

県産スギCLTの保存処理による耐久性向上に関する研究 —木材保存薬剤のラミナへの加圧注入試験—

日高富男*, 福留重人*, 中原 亨*, 南 晃*

Study about Durability Increase by Preservation Processing of Cryptomeria CLT Made in Kagoshima

— Pressure Injection Examination of Wood Preservatives into Lamina —

Tomio HIDAKA, Shigeto FUKUDOME, Toru NAKAHARA and Akira MINAMI

ラミナを繊維方向が直交するように交互に積層接着して製造するCLT (Cross Laminated Timber, 直交集成板) は、多くの優れた特性を有し、伐採期に達した本県スギ材の利用拡大にも期待されている。

本研究では、CLTが開発・利用されてきた欧州に比べて、高温多湿な南九州でCLTを利用する際に腐朽やシロアリの被害を予防するため、木材保存薬剤の加圧注入による浸潤度向上の最適条件について検討を行った。

その結果、代表的な木材保存剤であるAAC及びホウ酸塩において、JASの浸潤度試験規格で定められた基準値(浸潤度80%以上)を満たした加圧注入条件を見いだすことができた。

Keyword : CLT, 木材保存薬剤, 加圧注入, 浸潤度, インサイジング

1. 緒 言

CLTは、ラミナの繊維方向が直交するように交互に積層接着して作られた材料である。欧州で開発され、高い寸法安定性、高耐力、高剛性かつ多機能性など多くの優れた特性を有し、中・大規模建築に利用されている。日本では、平成26年にJASが制定され、今後の利用拡大が見込まれることから、本県産スギ材の利用拡大が期待できる。

しかし、欧州に比べて高温多湿な南九州でのCLTの耐久性(防腐性能及び防蟻性能)は未知数であり、市場に受け入れられるためには耐久性の向上を図る必要がある。

耐久性を向上させるためには木材保存薬剤(以下、薬剤と言う)を加圧注入し、内部にまで浸潤させるのが有効である。しかし、CLTは幅2~3m、長さ10m程度と製品寸法が大きいため、加圧注入にはこれに見合う大きな装置の導入が必要である。このため、現状では図1に示すようにCLT製造後、表面に薬剤の塗布処理を行っており、薬剤を内部まで十分に浸潤させることが難しい状況にある。

そこで、図2に示すようにラミナに薬剤を加圧注入した後に積層・接着することで、内部まで薬剤が浸潤した耐久性の高いCLTの製造を目指すこととした。

本研究では、耐久性の高いCLTの製造工程を構築するために、薬剤や加圧注入条件の変化で薬剤のラミナへの浸潤度がどのように変化するかを調べ、最適な加圧注入条件を得ることを目的とする。

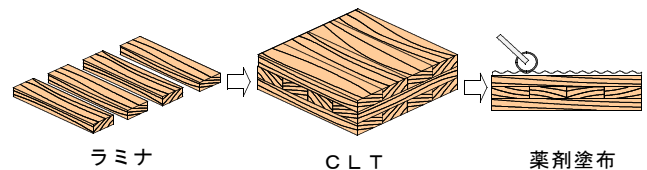


図1 CLTへの薬剤塗布による耐久性向上

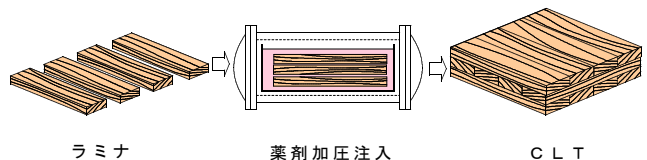


図2 ラミナへの薬剤加圧注入による耐久性向上

2. 薬剤の加圧注入試験方法

2.1 試験体の作製

試験に用いたラミナは鹿児島県産のスギ材で、辺材部に比べて薬剤注入の難しい心材部を使用した¹⁾。実際の製造工程において、加圧注入をするラミナは含水率を15%程度まで乾燥したものを使用する。本実験もこれに準じ、加圧注入前に乾燥を行った。平均含水率は約14.0%であった。

試験体寸法は、長さ390mm、幅89mm、厚さ38mmのものを各試験条件ごとに5枚作製した。

通常の薬剤注入は長さ4,000mm以上の木材に処理を行うが、今回のラミナは長さが390mmと短く、このままでは薬剤が入りすぎるために、両木口をアルミテープで被覆し、ラミナ側面からのみ薬剤が注入されるようにした。試験体の写真を図3に示す。

* 地域資源部



図3 試験体

2.2 加圧注入法及び条件

薬剤の加圧注入処理は、JIS A 9002に準拠し、真空ポンプと加圧装置を備えた加圧注入装置SBK-500AB（株式会社ヤスジマ製）で行った。

薬剤は、JAS²⁾に示される主に外装で使用するAAC（アルキルアンモニウム混合物）と主に内装で使用するホウ酸塩（八ホウ酸ナトリウム製剤）を使用し、プラスチック容器に薬剤液を約20リットル入れ、これに試験体5本を浸して加圧注入を行った。

薬剤濃度は1%～8%，加圧処理時間は30分，60分として試験を行った。試験に使用した加圧注入装置を図4，加圧注入時の試験体を図5，薬剤注入条件を表1，加圧注入スケジュールを図6に示す。



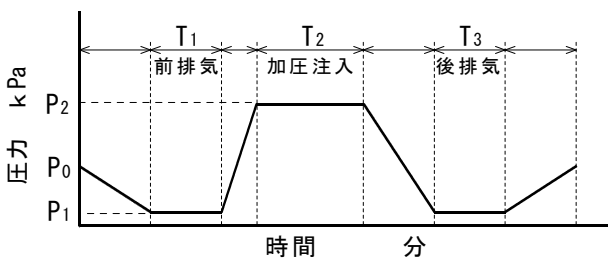
図4 加圧注入装置



図5 試験体

表1 薬剤注入試験条件

| 項目 | | 測定条件 | |
|-------------|-----|------------------------|--------|
| 測定部位 | | 心材 | |
| 薬剤 | | AAC, ホウ酸塩 | |
| 薬剤濃度 (%) | | 1, 3, 5, 8 | |
| 処 理 法 | 前排気 | 時間T ₁ (分) | 10 |
| | | 圧力P ₁ (kPa) | 19.8 |
| | 加圧 | 時間T ₂ (分) | 30, 60 |
| | | 圧力P ₂ (kPa) | 980.0 |
| | 後排気 | 時間T ₃ (分) | 10 |
| | | 圧力P ₁ (kPa) | 19.8 |
| 木口 | | アルミシール有り | |



* P₀大気圧=98.1kPa

図6 加圧注入工程スケジュール

2.3 評価方法

薬剤の浸潤度の評価方法を図7に示す。加圧注入した薬剤の浸潤度の評価は、以下に示すJAS³⁾に準拠して行った。薬剤を加圧注入した試験体の中央部付近を厚さ15mmに切断し、薬剤が浸潤した部分を呈色し、試験体断面積に対する呈色部面積の割合を測定することで浸潤度を評価した。

① AACの呈色方法

AACは、酢酸18gに水100mLを加えたA液を噴霧して約3分放置後に、ブロモフェノールブルー0.2gをアセトン100mLに溶解したB液を噴霧した。約5分後に浸潤部は青色に、未浸潤部は黄色に呈色した。

② ホウ酸塩の呈色方法

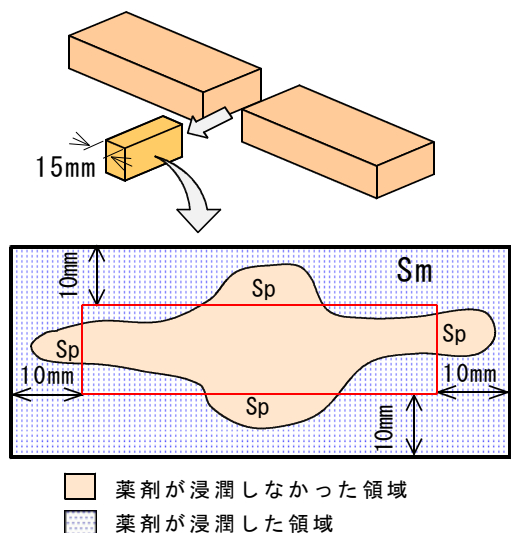
ホウ酸塩は、クルクミン2gをエタノール（95%）98gに溶解したものを噴霧し乾燥させた後、塩酸20mLに水を加えて100mLにしたものにサリチル酸を飽和させた指示液を噴霧した。浸潤部は赤色に、未浸潤部は黄色に呈色した。

③ 浸潤部の測定方法

浸潤部の面積は画像処理フリーソフトウェア「ImageJ」を使用して測定した。測定対象領域は、JAS³⁾に準拠して試験体表面から10mmまでの領域とし、それより内側の領域は測定対象から除外した。

④ 浸潤度の判定基準

測定対象領域において浸潤部分の占める面積の割合を浸潤度と定義した。JASの浸潤度試験規格で定められた（浸潤度80%以上）を基準値とし、これ以上を合格とした。浸潤度を求める式を式（1）に示す。



Sm：測定対象領域（表面から10mmの領域）

Sp：測定領域において薬剤が浸潤しなかった部分

図7 薬剤浸潤度の評価方法

$$\text{浸潤度 (\%)} = \frac{S_m - S_p}{S_m} \times 100 \quad \dots (1)$$

S_p (mm²) : 測定領域において薬剤が浸潤しなかった面積

S_m (mm²) : 測定対象領域(表面から10mmの領域)の面積

3. 結果及び考察

3.1 AACの浸潤度

AACを浸潤させた試験体の例を図8、浸潤試験の結果を図9に示す。AACの薬剤濃度を1%~8%に変化させた試験を行った結果、加圧時間30分の場合、薬剤濃度3%までは浸潤度50%未満にとどまり、5%を越えると70%近くまで向上した。60分の場合、1%における浸潤度は30分と大差なかったが、3%を越えると70%近くまで向上した。両者ともその後は薬剤濃度を高くしても浸潤度は大きく変わらなかった。しかし、いずれの条件でも浸潤度は基準値の80%を越えることは無かった。

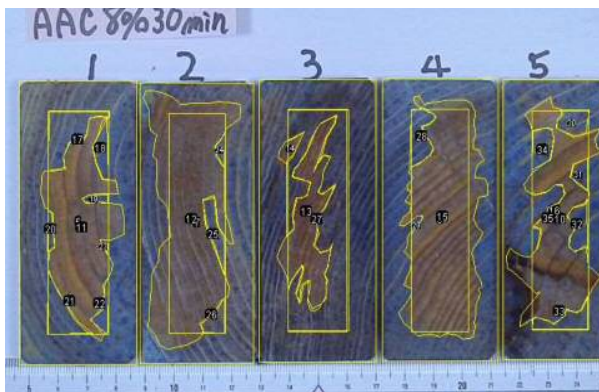


図8 AACを浸潤させた試験体の例

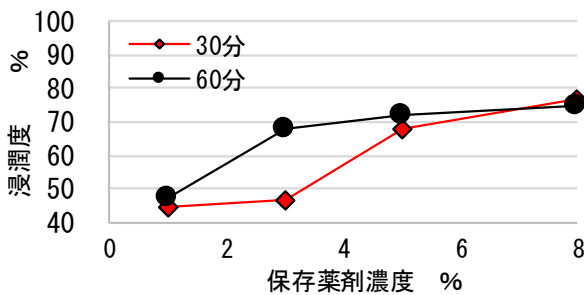


図9 AACの浸潤度測定結果

そこで、浸潤度の向上を図るため、表面に刺傷をつけるインサイジング処理を施した試験体で試験を行った。

インサイジングは炭酸ガスレーザ加工機Quattro ((株)アマダ製)を用いて行った。炭酸ガスレーザ加工機を図10、インサイジングの仕様を表2、試験体表面を図11に示す。

薬剤濃度は3%と5%、加圧時間は30分と60分の条件を組み合わせて行った。

インサイジングが浸潤度に及ぼす効果を図12に示す。

インサイジング無しではいずれの条件も基準値80%を満たすことはできなかったが、インサイジングを施すことで基準値を満たし、インサイジングの効果を確認できた。



図10 炭酸ガスレーザ加工機

表2 インサイジングの仕様

| | | 仕様 |
|-----------------------|-------|------|
| 長さ(mm) | | 10.0 |
| 幅(mm) | | 0.4 |
| 深さ(mm) | | 12.0 |
| 間隔 | 横(mm) | 20.0 |
| | 縦(mm) | 11.0 |
| 密度(個/m ²) | | 4545 |

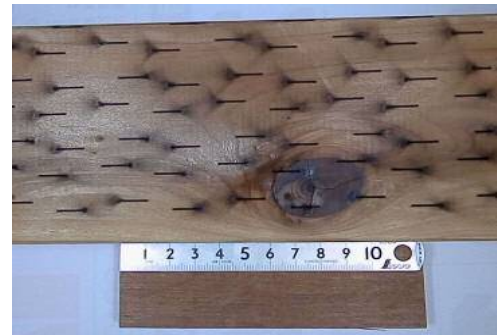


図11 インサイジングを施した試験体表面

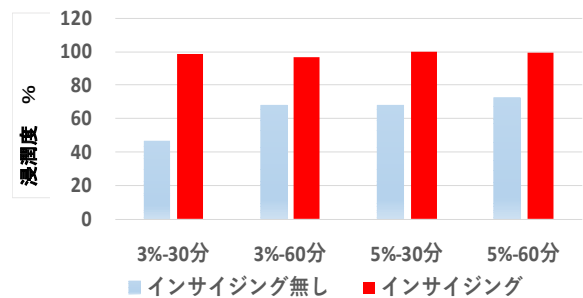


図12 インサイジングによるAACの浸潤度

3. 2 ラミナの曲げ強度試験

ラミナにインサイジングを施したことによる強度への影響を調べるために、曲げ強度試験を行った。試験に用いた試験体は、一本の木材から無処理のラミナとインサイジング用のラミナを隣同士で採材した。試験体を図13に示す。

曲げ強度試験には無処理のラミナとインサイジングしたラミナをそれぞれ5本を供試した。

曲げ強度試験には、オートグラフAG-100KNE型(株式会社島津製作所製)を用いた。試験体への加重速度は5mm/分で曲げ強度試験を行った。オートグラフを図14、曲げ強度試験の様子を図15に示す。



左：インサイジング 右：無処理

図13 曲げ強度用試験体



図14 オートグラフ



図15 曲げ強度試験

曲げ強度試験の結果を表3に示す。インサイジングした試験体は無処理の試験体に対して曲げ強度が約18%低下した。類似の研究を行っている今村の報告⁴⁾においてラミナ単体で15%~20%低下したが、集成材にすれば、5~10%の低下にとどまるとの報告もあったので、CLTにすることにより、曲げ強度の低下は目標値の10%以下⁵⁾を満たすと考えている。これを踏まえ、今後、適正なインサイジング処理を検討する必要がある。

表3 曲げ強度と強度低下率

| | 無処理 | インサイジング |
|--------------------------|------|---------|
| 曲げ強度(N/mm ²) | 51.6 | 42.6 |
| 強度低下率(%) | 18.4 | |

3. 3 ホウ酸塩の浸潤度

ホウ酸塩を浸潤させた試験体の例を図16、浸潤試験結果

を図17に示す。

薬剤濃度1%における浸潤度は処理時間60分でも基準値を満たせなかった。薬剤濃度が3%以上になると、全ての条件で浸潤度の基準値を満たした。

このことから、ホウ酸塩は浸潤性に優れ、表面処理を行わなくても薬剤はラミナの中に十分に浸潤していくことが確認できた。

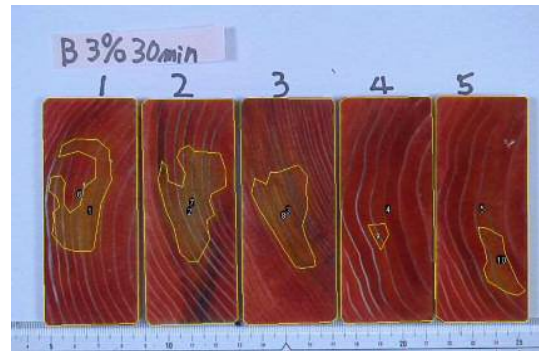


図16 ホウ酸塩を浸潤させた試験体の例

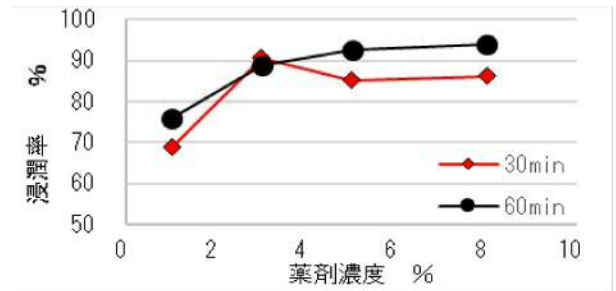


図17 ホウ酸塩の薬剤濃度と浸潤度

4. 結言

本研究において、下記のことがわかった。

- (1) AACの場合、薬剤濃度を高くしても、また、処理時間を長くしてもJASの浸潤度試験規格で定められた基準値(浸潤度80%以上)を満たせなかった。
- (2) ホウ酸塩の場合、薬剤濃度1%では浸潤度の基準値を満たせなかったが、薬剤濃度が3%以上になると、全ての条件で浸潤度の基準値を満たした。
- (3) ラミナ表面にインサイジングを施すことで、AACは薬剤濃度3%、処理時間30分でも基準値を満たすことができた。このことから、インサイジングは浸潤度を向上させるのに効果的であることがわかった。
- (4) その一方で、インサイジング処理を行うことで曲げ強度が低下することがわかった。このため浸潤度と曲げ強度を両立させるインサイジング寸法の検討を行う必要がある。

参 考 文 献

- 1) (公社)日本木材保存協会：木材保存学入門改訂3版,
p.135-136 (2012).
- 2) 農林水産省告示第475号(令和元年6月27日)第4条, p.2
- 3) 農林水産省告示第475号(令和元年6月27日)別記3-(2),
p.32-33
- 4) 今村祐嗣：“木材への液体注入：ピットの構造と浸透
性向上技術”木材研究・資料31：p.24 (1995)
- 5) J A S (平成19年8月29日), p.2

