

木質複合構造の耐火性能に関する研究

(その2) 鋼製柱を木質系材料で耐火被覆した仕様について

Fire resistance of the hybrid wooden structure (II)
A case study of steel columns protected by wooden materials

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

Shuitsu Yusa, Hideaki Masuda, Yoshitomo Namiki,
Taka-aki Kawai, Saburou Uesugi

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た。鋼製柱は300×300×10/15のH形鋼、及びそれより小断面である150×75×5/7のそれを集成材で密実に被覆したものを試験した。集成材はスギ、カラマツ、ベイマツの集成材を使用した。試験の結果、300×300及び150×75の鋼材断面に対して、ベイマツ、カラマツ被覆にあつては、耐火構造の性能を有することが確認されたが、スギにあつては、耐火構造の性能を確認することができなかった。

はじめに

本報告は、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、加熱終了後の構造安定性を確保する目的で検討したものである。ここでは、鋼製柱耐火構造試験時の標準試験体である300×300×10/15のH形鋼、及びそれより小断面である150×75×5/7のそれを集成材で密実に被覆したものを試験した結果について報告する。本報告は平成15年度日本火災学会研究発表会(増田ら 2003)及び2003日本建築学会大会(東海)(川合ら 2003)で発表した内容を改変したものである。

実験概要

1 試験体の仕様

試験体仕様を表-1に示す。上述の2種類のH形鋼に対して、ベイマツ集成材、スギ集成材及びカラマツ集成材をウェブまで密実に、厚さ60mmで隙間なく被覆したものである。接着はH形鋼にエポキシ樹脂接着剤をプライマー塗布した後、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試験体を作製した(Uesugi et al 2002, 並木ら 2002)。各集成材の密度、含水率を表-2に、試験体概要及び熱電対位置を図-1(大断面)及び図-2(小断面)に示す。

2 実験方法

試験は、建築研究所水平加熱試験炉を使用し、ISO834に準拠した標準加熱曲線で耐火1時間加熱を行った後、炉内に3時間放置した。加熱制御は、プレート温度計により行った。4時間の実験時間の

1) 財団法人 ベターリビングつくば建築試験センター 4) 独立行政法人 森林総合研究所
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

間、試験体の重量減少を計測し、その後、炉内から試験体を取り出し、鋼材温度の計測を鋼材温度の上昇がなく、室温に下降するまで実施した。

実験結果及び考察

炉内温度、試験体の鋼材温度の測定結果を図-3 及び図-4 に、重量減少速度は図-5 及び図-6 に示す。また、試験前及び試験後並びに燃え止まりの状況写真を写真-1、写真-2、写真-3 に示す。

表-1. 試験体仕様

試験体No.	芯材	被覆材
A-1	H形鋼 300×300×10/15	ベイマツ集成材 (60mm)
A-2		スギ集成材 (60mm)
A-3		カラマツ集成材 (60mm)
B-1	H形鋼 150×75×5/7	ベイマツ集成材 (60mm)
B-2		スギ集成材 (60mm)
B-3		カラマツ集成材 (60mm)

表-2. 集成材の密度と含水率

樹種	密度 (g/cm ³)	含水率 (%)
ベイマツ	0.51	12.8
スギ	0.39	12.0
カラマツ	0.56	11.5

1 時間加熱後 3 時間炉内に放置し、炉外に取り出した時点で燃焼が見られなかった。すなわち、燃え止まっていたのはベイマツ及びカラマツ集成材被覆の試験体の大断面及び小断面であった。この時の鋼材温度は、大断面にあつては最高 110~115℃程度で、240 分時点でほぼ一定な傾向を示しており、小断面にあつては 240 分時点で 175℃の値で上昇が止まりかけている。スギ集成材の大断面は取り出した後も燃焼・熱分解が進み、H 形鋼に数ミリメートル厚の炭化部分が残る形まで進行した。この時の鋼材温度の推移は、図-7 に示すように 290 分時に約 170℃の最高値を示した後、減少し、その後再度 1440 分時に約 180℃の最高値を示して減少し続けた。これによれば H 形鋼の鋼材耐力上は、崩壊温度約 500℃を基に判断すると問題ないといえる。

スギ集成材の小断面は、その重量減少測定を記録した図-8 に示すように、約 175 分時点で下部断面板が取り付け部の燃焼により落下し、柱の下部から燃焼が促進される現象が生じている。

図-3 に示す 180 分以降の温度上昇の増力は、この現象が影響していると考えられる。炉から取り出した後の温度測定記録図-9 によれば、300 分時点で鋼材温度が約 570℃以上となっているので、構造耐力上崩壊温度を越えている。

仮に下部断熱板が落ちなくても、このような性状を示すか否かの検討が必要であろう。

ベイマツ、カラマツ及びスギの密度は、それぞれ 0.51, 0.56 及び 0.39g/cm³ であるので、燃え止まりの可否に密度が影響していたことは十分考えられる。この他の性状も含めて燃え止まりの可否に影響する因子を挙げると、

- ①密度, ②含水率, ③年輪幅, ④ひび割れ等の欠陥, ⑤樹種 (樹脂成分量), ⑥鋼材の形状及び断面寸法等が考えられる。

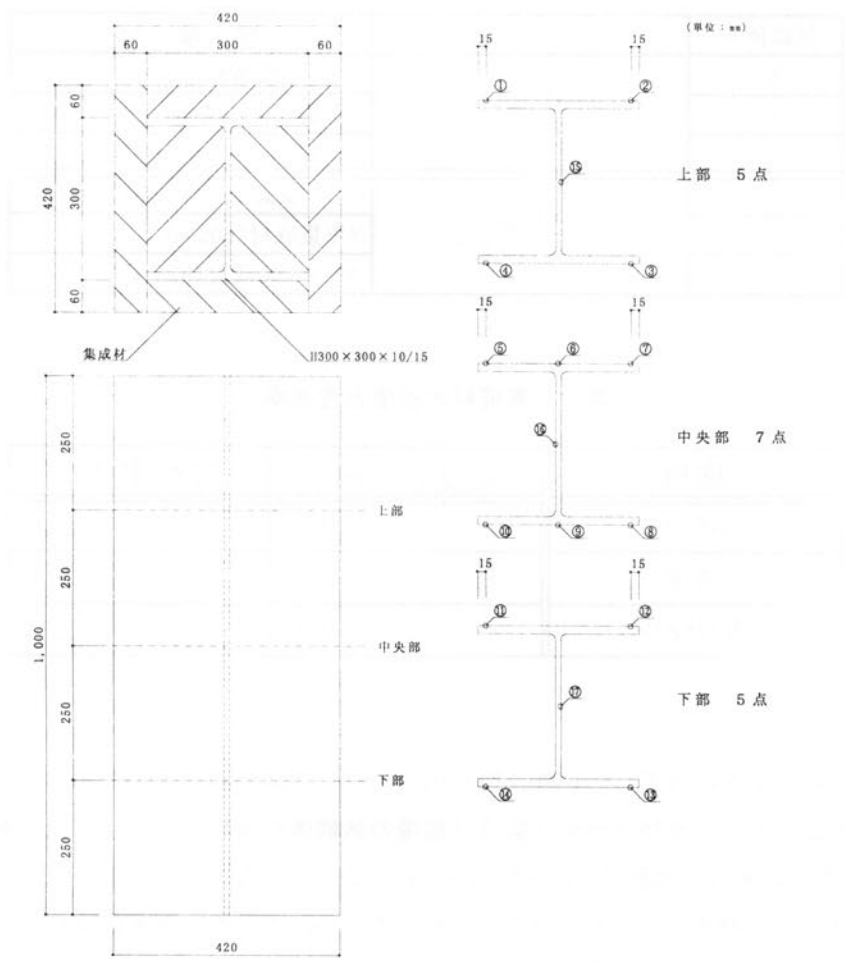


図-1. 試験体概要及び熱電対位置 (大断面)

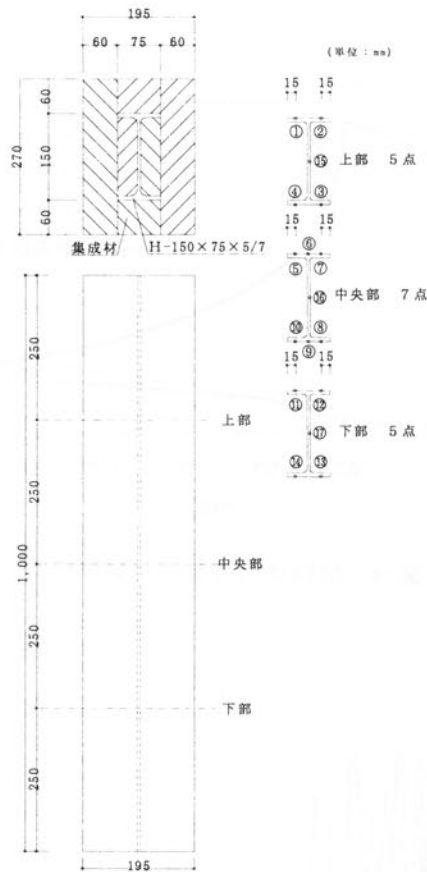


図-2. 試験体概要及び熱電対位置 (小断面)

木製柱を耐火被覆した仕様についての実験結果 (増田ら, 2003) では, コーナー部の熱浸入による燃え進み, 被覆材の亀裂 (加熱中及び冷却過程) 発生による燃え進み等が指摘されていると考えられるので, 今後, 上記の要因をできるだけ詳細に検討する必要があるだろう。

H 形鋼の小断面に関しては, 同一被覆で試験体を製作し, (財)日本建築総合試験所で加熱試験を実施した加熱長さ 4.3m の梁部材 2 体, 加熱長さ 3m の柱部材 2 体のすべてが燃え止まっているので, 少なくともベイマツ集成材被覆については, 燃え止まりが確定したと見られる。

カラマツ集成材については, 重量減少の性状すなわち燃焼の性状が, ベイマツのそれと

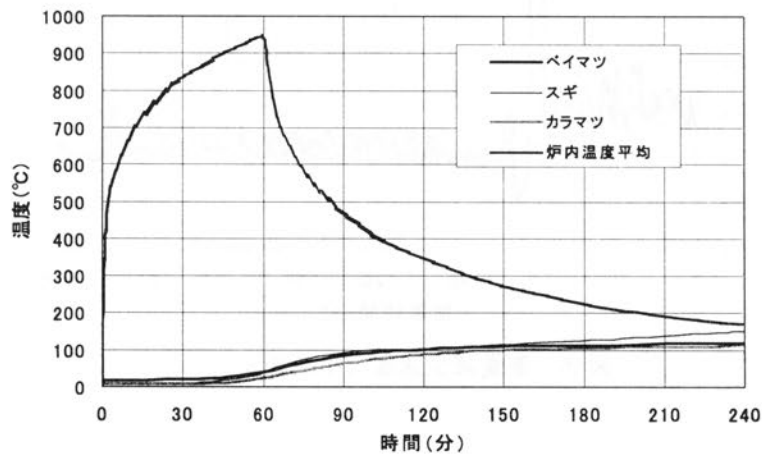


図-3. 試験体温度等 (大断面)

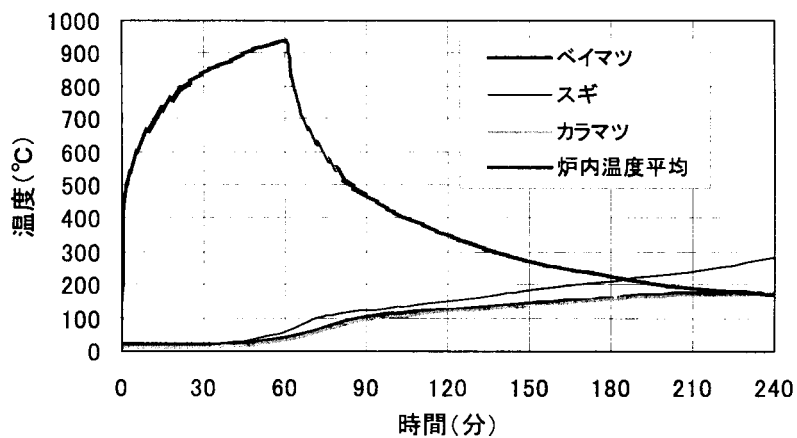


図-4. 試験体温度等 (小断面)

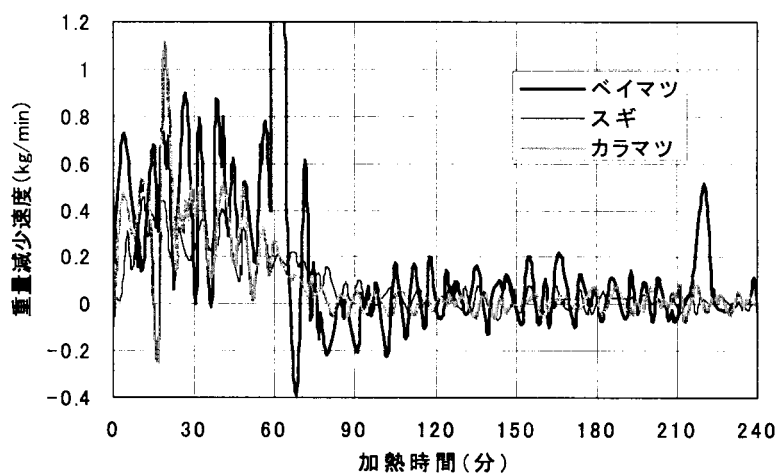


図-5. 重量減少速度 (大断面)

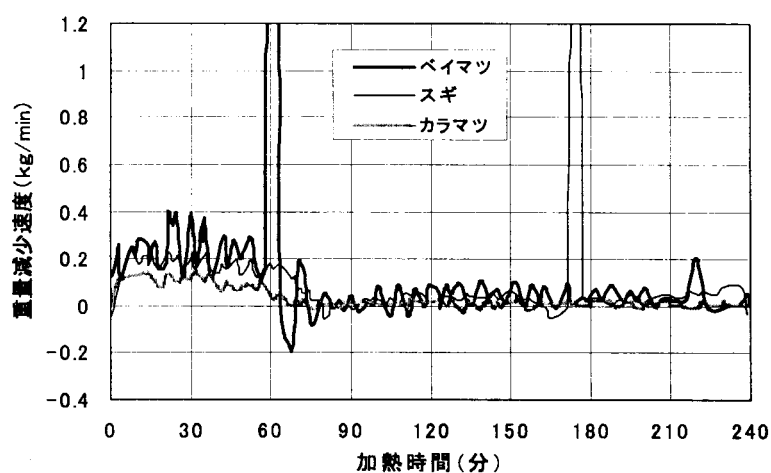


図-6. 重量減少速度 (小断面)

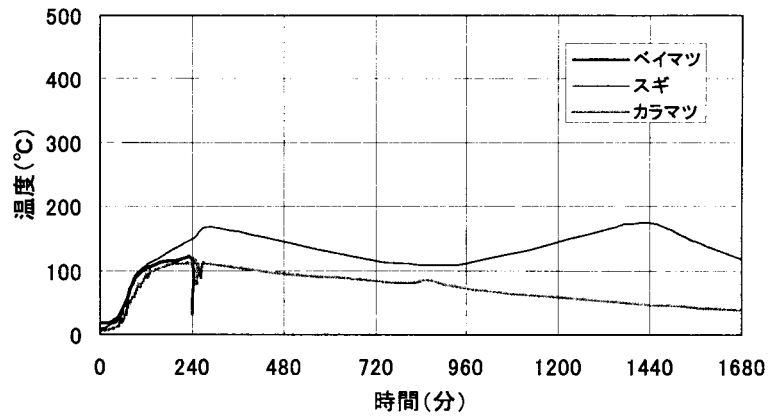


図-7. 鋼材温度推移 (大断面)

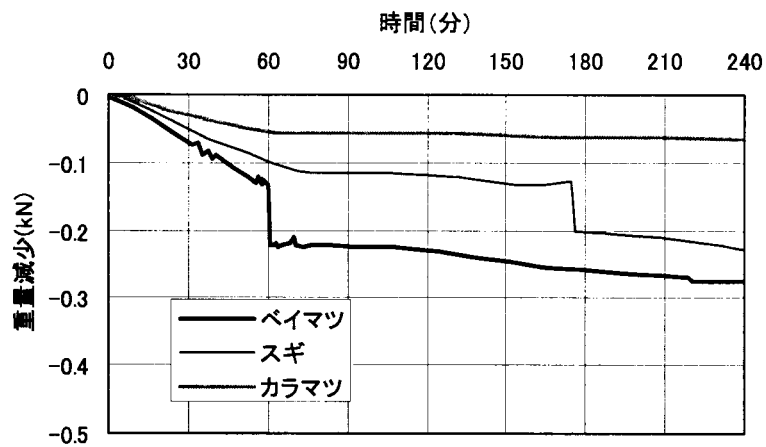


図-8. 重量減少記録 (小断面)

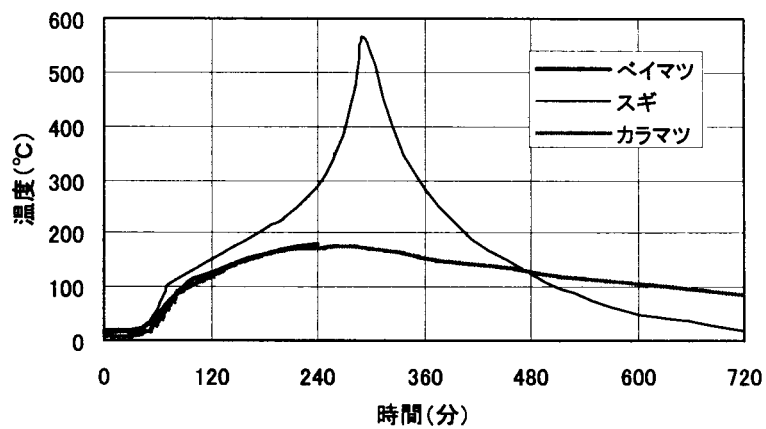


図-9. 鋼材温度推移 (小断面)

はやや差がある結果が得られた。ただし、大断面及び小断面のいずれもベイマツより小さいので、不利にはならないと考えられ、また鋼材温度の上昇傾向もほぼ一致していることから、概ね燃え止まり性能を有すると見てよいと考えられる。

鋼材断面の大小が燃え止まり性状に及ぼす影響は、今回の実験では明確な差異は見出せなかったが、鋼材温度の上昇値から見て、断面が大きいほど有利だと考えられる。

今回の試験結果の概要を整理すると、表-3 のようになる。

表-3. 試験結果の概要

H形鋼断面	被覆集成材 (厚さ60mm)	試験結果	鋼材温度から推 定した非損傷性 能力の有無	備 考
300×300×10/15	ベイマツ	燃え止まる	有	炉から出した時点で火気認められず。
150×75×5/7		燃え止まる	有	炉から出した時点で火気認められず。
300×300×10/15	スギ	燃え止まらず	有	炉から出した時点で有炎で燃焼継続。
150×75×5/7		燃え止まらず	無	炉内放置中に下部断熱板脱落する。炉外で燃え尽きる。
300×300×10/15	カラマツ	燃え止まる	有	炉から出した時点で約2cm角の火気が存在したが、その後燃え止まる。
150×75×5/7		燃え止まる	有	炉から出した時点で火気認められず。

以上の結果から H 形鋼を集成材で密実に被覆した部材の 1 時間耐火性能を整理すると以下のようになる。

- (1) 300×300 及び 150×75 の鋼材断面に対して、ベイマツ、カラマツ被覆にあつては、耐火構造の性能を有する。
- (2) 今回試験した密度 0.39g/cm³ のスギにあつては、耐火構造の性能を確認できなかった。

おわりに

今後の検討課題として、特にたわみを生ずる可能性のある梁の載荷加熱試験による燃え止まり性状の確認、柱・梁接合部の適切な被覆工法の開発、H 形鋼と集成材の構造的複合効果、鋼材断面寸法、集成材の密度等に関する検討等が挙げられる。

文 献

- 川合孝明・遊佐秀逸・増田秀昭・上杉三郎・並木勝義. 2003. 木質系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. 2003 年度大会 (東海) 日本建築学会学術講演梗概集, 114-117.
- 増田秀昭・遊佐秀逸・川合孝明・大塚健二・上杉三郎. 2003. 木質ハイブリッド構造の耐火性能に関する研究 (その 2) 木製柱を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, 110-113.
- 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.
- Uesugi, S. Harada, T. Namiki, Y. 2002. Fire resistance of sugi covering materials for structural steel. *Journal of Wood Science*. 48(4), 343-345.



ベイマツ スギ カラマツ

写真-1. 試験前後の試験体 (大断面)



ベイマツ スギ カラマツ

写真-2. 試験前後の試験体 (小断面)



大断面

小断面

写真-3. 燃え止まりの状況 (ベイマツ集成材)