

構造用製材の耐火性能 その1：スギとカラマツの炭化速度

正会員 成瀬 友宏*1、同 中村 賢一*2、同 遊佐 秀逸*2

同 増田 秀昭*1、同 原田 寿郎*3、同 山田 誠*4、同 佐藤 章*4

構造用製材	スギ	カラマツ
ISO834加熱	炭化速度	

1. 目的

従来、建築基準法で燃えしる設計が可能な材料には、構造用製材を除く構造用集成材及び構造用単板積層材が認められていた。これは、構造用製材の耐火性能に関する技術資料が限られ¹⁾、燃えしる設計の検討対象にならなかったことが主な理由である。そこで、(財)日本住宅・木材技術センターでは製材耐火性能開発委員会を設置し、その技術資料を得ることを目的として各試験を行った。本報告では、製材品の炭化速度に関する試験結果を報告する。なお、構造用製材は平成16年3月に燃えしる設計が可能な材料に追加された。

2. 試験体

試験体には、表-1に示すように国産材のスギ(背割り入)及びカラマツの柱及びはり部材を選定した。

表-1 スギ、カラマツ試験体仕様(長さ1.2m)

試験体	試験体記号	断面寸法(mm)	樹種・部位	加熱時間	含水率(%)	比重g/cm ³
2	CNL-S1845	180×180	スギ柱	45分	15.3	0.34
3	CNL-K1830	180×180	カラマツ柱	30分	19.3	0.65
4	CNL-K1845	180×180	柱	45分		
5	CNL-S2445	240×240	スギ柱	45分	32.4	0.34
6	CNL-K2445	240×240	カラマツ柱	45分	19.7	0.63
7	CNL-S3045	300×300	スギ柱	45分	46.4	0.32
8	CNL-S3060	300×300		60分	47.1	0.30
9	CNL-K3045	300×300	カラマツ柱	45分	24.6	0.60
10	CNL-K3060	300×300		60分		
11	BNL-S1530	150×300	スギ梁	30分	13.3	0.32
12	BNL-S1545	150×300	カラマツ梁	45分	9.7	0.33
13	BNL-K1530	150×300	カラマツ梁	30分	15.9	0.45
14	BNL-K1545	150×300		45分		
15	BNL-S1845	180×360	スギ梁	45分	18.2	0.35
16	BNL-K1845	180×360	カラマツ梁	45分	10.8	0.60
17	BNL-S2445	240×400	スギ	45分	41.8	0.32
18	BNL-S2460	240×400		60分		
19	BNL-K2445	240×400	カラマツ梁	45分	48.1	0.56
20	BNL-K2460	240×400		60分		

試験体断面は、柱材では一辺18cm～30cmの正方形、梁材では15×30cm～24×40cmのものを用いた。試験に供した材料は、まず長さ3m、4m又は6m材を人工乾燥して表面の含水率を15%以下に調整し、次に長さ1.2mに切断して試験体とした。残存部分からサンプルを採取し、絶乾状態(105℃で恒量に達する

まで)にして含水率と比重を求めた。試験前の含水率は表-1に示すように、9.7～48.1%と高いものが含まれていた。スギの比重は0.30～0.35g/cm³、平均で0.33g/cm³、カラマツの比重は0.45～0.65g/cm³、平均で0.58g/cm³であった。

3. 試験方法

試験は、図-1に示すように、試験体上下の木口面にけい酸カルシウム板を張って、森林総合研究所の水平炉(炉内の幅2.0m、長さ2.0m、高さ1.5m)の中に設置し、無載荷によるISO 834に規定する耐火加熱標準曲線に沿って、表-1の加熱時間の間加熱した。

加熱終了後、速やかに試験体を炉から取り出して注水消火した。消火後、試験体一体につき3～5等分して残存断面を測定し、周囲が均等に燃焼したと仮定して加熱前の断面寸法から差し引いて炭化深さとした。ただし、炭化深さの算出に背割り部は考慮していない。

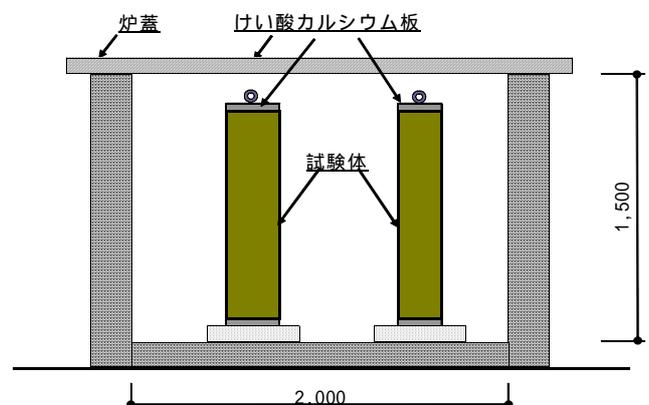


図-1 加熱炉(森林総合研究所、水平炉)

4. 試験結果

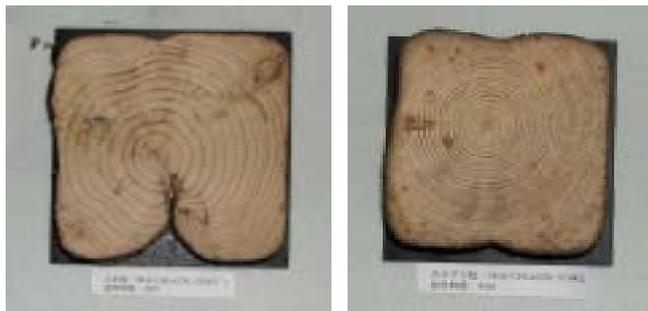
残存断面から計算した各試験体の平均炭化速度を表-2に示し、炭化状況を写真-1及び写真-2に示す。

スギの柱部材では炭化速度は0.58～0.78mm/分、平均で0.63mm/分、スギ梁材では0.47～0.76mm/分、平均で0.64mm/分であった。カラマツ柱材では0.50～0.64mm/分、平均で0.59mm/分、カラマツ梁材では0.48～0.61mm/分、平均で0.58mm/分であった。また、柱及び梁部材の平均炭化速度はスギで0.63mm/分、カラマツで0.59mm/分であった。

しかし、今回の実験では、試験体の含水率15%を目標として人工乾燥を行ったが、表-1に示すように

表 - 2 無載荷加熱試験結果概要

樹種	部位	断面寸法 (cm×cm)	加熱時間 (分)	平均炭化速度 (mm/分)		試験体記号
スギ	柱	18×18	45	0.78	0.66	CNL-S1845
		24×24		0.58		CNL-S2445
		30×30		0.61		CNL-S3045
		30×30	60	0.55		CNL-S3060
		柱：平均炭化速度		0.63		
	梁	15×30	30	0.80		BNL-S1530
		15×30	45	0.67	0.64	BNL-S1545
		18×36		0.76		BNL-S1845
		24×40		0.51		BNL-S2445
		24×40	60	0.47		BNL-S2460
梁：平均炭化速度		0.64				
柱、梁の平均炭化速度		0.64				
カラマツ	柱	18×18	30	0.66		CNL-K1830
		18×18	45	0.64	0.60	CNL-K1845
		24×24		0.56		CNL-K2445
		30×30		0.59		CNL-K3045
		30×30	60	0.50		CNL-K3060
	柱：平均炭化速度		0.59			
	梁	15×30	30	0.72		BNL-K1530
		15×30	45	0.54	0.57	BNL-K1545
		18×36		0.61		BNL-K1845
		24×40		0.55		BNL-K2445
24×40		60	0.48		BNL-K2460	
梁：平均炭化速度		0.58				
柱、梁の平均炭化速度		0.59				



スギ30cm角柱(背割り入) カラマツ24cm角柱

写真 - 1 柱部材、45分加熱後の炭化状況



スギ18×36cm梁(背割り入) カラマツ18×36cm梁

写真 - 2 梁部材、45分加熱後の炭化状況

試験前の含水率は 15 %を上回るものが含まれ、バラツキも大きく繊維飽和点を越える試験体も含まれていた。木材の炭化速度に影響する主な因子として含水率と比重があり、このうち含水率の影響は大きい。米国林産試験場発刊の文献²⁾では非線型炭化モデルを基に(1)及び(2)式に示した算定式が紹介されている。そこで、この式を用いて試験結果を含水率 15 %における炭化深さ(炭化速度)に補正した。

$$t = m \cdot x_c^{1.23} \quad (1)$$

$$m = -0.147 + 0.000564 \mu + 1.21 \mu + 0.532f_c \quad (2)$$

ここに、 t ：時間(分)、 m ：炭化係数、 x_c ：炭化深さ(mm)、 f_c ：炭化減少率、 μ ：絶対比重(g/cm^3)、 μ ：含水率である。

加熱試験を行ったスギとカラマツに対する炭化減少率は既知でないため、含水率による炭化速度の補正は次の手順により行った。

各試験体の加熱時間と炭化深さから試験体ごとの炭化係数 m を求める。

(3)式に示す試験体の含水率と含水率の影響を除いた F を求め、気乾(15%)の炭化係数 $m_{(15\%)}$ を求める。気乾状態に補正した炭化深さと炭化速度を求める。

$$m_{(15\%)} = F + 1.21 \mu \quad (3)$$

ただし、 $F = -0.147 + 0.000564 \mu + 0.532f_c$ である。

これらに基づき算出した結果を表 - 3 に示す。また、各試験体ごとに標準的な絶対比重³⁾(スギ：0.330、カラマツ：0.435)に補正した炭化速度も求めた。

表 - 3 補正炭化速度

		試験結果 (mm/分)	含水率を15%に補正した炭化速度 (mm/分)	含水率を15%・平均比重に補正した炭化速度 (mm/分)
スギ	柱	0.63	0.88	0.87
	はり	0.64	0.73	0.71
	柱・はり平均値	0.64	0.80	0.79
カラマツ	柱	0.59	0.64	0.73
	はり	0.58	0.69	0.74
	柱・はり平均値	0.59	0.66	0.74

5. まとめ

1)スギの平均炭化速度は、含水率を 15 %及び平均比重に補正した場合は 0.79mm/分であった。

2)カラマツの平均炭化速度は、含水率を 15 %及び平均比重に補正した場合は 0.74mm/分であった。

参考文献

- 1)大断面木造建築物設計施工マニュアル, 日本建築センター編, 1988
- 2)Wood Handbook Chapter17, FIRE SAFETY, FPR, 1999
- 3)木材工業ハンドブック p232, 丸善(株), 1973

*1：独立行政法人 建築研究所

*2：財団法人 ベターリビング筑波建築試験センター

*3：独立行政法人 森林総合研究所

*4：財団法人 日本住宅・木材技術センター

*1：Building Research Institute

*2：Tukuba Building Test Laboratory, Center for Better Living

*3：Forestry and Forest Products Research Institute

*4：The Japan Housing & Wood Technology Center