

愛媛県産スギ平角材の曲げ強度試験(2)

高温乾燥と背割りを施した平角材

誌名	愛媛県林業技術センター研究報告 = Bulletin of the Ehime Prefectural Forest Research Center
ISSN	13489534
著者名	松岡,真悟 西浦,政隆
発行元	愛媛県林業技術センター
巻/号	22号
巻号補足	
掲載ページ	p. 14-21
発行年月	2004年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



愛媛県産スギ平角材の曲げ強度試験(Ⅱ)

— 高温乾燥と背割りを施した平角材 —

松岡 真 悟 ・ 西 浦 政 隆*

スギ中目材を構造部材の梁桁材(平角)に活用し、更に、高含水率の黒心材を有効に利用することを目的として、平角に背割り処理と高温乾燥を施し、強度・材質の検討を行った。マッチングさせた材長 700mm の平角に、高温乾燥(120℃)、中温乾燥(90℃)、天然乾燥の3種の乾燥を施した後、JIS Z 2101 による曲げ及び衝撃曲げ試験を行った結果、曲げ試験において、高温乾燥材が 5%水準で強度性能が低い部位が確認され、また、衝撃曲げ試験では、どの部位においても平均値で高温乾燥材が低く、高温乾燥による強度劣化の可能性が示唆された。実大平角曲げ試験の結果では、高温乾燥(110℃)、天然乾燥、中温乾燥(100℃)、中温乾燥(80～90℃)の4種間において、曲げヤング率については有意差がみられなかったものの、曲げ強度については1%水準で有意差がみられ、高温乾燥材において10～13%低下した(含水率15%、梁せい150mm、試験条件:スパン=18hの3等分4点荷重の調整値による比較)。しかしながら、高温乾燥と背割りを組み合わせることで、短時間で乾燥が可能であり、その上、背割りによる曲げヤング率の低下はみられず、また、背割りの開きも少なく乾燥後も安定していた。更に、高温乾燥材は、他の乾燥材と比べて平衡含水率が低く、その分曲げ強度は他の乾燥材レベルにまで補われ、曲げ強度(無調整値)の95%下限値も22.4N/mm²で、建築基準法施行令に示す無等級材の材料強度22.2N/mm²を上回っていた。背割りと高温乾燥処理は、平角としての利用にとって有効な手段であるといえる。

キーワード — 平角、高温乾燥、強度試験、背割り、黒心材

1. 緒言

近年、スギの径級は柱適寸を過ぎ、中目材に移行しているが、その面で新たな利用方法が模索されている。

また、スギに多くみられる黒心材は、見た目の悪さだけではなく、その含水率の高さから乾燥面で困難が生じ、大幅に材価を落としている。

そこで、スギ中目材を構造部材の梁桁材(心持ち平角)に利用することとし、また、高含水率黒心材への対策として、背割り処理と高温乾燥を施した。

高橋(1994)によると、スギ心持ち材への背割り加工は、乾燥速度を速め、また、曲げ強度においては若干弱くなるものの、ヤング率への影響は無いとし、背割り材は柱材としての利用だけでなく、曲げ部材としても利用できると報告している。

橋本(1997)や山本(1999)によると、高温乾燥によるスギ材の強度的劣化については、ヤング率には見られないと報告されているが、山本(1999)によると、曲げ強度については低下し材がもろくなると報告しており、コストや効率を重視しただけの高温乾燥への危険性を示唆している。

しかしながら、現在では高温乾燥の普及も進み、実際の流通現場でも高温乾燥材が多いことから、今回は120℃一定という厳しい乾燥条件を踏まえながら、天然乾燥平角と、過去に行った中温乾燥(最高温度100℃)及び中温乾燥(最高温度80～90℃)平角の実大強度試験との差異も視野に入れ、先に、マッチング材による材長700mmの平角で乾燥の様子を確認後、JIS 強度試験(曲げ及び衝撃曲げ:JIS Z

2101)で強度劣化度合いを調査した上で実大曲げ強度試験を行い、その強度・材質を検討した。

なお、本報の一部には、西浦・武智(1998)の報告中のデータを引用した。

2. 材料及び方法

2.1 材長 700mm 平角の乾燥試験及び JIS 小試験体用

2.1.1 供試材料

愛媛県産スギ丸太を上浮穴郡久万町内の原木市場で10本用意した。原木の選別段階では、目視の判断により、最も赤心側を0、最も黒心側を5として心材色を6段階に区分した上で、0、1、2の赤心側のものを除いた。

2.1.2 平角の作成と乾燥

2.1.1の原木から、断面220mm×130mmの心持ち平角を作成し、深さ $h/2$ (h =梁せい)、幅3mmの背割りを施した。

この平角から、材長700mmの試験体を3本連続採取し、それぞれの両木口面をエポキシでシーリングした上で、目標含水率を20%として次の乾燥を施した。

- ・ 高温乾燥(乾球温度 120℃、湿球温度 80℃一定条件)
- ・ 中温乾燥(乾球温度 90℃一定、湿球温度 85℃→70℃)
- ・ 天然乾燥(屋外屋根付き)

試験体は、3種類の乾燥に対して、マッチングで3分割ずつした中でランダムに振り分けた。

また、これらは乾燥前後に、背割り幅を測定した。

なお、今回の含水率評価は、マッチングした材の材間部を用いた全乾法による含水率測定後、その材間部と700mm平角との重量比によって算出した、材全体の推定含水率であり、内部の水分傾斜の測定によらないことを申し添える。

2.1.3 JIS 小試験体(JIS Z 2101)の作成

乾燥後の心持ち平角から、図-1の要領で、20mm×20mm×320(曲げ)、300(衝撃曲げ)mmの小試験体采取了。

採取位置1～3については、曲げ試験に、採取位置4、5については衝撃曲げ試験に供した。なお、試験体は、温度20℃、湿度65%中で、平衡含水率を得た。

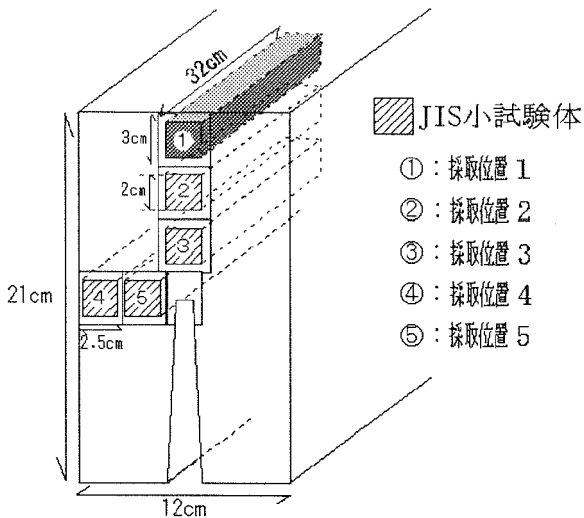


図-1 JIS 小試験体採取要領

2.1.4 JIS 小試験体曲げ試験

曲げ試験は、JIS Z 2101 に準じて、中央集中荷重方式で、ミネベア製 TCM-10000 を用いて、荷重速度1.5mm/minにて行った。

2.1.5 JIS 小試験体衝撃曲げ試験

衝撃曲げ試験は、JIS Z 2101 に準じて、3点荷重式シャルピー法にて、米倉製作所 10CW を用いて行った。

2.2 実大平角試験用

2.2.1 供試材料及び乾燥

愛媛県産スギ丸太 135 本を上浮穴郡久万町内の原木市場で用意し、目視による心材色測定をした上で、仕上げ寸法を210mm×120mm×4,000mmとして心持ち平角を作成した。

用意した試験体 135 本に、生材段階で高さ $h/2$ (h =梁せい)、幅3mmの背割りを入れ、そのうち96本に高温乾燥を、39本に天然乾燥を施した。なお、この両者に用いたそれぞれの材は、生材時の動的ヤング率(後述)において有意差がでないように振り分けた。

高温乾燥は、乾球温度110℃—湿球温度95℃の一定条件にて行った。

天然乾燥は、屋外屋根付きにて行った。

なお、乾燥機は蒸気式乾燥機を使用し、目標含水率は、平均15%以下とした。

2.2.2 目視等級区分

仕上がり後の試験体に対し、「針葉樹の構造用製材の日本農林規格」の甲種構造用Ⅱに準じて形質調査を実施し、目視等級区分を行った。

2.2.3 背割りによる曲げヤング率への影響

背割りによるヤング率の影響をみるため、

- ① 生材時の背割り施工前及び施工後の動的ヤング率(リオン製 FFT マイクロアナライザー(SA-71)で固有振動数を測定)の差
- ② 乾燥、挽き直し後の、背割り面を引張側に設置したもの及び背割り面を圧縮側に設置したものについての500kg死荷重法によるヤング率(MOEL500kg)の差

の測定をそれぞれ行った。

500kg死荷重法の試験条件は後述の実大曲げ試験と同じ条件で行った。

2.2.4 実大平角曲げ強度試験

実大曲げ試験は、JT トーシ製 WST-100 試験機(最大容量1000kN)を用い、スパン360cm、荷重点間120cmの3等分4点荷重法にて行った。

たわみ計測は、東京測器製変位計 SDP-200D にて、材両側のスパン全体中央部たわみを測定し、その平均値をもってスパン全体のたわみとし、これを元に全スパンの曲げヤング率(MOEL)を求めた。

また、曲げ強度は今後 MOR と表記する。

曲げ試験終了後、破断箇所近傍両端部から、無欠点の板を採取し、全乾法にて含水率を求め、材全体の含水率の代表値とした。

3. 結果

3.1 材長700mm平角の乾燥試験及びJIS小試験体試験結果

3.1.1 原木の素性

使用した原木の素性を表-1に示す。

意図的に目視判断による赤心材を除いた結果、心材色は4.2と大幅に黒心に傾いた。

3.1.2 材長700mm平角の乾燥結果

700mm平角の3種類の乾燥結果及び乾燥後100日目の背割り幅の様子について表-2に示す。

短期乾燥を目的に行った背割り入り高温乾燥では、含水率を82%から20%以下にするのに約3日しか要せず、また、背割り幅では、中温乾燥において開きが大きく(1%水準で有意)、平均値では高温乾燥材が最も開きが小さかった。更に、乾燥後100日目の背割りの開きでは、人工乾燥材では乾燥直後とほとんど変わっておらず、反対に、乾燥直後には高温乾燥材と同程度であった天然乾燥材においては、背割り幅は大幅に増加していた。

高温乾燥及び中温乾燥の乾燥過程における背割り幅と推定含水率及び背割り幅と乾燥時間の関係について、それぞれ図-2～5に示す。

表-1 使用した小試験体試験用原木の素性

項目	材長 cm	直径		年輪数		平均年輪幅		密度 kg/m ³	心材色 目視により 赤味0-黒 味5
		末口	元口	末口	元口	末口	元口		
		cm	cm			mm	mm		
平均値	413.4	28.7	32.0	49	57	3.1	3.0	601	4.2
標準偏差	5.7	1.4	2.0	12	14	0.9	0.8	48	-
変動係数[%]	1.4	5.0	6.2	25	24	29	25	8.0	-
最大値	424.0	30.5	35.8	65	78	2.3	2.2	660	-
最小値	406.0	26.0	28.7	31	38	1.0	1.0	531	-

表-2 700mm 小試験体平角の各種乾燥結果

乾燥方法		初期平均	最終平均	平均乾燥	背割り幅	100日後の	100日後の
		推定含水率	推定含水率	速度	(乾燥終了直後)	背割り幅	推定含水率
		%	%	%/日	mm	mm	%
高温乾燥	平均値	82.7	19.4	20.3	7.6	7.6	14.5
n=10	標準偏差	17.7	9.0	3.7	1.9	1.8	6.4
中温乾燥	平均値	82.8	19.6	5.8	13.9	14.5	15.0
n=10	標準偏差	18.0	7.5	1.0	1.5	1.8	4.4
天然乾燥	平均値	79.1	23.5	0.3	8.1	13.2	18.7
n=10	標準偏差	17.0	3.4	0.1	1.6	1.9	2.7

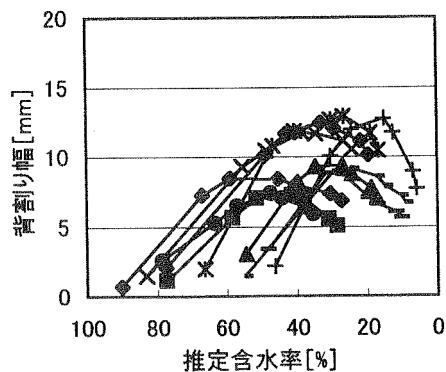


図-2 高温乾燥過程における背割り幅と推定含水率の関係

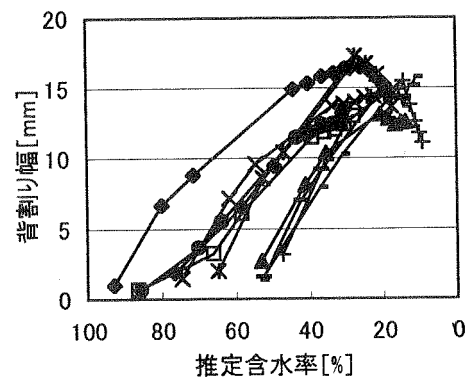


図-3 中温乾燥過程における背割り幅と推定含水率の関係

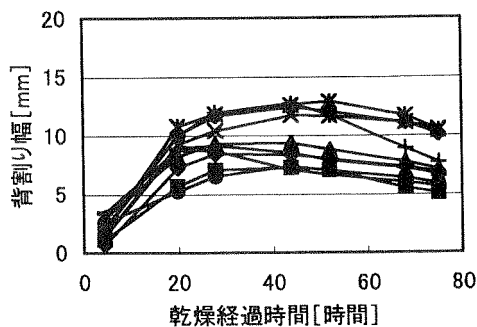


図-4 高温乾燥過程における背割り幅と乾燥時間の関係

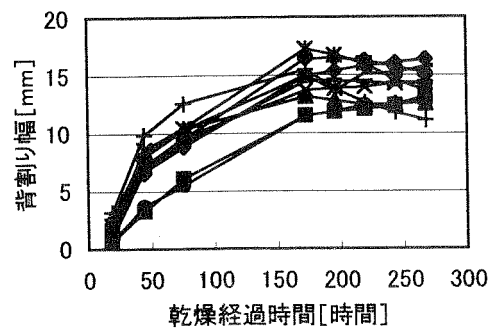


図-5 中温乾燥過程における背割り幅と乾燥時間の関係

高温乾燥と中温乾燥を比べると、高温乾燥の方が、背割りの開きのピークを越えてからの減少が激しかった(図-2)。また、図-2, 3に見られるように、背割りの開きのピークを迎えたときの含水率は一樣ではなく、乾燥過程における背割り幅は、図-4, 5に見られるとおり、個々に同じような傾向を示している乾燥時間との関係が強い傾向を示した。

3.1.3 JIS 小試験体の採取結果

3種の乾燥を施した10体ずつの 700mm 平角のうち、採取位置1~3(曲げ試験用)の無欠点小試験体が、3種間ですべて採取できたものは5体ずつであり、採取位置4, 5(衝撃曲げ試験用)で3種間すべて採取できたものは6体ずつであった。

以降のJIS 小試験体試験結果は、これらについて示す。

3.1.4 JIS 小試験体曲げ試験結果

JIS 曲げ試験の結果得られた、曲げヤング率、曲げ強度及び含水率等を表-3に、曲げヤング率及び曲げ強度の採取位置別・乾燥方法別による差をそれぞれ図-6, 7に、また、曲げヤング率と曲げ強度の相関を図-8に示した。

対応のある検定の結果、曲げヤング率においては、採取位置3において、高温乾燥材は他の2つの乾燥材よりも低く(5%水準で有意)、採取位置1, 2, 3全体の平均値においても天然乾燥材との間で若干低い傾向を見せた($P=0.06$)。

曲げ強度においては、採取位置1, 2, 3の全体平均において高温乾燥と天然乾燥との間にのみ有意な差が見られた(5%水準)。

しかしながら、平角の断面において最も大きな面積を占める材縁部の採取位置1及び採取位置2において、強度性能に有意差がないことから、高温乾燥における平角の強度劣化は問題にならない程度と予想される。

ただし、これらのことは、高温乾燥材の平衡含水率は最も低く(1%有意)、このことが、強度性能を引き上げているためにあまり強度差が現れなかったためと考えられ、実際には、平衡含水率が高かった天然乾燥と比べて、高温乾燥材の強度性能が低い傾向にあることを考えると、高温乾燥による強度性能の低下は否めない。

また、曲げヤング率と曲げ強度の相関図(図-8)では、人工乾燥材は、天然乾燥材と比べてその回帰直線の傾き=曲げ強度/曲げヤング率が小さい傾向にあったが、これは、人工乾燥において温度をかけること自体の影響を意味しているとも思われた。

3.1.5 JIS 小試験体衝撃曲げ試験結果

衝撃曲げ試験で得られた衝撃曲げ吸収エネルギーを表-4に、衝撃曲げ吸収エネルギーの採取位置別・乾燥方法別による差を図-9に示した。

衝撃曲げ吸収エネルギーでは、3種の乾燥材間に明確な有意差は見られなかった。しかしながら、

平均値では高温乾燥材がどの部位においても低く現れ、また曲げ試験の時と同様に、含水率が最も低かった高温乾燥材(1%有意)と最も高かった天然乾燥材(1%有意)の関係を考えると、高温乾燥による衝撃曲げ性能の低下は否めない。

3.2 実大平角強度試験結果

3.2.1 実大曲げ試験用の材の素性

実大曲げ試験用背割り入り高温乾燥平角に供した原木の素性を表-5に示す。ここでは、心材色により特に選別を設けなかったため、心材色の平均は2.8とほぼ中間値を示した。

また、鋸挽き後の生材の動的ヤング率平均値及び標準偏差は、高温乾燥用で($n=96$, 平均値 6.98kN/mm^2 , 標準偏差 1.23)、天然乾燥用で($n=39$, 平均値 7.05kN/mm^2 , 標準偏差 1.16)であった。

3.2.2 平角材の素性と目視等級区分の結果

乾燥、挽き直し後の平角材の素性と目視等級区分の結果を表-6に示す。

高温乾燥材では、天然乾燥材と比べて1級の比率が多く、2級は同程度であり、その分3級の比率が少ない形になった。しかしながら、武智・村口(1994)や西浦・武智(1998)により、目視等級区分による強度への影響は明確でないこと、機械等級区分がより正確であることが明らかにされているため、今回は目視等級区分の両者間の差は無視した。

背割り幅では、高温乾燥材は平均値で 6mm と開きが小さく、完全に閉じているものもあり、天然乾燥材と比べてもその開きはおよそ半分であり、高温乾燥材では挽き直し時の歩留まりが大きかった。

3.2.3 背割りによるヤング率への影響

① 生材時の背割り施工前及び施工後の動的ヤング率の差

② 乾燥、挽き直し後の、背割り面を引張側に設置したもの及び背割り面を圧縮側に設置したものについての MOEL500kg の差

について、測定結果を表-7に示す。

なお、動的ヤング率算出に用いる要因である密度算出時には、背割りによる欠損分は体積から除いた。

対応のある検定の結果、①の場合と②の場合で両者間に有意差はみられなかった。

この結果、橋本(1997)や山本(1999)が示したように、背割りによる曲げヤング率への影響は無いものと思われた。

3.2.4 実大曲げ強度試験結果

3.2.4.1 曲げヤング率(MOEL)

実大曲げ強度試験による MOEL 測定結果を表-8に示した。また、西浦・武智(1998)が行った中温乾燥(100℃)及び中温乾燥(80~90℃)の心持ち平角曲げ強度試験の結果を、比較対象のために引用併記し、併せた4種の乾燥別の MOEL の出現頻度をそれぞれ図-10~13に示した。

なお、これらの値は、客観的な比較を行うため、材の強度試験法に準じ、含水率補正(15%)、寸法調整(梁せい 150mm)及び試験条件補正(曲げスパン=18h,荷重点間=6h:h=梁せい)に調整した。含水率補正は、ASTM D-2915 によるが、比較データの客観性を重んじて、含水率が 15%以上のものも未満のものも全て 15%に補正した。また、真のヤング係数 E とせん断弾性係数 G の比は、E/G=15 とした。

分散分析の結果、高温乾燥(110℃)、中温乾燥(100℃)、中温乾燥(80～90℃)、天然乾燥の4つの

(財)日本住宅・木材技術センター(2000)「構造用木乾燥を施した平角のそれぞれの MOEL には、有意差がみられなかった。

3.2.4.2 曲げ強度(MOR)

実大曲げ強度試験による、MOR 測定結果を表一9に示した。また、西浦・武智(1998)が行った、中温乾燥(100℃)及び中温乾燥(80～90℃)の心持ち平角曲げ強度試験の結果を引用し、併せた4種の乾燥別 MOR の出現頻度をそれぞれ図一14～17 に示した。

表一3 JIS 小試験体曲げ試験結果

採取位置		曲げヤング率 kN/mm ²			曲げ強度 N/mm ²			試験時密度 kg/m ³			平衡含水率 %		
		高温乾燥	中温乾燥	天然乾燥	高温乾燥	中温乾燥	天然乾燥	高温乾燥	中温乾燥	天然乾燥	高温乾燥	中温乾燥	天然乾燥
1	平均値	9.50	9.07	9.50	68.4	68.1	68.5	444	432	449	12.6	13.7	15.1
	標準偏差	0.62	0.41	0.69	2.9	2.6	2.2	18	18	15	0.6	1.2	0.6
2	平均値	9.18	8.91	9.24	62.0	62.0	65.0	435	454	457	13.5	15.9	15.7
	標準偏差	0.92	0.53	1.20	6.5	2.2	6.4	23	18	25	0.6	0.7	0.5
3	平均値	7.20	8.07	8.29	55.3	58.5	60.9	416	455	449	13.8	16.1	15.8
	標準偏差	0.85	0.99	1.49	6.8	5.7	12	30	26	30	0.6	0.7	0.8
全体	平均値	8.63	8.68	9.01	61.9	62.9	64.8	431	447	452	13.3	15.2	15.5
	標準偏差	1.30	0.82	1.29	7.8	5.5	8.6	27	23	24	0.8	1.4	0.7

表一4 JIS 小試験体衝撃曲げ試験結果

採取位置		衝撃曲げ吸収エネルギー kJ/m ²			試験時密度 kg/m ³			平衡含水率 %		
		高温乾燥	中温乾燥	天然乾燥	高温乾燥	中温乾燥	天然乾燥	高温乾燥	中温乾燥	天然乾燥
4	平均値	32.6	34.7	39.0	373	363	383	10.7	12.8	15.4
	標準偏差	5.0	10.8	9.6	35	37	32	1.4	1.7	0.4
5	平均値	33.0	42.2	37.4	381	387	383	12.6	14.3	15.9
	標準偏差	8.0	11.1	6.5	32	19	18	1.1	1.7	0.6
全体	平均値	32.8	38.5	38.2	377	375	383	11.6	13.5	15.7
	標準偏差	6.7	11.6	8.2	34	32	26	1.6	1.9	0.6

表一5 使用した実大平角曲げ試験用原木の素性

n=135

項目	材長 cm	直 径		年 輪 数		平均年輪幅		密度 kg/m ³	心材色 目視により 赤味0～黒 味5
		末口 cm	元口 cm	末口	元口	末口 mm	元口 mm		
平均値	411.7	28.5	33.6	34	40	4.4	4.4	712	2.8
標準偏差	8.4	2.1	3.3	9	9	1.0	1.0	92	—
変動係数[%]	2.0	7.2	9.9	25.3	23.9	22.1	22.8	12.9	—
最大値	467.8	33.8	45.8	75	80	7.2	8.4	893	—
最小値	397.8	24.5	28.0	18	22	2.0	2.0	433	—

表一6 乾燥・挽き直し後の材の素性と目視等級区分結果

		梁せい	平均年輪幅	背割り幅	気乾密度	目視等級区分発生割合[%]		
		mm	mm	mm	kg/m ³	1級	2級	3級
高温乾燥	平均値	202	5.4	6.0	381	22.9	61.5	15.6
	標準偏差	12	1.3	3.3	32			
	n=96 変動係数[%]	6.0	24	55	8.3			
天然乾燥	平均値	205	5.2	12.4	364	12.8	64.1	23.1
	標準偏差	9	1.5	2.4	28			
	n=39 変動係数[%]	4.5	29	19	7.7			

表-7 背割りによる曲げヤング率への影響

	n=135 単位: kN/mm ²			
	生材時		乾燥、挽き直し後	
	動的ヤング率		500kg死荷重によるヤング率	
	背割り		背割り面	
	施工前	施工後	下側	上側
平均値	7.00	6.99	7.63	7.62
標準偏差	1.21	1.20	1.32	1.30
変動係数[%]	17.3	17.1	17.3	17.0

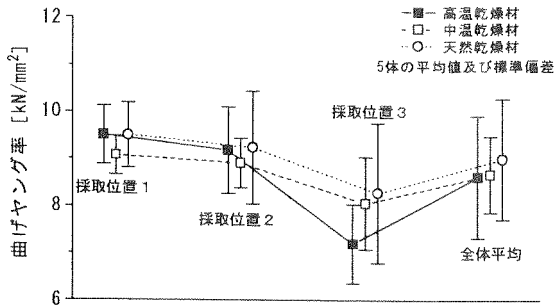


図-6 JIS 小試験体の採取位置別・乾燥方法別曲げヤング率

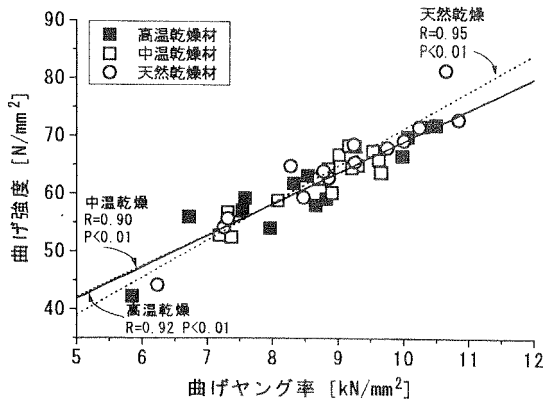


図-8 JIS 小試験体の乾燥方法別曲げヤング率-曲げ強度相関図

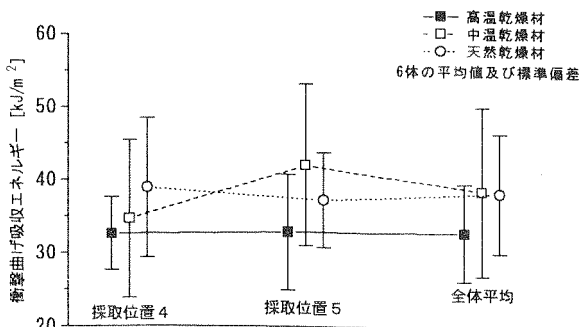


図-9 JIS 小試験体の採取位置別・乾燥方法別衝撃曲げ吸収エネルギー

表-8 曲げヤング率測定結果

単位: kN/mm ²					
	高温乾燥 110℃	天然乾燥	中温乾燥 100℃	中温乾燥 80～90℃	
試験体数	96	39	41	52	
MOEL	平均値	7.27	7.01	7.25	7.46
	標準偏差	1.25	1.21	1.00	1.40
	変動係数[%]	17.1	17.3	13.7	18.7
含水率	平均値	10.8	15.3	12.3	15.1
	標準偏差	3.0	1.3	2.0	4.5
	変動係数[%]	28	8.4	17	30

MOELは、梁せい150mm、含水率15%時の調整値
含水率は、破壊試験時の値

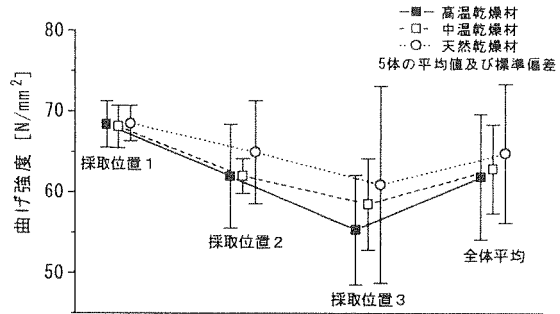


図-7 JIS 小試験体の採取位置別・乾燥方法別曲げ強度

なお、これらの値は、曲げヤング率と同様に(財)日本住宅・木材技術センター(2000)「構造用木材の強度試験法」に準じ、含水率補正(15%)、寸法調整(梁せい150mm)及び試験条件補正(曲げスパン=18h, 荷重点間=6h:h=梁せい)に調整した。含水率補正はヤング率の時と同様に行った。

分散分析の結果、4種の乾燥材の MOR には、有意差があり(1%水準)、MOR 平均値において、高温乾燥(110℃)のものは、他3種の乾燥のものとは比べ、平均値で約10~13%低い結果となった。

含水率調整を行わず、寸法調整(150mm)及び試験条件補正のみを行った時の高温乾燥(110℃)平角の曲げヤング率(MOEL₁)及び曲げ強度(MOR₁)並びに全く無調整の実際の曲げヤング率:MOEL₀及び曲げ強度: MOR₀を表-10に示す。また、MOEL₀及び MOR₀分布図をそれぞれ図-18, 19に示す。

高温乾燥(110℃)平角の MOR₁では、他3種の乾燥材の MOR との間に有意差はなく、つまり、高温乾燥材では、平衡含水率が低いことで、他の乾燥材の含水率15%時の曲げ強度と同程度の強度を持つことが判明した。また、MOEL₁では、他の3種の乾燥材の MOEL との間に有意差を示し(1%水準)、高温乾燥(110℃)平角材の MOEL₁が最も高くなった。

更に、MOR₀の95%下限値は22.4N/mm²であり、建築基準法施行令に示すスギ無等級材の材料強度22.2N/mm²を超えており、構造材への利用上問題がないと判明した。

表-9 曲げ強度測定結果

試験体数	単位: N/mm ²			
	高温乾燥 110℃	天然乾燥	中温乾燥 100℃	中温乾燥 80~90℃
MOR				
平均値	33.7	37.5	37.0	38.7
標準偏差	7.46	9.71	6.14	9.10
変動係数[%]	22.1	25.9	16.6	23.5
含水率				
平均値	10.8	15.3	12.3	15.1
標準偏差	3.0	1.3	2.0	4.5
変動係数[%]	28	8.4	17	30

MORは、梁せい150mm、含水率15%時の調整値
含水率は、破壊試験時の値

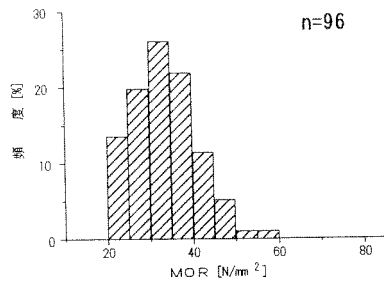


図-10 高温乾燥(110℃)平角 MOEL 出現頻度

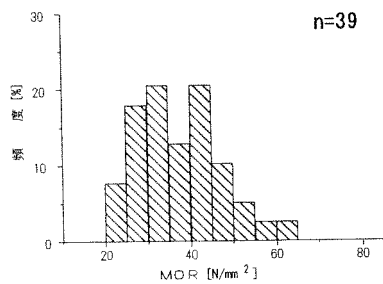


図-11 天然乾燥平角 MOEL 出現頻度

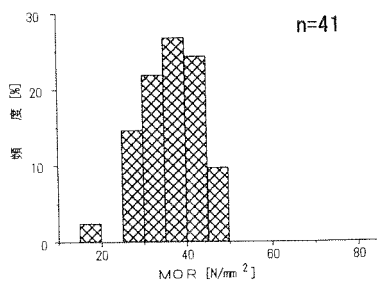


図-12 中温乾燥(100℃)平角 MOEL 出現頻度

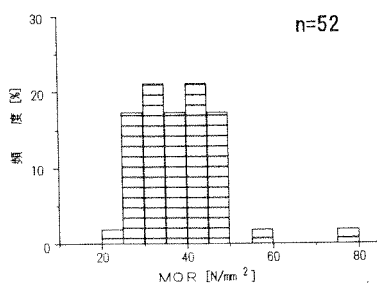


図-13 中温乾燥(80~90℃)平角 MOEL 出現頻度

表-10 高温乾燥(110℃)平角の調整によらない強度性能

	n=96			
	MOEL _i kN/mm ²	MOR _i N/mm ²	MOEL ₀ kN/mm ²	MOR ₀ N/mm ²
平均値	7.80	37.3	7.79	33.2
標準偏差	1.31	7.96	1.31	7.04
変動係数[%]	16.8	21.3	16.8	21.2

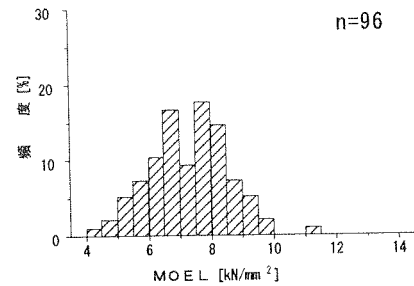


図-14 高温乾燥(110℃)平角 MOR 出現頻度

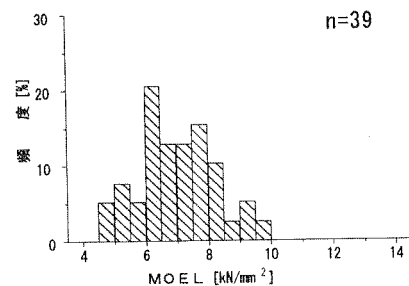


図-15 天然乾燥平角 MOR 出現頻度

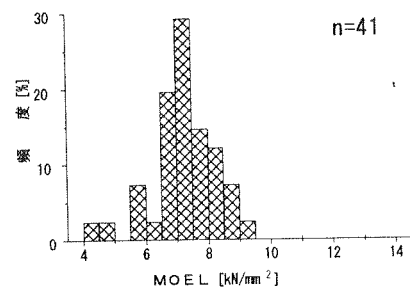


図-16 中温乾燥(100℃)平角 MOR 出現頻度

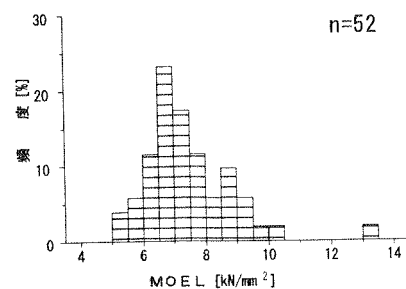
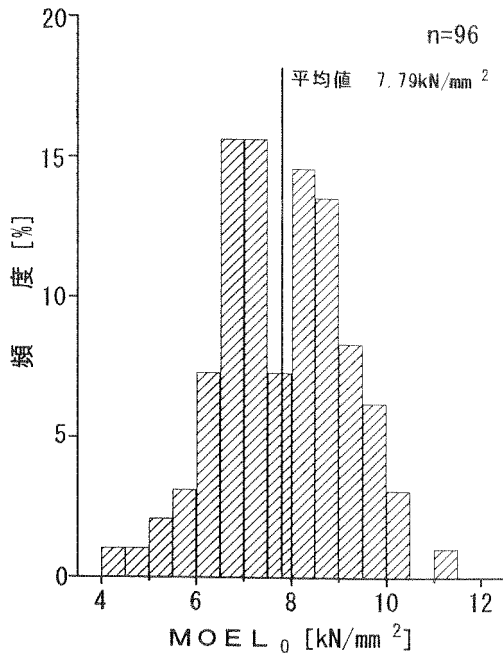
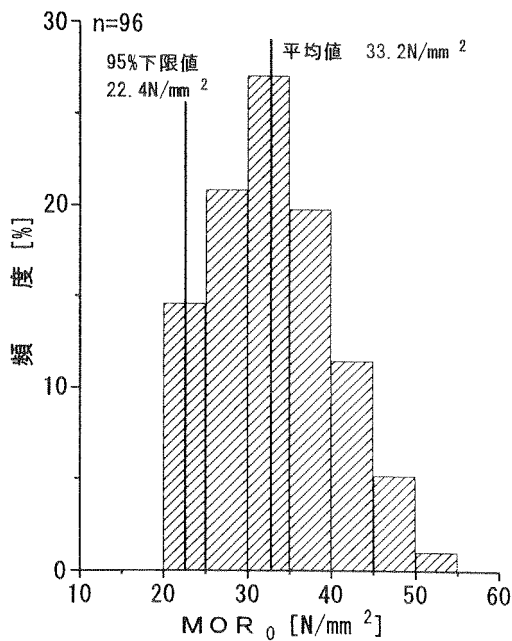


図-17 中温乾燥(80~90℃)平角 MOR 出現頻度

図-18 高温乾燥(110°C)平角 MOEL₀出現頻度図-19 高温乾燥(110°C)平角 MOR₀出現頻度

4. 考察

スギ中目材を平角として利用するときに、スギに多く見られる黒心材への対策として高温乾燥と背割り処理を施してその強度への影響を確かめた。

マッチングした材長 700mm 平角での 120°C 高温乾燥の結果、初期含水率 82% から 20% に仕上げるまでわずか 3 日間であり、中温乾燥と比べ大幅な時間短縮が計られた。

しかしながら、120°C という過酷な条件での乾燥の結果であるために、JIS 小試験体曲げ及び衝撃曲げ

試験の結果、強度低下の傾向が見られ、高温乾燥の平衡含水率の低さに由来すると思われる強度の向上があったうえで他の乾燥材と同程度と言えるレベルであった。

高温乾燥と背割りを施した実大平角での曲げ試験の結果、高温乾燥材では背割りの開きは小さく、挽き直し時の歩留まりが大きかった。また、背割りによるヤング率への影響は無かったが、一方で高温乾燥を施したことで、曲げ強度の低下が見られた。しかしながら、高温乾燥材は、小試験体試験と同様に平衡含水率が低く、含水率調整を行わない比較では、高温乾燥材の曲げ強度と中温及び天然乾燥材の含水率 15% 時の曲げ強度には差が無く、また、含水率調整のない高温乾燥材の曲げヤング率においては他種乾燥材の含水率 15% 時のものと比べて高い値が得られた。更に、寸法及び含水率調整の無い実際の高温乾燥材の曲げ強度では、95% 下限値は 22.4 N/mm² であり、建築基準法施行令に示すスギ無等級材の材料強度 22.2 N/mm² を超えており、構造材への利用上問題がないと判明した。

スギ材では、高温乾燥により曲げ強度の低下が見られるが、実用上問題がないと言える。

参考文献

- 橋本彰(1997)スギ柱材の効率的乾燥と強度性能. 林業技術シンポジウム要旨 30 :11-16.
- 西浦政隆・武智正典(1998)愛媛県産スギ平角材の曲げ強度試験. 愛媛県林試研報 19 :97-107.
- 社団法人全国木材組合連合会編(1999)針葉樹の構造用製材の日本農林規格並びに解説 14.
- 高橋幹生(1994) スギ構造材の乾燥法 (I). 山形県林業試験場研究報告 24 :1-5.
- 武智正典・村口良範(1994)県産材の材質特性と加工利用技術の解明ー(県産スギ正角材の強度)ー. 愛媛県林試研報 15:113-139.
- 山本学(1999)人工乾燥温度が曲げ強度に及ぼす影響. 広島県林業技術センター研究報告 31:33-36.
- 財団法人日本住宅・木材技術センター(2000)住宅資材性能規定化対策事業地域材性能評価事業・報告書<構造用木材の強度試験法> pp.51-56.