

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 4 月 18 日現在

機関番号：10101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26850107

研究課題名(和文) 腐朽が生じた木質構造釘接合部のせん断抵抗メカニズムの解明

研究課題名(英文) Mechanism of nailed joints with decayed wood under lateral force

研究代表者

澤田 圭 (Sawata, Kei)

北海道大学・農学研究院・講師

研究者番号：10433145

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：木材に腐朽処理を施して釘引抜き試験、木材のめり込み試験、単位釘接合試験、多数本の釘を用いた釘接合試験を行った。木材の腐朽度と釘の腐食度から釘接合部の残存引抜き耐力を推定することができた。また釘引抜き耐力よりもめり込み強度の方が腐朽の影響を大きく受けることが明らかとなった。単位釘接合試験より、主材および側材内の健全部長さの合計が小さくなると釘接合部の終局耐力は低下した。主材と側材間に腐朽部があるときに初期剛性は低下した。多数本釘打ち接合部の一面せん断試験では、終局耐力の低下よりも初期剛性の低下が著しかった。腐朽程度と変形レベルに応じた釘接合部のせん断抵抗メカニズムを明らかにすることができた。

研究成果の概要(英文)：This study conducted on the nail withdrawal tests, bearing tests of wood, tests of joints connected with a nail under lateral force, and tests of multiple nailed joints. The nail withdrawal strength could be estimated by using corrosion of nail and decay degree of wood. The decay affected the bearing strength rather than the nail withdrawal strength. The ultimate load of the nailed joints decreased as the sum of the sound regions distance in the main and side members was decreased. The initial stiffness significantly decreased when the main or side member had a decayed region in the boundary between the main and side members. The decrease of ultimate load of multiple nailed joints was noticeable rather than that of initial stiffness. This study could obtain the mechanism of nailed joints under lateral force corresponding to the degree of decay and the displacement level of nailed joints.

研究分野：木質構造

キーワード：釘接合 荷重変位曲線 腐朽範囲 接合寸法 多数本釘打ち 錆 初期剛性 終局荷重

1. 研究開始当初の背景

建築物の保全の考え方は、「部材の残存性能が必要性能を下回る前に補修や補強を行い、低下した性能を回復させること」である。木材は経年劣化が極めて緩やかな材料であるが、木材の物性は湿度によって大きく変化し、高湿度環境が維持されると生物劣化が生じやすくなるといった特徴がある。木造住宅の長寿命化を達成するためには、こうした木材特有の劣化挙動を踏まえた保全計画が不可欠となる。

木材の強度変化を引き起こす生物劣化の一つに木材腐朽がある。木材は腐朽様式や樹種の耐朽性によって異なる強度変化を示すが、どの腐朽菌も木材細胞壁を分解するため、腐朽の進行は木材強度を大きく低下させる。そのため木造住宅の部材に腐朽が発生すると、住宅の安全性が損なわれる危険性がある。

木材腐朽は住生活の安全性に直結することがあるため、これまで腐朽と強度の関係について様々な研究が行われてきた。今日では腐朽による木材の強度低下については多くの知見が蓄積されている。しかし木造住宅の安全性について考えた場合、その構造性能は接合部の性能に大きく左右される。接合性能に関しては、腐朽の影響を調べた研究は少なく、近年になって少しずつ報告されるようになってきた。木質構造物には様々な接合部の種類があり、耐荷メカニズムもそれぞれの接合部によって異なる。腐朽に伴う接合部の耐荷メカニズムの変化を明らかにすることで、接合部の残存性能を力学的に推定することができる。

2. 研究の目的

木造住宅に対して適切な保全を行うためには、木造住宅の中で多く使われ、構造上大きな役割を果たしている釘接合部に対して、劣化時の荷重変形挙動を把握することが必要となる。本研究では、木造住宅の残存性能予測に資するため、木材腐朽と釘接合部の性能との関係を調べ、腐朽に伴う釘接合部の抵抗メカニズムの変化を解明する。腐朽と釘接合性能の関係は、釘打ち込み部周辺の腐朽度、釘接合性能に関する材料強度の変化、釘接合性能の変化から明らかにする。

釘接合部の性能は引抜き性能とせん断性能に大別できるが、急激な荷重低下を避けるためにはせん断型で抵抗できる使い方が望ましい。せん断性能は、主に主材からの釘の引抜き性能と、主材および側材のめり込み性能によって大きく影響を受けることから、腐朽に伴う各性能値の劣化挙動を整理する。

釘接合部の基本性能を調べるためには、釘1本打ちの単位釘接合部試験が一般的に行われている。釘接合部は部材寸法や加力方向によってせん断性能値が異なることから、単位釘接合部の仕様を変化させた試験を行い、せん断性能値の劣化挙動を整理する。

部材同士を多くの釘で接合した場合、個々

の単位釘接合部は異なる加力方向や荷重の負担量を示すことがある。そのため、一部の単位釘接合部に腐朽が生じると他の単位釘接合部に過度な応力集中が生じ、多数本釘接合部の荷重変形挙動に影響を及ぼすと予想される。そこで、部分腐朽が生じた多数本釘接合部の荷重変形挙動を明らかにする。材料試験、単位釘接合部試験、多数本釘接合部試験の結果を統合することで、腐朽部を有する釘接合部の抵抗メカニズムの変化を明らかにする。

3. 研究の方法

材料試験体および釘接合部試験体の木材には建築構造材料として使われることがあり、耐朽性が低いトドマツ材を用い、釘には太め鉄丸釘 CN65 を用いた。供試菌には J I S の耐朽性試験用標準菌株である褐色腐朽菌オオズラタケを用いた。

平成26年度は木材に腐朽処理を施して釘引抜き試験およびめりこみ試験を行い、木材の腐朽度と腐朽に伴う各残存性能値を比較した。釘引抜き試験体の腐朽度は質量減少率、ピロディンを用いたピン貫入値、レジストグラフを用いたキリの穿孔抵抗値によって調べ、釘接合部の残存性能を評価するために適した方法を探った。トドマツ製材に太め鉄丸釘を打ち込んだ後に腐朽処理し、釘引抜き試験を行った。そして釘接合部近傍の腐朽度と木材からの釘引抜き性能との関係を調べた。

木材のめり込み性能は接合具の直径によって異なるため、太め鉄丸釘を用いためり込み試験を行った。木材にめり込み力を作用すると、繊維平行加力の時は主に縦圧縮応力で抵抗し、繊維直交加力の場合は主に部分圧縮応力と横引張応力で抵抗する。そこで、加力方向別の木材のめり込み性能と腐朽度との関係を調べた。また釘を木材に打ち込むと、打ち込み部分では繊維方向に沿った割れが発生する。腐朽菌の伸長速度が早い順に並べると、木材表面、木材内部の繊維平行方向、木材内部の繊維直交方向となるため、釘打ち込み時に割れが生じると木部が露出し、腐朽の進行に影響する可能性がある。先孔を設けた割れない試験体と、釘の打ち込みによって割れが生じた試験体を用意し、めり込み試験を行った。

釘接合部のせん断挙動は材料強度の他に接合部寸法によっても異なる。平成27年度は釘接合部の仕様を変化させた釘1本打ちの単位釘接合部に対して1面せん断試験を行った。主材への打ち込み長さや側材厚を変化させて試験を行うと、釘接合部のせん断抵抗メカニズムについて考察することが可能となる。主材への打ち込み長さや側材厚を変化させた釘接合部を数タイプ用意し、各釘接合部に対して強制腐朽処理を施して1面せん断試験を行った。部材寸法別に釘接合部のせん断挙動を整理し、木材の腐朽度と比較する

ことによって、釘接合部のせん断抵抗メカニズムの変化を調べた。

木材は異方性材料のため加力方向によって釘接合部のせん断抵抗要素は異なる。そこで加力方向を変化させた1面せん断釘接合部試験を行った。繊維平行方向加力では接合寸法を3タイプ用意し、繊維直交方向加力では2タイプの接合寸法を用意して試験を行った。この試験から、加力方向別のせん断抵抗メカニズムおよび破壊メカニズムを整理した。

試験体の寸法が大きくなるほど腐朽処理は難しくなるため多数本で釘打ちした接合部の試験報告は極めて少なく、柱脚金物を用いた接合部試験が行われているだけである。木造住宅の接合部では通常多数の釘を用いて接合されていることから、釘接合部のせん断性能において釘本数の影響を調べることは極めて重要である。そこで平成28年度は1面せん断型の多数本釘打ち接合部の試験を行った。多数本釘接合部は単位釘接合部が2行2列配置となるようにした。多数本釘接合部に対しては一部の単位釘接合部に強制腐朽処理を施し、部分的な腐朽劣化が釘接合部全体のせん断性能に及ぼす影響を調べた。そして腐朽位置や腐朽度と釘接合部の性能変化や破壊形態の関係について整理した。

4. 研究成果

木造住宅の中で高い構造性能を要求される箇所では、釘接合部はせん断型で抵抗するように使われ、釘接合部のせん断性能には主材からの釘引抜き性能と木材のめり込み性能が寄与する。釘接合のせん断性能自体は釘1本で主材と側材を接合する単位釘接合部を使って確認することが多く、単位釘接合部が多く合わさることで接合部の構面が形成される。そこで、木材に腐朽処理を施して釘引抜き試験および木材のめり込み試験、単位釘接合部試験、多数本釘打ち接合部試験を行った。

平成26年度は木材腐朽に伴う釘引抜き性能およびめり込み性能の変化を調べた。釘打ちした木材に腐朽処理を施すと木材には腐朽が生じ、釘にはサビが生じた。引抜き試験を行った結果より、木材の腐朽度と釘の腐食度から釘接合部の残存引抜き耐力を推定することができた。腐朽の影響は釘引抜き耐力よりもめり込み強度の方で大きかった。めり込み強度に対して、腐朽が生じた際の先孔の有無は大きな影響を示さなかった。繊維平行加力、直交加力共に、腐朽の発生によってめり込み応力 - 変位関係は大きく変化した。

釘接合部のせん断性能は主材および側材の厚さの影響も受ける。平成27年度は主材への打ち込み長さおよび側材厚を変化させて腐朽処理をし、単位釘接合部の一面せん断試験を行った。主材および側材内の健全部長さの合計が小さくなると釘接合部の終局耐力は低下し、この低下率は釘接合部の仕様に

関わらず同じ傾向を示した。主材と側材間に腐朽部があるときに初期剛性は低下し、初期剛性が大きく低下したときにせん断力 - 変形関係が顕著に変化した。

木造住宅では多数本の釘を打つことで構面が構成されている。平成28年度は4本釘打ちした接合部の一面せん断試験を行った。試験後に解体して釘を取り出した結果、健全材の釘はどれも概ね等しい変形形状であったが、腐朽材の釘は箇所によって異なる変形形状を示した。腐朽した釘接合部は健全な釘接合部と異なるせん断力 - 変形関係を示し、初期剛性および終局耐力が低下した。終局耐力の低下よりも初期剛性の低下が著しかった。腐朽程度と変形レベルに応じた釘接合部のせん断抵抗メカニズムを明らかにすることができた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 1 件)

Ryuya Takanashi, Kei Sawata, Yoshihisa Sasaki, Akio Koizumi: Withdrawal strength of nailed joints with decay degradation of wood and nail corrosion. Journal of Wood Science (印刷中)

[学会発表](計 件)

[図書](計 件)

[産業財産権]

出願状況(計 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

[その他]

ホームページ等
木材工学研究室
(<http://www.agr.hokudai.ac.jp/woosci/timeng/>)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

澤田 圭 (Sawata, Kei)

北海道大学・大学院農学研究院・講師

研究者番号：10433145

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

(4) 研究協力者

佐々木 義久 (Sasaki, Yoshihisa)

北海道大学・大学院農学研究院・技術職員

斎藤 のぞみ (Saito, Nozomi)

北海道大学・大学院農学院・大学院生

高梨 隆也 (Takanashi, Ryuya)

北海道立総合研究機構・林産試験場・研究
職員