

令和元年6月19日現在

機関番号：13801

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K18721

研究課題名(和文)木質構造におけるスクリュー接合部の復元力特性発現機構の解明

研究課題名(英文)Elucidation of the mechanism of restoring force characteristics on screw joints in timber structures

研究代表者

小林 研治(Kenji, Kobayashi)

静岡大学・農学部・准教授

研究者番号：90576240

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：木質構造建築物において、近年ではセルフタッピングスクリュー(以下スクリューと称する)が多く用いられるようになってきている。スクリューは強度が高い一方で、脆性的な破壊が生じるものも見られる。

本研究では、スクリューおよび釘の一定振幅繰り返し曲げ試験において振幅と破断までの繰り返し数に一定の関係が得られることが明らかとなった。また、接合具の破壊を考慮に入れた接合部の荷重変形特性推定を試みており、提案した推定式による値と実験値との比較を行い、妥当性が確認された。さらに、提案した推定法がスクリューを用いたモーメント抵抗接合部の評価にも用いることが可能であることが確認された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本は地震国であり、建築物は繰り返し作用する地震力に対して安全でなければならない。繰り返し加力による接合具の破壊はスクリューだけでなく他の接合具でも生じるもので、適切な評価法が望まれてきた。本成果を応用することにより、スクリューや釘などの接合具を用いた様々な接合部や構造要素の繰り返し履歴に対する特性を適切に把握することが可能となり、安全な建築物の普及が期待される。

研究成果の概要(英文)：In recent years, a self-tapping screw (STS) has come to be widely used in wood-based buildings. While the STSs have high strength, some STSs show brittle failure. In this study, constant amplitude cyclic bending tests of STSs and nails were conducted and a good correlation between the amplitude and the number of cycles to failure was observed. In addition, we estimated the load-deformation characteristics of the joint taking into consideration the failure of the fasteners, and compared the value calculated by proposed estimation method with the experimental value, and the validity was confirmed. Furthermore, it was confirmed that the proposed estimation method can also be used for the evaluation of moment-resistance joints with screws.

研究分野：木質構造

キーワード：接合部 繰り返し加力 低サイクル疲労 スクリュー 木質構造

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

持続可能型社会や低炭素社会といった観点から、公共建築物等木材利用促進法をはじめとして建築における木材利用の機運が高まっており、その流れを受けて、大規模木造等の木質構造建築物が増加傾向にあった。

セルフタッピングスクリュー（以下スクリューと称する）は木質構造で用いられる接合具の一種で、高い性能が要求される大規模建築物において今後ますます主要な役割を果たすとみられていた。

木質構造の耐震性能は、鋼製接合具や接合金物を用いた接合部の性能によるところが大きい。特に、地震時の安全性をエネルギー吸収で担保する場合、その役割を鋼材の塑性変形に期待するのが一般的である。上記のような設計を行うにあたり、接合部の荷重変形特性、とくに変形性能やエネルギー吸収能力を把握しておくことが重要となるが、現行の設計式では初期剛性や降伏耐力の算出はできるものの、接合部の靱性や変形性能については鉄骨造や RC 造とは異なり、実験によって確認しなければならないのが現状である。この点が大規模木造建築物の設計を行うにあたり障害となっている。

2. 研究の目的

本研究では木材-スクリュー接合部の復元力特性について、スクリューの破断を含めた耐力発現機構を明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 正負繰り返し荷重を受ける合板張り釘および木ねじ接合部の破壊寿命の推定

合板-軸組間の接合部において、接合具が低サイクル疲労破壊を生じた接合部の終局変位および荷重変位関係を推定するための一連の試験を行った。接合具には $4.1 \times 38\text{mm}$ および $4.5 \times 50\text{mm}$ の木ねじと CN50 釘を使用した。

接合部試験においては、主材にスギ、側材に針葉樹合板を用いた。加力履歴は単調加力に加え、終局変位 δ_u を基準として図 1 に示す 2 種類の加力履歴を採用した。

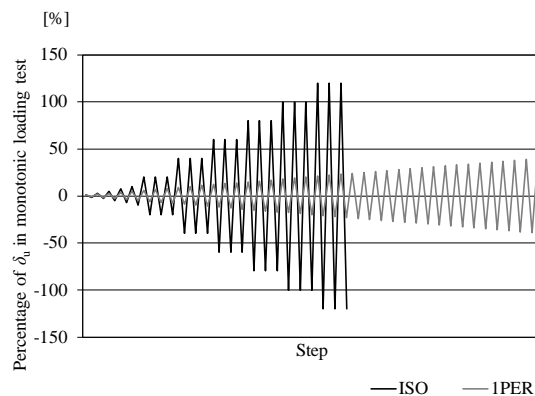


図 1 接合部試験における繰り返し加力履歴

接合具の定振幅曲げ試験では、図 2 に示す治具を用いて 15° 、 22.5° 、 30° の角度で破壊に至るまで試験を実施した。各サイクルにおけるピークモーメントを算出し、ピークモーメントが最大モーメントの 0.8 倍まで低下したときのサイクル数 N_f を求めた。また、1 サイクルにおける塑性変形角 θ_p を算出し、試験結果より N_f と θ_p の関係を表す特性値を求めた。

定振幅曲げ試験から得られた特性値を用いて、接合部試験における接合具の破断寿命を算出し、実験結果との比較を行った。

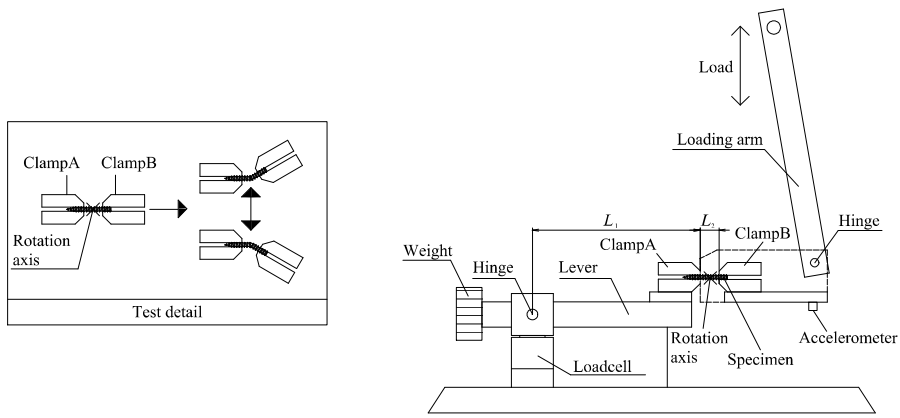


図2 定振幅曲げ試験方法（試験 A 概要図）

(2) 木質構造用ビスの曲げ試験方法の検討

現在、接合具の繰り返し曲げ試験方法の規格は存在せず、試験方法の違いが繰り返し特性へ及ぼす影響は不明である。そこで、木質構造用ビスを用いて2種類の 방법으로繰り返し曲げ試験を行い、繰り返し曲げ試験の試験法および評価法について検討することとした。

前述図2の曲げ試験方法を試験Aとし、図3に示す試験方法を試験Bとした。試験Bでは図4のように接合具のクランプ治具形状が異なる条件についても検討した。

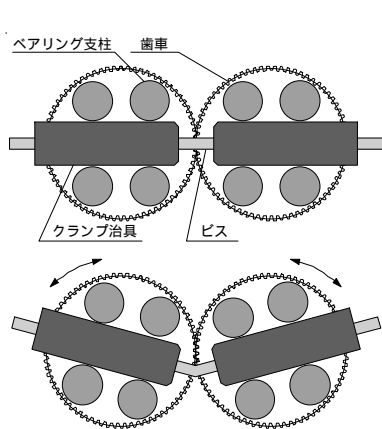


図3. 試験 B 概要図

| | |
|--|-----------------------------------|
| | クランプ治具 B1 ・差し込むのみ ・内径 8.2mm |
| | クランプ治具 B2 ・ネジを締めて固定 ・上下つかみ |
| | クランプ治具 B3 ・ネジを締めて固定 ・側面つかみ |

図4. 試験 B クランプ治具断面図

4. 研究成果

(1) 正負繰り返し荷重を受ける合板張り釘および木ねじ接合部の破壊寿命の推定

図5に定振幅曲げ試験結果を示す。変形角が大きくなるほど少ないサイクル数で破断に至ることが分かる。

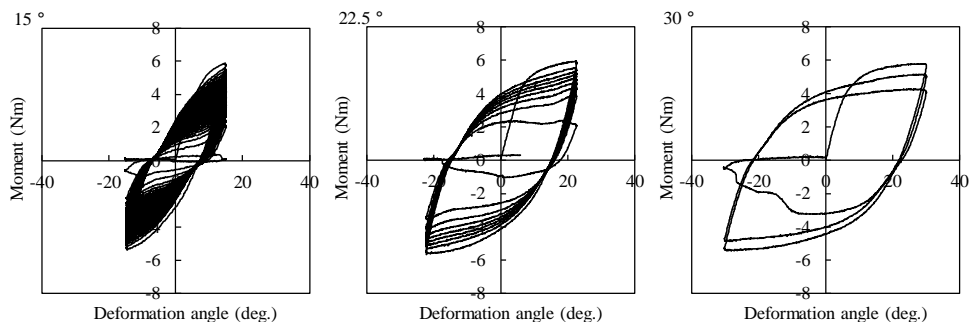


図5 定振幅曲げ試験におけるモーメント-変形角関係

接合部の一面せん断試験より、図6に示すようにサイクル当たりの変位が小さいほど終局変位および靱性が低いことが示された。また、図7に示すように接合部の一面せん断試験の荷重変位関係は、ヨーロッパ型降伏理論と接合具の定振幅曲げ試験の結果に基づく破壊寿命を組み合わせることで推定できた。

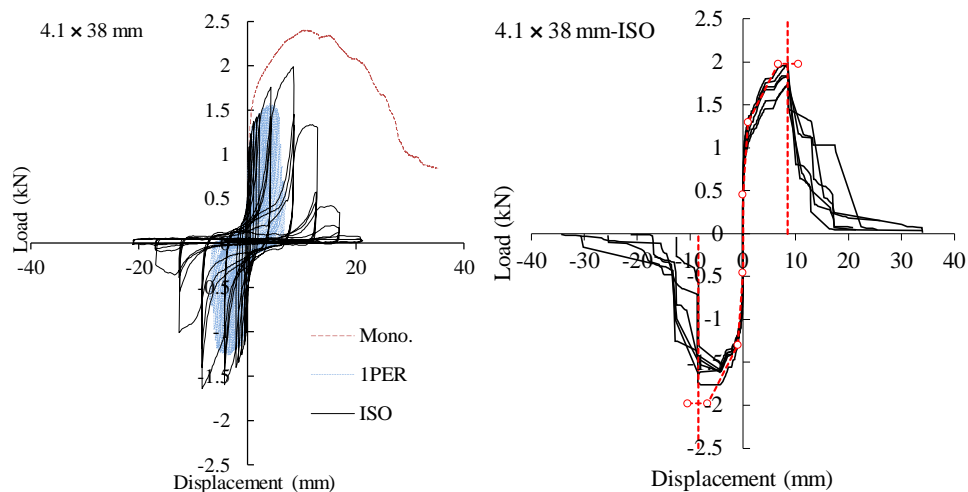


図6 接合部試験における荷重変位関係 図7 破断寿命の予測結果の比較

(2) 木質構造用ビスの曲げ試験方法の検討

繰り返し数とピークモーメントの関係を図8に示す。接合具を強固に留め付けている条件ほど、ピークモーメントの低下が早期に生じていることが確認された。クランプ治具の固定度が高いほど初期剛性が高くなり、同一振幅に対するビスの塑性変形が多くなったためと考えられる。また、図9に示すように、塑性変形角の算定方法を適切に選択することにより、異なる試験法においても同程度の特徴値が算出可能であることがわかった。

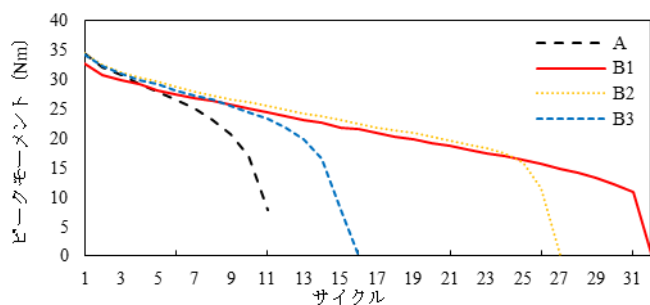


図8.繰り返し数とピークモーメントの関係

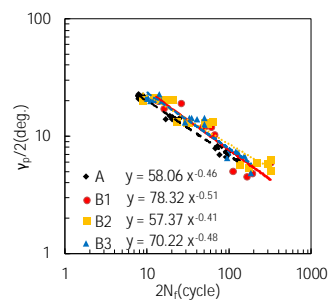


図9. $p-k - N_f^{-0.1}$ 関係

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

Ko Nagase, Kenji Kobayashi, Motoi Yasumura: Estimation of failure lifetime in plywood-to-timber joints with nails and screws under cyclic loading, Journal of Wood Science, Vol. 64, No. 5, pp.612-624, 2018 (査読あり)

〔学会発表〕(計 3 件)

小林 研治, 加藤隼人, 苅部泰輝: 木質構造用ビスの曲げ試験方法の検討 その2 繰り返し加力, 日本建築学会, 2018, 宮城

Kenji Kobayashi, Motoi Yasumura: Cyclic bending fatigue properties of dowel type fasteners, INTER meeting 2017, 2017, Kyoto, Japan

Kenji Kobayashi, Kenta Hayashi, Motoi Yasumura: Cyclic bending properties of screws for prediction of fracture lifetime of the fasteners and joints, 14th World

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8桁）：

(2)研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。