

A-13

건축물 바닥/천장 시스템의 내화시험방법 조사 및 실험 연구

이유식, 최동호
방재시험연구원

**A Study on Fire Resistance Tests-Contribution Made by Suspended
Ceilings to the Protection of Steel Beams in Floor Assemblies**

Yu-Sik Lee, Dong-Ho Choi
Fire Insurers Laboratories of Korea

1. 서론

최근 건축되어 지고 있는 대부분의 건축물은 내화성능이 요구되는 건물의 보, 바닥부재와 천장의 불연내장재를 하나의 시스템으로 구성하고 있으며, 선진 외국에서는 이미 오래전부터 건물의 층간 수평구획부재의 역할을 하는 보·바닥부재에 불연천장 시스템을 추가하여 하나의 복합 시스템으로 구성하는 이른바 「간접내화피복공법」의 사용이 일반시 되어 왔다. 이는 달반자 천장 시스템의 경우 실내 화재시 고열이 보나 바닥으로 확산되는 것을 막을 수 있기 때문에 천장내 철골보의 내화피복을 생략하거나 경감 할 수 있어 보다 경제적인 건축생산이 가능하기 때문이다.

그러나 우리나라에서는 현재까지 보나 바닥부재의 내화성능을 향상시킬 수 있는 달반자 천장 시스템에 대한 적절한 내화성능 평가방법이 없어 그 성능에 대한 객관적인 평가가 이루어지지 않고 있다. 따라서 건축물의 고층·경량화에 따른 내화피복 공사·인건비의 절감 등과 같은 건축경제의 효율성을 확보하지 못하고 있는 실정이므로 이러한 달반자 천장 시스템에 대한 객관적인 시험평가방법 및 성능기준의 정립이 필요하다.

따라서 본 연구는 화재시 건물 부재중 강재보의 보호를 위한 달반자 천장의 내화시험 방법과 관련된 외국의 시험 및 성능기준을 조사하고, 이에 의한 실험을 통하여 강재보 방호용 달반자 천장의 내화시험방법에 대한 기초자료를 제시하고자 한다.

2. 달반자 천장시스템

국내의 바닥/천장시스템은 외국과 같이 하나의 시스템으로서의 바닥 및 달반자 천장 시스템 개발은 미비한 실정이며, 단지 천장재의 연결 공법 개발 단계에 머물고 있다. 현재 국내에서 달반자 천장 시공에 사용되고 있는 천장재 연결 공법의 대표적인 예는 다음과 같다.

2.1 T-BAR 공법

시공이 빠르고 간편하며 천장면 어디서나 점검구 역할이 가능하여 배선, 배관의 보수 점검이 용이한 것이 가장 큰 특징이다. 또한 T-BAR의 형태가 다양하여 건물 용도별 선택의 폭이 넓다.

2.2 T&H-BAR 공법

T-BAR를 주방향으로 설치하고 H-BAR를 천장재에 끼워 T-BAR와 교차하는 방향으로 T-BAR위에 얹어 시공하는 시스템으로 소규격 제품을 연결하여 대규모화 할 수 있으며 천장면의 조명 및 설비기구 등을 집중적이면서도 간략화하여 시공할 수 있다.

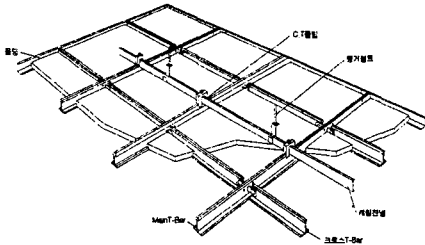


그림 1. T-Bar 공법

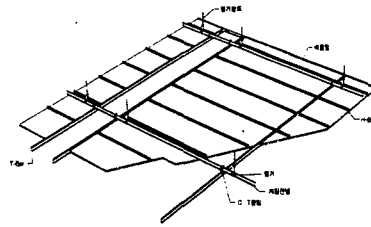


그림 2. T&H-Bar 공법

2.3 M-BAR 공법

이중천장 마감공법이며 경량 철골틀인M-BAR에 석고보드 등을 부착하고 그 위에 천정재를 접착제와 타카핀 등을 이용하여 설치 마감하는 공법이다.

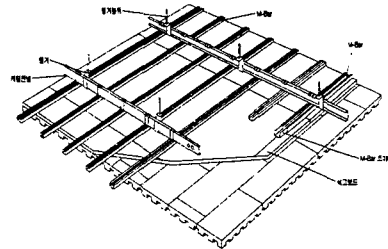


그림 3. M-BAR 공법

3. 달반자 천장시스템의 내화시험방법 및 성능기준

ISO 등 외국의 달반자 천장 시스템에 대한 내화시험방법 및 성능기준을 비교하면 표 1과 같으며, 크게 미국의 ASTM E 119에 의한 방법과 영국, 독일 및 국제규격(BS 476-Part 23.5, DIN 4102-Part 2.7, ISO 6167/TR)에 의한 방법으로 분류 할 수 있다.

표 1. 달반자 천장의 내화시험방법 및 성능평가기준 비교

구분	ASTM E 119	BS 476, DIN 4102, ISO 6167/TR
시험대상	바닥구조부재	강재보를 방호하기 위한 달반자
시험체	1) 상부구조 : 철근콘크리트슬래브 또는 Deck Plate 합성 슬래브 2) 강재보 : 실제 구조 3) 지지조건 : 4면지지, (비)구속 4) 재하량 : 허용응력도에 의한 부재의 최대 하중	1) 상부구조 ① 콘크리트 블록 ② 철근콘크리트 슬래브 (두께 50 mm) ③ 경량콘크리트 (두께 100~125 mm) 2) 강재보 : 축소 구조 예) I-203×133×6.3(P/A≥210 m-1) 3) 지지조건 : 단순지지, 2면 지지 4) 재하량 : 허용설계하중
성능판정	1) 강재보 온도 : 평균≤593℃, 최고≤704℃ 2) 시험체 이면온도 : 평균≤139℃	1) 시험중 천장패널 미붕괴 2) 최대변형(mm) : $l/20 \sim l/30$ 3) 최대변형율(mm/분) : $l/29,000d$ (l : 스패, d : 설계인장영역 하단까지 거리)

4. 실험

4.1 개요

화재시 건물 바닥에 설치된 강재보의 방호를 위한 달반자 천장 시스템에 대한 내화성능 검증을 위하여 ISO방법에 따라 H 형강 보(일반강, 무피복) 4개가 설치된 실대구조의 T&H-Bar 천장 시스템을 제작하여 재하가열실험을 실시하였다.



그림 4. 실험에 사용된 수평가열로

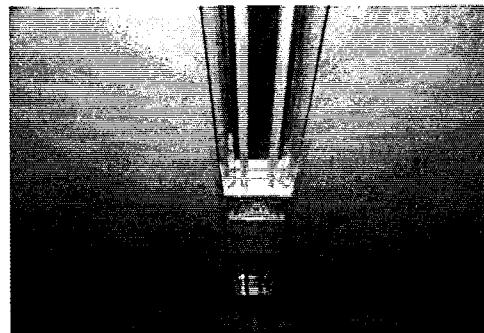


그림 5. T&H-Bar 천장 설치 모습

4.2 실험체

달반자 천장이 설치된 실험체의 사양 및 단면도는 표 4 및 그림 6과 같다.

표 2. 실험체 사양

구분	사양
상부 지지 구조	ALC Panel (600mm × 3,000mm × 100mm × 8개)
강재보	H형강 - 250 × 125 × 6 × 9, 경간 4,700 mm, 4개
천장 시스템 (T&H-Bar)	1) 천장재 : 암면 천장재 (단위크기 300mm×1,210mm×15mm, 국산) 2) 시공방법 : Main T - Bar를 바닥구조 하단에 설치한 후 T-Bar위에 천장재를 H-Bar로 연결하여 시공. 3) 시험체크기 : 3 m × 4 m 4) 부착설비 : 공조용 Duct (300mm×400mm×3,000mmL) Diffuser 1개 (300mm×300mm) Flexible duct (외부 Glass wool 단열 처리) 형광등 Box 2개 (300mm×1,200mm, 각 Box내 형광등 2개 설치)

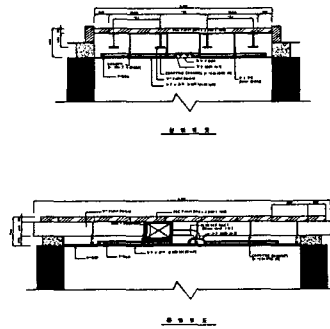


그림 6. 실험체 횡단면도

4.3 실험 방법

4.3.1 재하 및 변형량 측정

실험체의 강재보 부분에 4개의 재하용 치구를 그림 7과 같이 설치하고 유압 실린더에 의한 하중이 강재보에 전달될 수 있도록하여 각 강재보당 4.8 ton을 재하하며 강재보 스펀 중앙부에서 변형량 및 변형율을 측정하였다.

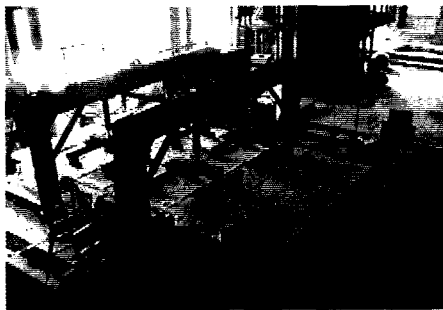


그림 7. 재하용 치구 설치 모습



그림 8. 유압실린더 재하 모습

4.3.2 온도 측정

실험중 실험체의 강재보 상승온도를 각 강재보당 1개소 이상 총 10개소에서 측정하였다.

4.3.3 성능판정 기준

실험체의 성능은 표 3과 같이 강재보의 변형량 및 변형을 측정에 의한 하중지지력과 강재보의 상승온도에 따라 평가하였다.

표 3. 실험체 성능 기준

구분	성능 기준
하중 지지력	1) 변형량 : $l/30 = 156.7 \text{ mm}$ 2) 변형율 : $l^2/9000h = 12.35 \text{ mm/min}$ (l : 강재보 스패, 4700 mm, h : 강재보의 유효길이, 250 mm)
강재보 온도	평균 550 °C, 최고 650 °C 이하.

4.4 실험 결과

4.4.1 하중 지지력

실험체의 각 강재보당 4.8 ton의 실험하중을 적용하여 측정한 시험종료시까지의 각 강재보의 하중지지력 측정 결과는 표 4와 같다.

표 4. 강재보별 하중 지지력

강재보	하중지지력			허용기준 초과시간 (분)
	최대 변형량 (mm)	최대 변형율 (mm/min)	측정위치	
1	44.3	2.6	3	-
2	59.7	10.5	2	-
3	171.1	72.0	1	42
4	120.3	46.0	4	-

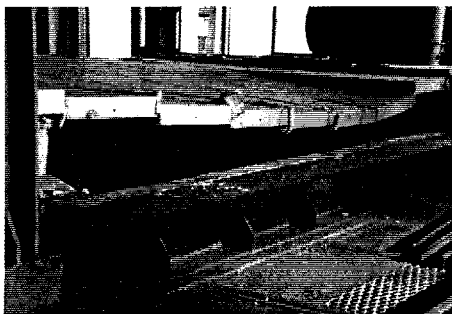


그림 9. 실험체 변형된 모습

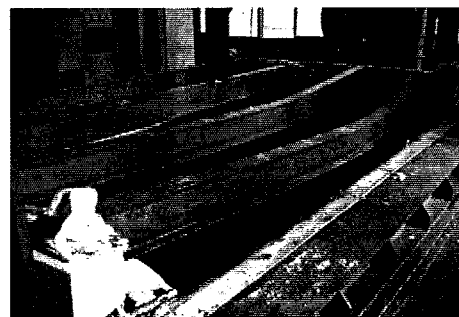


그림 10. 강재보 변형된 모습

4.4.2 강재보 온도

실험종료시까지 측정된 강재보별 평균 및 최고온도 측정결과는 표 5와 같다.

표 5. 강재보별 평균 및 최고온도 측정결과(°C/허용기준 초과 시간)

강재보	구분	평균온도	최고온도
1		464 °C	555 °C
2		547 °C	628 °C
3		558 °C / 39분	686 °C / 42분
4		571 °C / 40분	662 °C / 42분

5. 결론

국내에서 시공되어 지고 있는 T&H-Bar 천장 구조로 ISO방법에 의한 강재보 방호용 달반자 천장에 대한 내화시험을 실시한 결과, 다음과 같은 결론에 도달하였다.

- 1) 국산 T&H-Bar 천장 시스템의 내화성능은 38분으로 나타났다.
- 2) 실험체의 천장재는 일부가 실험 시작 25분경 부터 탈락하기 시작하여 40분경에 완전히 탈락하였음.
- 3) 실험체에서 천장재가 탈락한 부분의 강재보와 탈락하지 않은 부분의 강재보의 평균 상승온도가 약 63 ~ 180°C 정도, 약 10분 정도의 차이를 나타내어 천장재의 탈락여부가 강재보의 온도상승에 영향을 미치는 것으로 나타났다.
- 4) 실험체에서 천장재가 탈락한 부분의 강재보와 탈락하지 않은 부분의 강재보의 하중 지지력은 변형량과 변형율에서 각각 최대 126mm과 70mm/min의 차이를 나타내어 천장재의 탈락여부가 강재보의 하중지지력에 영향을 미치는 것으로 나타났다.
- 5) 천장재의 탈락여부가 강재보의 상승온도 및 하중지지력에 절대적 영향을 미치는 만큼 천장 시스템에 대한 보완(T&H Bar의 경우 Main T-Bar의 변형감소 및 Main T-Bar의 변형시 천장재가 한번에 탈락 되는 것을 방지할 수 있는 방안)이 적절히 이루어진다면 바닥/천장 시스템에서 천장재에 의한 내화성능 확보가 가능한 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 대한건축학회 : 강구조 내화설계 기준 및 기법에 관한 연구, 1995
2. 이경구 : 철골보에 대한 불연천장의 내화성능에 관한 실험연구, 1995
3. 대한건축학회 : 내화강의 성능평가 및 적용을 위한 연구, 1998
4. 한국건설기술연구원 : 강구조 내화성능 평가 및 기준연구, 1999
5. KS 2257-1 (건축 구조 부재의 내화 시험 방법 - 일반 요구 사항, 1999)
6. KS 2257-5 (건축 구조 부재의 내화 시험 방법 - 수평 내력 구획 부재의 성능 조건,

1999)

7. KS 2257-6 (건축 구조 부재의 내화 시험 방법 - 보의 성능 조건, 1999)
8. ISO 834-1 (Fire resistance tests - Elements of building construction, part 1 : general requirements, 1999)
9. ISO 6167/TR (Fire resistance tests - Contribution made by suspended ceilings to the protection of steel beams in floor and roof assemblies, 1998)
10. ASTM E 119 (Standard Test Methods for Fire Test of Building Construction and Materials, 1983)
11. BS 476 Part 20 (Methods for determination of the fire resistance of elements of construction - general principles, 1987)
12. BS 476 Part 23 (Methods for determination of the contribution of components to the fire resistance of a structure, 1987)
13. DIN 4102 Part 2 (Fire Behaviour of Building Materials & Building Components : definitions, requirements and tests on building components, 1970)