

湿度変化条件下における CLT の含水率変化と寸法変化

学生番号
研究室

B155998
建築構造力学

氏 名 黒塚 ひとみ
指導教員 森 拓郎 准教授

1. はじめに

国産材の有効活用によって日本の森林環境のバランスを維持するため、安定した木材需要を確立することが課題となっている。そこで、まだ事例の少ない中大規模建築において、木質建材である CLT を用いることにより、木材需要を増加させている。CLT を建材として、安全に使用するためには、水に対する特性を把握する必要がある。既往の研究¹⁻²⁾として、製材の乾燥処理や、水分移動によって集成材に生じる内部応力についてはなされているが、CLT における内部の水分分布、それに伴う膨潤収縮が強度性能に与える影響についての研究例が少ない。

そこで本研究では、湿度変化が CLT の強度性能に及ぼす影響を明らかにし、より安全な使用方法の確立に寄与することを最終目標とする。その前段階として、湿度変化に伴う CLT 内部の含水率と寸法の変化に着目し、実験的研究を実施したので報告する。

2. 要素 CLT の乾湿繰返しに伴う内部含水率と寸法の変化

試験概要：図 1 に本研究で用いる用語の定義、表 1 に試験体概要を示す。試験体は合計 4 体であり、スギ CLT (Mx60) を用いた。図 2 に S3 の含水率計測点の位置を示す。含水率は、計測する層に木材含水率計(KNS-GWS)の計測端子を埋め込み、温湿度と同様に 30 分おきに計測した。吸湿および放湿を切り替える際寸法と重量を計測した。寸法計測位置は、図 1 に示す LC-PA、LC-PE、FL-PA、FL-PE、GL とした。乾湿繰返しの環境を作るために、写真 1 のように、インキュベータ(FMU-133I)とポリプロピレン密閉容器を用いた。3 層の試験体は 6 日周期、5 層の試験体は 4 日周期で吸放湿の繰返し処理を 2 回または 3 回実施した。インキュベータ内は 30℃の恒温とし、吸湿時は薄く水を張ったポリプロピレン容器に試験体を密封することで湿度を RH 90%以上に保ち、放湿時はポリプロピレン容器から取り出すことで湿度を RH 30~40%となるようにした。

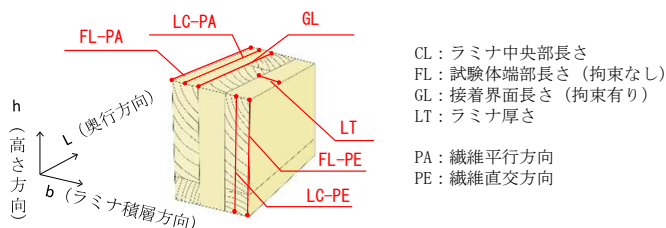


図 1 用語の定義

表 1 試験体概要

試験体名	b(mm)	h(mm)	L(mm)	奥行方向
S3	90	150	200	強軸
W3	(3 層 3 プライ)			弱軸
S5	150			強軸
W5	(5 層 5 プライ)			弱軸

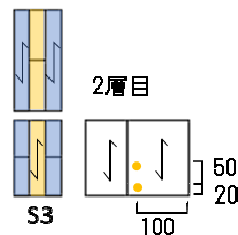


図 2 含水率計測位置

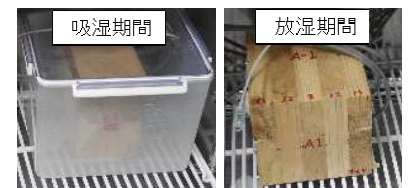


写真 1 吸放湿状態の様子

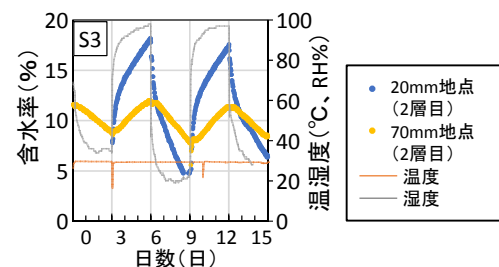


図 3 含水率変化と時間推移

実験結果：図 3 に S3 の含水率の時間推移を示す。ただし、20mm 地点 (2 層目) とは、外側から 2 層目の木口面から 20mm の位置に含水率計測点を配したことを指す。図 3 より、2 層目の 20mm 地点と 70mm 地点は共通して、湿度変化に伴い含水率も変動していることがわかった。しかし、含水率変化量は木口に近い 20mm 地点が 70mm 地点より大きいことから、木口からの距離に大きく依存していることが確認できた。図 4 に W5 ラミナ中央部長さの繊維方向による比較を示す。図 4 より、W5 の奥行方向では、繊維直交方向に寸法が変化する 1 層目と 3 層目における LC-PE の変化量が大きく、繊維平行方向に変化する 2 層目における LC-PA の変化量は比較的小さいことがわかった。これは木材の異方性による寸法変化率の差によるものであると考える。高さ方向では繊維方向の配置が逆になるため、繊維方向を対応させると同様の傾向が見られた。図 5 に W5 試験体端部と接着境界面の寸法の比較を示す。奥行方向における FL-PE より GL が大きくなった。これより、隣の繊維直交方向層の影響を受けて繊維平行方向層の変形量が増加していることが考えられる。

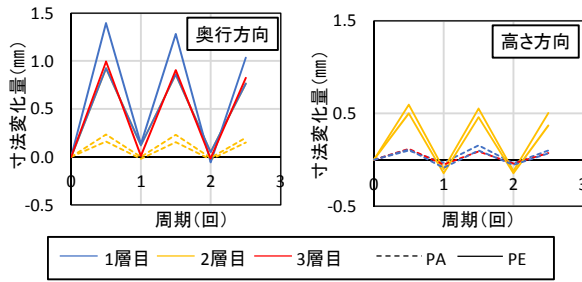


図4 W5 ラミナ中央部長さの繊維方向による比較

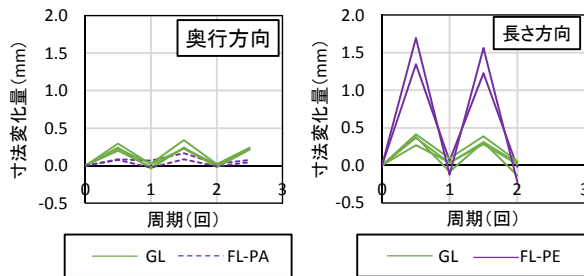


図5 W5 試験体端部と接着境界面の寸法の比較

3. 実大 CLT の乾湿繰返しに伴う含水率と寸法の変化

試験概要: 表2に試験体名および試験条件を示す。試験体は、150×150×2000mmのスギCLT(Mx60-5-5)を用いた。図6にD5の試験概要を示す。含水率はコントロール中央部の1層目および3層目を30分おきに計測した。試験体の寸法は、標点間距離を1800mmとし、両側側面に変位計を1対設置した。また治具として、H形鋼(H-150×150×7×10mm)を用い、上下面中央にひずみゲージを1対貼付し、H形鋼の曲げひずみを計測することにより、CLTに発生する軸力を算出した。温湿度は15分おきに計測し、温度は15~20℃での恒温、湿度は吸湿時にRH90%、放湿時にRH40%とし、6日周期で吸湿と放湿を約100日間繰返した。

表2 試験条件

試験体名	ピン本数	木口面シーリング処理	初期軸力
CON	0本	×	×
D1	1本	×	×
D5	5本	×	×
D5C	5本	○	×
D5IS	5本	×	○

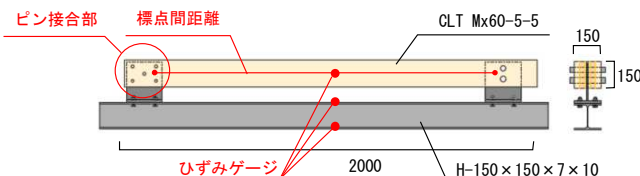


図6 試験体概要

実験結果: 図7にコントロールの中央内部含水率変化の時間推移を示す。図7より、1層目が3層目よりも値が高く、振れ幅も大きい。また、乾湿繰返し数を重ねるにつれて含水率振れ幅が小さくなっていくことがわかった。図8に変位計による寸法変化量、図9にCLT試験体に発生軸力変

化量の時間推移を示す。図8より寸法変化量は $D1 > D5 > D5IS \geq D5C$ の傾向を示した。また全ての試験体に共通して、乾湿繰返し回数を重ねるにつれて右下がりとなる傾向が見られるが、温度低下によるH形鋼の収縮が要因と考えられる。図9より発生軸力は $D5 > D5IS > D5C > D1$ の傾向を示した。D1では寸法変化量が比較的大きいが、発生軸力は小さいことから、接合部でめり込みが生じていると考えられる。D5Cでは寸法変化量も発生軸力も比較的小さいことより、シーリング処理によって発生軸力が抑えられたと考える。

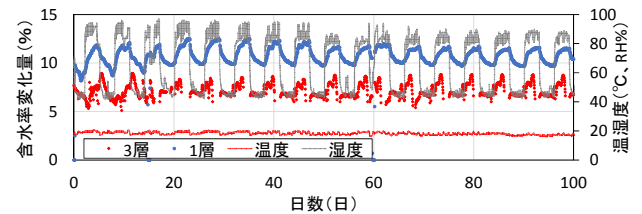


図7 中央内部含水率の時間推移

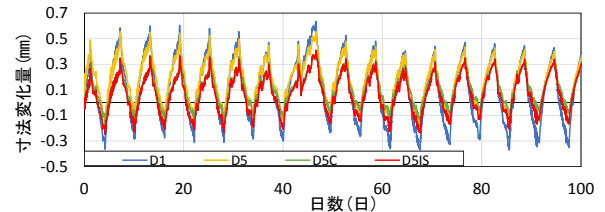


図8 寸法変化量の時間推移

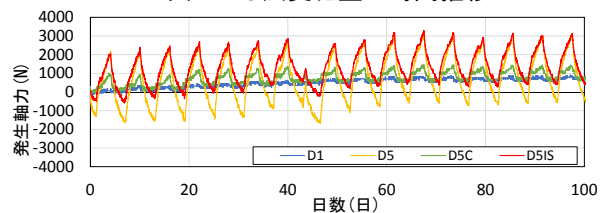


図9 発生軸力の時間推移

4. まとめ

要素および実大のCLTを用いた乾湿繰返しの実験より、含水率変化については木口からの距離や層数の影響で、内側へ行くほど変化が小さくなることが確認できた。寸法変化についても木口距離による影響は確認できたが、それよりも異方性と接着層の拘束による影響が大きい結果となった。また乾湿を繰返すことによる、含水率や寸法変化量の収束をはっきり確認するには至らなかった。発生軸力は、木口処理を工夫することで抑えられることが確認できた。今後の課題としては、①試験体寸法を変えて実験を行い、CLT内部の水分移動の特性を把握すること、②拘束無し試験体寸法変化量を計測し、接着層による寸法変化の拘束力を推定することなどが挙げられる。

参考文献

- 1) 小野広治、久保健、大前善則: スギ、ヒノキ板材の相対湿度の変化に伴う含水率と寸法の変化, 奈良県森林技術センター研究報告, 第32号, pp.97-101, 2003.
- 2) 椋代純輔: 積層接着された木材の内部応力に関する研究, 林業試験場研究報告, 第211号, pp.1-70, 1968.