

原 著

木質複合構造の耐火性能に関する研究
(その9) H形鋼梁構造のスギ材被覆による2時間耐火性能試験

Fire resistance of the hybrid wooden structure (IX)
Experimental results on two-hour fire resistance performance for steel beam
protected by Japanese cedar

並木勝義¹⁾, 遊佐秀逸²⁾, 中山伸吾¹⁾, 川北泰旦¹⁾,
片岡福彦³⁾, 中川祐樹³⁾, 吉川利文²⁾, 須藤昌照²⁾, 金城 仁²⁾

NAMIKI, Yoshitomo, YUSA, Shuitsu, NAKAYAMA, Shingo, KAWAKITA, Hiroaki,
KATAOKA, Fukuhiko, NAKAGAWA, Yuuki, YOSHIKAWA, Toshifumi, SUDO, Masateru and
KINJOH, Hitoshi

要旨 : 本報告は、スギ材を使用した2時間耐火構造の木質系梁部材の開発に関し、前々報(その7)の試験検討結果をふまえ、加熱時間終了近辺で鋼材の温度が急激に上昇する傾向の対策として、H形鋼柱をスギ集成材(厚さ100mm)・強化石膏ボード(厚さ21mm)・ステンレス鋼板(厚さ0.1mm)の複合構成で耐火被覆した仕様について検討した。本研究では、鋼製梁H-400×200×8×13mmのH形鋼梁の載荷加熱試験を195.9kNの荷重をかけた状態で実施した。試験結果は、試験体Aの最大たわみ量は制限値182.2mmに対し9.28mm、最大たわみ速度は制限値8.1mm/分に対し0.3mm/分、最大鋼材温度353.2℃、平均鋼材温度324.3℃であった。

試験体Bの最大たわみ量は9.74mm、最大たわみ速度は0.4mm/分、最大鋼材温度443.9℃、平均鋼材温度427.8℃であった。試験終了時、加熱範囲内のスギ集成材は試験体A、Bともすべて燃え尽きていたが、構造耐力上、支障のある変形、破壊等の損傷は認められず、本試験の仕様は2時間耐火構造としての耐火性能が充分にあることが確認された。

はじめに

本報告は、前々報(その7)で得られた結果を踏まえ、スギ材を使用した2時間耐火構造の木質系梁部材の開発に関し、H形鋼梁をスギ集成材・強化石膏ボード・ステンレス鋼板の複合構成で耐火被覆した仕様について、実大試験体による載荷加熱試験を実施して2時間の耐火性能の検討を行なったものである。ここでは、鋼製梁耐火構造試験時の標準試験体であるH-400×200×8×13mmのH形鋼の試験結果について報告する。本報告は前報(その8)同様、これまでのカラマツ集成材被覆の燃え止まり性状とは異なり(川合ら 2003a, 2003b ; 増田ら 2003, 2004 ; 遊佐ら 2003, 2004, 2005), 被覆材自体

¹⁾ 三重県科学技術振興センター林業研究部

²⁾ 財団法人 ベターリビングつくば建築試験センター

³⁾ 株式会社ジャパンテクノメイト

連絡先 : 並木勝義 namiky00@pref.mie.jp

は燃え尽きてしまうが鋼材温度がある一定より上昇せず、結果として非損傷性を有する工法である。なお、本報告は農林水産省委託事業「平成17年度先端技術を活用した農林水産研究高度化事業—スギ・ヒノキ材を使用した耐火性複合構造材の開発—」研究の一環として実施したものであり(遊佐ら 2006a, b ; 田坂ら 2006a, b), 平成18年度日本火災学会研究発表会(並木ら 2006a)及び2006日本建築学会大会(関東)(並木ら 2006b)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

試験体は幅454×高さ527×長さ6000mmのものを2体作製した。仕様はH-400×200×8×13mmのH形鋼に対して、被覆材として外側にスギ集成材(厚さ100mm)内側に強化石膏ボード(厚さ21mm)の二層構造被覆とし、耐火上弱点となるコーナー部と、強化石膏ボードの目地部分をステンレス鋼板(厚さ0.1mm)で補強した仕様とした。スギ集成材はこれまでの研究で使用したレゾルシノール系接着剤ではなく、水性高分子イソシアネートで接着したものをを用いた(並木ら 2002)。鋼材への取り付けは、栈木とL型金物を使用し、接着剤を使用せずすべてビス止めによる取り付けとした。栈木はウェブにスギ集成材の栈木(105×80mm断面)を1m間隔に取り付けた。従ってウェブ部分は栈木を除き中空となっている。集成材は密度0.32, 含水率9.9%のものを使用した。試験体の概要及び熱電対取り付け位置を図-1~3に、製作状況を写真-1に示す。

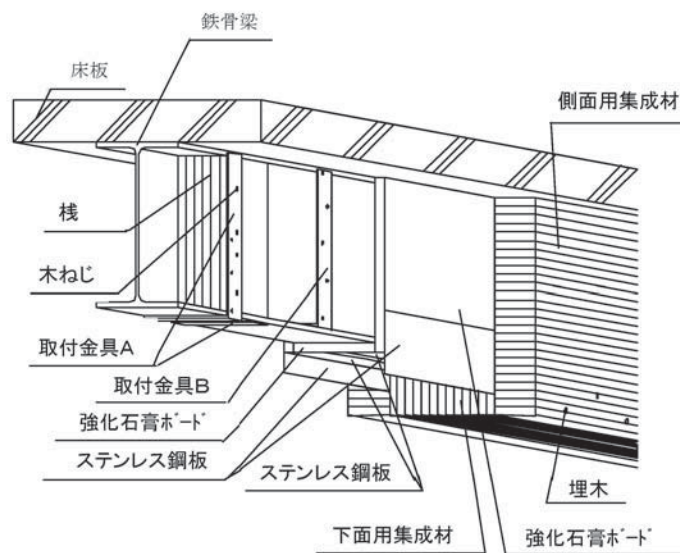


図-1. 透視図

2. 実験方法

試験は、財団法人ベターリビング筑波建築試験センターの水平炉を用いた荷重加熱試験とした。試験荷重は、鋼材の長期許容応力度に相当する荷重(195.9kN)とし、加熱はISO 834に規定する2時間の加熱を行った後、荷重をしたまま火気が認められなくなるまで(燃え尽きるまで)炉内に放置した。試験体のたわみは、加力点及び中央部の変位を変位計で測定した。鋼材温度の測定は「防耐火性能試験・評価業務方法書」に規定する荷重加熱試験では不要であるが、参考値として3断面で計測した。

実験結果及び考察

実験結果を表-1に示す。また、試験体A, Bそれぞれの加熱温度測定結果、鋼材温度測定結果、軸方向収縮量測定結果と時間の関係を図-4, 5に示す。試験時間は試験体Aは23時間、試験体Bは26時間であった。

試験前と試験開始直後の状況を写真-2に、試験後の状況を写真-3示す。

表-1. 実験結果の概要

項目	試験体 A			試験体 B		
	A断面	B断面	C断面	A断面	B断面	C断面
加熱時間(分)	120			120		
最大鋼材温度(°C)	353.2	349.7	251.4	386.7	365.7	443.9
最大時の時間(分)	1123	1133	1110	984	1095	1324
平均鋼材温度(°C)	323.4	324.3	241.4	368.5	354.1	427.8
荷重加重(kN)	195.9			195.9		
最大たわみ量(mm)	9.28			9.74		
たわみ速度(mm/分)	0.3			0.4		

試験体Aの最大たわみ量は制限値182.2mmに対し9.28mm、最大たわみ速度は制限値8.1mm/分に対し0.3mm/分、最大鋼材温度353.2°C、平均鋼材温度324.3°Cであった。

試験体Bの最大たわみ量は制限値182.2mmに対し9.74mm、最大たわみ速度は制限値8.1mm/分に対し0.4mm/分、最大鋼材温度443.9°C、平均鋼材温度427.8°Cであった。

試験終了時、加熱範囲内のスギ集成材は試験体A, Bともすべて燃え尽きていたが、構造耐力上、支障のある変形、破壊等の損傷は認められなかった。

以上の結果から本試験の仕様は2時間耐火構造としての耐火性能試験の合格基準を充分満足しているものと考えられる。

今回の試験体の仕様は図-4, 5で明らかなように、木材による断熱(図中A)が一定時間継続し、木材の性能が無くなると強化石膏ボードが能力を発揮する、石膏の結合水の蒸発温度である100°C近くまで鋼材温度は徐々に上昇し、100°C程度の状態を結合水が無くなるまで一定時間継続している(図中B)。強化石膏ボードの性能が無くなると鋼材温度は再び上昇を始め、燃え残った炭化層が灰化する過程で放出する熱量及びウエブに取り付けた棧の燃焼による熱量と、鋼材の熱容量とのせめぎあいとなり、試験終了時まで鋼材が熱破壊する温度を超えなければ耐火性能を有することになる。したがって当該研究の仕様は耐火2時間の性能を有しているといえる。

おわりに

これまでの研究ではカラマツ、ベイマツを使用した燃え止まり型タイプの研究を多く実施してきたが、今回の研究により、日本の主要な森林資源であるスギ材の使用を可能とする、2時間耐火の梁材について、燃え尽き型タイプとしての複合構成を明らかにすることができた。今後、さらに多くの断面形状及び国産材のヒノキについても検討を進める必要があるだろう。

なお、本報告の仕様は2006年4月スギ材を使用した2時間耐火構造の梁として全国初の国土交通大臣の認定を得ている。

謝 辞

本研究の実施に当たり、強化石膏ボードに関する予備実験にご協力いただきました、チヨダウーテ株式会社開発本部の皆様方に対し、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. 2003b. 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.
- 川合孝明・遊佐秀逸・増田秀昭・上杉三郎・並木勝義. 2003b. 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.
- 増田秀昭・遊佐秀逸・川合孝明・上杉三郎・並木勝義. 2004. 木質ハイブリッド構造の耐火性能に関する研究(その5)梁部材の載荷加熱試験. 平成16年度日本火災学会研究発表会梗概集. 32-35.
- 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.
- 並木勝義・遊佐秀逸・吉川利文・須藤昌照・金城 仁. 2006a. 木質系構造の耐火性能に関する研究(その24)H形鋼梁鋼構造のスギ材被覆による2時間耐火性能試験. 2006年度大会(関東)日本建築学会学術講演梗概集, 65-66.
- 並木勝義・遊佐秀逸・中山伸吾・川北泰旦・片岡福彦・中川祐樹・吉川利文・須藤昌照・金城 仁. 2006b. 木質ハイブリッド構造の耐火性能に関する研究(その13)H形鋼梁鋼構造のスギ材被覆による2時間耐火性能試験. 平成18年度日本火災学会研究発表会梗概集. 54-57.
- 田坂茂樹・遊佐秀逸・並木勝義. 2006a. 木質系構造の耐火性能に関する研究(その23)H形鋼柱鋼構造のスギ材被覆による1時間耐火性能試験. 2006年度大会(関東)日本建築学会学術講演梗概集, 63-64.
- 田坂茂樹・遊佐秀逸・並木勝義・中山伸吾・川北泰旦・片岡福彦・中川祐樹. 2006b. 木質ハイブリッド構造の耐火性能に関する研究(その12)H形鋼柱鋼構造のスギ材被覆による1時間耐火性能試験. 平成18年度日本火災学会研究発表会梗概集. 50-53.

- 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.
- 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.
- 遊佐秀逸・吉川利文・須藤昌照・金城 仁・並木勝義・増田秀昭. 2006b. 木質系構造の耐火性能に関する研究(その22)鋼構造の燃え尽き型木材被覆による耐火性能の確保. 2006年度大会(関東)日本建築学会学術講演梗概集, 61-62.
- 遊佐秀逸・吉川利文・須藤昌照・金城 仁・並木勝義・中山伸吾・川北泰旦・片岡福彦・中川裕樹. 2006a. 木質ハイブリッド構造の耐火性能に関する研究(その11)鋼構造の燃え尽き型木材被覆による耐火性能の確保. 平成18年度日本火災学会研究発表会梗概集. 46-49.

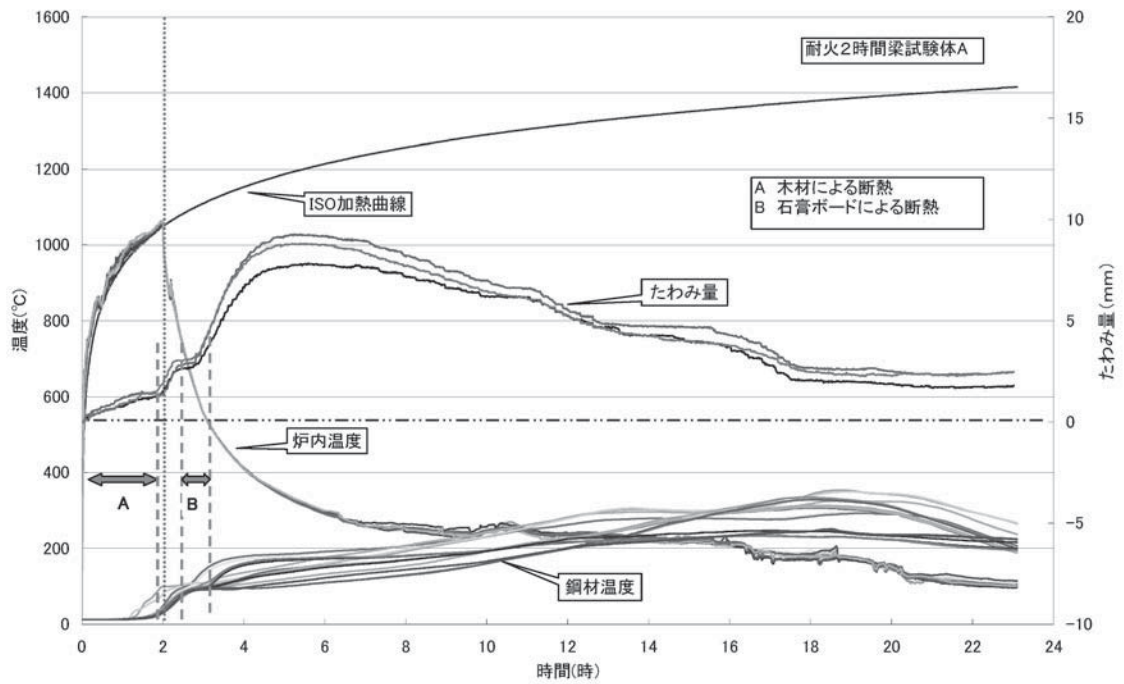


図-4. 加熱温度・鋼材温度・鋼材温度と時間の関係 (試験体 A)

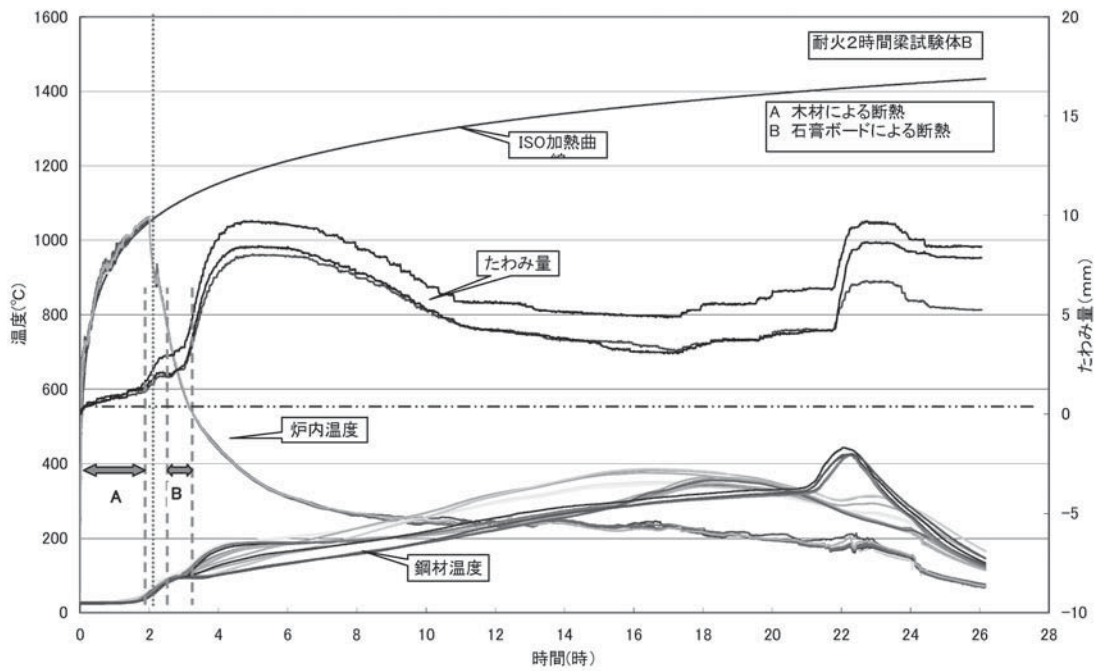


図-5. 加熱温度・鋼材温度・鋼材温度と時間の関係 (試験体 B)



写真-1. 製作状況



写真一2. 試験前と試験開始直後の状況



写真-3. 試験後の状況