

平成2年度農林水産省補助事業
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3年3月

(財)日本住宅・木材技術センター

目 次

1. はじめに	1
2. カラマツ丸太の実大曲げ試験	2
2.1 供試丸太	2
2.2 試験方法	3
(1) 基本振動周波数による動的ヤング係数 (E_d) の測定及びグループ仕分け	3
(2) 丸太形状と欠点調査	4
(3) 実大材の曲げ試験	4
2.3 試験結果と考察	4
2.4 試験担当者	6
3. スギ丸太の実大曲げ試験 (その1)	10
3.1 供試丸太	10
(1) 供試丸太採取林分の概要	10
(2) 供試丸太の形状	11
3.2 試験方法	12
(1) 丸太形状寸法の計測	12
(2) 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	12
(3) 丸太の実大曲げ試験	13
3.3 実験結果と考察	15
(1) 試験体の形状	15
(2) 実大曲げ試験	15
3.4 試験担当者	16
4. スギ丸太の実大曲げ試験 (その2)	18
4.1 供試丸太	18
4.2 試験方法	18

(1) 基本振動周波数による動的ヤング係数 (E_d) の測定	18
(2) 形状寸法の計測	18
(3) 欠点調査	18
(4) 実大曲げ試験	19
4.3 試験結果と考察	20
(1) 試験グループの編成	20
(2) 実大曲げ試験	20
4.4 試験担当者	23

参考資料

丸太・たいこ挽材の実大曲げ試験実施要領	29
---------------------	----

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する計画である。

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
“	森泉 周	北海道立林産試験場	構造性能科長
“	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）

2. カラマツ丸太の実大曲げ試験

2.1 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。

○ 供試丸太の植栽後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 3,000本

昭和31年 補植

枝討ち 昭和38および39年

伐採 昭和43 除間伐

昭和53 間伐

昭和58 間伐

林班の現状 ha当 458本

平均胸径 28cm、平均樹高 21m

供試丸太は全て地際から50cmを残して伐採し、4.6mに採材した1番玉である。

供試丸太の末口径は22~30cmであった。

土場での原木の状況を写真-1に示す。

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

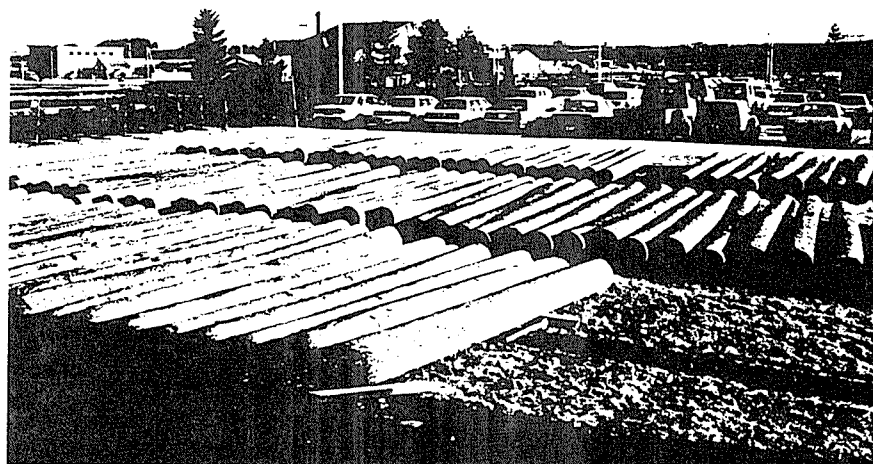


写真-1 原木の状況

2.2 試験方法

試験方法及び手順は、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。

なお、試験項目の実施時期は、次の通りである。

- 1 基本振動周波数による動的ヤング係数（ E_d ）の測定： 平成 2年12月下旬
- 2 丸太形状と欠点調査： 平成 3年01月下旬
- 3 実大材の曲げ試験： 平成 3年01月下旬

(1) 基本振動周波数による動的ヤング係数（ E_d ）の測定及びグループ仕分け

1) 基本振動周波数と密度測定による写真-2に示す非破壊試験により、動的ヤング係数（ E_d ）を測定した。

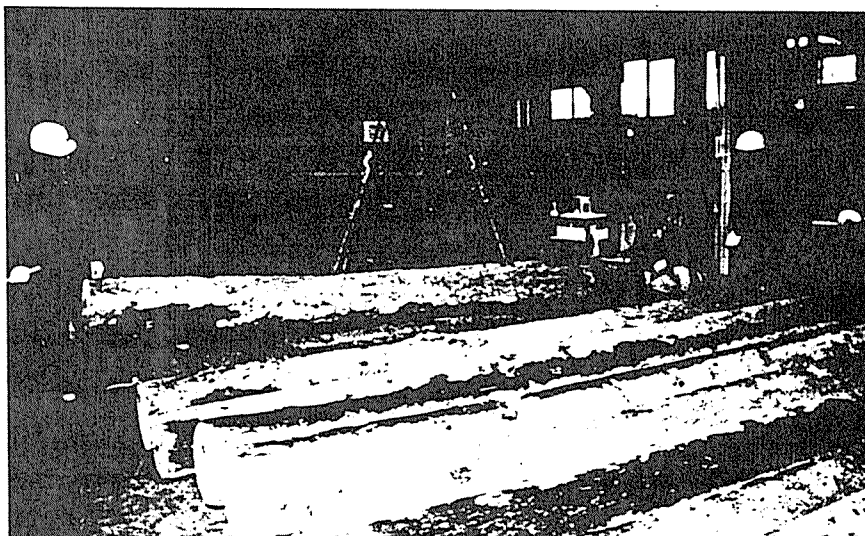


写真2 動的ヤング係数の測定

2) 1) の試験結果をもとに 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グループを編成した。

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。

(2) 丸太形状と欠点調査

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

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について、円周を巻尺で計測し直径(①元口 ②中央部 ③末口)を算出した。また、末口年輪数、平均年輪幅(①元口 ②末口)を測定するとともに、細り度を算出した。

2) 欠点調査

節などの欠点調査は、試験機に丸太を乗せる前に行った。中央部分の長さ約60cm程度に対し、欠点調査図を描いた。欠点調査図は荷重点位置を中心にして元口側約30cm、末口側約30cm間に存在する節の位置および大きさを時計周りを基準にして、荷重点を座標の中心($x=0$ 、 $y=0$)として計測し(元口側 $x=-$ 側、末口側 $x=+$ 側、円周方向 $y=+$ 側)、時計周りの展開図内に図示した(別図)。また、各試験体内の節の位置などを別表に記載し、あわせて最大節径比および最大集中節径を求めた。

(3) 実大材の曲げ試験

欠点調査の終了した試験体34体について、以下の手順で曲げ破壊試験を行った。

材長4.6mに対してスパン4.2m(中央部径30cmで $l/h=14$)で図-1および写真-3に示すような中央集中荷重方式で行った。

試験は、東京衡機製容量20tf油圧式強度試験機を用い、荷重100kgf毎に(容量20tfロードセルにより荷重を検出)たわみを計測し、破壊形態を観察しながら行った。スパン全体のたわみはヨークに取り付けた1/100mm精度の電気式変位計で計測し、比例限度を越えた時点でヨークを取り外し、破壊までの最大たわみは1/10mm精度の伸び計(ストローク1000mm)を用いて計測した。得られた荷重-たわみ曲線および中央部直径から全体たわみによる曲げヤング係数(MOE)、曲げ比例限度応力(PL)、曲げ破壊係数(MOR)を算出した。なお、曲げ比例限度応力、曲げ破壊係数は破壊位置とその位置に対応する曲げモーメントの値から算出した。

破壊した試験体の破壊状況を赤鉛筆で欠点調査図(別図)にスケッチした後、非破壊部分から円盤を3枚採取し、2枚から曲げ破壊時の含水率(辺材、心材および全体)を計測し、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片を木取り辺材部および心材部の気乾比重を求めた。

2.3 試験結果と考察

生材丸太の曲げ強度試験結果をまとめて表1に示した。

末口径における年輪数は、平均値で29、最小値で25、最大値で31であった。また、

平均年輪幅は元口で平均値4.7、最小値3.8、最大値5.3、末口で平均値4.7、最小値3.8、最大値5.5で、元口と末口とはほとんど差がなかった。丸太の中央部直径は平均値で約29cm、最小値で約27cm、最大値で約32cmであり、細り度は平均値で1.0cm/m、最小値で0.5cm/m、最大値で1.5cm/mであった。今回の曲げスパンは420cmなので、スパン/直径は13.2から15.3の範囲で、平均値は14.3となった。

気乾比重は辺材で平均値0.51、最小値0.42、最大値0.58、心材で平均値0.47、最小値0.41、最大値0.55となり、辺材の方が若干大きな値であった。試験時の含水率は全体についてみると、平均値で76.3%、最小値で59.9%、最大値で91.0%、辺材についてみると、平均値で136.3%、最小値で102.0%、最大値で174.9%、心材についてみると、平均値で40.9%、最小値で36.9%、最大値で48.0%で、辺材の方が心材の約3倍の値を示した。

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

動的ヤング係数 E_d と曲げたわみより求めた静的ヤング係数 MOE とを比較すると、 E_d の方が MOE より平均値で約7%大きな値を示した。これは、従来の結果と比べるとやや小さな値となっている。

比例限度が曲げ強度に占める割合は、平均値で0.46、最小値で0.32、最大値で0.63となり、通常言われている2/3よりは小さな値となった。曲げ強度は平均値で521.8kgf/cm²、最小値で445.2kgf/cm²、最大値で624.7kgf/cm²が得られ、変動係数も8.0と比較的安定した値であった。

動的ヤング係数(E_d)と曲げヤング係数(MOE)の関係および曲げヤング係数(MOE)と曲げ破壊係数(MOR)の関係をそれぞれ図-2および図-3に示した。これらの相関係数を求めた結果、 E_d と MOE は0.619、 E_d と MOR は0.473、 MOE と MOR は0.590が得られた。これらは1%危険率で有意な値であることから、 E_d または MOE から MOR を推定する可能性は大きいと言える。

2.4 試験担当者

北海道立林産試験場

性能部構造性能科

科 長 森 泉 周

研究職員 宮野 博

研究職員 前田典昭

研究職員 山本雅樹

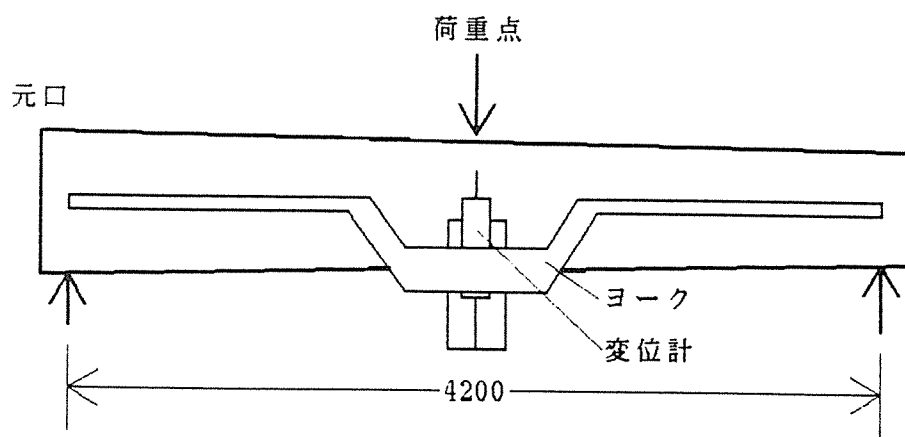


図 - 1 曲げ試験の方法

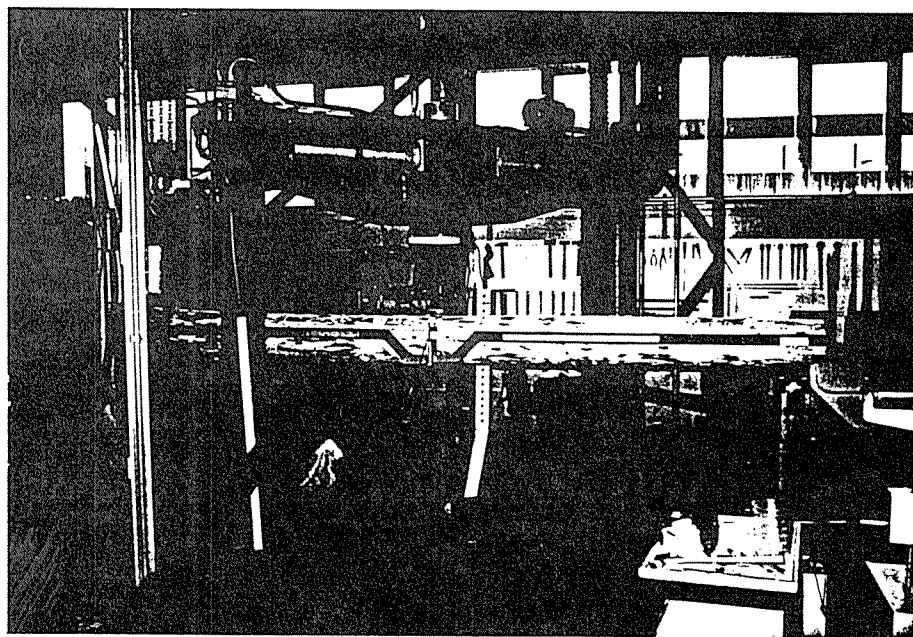


写真 - 3 曲げ試験の状況

表-1 生材丸太の概要と曲げ強度試験結果

試験体 番号	末口 年輪数	平均年輪幅		直 径			細り度	気乾比重		含水率			最大単独 節径比	最大集中 節径比	動的 ヤング係数	曲 げ ヤング係数	比 例 限	曲 げ 破壊係数
		元 口	末 口	元 口	中 央	末 口		辺材	心材	辺材	心材	全体						
TP No.	RN-t.e.	ARW-b.e. (mm)	ARW-t.e. (mm)	D-b.e. (cm)	D-c (cm)	D-t.e. (cm)	taper (cm/m)	SG-s	SG-h	MC-s (%)	MC-h (%)	MC-w (%)	KD (%)	SKD (%)	Ed (10 ³ kgf/cm ²)	MOE (10 ³ kgf/cm ²)	PL (kgf/cm ²)	MOR (kgf/cm ²)
1	28	4.8	4.6	30.1	27.9	25.8	1.0	0.54	0.47	139.1	40.6	79.3	1.3	1.3	111.0	113.7	258.5	500.5
2	29	4.5	4.4	29.5	27.7	28.6	0.8	0.55	0.50	102.0	39.3	70.0	1.5	2.9	113.4	118.7	198.7	624.7
3	30	4.7	4.7	31.0	28.1	26.2	1.1	0.54	0.47	129.1	38.9	72.3	1.5	1.5	104.6	120.4	231.3	541.2
4	27	4.0	4.7	32.8	28.3	26.3	1.5	0.57	0.47	128.2	40.5	70.8	0.0	0.0	125.7	130.7	266.6	569.6
5	30	4.1	4.8	28.7	27.5	26.3	0.5	0.49	0.43	130.3	36.9	74.4	3.0	5.7	121.5	101.8	272.5	562.3
6	28	4.4	4.5	30.3	28.6	26.5	0.9	0.51	0.52	135.9	47.4	75.0	0.0	0.0	128.1	109.0	171.4	530.6
7	30	4.0	4.2	30.9	28.1	26.6	1.0	0.56	0.49	106.3	48.0	64.9	2.7	4.6	125.1	96.1	209.6	522.6
8	29	4.5	4.7	29.5	28.8	26.6	0.7	0.53	0.45	139.3	37.9	82.0	2.8	4.7	123.6	98.8	179.0	467.9
9	30	4.9	3.8	33.0	28.2	26.7	1.4	0.54	0.48	129.7	46.2	81.6	0.0	0.0	125.8	120.5	305.2	596.9
10	29	4.6	4.6	30.3	28.3	26.7	0.8	0.45	0.45	139.8	42.3	86.5	2.1	3.8	110.1	99.0	188.7	527.3
11	30	4.4	4.6	31.5	28.5	26.8	1.1	0.51	0.50	139.7	37.2	69.4	0.0	0.0	108.5	96.5	330.3	522.0
12	30	4.4	4.6	29.9	28.1	26.8	0.7	0.55	0.48	145.0	40.0	84.0	0.0	0.0	138.6	118.7	260.2	570.0
13	30	4.4	4.2	30.6	28.2	27.0	0.8	0.51	0.55	152.8	41.4	79.5	2.3	2.3	106.9	122.4	228.4	505.8
14	29	4.0	4.1	34.0	31.0	27.3	1.5	0.42	0.44	174.9	41.2	91.0	1.6	3.2	87.3	69.0	247.7	469.8
15	27	4.9	5.3	31.8	28.8	27.3	1.0	0.50	0.49	151.1	38.8	89.2	1.7	1.7	114.3	117.9	252.9	572.2
16	30	3.8	4.0	32.2	28.8	27.5	1.1	0.57	0.49	124.8	38.9	75.3	0.0	0.0	116.4	121.9	252.9	543.3
17	31	5.0	4.6	29.8	28.0	27.5	0.5	0.49	0.46	165.4	39.4	83.0	1.7	1.7	120.2	112.1	248.4	513.0
18	29	5.2	4.5	33.0	29.5	27.7	1.2	0.47	0.48	143.0	39.3	69.9	0.9	1.7	97.5	89.8	237.4	469.8
19	30	5.0	4.7	32.1	29.6	27.9	1.0	0.58	0.48	104.2	38.7	59.9	2.3	8.6	111.4	107.4	294.8	513.3
20	29	4.9	4.8	32.2	29.6	28.2	0.9	0.54	0.49	137.9	41.8	66.5	1.9	6.6	136.9	128.5	263.9	553.8
21	29	5.0	5.3	32.5	29.8	28.2	1.0	0.51	0.47	145.3	38.6	76.6	2.1	5.1	105.5	98.1	224.3	533.8
22	31	5.1	4.9	32.9	30.5	28.2	1.1	0.45	0.41	158.4	44.2	76.9	2.4	2.4	99.8	80.7	201.6	447.7
23	31	5.0	4.6	31.8	29.8	28.3	0.8	0.53	0.47	110.2	46.0	73.9	2.6	7.5	112.6	116.0	244.5	481.8
24	30	4.7	4.7	33.1	29.7	28.3	1.1	0.51	0.47	127.8	38.3	76.0	3.2	3.2	114.9	109.6	247.8	486.9
25	30	4.8	4.5	31.7	29.6	28.4	0.8	0.58	0.52	130.7	38.4	73.4	2.2	3.4	117.2	117.0	313.4	570.5
26	25	4.6	5.4	32.3	30.4	28.5	0.9	0.44	0.42	150.9	42.1	88.2	2.6	2.6	111.8	90.6	201.7	445.2
27	30	5.0	5.0	33.5	30.4	28.6	1.1	0.53	0.51	125.6	42.6	72.9	2.1	3.8	118.4	113.3	260.7	541.4
28	31	4.9	4.6	32.0	30.4	28.9	0.7	0.49	0.42	143.0	47.4	91.0	2.4	4.4	112.2	117.8	215.0	518.3
29	28	4.7	5.2	33.9	30.7	29.0	1.1	0.51	0.48	145.2	39.2	77.3	1.8	6.0	101.2	96.0	184.8	537.9
30	30	4.6	4.7	34.1	30.9	29.6	1.0	0.55	0.48	136.5	37.0	69.5	0.0	0.0	123.4	112.6	261.0	499.9
31	31	5.1	4.6	32.9	30.4	29.6	0.8	0.48	0.44	137.5	43.5	78.5	0.0	0.0	109.2	113.3	213.1	505.6
32	29	5.2	5.1	35.2	31.4	29.8	1.2	0.50	0.48	129.0	40.2	76.5	1.9	3.8	110.5	107.8	240.0	485.5
33	28	5.3	5.5	33.3	31.7	29.9	0.8	0.50	0.45	139.1	38.5	62.6	2.7	4.0	106.0	89.0	303.8	528.3
34	29	4.6	4.8	33.5	31.1	30.2	0.8	0.47	0.47	137.8	39.1	77.2	1.8	3.3	102.5	101.5	199.1	480.6
Min.	25	3.8	3.8	28.7	27.5	25.8	0.5	0.42	0.41	102.0	36.9	59.9	0.0	0.0	87.3	69.0	171.4	445.2
Avg.	29	4.7	4.7	31.9	29.4	27.8	1.0	0.51	0.47	136.3	40.9	76.3	1.6	2.9	113.9	107.5	241.4	521.8
Max.	31	5.3	5.5	35.2	31.7	30.2	1.5	0.58	0.55	174.9	48.0	91.0	3.2	8.6	138.6	130.7	330.3	624.7
CoV(%)	4.4	8.2	8.1	4.9	4.1	4.4	24.9	7.9	5.9	11.6	7.7	10.1	64.5	80.3	9.5	12.9	16.5	8.0

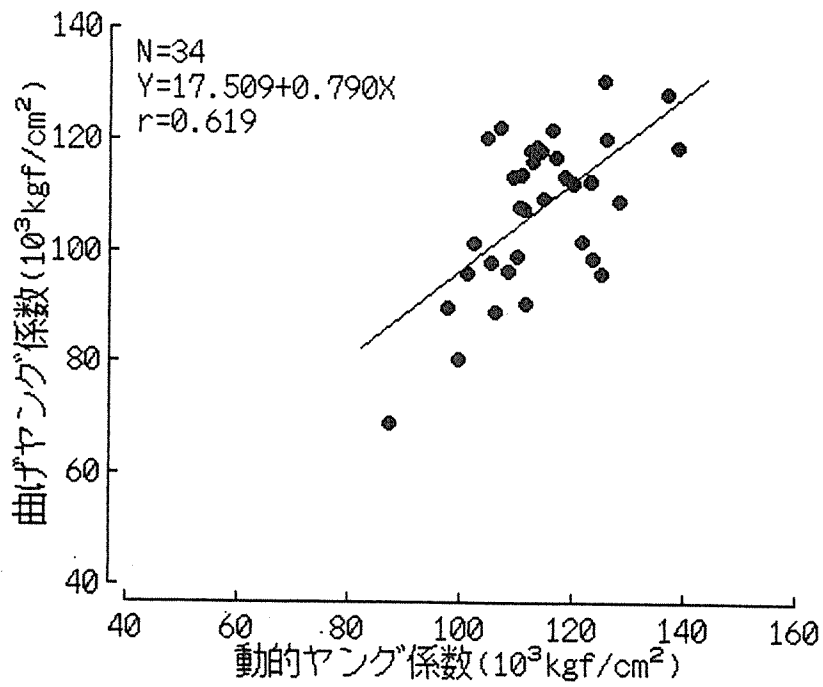


図-2 動的ヤング係数と曲げヤング係数の関係

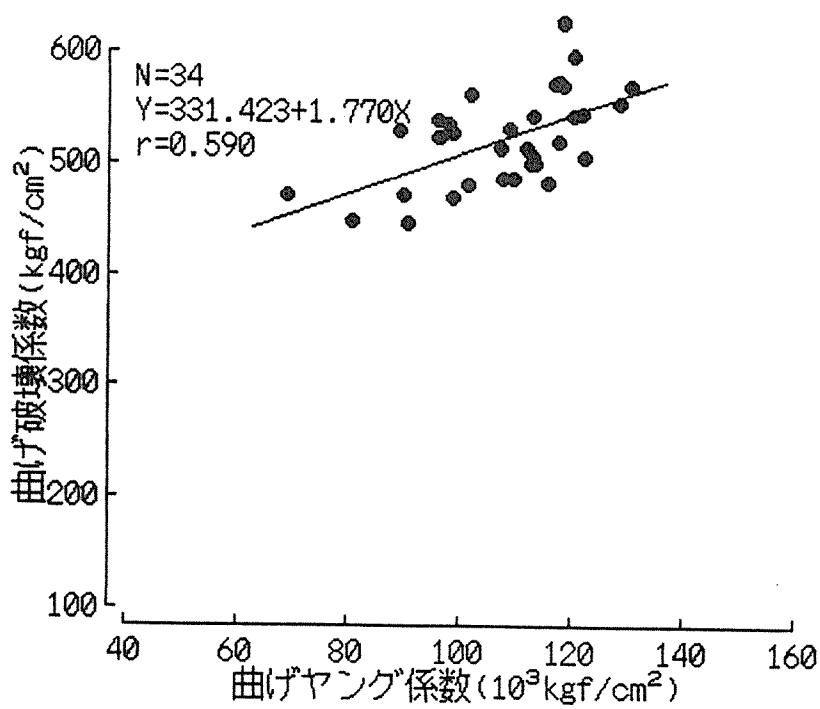


図-3 曲げヤング係数と曲げ破壊係数の関係

3. スギ丸太の実大曲げ試験（その1）

3.1 供試丸太

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。

(1) 供試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函沢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、3回目 29年生		
枝打	1回目 15年生、2回目 23年生、3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。間伐木の胸高直径分布は図-1に示す（森林所有者の調査より）。胸高直径18~22cmの間伐木が約82%を占めている。

胸高直径	12~32cm	平均	20.9cm
樹高	8~18m	平均	13.5m

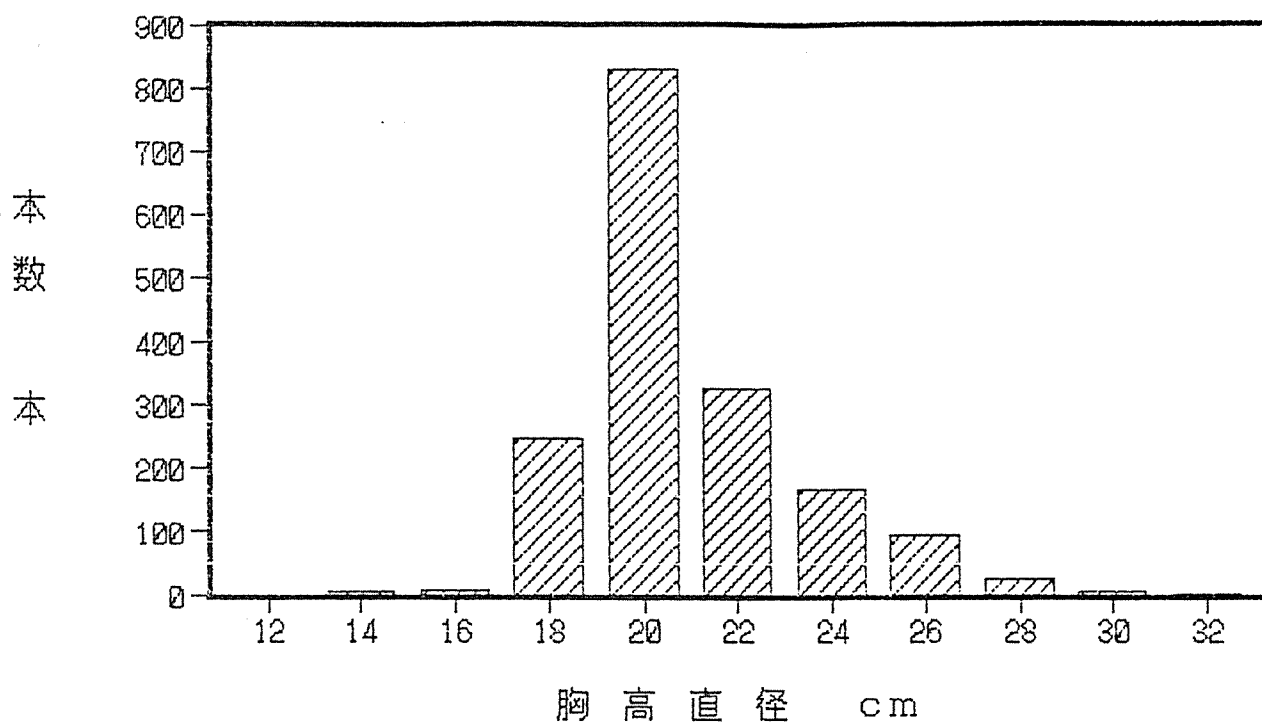


図-1 間伐木の胸高直径別本数分布

(2) 供試丸太の形状

試験丸太は、伐倒後できるだけ「根張り」を外し4 mに玉切った。1番玉75本、2番玉35本の計110本である。また、枝打により丸太材面には節がなかった。丸太の元口より1 m付近での径級別本数を図-2に示す。丸太の径級は22 cm以上となっており、間伐木のうち径級の大きい材を試験体としたことがわかる。また、110本の丸太の概要は次の通りである。

1) 丸太の年輪数

元口 25~34年、末口 19~29年

2) 丸太の径

元口 23~39 cm、末口 20~26 cm

3) 丸太の細り度 (根張りを含む)

0.45~3.45 cm/m

4) 生材時の密度

0.66~0.87 g/cm³

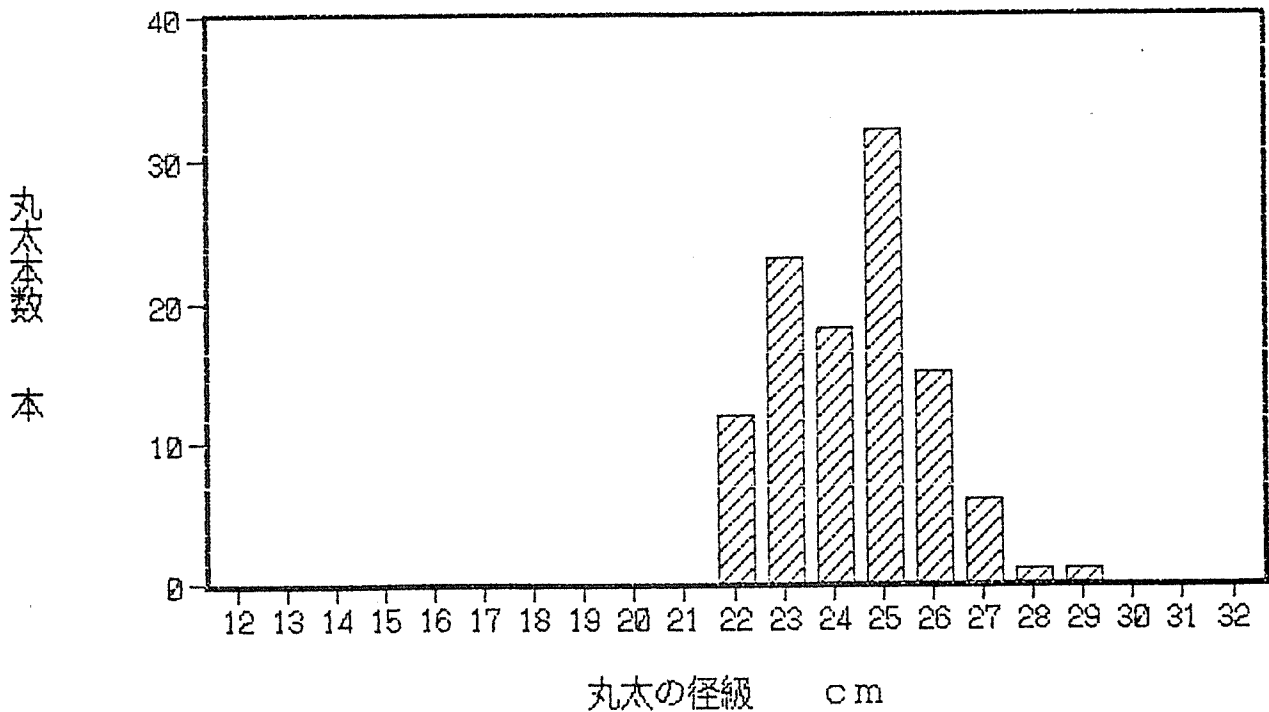


図-2 試験丸太の径級別本数

3.2 試験方法

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・たいこ挽材の突大曲げ試験実施要領」に準じて行った。

(1) 丸太形状寸法の計測

110本の丸太の材長、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。平成2年度曲げ強度試験に係る丸太の年輪数、平均年輪幅、直径、細り度、気乾比重および含水率など試験丸太の概要を表-1に示した。

(2) 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

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 (Ed) を求めた。

$$f = \frac{1}{2 \times L} \sqrt{\frac{E d \times g}{S G}}$$

f : 基本振動周波数 (Hz)
 L : 材長 (cm)
 $S G$: 密度 (g/cm^3)
 $E d$: 動的ヤング係数 (kgf/cm^2)
 g : 重力加速度 (980.7)

$E d$ 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。

グループ名	形状	含水状態	本数	曲げ試験実施年度
A	丸太	生材	36本	平成2年度
B	丸太	気乾材	36本	平成3年度
C	たいこ挽材	気乾材	36本	平成4年度

(3) 丸太の実大曲げ試験

1) 欠点調査

試験丸太には節が無く、ホークリフトによる欠き傷等について中央部の長さ約 60 cm 程度に対して、欠点調査図を描いた。

2) 実大曲げ試験

材長 4 m に対してスパン 3.6 m で写真-1 および写真-2 のように中央集中荷重方式で曲げ試験を行った。

試験機は油圧式強度試験機 (東京衡機製) を用い、荷重 30 kgf 毎にヨークに取り付けた小野測器製リニアゲージセンサ (1/100mm 精度) で計測し、比例限を越えてからヨークを外し、破壊時の最大たわみは丸太の中央部中立軸に取り付けた竹尺 (1 mm 目盛り) をレベルにより目視で読みとった。

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「荷重-たわみ曲線」を描き、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。実大曲げ試験の結果は表-1 の通りである。

破断後に破壊状況を赤鉛筆で欠点調査図に記入し、破断面近くの非破壊部から 2 枚

の円盤を採取し、1枚から試験時の全体含水率を全乾法により測定した。他の1枚から辺材、心材別の含水率および気乾比重を測定した。その結果は表-1通りである。

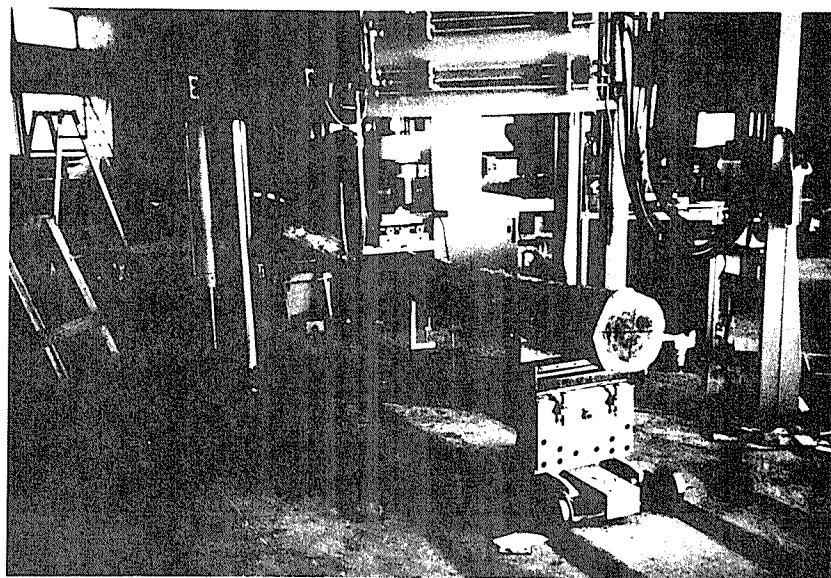


写真-1 曲げ試験の状況

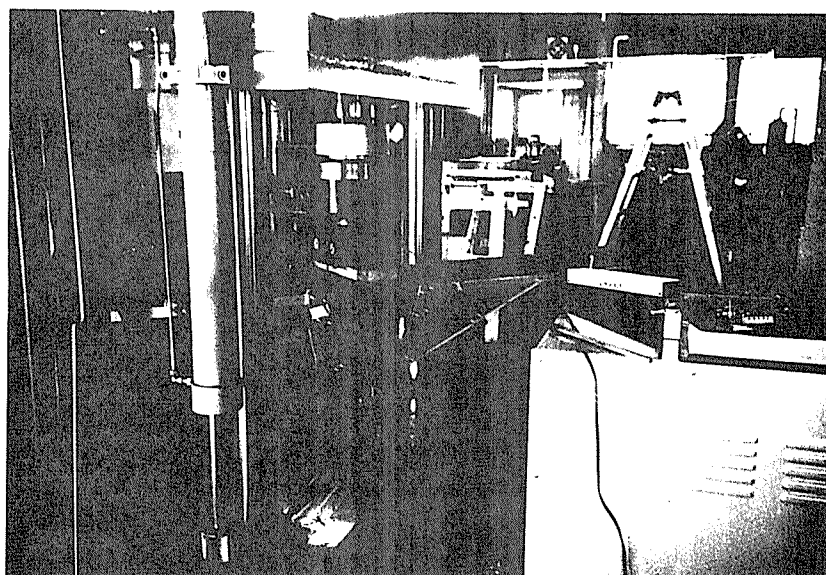


写真-2 曲げ試験の状況

3.3 実験結果と考察

(1) 試験体の形状

本県の一般的な植栽密度は3,000本/haで、当試験に用いた丸太は密植(4,450本)及び枝打等の集約的施業を行った林分から採取されたものである。

破断後に丸太中央部付近の心材色を観察すると、心材の晩材部の一部が黒い材や心材全体が黒色を呈する材があった。

今後、一般的施業体系により生産された材を対象とした調査も必要と考えられた。

(2) 実大曲げ試験

丸太の年輪の数は、末口で19~28(平均で25)となっており一番玉と二番玉で違っていた。平均年輪幅は、元口、末口ともに平均4.1mmとなっているが、二番玉は元口より末口が大きい。また、二番玉は一番玉より細り度が小さく枝打により完満性が増したと考えられる。気乾比重は辺材0.25~0.42(平均0.32)、心材0.27~0.38(平均0.34)とやや小さかった¹⁾。含水率は辺材117~345%(同241%)、心材40~219%(同75%)、全体96~204%(同143%)と試験体間の差が大きかった。

曲げヤング係数(MOE)と動的ヤング係数(Ed)の関係および曲げヤング係数(MOE)と曲げ破壊係数(MOR)の関係はそれぞれ図-3および図-4に示した。

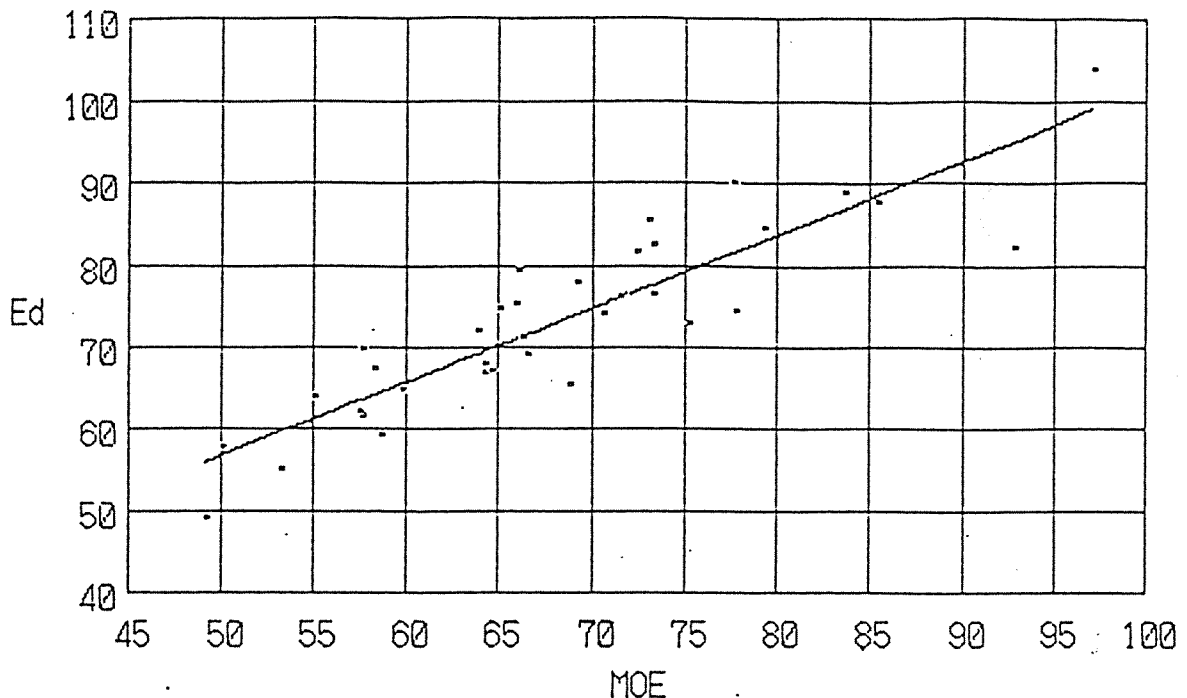


図-3 曲げヤング係数(MOE)と動的ヤング係数(Ed)との関係

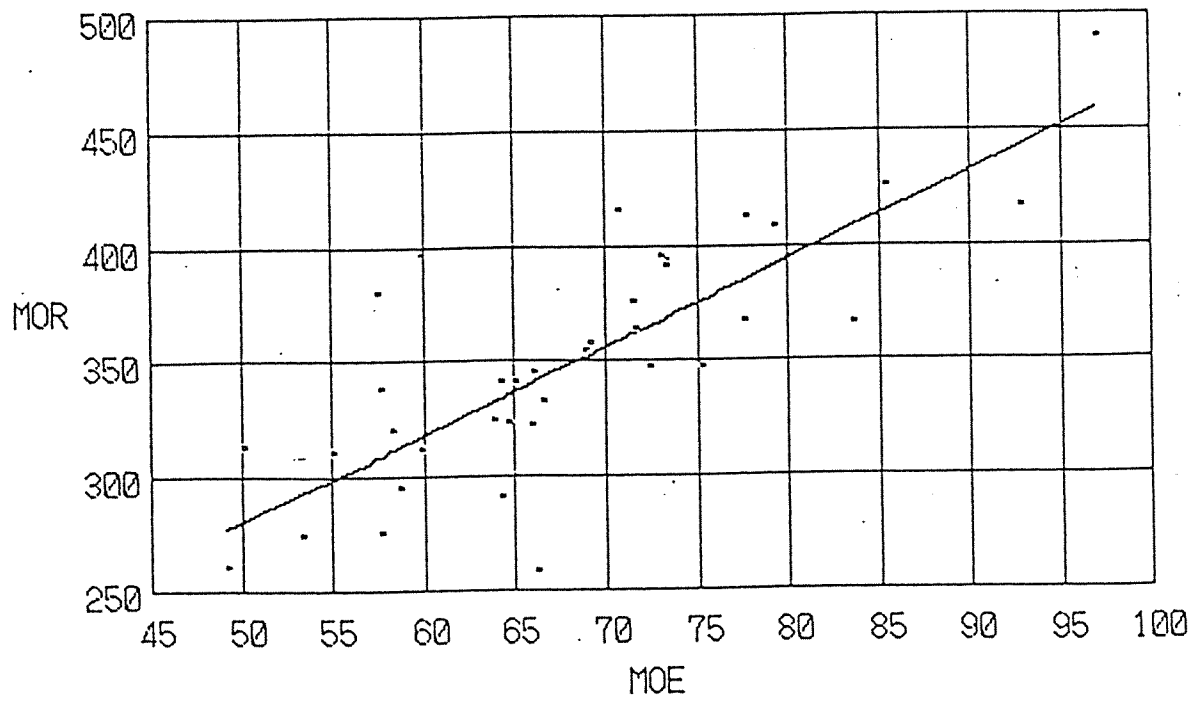


図-4 曲げヤング係数 (MOE) と曲げ破壊係数 (MOR) との関係

3.4 試験担当者

宮城県林業試験場
林産経営部 木材利用科

科長 鈴木 登
技師 伊藤彦紀
技師 小関孝美

表-1. 生材丸太の概要と曲げ強度試験結果

宮城県林業試験場

丸太 番号 TP No.	年輪数 (年)		平均年輪幅(mm)		直径(cm)			細り度 (cm/m) taper	気乾比重		含水率 (%)			最大単独 節径比(%) KD	最大集中 節径比(%) SKD	動的ヤング係数 (tf/cm ²) Ed	曲げヤング係数 (tf/cm ²) MOE	比例限強さ (kgf/cm ²) PL	曲げ破壊係数 (kgf/cm ²) MOR
	元口 RN-b.e	末口 RN-t.e	元口 ARW-b.e	末口 ARW-t.e	元口 D-b.e	中央部 D-c	末口 D-t.e		辺材 SG-s	心材 SG-h	辺材 MC-s	心材 MC-h	全体 MC-w						
1	33	27	4.6	4.4	30.5	25.7	23.6	1.68	0.25	0.32	229.5	52.1	136.5	0	0	55.0	53.2	135.0	273.7
2	32	27	4.7	4.4	30.3	25.5	23.8	1.57	0.34	0.38	201.2	43.2	107.8	0	0	74.1	70.6	235.3	415.8
3	28	23	4.7	5.0	26.3	24.7	23.2	0.75	0.30	0.30	281.0	116.9	178.4	0	0	68.0	64.2	168.9	340.6
4	33	27	4.3	4.2	28.4	24.4	22.6	1.42	0.28	0.32	261.6	102.9	154.6	0	0	71.2	66.2	178.5	257.6
5	30	25	4.4	4.6	26.6	24.8	22.8	0.95	0.29	0.34	227.6	66.0	132.6	0	0	79.3	66.0	217.1	345.2
6	27	19	4.4	5.5	23.8	22.3	20.8	0.75	0.28	0.35	240.0	68.0	132.9	0	0	67.3	58.2	180.5	320.4
12	28	23	4.8	5.0	26.7	25.0	23.0	0.92	0.31	0.31	219.8	66.9	139.7	0	0	75.0	65.8	191.5	322.0
18	28	22	4.8	5.6	26.9	25.5	24.8	0.51	0.29	0.34	257.8	56.9	133.6	0	0	64.7	59.7	193.2	312.0
19	29	23	4.6	5.0	26.6	24.7	23.1	0.85	0.29	0.32	289.1	73.4	142.0	0	0	61.4	57.6	160.0	338.3
25	26	21	4.6	5.2	23.9	23.0	22.0	0.47	0.26	0.30	328.8	52.4	180.1	0	0	57.5	50.0	163.9	313.1
27	29	24	4.5	4.7	26.0	24.2	22.4	0.89	0.31	0.36	195.0	53.9	109.5	0	0	81.6	72.4	214.3	347.0
29	33	28	5.0	4.3	32.8	26.0	24.2	2.14	0.31	0.36	226.8	54.4	123.2	0	0	62.1	57.4	192.3	380.3
30	34	28	4.1	3.8	27.7	22.6	21.0	1.64	0.32	0.38	288.3	45.9	166.6	0	0	76.2	71.6	206.2	363.8
32	28	22	4.7	5.1	26.3	24.2	22.4	0.95	0.32	0.35	288.9	63.0	204.2	0	0	74.6	65.0	192.2	340.5
37	26	20	4.6	5.2	23.7	22.2	20.9	0.69	0.27	0.32	317.7	44.2	154.9	0	0	63.6	55.0	188.1	311.1
38	32	26	4.5	3.9	28.5	21.6	20.3	2.01	0.32	0.36	291.9	58.4	135.1	0	0	65.2	68.8	236.4	354.8
43	29	25	4.6	4.5	26.6	24.9	22.7	0.97	0.34	0.34	239.8	95.1	138.6	0	0	82.6	73.2	226.1	393.2
45	28	24	4.7	4.8	26.4	24.8	22.9	0.86	0.33	0.33	242.3	69.4	130.1	0	0	72.0	63.8	134.7	324.7
48	29	23	4.2	4.7	24.4	23.3	21.8	0.63	0.35	0.31	225.2	175.6	156.3	0	0	85.5	73.0	273.8	395.5
50	27	21	4.4	5.0	23.9	22.6	21.2	0.68	0.36	0.34	117.4	47.6	95.6	0	0	84.5	79.2	253.5	408.2
51	33	26	4.5	4.3	29.6	24.2	22.4	1.76	0.26	0.30	283.0	129.0	174.4	0	0	58.9	58.6	149.1	295.1
53	32	27	4.1	3.9	26.3	22.6	21.0	1.29	0.36	0.35	139.7	53.7	122.1	0	0	90.0	77.6	247.4	367.4
56	33	26	4.6	4.6	30.4	26.0	23.9	1.61	0.26	0.36	211.8	53.6	119.9	0	0	49.0	49.1	155.9	260.5
58	28	23	4.1	4.4	22.9	21.8	20.3	0.64	0.38	0.36	233.1	128.4	130.1	0	0	87.7	85.3	246.3	425.4
61	33	28	4.9	3.8	32.6	22.9	21.5	2.75	0.41	0.36	140.6	58.7	117.9	0	0	82.1	92.7	196.4	416.8
64	32	25	4.2	4.2	26.6	23.1	20.8	1.42	0.25	0.27	345.1	219.0	201.0	0	0	69.7	57.6	155.9	274.4
69	30	26	4.4	4.3	26.4	24.4	22.6	0.94	0.33	0.39	273.7	52.5	147.4	0	0	76.1	71.5	170.3	375.2
73	33	27	4.1	4.0	27.2	23.5	21.4	1.42	0.32	0.36	293.1	47.5	142.8	0	0	69.1	66.5	172.5	332.3
74	33	28	4.5	4.1	29.5	25.1	23.0	1.61	0.33	0.36	271.3	65.5	141.9	0	0	76.4	73.3	185.9	390.9
78	33	28	4.1	3.7	27.1	22.3	20.9	1.51	0.30	0.35	202.6	54.3	131.1	0	0	66.8	64.1	139.2	290.4
82	33	28	4.2	3.9	27.4	24.0	21.6	1.44	0.30	0.38	228.5	63.2	153.6	0	0	77.9	69.1	185.6	358.0
83	33	28	4.9	4.3	32.7	25.2	24.2	2.08	0.33	0.34	226.2	65.9	140.3	0	0	72.9	75.1	212.6	347.5
90	32	24	4.8	4.4	30.6	22.9	21.2	2.30	0.32	0.35	205.0	71.3	137.7	0	0	67.0	64.5	208.6	322.9
93	32	26	3.8	4.1	24.5	22.9	21.3	0.78	0.34	0.35	265.9	131.7	178.7	0	0	89.1	83.5	192.7	366.3
99	29	23	4.0	4.4	23.3	21.7	20.4	0.72	0.42	0.37	155.4	40.1	109.9	0	0	103.9	97.0	242.4	489.6
110	33	27	4.1	3.8	26.8	21.7	20.6	1.53	0.37	0.36	228.2	62.0	144.9	0	0	74.2	77.7	206.2	412.1
試料数	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
平均値	30.6	24.9	4.5	4.5	27.2	23.8	22.1	1.25	0.32	0.34	240.9	75.1	142.9	0.0	0.0	73.1	68.2	194.7	349.5
最大値	34	28	5.0	5.6	32.8	26.0	24.8	2.75	0.42	0.39	345.1	219.0	204.2	0	0	103.9	97.0	273.8	489.6
最小値	26	19	3.8	3.7	22.9	21.6	20.3	0.47	0.25	0.27	117.4	40.1	95.6	0	0	49.0	49.1	134.7	257.6
標準偏差	2.44	2.53	0.29	0.50	2.63	1.31	1.23	0.56	0.04	0.03	51.46	38.67	24.60	0.00	0.00	10.97	10.83	34.73	50.51
変動係数	7.99	10.13	6.58	11.23	9.65	5.52	5.54	44.28	12.80	7.66	21.36	51.51	17.21			15.01	15.89	17.84	14.45

4. スギ丸太の実大曲げ試験 (その2)

4.1 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4 mに玉切りした2番玉、3番玉、4番玉より選木した。このとき、末口径18cm～22cmを目途に、かつ試験の実施に困難な要因となる著しい曲がりをもつ丸太をさけるように留意した。その結果、2番玉より39体、3番玉より44体、4番玉より19体、合計102体を得た。

4.2 試験方法

(1) 基本振動周波数による動的ヤング係数 (E_d) の測定

1990年9月初旬に入手した丸太102体について、生材時の動的ヤング係数 (E_d) を基本振動周波数と密度測定による方法で計測し、前述のような3グループに仕分けた。丸太の重量は、ホイストクレーンと丸太を吊り上げるワイヤロープとの間に設置したロードセルで行い、吊り上げた状態で基本振動周波数の測定を行った。

(2) 形状寸法の計測

丸太の形状寸法として、末口、元口、および中央部における直径を、巻尺で測定した円周から算出し、末口径 ($D-t.e.$)、元口径 ($D-b.e.$)、中央径 ($D-c$) を得た。同時に、材長 (L) を計測し、個々の丸太の細り度を $Taper$ として $(D-b.e. - D-t.e.) / L$ 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。

最後に、末口における年輪の数を $RN-t.e.$ として記録した。

(3) 欠点調査

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、微妙な丸太の形状の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ため

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。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。

(4) 実大曲げ試験

丸太中央部の直径が最大のもので約27cmあったので、支点間距離（スパン）としてこの14倍以上にとることを考え、スパンを390cmとした。これは、次年度に同一荷重条件で行う予定の気乾材時の実大曲げ試験で乾燥割れが支配的となり、水平せん断で破壊する恐れがあると予想されたため、できるだけ長いスパンをとることが望ましいと判断した結果である。

荷重点としては、アカガシを用いて、幅20cm、厚さ12cm、長さ35cmの形状で面をとったブロックを使った。

用いた試験機は、東京衝機製のアムスラー式材料試験機（容量20tf）であった。たわみの計測は、支点の構造上の制約のためヨークをセットすることができず、床からセットした1/100mm精度、ストローク100mmの小野測器社製デジタルダイヤルゲージで、丸太の中立軸におけるたわみを測定した。支点における丸太のめりこみがたわみの計測に与える誤差を補正する目的で、両支点において、1/100精度、ストローク50mmのダイヤルゲージを丸太の中央部と支点鋼板面上との間の変位を測定した。

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）、曲げ比例限度（PL）、曲げ強度（MOR）を求めた。

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、気乾比重を測定した。

4.3 試験結果と考察

(1) 試験グループの編成

E dの値を用いて、A、B、Cの3グループに仕分けた結果を下記に示した。

A、B、CグループのE d平均値と変動係数

グループ	形状	含水率	本数	E d	
				mean(tf/cm ²)	C.V.(%)
A	丸太	生材	34	92.2	12.4
B	丸太	気乾材	34	92.1	12.2
C	たいこ	気乾材	34	92.0	12.0

E dの平均値、変動係数とも、ほとんど同じ値になっていることがわかる。

(2) 実大曲げ試験

表1に、生材丸太の曲げ強度試験の個々の結果をまとめて示した。表2に、各測定項目ごとの最小値、平均値、最大値、および変動係数を示した。(表1. 添付省略)

末口径における年輪の数(RN-t.e.)は、平均値で41あり、最小値で26、最大値で60となっていた。これは、2番玉から4番玉までの範囲で採取したためである。平均年輪幅は元口、末口とも大差なく、それぞれ2.7mm、2.8mmであった。丸太の直径を中央部でみると、平均値で約24cm、最小値で約21cm、最大値で約27cmとなっており、細り度も0.6cm/mから1.6cm/mの範囲で、平均値が1.1cm/mであった。このため、等断面の丸棒として考えても大きな誤差を生じることはないと思われる。また、スパンを390cmとしているので、スパンを直径で除した値は18.6から14.4の範囲で、平均値で16.3であった。

試験時の含水率は8月末に伐採し、曲げ試験を翌年の1月末に実施したのであるが、全体についての平均値で約135%、範囲として約68%から約192%の間を示していた。辺材と心材の間には若干差が認められ、平均値で比較すると、辺材が約185%、心材が約112%と辺

材の方が心材の1.65倍の値を示していた。なお最大値として、辺材で約261%、心材で約205%が得られていた。

丸太における節の評価には定まったものがないので、ここでは、節が存在する円周上に占める節径比の割合で表現した。最大単独節径比、最大集中節径比ともこの表現方法では、平均値でそれぞれ4.5%、9.2%となり値としては低い結果となった。

動的ヤング係数 E_d は、丸太の断面における平均的な縦ヤング係数であるため、曲げたわみより測定した静的ヤング $M O E$ と直接比較するには問題があるが、実測値としては E_d の方が平均値で19% $M O E$ より高い値を示していた。 $M O E$ 算出のもとになった曲げたわみは、 L/D の値が前述のように約14~19の範囲にあったため、正確にはそれぞれのせん断たわみの項を考慮して比較する必要がある。しかし、ここでは実測の値をとっていることに留意しておくべきである。

さらに、装置の関係で中立軸にセットするヨークを使えなかったため、測定された曲げたわみには支点上の局部的なめり込み変形の影響を考えなければならない。このめり込み変形を1/100精度のダイヤルゲージで計測したが、一定の傾向を認めることができず、その修正を断念していることも付け加えておかねばならない。

比例限度が曲げ強度に占める割合は、平均値で約0.58を示し、通常言われている2/3の値よりはやや低かった。

曲げ強度としては、 361kgf/cm^2 から 623kgf/cm^2 の比較的狭い範囲を示し、平均値として 497kgf/cm^2 が得られた。変動係数として12.3%が得られており、この値を代入して $A S T M D 2915$ による必要試験体数を求めると24体となっており、今回用いた34体の試験体数は曲げ強度の平均値を95%の信頼水準で推定するには十分であったと考えられる。ただし、気乾材になると変動係数が仮定している15%を越える恐れもある。

表2 曲げ強度試験結果の概要

(スギ：森林総合研究所)

	最小値	平均値	最大値	変動係数 (%)
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
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
Taper (cm/m)	0.6	1.1	1.6	21.5
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
Ed (tf/cm ²)	82.7	100.6	130.6	11.8
MOE (tf/cm ²)	64.4	84.4	113.7	15.2
SPL (kgf/cm ²)	156	287	385	18.5
MOR (kgf/cm ²)	361	497	623	12.3

次に、各測定因子間の単相関係数（ r ）を求めて表3に示した。5%危険率で有意な r の値として0.33、1%危険率で有意な r の値として0.42であることを考えて、曲げ強度に注目して各因子との相関をみると、1%危険率で有意な測定因子として、MC-s、MC-w、Ed、MOE、PLの4項目があげられ、その他のRN-t.e.、ARW、KD、SKD等は有意な関係が認められないことがわかる。

これらの結果のうち相関が認められないものの例として、RN-t.e.とMOR、ARW-t.e.とMOR、KDとMOR、SKDとMORとの関係をそれぞれ図1、2、3、4に示した。間伐等小径材の丸太ではRN-t.e.とMORとの間に有意な関係が認められた例があるが、本研究の対象のように中目材ではその関係が認められなかったことは興味深い。

また、強い相関が認められた例として、EdとMOR、MOEとMORとの関係を図5、6に示した。 r の値として、それぞれ0.62、0.58が得られている。これらの結果より、Ed、またはMOEを用いて丸太のMORを推定することは実用的にも可能であると言える。

最後に、EdとMOEとの関係を図7に示した。 r として0.78が得られている。

4.4 試験担当者

森林総合研究所木材利用部材料性能研究室

室長 中井 孝

主任研究官 田中 俊成

研究官 長尾 博文

表3 各測定因子間の単相関係数

	RN-t.e.	ARW-b.e.	ARW-t.e.	D-b.e.	D-c	D-t.e.	taper	MC-s	MC-h	MC-w	KD	SKD	Ed	MOE	PL	MOR
RN-t.e.	1															
ARW-b.e.	-.781	1														
ARW-t.e.	-.782	.789	1													
D-b.e.	.088	.403	.347	1												
D-c	.158	.359	.254	.941	1											
D-t.e.	.268	.164	.148	.846	.923	1										
taper	-.248	.472	.417	.52	.292	-.009	1									
MC-s	-.193	.158	.212	.107	.025	.036	.127	1								
MC-h	-.017	.06	.006	.04	.055	.038	.012	-.032	1							
MC-w	-.329	.411	.478	.297	.226	.188	.266	.685	.374	1						
KD	-.279	.216	.153	-.27	-.323	-.402	.088	.073	-.192	-.027	1					
SKD	-.523	.548	.424	-.054	-.163	-.347	.4	.017	-.104	.124	.813	1				
Ed	.294	-.413	-.319	-.285	-.238	-.174	-.245	-.432	-.096	-.584	-.017	-.216	1			
MOE	.403	-.472	-.371	-.289	-.143	.002	-.516	-.384	-.062	-.438	-.11	-.381	.779	1		
PL	-.147	-.005	.075	-.13	-.208	-.223	.087	-.218	.035	-.319	.111	.138	.374	.106	1	
MOR	.252	-.275	-.294	-.219	-.128	-.004	-.415	-.559	.028	-.676	.078	-.136	.618	.585	.491	1

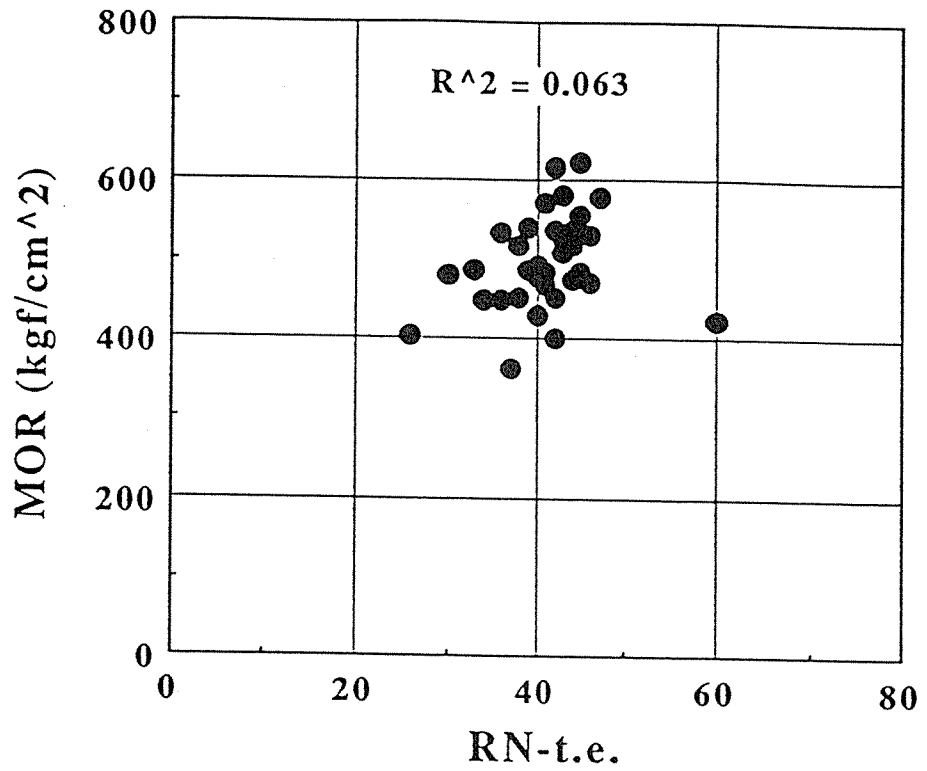


図1 末口年輪数(RN-t.e.)と曲げ強度(MOR)との関係

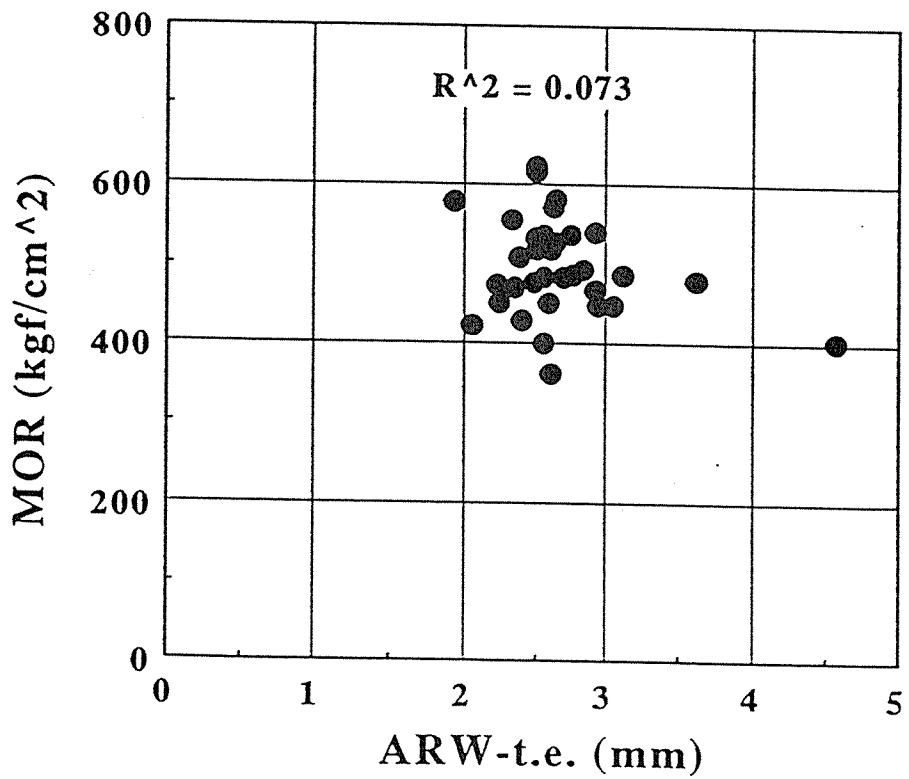


図2 末口平均年輪幅(ARW-t.e.)と曲げ強度(MOR)との関係

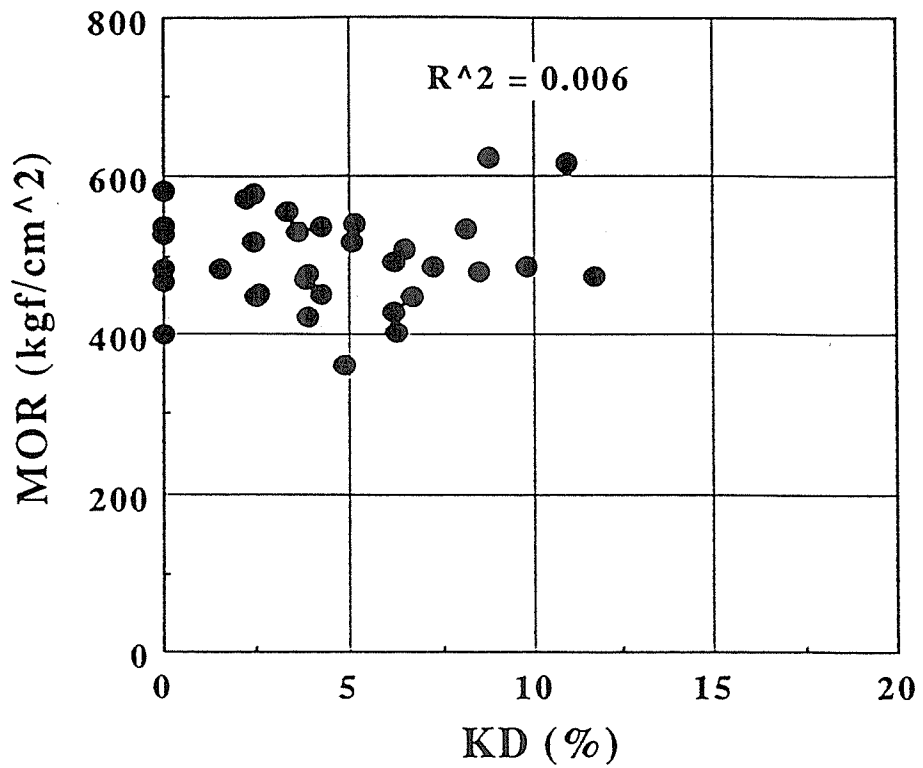


図3 最大単独節径比(KD)と曲げ強度(MOR)との関係

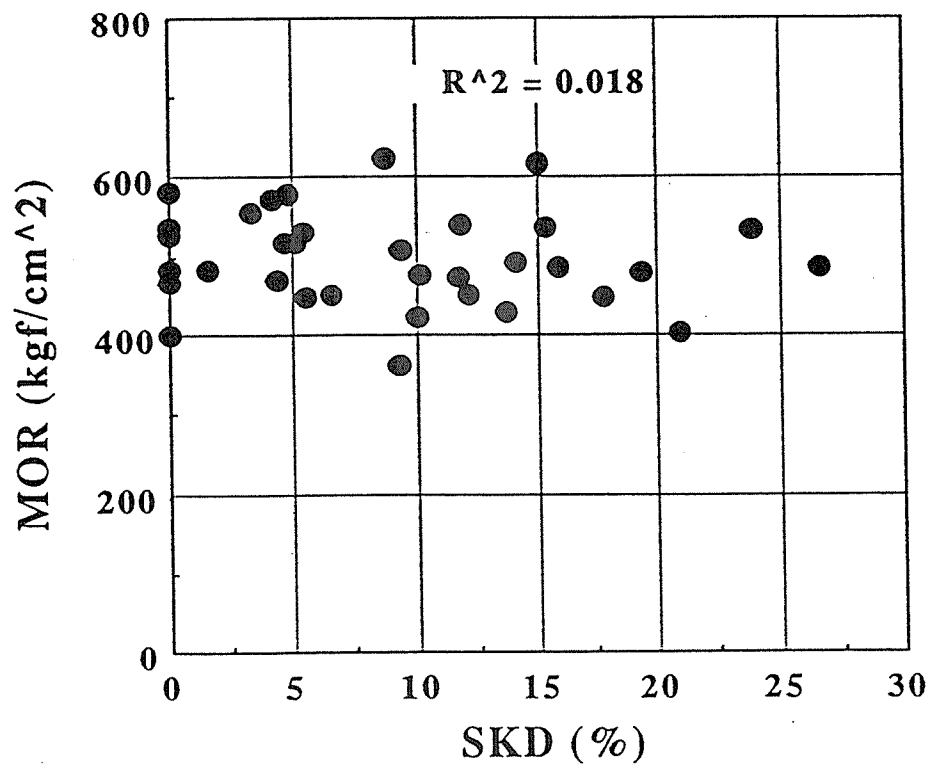


図4 最大集中節径比(SKD)と曲げ強度(MOR)との関係

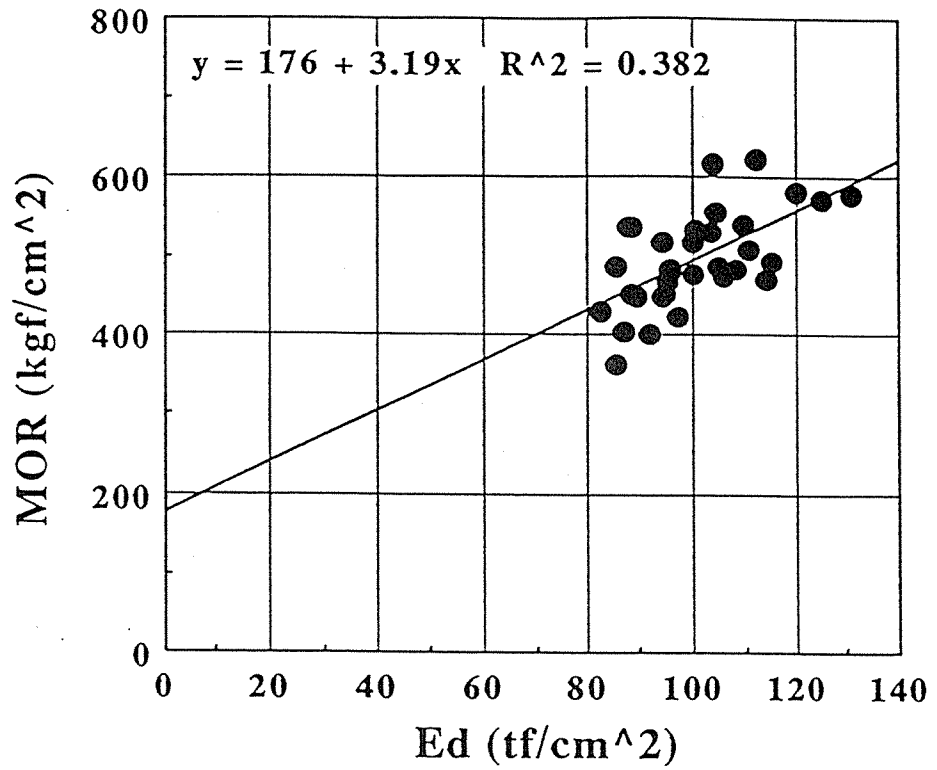


図5 動的ヤング係数(E_d)と曲げ強度(MOR)との関係

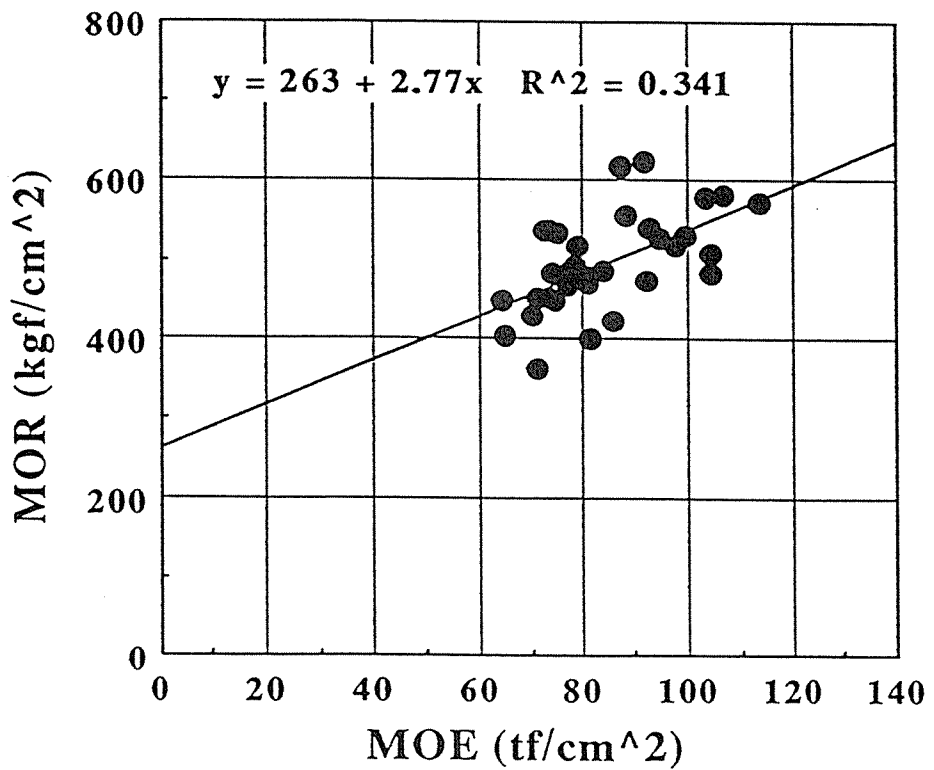


図6 静的曲げヤング係数(MOE)と曲げ強度(MOR)との関係

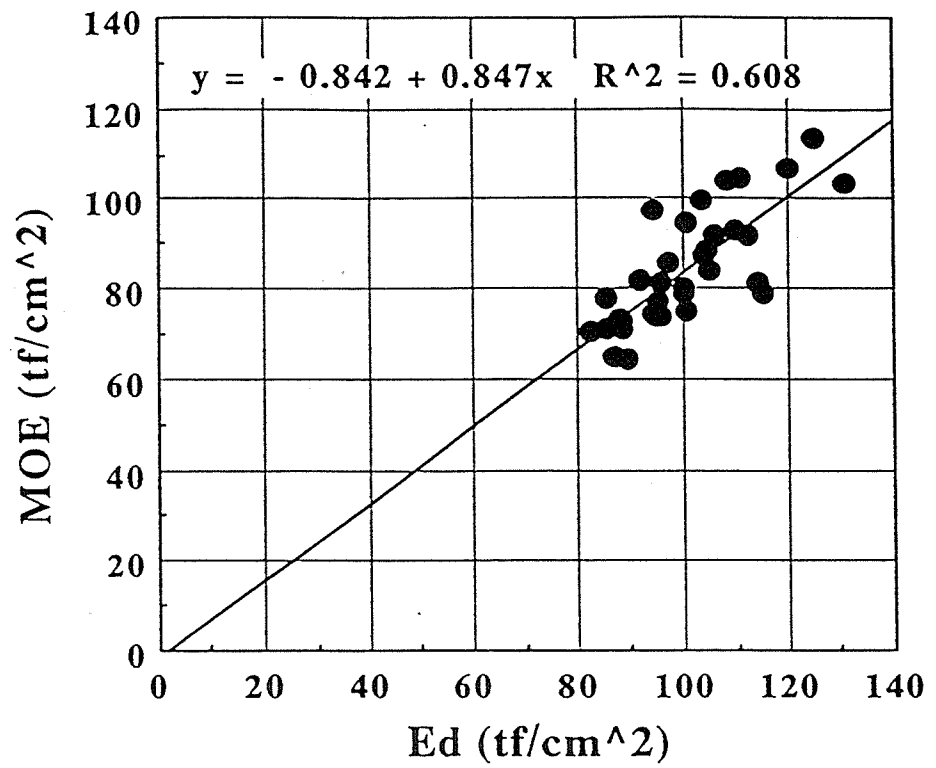


図7 動的ヤング係数(Ed)と静的曲げヤング係数(MOE)との関係

参考資料

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

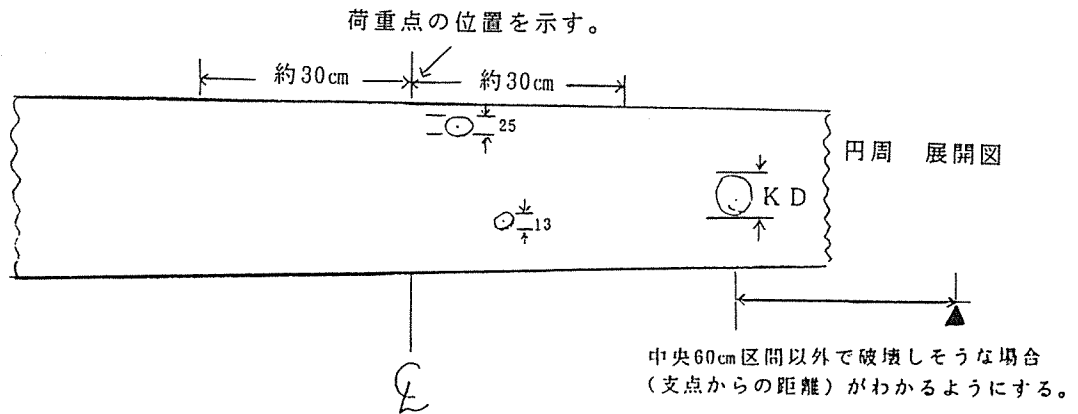


図1 欠点調査図

- 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なる。

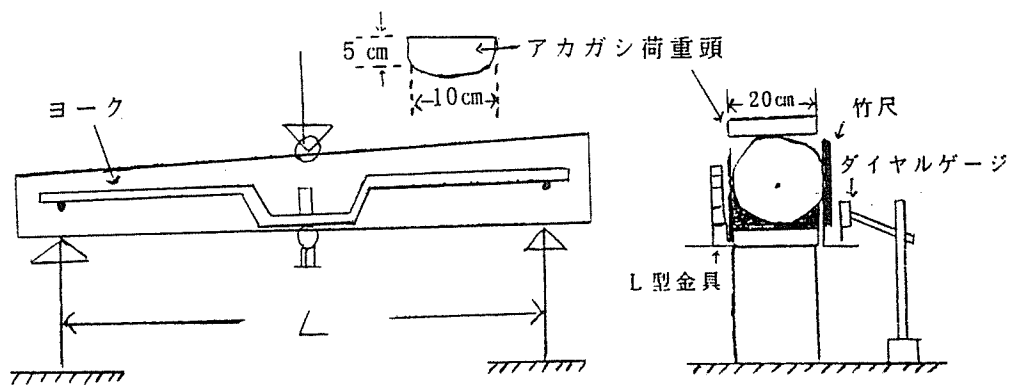


図2 中央集中荷重方式による丸太の実大曲げ試験方法

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。

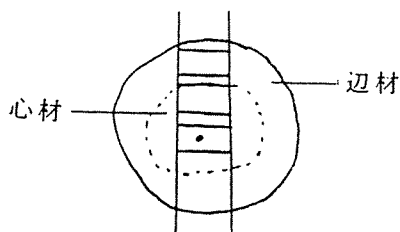


図3 比重用試験体木取図

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。

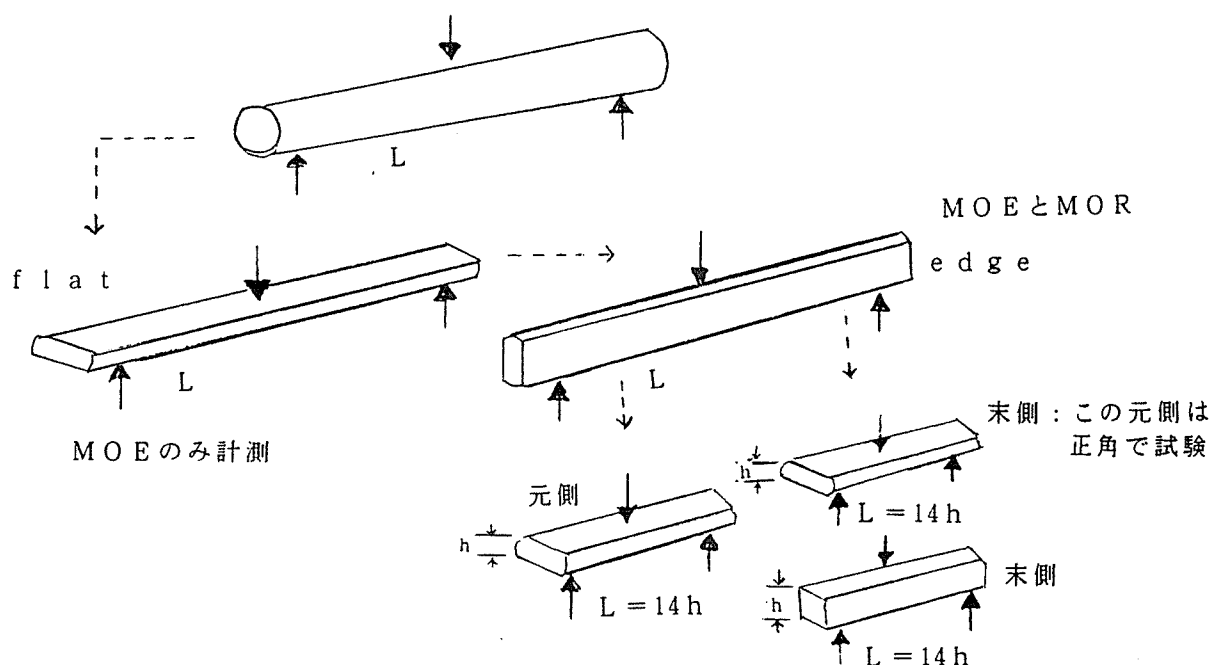


図4 たいこの実大曲げ試験の流れ図

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、12cm×12cm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。

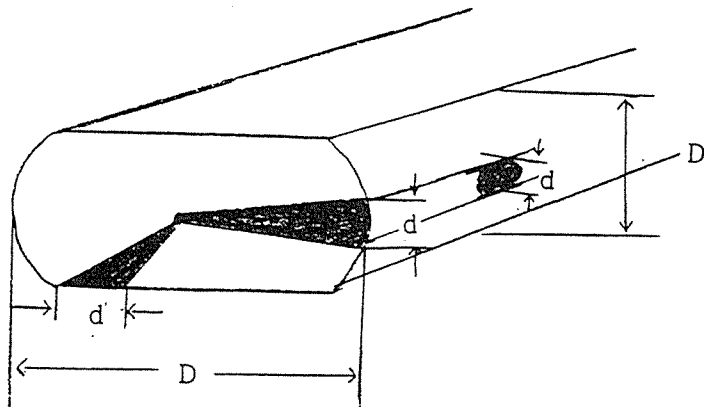


図5 たいこ挽材の節径比測定方法

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

$$Z = 2I / b$$

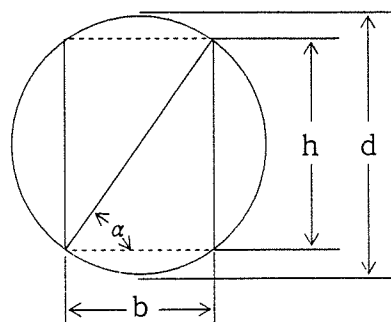
(3) 製材品

$$A = b h$$

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

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

但し、



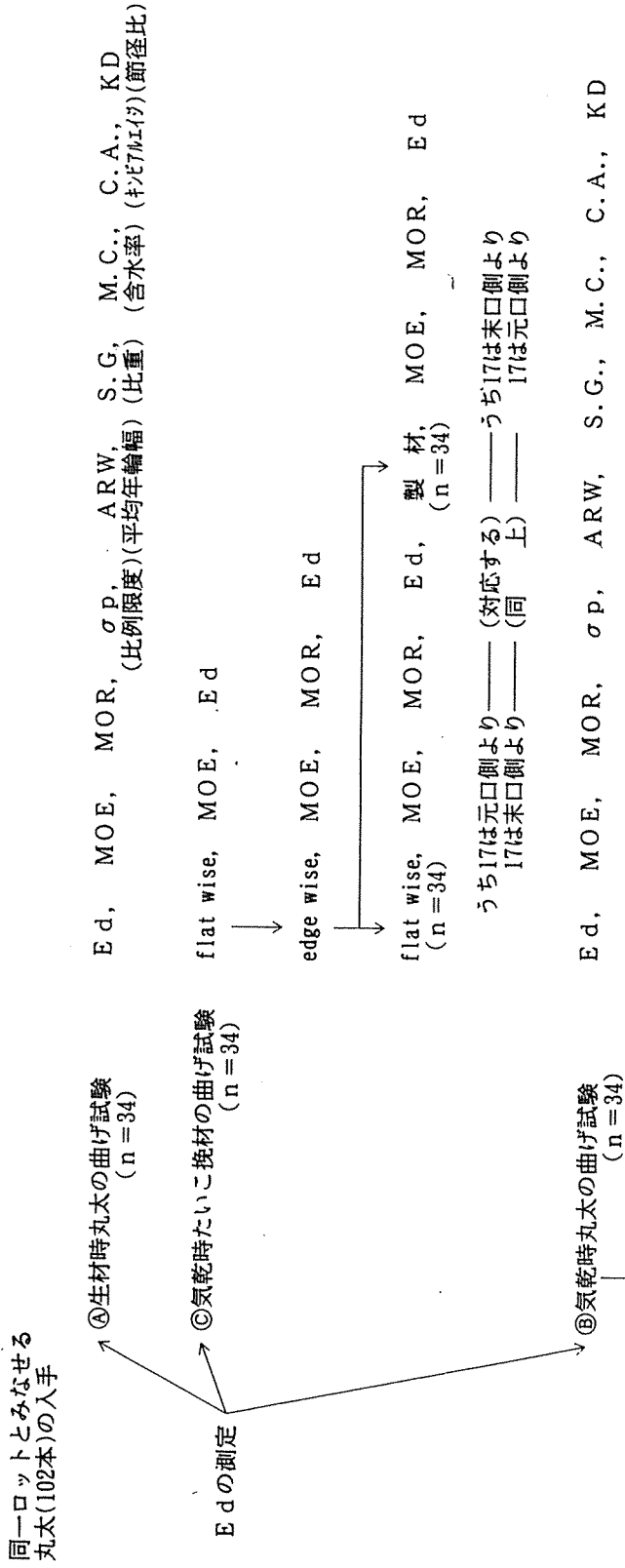
$$\alpha = \tan^{-1}(\sqrt{d^2 - b^2} / b)$$

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：たいご挽材：製材のMOE, MORの比が明らかになる。例えば

{	MOE ;	たいごedge ;	たいごflat ;	製材	
		1.20 ;	1.15 ;	1.05 ;	1.00
		MOR ;	1.15 ;	1.00 ;	1.00
- 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生とEI製材の比。
- 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。