

(続紙 1)

京都大学	博士 (農 学)	氏名	福本 晃治
論文題目	鉄骨架構に耐震要素として挿入されたCLT の構造設計手法に関する研究		
(論文内容の要旨)			
<p>本研究は、鉄骨架構に耐震要素として挿入されたクロス・ラミネイティド・ティンバー (Cross Laminated Timber 以下、CLT) の構造設計手法に関する研究である。</p> <p>第1章では、その研究の目的と背景について述べている。これまで、主として3階建て程度までの低層建物にCLTパネル工法が適用されてきたが、大規模、高層建築物へのCLTの利用を拡大するべく、CLTを耐震要素として鉄骨架構に挿入した構造システムを提案し、高耐力を必要とする高層建築物へのCLTの活用を目指している。</p> <p>第2章では、初期の設計事例と抽出された課題について示している。5階建ての鉄骨造にCLTを耐震要素として配置し、従来から用いられている引きボルトとドリフトピンによるせん断接合を用いた構造設計を実施して2019年に竣工に至った。この設計事例において、CLT耐震パネルを鉄骨架構に組み込むことによりCLTの構造性能を効率よく発揮させることが可能であることを示した。また、保有水平耐力計算までを含めた一連の構造設計手法を提示し、耐火性能まで含めた本構造システムの有用性を確認した。一方で、構造特性係数D_s値の合理性、引きボルトの水平耐力への寄与率、応力解析モデルの煩雑さについては課題が残った。</p> <p>第3章では、上記の課題を受けて新たな接合形式による構造システムの提案について述べられている。先の設計例では、鉄骨造とCLT耐震パネル (以下、「CLT」と略す) の接合として引きボルトを採用した設計事例を示したが、引きボルトの角孔の端あき部での破壊が生じやすく、その耐力が設計上支配的で引きボルトが発揮できる引張力が頭打ちとなり、引きボルトの水平耐力への寄与が薄いことが判った。また、応力解析においては、引きボルトやCLT支圧部などの接合要素を全てバネ要素でモデル化する必要がある、応力解析モデルが煩雑で設計実務上多大な労力を要する。そこで、筆者らはCLTの接合部の簡易化とCLTの水平耐力確保の両立、及び簡便でかつ実挙動との適合性が高い応力解析手法の構築を目指し、引きボルトがない接合方法を用いた前例のない構造システムを新たに考案した。</p> <p>第4章では、前章で提案された構造システムに対する架構実験の概要が示されている。CLTの破壊性状やCLTが発揮する剛性と耐力、及び繰り返し加力による履歴特性を明らかにするため、CLTの配置枚数をパラメータとした第1シリーズと、CLTのアスペクト比及び鉄骨の梁断面を変化させた第2シリーズの架構実験を実施した。その結果、以下の知見が得られた。</p> <p>鉄骨架構にCLTを挿入することで、全ての試験体のCLTで支圧破壊、又はせん断破壊に至りCLTが保有する最大耐力を発揮させることができた。また、鉄骨架構のみの場合に比べて水平剛性で最大3.48倍、水平耐力で最大2.67倍まで増大し、耐震要素としての有用性が確認された。</p> <p>第5章では、単純化された状態として上下を剛体により拘束されたCLTに水平力が作用した場合の応力伝達をモデル化し、CLT支圧部の支圧領域幅と、水平剛性の理論的な計算方法が誘導されており、本論の基礎となる理論が展開されている。</p>			

第6章では、提案された構造モデルを基に構造設計手法が提案されている。実験結果と併せて静的弾塑性解析を用いた検討を実施し、CLT隅角部における支圧力の伝達について定量的に検証し、更にCLTの水平剛性評価手法と簡易な応力解析モデルの構築を行った。具体には、CLT支圧部の支圧剛性は圧縮ヤング係数と比例する傾向にあり、支圧剛性は圧縮ヤング係数の1/290とする剛性計算式を提案した。さらに、静的弾塑性解析を用いたパラメトリックスタディにより、鉄骨の梁剛性とCLTの回転剛性の比率と支圧領域幅との関係を検討し、理論計算値に対する支圧領域幅の低減係数算定式を導いた。

以上の知見をもとに、CLT支圧部の弾性限界時、終局時における耐力式を提案し実験結果と良く適合することを確認した。

第7章では、構造特性係数 D_s 値について検討されている。破壊モードに関わらずCLTのみを取り出した場合の D_s 値は0.3~0.5となり全試験体の平均値で約0.35となった。

CLTの負担水平力比 β と D_s 値との関係は明確ではないものの、建築基準法との関係では筋交いとしてのCランクと評価することですべての実験結果を包含する結果となった。

以上のように、CLTと鉄骨梁接合面間における支圧力の伝達についての耐力評価方法、CLTの水平剛性評価方法、及びCLTをブレース要素に置換した応力解析モデルを提案されており、本構造システムの汎用性の高い構造設計手法として活用されることが期待される。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400~1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500~2,000字程度で作成すること。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

近年、我が国では、国内の森林資源の持続的な有効活用を目指し、従来は鉄筋コンクリート造、鋼構造とされていた中大規模建築の木造化、木質化が急速に進みつつある。その中において本研究は、CLT（直交集成板）を鋼構造の耐震要素として用いた先駆的な研究であり、合理的に中大規模建築に木質材料を適用できる構造システムとして、更なる発展性と普及性が期待できるものとなっている。

特に特筆すべき点は以下の通りである。

1) 先導的な設計実績の中から実用を前提とした課題を抽出し、有意義な研究課題として整理され、更に、章を追うに従い順次それらの課題解決が成されており、論文全体として明確な一貫性があること。

2) 同種の構造システムとして、国内外で実験結果が十分に報告されていない中、まとまった規模の構造実験が実施され、基本的な構造型状が整理されており、実験結果、実験データとしての研究的価値が高いこと。

3) CLTと周辺の鉄骨架構との相互挙動として、CLT隅角部の支圧力の伝達性状に着目されており、構造モデルと静的弾塑性解析を用いた詳細な検討により、鉄骨梁の変形状態を考慮した論理的かつ実用的な耐力評価式が提案されていること。

4) 構造モデルから論理的に導いた剛性評価式と、CLTを単純な線材要素に置換した構造解析モデルが提案されており、実験結果と良好に適合する再現性の高い解析結果が得られ、構造設計での適用が十分に期待できるものとなっていること。

5) CLTの変形性能や破壊性状から、建築基準法に規定された構造特性係数に対する考察がなされており、今後の研究発展や構造設計上の参考資料として有意義な結果が示されていること。

以上のように、資源循環可能な建築材料として世界的に注目を浴びているクロス・ラミネイティド・ティンバーにより高層木造が建築可能であることを示し、さらにその設計法を一般化できる手法として示したことは、非常に有益であり、木質構造学、建築構造学の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、令和4年1月19日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

また、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

注) 論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。

ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降（学位授与日から3ヶ月以内）