

## 木質複合構造の耐火性能に関する研究

### (その5) 2時間耐火性能を有する柱部材試験

Fire resistance of hybrid wooden structure (V)  
Experiments on 2 hours fire resistance of the column

遊佐秀逸<sup>1)</sup>, 増田秀昭<sup>2)</sup>, 並木勝義<sup>3)</sup>, 大塚健二<sup>5)</sup>,  
川合孝明<sup>2)</sup>, 斉藤春重<sup>4)</sup> 戸野正樹<sup>5)</sup>

Shuitsu Yusa, Hideaki Masuda, Yoshitomo Namiki, Kenji Otsuka,  
Taka-aki Kawai, Harushige Saito, Masaki Tono

要旨：木質系2時間耐火構造を開発するため、鋼製柱を木材、発泡黒鉛シート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3.3mのH形鋼を使用し、木材はカラマツ集成材を使用した。ウェブ部分は、集成材で密実にした仕様と、木片・炭・セメント材で密実にした仕様の2種類で試験した。試験の結果、ウェブ部分を集成材で密実にした仕様については耐火2時間の性能は認められなかったが、木片・炭・セメント材で密実にした仕様については耐火2時間の性能が認められた。

#### はじめに

本報告は、木質系2時間耐火構造を開発するため、鋼製柱を木材、発泡黒鉛シートで耐火被覆した仕様(遊佐ら 2004)について、火災時の耐火性及びに火災終了後の構造の非損傷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250×250×9/14のそれを集成材及び発泡黒鉛シートで被覆した仕様について報告する。本報告は2004日本建築学会大会(北海道)(大塚ら 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(3体)と荷加熱試験用(1体)の2種類とした。前者は小試験体とし、鋼製柱は300×300×10/15、長さ1mで、ウェブ部分は、集成材で密実にした仕様1体(試験体No.1)と、木片・炭・セメント材で密実にした仕様(写真-2)2体(試験体No.2,3)、後者は実大試験体とし、鋼製柱は250×250×9/14、長さ3.3mで、ウェブ部分を木片・炭・セメント材で密実にした仕様1体(試験体No.4)を使用し、その周りを発泡黒鉛シートで被覆し(写真-3)、その上を厚さ60mmのカラマツ集成材で被覆したもの(写真-4)を試験した。

発泡黒鉛シート及び集成材の接着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、

- |                            |                      |
|----------------------------|----------------------|
| 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            | 5) 積水化学工業(株) FP事業推進部 |
| 3) 三重県科学技術振興センター林業研究部      |                      |



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）。木片・炭・セメント材は、鋼材表面にエポキシ系プライマーを塗布した後、流し込み成形した。試験体の被覆仕様の一覧を表-1に、各被覆仕様の模式図を図-1に示す。

表-1. 被覆仕様の一覧

| 試験体  | 鋼材サイズ           | 試験体長 (mm) | 発泡黒鉛シート |      | 集成材  | ウェブ挿入部材   | 試験炉      |
|------|-----------------|-----------|---------|------|------|-----------|----------|
|      |                 |           | ウェブ     | フランジ |      |           |          |
| No.1 | H-300×300×10/15 | 1000      | 2重      | 2重   | カラマツ | カラマツ集成材   | 建築研究所    |
| No.2 | H-300×300×10/15 | 1000      | 2重      | 2重   | カラマツ | 木片・炭・セメント | 積水化学工業   |
| No.3 | H-300×300×10/15 | 1000      | 1重      | 1重   | カラマツ | 木片・炭・セメント | 積水化学工業   |
| No.4 | H-250×250×9/14  | 3300      | 1重      | 2重   | カラマツ | 木片・炭・セメント | 建材試験センター |

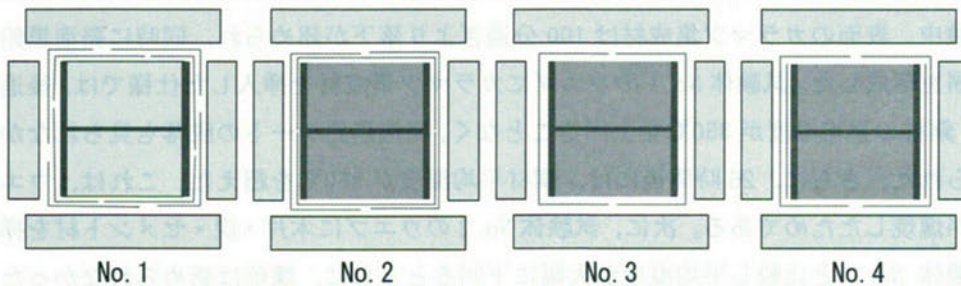


図-1. 被覆仕様の模式図

### 耐火被覆材の仕様

#### (1) 発泡黒鉛シート

発泡黒鉛シートは熱膨張性黒鉛、充填材、樹脂成分等を主成とし、厚さ数mm程度の極めて薄い厚さで施工され、火災時の火炎及び熱気流等に曝されると200℃近辺の温度環境で発泡して厚い断熱層を形成する。施工時には柔軟性に富むとともに、ガラスクロス層が挿入され強度が補われており、火災時の気流に曝されても崩れることなく断熱層が保持される。（写真-1）

#### (2) 木材

木材はカラマツ集成材で、含水率は11.2%、比重は0.51のものを使用した。

#### (3) 木片・炭・セメント材

木片・炭・セメント材はスギ間伐材の製紙用チップと、炭（粉粒炭）をセメントで成型した材料で、軽量化が図れると共に、釘やビスが容易に施工できる材料である。材料の混合割合はそれぞれ比重が大きく相違するため体積比を採用し、木片2～4：炭2：セメント1の割合で混合した。比重は0.9程度である。



写真-1. 発泡黒鉛シートの発泡前と後



## 試験方法

試験は建築研究所水平加熱試験炉，積水化学工業水平加熱試験炉及び，建材試験センター柱載荷加熱試験炉を用い，IS0834に準拠した耐火2時間加熱の後，6時間炉内で自然燃焼状態にし，その後一昼夜放置した。また，試験体 No. 1, 2, 3 は無載荷とし，試験体 No. 4 は載荷加熱試験で行った。H型鋼には，被覆を施工する前に熱電対を配して，鋼材の温度履歴を測定した。

載荷加熱用試験体の載荷荷重は柱材の長期（座屈）許容応力度に相当する荷重を載荷した。なお，載荷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載荷を継続した。

## 実験結果及び考察

### (1) ウェブ部の被覆材の違いによる特性

耐火試験結果の一覧を表-2に，試験体 No. 1 の鋼材温度データを図-2に，試験前後の写真を写真-5に示す。試験中，表面のカラマツ集成材は100分過ぎより落下が認められ，同時に発泡黒鉛シートが発泡し断熱層を形成した。試験体 No. 1 のウェブにカラマツ集成材を挿入した仕様では，後追い終了時点において，鋼材の平均温度が350℃を上回ることなく，発泡黒鉛シートの脱落も見られなかったが，燻焼が認められた。さらに，26時間後には，鋼材平均温度が350℃を超えた。これは，ウェブのカラマツ集成材が燻焼したためである。次に，試験体 No. 2 のウェブに木片・炭・セメント材を挿入した仕様では，試験体 No. 1 と比較し平均温度が大幅に下回るとともに，燻焼は認められなかった。写真-6に試験後の状態を示す。試験体 No. 2 において，燻焼が生じなかったのは，木片・炭・セメント材が，カラマツ集成材に比較して防火性が高く，燻焼にまで至らなかったためと考えられる。

### (2) 発泡黒鉛シートの被覆仕様による特性

試験体 No. 3 では，現場の施工性を考慮して，発泡黒鉛シートの貼付を1重にした。写真-7に試験後の写真を示す。試験後，ウェブ部の発泡黒鉛シートが開き，木片・炭・セメントが露出していたが，鋼材平均温度は350℃を下回った。これらの結果より，発泡黒鉛シートの仕様をフランジ部が2重，ウェブ部が1重とし載荷加熱試験を実施した。なお，フランジ部を2重にするのは，鉄骨の温度上昇を抑制するためである。試験は建材試験センターの柱載荷加熱試験炉を使用し，載荷荷重は1221kNで載荷加熱試験を実施した。試験時の変位を図-3に，試験前後の写真を写真-10に示す。結果，鋼材は座屈せず，且つ鋼材の平均温度も350℃以下となり，燻焼も認められなかった。

表-2. 試験結果一覧

| 試験体  | 燻焼の有無 | 平均温度(°C)<br>(記録時間(分)) | 最高温度(°C)<br>(記録時間(分)) |
|------|-------|-----------------------|-----------------------|
| No.1 | 有り    | 386(2114)             | 574(2080)             |
| No.2 | 無し    | 221(161)              | 400(140)              |
| No.3 | 無し    | 317(148)              | 529(145)              |
| No.4 | 無し    | 245(159)              | 354(139)              |



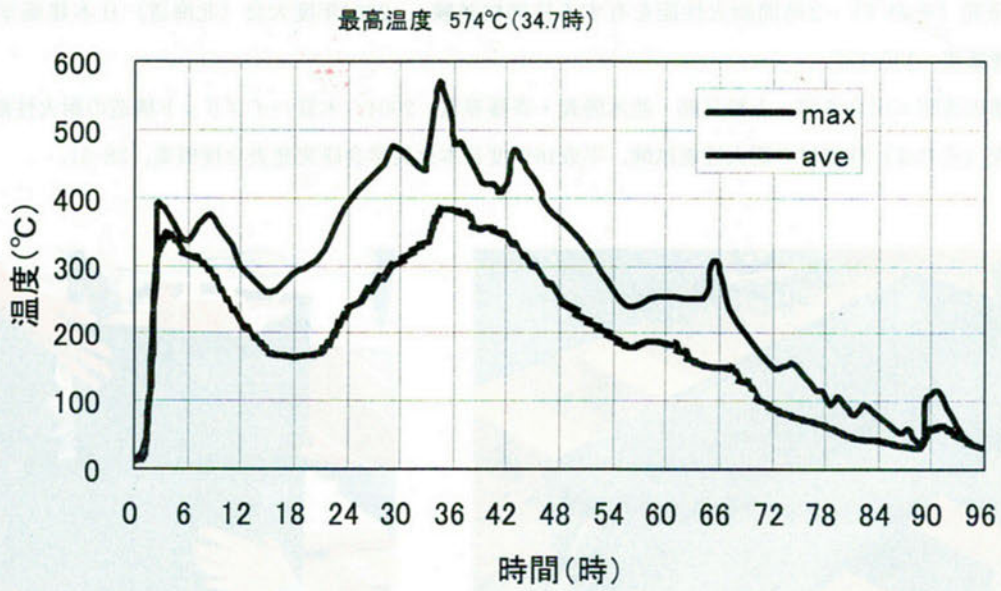


図-2. No. 1 の鋼材温度

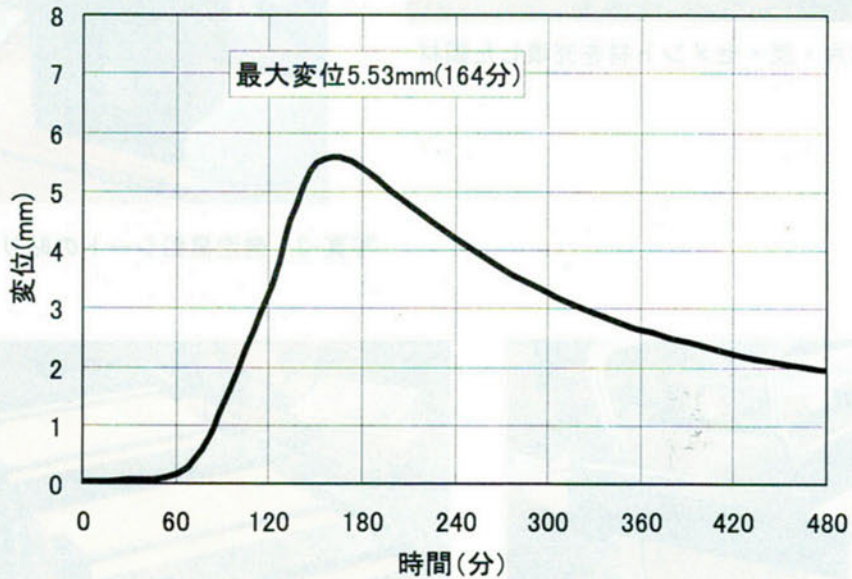


図-3. No. 4 の試験時の変位

### まとめ

今回の研究では、H型鋼にウェブ部分に木片・炭・セメント材を充填、その外側に発泡黒鉛シートを被覆、最外側にカラマツ集成材を被覆した仕様について、耐火2時間の性能を有することが検証された。

### 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.



大塚健二・遊佐秀逸・増田秀昭・川合孝明・斉藤春重・戸野正樹・並木勝義. 2004. 木質系構造の耐火性能に関する研究(その7)-2時間耐火性能を有する柱部材試験-. 2004年度大会(北海道)日本建築学会学術講演梗概集, 135-136.

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.



写真-2. 木片・炭・セメント材を充填した鋼材



写真-3. 発泡黒鉛シートの貼り付け状況



写真-4. 試験体の接着状況





写真-5. No. 1 の試験前後の写真



写真-6. No. 2 の試験後の写真



写真-7. NO. 3 の試験後の写真





写真-8. No. 4 木材の燃焼状況



写真-9. 木材が燃焼し内部が発砲している状況



写真-10. No. 4 の試験前後の写真