

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6 カラマツ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 清水 邦夫\*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

カラマツ 梁 破壊性状  
破壊時間 たわみ挙動 耐火性

### 1. はじめに

昨年度報告した「その2 スギ構造用集成材による梁の載荷加熱実験結果」に引き続き、本報では樹種をカラマツに変えた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. 実験条件

実験条件は樹種(カラマツ、スギ)、断面寸法(210mm×420mm、360mm×600mm)、加熱時間(30分、60分、90分)、荷重比(1、2/3、1/3)を変えた9条件とした。荷重比は長期許容荷重に対する比率である。試験体に用いた構造用集成材は対象異等級構成材で、強度等級はカラマツがE105-F300、スギがE65-F225である。絶乾密度および含水率は、カラマツが平均で0.48g/cm<sup>3</sup>、10.4%、スギは0.36g/cm<sup>3</sup>、10.5%であった。

### 3. 載荷加熱実験におけるたわみおよび破壊時間

今回実施した実験の破壊時間および破壊性状を表1に示す。試験体はカラマツ構造用集成材8体(試験体①～⑧)、スギ構造用集成材1体(試験体⑨)である。試験体は全て加熱中に破壊に至ったものはなかった。試験体①および試験体②、試験体⑤、試験体⑥、試験体⑦については、加熱開始から12時間経過時点で燃え止まりが確認された。試験体⑨については、12時間経過時点で赤熱が確認された。実験条件毎に比較した結果を以下に示す。

#### 3.1 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のカラマツの試験体の比較では、荷重比1と荷重比2/3の試験体は加熱中から加熱終了後の放冷過程にかけてたわみが増加し続けて破壊に至った。一方、カラマツの荷重比1/3の試験体は加熱終了後の放冷過程において、緩やかにたわみが進行し、加熱開始から360分時点でたわみが横ばいとなった。

図2のカラマツの試験体の比較でも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ているが、どちらも12時間荷重を支持し続け、燃え止まる結果となった。

#### 3.2 加熱時間

加熱時間の違いによる比較結果を図3に示す。加熱時間

が30分と60分の試験体を比較すると、加熱開始30分までは同じたわみ挙動を示しているが、60分加熱の試験体は加熱中から加熱終了後の放冷過程において、たわみが増加し続けて破壊に至った。30分加熱の試験体は加熱終了後のたわみの進行は穏やかになり、横ばいとなった。

360mm×600mm断面では、加熱時間60分と90分の試験体では、60分までは同じ挙動を示しているが、それ以降はたわみの進行に差が生じている。90分の加熱では360分経過時点からたわみが増加し始め、570分で破壊に至った。

### 3.3 断面寸法

断面寸法の違いによる比較結果を図4に示す。断面寸法の違いにより、加熱中から加熱終了後の放冷過程において、たわみの進行に顕著な差が生じており、360mm×600mmの断面では12時間荷重を支持し続けた。

### 4. 破壊性状

試験体の破壊状況の一例を写真1に示す。試験体③は等曲げ区間内の最下層ラミナが破断し、斜め上方向へ亀裂が進行している。この状況から曲げ破壊であると判断した。試験体①は等曲げ区間の外側から水平方向に亀裂が生じている。試験体を切断し断面を確認したところ、図心軸付近に年輪に沿って亀裂が確認された。この状況よりせん断破壊と判断した。

### 5. 樹種の違いによる比較

昨年度実施したスギ構造用集成材による実験結果<sup>1)</sup>との比較を行った。今回実施した試験体のうち、試験体④(カラマツ)については同条件のスギよりも破壊時間は早い結果となったが、それ以外の条件では全てカラマツの方が、破壊に至る時間が遅い結果となった。

表1 破壊時間および破壊性状一覧

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	-	125.0	せん断破壊
②			2/3	-	108.8	せん断破壊
③		60	1	105	70.0	曲げ破壊
④			2/3	131	46.7	曲げ破壊
⑤			1/3	-	44.8	曲げ破壊
⑥	600×360	60	1	-	277.0	せん断破壊
⑦			2/3	-	347.0	曲げ破壊
⑧		90	-	570	160.4	曲げ破壊
⑨	600×360	90	1/3	-	83.0	曲げ破壊

※破壊時間が-(ハイフン)については加熱開始から12時間後に荷重を漸増させて破壊した。  
※⑨は12時間経過後も赤熱を確認した。

図1より、荷重比1及び2/3では、破壊時間およびたわみは概ね同じ挙動を示している。一方、荷重比1/3を比較では、スギの試験体は破壊時間284分に対して、カラマツの試験体は720分まで荷重を支持しており、顕著な差がみられた。

図2より、スギの試験体は荷重比1では287分で破壊に至り、荷重比2/3では619分で破壊に至った。一方、同条件のカラマツの試験体は12時間まで荷重を保持する結果であった。試験体⑥は525分、試験体⑦は540分時点で燃え止まりを確認している。

加熱終了後の放冷過程において、断面内部の温度上昇および温度停滞の影響が密度の低いスギでは顕著に表れ、密度の高いカラマツは断面内部の温度上昇が抑えられたため<sup>2)</sup>、燃え止まったと考えられる。

カラマツの試験体であれば、荷重比を小さくすることで、1時間加熱でも荷重を保持し続けることが出来る。また、断面を大きくすることで、加熱時間1時間で長期許容荷重を保持し続けることが出来る。

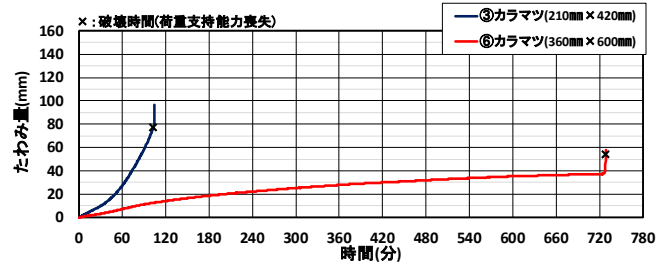


図4 断面寸法による比較(1H、荷重比1)



写真1 (上: 試験体③、下: 試験体①)

## 6. まとめ

本研究では、構造用集成材による梁の載荷加熱実験を行い、以下の知見を得た。

- (1) カラマツの360 mm×600 mm断面では、60分加熱において長期許容荷重下で12時間荷重を支持し続けた。
- (2) カラマツの210 mm×420 mm断面でも、60分加熱において荷重比を小さくすることで、12時間荷重を支持し続けることが出来る。
- (3) 試験体④以外は全てカラマツの方が同条件のスギよりも破壊に至る時間は遅かった。

### 【謝辞】

本研究は、国土交通省平成30年度住宅・建築物技術高度化事業の助成を受け実施した。また、試験体製作において株式会社東亜理科に多大なる協力を得た。ここに記し、感謝の意を表します。

### 【参考文献】

- 1) 堀尾岳成他：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、日本建築学会大術講演梗概集、防火、pp253-254, 2018.9
- 2) 金城仁他：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5、カラマツ構造用集成材による梁の加熱実験結果、平成31年度日本火災学会研究発表会梗概集、2019.5

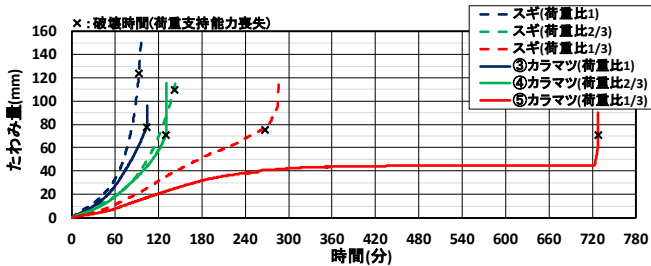


図1 荷重比による比較(210 mm×420 mm、1H)

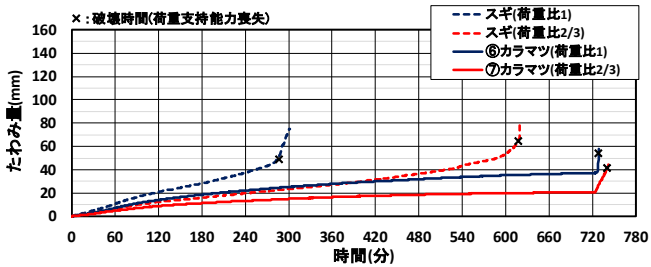


図2 荷重比による比較(360 mm×600 mm、1H)

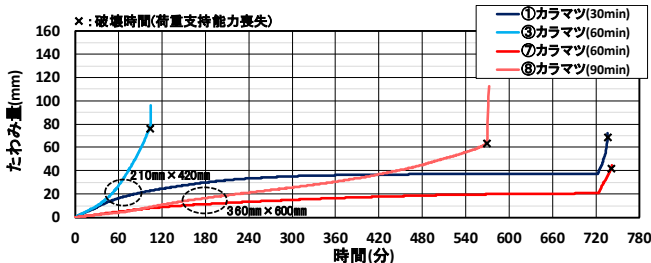


図3 加熱時間による比較

\*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