

木材の含水率が高温時の力学的性能に及ぼす影響 (その2)広葉樹材(ケヤキ)の高温時ヤング係数・曲げ強度の把握

正会員 ○加來 千紘^{*1} 正会員 鈴木 達朗^{*1} 正会員 長谷見 雄二^{*2}
 正会員 上川 大輔^{*3} 正会員 安井 昇^{*4} 正会員 亀山 直央^{*5}
 正会員 腰原 幹雄^{*6} 正会員 長尾 博文^{*3}

ケヤキ ヤング係数 曲げ強度
 温度依存性 含水率 残存率

1. はじめに

本研究は、前報(その1)に引き続き、伝統木造建築物で大断面材材として使用される広葉樹(ケヤキ)について、100℃以下での無欠点小試験体を用いた3点曲げ試験により、含水率が高温時の力学的性能に及ぼす影響を検証・報告する。

2. 実験概要

2-1. 検討方法

本研究では、木材の含水率が高温時の力学的性能に及ぼす影響を把握するため、1～100%の含水率範囲の無欠点小試験体を用いて、常温、50℃、80℃、95℃の四段階の温度条件下でヤング係数及び曲げ強度を算定する。また各試験体のヤング係数について、高温時の破壊試験で得られたヤング係数の値を常温時の非破壊試験で得られた値で除した値をヤング係数残存率として算定する。

2-2. 試験体の条件

本実験で用いる無欠点小試験体の概要図を図1に、試験体条件及び本数、平均含水率を表1に示す。試験体は、伝統木造建築物の大断面材材として一般的なケヤキを選択し、寸法は20mm×20mm×320mmとする。含水率が繊維飽和点よりも十分に高い丸太から必要本数を切り出し、含水率の領域が①低域：5%未満、②中域：5%以上30%未満、③高域：30%以上の三分類(詳細については前報(その1)に記載)となるよう含水率調整を行う。含水率調整は全て乾燥により、必要に応じて60℃の恒温炉を用いる。なお、試験体製作時から実験実施までの期間、含水率が平衡含水率を超える条件の試験体は、アルミホイルで包み養生することで、水分放出を抑制することとする。

2-3. 実験条件及び試験概要

実験の手順を図2に示す。試験はJISZ2101「木材の曲げ試験方法」に準拠して、280mmスパンの3点曲げ試験とし、試験装置は、温度調整炉付きの圧縮試験機を使用する。実験手順における詳細な内容は前報(その1)と同様とし、ケヤキの実験では、常温時ヤング係数を把握するための非破壊曲げ試験(図2の②)における加力条件を0.5kNとする。また曲げ試験に際し試験体の内部温度計

測のため、熱電対を試験体の力学的性能に影響しない支点の外側に設置する(図1)。

3. 実験結果及び考察

含水率とヤング係数及びヤング係数残存率、曲げ強度との関係を図3,4,5に示す。図には、繊維飽和点を30%と仮定し³⁾、30%未満では実測値の線形近似を直線で示し、30%以上では含水率に関わらず力学的性能は一定とし平均値の直線を示す。また各実験条件下におけるヤング係数及びヤング係数残存率、曲げ強度の平均値を表2,3,4に示す。

3-1. 含水率低域での力学的特性

全乾に近い2%程度の含水率状態では、内部温度の上昇に伴い、ヤング係数及び曲げ強度が低下した。スギでは

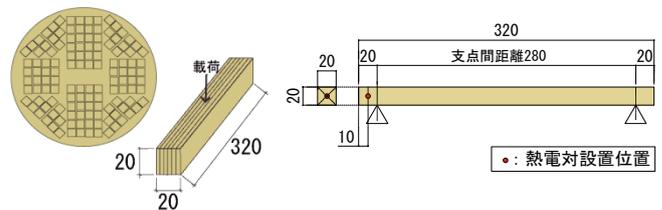


図1 試験体概要図

表1 試験体条件

試験条件	含水率					
	低域 [5%未満]		中域: [5%~30%]		高域 [30%以上]	
内部温度	本数	平均含水率	本数	平均含水率	本数	平均含水率
常温	15	2.1	26	13.6	19	76.3
50℃	15	2.0	26	13.7	19	77.5
80℃	15	2.0	23	12.4	21	70.9
95℃	15	1.8	22	11.9	21	69.1

*無欠点小試験体(ケヤキ)の全乾密度の平均値:0.56 g/cm³

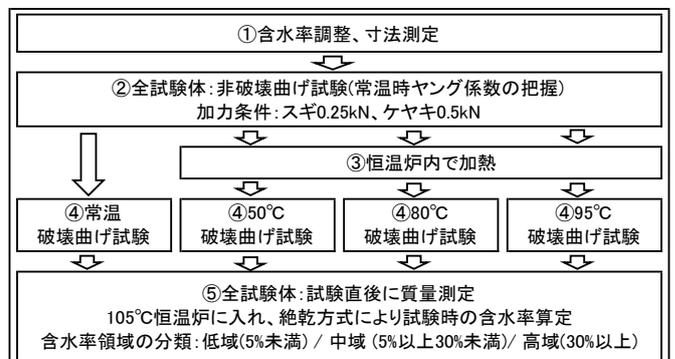


図2 実験手順

Influence of Water Content on the Mechanical Properties of Wood under Heating
 Part2: Exposure temperature and Water Content dependence of Young's modulus and bending strength of Zelkova

KAKU Chihiro, SUZUKI Tatsuro, HASEMI Yuji,
 KAMIKAWA Daisuke, YASUI Noboru, KAMEYAMA Naohisa,
 KOSHIHARA Mikio, NAGAO Hirofumi

95℃でヤング係数残存率が 0.89、曲げ強度は常温時の平均値に対し 6 割程度まで低下したのに対し、ケヤキではヤング係数残存率が 0.89 と同程度に、曲げ強度は常温時の 7 割程度となった。またこれらのケヤキの結果は、既往研究¹⁾²⁾の傾向とも合致する。

3-2. 含水率中域での力学的特性

50℃以下の内部温度では、含水率の増減に関わらず一定のヤング係数を確保するものと考えられる。しかし 80℃以上の内部温度においては、含水率の上昇に伴いヤング係数が低下し、95℃では残存率の平均が 0.62 と低下が顕著に現れた。一方曲げ強度は、内部温度の上昇及び含水率の上昇の双方に伴い強度が低下し、50℃では常温時の平均値に対し 7 割程度となった。これらの低下傾向は、前報(その 1)のズギとほぼ同じであると考えられる。

3-3. 含水率高域での力学的特性

30%よりも高い含水率状態では、ヤング係数残存率は 80℃で 0.51、曲げ強度は 50℃で常温時平均の 6 割程度と低下が顕著となった。同条件のズギでは、ヤング係数残存率は 80℃で 0.67、曲げ強度は 50℃で常温時平均の 8 割程度となり、ケヤキの方が、高温時の力学的性能における含水率の影響が大きいと考えられる。

4. 総括

含水率が広葉樹材(ケヤキ)の高温時の力学的性能に及ぼす影響として以下の知見を得た。

- ・ 50℃以下の内部温度では、含水率の増減に関わらず一定のヤング係数を確保する。
- ・ 曲げ強度は、内部温度の上昇及び含水率上昇に伴い強度が低下する。
- ・ 部材の高温時の非損傷性においては、ヤング係数の低下により座屈する柱は 80℃以上、曲げ強度の低下で曲げ破壊するよりは 50℃以上の内部温度で、含水率の変動が力学的性能変化のひとつの要因であると考えられる。

また今後は、含水率変化を伴う木材の高温時力学的性能の評価方法確立に向け、本研究における実験方法及び結果の更なる検証・考察を行うとともに、部材の非損傷性予測への応用を検討していく必要がある。

【参考文献】

- 1) 加来千紘他：火災加熱が木材の力学的性能に及ぼす影響—加熱した針葉樹材及び広葉樹材の高温時及び加熱冷却後のヤング係数・曲げ係数の測定—、日本建築学会構造系論文集 701 号、pp1065-1072、2014.7
- 2) 保川みずほ他：大断面広葉樹(ケヤキ)製材による軸組柱の耐火性能予測に関する研究、日本建築学会環境系論文集 第 685 号、pp.633-638、2013.3
- 3) 森林総合研究所監修:木材工業ハンドブック改訂 4 版、丸善、2004.3

【謝辞】

本実験は、科学研究費基盤研究「大断面木質部材の耐火性能設計の工学モデル」(代表研究者:長谷見雄二)及び公益財団法人 LIXIL 住生活財団の研究助成により実施しました。試験体製作及び実験実施にご尽力頂きました皆様には、心からお礼申し上げます。

- *1 早稲田大学大学院
- *2 早稲田大学理工学術院教授
- *3 国立研究開発法人 森林総合研究所
- *4 早稲田大学理工学研究所招聘研究員
- *5 亀山建設(株)
- *6 東京大学生産技術研究所教授

表 2 各実験条件におけるヤング係数 [N/mm²]

試験条件	含水率					
	低域 [5%未満]		中域: [5%~30%]		高域 [30%以上]	
内部温度	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
常温	7959	561	8561	595	8841	1217
50℃	7627	870	7615	849	7236	844
80℃	7366	397	5798	965	4061	683
95℃	6975	847	5101	1152	3578	1152

表 3 各実験条件におけるヤング係数残存率

試験条件	含水率					
	低域 [5%未満]		中域: [5%~30%]		高域 [30%以上]	
内部温度	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
常温	1.02	0.017	1.07	0.121	1.03	0.10
50℃	0.97	0.019	0.92	0.057	0.88	0.07
80℃	0.94	0.011	0.75	0.114	0.51	0.09
95℃	0.89	0.176	0.62	0.148	0.43	0.12

表 4 各実験条件における曲げ強度 [N/mm²]

試験条件	含水率					
	低域 [5%未満]		中域: [5%~30%]		高域 [30%以上]	
内部温度	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
常温	108.6	11.71	102.8	10.29	88.1	11.74
50℃	100.7	12.60	78.2	12.21	58.8	4.56
80℃	90.2	5.06	50.0	13.70	32.3	2.47
95℃	81.9	9.60	40.6	10.27	32.2	9.24

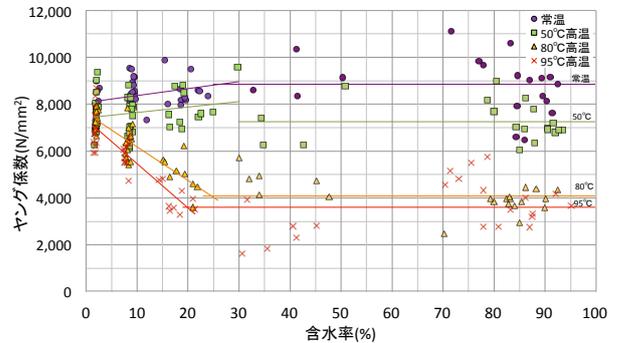


図 3 内部温度ごとの含水率とヤング係数の関係

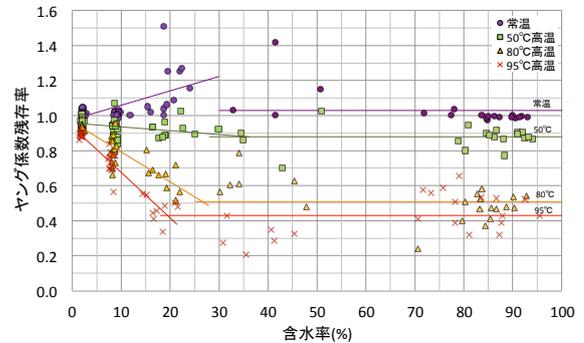


図 4 内部温度ごとの含水率とヤング係数残存率の関係

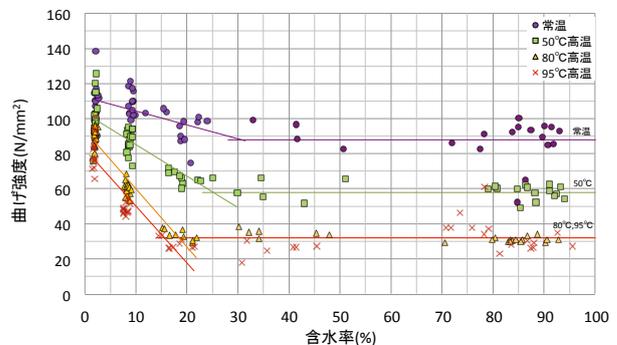


図 5 内部温度ごと含水率と曲げ強度の関係

- *1 Graduate School of Waseda Univ.
- *2 Prof., Department of Architecture, Waseda Univ.
- *3 Forestry and Forest Products Research Institute
- *4 Visiting Researcher, RISE Waseda Univ.
- *5 President, Kameyama Construction
- *6 Prof., Institute of Industrial Science, The University of Tokyo