

氏名	フオアン 黄	クオアン 権	ファン 煥
学位(専攻分野)	博 士 (農 学)		
学位記番号	農 博 第 1294 号		
学位授与の日付	平成 14 年 9 月 24 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
研究科・専攻	農学研究科森林科学専攻		
学位論文題目	エンジニアードウッドを用いたドリフトピン・釘接合部の剛性・耐力評価と木質住主構造要素への適用		
論文調査委員	(主 査) 教授 小松幸平	教授 増田 稔	教授 川井秀一

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、応力等級区分や材料設計などの工学的な手法によって強度性能が計算・評価・保証された木材製品である EWP (Engineered Wood Products: エンジニアードウッド; 以下 EWP と記す) の接合性能評価に必要な基本的物性値である面圧強度、面圧定数等を 3 種類の EWP に関して実測し、それらの値を用いて EWP 接合部の耐力・剛性を評価し、最終的に EWP で構成された住宅構造要素への適用性を実大規模の実験によって評価した結果をとりまとめたものである。

第 1 章では、本論文に関連する既往の研究を調査し、本研究との関連性、意義と必要性について論述した。

第 2 章では、ヤング係数の異なる 2 種類の LVL (laminated veneer lumber), 各 1 種類の PSL (parallel strand lumber), LSL (laminated strand lumber) の計 4 タイプの EWP を対象に、様々な鋼棒直径を用いて、正 6 面体の試験体の各面に対し面圧実験を行い、各種面圧性能と鋼棒直径の関係を検討した。実験の結果、ほとんどの試験体は、加力方向に拘わらず面圧強度 σ と鋼棒直径 d はほぼ一定の傾向を示した。また、面圧定数 k_e は鋼棒直径 d の増加と共に減少し、有効弾性床深さ α は、素材および集成材の値に比べて大きい結果となった。この現象は多数の空隙を持つ PSL で顕著であった。得られた面圧応力と有効弾性床深さに関する情報は、EWP 接合部の変形と耐力の推定に有効に適用できるものと考えられた。

第 3 章では、上記 3 種類 4 タイプの EWP を主材、厚さ 9mm 鋼板を側材、そして直径 12mm のドリフトピンを接合具とする「鋼板挿入ドリフトピン接合部」を対象に、繊維平行方向に対しては引張型のせん断試験を、繊維直交方向に対しては 3 点曲げ型のせん断試験を行い、それぞれの荷重—すべり関係を得た。また、弾性床上の梁理論による初期剛性、ヨーロッパ型降伏理論による降伏耐力、非線形有限要素法による荷重—すべり挙動のそれぞれについて、実測値と計算値の比較・検討を行った。その結果、各 EWP 接合部の理論すべり係数 $calK_s$ は、実測すべり係数 $expK_s$ より多少高めの値を示した。

各加力方向の面圧強度とドリフトピンの実測降伏モーメントを用いた EYT 式による推定降伏耐力は、接合部のせん断試験で観察された実測値とよく一致した。本研究の範囲では 2% オフセット面圧強度を降伏耐力として採用する方が、接合耐力の評価としては、安全側であるという傾向を得た。

非線形有限要素法による解析においては、降伏耐力レベルまでの領域はほぼ推定できた。しかし、降伏レベルから終局耐力レベルに至る大変形領域の挙動では、数値計算値の方が実測値より大きな荷重を示した。

第 4 章では、EWP として最も実績のある集成材、合板を対象とした釘打接合部のせん断性能を明らかにするため、CN50 釘を用い、釘ピッチを変えた釘接合部せん断試験を行い、釘ピッチがせん断性能に与える影響について検討した。

今回の実験の範囲内では、釘接合部のどの部位においてもすべり量は一定であると結論された。また、釘ピッチによるすべり剛性は、データのバラツキも大きく、釘ピッチとは無関係の傾向を示した。降伏耐力は、釘ピッチと関係なく一定の値を示した。一方、最大耐力は、釘ピッチが増加すると共にやや増加する傾向を示した。

第 5 章では、釘ピッチを変えた 4 種類の合板釘打パネルと集成材半剛節架構を組み合わせた「せん断抵抗システム」に対して、正負繰り返し水平せん断試験を行い、その耐力性能を検討した。また、4 章で得た結果を用いて「せん断抵抗システ

ム」の降伏耐力とせん断剛性を算出し、実験結果と比較した。さらに、フレームを構成する柱脚部と柱—梁接合部だけの試験結果を、3P-exp 関数式で当てはめ、せん断抵抗システムの非線形荷重—変形関係を推定した。その結果、フレームの破壊が先行した釘ピッチ 50mm 場合を除き、せん断抵抗システムの降伏耐力は実測値と概ね一致した。せん断抵抗システムの面内せん断剛性は、釘ピッチが 150mm の試験体に対して、良好な適合性を示した。また、各接合部の耐力と剛性を 3P-exp 関数で当てはめた結果を用いてシステムの非線形挙動を推定した結果、釘ピッチ 50mm 以外の試験体に対して、概ね良好な推定が可能であることが明らかとなった。

結論として、フレームと面材の耐力・剛性のバランスが取れたせん断抵抗システムを目指すことによって、総合的に耐力が十分発揮できる住宅システムが構築可能となることが明らかとなった。

論文審査の結果の要旨

工学的な手法によって、その強度性能が計算・評価・保証される木材製品をエンジニアードウッド（以下 EWP と記す）と呼ぶ。

近年、北米を中心に各種の EWP が開発され、我が国においても、住宅用構造部材として、それらを利用する機会が増加している。EWP は基本的に、木材を小さな要素に分割したものを接着剤を用いて再構成した材料であるため、力学的異方性が大きく、力のかかる方向によっては、予期せぬ破壊を引き起こす可能性も考えられる。しかし、新しく開発された EWP の接合性能に関する基礎的なデータは殆ど知られておらず、現状では既往の木材・木質材料に関する接合性能を参考に、暫定的な構造設計が行われている状態である。

このような状況にあって、本論文では、市販されている 3 種類 4 タイプの EWP を対象として、材料の接合性能を基本的に支配する面圧特性（面圧強度、面圧係数等）を多数の実験を行って評価し、各 EWP に相応しい接合部の設計を可能とする設計資料を整理したものであり、評価すべき点は以下の通りである。

- 1) 2 タイプの LVL, 各 1 タイプの LSL, PSL を対象に、考えられるすべての加力方向について、鋼棒の直径を 2mm から 24mm まで変化させた均一圧縮面圧実験を行い、加力方向と積層構造との関係で決まる面圧強度並びに面圧係数の異方性と鋼棒直径との相関関係を初めて明らかにした。得られた結果を、実際の構造設計に便利なように、鋼棒直径、材料のヤング係数をパラメータとする設計式の形で提案した。
- 2) 実際の接合部の設計例として、鋼板挿入ドリフトピン 2 面せん断接合部を取り上げ、繊維平行方向加力、並びに、繊維直交方向加力を受ける接合部の荷重—すべり関係が、提案した面圧強度や面圧係数の設計式によって正しく評価できるかどうかを、既往の各種理論に適用し、その妥当性を実験によって検証した。その結果、剛性・降伏耐力とも概ね妥当な評価が可能であることを明らかにした。
- 3) 住宅構造要素への適応例として、半剛節骨組み架構と釘打ち合板パネルを組み合わせた耐力要素である「せん断抵抗システム」を取り上げ、その水平せん断挙動が接合部の基礎的なデータに基づいて理論的に推定可能かどうかを、実大実験によって検証した。

その結果、骨組みと面材の耐力・剛性のバランスが取れた「せん断抵抗システム」を目指すことによって、総合的に耐力が十分発揮できる住宅構造要素が設計可能となることを明らかとした。

以上のように、本論文は、EWP の接合性能を支配する最も基礎的な面圧性能について、膨大な数の実験で得られたデータを整理し、実際の木質住宅構造の構造設計に資する形で提供したものであり、木質材料学、木質構造学、並びに関連する木材工業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、平成 14 年 8 月 21 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。