

(資 料)

心持ちスギ材の材面割れ発生量に及ぼす乾燥条件の影響

中 嶋 康

Effect of the drying conditions on the amount of surface crack of Sugi

(*Cryptomeria Japonica*) timber with a pith

Yasushi NAKASHIMA

要 旨

高温乾燥、中温乾燥、天然乾燥で処理した心持ちスギ乾燥材の材面割れ発生量を、最近作成された品質基準で評価した。その結果、品質基準を満たす材の出現割合は高温乾燥で5割以上となった一方で、中温乾燥で3割以下、天然乾燥で1割以下となり、高温乾燥に比べて、中温乾燥や天然乾燥では、品質基準を満たす乾燥材生産は難しいと考えられた。また、材面割れ発生量のみを基準とした場合の乾燥材の品質は、縦圧縮強さに影響を及ぼさなかった。

キーワード：心持ちスギ、材面割れ、品質基準、乾燥条件、縦圧縮強さ

目 次

緒 言	48	2. 結果、考察	50
1. 試験方法	48	2.1 乾燥条件と材面割れとの関係	50
1.1 試験体	48	2.2 縦圧縮強さと材面割れの関係	50
1.2 乾燥条件	48	2.2.1 乾燥条件別の縦圧縮強さ	50
1.3 材面割れの測定方法	48	2.2.2 機械等級区分別の縦圧縮強さ	50
1.4 材面割れの評価方法	49	3. 結 言	51
1.5 縦圧縮強度試験	49	参考文献	51

緒 言

心持ちスギ正角材の人工乾燥で発生する材面割れは、視覚的に見苦しい、施工上の問題になるなどの理由で工務店やハウスメーカーが敬遠するため¹⁾、財団法人日本住宅・木材技術センター（以下住木センターとする）が最近作成した乾燥材品質基準の中には、用途、樹種に応じた「割れ」の上限値が設定されている²⁾。

そこで本研究は、県内の乾燥材生産現場で最も多く使われている中温蒸気式乾燥³⁾や天然乾燥で処理した心持ちスギ乾燥材の材面割れを、住木センターの品質基準で評価し、さらに比較対象として乾燥温度100℃以上の高温乾燥⁴⁾で処理した材の材面割れも同様の評価を行い、心持ちスギ正角材の表面割れ発生量に及ぼす乾燥条件の影響を検討した。

また、材面割れ強度低下の原因と言われる例も多いため、材面割れの基準で分類した品質と柱の縦圧縮強さとの関係について、乾燥条件別、製材JASの機械等級区分別⁵⁾で検討した。

1. 試験方法

1.1 試験体

試験体は10.5×10.5×265cmの心持ちスギ正角材（黒心材は除く）72体とした。試験体は乾燥前と乾燥後に3等分点中央荷重形式で見かけの曲げヤング率（ヤング率）と、木口から小試片を採取して全乾法で含水率をそれぞれ以下の式により求めた。

$$E = \Delta Pa (3L^2 - 4a^2) / (48I \Delta Y)$$

E ：見かけの曲げヤング率 (N/mm²)、 ΔP ：比例領域における上限荷重と下限荷重との差 (N)、 a ：1/2シエアスパン (mm)、 L ：ロードスパン (mm)、 I ：断面2次モーメント (mm⁴)、 ΔY ： ΔP に対応するスパン L に対するたわみ (mm)

$$MC = (W_1 / W_0 - 1) \times 100(\%)$$

MC ：含水率(%), W_1 ：全乾前の重量 (g)、 W_0 ：全乾後の重量 (g)

表-1に各乾燥条件の乾燥前のヤング率と初期含水率

表-1 乾燥試験前の各条件の含水率と曲げヤング率

	n	含水率 (%)		曲げヤング率 (kN/mm ²)	
		mean	s.d.	mean	s.d.
高温乾燥	24	107.8	26.8	6.60	1.3
中温乾燥	24	101.4	20.2	6.48	1.3
天然乾燥	24	99.3	29.5	6.51	1.2

mean:平均値 s.d.標準偏差

を示す。荒武ら⁶⁾は、割れが生じやすい材は、生じにくい材よりも曲げ強さが高いと報告していることから、各条件間でヤング率が等しくなるよう振り分けた。

1.2 乾燥条件

表-2に人工乾燥条件を示す。乾燥条件は乾燥温度110℃の高温蒸気式乾燥（以下高温乾燥とする）、乾燥温度80℃の中温蒸気式乾燥（以下中温乾燥とする）、天然乾燥の3種類とした。人工乾燥機はIF型蒸気式木材乾燥機（㈱日本電化工機製）を使用した。人工乾燥スケジュールは含水率ステップとし、コントロール材の含水率が13%に達した時点で調湿に移行した。

表-2 高温乾燥と中温乾燥の温度条件および乾燥スケジュール

乾燥条件	時間 (Hour)	含水率* (%)	乾球温度 (°C)	湿球温度 (°C)	平衡含水率 (%)	炉内湿度 (%)	備考
高温乾燥 (最高温度:110℃)	0	68	95	95		100	
	6	68	95	95		100	蒸煮
	29	51	105	100	10	85	
	48	41	105	95	8	70	
	132	13	110	95	6	58	
	140	12	55	50	13	60	調湿
中温乾燥 (最高温度:80℃)	0	78	95	95		100	
	6	78	95	95		100	蒸煮
	53	55	75	70	12	80	
	102	44	75	68	10	70	
	156	33	80	70	8	65	
	312	17	85	73	7	60	
	320	16	55	50	13	80	調湿

* コントロールの含水率

天然乾燥は8月から11月まで温度3℃～40℃、相対湿度12%～74%の条件で行い、コントロール材の重量が一定値になった時点で終了した。

各乾燥条件で含水率減少経過の目安として使用したコ

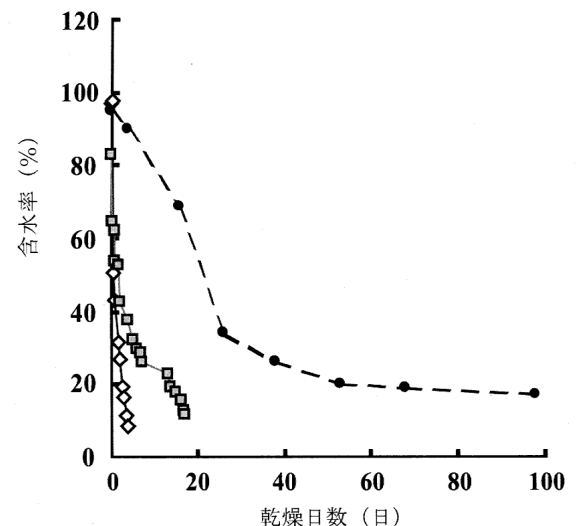


図-1 乾燥条件別の乾燥経過の比較*

◇ 高温乾燥 □ 中温乾燥 ● 天然乾燥
*コントロール材の含水率

ントロール材は全試験体の初期含水率中 (50~180%) で平均的な初期含水率 (100%) である試験体とした。図-1に各乾燥条件の乾燥経過を示す。コントロール材が20%以下になるまでの時間は、110℃高温乾燥条件で4日、80℃中温乾燥条件で17日間、天然乾燥条件で98日であった。

1.3 材面割れの測定方法

乾燥後に全ての割れ幅 (mm) と割れ長さ (mm) を測定した。住木センターの評価方法に従い、試験体の割れ幅は最大値とし、割れ長さは合計値とした。

1.4 材面割れの評価方法

表-3に住木センター作成の材面割れ基準を示す。本研究では、基準を満たした試験体の出現割合から、乾燥条件が材面割れ発生量に及ぼす影響を評価した。さらに、材面割れ幅を1mm未満、1mm以上3mm未満、3mm以上の3区分とし、材面割れ長さを100mm未満、100mm以上500mm未満、500mm以上の3区分として、それぞれの区分での出現割合を求めて、乾燥条件が割れ幅、割れ長さの発生量に及ぼす影響を検討した。

表-3 心持ちスギ乾燥材の材面割れ基準

含水率 (%)	品質ランク	材面割れ基準*	
		幅(mm)	長さ(mm)
15	A	1	100
	B	3	500
20	A	1	100
	B	3	500

*柱角、心持ちスギ材、見え隠れに使用に限定

1.5 縦圧縮強度試験

図-2に柱材の縦圧縮強度試験風景を示す。縦圧縮試験には油圧式加力試験機 (前川製作所製:容量1000kN)

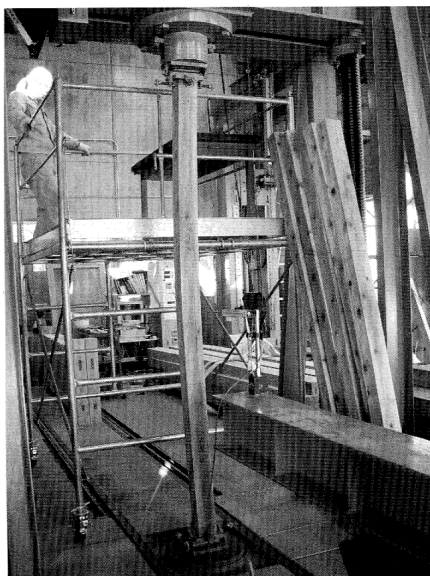


図-2 縦圧縮試験

を使用した。試験体の長さは250cmとし、両端ピン支持で行った。加力はスパン中央部での変位速度一定とし、最大荷重に到達後、終了した。縦圧縮強さは以下の式で求めた⁷⁾。

$$CS = P_{max} / A$$

CS: 縦圧縮強さ (N/mm²)

P_{max}: 最大荷重 (N)

A: 断面積 (mm²)

試験終了後、含水率試片を採取し、全乾法で試験時の含水率を測定した。

2. 結果と考察

2.1 乾燥条件と材面割れとの関係

図-3に、試験体一体あたりの表面割れ個数と木口割れ個数を乾燥条件別に示す。材面割れは、高温乾燥材で平均1個所、中温乾燥材で平均2個所、天然乾燥材で平均7個所に発生した。また、高温乾燥材、中温乾燥材と異なり、天然乾燥材の表面割れ個数は木口割れ個数よりも多くなった。これは、天然乾燥は人工乾燥で行われる応力緩和処理が不可能なためと考えられる。

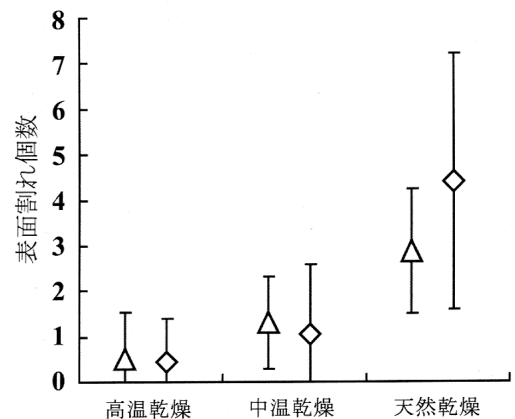


図-3 乾燥条件の材面割れ個数の比較

誤差バー: 標準偏差

△: 木口割れ ◇: 表面割れ

表-4に住木センターが示す材面割れの品質基準への適合割合を乾燥条件別に示す。品質がBランク以上となった試験体の出現割合は、高温乾燥で52%、中温乾燥で26%、天然乾燥で4%となった。このことから、高

表-4 乾燥条件別の材面割れの品質基準に適合した割合の比較

品質*	高温乾燥		中温乾燥		天然乾燥	
	出現数	割合 (%)	出現数	割合 (%)	出現数	割合 (%)
A	11	48	5	22	0	0
B	1	4	1	4	1	4
AB合計	12	52	6	26	1	4
基準外	11	48	17	74	23	96

* 表-3参照

表-5 乾燥条件別の試験後の含水率と強度試験結果

	含水率 (%)		ヤング率 (kN/mm ²)		縦圧縮強さ (N/mm ²)	
	mean	s.d.	mean	s.d.	mean	s.d.
高温乾燥材	12.0	2.1	7.02	1.2	9.63	1.8
中温乾燥材	11.4	1.6	6.55	1.2	9.36	1.7
天然乾燥材	17.2	1.6	6.31	1.0	9.06	1.5

mean: 平均値 s.d: 標準偏差

縦圧縮強さを乾燥条件別に示す。縦圧縮強さは高温乾燥で9.6N/mm²、中温乾燥で9.4 N/mm²、天然乾燥で9.1 N/mm²となり、乾燥条件が縦圧縮強さに及ぼす影響は見られなかった。また高温乾燥や中温乾燥と比べて、天然乾燥の曲げヤング率、縦圧縮強さが低いのは、天然乾燥材の含水率が高いためと考えられる。

図-6に材面割れの品質基準内と基準外で縦圧縮強さを比較した結果を乾燥条件別に示す。高温乾燥材と中温乾燥材の縦圧縮強さは、品質基準内で8.4N/mm²、8.2 N/mm²、基準外で9.8 N/mm²、8.8 N/mm²となり、材面割れの品質基準外が基準内を下回ることはなかった。

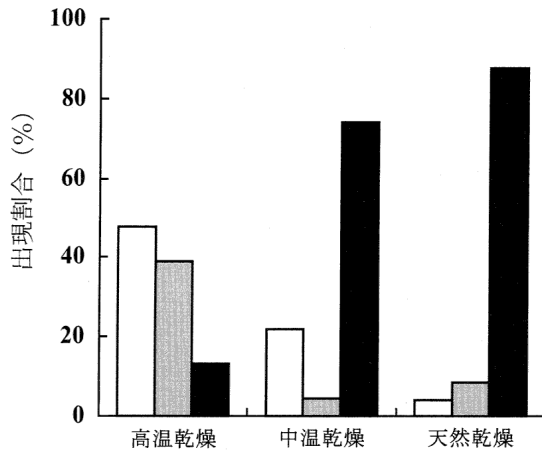


図-4 乾燥条件別の最大割れ幅出現割合の比較
□ 1mm以下 ■ 1mm以上3mm以下 ■ 3mm以上

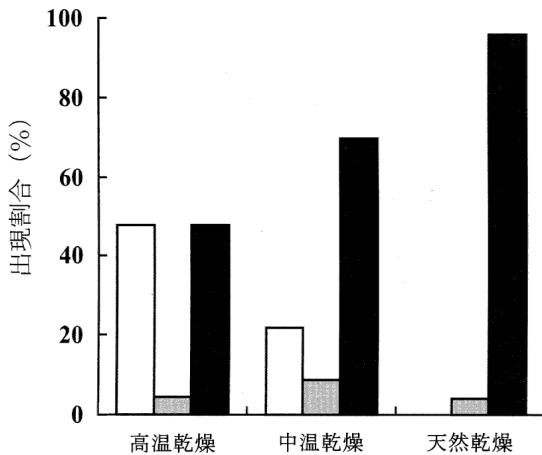


図-5 乾燥条件別の割れ長さ出現割合の比較
□ 100mm以下 ■ 100mm以上500mm以下 ■ 500mm以上

中温乾燥に比べて、中温乾燥や天然乾燥では、割れの品質基準を満たす乾燥材生産は難しいと考えられる。

図-4に材面割れ幅区分毎の出現割合を乾燥条件で比較した結果を示す。割れ幅が3mm以下となった試験体の出現割合は、高温乾燥で90%以上、中温乾燥で26%、天然乾燥で10%となった。図-5に材面割れ長さ区分毎の出現割合を乾燥条件で比較した結果を示す。割れ長さが500mm以下となった試験体の出現割合は、高温乾燥で52%、中温乾燥で31%、天然乾燥で4%となり、表-4に示す値に近似した。このことから、住木センターの材面割れ基準は、合計割れ長さの測定で、適合割合が明らかになることが示された。

2.2 縦圧縮強さと材面割れの関係

2.2.1 乾燥条件別の縦圧縮強さ

表-5に試験時の含水率、乾燥後の曲げヤング率、縦

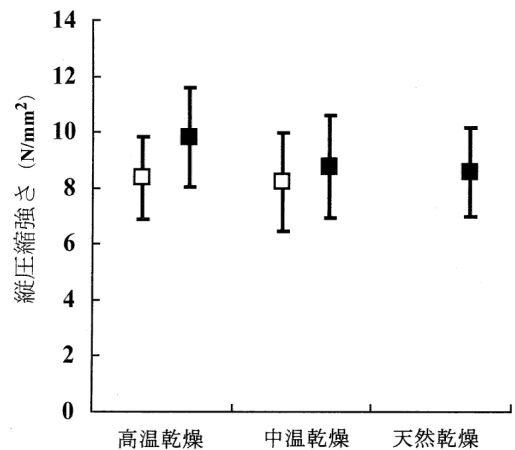


図-6 材面割れ品質基準と縦圧縮強さとの関係
□ 基準内 ■ 基準外
誤差バー: 標準偏差

また、天然乾燥材は全試験体中9割以上が品質基準外となったため、同一乾燥条件内での材面割れによる縦圧縮強さの比較が不可能となったが、天然乾燥材の品質基準外の縦圧縮強さは、高温乾燥、中温乾燥条件の縦圧縮強さと明確な違いが見られなかったことから、材面割れは心持ちスギ柱の縦圧縮強さに影響を及ぼさないと考えられる。

2.2.2 機械等級区別の縦圧縮強さ

表-6に住木センターが示す品質基準別の試験体の出現割合を機械等級区別に示す。ヤング率の等級が高くなるにつれて、材面割れの品質基準を満たす材の出現割合は低くなった。これは、材が変形しやすいほど材面割

表-6 機械等級区分間の材面割れ品質基準に適合した割合の比較

品質*	E50		E70		E90	
	出現数	割合(%)	出現数	割合(%)	出現数	割合(%)
A	6	30	8	20	2	18
B	1	5	2	5	0	0
AB合計	7	35	10	25	2	18
基準外	13	65	30	75	8	96

* 表-3参照

れが発生しにくいことから、割れが生じやすい材の曲げ強さは、割れが生じにくい材よりも高いとした荒武らの報告と同様の傾向を示していた⁶⁾。

図-7に機械等級区分内で材面割れの品質基準内と品質基準外の縦圧縮強さを比較した結果を示す。等級E50、E70の縦圧縮強さは、基準内で6.9 N/mm²、8.7 N/mm²、基準外で7.0 N/mm²、9.1 N/mm²となり、割れの有無に関わらず、等級が高くなると縦圧縮強さも大きくなった。このことから、材面割れは心持ちスギ柱の機械等級区別の縦圧縮強さに影響を及ぼさないと考えられる。

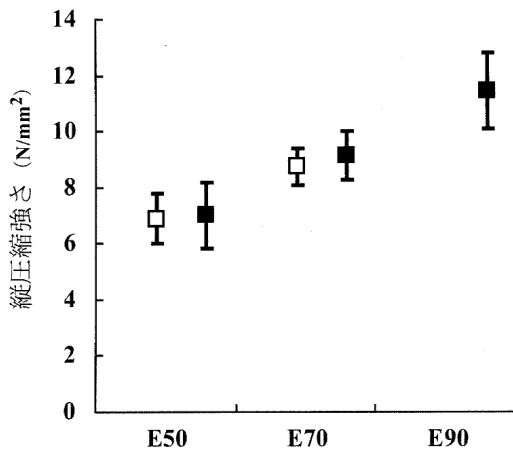


図-7 機械等級区別の材面割れ品質基準と縦圧縮強さとの関係

□ 基準内 ■ 基準外
誤差バー：標準偏差

3. 結 論

高温乾燥、中温乾燥、天然乾燥で処理した心持ちスギ乾燥材の材面割れ発生量を、最近作成された品質基準で評価した。その結果、品質基準を満たす材の出現割合は高温乾燥で5割以上となった一方で、中温乾燥で3割以下、天然乾燥では1割以下となり、高温乾燥に比べて、中温乾燥や天然乾燥では、品質基準を満たす乾燥材生産は難しいと考えられた。また、材面割れ発生量のみを基準とした場合の乾燥材の品質は、縦圧縮強さに影響を及ぼさなかった。

参考文献

- 1) 大熊幹章 (1990) 木造住宅における木材乾燥の実態とその適正化に関する研究.住宅・土地問題研究論文集 15:271~316.
- 2) 財団法人 日本住宅・木材技術センター (2003) 品質・性能向上技術調査・開発事業報告書 (国産材針葉樹乾燥材の生産技術マニュアル)
- 3) 岩手県農林水産部林業振興課 (2003) 岩手県の木材需給と木材工業の現況 (平成13年度実績)
- 4) 吉田孝久・橋爪丈夫 (2000) カラマツ及びスギ心持ち柱材の高温乾燥特性—高温低湿乾燥条件が乾燥特性に及ぼす影響と曲げ強度性能—.長野県林業総合センター研究報告14:3~18.
- 5) 農林水産省告示第1596号(2002)針葉樹の構造用製材の日本農林規格.(社)全国木材組合連合会
- 6) 荒武志朗・有馬孝禮・迫田忠芳・中村徳孫 (1993) スギ構造材の干割れが力学的性質に及ぼす影響-曲げ強さと曲げヤング係数について. 木材工業48:166~170.
- 7) 杉山秀男(1968)木構造. 79pp, 彰国社, 東京