

論文の内容の要旨

生物材料科学専攻

平成 27 年度博士課程進学

氏 名： 田尾 玄秀

指導教員名： 稲山 正弘

論文題目 在来軸組工法用プレカットを活用した木造標準トラスの開発研究

トラス架構は、建築・土木の分野において、構造材料を問わず、経済的に長いスパンを架け渡す架構の形式として、広く社会に普及している。木造建築におけるトラス架構は、特に非住宅系で低層の中大規模の建物において、学校、事務所、体育館、倉庫、車庫、工場、駅舎、畜舎等の比較的大きいスパンが要求される空間の屋根架構として、広く用いられてきた。又、平成 27(2015)年の国内の木造軸組構法住宅のうちプレカット化されたものの割合は 91%となり、全国的にプレカット工場が充実した状況にある。そこで、中大規模低層木造建築に有効活用できる木造トラス架構の継手仕口の加工形状を、在来軸組工法用プレカットで対応可能なものとして標準化して整備し、設計者と施工者、プレカット工場との間で共有できる標準図として整備しておくことは、構造設計や生産設計での作業の効率化や信頼性の高い加工・生産やコスト競争力の向上に繋がり、木材利用を推進する上で有効であると考えられる。

一方で、木造トラス架構の各接合部は、その加工形状や応力伝達が複雑になりがちである。特に、一般的な木造トラスには必ず伴う斜材の仕口は、互いの材が斜めに取り合い、力学的にも材料学的にもその応力伝達機構や破壊現象が複雑で、計算理論のみでは実際の剛性及び耐力や応力負担時の挙動等を解明することは困難である。

以上より、本研究では在来軸組工法用プレカット加工を活用した木造標準トラスを、接合部等の標準仕様を含めて提案し、その構造的性能を、主に実大試験体を用いた静的載荷実験や主要な接合部の要素実験を通じて明らかにすることを目的とする。

第 1 章は、過去の標準トラスの仕様と実大実験による性能検証の事例を提示し、本研究で実施する標準トラスの提案と実験的研究による性能検証の要点の参考とした。

第 2 章では、実際の在来軸組工法用プレカット加工に対応した標準トラスの形状や接合部詳細等を整理し提示した。提示したのは、比較的汎用性が高いと考えられる、山型キングポストトラスと片流れトラスの標準仕様、及びその構造設計例である。

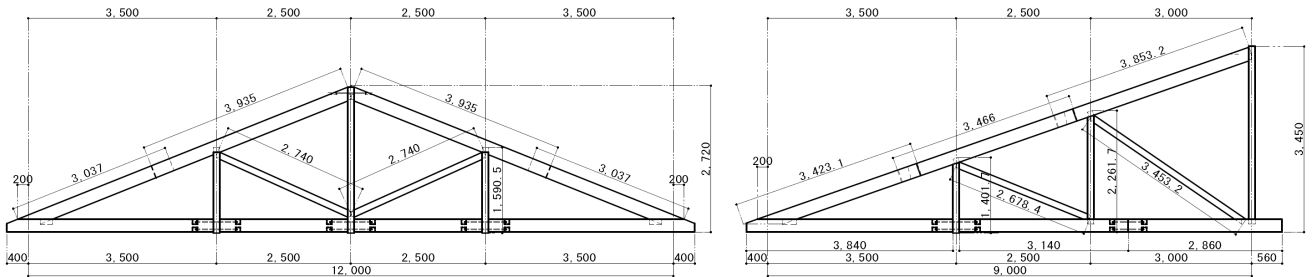


図1. 実大載荷試験_試験体略図; 左 KDT-12s 試験体, 右 KDT-9s 試験体 (※全部材がスギ製材の試験体)

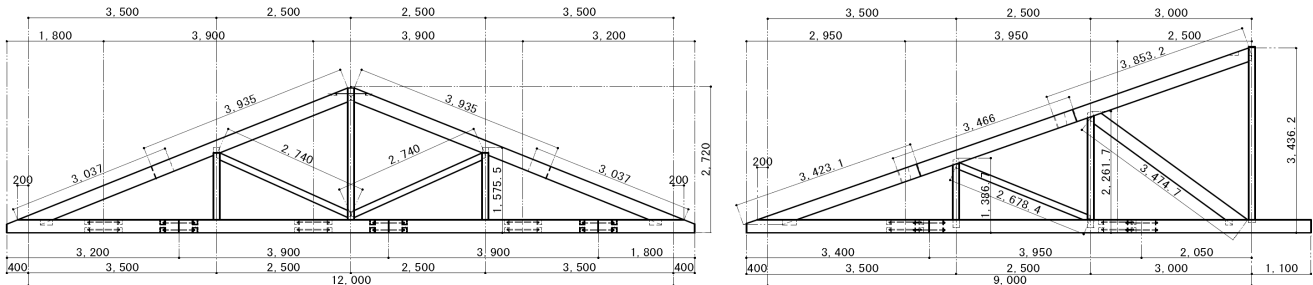


図2. 実大載荷試験_試験体略図; 左 KDT-12d 試験体, 右 KDT-9d 試験体 (※陸梁がダブルタイプの試験体)

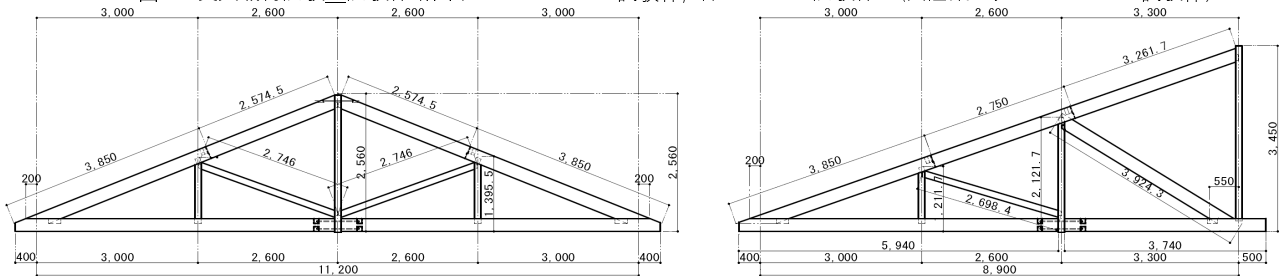


図3. 実大載荷試験_試験体図; 左 EWT_12s 及び hEWT_12s 試験体, 右 EWT-9s 試験体 (※陸梁が集成材の試験体)

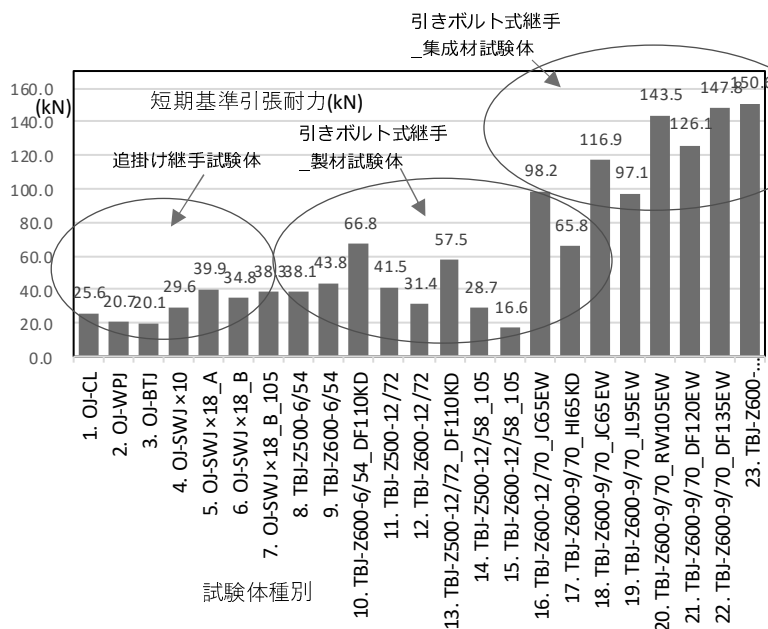


図4. 陸梁継手の引張実験による短期基準引張耐力の比較

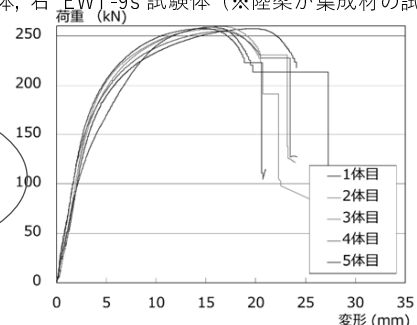


図6. 陸梁継手の引張実験 荷重変形関係
引きボルト式継手(ベイマツ試験体)



図5. 陸梁継手の引張実験
材料の違いによる破壊性状の違い

第3章では、標準トラスにおいて最も応力負担が大きい、陸梁の継手の仕様を決定することを目的として、継手の引張実験を実施した。引張実験は、全23種の試験体について仕様を変えながら順次実施し、それらの構造的な性能や破壊性状を把握した(図4, 図5)。その結果、最終的に、引きボルト式継手による比較的安定した性能を発揮できる仕様を確認すると共に(図6)、既往の評価式や支圧強度等による引張継手の剛性や耐力の推定を行い、実験値と計算による剛性値や耐力が比較的よく一致することを確認した。

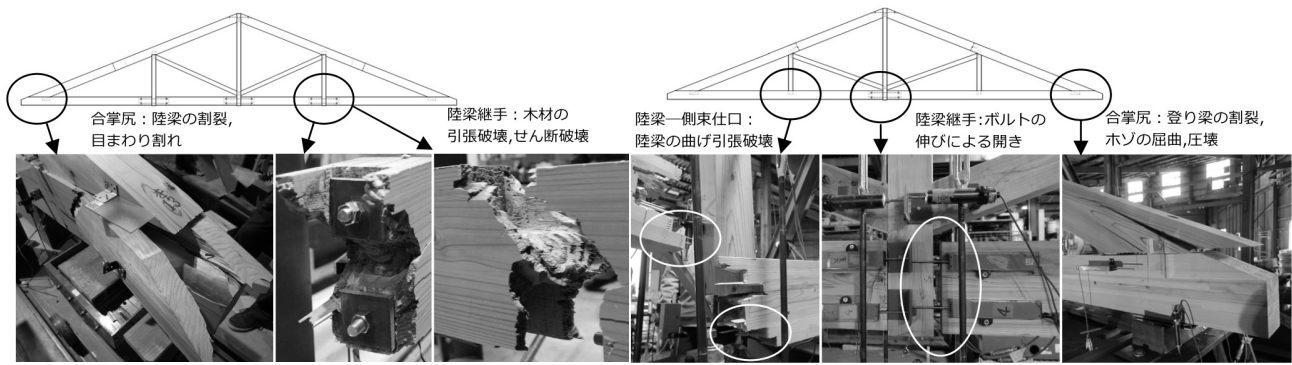


図-7. 実大試験体による静的荷重実験 陸梁の材料の違いによる破壊性状の違い： 左_製材, 右_集成材

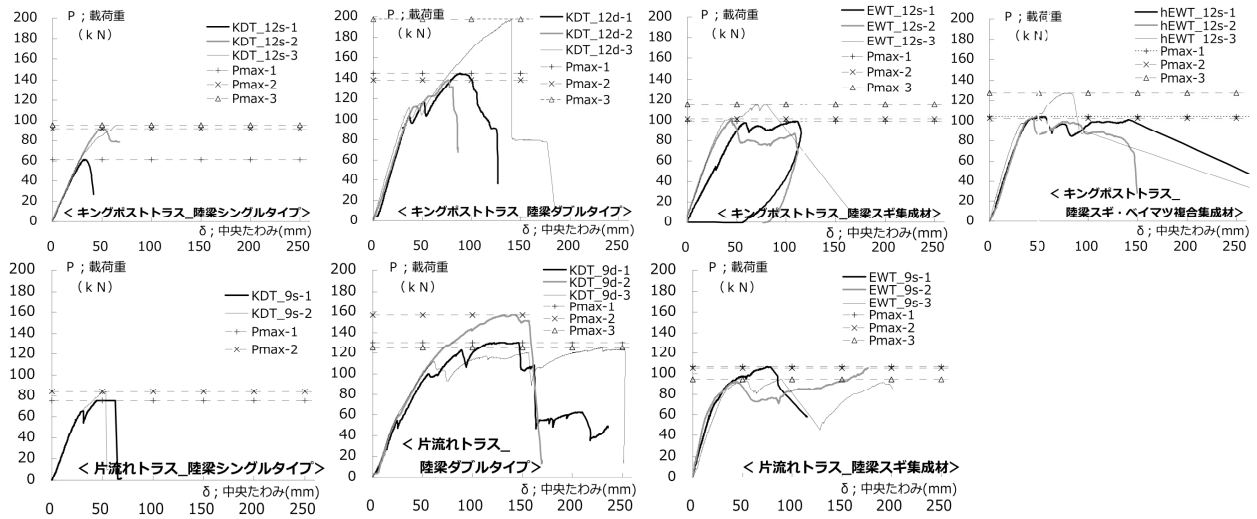


図-8. 実大試験体による静的荷重実験 各試験体の荷重—中央たわみ関係

第4章では、第2章や第3章で提示、又はその引張継手の性能を検証した標準トラスの仕様に準じた実大試験体による静的荷重試験を実施して、構造的性能を把握した。対象とした実大試験体の仕様は、山型キングポストトラスと片流れトラスについて、主として、母材のうち特に応力負担が大きい陸梁の種別をパラメータとして3タイプの試験体について比較を行った。具体的には、1つは陸梁も含めて全てスギ製材とした試験体(図1)、もう一つは同様にスギ製材のみを用いながら、陸梁を二丁合わせで用いた試験体(図2)で、多雪地域などを想定し、より高い構造的性能を期待したものである。3つ目は、陸梁のみには構造用集成材を用いたもの(図3)である。これは、第3章において実施した引張実験において、スギ製材と引きボルト式継手の組み合わせによる試験体で脆性的な破壊が多くみられた一方で、集製材と引きボルト式継手の組み合わせの試験体がより高い耐力と靱性能を発揮する性能を有することを確認できたため、その仕様による標準トラスとして安定した性能を期待して実施した。

実大試験体による標準トラスの静的荷重実験の結果は、前述の陸梁の仕様の違いによって、明確にその性能の違いや破壊性状の違いが確認できた。標準トラス架構の陸梁に製材を用いる場合、降伏後、早々に陸梁継手での引きボルトの座金支圧面からの縦割裂や、合掌尻での胴付き面から先の割裂破壊等、脆性的

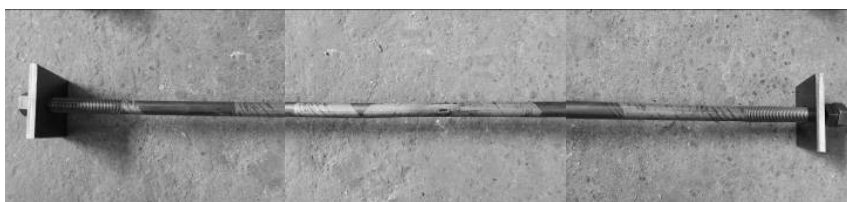


図9. 引きボルト式継手 試験終了後のボルトの状況：降伏後の伸びによって表面の酸化被膜(黒皮)が全長に亘って剥離。



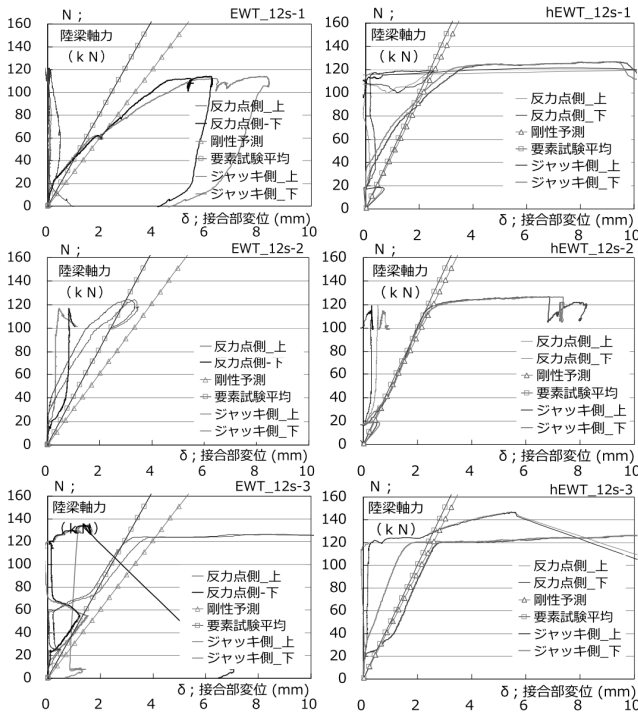


図 10. 標準トラスの静的実大荷重実験における陸梁継手の荷重—すべり量関係

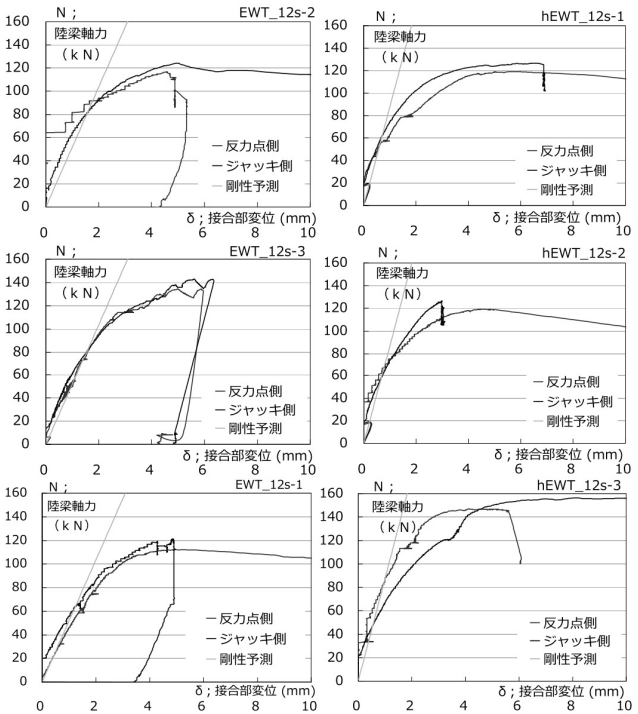


図 11. 標準トラスの静的実大荷重実験における合掌尻の荷重—すべり量関係

な破壊が生じやすいことが分かった。しかし、陸梁が製材であっても、これを2丁合せで用いることで、架構に靱性を与える効果があり、製材を単材で用いる場合よりも、高い耐力と靱性が期待できるといえる。一方、陸梁を集成材とした場合についても、同様に高い耐力と靱性が期待でき、特に、陸梁継手が終局時まで十分に靱性能を発揮することが、試験終了後の引きボルトの観察等から明らかになった(図9)。

第5章では、静的荷重実験で計測した各接合部のすべり量と荷重の関係を把握したうえで、トラスの剛性への影響が大きい部位を抽出して既往の評価式等でそれらの剛性の予測を試みた。その結果、実験値と計算値は比較的良好に一致した(図10, 図11)。計算式による剛性値を線形解析モデルの各節点に評価して検討した結果、実験で得られた標準トラスの剛性と解析モデルの検討結果についても比較的近い値を示した。また、全節点をピン接合としたトラス架構のたわみ量に対する、実大試験のたわみ量の実験値を比較し、接合部のすべりによるたわみ量の増大率が2.5~3.0倍程度であることを確認した(図12)。

第6章では、静的荷重実験でほぼ全ての試験体で観察された、合掌尻での登り梁の下端部の三角ホゾの入隅部からの割裂の発生とその後の剛性低下について、より詳細に破壊性状を把握し改良を加えるため、合掌尻の部分抽出した試験体による要素実験を行った(図13)。その結果、三角ホゾを台形ホゾに変更した試験体、割裂の発生の時期が遅れる傾向がある結果が得られた。但し、試験体が少なく、結果のばらつきも大きかったため、メカニズムを解明するには至っていない。

第7章では、本研究で得られた知見をまとめた。

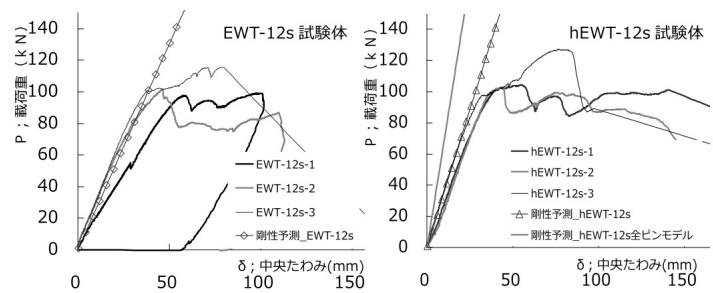


図 12. 標準トラスの荷重—中央たわみ関係の計算値と実験値の比較

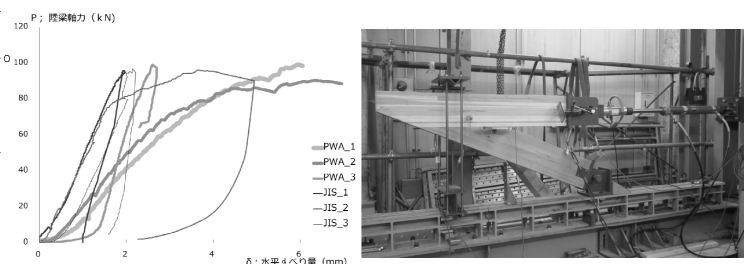


図 13. 合掌尻要素実験 (左)荷重すべり関係,(右)実験状況