



# HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	CLT直交層におけるローリングシアーおよび北海道産CLTの面外せん断強度に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	石原, 亘
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	甲第15150号
Issue Date	2022-09-26
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/87220">https://hdl.handle.net/2115/87220</a>
Rights(URL)	<a href="https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/">https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/</a>
Type	doctoral thesis
File Information	Ishihara_Wataru_abstract.pdf, 論文内容の要旨



# 学位論文内容の要旨

博士の専攻分野の名称： 博士（農学）

氏名 石 原 亘

## 学位論文題名

CLT 直交層におけるローリングシアーおよび北海道産 CLT の面外せん断強度に関する研究

### [第1章・緒言]

木造建築の用途の拡大と中大規模化が期待される中、これに応じた木質建築材料として直交集成板（Cross Laminated Timber, 以下 CLT）が注目されている。CLT は、挽き板（以下、ラミナ）を繊維方向が直交するように積層接着した木質材料（パネル）であり、寸法安定性が高いこと、強度異方性が小さいこと、大面積および大断面を有することで高耐力を実現できることなどの特徴を有している。

国内での CLT の利用拡大に向け、2010 年代以降、国内の生産体制および関連法規の整備（規格（JAS）の制定、基準強度の制定）が進められ、これに際して国産材を利用した CLT に関する強度データの集積も行われた。ただし、CLT の材料強度に関しては未だに検証すべき課題も多く、その例として、CLT の材軸方向に並ぶ“平行層ラミナ”に対して直交して並ぶ“直交層ラミナ”の“ローリングシアー”によって引き起こされる破壊現象が挙げられる。

CLT を床・屋根として使用とする場合、短尺（短スパン）での使用を想定した場合は面外せん断強度について評価する必要がある。面外方向からの荷重によりせん断力が生じる際、直交層ラミナにローリングシアー破壊が生じ、これが CLT の面外せん断強度の決定要因となるが、この時の強度値は推定が困難であり、実験的に求める必要がある。しかし、CLT におけるラミナの材料条件（樹種、含水率、寸法）や試験条件（試験時の荷重方式、試験スパン）が強度にどの程度影響しているのかなど、未解明な部分も多い。このほか、ラミナのローリングシアー破壊は、接着性能の評価においても課題となる。接着性能の一般的な評価試験であるブロックせん断試験では、試験時に CLT の直交接着層（以下、直交接着層）においてローリングシアー破壊が生じ、得られる強度値が過剰に小さくなるものと考えられる。

本論文では、国産針葉樹、とりわけ北海道庁の推進政策（2017）を受け、今後の利用拡大が期待される北海道産カラマツおよびトドマツ CLT を対象に、ラミナのローリングシアー破壊に焦点を当て、面外せん断強度、接着せん断強度に関する実験・研究を行った。

### [第2章・国産ラミナのローリングシアー強度]

ラミナの材料条件がローリングシアー強度にどの程度影響しているのか網羅的に検証した例は少ない。そこで、国産針葉樹4種（ヒノキ、カラマツ、スギ、トドマツ）のラミナについて、圧縮型のローリングシアー試験によって、樹種および含水率がローリングシアー強度に与える影響について検証した。また、カラマツおよびトドマツについては、異なる幅のラミナについても圧縮型のローリングシアー試験を行った。

これらの試験の結果、ローリングシアー強度は高い順に、ヒノキ、カラマツ、スギおよびトドマツとなること、含水率がローリングシアー強度に与える影響は顕著ではないことが示された。また、ラミナ幅が大きいとローリングシアー強度は高くなる傾向がみられた。

### [第3章・カラマツおよびトドマツ CLT の面外せん断強度]

CLT の面外せん断強度が、試験方法（中央集中荷重法および逆対称4点荷重法）および試験スパン（支点間距離）によってどのように変化するかについては未検証である。そこで、カラマツおよびトドマツ CLT を対象に、試験方法やスパンを変えた複数の条件で面外せん断試験を行った。

これらの試験の結果、試験方法によって得られるせん断強度が異なることが示された。また、せん断スパンが長くなるに従い、せん断強度は漸減し一定値に収束する傾向がみられ、これを実験式で表した。この時の収束値を第2章で得られたローリングシアー強度の値と比較すると、両者は概ね一致した。

### [第4章・促進劣化処理を行ったカラマツおよびトドマツ CLT の面外せん断強度]

建築基準法における建築材料の認定基準（建設省告示）では、木質接着材料について促進劣化処理による耐久性（接着耐久性）の検証を行うことを求めている。しかし、促進劣化処理が CLT の面外せん断強度や破壊形態にどのような影響を与えるのかを報告した例は非常に少ない。そこで、カラマツおよびトドマツ CLT について、建設省告示に規定されている各促進劣化処理（煮沸、減圧加圧、加熱冷却処理）を行った後に面外せん断試験を行った。また、せん断試験体とマッチングさせた剥離試験片により、各促進劣化処理後の接着層の剥離率を規格（JAS）に準則して求めた。

これらの試験の結果、いずれの条件においても、破壊形態はローリングシアーを伴うせん断破壊であったものの、処理方法によっては強度が4割程度低下した。また、剥離率は最大5%程度と低水準であり、直交層ラミナの木部の劣化がせん断強度の低下に影響している可能性が示された。

### [第5章・国産 CLT の直交接着層に生じるせん断強度とその評価方法]

CLT は木質接着材料であるため、接着部分のせん断強度（接着せん断強度）を評価することは品質管理や製品開発（現行外の樹種や接着剤を用いた CLT の製造）の上で重要であるが、現行の規格（JAS）によるブロックせん断試験は、直交層ラミナにおいて試験片がローリングシアー破壊する場合も多い。このため、接着強度が過剰に小さく現れ、破壊も接着層から大きく離れて生じる場合がある。そこで、国産針葉樹4種（第1章と同様）の CLT について、直交接着層の接着せん断強度を、ブロックせん断試験（JAS）、繊維方向に対して45度方向から加力したブロックせん断試験（以下、45度ブロックせん断試験）、ねじり試験機を用いたねじり試験によって評価、比較を行った。

これらの試験の結果、各試験方法により得られたせん断強度を比較すると、ねじり試験：ブロックせん断試験：45度ブロックせん断試験=1：0.45～0.57：0.90～0.94 となり、ねじり試験と45度ブロックせん断試験により得られるせん断強度は近い値を示した。45度ブロックせん断試験は、直交接着層のブロックせん断試験における課題であったローリングシアー破壊が生じにくく、また、ねじり試験機のような特殊な装置を要しないため、接着せん断強度の評価方法として有用であることが示された。

### [第6章・結言]

本論文では国産 CLT のローリングシアー強度および面外せん断強度、接着せん断強度に関する多くの実験・研究を行った。その結果、ラミナの含水率がローリングシアー強度に与える影響や（第2章）、促進劣化処理による面外せん断強度の低減率（第4章）を示すことができた。また、CLT における面外せん断強度とせん断スパンの関係を表す実験式の提案（第3章）、直交接着層の接着せん断強度の評価方法に関する提案（第5章）など、実用に即した提言および提案を行うことができた。