

カラマツ実大材の強度試験 (1)

—小径材から木取った心持材の非破壊曲げ剛性試験—

橋 爪 丈 夫
向 山 繁 人
吉 田 孝 久
三 村 典 彦

1 はじめに

広範なカラマツの材質試験の中で、重松は生長にともなう強度的性質を調べ、樹幹内の水平方向において強度は著しく変動し、樹齢あるいは齡級の増加にしたがって大きくなることを明らかにしている(1~4)。我々が通常使用する木材は、ある程度の断面寸法を有したものであり、とくに建築構造材は建築部材の中では最も大断面のものである。したがって、柱なり梁などの1つの部材でも、その内部の強度は変動しており、従来の無欠点小試験体を用いた強度試験値から許容応力度を誘導する方法5)で実大材の強度を表現するには無理がある。実大材を用いた強度試験を行い、そのデータを整備することで、カラマツの実大材の強度性能を示すことが可能となり、建築構造材としての位置づけも、より明確になると考える。

ここでは、従来、最も強度的性質が劣るとされている小径材から木取った心持材の非破壊剛性試験の結果について報告する。

2 材料と方法

(1) 供試材

東筑摩郡四賀村産、18~19年生、末口9~16cm、材長3mの間伐木、162本を用いた。このうち、85本を7×7cm心持正割(以下7cm正割)、77本を9×9cm心持正角(以下9cm正角)に製材して、含水率15%を目安として人工乾燥を行った。装置は通常のIF型蒸気式木材乾燥装置を用い、乾燥は、①初期温度85°C(乾湿球温度差 Δt 5°C)、終末90°C(Δt , 30°C)のものと、②初期温度100°C(Δt , 5°C)、終末温度100°C(Δt , 30°C)の2スケジュールで行った。

(2) 非破壊曲げ剛性試験

乾燥終了後、材料試験機(東洋試験機工業kk製 2ton)を用いてスパン200cm、中央集中荷重方式により、初期荷重50kg以上で、7cm正割については10kg間隔、9cm正角については20kg間隔で中央部のたわみを測定して、曲げヤング係数を求めた。平均年輪巾は両木口について、図1に示した2通りの方法で測定して、両木口の平均値から求めた。平均年輪巾(I)は髓から最も遠い材面に向かって完全年輪の巾と数から求め、平均年輪巾(II)は髓から $D/4$ をのぞいた範囲の完全年輪の巾と数から求めた。気乾比重は乾燥後の寸法と重量から求め、材



図1 年輪巾の測定法

$$\text{平均年輪巾(I)} = l_1 / n_1$$

$$\text{" (II)} = l_2 / n_2$$

$$n_1: l_1 \text{に包含される完全年輪数}$$

$$n_2: l_2 \text{"}$$

面の繊維傾斜は、割れの入ったものについてはその割れの傾斜から、割れの入らないものについては引掻式木材繊維走向測定機を用いて、最も傾斜の大きいと思われる材面について測定した。

3 試験の結果と考察

非破壊剛性試験結果を表-1に、曲げヤング係数の累加頻度を図-2に、比重、平均年輪巾、繊維傾斜と曲げヤング係数との関係を示す回帰式と相関係数、同様に平均年輪巾と比重の関係を表-2に示した。

(1) 7 cm正割および9 cm正角との比較

曲げヤング係数は平均値で、7 cm正割 93.6 ton/cm²、9 cm正角 98.1 ton/cm²であり9 cm正角の方が高い値であった。気乾比重は試験時含水率が高いことを考慮しても9 cm正角の方が大きい。平均年輪巾については、平均年輪巾(I)、平均年輪巾(II)とも、9 cm正角の方が大きく、これは同一樹齢で、径級の大きなもの(生長の良いもの)を9 cm正角に、小さなものを7 cm正割に製材したための結果と考えられる。繊維傾斜については7 cm正割の方が大きく現われた。

重松は、強度、比重、年輪巾、らせん木理、仮道管長等の樹幹内変動を明らかにしており、その中で、強度的性質は髓から外周に向って著しく向上し、比重についても高くなることを指摘

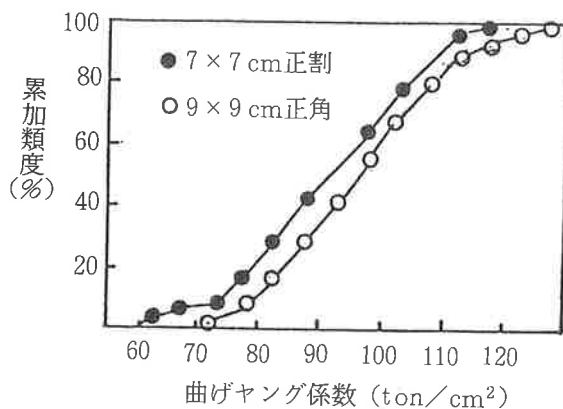


図-2 曲げヤング係数の累加頻度分布

している3)。このことから、心持角では断面が大きくなるほど、強度的に優れた部分、および比重の高い部分の占める割合が増えることから、曲げヤング係数、比重ともに9 cm正角の方が大きい本試験の結果は妥当なものと考えられる。また、らせん木理は髓から数年輪で最大を示し、以後減少して行くものが多いといわれている3)。このことから、7 cm正割の材面部分はらせん木理の最大値に近い部分に位置し、9 cm正角の材面はその最大値を示す部分からある程度離れることが考えられ、その結果、9 cm正角の材面における繊維傾斜が小さく現われたものと考えら

表-1 非破壊剛性試験結果

材種	供試材数	区分	曲げヤング係数 ton/cm ²	比重 g/cm ³	年輪巾(I) mm	年輪巾(II) mm	繊維傾斜 mm/1000	試験時含水率%
7 × 7 cm 正割	85	範囲	62.4 ~ 121.1	0.396 ~ 0.543	3.1 ~ 7.3	2.5 ~ 7.3	10.0 ~ 120.0	12.8 ~ 14.8
		平均	93.6	0.468	4.4	4.1	56.8	14.1
		標準偏差	13.1	0.037	0.74	0.22	27.2	0.59
9 × 9 cm 正角	77	範囲	71.5 ~ 129.1	0.408 ~ 0.586	3.7 ~ 6.4	3.1 ~ 6.2	0 ~ 130.0	14.6 ~ 16.7
		平均	98.1	0.492	4.8	4.5	44.9	15.6
		標準偏差	13.3	0.035	0.60	0.60	28.1	0.72
全体	162	範囲	62.4 ~ 129.1	0.396 ~ 0.586	3.1 ~ 7.3	2.5 ~ 7.3	0 ~ 130.0	12.8 ~ 16.7
		平均	95.7	0.480	4.6	4.3	51.1	14.9
		標準偏差	13.4	0.038	0.71	0.81	28.3	0.68

注) 試験時含水率は各材種から無作為に20本を抽出して測定した値

表一 2 各要因と曲げヤング係数および平均年輪巾と比重の関係

材 種	7 × 7 cm 正割		9 × 9 cm 正角		全 体	
供試材本数	85		77		162	
区 分	回 帰 式	相関係数	回 帰 式	相関係数	回 帰 式	相関係数
比重—曲げヤング係数	$y = 244.280x - 20.88$	** 0.679	$y = 241.344x - 20.82$	** 0.651	$y = 237.358x - 18.22$	** 0.676
平均年輪巾(I)— "	$y = -7.402x + 126.03$	** -0.418	$y = -7.751x + 135.40$	** -0.348	$y = -5.862x + 122.63$	** -0.311
" (II)— "	$y = -5.570x + 116.54$	** -0.380	$y = -8.020x + 134.00$	** -0.389	$y = -5.405x + 118.92$	** -0.326
繊維傾斜— "	$y = -0.082x + 98.28$	-0.170	$y = -0.238x + 108.77$	** -0.506	$y = -0.168x + 104.34$	** -0.356
年輪巾 (I)— 比重	$y = -0.018x + 0.547$	** -0.369	$y = -0.006x + 0.521$	-0.109	$y = -0.007x + 0.512$	-0.138
" (II)— 比重	$y = -0.012x + 0.518$	** -0.310	$y = -0.009x + 0.533$	-0.171	$y = -0.007x + 0.509$	-0.155

**：危険率1%で有意。

れる。

(2) 比重、年輪巾、繊維傾斜と曲げヤング係数との関係及び年輪巾と比重の関係

表一 2 に各要因と曲げヤング係数との関係を示す回帰式と相関係数を示した。これらの要因は木材強度に影響する因子として広く知られている。

気乾比重と曲げヤング係数との間にはかなり明瞭な関係が認められるのに対して、平均年輪巾については、関係は認められるが、それほどではない。平均年輪巾 (II) は髓中心部の影響がある程度少なくなり、平均年輪巾 (I) に対して、曲げヤング係数との関係がより高くなることを予想したが、正割、正角を合せた全体の相関係数では、平均年輪巾 (II) との相関係数の方が高いが、7 cm正割では平均年輪巾 (I) が、これに対して9 cm正角では平均年輪巾(II)の方が高くなっており、年輪巾測定法として両者の優劣はつけがたい。材面の繊維傾斜との関連では9 cm正角および全体では比重に次ぐ関係が認められたが、7 cm正割では低いものであった。

次に平均年輪巾と気乾比重との関係では、7 cm正割にある程度関係は認められるが、9 cm正角および全体ではほとんど認められない。重松はカラマツ材の髓周辺部は年輪巾の広狭にかかわらず、気乾比重はいずれも小さく、樹心部における年輪巾は気乾比重の一つの尺度にはなりえないことを指摘しているが4)、この結果はその表れといえよう。本試験では、図一 1 に示すように、2通りの方法で年輪巾を測定したが、髓の両側を測定するとか、髓から対角線に測定するとかで平均年輪巾の評価は変わってくる。年輪巾のバラツキが大きいカラマツ実大材、とくに心持材の年輪巾の評価法については検討を要する。

(3) 既応の試験値との比較および評価

木材工業ハンドブックによれば、カラマツの曲げヤング係数は平均値で、100 ton/cm²、最小値で70 ton/cm²とされている5)。また日本建築学会の木構造設計規準6)では、カラマツは針葉樹 I 類に属し、上級構造材 100 ton/cm²、普通構造材で 90 ton/cm²で、強度の高い樹種として扱われている。

これに対して、カラマツ造林木、とくに若齢のものに対しては現行の値では過大な評価を与えるのではないかという指摘がなされ、北海道産24年生カラマツの無欠点試片による試験結果から、針葉樹 II 類の値よりやや低く、平均で、65 ton/cm²という値を示している7)。また重

松は、本試験と同一産地からの22年生カラマツの無欠点試片による強度試験の結果、30～80 ton/cm²の範囲で、70 ton/cm²以上のものは数個しかなかったことを報告している。また実大材を用いたものとしては、大岡村産20年生カラマツから採材した7.5 cm心持角55本の曲げ破壊試験では平均で67.0 ton/cm²であった8)。

以上の報告されている試験結果および、宮島によってまとめられているカラマツ実大材の試験結果9)のいずれよりも、本試験の結果得られた値は大きく、7 cm正割については、平均値で針葉樹I類の普通構造材の値を満足し、9 cm正角については上級構造材に迫る曲げヤング係数を有している。既往の下限値70 ton/cm²に満たないものは7 cm正割の4試料だけであった。この結果は非破壊剛性試験によるものであり、破壊試験によるものより、やや過大になるとしても、また、人工乾燥の影響があるにしても、カラマツ造林木について報告されているものよりはるかに高く、この結果が特異的なものであるか否かは、今後、データを集積して検討する必要がある。

4 おわりに

カラマツ小径材から木取った心持材の非破壊剛性試験の結果を報告したが、今後、小径材から大径材にいたるまでの木取りを考慮した強度試験を進め、カラマツ材の強さの評価を実大材の面から進めたいと考えている。

引用文献

- 1) 重松頼生：日林中支購，23，208～213（1974）
- 2) 重松頼生：日林中支購，24，49～54（1975）
- 3) 重松頼生：日林中支購，28，253～258（1980）
- 4) 重松頼生：日林中支購，28，247～252（1980）
- 5) 林業試験場編：木材工業ハンドブック，188～189，丸善，（1982）
- 6) 日本建築学会：木構造設計規準・同解説，115～125，丸善，（1976）
- 7) 山本宏外：木材の研究と普及，7，6～10（1975）
- 8) 向山繁人外：長野林指業報，192～203，（1978）
- 9) 半沢道郎外：カラマツ材の性質と利用，北方林業叢書41集，48～59（1974）