

スギ心持ち柱材の天然乾燥について (Ⅲ)*1

—表面割れ抑制のための前処理効果—

三ヶ田 雅敏*2 · 豆田 俊治*2

スギ心持ち柱材の天然乾燥は、材表面に大きな割れが発生し易く、厳しい市場評価を受けることが多い。そこで、表面割れ抑制を目的に、天然乾燥の前処理として短時間の高温低湿乾燥を行い、その効果を検討した。前処理後の乾燥方法は、実用規模の屋内天然乾燥及び屋外天然乾燥、並びに熊本型新乾燥システムによる乾燥とし、比較として無処理の屋外天然乾燥を行った。その結果、表面割れの割れ率は、低い順に熊本型14.1%、屋内天然乾燥16.3%、屋外天然乾燥23.3%、無処理の屋外天然乾燥61.0%となり、処理材が無処理材に比べて明らかに低く、前処理による表面割れ抑制効果が認められた。

I. はじめに

スギ心持ち柱材の天然乾燥は、人工乾燥に比べて乾燥時の環境負荷が小さく(1)、低コスト乾燥ができる等のメリットがあるが(2)、デメリットとして乾燥に長期間を要し、材表面に幅3~4mmの表面割れが発生し易い(3)。こうした大きな割れは市場評価が厳しく、返品の対象にさえなる。

最近、短時間の高温低湿乾燥を前処理として行い、その後の乾燥温度を下げることで割れ等を抑制する乾燥方法が試みられている(4)。

そこで、天然乾燥の前処理として短時間の高温低湿乾燥を行い、その後、実用規模の天然乾燥を通して材の表面割れ抑制効果を検討したので、その結果を報告する。

II. 材料及び試験方法

(1) 供試材

供試材は、日田市内の製材所で製材した直後のスギ心持ち柱材(11.5cm正角・長さ3m)80本を用いた。供試材の概要を表-1に示した。

表-1. 供試材の概要

	本数	初期含水率	平均年輪幅	気乾比重
熊本型	20	56.5 (15.9)	6.0 (1.1)	0.41 (0.03)
屋内天乾	20	55.3 (12.8)	6.0 (0.8)	0.41 (0.03)
屋外天乾	20	52.3 (16.3)	5.5 (0.7)	0.42 (0.03)
無処理屋外天乾	20	52.6 (11.1)	6.1 (0.7)	0.42 (0.03)

() は標準偏差

供試材は、重量の平均値と標準偏差がほぼ同じになるように4グループ(各20本)に分け、3グループは前処理の後、屋内天然乾燥(以下、屋内天乾)、熊本型新乾燥システム(5)(以下、熊本型)、屋外天然乾燥(以下、屋外天乾)を行い、残りの1グループは、対照材として無処理のまま屋外天然乾燥(以下、無処理屋外天乾)を行った。

(2) 前処理

前処理は、当場の高温蒸気式乾燥機(ヒルデブランド社製・収容能力4m³)を使用した。処理スケジュールは、乾球温度98℃で4時間(蒸煮開始からの経過時間)の蒸煮を行った後、乾球温度110℃、湿球温度80℃の条件で6時間の高温低湿乾燥を行った。前処理に要した時間は、棧積み、搬入、昇温、材の冷却、搬出を含めると、合計約24時間である。

これは、表面割れ抑制のための必要最小限のドラインセットを形成し、併せて高温処理による材へのダメージ軽減と現場における乾燥サイクルを想定して設定した時間である。

(3) 天然乾燥の方法

天然乾燥は、日田市内で大規模な屋外天然乾燥を行っている安心院製材所の施設で、2001年6月から4ヶ月間行った。

屋内天乾は作業場兼倉庫で、屋外天乾は写真-1に示すように、土場の天然乾燥中の棧積み内に4ロット積み上げた中の下から3段目に配置した。なお、屋外天乾は3ヶ月間屋外で行い、最後の1ヶ月間は屋内天乾を行った。これは、屋外天乾の期間は3ヶ月間が最適であるというこれまでの試験結果による(6)。

また、熊本型は、最高乾球温度約40℃、主に昼間のみ運転する間欠運転で10日間の処理を行い、その後は林業試験場の屋内で約3ヶ月半の天然乾燥を行った。

無処理屋外天乾の条件は、屋外天乾と同じである。

(4) 測定方法

測定は、前処理前、前処理後及び試験終了時に重量、含水率計

*1 Mikeda, M. and Mameda, S.: Improvement of air drying of sugi boxed-heart square timber (Ⅲ) - Effects of steaming on controlling surface cracks

*2 大分県林業試験場 Oita Pref. Forest Exp. Stn., Hita, Oita 877-1363



写真-1. 屋外天乾の状況

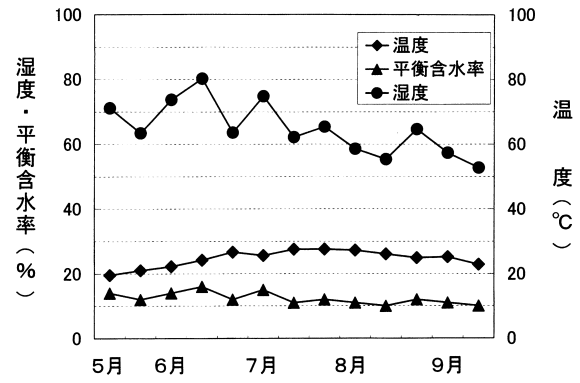


図-1. 平衡含水率の変化（屋内天乾）

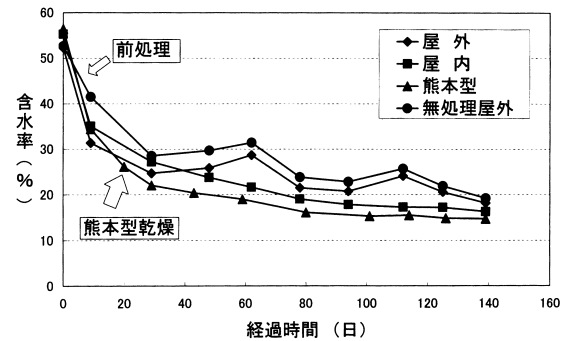


図-2. 含水率の経時変化

含水率、寸法、割れ（長さ・幅）、曲がり、ヤング係数の各項目について行い、期間の間でも割れを測定した。重量は含水率の経時変化を把握するため、2週間毎に測定を行った。試験終了時には、両木口から50cm離れた位置から厚さ3cmの試験片を採取し、全乾法で含水率を求めた。さらに、各処理区から4本を抽出し、36等分割による水分傾斜を求めた。

また、天然乾燥の指標となる平衡含水率を把握するため、タバイエスベック社のサーモレコーダーRS-10を用い、試験した場所の温度、湿度を1時間毎に自動計測した。

Ⅲ. 試験結果と考察

(1) 平衡含水率

天然乾燥は、乾燥を行った場所における平衡含水率を把握する必要があるため、温湿度を自動計測したが、屋外天乾を行った場所では測定器のトラブルで測定できなかった。屋内天乾における温湿度及び平衡含水率を図-1に示した。

梅雨時期の6月下旬と7月中旬は平衡含水率が15%と幾分高かったが、それ以外は10~12%であった。これは大分地方の年平均屋外平衡含水率である約15%（7）に比べて低い値である。

ところで、当場のコンクリート張り屋内の平衡含水率も10~12%で、屋外のそれより低く、屋内天乾の方が乾燥時間の短縮につながると推察された。

(2) 含水率の経時変化

処理別の含水率の経時変化を図-2に示した。

含水率は、試験終了時の全乾法含水率と定期的に測定した重量から求めた。処理別の初期含水率は52.3~56.5%であった。前処

理をしたグループは、処理によって含水率が31.4~35.0%に、また、無処理材も屋外天乾によって41.5%まで減少した。熊本型は、さらに前処理後10日間の熊本型人工乾燥を行ったため、含水率が26.1%に減少した。

試験開始から1ヶ月後の含水率は低い順に、熊本型、屋外天乾、屋内天乾、無処理屋外天乾の順であった。その後、熊本型、屋内天乾は順調に含水率が減少したが、屋外天乾は降雨の影響を受けて途中2度含水率が増加した。

処理から4ヶ月後の処理別の含水率平均値は、低い順に熊本型14.7%（最大値16.1、最小値13.9、標準偏差0.64）、屋内天乾16.3%（最大値17.3、最小値15.1、標準偏差0.65）、屋外処理18.2%（最大値20.7、最小値16.9、標準偏差0.87）、屋外無処理19.2%（最大値21.8、最小値16.8、標準偏差1.09）の順であった。

(3) 水分傾斜

図-3に処理別の平均的な含水率の水分傾斜を示した。天然乾燥は時間をかけてゆっくり乾燥するため、水分傾斜が小さいのが特徴である。

図に示した36等分割片の材中央4分割片の平均値と最表面の20分割片の平均値の差を水分傾斜とし、処理別の値を比較すると、小さい順に熊本型0.9%、屋内天乾1.3%、屋外天乾3.1%、無処理屋外3.5%であった。

また、材中央の4分割片の含水率平均値は、小さい順に熊本型14.5%、屋内天乾16.3%、屋外天乾21.0%、無処理屋外22.1%であった。

(4) 割れの発生状況

表面割れの発生状況を図-4に示した。ここで、割れ率とは、

(単位:%)						
12.8	15.0	14.3	14.9	12.9	13.3	
14.7	16.0	16.5	14.5	14.2	12.9	
13.2	14.8	14.8	15.0	13.9	13.2	
14.7	15.3	15.8	15.6	15.6	15.0	
13.8	14.7	15.4	16.1	15.8	14.1	
13.2	14.2	14.7	14.6	14.0	13.5	
熊本型					平均値	14.5

(単位:%)						
13.0	14.4	14.7	15.0	14.7	13.8	
14.3	15.5	16.0	15.4	15.0	15.0	
14.7	16.1	16.4	15.6	15.9	14.7	
15.1	16.6	16.7	16.3	15.7	14.9	
14.7	15.4	15.7	15.3	15.4	14.1	
13.6	15.0	14.7	14.7	14.4	13.4	
屋内天乾					平均値	15.0

(単位:%)						
14.1	16.0	16.8	16.7	16.4	14.4	
16.6	19.9	20.9	20.5	19.6	16.3	
17.4	20.5	21.6	21.3	20.6	17.5	
16.7	19.5	20.6	20.4	19.5	16.7	
17.0	19.3	20.8	20.4	19.9	16.6	
15.7	17.3	17.8	18.2	17.6	15.5	
屋外天乾					平均値	18.1

(単位:%)						
14.6	16.9	17.7	18.8	18.2	15.7	
17.0	19.3	20.7	21.1	21.6	18.6	
17.6	20.5	22.0	22.3	22.3	19.8	
18.1	20.8	22.0	22.2	21.6	19.9	
16.8	20.5	20.5	21.2	20.3	17.9	
14.8	16.3	16.9	17.2	16.8	15.7	
無処理屋外					平均値	19.1

図-3. 水分傾斜

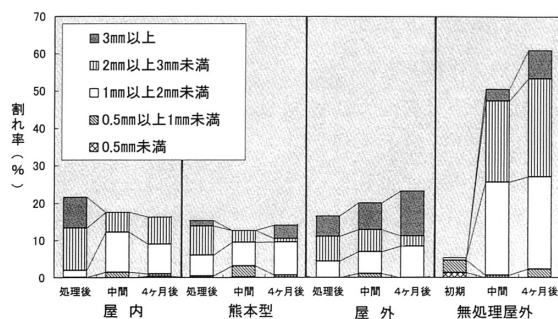


図-4. 表面割れの発生状況

材の4材面の繊維方向の総延長に対する発生した割れの長さ割合を示す。また、棒グラフ内の割れ幅の区分は、材1本毎の最大割れ幅を測定し、割れ幅の程度毎に集計し、処理別(各20本)の本数割合を示した。

表面割れは、前処理の段階から生じた。その程度を割れ率で示すと、屋内天乾21.7%、熊本型15.4%、屋外天乾16.6%であった。これは、同じような条件で行ったこれまでの試験結果とほぼ同じ値であった(8)。前処理から約4ヶ月天然乾燥を行った時点で、重量測定によって最も乾燥が遅れていると推測された屋外無処理材4本の含水率(全乾法)を測定したところ、全て20%以下に減少していた。このため、処理別に行っていた天然乾燥を終了した。この天然乾燥終了時の割れ率は、低い順に熊本型14.1%、屋内天然乾燥16.3%、屋外天然乾燥23.3%、無処理屋外天然乾燥61.0%であった。

また、幅2mm以上の割れ発生割合について、前処理後と4ヶ月後を比較すると、屋内天乾は90.9%から44.1%に、熊本型は

60.5%から31.9%に、屋外天乾は73.7%から63.9%に、いずれも割れ幅が閉じる傾向を示した。これは、ドラインセット効果と考えられる(9)。これに対し、屋外無処理は0%から55.6%に割れ幅が広がる傾向を示した。

以上のことから、割れ率、割れ幅とも前処理による表面割れ抑制効果が認められた。

ところで、高温低湿乾燥は、その温度、時間等により内部割れが発生し、発生部位や程度によっては実用上支障を生じる可能性が指摘されている(10)。しかし、今回、処理から4ヶ月後に含水率測定のために切断した木口面の観察では、内部割れの発生はなかった。これは、ドラインセットが緩やかだったこと、前処理後の乾燥温度が低かったことなどが要因として考えられる。

IV. おわりに

今回の試験で、天然乾燥の前に短時間の前処理をすることにより、表面割れを抑制できることが認められた。また、屋外天乾は、屋内天乾に比較して抑制効果がやや減少したが、無処理に比べると明らかな表面割れ抑制効果が認められた。このことから、天然乾燥の欠点といわれた表面割れは、短時間の前処理で抑制できることが明らかになった。

しかし、今回の試験では、前処理時に表面割れが生じたことから、乾燥スケジュールの湿球温度を調整する等の改善が必要であり、当场で新しいスケジュールを検討中である。このスケジュールの改善により、表面割れがない天然乾燥の実用化に近づくことができると考えている。

本試験では、安心院製材所の全面的な協力を頂いた。ここに深く感謝の意を表します。

引用文献

- (1) 大熊幹章(1998) 木材工業 53(2): 54-59.
- (2) 大分県(1997) 大分県産スギ乾燥材生産技術マニュアル: 19-21.
- (3) 三ヶ田雅敏(1999) 林業試験場年報 42: 32-34.
- (4) 豆田俊治(2001) 日本木材学会九支大会講演集: 51-52.
- (5) 中村哲男ほか(1997) 日本木材学会大会研究発表要旨集 530.
- (6) 三ヶ田雅敏(1999) 日林九支研論 52: 139-140.
- (7) 寺澤 眞(1994) 木材乾燥のすべて: 598-599.
- (8) 豆田俊治ほか(2001) 日林九支研論 54: 195-196.
- (9) 井上 彰ほか(2000) 森林生態圏管理学(演習林) 研究発表会講演集: 20-23.
- (10) 井上正文ほか(2001) 日本木材学会九支大会講演集: 33-34.

(2001年12月21日 受理)