岐阜県森林研研報 51（2022）：7-9

技術資料

番玉指定しない丸太から製材した心去りスギ平角材の曲げ強度事例

土肥 基生・田中 健斗

Examples of bending strength at Sugi flat square lumber without pith sawn from logs without considering collecting position

Motoo Dohi，Kento Tanaka

番玉指定しない径級 38 ～ 40cm の 4m スギ丸太から心去り平角を２丁取りで製材し，70 ～ 81℃の乾球温度で人工乾燥を行った後，120 ㎜× 240 ㎜に寸法調整を行い曲げ強度試験を実施した。この結果，機械等級区分では，それぞれのヤング係数に対応した基準強度を下回る試験材が発生した。また，目視等級区分にあてはめた場合でも，各級の基準強度を下回ることが確認された。試験材の破断状況を観察したところ，材端に位置し，材を貫通する「流れ節」の存在が強度に影響を及ぼしていることが示唆された。

キーワード：スギ，心去り平角材，ヤング係数，曲げ強度

Ⅰ　はじめに

近年，「住宅の品質確保の促進等に関する法律」や「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」の施行により，建築物の構造材の強度性能表示が求められる機会が増加している。本県の素材生産量のうち最も生産割合の大きい樹種はスギで，全体の 52％（岐阜県 2020）を占めており，これらは主として製材用途に供され，構造用をはじめとする製材品として出荷されている。県内のスギ製材に関する強度データとしては，「岐阜県産スギ横架材スパン表」（岐阜県木材協同組合連合会　2009）が作成された際の基礎資料が存在する。これらは，末口径 30cm 前後の丸太から製材された 120 ㎜× 240 ㎜× 4 ｍの心持ち平角材を対象として曲げ強度試験が行われたものであり，高温セット処理後に中温乾燥を行った 265 本および天然乾燥材 194 本の合計 459 本が試験に供されている。

近年では，人工林資源が充実しスギ原木の大径化が進んでいる。このため，例えば末口径 38 ～ 40cm の丸太から，仕上がり寸法 120 ㎜× 240 ㎜の平角材を２丁取りすることが可能となり，今後は，このような心去り平角材が増加することが予想される。しかし，特にスギの心去り平角材は，これまでに利用された実績が極めて少なく，製材工場や建築業者からは，強度面への不安に関する声が寄せられている。また，心去り平角材の強度データは，一部の報告（椎葉ら 2015）があるものの，全国的には整備されていないのが実状であり，心去り材の普及の足かせとなっている面がある。このため，本研究は県産スギ心去り平角材の強度データを蓄積することを目的として実施した。

Ⅱ　試験方法

試験には岐阜県産スギ丸太（材長 4 ｍ，末口径 38 ～ 40 ㎝）22 本を用いた。始めに丸太段階でのヤング係数を求めるため，FFT アナライザー（小野測器 CF-4700）により 1 次共振周波数を測定し，固有振動法により動的ヤング係数を得た。次に，送材車付き帯鋸盤により，粗挽き寸法が 135 ㎜× 255 ㎜となるよう 2 丁取り製材を行い 44 本の試験材に加工した。製材は中心定規挽きで行った。人工乾燥には蒸気式木材乾燥機（大井製作所 OHV4-1 HSV）を用い，乾球温度 70 ～ 81℃，乾湿球温度差 1 ～ 13℃の条件で 282 時間の中温乾燥を行った。試験材の内 8 本は乾燥試験用とし，残りの 36 本を人工乾燥終了後約 3 ヵ月の養生期間を経て仕上がり寸法 120 ㎜× 240 ㎜に寸法調整した。強度試験前に，固有振動法による動的ヤング係数を算出するとともに，製材の日本農林規格（JAS）に従い，節および集中節の径比から目視等級区分を行った。

曲げ強度試験には，実大強度試験機（前川試験機製作所製 IP-100B-F2）を用い「構造用木材の強度試験マニュアル」（公益財団法人日本住宅・木材技術センター

2011）に準じ，3 等分点 4 点荷重方式により行った。スパン長，荷重点間距離はそれぞれ 3,600 ㎜（15h），1,200 ㎜（5h）とし，載荷速は毎分 20㎜で破壊するまで荷重を加え，最大荷重から曲げ強度を算出した。試験材の変位測定には，一般型変位計（東京測器 SDP-200E）を用い，試験材の木表側と木裏側で測定した 2 箇所の平均値を採用し，見かけの曲げヤング係数を算出した。試験材の長さの制約から，スパン長を試験材梁せいの 15 倍としたため，曲げ強さおよび曲げヤング係数は標準荷重条件（梁せいの 18 倍）時の値に調整した。なお，負荷方向はエッジワイズであるが，上下の設置方向は無作為とした（節などの欠点を考慮せずに設置した）。

曲げ試験後に，荷重点間の非破壊部分から含水率測定用の試験片（2cm 厚）を切り出し，全乾法により含水率を求めた。曲げ強さと曲げヤング係数の算出値は，含水率の影響を防ぐため，ASTM D 1990-07 の含水率定数により，含水率 15%の値に調整した。

Ⅲ　結果と考察

試験材に用いたスギ丸太の形質を表－１に示す。平均年輪幅の最大値は 4.94 ㎜であり，全ての材が製材 JAS 甲種１級の規格 6 ㎜を満たす値であった。動的ヤング係数は，5.5 から 8.9 に分布し，機械等級区分に当てはめた場合，E50，E70，E90 に該当する本数はそれぞれ 3 本，12 本，7 本となった。なお，試験材に用いたスギ丸太は番玉の指定をしていない。

表 -1　スギ材の丸太形質（n=22）

区　分	末口短径（㎜）	元口短径（㎜）	年輪数	平均年輪幅（㎜）	細り（㎜/m）	みかけの比重（kg/m³）	動的ヤング係数（kN/㎟）
平　均	401	450	55	3.89	6.06	729	7.2
標準偏差	11.6	14.6	14	0.77	1.56	50	1.0
最　小	378	420	43	2.24	3.45	633	5.5
最　大	420	488	92	4.94	9.61	805	8.9

曲げ強度試験実施時の試験材の含水率は 10.7%から 17.9%に分布し，平均 14.1%であった。次に，製材の動的ヤング係数（Efr）と曲げヤング係数（MOE）（調整後）の関係を図 -1 に示す。両者の相関は高く，Efr から MOE を推定することが可能と考えられた。なお，全てのデータで Efr ＞ MOE となっており，実用上，Efr を機械等級区分に用いる場合は，傾き・切片の補正が必要であることが示唆された。

製材の曲げヤング係数（調整後）と曲げ強さ（調整後）の関係を図 -2 に示す。なお，図中の破線は，機械等級区分ごとの基準強度（階段状の破線）および無等級材の基準強度（直線の破線）を示している。ヤング係数と曲げ強さの間にはやや相関があるものの，相関係数は 0.56 と小さい値となった。これは，ヤング係数ごとの基準強度を大きく外れる（下回る）材が発生したことが要因である。

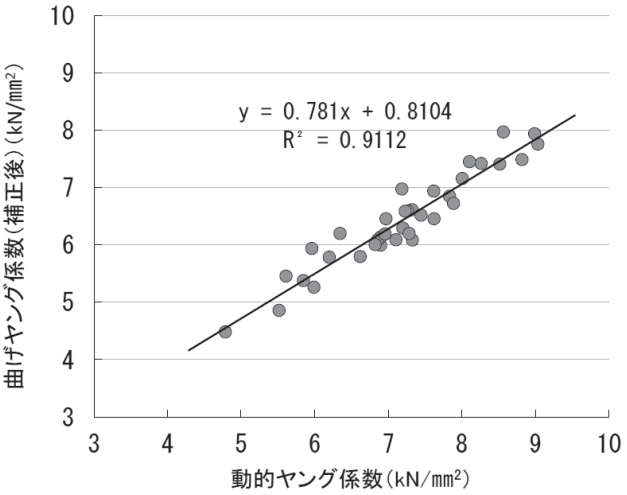


図 -1　製材の動的ヤング係数と曲げヤング係数の関係

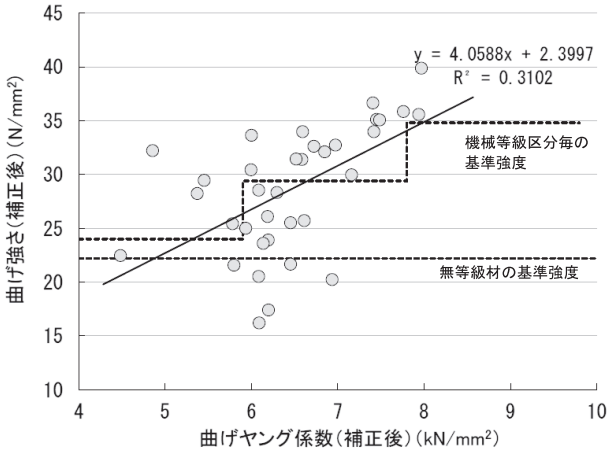


図 -2　製材の曲げヤング係数と曲げ強さの関係

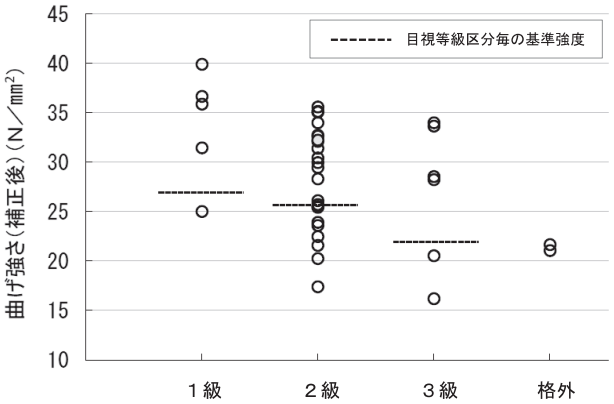
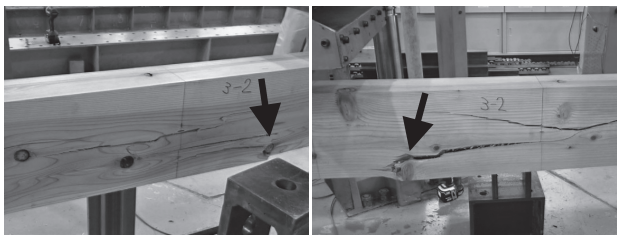


図 -3　目視等級区分ごとの製材の曲げ強さ

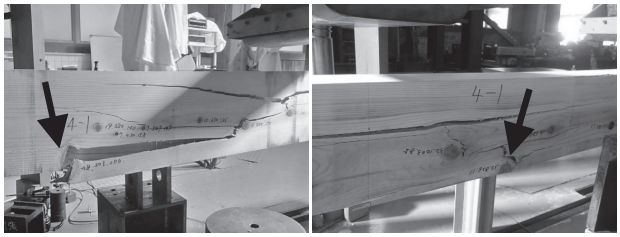
次に，目視等級区分ごとに見た製材の曲げ強さの分布を図 -3 に示す。図中の破線は，目視等級区分ごとの基準強度を示している。図 -2 と同様に基準強度を下回る材が，区分によらず発生した。

今回の試験材の乾燥工程では，高温セット処理を行わず中温域での乾燥としており，採取した含水率測定用の試験片からも内部割れは認められなかったことから，乾燥による強度低下（工藤ら 2019）の可能性は低いと考えられる。今回の試験において，基準強度を下回る材が発生した原因については，以下の２点が考えられる。１つ目は，今回の丸太試験材入手時には，番玉指定を行っていないため，一般的に強度が劣るとされる未成熟材の範囲が広い元玉の丸太を使用した可能性がある。２つ目は，心去り材特有の節の分布が挙げられる。髄の位置が製材断面のほぼ中心に位置する心持ち材の場合，１つの節が製材断面を貫通することは稀であるが，心去り材では，製材断面を貫通する節が発生し易くなる。



（木表側）　（木裏側）

図 -4　試験材の破壊状況（試験材 No3-2）



（木表側）　（木裏側）

図 -5　試験材の破壊状況（試験材 No4-1）

図 -4, 図 -5 は機械等級区分の基準強度を大きく下回った試験材の破壊状況の一例であり, 図中に示した矢印は, 木表から木裏にかけて貫通した節を指している。試験材の長さ方向の繊維は，この節によって分断されていることに加えて, 引張の力が加わる下側に節が存在するため, 荷重の早い段階で破壊に至ったと推察された。図 -4 に示した試験材 No3-2 は，JAS の目視等級区分では 3 級の規格も満たさない格外の材に区分されるため，製品市場に流通する品質のものではないと言えるが，図 -5 の試験材 No4-1 は，節の大きさによる目視等級区分では 2 級に区分されている。

現時点では, 生産現場で強度を担保する運用としては, 機械等級区分と目視等級区分とを併用するとともに，特に材端に存在する流れ節を含む材を除外することが考えらえる。しかし，心去り材の強度評価を行うにあたり，今回示した 36 本の結果だけではデータ数が不足しているため，引き続きデータの蓄積を図る予定である。

引　用　文　献

ASTM (2011). D1990-07 Standard Practice for Establishing Allowable Properties for Visually-Grated Lumber from In-Grade Tests of Full-Size Specimens . ASTM

岐阜県木材協同組合連合会（2009）岐阜県産スギ横架材スパン表≪技術解説編≫岐阜県木材協同組合連合会

岐阜県林政課（2020）岐阜県森林・林業統計書．岐阜県林政課

工藤康夫．小林慧．町田初男．井道裕史．高温セットが材の強度劣化に及ぼす影響 (2019) 群馬県林業試験場研究報告 23 号：53-63

公益財団法人日本住宅・木材技術センター（2011）構造用木材の強度試験マニュアル．公益財団法人日本住宅・木材技術センター

農林水産省（2013）製材の日本農林規格．農林水産省

椎葉淳．荒武志朗．松元明弘．森田秀樹（2015）大径材から得られたスギ心去り平角材の曲げ性能．日本森林学会誌 97：203-207