에 따른 고온 열특성이 반영된 현상으로 생각되며, 20mm정도 내화뿔칠재 충전의 경우 2시간 이상 주변으로의 열전달을 최소화 할 수 있는 것으로 사료된다. 실험체 #2,#7의 온도상승요인은 실험체 하부쪽 보다 측면의 강판을 통해 내부의 단열재(암면 또는 유리면)으로 전달되는 열에 의한 것으로 보인다.

실험체 #1,#3,#4,#5,#8의 경우는 모두 180℃를 상회하였다. 적합 목표온도인 180℃를 넘는 시간대를 보면 실험체#1은 92분, 실험체#3은 78분, 실험체#4는 110분, 실험체#5는 94분, 실험체#8은 113분으로 나타났다. 120분 경과시 실험체 #6의 이면온도는 71.4℃로 가장 낮은 온도를 보인 반면 실험체 #5는 939.9℃로 가장 높은 온도를 기록했다.

실험체 #4와 #5는 실험체 #3과 더불어 케이싱 하부에 별다른 단열재 채움 없이 빈 공간을 형성한 경우는 케이싱의 변형과 변색, 열부식, 관통 등의 현상이 두드러지게 나타났으며, 케이싱의 변형과 중간막이 석고보드의 파손 여부는 곧바로 윗부분의 단열재에 직접적인 열전달 요인으로 작용하는 것으로 판단된다. 실험체 #5의 경우는 케이싱의 변형과 단열재의 노출과정에서 상부 덮개가 케이싱에 직접 닿게 되어 급작스러운 온도상승이 있었던 것으로 보인다.

4. 결론

커튼월 선형조인트 내화충전시스템 개발을 위해 8가지의 비교실험 결과를 정리하면 다음과 같이 요약할 수 있다.

1) 8개 중 4개의 대안에서는 1차 온도상승 구간 형성 이후 일정시간 동안의 온도상승 억제구간과 2차 온도상승 구간 특성을 보였으며, 단열재 구성 및 조합에 따라 3개의 대안에서는 2차 온도상승구간이 없었다. 1개의 대안에서는 상대적으로 짧은 온도상승 억제구간 형성 및 실험이 진행되는 동안 전반적으로 선형적인 온도상승 특성을 보였다.

2) 시스템의 온도상승을 효과적으로 억제하기 위해서는 실험체 및 단열재의 열분해와 변형을 최소화하는 구성이 유효하다.

3) 케이싱 내부의 단열재는 20mm두께의 내화뿔칠재와 석고보드를 케이싱 안쪽에 박스 형태로 구성한 시스템이 가장 안정적이고 온도상승도 작은 것으로 나타나 좋은 대안으로 나타났으며, 안정적인 내화뿔칠재 단독 블록 형성방안에 대한 검토가 궁극적인 해결방안으로 검토 가능할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 한국건설기술연구원의 주요사업으로 진행되는 “내화구조 표준보급 및 화재안전기준 선진화” 과제의 지원에 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 국토해양부 고시 2009-863 내화구조 인정 및 관리기준, 내화충전구조 세부운영지침(2008)
2. 한국산업규격 KS F 2257-1, 건축구조부재의 내화시험방법(2005)