

針葉樹中小径丸太・タイコ材の強度試験

米 田 昌 世

Strength Tests on Poles and Two-Surface Sawn Lumber from Smaller Diameter Softwood Logs

Masatoshi YONEDA

Bending, tensile, and buckling-to-failure tests were conducted on poles and two-surface sawn lumbers from plantation-grown Larch, *Larix leptolepis* Gord. and Todomatsu, *Abies sachalinensis* Mast. The results of the tests are summarized as follows:

(1) The poles with a tip diameter of 10 to 20 cm and a length of 365 cm had the following average values of modulus of rupture:

	Green (kgf/cm ²)	Air-dried (kgf/cm ²)
Larch	460	595
Todomatsu	358	477

(2) Two-surface sawn lumbers seemed to have a smaller bending strength than the poles, but its bending strength values were in fact much higher than the standard values, i. e., 270 and 225 kgf/cm² for Larch and Todomatsu respectively, suggested in the Building Standard Law.

(3) There was an obvious correlation between the bending modulus of elasticity and the modulus of rupture.

(4) The tensile strength of a full-size section was 221 kgf/cm² for Larch, and 261 kgf/cm² for Todomatsu. The tensile modulus of elasticity was 93×10^3 kgf/cm² for Larch and 86×10^3 kgf/cm² for Todomatsu. These results were similar to the ones of the bending tests.

(5) The buckling tests on the columns showed the existence of a certain relationship between the experimental values and the calculated ones.

カラマツ、トドマツの中小径丸太及びタイコ製材を用いて曲げ、引張り、圧縮（長柱座屈）の各種実大強度試験を行い、以下の結果を得た。

(1) 丸太の曲げ強さを平均値で示すと、カラマツ生材が460kgf/cm²、天乾材は595kgf/cm²であった。トドマツでは生材の358kgf/cm²に対して、天乾材はその1.33倍の477kgf/cm²を示した。

(2) タイコ材の曲げ強さは、いずれの場合も丸太より低かったが、建築基準法上の材料強度（カラマツ：270kgf/cm²、トドマツ：225kgf/cm²）よりはかなり高い値を示した。

(3) ヤング係数と曲げ強さの相関性は高い。

(4) 実大材の引張り強さは、トドマツの方が高く、カラマツの221kgf/cm²に対して、トドマ

ツは $261\text{kgf}/\text{cm}^2$ を示した。一方、ヤング係数は、曲げ試験の結果とほぼ同様のカラマツ $93 \times 10^3 \text{kgf}/\text{cm}^2$ 、トドマツ $86 \times 10^3 \text{kgf}/\text{cm}^2$ であった。

(5) 長柱座屈試験の結果、実測と計算に基づく座屈強さとの間には一定の相関性が認められた。

1. はじめに

牛舎等農業用建築物の資材として、製材の代わりに丸太あるいは2面落しのタイコ材を使うことは、強度的にもコスト的にも有利であると考えられている。しかし、北米¹⁾やニュージーランド²⁾に比較し、我が国においては強度性能に関するデータは極めて少ない³⁾。

このため、本試験では北海道の代表的な造林木であるカラマツ、トドマツを用いて曲げ、引張り、圧縮（長柱座屈）の各種実大強度試験を行い、設計の基礎資料を得ることを目的とした。なお、この試験は林野庁の大型プロジェクト「農林水産業用資材等農山漁村地域における国産材の需要開発に関する総合研究」（昭和59～63年度）の一環として行ったものであり、成果の一部は道林務部林業技術研究発表大会（昭和61年2月、札幌）で報告した。

2. 曲げ試験

丸太あるいはタイコ材を梁や桁材として使用する場合を想定し、曲げ試験を行った。

2.1 試験方法

(1) 供試材

試験には、カラマツ（10～25年生）、トドマツ（15～30年生）の末口径10～20cm、材長3.65mの間伐材を用いた。含水率の強度に及ぼす影響及び、既往のデータ^{1)～3)}との比較のため生材と天然乾燥材（以下天乾材と略す）の両者について曲げ試験を行うことにした。このため、以下のように試験材の調製を行った。

初めに、樹皮付き丸太の状態で径級、長さ及び曲がり等を測定した。

次いで、ヘッドバーカではく皮を行った。

天乾後に試験するものについては丸太のままで棧積を行った（写真1）。

生材状態で試験を行うものについては、直ちに試

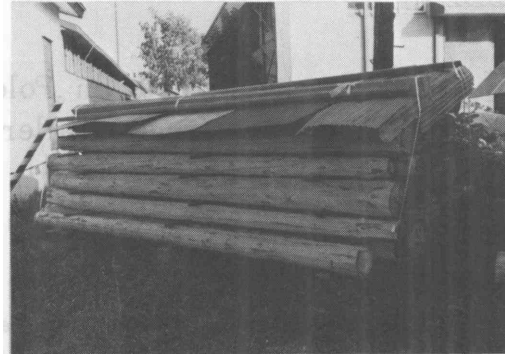


写真1 天然乾燥中の丸太

第1表 タイコ材の幅

丸太の 末口径 (D) cm	タイコ材の 幅 (H) cm
～12	7.5
13, 14	9.0
15, 16	10.5
17～19	12.0
20	13.5

験に供した。なお、タイコ材は丸太の径に合わせて第1表に示す5種類の幅に木取った。

天乾材は夏季3か月の天乾で、含水率がほぼ20%まで低下してから試験を行った（タイコ材は、この時点の天乾丸太から製材）。

供試材数は、カラマツ、トドマツともに、1材種（丸太またはタイコ材）、1含水率条件（生材または天乾材）あたり10本である。

(2) 実験方法

丸太及びタイコ材ともにスパン3mの中央集中荷重方式で行った。荷重点と支点の位置には、材料を安定させるために木製のサドルを用いた（写真2）。タイコ材については、丸身の付いた面に加力するエッジワイズ方式とした。この場合、両端の支点部分を電動力

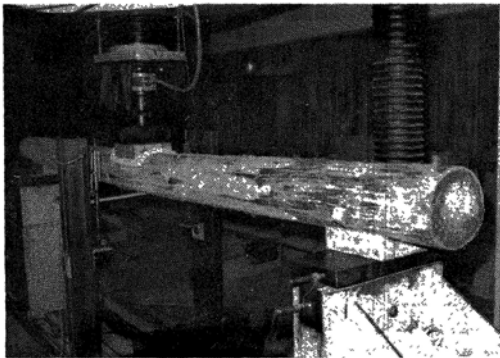
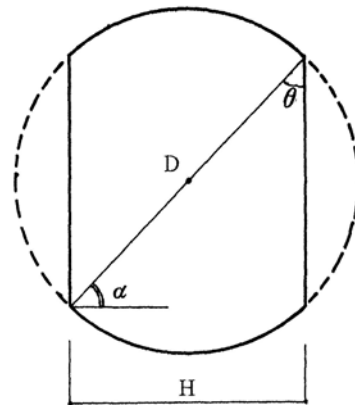


写真2 丸太の曲げ試験



第1図 タイコ材の断面形状

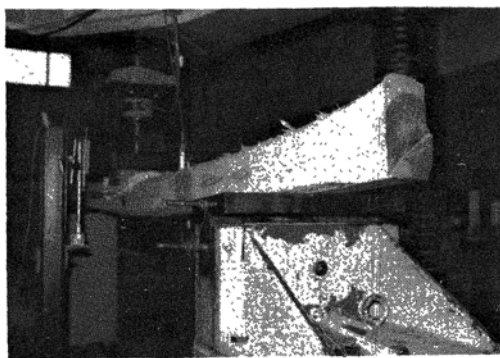


写真3 タイコ材の曲げ試験

計算にあたっては、丸太・タイコ材ともにテーパの無い材料と仮定し、中央部断面の数値を用いることにした。丸太の断面二次モーメント (I) と断面係数 (Z) はそれぞれ次のとおりである。

$$I = \frac{\pi D^4}{64}, \quad Z = \frac{\pi D^3}{32}$$

ここで、Dは材中央部の平均径
タイコ材の場合は、断面を第1図のような形状とすると以下のとおりである。

$$I = \frac{D^4}{32} \left(\theta - \frac{1}{4} \sin 4\theta \right) + \frac{H(\sqrt{D^2 - H^2})^3}{12}$$

$$Z = \frac{2I}{D}$$

ここで、Hはタイコ材の幅、 $\theta = \sin^{-1}H/D$

ンナで平らに仕上げ、材の転倒を防いだ (写真3)。

試験には能力100ton (曲げでは20ton) の油圧式強度試験機 (東京衡機製) を用い、荷重と材中央部のたわみをそれぞれロードセル及び変位計で測定し、曲げヤング係数、曲げ強さ等を算出した。

第2表 曲げ試験の結果

樹種	材種	試験時含水率 (%)	曲げヤング係数 (10 ³ kgf/cm ²)	曲げ強さ (kgf/cm ²)
カラマツ	丸太	生材 34 ~ 70 ~ 87	59 ~ 82 ~ 95	370 ~ 460 ~ 550
		天乾材 15 ~ 17 ~ 20	51 ^{a)} ~ 91 ~ 126	332 ^{a)} ~ 595 ~ 753
	タイコ材	生材 42 ~ 56 ~ 73	80 ~ 83 ~ 90	407 ~ 441 ~ 499
		天乾材 17 ~ 20 ~ 23	56 ^{b)} ~ 86 ~ 107	291 ^{b)} ~ 466 ~ 531
トドマツ	丸太	生材 29 ~ 60 ~ 92	65 ~ 83 ~ 97	296 ~ 358 ~ 424
		天乾材 17 ~ 19 ~ 26	78 ~ 88 ~ 110	347 ~ 477 ~ 609
	タイコ材	生材 35 ~ 54 ~ 84	56 ~ 75 ~ 92	250 ~ 311 ~ 369
		天乾材 17 ~ 21 ~ 30	63 ~ 88 ~ 115	297 ~ 420 ~ 513

注 a) 平均年輪幅 7.8 mm で気乾比重 0.36 の材 (付表1 参照)。
b) 平均年輪幅 6.8 mm で気乾比重 0.41 の材 (付表3 参照)。

試験終了後、材の中央部付近から試験片を木取り、含水率、年輪幅及び比重を測定した。

2.2 結果と考察

曲げ試験の結果をとりまとめて第2表に示した。天乾材の含水率はほぼ20%以下である。丸太の曲げ強さは、平均値でカラマツ生材が460kg/cm²、天乾材では595kgf/cm²である。トドマ

ツでは、生材の358kgf/cm²に対して天乾材はその1.33倍の477kgf/cm²であった。このように天乾材は、乾燥による割れの発生はあるものの、それ以上に水分の低下に伴う強度性能の向上が認められる。タイコ材の強度は、いずれの場合も丸太より低いが、建築基準法上の木材の材料強度（カラマツ：270kgf/cm²、トドマツ：225kgf/cm²）よりはかなり高い値を示している。

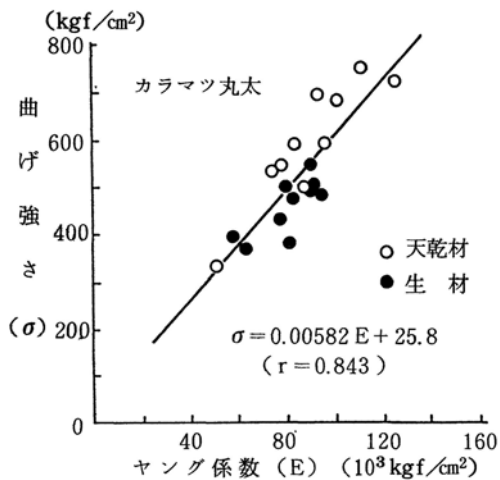
破壊の状態は、丸太・タイコ材ともに荷重点下の圧縮側のつぶれから進行し、最終的にはほぼ材中央部の

引張り側で破断している。

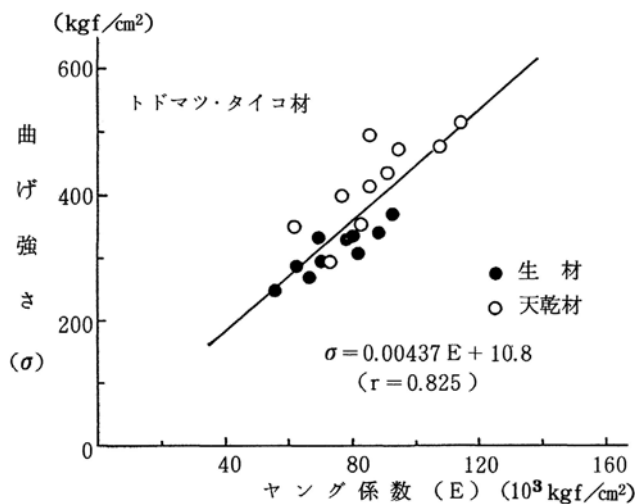
曲げヤング係数については、試験時含水率の影響は認められるが、樹種、材種の差は明らかではない。

カラマツ丸太の曲げヤング係数と強さとの関係を第2図に示した。かなり高い相関性が認められる。したがって、非破壊の曲げ剛性試験から、曲げ強さの推定ができることになる。トドマツ・タイコ材の例を第3図に示したが、同様の傾向が認められる。

なお、供試材個々の詳細なデータを付表（本文末尾）に示した。



第2図 カラマツ丸太の曲げ強さと曲げヤング係数との関係



第3図 トドマツ・タイコ材の曲げ強さとヤング係数との関係

3. 引張り試験

農業用建築物等の構造部材として引張り筋かいや、屋根トラスの下弦材などにタイコ材を使用する場合を想定し、実大引張り試験を行った。

3.1 試験方法

(1) 供試材

材幅を4cm一定にしたタイコ材（天乾材）についてのみ実施した。材長は試験機に合わせて310cmである。

(2) 実験方法

当場で試作した能力100tonの実大引張り試験機を用いた（写真4）。引張りのグリップ部はネオプレンを焼き付けた鋼板でできている。この部分（長さ120cm）

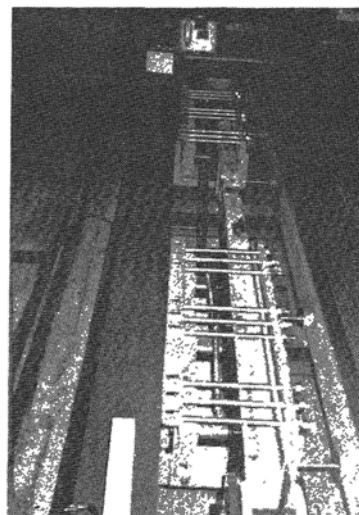


写真4 100 ton実大引張り試験機によるタイコ材の引張り試験

には、1基あたり20tonまでかけられる油圧ジャッキが3基備えられており、材料が滑らない様に側圧をかけながら引張り試験を行った。

材長は310cmであるが、つかみの部分を除いた実際の引張り長さは70cm (310-120×2) である。材中央部に精度1/1000mmの電気歪式変位計を取り付け、強さのほかに、ヤング係数の測定を行った。この際、標点間距離は27cmとした。

荷重の付加速度は、破断までの時間が5～10分間となるように調整した。なお、タイコ材の断面積 (A) は以下のように表される (記号は第1図参照)。

$$A = \frac{1}{2} (D^2 \sin^{-1} \frac{H}{D} + H \sqrt{D^2 - H^2})$$

3.2 結果と考察

試験の結果をとりまとめて、第3表に示した。ヤング係数は、曲げ試験の場合とほぼ同様の、カラマツ $93 \times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ 、トドマツ $86 \times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ であった。一方、引張り強さ (平均値) はトドマツの 264kgf/cm^2 に対して、カラマツは 221kgf/cm^2 と低い値を示した。この傾向は、木材工業ハンドブック⁴⁾ に示されている無欠点材のデータからみてもほぼ妥当なものと思われる。

破壊の形態は写真5-1～5-4に示すように、い

第3表 引張り試験の結果

樹種	試験時含水率 (%)	引張りヤング係数 (10^3kgf/cm^2)	引張り強さ (kgf/cm^2)
カラマツ	18～19～20	70～93～154	94～221～381
トドマツ	17～18～20	54～86～119	176～264～380

注) タイコ材 (天乾) のみ実施。



写真5-1 カラマツの引張り破断の例



写真5-2 カラマツの引張り破断の例



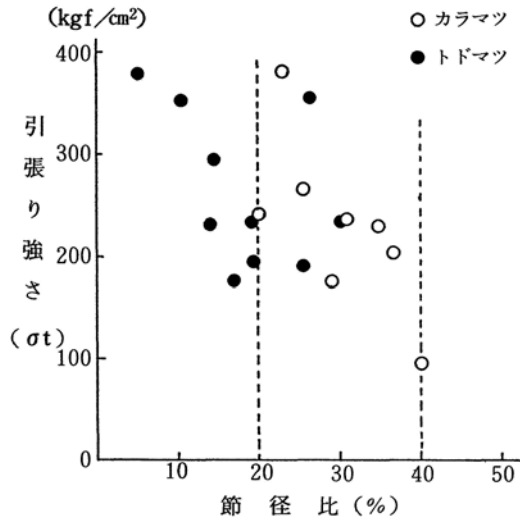
写真5-3 トドマツの引張り破断の例



写真5-4 トドマツの引張り破断の例

ずれも節による目切れの影響を受けている。

節径比と引張り強さとの関係を第4図に示した。かなりのバラツキはあるが、節径による強度低下の傾向が認められる。例えば、節径比40%のカラマツの引張り強さはわずかに94kgf/cm²であった。



第4図 節径比と引張り強さとの関係

4. 長柱座屈試験

ここでは、丸太及びタイコ材を畜舎等の柱として使用することを想定し、長柱座屈試験を行った。また、座屈強さに関するオイラーの式を用いて計算値を求め、実測値と比較しその適合性を検討した。

4.1 試験方法

(1) 供試材

座屈長さが3m一定となるように材の両端を切りそろえた。供試したタイコ材の幅は、曲げ試験の時と同様に丸太の径に合わせて7.5, 9.0, 10.5, 12.0, 13.5 cmの5種類である。試験は生材についてのみ行った。

(2) 実験方法

長柱座屈試験は、両端ナイフエッジの自由支持とし、一方向のみに座屈させた。丸太については、曲がりの大きさから座屈方向を予想して供試材をセットし、タイコ材の場合は、弱軸側（フラットワイズ）に座屈するように設定した。

曲げ試験に使用したと同じ能力100tonの油圧式強度

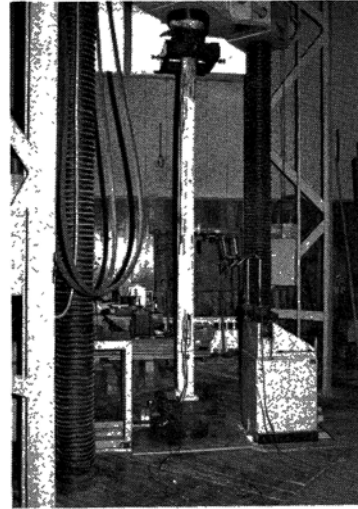


写真6 丸太の長柱座屈試験

試験機を用いて加圧（写真6）し、荷重の増加が停止した時の値を座屈荷重とみなした。

座屈強さに関する以下のオイラーの公式を用いて強度（σ_{k.cal}）計算を行い、実測値と比較した。

$$\sigma_{k.cal} = \frac{Pk}{A} = \frac{\pi^2 EI}{L^2 k A} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}$$

ここで、λ = 細長比 = Lk/i, ただし i = √I/A

Lk = 座屈長さ

このため、座屈試験に先だって曲げ剛性試験を行い曲げヤング係数（E）を求めた。計算にあたってのタイコ材（フラットワイズ）の断面二次モーメントは次のとおりである（記号は第1図参照）。

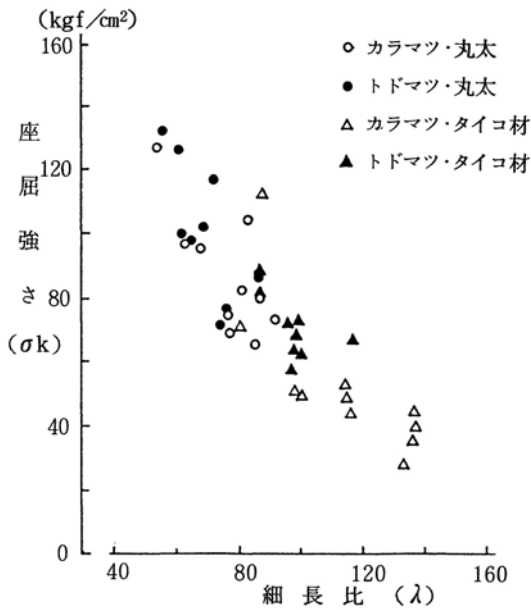
$$I = \frac{D^4}{64} \left\{ \pi - 2 \left(d - \frac{1}{4} \sin^4 \alpha \right) \right\}$$

ただし、α = π/2 - θ = cos⁻¹H/D

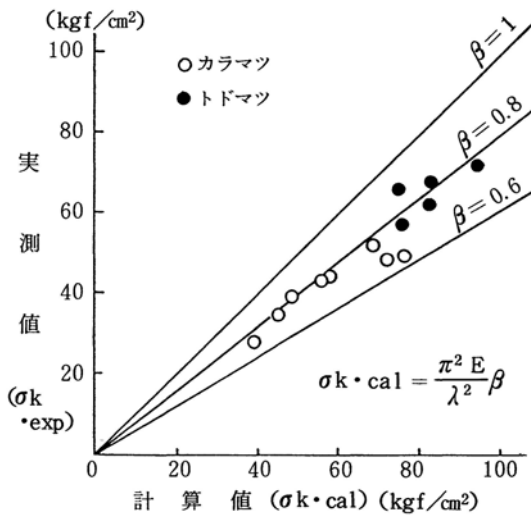
4.2 結果と考察

第5図にカラマツ、トドマツ、丸太及びタイコ材込みで細長比と座屈強さ（実測値）の関係をプロットした。この図から、バラツキはやや大きいですが、樹種、材種にかかわらず、長柱座屈の大略の傾向が認められる。

第6図は、細長比（λ）が100以上の長柱について実測と計算による座屈強さを比較したものである。供



第5図 細長比と座屈強さとの関係



第6図 座屈強さ (λ ≥ 100) - 実測値と計算値との比較

試材が丸太及びタイコ材であるため、精度良く材両端の平行度を出すことが困難であったことや、初期曲がりによる影響等を無視して計算を行ったなどの理由から、実測と計算による座屈強さとは一致していない。しかし、計算値に係数 (β) 0.8を乗ずると、実測値にほぼ等しい値の得られることが分かる。また、係数

0.6を乗ずれば、実用上の座屈強さの下限値がヤング係数を用いて推定できることになる。

5. おわりに

現在、木構造の設計にあたっては、曲げと引張りに対する木材の強度性能を同じとみなしているが、今回の丸太及びタイコ材の試験結果からは、明らかに異なった結果が得られた。すなわち曲げではかなり高い値が、逆に引張りの場合は節 (による目切れ) の影響もあり低い値が示された。したがって、いずれにしても今後さらにデータを蓄積し、現行の製材を基準にしたものとは別に、丸太・タイコ材の特長を生かした新しい許容応力度体系を作ることが必要と思われる。

本試験で得られた値をもとに、丸太及びタイコ材の許容応力度を略算すると以下ようになる。

○曲げの長期許容応力度 (短期はこの2倍)

カラマツ丸太	149kg/cm ²
トドマツ丸太	119kg/cm ²
カラマツ・タイコ材	117kg/cm ²
トドマツ・タイコ材	104kg/cm ²

○引張りの長期許容応力度 (短期はこの2倍)

カラマツ・タイコ材	55kg/cm ²
トドマツ・タイコ材	65kg/cm ²

なお、許容応力度の略算は次によった。

長期許容応力度

$$= \text{強さの平均値} \times 3/4 \times 2/3 \times 1/2$$

ここで、係数3/4は平均値からのバラツキを考慮し下限値を求めるための値、2/3は比例限度強さを求めるための係数、1/2は時間的な因子 (長期荷重) による低減係数である。ちなみに現行の木材 (製材を想定) の長期許容応力度は曲げと引張りに対してカラマツ : 90kg/cm²が、トドマツ : 75kg/cm²となっている。

長柱座屈試験の結果、実測と計算に基づく座屈強さとの間には一定の相関性が認められた。したがって、丸太及びタイコ材についても、曲げヤング係数から座屈強さを推定することが可能である。

付表1. カラマツ丸太の曲げ試験結果

試験体 番号	材長 L (cm)	末口径 de (cm)	元口径 do (cm)	細り率 ^{a)} $\alpha \times 10^{-4}$	曲げ強さ σ (kgf/cm ²)	曲げヤング係 数E (10 ³ kgf/cm ²)	年輪数 ^{b)}	平均年輪幅 ^{c)} (mm)	比重 ^{d)}	含水率 ^{e)} (%)
K 33	375	14.5	16.9	3.79	382	82.1	15	5.3	0.39	34.2
K 83	380	13.4	20.5	9.11	503	92.0	15	4.8	0.49	69.3
K 16	377	15.0	18.2	4.66	485	95.0	15	5.0	0.53	86.8
K 55	386	14.8	23.0	9.24	475	83.1	15	5.3	0.49	72.1
K 29	374	12.3	15.3	5.24	498	90.6	11	6.0	0.54	72.4
K 60	369	20.8	25.0	4.55	370	63.6	19	6.3	0.44	85.2
K 68	382	17.8	21.0	3.99	435	77.9	17	5.3	0.43	61.9
K 75	371	16.9	23.2	7.32	397	59.3	18	5.3	0.51	71.0
K 84	384	13.2	19.0	7.95	550	90.4	16	4.5	0.49	68.6
K 76	376	10.8	13.5	5.32	500	81.2	13	4.6	0.46	74.9
平均	—	—	—	—	460	81.5	—	5.2	0.48	69.6
K 70	371	11.8	13.5	3.39	593	97.0	18	3.2	0.47	15.2
K 21	381	12.0	14.8	4.97	499	87.9	11	5.7	0.43	15.7
K 38	373	12.8	15.2	4.23	683	102.2	12	5.0	0.50	17.0
K 11	373	12.7	14.4	3.17	589	83.8	14	4.4	0.47	15.9
K 26	374	14.0	15.6	2.74	698	94.2	14	5.0	0.53	16.9
K 40	386	12.7	16.2	5.60	721	125.8	15	4.0	0.52	17.4
K 8	377	12.6	20.0	9.81	332	50.6	9	7.8	0.36	16.7
K 42	379	12.6	18.0	7.92	753	111.7	15	3.9	0.46	17.7
K 4	373	17.6	20.7	4.01	532	74.8	17	5.1	0.44	19.8
K 31	364	17.0	20.5	4.69	547	78.7	15	6.3	0.44	18.3
平均	—	—	—	—	595	90.7	—	5.0	0.46	17.1

注 a) $\alpha = (do - de) / doL$ b) 材中央部の値。
 c) 材中央部の値。 d) 材中央部の値, 気乾時 (含水率: 13 ± 1%) の値。
 e) 材中央部の値。
 曲げスパン長は300 cm。中央集中荷重方式。

付表2. トドマツ丸太の曲げ試験結果

試験材 番号	材長 L (cm)	末口径 de (cm)	元口径 do (cm)	細り率 ^{a)} $\alpha \times 10^{-4}$	曲げ強さ σ (kgf/cm ²)	曲げヤング係 数E (10 ³ kgf/cm ²)	年輪数 ^{b)}	平均年輪幅 ^{c)} (mm)	比重 ^{d)}	含水率 ^{e)} (%)
T 38	374	16.6	22.0	6.56	347	83.2	27	3.0	0.35	65.8
T 65	370	14.6	20.5	7.78	369	89.5	15	5.3	0.38	51.7
T 16	370	18.5	22.9	5.19	379	80.9	23	4.8	0.39	52.8
T 76	373	12.5	20.8	11.13	296	64.7	16	5.3	0.39	49.7
T 90	371	14.4	18.2	6.22	381	97.0	18	4.1	0.38	66.1
T 56	369	13.4	17.0	5.74	347	83.3	20	3.8	0.36	67.4
T 68	380	14.0	17.8	5.62	424	91.2	24	3.3	0.44	50.2
T 81	374	13.9	18.5	6.65	358	82.1	23	3.3	0.34	67.3
T 48	370	12.5	16.4	6.43	344	76.6	18	3.4	0.36	38.6
T 41	372	14.0	17.2	5.00	333	77.2	17	4.7	0.37	91.6
平均	—	—	—	—	358	82.5	—	4.1	0.38	60.1
T 60	371	13.8	20.5	8.81	440	86.1	20	3.7	0.39	19.1
T 21	370	12.8	16.5	6.06	609	95.4	16	3.6	0.39	16.8
T 73	366	12.5	16.8	6.99	553	93.8	16	3.9	0.38	16.8
T 22	367	14.0	17.0	4.81	433	77.7	16	4.3	0.34	17.1
T 59	371	13.4	18.3	7.22	511	88.7	14	5.8	0.38	16.6
T 86	375	12.5	18.0	8.15	539	110.3	26	2.7	0.41	21.8
T 39	380	14.2	19.5	7.15	347	78.3	13	5.3	0.38	17.4
T 67	373	12.5	16.4	6.38	457	87.3	24	2.9	0.39	26.2
T 54	375	13.8	22.0	9.94	443	80.1	25	3.5	0.40	20.9
T 27	371	15.7	20.0	5.80	438	83.7	18	4.3	0.37	17.1
平均	—	—	—	—	477	88.1	—	4.0	0.38	19.0

注 a), b), c), d), e) は付表1 参照のこと。

付表3. カラマツ・タイコ材の曲げ試験結果

試験体番号	材長 L (cm)	末口径 de (cm)	元口径 do (cm)	細り率 ^{a)} $\alpha \times 10^{-4}$	材幅 (cm)	曲げ強さ σ (kgf/cm ²)	曲げヤング係数 E (10 ³ kgf/cm ²)	年輪数 ^{b)}	平均年輪幅 ^{c)} (mm)	比重 ^{d)}	含水率 ^{e)} (%)
K 89	380	12.0	15.5	5.94	7.5	499	81.0	14	4.3	0.50	52.0
K 46	380	12.3	17.4	7.71	7.5	467	82.8	16	4.7	0.50	53.0
K 48	371	14.2	18.0	5.69	9.0	437	86.3	13	5.2	0.46	54.0
K 72	380	14.2	23.0	10.07	9.0	479	90.0	15	4.3	0.51	58.6
K 45	375	14.6	18.0	5.04	9.0	407	81.1	13	5.1	0.45	54.8
K 0	320	14.9	17.3	4.34	9.0	409	82.4	14	5.9	0.45	74.6
K 30	380	15.2	24.0	9.65	10.5	425	80.3	15	4.2	0.47	72.5
K 52	367	15.6	20.7	6.71	10.5	432	85.0	13	6.2	0.46	48.8
K 74	371	16.2	19.0	3.97	10.5	437	79.9	17	5.3	0.48	42.2
K 12	379	18.0	25.6	7.83	12.0	414	80.5	14	5.9	0.43	52.0
平均	—	—	—	—	—	441	82.9	—	5.1	0.47	56.3
K 64	374	12.5	15.0	4.46	9.0	498	89.9	11	5.7	0.50	17.1
K 59	381	13.1	22.0	10.62	9.0	475	85.0	15	3.7	0.45	16.8
K 20	369	14.0	19.5	7.64	9.0	531	101.8	24	3.0	0.44	17.3
K 6	379	14.3	18.0	5.42	9.0	522	107.1	12	5.1	0.46	17.2
K 66	372	19.8	22.8	4.48	12.0	487	81.5	19	5.5	0.48	22.4
K 28	380	19.8	23.7	4.33	12.0	478	67.5	20	5.4	0.50	22.5
K 77	373	20.1	25.5	5.68	12.0	291	56.2	15	6.8	0.41	20.3
K 82	377	20.3	21.5	1.48	12.0	382	87.2	21	4.2	0.44	20.7
K 85	373	20.8	24.2	3.77	12.0	469	78.8	19	5.5	0.44	22.1
K 2	370	21.5	30.8	8.16	12.0	522	105.5	24	4.0	0.50	23.3
平均	—	—	—	—	—	466	86.1	—	4.9	0.46	20.0

注 a), b), c), d), e) は付表1参照のこと。
末口径, 元口径, 細り率は原木時の値。

付表4. トドマツ・タイコ材の曲げ試験結果

試験体番号	材長 L (cm)	末口径 de (cm)	元口径 do (cm)	細り率 ^{a)} $\alpha \times 10^{-4}$	材幅 (cm)	曲げ強さ σ (kgf/cm ²)	曲げヤング係数 E (10 ³ kgf/cm ²)	年輪数 ^{b)}	平均年輪幅 ^{c)} (mm)	比重 ^{d)}	含水率 ^{e)} (%)
T 51	376	12.5	17.0	7.04	7.5	270	67.2	14	4.7	0.31	83.9
T 75	373	13.3	14.0	1.34	7.5	343	88.7	15	3.8	0.38	45.3
T 10	380	13.8	16.2	3.90	7.5	334	79.9	20	3.6	0.37	38.8
T 11	370	14.5	17.1	4.11	7.5	369	92.4	27	3.1	0.41	35.3
T 36	377	13.5	17.2	5.71	9.0	305	81.5	16	5.0	0.33	48.8
T 46	367	13.5	17.6	6.35	9.0	328	79.1	15	4.1	0.34	50.0
T 62	377	14.0	17.7	5.54	9.0	294	71.5	16	4.1	0.31	60.8
T 14	377	14.1	24.0	10.94	9.0	250	56.1	19	4.8	0.38	47.4
T 84	371	16.1	21.0	6.29	10.5	332	69.7	18	5.1	0.39	54.0
T 61	374	20.2	30.0	8.73	13.5	288	63.0	28	4.5	0.37	70.3
平均	—	—	—	—	—	311	74.9	—	4.3	0.36	53.5
T 57	369	12.4	19.0	9.41	7.5	432	91.4	14	4.4	0.40	17.0
T 34	376	13.5	18.0	6.65	7.5	476	107.9	24	2.8	0.39	18.7
T 24	370	14.4	17.3	4.53	9.0	513	114.5	20	3.3	0.38	19.9
T 43	371	15.0	22.5	8.98	10.5	354	82.9	15	5.6	0.40	20.4
T 74	374	16.0	22.3	7.55	10.5	413	85.6	19	4.8	0.39	18.2
T 82	369	18.0	21.0	3.87	10.5	400	77.2	24	3.7	0.36	19.1
T 19	372	19.0	22.0	3.67	12.0	473	95.1	26	3.5	0.42	21.3
T 40	370	20.5	26.6	6.20	12.0	350	62.5	19	5.0	0.39	19.2
T 85	373	21.5	31.0	8.22	12.0	297	73.4	25	4.3	0.37	29.8
T 13	372	22.0	24.4	2.64	12.0	495	85.5	22	4.5	0.38	23.1
平均	—	—	—	—	—	420	87.6	—	4.2	0.39	20.7

注 a), b), c), d), e) は付表1参照のこと。
末口径, 元口径, 細り率は原木時の値。

付表5. タイコ材の引張り試験結果

樹種	試験体番号	原木時 a) 細り率 $\alpha \times 10^{-4}$	断面寸法 D × H (cm) (cm)	引張り強さ σ (kgf/cm ²)	引張りヤング 係数 E (10 ³ kgf/cm ²)	年輪数 b)	平均年輪幅 (mm)	比重 d)	含水率 e) (%)	節径比 (%)
カラ マツ	K 86	2.64	18.6 × 4.1	227	100.5	15	6.2	0.45	18.5	34.9
	K 10	3.32	17.7 × 4.1	236	71.3	20	4.4	0.43	17.9	31.1
	K 47	6.24	17.1 × 4.1	174	76.9	14	6.1	0.60	17.7	29.2
	K 44	6.82	15.0 × 4.2	94	69.9	13	5.9	0.49	17.9	40.0
	K 67	5.60	17.7 × 4.0	268	107.1	23	3.8	0.45	19.2	25.4
	K 3	4.03	17.7 × 4.1	203	85.7	15	5.8	0.43	19.7	36.7
	K 13	5.55	15.2 × 4.0	381	153.5	24	2.9	0.61	19.5	23.0
	K 51	7.87	14.8 × 4.1	250	78.3	15	4.9	0.50	19.0	20.2
	K 49	3.97	21.5 × 4.0	154	96.3	20	5.4	0.48	18.6	9.3
平均	—	—	221	93.3	—	5.0	0.49	18.7	—	
トド マツ	T 66	10.75	18.2 × 4.0	234	92.0	22	4.1	0.39	16.5	19.2
	T 2	5.28	20.5 × 4.0	193	91.4	21	4.8	0.43	19.4	19.5
	T 18	4.10	14.8 × 4.1	176	54.2	16	4.6	0.30	18.1	16.9
	T 3	6.22	19.5 × 3.8	354	119.0	26	3.7	0.35	19.5	10.3
	T 4	2.83	17.4 × 4.1	296	74.4	20	4.3	0.36	18.9	14.4
	T 28	7.10	13.3 × 4.1	356	106.4	30	2.2	0.39	19.4	26.3
	T 42	9.34	17.7 × 3.9	189	66.8	16	5.3	0.39	18.2	25.4
	T 7	6.36	16.3 × 4.1	380	82.2	30	2.5	0.41	18.4	5.0
	T 17	5.53	14.2 × 4.1	229	76.5	19	3.7	0.38	17.9	14.1
	T 44	6.72	18.2 × 4.1	235	94.2	20	4.5	0.38	17.4	30.4
	平均	—	—	264	85.7	—	4.0	0.38	18.4	—

注 a), b), c), d), e) は付表1参照のこと。
断面寸法は材中央部の値。D, Hは第1図参照のこと。
材長はすべて310cmである。

付表6. 丸太の圧縮(長柱~中間柱座屈)試験結果

樹種	試験体番号	細り率 a) $\alpha \times 10^{-4}$	断面寸法 (cm)	細長比	座屈強 さ σ_k (kgf/cm ²)	曲げヤング 係数 E (10 ³ kgf/cm ²)	年輪数 b)	平均年輪幅 (mm)	比重 d)	含水率 e) (%)
カラ マツ	K 23	4.14	13.1	92	72.7	97.6	15	4.2	0.46	32.5
	K 63	4.83	13.8	87	79.6	108.7	18	3.8	0.50	35.9
	K 25	4.70	14.2	85	65.4	83.9	15	4.6	0.47	34.8
	K 1	3.54	14.5	83	103.9	103.9	14	5.3	0.45	27.5
	K 79	5.19	14.8	81	82.0	82.9	17	4.2	0.56	31.9
	K 22	5.15	15.5	77	68.4	73.8	18	4.4	0.49	32.1
	K 43	3.44	15.7	76	73.9	91.4	17	4.6	0.47	36.4
	K 35	3.32	17.7	68	95.5	74.9	19	4.6	0.40	31.3
	K 90	6.04	19.2	63	96.4	65.2	16	5.9	0.40	42.3
K 65	3.27	22.3	54	127.2	75.0	19	6.0	0.41	38.5	
平均	—	—	—	—	85.7	—	4.8	0.46	34.4	
トド マツ	T 50	8.42	14.0	86	86.4	80.9	18	3.8	0.37	36.7
	T 87	5.40	15.7	76	73.3	74.7	20	3.8	0.35	33.6
	T 53	2.90	15.8	76	76.5	79.1	25	3.1	0.33	30.1
	T 68	5.00	16.2	74	71.1	80.1	20	4.1	0.35	42.7
	T 5	8.14	16.7	72	116.9	77.3	23	3.6	0.35	65.6
	T 69	6.03	17.4	69	101.8	75.9	19	4.7	0.34	57.9
	T 15	5.36	18.6	65	98.3	74.0	27	3.4	0.35	41.2
	T 47	1.89	19.3	62	99.8	78.9	30	3.1	0.37	35.4
	T 49	5.38	19.7	61	125.7	76.5	19	5.3	0.38	34.5
T 33	4.13	21.4	56	132.1	69.3	27	4.0	0.35	34.8	
平均	—	—	—	—	76.7	—	3.9	0.35	41.3	

注 a), b), c), d), e) は付表1参照のこと。断面寸法は材中央部の平均径。
材長はすべて284cm, 座屈長さは300cm。

付表7. タイコ材の圧縮（長柱～中間柱座屈）試験結果

樹種	試験体 番号	細り率 a) $\alpha \times 10^{-4}$	断面寸法 D×H (cm)(cm)	細長比 λ	座屈強 さ σ_k (kgf/cm ²)	曲げヤング 係数 E (10 ³ kgf/cm ²)	年輪数 b)	平均年輪幅 ^{c)} (mm)	比重 d)	含水率 e) (%)
カラ マツ	K 53	2.65	13.8 × 7.8	137	38.8	92.1	16	4.3	0.50	32.5
	K 87	4.00	12.2 × 7.9	136	44.0	109.2	16	3.9	0.48	29.2
	K 37	5.11	12.3 × 7.9	136	34.6	84.5	19	3.2	0.45	34.1
	K 15	7.59	15.2 × 8.0	133	27.8	69.3	11	6.7	0.43	48.5
	K 17	4.08	15.4 × 9.2	116	43.0	76.5	19	4.0	0.41	35.2
	K 41	6.82	15.4 × 9.3	115	47.8	96.8	20	3.9	0.52	33.7
	K 56	3.79	14.9 × 9.4	114	51.5	91.3	15	4.9	0.49	32.8
	K 14	6.35	16.0 × 10.8	100	49.2	77.6	16	4.9	0.43	29.3
	K 27	7.04	20.0 × 10.9	98	50.3	67.2	14	7.1	0.44	31.0
	K 62	4.42	18.1 × 12.3	88	111.7	127.6	25	3.5	0.51	30.6
	K 36	4.86	24.0 × 13.9	80	69.7	71.9	24	5.1	0.43	34.6
平均	—	—	—	—	87.6	—	4.7	0.46	33.8	
トド マツ	T 23	6.29	14.6 × 9.2	117	65.7	104.4	19	3.9	0.37	32.1
	T 78	4.61	17.7 × 10.7	100	71.4	80.2	22	4.0	0.33	28.7
	T 47	5.65	19.3 × 10.7	100	61.4	83.1	23	4.2	0.34	43.7
	T 9	7.65	17.3 × 10.8	99	71.9	93.0	29	3.0	0.36	56.6
	T 41	9.70	17.8 × 10.8	99	67.9	82.2	15	5.9	0.38	55.6
	T 71	5.99	19.4 × 10.9	98	62.6	69.7	21	4.7	0.34	43.8
	T 80	8.16	22.2 × 10.9	97	56.5	72.2	22	5.0	0.34	36.2
	T 77	3.36	21.0 × 12.3	87	80.3	84.9	25	4.2	0.34	53.4
	T 63	4.51	21.2 × 12.3	87	87.6	90.9	30	3.4	0.36	31.4
	平均	—	—	—	—	84.5	—	4.3	0.35	42.4

注 a), b), c), d), e) は付表1 参照のこと。細り率は原木時の値。
断面寸法は、材中央部の値。D, Hは第1 図参照のこと。
材長はすべて284cm, 座屈長さは300cm。

文 献

- 1) たとえば Wilkinson, T.L. : U.S.D.A.
Forest Serv. Research Paper FP
L, 101 (1968)
- 2) たとえば Walford, G.B. : NZ For. Serv.,
For. Res. Inst., For. Products
Div. Report, No. FP/TE34
(1980, unpubl.)

- 3) 山本宏ほか3名 : 林産試月報, 333, 7 (1979)
- 4) 林業試験場編 : 木材工業ハンドブック, 丸善
(1982)

—木材部 強度科—
(原稿受理 昭61. 11. 20)