

平成4年度 農林水産省補助事業

(財)日本住宅・木材技術センター事業

# 建築用木材性能評価事業報告書

平成5年3月

財団法人 日本住宅・木材技術センター



## 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、これらを証明するデータが乏しく、製材品と同等に取り扱われているのが現状である。

この様な状況に鑑み、丸太及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とする。また、丸太とたいこ挽材あるいは製材の曲げ強度性能の間に一定の関係を認め得るか否かについて、実験的に明らかにする。さらに丸太については、生材時と気乾時における曲げ強度性能を調査し、乾燥による強度性能の変化についての知見を得ることを目的とする。

試験の実施にあたっては、下記1の委員会のご指導と下記2の試験研究機関のご協力をいただいた。平成2年度は生材時丸太、平成3年度は気乾時丸太、平成4年度は気乾時たいこ挽材の曲げ強度性能試験を実施し、それぞれについての比較検討を行った。

## 記

### 1. 建築用木材性能評価委員会

委員長	中井 孝	農林水産省森林総合研究所	材料性能研究室長
委員	田中俊成	農林水産省森林総合研究所	材料性能研究室
〃	長尾博文	農林水産省森林総合研究所	材料性能研究室
〃	工藤 修	北海道立林産試験場	材料性能科長
〃	鈴木 登	宮城県林業試験場	木材利用科長

### 2. 試験実施機関及び試験樹種

北海道立林産試験場	カラマツ
宮城県林業試験場	スギ（宮城県産）
森林総合研究所	スギ（徳島県産）



# 目 次

第1章 カラマツたいこ挽材の実大曲げ試験 .....	1
1. 試験の目的 .....	1
2. 供試丸太 .....	1
3. 試験方法 .....	1
3. 1 丸太のグループ分け .....	1
3. 2 丸太の天然乾燥 .....	2
3. 3 気乾丸太材の曲げ試験 .....	2
3. 4 たいこ挽材の実大曲げ試験 .....	2
4. 結果と考察 .....	7
4. 1 たいこ挽材の試験結果 .....	7
4. 2 正角材の試験結果 .....	8
5. まとめ .....	8
5. 1 丸太のグループ分け .....	8
5. 2 気乾比重、平均年輪幅、含水率 .....	8
5. 3 MORと他の因子との相関 .....	8
5. 4 丸太、たいこ挽材、正角材間の強度性能の関係 .....	9
5. 5 丸太強度性能に対する含水率の影響 .....	9
6. 要 約 .....	9
第2章 スギたいこ挽材の実大曲げ試験（その1） .....	20
1. 試験の目的 .....	20
2. 試験丸太 .....	20
2. 1 試験丸太採取林分の概要 .....	20
3. 生材及び気乾丸太の曲げ試験 .....	21
3. 1 試験の流れ .....	21
3. 2 丸太形状寸法の計測 .....	21
3. 3 基本振動周波数と密度測定による動的ヤング係数（Ed）の測定 ..	21
3. 4 供試丸太のグループ分け .....	21

3. 5	試験の結果	2 2
4.	たいこ挽材・製材の実大曲げ試験	2 2
4. 1	試験の方法	2 2
4. 2	試験結果と考察	2 4
5.	3カ年の試験結果について	2 5
第3章	スギ丸太およびたいこ挽材の実大曲げ試験（その2）	4 5
1.	供試丸太	4 5
2.	試験方法	4 5
2. 1	試験の概要	4 5
2. 2	供試丸太・たいこ材の形状寸法の計測	4 5
2. 3	供試丸太およびたいこ材の乾燥方法	4 7
2. 4	欠点調査	4 7
2. 5	実大曲げ試験方法	4 7
3.	試験結果と考察	4 9
3. 1	試験グループの編成	4 9
3. 2	実大曲げ試験結果	5 1
(1)	供試材の概要	5 1
(2)	ヤング係数	5 5
(3)	曲げ強度と各種測定因子との単相関係数	5 8
(4)	丸太の曲げ強度性能に及ぼす含水率の影響	5 8
(5)	材長4 mの試験体の元口側と末口側での強度性能	6 3
(6)	断面形状別のMOEとMORの相対的關係	6 3
4.	まとめ	6 6
4. 1	背景と目的	6 6
4. 2	供試材料の概要	6 6
4. 3	試験方法の概要	6 6
4. 4	試験結果の概要	6 6
第4章	総括	6 8
1.	はじめに	6 8

2. 研究体制および分担樹種 .....	68
3. 試験方法 .....	68
4. 試験結果および考察 .....	68
4. 1 含水率が丸太の曲げ強度性能に及ぼす影響 .....	68
4. 2 断面形状が曲げ強度性能に及ぼす影響 .....	71
4. 3 非破壊試験による丸太の曲げ破壊係数の評価 .....	75
5. 今後の検討課題 .....	75
参考資料	
丸太・たいこ挽材の実大曲げ試験実施要領 .....	78





## 第1章 カラマツたいこ挽材の実大曲げ試験

### 1. 試験の目的

木造建築の多様化に伴い丸太を構造体に用いる建築は増えつつあるのに鑑み、丸太・たいこ挽材の実大曲げ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とする。また、丸太とたいこ挽材、あるいは製材の曲げ強度性能の間に、一定の関係を認め得るか否かについて、実験的に明らかにする。さらに、丸太については、生材時と気乾時における曲げ強度性能に関する知見を得る。

### 2. 供試丸太

供試丸太は、北海道浦幌町仁生池田経営区82林班65小班産カラマツの人工林木から伐採したもので、伐採後ただちに林産試験場に搬入された110本である。

供試丸太の林班及び番玉の概要は次の通りである。

昭和29年5月植栽、ha当たり3,000本

昭和31年 補植

枝うち 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

林班の現状 ha当たり458本

平均胸高直径 28cm、平均樹高 21m

供試丸太の番玉は全て1番玉を地際50cmを残して4.6mで伐採した。

供試丸太の末口径は22~30cmであった。

110本の丸太のうち、曲がりが大きかったもの8本を除いて、102本を試験に供した。

### 3. 試験方法

試験方法及び手順は、貴センターが定めた『丸太・たいこ挽材の実大曲げ試験実施要領』に基づいて行った。

#### 3.1 丸太のグループ分け

102本の皮付丸太の動的ヤング係数（ $E_d$ ）を縦振動（打撃音）法により測定し、 $E_d$ の平均値及び変動係数がほぼ同等になるよう3グループに区分した。

その際、 $E_d$ の小さいものから、昇位順にならべ3本を1単位とし、その中でA、B、Cにわりふっていく方法を採用した（平成2年度）。

グループ	形状	含水率	本数	曲げ試験実施年度
A	丸太	生材	34体	平成2年度
B	丸太	気乾材	34体	平成3年度
C	たいこ	気乾材	34体	平成4年度

### 3.2 丸太の天然乾燥

Cグループ34体の丸太について、パーカーで剥皮後、重量、寸法を測定した。

寸法は、丸太の末口、元口、中央部に直径測定用位置マークをつけ、布製巻尺を用いて各位置の円周を測定し、直径を算出した。

重量、寸法測定後、丸太を屋外に棧積みし、約18か月間天然乾燥した。

### 3.3 気乾丸太材の曲げ試験

#### 1) 重量、寸法等の測定

気乾丸太の重量を測定するとともに、生材時にマークした位置で巻尺を用い、丸太の末口、元口および中央部の円周を測定し、直径を算出した。

また、末口、元口の平均年輪幅を測定するとともに、末口年輪数を測定した。

#### 2) 動的ヤング係数の測定

FFTアナライザーにより丸太の振動周波数を測定し、動的ヤング係数を算出した。

#### 3) 丸太の曲げ剛性試験

スパン420cm、中央集中荷重（小荷重）で曲げ剛性試験を行い、曲げヤング係数を求めた（写真-1）。

### 3.4 たいこ挽材の実大曲げ試験

#### 1) たいこ挽製材

曲げ剛性試験終了後、丸太を幅12cmにたいこ挽製材した。

#### 2) 形状、寸法等の計測

たいこ挽材の末口、元口および中央部における各面の幅およびせいを測定した。あわせて重量および材長も測定した。

#### 3) たいこ挽材のEd測定

FFTアナライザーにより、たいこ挽材の振動周波数を測定し、動的ヤング係数を算出した（写真-2）。

#### 4) 欠点調査

節の調査は、中央部分60cm区間について、大きさを測定し、欠点調査図を描いた。欠点調査図は、たいこ挽材の元口が左になるように描いた。測定数値は上側稜線を0とし、節の上下接線までの数値を測定し、図に記入した。ただし、円弧面はその投影平面を対象とした。乾燥による割れについては青線で記入した（別図）。

#### 5) 曲げ剛性試験

たいこ挽材は flat wise、スパン420cm、中央集中荷重で曲げ剛性試験を行い、曲げヤング係数を測定した(写真-3)。

#### 6) たいこ挽材 edge wise の曲げ試験

次に、edge wise、スパン420cm、中央集中荷重で曲げ破壊試験を行い、たわみと荷重を測定し、曲げヤング係数、比例限曲げ応力度を算出した。また、最大荷重から曲げ破壊係数を算出した。この時、横倒れを生じないように、横座屈防止装置を設定した(写真-4)。

破壊した試験体の破壊状況を赤鉛筆で欠点調査図に記入した(別図)。

#### 7) たいこ挽材 flat wise 試験体および正角試験体の採取

edge wise で破壊したたいこ挽材から、材長およそ180cmのたいこ挽材を2体ずつ採取した。このとき、元口側(B)から採取したものと、末口側(T)から採取したものがわかるようにした。採取した試験体は flat wise で曲げ破壊試験を行うものと、12×12cm正角で試験するものとに振り分けた。振り分けは、生材時E dの順番で交互に、末口側から flat wise 試験体を採取した場合は元口側から正角材を、元口側から flat wise 試験体を採取した場合は末口側から正角材を採取し、それぞれ元口側、末口側が同数となるようにした。

その後、正角材用試験体については、スパン168cm、中央集中荷重で剛性試験を行い、曲げヤング係数を求めた後、12×12cm正角材に製材した。

#### 8) たいこ挽材 flat wise 曲げ破壊試験

edge wise たいこ挽材と同様に、重量、寸法、E dを測定し、欠点調査図を描いた(別図)。

曲げ試験は、スパン168cm、中央集中荷重条件で行い、曲げヤング係数、比例限曲げ応力度、曲げ破壊係数を測定した(写真-5)。

破壊状況を赤鉛筆で欠点調査図に記入し、節径比も算出した。

破壊試験後、破断面近くから3枚の試験体(厚さ2cm程度)を採取し、そのうちの1枚で全体含水率を、もう1枚で辺材、心材別の含水率を測定した。含水率の測定は全乾法で行った。

残りの1枚は、恒温恒湿室に入れて気乾状態にした後、気乾比重を計測する試験体を辺材部、心材部に分けて木取り、それぞれの気乾比重、気乾含水率を測定した。

#### 9) 正角材の曲げ破壊試験

正角材についても、重量、寸法、E dを測定し、欠点調査図を描いた(別図、別表)。節については、各材面の左上を座標の原点とし、x座標は右方向に、y座標は下方向に測定した。

曲げ試験は、スパン168cm、中央集中荷重条件で行い、曲げヤング係数、比例限曲げ応力度、曲げ破壊係数を測定した(写真-6)。

破壊試験後、破断面近くから2枚の試験体(厚さ2cm程度)を採取し、そのうちの1枚で全体含水率を測定した。含水率の測定は全乾法で行った。

残りの1枚は、恒温恒湿室に入れて気乾状態にした後、気乾比重、気乾含水率を測定した。

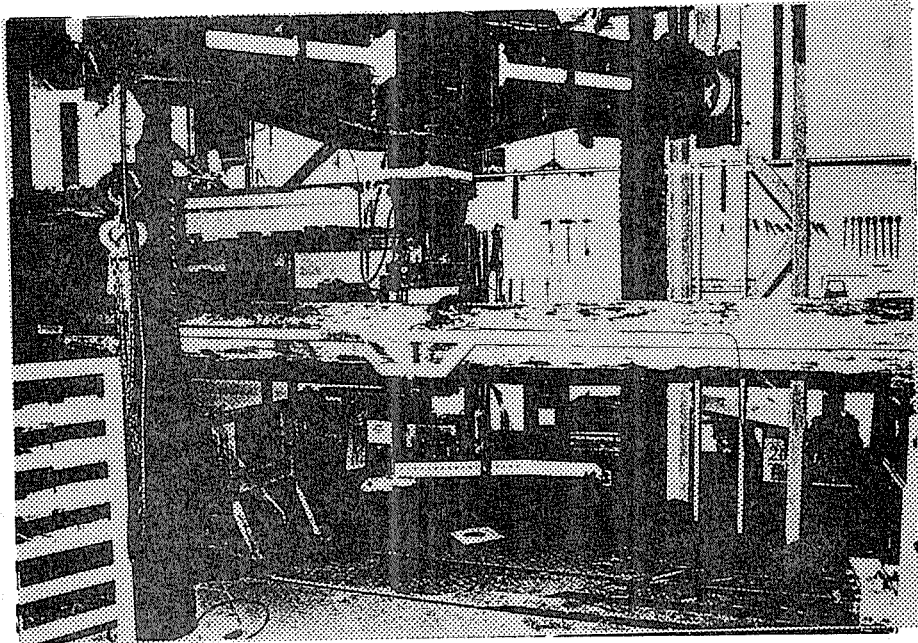


写真-1 乾燥丸太の曲げ剛性試験

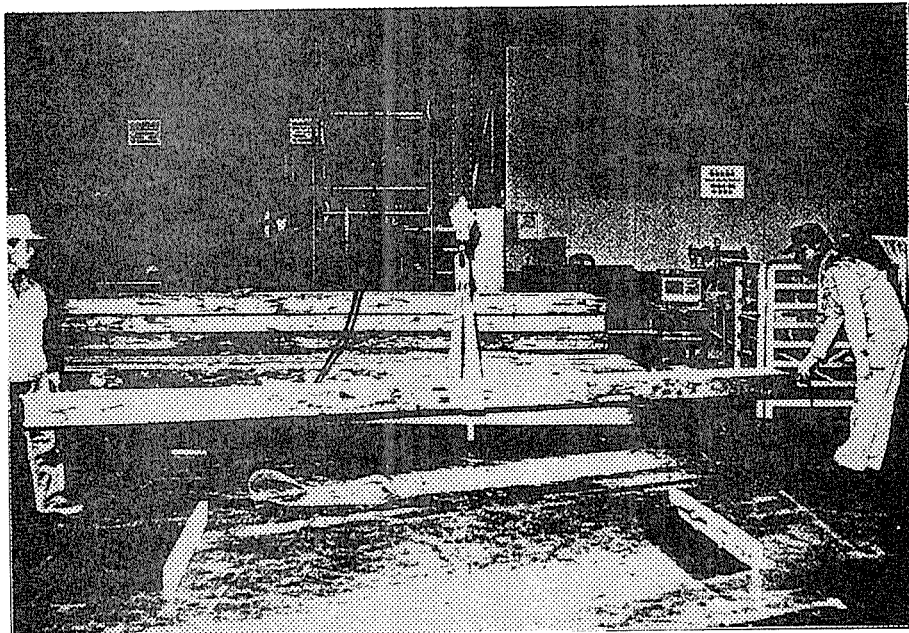


写真-2 たいこ挽材の動的ヤング係数の測定

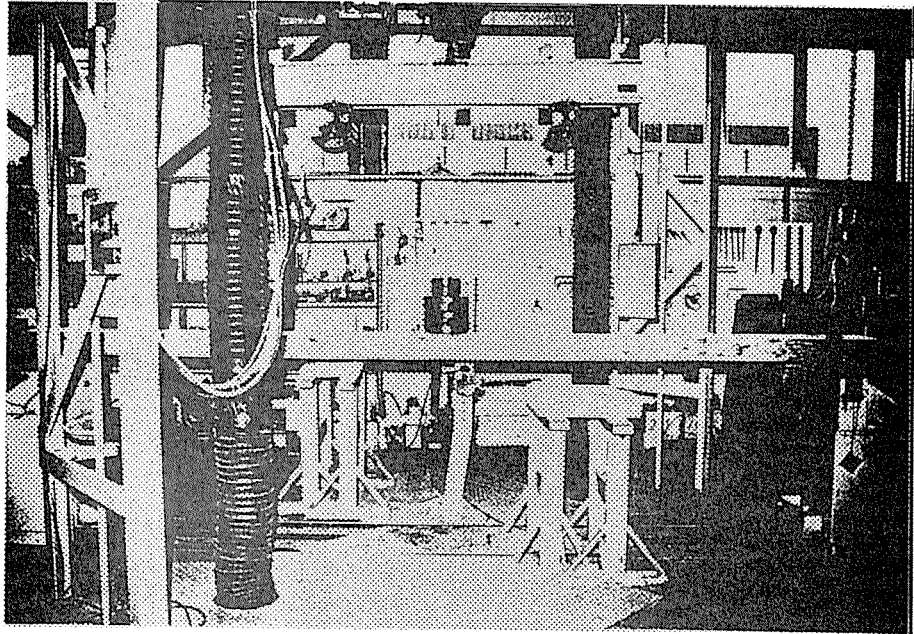


写真-3 たいこ挽材 flat wise (スパン420cm) 曲げ剛性試験

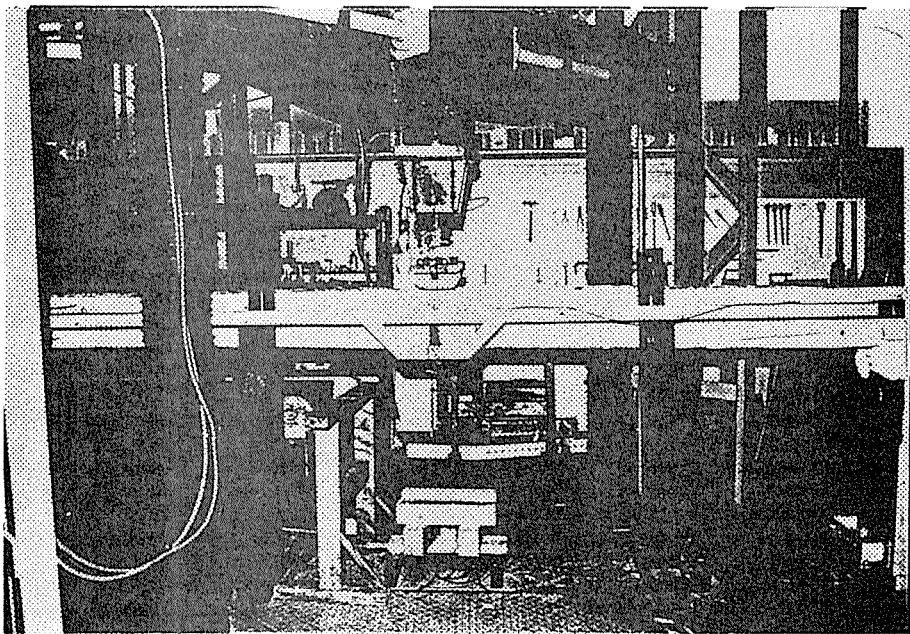


写真-4 たいこ挽材 edge wise (スパン420cm) 曲げ破壊試験

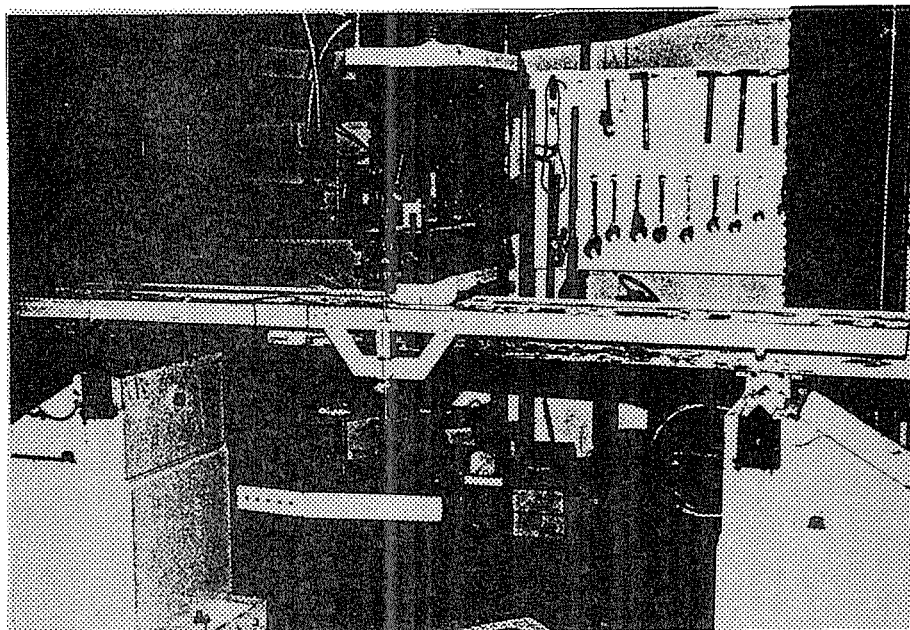


写真-5 たいこ挽材 flat wise (スパン168cm) 曲げ破壊試験

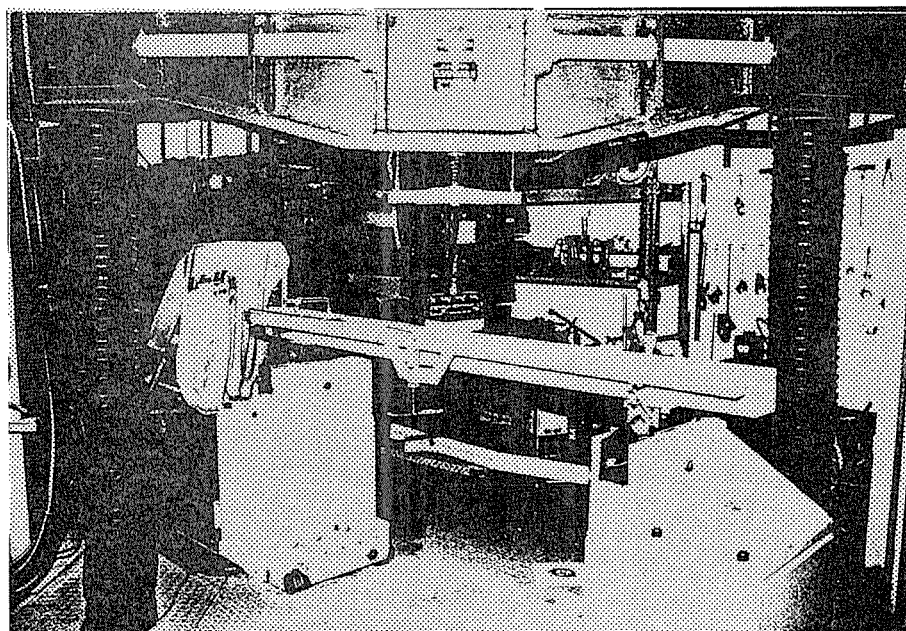


写真-6 正角材 (スパン168cm) の曲げ破壊試験

## 4. 結果と考察

### 4. 1 たいこ挽材の試験結果

たいこ挽材試験用丸太の概要を表-1に、たいこ挽材 edge wise 曲げ試験（スパン420cm）結果を表-2に、たいこ挽材 flat wise 曲げ試験（スパン168cm）結果を表-3に示す。

用いた丸太の末口年輪数は27~29~36、平均年輪幅は、元口で4.4~4.9~5.7mm、末口で3.5~4.7~5.5mm、中央部直径は27.0~30.5~33.6cm、細り度は0.3~1.0~1.7cm/m、皮付生材丸太の動的ヤング係数  $E d_a$  は92.6~113.8~139.1tonf/cm<sup>2</sup>、剥皮乾燥丸太の動的ヤング係数  $E d_b$  は100.6~118.0~143.7tonf/cm<sup>2</sup>、剥皮乾燥丸太の曲げたわみより求めた曲げヤング係数  $M O E_b$  は84.2~112.0~143.3tonf/cm<sup>2</sup>であった。これらの値は生材丸太、乾燥丸太の値と大差はないが、曲げヤング係数が若干大きな値となっている。

たいこ挽材の気乾比重は、辺材で0.45~0.52~0.59、心材で0.37~0.44~0.55、試験時含水率は、辺材で13.0~14.1~15.5%、心材で16.0~17.1~18.7%、全体で15.2~16.6~18.5%であった。

材長4.6mでのたいこ挽材の最大単節径比は4.3~10.3~18.7%、最大集中節径比は4.3~20.1~40.3%、動的ヤング係数  $E d$  は94.1~107.2~126.5tonf/cm<sup>2</sup>、曲げたわみより求めた flat wise の曲げヤング係数  $M O E_{flat}$ （スパン420cm）は86.7~99.1~116.3tonf/cm<sup>2</sup>、edge wise の曲げヤング係数  $M O E_{edge}$  は85.4~107.6~130.3tonf/cm<sup>2</sup>、比例限曲げ応力度  $P L_{edge}$  は240.8~320.8~426.8kgf/cm<sup>2</sup>、曲げ破壊係数  $M O R_{edge}$  は385.1~462.5~534.0kgf/cm<sup>2</sup>であった。 $M O E_{flat}$ は重錘を用いた小荷重によって求めた。 $M O E_{flat} / E d$ は0.86~0.92~0.99と比較的安定しており、一般的に動的ヤング係数が曲げヤング係数より10%程度高く評価されるという過去の結果とも一致している。また、相関係数も0.844であり高い相関を示している。 $M O E_{edge} / E d$ は0.83~1.00~1.18とややばらつきが大きい。これについては負荷時の試験体のねじれによる測定値のばらつきなどが考えられるが定かではない。ただし、相関係数は0.555で危険率1%で有意な値である。 $P L_{edge} / M O R_{edge}$ は0.52~0.70~0.88で、木材について通常いわれている2/3にほぼ近い値であった。 $M O R_{edge}$ と  $M O E_{edge}$ との相関を図-1に示す。相関係数は0.558で、危険率1%で有意な値である。また、 $M O R_{edge}$ と高い相関関係にある要因としては平均年輪幅（元口、末口）、 $E d$ 、 $M O E_{flat}$ 、 $M O E_{edge}$ が危険率1%で、辺材比重、含水率が危険率5%で有意となっている。

材長およそ1.8mでのたいこ挽材の最大単節径比は4.5~9.9~22.3%、最大集中節径比は4.8~19.2~33.0%、動的ヤング係数  $E d$  は89.4~109.4~132.1tonf/cm<sup>2</sup>、曲げたわみより求めた flat wise の曲げヤング係数  $M O E_{flat}$ （スパン168cm）は78.2~96.5~122.0tonf/cm<sup>2</sup>、比例限曲げ応力度  $P L_{flat}$  は174.1~324.5~460.0kgf/cm<sup>2</sup>、曲げ破壊係数  $M O R_{flat}$  は348.4~491.5~640.7kgf/cm<sup>2</sup>であった。 $M O E_{flat} / E d$ は0.78~0.88~1.04でばらつきがやや大きい。 $P L_{flat} / M O R_{flat}$ は0.41~0.67~0.90で、多少のばらつきはあるが、木材の曲げ比例限度である2/3にほぼ近い値となっている。また、相関係数も0.410で危険率5%で有意な値である。 $M O R_{flat}$ と  $M O E_{flat}$ の相関を図-2に示す。相関係数は0.322で相関は認められなかった。その他、 $M O R_{flat}$ と高い相関にある要因として

は、断面全体の比重が1%危険率で、辺材含水率が5%危険率で有意であった。

たいこ挽材の曲げヤング係数（平均値）の比較を表-4に示す。スパン420cmの edge wise の値が他のものより約1割大であった。

#### 4.2 正角材の試験結果

12cm正角材の曲げ試験（スパン168cm）結果を表-5に示す。

気乾比重は0.37~0.44~0.50、平均年輪幅は4.5~6.3~8.1mm、試験時含水率は15.8~16.8~18.0%、最大単節径比は9.2~18.2~28.3%、最大集中節径比は15.0~35.4~78.8%、動的ヤング係数 $E_d$ は67.1~85.6~110.6tonf/cm<sup>2</sup>、曲げヤング係数MOEは57.6~76.5~97.7tonf/cm<sup>2</sup>、比例限曲げ応力度PLは219.7~315.4~402.5kgf/cm<sup>2</sup>、曲げ破壊係数MORは274.0~406.9~542.6kgf/cm<sup>2</sup>であった。MOE/ $E_d$ は0.78~0.90~1.10でややばらつきが大きい。PL/MORは0.50~0.79~0.99で、比例限度が若干高めになっている。MORに対して高い相関を示したものは $E_d$ 、比重、MOEで、いずれも5%危険率で有意となった。MOEとMORの相関を図-3に示す。

### 5. まとめ

平成2~4年度にわたって、丸太、たいこ挽材、正角材の強度性能を検討してきた。この3年間の試験結果の概要を表-6に示す。

#### 5.1 丸太のグループ分け

平成2年度に、102本の丸太を3グループ（生材丸太試験用、乾燥丸太試験用、たいこ挽材試験用）に区分した。そのグループ分けにおける生材時皮付き丸太の動的ヤング係数 $E_d$ をみると、丸太はほぼ均等にグループ分けされたことがわかる。

#### 5.2 気乾比重、平均年輪幅、含水率

丸太、たいこ挽材および正角材の気乾比重を比較すると、丸太、たいこ挽材はほぼ同等であるが、正角材は小さな値を示している。平均年輪幅については、丸太、たいこ挽材はほぼ同等、正角材は大きな値となっている。これらは正角材が心持材で未成熟材部が多いことによる。

試験時含水率を全断面についてみると、生材丸太では59.9~76.3~91.0%、乾燥丸太では19.4~21.4~24.0%、たいこ挽材では15.2~16.6~18.5%、正角材では15.8~16.8~18.0%となっており、乾燥丸太については必ずしも十分な乾燥状態ではなかった。

#### 5.3 MORと他の因子との相関

破壊係数MORの推定に利用可能な因子を知るために、MORと他の因子の相関係数を表-7に示す。

生材丸太においてMORとの相関が危険率1%で有意であったのは、生材時動的ヤング係数 $E_d$ 、曲げヤング係数MOE、辺材比重SG-sであり、危険率5%で有意であったのは、



心材比重SG-h、辺材含水率MC-sである。

同様に、乾燥丸太については、危険率1%で有意であったのは、試験時動的ヤング係数 $E_d$ 、MOEであり、危険率5%で有意であったのは、 $E_{dc}$ 、SG-sである。

たいこ挽材 edge wise については、危険率1%で有意であったのは、 $E_d$ 、MOE、元口平均年輪幅ARW-b.e.、末口平均年輪幅ARW-t.e.であり、危険率5%で有意であったのは、SG-s、MC-s、心材含水率MC-h、全体含水率MC-wである。

たいこ挽材 flat wise については、危険率1%で有意であったものではなく、危険率5%で有意であったのは、 $E_d$ 、SG-s、MC-h、最大独単節径比KDである。

正角材についても、危険率1%で有意であったものではなく、危険率5%で有意であったのは $E_{dc}$ 、MOE、比重SGである。

以上の結果から、MORの推定に $E_{dc}$ 、 $E_d$ 、MOEを利用することは可能と考えられる。ただし、たいこ挽材については、 $E_{dc}$ は利用できない。さらにSG-sも利用の可能性が高いといえよう。

#### 5.4 丸太、たいこ挽材、正角材間の強度性能の関係

丸太、たいこ挽材および正角材のMOE、MORを表-8に示す。

MOE、MORとも丸太、たいこ挽材、正角材の順に小さくなる傾向が認められる。とくに正角材での低下が著しい。この理由としては、正角材は心持材で未成熟材部を多く含むこと、節径比が大きかったことなどがあげられる。平均値によるおおまかな比較をすると、MOEについては丸太：たいこ挽材：正角材=100：100：80、MORについては丸太：たいこ挽材：正角材=100：95：75となっている。

#### 5.5 丸太強度性能に対する含水率の影響

生材丸太の直径、曲げヤング係数および乾燥丸太の直径、曲げヤング係数からそれぞれ曲げ剛性を算出し、比較した。乾燥により直径は若干減少している。これを乾燥後直径/生材直径でみると、0.98~0.99~1.00となっている。曲げ剛性を比較すると、乾燥後曲げ剛性/生材曲げ剛性は0.77~0.91~1.32となっており、1.00を超えたものはわずかに1体であった。この理由としては乾燥割れの影響なども考えられるが定かではない。今後、さらに確認試験を必要とする。

曲げ破壊係数についてみると、生材丸太では445.2~521.8~624.7kgf/cm<sup>2</sup>、乾燥丸太では420.2~533.0~609.6kgf/cm<sup>2</sup>であり、ほとんど差が認められない。これは乾燥が必ずしも十分ではなく、20%程度までしか乾燥していないことと、乾燥による割れの影響によるものと考えられる。

## 6. 要 約

これまでの結果を簡単にまとめると以下の通りである。

(1) 丸太の曲げ破壊係数MOR推定のために、丸太の縦振動(打撃音法)による動的ヤング係数、曲げたわみによる曲げヤング係数を用いることは可能である。

- (2) 生材丸太と乾燥丸太の曲げ剛性 $E I$ については、乾燥丸太のほうが小さな値となった。これについては、乾燥が不十分であったこと、乾燥による割れが発生したことなどが考えられるが、今後、さらに確認試験が必要である。
- (3) 丸太、たいこ挽材、製材間の強度性能の関係をおおまかにみると、曲げヤング係数、曲げ破壊係数とも、順に小さくなる傾向が認められた。

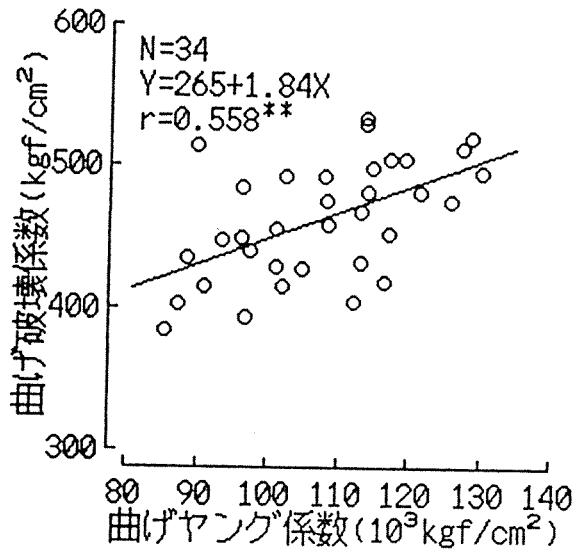


図-1 たいこ挽材 edge wise の曲げヤング係数と曲げ破壊係数の関係

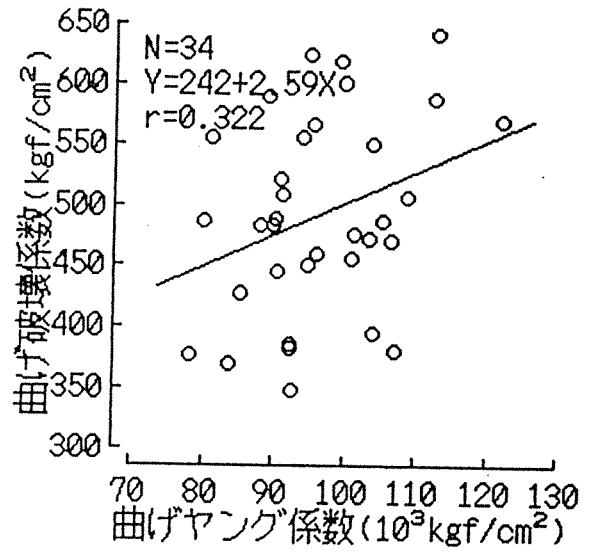


図-2 たいこ挽材 flat wise の曲げヤング係数と曲げ破壊係数の関係

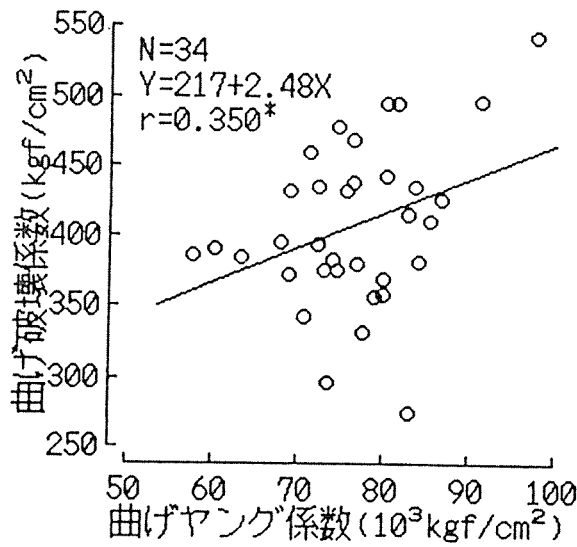


図-3 製材の曲げヤング係数と曲げ破壊係数の関係

表一 1 たいこ挽材試験用丸太の概要

試験体 番号	末 年輪数*1	平均 元口	年 輪幅*1	直 径*2		細 り度*2	動的ヤング係数 剥皮乾燥丸太		曲げヤング係数 剥皮乾燥丸太
				元口	中央		E <sub>d c</sub> (tf/cm <sup>2</sup> )	E <sub>d d</sub> (tf/cm <sup>2</sup> )	
TP No.	RN-t.e.	ARW-b.e. (mm)	ARW-t.e. (mm)	D-b.e. (cm)	D-c (cm)	taper (cm/m)	E <sub>d c</sub> (tf/cm <sup>2</sup> )	E <sub>d d</sub> (tf/cm <sup>2</sup> )	MOE <sub>p</sub> (tf/cm <sup>2</sup> )
1	29	4.7	4.7	31.9	30.4	1.0	108.0	100.6	84.2
2	27	4.5	4.8	32.7	30.7	1.2	111.6	104.1	105.8
3	30	5.1	4.2	33.4	27.0	1.5	110.2	128.9	135.7
4	29	4.6	4.6	33.0	30.4	1.0	125.2	122.1	109.9
5	30	4.5	4.4	31.8	29.3	0.8	119.7	122.8	131.9
6	28	4.5	4.9	31.6	29.8	0.7	124.9	124.4	125.5
7	30	4.8	4.5	32.5	30.2	0.8	112.4	117.2	108.0
8	28	4.7	4.5	30.7	29.6	0.8	131.5	117.2	111.7
9	31	5.4	4.5	31.1	29.6	0.4	107.6	113.4	103.7
10	30	4.9	4.3	34.5	31.5	1.7	124.9	126.8	122.9
11	27	5.2	5.5	37.3	33.3	1.4	111.4	110.9	101.9
12	30	5.7	4.7	36.3	32.0	1.5	105.8	107.2	100.8
13	28	4.7	5.0	33.0	31.5	0.9	127.2	124.3	108.5
14	29	4.5	4.4	31.9	30.4	0.7	114.7	109.1	105.9
15	30	4.9	4.6	31.0	31.3	0.3	121.1	113.0	102.5
16	29	5.6	5.1	35.8	33.6	0.9	122.3	130.4	112.7
17	29	4.7	4.5	30.1	28.4	0.7	139.1	118.8	133.0
18	36	4.7	3.5	31.8	29.7	1.0	113.5	113.8	93.1
19	28	5.0	5.3	32.8	31.8	0.6	98.2	102.0	93.7
20	31	5.0	4.8	34.6	30.2	1.0	133.2	143.7	143.3
21	28	5.0	4.8	33.2	30.3	1.0	101.6	110.2	98.0
22	28	5.1	5.0	32.9	30.5	0.9	108.6	112.6	120.0
23	29	4.7	4.5	30.1	30.1	0.5	112.3	114.3	114.9
24	31	4.9	4.7	33.9	31.5	0.8	110.8	120.5	108.4
25	29	5.3	5.1	33.7	33.1	0.5	114.6	122.8	125.2
26	30	4.4	4.4	31.4	28.0	1.0	103.2	121.2	125.7
27	27	4.9	4.9	34.9	29.1	1.5	92.6	111.0	102.2
28	31	5.1	4.3	33.8	30.2	1.4	115.9	121.2	108.8
29	28	4.6	4.7	32.8	28.7	0.9	105.6	126.6	112.6
30	27	4.9	5.2	35.2	32.1	1.2	117.9	127.2	129.1
31	28	4.9	5.0	35.3	31.9	1.1	117.4	124.0	96.2
32	29	5.3	5.0	35.1	31.6	1.1	100.1	117.3	107.3
33	30	4.4	4.3	31.8	28.5	1.0	110.9	119.8	123.6
34	29	5.2	4.4	33.8	31.8	1.5	95.5	112.8	102.4
min	27	4.4	3.5	30.1	27.0	0.3	92.6	100.6	84.2
ave	29	4.9	4.7	33.1	30.5	1.0	113.8	118.0	112.0
max	36	5.7	5.5	37.3	33.6	1.7	139.1	143.7	143.3
cv(%)	5.7	6.6	8.0	5.35	4.98	34.0	9.5	7.4	12.0

\*1 剥皮乾燥丸太  
\*2 剥皮生材丸太

表一 2 たいこ挽材の曲げ強度試験結果(1)

曲げスパン 420 cm

試験体番号	生材時丸太の動的ヤング係数	気乾比重		平均年輪幅	元口	末口	試験時含水率			動的ヤング係数	曲げヤング係数		比例限曲げ応力度	曲げ破壊係数	最大単節径比	最大集中節径比
		辺材	心材				MC-s (%)	MC-h (%)	MC-w (%)		MOEflat (tf/cm <sup>2</sup> )	MOEedge (tf/cm <sup>2</sup> )				
1	108.0	0.50	0.50	4.7	4.7	29	14.4	17.6	16.6	100.0	95.7	96.2	300.2	484.3	16.1	26.2
2	111.6	0.49	0.42	4.5	4.8	27	14.8	17.8	16.7	94.1	87.7	101.2	297.2	429.5	18.7	19.9
3	110.2	0.51	0.43	5.1	4.2	30	15.1	18.4	18.4	118.2	101.7	128.7	268.7	519.9	4.3	4.3
4	125.2	0.51	0.46	4.6	4.6	29	13.9	16.1	15.7	108.7	105.9	101.3	327.4	455.1	6.7	17.2
5	119.7	0.54	0.49	4.5	4.4	30	13.2	16.7	16.2	103.3	102.6	119.4	261.6	504.5	14.2	28.1
6	124.9	0.55	0.45	4.5	4.9	28	15.3	18.3	17.5	114.5	103.9	114.9	308.8	498.8	10.5	16.6
7	112.4	0.47	0.43	4.8	4.5	30	13.5	16.0	15.2	106.8	97.0	96.3	304.2	449.5	13.5	37.1
8	131.5	0.51	0.45	4.7	4.5	28	13.7	16.1	15.2	108.7	105.3	102.6	364.2	492.0	5.3	9.5
9	107.6	0.48	0.47	5.4	4.5	31	13.5	16.5	15.9	100.6	98.2	113.1	332.1	431.8	7.1	23.0
10	124.9	0.56	0.49	4.9	4.3	30	14.4	18.6	17.8	114.2	109.3	113.7	322.4	534.0	10.5	11.6
11	111.4	0.47	0.44	5.2	5.5	27	14.0	17.7	16.9	103.8	92.9	96.9	283.5	393.3	5.4	15.3
12	105.8	0.50	0.39	5.7	4.7	30	13.7	16.8	15.9	97.2	87.6	102.3	337.9	415.3	11.4	22.5
13	127.2	0.59	0.45	4.7	5.0	28	14.4	16.9	16.1	108.0	94.6	93.6	350.7	447.4	9.4	16.8
14	114.7	0.49	0.47	4.5	4.4	29	14.4	17.1	16.6	103.1	95.5	89.8	328.6	514.0	11.9	11.9
15	121.1	0.50	0.43	4.9	4.6	30	13.2	16.0	15.3	102.4	95.0	85.4	320.6	385.1	9.1	19.6
16	122.3	0.51	0.48	5.6	5.1	29	13.8	16.6	16.3	120.4	112.1	104.9	284.1	428.0	4.9	10.1
17	139.1	0.57	0.48	4.7	4.5	29	13.9	18.4	17.3	126.1	116.3	130.3	317.8	495.1	6.8	16.5
18	113.5	0.49	0.51	4.7	3.5	36	13.2	17.0	16.3	100.1	88.4	88.7	357.9	434.7	9.3	31.4
19	98.2	0.45	0.47	5.0	5.3	28	13.3	16.1	15.8	99.0	89.1	91.2	240.8	415.7	13.5	19.8
20	133.2	0.53	0.55	5.0	4.8	31	13.7	17.7	17.2	126.5	106.3	114.2	426.8	482.0	5.0	8.5
21	101.6	0.50	0.42	5.0	4.8	28	14.1	16.7	16.5	106.4	102.9	125.7	336.4	476.1	10.1	22.6
22	108.6	0.53	0.48	5.1	5.0	28	14.2	16.9	16.9	104.0	94.2	117.2	355.1	451.8	14.9	24.8
23	112.3	0.52	0.50	4.7	4.5	29	14.4	16.4	18.5	102.1	95.7	97.5	314.8	440.3	7.7	17.8
24	110.8	0.53	0.40	4.9	4.7	31	14.5	17.4	17.0	110.4	98.6	121.4	311.4	481.7	16.3	40.3
25	114.6	0.50	0.42	5.3	5.1	29	14.2	17.2	16.4	108.1	94.8	112.2	301.2	405.2	13.7	20.0
26	103.2	0.53	0.38	4.4	4.4	30	15.5	18.7	18.5	109.2	100.8	117.3	366.8	504.6	5.8	6.9
27	92.6	0.53	0.41	4.9	4.9	27	14.8	17.2	16.6	94.4	92.6	108.5	346.2	457.8	12.0	29.8
28	115.9	0.54	0.41	5.1	4.3	31	15.4	17.9	17.7	113.0	111.4	113.8	358.6	528.6	10.3	11.8
29	105.6	0.59	0.43	4.6	4.7	28	13.6	17.9	17.0	105.2	96.5	113.3	351.5	467.0	12.2	33.5
30	117.9	0.50	0.40	4.9	5.2	27	14.0	16.6	15.9	114.5	104.3	116.7	243.9	418.8	12.0	34.4
31	117.4	0.57	0.39	4.9	5.0	28	14.3	17.6	16.9	113.9	105.6	108.3	309.1	475.6	9.3	17.7
32	100.1	0.55	0.40	5.3	5.0	29	14.3	17.5	17.4	95.6	86.7	87.3	323.2	403.0	9.9	21.2
33	110.9	0.54	0.39	4.4	4.3	30	14.4	16.0	15.9	108.5	97.5	127.4	335.3	512.7	6.8	18.7
34	95.5	0.48	0.37	5.2	4.4	29	13.0	16.4	15.8	105.2	102.2	108.1	321.2	491.6	15.9	19.6
min	92.6	0.45	0.37	4.4	3.5	27	13.0	16.0	15.2	94.1	86.7	85.4	240.8	385.1	4.3	4.3
ave	113.8	0.52	0.44	4.9	4.7	29	14.1	17.1	16.6	107.2	99.1	107.6	320.8	462.5	10.3	20.1
max	139.1	0.59	0.55	5.7	5.5	36	15.5	18.7	18.5	126.5	116.3	130.3	426.8	534.0	18.7	40.3
cv(%)	9.3	6.7	9.4	6.6	8.0	5.7	4.5	4.7	5.3	7.5	7.4	11.5	11.5	8.8	36.2	42.6

表一三 たいこ免材の曲げ強度試験結果(2)

曲げスパン 168cm

試験体番号	生材時丸太での動的ヤング係数		気乾比重		試験時含水率		動的ヤング係数	曲げヤング係数	比例限曲げ応力度	曲げ破壊係数	最大単独節径比	最大集中節径比	採材位置
	E <sub>dG</sub> (tf/cm <sup>2</sup> )	SG-s	SG-h	MC-s (%)	MC-h (%)	MC-w (%)							
1	108.0	0.50	0.50	14.4	17.6	16.6	103.7	96.2	277.3	460.4	17.4	33.0	末口側
2	111.6	0.49	0.42	14.8	17.8	16.7	99.0	90.4	419.8	488.2	16.3	17.3	末口側
3	110.2	0.51	0.43	15.1	18.4	18.4	122.5	106.7	294.2	470.7	14.3	24.3	末口側
4	125.2	0.51	0.46	13.9	16.1	15.7	109.2	85.4	275.1	427.6	9.4	22.2	末口側
5	119.7	0.54	0.49	13.2	16.7	16.2	108.1	95.6	364.4	565.0	8.3	23.3	元口側
6	124.9	0.55	0.45	15.3	18.3	17.5	117.0	99.7	403.0	600.5	13.7	30.6	末口側
7	112.4	0.47	0.43	13.5	16.0	15.2	106.5	107.1	334.9	380.3	10.0	26.4	末口側
8	131.5	0.51	0.45	13.7	16.1	15.2	110.9	92.5	312.7	383.0	22.2	22.2	末口側
9	107.6	0.48	0.47	13.5	16.5	15.9	100.3	101.0	378.3	456.1	8.8	15.1	元口側
10	124.9	0.56	0.49	14.4	18.6	17.8	108.2	90.0	382.1	482.4	6.5	8.8	元口側
11	111.4	0.47	0.44	14.0	17.7	16.9	100.8	88.0	260.7	483.5	6.1	10.3	元口側
12	105.8	0.50	0.39	13.7	16.8	15.9	101.5	80.2	389.5	485.8	12.9	22.1	末口側
13	127.2	0.59	0.45	14.4	16.9	16.1	110.1	101.5	252.5	475.4	7.7	18.1	元口側
14	114.7	0.49	0.47	14.4	17.1	16.6	106.3	90.9	311.0	521.4	4.8	4.8	元口側
15	121.1	0.50	0.43	13.2	16.0	15.3	103.2	92.9	214.4	348.4	6.0	11.9	末口側
16	122.3	0.51	0.48	13.8	16.6	16.3	122.9	112.6	460.0	588.0	4.5	18.9	元口側
17	139.1	0.57	0.48	13.9	18.4	17.3	124.4	103.9	301.8	549.5	6.0	14.5	末口側
18	113.5	0.49	0.51	13.2	17.0	16.3	99.4	90.7	308.4	445.5	6.8	19.3	元口側
19	98.2	0.45	0.47	13.3	16.1	15.8	102.0	104.3	174.1	394.3	10.0	16.5	元口側
20	133.2	0.53	0.55	13.7	17.7	17.2	132.1	112.7	328.4	640.7	6.6	10.6	元口側
21	101.6	0.50	0.42	14.1	16.7	16.5	107.7	95.0	292.5	450.3	7.2	14.0	元口側
22	108.6	0.53	0.48	14.2	16.9	16.9	106.4	108.9	240.3	506.2	6.5	12.7	元口側
23	112.3	0.52	0.50	14.4	16.4	18.5	108.0	83.8	277.0	369.9	12.2	17.8	元口側
24	110.8	0.53	0.40	14.5	17.4	17.0	115.8	94.0	394.5	554.5	8.2	20.7	元口側
25	114.6	0.50	0.42	14.2	17.2	16.4	117.0	92.6	347.0	385.6	15.3	27.2	末口側
26	103.2	0.53	0.38	15.5	18.7	18.5	113.6	105.5	424.8	487.5	4.5	11.6	末口側
27	92.6	0.53	0.41	14.8	17.2	16.6	89.4	81.1	312.7	555.4	9.0	18.7	元口側
28	115.9	0.54	0.41	15.4	17.9	17.7	114.6	95.0	443.4	622.9	9.2	21.2	末口側
29	105.6	0.59	0.43	13.6	17.9	17.0	105.8	91.3	387.7	508.4	5.0	24.4	元口側
30	117.9	0.50	0.40	14.0	16.6	15.9	119.8	103.4	249.1	472.1	9.5	19.5	末口側
31	117.4	0.57	0.39	14.3	17.6	16.9	117.0	122.0	236.0	569.7	14.5	25.8	元口側
32	100.1	0.55	0.40	14.3	17.5	17.4	98.4	78.2	340.0	377.0	22.3	31.9	末口側
33	110.9	0.54	0.39	14.4	16.0	15.9	109.4	99.1	371.4	616.8	9.6	22.5	末口側
34	95.5	0.48	0.37	13.0	16.4	15.8	108.4	89.1	275.1	589.1	4.8	15.1	末口側
min	92.6	0.45	0.37	13.0	16.0	15.2	89.4	78.2	174.1	348.4	4.5	4.8	
ave	113.8	0.52	0.44	14.1	17.1	16.6	109.4	96.5	324.5	491.5	9.9	19.2	
max	139.1	0.59	0.55	15.5	18.7	18.5	132.1	122.0	460.0	640.7	22.3	33.0	
cv(%)	9.3	6.7	9.4	4.5	4.7	5.3	8.0	10.3	21.1	16.2	47.3	34.2	

表 - 4 たいこ挽材の曲げヤング係数

スパン	420cm		たいこ挽材		168cm	
	MO Edge	MO Eflat	MO Eflat	MO Eflat末	MO Eflat	MO Eflat元
供試体数	34		34		17	17
平均値	107.6		99.1		95.2	97.8
CV (%)	11.5		7.4		9.0	11.1
比	1.10		1.01		0.97	1.00
	1.09		1.00		0.96	0.99

表-5 正角材の曲げ強度試験結果

曲げスパン 168cm

試験体番号	生材時丸太での動的ヤング係数	気乾比重	平均年輪幅	試験時含水率	動的ヤング係数	曲げヤング係数	比例限界曲げ応力度	曲げ破壊係数	最大単独節径比	最大集中節径比	採材位置
TP No.	$E_{dc}$ (tf/cm <sup>2</sup> )	SG	ARW (mm)	MC (%)	$E_d$ (tf/cm <sup>2</sup> )	MOE (tf/cm <sup>2</sup> )	PL (kgf/cm <sup>2</sup> )	MOR (kgf/cm <sup>2</sup> )	KD (%)	SKD (%)	
1	108.0	0.45	5.9	16.9	85.6	72.2	300.9	392.9	11.6	27.4	元口側
2	111.6	0.41	5.8	16.4	67.1	57.6	352.7	385.1	25.4	37.2	元口側
3	110.2	0.47	5.9	16.6	84.2	71.3	296.9	460.0	21.3	21.3	元口側
4	125.2	0.45	5.3	17.5	90.2	85.3	304.9	409.4	14.7	25.0	元口側
5	119.7	0.46	8.1	16.9	84.1	77.6	322.1	331.4	28.3	56.7	末口側
6	124.9	0.50	5.6	17.4	87.7	76.4	292.9	437.7	16.0	35.4	元口側
7	112.4	0.41	6.4	16.8	90.1	70.7	339.2	342.3	16.8	26.8	元口側
8	131.5	0.42	7.1	16.0	88.8	77.0	374.9	378.6	24.2	53.2	元口側
9	107.6	0.40	5.6	15.8	84.0	73.7	285.9	296.2	20.7	35.3	元口側
10	124.9	0.42	6.1	16.9	92.9	83.6	320.9	435.2	18.3	31.9	末口側
11	111.4	0.44	5.6	16.8	90.3	60.2	402.5	442.9	9.2	15.0	末口側
12	105.8	0.37	7.3	16.8	71.6	60.2	337.3	390.0	15.3	15.3	元口側
13	127.2	0.42	7.3	16.5	88.0	75.6	349.8	431.8	24.5	58.2	末口側
14	114.7	0.43	5.8	16.9	86.2	80.0	325.9	358.0	11.1	18.8	末口側
15	121.1	0.41	6.0	16.6	92.5	80.2	349.9	494.9	19.4	49.8	元口側
16	122.3	0.42	6.5	16.1	95.2	82.7	343.9	415.3	20.5	21.7	元口側
17	139.1	0.48	5.8	17.4	97.2	91.3	330.0	496.0	10.8	17.5	元口側
18	113.5	0.45	5.7	17.2	85.8	79.1	349.2	356.2	16.6	43.1	末口側
19	98.2	0.44	4.5	17.0	110.6	83.2	266.7	274.0	20.1	40.2	末口側
20	133.2	0.48	5.9	17.0	96.0	97.7	327.5	542.6	15.6	28.4	末口側
21	101.6	0.41	6.0	17.6	83.9	80.0	245.5	367.8	15.4	25.7	末口側
22	108.6	0.45	6.0	16.6	81.8	68.9	330.1	371.0	17.4	39.0	末口側
23	112.3	0.43	7.1	16.5	79.2	73.1	312.1	374.9	21.5	76.6	末口側
24	110.8	0.45	7.1	18.0	86.0	74.0	341.0	382.1	23.5	38.1	元口側
25	114.6	0.44	6.3	16.5	90.8	76.4	279.4	468.1	16.6	31.6	元口側
26	103.2	0.48	5.0	15.9	90.6	81.6	256.5	494.1	14.1	29.9	元口側
27	92.6	0.40	6.7	16.1	70.4	68.0	302.7	394.5	17.1	27.4	末口側
28	115.9	0.45	7.7	16.6	79.9	74.6	391.1	478.3	15.4	30.0	元口側
29	105.6	0.43	7.5	16.6	78.6	69.0	303.4	431.8	23.0	47.6	末口側
30	117.9	0.43	6.7	16.4	91.0	74.5	353.5	375.0	20.6	26.7	元口側
31	117.4	0.42	7.9	17.2	91.4	84.1	288.8	381.0	20.7	32.3	元口側
32	100.1	0.44	7.3	17.8	67.3	63.3	237.8	383.8	24.0	78.8	末口側
33	110.9	0.43	5.4	17.1	72.0	72.3	219.7	434.5	13.4	26.9	元口側
34	95.5	0.41	6.1	16.7	78.9	86.6	286.5	426.1	16.6	35.7	元口側
min	92.6	0.37	4.5	15.8	67.1	57.6	219.7	274.0	9.2	15.0	
ave	113.8	0.44	6.3	16.8	85.6	76.5	315.4	406.9	18.2	35.4	
max	139.1	0.50	8.1	18.0	110.6	97.7	402.5	542.6	28.3	78.8	
cv(%)	9.3	6.0	13.4	3.0	12.3	10.6	13.2	14.1	24.7	42.8	



表一六 丸太・たいこ挽材・正角材の試験結果の概要

材種	生材時丸太での動的ヤング係数	気乾比重		平均年輪幅		試験時含水率			動的ヤング係数	曲げヤング係数	比例限曲げ応力度	曲げ破壊係数	最大単独節径比	最大集中節径比
		辺材	心材	元口	未口	辺材	心材	全体						
生材丸太	min	0.42	0.41	3.8	3.8	102.0	36.9	59.9	-	69.0	171.4	445.2	0.0	0.0
	ave	0.51	0.47	4.7	4.7	136.3	40.9	76.3	-	107.5	241.4	521.8	1.6	2.9
	max	0.58	0.55	5.3	5.5	174.9	48.0	91.0	-	130.7	330.3	624.7	3.2	8.6
	cv(%)	7.9	5.9	8.2	8.1	11.6	7.7	10.1	-	12.9	16.5	8.0	64.5	80.3
乾燥丸太	min	0.44	0.45	4.0	3.8	16.7	20.4	19.4	97.0	82.7	212.3	420.2	0.0	0.0
	ave	0.52	0.51	4.7	4.5	18.5	22.9	21.4	111.9	99.7	310.0	533.0	2.4	5.3
	max	0.61	0.61	5.1	5.1	20.4	25.9	24.0	129.0	120.1	371.6	609.6	5.0	11.4
	cv(%)	6.8	6.5	5.3	7.0	4.3	5.6	5.0	6.9	9.3	11.7	8.1	49.5	56.3
たいこ挽材 edge wise	min	0.45	0.37	-	-	13.0	16.0	15.2	94.1	85.4	240.8	385.1	4.3	4.3
	ave	0.52	0.44	-	-	14.1	17.1	16.6	107.2	107.6	320.8	462.5	10.3	20.1
	max	0.59	0.55	-	-	15.5	18.7	18.5	126.5	130.3	426.8	534.0	18.7	40.3
	cv(%)	6.7	9.4	-	-	4.5	4.7	5.3	7.5	11.5	11.5	8.8	36.2	42.6
たいこ挽材 flat wise	min	0.45	0.37	-	-	13.0	16.0	15.2	89.4	78.2	174.1	348.4	4.5	4.8
	ave	0.52	0.44	-	-	14.1	17.1	16.6	109.4	96.5	324.5	491.5	9.9	19.2
	max	0.59	0.55	-	-	15.5	18.7	18.5	132.1	122.0	460.0	640.7	22.3	33.0
	cv(%)	6.7	9.4	-	-	4.5	4.7	5.3	8.0	10.3	21.1	16.2	47.3	34.2
正角材	min	0.37	0.37	4.5	4.5	-	-	15.8	67.1	57.6	219.7	274.0	9.2	15.0
	ave	0.44	0.44	6.3	6.3	-	-	16.8	85.6	76.5	315.4	406.9	18.2	35.4
	max	0.50	0.50	8.1	8.1	-	-	18.0	110.6	97.7	402.5	542.6	28.3	78.8
	cv(%)	6.0	6.0	13.4	13.4	-	-	3.0	12.3	10.6	13.2	14.1	24.7	42.8

表一七 MORと他の因子との相関

生材丸太	Edg	MOE	RN-t.e.	ARW-b.e.	ARW-t.e.	SG-s	SG-h	MC-s	MC-h	MC-w	KD	SKD	
MOR	0.473	0.590	0.004	-0.189	-0.181	0.561	0.421	-0.373	-0.072	-0.172	-0.308	-0.135	
乾燥丸太	Edg	Ed	MOE	RN-t.e.	ARW-b.e.	ARW-t.e.	SG-s	SG-h	MC-s	MC-h	MC-w	KD	SKD
MOR	0.433	0.482	0.566	-0.156	-0.277	-0.160	0.435	0.226	-0.134	-0.247	-0.140	0.058	-0.064
たいこ椽材 edge wise	Edg	Ed	MOE	RN-t.e.	ARW-b.e.	ARW-t.e.	SG-s	SG-h	MC-s	MC-h	MC-w	KD	SKD
MOR	0.196	0.439	0.558	0.152	-0.448	-0.516	0.400	0.049	0.410	0.409	0.389	-0.076	-0.307
たいこ椽材 flat wise	Edg	Ed	MOE	SG-s	SG-h	MC-s	MC-h	MC-w	KD	SKD			
MOR	0.134	0.405	0.322	0.380	-0.038	0.252	0.349	0.229	-0.367	-0.098			
正角材	Edg	Ed	MOE	ARW	SG	MC	KD	SKD					
MOR	0.398	0.287	0.350	-0.052	0.394	-0.022	-0.338	-0.219					

表-8 丸太、たいこ挽材、正角材のMOE、MORの比較

スパン	生材丸太 420cm	乾燥丸太 420cm	たいこ挽材			正角材 168cm		
			420cm		168cm		168cm	
	MOE	MOE	MOEdge	MOEflat	MOEflat末	MOEflat元	MOE末	MOE元
供試体数(本)	34	34	34	34	17	17	17	17
最小値(tonf/cm <sup>2</sup> )	69.0	82.7	85.4	86.7	78.2	81.1	68.0	57.6
平均値(tonf/cm <sup>2</sup> )	107.5	99.7	107.6	99.1	95.2	97.9	78.3	74.8
最大値(tonf/cm <sup>2</sup> )	130.7	120.1	130.3	116.3	107.1	122.0	97.7	91.3
CV(%)	12.9	9.3	11.5	7.4	9.0	11.1	9.0	11.6
	MOR	MOR	MORedge		MORflat末	MORflat元	MOR末	MOR元
供試体数(本)	34	34	34		17	17	17	17
最小値(kgf/cm <sup>2</sup> )	445.2	420.2	385.1		348.4	369.9	274.0	342.3
平均値(kgf/cm <sup>2</sup> )	521.8	533.0	462.5		479.1	503.9	387.4	426.3
最大値(kgf/cm <sup>2</sup> )	624.7	609.6	534.0		622.9	640.7	542.6	496.0
CV(%)	8.0	8.1	8.8		18.8	14.0	16.0	11.4

## 第2章 スギたいこ挽材の実大曲げ試験（その1）

### 1. 試験の目的

木造建築の多様化に伴い丸太を構造体に用いた建物が増えつつあるのに鑑み、丸太・たいこ挽材の実大曲げ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とする。また、丸太とたいこ挽材、あるいは製材の曲げ強度性能の間に、一定の関係を認め得るか否かについて、実験的に明らかにする。さらに丸太については、生材時と気乾時における曲げ強度性能に関する知見を得る。

### 2. 試験丸太

試験丸太は、宮城県岩出山町のスギ人工林から伐採（間伐）されたもので、伐倒・玉切り後に当試験場に搬入された丸太である。

#### 2.1 試験丸太採取林分の概要

- |           |                         |           |      |
|-----------|-------------------------|-----------|------|
| 1) 所在地    | 宮城県玉造郡岩出山町池月字もず目絵図沢23-2 |           |      |
| 2) 林小班番号  | 59林班 ロ-19               |           |      |
| 3) 森林所有者名 | 沢口新太郎                   |           |      |
| 4) 植栽年月   | 昭和33年4月                 |           |      |
| 5) 植栽面積   | 3.26ha                  |           |      |
| 6) 植栽本数   | 14,500本                 | 4,450本/ha |      |
| 7) 苗木     | 秋田県雄勝町産 実生苗             |           |      |
| 8) 保育歴    |                         |           |      |
| 補植        | 昭和34年4月                 | 200本      |      |
| 下刈        | 1回刈 4~7年生               | 2回刈 1~3年生 |      |
| 除伐        | 9年生                     |           |      |
| 間伐        | 1回目 15年生、2回目            | 23年生、2回目  | 29年生 |
| 枝打        | 1回目 15年生、2回目            | 23年生、2回目  | 29年生 |
| 枝打高       | 3~4m                    | 4~6m      | 7~8m |

#### 9) 伐倒時の林分構成

- |      |           |
|------|-----------|
| 林令   | 33年生      |
| 成立本数 | 3,060本/ha |

上記の林分から1,714本が間伐された。胸高直径18~22cmの間伐木が約82%を占め、胸高直径の平均は20.9cm、樹高の平均13.5mである。

（森林所有者の調査より）

試験丸太は、伐倒後できるだけ「根張り」を外し4mに玉切った。1番玉75本、2番玉33本の計108本である。また、枝打により丸太材面には節がなかった。

### 3. 生材及び気乾丸太の曲げ試験

試験方法は、日本住宅・木材技術センターより提示された「丸太・たいこ挽材の実大曲げ試験実施要領」に準じて行った。

#### 3.1 試験の流れ

試験の流れを図-1に示した。平成2年度は生材丸太の曲げ強度について、平成3年度は乾燥丸太の曲げ強度について及び平成4年度はたいこ挽材及び正角の曲げ強度について試験した。

#### 3.2 丸太形状寸法の計測

丸太を剥皮し、材長、直径、年輪数等を計測し、平均年輪幅、細り率を算出した。また、材長、末口、元口及び末口から1m毎の直径を計測し、スマリアン式による区分求積法で材積を算出した。各丸太を「素材の日本農林規格」により等級格付けした。

#### 3.3 基本振動周波数と密度測定による動的ヤング係数（E d）の測定

丸太の木口面を打撃したとき材内を伝播する弾性波を、他の木口面からマイクロホンでとらえ、その基本振動周波数を測定した。また、密度は丸太材積および重量から算出し、次式により動的ヤング係数（E d）を求めた。（図-2）

$$E d = \frac{4 \times f^2 \times L^2 \times \rho}{g}$$

f：基本振動周波数（HZ）

L：材長（cm）

$\rho$ ：密度（g/cm<sup>3</sup>）

E d：動的ヤング係数（gf/cm<sup>2</sup>）

g：重力加速度（cm/s）

#### 3.4 供試丸太のグループ分け

生材時丸太の動的ヤング係数の平均値および変動係数がほぼ同等になるように、E dの小さいものから昇位順に3本を1単位とし、そのなかでA、B、Cにふりわけ3グループを編成し、試験区分を決めた。各グループ毎の丸太の概要は表-1の1、1の2、1の3のとおりである。各グループ毎の動的ヤング係数を正規化した分布を図-3に示す。

グループ名 (試験区分)	曲げ試験時の		本数	曲げ試験 実施年度
	形状	含水状態		
A	丸太	生材	36本	平成2年度
B	丸太	乾燥材	36本	平成3年度
C	たいこ挽材	乾燥材	36本	平成4年度

### 3.5 試験の結果

#### 1) 生材丸太の実大曲げ試験（平成2年度）

表-2に平成2年度に試験した生材丸太の概要と曲げ破壊試験結果を示す。その詳細は平成2年度事業報告書のとおりである。

#### 2) 乾燥丸太の実大曲げ試験（平成3年度）

表-3に平成3年度に試験した乾燥丸太の概要と曲げ破壊試験結果を示す。その詳細は平成3年度事業報告書のとおりである。

### 4. たいこ挽材・製材の実大曲げ試験（平成4年度）

#### 4.1 試験の方法

##### (1) 乾燥丸太の概要

平成2年度にグループ分けした丸太を作業小屋に入れ、できるだけ自然乾燥を促進させた。

平成2年度に丸太の材長、年輪数、細り度等を測定したが（表-1の3）、本年度は乾燥による変化をみるため直径、重量等を再測した。（表-4）乾燥割れについて、両木口の木口割れ及び材面割れのうち、その長さの最大なものについて割れ長さ、幅及び木口割れについては深さを測定し、「欠点調査図」に記載した。

##### (2) 試験の手順

試験の流れは図-1のとおりである。

### (3) 乾燥丸太の曲げ試験

乾燥丸太の基本振動周波数を測定し、動的ヤング係数を求めた後、乾燥丸太の曲げ剛性試験を行った。丸太の曲げ剛性試験は材長4 mに対してスパン360cmの中央集中荷重方式で行った。(図-4の1)

なお、丸太の材長、末口、元口及び中央部の材背、材幅を計測し、図-5により各断面の断面積、材積及び荷重点の断面二次モーメント、断面係数を算出した。

### (4) たいこ挽材の実大曲げ試験

#### 1) たいこ挽材の曲げ剛性試験 (flat wise)

乾燥丸太の曲げ剛性試験後に丸太を幅12cmのたいこ挽材に製材した。丸太の最大の干割れ部を残す様に木取りした。たいこ挽材の材積及び荷重点の断面二次モーメント、断面係数は図-5により求めた。たいこ挽材をスパン360cm、flat wise、中央集中荷重方式で曲げ剛性試験を行い、曲げヤング係数を測定した。

#### 2) たいこ挽材の曲げ破壊試験 (edge wise)

次にスパン360cm、edge wise、中央集中荷重方式で曲げ破壊試験を行った。試験機は油圧式強度試験機(東京衡機製)を用い、たわみ量は荷重30~50kgf毎にヨークに取り付けたリニアゲージセンサ(1/100mm精度)で計測し、比例限域を越えてからヨークを取り外し、破壊時の最大たわみは変位変換機(1/10mm精度)のワイヤーを試験体の中央中立軸部に取り付けて計測した。(図-4の1)試験機からの荷重値とリニアゲージセンサのたわみ量からの「荷重-たわみ曲線」を描き、比例限域を求めた。比例限域の応力、たわみ量並びに荷重点断面から、曲げヤング係数(MOE)、曲げ比例限強さ(PL)および曲げ破壊係数(MOR)を算出した。破断後に破壊状況を赤鉛筆で欠点調査図に記入した。

#### 3) たいこ挽材の曲げ破壊試験 (flat wise)

破断後に材長方向に二分割し、材長約190cmのたいこ挽材を2体ずつ採取した。これらはflat wiseで曲げ破壊試験を行うものと、12cm正角に製材し曲げ破壊試験を行うものとに振り分けた。振り分けはそれぞれ元口側と末口側が同数になるようにした。また、二分割時に2枚の試験体を採取し、1枚で全体の含水率、もう1枚で辺材、心材別の含水率および気乾比重を測定した。

たいこ挽材のflat wise曲げ破壊試験は動的ヤング係数を測定後、スパン168cm、中央集中荷重方式で行い、曲げヤング係数、曲げ破壊係数を求めた。(図-4の2)

## (5) 製材の曲げ破壊試験

製材についても動的ヤング係数を測定後、スパン168cm、中央集中荷重方式で曲げ破壊試験を行い、曲げヤング係数、曲げ破壊係数を求めた。(図-4の2)

## 4.2 試験結果と考察

### (1) 気乾丸太の形状、曲げ剛性試験

表-4に気乾丸太の概要を示した。気乾時に測定した丸太の径は、末口で20.1~25.8cm(平均22.0cm)、元口で23.4~38.9cm(同28.5cm)となっており、生材時と大きな差はない。丸太の年輪数は、末口で20~28(平均25)、元口で26~34(同31)と一番玉と二番玉により約3年輪の差がみられた。平均年輪幅は、末口で3.8~5.2mm(同4.3mm)、元口で3.7~5.7mm(同4.5mm)とほとんど差がなかった。丸太の見かけの密度は生材時0.66~0.85g/cm<sup>3</sup>(同0.77g/cm<sup>3</sup>)から気乾時0.30~0.42g/cm<sup>3</sup>(同0.34g/cm<sup>3</sup>)と減少した。動的ヤング係数は生材時52.3~89.0tf/cm<sup>2</sup>(72.0tf/cm<sup>2</sup>)から気乾時58.2~91.7tf/cm<sup>2</sup>(75.7tf/cm<sup>2</sup>)と乾燥による大きな変化はなかった。また、曲げ剛性試験による曲げヤング係数は58.5~90.9tf/cm<sup>2</sup>(75.7tf/cm<sup>2</sup>)であった。

### (2) たいこ挽材の実大曲げ試験

表-5にたいこ挽材の曲げ試験(edge wise、スパン380cm)の結果、表-6にたいこ挽材の曲げ試験(flat wise、スパン168cm)の結果を示した。

たいこ材破断後の材中央部から採取した試片による気乾比重は辺材0.29~0.41(同0.33)、心材0.30~0.42(同0.35)でA、Bグループとほぼ同じ値となっていた。含水率は円盤全体で15.3~18.1%(同16.9%)となっておりほぼ気乾状態と考えられる。

材長4mのたいこ挽材の荷重点の材背は21.0~28.8cm(同23.1cm)、最大単独節径比は0~10.9%(同5.6%)、見かけの密度は0.32~0.43g/cm<sup>3</sup>(同0.36g/cm<sup>3</sup>)、動的ヤング係数は56.8~90.5tf/cm<sup>2</sup>(73.5tf/cm<sup>2</sup>)、曲げ剛性試験より求めたflat wiseでの曲げヤング係数は62.2~96.5tf/cm<sup>2</sup>(79.4tf/cm<sup>2</sup>)、曲げ破壊試験より求めたedge wiseでの曲げヤング係数は56.6~92.6tf/cm<sup>2</sup>(78.7tf/cm<sup>2</sup>)、曲げ破壊係数は310.8~562.9kgf/cm<sup>2</sup>(418.0kgf/cm<sup>2</sup>)となった。動的ヤング係数と曲げヤング係数の関係、動的ヤング係数と曲げ破壊係数との関係および曲げヤング係数と曲げ破壊係数との関係を図-6、7、8に示す。

材長2mのたいこ挽材の荷重点の材背は20.6~29.0cm(同23.5cm)、最大単独節径比は0~10.9%(同4.9%)、見かけの密度は0.32~0.45g/cm<sup>3</sup>(同0.37g/cm<sup>3</sup>)、動的ヤング係数は46.9~101.3tf/cm<sup>2</sup>(73.3tf/cm<sup>2</sup>)、曲げ破壊試験より求めたflat wiseでの曲げヤング係数は35.8~76.8tf/cm<sup>2</sup>(57.1tf/cm<sup>2</sup>)、曲げ破壊係数は302.3~493.3kgf/cm<sup>2</sup>(364.6kgf/cm<sup>2</sup>)となった。曲げヤング係数と曲げ破壊係数との関係を図-9に示す。



### (3) 製材の曲げ試験

表-7に製材の曲げ試験の結果を示す。

最大単独節径比は0~19.2% (同10.8%)、見かけの密度は0.32~0.45g/cm<sup>3</sup> (同0.37g/cm<sup>3</sup>)、動的ヤング係数は38.4~86.2tf/cm<sup>2</sup> (70.0tf/cm<sup>2</sup>)、曲げ破壊試験より求めた曲げヤング係数は37.5~74.2tf/cm<sup>2</sup> (58.8tf/cm<sup>2</sup>)、曲げ破壊係数は295.4~471.1kgf/cm<sup>2</sup> (375.8kgf/cm<sup>2</sup>)となった。曲げヤング係数と曲げ破壊係数との関係を図-10に示す。

### (4) 丸太、たいこ挽材、製材の間の強度性能の関係

各断面形状による強度性能について表-8に示した。曲げヤング係数は、丸太の平均で79.4tf/cm<sup>2</sup>、たいこ挽材で78.9tf/cm<sup>2</sup>、製材で57.1tf/cm<sup>2</sup>となりそれらを比較すると丸太：たいこ挽材：製材=1.29：1.34：1.00となり丸太よりたいこ挽材が大きい値を示した。また、曲げ破壊係数では丸太：たいこ挽材：製材=1.18：1.11：1.00となっていた。

各断面形状及び測定因子間の相関係数表を表-9に示した。

## 5. 3ヶ年の試験結果について

平成2年から平成4年までの試験結果について簡単にまとめると次のとおりである。

- 1) 丸太の曲げ破壊係数と動的ヤング係数、曲げヤング係数の関係は強く、動的ヤング係数、曲げヤング係数により曲げ破壊係数を推定できると考えられる。
- 2) 生材丸太と気乾丸太の強度性能は、気乾丸太が生材丸太より曲げヤング係数の平均で約10%、曲げ破壊係数で約27%大きい値となった。
- 3) 丸太、たいこ挽材、製材の強度性能は、曲げヤング係数は丸太よりたいこ挽材が大きくなったが、曲げ破壊係数はそれぞれ1.20：1.10：1.00の比率となった。

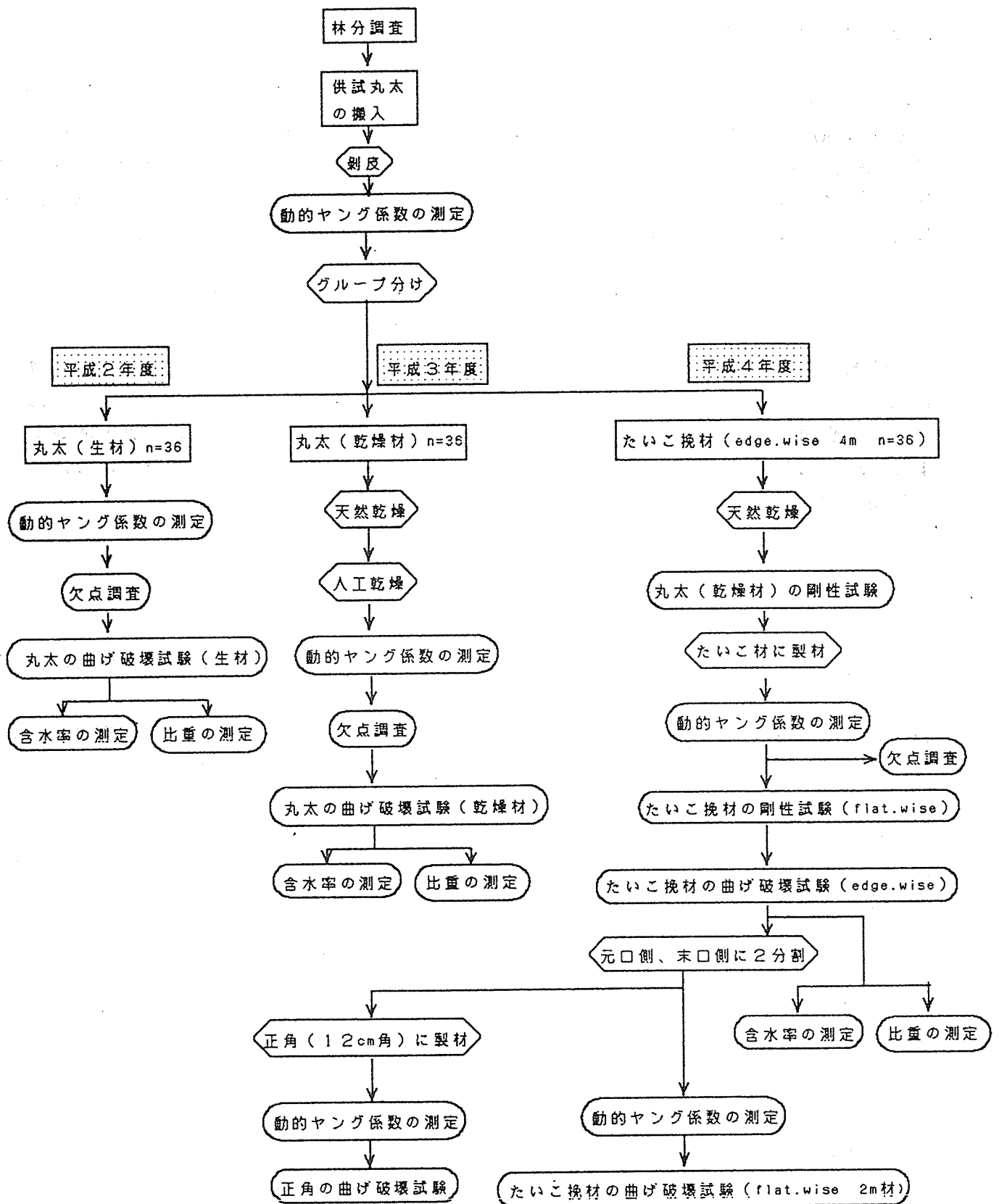


図-1 試験の流れ

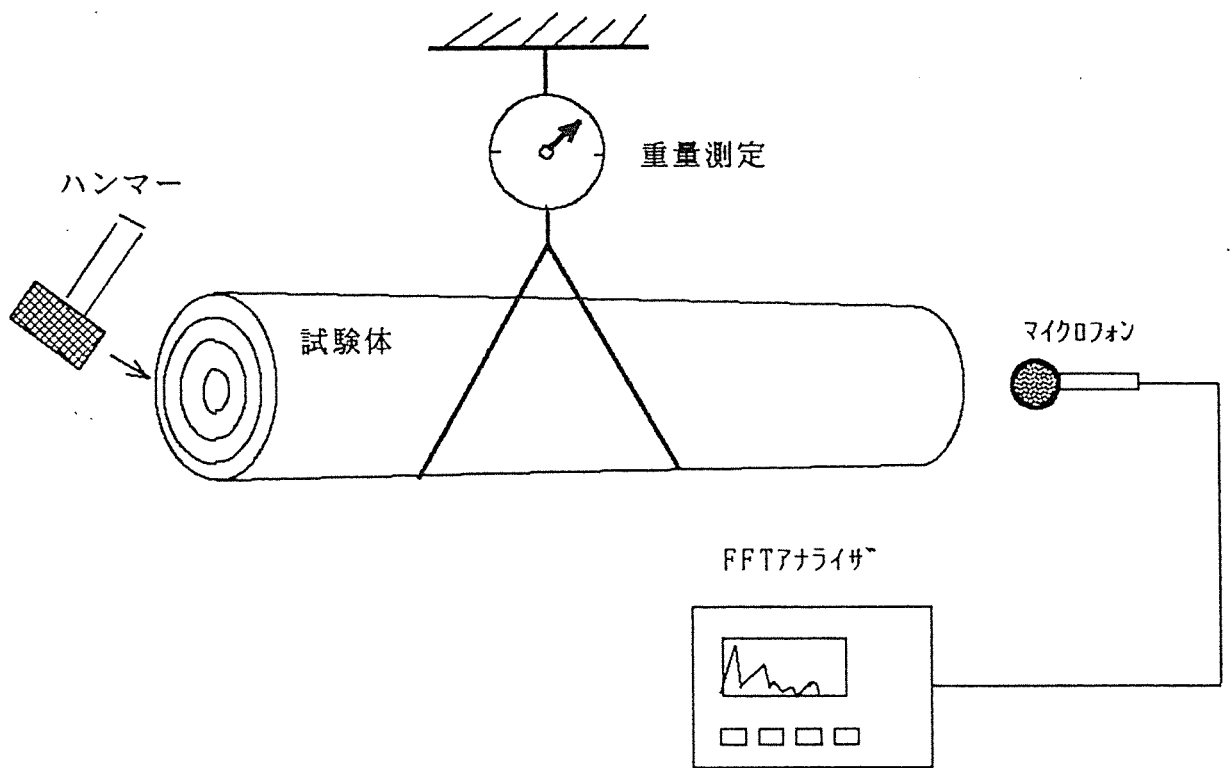


図-2 動的ヤング係数の測定方法（打撃法）

表-1の1 生材丸太の概要 (Aグループ)

丸太 番号	材長 (cm)	直径 元口 (cm)	中央部 (cm)	末口 (cm)	年輪数		平均年輪幅		細り率 (cm/m)	見かけ の密度 (g/cm <sup>3</sup> )	玉番	曲がり率 (%)	JAS等級		動的ヤング 係数 (tf/cm <sup>2</sup> )	
					元口 (年)	末口 (年)	元口 (mm)	末口 (mm)					筋 (等)	曲がり (等)		総合 (等)
TP-NO	L	D-b.e	D-c	D-t.e	RN-b.e	RN-t.e	ARW-b.e	ARW-t.e	taper	$\rho$						Ed
1	406.5	30.5	25.7	23.6	33	27	4.6	4.4	1.7	0.67	1	4.2	1	1	55.0	
2	412.5	30.3	25.5	23.8	32	27	4.7	4.4	1.6	0.70	1	4.2	1	1	74.1	
3	410.7	26.3	24.7	23.2	28	23	4.7	5.0	0.8	0.81	2	3.9	1	1	68.0	
4	407.0	28.4	24.4	22.6	33	27	4.3	4.2	1.4	0.77	1	7.5	1	1	71.2	
5	407.7	26.6	24.8	22.8	30	25	4.4	4.6	1.0	0.74	1	0.0	1	1	79.3	
6	406.0	23.8	22.3	20.8	27	19	4.4	5.5	0.8	0.69	2	0.0	1	1	67.3	
12	406.0	26.7	25.0	23.0	28	23	4.8	5.0	0.9	0.73	2	0.0	1	1	75.0	
18	407.0	26.9	25.5	24.8	28	22	4.8	5.6	0.5	0.70	2	8.1	1	1	64.7	
19	406.0	26.6	24.7	23.1	29	23	4.6	5.0	0.9	0.75	2	7.4	1	1	61.4	
25	403.0	23.9	23.0	22.0	26	21	4.6	5.2	0.5	0.71	2	0.0	1	1	57.5	
27	404.2	26.0	24.2	22.4	29	24	4.5	4.7	0.9	0.75	2	2.7	1	1	81.6	
29	404.5	32.8	26.0	24.2	33	28	5.0	4.3	2.1	0.72	1	6.2	1	1	62.1	
30	406.7	27.7	22.6	21.0	34	28	4.1	3.8	1.6	0.83	1	7.6	1	1	76.2	
32	406.5	26.3	24.2	22.4	28	22	4.7	5.1	0.9	0.85	2	2.2	1	1	74.6	
37	407.0	23.7	22.2	20.9	26	20	4.6	5.2	0.7	0.73	2	0.0	1	1	63.6	
38	408.0	28.5	21.6	20.3	32	26	4.5	3.9	2.0	0.74	1	4.4	1	1	65.2	
43	407.0	26.6	24.9	22.7	29	25	4.6	4.5	1.0	0.80	2	0.0	1	1	82.6	
45	405.5	26.4	24.8	22.9	28	24	4.7	4.8	0.9	0.74	2	1.3	1	1	72.0	
48	410.0	24.4	23.3	21.8	29	23	4.2	4.7	0.6	0.86	2	2.4	1	1	85.5	
50	407.0	23.9	22.6	21.2	27	21	4.4	5.0	0.7	0.71	2	4.4	1	1	84.5	
51	408.0	29.6	24.2	22.4	33	26	4.5	4.3	1.8	0.80	1	11.1	2	2	58.9	
53	408.0	26.3	22.6	21.0	32	27	4.1	3.9	1.3	0.84	1	8.6	1	1	90.0	
56	408.5	30.4	26.0	23.9	33	26	4.6	4.6	1.6	0.70	1	8.8	1	1	49.0	
58	405.7	22.9	21.8	20.3	28	23	4.1	4.4	0.6	0.82	2	2.5	1	1	87.7	
61	405.0	32.6	22.9	21.5	33	28	4.9	3.8	2.8	0.77	1	7.9	1	1	82.1	
64	406.5	26.6	23.1	20.8	32	25	4.2	4.2	1.4	0.84	1	3.8	1	1	69.7	
69	407.0	26.4	24.4	22.6	30	26	4.4	4.3	1.4	0.78	1	10.6	2	2	76.1	
73	408.0	27.2	23.5	21.4	33	27	4.1	4.0	0.9	0.74	1	7.0	1	1	69.1	
74	408.0	29.5	25.1	23.0	33	28	4.5	4.1	1.6	0.78	1	6.1	1	1	76.4	
78	406.0	27.1	22.3	20.9	33	28	4.1	3.7	1.5	0.73	1	3.3	1	1	66.8	
82	407.5	27.4	24.0	21.6	33	28	4.2	3.9	1.4	0.80	1	7.9	1	1	77.9	
83	407.0	32.7	25.2	24.2	33	28	4.9	4.3	2.1	0.75	1	0.0	1	1	72.9	
90	409.0	30.6	22.9	21.2	32	24	4.8	4.4	2.3	0.72	1	14.2	2	2	67.0	
93	408.0	24.5	22.9	21.3	32	26	3.8	4.1	0.8	0.86	1	5.6	1	1	89.1	
99	408.0	23.3	21.7	20.4	29	23	4.0	4.4	0.7	0.83	2	14.2	2	2	103.9	
110	407.7	26.8	21.7	20.6	33	27	4.1	3.8	1.5	0.80	1	13.6	2	2	74.2	
試料数	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
最小値	403.0	22.9	21.6	20.3	26.0	19.0	3.7	0.5	0.67	1-21本	0.0	0.0	1	1	49.0	
平均値	407.2	27.2	23.8	22.1	30.6	24.9	4.5	1.3	0.77	2-15本	5.4	5.4	1	1	73.1	
最大値	412.5	32.8	26.0	24.8	34.0	28.0	5.0	2.8	0.86		14.2	14.2	2	2	103.9	
標準偏差	1.68	2.63	1.31	1.23	2.44	2.53	0.29	0.56	0.05		4.08	4.08	3	3	10.97	
変動係数	0.41	9.65	5.52	5.54	7.99	10.13	6.58	44.28	6.90		75.02	75.02			15.01	
等級																
本数																
3等																
2等																
1等																

表-1の2 生材丸太の概要 (Bゲル-ブ)

丸太 番号	材長 (cm)	直径		中央部		年輪数		平均年輪幅		細り率 (cm/m)	見かけ の密度 (g/cm <sup>3</sup> )	玉番	曲がり率 (%)	JAS等級		動的ヤング 係数 (tf/cm <sup>2</sup> )
		元口 (cm)	D-b.c	元口 (cm)	D-c	元口 (年)	RN-b.e	元口 (mm)	ARW-b.e					元口 (mm)	ARW-t.e	
7	407.5	28.6	24.8	22.6	33	27	4.3	4.2	1.5	0.74	1	6.6	1	1	65.1	
11	405.5	26.1	25.3	24.1	31	25	4.2	4.8	0.5	0.76	1	0.0	1	1	73.4	
13	406.0	31.8	24.4	22.6	33	27	4.8	4.2	2.3	0.79	1	0.0	1	1	72.7	
15	405.5	28.5	24.5	22.3	32	26	4.5	4.3	1.5	0.71	1	7.6	1	1	58.6	
16	406.7	25.1	23.6	21.9	29	24	4.3	4.6	0.8	0.76	2	5.5	1	1	86.3	
21	410.5	32.6	25.1	24.2	32	26	5.1	4.7	2.1	0.71	1	2.1	1	1	53.1	
23	408.5	29.9	22.7	21.1	34	27	4.4	3.9	2.2	0.84	1	8.1	1	1	69.8	
26	407.5	30.5	22.7	21.2	32	26	4.8	4.1	2.3	0.80	1	8.0	1	1	66.3	
31	408.5	23.7	22.4	21.0	29	21	4.1	5.0	0.7	0.75	2	3.8	1	1	73.0	
39	408.0	25.8	24.1	22.7	32	26	4.0	4.4	0.7	0.72	1	5.3	1	1	78.4	
41	411.0	26.9	22.6	20.8	33	25	4.1	4.2	1.5	0.84	1	5.3	1	1	75.2	
42	407.0	28.0	22.8	21.8	33	26	4.2	4.2	1.5	0.79	1	0.0	1	1	77.0	
46	406.5	31.3	24.4	22.7	33	27	4.7	4.2	2.1	0.86	1	4.4	1	1	63.1	
52	403.0	25.0	22.6	21.0	32	28	3.9	3.8	1.0	0.72	1	9.5	1	1	80.0	
59	402.8	28.5	24.8	23.7	25	20	5.3	5.9	0.7	0.72	2	4.2	1	1	69.1	
60	406.5	23.7	22.3	20.7	28	24	4.2	4.3	0.7	0.83	2	0.0	1	1	85.2	
63	408.5	26.4	22.7	21.3	32	25	4.1	4.3	1.3	0.78	1	10.8	1	2	89.2	
65	406.5	23.4	22.4	20.9	27	22	4.3	4.8	0.6	0.69	2	3.8	1	1	74.8	
66	409.5	24.3	22.0	20.4	31	25	3.9	4.1	1.0	0.76	1	8.8	1	1	87.3	
68	409.0	28.5	24.5	22.7	32	26	4.5	4.4	1.4	0.76	1	4.9	1	1	76.7	
71	406.0	31.2	24.3	21.9	32	26	4.9	4.2	2.3	0.80	1	12.3	1	2	67.6	
75	407.0	30.0	24.2	22.0	33	29	4.5	3.8	2.0	0.78	1	6.4	1	1	76.4	
79	407.0	33.6	24.2	22.7	32	27	5.2	4.2	2.7	0.71	1	10.1	1	2	65.5	
81	408.5	27.0	23.3	21.4	33	28	4.1	3.8	1.4	0.77	1	12.6	1	2	60.6	
84	407.5	33.9	24.8	23.2	33	28	5.1	4.1	2.6	0.77	1	7.7	1	1	67.3	
85	409.0	26.2	24.5	22.8	28	25	4.7	4.6	0.8	0.80	2	2.2	1	1	83.2	
89	409.0	28.7	25.5	24.0	32	25	4.5	4.8	1.2	0.76	1	6.2	1	1	63.4	
94	406.0	31.8	25.9	23.7	33	27	4.8	4.4	2.0	0.70	1	10.5	1	2	60.6	
95	408.5	25.7	25.8	23.9	33	27	3.9	4.4	0.5	0.75	1	8.8	1	1	82.4	
98	406.7	23.3	21.9	21.0	28	22	4.2	4.8	0.6	0.87	2	1.9	1	1	75.6	
100	406.0	27.5	26.1	24.7	28	23	4.9	5.4	0.7	0.72	2	5.3	1	1	70.1	
101	405.8	31.0	24.3	22.7	33	26	4.7	4.4	2.0	0.80	1	4.8	1	1	62.4	
103	409.5	27.5	22.3	20.7	33	26	4.2	4.0	1.7	0.77	1	9.2	1	1	80.1	
105	408.0	32.9	23.7	21.8	33	28	5.0	3.9	2.7	0.78	1	13.3	1	2	68.4	
106	408.0	31.8	23.8	22.2	32	25	5.0	4.4	2.4	0.79	1	7.7	1	1	54.1	
107	401.8	31.9	24.4	22.9	33	26	4.8	4.4	2.2	0.83	1	10.9	1	2	83.4	
試料数	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
最小値	401.8	23.3	21.9	20.4	25.0	20.0	3.9	3.8	0.5	0.69	1-28本	0.0	1	1	53.1	
平均値	407.1	28.3	23.9	22.3	31.4	25.6	4.5	4.4	1.5	0.77	2-8本	6.4	1	29	72.1	
最大値	411.0	33.9	26.1	24.7	34.0	29.0	5.3	5.9	2.7	0.87	7	13.3	1	7	89.2	
標準偏差	1.98	3.10	1.18	1.15	2.14	1.99	0.40	0.43	0.70	0.05	0	3.66	1	0	9.28	
変動係数	0.49	10.93	4.95	5.15	6.81	7.78	8.81	9.89	46.88	5.84	57.66	57.66	1	2	12.87	

表-1の3 生材丸太の概要 (Cゲートル)

丸太 番号	材長		直径		中央部		年輪数		平均年輪幅		細り率		見かけ の密度		玉番	曲がり率 (%)	JAS等級		動的ヤク 係数 (tf/cm <sup>2</sup> )
	(cm)	L	元口 (cm)	D-b.e	元口 (cm)	D-c	元口 (年)	RN-b.e	元口 (mm)	末口 (mm)	元口 (cm/m)	末口 (g/cm <sup>3</sup> )	節 (等)	曲がり (等)			総合 (等)	Ed	
8	406.0	30.7	30.7	23.9	26.3	23.9	32	26	4.8	4.6	1.7	0.67	1	0.0	1	1	52.3		
10	407.0	31.8	31.8	22.0	23.8	22.0	32	27	5.0	4.1	2.4	0.79	1	6.4	1	1	61.6		
14	410.5	25.3	25.3	21.7	23.2	21.7	26	22	4.9	4.9	0.9	0.77	2	9.2	1	1	80.9		
17	407.5	31.8	31.8	22.4	23.8	22.4	32	26	5.0	4.3	2.3	0.85	1	3.1	1	1	74.2		
22	406.7	39.4	39.4	26.3	28.4	26.3	34	28	5.8	4.7	3.2	0.72	1	7.6	1	1	66.7		
24	407.5	30.7	30.7	20.7	22.4	20.7	33	26	4.6	4.0	2.4	0.71	1	11.1	1	2	55.7		
28	405.7	25.5	25.5	22.5	24.1	22.5	27	23	4.7	4.9	0.7	0.72	2	1.8	1	1	81.6		
33	405.5	27.2	27.2	23.3	25.2	23.3	29	23	4.7	5.1	1.0	0.66	2	2.1	1	1	71.1		
34	408.0	26.1	26.1	22.2	24.1	22.2	28	24	4.7	4.6	1.0	0.78	2	6.8	1	1	89.0		
35	408.5	32.6	32.6	24.1	25.7	24.1	32	26	5.1	4.6	2.1	0.79	1	9.1	1	1	73.4		
36	406.5	30.3	30.3	21.7	23.0	21.7	33	24	4.6	4.5	2.1	0.69	1	6.9	1	1	60.6		
40	411.0	33.9	33.9	24.4	26.0	24.4	33	28	5.1	4.4	2.3	0.86	1	12.3	1	2	76.8		
44	407.0	29.6	29.6	22.8	24.5	22.8	33	28	4.5	4.1	1.7	0.81	1	4.8	1	1	78.7		
47	407.0	33.4	33.4	24.0	25.5	24.0	33	28	5.1	4.3	2.3	0.76	1	2.5	1	1	70.1		
49	407.5	28.4	28.4	21.7	23.0	21.7	33	27	4.3	4.0	1.6	0.77	1	7.8	1	1	71.8		
54	408.7	27.4	27.4	24.5	25.7	24.5	28	23	4.9	5.3	0.7	0.74	2	4.5	1	1	69.0		
55	408.0	30.2	30.2	20.8	23.1	20.8	33	26	4.6	4.0	2.3	0.77	1	2.4	1	1	63.7		
57	406.5	25.4	25.4	21.2	22.5	21.2	33	25	3.9	4.2	1.0	0.81	1	5.7	1	1	63.2		
62	407.5	29.3	29.3	20.8	22.7	20.8	32	27	4.6	3.8	2.1	0.85	1	3.8	1	1	68.4		
67	408.0	25.8	25.8	23.2	24.7	23.2	27	22	4.8	5.3	0.6	0.70	2	5.6	1	1	76.2		
70	408.5	33.3	33.3	24.8	26.8	24.8	32	26	5.2	4.8	2.1	0.79	1	6.0	1	1	65.9		
72	406.5	24.6	24.6	21.5	23.1	21.5	28	24	4.4	4.5	0.8	0.82	2	8.8	1	1	83.8		
76	409.5	33.4	33.4	23.2	25.3	23.2	33	25	5.1	4.6	2.5	0.72	1	12.0	1	2	67.7		
77	409.0	30.3	30.3	22.0	23.5	22.0	33	27	4.6	4.1	2.0	0.85	1	5.0	1	1	63.2		
80	407.0	29.0	29.0	20.7	22.8	20.7	33	26	4.4	4.0	2.0	0.72	1	3.9	1	1	73.7		
86	407.0	25.0	25.0	20.8	22.2	20.8	33	27	3.8	3.8	1.0	0.74	1	10.1	1	1	75.7		
87	407.5	31.1	31.1	21.7	23.8	21.7	33	26	4.7	4.2	2.3	0.79	1	9.7	1	1	54.9		
88	406.5	25.3	25.3	20.4	22.2	20.4	33	26	3.8	3.9	1.2	0.72	1	0.0	1	1	77.4		
91	407.0	30.7	30.7	23.4	25.5	23.4	34	28	4.5	4.2	1.8	0.78	1	15.0	1	2	80.1		
92	405.5	30.6	30.6	24.0	25.5	24.0	34	28	4.5	4.3	1.6	0.86	1	7.9	1	1	67.0		
96	404.7	24.8	24.8	21.1	23.1	21.1	27	21	4.6	5.0	0.9	0.78	2	4.7	1	1	75.6		
97	406.5	25.8	25.8	22.2	24.2	22.2	27	23	4.8	4.8	0.9	0.73	2	7.2	1	1	83.2		
102	401.0	24.7	24.7	20.7	21.8	20.7	33	24	3.7	4.3	1.0	0.83	1	7.2	1	1	87.4		
104	408.5	26.9	26.9	20.8	22.3	20.8	33	27	4.1	3.9	1.5	0.82	1	13.9	1	2	84.6		
108	401.6	30.1	30.1	22.7	24.0	22.7	33	28	4.6	4.1	1.8	0.76	1	9.7	1	1	60.9		
109	406.5	23.9	23.9	21.1	22.6	21.1	26	20	4.6	5.3	0.7	0.85	2	3.8	1	1	87.2		
試料数	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
最小値	401.0	23.9	23.9	20.4	21.8	20.4	26.0	20.0	3.7	3.8	0.6	0.66	0.0	0.0	0.0	0.0	52.3		
平均値	407.0	29.0	29.0	22.4	24.1	22.4	31.3	25.4	4.6	4.4	1.6	0.77	1-25本	6.6	1等	30	72.0		
最大値	411.0	39.4	39.4	26.3	28.4	26.3	34.0	28.0	5.8	5.3	3.2	0.86	2-10本	15.0	2等	6	89.0		
標準偏差	1.91	3.45	3.45	1.44	1.51	1.44	2.59	2.17	0.42	0.43	0.67	0.05	0	3.64	3等	0	9.49		
変動係数	0.47	11.91	11.91	6.29	6.43	6.43	8.27	8.52	9.02	9.80	41.13	7.04	54.86	54.86	54.86	54.86	13.18		

(tf/cm<sup>2</sup>)

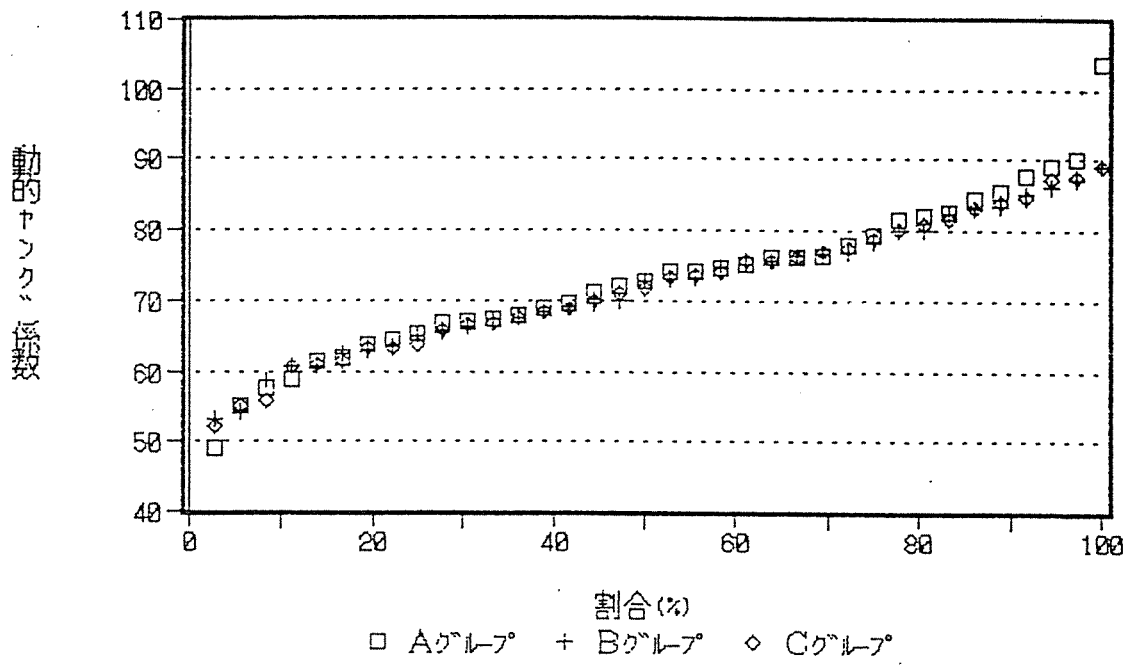


図-3 生材丸太の動的ヤング係数を正規化した分布

表-2 生材丸太の概要と曲げ強度試験結果 (平成2年度)

丸太 番号	平均年輪幅		細り度 (cm/m)	気乾比重 辺材	心材 SG-h	見かけ の密度 (g/cm <sup>3</sup> )	含水率		全体 (%)	最大単独 節径比 (%)	最大集中 節径比 (%)	動的ヤング 係数 (tf/cm <sup>2</sup> )	曲げヤング 係数 (tf/cm <sup>2</sup> )	比例限 強さ (kgf/cm <sup>2</sup> )	曲げ破壊 係数	玉番 No.
	元口 (mm)	米口 (mm)					心材 MC-h	辺材 MC-s								
1	4.6	4.4	1.7	0.25	0.32	0.67	229.5	52.1	136.5	0	0	55.0	53.2	135.0	273.7	1
2	4.7	4.4	1.6	0.34	0.38	0.70	201.2	43.2	107.8	0	0	74.1	70.6	235.3	415.8	1
3	4.7	5.0	0.8	0.30	0.30	0.81	281.0	116.9	178.4	0	0	68.0	64.2	168.9	340.6	2
4	4.3	4.2	1.4	0.28	0.32	0.77	261.6	102.9	154.6	0	0	71.2	66.2	178.5	257.6	1
5	4.4	4.6	1.0	0.29	0.34	0.74	227.6	66.0	132.6	0	0	79.3	66.0	217.1	345.2	1
6	4.4	5.5	0.8	0.28	0.35	0.69	240.0	68.0	132.9	0	0	67.3	58.2	180.5	320.4	2
12	4.8	5.0	0.9	0.31	0.31	0.73	219.8	66.9	139.7	0	0	75.0	65.8	191.5	322.0	2
18	4.8	5.6	0.5	0.29	0.34	0.70	257.8	56.9	133.6	0	0	64.7	59.7	193.2	312.0	2
19	4.6	5.0	0.9	0.29	0.32	0.75	289.1	73.4	142.0	0	0	61.4	57.6	160.0	338.3	2
25	4.6	5.2	0.5	0.26	0.30	0.71	328.8	52.4	180.1	0	0	57.5	50.0	163.9	313.1	2
27	4.5	4.7	0.9	0.31	0.36	0.75	195.0	53.9	109.5	0	0	81.6	72.4	214.3	347.0	2
29	5.0	4.3	2.1	0.31	0.36	0.72	226.8	54.4	123.2	0	0	62.1	57.4	192.3	380.3	1
30	4.1	3.8	1.6	0.32	0.38	0.83	288.3	45.9	166.6	0	0	76.2	71.6	206.2	363.8	1
32	4.7	5.1	0.9	0.32	0.35	0.85	288.9	63.0	204.2	0	0	74.6	65.0	192.2	340.5	2
37	4.6	5.2	0.7	0.27	0.32	0.73	317.7	44.2	154.9	0	0	63.6	55.0	188.1	311.1	2
38	4.5	3.9	2.0	0.32	0.36	0.74	291.9	58.4	135.1	0	0	65.2	68.8	236.4	354.8	1
43	4.6	4.5	1.0	0.34	0.34	0.80	239.8	95.1	138.6	0	0	82.6	73.2	226.1	393.2	2
45	4.7	4.8	0.9	0.33	0.33	0.74	242.3	69.4	130.1	0	0	72.0	63.8	134.7	324.7	2
48	4.2	4.7	0.6	0.35	0.31	0.86	225.2	175.6	156.3	0	0	85.5	73.0	273.8	395.5	2
50	4.4	5.0	0.7	0.36	0.34	0.71	117.4	47.6	95.6	0	0	84.5	79.2	253.5	408.2	2
51	4.5	4.3	1.8	0.26	0.30	0.80	283.0	129.0	174.4	0	0	58.9	58.6	149.1	295.1	1
53	4.1	3.9	1.3	0.36	0.35	0.84	139.7	53.7	122.1	0	0	90.0	77.6	247.4	367.4	1
56	4.6	4.6	1.6	0.26	0.36	0.70	211.8	53.6	119.9	0	0	49.0	49.1	155.9	260.5	1
58	4.1	4.4	0.6	0.38	0.36	0.82	233.1	128.4	130.1	0	0	87.7	85.3	246.3	425.4	2
61	4.9	3.8	2.8	0.41	0.36	0.77	140.6	58.7	117.9	0	0	82.1	92.7	196.4	416.8	1
64	4.2	4.2	1.4	0.25	0.27	0.84	345.1	219.0	201.0	0	0	69.7	57.6	155.9	274.4	1
69	4.4	4.3	0.9	0.33	0.39	0.78	273.7	52.5	147.4	0	0	76.1	71.5	170.3	375.2	1
73	4.1	4.0	1.4	0.32	0.36	0.74	293.1	47.5	142.8	0	0	69.1	66.5	172.5	332.3	1
74	4.5	4.1	1.6	0.33	0.36	0.78	271.3	65.5	141.9	0	0	76.4	73.3	185.9	390.9	1
78	4.1	3.7	1.5	0.30	0.35	0.73	202.6	54.3	131.1	0	0	66.8	64.1	139.2	290.4	1
82	4.2	3.9	1.4	0.30	0.38	0.80	228.5	63.2	153.6	0	0	77.9	69.1	185.6	358.0	1
83	4.9	4.3	2.1	0.33	0.34	0.75	226.2	65.9	140.3	0	0	72.9	75.1	212.6	347.5	1
90	4.8	4.4	2.3	0.32	0.35	0.72	205.0	71.3	137.7	0	0	67.0	64.5	208.6	322.9	1
93	3.8	4.1	0.8	0.34	0.35	0.86	265.9	131.7	178.7	0	0	89.1	83.5	192.7	366.3	1
99	4.0	4.4	0.7	0.42	0.37	0.83	155.4	40.1	109.9	0	0	103.9	97.0	242.4	489.6	2
110	4.1	3.8	1.5	0.37	0.36	0.80	228.2	62.0	144.9	0	0	74.2	77.7	206.2	412.1	1
試料数	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
最小値	3.8	3.7	0.5	0.25	0.27	0.67	117.4	40.1	95.6			49.0	49.1	134.7	257.6	1-15本
平均値	4.5	4.5	1.3	0.32	0.34	0.77	240.9	75.1	142.9			73.1	68.2	194.7	349.5	2-21本
最大値	5.0	5.6	2.8	0.42	0.39	0.86	345.1	219.0	204.2			103.9	97.0	273.8	489.6	
標準偏差	0.29	0.50	0.56	0.04	0.03	0.05	51.46	38.67	24.60			10.97	10.83	34.73	50.51	
変動係数	6.58	11.23	44.28	12.80	7.66	6.90	21.36	51.51	17.21			15.01	15.89	17.84	14.45	



表-3 気乾丸太の概要と曲げ強度試験結果 (平成3年度)

丸太番号	平均年輪幅 元口 (mm) ARW-b.e	平均年輪幅 末口 (mm) ARW-t.e	細り度 (cm/m) taper	気乾比重 辺材 SG-s	心材 SG-h	見かけ の比重 (g/cm <sup>3</sup> ) ρ	含水率 辺材 MC-s	心材 MC-h	全体 MC-w	最大虫痕 節径比 (%) KD	最大集中 節径比 (%) SKD	動的ヤング 係数 (tf/cm <sup>2</sup> ) Ed	曲げヤング 係数 (tf/cm <sup>2</sup> ) MOF	比例限 強さ (kgf/cm <sup>2</sup> ) Pl	曲げ破壊 係数 (kgf/cm <sup>2</sup> ) MOR	玉番 LOG-NO
7	4.3	4.2	1.5	0.34	0.34	0.34	13.6	18.1	16.2	0	0	67.2	66.0	254.3	439.5	1
11	4.2	4.7	0.6	0.30	0.35	0.34	11.0	19.3	16.6	0	0	78.5	77.4	307.2	468.3	1
13	4.8	4.1	2.4	0.35	0.34	0.35	16.6	19.1	16.5	0	0	77.1	78.7	267.1	400.2	1
15	4.4	4.2	1.6	0.31	0.33	0.33	13.6	19.0	16.9	0	0	63.3	64.6	254.7	432.9	1
16	4.3	4.5	0.8	0.34	0.37	0.34	14.8	19.7	17.1	0	0	90.7	84.8	326.4	484.9	2
21	5.0	4.6	2.0	0.26	0.31	0.28	11.5	17.7	16.7	0	0	56.9	53.0	201.8	353.4	1
23	4.4	3.8	2.2	0.35	0.40	0.34	13.5	19.4	16.0	0	0	74.1	75.6	300.8	483.9	1
26	4.7	4.0	2.3	0.31	0.34	0.32	13.1	18.6	15.6	0	0	68.0	78.4	292.3	413.6	1
31	4.1	4.9	0.7	0.30	0.39	0.34	14.8	14.8	16.5	0	0	79.1	67.7	264.0	410.0	2
39	4.0	4.3	0.8	0.33	0.29	0.31	14.6	18.7	15.6	0	0	82.9	79.4	302.7	420.1	1
41	4.1	4.1	1.5	0.32	0.36	0.33	13.7	19.0	15.0	0	0	79.6	80.7	281.2	476.7	1
42	4.2	4.1	1.5	0.32	0.37	0.33	13.3	17.0	15.3	0	0	81.4	78.3	315.5	423.0	1
46	4.7	4.1	2.1	0.30	0.32	0.32	13.8	18.5	17.1	0	0	67.6	68.7	246.7	394.1	1
52	3.9	3.7	1.0	0.32	0.41	0.35	15.6	21.2	17.6	0	0	86.8	83.9	317.3	486.9	1
59	5.2	5.8	0.7	0.34	0.32	0.31	13.1	18.6	15.6	0	0	75.1	74.3	255.6	395.1	2
60	4.2	4.3	0.7	0.37	0.36	0.36	13.6	17.4	15.5	0	0	90.9	86.6	305.4	456.2	2
63	4.1	4.2	1.3	0.36	0.37	0.36	12.3	17.6	14.6	0	0	93.3	89.7	322.3	532.6	1
65	4.3	4.7	0.7	0.33	0.33	0.33	12.9	18.1	16.9	0	0	78.7	71.9	267.2	395.4	2
66	3.9	4.0	0.9	0.36	0.35	0.34	14.6	17.0	15.1	0	0	90.5	82.1	319.6	504.1	1
68	4.4	4.3	1.5	0.33	0.36	0.34	14.7	17.0	16.0	0	0	80.1	78.6	303.8	482.0	1
71	4.8	4.2	2.2	0.27	0.31	0.32	15.9	26.6	20.5	0	0	70.7	68.3	232.1	308.7	1
75	4.4	3.7	1.9	0.30	0.38	0.33	13.1	17.6	15.2	0	0	83.2	81.2	287.3	486.2	1
79	5.2	4.1	2.8	0.35	0.38	0.33	12.8	19.6	16.4	0	0	70.7	89.2	331.8	564.5	1
81	4.1	3.8	1.4	0.30	0.32	0.31	15.5	21.2	18.8	0	0	63.3	66.5	235.2	424.7	1
84	5.0	4.1	2.5	0.31	0.35	0.35	12.4	18.8	15.4	0	0	71.2	76.6	311.4	452.1	1
85	4.6	4.5	0.8	0.33	0.33	0.35	14.0	18.8	16.9	0	0	89.7	85.3	316.2	520.7	2
89	4.5	4.7	1.3	0.29	0.35	0.33	14.9	19.0	17.1	0	0	68.0	67.6	260.0	436.3	1
94	4.8	4.3	2.0	0.33	0.32	0.32	14.9	18.9	17.6	0	0	64.9	61.7	218.2	279.0	1
95	3.9	4.4	0.5	0.34	0.38	0.37	14.3	21.5	18.0	0	0	92.1	78.4	280.4	478.3	1
98	4.1	4.7	0.6	0.31	0.35	0.30	15.7	16.4	14.4	0	0	79.8	73.4	224.6	446.0	2
100	4.9	5.3	0.7	0.32	0.31	0.32	13.4	20.0	18.0	0	0	71.4	68.2	240.6	408.7	2
101	4.6	4.3	2.0	0.31	0.35	0.32	17.7	20.2	18.0	0	0	67.2	64.3	232.7	422.1	1
103	4.1	3.9	1.6	0.34	0.40	0.36	14.5	16.6	16.2	0	0	85.5	87.3	308.8	532.2	1
105	4.9	3.9	2.7	0.30	0.37	0.32	14.8	20.7	17.6	0	0	72.3	74.5	258.3	433.3	1
106	5.0	4.4	2.4	0.28	0.31	0.29	13.6	16.8	15.2	0	0	57.0	58.8	216.1	414.5	1
107	4.8	4.3	2.3	0.36	0.35	0.38	14.3	23.3	18.9	0	0	87.7	90.2	270.6	534.9	1
試料数	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
最小値	3.9	3.7	0.5	0.26	0.29	0.28	11.0	14.8	14.4			56.9	53.0	201.8	279.0	1-8本
平均値	4.5	4.3	1.5	0.32	0.35	0.33	14.1	18.9	16.6			76.5	75.3	275.8	444.3	2-28本
最大値	5.2	5.8	2.8	0.37	0.41	0.38	17.7	26.6	20.5			93.3	90.2	331.8	564.5	
標準偏差	0.39	0.42	0.69	0.03	0.03	0.02	1.34	2.08	1.32			9.95	9.08	35.76	59.76	
変動係数	8.77	9.77	45.78	8.08	8.31	6.41	9.56	10.89	7.94			13.01	12.05	12.97	13.45	

表-4 気乾丸太の概要 (平成4年度)

丸太 番号	材長 (cm)	直径 (cm)		年輪数		平均年輪幅		細り率 (cm/m)	気乾比重		心材 SG-h	見かけ の密度 (g/cm <sup>3</sup> )	含水率 全体 (%)	最大単独 節径比 (%)	最大集束 節径比 (%)	動的ヤング 係数 (tf/cm <sup>2</sup> )	玉番号	
		D-b.e	D-t.e	元口 (年)	末口 (年)	元口 (mm)	末口 (mm)		元口 ARW-b.e	末口 ARW-t.e								SG-s
8	406.0	30.0	23.4	32	26	4.7	4.5	1.6	0.31	0.34	0.31	0.31	17.0	0	0	58.2	1	
10	407.0	31.3	21.4	32	27	4.9	4.0	2.4	0.31	0.31	0.30	0.30	15.6	0	0	67.0	1	
14	410.5	25.0	21.4	26	22	4.8	4.9	0.9	0.34	0.39	0.35	0.35	17.1	0	0	86.0	2	
17	407.5	31.2	21.9	32	26	4.9	4.2	2.3	0.35	0.35	0.36	0.36	17.4	0	0	75.8	1	
22	406.7	38.9	25.8	34	28	5.7	4.6	3.2	0.31	0.34	0.33	0.33	18.1	0	0	69.6	1	
24	407.5	30.2	20.1	33	26	4.6	3.9	2.5	0.31	0.32	0.31	0.31	16.8	0	0	59.0	1	
28	405.7	25.2	22.1	27	23	4.7	4.8	0.8	0.32	0.31	0.33	0.33	17.4	0	0	83.0	2	
33	405.5	26.7	22.8	29	23	4.6	4.9	1.0	0.32	0.32	0.33	0.33	16.4	0	0	75.4	2	
34	408.0	25.7	21.8	28	24	4.6	4.5	0.9	0.35	0.35	0.34	0.34	16.1	0	0	91.7	2	
35	408.5	32.1	23.6	32	26	5.0	4.5	2.1	0.35	0.39	0.35	0.35	15.4	0	0	77.9	1	
36	406.5	29.7	21.3	33	24	4.5	4.4	2.1	0.29	0.34	0.31	0.31	16.6	0	0	64.4	1	
40	411.0	32.8	24.0	33	28	5.0	4.3	2.1	0.39	0.35	0.36	0.36	17.3	0	0	78.8	1	
44	407.0	28.9	22.3	33	28	4.4	4.0	1.6	0.38	0.42	0.41	0.41	17.7	0	0	81.5	1	
47	407.0	32.5	23.5	33	28	4.9	4.2	2.2	0.33	0.38	0.34	0.34	16.5	0	0	73.6	1	
49	407.5	27.9	21.3	33	27	4.2	3.9	1.6	0.33	0.37	0.33	0.33	16.2	0	0	74.0	1	
54	408.7	27.1	24.1	28	23	4.8	5.2	0.7	0.30	0.35	0.33	0.33	17.3	0	0	71.3	2	
55	408.0	29.8	20.7	33	26	4.5	4.0	2.2	0.32	0.38	0.33	0.33	17.2	0	0	66.8	1	
57	406.5	24.9	20.7	33	25	3.8	4.1	1.0	0.30	0.32	0.31	0.31	16.9	0	0	67.4	1	
62	407.5	28.6	22.9	32	27	4.5	3.8	2.0	0.36	0.41	0.37	0.37	17.1	0	0	75.6	1	
67	408.0	25.4	22.9	27	22	4.7	5.2	0.6	0.33	0.33	0.33	0.33	17.7	0	0	81.4	2	
70	408.5	32.8	24.4	32	26	5.1	4.7	2.0	0.31	0.33	0.32	0.32	17.2	0	0	67.7	1	
72	406.5	24.3	21.2	28	24	4.3	4.4	0.7	0.35	0.34	0.34	0.34	16.8	0	0	89.1	2	
76	409.5	32.8	22.8	33	25	5.0	4.6	2.4	0.35	0.38	0.35	0.35	16.0	0	0	73.3	1	
77	409.0	29.8	21.5	33	27	4.5	4.0	2.0	0.29	0.35	0.32	0.32	16.5	0	0	69.4	1	
80	407.0	28.3	20.6	33	27	4.3	4.0	1.9	0.31	0.33	0.32	0.32	17.6	0	0	77.5	1	
86	407.0	24.4	20.5	33	26	3.7	3.8	1.0	0.37	0.32	0.34	0.34	17.3	0	0	78.4	1	
87	407.5	30.5	21.4	33	26	4.6	4.1	2.2	0.32	0.37	0.33	0.33	15.3	0	0	58.9	1	
88	406.5	24.9	20.1	33	26	3.8	3.9	1.2	0.36	0.31	0.34	0.34	16.8	0	0	77.5	1	
91	407.0	30.2	22.9	34	28	4.4	4.1	1.8	0.41	0.42	0.42	0.42	17.0	0	0	85.1	1	
92	405.5	30.1	23.3	34	28	4.4	4.2	1.7	0.38	0.36	0.36	0.36	17.5	0	0	71.7	1	
96	404.7	24.4	20.7	27	21	4.5	4.9	0.9	0.31	0.35	0.32	0.32	17.3	0	0	79.1	2	
97	406.5	25.5	21.7	27	23	4.7	4.7	0.9	0.32	0.30	0.32	0.32	16.5	0	0	85.9	2	
102	401.0	24.2	20.3	33	24	3.7	4.2	1.0	0.41	0.37	0.40	0.37	17.9	0	0	89.6	1	
104	408.5	26.5	20.3	33	27	4.0	3.8	1.5	0.36	0.36	0.36	0.36	17.3	0	0	90.9	1	
108	401.6	29.3	22.3	33	28	4.4	4.0	1.8	0.33	0.34	0.35	0.35	15.7	0	0	62.9	1	
109	406.5	23.4	20.8	26	20	4.5	5.2	0.6	0.36	0.38	0.36	0.36	16.6	0	0	89.4	2	
試料数	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	
最小値	401.0	23.4	20.1	26.0	20.0	3.7	3.8	0.6	0.29	0.30	0.30	0.30	15.3			58.2	1-26本	
平均値	407.0	28.5	22.0	31.3	25.4	4.5	4.3	1.6	0.34	0.35	0.34	0.34	16.9			75.7	2-10本	
最大値	411.0	38.9	25.8	34.0	28.0	5.7	5.2	3.2	0.41	0.42	0.42	0.42	18.1			91.7		
標準偏差	1.91	3.37	1.38	2.59	2.17	0.41	0.43	0.65	0.03	0.03	0.03	0.03	0.68			9.24		
変動係数	0.47	11.82	6.31	8.27	8.52	9.08	9.83	40.84	9.23	8.59	7.64	4.06				12.21		

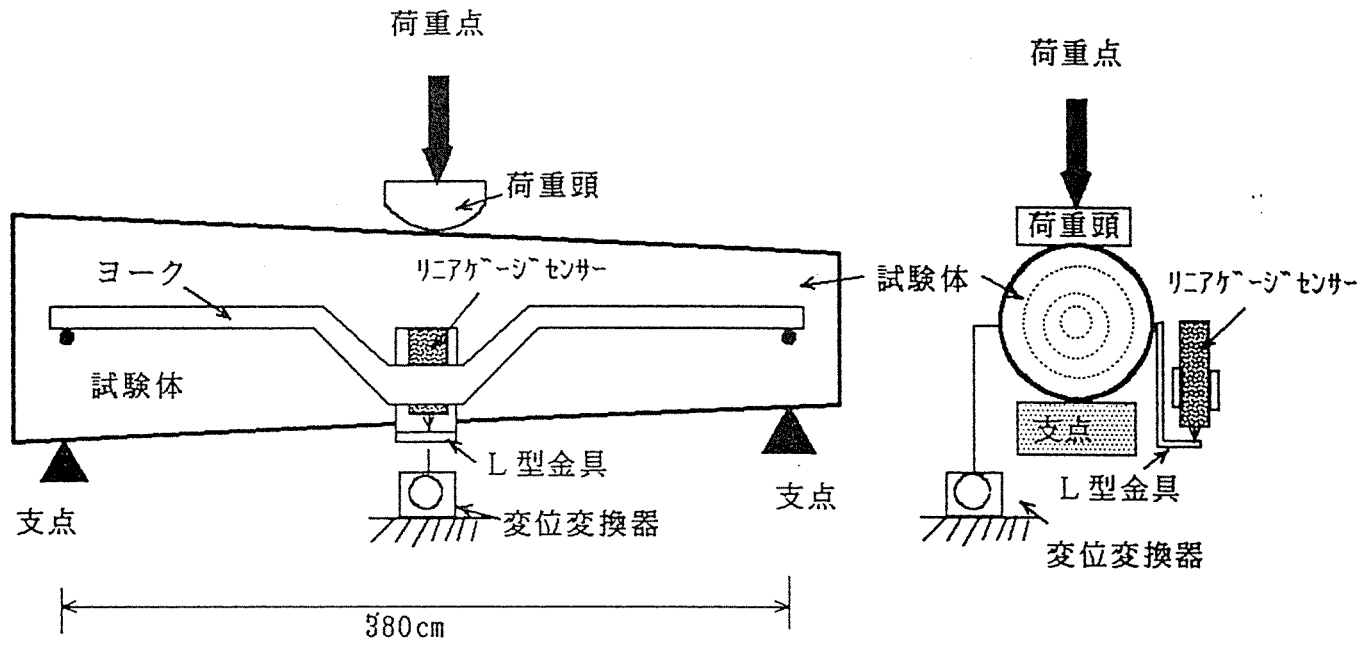


図-4.1.中央集中荷重方式による実大曲げ試験方法  
(丸太、4mたいこ挽材-ヨーク使用)

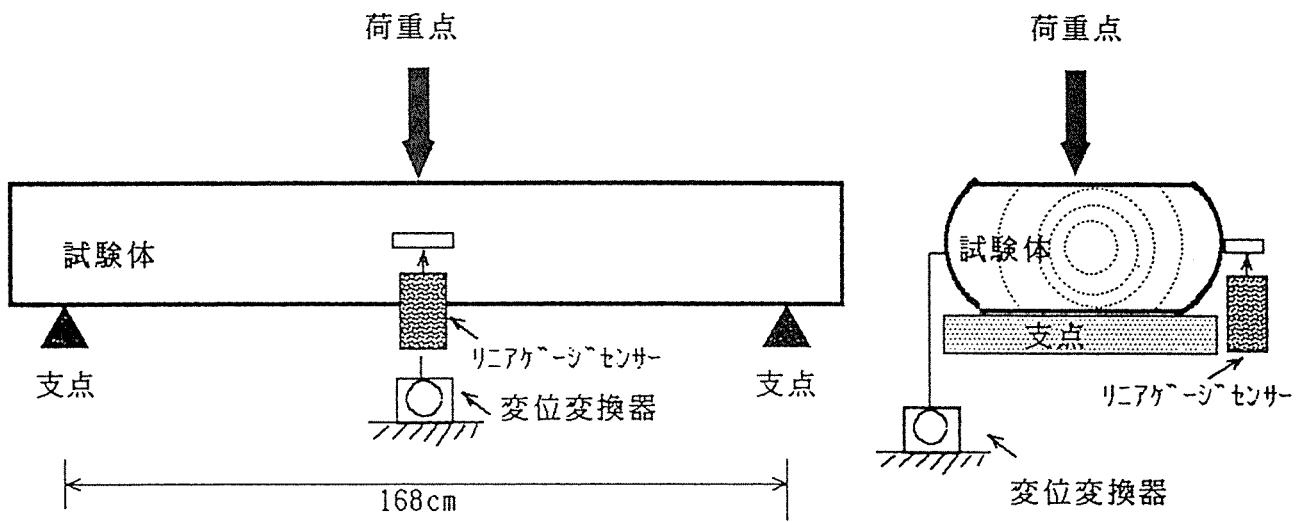


図-4.2.中央集中荷重方式による実大曲げ試験方法  
(2mたいこ挽材、製材)

断面積、断面二次モーメント、断面係数の算出

(1) 丸太

$$A = \pi d^2 / 4$$

$$I = \pi d^4 / 64$$

$$Z = \pi d^3 / 32$$

(2) たいこ挽材

$$A = d^2 (\pi - 2\alpha \div \sin 2\alpha) / 4$$

edge wise

$$I = d^4 (6\pi - 12\alpha \div 8\sin 2\alpha - \sin 4\alpha) / 384$$

$$Z = 2I / b$$

flat wise

$$I = d^4 (2\pi - 4\alpha \div \sin 2\alpha) / 128$$

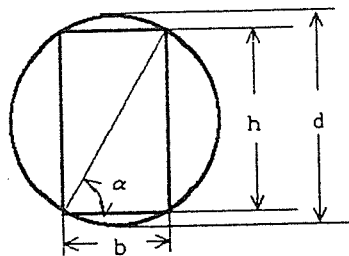
$$Z = 2I / b$$

(3) 製材

$$A = b h$$

$$I = b h^3 / 12$$

$$Z = b h^2 / 6$$



図一 断面積、断面二次モーメント、断面係数の算出方法

但し、

$$\alpha = \tan^{-1} (\sqrt{d^2 - b^2} / b)$$

A : 断面積

I : 断面二次モーメント

Z : 断面係数

図-5 断面積、断面二次モーメント、断面係数の算出方法

表-5 たいこ挽材の山げ試験結果 (edge wise, スパン 380m)

丸太 番号	動的ヤング係数		たいこ挽材		山げヤング係数		見かけ		山げ破頸		山げ破頸		山げ破頸		MOEとEd の比
	丸太 (生材時) (tf/cm <sup>2</sup> )	Ed-l-g (tf/cm <sup>2</sup> )	丸太 (気乾時) (tf/cm <sup>2</sup> )	たいこ挽材 (4m材) (tf/cm <sup>2</sup> )	丸太 (気乾時) (tf/cm <sup>2</sup> )	たいこ挽材 (4m材) (tf/cm <sup>2</sup> )	山げ破頸 係数 (tf/cm <sup>2</sup> )	山げ破頸 係数 (tf/cm <sup>2</sup> )	山げ破頸 係数 (kg/cm <sup>2</sup> )	山げ破頸 係数 (kg/cm <sup>2</sup> )	山げ破頸 係数 (kg/cm <sup>2</sup> )	山げ破頸 係数 (kg/cm <sup>2</sup> )	山げ破頸 係数 (kg/cm <sup>2</sup> )	山げ破頸 係数 (kg/cm <sup>2</sup> )	
8	52.3	58.2	58.4	63.7	58.5	63.7	2.0	0.34	25.3	61.4	382.1	190.9	50.0	1.05	
10	61.6	67.0	63.8	76.6	70.4	76.6	7.3	0.32	23.4	67.6	310.8	194.2	62.5	1.06	
14	80.9	86.0	85.4	85.5	80.2	85.5	2.9	0.37	22.5	81.8	434.2	206.0	47.4	0.96	
17	74.2	75.8	72.1	79.7	77.5	79.7	6.0	0.37	22.7	83.5	458.1	253.5	55.3	1.16	
22	66.7	69.6	65.0	70.3	72.7	70.3	4.3	0.32	28.8	63.3	319.9	163.2	51.0	0.97	
24	55.7	59.0	56.8	62.8	65.5	62.8	7.0	0.32	21.6	65.0	344.6	169.8	49.3	1.14	
28	81.6	83.0	81.0	78.1	84.3	78.1	8.1	0.34	23.5	80.7	353.9	222.3	82.8	1.00	
33	71.1	75.4	75.8	78.1	68.1	78.1	5.2	0.35	24.2	75.5	391.5	196.2	50.1	1.00	
34	89.0	91.7	87.6	88.2	85.8	88.2	8.4	0.35	23.5	88.7	393.5	237.6	60.4	1.01	
35	73.4	77.9	78.5	82.9	76.2	82.9	5.7	0.37	24.5	82.7	436.3	263.0	60.3	1.05	
36	60.6	64.4	66.7	75.4	69.1	75.4	1.8	0.33	21.6	75.6	385.1	209.4	54.4	1.13	
40	76.8	78.8	77.1	81.3	82.4	81.3	7.2	0.38	24.2	84.1	430.5	223.2	51.8	1.09	
44	78.7	81.5	79.2	93.5	74.7	93.5	4.3	0.41	23.8	90.2	513.1	288.5	56.2	1.14	
47	70.1	73.6	70.9	79.6	78.5	79.6	10.9	0.37	24.2	85.0	433.5	269.9	62.3	1.20	
49	71.8	74.0	76.0	81.1	73.5	81.1	6.5	0.36	21.8	79.1	407.8	211.7	51.9	1.04	
54	69.0	71.3	68.4	76.3	66.9	76.3	6.8	0.34	23.4	77.9	433.4	219.0	50.5	1.14	
55	63.7	66.8	68.2	76.0	69.1	76.0	0.0	0.36	21.9	76.4	429.8	231.7	53.9	1.12	
57	63.2	67.4	68.1	71.4	64.3	71.4	6.5	0.33	21.5	73.0	355.2	172.3	48.5	1.07	
62	68.4	75.6	74.4	85.7	82.3	85.7	6.3	0.39	21.8	87.6	507.4	306.0	60.3	1.18	
67	76.2	81.4	76.3	79.7	76.8	79.7	0.0	0.34	24.1	74.0	356.3	207.6	58.3	0.97	
70	65.9	67.7	67.4	74.6	69.1	74.6	5.3	0.33	26.0	67.1	336.9	190.1	56.4	1.00	
72	83.8	89.1	86.4	86.8	85.6	86.8	5.7	0.36	22.4	85.1	443.8	238.7	53.8	0.98	
78	67.7	73.3	68.6	79.3	75.3	79.3	5.0	0.36	23.7	83.6	456.3	215.7	47.3	1.22	
77	63.2	69.4	70.5	77.6	67.6	77.6	3.2	0.35	21.9	75.9	433.6	266.1	61.4	1.08	
80	73.7	77.5	72.9	86.0	78.5	86.0	3.3	0.32	21.7	82.7	380.2	220.4	58.0	1.13	
86	75.7	78.4	72.6	78.4	76.2	78.4	7.5	0.35	21.0	81.3	472.7	236.4	50.0	1.12	
87	54.9	58.9	56.8	62.2	61.9	62.2	8.2	0.36	23.6	56.6	394.2	169.9	43.1	1.00	
88	77.4	77.5	73.8	75.2	80.6	75.2	7.3	0.36	22.0	75.5	401.3	216.5	53.9	1.02	
91	80.1	85.1	76.7	91.4	89.9	91.4	5.3	0.43	24.1	82.0	562.9	395.1	70.2	1.07	
92	67.0	71.7	68.5	76.9	74.6	76.9	5.0	0.37	24.4	79.3	419.2	232.0	55.4	1.16	
96	75.6	79.1	78.5	77.9	74.1	77.9	7.1	0.34	22.2	76.7	422.5	212.5	50.3	0.98	
97	83.2	85.9	79.9	80.9	83.6	80.9	4.8	0.33	23.0	87.6	415.8	189.5	45.6	1.10	
102	87.4	89.6	84.8	91.7	90.9	91.7	7.6	0.41	21.3	91.5	487.4	271.3	55.7	1.08	
104	84.6	90.9	88.5	84.6	84.6	90.2	7.1	0.37	21.7	85.8	407.1	257.9	63.4	0.97	
108	60.9	62.9	59.8	67.1	73.2	67.1	8.0	0.36	22.9	76.6	444.9	232.6	52.3	1.28	
109	87.2	89.4	90.5	96.5	82.1	96.5	4.0	0.38	21.4	92.6	490.9	303.7	61.9	1.02	
試料数	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
最小値	52.3	58.2	56.8	62.2	58.5	62.2	0.0	0.32	21.0	56.6	310.8	163.2	43.1	0.96	
平均値	72.0	75.7	73.5	79.4	75.7	79.4	5.6	0.36	23.1	78.7	418.0	230.1	54.9	1.07	
最大値	89.0	91.7	90.5	96.5	90.9	96.5	10.9	0.43	28.8	92.6	562.9	395.1	70.2	1.28	
標準偏差	9.49	9.24	8.74	8.16	7.73	8.16	2.34	0.03	1.56	8.49	54.87	45.40	5.90	0.08	
変動係数	13.18	12.21	11.89	10.27	10.21	10.27	41.73	7.32	6.75	10.79	13.13	19.73	10.75	7.41	

表-6 たいご挽材の曲げ試験結果 (flat wise, スパン 168mm)

丸太 番号	動的ヤング係数		曲げヤング係数		たいご挽材		たいご挽材		曲げ破襲試験の結果 (flat wise, スパン 168mm)		曲げ破襲		比制限		PLとMOR MOEとEd の比		4m たいご材 からの採材 位置
	Ed-T-4m (tf/cm <sup>2</sup> )	Ed-T-2m (tf/cm <sup>2</sup> )	たいご挽材 (4m-flat) (tf/cm <sup>2</sup> )	たいご挽材 (4m-edge) (tf/cm <sup>2</sup> )	最大単独 節径比	見かけ の密度	材背 (cm)	材厚 (cm)	MOR-T-2m (Kg/cm <sup>2</sup> )	MOE-T-2m (tf/cm <sup>2</sup> )	係数	係数	PL (Kg/cm <sup>2</sup> )	強さ (%)	PL/MOR	MOE/Ed	
8	58.4	49.2	63.7	61.4	2.0	0.34	27.1	35.8	327.5	128.6	39.3	0.73	元口側				
10	63.8	74.6	76.6	67.6	5.4	0.32	22.4	53.6	331.0	158.3	47.8	0.72	末口側				
14	85.4	91.2	85.5	81.8	0.0	0.37	21.9	58.5	378.8	181.0	47.7	0.64	末口側				
17	72.1	68.6	79.7	83.5	9.2	0.36	23.8	58.8	418.9	163.7	39.1	0.86	元口側				
22	65.0	52.6	70.3	63.3	4.3	0.31	29.0	47.2	340.2	130.1	38.3	0.90	元口側				
24	56.8	68.4	62.8	65.0	7.0	0.31	20.9	54.7	338.3	170.3	50.3	0.80	末口側				
28	81.0	81.0	78.1	80.7	8.1	0.33	24.7	53.4	304.7	152.1	49.9	0.66	元口側				
33	75.8	74.3	78.1	75.5	5.2	0.34	23.5	61.6	373.7	205.5	55.0	0.83	末口側				
34	87.6	83.2	88.2	88.7	6.8	0.34	24.7	64.7	348.6	179.0	51.4	0.78	元口側				
35	78.5	75.9	82.9	82.7	5.7	0.37	26.2	56.7	374.0	145.8	39.0	0.75	元口側				
36	66.7	74.0	75.4	75.6	1.8	0.32	21.4	61.4	375.3	124.2	33.1	0.83	末口側				
40	77.1	79.9	81.3	84.1	7.2	0.36	24.9	64.2	335.0	182.5	54.5	0.80	末口側				
44	79.2	67.6	93.5	90.2	0.0	0.39	25.3	62.4	470.7	205.6	43.7	0.92	元口側				
47	70.9	62.0	79.6	85.0	10.9	0.38	26.3	57.9	392.9	169.1	43.0	0.93	元口側				
49	76.0	89.4	81.1	79.1	6.0	0.35	21.8	60.0	373.0	184.0	49.3	0.67	末口側				
54	68.4	64.3	76.3	77.9	6.8	0.34	25.1	54.1	371.5	157.1	42.3	0.84	元口側				
55	68.2	54.0	76.0	76.4	0.0	0.35	20.9	48.3	304.5	126.6	41.6	0.89	末口側				
57	68.1	61.0	71.4	73.0	6.5	0.32	22.2	55.9	314.3	174.7	55.6	0.92	元口側				
62	74.4	62.3	85.7	87.6	6.3	0.38	23.9	50.2	420.5	169.8	40.4	0.81	元口側				
67	76.3	77.3	79.7	74.0	0.0	0.33	23.9	61.6	346.3	249.8	72.1	0.80	末口側				
70	67.4	61.3	74.6	67.1	5.3	0.32	27.2	49.2	327.5	105.7	32.3	0.80	元口側				
72	86.4	90.3	86.8	85.1	5.7	0.36	21.9	63.2	363.0	201.5	55.5	0.70	末口側				
76	68.6	87.4	79.3	83.6	3.0	0.36	23.6	70.6	411.0	183.1	44.6	0.81	末口側				
77	70.5	63.2	77.6	75.9	3.2	0.35	23.2	52.7	360.7	166.0	46.0	0.83	元口側				
80	72.9	71.3	86.0	82.7	2.2	0.31	22.8	52.7	302.3	162.2	53.7	0.74	元口側				
86	72.6	67.1	78.4	81.3	7.5	0.35	22.2	56.5	331.9	160.7	48.4	0.84	元口側				
87	56.8	46.9	62.2	56.6	8.2	0.35	24.1	39.1	347.3	134.9	38.9	0.83	元口側				
88	73.8	65.4	75.2	75.5	7.3	0.36	22.1	56.5	351.9	152.2	43.2	0.86	元口側				
91	76.7	101.3	91.4	82.0	5.3	0.43	23.9	76.8	493.3	202.3	41.0	0.76	末口側				
92	68.5	65.1	76.9	79.3	0.0	0.37	26.1	51.5	382.9	161.8	42.3	0.79	元口側				
96	78.5	83.0	77.9	76.7	7.1	0.34	21.5	59.4	367.8	177.5	48.3	0.71	末口側				
97	79.9	83.0	80.9	87.6	0.0	0.33	22.9	61.3	316.0	122.9	38.9	0.74	末口側				
102	84.8	90.2	91.7	91.5	7.6	0.38	20.6	69.7	418.6	208.9	48.9	0.77	末口側				
104	88.5	93.0	90.2	85.8	7.1	0.37	20.9	68.2	360.7	172.4	47.8	0.73	末口側				
108	59.8	68.0	67.1	76.6	8.0	0.34	23.0	49.4	352.6	163.6	46.4	0.73	末口側				
109	90.5	92.5	96.5	92.6	0.0	0.38	21.7	57.8	398.0	171.2	43.0	0.63	末口側				
試料数	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
最小値	56.8	46.9	62.2	56.6	0.0	0.32	20.6	35.8	302.3	105.7	32.3	0.63	末口側				
平均値	73.5	73.3	79.4	78.7	4.9	0.37	23.5	57.1	364.6	166.8	45.9	0.79	末口側				
最大値	90.5	101.3	96.5	92.6	10.9	0.45	29.0	76.8	493.3	249.8	72.1	0.93	末口側				
標準偏差	8.74	13.33	8.16	8.49	3.07	0.03	2.02	8.09	42.87	28.68	7.42	0.08	末口側				
変動係数	11.89	18.18	10.27	10.79	62.54	7.70	8.56	14.17	11.76	17.19	16.15	9.89	末口側				

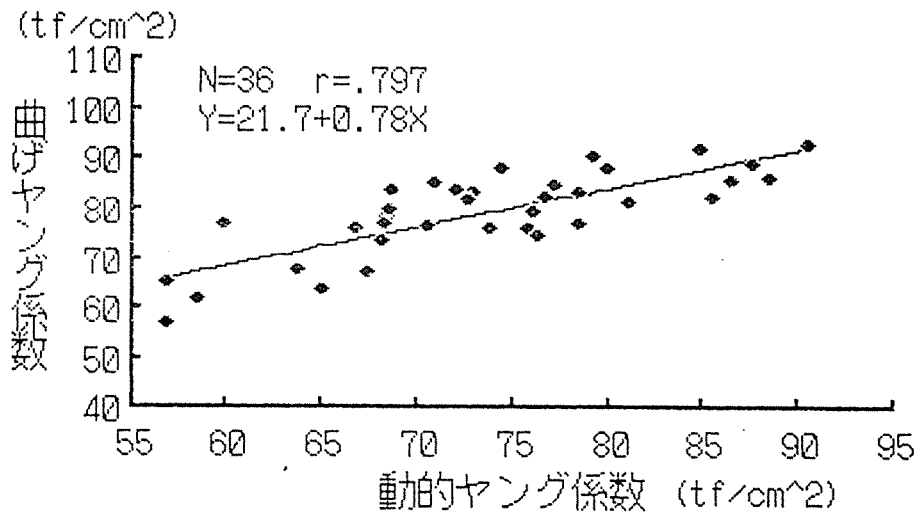


図-6 動的ヤング係数と曲げヤング係数の関係  
(4 mたいこ挽材)

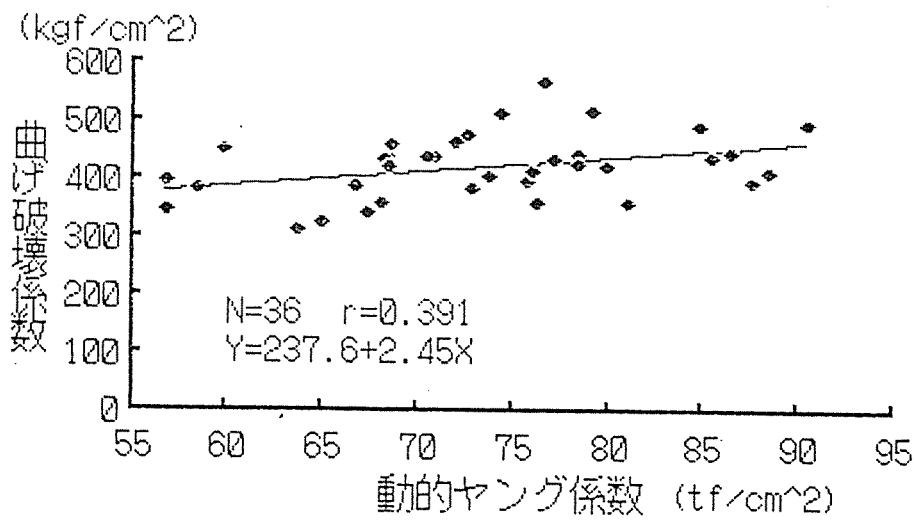


図-7 動的ヤング係数と曲げ破壊係数の関係  
(4 mたいこ挽材)

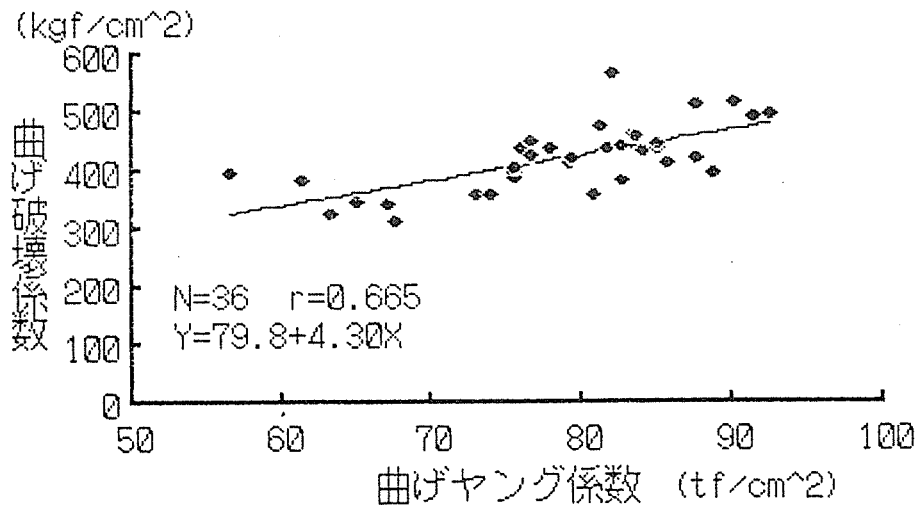


図-8 曲げヤング係数と曲げ破壊係数の関係  
(4 mたいこ挽材)

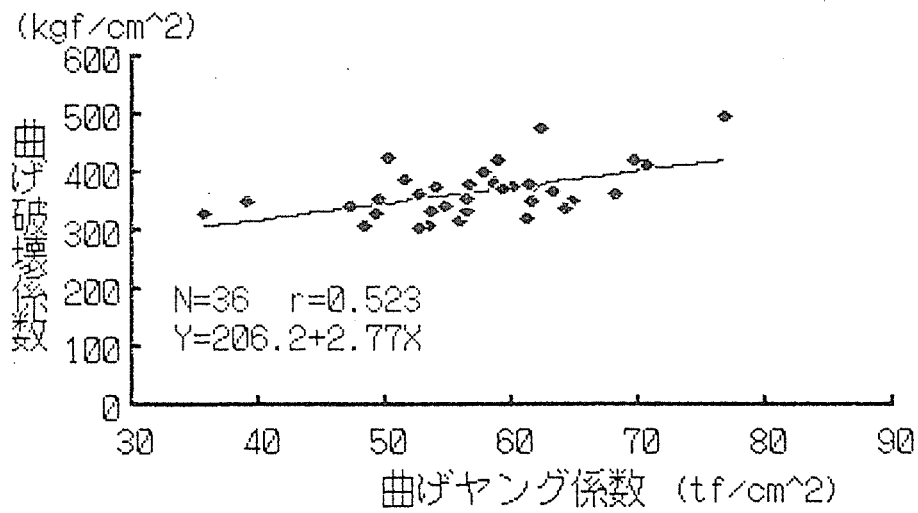


図-9 曲げヤング係数と曲げ破壊係数の関係  
(2 mたいこ挽材)



表一七 鋼材の曲げ試験結果 (12cm正角, スパン 168cm)

丸太 番号	動的ヤング係数		曲げヤング係数		曲げ破頸試験の結果 (12cm正角, スパン 168cm)		曲げ破頸 係数	曲げヤング 係数	曲げ破頸 係数	比例限 強さ	PLとMOR の比 (%)	MORとEd の比	4mたいこ材 からの採材 位置
	たいこ材 (2m材) (tf/cm <sup>2</sup> )	Ed-T-2m	たいこ材 (4m-edge) (tf/cm <sup>2</sup> )	MOR-T-4m-e	見かけ の密度	梁背 h							
8	71.5	65.6	63.7	61.4	8.3	0.35	12.2	54.4	391.7	178.1	45.5	0.83	末口側
10	55.8	54.8	76.6	67.6	10.0	0.36	12.2	47.9	321.0	158.8	49.5	0.87	元口側
14	85.9	82.7	85.5	81.8	10.8	0.39	12.1	62.4	392.0	224.7	57.3	0.75	元口側
17	82.1	70.8	79.7	83.5	10.8	0.37	12.1	62.6	397.8	177.3	44.6	0.88	末口側
22	88.8	69.0	70.3	63.3	5.0	0.36	12.2	58.2	345.4	197.1	57.1	0.84	末口側
24	48.3	41.2	62.8	65.0	7.5	0.36	12.2	39.6	349.2	182.5	52.2	0.96	元口側
28	90.9	76.3	78.1	80.7	12.5	0.34	12.2	55.0	339.9	188.8	55.5	0.72	元口側
33	77.1	71.4	88.2	88.7	13.3	0.36	12.2	59.7	390.7	205.5	52.6	0.84	元口側
34	89.6	81.4	82.7	82.7	15.0	0.37	12.2	65.8	326.4	201.8	61.8	0.81	末口側
35	87.6	80.3	82.9	82.7	9.2	0.37	12.2	66.1	380.9	238.3	62.6	0.82	末口側
36	66.2	68.8	75.4	75.6	0.0	0.35	12.2	58.9	369.4	220.5	59.7	0.86	元口側
40	75.2	61.7	81.3	84.1	12.5	0.44	12.1	51.1	350.7	188.0	53.6	0.83	元口側
44	97.9	86.1	93.5	90.2	12.5	0.36	12.0	74.2	471.1	244.4	51.9	0.86	末口側
47	81.4	70.1	79.6	85.0	19.2	0.36	12.2	65.9	406.9	204.3	50.2	0.94	末口側
49	68.5	63.3	81.1	78.1	12.5	0.38	12.2	57.7	371.3	216.7	58.4	0.91	元口側
54	76.7	69.9	76.3	77.9	10.8	0.36	12.1	63.1	394.2	181.4	46.0	0.90	末口側
55	58.5	54.0	76.0	73.0	8.3	0.33	12.2	58.5	353.0	188.7	53.5	0.83	末口側
57	77.7	70.3	71.4	76.4	10.8	0.41	12.2	73.6	464.2	236.0	50.8	0.85	末口側
62	97.7	86.2	85.7	87.6	12.5	0.36	12.1	60.5	360.1	188.8	52.4	0.81	元口側
67	84.3	74.7	79.7	74.0	11.7	0.36	12.1	59.0	360.4	208.2	57.8	0.82	末口側
70	78.8	72.2	74.6	67.1	11.7	0.36	12.1	68.1	391.2	215.6	55.1	0.83	元口側
72	88.8	81.8	86.8	85.1	10.8	0.41	12.1	47.1	415.8	170.6	41.0	0.90	元口側
76	56.7	52.3	79.3	83.6	10.8	0.36	12.1	63.0	400.8	209.5	52.3	0.83	末口側
77	84.0	75.6	77.6	75.9	10.0	0.36	12.1	64.0	375.2	214.9	57.3	0.77	末口側
80	84.9	83.6	86.0	82.7	4.2	0.35	12.1	63.2	379.2	195.6	51.6	0.85	末口側
86	79.4	74.7	78.4	81.3	5.8	0.34	12.1	48.9	350.5	198.3	56.6	0.67	末口側
87	80.6	72.7	62.2	56.6	11.7	0.37	12.2	61.0	323.1	191.0	59.1	0.89	末口側
88	72.5	68.7	75.2	75.5	11.7	0.34	12.1	42.7	420.1	153.8	36.6	0.82	元口側
91	64.0	52.2	91.4	82.0	12.5	0.45	12.1	60.6	347.7	195.7	56.3	0.87	末口側
92	81.1	70.1	76.9	79.3	11.7	0.37	12.1	56.8	373.0	207.5	55.6	0.76	元口側
96	79.9	74.8	77.9	76.7	12.5	0.35	12.2	57.4	295.4	138.0	46.7	0.84	元口側
97	81.9	68.0	80.9	87.6	10	0.32	12.1	66.6	382.6	193.8	50.7	0.90	元口側
102	81.5	74.3	91.7	91.5	16.7	0.43	12.1	63.2	408.0	189.8	46.5	0.81	元口側
104	81.2	77.8	90.2	85.8	8.3	0.40	12.2	37.5	328.7	161.5	49.1	0.98	元口側
108	52.7	38.4	67.1	76.6	14.2	0.37	12.1	71.3	368.5	186.6	50.6	0.84	元口側
109	90.9	85.3	96.5	92.6	12.5	0.38	12.2	36	36	36	36	36	36
試料数	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
最小値	48.3	38.4	62.2	56.6	0.0	0.324	12.0	37.5	295.4	138.0	36.6	0.67	
平均値	77.8	70.0	79.4	78.7	10.8	0.370	12.1	58.8	375.8	195.6	52.3	0.85	
最大値	97.9	86.2	96.5	92.6	19.2	0.447	12.2	74.2	471.1	244.4	62.6	0.99	
標準偏差	12.03	11.53	8.16	8.49	3.42	0.03	0.06	8.53	37.74	22.87	5.75	0.06	
変動係数	15.47	16.47	10.27	10.79	31.73	7.70	0.50	14.49	10.04	11.69	11.00	7.66	

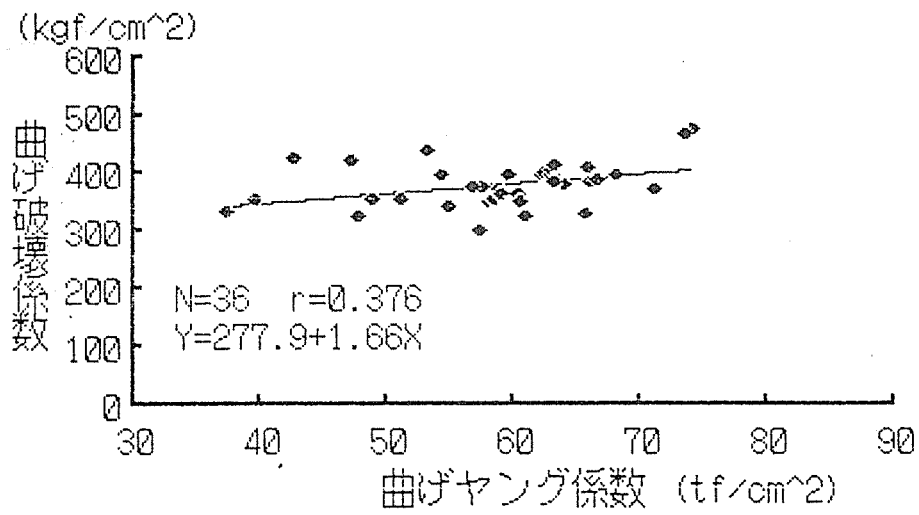


図-10 曲げヤング係数と曲げ破壊係数の関係  
(製材)

表-8 丸太、たいこ挽材、製材の強度性能一覧表

形状 材長 グループ	丸太				たいこ挽材				製材					
	4m材		Cグループ		4m材		Cグループ		2m材		Cグループ		Cグループ	
試験年度	平成4年	平成4年	edge.wise 平成4年	平成4年	平成4年	平成4年	edge.wise 平成4年	平成4年	平成4年	平成4年	平成4年	平成4年	平成4年	平成4年
動的 係数	試験数(本)	36	36	36	36	36	36	36	18	18	18	18	18	
	最小値(tf/cm <sup>2</sup> )	58.2	56.8	56.8	56.8	46.9	56.8	54.0	54.0	38.4	38.4	65.6	65.6	
	平均値(tf/cm <sup>2</sup> )	75.7	73.5	73.5	73.5	64.9	73.5	81.8	81.8	65.4	65.4	74.6	74.6	
	最大値(tf/cm <sup>2</sup> )	91.7	90.5	90.5	90.5	83.2	90.5	101.3	101.3	85.3	85.3	86.2	86.2	
曲げ 係数	標準偏差(tf/cm <sup>2</sup> )	9.24	8.74	8.74	8.74	9.28	8.74	11.24	11.24	13.63	13.63	6.14	6.14	
	変動係数(%)	12.21	11.89	11.89	11.89	14.30	11.89	13.75	13.75	20.84	20.84	8.23	8.23	
	試験数(本)	36	36	36	36	18	36	48.3	48.3	37.5	37.5	18.9	18.9	
	最小値(tf/cm <sup>2</sup> )	58.5	62.2	62.2	62.2	53.1	62.2	61.1	61.1	55.6	55.6	62.1	62.1	
曲げ破壊 係数	平均値(tf/cm <sup>2</sup> )	75.7	79.4	79.4	79.4	64.7	79.4	76.8	76.8	71.3	71.3	74.2	74.2	
	最大値(tf/cm <sup>2</sup> )	90.9	96.5	96.5	96.5	6.98	96.5	7.06	7.06	9.42	9.42	6.03	6.03	
	標準偏差(tf/cm <sup>2</sup> )	7.73	8.16	8.16	8.16	13.16	8.16	11.55	11.55	16.92	16.92	9.71	9.71	
	変動係数(%)	10.21	10.27	10.27	10.27	15.96	10.27	14.45	14.45	23.62	23.62	13.23	13.23	
試験年度	試験数(本)	36	36	36	36	18	36	304.5	304.5	295.4	295.4	323.1	323.1	
	最小値(kgf/cm <sup>2</sup> )	310.8	302.3	302.3	302.3	360.4	302.3	368.8	368.8	373.4	373.4	370.2	370.2	
	平均値(kgf/cm <sup>2</sup> )	418.0	418.0	418.0	418.0	470.7	418.0	493.3	493.3	433.5	433.5	471.1	471.1	
	最大値(kgf/cm <sup>2</sup> )	562.9	562.9	562.9	562.9	43.10	562.9	42.23	42.23	34.93	34.93	40.20	40.20	
試験年度	標準偏差(kgf/cm <sup>2</sup> )	54.87	43.10	43.10	43.10	11.96	54.87	11.45	11.45	9.36	9.36	10.63	10.63	
	変動係数(%)	13.13	10.31	10.31	10.31	2.84	13.13	2.74	2.74	2.14	2.14	2.26	2.26	

表-9 相関係数表 (平成4年度)

	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12	
	ED-L-G	ED-L-D	ED-L-G	ED-L-D	ED-T-2SS	ED-T-4	ED-T-2SS	ED-T-4	ED-S-2	ED-S-2	SG-S	SG-S	SG-II	SG-II	ARW-S	ARW-S	ARW-H	ARW-H	ARW-AVG	ARW-AVG	RN-H	RN-H	RN-S	RN-S
1 丸太Ed (生材時)	0.985	0.985	0.985	0.985	0.707	0.947	0.707	0.947	0.512	0.512	0.602	0.602	0.164	0.164	-0.243	-0.243	0.251	0.251	0.010	0.010	-0.486	-0.486	-0.377	-0.377
2 丸太Ed (気乾時)	0.947	0.985	0.947	0.985	0.730	0.963	0.730	0.963	0.544	0.544	0.600	0.600	0.222	0.222	0.238	0.238	0.239	0.239	0.005	0.005	-0.488	-0.488	-0.371	-0.371
3 タイコ材Ed (4m-気乾時)	0.707	0.947	0.707	0.947	0.735	0.963	0.735	0.963	0.618	0.618	0.509	0.509	0.249	0.249	0.244	0.244	0.278	0.278	0.075	0.075	-0.534	-0.534	-0.443	-0.443
4 タイコ材Ed (2m-気乾時)	0.512	0.707	0.512	0.707	0.735	0.963	0.735	0.963	0.018	0.018	0.455	0.455	0.018	0.018	-0.205	-0.205	0.171	0.171	-0.016	-0.016	-0.368	-0.368	-0.373	-0.373
5 鋼材Ed (2m-鋼材破断)	0.602	0.512	0.602	0.512	0.455	0.618	0.455	0.618	0.119	0.119	0.495	0.495	0.331	0.331	-0.213	-0.213	0.254	0.254	0.080	0.080	-0.396	-0.396	-0.344	-0.344
6 気乾比重 (辺材)	0.164	0.602	0.164	0.602	0.243	0.509	0.243	0.509	0.196	0.196	0.495	0.495	0.048	0.048	-0.108	-0.108	0.169	0.169	0.318	0.318	0.165	0.165	0.219	0.219
7 気乾比重 (心材)	0.243	0.164	0.243	0.164	0.205	0.249	0.205	0.249	0.125	0.125	0.495	0.495	0.048	0.048	-0.108	-0.108	0.169	0.169	0.318	0.318	0.165	0.165	0.219	0.219
8 平均年輪幅 (辺材)	0.251	0.243	0.251	0.243	0.171	0.241	0.171	0.241	0.254	0.254	-0.313	-0.313	-0.108	-0.108	0.456	0.456	0.156	0.156	0.848	0.848	-0.144	-0.144	0.027	0.027
9 平均年輪幅 (心材)	0.010	0.251	0.010	0.251	0.016	0.278	0.016	0.278	0.080	0.080	-0.318	-0.318	-0.036	-0.036	0.848	0.848	0.858	0.858	0.456	0.456	-0.548	-0.548	-0.451	-0.451
10 平均年輪幅 (丸太平均)	-0.486	0.010	-0.486	0.010	0.368	0.025	0.368	0.025	0.396	0.396	0.165	0.165	0.169	0.169	-0.144	-0.144	0.781	0.781	0.858	0.858	-0.548	-0.548	-0.451	-0.451
11 年輪数 (元口)	-0.377	-0.486	-0.377	-0.486	-0.443	-0.534	-0.443	-0.534	-0.344	-0.344	0.219	0.219	0.191	0.191	0.027	0.027	0.782	0.782	0.451	0.451	0.871	0.871	0.871	0.871
12 年輪数 (末口)	0.878	-0.377	0.878	-0.377	0.695	-0.443	0.695	-0.443	0.293	0.293	0.719	0.719	0.239	0.239	0.204	0.204	0.003	0.003	-0.116	-0.116	-0.234	-0.234	-0.110	-0.110
13 丸太MOE (気乾時)	0.842	0.878	0.842	0.878	0.876	0.789	0.876	0.789	0.542	0.542	0.628	0.628	0.484	0.484	-0.227	-0.227	0.088	0.088	-0.078	-0.078	-0.265	-0.265	-0.199	-0.199
14 タイコMOE (1m-flatwise)	0.798	0.842	0.798	0.842	0.798	0.876	0.798	0.876	0.403	0.403	0.607	0.607	0.381	0.381	0.291	0.291	0.030	0.030	-0.149	-0.149	-0.251	-0.251	-0.173	-0.173
15 タイコMOE (1m-edgewise)	0.679	0.798	0.679	0.798	0.637	0.798	0.637	0.798	0.026	0.026	0.559	0.559	0.250	0.250	0.234	0.234	0.065	0.065	-0.096	-0.096	-0.114	-0.114	-0.159	-0.159
16 タイコMOE (2m-flatwise)	0.502	0.679	0.502	0.679	0.600	0.637	0.600	0.637	0.15	0.15	0.194	0.194	0.252	0.252	0.181	0.181	0.148	0.148	0.016	0.016	0.261	0.261	0.223	0.223
17 鋼材MOE (2m)	0.401	0.502	0.401	0.502	0.391	0.600	0.391	0.600	0.147	0.147	0.684	0.684	0.724	0.724	0.300	0.300	-0.150	-0.150	-0.263	-0.263	0.051	0.051	0.077	0.077
18 タイコHOR (1m-edgewise)	0.271	0.401	0.271	0.401	0.267	0.391	0.267	0.391	0.103	0.103	0.567	0.567	0.758	0.758	0.051	0.051	0.051	0.051	-0.060	-0.060	0.132	0.132	0.121	0.121
19 タイコHOR (2m-flatwise)	0.017	0.271	0.017	0.271	0.040	0.391	0.040	0.391	0.084	0.084	0.224	0.224	0.743	0.743	0.069	0.069	0.181	0.181	-0.148	-0.148	0.196	0.196	0.179	0.179
20 鋼材HOR (2m)	0.152	0.017	0.152	0.017	0.053	0.040	0.053	0.040	0.084	0.084	0.230	0.230	0.062	0.062	-0.152	-0.152	-0.248	-0.248	-0.236	-0.236	0.109	0.109	0.224	0.224
21 タイコ節径比 (1m-edge)	-0.015	0.152	-0.015	0.152	-0.109	0.040	-0.109	0.040	-0.157	-0.157	0.051	0.051	-0.119	-0.119	0.119	0.119	0.275	0.275	0.232	0.232	0.215	0.215	0.254	0.254
22 タイコ節径比 (2m-flat)	0.354	-0.015	0.354	-0.015	0.309	0.040	0.309	0.040	0.004	0.004	0.385	0.385	0.279	0.279	-0.021	-0.021	0.150	0.150	0.077	0.077	-0.235	-0.235	-0.068	-0.068
23 鋼材節径比																								

1. 供試丸太

供試丸太は、徳島県木沢村産の約50～60年生スギで1990年8月に伐採され、材長4mに玉切りした2番玉、3番玉、4番玉より選木した102体であった。このとき末口径は18cm～22cm程度とし、試験の実施上困難が予想される著しい曲がり、ねじれ等をもつ丸太をさけるように留意した。

2. 試験方法

2.1 試験の概要

本試験の概要を示すために、図1に、実験の流れを描いた。入手された102体の供試体を生材状態で、密度と基本振動周波数による動的縦弾性係数（以下動的ヤング係数E<sub>fr</sub>という）を実測し、生材状態で曲げ試験を行う丸太のグループ、気乾状態で曲げ試験を行う丸太のグループ、気乾状態で曲げ試験を行うたいこ材のグループの3グループに分けた。このとき、E<sub>fr</sub>の平均値および変動係数が、グループ間で、ほぼ一致するように組み合わせを行った。

丸太の含水率が曲げ強度性能に及ぼす影響をみるために、生材状態と気乾状態で、曲げ試験を行った他、幅12cmにとったたいこ材についても、同様の曲げ試験を気乾状態で実施した。このとき、たいこ材のedgewiseに負荷して、曲げ破壊係数等を求めた後、非破壊部分より、flatwiseに試験するたいこ材と、12cm×12cmの断面を有する正角を木取り、さらに曲げ破壊試験を行った。結果のかたよりをさけるため長さ4mのedgewiseたいこ材の元口側と末口側より交互に、flatwiseのたいこ材と正角とを得るようにした。

すべての曲げ試験に際して、節などの欠点調査を行ない、曲げ破壊試験終了直後に含水率計測のための試片を破断面近傍から採取した。

2.2 供試丸太・たいこ材の形状寸法の計測

丸太の形状寸法は、末口、元口、および材軸方向の中央における直径を、巻尺で測定した円周長から真円として算出し、末口径（D-t.e.）、元口径（D-b.e.）、中央径（D-c）を得た。材長（L）を求め、個々の丸太の細り度を $((D-b.e)-(D-t.e.))/L$ で表現した。

また末口、元口における平均年輪幅を測定し、ARW-t.e.、ARW-b.e.とした。末口にお

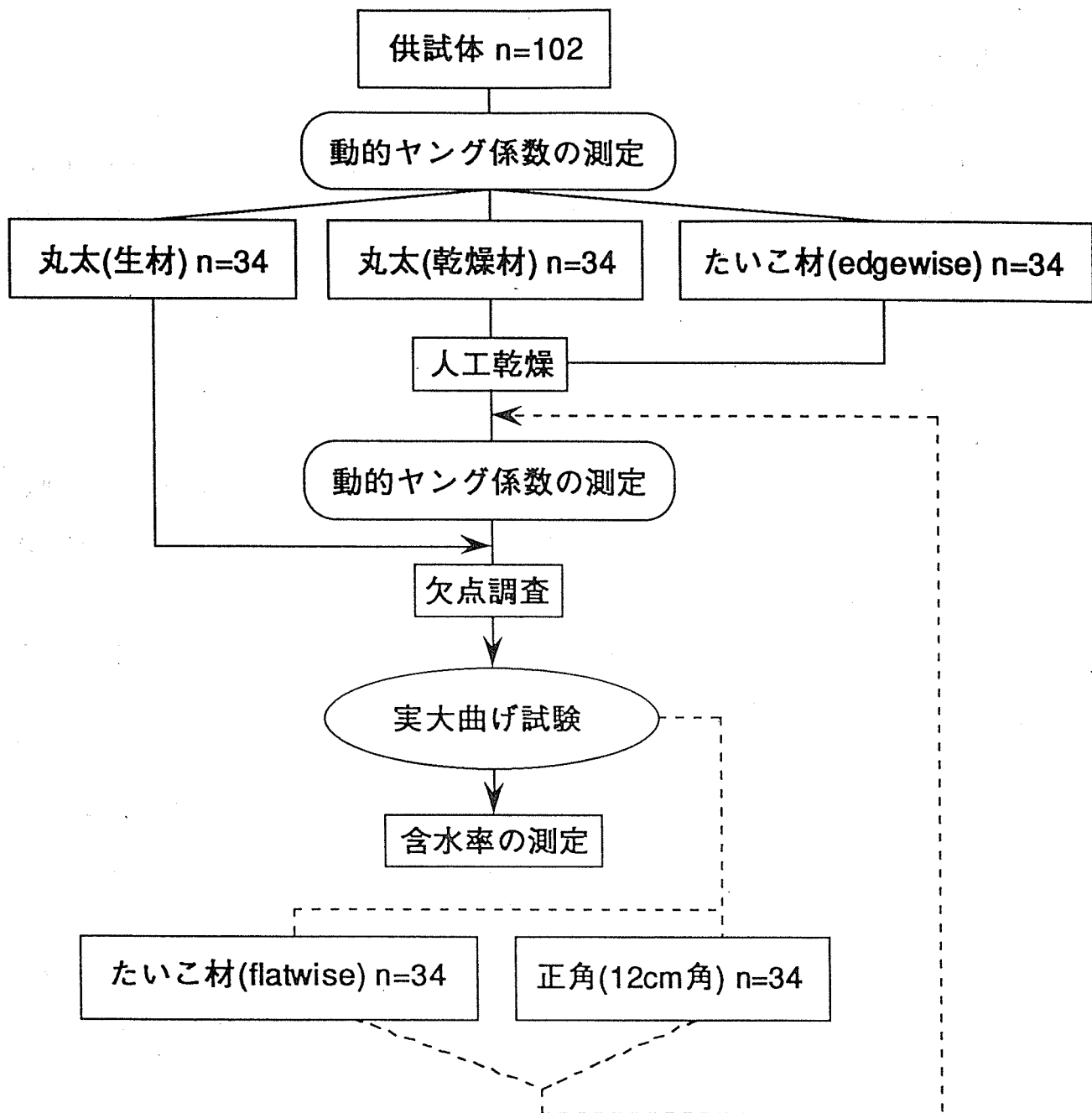


図1 実験の流れ

ける年輪の数をRN-t.e.として測定した。たいこ材についても、末口、元口、材軸方向の中央部において、それぞれ直径(d-t.e.、d-c、d-b.e.)と幅(b-t.e.、b-c、b-b.e.)とを計測した。

### 2.3 供試丸太およびたいこ材の乾燥方法

気乾状態で、曲げ試験を行う丸太34体と、たいこ材に挽く丸太34体は、森林総研の土場で風通しが良いように栈木を介して積み上げ、著しい干割れ等が生じないように、トタン屋根をかけて、前者は約1年間、後者は約2年間天然乾燥を行った。しかし、1年間経過後の丸太の一部の供試体について、全断面での平均含水率を全乾法で測定した結果、繊維飽和点を越えていたため、森林総研乾燥研究室に依頼して、人工乾燥を行った。たいこ材に供する丸太は、2年間天乾した後、幅12cmのたいこ材に挽いた後、やはり、人工乾燥を行って含水率を調整した。

### 2.4 欠点調査

丸太の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、丸太の形状が真円でないために安定して負荷することが可能な位置を選択した後にはじめて、荷重面、引張り面が特定されるからである。中央集中荷重条件で負荷するため、支点間距離中央から材軸方向に30cmずつ、計60cmの範囲で節の位置、節径比等を展開図として記録した。節径が円周長に占める割合を節径比として、単独節径比をKD、長さ15cm区間における集中節径比をSKDとした。

たいこ材の場合は、丸身が残っている狭い面と、鋸断された広い面とに分けて、丸太の場合と同様に試験体中央の60cm区間について欠点調査を行い、前者の単独節径比をn-KD、集中節径比をn-SKD、後者の単独節径比をw-KD、集中節径比をw-SKDとした。正角の場合は、試験体の全長にわたって測定を行ない4材面のうち最大の単独節径比をKD、集中節径比をSKDとした。

### 2.5 実大曲げ試験方法

丸太、たいこ材edgewise、たいこ材flatwise、正角の曲げ試験方法の概要を図2に示した。いずれも中央集中荷重方式で、丸太と、たいこ材edgewiseでは、支点間距離(スパン)を390cmにとり、スパンを中央の直径で除した値を14以上とした。たいこ材

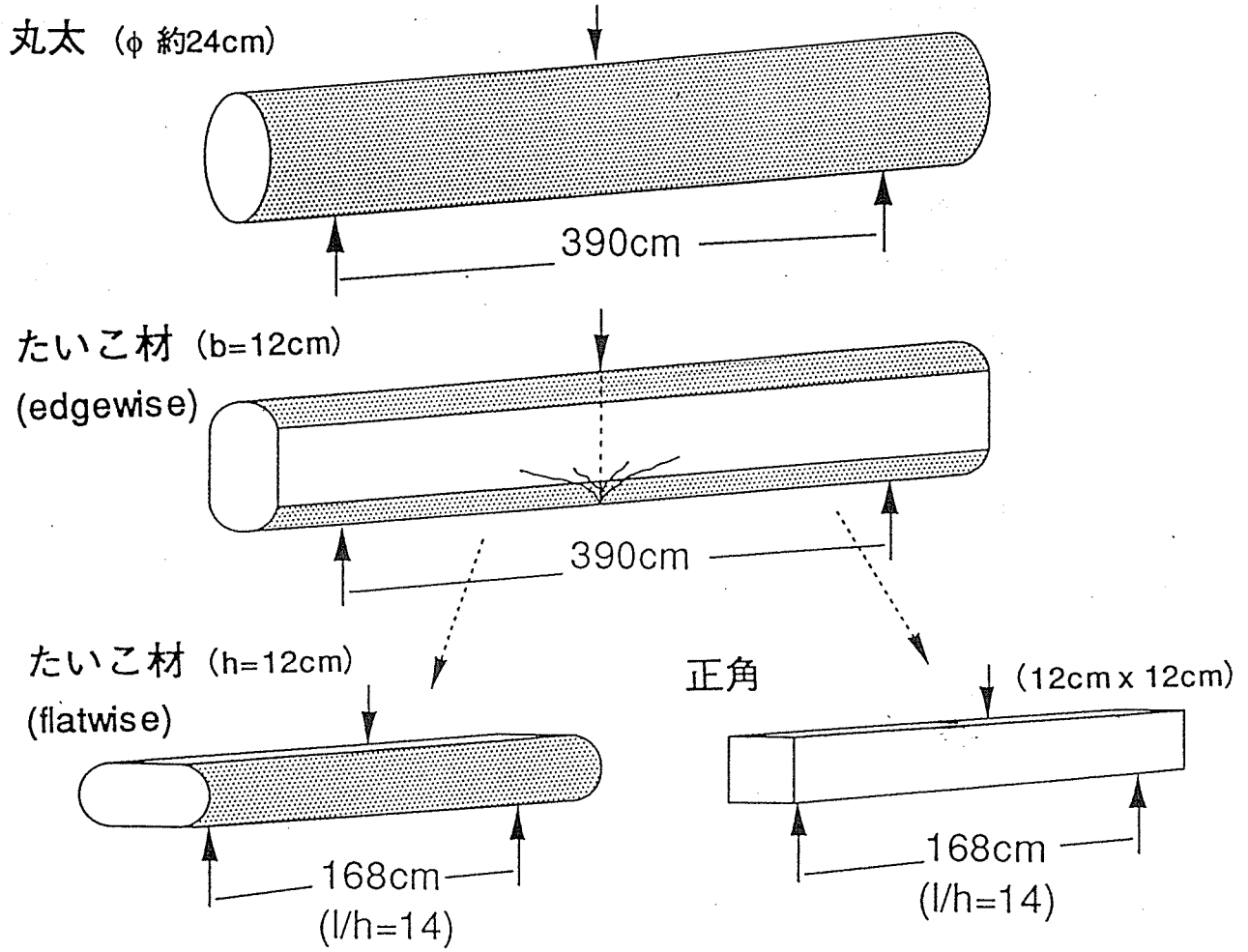


図2 実大曲げ試験の概要



flatwiseと正角では、スパン／はりせいの比を14にとったため、スパンは 168cmであった。

荷重頭には、アカガシ製の幅20cm、厚さ12cm、長さ35cmのブロックで、試験体に接する側の面をとったものを使った。

用いた試験機は、東京衡機製造所製のアムスラー式材料試験機（容量20tf）であった。たわみ量の計測には図3に示したように、床からマグネットスタンドを立てて、丸太の中立軸におけるたわみを計測した場合と、ヨークを用いた場合とがあった。前者の方法は、生材状態の丸太、たいこ材flatwise、正角に対して、後者の方法は、気乾状態の丸太およびたいこ材edgewiseに対して採用した。ヨークによるたわみ量の計測によって得られた曲げヤング係数をMOE-1、床から計測したたわみ量によって得られた曲げヤング係数をMOE-2とした。

荷重は単調増加方式で負荷し、荷重－たわみ曲線を求めた。丸太の断面係数、断面二次モーメントの値としてはスパン中央における直径を用い、等断面の丸棒として、曲げヤング係数（MOE-1、MOE-2）、曲げ比例限度（PL）、曲げ破壊係数（MOR）を求めた。

たいこ材の断面係数、断面二次モーメントは、たいこ材の幅を $b$ 、丸身を含めた直径を $d$ とした時、 $\alpha = \tan^{-1}(\sqrt{d^2 + b^2}/b)$ を得て、たいこ材edgewiseの断面二次モーメントを $I_e$ とすると、 $I_e = d^4(6\pi - 12\alpha + 8\sin 2\alpha - \sin 4\alpha) / 384$ 、このとき断面係数は、 $Z_e = 2I_e / d$ 、たいこ材flatwiseの断面二次モーメントを $I_f$ とすると、 $I_f = d^4(2\pi - 4\alpha + \sin 4\alpha) / 128$ 、このとき断面係数は、 $Z_f = 2I_f / b$ とした。

破壊後に、破壊状況を欠点調査図にスケッチし、非破壊部分から厚さ約2cmの円盤を3枚採取し、2枚を用いて曲げ破壊時の含水率を全乾法で測定した。このとき、辺材部、心材部、全断面について含水率を得て、それぞれMC-s、MC-h、およびMC-wとあらわした。残った1枚は気乾状態にした後、気乾比重（SG）を測定した。

### 3. 試験結果と考察

#### 3.1 試験グループの編成

動的ヤング係数 $E_{fr}$ を用いて、3グループに分けた結果を、表1に示した。試験体数は、いずれも34体ずつで $E_{fr}$ の平均値およびその変動係数は、それぞれ92tf/cm<sup>2</sup>、12%とほとんど同一になっていることがわかる。

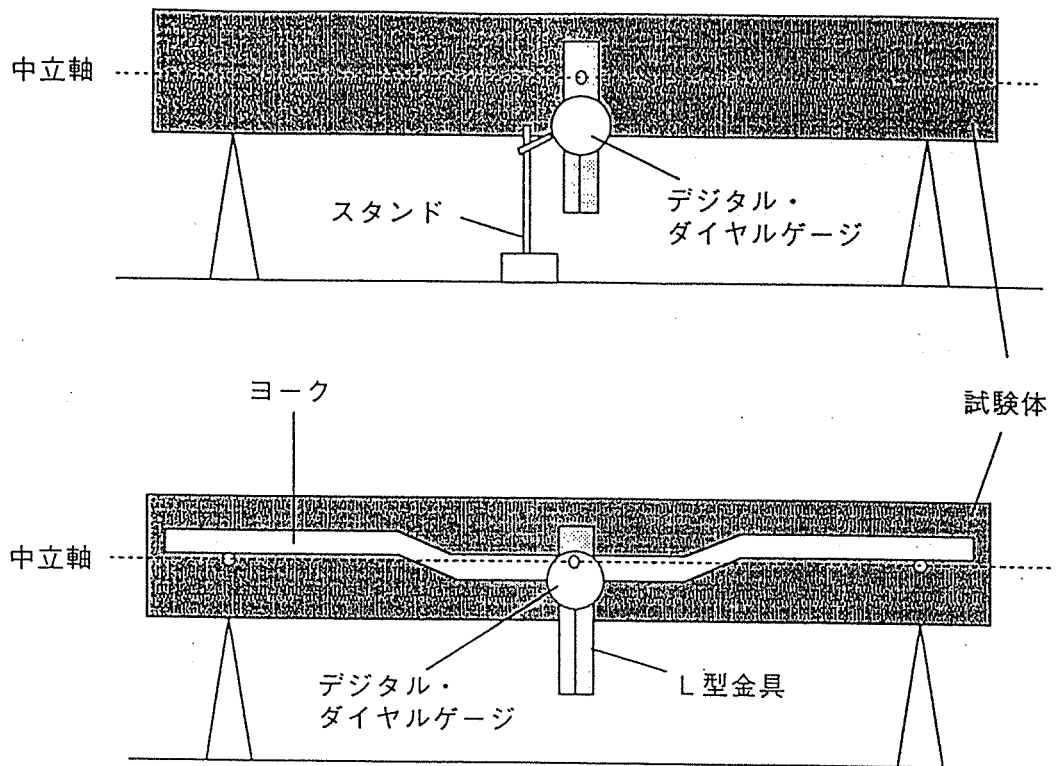


図3 実大曲げ試験におけるたわみ量の測定方法

表1 供試材のグループ分けにおける動的ヤング係数 ( $E_{fr}$ )の  
平均値および変動係数

	試験体グループ		
	丸太 (生材)	丸太 (乾燥材)	たいこ挽材 (乾燥材)
試験体数	34	34	34
動的ヤング係数 $E_{fr}$			
平均値 ( $\text{tf/cm}^2$ )	92.2	92.0	92.1
変動係数 (%)	12.4	12.0	12.2

### 3.2 実大曲げ試験結果

表2に、生材丸太の形状寸法および欠点調査結果とともに、曲げ強度試験結果をまとめて示した。

気乾材丸太および気乾材たいこ挽材について、全く同様にまとめた結果を表3、表4に示した。

#### (1) 供試材の概要

丸太の直径についてみると、元口、中央、末口での平均値および変動係数も含めて、3グループ間でほとんど同一とみなせよう。したがって、390cmのスパンに対し、スパンを供試体中央部の直径で除した値は、14.4から19.7の範囲を示し、平均値で16.9であった。細り度も0.6cm/mから1.8cm/mの範囲で、平均値が1.1cm/mであった。このことから、等断面の丸棒と考えても大きな誤差を生じることはないと判断された。

末口における年輪の数は、生材丸太、気乾材丸太、たいこ挽材とも平均値で、約40年輪あったが、変動係数は生材丸太の方が他の2グループに比較してやや大きい結果となっていた。これは、グループを編成する際にEfrのみに注目したためであると考えられる。全供試体102体のうち、2番玉が39体、3番玉が44体、4番玉が19体であったが、これらの番玉を同様な比率でグループに配分することを考慮しなかったからである。あくまでも曲げ破壊係数は、Efrと高い相関関係にあり、グループ間のEfrを等しくすれば、曲げ破壊係数の分布もグループ間でほぼ等しくなるとの仮定にたっていた。平均年輪幅も従って、元口、末口での平均値は、3グループ間でほとんど同様とみなせるが、変動係数は、やはり、生材丸太が他の2グループよりやや大きい結果となっていた。

気乾密度(SG)を比較すると、心材(SG-h)と辺材(SG-s)との間に著しい差が認められず、平均値で0.42であった。

試験時の含水率は、生材丸太の場合、8月末に伐採して5ヶ月後の翌年1月末に実験を行ったのであるが、全断面の平均含水率で、約135%、範囲としては、68%から192%を示していた。これを辺材部と心材部に分けてみると若干差が認められ、平均値で比較すると辺材部が185%、心材部が112%となっており、辺材部が心材部より約1.65倍高い含水率を示していた。なお最大値としては、辺材部で261%、心材部で205%が、最小値としては、辺材部で83%、心材部47%が得られていた。

表2 生材丸太の欠点調査と曲げ強度試験結果

	最小値	平均値	最大値	変動係数(%)
D-b.e.(cm)	22.6	25.8	29.3	6.9
D-c (cm)	20.7	23.6	27.1	7.2
D-t.e.(cm)	18.7	21.5	24.8	7.2
RN-t.e.	26	41	60	14.1
ARW-b.e.(mm)	2.1	2.8	4.1	14.9
ARW-t.e.(mm)	1.9	2.7	4.6	17.4
SG-s	0.36	0.43	0.54	9.5
SG-h	0.36	0.42	0.51	7.9
MC-s (%)	83.3	185.3	260.7	24.2
MC-h (%)	46.7	112.0	205.1	40.5
MC-w (%)	68.1	134.5	192.4	18.6
KD (%)	0	4.5	11.7	72.4
SKD (%)	0	9.2	26.5	79.5
Efr (tf/cm <sup>2</sup> )	82.7	100.6	130.6	11.8
MOE-2 (tf/cm <sup>2</sup> )	64.4	84.4	113.7	15.2
PL (kgf/cm <sup>2</sup> )	156	287	385	18.5
MOR (kgf/cm <sup>2</sup> )	361	497	623	12.3

表3 乾燥材丸太の欠点調査と曲げ強度試験結果

	最小値	平均値	最大値	変動係数(%)
D-b.e.(cm)	21.6	25.4	29.1	7.5
D-c (cm)	20.3	23.3	26.4	7.5
D-t.e.(cm)	18.2	20.9	23.8	8.2
RN-t.e.	31	40	48	9.9
ARW-b.e.(mm)	2.2	2.7	3.2	10.2
ARW-t.e.(mm)	2.0	2.6	3.1	11.7
SG-s	0.36	0.42	0.52	8.7
SG-h	0.36	0.42	0.60	10.3
MC-s (%)	13.0	16.7	46.5	37.1
MC-h (%)	14.6	28.3	61.3	44.3
MC-w (%)	13.5	20.8	42.9	31.3
KD (%)	0	4.3	8.0	43.4
SKD (%)	0	7.8	15.9	51.7
Efr (tf/cm <sup>2</sup> )	75.0	99.9	131.4	13.2
MOE-1 (tf/cm <sup>2</sup> )	60.3	96.1	130.1	16.1
MOE-2 (tf/cm <sup>2</sup> )	56.8	89.6	119.1	18.6
PL (kgf/cm <sup>2</sup> )	185	331	433	19.1
MOR (kgf/cm <sup>2</sup> )	386	525	699	16.9

表4 たいこ挽材 (edgewise)の欠点調査と曲げ強度試験結果

	最小値	平均値	最大値	変動係数(%)
d-b.e.(cm)	21.6	24.3	27.0	6.1
d-c (cm)	19.8	22.2	24.9	6.1
d-t.e.(cm)	17.6	20.2	23.9	8.1
b-b.e.(cm)	11.6	11.8	12.0	0.7
b-c (cm)	11.6	11.7	11.9	0.5
b-t.e.(cm)	11.6	11.8	11.9	0.8
RN-t.e.	25	40	47	12.6
ARW-b.e.(mm)	2.1	2.6	3.5	11.6
ARW-t.e.(mm)	2.0	2.5	3.8	14.8
SG	0.37	0.43	0.50	7.8
MC-s (%)	9.7	10.8	12.8	6.0
MC-h (%)	10.4	12.3	19.0	13.4
MC-w (%)	10.7	11.8	15.3	9.0
n-KD (%)	0	15.2	53.8	84.9
n-SKD (%)	0	18.5	53.8	84.2
w-KD (%)	3.6	13.2	24.8	31.4
w-SKD (%)	3.6	21.4	36.3	37.5
Efr (tf/cm <sup>2</sup> )	79.8	102.7	139.0	13.3
Eb (tf/cm <sup>2</sup> )	79.6	104.0	136.1	13.3
MOE (tf/cm <sup>2</sup> )	77.8	108.9	141.1	14.0
PL (kgf/cm <sup>2</sup> )	203	367	532	16.1
MOR (kgf/cm <sup>2</sup> )	285	575	785	19.3

気乾材丸太の場合は、約1年間の天然乾燥のみのももの4体と、人工乾燥を施したものの30体の結果を一括して表3に示したのであるが、全断面の平均値で21%、範囲として、13.5%から43%を示していた。辺材部と心材部との間では、生材丸太と異なり心材部の含水率が辺材部のそれより高くなっていた。

気乾材たいこ挽材の場合は、全断面の平均含水率で、12%、範囲として11%から15%を示していた。この場合も、前者と同様に心材部の方が辺材部よりやや高い結果が得られていた。

節が存在する円周上に占める節径の割合を節径比として示した。節の大きさは、最大単独節径比(KD)、最大集中節径比(SKD)とも、その平均値は生材丸太で、それぞれ4.5%と9.2%、気乾材丸太で同様に4.3%と7.8%であり、これらの2グループ間では著しい差はなかった。

気乾材たいこ挽材のedgewiseでの曲げ破壊試験後に木取ったたいこ挽材のflatwiseおよび正角についても、今までと同様にまとめた結果を表5、6にそれぞれ示した。丸太、たいこ挽材edgewiseと異なるのは、末口における年輪の数と平均年輪幅である。年輪の数は7~21の範囲で、平均値が、たいこ挽材flatwiseで14、正角で12となっていた。平均年輪幅も、同様に2.9~7.9mmの範囲で、平均値が、たいこ挽材flatwiseで、4.6mm、正角で5.3mmと、丸太およびたいこ挽材edgewiseの約2倍近くなっていた。

気乾比重、含水率は、たいこ挽材edgewiseと同様であった。

## (2) ヤング係数

動的ヤング係数の実測値の平均が、生材丸太で100.6tf/cm<sup>2</sup>となっていたことは、102体の供試体を3グループに分けた際の平均値92tf/cm<sup>2</sup>と比較すると、同じ生材状態にもかかわらず8.9%の上昇が認められる結果となった。3グループに仕分けるために測定したE<sub>fr</sub>の値は、樹皮付丸太についてであり、生材丸太のE<sub>fr</sub>の値は、樹皮を除いていた。このことがどの程度結果に影響したかは、目下のところ不明であり、今後の検討課題として残される。

支点上に生じる局部的なめりこみを考慮する必要のないヨークによるたわみ測定から算出した曲げヤング係数(MOB-1)は、支点上のめりこみも加えられているたわみから算出した曲げヤング係数(MOB-2)より、平均値で、7.25%高い結果が気乾材丸太で得られた。生材丸太では、ヨーク装着を行っていないので、この比較ができなかった。

表5 たいこ挽材 (flatwise)の欠点調査と曲げ強度試験結果

	最小値	平均値	最大値	変動係数(%)
b-c (cm)	11.6	11.7	11.9	0.7
d-c (cm)	19.3	22.1	26.1	8.0
RN-t.e.	7	14	21	26.4
ARW-t.e.(mm)	2.9	4.6	7.9	24.3
SG	0.37	0.43	0.50	7.8
MC-w (%)	10.7	11.8	15.3	9.0
n-KD (%)	0	16.2	56.6	77.3
n-SKD (%)	0	20.6	107.8	105.2
w-KD (%)	4.4	11.6	24.9	43.1
w-SKD (%)	4.4	18.9	56.0	55.3
Efr (tf/cm <sup>2</sup> )	78.4	101.2	135.7	13.5
MOE (tf/cm <sup>2</sup> )	66.4	93.1	126.4	14.7
PL (kgf/cm <sup>2</sup> )	256	362	545	20.5
MOR (kgf/cm <sup>2</sup> )	365	529	723	18.2



表6 正角 (12cm角)の欠点調査と曲げ強度試験結果

	最小値	平均値	最大値	変動係数(%)
b-c (cm)	11.7	11.8	11.9	0.5
h-c (cm)	11.9	12.1	12.1	0.3
RN-t.e.	7	12	21	28.7
ARW-t.e.(mm)	3.0	5.3	7.7	22.8
SG	0.34	0.43	0.52	9.4
MC-w (%)	10.3	12.1	17.5	13.3
KD (%)	13.3	25.0	45.8	26.8
SKD (%)	16.7	43.5	79.2	33.3
Efr (tf/cm <sup>2</sup> )	62.3	91.9	131.1	15.4
MOE (tf/cm <sup>2</sup> )	68.5	90.4	118.1	13.4
PL (kgf/cm <sup>2</sup> )	45.4	353	509	28.2
MOR (kgf/cm <sup>2</sup> )	273	490	681	19.1

支点上に生じるめりこみ量は、生材丸太と気乾材丸太とで異なると考えられるが、以後、生材丸太と気乾材丸太の曲げヤング係数を比較する場合には、MOE-2 の結果で行うこととする。

比例限度が曲げ強度に占める割合は、生材丸太、気乾材丸太、たいこ挽材edgewise、たいこ挽材flatwise、正角の順に、それぞれ0.58、0.63、0.64、0.68、0.72となっており、丸太とたいこedgewiseでは一般に言われている2/3 の値よりやや低く、たいこflatwise、正角では2/3 の値よりやや高い結果となっていた。

### (3) 曲げ強度と各種測定因子との単相関係数

各測定因子間の単相関係数を丸太（生材、気乾材）とたいこ挽材edgewiseについて求めた結果の中より、曲げ強度に注目した各因子との単相関係数をそれぞれ表7、8に示した。丸太・たいこの両者に対し1%危険率で有意な測定因子としては、Bfr、MOE-1、MOE-2、PLの4因子があげられ、その他のRN-t.e.、ARW、MC、KD、SKD等との間には有意な関係が認められなかった。PLを強度推定因子として使うことは、事実上不可能であるから、製材品と同様に、丸太・たいこ材についてもヤング係数を強度推定のパラメータとして使い得ることが明らかになった。

### (4) 丸太の曲げ強度性能に及ぼす含水率の影響

丸太の生材、乾燥材の曲げ強度試験結果を表9に示した。図4に丸太の生材および乾燥材の曲げ破壊係数を正規化した分布を示した。平角での結果に類似して、50th%ile 値までの間は、生材と乾燥材の曲げ破壊係数に著しい差が認められなかった。

生材丸太および乾燥材丸太から得られた曲げヤング係数と曲げ破壊係数の結果より、含水率1%当りの変化を求めるために、気乾材丸太のうち、繊維飽和点を越えていた4試験体の平均含水率を28%と仮定して、グループ全体の含水率の平均値を求めると20.1%となった。この値を用いて得られた結果の平均値より、含水率1%の変化による曲げヤング係数の変化を求めると0.78%、同様に曲げ破壊係数の変化を求めると0.71%であった。これらの値は、無欠点小試験体について米国のウッドハンドブックに書かれていた値、即ち曲げヤング係数、曲げ破壊係数についてそれぞれ2%、4%と比較すると、ともに小さい値となっていた。スギ平角について行った類似の試験結果からも、含水率1%の変化に対する曲げヤング係数の変化は、1.06%、曲げ破壊係数の変化は0.77%とほぼ同様な結果が得られていることは興味深い。

同一の試験体に対して、生材時、気乾材時の2含水率条件で測定したBfrについて、

表7 丸太(生材、乾燥材)の曲げ破壊係数 (MOR)と  
他の測定因子との単相関係数 (r)

	RN-t.e.	ARW-t.e.	SG-s	SG-h	MC-s	MC-h	MC-w
MOR (生)	0.25	-0.29	-	-	-0.56**	0.03	-0.68**
MOR (乾)	0.07	-0.21	0.56**	0.40	-0.36*	-0.28	-0.38*

	KD	SKD	Efr	MOE-1	MOE-2	PL
	0.08	-0.14	0.62**	-	0.59**	0.49**
	-0.25	-0.31	0.76**	0.75**	0.80**	0.76**

表8 たいこ挽材 (edgewise)の曲げ破壊係数 (MOR)と  
他の測定因子との単相関係数 (r)

	RN-t.e.	ARW-t.e.	SG	MC-w	n-KD	n-SKD	Efr
MOR(edgewise)	0.18	-0.30	0.36*	-0.14	-0.19	-0.29	0.58**

	Eb	MOE	PL
	0.64**	0.71**	0.74**

\*\*：危険率1%で有意差あり

\*：危険率5%で有意差あり

表9 丸太の生材、乾燥材の曲げ強度試験結果

	平均値	変動係数 (%)	5th%ile値
含水率	生材 134.5	18.6	-
MC (%)	乾燥材 20.1	24.5	-
動的ヤング係数	生材 92.1	12.2	-
Ef (tf/cm <sup>2</sup> )	乾燥材 99.9	13.2	-
曲げヤング係数	生材 84.4	15.2	-
MOE (tf/cm <sup>2</sup> )	乾燥材 89.6	18.6	-
MC1%当たりの変化率	0.78	-	-
曲げ破壊係数	生材 497	12.3	400
MOR (kgf/cm <sup>2</sup> )	乾燥材 525	16.9	387
MC1%当たりの変化率	0.71	-	-

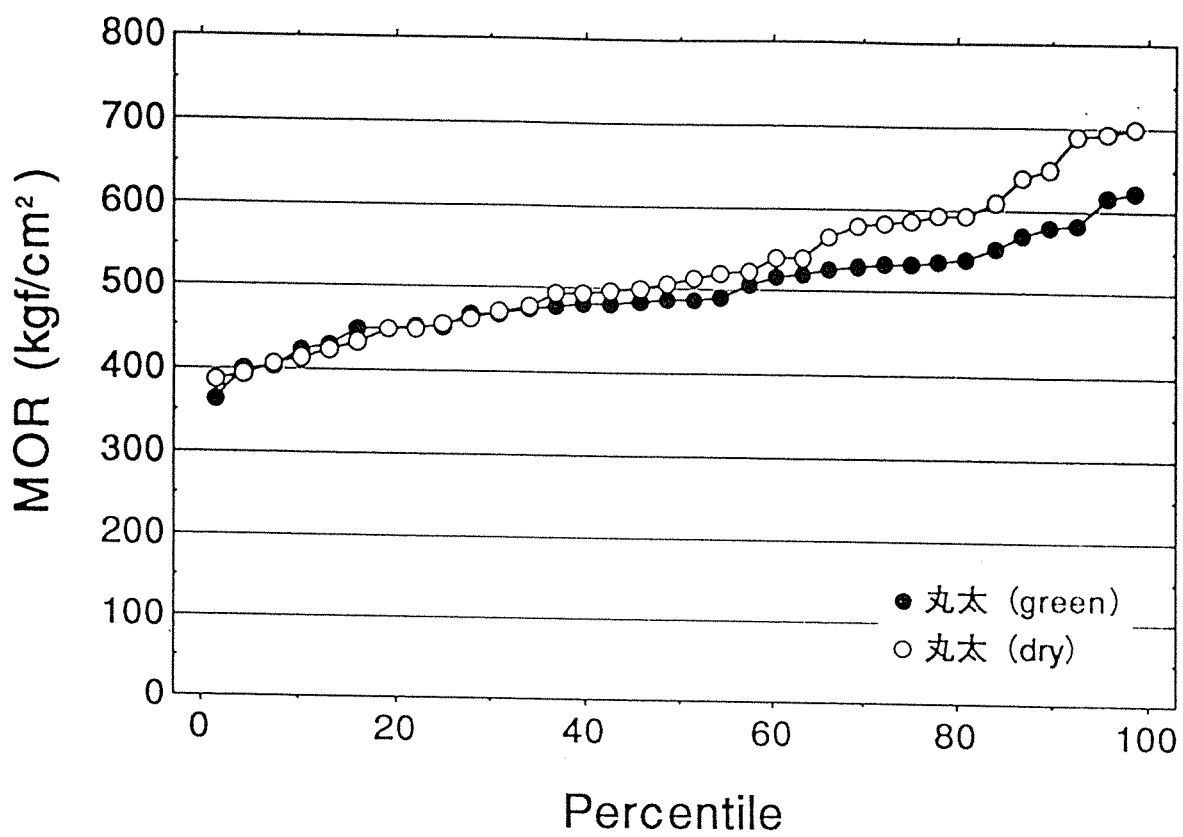


図4 丸太の生材および乾燥材の曲げ破壊係数 (MOR)を正規化した分布

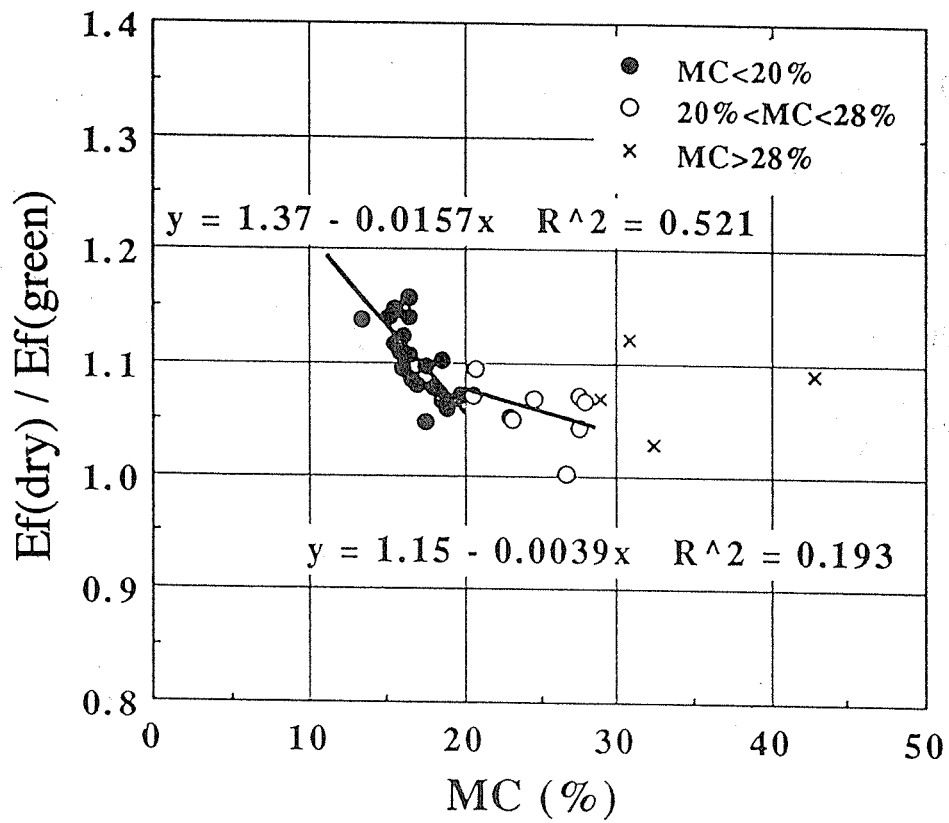


図5 生材時と乾燥時の動的ヤング係数(E<sub>f</sub>)の比と含水率(MC)との関係

Efr(dry)/Efr(green)の比と、気乾材時の含水率との関係を図5に示した。ここでは含水率が20%以下、20%以上から28%未満、28%以上の3領域に分けた。図中の2回帰直線は、含水率が20%以下の領域と、20%以上28%未満の領域について試みに求めたものである。直線の勾配が異なる点が興味深い。例え、乾燥処理を施してもMC20%以上では、Efrの値が生材時のその4%~7%程度しか高くないこと、これに対してMC15%では生材時の値の13.5%の上昇が認められた。

(5) 材長4mの試験体の元口側と末口側での強度性能

たいこ材edgewiseの曲げ破壊試験後、試験体の非破壊部分よりたいこ材flatwiseと正角の試験体を木取り、曲げ破壊試験を行った結果を表10に整理した。たいこ材、正角いずれの場合も末口側より木取った試験体の曲げ強度性能を平均値で比較すると、元口側のそれよりも上廻った結果を示している。その程度は、Efr、MOE、MORともたいこ材flatwiseよりも正角の場合の方が大きい傾向が伺えた。

(6) 断面形状別のMOEとMORの相対的關係

含水率15%時の値に換算したMOEとMORの断面形状別における相対的關係を図6および表11に示した。このとき、MOEの比較のために、ヨークで測定したMOE-1の値について、含水率の調整を行っている。MOEの平均値についてみると、丸太とたいこ材edgewiseで100~106tf/cm<sup>2</sup>、たいこ材flatwiseと正角で約90tf/cm<sup>2</sup>と、前者は後者の11%~17%高い値を示した。MORでは、5th%ile値に注目して正角の値を基準にとった場合、丸太では32%、たいこ材edgewiseでは21%、たいこ材flatwiseでは13%高くなっていた。このことは、丸太形状に近いもの程、最外層の繊維が鋸断によって切られていないためと考えられ、丸太に対しては製材品の場合よりも高い設計応力を付与できる可能性のあることを意味していよう。

表10 たいこ材flatwise、正角の強度性能 (元口側、末口側別)

	たいこ材 (flatwise)					
	Efr		MOE		MOR	
	元口	末口	元口	末口	元口	末口
平均値	100.6	101.4	91.8	93.0	522	535
変動係数	13.6	13.0	12.6	13.0	17.4	19.4
	正角					
	Efr		MOE		MOR	
	元口	末口	元口	末口	元口	末口
平均値	89.3	94.9	88.9	91.9	469	511
変動係数	16.6	14.2	15.0	12.3	23.3	14.0

試験体数：たいこ材のEfr、MOEはn=34、その他はn=17  
 Efr：縦振動法によるヤング係数(tf/cm<sup>2</sup>)  
 MOE：曲げヤング係数(tf/cm<sup>2</sup>)  
 MOR：曲げ破壊係数(kgf/cm<sup>2</sup>)  
 変動係数の単位は%

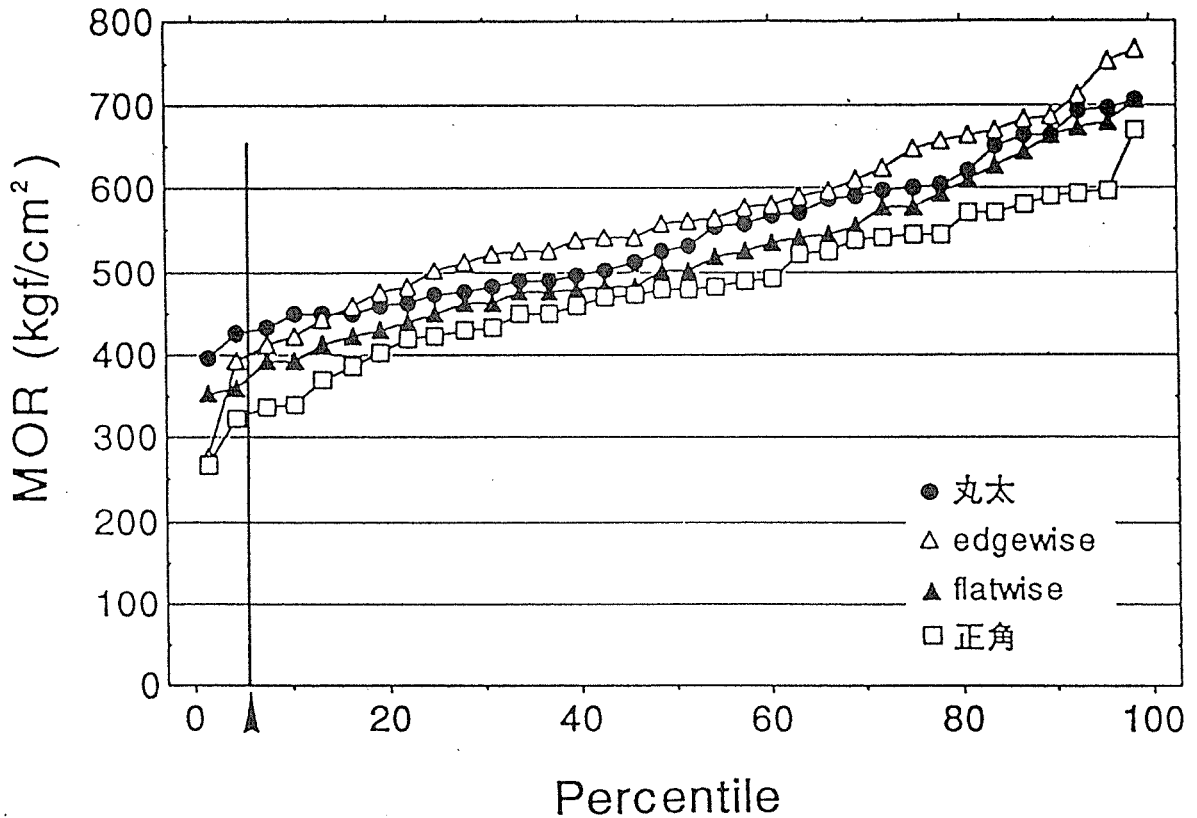


図6 含水率を15%に調整し換算した曲げ破壊係数 (MOR)を正規化した分布



表11 含水率15%時の値に換算したMOE、MOR

		断面形状			
		丸太	たいこ材 (edgewise)	たいこ材 (flatwise)	正角
MOE	平均値 (tf/cm <sup>2</sup> )	99.9	106.2	90.8	88.4
MOR	平均値	543	562	517	478
	(kgf/cm <sup>2</sup> ) 5th%ile値 (比)	429 (1.32)	396 (1.21)	367 (1.13)	326 (1.00)

## 4. まとめ

### 4.1 背景と目的

現在、問題となっている中目材を原料とした丸太、たいこ材等の実大曲げ強度性能を把握し、建築、非建築分野での構造部材として有効な需要拡大に資するため、以下の3点を目的とした実大材の曲げ強度試験を行った。

- 1) 丸太の曲げ強度性能に及ぼす含水率の影響を明らかにする。
- 2) 丸太・たいこ材・製材品の曲げ強度性能の比較を行なう。
- 3) 丸太の非破壊試験による曲げ強度性能評価の可能性をさぐる。

### 4.2 供試材料の概要

供試材料として、徳島県木沢村産の約50～60年生のスギの2番玉から4番玉を使った。原木丸太は、末口径が約22cmで長さ4mのものを102体入手した。

### 4.3 試験方法の概要

入手された102体の丸太を樹皮付きのまま基本振動周波数と密度より求める動的縦弾性係数を測定し、この値の平均値と変動係数が同一となるように留意して、3グループに仕分けた。即ち、生材で曲げ破壊試験を行うグループ、乾燥材で曲げ破壊試験を行うグループ、乾燥材でたいこ挽きした後に曲げ破壊試験を行うグループで、それぞれ34体ずつとした。

節等の欠点調査を行った後、支点間距離を390cmにとった中央集中荷重方式で丸太およびたいこ材edgewiseの曲げ破壊試験を行った。たいこ材edgewiseの曲げ破壊試験後、その非破壊部分から、さらにたいこ材flatwiseと正角の試験体を採取し、スパン／はりせいの比を14にとった中央集中荷重方式で曲げ破壊試験を行った。

### 4.4 試験結果の概要

#### (1) 丸太の曲げ強度性能に及ぼす含水率の影響

含水率1%あたりの変化率として、曲げヤング係数では、0.78%、曲げ破壊係数では0.71%の結果が得られた。

#### (2) 丸太・たいこ材・製材品の曲げ強度性能の比較

丸太：たいこ材edgewise：たいこ材flatwise：製材品の比として、曲げヤング係数

では、1.14 : 1.20 : 1.03 : 1.00が、曲げ破壊係数の5 th%ile 値では、1.32 : 1.21 : 1.13 : 1.00の関係が得られた。

(3) 丸太の非破壊試験による曲げ強度性能の評価

丸太の乾燥材時における動的縦弾性係数と曲げ破壊係数との間には、単相関係数で0.76の値が得られ、動的縦弾性係数を曲げ破壊係数推定のためのパラメータとすることは十分に可能であることが明らかになった。実務的には生材時の動的縦弾性係数を得て、乾燥材時の曲げ破壊係数を推定することも可能である。

## 第4章 総括

### 1. はじめに

平成3年度より3ヶ年の計画で実施した丸太及びたいこ挽材の実大曲げ強度試験の結果をまとめて報告する。

試験設計の概要と試験の方法については、参考資料を参照されたい。

### 2. 研究体制および分担樹種

北海道立林産試験場、宮城県林業試験場および森林総合研究所の3試験研究機関で実施した。各機関の担当者は、北海道立林産試験場に於ては、平成3年度に森泉 周、宮野 博、前田典昭、山本雅樹、平成4、5年度に工藤 修、千葉宗昭、藤原拓哉、細谷俊人が、宮城県林業試験場では鈴木 登、伊藤彦紀、小関孝美が、森林総合研究所では、中井 孝、田中俊成、長尾博文であった。

実験に供した樹種は、北海道立林産試験場でカラマツを、他の2研究機関ではスギであった。試験結果のとりまとめは、森林総合研究所木材利用部材料性能研究室で、各研究機関より提出された報告に基づいて行った。

### 3. 試験方法

(略)

### 4. 試験結果および考察

ここでは、各研究機関毎に報告されている内容のうち、(1) 含水率の影響、(2) 断面形状の影響、(3) 非破壊試験による曲げ強度の評価について述べることにする。

#### 4.1 含水率が丸太の曲げ強度性能に及ぼす影響

得られた結果を表1～3に示した。スギに関しては、宮城県林業試験場で入手した供試材が宮城県岩出町産の33年生スギ間伐材の1番玉と2番玉であったのに対し、森林総合研究所で入手した供試材が徳島県木沢村産の約50～60年生のスギの2番玉から4番玉であった。前者は、枝打ちがよく実施されており丸太表面には節がなかった。後者は約30年前に間伐されたことがわかっている。したがってここでは、両者の結果を総括して

表1 含水率が丸太の曲げ強度性能に及ぼす影響

(1) 50～60年生スギの2～4番玉より得た丸太の場合

		平均値	変動係数(%)	5th%ile値
含水率	生材	134.5	18.6	-
MC (%)	乾燥材	20.1	24.5	-
動的ヤング係数	生材	92.1	12.2	-
Ef (tf/cm <sup>2</sup> )	乾燥材	99.9	13.2	-
曲げヤング係数	生材	84.4	15.2	-
MOE (tf/cm <sup>2</sup> )	乾燥材	89.6	18.6	-
MC1%当たりの変化率		0.78	-	-
曲げ破壊係数	生材	497	12.3	400
MOR (kgf/cm <sup>2</sup> )	乾燥材	525	16.9	387
MC1%当たりの変化率		0.71	-	-

表2 含水率が丸太の曲げ強度性能に及ぼす影響

(2) 33年生スギの1～2番玉より得た丸太の場合

		平均値	変動係数(%)	5th%ile値
含水率	生材	142.9	17.2	-
MC (%)	乾燥材	16.6	7.9	-
動的ヤング係数	生材	53.1	12.9	-
Ef (tf/cm <sup>2</sup> )	乾燥材	56.9	13.0	-
曲げヤング係数	生材	68.2	15.9	-
MOE (tf/cm <sup>2</sup> )	乾燥材	75.3	12.1	-
MC1%当たりの変化率		0.91	-	-
曲げ破壊係数	生材	350	14.5	265
MOR (kgf/cm <sup>2</sup> )	乾燥材	444	13.4	322
MC1%当たりの変化率		2.36	-	-

表3 含水率が丸太の曲げ強度性能に及ぼす影響

(3) 36年生カラマツの1番玉より得た丸太の場合

		平均値	変動係数(%)	5th%ile値
含水率	生材	76.3	10.1	-
MC (%)	乾燥材	21.4	5.0	-
動的ヤング係数	生材	113.9	9.5	-
Ef (tf/cm <sup>2</sup> )	乾燥材	111.9	6.9	-
曲げヤング係数	生材	106.7	11.2	-
MOE (tf/cm <sup>2</sup> )	乾燥材	99.7	9.3	-
MC1%当たりの変化率(%)		--	-	-
曲げ破壊係数	生材	522	8.0	452
MOR (kgf/cm <sup>2</sup> )	乾燥材	533	8.1	454
MC1%当たりの変化率(%)		0.32	-	-

まとめることをさけて、個々にまとめた。

徳島県木沢村産のスギは、生材時の含水率が平均で約 135%、宮城県岩出町産のそれは約 143%であり、大差は認められなかった。しかし、動的ヤング係数、曲げヤング係数、曲げ破壊係数の絶対値は、いずれも50～60年生の2～4番玉の方が、33年生の1～2番玉よりも高い結果を示していた。

含水率1%当たりの曲げヤング係数の変化は、前者が0.78%、後者が0.91%と、ほぼ近似した値を示していた。これに対し、同じく含水率1%当たりの曲げ破壊係数の変化は、前者が0.71%、後者が2.36%と約 3.3倍の差が認められた。供試丸太の表面に節が認められなかった後者の結果は、より無欠点小試験体に近いためと考えることができる。しかし、その値は、無欠点小試験体で言われている値の4%に比較して、実大丸太の材表面に節が認められない場合、約60%に低減しており、節などの欠点を有した場合には、約18%に低減していた。したがって、曲げ破壊係数に及ぼす含水率の影響は、供試材の品質によって異なる値をとると考えられる。これらの間に定量的な関係を求めるには、なお一層のデータの収集が必要と思われる。

カラマツについては、曲げヤング係数の平均値が、生材グループの値よりも乾燥材グループの値の方が小さくなっており、含水率1%当たりの変化率を算出することができなかった。カラマツのこの結果に対しては、さらに検討を要する。

カラマツの含水率1%当たりの曲げ破壊係数の変化は、0.32%とスギに比較するとさらに低い値が得られていた。このとき、曲げ破壊係数の変動係数が、生材でも乾燥材でも約8%と著しく小さく、かつ乾燥することによって変わらなかったことが注目される。スギの曲げ破壊係数の変動係数は、生材丸太の場合より、乾燥丸太の場合が高くなったものと、逆にごくわずかに低くなったものが認められた。

#### 4.2 断面形状が曲げ強度性能に及ぼす影響

前項と同様に、各研究機関毎に得られた結果をまとめて表4～6に示した。

50～60年生の2～4番玉のスギについての結果をMOEについてみると、丸太とたいこ材edge、たいこ材flatと正角とで、それぞれ99.9～106.2 (tf/cm<sup>2</sup>)、90.8～88.4 (tf/cm<sup>2</sup>)と近似した値が得られており、前者は後者より約14%程高い値を示した。同様の整理を、33年生の1～2番玉のスギについて行くと、丸太とたいこ材edge、たいこ材flatと正角とで、それぞれ75.3～78.7 (tf/cm<sup>2</sup>)、57.1～58.8 (tf/cm<sup>2</sup>)であり、前者は後者より約

表4 断面形状が曲げ強度性能に及ぼす影響

(1) 50~60年生スギの2~4番玉を原木とした場合

		断面形状			
		丸太	たいこ材 (edgewise)	たいこ材 (flatwise)	正角
MOE	平均値	99.9	106.2	90.8	88.4
	(tf/cm <sup>2</sup> )				
MOR	平均値	543	562	517	478
	(kgf/cm <sup>2</sup> )5th%ile値	429	396	367	326
	(比)	(1.32)	(1.21)	(1.13)	(1.00)

表5 断面形状が曲げ強度性能に及ぼす影響

(2) 33年生スギの1~2番玉を原木とした場合

		断面形状			
		丸太	たいこ材 (edgewise)	たいこ材 (flatwise)	正角
MOE	平均値	75.3	78.7	57.1	58.8
	(tf/cm <sup>2</sup> )				
MOR	平均値	444	418	365	376
	(kgf/cm <sup>2</sup> )5th%ile値	322	325	305	322
	(比)	(1.00)	(1.01)	(0.95)	(1.00)



表6 断面形状が曲げ強度性能に及ぼす影響

(3) 36年生カラマツの1番玉を原木とした場合

		断面形状			
		丸太	たいこ材 (edgewise)	たいこ材 (flatwise)	正角
MOE	平均値	99.7	107.6	96.5	76.5
	(tf/cm <sup>2</sup> )				
MOR	平均値	533	463	492	407
	(kgf/cm <sup>2</sup> )5th%ile値	454	395	371	303
	(比)	(1.50)	(1.30)	(1.22)	(1.00)

33%高い値を示した。これに対して、カラマツの場合は、丸太、たいこ材edge、たいこ材flatで、96.5~107.6 (tf/cm<sup>2</sup>)、正角で76.5(tf/cm<sup>2</sup>)を示し、前者は正角に対し、約32%高くなっていた。なお、これらの比較に際して、 $l/h$ の値が14~16程度の範囲であったため、個々のデータの調整は行っていない。

以上の結果から、曲げヤング係数の値は、丸太、たいこ材edgeの場合、たいこ材flat、正角よりも高い値をとることが結論づけられる。

次に曲げ破壊係数の5thパーセンタイル値について比較をすると、50~60年生の2~4番玉のスギについて、含水率15%時の値に調整した場合、丸太：たいこ材edgewise：たいこ材flatwise：正角で、1.3：1.2：1.1：1.0の関係が得られていた。これに対し、33年生の1~2番玉のスギの場合は、含水率16.5~17.0%のデータでほとんど差が認められなかった。即ち、曲げ破壊係数の平均値では、丸太、たいこ材edgewiseの方が、正角よりもそれぞれ18%、11%大きい値となっていたが、5thパーセンタイル値では、ほとんど変わらない結果を示した。この理由はさらに検討を要する。

カラマツの場合は、丸太の含水率が21.4%、たいこ材、正角では、それぞれ16.6%、16.8%であった。このとき丸太：たいこ材edgewise：たいこ材flatwise：正角で、1.5：1.3：1.2：1.0の関係が得られていた。

以上の結果より、曲げヤング係数、曲げ破壊係数とも、丸太の状態に近い方が、正角の場合よりも大きい値を示す傾向が明らかになったといえる。しかし、曲げ破壊係数では、5thパーセンタイル値で比較すると、断面形状の影響が明確でない事例も認められている。このため、どのような条件の場合に5thパーセンタイル値の差がなくなるのかを明らかにすることが、今後は重要である。

#### 4.3 非破壊試験による丸太の曲げ破壊係数の評価

動的ヤング係数(Efr)と曲げ破壊係数(MOR)との関係を丸太について整理した。このとき、スギの結果を総括して図1に、カラマツの結果を図2に示した。図1、2とも乾燥材時のEftとMORとの関係では、スギでは単相関係数 $r=0.77$ 、カラマツでは、 $r=0.48$ が得られた。カラマツの $r$ の値がやや低いのはEfr、MORとも出現範囲が限られていたためと考えられる。これらの図では、5%下限値を示す直線も図中に示した。したがって、従来得られていた製材品の場合と同様に非破壊的にEfrを求めることにより、

一定の精度でMOR を推定することは可能であると考えられる。

次に、より実務的な活用面を考慮して、生材時のEfrの値から、乾燥材時の丸太のMORの値を推定できないかとの問いに答えるために図3、4にそれらの結果を示した。

単相関係数は、スギで0.75、カラマツで0.43が得られ、この種のデータを蓄積することによって、生材時のEfr の値より、乾燥材時のMOR を推定することは十分に可能であろう。

## 5. 今後の検討課題

- (1) 含水率が、丸太の曲げ強度性能に及ぼす影響を、丸太の品質等と関連づけてより多くのデータを蓄積していく必要があるだろう。スギ、カラマツ以外の樹種についても同様である。
- (2) 断面形状が、曲げ強度性能に及ぼす影響についても上記と同様に丸太やたいこ材等の品質と関連づけたデータの整備が求められる。
- (3) 非破壊試験による曲げ破壊係数の推定は、今回試験したスギ、カラマツ丸太で実用的に行い得ることが明らかになったが、得られた回帰直線が、どのようなスギ、カラマツについても成立するかは、試験体数が限られていることもあるので一層のデータの蓄積が求められる。他の樹種についても、類似の資料蓄積が必要であろう。

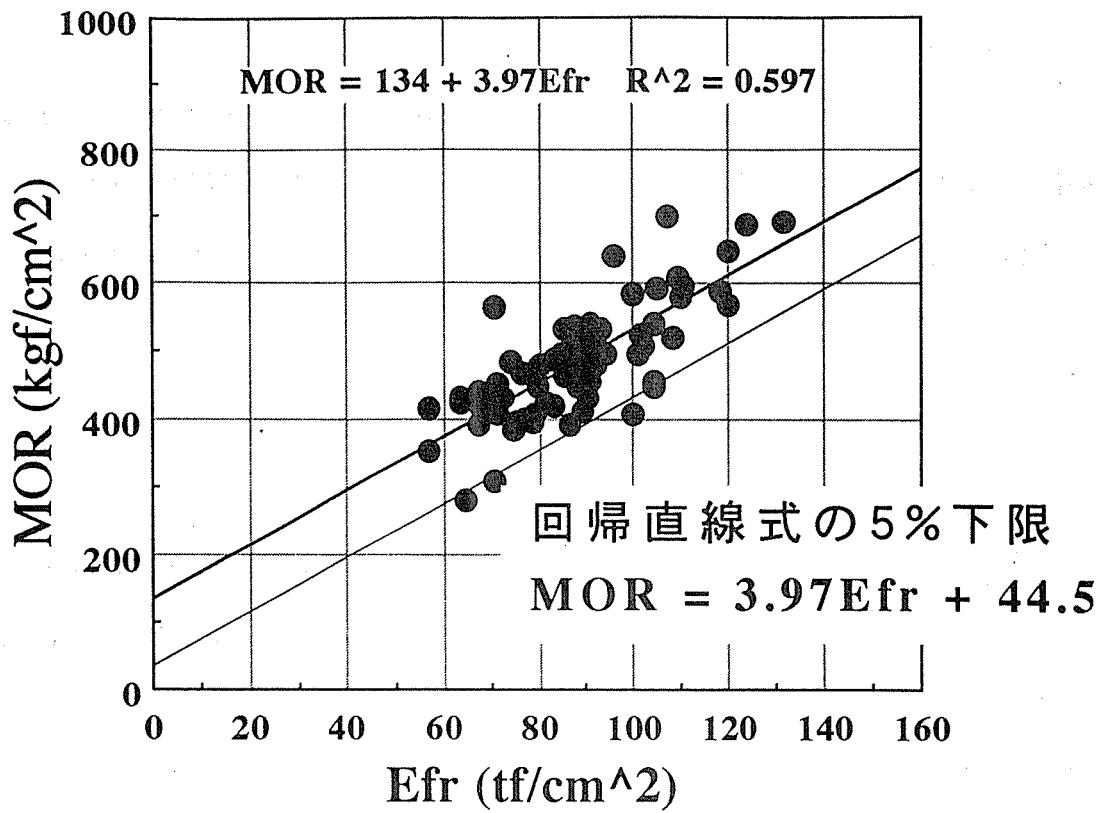


図1 スギ乾燥材丸太の動的ヤング係数と曲げ破壊係数との関係

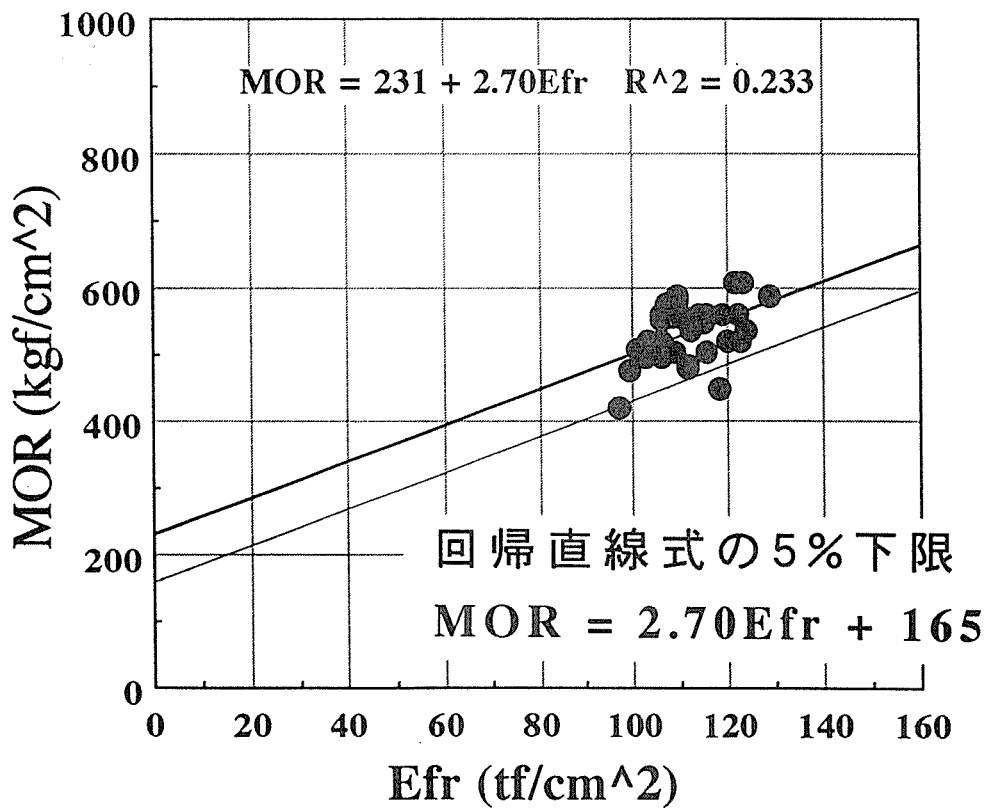


図2 カラマツ乾燥材丸太の動的ヤング係数と曲げ破壊係数との関係

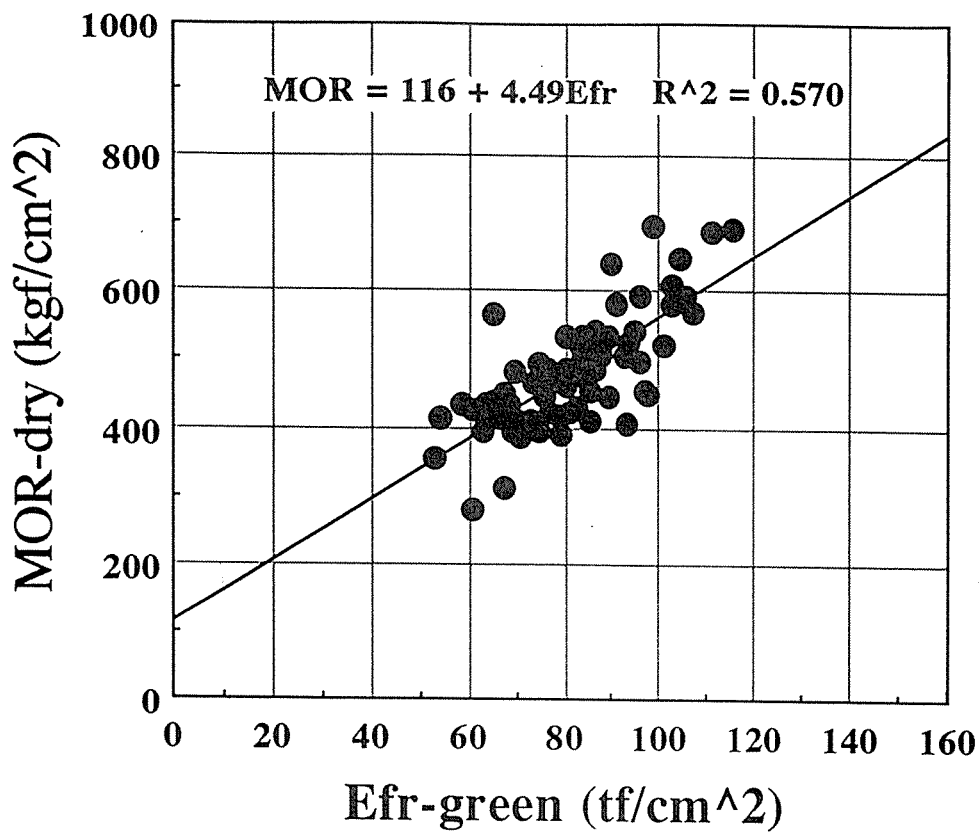


図3 スギ丸太の生材時の動的ヤング係数と乾燥材時の曲げ破壊係数との関係

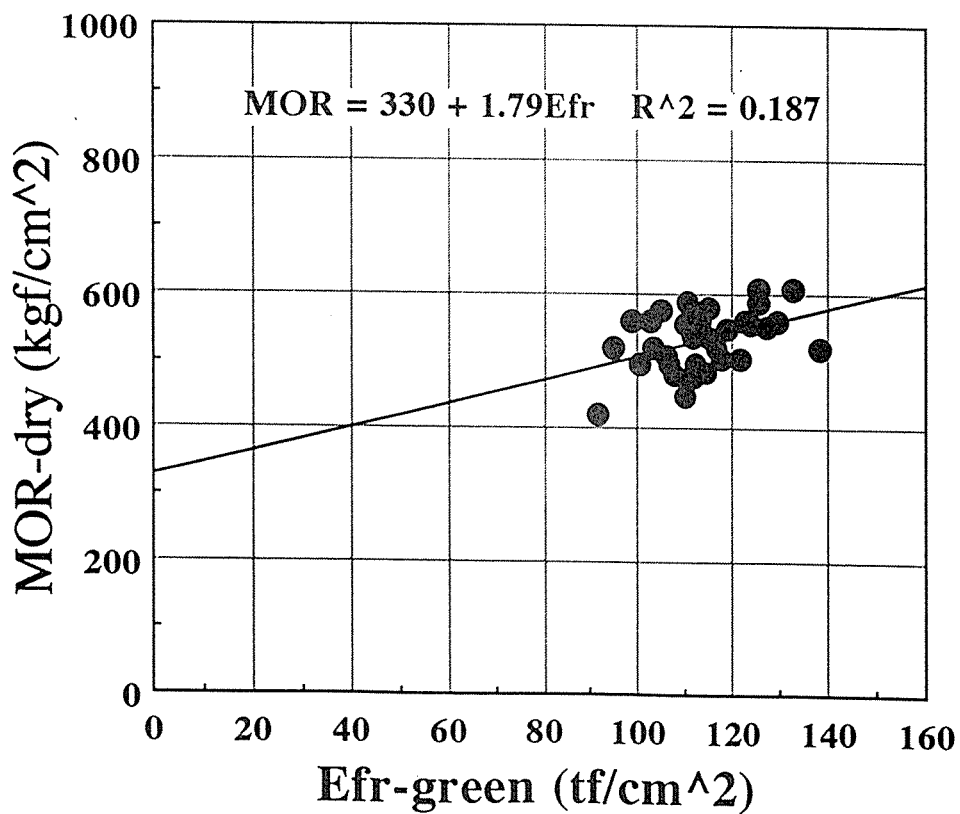


図4 カラマツ丸太の生材時の動的ヤング係数と乾燥材時の曲げ破壊係数との関係

## 丸太・たいこ挽材の実大曲げ試験 実施要領

### 1. 試験の目的

木造建築の多様化に伴ない丸太を構造体に用いた建物が増えつつあるのに鑑み、丸太・たいこ挽材の実大曲げ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とする。また、丸太とたいこ挽材、あるいは製材の曲げ強度性能の間に、一定の関係を認め得るか否かについて、実験的に明らかにする。さらに丸太については、生材時と気乾時における曲げ強度性能に関する知見を得る。

### 2. 試験の概要

上記目的を達成するため、次の試験を行なう。

- 1) 生材時における丸太の実大曲げ試験
- 2) 気乾時における丸太の実大曲げ試験
- 3) 気乾時におけるたいこ挽材の実大曲げ試験

### 3. 試験用丸太の選定

- 1) 試験用丸太は、同一ロットの原木丸太を入手する必要がある。同一ロットとは、土場段階で、同一産地あるいは同一林分等から搬出されたことが確認できるものとする。また、可能な限り、林齢、枝打ち、間伐、あるいは番玉等に関する情報を集めておくこと。
- 2) 一部は、たいこに製材するものもあり、また、強度試験を行う際の都合等を考慮して、なるべく通直な丸太を選ぶこと。

試験体数は、変動係数によって定められるが、試験実施の実務的な面を

考慮して、同一ロットより 102本を選ぶものとする。

#### 4. 試験方法別試験木のグループ仕分け

- 1) 基本振動周波数と密度測定による非破壊試験により、動的縦ヤング係数 (E d) を測定する。(この具体的方法は別記する)
- 2) E dの平均値および変動係数がほぼ同等になるように3グループを編成する。

グループ	形状	含水率	本数	曲げ試験実施年度
A	丸太	生材	34体	平成2年度
B	丸太	気乾材	34体	平成3年度
C	たいこ	気乾材	34体	平成4年度

このためE dの値を小さいものから、昇位順にならべ3本を1単位とし、そのなかでA、B、Cにわりふっていく方法を採用する。

#### 5. 丸太の実大曲げ試験方法

##### 1) 形状寸法の計測

丸太の末口、元口および中央部における直径を測定する。このとき円周を巻尺で計測し直径を算出する。また、材長も測定しておく。

##### 2) 試験方法

- ① 節などの欠点調査は、試験機に丸太をのせる前に行う。特に中央部分の長さ約60cm程度に対し、欠点調査図を描くことを原則とするが、破断が支点と荷重点との間で生じるおそれがある場合は、その部分についても節等の計測を行い図示すること。

## 欠点調査

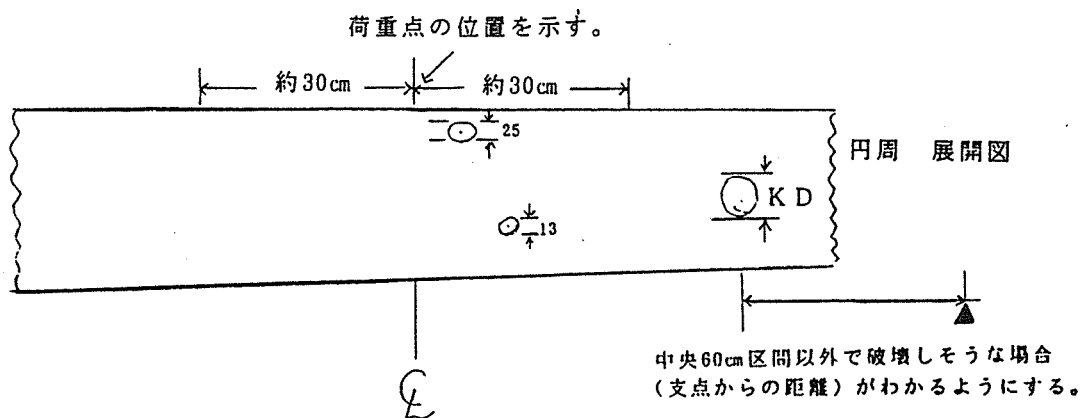


図1 欠点調査図

- ② 図2にその概要を示した。支点上は負荷時に丸太が回転しないように、三角形の断面を持つ木材で両側からおさえておくこと。
- ③ 荷重点は、面をとったアカガシ（約5cm×10cm×20cm程度）等を利用する。
- ④ たわみの計測は図2に示したようにヨークを使って、中立軸のたわみを計測する。ヨークは、アルミのL型アングルまたは、木材と合板等で自作したものでよい。  
参考のために床からのたわみを計測してもよいが、このとき支点上での局部的めりこみの影響をさけることはできない。
- ⑤ 破壊までの最大たわみを計測するには、竹尺（1mm目盛）を丸太の中央部中立軸に木ネジ1本でとりつけ、望遠鏡を通して、目視で読みとる。
- ⑥ ヨークは比例限を越えたら、ダイヤルゲージ等を破損させないために、取りはずしてもよい。
- ⑦ 大変形を示す場合は、長さの定まったコマ（木製・硬木 例えば15mm×15mm×45mm、又は長さ90mmなど、ダイヤルゲージのストロークにあわ



せて調整する)を用いて測定を続ける。(クロスヘッドの動きを曲げた  
わみと読まないこと。)

- ⑧ スパンLは、丸太の直径の14倍以上とするが、実用される時のモジュールから、材長4 m材にあっては3600mmとする。
- ⑨ 試験を開始して、丸太が回転したり、ねじれが生じたりした場合は、そのまま荷重の負荷を続けなくて、荷重を0に戻し、安定のよい位置に丸太を置きかえて、破壊まで負荷するようにする。

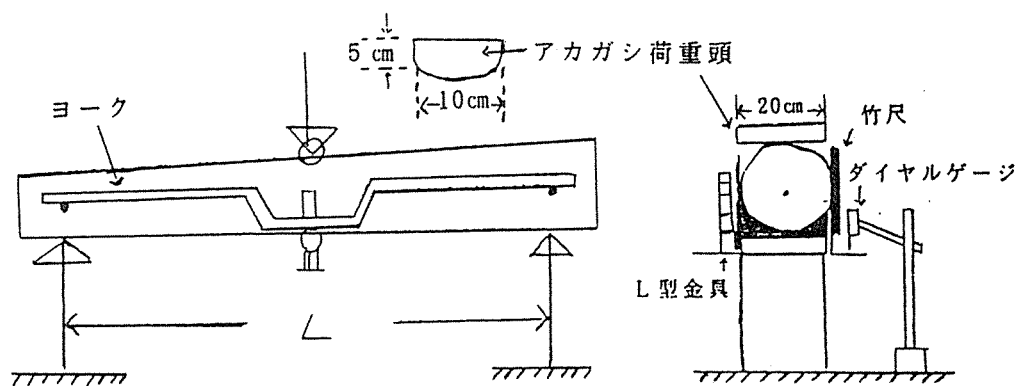


図2 中央集中荷重方式による丸太の実大曲げ試験方法

### 3) 破断後の作業

- ① 赤鉛筆で破壊した線を欠点調査図に記入する。このとき支配的要因となった節等の欠点が明らかであれば、青鉛筆で矢印を示しておく。
- ② 破断面近くより2枚の円盤を採取し、そのうちの1枚で含水率を測定する。含水率測定は高周波型および全乾法により、辺材と心材とを区別して測定する。このとき平均的な辺材の幅を記録にとどめておく。  
残りの1枚は、気乾状態にした後、気乾比重を計測する試験体を木取り、樹心部・心材部・辺材部に分け、それぞれの部位の気乾比重と気乾

含水率を測定する。これらの部分には大きな節が含まれないことが望ましい。

また、平均年輪幅を測定する。

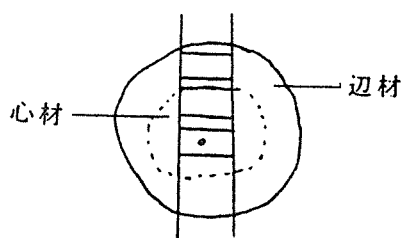


図3 比重用試験体木取図

## 6. たいこ挽材の実大曲げ試験方法

### 1) たいこ挽製材

たいこ挽は、幅12cmに製材することを基準とする。

製材して乾燥した場合ねじれ等が予想される場合は、2度挽を考えるか、または、丸太のまま乾燥した後、たいこに製材することとする。

### 2) 形状寸法の計測

たいこ挽材の末口、元口および中央部における各面の幅およびせいを測定する。(幅およびせいの呼び名は、曲げ破壊試験時の状況から定めている)

### 3) 試験方法

図4に示したように、

- ① 生材時、または気乾時における丸太での中央集中荷重方式による曲げヤング係数を測定しておく。
- ② 幅を12cmとしたたいこ挽材に製材し、flat wise で曲げヤング係数を測定する。スパンLは丸太の時と同様とする。

- ③ 次に、edge wise で曲げ破壊試験を行い、ヨークを用いて曲げヤング係数をも測定する。この時、横座屈防止装置を必要とする。また、破壊は大規模にならないように留意する。

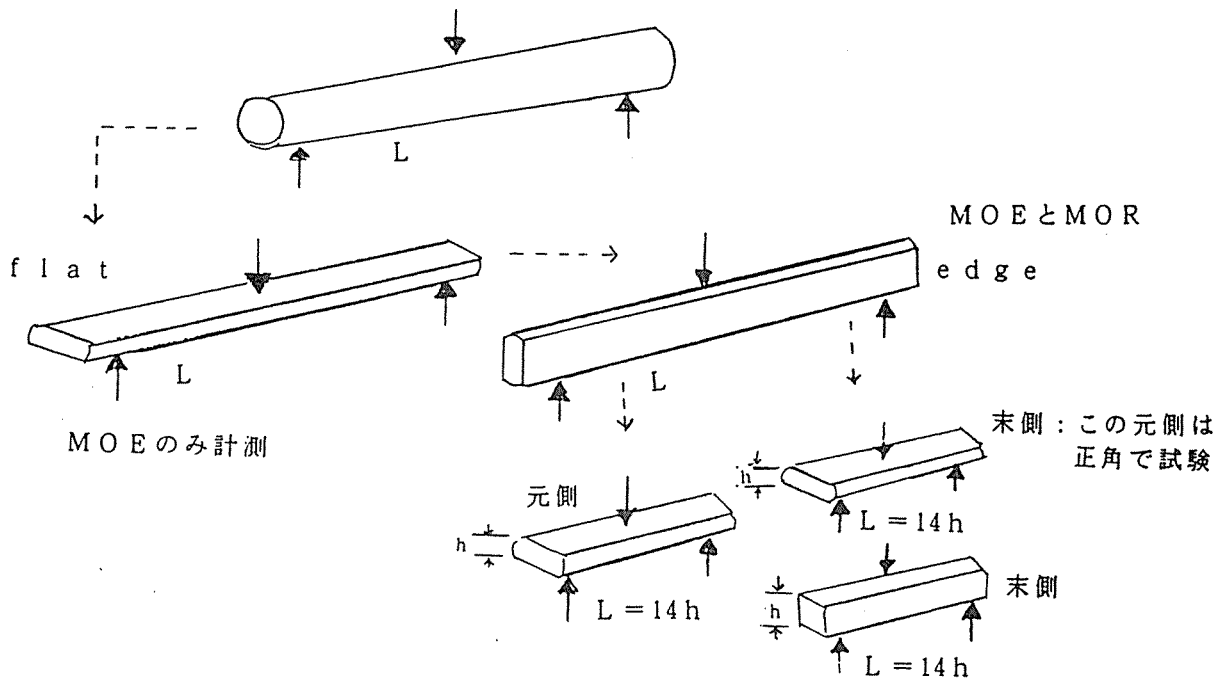


図4 たいこの実大曲げ試験の流れ図

#### 4) 破断後の作業

- ① edge wise で破壊したたいこの非破壊部分より flat wise で破壊する試験体を元口側と末口側から、それぞれ1体ずつ採取する。このとき、元口側から採取したものと、末口側から採取したものを明らかにしておく。
- ② 採取した試験体は flat wise の曲げ試験に供するものと、 $12\text{cm} \times 12\text{cm}$  の正角による、製材の曲げ試験に供するものとの分割する。

- ③ 分割するにあたっては、元口側から採取したものと末口側から採取したものが同数となるよう無作為に分別する。したがって、それぞれ34体ずつ供試体が準備できることになる。
- ④ 破壊の支配的要因となった節等の欠点が明らかな場合は、節径比を算出しておく。

節径比の算出方法は図5の  $\frac{d}{D} \times 100(\%)$  とする。

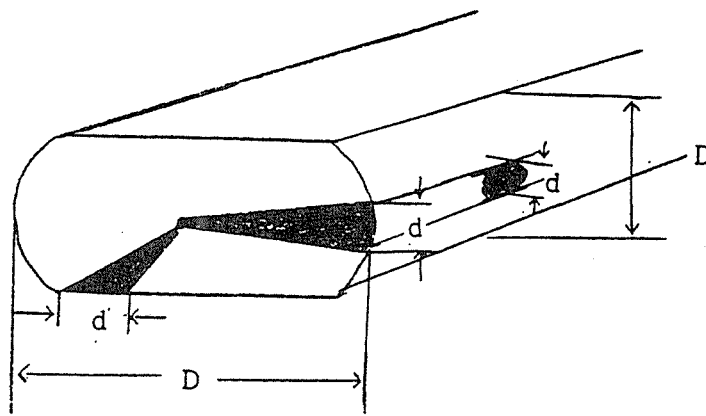


図5 たいこ挽材の節径比測定方法

- ⑤ 破断面近くより、厚さ2 cm程度の板を2枚採取し、そのうちの1枚で含水率を測定する。測定に際しては全乾法によって、辺材と心材とを区別して測定する。この含水率測定値を、たいこ挽材の含水率として代表させる。残りの1枚は平均年輪幅を測定した上で気乾比重を計測する試験体を木取り、(図3参照) 樹心部・心材部・辺材部に分け、それぞれの部位の気乾比重と気乾含水率を測定する。

7. 試験結果のとりまとめ

1) 断面の算定は、以下の式を用いる。

(1) 丸太

$$A = \pi d^2 / 4$$

$$I = \pi d^4 / 64$$

$$Z = \pi d^3 / 32$$

(2) たいこ材

$$A = d^2(\pi - 2\alpha + \sin 2\alpha) / 4$$

edge wise  $I = d^4(6\pi - 12\alpha + 8\sin 2\alpha - \sin 4\alpha) / 384$

$$Z = 2I / d$$

flat wise  $I = d^4(2\pi - 4\alpha + \sin 4\alpha) / 128$

$$Z = 2I / b$$

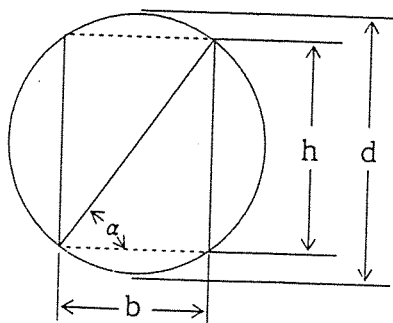
(3) 製材品

$$A = b h$$

$$I = b h^3 / 12$$

$$Z = b h^2 / 6$$

但し、



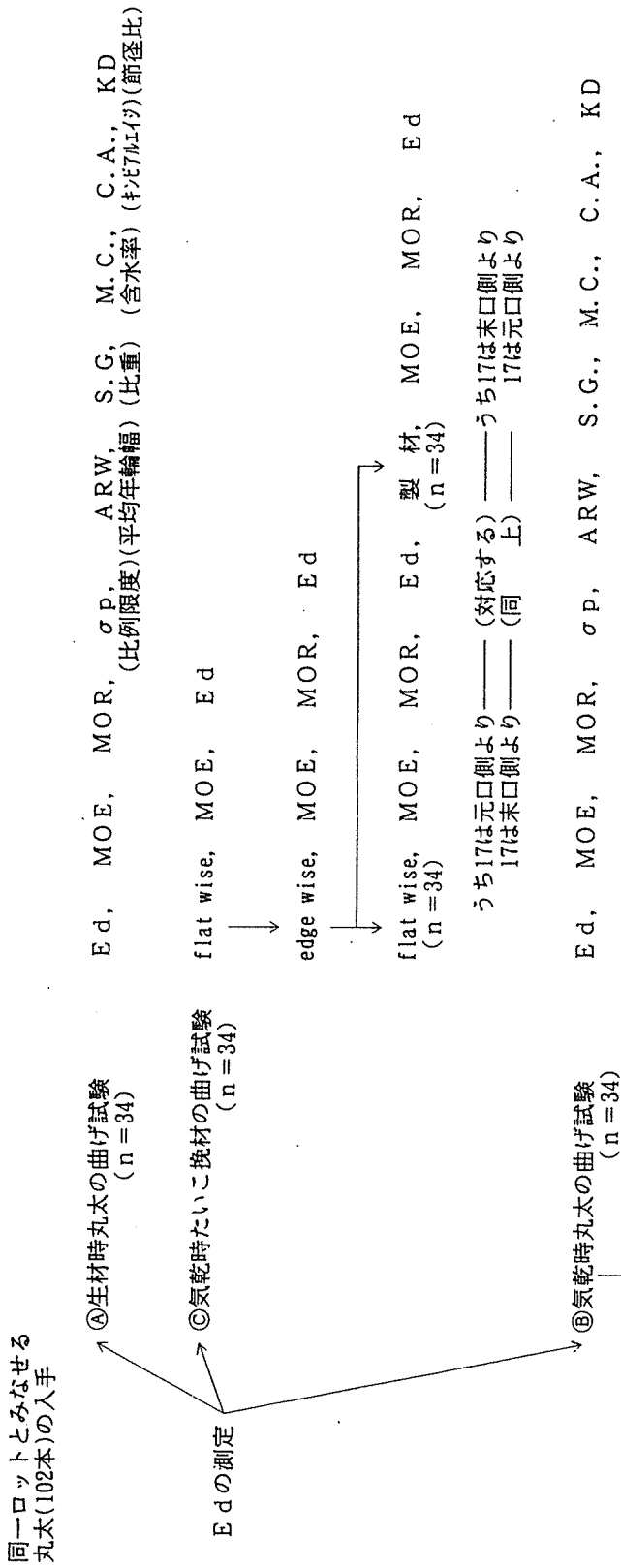
$$\alpha = \tan^{-1}(\sqrt{d^2 - b^2} / b)$$

A : 断面積

I : 断面二次モーメント

Z : 断面係数

(得られる主なデータ)



得られる成果

- 丸太：たいこ挽材：製材のMOE, MORの比が明らかになる。例えば
 

MOE ;	たいこedge :	たいこflat :	製材
	1.20 :	1.15 :	1.05 : 1.00
MOR ;	1.15 :	1.05 :	1.00 : 1.00

2. 丸太の生材時MOE, 寸法が、気乾時にどう変化したかが明らかになる。EI<sub>生</sub>とEI<sub>気乾</sub>の比。

3. 丸太の曲げ強度推定のために、Ed, MOE, ARW, C.A.,等がパラメータとして使えるか否かが明らかになる。