

氏 名	増 田 顕
国 籍 ・ 本 籍	愛知県
学 位 の 種 別	博士（工学）
学 位 の 番 号	甲383
学位授与の日付	令和7年3月18日
学位授与の要件	名城大学学位規程第3号3項該当
学位論文題目	CLT ロッキング架構を有する中高層木質建物の力学的挙動
論文審査委員	主 査 武 藤 厚
	副 査 松 田 和 浩
	副 査 寺 西 浩 司
	副 査 葛 漢 彬

論文内容の要旨

本論要旨

近年、カーボンニュートラルの実現や林業の持続的な発展などの社会的背景により、世界的に建築物への木材利用が広がっている。特に直交集成板（Cross Laminated Timber、以下 CLT）の利用が広まる中、国交省が提案した CLT パネル工法は著しいスリップ性状を有する復元力特性であるため、大地震後の性能維持が困難であると考えられる。地震経験後に継続使用を可能にする損傷制御技術の開発は重要であり、近年、CLT ロッキング壁柱が注目されている。CLT ロッキング壁柱は、脚部が回転しながら浮き上がりつつも、PC 鋼棒で鉛直方向に導入されたプレストレスによって、スリップが少なく、高い原点指向性を有する特徴がある。また、通し壁柱として中高層木質建物に使用することで、各階の層間変形が均一化され、危険な層崩壊を防止できると考えられる。CLT ロッキング壁柱は大規模実験や振動台実験で多く検証されている一方で、原点指向性と変形均一化効果の程度や、CLT パネル工法にロッキング壁柱を用いた場合の挙動を明らかにした事例は少ない。

本論では、「CLT パネル工法」と「CLT ロッキング架構」の両方を主構造に使用した中高層木質建物の力学的挙動を把握する。CLT ロッキング架構とは、通し壁柱とした CLT ロッキング壁柱を有するラーメン架構で、2 本の CLT ロッキング壁柱と CLT 梁を引きボルトで連結し、柱梁接合部を積極的に回転させて、架構全体が平行四辺形に変形することを

想定した架構である。本論では、材料実験レベルの小さな部分から、接合部レベル、1 層 1 スパン架構レベルの構造実験を実施することで、部分から全体の力学的挙動を体系付けて把握する。そして、それらの実験結果を元に中高層木質建物の挙動をフレームモデルによる地震応答解析で把握する。

まず CLT ロッキング架構とダンパーを併用した 1 層 1 スパン架構の繰り返し実験を実施し、架構としての挙動や架構とダンパーの接合部における変形を把握した。CLT ロッキング壁柱にプレストレスを導入した場合としない場合を比較すると、CLT の長期許容圧縮耐力の 30%に相当するプレストレスを壁柱に導入すれば、非常に高い原点指向性を実現できることが分かった。また、架構とダンパーの接合部における変形が十分に小さいことを確認し、CLT 架構にダンパーを導入するための有効な接合部を開発した。

次に CLT ロッキング壁柱単体の繰り返し載荷実験を実施し、プレストレス量、PC 鋼棒の断面などを変化させた場合における挙動の違いを確認した。そしてフレームモデルを作製するため、CLT ロッキング壁柱の構造性能評価を実施した。評価の際には、壁柱の要素（柱脚のめり込み部、定着板、CLT 壁柱の弾性変形）を取り出した材料実験を実施して各要素の特性を求めた。提案した評価手法は、(i)柱脚支持部の応力分布を場合分けしたこと、(ii) 柱脚部の支圧剛性をめり込み剛性と弾性剛性の直列系としたこと、(iii)柱脚支持部の浮き上がりを PC 鋼棒、定着板、CLT 弾性変形の影響を表すバネの直列結合でモデル化したことに特徴がある。前述の構造性能評価とした場合、評価値は実験値の包絡線を概ね再現できたため、CLT ロッキング壁柱の剛性や耐力を評価することが可能となった。

次に、CLT ロッキング架構の柱梁接合部の繰り返し載荷実験を実施し、接合部形状や引きボルトの径が異なる場合における挙動の違いを確認した。また、フレームモデルを作製するため、柱梁接合部においても構造性能評価を実施した。評価の際には、柱梁接合部の要素（柱梁のめり込み部）を取り出した材料実験を実施して要素の特性を求めた。提案した評価手法は、(i) 柱梁接合部の応力分布を場合分けしたこと、(ii) 支圧剛性をめり込み剛性と弾性剛性の直列系としたこと、(iii) 引きボルト位置の離間長さを引きボルト、座金、CLT 弾性変形、柱梁のめり込みの直列結合でモデル化したことに特徴がある。前述の構造性能評価とした場合、評価値は実験値を概ね再現することができたため、CLT ロッキング架構における柱梁接合部の回転剛性を評価することが可能となった。

最後に、これまでの実験結果や構造性能評価を元に、9 層のフレームモデルによる地震応答解析を行い、CLT パネル工法だけの建物と、CLT パネル工法と CLT ロッキング架構を主架構に併用した場合の地震応答の違いを確認した。CLT パネル工法だけの場合では、階ごとの層間変形が著しく異なり、残留変形が大きかったものの、CLT ロッキング架構がある場合では、階ごとの層間変形はほぼ等しくなり、残留変形は CLT パネル工法だけの場合よりも減少した。この結果から、CLT ロッキング壁柱の変形均一化の効果が十分に発揮され、ロッキング壁柱が有する原点指向性が効果的であったと考えられる。さらに、CLT ロッキング架構内部にブレード型のダンパーを設置した場合においても、残留変形は CLT パネル工法だけの場合よりも減少することを確認したほか、プレストレス量がダンパー効

率に大きな影響を与えることも把握した。

以上を総合して、構造実験および構造性能評価を実施したことにより、CLT ロッキング壁柱の剛性・耐力や柱梁接合部の回転剛性を評価することが可能となった。そして、フレームモデルによる地震応答解析より、本研究で提案する中高層木質建物の力学的挙動を把握し、原点指向性と変形均一化効果が十分に発揮されていることを確認した。