

耐火木造部材の耐火性能に関する研究

その6 荷重支持部に用いる木材種類の耐火性能に与える影響

耐火木造部材 耐火性能 荷重支持部  
燃え止まり 耐火性能実験

正会員 ○大橋 宏和\*1 同 長岡 勉・永盛 洋樹\*1  
同 高橋 拓\*1 同 山本 正人・杉田敬太郎\*1  
同 遊佐 秀逸\*2 同 大宮 喜文\*3  
同 山田 誠\*4 同 齋藤 潔\*5

1. はじめに

これまで、木材を最大限利用した耐火構造部材として「燃え止まり性能を有する木質構造部材」の研究を行っている<sup>1) 2)</sup>。本報では荷重支持部の木材種類(樹種)の違いによる耐火性能への影響を系統的に実証するため実施した耐火性能実験について報告する。なお、今回の対象は燃え止まり型の耐火木造部材である。

2. 耐火性能実験

2.1 試験体

試験体は荷重支持部の樹種をパラメーターとした8体(各樹種2体)である。燃え止まり層はカラマツ集成材とモルタルを組み込み、燃え代層はカラマツ集成材とした。断面は470mm角、長さは1000~1200mmである。異樹種の荷重支持部2体に穴を開け、1液ウレタン系接着剤を塗布後カラマツのダボを挿入して繋いだ。試験体一覧を表1、組合せを表2、詳細な仕様を図1に示す。小口からの熱侵入・燃え込みを防止するため、上下端を強化石膏ボードとセラミックファイバープランケットで被覆した。

2.2 実験装置・方法・手順

実験は竹中工務店の多目的耐火炉を用い、図2および写真1に示す通り試験体を炉内に設置して行った。

IS0834に従い1時間加熱した後、炉内に24時間放置した。実験終了時に目視で燃え止まりを確認し、炉外で解体して荷重支持部の炭化の有無を確認した。

表1 試験体一覧

試験体名	荷重支持部の樹種*	密度(kg/m <sup>3</sup> )	含水率(%)	寸法(mm)	試験体数
JC_H-1~2	スギ集成材(密度大)	477	11.8	470×470× 1000~1200	2体
JC_L-1~2	スギ集成材(密度小)	373	9.9		2体
LA-1~2	カラマツ集成材	515	10.3		2体
HI-1~2	ヒノキ集成材	462	10.3		2体

\*1 スギ集成材(密度大)(ρ=451~494)(同一等級構成集成材 E55-F225) Japanese Cedar High Density  
スギ集成材(密度小)(ρ=359~386)(同一等級構成集成材 E55-F225) Japanese Cedar Low Density  
カラマツ集成材 (ρ=510~522)(同一等級構成集成材 E95-F315) Larch  
ヒノキ集成材 (ρ=444~477)(同一等級構成集成材 E95-F315) Hinoki

表2 試験体の組合せ

実験回数	位置	1回目		2回目	
		No.1(西)	No.2(東)	No.3(西)	No.4(東)
上下	仕様A(上)	JC_H-1	JC_L-1	LA-1	HI-1
	仕様B(下)	LA-2	HI-2	JC_H-2	JC_L-2

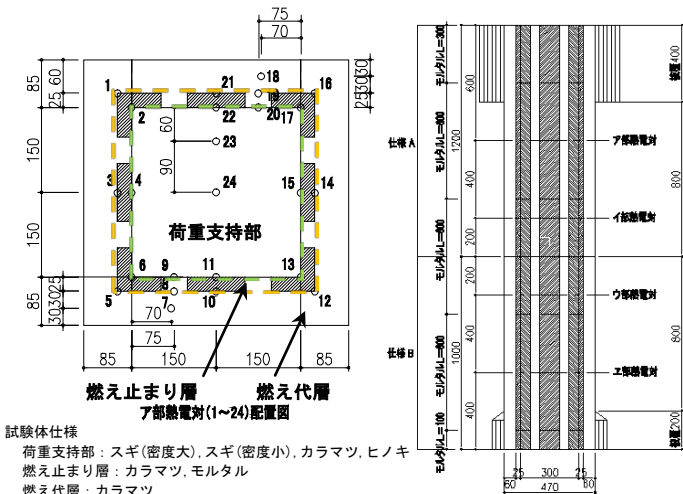


図1 試験体仕様  
荷重支持部: スギ(密度大), スギ(密度小), カラマツ, ヒノキ  
燃え止まり層: カラマツ, モルタル  
燃え代層: カラマツ  
ラミナ厚=23~30mm 心材: フィンガージョイントなし  
接着: レゾルシノール・フェノール樹脂接着剤 塗布量 350g/m<sup>2</sup>  
荷重支持部二次接着: レゾルシノール系樹脂接着剤 塗布量 350g/m<sup>2</sup>

図1 試験体図

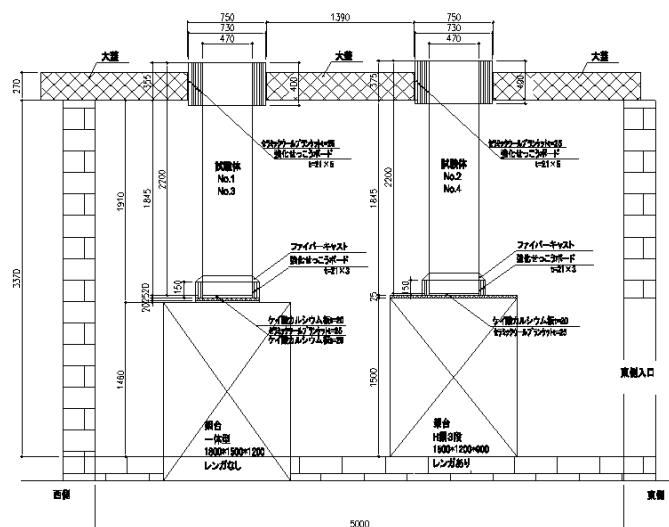


図2 多目的耐火炉内の試験体設置



写真1 多目的耐火炉と実験前の試験体

### 2.3 測定

試験体内部温度および加熱温度の測定は図 1 に示すア～エ部の位置とし、K 型熱電対φ0.32 および K 型シース熱電対φ3.2 を用いて、加熱中および加熱終了後 24 時間の計 25 時間継続して行った。

### 2.4 判定条件

荷重支持部における耐火性能の判定は以下の通りとした。

- ・実験中における荷重支持部の温度が 260℃未満
- ・実験終了時の試験体外観に赤熱や発煙がないこと
- ・荷重支持部に炭化が確認されないこと

### 3. 結果

試験体表面に加熱開始約 2 分で着炎し、8 分頃にラミナ積層方向のクラックが目立つようになった。その後全体が炎に覆われたが、加熱温度は IS0834 標準加熱曲線とほぼ同等に推移した。約 67 分で残炎が消えたが、赤熱は点在していた。しかし、炉内放置 24 時間経過中、荷重支持部のすべての測定温度は 260℃未満で推移し、最終的に約 50℃まで下降したことを確認して実験を終了した。その時点で試験体外観に赤熱や発煙は見られなかった。

表 3 に全試験体の各部位の最高到達温度をまとめ、図 3 に各試験体の 6 時間までの内部温度経過を示した。荷重支持部温度（緑線）は、スギ集成材（密度小）が最も高く 104.7℃、次にヒノキ集成材 102.1℃、スギ集成材（密度大）100.7℃、カラマツ集成材 100.1℃であった。荷重支持部内部の温度（青線）は、15～18 時間にピーク（約 60℃）を迎えており、25 時間後にはすべて下降に至っている。

実験中・後の状況は写真 2 の通りで、実験後に切断して炭化状況を確認した。その結果、写真 3 の通りいずれも燃え止まり層の外側で燃え止まっており、荷重支持部の炭化はなく耐火性能を有していることを確認した。

### 4. 考察

荷重支持部の木材密度と耐火性能（荷重支持部の最高温度）の関係を図 4 に示す。図より木材の密度が大きいほど荷重支持部の最高温度が低くなる傾向が見られた。各プロットは荷重支持部表面 20 ヶ所の平均値を示しており、各樹種の密度の違いが最高到達温度に現れていると考えられる。

### 5. まとめ

荷重支持部の木材密度と耐火性能の関係を明らかとし、荷重支持部の木材密度が高い樹種の方が耐火性能は有利であるとの結論を得た。燃え止まり層を有する部材の耐火性能は、荷重支持部に最も密度の小さい樹種を選定すれば、それより密度が大きな樹種は同等以上の性能が見込めると考えられる。なお、今回実験で確認したのは荷重支持部の木材密度が 359～522kg/m<sup>3</sup> の範囲である。

【参考文献】

- 1) 上原茂男ら、燃え止まり性能を有する木質構造部材に関する研究:その1～8、日本建築学会大会学術講演梗概集、2004～2008
- 2) 大橋宏和ら、耐火木造部材の耐火性能に関する研究 その1～5 日本建築学会大会学術講演梗概集、2012～2013

【注】本研究は林野庁「平成 25 年度 地域材供給倍増事業のうち木造住宅・木造公共建築物等の構造部材開発等支援事業」の助成を受けて実施した。

表 3 各部位の最高到達温度

試験体名	荷重支持部の樹種	密度 (kg/m <sup>3</sup> )	荷重支持部・各部位の最高到達温度の平均値 (°C)					
			表面 0mm		表面から深さ 60mm		表面から深さ 150mm (中心部)	
JC_H-1	スギ集成材 (密度大)	477	98.5	100.7	61.9	61.3	59.5	59.8
JC_H-2			103.0		60.8		60.1	
JC_L-1	スギ集成材 (密度小)	373	102.3	104.7	61.9	62.2	31.5	62.5
JC_L-2			107.1		62.6		62.0	
LA-1	カラマツ集成材	515	100.0	100.1	59.1	57.7	58.6	57.5
LA-2			100.2		56.4		56.4	
HI-1	ヒノキ集成材	462	103.9	102.1	62.3	60.5	61.2	59.7
HI-2			100.3		58.8		58.2	

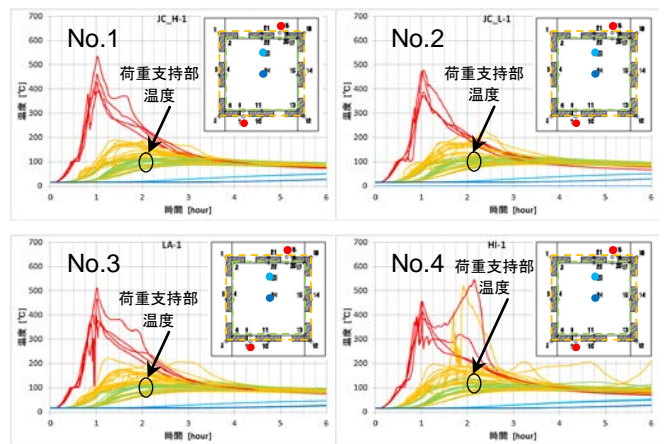


図 3 試験体内部温度経過(No.1～4)

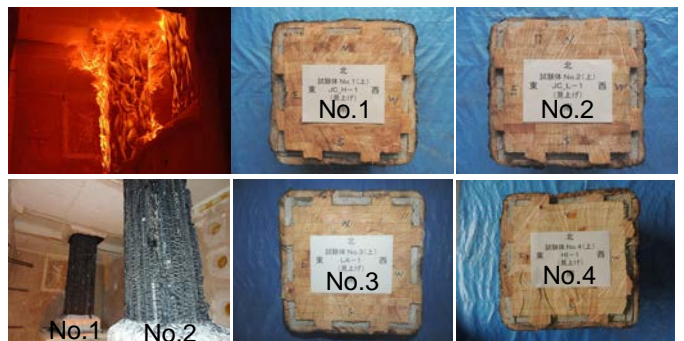


写真 2 燃焼中・後

写真 3 切断面(No.1～4)

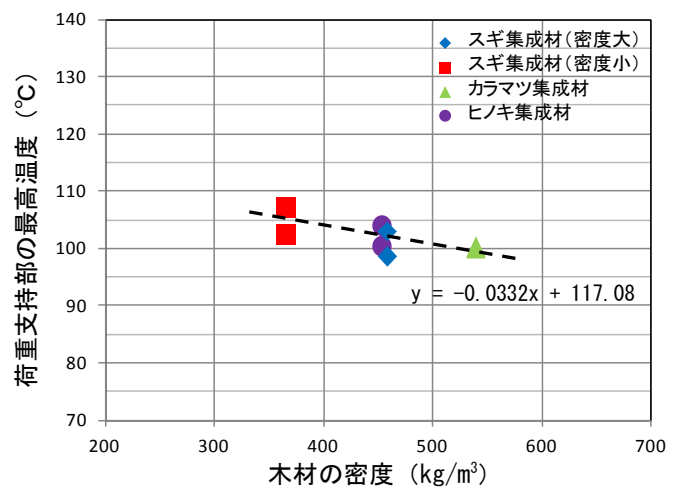


図 4 木材の密度と耐火性能の関係

\*1 竹中工務店 技術研究所 \*2 ベッターリビング  
 \*3 東京理科大学 \*4 日本住宅・木材技術センター  
 \*5 齋藤木材工業

\*1 Takenaka Corporation Research & Development Institute  
 \*2 Center for Better Living \*3 Tokyo University of Science  
 \*4 Japan Housing & Wood Technology Center \*5 Saito Wood Industry