

# 스틸하우스 지붕의 내화성능평가 시험연구

서 희 원 (건축구조부 연구원)

## I. 머리말

지붕은 벽체나 바닥과 더불어 건축공간을 구성하고, 외부로부터의 비·눈·이슬 등을 비롯해 온도·습도·음향·일광·바람·시선 등을 차단하는 기능을 가지고 있으며, 벽체와 같이 외부에 면해 있으므로 의장적(意匠的)으로도 매우 중요한 요소가 되고, 그 형상이나 마감재료는 건축물의 외관에 큰 영향을 미친다.

한편, 지붕은 건축물의 최상부를 형성하는 구조체로서 화재가 발생하였을 경우, 부력(浮力)에 의해 고온의 가스 및 열기가 상승하여 정체하고, 화재의 전파가 급속히 이루어져 화재로 인한 영향을 가장 많이 받는 구조부위라고 할 수 있다.

최근 들어 건축물이 경량화, 고층화, 대형화됨에 따라 지붕도 과거 목조건축물의 그것과는 다른 형태, 구조, 재질로 건축되고 있으며, 특히 주택에 있어 스틸하우스(Steel framed house)는 경량형강 부재의 단면 성능이 목재 부재와 유사하게 나타나 최근 주택 건축에 사용되고 있는데, 그 지붕은 경량형강 부재를 트러스 구조로 제작한 것으로 자체 하중이 매우 적고, 단열 및 차음 성능도 우수하지만, 화재 측면에서 볼 때 내화성능이 낮은 강재를 사용함에 따라 그 성능을 면밀히 검토하여 적용할 필요가 있다.

현재 지붕의 내화시험은 KS F 2257-5(건축

구조부재의 내화시험방법 - 수평내력 구획부재의 성능조건)에 의하여 실시되고 있으며, 내화성능은 KS F 2257-1(건축구조부재의 내화시험방법 - 일반요구사항, 1999)에서 정한 하중지지력, 차염성, 차열성 기준으로 판정하도록 하고 있으며, 내화구조의 인정 및 관리기준(건설교통부고시 제2000-93호)에서는 내충격성까지를 판정 기준으로 하고 있다.

본고는 최근 주택 건축에 적용되고 있는 스틸하우스 지붕구조의 내화시험 사례를 소개하고, 지붕구조의 내화시험방법과 그 구조 안전성 여부를 확인하는데 그 목적이 있다.



[그림1] 지붕 위 화재진압작업 모습

## II. 지붕의 내화시험방법 및 성능기준

### 1. 법규에 의한 지붕의 내화구조기준

건축물의피난·방화구조등의기준에관한규칙 제3조 6항 및 8항에서는 지붕의 내화구조를 사

양기준과 성능기준으로 나누고 있는데, 사양기준으로 규정된 구조는 어떠한 요구성능기준도 만족하는 것으로 하고 있으며, 성능기준으로 그 내화성능을 판단하여야 할 구조는 [표 1]의 용도에 따른 지붕의 내화성능기준을 만족하는 것이어야 한다. 사양기준 및 성능기준에 의한 내화구조는 다음과 같다.

- 사양기준에 의한 내화구조
  - 철근콘크리트조 또는 철골철근콘크리트조
  - 철재로 보강된 콘크리트블록조 · 벽돌조
  - 석조, 철재로 보강된 유리블록 또는 망입유리로 된 것.
- 성능기준에 의한 내화구조

- 한국건설기술연구원이 실시하는 품질시험에서 그 성능이 확인된 것.

## 2. 내화시험방법

지붕의 내화성능 측정을 위하여 국내에서 적용하는 시험방법은 다음과 같으며, 지붕 표면에 직접 하중을 가하는 30분 재하가열 시험을 실시하였다.

- KS F 2257-1(건축구조부재의 내화시험방법 일반요구사항, 1999)
- KS F 2257-5(건축구조부재의 내화시험방법 수평내력 구획부재의 성능 조건)
- 내화구조의 인정 및 관리기준(건설교통부고시 제2000-93호)

[표 1] 용도에 따른 지붕의 내화성능기준

용도	일반시설			주거시설			산업시설		
	업무시설, 판매 및 영업시설, 문화 및 집회시설 등			단독주택중 다중·다가구주택·공관, 공동주택 등			공장,창고시설, 분뇨 및 쓰레기처리시설 등		
규모 층수/최고높이 (층 / m)	12 / 50		4 / 20	12 / 50		4 / 20	12 / 50		4 / 20
	초과	이하	이하	초과	이하	이하	초과	이하	이하
요구 내화시간 (시간)	1	1/2	1/2	1	1/2	1/2	1	1/2	1/2
비고	· 건축물이 하나 이상의 용도로 사용될 경우, 가장 높은 내화시간의 용도 적용 · 건축물의 부분별 층수가 상이할 경우, 부분별 최고 높이 또는 최고 층수로서 당해 용도규모에 따라 제시된 부위별 내화시간 적용								

## 3. 시험방법에 의한 지붕의 성능기준

- 하중지지력(변형량과 변형율을 모두 초과시 부적합한 것으로 간주)
  - 변형량 :  $\ell^2/400d$  (mm)
  - 변형율 :  $\ell^2/9,000d$  (mm/min)
  - (단,  $\ell / 30$  초과시 적용)

( $\ell$  = Span, d = 구조단면의 압축영역 끝단에서 인장영역 끝단까지의 최대거리)

- 차열성 : 면패드, 균열계이지(6mm 또는 25mm) 적용
- 차열성 : 이면상승온도 제한(평균 139℃, 최고 179℃ 이하)
- 내충격성 : 추의 낙하(뒷면까지 구멍이 뚫어

지지 않을 것)

### III. 시험체

#### 1. 개요

시험체는 조립식 주택 건물의 건축에 사용되고 있는 스틸하우스의 지붕으로 경량형강재의 수직재, 상현재, 하현재 및 트러스 연결보로 구성되어 트러스 구조의 박공지붕 형태를 이루고

있다. 또한 지붕면은 합판 위 금속기와로 마감하였으며, 천장면은 미네랄울을 설치하고, 방화 석고보드로 마감하였다.

#### 2. 시험체 사양

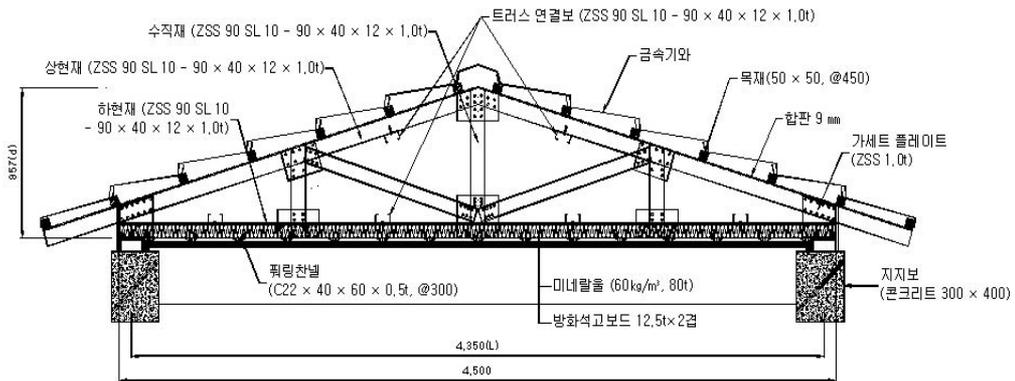
시험체의 구성 및 규격은 [표 2]와 같으며, 그 구조는 [그림 2]와 같다. 한편, 스패의 길이는 4,350 mm이고, 지붕트러스의 최대높이는 857 mm로 하중지지력 판정기준에 적용하였다.

[표 2] 시험체의 구성 및 규격

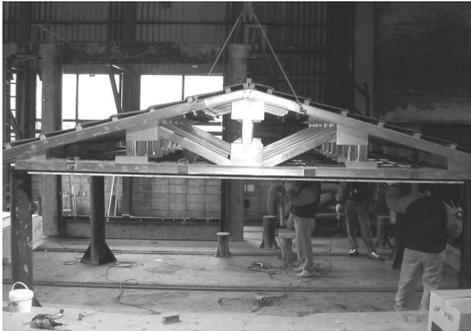
구분	구성(mm)	규격(mm)	비고
지붕면	합판(9t)+목재격자(50×50, @450)+금속기와	폭4,500×길이3,000×높이857	비가열면
트러스	수직재, 상현재, 하현재, 트러스 연결보 (ZSS 90 SL 10 - 90×40×12×1.0t) 가세트 플레이트(ZSS, 1.0t)	-	천장공간
천장면	방화석고보드(12.5t, 2겹)+미네랄울(밀도 60kg/m <sup>3</sup> , 80t)	폭4,500×길이3,000	가열면

#### 3. 시험체 수량

: 동일 구조로 2개 시험체(A, B)를 제작



[그림 2] 스틸하우스 지붕 구조



[그림 3] 시험체 제작 장면



[그림 4] 시험체 상세 모습



[그림 5] 지붕 재하 모습



[그림 6] 시험 실시 모습

#### IV. 시험 실시

##### 1. 가열시험 및 충격시험

###### 1.1 30분 재하가열시험

[그림 5]~[그림 7]과 같이 지붕면의 총 12개소에 65 kg의 추(65 kg/m<sup>2</sup>, 의뢰자 제시 하중)를 균등하게 배치하여 재하를 실시하였으며, 시험체 중앙 3개소에서 그 변형량을 측정하여 변형량 및 변형율을 측정하였고, 이면 온도는 시험체 중앙 및 4분할면 각 중앙 4개소의 총 5개소에서 측정하여 평균 및 최고온도를 기록하였다.

###### 1.2 충격시험

충격시험은 재하가열시험이 끝난 지붕 시험체

의 예상 약점부의 수직 2m 높이에서 1 kg 추를 낙하시켜 실시하였으며, 충격위치는 [그림 7]과 같다.

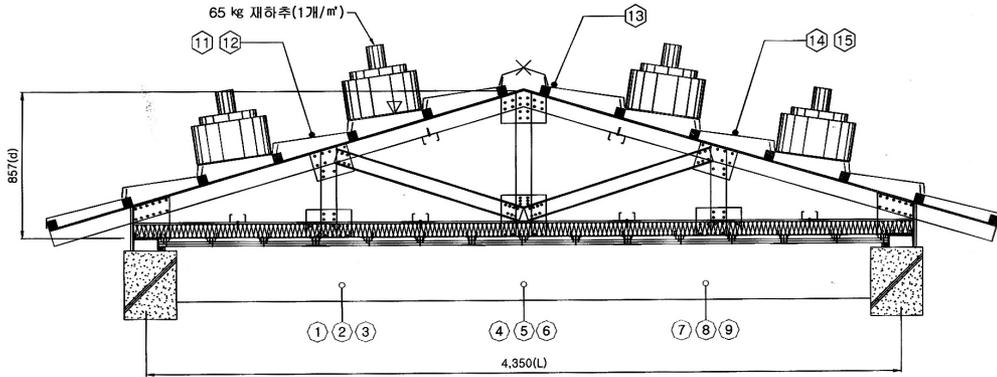
##### 2. 성능판정 기준

하중지지력, 이면상승온도 및 내충격성에 대한 성능판정 기준은 [표 3]과 같다.

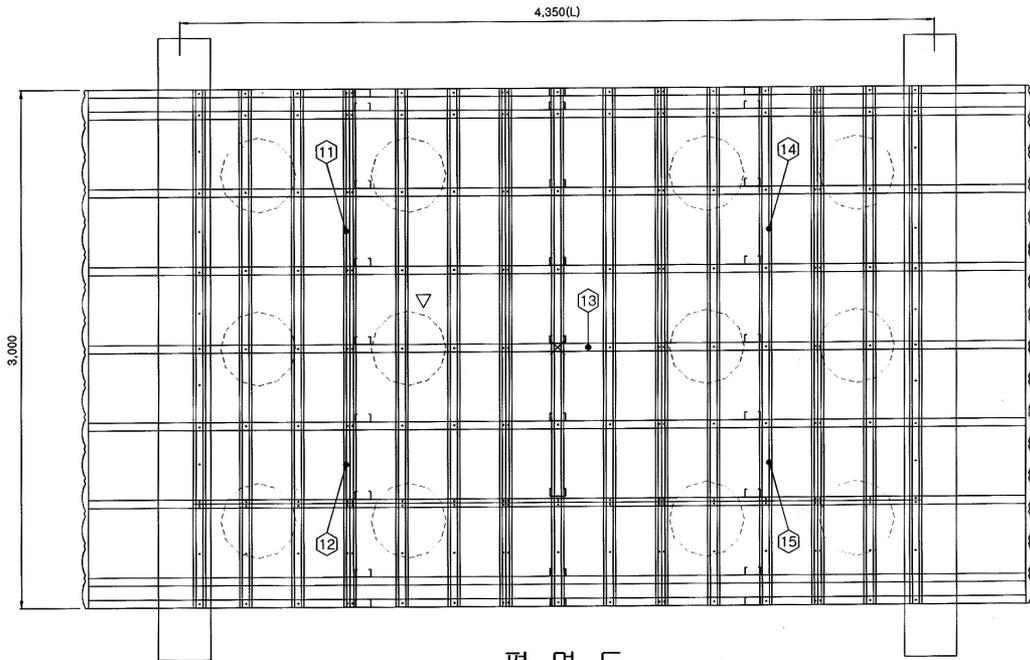
##### 3. 시험결과

시험체에 시험하중을 적용하여 시험종료시까지 시험체 A, B의 하중지지력, 이면상승온도 및 내충격성을 측정한 결과와 관찰사항은 [표 4]에 나타낸 바와 같으며, [그림 8]은 시험후 시험체 모습을 나타내고 있다.

(단위 : mm)



정 면 도



평 면 도

①~⑨ : 로내 가열온도 측정위치 ⑩~⑮ : 이면온도 측정위치 × : 변형측정위치 ▽ : 충격위치

[그림 7] 온도·변형·충격 특정위치

[표 3] 성능판정 기준

구 분	성능기준	적용규격
하중지지력	1) 변형량 : $\ell^2/400d = 55.2 \text{ mm}$ 2) 변형율 : $\ell^2/9,000d = 2.5 \text{ mm/min}$ ( $\ell = \text{Span}$ , $d = \text{지붕트러스의 최대높이}$ )	KS F 2257-1
이면상승온도	평균 139 °C, 최고 179 °C 이하	KS F 2257-1
내충격성	뒷면까지 구멍이 뚫리지 않을 것	건설교통부고시 제2000-93호

[표 4] 시험결과

구 분		성능기준	측 정 결 과	
			시험체 A	시험체 B
하 중 지지력	변형량	55.2 mm ( $\ell^2/400d$ )	5.3 mm	2.9 mm
	변형율	2.5 mm/min ( $\ell^2/9,000d$ )	0.5 mm/min	0.3 mm/min
이면상승 온 도	평 균	139 °C 이하	5 °C	8 °C
	최 고	179 °C 이하	12 °C	16 °C
내충격성		뒷면까지 구멍 발생이 없을것	구멍 발생 없음	구멍 발생 없음
관찰 사항		-	14분 및 23분 경과시부터 마감 및 바탕 석고보드가 탈락하기 시 작하여 시험종료시 시험체 중앙 의 석고보드 대부분이 탈락함.	21분 경과시부터 마감 석고보드 가 탈락하기 시작하였으나, 시 험종료시까지 별다른 변화는 없 었음.



(a) 시험체 A



(b) 시험체 B

[그림 8] 시험후 가열면 모습

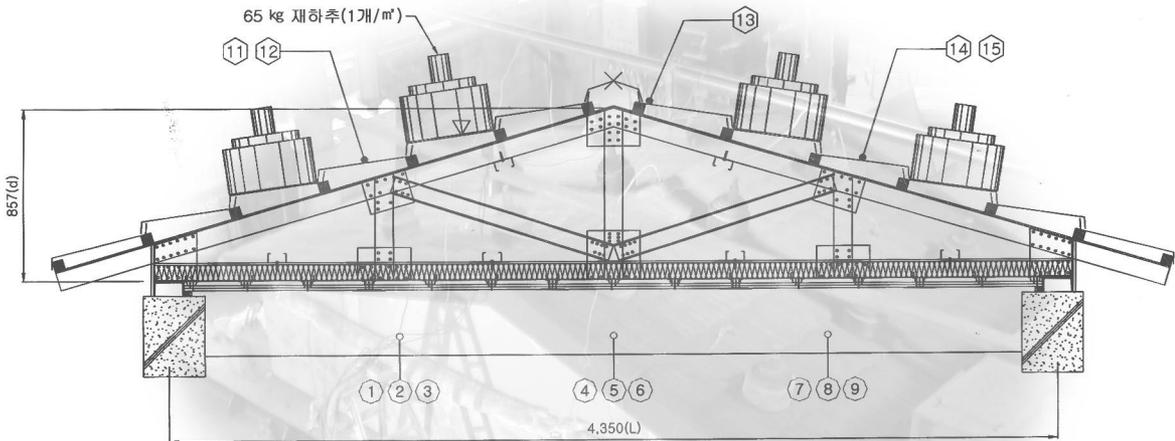
### V. 맺음말

이 시험연구는 조립식 주택 건물의 건축에 사용되고 있는 스틸하우스의 지붕구조를 실험 구조로 제작, 내화시험을 실시함으로써 지붕구조의 내화시험 사례를 소개하고, 지붕구조의 내화시험방법과 더불어 그 구조 안전성 여부를 확인하고자 하였다.

시험 결과, 가열 종료시 시험체 A는 가열면의 바탕 및 마감 석고보드 일부가 탈락하였고, 시험체 B는 가열면의 마감 석고보드 일부가 탈락하였으나, A, B 시험체 모두 이면에서의 변화가

없었고, 하중지지력, 이면상승온도 및 내충격성에서 만족한 성능을 보여 30분 내화구조 지붕으로 적용이 가능한 것으로 나타났다.

현재 건축되고 있는 건물의 지붕 대부분은 사양기준으로 정하고 있는 구조로 건축되고 있어 성능기준에 의한 지붕구조는 그 시험 사례가 극히 드물지만, 계속되는 건축재료 및 공법의 발달에 따른 새로운 지붕 구조의 출현으로 추후 성능기준에 따른 지붕의 내화시험 사례가 증가할 것으로 기대된다. **FILK**



정 면 도

