

CLTのラミナの断面寸法とローリングシアー強度の関係について

性能部 保存グループ 川合 慶拓

■はじめに

直交集成板（Cross Laminated Timber, 以下CLT）は、ひき板（ラミナ）の繊維方向を直交するように積層・接着した木質材料であり、CLTの長さ方向に対してラミナの繊維方向が平行する層を平行層、直交する層を直交層（図1）と呼びます。CLTは、コンクリートよりも軽量であり、断熱性に優れる等の利点を有することから、中大規模建築物に利用した事例が増えており、今後も更なる利用が予想されます。

CLTを建築物の床や屋根などの水平材として利用すると、荷重が部材の積層方向に伝わり、部材は平行四辺形のような形に変形します（図2(a)）。その際、部材内部には、変形に抵抗する力（せん断応力）が発生し、直交層には、ラミナの繊維が転がるように作用します（転がりせん断、ローリングシアー）（図2(b)）。なお、せん断応力とは、せん断力を、受ける断面の面積で割った値であり、せん断強さ（強度）は、物体がせん断で破壊した時のせん断応力です。木材の繊維直交方向のせん断強度（ローリングシアー強度）は、他の方向のせん断強度より小さいため、CLTの積層方向に荷重を付与した試験では、ローリングシアーによる直交層のせん断破壊が顕著に見られます（図3）。そのため、CLTを建築材料として利用する上で、ラミナのローリングシアー強度を把握することは重要です。

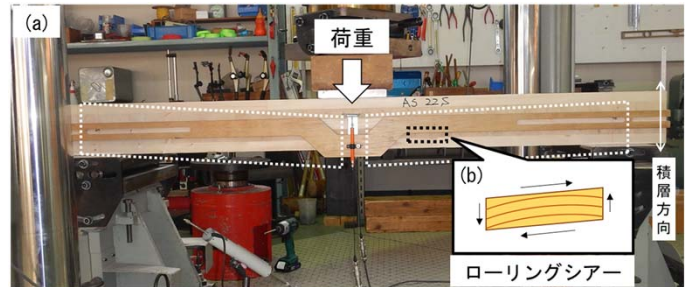


図2 荷重によるCLTの変形(a)と直交層ラミナに生じるローリングシアー(b)



図3 ローリングシアーによって破壊した直交層のラミナ

既往の研究²⁻⁴⁾では、ローリングシアー強度はラミナの断面寸法によって異なり、幅が大きなラミナほど、または厚さが小さなラミナほど高い強度を示す傾向となっています。一方、CLTの積層方向のせん断の基準強度（面外せん断強度）は、樹種群ごとに一定の数値に規定⁵⁾されているものの、ラミナの断面寸法については特に考慮されていません。ラミナの断面寸法とローリングシアー強度の関係を明らかにすることによって、CLTの面外せん断強度の合理的な評価が可能になると考えられます。本稿では、ラミナの幅の条件を変えた6種類の試験体を製作し、ローリングシアー強度との関係を調べた結果について紹介します。

■実験方法

国内の規格では、ラミナのローリングシアー強度を測定する試験方法は特に定められていません。そこで本研究では、既往の文献²⁾を参考に、欧州の規格⁶⁾を応用した試験（図4(a)）を実施し、ローリングシアー強度の測定を行いました。試験体の各寸法を（図4(b)）に示します。ラミナの樹種は北海道の

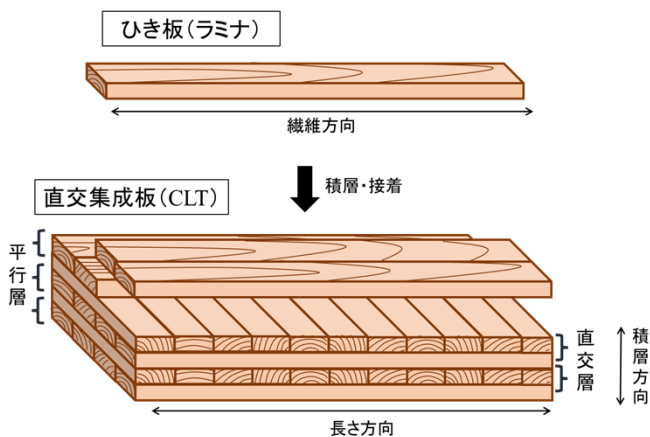


図1 直交集成板（CLT）の概要図

代表的な樹種であるカラマツを使用しました。また、ローリングシアー強度の測定対象であるラミナを直交層ラミナ、その両側の二枚のラミナを平行層ラミナと呼称しました。直交層ラミナと平行層ラミナの接着には、水性高分子イソシアネート系接着剤を使用しました。

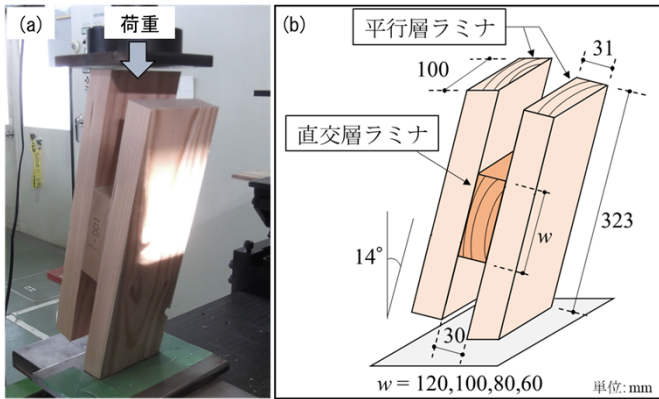


図4 ローリングシアー試験の様子(a)と試験体の寸法(b)

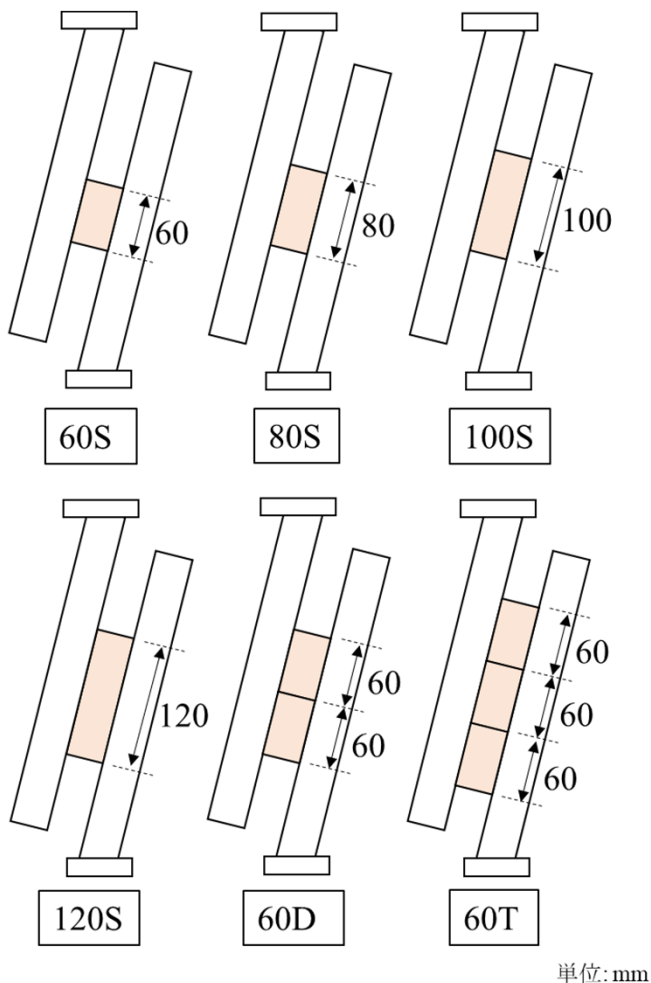


図5 直交層ラミナの幅寸法

直交層ラミナの幅 (w) は、60 mm (60S) , 80 mm (80S) , 100 mm (100S) , 120 mm (120S) , 幅60 mmのラミナを二枚並べた試験体 (60D) , 幅60 mmのラミナを三枚並べた試験体 (60T) の6条件としました (図5)。ただし、60Dおよび60Tの直交層ラミナ同士の接着は行いませんでした。試験体数は、60T以外の条件では17体、60Tでは32体としました。加力試験は、インストロン型強度試験機 (TENSILON RTD 2410, (株)オリエンテック, ロードセル容量100 kN) を用いて実施しました。ローリングシアー強度 (τ_{max}) は、以下の式 (1)より求めました。

$$\tau_{max} = \frac{P_{max}}{100w} \times \cos 14^{\circ} \quad (1)$$

ここで、 P_{max} : 最大荷重 (N), w : 直交層ラミナの幅 (mm)

■結果と考察

図6に各条件の試験結果と平均値を示します。ラミナ幅の違い (60S~120S) で比較すると、ローリングシアー強度は、幅の大きなラミナであるほど増大する傾向にあり、既往の研究^{2,3)}と同様の結果となりました。また、同じせん断面積 (直交層ラミナ全体の幅が同じ120Sと60D) の比較では、60Dの方が低くなり、ラミナを分けることによってローリングシアー強度が低下することが分かりました。一方、ラミナの枚数の違い (60S, 60D, 60T) の比較では、60Dが若干高い値を示したものの統計的には有意な差異とならず、枚数による強度の明確な変化は見られない結果となりました。

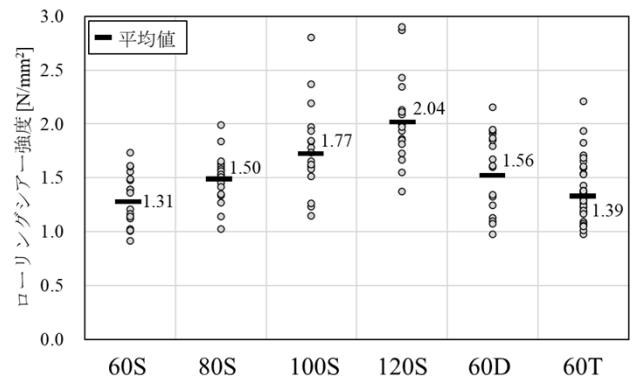


図6 ローリングシアー試験の結果

本研究の60S~120Sの結果と既報値^{7,8,9,10)}を参考に、カラマツのラミナ断面の幅厚さ比 (幅 / 厚さ) とローリングシアー強度の関係を図7に示します。なお、図中のローリングシアー強度は、本研究では全試験

体の値、既報値では平均値を示しており、回帰直線は本研究の結果から求めました。その結果、得られた回帰直線は既報値と概ね一致し、ローリングシア一強度はラミナ断面の幅厚さ比と比例関係にあることが示されました。

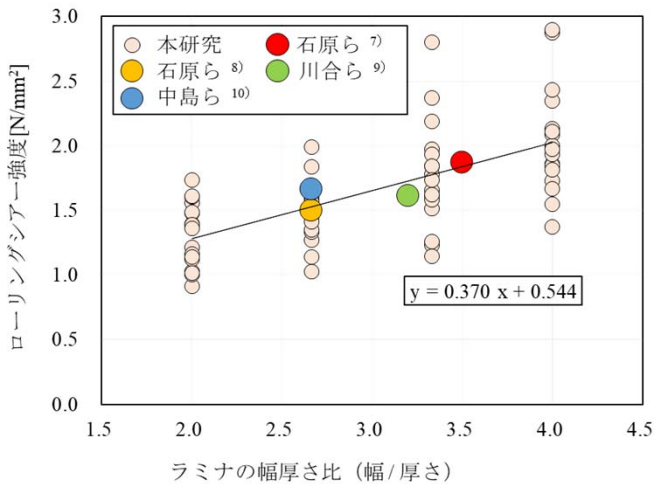


図7 ローリングシア一強度とラミナの幅厚さ比の関係

■おわりに

本研究では、ラミナの断面寸法とローリングシア一強度の関係について検証し、幅厚さ比によってローリングシア一強度を評価できる可能性が示唆されました。今後は、CLTの面外せん断強度について更なる検討を行い、CLT建築の利用促進に繋がる成果を挙げられればと思います。

■参考文献

1) 一般社団法人日本CLT協会: 利用例集 (建築) <https://clta.jp/case/> 2024年2月19日閲覧

2) Ukyo, S., Shindo, K., Miyatake, A. : Evaluation of rolling shear modulus and strength of Japanese cedar cross-laminated timber (CLT) lamina. *J Wood Sci.* 65 (31), 416-428 (2019).

3) Ehrhart, T., Brandner, R., Shickhofer, G., Frangi, A. : Rolling shear properties of some European timber species with focus on cross laminated timber (CLT): test configuration and parameter study. In Conference paper of international network on timber engineering research (INTER), Volume: 2nd Meeting, Sibenik, Croatia, 24-27 August (2015)

4) Li, M. : Evaluating rolling shear strength properties of cross-laminated timber by short-span bending tests and modified planar shear tests. *J Wood Sci.* 63 (4), 331-337 (2017).

5) 平成30年国土交通省告示第1324号: 特殊な許容応力度及び特殊な材料強度を定める件(平成13年国土交通省告示第1024号)の一部を改正する件. 国土交通省 (2018).

6) EN Standard 408 (2012) Timber structure—structural timber and glued laminated timber—determination of some physical and mechanical properties. European Committee for Standardization, Brussels.

7) 石原亘, 高梨隆也, 大橋義徳, 松本和茂, 戸田正彦, 植松武是 : カラマツ及びトドマツCLTの面外せん断強度 (第1報) 荷重方式及びスパン条件がせん断強度に与える影響. 木材学会誌66 (4), 214-224 (2020).

8) 石原亘, 川合慶拓, 高梨隆也, 宮崎淳子, 大橋義徳 : 圧縮型せん断試験による国産針葉樹CLTのローリングシア一強度-樹種および含水率による影響-. 木材学会誌68 (1), 36-42 (2022).

9) 川合慶拓, 小泉章夫, 澤田圭, 佐々木義久 : 道産材を用いたCLTの直交層構成の違いによる面外せん断強度への影響について. 第68回日本木材学大会要旨集 (CD-ROM), 2018, I15-P-09.

10) 中島昌一, 荒木康弘, 大橋義徳, 中島史郎, 宮武敦 : 実大水平載荷実験によるCLTの幅方向のせん断強度の評価-樹種の違いが幅方向のせん断強度に与える影響-. 日本建築学会構造系論文集, 84 (760), 843-849 (2019).