

高比重圧密化木材の寸法安定性

Dimensional Stability of High-Density Compressed Wood

谷岡晃和・木村伸一

Akikazu Tanioka and Shinichi Kimura

電子・有機素材研究所 有機材料科

材長 50 cm の高比重圧密化木材を製造し、各部の寸法安定性を煮沸試験により評価した。その結果、製造時に温度上昇、低下が遅れる繊維方向の中央部、半径方向の中層部において膨潤率が高く、寸法安定性が低かった。さらに、心材率の高い部位においても膨潤率が高く、材料の木取りが圧密加工後の寸法安定性に影響することが分かった。

1. はじめに

木材は圧密化により各種強度性能の向上が期待される¹⁾。鳥取県産業技術センターでは、これまでにスギ材の圧密加工について検討し、比重 1 程度の“高比重圧密化木材”の製造と製品化に関わり、印鑑用材等の製品化に成功している²⁾。しかしながら、現状では、高比重圧密化木材の製造、活用は小木工品用途に留まっており、用途拡大を図るには、より大寸法で、寸法安定性の高い高比重圧密化木材の製造技術が必須である。大寸法の高比重圧密化木材の製造は、材内を均一に水蒸気処理することが困難であるので、製造した圧密化木材の長さ方向、厚み方向、幅方向の各部において寸法安定性が異なってくる。さらに、各部の異なる寸法安定性は製造後の養生期間、切削加工時、木製品として使用する際に部材の歪み、ねじれといった変形を引き起こすおそれがある。

今回、材長 50 cm の高比重圧密化木材を製造し、各部の寸法安定性を煮沸試験により評価した。また、製造時の材各部の温度を測定し、寸法安定性と処理温度の点からも考察を加えた。

2. 実験方法

2.1 供試材料

鳥取県産スギ材から 120 mm (放射方向、R) × 48

mm (接線方向、T) × 500 mm (繊維方向、L) の無欠点板目材を採取し、圧密化木材の製造に供した。なお、供試材料は年輪が比較的均一に分布し、接線方向に対して年輪傾斜角の小さい同一の二方桁のスギ角材から採取したものをを用いた。供試材料は心辺材を含み、平均含水率は 25%、平均年輪幅は 2.9 mm、平均気乾比重は 0.39 であった。

2.2 圧密化木材の製造

2.2.1 装置

圧密化木材の製造には高温高压成形プレス装置 (HTP 型-50/250 型 日阪製作所製) を用いた。当該装置は、圧力容器内にプレス機構を組み込んだ構造を有する。圧力容器内に据えつけた木材試料の水蒸気処理および圧縮加工が可能である。また、容器内の減圧機構、水浸漬による容器内の木材試料およびプレス部の冷却機構を備える。

2.2.2 製造

供試材料を放射方向に 67% 圧縮し、仕上がり目標厚み寸法 40 mm (R)、目標気乾比重 1.0 の圧密化木材を製造した。圧縮は木表側に載荷することにより行った。加工に際しては試料の接線方向への伸長を抑制するため、側面の拘束を行った。

なお、圧密加工の工程は次のとおり。

減圧→常圧復帰、加熱（室温→130℃、15分）→温度保持（130℃、30分）→圧縮→加熱（130℃→180℃、10分）→温度保持（180℃、30分）→脱気→冷却（給水、循環、排水）→圧縮解除

2.3 圧密化木材製造時の材温測定

圧密加工中の供試材の表面および材内の温度を熱電対により測定した。測定位置は試料の木口面、繊維方向中央の木表側表面、木裏側表面、横断面中央部および木口と中央を三等分する位置の横断面中央部の6点とした（図1）。横断面中央部の熱電対取り付けにあたっては、供試材側面より横断面中央位置まで熱電対挿入用の孔を穿孔の後、熱電対を挿入、孔開口部はアルミテープおよびエポキシ樹脂系接着剤で密封した。熱電対はデータロガーに接続し、経時的に測定温度の記録を行った。

なお、材温測定にあたっては、加工中の圧縮操作による熱電対の破断、損傷を避けるため、測定は圧縮操作前後において異なる試料を用いて別々に行った。圧縮までの温度経過は上記2.1の供試材料の寸法を有するものについて熱電対を取り付け、測定を行い、圧縮以降の温度経過については上記2.2.2の製造条件により予め製造した圧密化木材に熱電対を取り付けて測定を行った。得られたそれらの温度測定結果を組み合わせ、設定した製造条件における供試材の温度経過とした。

2.4 煮沸による膨潤試験

製造した圧密化木材を室内にて長期間の養生の後、試料の繊維方向の端部、中央部、その中間部の3箇所において10mm (R) × 40mm (T) × 40mm (L)の試験片を放射方向に各3ヶ採取した。本報告において、それら放射方向採取試験片を木表側から「表層（木表）」、「中層」、「表層（木裏）」試験片と呼ぶ。また、別の試料の端部、中央部、その中間部の3箇所から35mm(R) × 14mm (T) × 40mm (L)の試験片をT方向に各3ヶ採取した。それら接線方向採取試験片を心材率の小さな側から「側1」、「中」、

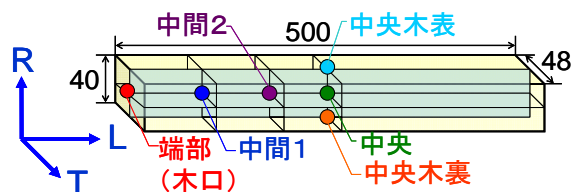


図1 材温測定位置

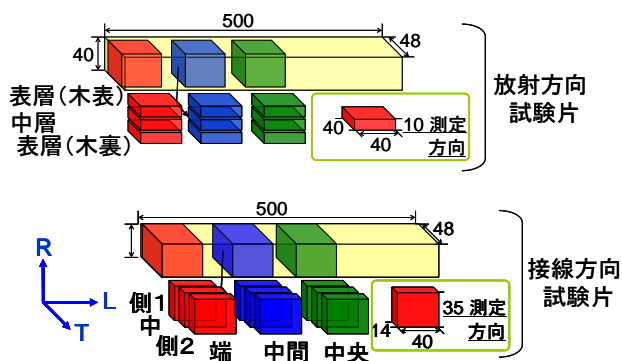


図2 膨潤試験片採取位置

「側2」試験片と呼ぶ（図2）。

なお、膨潤試験には2.3で材温測定に供した試料とは別の試料を用いた。

煮沸試験前、および試験後に試験片重量を測定し、比重および含水率を算出した。

試験片を沸騰水中に浸漬し、煮沸処理を行った。煮沸処理時間を30分とし、5、10、20、30分経過時において沸騰水中より試験片を取り出し、接線方向の寸法をマイクロメータにて測定し、膨潤率を算出した。

3. 結果と考察

3.1 圧密化木材の製造と養生時の寸法変化

製造した圧密化木材は端部の厚みは平均40mm、中央部の厚みは平均42mmであった。長期間室内養生の後、膨潤試験に供する試験片採取の時点において、端部の厚みは平均38mm、中央部の厚みは平均41mmと、養生中の乾燥に伴う収縮がみられた。木口部および材表面に目立った割れ等は認められなかった。

3.2 圧密化木材製造時の材温

端部、材中央、木表、木裏の温度測定結果を図3

に示す。端部、木表の温度は全般において概ね設定した温度スケジュールにそった経過がみられた。木裏の温度経過は初期の温度上昇時において端部、木表に比較して、やや遅れがみられたが、木裏温度が130℃に達した経過時間30分以降においては、端部、木表、木裏とも同様の経過を示した。初期の温度上昇の遅れは、試料および治具の上方に水蒸気導入部を備える装置の構造によるものと考えられる。材中央の温度上昇は端部、木表、木裏に比較して130℃に達するのに約40分、180℃に達するのに約30分遅れた。これは、試料の端部木口面から仮導管を通じて材内に水蒸気が進入し、それに伴い材温が上昇するためである。図4に示す端部、中間1、中間2、材中央の温度測定結果をみると、端部から離れるに従い、温度上昇が遅れる経過がみられた。端部、中間、中央の材内各位置において温度上昇が遅れがみられたものの、材中央部の温度は木材材料の軟化を目的に設定した温度条件130℃、形状固定効果をねらい設定した180℃に達しており、今回設定した温度スケジュールは、その点において適当であったと考え

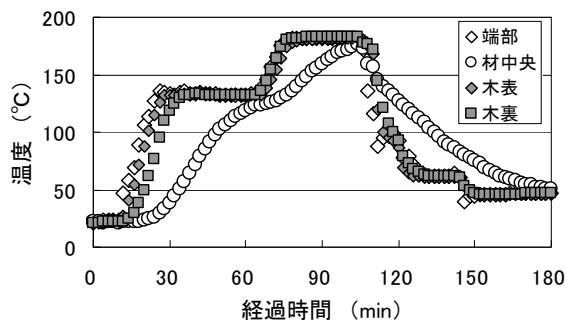


図3 材温測定結果（端部、中央、木表、木裏）

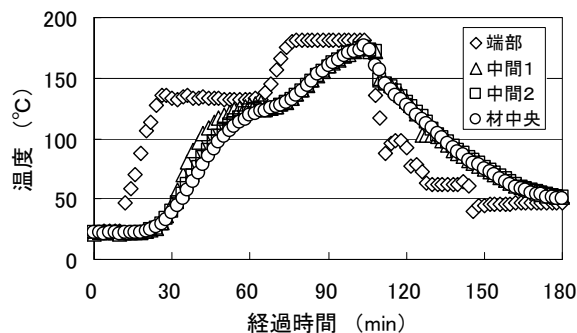


図4 材温測定結果（端部、中間、材中央）

られる。

3.3 煮沸膨潤率

3.3.1 試験片の含水率と気乾比重

煮沸試験に供した試験片の含水率を表1、2に示す。試験片の含水率は放射方向試験片では端部の平均含水率は12.8%、中間、中央のそれは19.5%、19.4%であり、端部に比較して中間、中央の値は高かったものの、中間と中央はほぼ同様の値であった。又、各部とも中層の値が表層に比較して高かった。接線方向試験片では端部、中間、中央の平均含水率はそれぞれ、12.6%、13.8%、15.6%であった。各部とも中の含水率が側に比較して高かった。

煮沸試験に供した試験片の気乾比重を表3、4に示す。試験片の平均気乾比重は放射方向試験片では端部は1.02、中間0.96、中央0.96、接線方向試験片ではそれぞれ1.00、0.98、0.95と端部が中間、中央よりも高い値であった。これは膨潤試験片を採取した圧密化木材の端部の厚みが中央よりも小さく、すなわち、端部が中央部に比較して圧縮率が高い状態にあったことによるものである。放射方向試験片では表層（木表）の比重が最も高く、次いで中層、表層（木裏）であった。接線方向試験片では側1の比重が最も高く、次いで、中、側2であった。側1、

表1 含水率（放射方向試験片） [単位：%]

	繊維方向位置			平均
	端部	中間	中央	
表層(木表)	11.2	16.8	16.5	14.8
中層	14.4	21.3	21.5	19.1
表層(木裏)	12.7	20.3	20.1	17.7
平均	12.8	19.5	19.4	

表2 含水率（接線方向試験片） [単位：%]

	繊維方向位置			平均
	端部	中間	中央	
側1	12.5	13.6	15.0	13.7
中	13.1	14.4	16.7	14.7
側2	12.1	13.3	15.1	13.5
平均	12.6	13.8	15.6	

表3 気乾比重（放射方向試験片）

	繊維方向位置			平均
	端部	中間	中央	
表層(木表)	1.04	1.01	1.02	1.02
中層	1.04	0.94	0.93	0.97
表層(木裏)	0.98	0.92	0.92	0.94
平均	1.02	0.96	0.96	

表4 気乾比重（接線方向試験片）

	繊維方向位置			平均
	端部	中間	中央	
側1	0.97	0.97	0.94	0.96
中	0.99	0.98	0.94	0.97
側2	1.04	1.00	0.97	1.00
平均	1.00	0.98	0.95	

中、側2の試験片の外観を観察すると、辺材に比較して比重の高い心材の占める割合、心材率が側2で最も高く、次いで中、側1であった。心材率の相違、木取り位置が比重の相違を招いたものと考えられる。

3.3.2 煮沸膨潤率

放射方向試験片の膨潤率を図5に示す。表層（木表）、中層、表層（木裏）とも、煮沸時間の経過に伴い膨潤率は増加した。その増加は煮沸の初期5分程度までの増加が大きかった。中層の膨潤率が最も大きく、次いで表層（木裏）、表層（木表）という傾向がみられた。煮沸時間30分の中層の膨潤率は中央20.1%、中間13.5%、端部3.5%であった。各層とも繊維方向中央の膨潤率が最も大きく、次いで中間、端部であった。端部の膨潤率は煮沸時間30分の時点で、表層（木表）3.7%、中層3.5%、表層（木裏）2.9%。膨潤率の値は圧密加工時に温度上昇の遅れる位置ほど高くなった。また、表層（木表）、表層（木裏）を比較すると、中間、中央では、心材側の表層（木裏）の膨潤率が高かった。

接線方向試験片の膨潤率を図6に示す。側1、中、側2とも、煮沸時間の経過に伴い膨潤率は増加した。その増加は放射方向試験片のそれに比較して、やや直線的なものであった。側1、中、側2とも端部の

膨潤率が最も小さく、煮沸30分の時点でそれぞれ、6.6%、5.9%、4.8%であった。側1では端部、中間の膨潤率は煮沸30分時点で約6%とほぼ同様に、中央のそれは8.0%と、やや高かった。中では中間、中央の膨潤率は約8%とほぼ同様であった。側2では、煮沸初期において中間、中央は同様の膨潤率を示したが、煮沸時間5分以降、中央のそれが大きくなり、煮沸30分時点の値は中間8.3%、中央10.7%であった。圧密加工時に温度上昇の遅れる繊維方向の中央および接線方向の中で、膨潤率が高い傾向がみられた。しかしながら、繊維方向中央において、温度上昇の遅れる中に比較して、側2の膨潤率が高かった。側2は側1、中に比較して心材率が高く、放射方向試験片でも心材部の表層（木裏）側の膨潤率が高かったことから、心材率の高さが高い膨潤率に関係しているものと推察される。

製造した高比重圧密化木材の繊維方向、放射方向、厚み方向の各部において放射方向の寸法安定性が異なることが分かった。今回は煮沸試験による評価を行ったが、より一層の寸法安定性の付与、均一性を

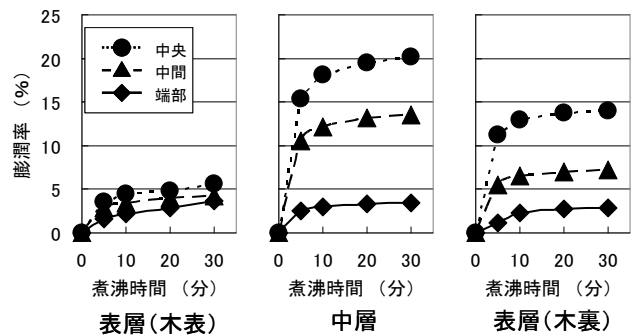


図5 膨潤率（放射方向試験片）

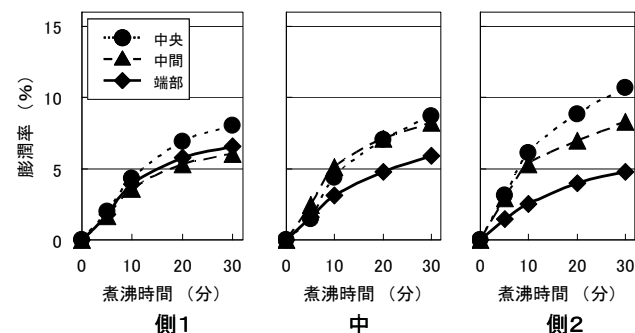


図6 膨潤率（接線方向試験片）

求めるには圧密製造時の形状固定に要する時間を長くする等の方策を検討する必要がある。

4. おわりに

今回、材長 50 cm の高比重圧密化木材を製造し、各部の寸法安定性を煮沸試験により評価し、以下の結果を得た。

- (1) 繊維方向では、材端部に比較して温度上昇、低下が遅れる材中央部の膨潤率が高かった。
- (2) 放射方向では、表層に比較して中層の膨潤率が高かった。
- (3) 接線方向では、温度上昇が遅れる位置において、心材率が高い側面部の膨潤率が高く、圧密加工に

供する材料の木取りが加工後の寸法安定性に関係することが分かった。

以上のことから、より寸法安定性の高い高比重圧密化木材の製造するためには、材内の温度変化を一樣とする方策のみでなく、材料の木取りについても考慮する必要がある。

文献

- 1) 木質新素材ハンドブック編集委員会; 木質新素材ハンドブック, 技報堂出版, p.406(1996).
- 2) 京盛健一; 木材の圧密加工—スギ圧密材の印材としての利用—, ハイテクインフォメーション, No.161, p.25-27(2005).