

국산재에 의한 경골목구조의 내화성능 실험연구

성 시 창

건축구조부 선임연구원

1. 서 론

지난 호에서는 경골 목구조(Light-Weight Wood Frame Structure, 일명 Balloon Frame 공법 또는 2×4공법)에 대한 개략적인 설명과 더불어 외국 산 목재에 의한 경골 목구조의 벽, 바닥 구조 제작 및 실대 화재실험(1시간 載荷가열) 결과를 소개하였다. 본 호에서는 지난 호의 실험결과를 바탕으로 수행한 국산재 경골 목구조의 벽 및 바닥 구조에 대한 화재실험 연구에 대하여 소개하고자 한다. 이번 연구의 의의는 이미 지난 호에서 밝힌 바와 같이 우리나라 산림자원의 효율적 이용 극대화를 기하고자 임업연구원에서 주관하고 방재시험연구원에서 수행중인 국산재 목구조의 내화부재 개발을 위한 연구 과제의 일환임을 밝힌다.

2. 본 론

가. 실험 개요

이 연구는 국산재를 이용한 3층 규모의 경골 목구조로서 적정 수준의 내화성능을 갖는 내·외벽 및 바닥 구조를 개발함으로써, 향후 경골 목구조에 의한 건축물이 내화구조로 인정받아 현장 적용될 수 있도록 기초자료를 제시하고 아울러 대부분 수입에 의존하고 있는 국내 목조 건축물의 구조재를 국산재로 대체

함으로써 국내 임산자원의 활용성을 높이는 데 있다.

이 연구는 국내 생산 목재 중 적절한 구조 강도를 갖음으로서 구조재로의 활용성이 높은 낙엽송 및 소나무를 실험소재로 선정하여 내·외벽 및 바닥 구조를 제작하였다. 또한 마감재인 석고보드는 내화성이 있는 국산 방화 석고보드를 사용함으로써 주요 재료를 국산재로 하는 경골 목구조의 내화성능 평가가 가능하도록 하였다.

나. 실험체 제작

국산재 경골 목구조의 벽 및 바닥 구조를 개발하는 것을 목적으로 제작한 국산재 경골 목구조의 벽, 바닥 실험체의 사양은 [표 1] 및 [그림 1]~[그림 4]와 같다.

국산재의 경우는 대부분 길이가 짧고 단면이 작아 실험체에 요구되는 소요 길이 및 단면(바닥 장선 등)을 확보하기가 어렵다. 따라서 부재의 소요 길이는 단재를 Finger joint 이음하였고, 바닥 장선에 대하여는 문헌 조사를 통하여 Box beam과 Floor truss 장선(Posi-strut web) 등 2종류의 장선을 적용한 바닥 실험체를 제작하여 연구를 수행하였다.



[표 1] 국산재 경골 목구조 실험체 사양

구조	실험번호	구 성(mm)	규격(m)	수량	적용 하중 ¹⁾	비 고
외벽	낙엽송 9	철망몰탈마감2)(20t)+합판(12t)+목재 스티드(2"×4" : 38×89)+암면(60K, 50t)+방화석고보드*(12.5t)2겹	폭3.0× 높이2.4	1	9,507	석고보드면가열
	10	철망몰탈마감2)(20t)+합판(12t)+목재스티드(2"×4" : 38×89)+암면(60K, 50t)+방화석고보드(15t)1겹		1	9,445	
	소나무 11	철망몰탈마감2)(20t)+합판(12t)+목재스티드(2"×4" : 38×89)+암면(60K, 50t)+방화석고보드(12.5t)2겹		1	8,325	
	12	철망몰탈마감2)(20t)+합판(12t)+목재스티드(2"×4" : 38×89)+암면(60K, 50t)+방화석고보드(15t)1겹		1	8,263	
내벽	낙엽송 13	방화석고보드(12.5t)2겹+목재스티드(2"×4" : 38×89)+방화석고보드(12.5t)2겹	폭3.0× 높이2.4	1	9,310	
	14	방화석고보드(15t)1겹+목재스티드(2"×4" : 38×89)+방화석고보드(15t)1겹		1	9,186	
	소나무 15	방화석고보드(12.5t)2겹+목재스티드(2"×4" : 38×89)+방화석고보드(12.5t)2겹		1	8,128	
	16	방화석고보드(15t)1겹+목재스티드(2"×4" : 38×89)+방화석고보드(15t)1겹		1	8,004	
바닥	Box beam	낙엽송 17	폭3.0× 길이 4.88 (경간4.3)	1	287	
		소나무 18		1	287	
	Floor truss	낙엽송 19		1	287	
		소나무 20		1	287	

· 주 1) 적용하중 : 단위 - 벽(kg), 바닥(kg/m²)

2) 철망몰탈마감 : 방수지+철망위 시멘트몰탈(총두께 20 mm)

3) 방화석고보드 : 국산 1사

· Drywall screw

벽 4×32(mm) : 벽 중앙(세로방향) @ 200 mm, 벽 상·하단(가로방향) @ 100 mm

바닥 : 소음차널과 장선- 4×50(mm), @450 mm

방화석고보드와 소음차널- 4×32(mm), @150 mm

구 성(mm)	
철망몰탈마감(20t)+방수지+합판(12t)+목재스터드(2"×4")+암면(60K,50t)+방화석고보드(12.5t)2겹	<p>석고보드 12.5t, 2겹 석고보드 15t, 1겹</p>
철망몰탈마감(20t)+방수지+합판(12t)+목재스터드(2"×4")+암면(60K,50t)+방화석고보드(15t)1겹	

[그림 1] 외벽 실험체 사양

구 성(mm)	
방화석고보드(12.5t)2겹+목재스터드(2"×4")+방화석고보드(12.5t)2겹	<p>석고보드 12.5t, 2겹 석고보드 15t, 1겹</p>
방화석고보드(12.5t)2겹+목재스터드(2"×4")+방화석고보드(15t)1겹	

[그림 2] 내벽 실험체 사양

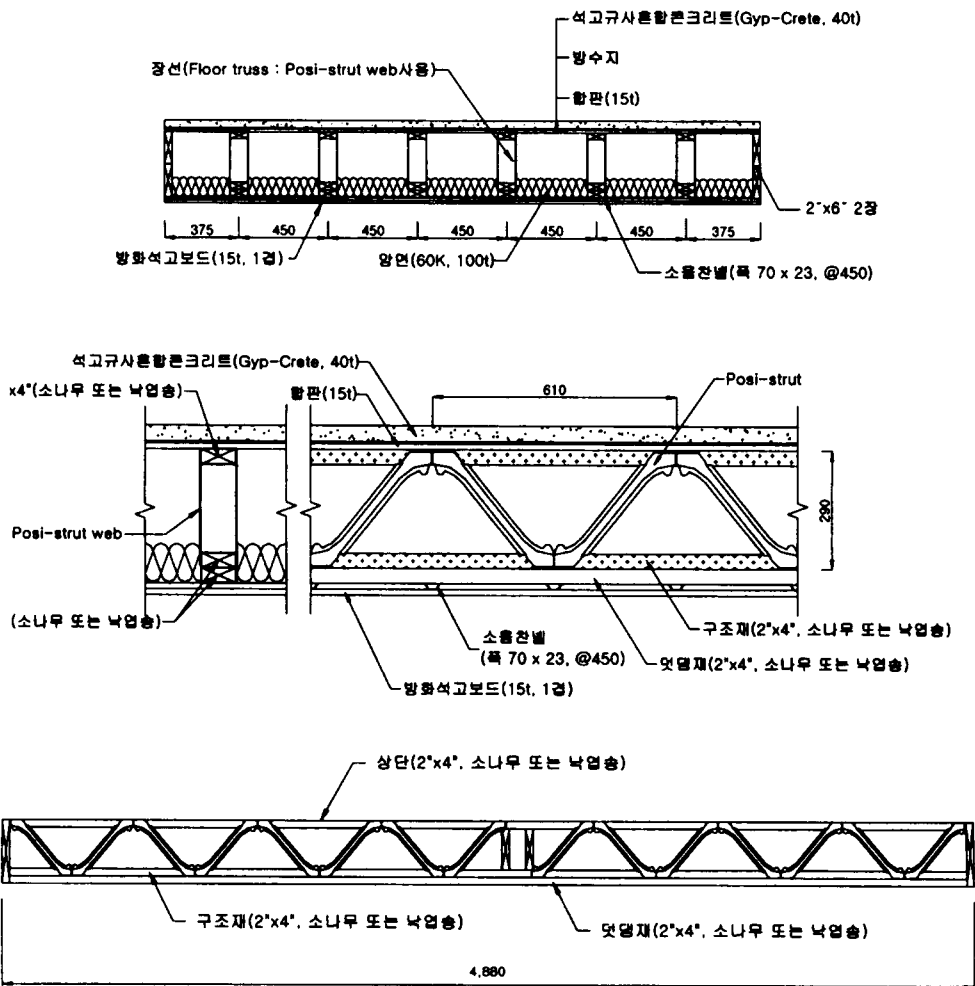
구 성(mm)	
석고규사혼합콘크리트(Gyp-Crete, 40t)+방수지+합판(15t)+목재장선(Box beam)+암면(60K, 100t)+소음찬넬(폭70×23, @450)+방화석고보드(15t)1겹	

[그림 3] 바닥 실험체 사양(Box beam 장선)



구 성(mm)

석고규사혼합콘크리트(Gyp-Crete, 40t)+방수지+합판(15t)+목재장선(Floor truss)+암면(60K, 100t)+소음찬널(폭70×23, @450)+방화석고보드(15t)1겹



[그림 4] 바닥 실험체 사양(Floor truss)

다. 실험 방법
실험장치, 실험절차 및 평가기준 등 실험방법은 KS F 2257-1(건축구조부재의 내화시험방

법-일반 요구사항) 및 KS F 2257-4(수직내력 구획부재의 성능조건), KS F 2257-5(수평내력 구획부재의 성능조건)를 적용하였다.

1) 실험장치

사용 가열로는 벽용가열로 및 바닥용 가열로로서, 벽구조는 시험체를 하단에 균등 분포로 설치된 4개의 유압실린더로 실험체 하부로부터 재하하고, 바닥구조는 이동식 재하틀에 설치된 유압실린더 4개를 실험체 상부에 균등 배치하여 재하

· 벽 : 축방향 변형량 및 변형율, 수평변형량 (참고값), 이면상승온도

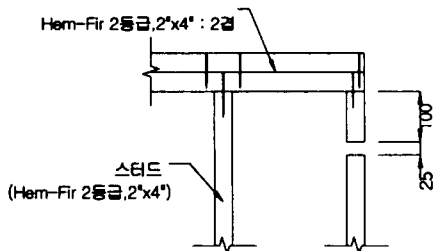
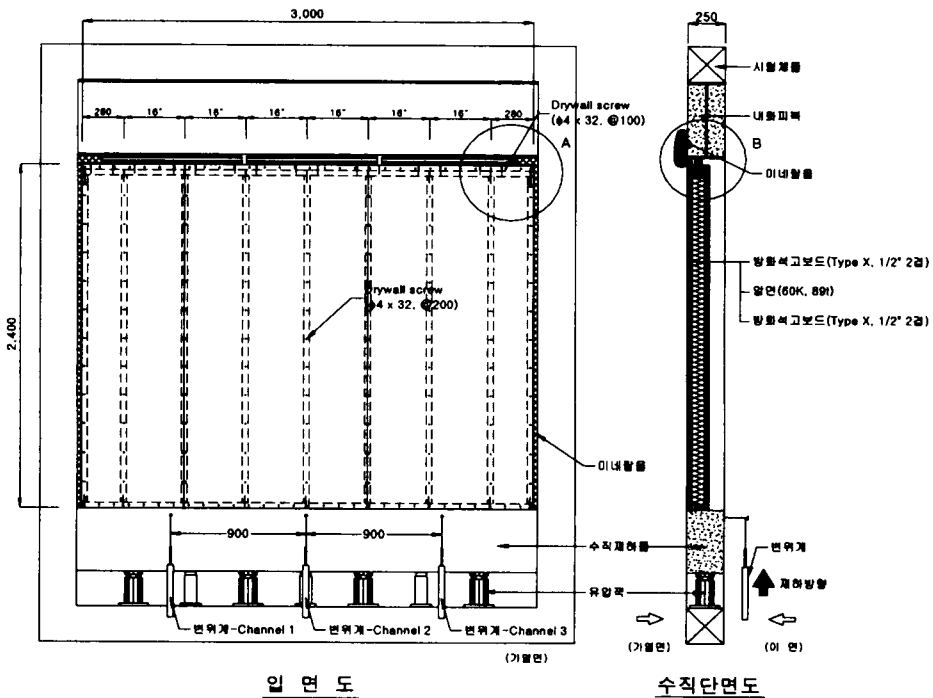
· 바닥 : 변형량 및 변형율, 이면상승온도

3) 구조별 세부 실험방법

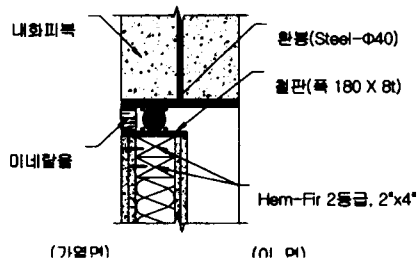
· 벽 실험도 : [그림 5] 참조

· 바닥 실험도 : [그림 6] 참조

(단위 : mm)



A부분 상세

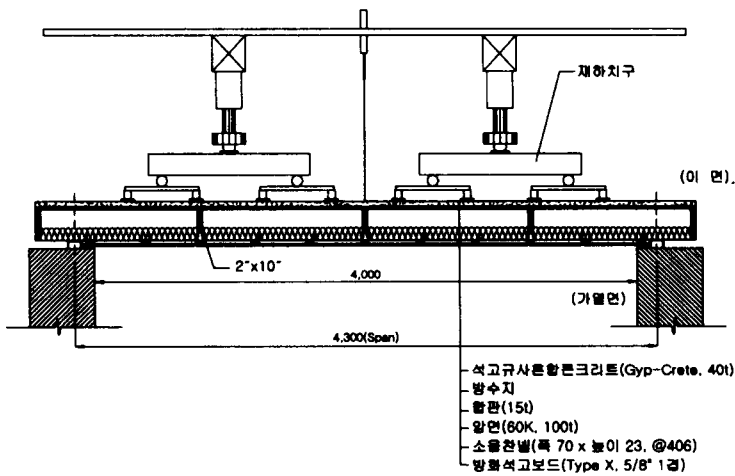
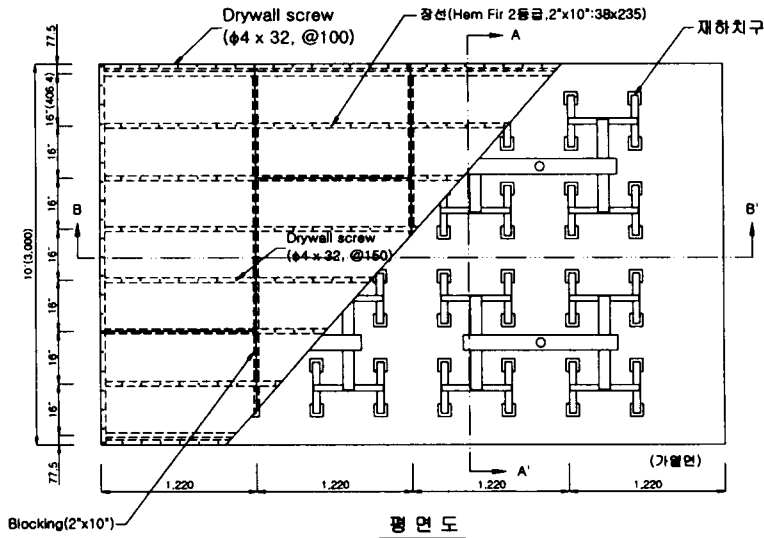


B부분 상세

[그림 5] 벽 실험도



(단위 : mm)



B-B' 단면도

[그림 6] 바닥 실험도

라. 성능기준

KS F 2257(1999) 시리즈에 의한 벽 및 바닥부의 내화성능 기준은 [표 2]와 같으며, 하중

지지력의 경우 부재가 변형량(또는 축변형량) 및 변형율(또는 축변형율)을 모두 초과시 부적합한 것으로 간주한다.

[표 2] 재하가열 실험 성능기준

구 분	벽	바 닥	비 고
하중지지력	· 축변형량 h/100 · 축변형율 3h/1000	· 변형량 ℓ 2/400 d · 변형율(변형이 ℓ /30초 과시 적용) ℓ 2/9000 d	· h : 부재높이 · ℓ : 부재경간 · d : 실험체 압축측에 서 인장측까지거리
성능기준	· 실험체 이면의 균열발생 부위에 면패드 적용시 착화가 없을 것 · 6mm 껍게이지가 관통하여 150 mm 이상 이동하거나, 25 mm 껍게이지가 관통되는 균열, 구멍발생이 없을 것		
	차열성	· 이면상승온도 평균 140+T0, 최고 180+T0	T0 : 초기온도

마. 실험결과

국산재 경골 목구조의 벽 및 바닥 구조에 대한 실대 화재 실험결과는 [표 3]~[표 5]와 같다.

[표 3] 외벽 실험결과

구 분	실험결과 (가열면 : 석고보드 면)			내화성능	
	성능기준	측정결과 (구조)		석고보드 12.5mm 2겹	석고보드 15mm 1겹
		석고보드 12.5mm 2겹	석고보드 15mm 1겹		
낙 엽 송	최대 축변형량	24.0 mm(h/100)이하	6.3 mm	1시간	36분
	최대 축변형율	7.2 /min(3h/1,000) 이하	1.0 mm/min		
	수평변형량	-	27.4 mm		
	이면상승온도	평균 140℃ 이하 최고 180℃ 이하	평균 19℃ 최고 24℃		
소 나 무	최대 축변형량	24.0 mm(h/100)이하	9.9 mm	1시간	37분
	최대 축변형율	7.2 /min(3h/1,000) 이하	1.4 mm/min		
	수평변형량	-	51.6 mm		
	이면상승온도	평균 140℃ 이하 최고 180℃ 이하	평균 20℃ 최고 23℃		

· 측정결과는 시험종료시(1시간, 37분, 38분)의 결과치임.



[표 4] 내벽 실험결과 (h : 실험체 높이)

구 분		실험결과			내화성능	
		성능기준	측정결과 (구조)		석고보드 12.5mm 2겹	석고보드 15mm 1겹
			석고보드 12.5mm 2겹	석고보드 15mm 1겹		
낙 엽 송	최대 축변형량	24.0 mm(h/100)이하	8.6 mm	41.3 mm	1시간	35분
	최대 축변형율	7.2 /min(3h/1,000) 이하	1.1 mm/min	24.3 mm/min		
	수평변형량	-	31.6 mm	154.3 mm		
	이면상승온도	평균 140℃ 이하 최고 180℃ 이하	평균 66℃ 최고 68℃	평균 61℃ 최고 74℃		
소 나 무	최대 축변형량	24.0 mm(h/100)이하	5.1 mm	32.9 mm	1시간	39분
	최대 축변형율	7.2 /min(3h/1,000) 이하	0.6 mm/min	10.2 mm/min		
	수평변형량	-	26.8 mm	70.5 mm		
	이면상승온도	평균 140℃ 이하 최고 180℃ 이하	평균 69℃ 최고 71℃	평균 62℃ 최고 77℃		

· 측정결과는 시험종료시(1시간, 36분, 40분)의 결과치임.

[표 5] 바닥 실험결과 (ℓ : 실험체 경간, d = 실험체 압축측에서 인장측까지의 거리)

구 분		실험결과			내화성능	
		성능기준	측정결과 (구조)		낙엽송	소나무
			낙엽송	소나무		
Box beam	최대 변형량	134.0mm(ℓ 2/400d)이하	18.9 mm	27.2 mm	1시간	1시간
	최대 변형율	6.0mm/min(ℓ 2/9000d)이하	1.2 mm/min	1.6 mm/min		
	이면상승온도	평균 140℃ 이하 최고 180℃ 이하	평균 4℃ 최고 10℃	평균 5℃ 최고 8℃		
Floor truss	최대 변형량	134.0mm(ℓ 2/400d)이하	116.9 mm	159.1 mm	1시간	52분
	최대 변형율	6.0mm/min(ℓ 2/9000d)이하	26.1 mm/min	46.6 mm/min		
	이면상승온도	평균 140℃ 이하 최고 180℃ 이하	평균 3℃ 최고 4℃	평균 2℃ 최고 4℃		

· 측정결과는 시험종료시(1시간, 53분)의 결과치임.



3.결론

이 연구는 국산재(낙엽송, 소나무)에 의한 경골목구조 내화부재(벽 및 바닥, 1시간 내화)를 개발하기 위한 것으로서, 연구결과는 다음과 같다.

1) 벽구조

- 외벽 : 국산재 낙엽송 및 소나무를 스티드(크기 : 38mm×89mm, 간격 450mm)로 하고 옥내면을 국산 방화석고보드 12.5mm 2겹 구조로 한 경골 목구조의 외벽은 1시간 내화성능을 갖는 구조로 개발되었음.

- 내벽 : 국산재 낙엽송 및 소나무를 스티드(크기 : 38mm×89mm, 간격 450mm)로 하고 양면을 국산 방화석고보드 12.5mm 2겹 구조로 한 경골 목구조의 내벽은 1시간 내화성능을 갖는 구조로 개발되었음.

2) 바닥구조

국산재는 길이가 짧고 단면이 작아 바닥 장선은 목재 합성보(Box beam, Floor truss)로 제작하였음.

· Box beam 장선 구조

국산재 낙엽송 및 소나무를 Box beam 장선 구조로 하고 천장은 국산 방화석고보드 15 mm 1겹구조로 한 경골 목구조의 바닥은 1시간의 내화성능을 갖는 구조로 개발되었음.

· Floor truss(Posi-srut web) 장선 구조

국산재 낙엽송을 Floor truss(Posi-srut web) 장선 구조로 하고 천장은 국산 방화석고보드 15 mm 1겹구조로 한 경골 목구조의 바닥은 1시간 내화성능을 갖는 구조로 개발되었음. (FILK)