

構造用集成材梁部材の火災時耐力 (その8 梁載荷加熱実験の解析結果)

正会員 ○市川萌都* 同 片倉佑介*
同 平島岳夫* 同 金城仁**構造用集成材 梁 火災時耐力
たわみ挙動 耐力低下

1. はじめに

本報(その8)では、前報(その7)に引き続き、カラマツ集成材梁を対象とした熱応答変形解析プログラムによる解析結果に基づき、1時間加熱時および加熱終了後の放冷過程におけるたわみ挙動・破壊時間を既往の実験結果^{1),2)}と比較する。

2. 加熱後載荷実験の解析

図1に、常温時(L-0h)・火災加熱時(L-1h)・加熱終了から3時間放冷後(L-4h)の実験結果と熱応力変形解析値の比較を示す。図中の解析結果を示す実線上の×印は、縁ひずみが 4000×10^{-6} となり、試験体が破壊すると仮定した点である。表1に最大荷重と最大荷重時のたわみを示す。

耐力について、解析結果を実験結果と比較すると、L-0h(1)では0.75倍、L-0h(2)では0.70倍、L-1hでは1.18倍、L-4hでは0.76倍であった。木材の場合、部材強度および炭化状況のばらつきが大きく、実験結果の最大荷重を精確に予想することは難しい。しかし、たわみ挙動において常温時(L-0h(1), L-0h(2))・火災加熱時(L-1h)・加熱終了後(L-4h)で概ね実験結果を解析で追跡できた。

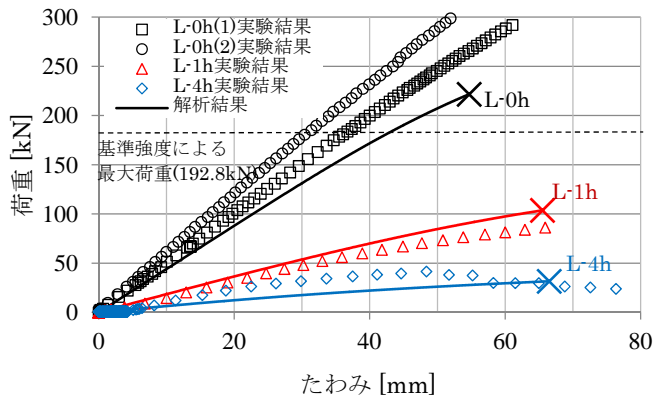


図1 加熱後載荷実験の荷重—たわみ関係

表1 加熱後載荷実験・解析結果

試験体		L-0h(1)	L-0h(2)	L-1h	L-4h
破断形式		曲げ	曲げ	曲げ	曲げ
最大荷重 [kN]	実験	292	351	88.2	41.6
	解析	216	247	104	31.6
たわみ [mm]	実験	61.1	76.3	61.2	41.1
	解析	54.7	55.9	65.5	51.9

3. 載荷加熱実験の解析

表2に載荷加熱実験による破壊形式および実験・解析による耐火時間とその時のたわみ一覧を示す。図3に梁中央部のたわみ-時間関係を示す。図中の×は試験体の破壊を仮定した点である。

解析結果を実験結果と比較すると、加熱開始1時間までのたわみ挙動は概ね一致している。加熱開始1時間以降の放冷過程において、解析でも実験結果と同様に、たわみが顕著に増加する挙動を示した。また、低荷重レベルで最終的にたわみが一定になる挙動も解析で概ね再現できた。

実験で試験体が破壊したLF-1.0・LF-0.8・LF-0.6に関しては解析でも加熱終了後に破壊するという結果となった。高い荷重レベルを与えた試験体を対象とした解析においては、実験でのたわみ挙動を概ね追跡でき、引張縁ひずみ 4000×10^{-6} で破壊と仮定した解析による破壊時間との誤差は10~30分程であった。

LF-0.4(1)・LF-0.2の解析では、加熱開始後から徐々にたわみが増加するが、およそ2時間経過時点で増加量は徐々に緩やかになり、4時間で一定となった。たわみ挙動は概ね実験結果と一致しているが、LF-0.4(2)の実験結果は、130分以降たわみが急増し崩壊に至った。LF-0.4(2)は、実験終了後の試験体の状況からせん断破壊したと考えられ、曲げ性状を対象とした本プログラムによる解析とは挙動が大きく異なった。

低荷重レベルのLF-0.4とLF-0.2の試験体では、温度が100℃付近で一定となる加熱開始から3時間付近でたわみの増加が停滞し崩壊に至らないという挙動は再現できたものの、最大たわみの大きさにおいては解析が実験値を大きく下回った。これらの実験結果との差異は今後の課題とする。

図4にLF-0.4を対象とした解析で得られた応力度分布を示す。加熱によって外周部分から炭化が進行することで、応力負担部分が狭くなっていることがわかる。また、熱が断面内部まで徐々に伝導する60分以降では、強度残存率の高い梁幅中心部に応力が集中している。

表 2 荷重加熱実験・解析結果

試験体		LF-1h	LF-4h	LF-1.0	LF-0.8	LF-0.6	LF-0.4(1)	LF-0.4(2)	LF-0.2
破断形式		曲げ	剪断	曲げ	曲げ	剪断	曲げ	剪断	曲げ
破壊時間 [分]	実験	79	121.5	79	76	159	非破壊	165	非破壊
	解析	72	144	87	106	137	非破壊	非破壊	非破壊
たわみ [mm]	実験	76.0	65.0	56.6	41.1	97.4	88.6	84.2	69.0
	解析	460	55.9	48.3	51.9	55.1	54.6	54.6	23.2

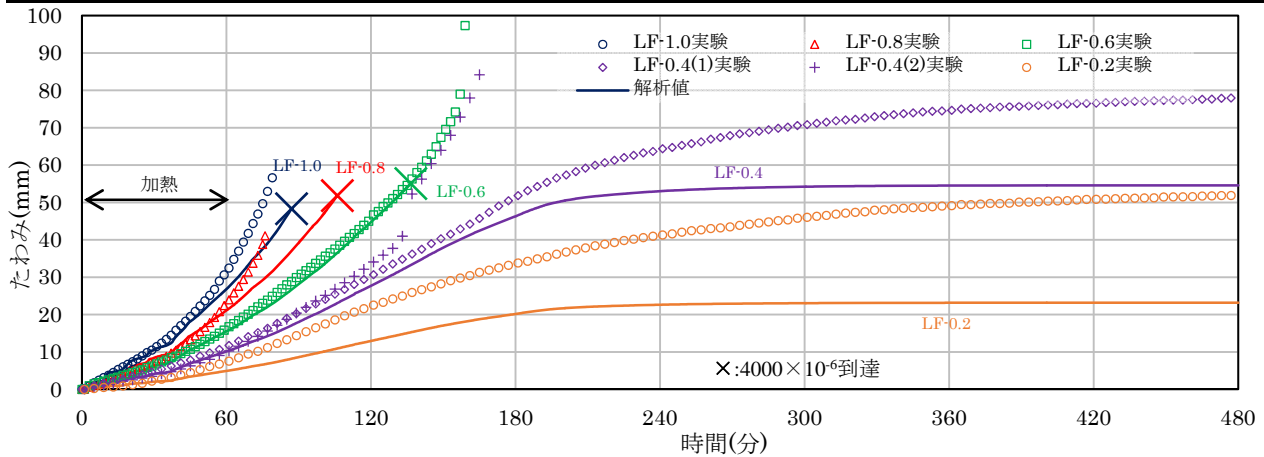


図 3 荷重加熱実験のたわみ—時間関係

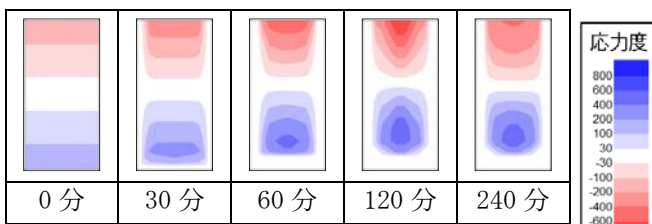


図 4 応力度分布(LF-0.4)

4. 耐力低下率

図 5 に耐力低下率の比較を示す。縦軸の耐力低下率の基準値は、常温荷重実験より得た最大荷重とした。曲げ破壊した実験による破壊時間と解析上での破壊時間は概ね一致した。LF-0.8・LF-0.6・LF-4h では、木材にばらつきがあることや耐力低下が緩やかになることにより、解析と実験の破壊時間の差が大きくなり、正確な予測が難しいと考えられる。

既往の研究³⁾における素材試験結果により、常温における木材の引張強度は、ばらつきが大きいことがわかっている。そのために、耐力を正確に把握するためにはさらなるデータの蓄積が必要であると考えられる。

5. まとめ

- 火災加熱終了後にたわみ増加が顕著になる挙動および低荷重レベルでたわみが一定になる挙動は解析によって概ね再現できた。

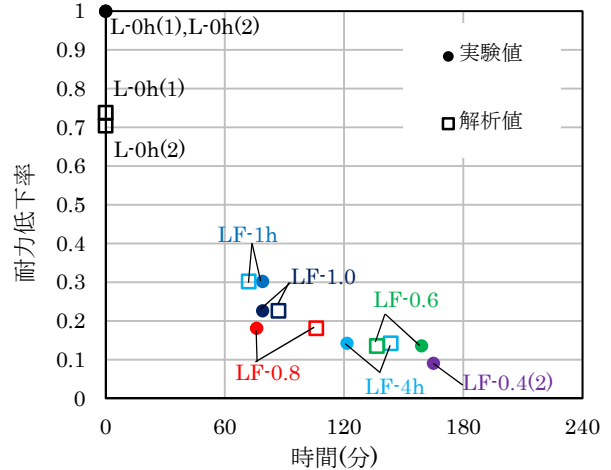


図 5 耐力低下率

- 曲げ破壊した実験による破壊時間と解析上で引張縁のひずみが 4000×10^{-6} に達する時間の誤差は最大で 30 分であった。
- 今後、木材の高温時強度に関するデータを蓄積し、解析に用いる設定値について引き続き検討が必要である。

【参考文献】

- 1) 金城仁他：標準火災加熱を受けたカラマツ集成材の放冷過程における挙動、日本建築学会構造系論文集 Vol. 80, No. 711, 2015. 5
- 2) 金城仁他：構造用集成材梁部材の火災時耐力(その 6)、日本建築学会大会学術講演梗概集 pp. 119-120, 2015. 9
- 3) 片倉佑介他：カラマツ集成材の高温時強度に及ぼす水分蒸発の影響、日本建築学会大会学術講演梗概集 pp. 131-134, 2015. 9

* 千葉大学大学院工学研究科

** (一財)ベターリビング

* Graduate Student, Graduate School of Eng., Chiba Univ.

** Center for Better Living.