

統計的整合性を持つ木質釘接合部のせん断剛性の決定方法

静岡大学大学院総合科学技術研究科農学専攻 高橋明紀（指導教員：小川敬多）

研究の概要

現在主流の木質釘接合部のせん断剛性評価法では、荷重－変位関係における実測値とモデル適合結果との不一致性のため、統計的考察が不可能という課題がありました。そこで本研究では統合的整合性を備えたせん断剛性の算出方法を探索しました。4つの方法を検討した結果、変位 0.05-0.70mm 間のプロットデータを回帰する方法が最も統計的適合性が高いことを発見しました。

背景と目的

木質釘接合部は木造建築物において古くから使用されてきた接合方法です。木材部材同士を釘で接合し、せん断力下で耐力を発現することで木質構造物の安全性確保しています。せん断剛性は変形初期の荷重－変位関係の傾きであり、重要な特性値の一つです。しかしながら、実際のせん断試験（図1）によって得られる荷重－変位関係は初期からカーブ状であるため、傾きの判断が難しくなっています。現在の我が国での剛性の決定方法として頻繁に用いられているものに完全弾塑性モデルという工学的手法があります。ところが、初期の傾きを詳細に分析するとこの方法による初期剛性は実際の荷重－変位曲線と乖離していることが知られています（図2）。これによる不都合として、統計学との不整合性が挙げられます。本来、剛性のばらつきは小標本理論によって予測できるはずですが、完全弾塑性モデルによる初期剛性では適合度が極めて低いです。そこで本研究では、小標本理論への適合性を基準に新たな木質釘接合部のせん断剛性の決定方法を考案することを目的としました。



図1 釘接合部のせん断試験

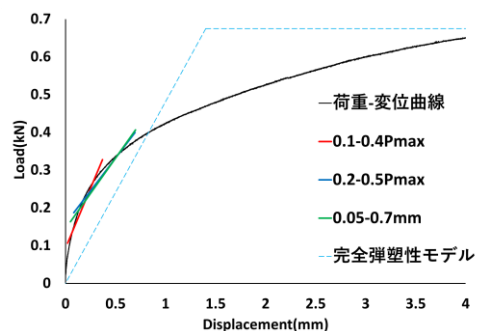


図2 比較する初期剛性の4つの決定方法

研究の方法

本研究では、木質釘接合部のせん断剛性の決定方法の考案のために、釘本数を1本、4本、6本の3種類の釘接合部の一面せん断試験を各40体ずつ行い、4種類の初期剛性について小標本理論との適合性を比較しました。図1のような試験を行ったうえで、初期剛性の決定方法として4つを採用しました（図2）。既存の方法である①完全弾塑性モデルに加え、②最大荷重の0.1～0.4倍した値の範囲内にあるデータの傾きを最小二乗法で回帰直線して初期剛性とする方法（0.1-0.4 P_{max} ）、③最大荷重の0.2～0.5倍した値の範囲で同様に求める方法（0.2-0.5 P_{max} ）、④変位0.05～0.70mmの範囲内にあるデータの傾きを最小二乗法で回帰直線して初期剛性とする方法（0.05-0.70mm）です。小標本理論による推定分布と実測分布を比較することで、どの決定方法が最も小標本理論への適合性が高いかを検討しました。

研究の結果

小標本理論で推定した結果を実測結果と比較しました。その例を図3に示します。図3左に示す①完全弾塑性モデルは既往の研究結果と同様に、釘本数の違いによる初期剛性のばらつきの差はみられません。試験結果と推定結果を比較しても、釘4本時と6本時のそれぞれにおいて、試験結果と推定結果は一致しませんでした。②0.1-0.4 P_{max} と③0.2-0.5 P_{max} による初期剛性については、釘4本試験の結果は推定分布に近い値をとったが釘6本試験の初期剛性は大きくばらつく結果となり、推定分布と一致はしませんでした（図省略）。最後に、④0.05-0.70mmの初期剛性は、釘本数が増えることでばらつきが抑えられる傾向が見られ、推定分布に非常に近い値を取りました（図3右）。さらに、2つの分布の近似性を評価する方法としてK-S検定（Kolmogorov-Smirnov test）を行ったところ、2つの分布の差の最大値であるD値が、④0.05-0.70mm間の範囲における最小二乗法で算出した初期剛性で最も小さくなり、すなわち、統計的適合性が最も高いという結果となりました。

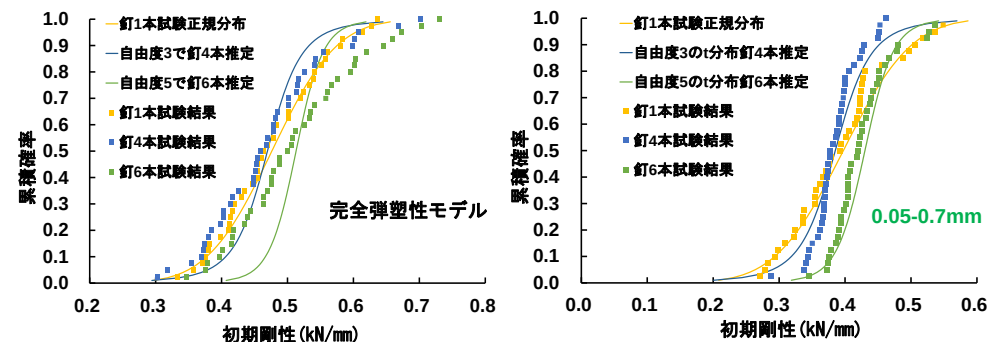


図3 初期剛性の推定分布と実測分布の比較（左：完全弾塑性モデル、右：変位0.05-0.70mmでの回帰）

当研究課題は、（公財）PHOENIX 木材・合板博物館の令和6年度研究助成金による支援を受けた研究成果です。

本研究を第75回日本木材学会大会にて報告しました（高橋明紀，小川敬多，小林研治：統計的整合性を持つ木質釘接合部のせん断剛性，第75回日本木材学会大会，H19-10-1400，2025年3月）。