

# エゾマツ・トドマツ製材の曲げ強さ

細谷俊人 藤原拓哉

## はじめに

エゾマツ・トドマツ製材の多くは建築材料として使われています。その製材の品質については「製材の日本農林規格」に基づいて区分されています。この規格は、建築・土木・家具・建具など、どのような用途にも通用される内容になっています。したがって、建築材料として等級区分する点からみると、必ずしも十分なものではありません。

1987（昭和62）年に「建築基準法」が改正になり、これまで木造建築物に課せられていた制限が多少ゆるめられ、中・大規模木造建築物を建設する可能性が広がりました。また、木材の良さが見直され、各種公共建築物をはじめとして、中・大規模木造建築物の建築実績も年々増加する傾向にあります。このような中・大規模木造建築物を建てる場合には、建物の強度が十分かどうか、構造計算をしなければなりません。そのためにも製材の強度がきちんと保証される必要があります。

しかし、現行の製材規格では等級と強度の関係が必ずしも明確ではないことから、強度を必要とする構造用製材について、「構造用製材の日本農林規格」を独立させる作業がすすめられています。この新しい規格は1990（平成2）年度中に公布される予定になっています。このなかでは、製材の強度に基づく等級区分がこれまで以上に明確になります。その裏付けデータを得るために実大材の強度試験を行うことになりました。林産試験場でも、北海道の主要な建築材料であるエゾマツ・トドマツ製材の強度試験を担当し、1989年春に実

施しました。その結果について報告します。

## 試験方法

試験に使用した樹種はエゾマツ・トドマツで、断面が10.5cm×10.5cm、エゾマツは材長270cm、トドマツは材長365cmの市販材です。試験体の選択にあたっては、すべて樹心をもたない心去り材とし、現行規格の特等、1等を樹種ごとに50本ずつ購入しました。

破壊試験にさきだって、試験体の欠点調査として、強度に大きな影響をもつ節を重点に、アテ、丸身、変色、割れなどの特徴的な欠点を記録しました。節については、その位置、大きさ、生節か死節かの別、髓の有無を調査し、あわせてスケッチしました。

エゾマツはスパン240cm、トドマツはスパン300cmとして、ともに3等分点2点荷重法（写真1）によって曲げ試験を行いました。ロードセルで荷重を測定し、スパン中央部に精度1/100mmの変位計を取り付け（写真2）、たわみを記録しました。この荷重とたわみからヤング係数、曲げ比例限度、曲げ強さを算出しました。曲げ試験後、破壊部付近で繊維走行の傾斜を測定しました。また、試験をした時の含水率、および気乾比重、平均年輪幅を測定するための試験片を木取り、それらの値を測定しました（表1）。

今回の試験結果をとりまとめるにあたって、新規格素案に基づいて試験体の等級区分をしておきました。その結果、等級区分後の本数は、エゾマツ特等65本、1等30本、トドマツ特等46本、1等

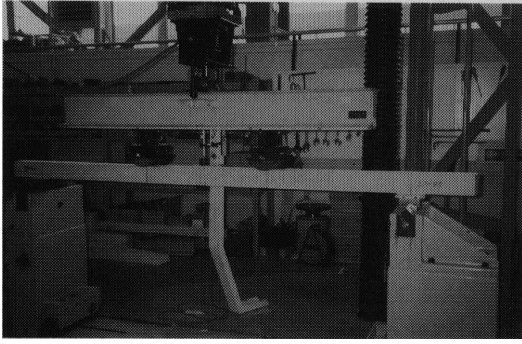


写真1 曲げ試験状況



写真2 変位計取り付け

表1 各試験体の含水率, 比重, 平均年輪幅

		試験時の含水率 (%)			比重			平均年輪幅 (mm)		
		最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均
エゾマツ	特等	74.2	28.5	39.7	0.48	0.36	0.41	5.4	1.1	2.5
	1等	91.6	27.6	44.6	0.47	0.37	0.41	5.3	1.0	2.4
トドマツ	特等	64.3	23.8	39.3	0.54	0.34	0.40	6.6	1.6	3.5
	1等	80.6	29.0	46.1	0.52	0.33	0.41	8.3	1.7	3.5

比重, 平均年輪幅は気乾状態 (含水率15%) において測定

表2 目視等級区分基準

因子 等級	現行の基準			因子 等級	新規格案の基準		
	特等	1等	2等		特等	1等	2等
割れ 貫通割れ % 干割れ 目廻り	5	10	20	割れ 貫通割れ 木口 材面 干割れ 目廻り	材幅以下 ないこと 60cm以下 材厚の1/2以下	材幅×1.5 60cm以下 90cm以下 同左	材幅×2.0 材長の1/2以下 — —
丸身 %	0	20 かつ1角10	60 かつ1角30	丸身 %	10	20	30
繊維走行の傾斜 mm (対1000mm)	50	80	—	繊維走行の傾斜 mm (対1000mm)	80 (1:12)	125 (1:8)	250 (1:4)
節径比 % (集中節径比) %	30 (40)	40 (60)	70 (80)	節径比 % 材縁 材縁以外 集中節径比 % 材縁 材縁以外	15 30 30 60	25 40 50 80	— 70 — 80
平均年輪幅 mm	6	6	—	平均年輪幅 mm	6	8	10
腐朽 曲がり %	きわめて軽微 0.2 (但し土台用0.5)	軽微 0.2	顕著でないこと 0.5	腐朽 曲がり %	ないこと 0.2	軽微 0.5	顕著でないこと 0.5
ねじれ	きわめて軽微 (土台用顕著でない)	同左 同左	同左 同左	狂い	軽微	顕著でないこと	支障のないこと
あて 端落ち	きわめて軽微 規定あり20cm長	軽微 同左	顕著でないこと 同左				

41本となりました。エゾマツ特等の本数が増えたのは、材の縁にある節については制限が厳しくなったものの、材中心部の集中節径比の制限が多少ゆるくなったことなどによるものです（表2）。

**試験結果**

今回の試験は生材状態で行いました。これをアメリカの試験規格として一般的なASTM D2915-84に準じて、スパン、はりせい比21、等分布荷重、含水率15%の標準試験条件に換算して検討しました。換算式は次のようになります。

・曲げヤング係数

$$E_{15} = 1.1E_t (1 + \quad) / (1.44 - 0.02u)$$

$$= 38.4h^2 / (2L^2 + 2SL - S^2)$$

$E_{15}$  : 含水率15%時の曲げヤング係数

$E_t$  : 試験時の曲げヤング係数

$u$  : 試験時含水率 ( $u > 22$ の時は、 $u = 22$ を代入)

$h$  : はりせい

$L$  : スパン

$S$  : 荷重点間距離

・曲げ強さ

$$f_{15} = 1.25 f_t / (1.75 - 0.0333u)$$

$f_{15}$  : 含水率15%時の曲げ強さ

$f_t$  : 試験時の曲げ強さ

$u$  : 試験時含水率 ( $u > 22$ の時は、 $u = 22$ を代入)

これによって求められた曲げ強さを統計処理して、樹種ごとの許容限界 (tolerance limit) TL値を計算しました。この値は、データの95%以上を含む下限値ということになります。各等級区分材の曲げ強さおよび曲げヤング係数を表3に示します。

試験後、破壊原因を調べた結果、節については、大きさよりも存在位置の影響が大きいことがわかりました。すなわち、大きな節でも材中心部のは直接の破壊原因になりにくいですが、材の縁に存在するものは、小さな節でも破壊原因になることがあるといえます。しかしながら、今回の試験では、節が直接破壊原因となったものはあまりありませんでした。この結果、表3に示すように、各等級区分材の曲げ強さは長期許容応力度の

**表3 各等級区分材の曲げ強さおよび曲げヤング係数**

樹種	等級	本数	曲げ強さ (kgf/cm <sup>2</sup> )			長期許容 応力度の 基準値	ヤング係数 (10 <sup>3</sup> kgf/cm <sup>2</sup> )		
			平均値	標準偏差	Weib.TL		TL/3	平均値	標準偏差
エゾマツ	特等	65	442	28.2	385.3	128.4	95	110	13.5
	1等	30	441	35.0	368.8	122.9	75	106	16.7
トドマツ	特等	46	431	38.1	360.1	120.0	95	118	12.2
	1等	41	428	45.6	343.0	114.3	75	115	12.0

注) Weib.TL : 曲げ強さのデータをワイブル分布にあてはめた時の5%下限値  
TL/3 : Weib.TLの1/3の値

**表4 曲げヤング係数区分と強度下限値 (TL値)**

曲げヤング係数水準	70	90	110	130	150	[10 <sup>3</sup> kgf/cm <sup>2</sup> ]
曲げ強さ基準値	120	210	285	375	450	[kgf/cm <sup>2</sup> ]
エゾマツ	(356)	376	396	416	(436)	[kgf/cm <sup>2</sup> ]
トドマツ	(276)	316	356	397	(437)	[kgf/cm <sup>2</sup> ]

( ) = の数値は推定値

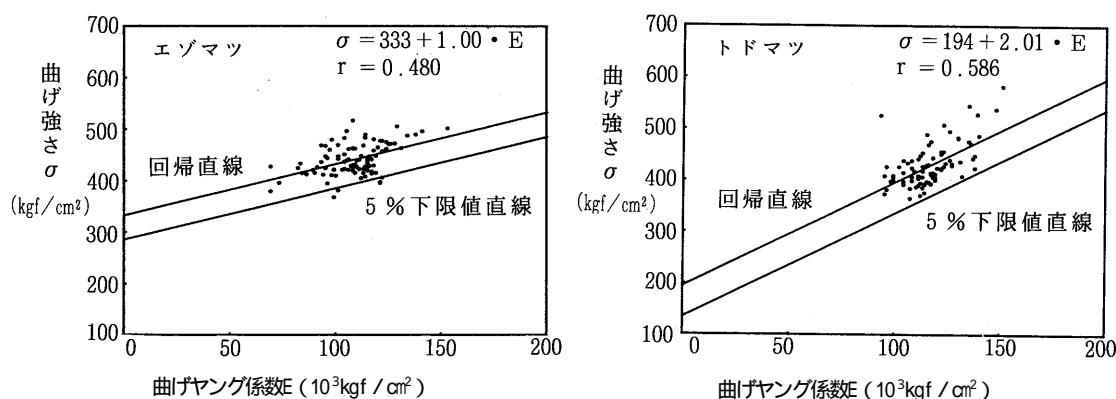


図1 曲げヤング係数と曲げ強さの関係

基準値を上回っていますが、特等、1等の間には強度の大きな差はあられませんでした。

### 機械等級区分

新規規格案では、より精度の高い強度を保証するために機械等級区分が検討されています。これは、曲げヤング係数と曲げ強さの間の高い相関に基づいて、樹種ごとに得られたデータから、曲げヤング係数と曲げ強さの関係を回帰式で求め、統計的5%下限値直線を設定し、その直線から、曲げヤング係数を基準にして曲げ強さを決めるものです。

図1は、今回のデータを機械等級区分するために、曲げヤング係数と曲げ強さの関係を図示したものです。また、表4には、樹種ごとの5%下限値直線をもとに、曲げヤング係数を20tonf/cm<sup>2</sup>間隔のランクとして、それに対応する曲げ強さを示したものです。表中の基準値は規格素案のもので、エゾマツ、トドマツの他に曲げヤング係数と曲げ強さの関係がよく似ているベイマツ、ベイツガ、ソ連カラマツ、アカマツなどを含んでいます。

今回得られたデータは、曲げヤング係数が90~130tonf/cm<sup>2</sup>の間に存在していましたので、その範囲に限定して曲げ強さを検討してみると、新規規格案が示す基準値を上回る結果となっています。

### おわりに

木材をより有効に利用するために、「製材の日

本農林規格」を改正し、「構造用製材の日本農林規格」を分離・制定する作業が進められています。新しい規格案では等級区分と強度保証をきちんと結びつけることを目指しています。そのためのデータとして、エゾマツ・トドマツ製材の強度試験を行い、内容を検討してみました。今回用いた試験体は比較的優良材であり、規格案の強度値を上回るものとなりました。しかし、今回のデータだけでなく、過去における実験データも含めて、最終的な等級区分、強度数値などが決定されることになると考えられます。

また、機械等級区分については、ヤング係数を測定する機械・装置の関係もあって、ただちに義務づけられることはないようです。しかし、機械等級区分は目視だけの等級区分に比べて細かな区分が可能なることから、利用上有効な等級区分手段になると考えます。

今後も強度試験データを蓄積し、より信頼のおける強度等級区分が可能となるように努力していきたいと思ひます。

### 文献

- 1) 飯島 泰男：日本建築学会梗概集，構造 関東，1988，P73~74
- 2) 日本木材学会木材強度・木質構造研究会：構造用木材・強度データの収集と分析（1988）  
（林産試験場 材料性能科）