

木質複合構造の耐火性能に関する研究

(その6) 鋼製被覆型部材におけるボルト接合部の燃え止まり性状

Fire resistance of the hybrid wooden structure (VI)

Experimental results on fire resistance properties of bolted connections protected by wood for the steel structure.

遊佐秀逸¹⁾, 増田秀昭²⁾, 並木勝義³⁾,
川合孝明⁴⁾, 上杉三郎⁵⁾, 川北泰旦³⁾

Shuitsu Yusa, Hideaki Masuda, Yoshitomo Namiki,
Taka-aki Kawai, Saburo Uesugi, Hiroaki Kawakita

要旨: 木質系 1 時間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検討を行ってきたが、実際に建物を建てる場合は柱・梁等の接合部が生じる。そこで、現場での施工を対象とし、これまでに燃え止りが確認されている H150, H250, 及び H300 の鋼材に対するボルト接合部について、ボルト部座彫りの有無等が燃え止り性状に及ぼす影響について検討した。試験体は、H150 は座彫りなしのみ、H250 は座彫り有り及びなし、H300 は座彫り有りの 4 仕様について試験した。H300 座彫り有りでは、約 155 ~ 135 °C, H250 の座彫り有りでは、約 185 ~ 160 °C, 座彫りなしでは、約 130 °C, H150 座彫りなしでは、約 280 ~ 220 °Cであった。結果は 4 仕様すべてについて燃え止まりが確認され、H形鋼集成材被覆の工法でボルト部座彫り有無とも接合部なしと同様の燃え止り性状が確認された。

はじめに

燃え止り部材は、H形鋼等の鋼材を集成材の中を含む仕様である。実際に建物を建てる場合は、柱・梁等の接合部が生ずるのが一般的である。本報は現場での施工を対象とし、これまでに燃え止りが確認されている H150, H250, 及び H300 の鋼材に対するボルト接合部について、ボルト部座彫りの有無等が燃え止り性状に及ぼす影響について試験した結果について報告する。本報告は 2005 日本建築学会大会(近畿)で発表した内容を改変したものである。

実験概要

1 試験体

試験体の仕様を表-1 に示す。被覆に用いた集成材の樹種はカラマツであり、その密度は約 0.56 g/cm³, 含水率は 12.9 %である。集成材の製作、及び鋼材と集成材の接着にはこれまでと同様にレゾルシノールを

1) 財団法人 ベターリビングつくば建築試験センター

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

連絡先: 並木勝義 namiky00@pref.mie.jp

4) 株式会社 エーアンドエーマテリアル

5) 独立行政法人 森林総合研究所

用いた (Uesugi *et al* 2002, 並木ら 2002)。試験体概要を図-1 に示す。集成材の一般部の被覆厚さはこれまでに燃え止りが確認されている 60 mm とした。ボルト接合部のボルトナット位置の被覆は、基本的に座彫り有り、なしの 2 種類ともあらかじめいくつかのパーツに分けて製作し、接着剤を塗布して L クランプ等で固定する方法を採った。座彫りなし仕様は、概ねボルト頭部までの被覆厚とし、座彫りをする手間を省いたものであり、座彫り有り仕様に比べて被覆厚が薄くなり、内部空間は多くなっている。H150 は座彫りなしのみ、H250 は座彫り有り及びなし、H300 は座彫り有りのみとした。製作状況を写真-1 ~ 4-2 に示した。

表-1. 試験体仕様

No.	仕様			備考
	芯材	被覆材	試験体長さ (m)	
	形鋼断面	樹種		
1HCJ-1	H300×300×10/15	カラマツ集成材60mm	1.0	座彫りあり
1HCJ-2	H250×250×9/14	カラマツ集成材60mm	1.0	座彫りなし
1HCJ-3	H250×250×9/14	カラマツ集成材60mm	1.0	座彫りあり
1HCJ-4	H150×75×5/7	カラマツ集成材	1.0	座彫りなし

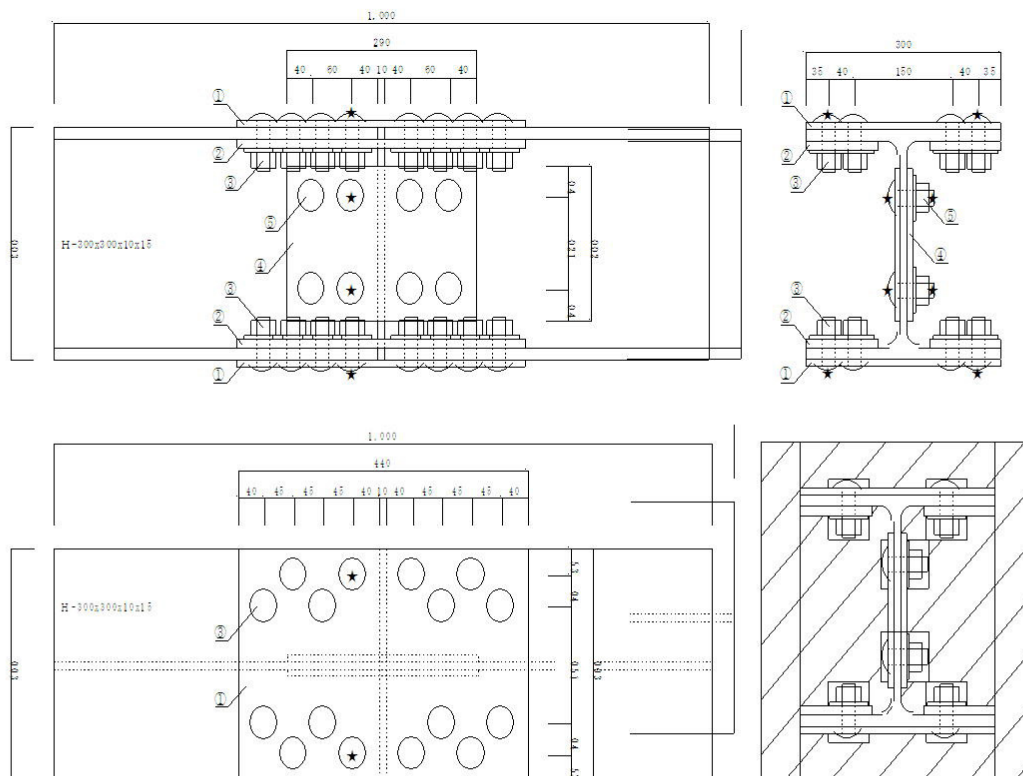


図-1. 試験体概要

2 実験方法

試験の方法は、長さ 1 m の柱モデル部材を建築研究所の水平炉に設置し、各指定性能評価機関が定める業務方法書に規定する耐火構造の試験方法に準拠する試験を基本とした。すなわち、ISO 834 に規定する標準加熱曲線に従って 1 時間の加熱を行い、加熱終了後送気状態での自然燃焼条件で 180 分の間炉内に放置して耐火性能を確認する方法を採った。試験時間は合計 240 分となる。加熱温度は ISO 834 に規定するプレート温度計により測定した。ここでは、炉内から試験体を取り出した後も部材の温度測定を継続して実施した。

実験結果及び考察

試験した 4 仕様はすべて燃え止った。炉内温度、及び試験体の鋼材部温度の測定結果を図-2 ~ 4 に示す。

表-2. 試験結果

No.	仕様			備考	試験結果	鋼材温度から推定した非線形損傷性能の有無	試験に関するコメント
	芯材 形鋼断面	被覆材 樹種	試験体長さ (m)				
1HCJ-1	H300×300×10/15	カラマツ集成材60mm	1.0	座彫りあり	1時間耐火性能あり (燃え止まる)	有 (155.2℃)	
1HCJ-2	H250×250×9/14	カラマツ集成材60mm	1.0	座彫りなし	1時間耐火性能あり (燃え止まる)	有 (132.6℃)	
1HCJ-3	H250×250×9/14	カラマツ集成材60mm	1.0	座彫りあり	1時間耐火性能あり (燃え止まる)	有 (184.8℃)	240分時点で、火気残存有り。
1HCJ-4	H150×75×5/7	カラマツ集成材	1.0	座彫りなし	1時間耐火性能あり (燃え止まる)	有 (281.1℃)	

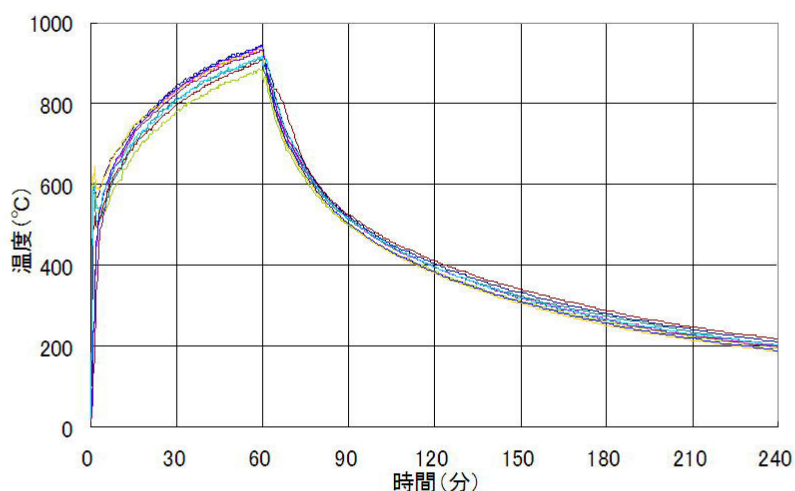


図-2. 炉内温度測定結果

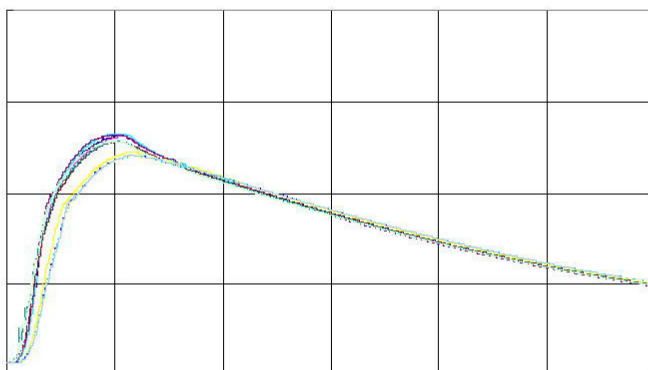


図-3. 鋼材温度 24 時間測定結果 (H250 座彫りなし)
(フランジ部, ウェブ部, フランジボルト部, ウェブボルト部)

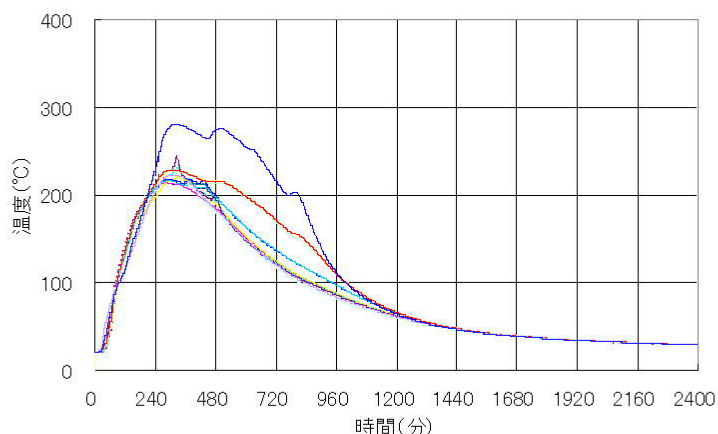


図-4. 鋼材温度 40 時間測定結果 (H250 座彫りなし)
(フランジ部, ウェブ部, フランジボルト部, ウェブボルト部)

4 仕様の中で最も断面積の大きい H300 座彫り有りでは、一般部の最高鋼材温度は約 155 °C、接合部ボルト位置で約 135 °Cであった。H250 の座彫り有りでは、一般部約 185 °C、ボルト位置で約 160 °Cであり、座彫りなしでは、一般部、ボルト位置とも約 130 °Cであった。H150 座彫りなしでは、一般部約 280 °C、ボルト位置で約 220 °Cであった。

鋼材温度が最も高くなったのは、断面積の最も小さい H150 の約 300 °C弱であった。これは、以前に実施した加熱試験の約 175 °Cと比べると 100 °C程度高くなっているが、この理由として、座彫りなしのため被覆厚が薄くなったことによるものと考えられる。ただし、鋼材に長期許容応力を加えた時の限界温度約 500 °Cと比べるとかなり余裕がある結果となっている。

今回の結果から、ボルト接合部において一般部と同様な 60 mm被覆厚でボルトナット部分を座彫りして

被覆厚を減じて、燃え止り性状が確保されることが明らかとなり、さらに、座彫りをせずにボルト部分を中空にしても、同様な性状を示すことが概ね確認されたといえる。これは、実際の施工時に、工期、作業コストの点で極めて有用であろう。

燃え止りという性状に関して、これまでに他の研究者による報告(山口ら 2002; 川合ら 2003; 須藤ら 2003; 遊佐ら 2003, 2005)も含めて整理すると表-3 及び表-4 のようになる。要するに、集成材又は製材に鋼材の挿入を行わない場合、カラマツ、スギ、ケヤキで 20 分以上の加熱時間では燃え止らず、これは断面寸法を大きくしても(最大 550 mm)同様だと思われる。鋼材を挿入した場合は、H150 × 75 以上、断面寸法 270 mm ~ 420 mm で 1 時間加熱しても燃え止ることが確認されている。

表-3. 燃え止まり性状の整理 (その 1)

試験体	断面寸法	ISO 834 加熱時間 (分)	現象	備考
カラマツ集成材	120×120	15	燃え止る	須藤ら
	240×240		燃え止る	同上
スギ集成材	120×120	15	燃え止る	同上
	240×240		燃え止る	同上
スギ製材	120×120	15	燃え止る	同上
	240×240		燃え止る	同上
カラマツ集成材	240×240	20	燃え止る	同上
スギ集成材	240×240	20	燃え止らず	同上
カラマツ集成材	360×360	30	燃え止らず	同上
	450×450	30	燃え止らず	同上
スギ製材	360×360	30	燃え止らず	同上
ヒバ製材	150×150	45	燃え止らず	山口ら
ベイマツ	550×550	60	燃え止らず	同上
ケヤキ	φ300	60	燃え止らず	同上

表-4. 燃え止まり性状の整理 (その 2)

試験体	断面寸法	ISO 834 加熱時間 (分)	現象	備考
H300×300×10/15+カラマツ集成材60mm	420×420	60	燃え止る	遊佐ら
H300×300×10/15+ベイマツ集成材60mm	420×420	60	燃え止る	同上
H300×300×10/15+ベイマツ集成材60mm	420×420	60	燃え止らず	同上
H250×250×9/14+カラマツ集成材60mm	370×370	60	燃え止る	同上
H150×75×5/7+カラマツ集成材60mm	270×270	60	燃え止る	同上
H150×75×5/7+ベイマツ集成材60mm	270×270	60	燃え止る	同上
H75×75×5/7+カラマツ集成材60mm	195×195	60	燃え止らず	同上
H100×50×4/6+カラマツ集成材60mm	220×220	60	燃え止らず	同上
ベイマツ	550×550	120	燃え止らず	山口ら
H250×250×9/14+ウェブ:不燃資材+ 発泡黒鉛シート1.5mm×2+ カラマツ集成材60mm	376×376	120	燃えつきるが 耐火性能有	大塚ら

今回の結果では、H形鋼集成材被覆の工法でボルト部座彫り有無とも接合部なしと同様の燃え止り性状を示した。燃焼状況等を写真5～8に示した。

おわりに

今回の試験により、ボルト接合部の燃え止り性状が概ね確認されたが、今後は今回とは異なる断面寸法の鋼材、カラマツ以外の樹種等に関してのデータ蓄積をすることが必要であろう。

謝 辞

本研究は、国土交通省国土技術政策総合研究所・独立行政法人建築研究所・財団法人日本建築センターが実施した、「木質複合建築構造技術の開発」防火分科会における研究の一環として実施されたものである。関係の皆様方に対し、心より感謝の意を表します。

文 献

- 川合孝明・遊佐秀逸・増田秀昭・上杉三郎・並木勝義. 2003. 木質ハイブリッド構造の耐火性能に関する研究(その3) 鋼製柱を木質系材料で耐火被覆した仕様について. 平成15年度日本火災学会研究発表会概要集, 114-117.
- 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.
- 須藤昌照・山田 誠・宮林正行・吉川利文・中村賢一. 2003. 木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.
- Uesugi, S. Harada, T. Namiki, Y. 2002. Fire resistance of sugi covering materials for structural steel. *Journal of Wood Science*, 48(4): 343-345.
- 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. 2003. 木質ハイブリッド構造の耐火性能に関する研究(その1)耐火構造の実験的確認方法. 平成15年度日本火災学会研究発表会概要集, 106-109.
- 遊佐秀逸・増田秀昭・川合孝明・上杉三郎・並木勝義. 2005. 木質系構造の耐火性能に関する研究(その14) 鋼材被覆型部材におけるボルト接合部の燃え止まり性状. 2005年度大会(近畿)日本建築学会学術講演梗概集, 119-120.

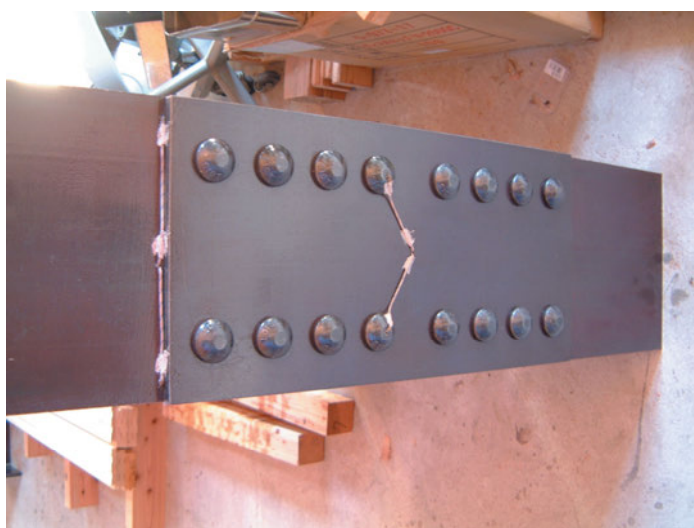


写真-1. 接合部鋼材の形状



写真-2. 座彫り有り仕様の集成材パーツ



写真-3. 座彫りなし仕様の集成材パーツ



写真-4-1. 接着状況



写真-4-2. 接着状況



写真-5. 燃焼試験前の状況



写真-6. 燃烧試験後の状況



写真-7. 接合部炭化収縮の状況



写真-8. 座彫りなし部燃烧の状況