

# 木質複合構造の耐火性能に関する研究

## (その3) 燃え止まり柱部材の耐火性能

Fire resistance of hybrid wooden structure (III)

Experimental studies on fire resistance of the self-charring-stop wooden column structure

遊佐秀逸<sup>1)</sup>, 増田秀昭<sup>2)</sup>, 並木勝義<sup>3)</sup>,  
白岩昌幸<sup>4)</sup>, 川合孝明<sup>2)</sup>, 斉藤春重<sup>4)</sup>

Shuitsu Yusa, Hideaki Masuda, Yoshitomo Namiki,  
Masayuki Shiraiwa, Taka-aki Kawai, Harushige Saito

要旨：木質系燃え止まり耐火構造を開発するため、鋼製柱を木材で耐火被覆した仕様について、小試験体での非荷加熱試験及び実大試験体での荷加熱試験を実施して検討を行った。小試験体鋼製柱は300×300×10/15、長さ1mのH形鋼、実大試験体鋼製柱は250×250×9/14、長さ3mのH形鋼を集成材で密実に被覆したものを試験した。集成材は、小試験体はベイマツ、実大試験体はカラマツの集成材を使用した。試験の結果、非荷加熱試験の鋼材温度の最高値は130℃、平均115℃であり、荷加熱試験のそれは162℃、平均128℃であった。これらの結果から本実験の仕様は、「防耐火性能試験・評価業務方法書」による耐火1時間構造としての判定基準の鋼材温度等の規定値を満足させる結果であり、耐火1時間の性能を有していると考えられた。

### はじめに

本研究は、木質系部材を耐火建築物の要件である耐火構造として用いるため、柱部材について耐火性能実験を行い、その耐火性能について検討した。本報告では鋼製柱を木材で耐火被覆した燃え止まり柱部材について、非荷加熱試験及び荷加熱試験の1時間加熱実験を実施した結果について報告する。本報告は平成16年度日本火災学会研究発表会（遊佐ら 2004）及び2004日本建築学会大会（北海道）（白岩ら 2004）で発表した内容を改変したものである。

### 試験体

試験体の種類は、非荷加熱試験用と荷加熱試験用の2種類各1体とした。前者は小試験体とし、鋼製柱は300×300×10/15、長さ1m、後者は実大試験体とし、鋼製柱は250×250×9/14、長さ3mのH形鋼を使用し、その周りを集成材で密実に被覆したものを試験した。集成材は前者にあつてはベイマツ、後者はカラマツ材を用い、鋼材までの被覆厚さは60mmとした。試験体の作製は鋼材の表面にエポキシ樹脂接着剤をプライマーとして塗布した後、集成材作製に用いたのと同様のレゾルシノール系接着剤を用いて接着した（並木ら 2002）。なお、各試験体の含水率は8.0～11.0%の範囲である。試験体の概要を表-1に、断面形状及び鋼材温度測定位置を図-1に示す。

1) 財団法人 ベターリビングつくば建築試験センター 4) 財団法人 建材試験センター  
2) 独立行政法人 建築研究所  
3) 三重県科学技術振興センター林業研究部



表-1. 試験体の概要

試験体記号	柱断面寸法 (mm)	長さ (m)	樹種	芯材断面 (mm)	実験条件
A	420×420	1.0	ベイマツ	H-300×300×10×15	非荷加熱
B	370×370	3.3	カラマツ	H-250×250×9×14	荷加熱

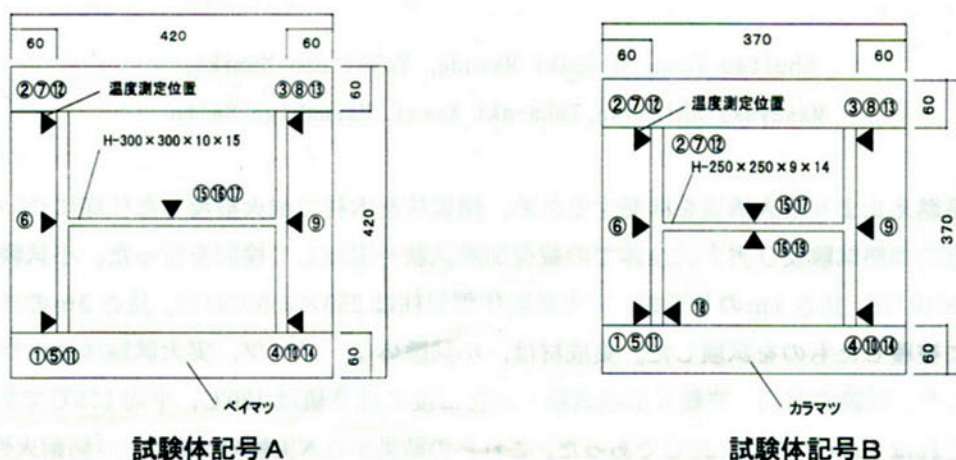


図-1. 試験体の断面形状及び鋼材温度測定位置

実験方法

(1) 加熱方法

加熱は四面加熱炉を用い、ISO/834 に規定する耐火標準加熱曲線に従って実施した。また、加熱温度は試験体面から 100mm 離れた位置にシーラ熱電対及びプレート温度計を均等に 16 点配置測定し制御した。

(2) 設置方法

実験方法及び鋼材温度測定位置を図-2 に示す。非荷加熱用試験体は、試験体が炉の中央部になるように架台を用いて垂直に設置した。荷加熱用試験体は球座を介して装置下部の荷装置に試験体を垂直に設置し油圧ジャッキで軸力を加えるようにした。なお、各試験体ともに木口面にはけい酸カルシウム板等の耐火被覆材を用い木口面からの燃焼防止に配慮した。

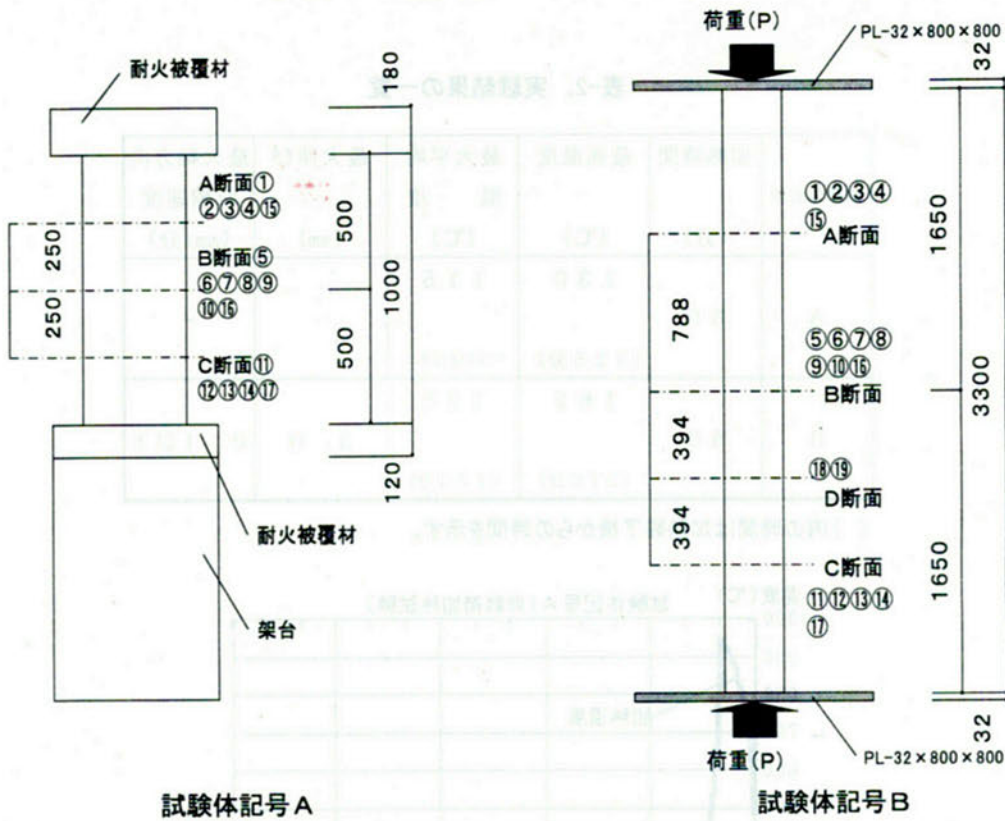


図-2. 実験方法及び鋼材温度測定位置

(3) 加熱時間及び放冷

加熱時間は 60 分とし、加熱終了後は加熱時間の 3 倍の 180 分間炉内放冷した後、非荷重試験体は炉から取り出し、荷重のそれは炉の扉を開放することによって鋼材温度が安定するまで自然放冷し実験を終了した。

(4) 鋼材温度及び軸方向収縮変位置

鋼材温度は、非荷重加熱用試験体は 3 断面、合計 17 点について測定した。荷重加熱用試験体は 4 断面、合計 19 点について測定するとともに、試験体荷重点の軸方向収縮変位置を 2 点測定した。

(5) 荷重荷重

荷重加熱用試験体の荷重荷重は柱材の長期（座屈）許容応力度に相当する荷重（1221kN）を荷重した。なお、荷重は最大軸方向の伸びを確認した後、軸方向の収縮の推移が一定量になるまで荷重を継続した。

(6) 炭化深さ

実験終了後、残存断面の測定を行い炭化深さを測定した。

実験結果

(1) 非荷重加熱試験（試験体記号 A）

実験結果の一覧を表-2、鋼材温度測定結果を図-3 に示す。鋼材温度の最高値は、加熱終了後の自然放冷中にピークに達し、断面 C フランジ端部で 130℃、平均は 115℃であった。

炭化状況を図-4 に示す。平面部の炭化深さは 28~30mm であった。また、実験後の観察でコーナ部分の鋼材が一部露出していた。



表-2. 実験結果の一覧

試験体記号	加熱時間 (分)	最高温度 (°C)	最大平均 温度 (°C)	最大伸び (mm)	最大軸方向 収縮速度 (mm/分)
A	60	130 (325分)	115 (151分30秒)	—	—
B	60	162 (370分)	128 (154分)	3.0	0.1以下

( )内の時間は加熱終了後からの時間を示す。

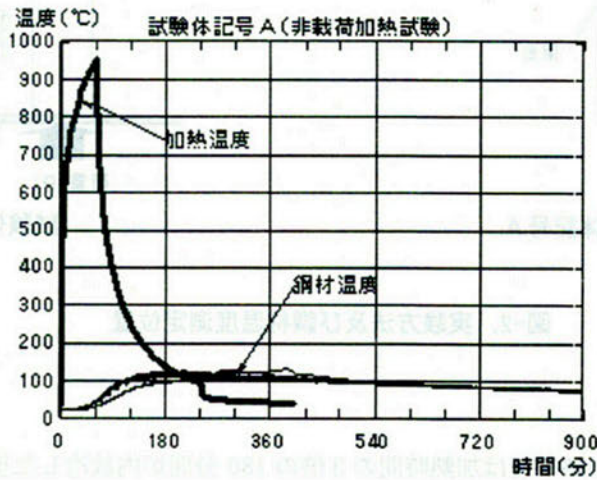


図-3. 鋼材温度測定結果

(2) 載荷加熱試験 (試験体記号B)

実験結果を表-2に、鋼材温度測定結果及び軸方向変位測定結果を図-5及び図-6に示す。鋼材温度の最高値は加熱終了後の自然放冷中にピークに達し、断面Dのフランジ端部で162°C、平均は128°Cであった。

柱部材の変形性状は、加熱終了直後から軸方向の伸びが始まり最大3mmに達した後、徐々に収縮した。この時、伸び及び収縮速度は0.1mm/分以下であった。

炭化状況を図-4に示す。平面部の炭化深さは35~51mmであった。また、実験後の観察でコーナ部分の鋼材が一部露出していた。

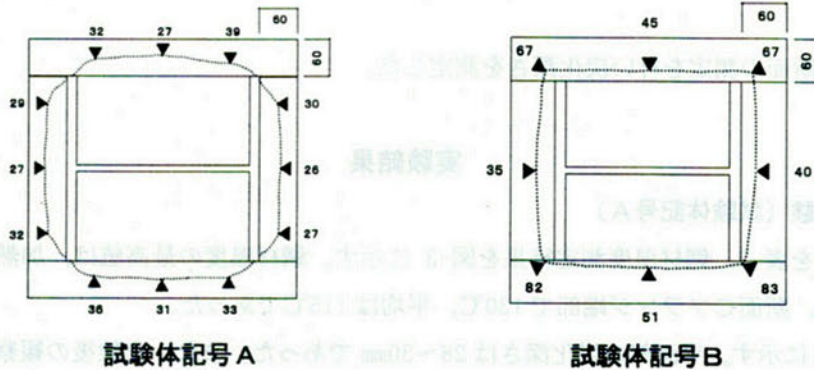


図-4. 炭化状況

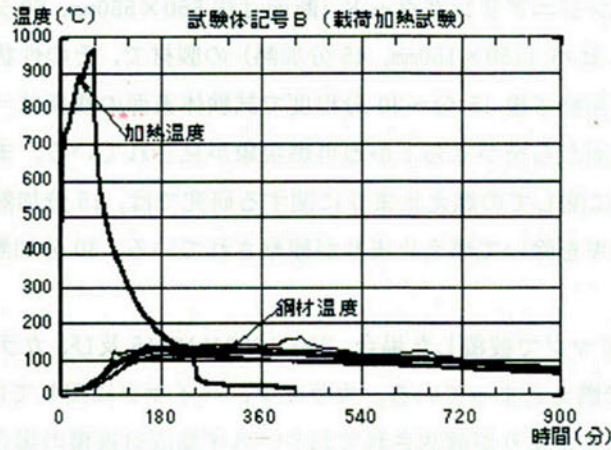


図-5. 鋼材温度測定結果

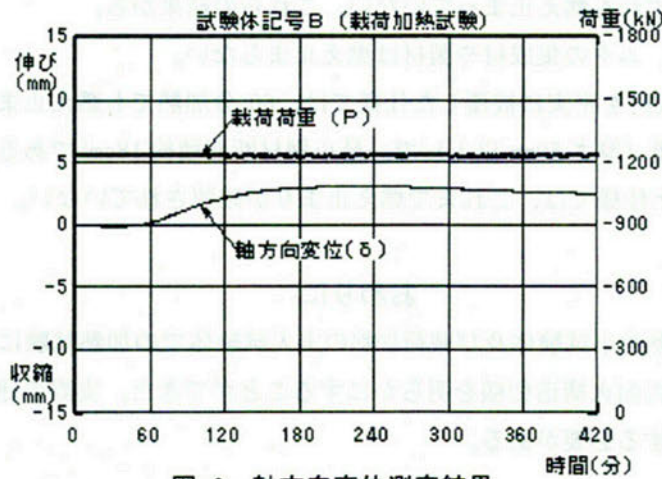


図-6. 軸方向変位測定結果

考察

実験の結果、各試験体の鋼材温度は、放冷中に一部が散発的に上昇したが、最高及び平均ともに木材の工学的危険温度 260°C を大きく下回っていた。また、実験後の観察において鋼材の一部が露出していたが、鋼材温度を著しく上昇させるものではなかった。

柱の変形性状は、鋼材平均温度の変化と対応して軸方向変位が変化した。変形速度は、伸び、収縮共に 0.1mm/分以下で終始安定していた。

これらの結果を、財団法人 建材試験センターの「防耐火性能試験・評価業務方法書」による耐火構造の判定基準に照らし合わせた場合、鋼材温度（最高温度 450°C 以下、最高平均温度 350°C 以下）、最大軸方向収縮変位量 ( $h/100=33\text{mm}$ )、最大軸方向収縮速度 ( $3h/1000=9.9\text{mm/分}$ ) の規定値を満たしていることから本実験の仕様は、耐火構造としての耐火性能を満足しているものと考えられる。ただし、本実験では、規定の試験時間（炉内放冷）終了時に赤色する残じんが確認され、再燃することはなかったものの、その後も長時間に渡り残じんが残る状態（くすぶり）が認められたので、これら現象の取扱いについては今後の検討を要するといえる。

(1) 燃え止まりに関して

木質構造部材が耐火構造となるためには、燃え止まるか炭化を生じない必要がある。これまで、山



口ら(2002)がベイマツのエンジニアリングウッド(断面寸法550×550mm, 60分又は120分加熱)やケヤキ(Φ300mm, 60分加熱)ヒバ(150×150mm, 45分加熱)の製材で, その性状を調査した結果では, すべての場合において, 加熱終了後15分~30分程度で試験体表面の残炎は一旦消滅するものの, 炉を開放した時点で試験体表面から炎が立ち上がる再燃現象が見られている。また, 須藤ら(2003)のカラマツ集成材, スギ製材等に関する燃え止まりに関する研究では, 15分加熱ではすべて燃え止まっており, 20分加熱では, スギを除いて燃え止まりが観察されている。30分加熱では, いずれも燃え止まらなかった。

本研究では, H形鋼をベイマツで被覆した場合, 300×300×10/15及び, カラマツ被覆した場合, 250×250×9/14で60分加熱で燃え止まっている。カラマツ, ベイマツに関しては, これまで150×75×5/7, 300×300×10/15で燃え止まりが確認されており, スギ集成材被覆の場合は, いずれも燃え止まっていない。さらに, より小さい鋼材(T-75×75×5/7, H-100×50×4/6)を60mm厚のカラマツ集成材で被覆したものは, いずれも燃え止まっていない。これらの結果から,

- ① 30分以上の加熱では, ムクの集成材や製材は燃え止まらない。
- ② H型鋼等の鋼材に集成材を密実に被覆した仕様では, 60分加熱でも燃え止まる樹種はカラマツ及びベイマツ集成材被覆(厚さ50mm以上)で, 最小鋼材断面積約18cm<sup>2</sup>である。
- ③ スギ集成材で被覆した仕様では, これまで燃え止まりが確認されていない。

## おわりに

今回の研究で非加熱の小試験体及び加熱の実大試験体での加熱試験により, 木質複合構造の柱部材に対して1時間の耐火構造仕様を明らかにすることができた。実際の建物に用いる場合は, 国土交通大臣認定を取得する必要がある。

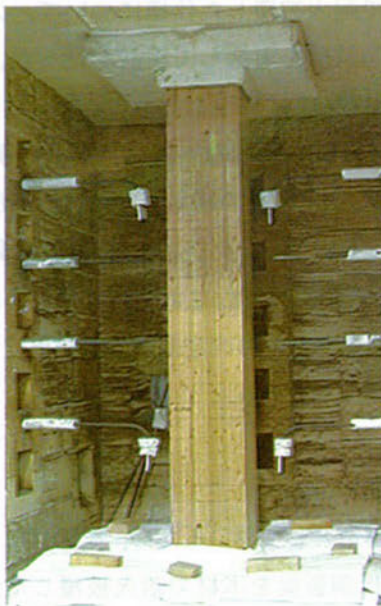
## 文 献

- 並木勝義・伊藤 久・佐藤暢也・片岡福彦. 2002. 木材被覆鋼材の耐火性能. 第52回日本木材学会大会研究発表要旨集, 401.
- 白岩昌幸・遊佐秀逸・増田秀昭・川合孝明・並木勝義・斉藤春重. 2004. 木質系構造の耐火性能に関する研究(その8) 燃え止まり柱部材の耐火性能. 2004年度大会(北海道)日本建築学会学術講演梗概集, 137-138
- 須藤昌照・山田 誠・宮林正行・吉川利文・中村賢一. 2003. 本質系構造部材の燃え止まりに関する研究. 2003年度大会(東海)日本建築学会学術講演梗概集, 323-324.
- 山口純一・村岡 宏・堀長 生・本間彰夫・菅原進一・田村政道. 2002. 大断面木材の加熱実験. 平成14年度日本火災学会研究発表会概要集, 510-511.
- 遊佐秀逸・増田秀昭・川合孝明・上杉三郎・並木勝義・斉藤春重. 2004. 木質ハイブリッド構造の耐火性能に関する研究(その4) 柱部材の耐火性能試験. 平成16年度日本火災学会研究発表会梗概集, 28-31.





接着状況



炉内設置状況



試験後の状況

写真-1. 載荷試験体