

標準火災加熱を受ける構造用集成材の変形挙動および破壊時間  
その2 スギ構造用集成材による梁の載荷加熱実験結果

正会員 ○堀尾 岳成\*1 同 片岡 辰幸\*4  
同 五十嵐 樹\*2 同 染谷 朝幸\*5  
同 馬場 重彰\*3 同 平島 岳夫\*2

スギ 梁 破壊性状  
破壊時間 たわみ挙動 耐火性

## 1. はじめに

本報では、前報に引き続き、スギ構造用集成材はりの載荷加熱実験の結果について報告する。

## 2. 載荷加熱実験におけるたわみおよび破壊時間

今回実施した全ての実験における破壊性状および破壊時間の一覧を表1に示す。今回の実験では加熱中に破壊した試験体はなかった。また、試験体①および試験体⑥は加熱終了後も加熱時間の3倍以上、長期許容荷重を保持する結果であった。これらの実験結果について、実験条件毎に比較した結果を以下に示す。

## 2.1 荷重比

荷重比の違いによるたわみ比較結果を図1~2に示す。図1より、試験体③は加熱直後からたわみが進行し、加熱終了後からたわみが急増して加熱開始から93分後に破壊に至った。試験体④及び⑤は、放冷過程における試験体表面の燃焼による断面内部の温度上昇<sup>1)</sup>および梁断面の焼損より曲げ剛性が低下することでたわみが進行して破壊に至った。

図2より、試験体②は加熱終了後の放冷過程においてもたわみは進行するものの、加熱開始より480分からたわみの進行がほぼ横ばいとなった。加熱時間が30分と短いため、試験体表面の燃焼が抑えられ、断面内部の温度上昇も低く<sup>1)</sup>、たわみの進行も抑えられたと考えられる。その後、加熱開始から720分に荷重を漸増させ破壊させた。試験体②については燃え止まりが確認された。一方、試験体①は加熱終了後もたわみは緩やかに進行し、加熱開始から360分に荷重が少し抜ける現象が生じた。そして604分に荷重が急激に抜け、たわみが一気に増大し破壊に至った。

荷重比が異なることで、加熱中から徐々にたわみの進行に差が生じ破壊に至る時間に差が生じた。

## 2.2 加熱時間

加熱時間の違いによる比較結果を図3に示す。試験体①は試験体③と比較すると、加熱開始30分までは同じたたわみ挙動を示しているが、加熱終了後のたわみの進行は穏やかになり、加熱開始から604分にて破壊に至った。一方で試験体③は、加熱終了後もたわみは収まらずに破壊に

至った。また、試験体⑦と試験体⑧の比較においても同様の傾向がみられ、たわみは破壊に至るまでほぼ直線的に増加した。

加熱時間が長くなると、加熱中から放冷後の自己燃焼による断面焼損が進行し、たわみが増加して破壊に至る。一方で加熱時間が短く、放冷過程での自己燃焼が抑えられた場合においても、その後の放冷過程における断面内部の温度上昇によって破壊に至る<sup>2)</sup>。

## 2.3 断面寸法

断面寸法の違いによる比較結果を図4に示す。試験体⑥は試験体③に比べて加熱中から加熱終了後の放冷過程においてたわみが緩やかに進行している。断面寸法が大きくなることで、断面内部の温度上昇も穏やかになる。加熱から放冷過程での自己燃焼による断面焼損の割合が小さくなるため、残存断面の剛性低下が抑えられ、たわみの進行に差が生じている。

試験体③は準耐火1時間の性能を満足し、試験体⑥は耐火1時間に要求される最低限の性能を満す結果であった。

## 3. 破壊性状

試験体の破壊状況の一例を写真1~2に示す。試験体③は等曲げ区間内側の梁下端のラミナ破断を起点に亀裂が生じ、梁長さ方向に大きく破断していた。この状況から曲げ破壊と判断した。

試験体①は炉壁境界付近の梁下端から大きな亀裂が生じ梁長さ水平方向に伸びている。破壊断面を確認したところ、図心軸付近に年輪に沿うずれが確認された。

今回の実験結果より、加熱時間が短く加熱終了後の放冷過程での試験体表面の自己燃焼および断面内温度の上昇が抑えられ場合や梁端部において自己燃焼が継続した場合はせん断破壊に至る可能性がある。

表1 破壊性状および破壊時間一覧

試験体 No.	断面寸法 (mm)	加熱時間 (分)	荷重比	破壊時間 (分)	破壊荷重 (kN)	破壊性状
①	420 × 210	30	1	604	52.1	せん断破壊
②			2/3	※734	79.8	せん断破壊
③		60	1	93	52.1	曲げ破壊
④			2/3	144	34.8	曲げ破壊
⑤			1/3	284	17.4	曲げ破壊
⑥	600 × 360	60	1	287	176.1	曲げ破壊
⑦			2/3	619	117.4	曲げ破壊
⑧		90	286	117.4	曲げ破壊	

※加熱開始から12時間後に荷重を漸増させて破壊した。

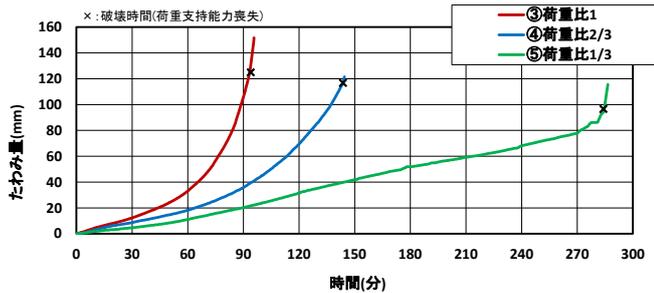


図1 荷重比による比較、210 mm×420 mm、1H

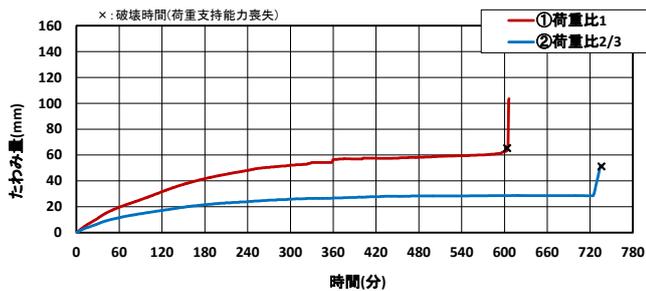


図2 荷重比による比較、210 mm×420 mm、0.5H

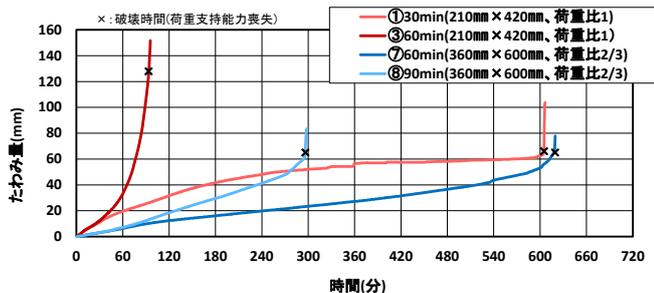


図3 加熱時間による比較

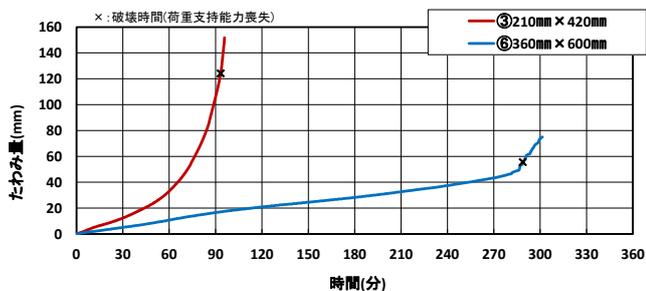


図4 断面寸法による比較、1 H、荷重比 1

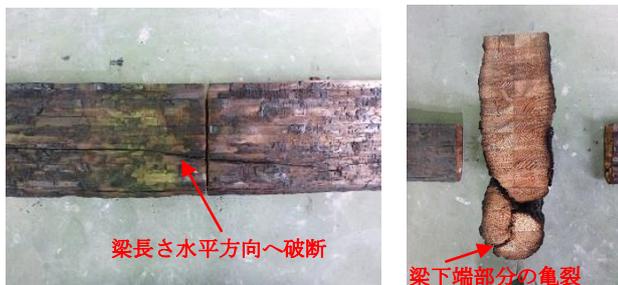


写真1 試験体③の破壊状況



写真2 試験体①の破壊状況

#### 4. まとめ

本研究では、スギ構造用集成材による梁の荷重加熱実験を行い、以下の知見を得た。

- (1) 試験体③は加熱開始直後からたわみが進行し、加熱終了後の93分で破壊に至ったが、荷重比を下げた試験体④および試験体⑤は加熱開始から破壊に至るまで徐々にたわみが進行していった。荷重比の違いにより、加熱開始からのたわみの進行に差が生じた。
- (2) 加熱時間30分の試験体①は604分で破壊に至った。試験体③と比較すると加熱終了後の放冷過程において、たわみが穏やかに進行していた。加熱時間が長くなると、加熱終了後の放冷過程においてたわみの進行が増加する。
- (3) 断面寸法を大きくすることで、断面内部の温度上昇も穏やかになり、自己燃焼による断面焼損の割合が小さくなるため、残存断面の剛性低下によるたわみの進行を抑えられる。
- (4) 試験体③は準耐火1時間の性能を満たし、試験体⑥は耐火1時間に要求される最低限の性能を満たす結果であった。
- (5) 加熱時間が短く放冷後の試験体表面の自己燃焼および断面内温度の上昇が抑えられた場合や梁端部において自己燃焼が継続した場合はせん断破壊に至る可能性がある。

#### 【謝辞】

本研究では、試験体製作において(株)東亜理科に多大なるご協力を頂きました。ここに感謝の意を表します。

#### 【参考文献】

- 1) 野中峻平 他：標準火災加熱を受ける構造用集成材の断面内温度および炭化性状 その2 スギ構造用集成材による梁の加熱実験結果、平成30年度日本火災学会研究発表会梗概集、2018.5 (投稿中)
- 2) 金城仁 他：標準火災加熱を受けたカラマツ集成材梁の放冷過程におけるたわみ挙動および耐力 構造用集成材梁の耐火性に関する研究 その2 日本建築学会構造系論文集、Vol.81, No.726 pp.1355-1361, 2016.8

\*1 ベターリビング

\*2 千葉大学

\*3 大成建設

\*4 日本集成材工業協同組合

\*5 日建設計

\*1 Center for Better Living

\*2 Chiba University

\*3 Taisei Corporation

\*4 Japan Laminated Wood

Products Association

\*5 Nikken Sekkei