

## カラマツの実大材強度試験(Ⅱ)

### 一小径材から採材した心持材及び 中目材からの平割(根太)の強度性能一

橋 爪 丈 夫 三 村 典 彦  
吉 田 孝 久 奥 村 俊 介  
向 山 繁 人

#### 要 旨

カラマツ小径材からの9cm正角、7cm正割および、中目材からの平割を人工乾燥の後、実大材曲げ破壊試験を実施した。主な結果は次のとおりである。

- 1) 実大材の曲げ破壊強度は、平均値で、9cm正角482kg/cm<sup>2</sup>、7cm正割428kg/cm<sup>2</sup>、平割493kg/cm<sup>2</sup>であった。
- 2) 曲げヤング係数は平均値で9cm正角95.8t/cm<sup>2</sup>、7cm正割87.4t/cm<sup>2</sup>、平割84.0t/cm<sup>2</sup>であり、木構造設計基準の針葉樹I類の普通構造材の値90t/cm<sup>2</sup>を上回るものは9cm正角だけであったが、既応のカラマツ若齢材について報告されているほどの低下は認められなかった。

#### 1. はじめに

今日まで、我国における木材の強度値は無欠点小試験体の強さから誘導したものが使用されてきたが、近年、これらの数値には問題点が多いことが指摘され、実際に使用する寸法・形状の実大材による木材強度の必要性が高まってきており、この解析は緊急の要務となっている。<sup>1) 2)</sup>

カラマツについては、その資源分布が、本県と北海道のように、極端にかたよっていること、またほとんどが、戦後の植栽木であることなどの理由から、実大材に関するデータの蓄積が少い現況にある。

当所においても、現在、その本格的な検討にのりだしたところであるが、54～58年度に国庫補助を受けて、カラマツ心持材および、平割(根太)の実大材曲げ破壊試験を実施したので、その概要を報告する。

なお、心持材の曲げ破壊試験は、農林水産省林業試験場、中井孝材料性能研究室長の指導を得て、同場において実施した。

#### 2. 試験の方法

##### (1) 供 試 材

小径材からの心持材は、南安曇郡奈川村産、樹齢18～19年、未口径級9～16cm、材長3mの素材50本から採材した。製材寸法は9×9cm正角(以下9cm正角)及び、7×7cm正割(以下7cm正割)とし、本数はおのおの25本とした。

中目材からの平割(根太)は南安曇郡安曇村産樹齢48年生林分から採材した未口径20～28cm(中目材)4m材4本を1/2に玉切り、図-1に示す木取り法で製材した。1素材から径級に応じて、4ないし5本の4.5×10.5cmの平割(以下平割)が採材され、総数34本について検討した。心持材及び平割は製材後、生材から含水率13～15%程度まで人工乾燥を行った。

##### (2) 実大材曲げ破壊試験

各試験条件を表-1に示した。

表-1 実大材曲げ破壊試験, 試験条件

	本数	スパン	荷重方式	試験機	実施場所
9 cm 正角	25	180 cm	3等分点	10 t アムスラー型 (高砂森試験機)	農林水産省 林業試験場
7 cm 正角	25	150	3等分点	10 t アムスラー型 (高砂森試験機)	農林水産省 林業試験場
10.5 × 4.5 cm 平割	34	150	中央集中	2 t 曲げ試験機 (東洋試験)	長野県林業指導所

平割については2階根太としての使用を想定して4.5 × 10.5 cm角とし、加圧は断面の4.5 cmの側から行なった。

心持材、平割ともに節等の欠点が引張り側にくるように試験機にセットした。

試験終了後、破壊部付近から年輪幅及び含水率測定用試片を採取した。

(3) 強度におよぼす各要因の測定

ア 気乾比重：破壊試験時の重量と体積から算出した。

イ 平均年輪幅：心持材については図-2に示す2通りの方法で測定し、年輪幅(I)、年輪幅(II)の2通りとした。平割については、年輪幅測定用試片に含まれる完全年輪の幅と数から算出した。

ウ 最大節径比、集中節径比(心持材について)：製材の日本農林規格によった。

エ 繊維傾斜(心持材について)：乾燥後の割れの傾斜から、最も傾斜の大きいと思われる材面について測定した。割れの発生しなかったものについては、引掻式木材繊維走向測定機を用いて測定した。

オ 木取り位置の測定(平割について)：年輪幅、測定用試片を用い図-1に示す方法で随から平割の中心までの距離と年輪数を測定した。

3. 結果と考察

(1) 実大材曲げ破壊試験結果を、心持材について表-2、平割について表-3に示した。

曲げ強さは平均で、9 cm正角 482 kg/cm<sup>2</sup>、7 cm正割 428 kg/cm<sup>2</sup>、平割 493 kg/cm<sup>2</sup>であり、建築基準法施行令のカラマツの材料強度 270 kg/cm<sup>2</sup>を下回るものは7 cm正割の1試料だけであった。

曲げヤング係数は平均値で、9 cm正角 95.8 t/cm<sup>2</sup>、7 cm正割 87.4 t/cm<sup>2</sup>、平割 84.0 t/cm<sup>2</sup>であり、日本建築学会の木構造設計基準の針葉樹Ⅰ類の普通構造材の値 90 t/cm<sup>2</sup>を上回るものは9 cm正角だけであったが、針葉樹Ⅱ類の上級構造材の値 80 t/cm<sup>2</sup>は十分に満足していた。

バラツキは、いずれの材種でも多く、曲げ強さ、曲げヤング係数ともに最大値は最小値の約2~2.5倍であった。

(2) 各要因との関係

各要因と曲げ強さおよび曲げヤング係数との関係を、心持材について表-4に、平割については

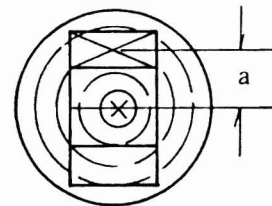


図-1 平割の採材位置の測定  
(髓から平割の中心までの距離：aの幅  
髓から平割の中心までの位置：aに含まれる年輪数)

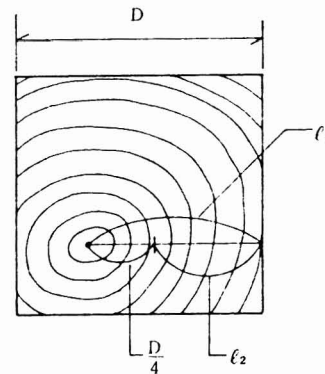


図-2 年輪幅測定法  
平均年輪幅(I) =  $l_1 / n_1$   
" (II) =  $l_2 / n_2$   
 $n_1$  :  $l_1$  に含まれる完全年輪数  
 $n_2$  :  $l_2$  に含まれる完全年輪数

表-2 9cm正角, 7cm正割の実大材曲げ破壊試験結果

区分	試料数	曲げ強さ kg/cm <sup>2</sup>	比例限度 kg/cm <sup>2</sup>	曲げヤング係数 t/cm <sup>2</sup>	気乾比重 g/cm <sup>3</sup>	平均年輪幅 (1) mm	平均年輪幅 (2) mm	繊維傾斜 mm/m	最大節径比 %	集中節径比 %	試験時含水率 %	
9×9 cm 正角	25	482	289	95.8	0.478	6.3	6.1	54.6	20.7	39.3	14.3	
		標準偏差	77.5	50.6	14.2	0.040	1.48	1.70	31.8	5.2	12.1	1.04
		範囲	290 ~656	211 ~408	65.7 ~121.9	0.427 ~0.547	3.6 ~10.0	2.9 ~9.0	0 ~120	11.6 ~35.0	13.8 ~574	12.3 ~16.1
7×7 cm 正割	25	428	266	87.4	0.467	5.7	5.7	69.7	28.8	53.0	13.0	
		標準偏差	77.3	50.0	14.2	0.040	1.75	1.79	32.1	8.3	12.4	0.53
		範囲	268 ~550	160 ~359	60.9 ~114.7	0.386 ~0.563	2.9 ~9.8	3.1 ~10.0	16 ~132	11.6 ~45.7	32.7 ~68.2	12.1 ~13.8
計	50	455	278	91.6	0.473	6.0	5.9	62.2	24.6	45.8	24.6	
		標準偏差	82.0	51.1	14.8	0.04	1.6	1.8	32.9	8.0	14.1	1.05
		範囲	268 ~658	160 ~408	60.9 ~121.9	0.386 ~0.563	2.9 ~10.0	2.9 ~10.0	0 ~132	11.6 ~45.7	13.8 ~68.2	12.1 ~16.1

表-3 10.5×4.5cm平割の実大材曲げ破壊試験結果

	曲げ強さ kg/cm <sup>2</sup>	比例限度 kg/cm <sup>2</sup>	曲げヤング係数 t/cm <sup>2</sup>	気乾比重 g/cm <sup>3</sup>	平均年輪幅 mm	試験時含水率 %
平均値	493	334	84.0	0.50	3.8	15.6
標準偏差	89.0	66.1	20.2	0.05	1.4	1.65
範囲	337 ~641	202 ~497	51.8 ~125.7	0.45 ~0.60	1.8 ~7.6	12.4 ~18.7

試料数: 34本

表-4 9cm正角, 7cm正割における, 各要因と曲げ強さおよび曲げヤング係数との関係をあらわす相関係数

材種	9cm正角	7cm正割
試料数	25	25
年輪幅(I)-曲げ強さ	-0.36	-0.31
年輪幅(II)-曲げ強さ	-0.43*	-0.45*
気乾比重-曲げ強さ	0.44*	-0.52**
繊維傾斜-曲げ強さ	-0.23	-0.24
最大節径比-曲げ強さ	-0.05	-0.11
集中節径比-曲げ強さ	-0.34	0.03
年輪幅(I)-曲げヤング係数	-0.67**	-0.37
年輪幅(II)-曲げヤング係数	-0.77**	-0.38
気乾比重-曲げヤング係数	0.77**	0.65**
繊維傾斜-曲げヤング係数	-0.13	-0.65**
最大節径比-曲げヤング係数	0.26	-0.01
集中節径比-曲げヤング係数	-0.03	-0.28

表-5 4.5×10.5平割における, 各要因と曲げ強さおよび曲げヤング係数の関係をあらわす相関係数

n = 34		
	曲げ強さ との関連	曲げヤング係数 との関連
平均年輪幅	-0.68**	-0.79**
気乾比重	0.48**	0.80**
髓からの年輪数	0.70**	0.72**
髓からの距離	0.66**	0.70**

表-5に示した。

ア 年輪幅：曲げ強さとの関係では9 cm正角、7 cm正割の場合、年輪幅(II)との関係が認められるが、相関係数は低い。これに対して、平割の場合は  $r = -0.68^{**}$  と比較的高い関係にあった。

曲げヤング係数との関係では9 cm正角及び平割については、かなり高い関係が認められたが、7 cm正割については認められなかった。

心持材の、年輪幅(I)と年輪幅(II)との関係では、曲げ強さ、曲げヤング係数とも年輪幅(II)との関係の方がやや高い傾向が認められた。

イ 気乾比重：曲げ強さとの関係は3材種とも相関係数は  $r = 0.44^{**} \sim 0.52^{**}$  であった。これに対して曲げヤング係数との間では、 $r = 0.65^{**} \sim 0.80^{**}$  と高い関係にあった。

ウ 繊維傾斜(心持材)：曲げ強さとの間には関係は認められなかった。曲げヤング係数との関連では7 cm正割について特異的に認められた。

エ 節との関係(心持材)：最大節径比、集中節径比との間には曲げ強さ、曲げヤング係数とも関係は認められなかった。

オ 木取り位置との関係(平割)：髄からの年輪数及び髄からの距離との関係は、曲げ強さ、曲げヤング係数とも、安定的に高い関係( $r = 0.66^{**} \sim 0.72^{**}$ )が認められた。図-3に曲げ強さとの関係を示した。

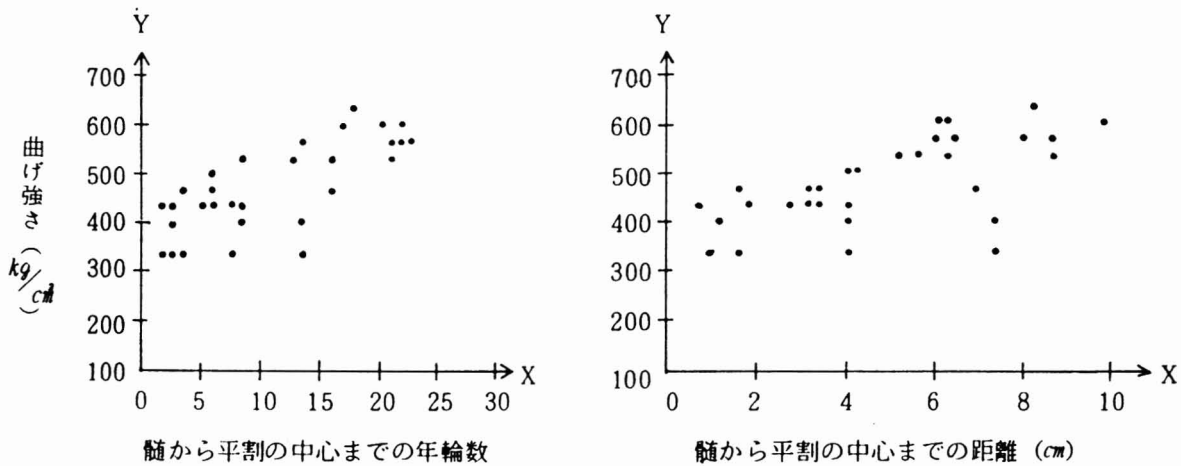


図-3 平割の採材位置と曲げ強さの関係

(3) 曲げヤング係数と曲げ強さの関係

曲げヤング係数と曲げ強さの関係を示す相関係数を表-6に示した。いずれも有意な関係が認められたが、相関係数は  $0.48^{**} \sim 0.69^{**}$  であった。

(4) 既往の試験値との比較および評価

重松はカラマツについて、強度、比重、年輪幅、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、強度性能は髄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している。<sup>4)</sup>

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、及び比重の高い部分の占める割合が増えることから、曲げ強さ、曲げヤン

表-6 曲げヤング率と曲げ強さの関係をあらわす相関係数

	相 関 係 数
9 cm 正 角	0.69 <sup>**</sup>
7 cm 正 割	0.48 <sup>**</sup>
1 0.5 × 4.5 cm 正 割	0.62 <sup>**</sup>

グ係数、比重が7cm正割よりも9cm正角の方が大きい結果が得られたことは妥当なものと考えられる。

また、同様な理由から、平割において、髓からの位置、髓からの年輪数と曲げ強さ及び曲げヤング係数との相関が高かったこともうなづける。

したがって、2階根太などに使用する平割等の強度等級区分の一方法として、髓を含むもの、髓を含まないものといったような木取り位置との関連での検討も必要なことと考える。

かって、天然のカラマツ材は、曲げ強さ、曲げヤング係数とも優れ高い評価を受けてきた。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、過大な評価を与えているのではないかという指摘が、JIS無欠点試片による試験値からなされ、とくに曲げヤング係数において、その低減が著しいことが報告されている。<sup>5,6)</sup>

本試験の結果、18~19年生からの心持1丁取りの角材でも曲げ強さでは建築基準法施行令の材料強度値を超えており、建築構造材として十分に耐える値である。

無欠点試片から誘導する材料強度は、強度低減の第一義的な因子として節をとりあげているが、本試験の結果、節との関係は全く認められなかった。これは心持材が若齢小径材から製材したものであり、節数は無数に近いが、節径が小さいことと、心持材という条件から節の影響はほとんどなかったものと判断される。

曲げヤング係数については、本試験の結果、木構造設計基準の針葉樹I類の値を十分には満足しているとはいえないが、既往の若齢材について報告<sup>5,6)</sup>されているような著しい低下は認められなかった。なお、以前に当所で行なった心持材の非破壊剛性試験の結果では、平均値で、9cm正角98.1 t/cm<sup>2</sup>、7cm正割93.6 t/cm<sup>2</sup>という値を得ていることを附記する。<sup>7)</sup>

#### おわりに

カラマツ小径材から木取った心持材及び中目材から採材した平割の実大材曲げ破壊試験の結果について、若干の考察をまじえて報告したが、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実大材強度試験を積極的に進め、今後期待される建築構造材としての位置づけを明確にしたいと考えている。

#### 引用文献

- 1) 中井 孝 “国産造林木の材質” 木材工業 Vol 39 - 11, 42 ~ 43
- 2) 錦織 勇ほか “構造用製材の強度性能I” 島根林技研報 36, 9 ~ 17, (1985)
- 3) 日本建築学会 “木構造設計基準・同解説” 115 ~ 125, (1976)
- 4) 重松頼生 “カラマツの材質試験XIX” 日林中支講 28, 253 ~ 258, (1980)
- 5) 重松頼生 “カラマツの材質試験XIV” 日林中支講, 24, 49 ~ 54, (1975)
- 6) 山木 宏ほか “短伐期カラマツ造林木の強度性能” 木材の研究と普及, 7, 6 ~ 10, (1975)
- 7) 橋爪丈夫ほか “カラマツ材の実大材強度試験I” 日林中支講, 31, 247 ~ 250, (1983)