

# カラマツ丸太およびたいこ挽材の実大曲げ性能（第1報）

山 本 雅 樹 宮 野 博  
前 田 典 昭 森 泉 周<sup>\*1</sup>

## Bending Test of Larch Log and Two-Faced Sawn Lumber in Full Size (1)

Masaki YAMAMOTO  
Noriaki MAEDA

Hiroshi MIYANO  
Syu MORIIZUMI

### 1. はじめに

木造建築の多様化に伴い丸太を構造体に用いた建築物が増えつつある。特に、昭和61年3月丸太組構法技術基準が制定告示されたことから、丸太の持つ素朴さと自然への回帰から全国各地で多くの建築事例を見ることができる。

しかし、丸太は、製材品に比べて、強度性能は高いといわれているが、これを証明するデータが乏しく、製材品と同等に扱われているのが現状である。

このような状況に鑑み、丸太およびたいこ挽材の実大曲げ試験を行い強度性能を明らかにし、強度等級区分法確立のための基礎資料を得ることを目的とした試験を継続中であるが、今回は、カラマツ生材丸太の実大曲げ試験について報告する。

なお本報告は平成3年度日本木材学会北海道支部研究発表大会（平成3年10月、旭川市）において発表したものである。

### 2. 供試丸太と試験方法

#### 2.1 供試丸太

供試丸太は、平成2年10月に北海道浦幌町仁生にある道有林池田経営区82林班65小班のカラマツ人工林から伐採された110本の丸太で、伐採後ただちに林産試験

第1表 供試丸太を採取した林班の概要

植 栽	昭和29年5月	ha当3,000本
補 植	昭和31年	
枝打ち	昭和38年および39年	
伐 採	昭和43年 除間伐 昭和53年 間伐 昭和58年 間伐	
現 況	ha当458本 平均胸高直径 28cm 平均樹高 21m	

場に搬入されたものである。林班の概要は、第1表に示すとおりである。供試丸太の番玉はすべて1番玉で地際50cmを残して4.6mで採材した。110本の丸太のうち、曲がりが大きかったもの8本を除く102本を試験に供した。

#### 2.2 試験方法

試験方法および手順は、日本住宅・木材技術センターが定めた『丸太・たいこ挽材の実大曲げ試験実施要領』に基づいた。その内容は下記のとおりである。

##### 2.2.1 基本振動周波数による動的ヤング係数 ( $E_d$ ) の測定およびグループ仕分け

丸太の木口面を打撃したとき材内を伝達する弾性波を、他の木口面からマイクロフォンでとらえ、その基本振動周波数を測定した。密度は丸太材積および重量から算出し、(1)式より動的ヤング係数 ( $E_d$ ) を求めた。

丸太の材積は元口および末口の長径および短径を計測し、その平均値から断面積を求め、これに丸太の材長を掛けて求めた。重量の測定は、ホイストクレーンで丸太を吊り上げ、間に設置したロードセルで行った。基本振動周波数の測定は、丸太を吊り上げた状態で行った。

$$E_d = \frac{4 \times SG \times L^2 \times f^2}{g} \quad (1)$$

$E_d$  : 動的ヤング係数  
 $SG$  : 密度  
 $L$  : 材長  
 $f$  : 基本振動周波数  
 $g$  : 重力加速度

$E_d$ の平均値および変動係数がほぼ同等になるように102本の丸太をA, B, Cの3グループに振り分け、それぞれ、生材時丸太、気乾材時丸太、気乾材時たいに挽材の曲げ強度試験に供することとした。

#### 2.2.2 丸太形状と欠点調査

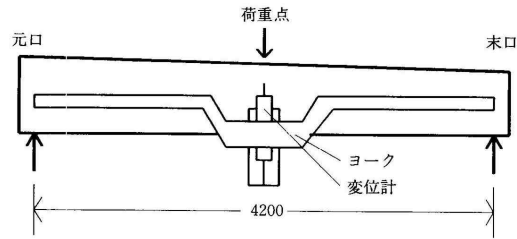
動的ヤング係数でグループ分けした生材試験用のAグループ34体の丸太について、パーカーで剥皮後、形状寸法の計測を行い、その後節などの欠点調査を行った。

末口年輪数、末口および元口の平均年輪幅を計測した後、丸太の末口、元口および中央部の円周を巻尺で計測して、直径を求め、細り度を算出した。

節などの欠点調査は、試験機に丸太をセットした状態で行った。これは、丸太の形状が均一でないため、安定して負荷することが可能な位置を決めた後はじめて、荷重面、引張り面が特定されるためである。中央集中荷重条件で負荷するため、欠点調査は荷重点位置を中心として元口側30cm、末口側30cmの計60cmの区間で行った。節径比および幅15cm間の集中節径比を測定したものである。節径比は丸太の円周に対する節径の割合で求めている。

#### 2.2.3 実大材の曲げ試験

欠点調査の終了した試験体34体について、以下の手順で曲げ破壊試験を行った。



第1図 曲げ試験の方法

材長4.6mに対してスパン4.2m (中央部直径30cmで  $l/h=14$ ,  $l$ : スパン,  $h$ : 丸太の直径) で第1図に示すような中央集中荷重方式で行った。

荷重点には、カバの集成材ブロック (厚さ12cm, 幅20cm, 長さ30cm) を使用した。

試験は、20tonf油圧式強度試験機を用い、荷重100kgfごとに (容量20tonfロードセルにより荷重を検出) たわみを計測し、破壊形態を観察しながら行った。スパン全体のたわみはヨークに取り付けた1/100mm精度の電気式変位計 (東京測器研究所製) で計測し、比例限度に達した時点でヨークを取り外し、破壊までの最大たわみは1/10mm精度のワイヤー式変位計 (ストローク1000mm, 共和電業製) を用いて計測した。得られた荷重-たわみ曲線及び中央部直径から全体たわみに基づく曲げヤング係数 (MOE), 曲げ比例限度応力 (PL), 曲げ強さ (MOR) を算出した。

破壊した試験体の破壊状況を赤鉛筆で欠点調査図にスケッチした後、非破壊部分から厚さ約2cmの円盤を3枚採取し、2枚から曲げ破壊時の含水率を全乾法で測定した。このとき、辺材、心材および全断面の含水率を得た。残りの1枚は気乾状態にした後、試験片を木取り、辺材および心材の気乾比重を測定した。

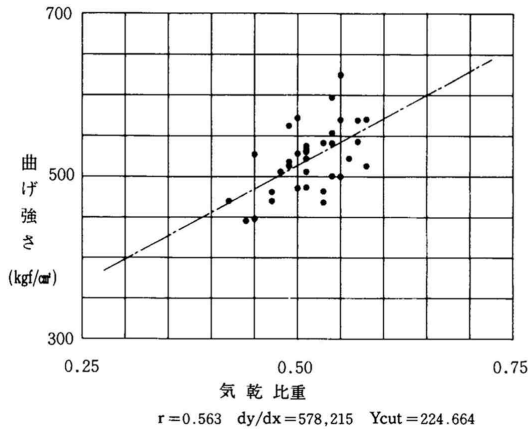
### 3. 結果と考察

第2表に各供試丸太で得られた各種の測定結果を示す。

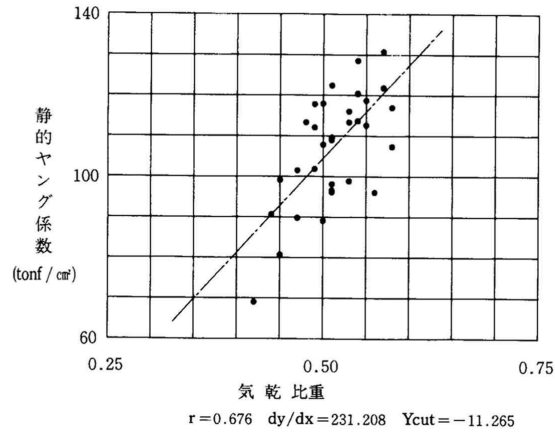
末口径における年輪の数は、平均値で29であり、最小値で25, 最大値で31となっていた。平均年輪幅は、末口、元口とも大差なく、それぞれ4.7mmであった。丸太の直径を中央部で見ると、平均値で約29cm, 最小値

第2表 生材丸太の概要と曲げ強度試験結果

試験体番号	平均年輪幅		直径		細り度 (cm/m)	気乾比重		含水率		最大単独節径比 (%)	最大概中節径比 (%)	動的ヤング係数 (tonf/cm <sup>2</sup> )	曲げヤング係数 (tonf/cm <sup>2</sup> )	比例限度応力 (kef/cm <sup>2</sup> )	曲げ強さ (kgf/cm <sup>2</sup> )
	元口 (mm)	末口 (mm)	元口 (cm)	中央末口 (cm)		元口 (%)	心材 (%)	心材 (%)	全断面 (%)						
1	4.8	4.6	30.1	27.9	25.8	0.54	0.47	139.1	40.6	79.3	1.3	111.0	113.7	258.5	500.5
2	4.5	4.4	29.5	27.7	28.6	0.55	0.50	102.0	39.3	70.0	1.5	113.4	118.7	198.7	624.7
3	30	4.7	31.0	28.1	26.2	0.54	0.47	129.1	38.9	72.3	1.5	104.6	120.4	231.3	541.2
4	27	4.0	4.7	32.8	26.3	0.57	0.47	128.2	40.5	70.8	1.5	125.7	130.7	266.6	569.6
5	30	4.1	4.8	28.7	27.5	0.49	0.43	130.3	36.9	74.4	3.0	101.8	101.8	272.5	562.3
6	28	4.4	4.5	30.3	28.6	0.51	0.52	135.9	47.4	75.0	2.7	128.1	109.0	171.4	530.6
7	30	4.0	4.2	30.9	28.1	0.56	0.49	106.3	48.0	64.9	2.8	125.1	96.1	209.6	522.6
8	29	4.5	4.7	29.5	26.6	0.53	0.45	139.3	37.9	82.0	2.8	123.6	98.8	179.0	467.9
9	30	4.9	3.8	33.0	28.2	0.54	0.48	129.7	46.2	81.6	2.1	125.8	120.5	305.2	596.9
10	29	4.6	4.6	30.3	26.7	0.45	0.45	139.8	42.3	86.5	3.8	110.1	99.0	188.7	527.3
11	30	4.4	4.6	31.5	28.5	0.51	0.50	139.7	37.2	69.4	2.1	108.5	96.5	330.3	522.0
12	30	4.4	4.6	29.9	28.1	0.55	0.48	145.0	40.0	84.0	2.3	138.6	122.4	228.4	570.0
13	30	4.4	4.2	30.6	28.2	0.51	0.55	152.8	41.4	79.5	2.3	106.9	122.4	228.4	565.8
14	29	4.0	4.1	34.0	31.0	0.42	0.44	174.9	41.2	91.0	1.6	87.3	69.0	247.7	469.8
15	27	4.9	5.3	31.8	28.8	0.50	0.49	151.1	38.8	89.2	1.7	114.3	117.9	252.9	572.2
16	30	3.8	4.0	32.2	28.8	0.57	0.49	124.8	38.9	75.3	1.7	116.4	121.9	252.9	543.3
17	31	5.0	4.6	29.8	28.0	0.55	0.46	165.4	39.4	83.0	1.7	120.2	112.1	248.4	513.0
18	29	5.2	4.5	33.0	29.5	0.47	0.48	143.0	39.3	69.9	0.9	97.5	89.8	237.4	469.8
19	30	5.0	4.7	32.1	29.6	0.50	0.48	104.2	38.7	59.9	2.3	111.4	107.4	294.8	493.3
20	29	4.9	4.8	32.2	29.6	0.54	0.49	137.9	41.8	66.5	1.9	136.9	128.5	263.9	553.8
21	29	5.0	5.3	32.5	29.8	0.51	0.47	145.3	38.6	76.6	2.1	105.5	98.1	224.3	533.8
22	31	5.1	4.9	32.9	30.5	0.45	0.41	158.4	44.2	76.9	2.4	99.8	80.7	201.6	447.7
23	31	5.0	4.6	31.8	29.8	0.53	0.47	110.2	46.0	73.9	2.6	112.6	116.0	244.5	481.8
24	30	4.7	4.7	33.1	29.7	0.51	0.47	127.8	38.3	76.0	3.2	114.9	109.6	247.8	486.9
25	30	4.8	4.5	31.7	29.6	0.58	0.52	130.7	38.4	73.4	2.2	117.2	117.0	313.4	570.5
26	25	4.6	5.4	32.3	30.4	0.44	0.42	150.9	42.1	88.2	2.6	111.8	90.6	201.7	445.2
27	30	5.0	5.0	33.5	30.4	0.53	0.51	125.6	42.6	72.6	2.1	118.4	113.3	260.7	541.4
28	31	4.9	4.6	32.0	30.4	0.48	0.42	143.0	47.4	91.0	2.4	112.2	117.8	215.0	518.3
29	28	4.7	5.2	33.9	30.7	0.51	0.48	145.2	39.2	77.3	1.8	101.2	96.0	184.8	537.9
30	30	4.6	4.7	34.1	30.9	0.55	0.48	136.5	37.0	69.5	6.0	123.4	112.6	261.0	499.9
31	31	5.1	4.6	32.9	30.4	0.48	0.44	137.5	43.5	78.5	3.8	109.2	113.3	213.1	505.6
32	29	5.2	5.1	35.2	31.4	0.50	0.48	129.0	40.2	76.5	1.9	110.5	107.8	240.0	485.5
33	28	5.3	5.5	33.3	31.7	0.50	0.45	139.1	38.5	62.6	2.7	106.0	89.0	303.8	528.3
34	29	4.6	4.8	33.5	31.1	0.47	0.47	137.8	39.1	77.2	1.8	102.5	101.5	199.1	480.6
最小	25	3.8	3.8	28.7	27.5	0.5	0.42	102.0	36.9	59.9	0.0	87.3	69.0	171.4	445.2
平均	29	4.7	4.7	31.9	29.4	1.0	0.51	136.3	40.9	76.3	1.6	113.9	107.5	241.4	521.8
最大	31	5.3	5.5	35.2	31.7	1.5	0.58	174.9	48.0	91.0	3.2	138.6	130.7	330.3	624.7
変動係数%	4.4	8.2	8.1	4.9	4.1	24.9	7.8	5.9	11.6	7.7	10.1	64.5	12.9	16.5	8.0



第2図 辺材の気乾比重と曲げ強さの関係



第3図 辺材の気乾比重と静的ヤング係数の関係

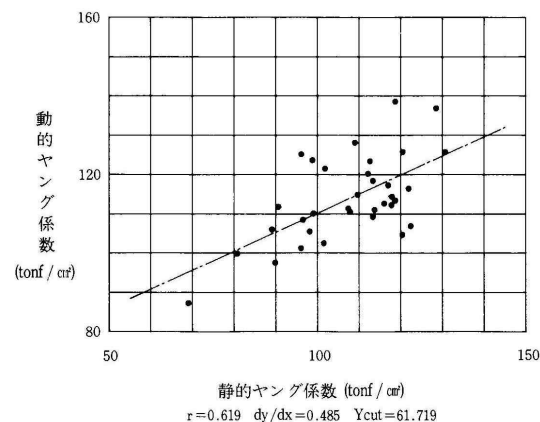
で約28cm, 最大値で約32cmとなっており, 細り度も0.5 cm/mから1.5cm/mの範囲で, 平均値は1.0cm/mであった。このため, 曲げ強さの計算に当たっては, 等断面の丸棒として考え, 直径には丸太中央部の値を採用した。

気乾比重は辺材では平均値で0.51, 最小値で0.42, 最大値で0.58, 心材では平均値で0.47, 最小値で0.41, 最大値で0.55となり, 辺材の方が若干大きな値を示した。試験時の含水率をみると, 全断面では平均値で76.3%, 最小値で59.9%, 最大値で91.0%, 辺材では, 平均値で136.3%, 最小値で102.0%, 最大値で174.9%, 心材では, 平均値で40.9%, 最小値で36.9%, 最大値で48.0%で, 辺材は心材の約3倍の値を示した。

節については, 節が存在する円周に占める節径の割合で表現した。その結果, 最大単独節径比は平均値で1.6%, 最小値で0.0%, 最大値で3.2%であり, 最大集中節径比は平均値で2.9%, 最小値で0.0%, 最大値で8.6%であり, 非常に小さな値であった。

$E_d$ と曲げたわみより求めたMOEとを比較すると,  $E_d$ の方がMOEより平均値で7%大きな値を示した。これは, 従来<sup>1)</sup>の結果<sup>1)</sup>と比べるとやや小さな値となっている。

比例限度が曲げ強さに占める割合は, 平均値で0.46, 最小値で0.32, 最大値で0.63であり, 通常言われている2/3よりは小さい値となった。MORは平均値で522 kgf/cm<sup>2</sup>, 最小値で445kgf/cm<sup>2</sup>, 最大値で625kgf/cm<sup>2</sup>が得



第4図 動的ヤング係数と静的ヤング係数の関係

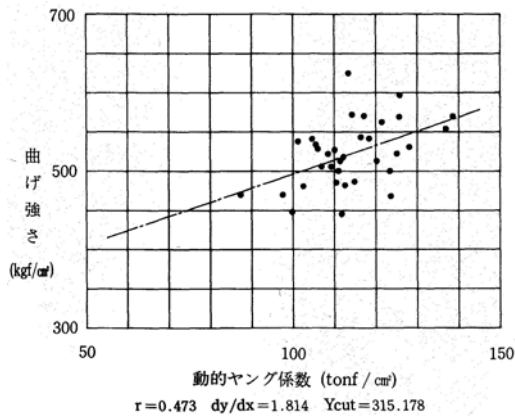
られ, 変動係数も8.0%と非常に安定した値であった。

また, 破壊形態は圧縮側に多少のもめが入った後, 34体すべてが引張側で破壊した。

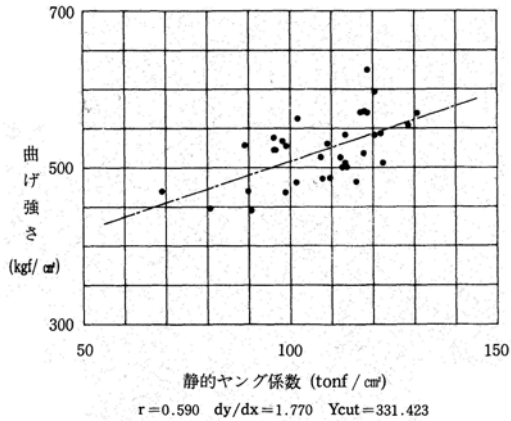
各測定項目間の関係の中から, 相関が見られた5つの事例について考察する。

辺材の気乾比重とMOR (第2図) およびMOE (第3図) の関係については, それぞれの相関係数を求めると, 0.563および0.676となった。これらは, 今回の試験体数が34体であることから, 1%危険率で有意な相関係数の値は0.42なので, 相関があるといえる。

$E_d$ とMOEの関係を第4図に,  $E_d$ およびMOEとMORの関係をそれぞれ第5図および第6図に示した。これらの相関係数を求めた結果,  $E_d$ とMOEは0.619,



第5図 動的ヤング係数と曲げ強さの関係



第6図 静的ヤング係数と曲げ強さの関係

第3表 丸太と製材との強度比較

		今回の丸太 (末口径24~30cm)	中小径丸太 <sup>2)</sup> (末口径10~20cm)	製材 <sup>3)</sup> (204材)
MOE	平均値	108	82	68
	tf/cm <sup>2</sup> 最小値	69	59	40
	最大値	131	95	105
MOR	平均値	522	460	419
	kgf/cm <sup>2</sup> 最小値	445	370	284
	最大値	625	550	548
推定許容応力度	kgf/cm <sup>2</sup>	130	115	94

2) : 文献<sup>2)</sup>より引用

3) : 文献<sup>3)</sup>より引用

$E_d$ とMORは0.473, MOEとMORは0.590が得られた。これらも1%危険率で有意な値であることから、相関が認められ、 $E_d$ またはMOEからMORを推定できる可能性は大きいといえる。

丸太と製材との強度比較を第3表に示した。曲げ長期許容応力度は、(2)式より求めた。

$$f = F \times \alpha \times \beta \times \gamma \quad (2)$$

F : 平均曲げ強さ

: 比例限度強さを求めるための値 (2/3)

: バラツキによる低減係数 (3/4)

: 長期荷重による低減係数 (1/2)

中小径丸太および製材の値は林産試験場で試験したものである<sup>2,3)</sup>。推定許容応力度およびヤング係数とも丸太の数値は、製材の36%および58%程度大きいこと

が認められた。本試験の供試材と従来の結果を比較すると今回の丸太の方が、中小径丸太よりMOR, MOEとも大きくなっている。この理由としては、平均年輪幅や未成熟材部の割合が異なっていることなどが考えられる。

#### 文献

- 1) 大熊幹章ほか：昭和63年，平成元年度科学研究費補助金研究成果報告書 (1990)
- 2) 米田昌世：林産試験場報，1 (4)，1-11 (1987)
- 3) 森泉 周，宮野 博，丸山 武，伊藤勝彦：林産試験場月報，No.330，11-14 (1979)

— 性能部 構造性能科 —

— \*1 利用部 材質科 —

(原稿受理 H4. 4. 9)