

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 9 日現在

機関番号：33910

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26820237

研究課題名(和文) 錆を積極的に利用した木材釘接合部の耐力向上技術の開発

研究課題名(英文) Improving Yield Strength of Wooden Nail Joints by Rust

研究代表者

石山 央樹 (ISHIYAMA, Hiroki)

中部大学・工学部・准教授

研究者番号：90634436

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：木材の乾燥処理条件が釘の発錆状況におよぼす影響を実験的に確認した。乾燥処理条件は高温、中温、低温、天然乾燥とし、一定期間静置後、打ち込んだ釘の腐食減量とせん断耐力を確認した。静置条件は常温常湿、高温高湿、常温高湿とした。乾燥処理条件によらず、釘の発錆は心材に打ち込まれたものよりも辺材に打ち込まれたものの方が著しかった。また、釘の発錆は人工乾燥材に打ち込まれたものよりも天然乾燥材や生材に打ち込まれたものの方が著しかった。人工乾燥材の中では中温乾燥材に打ち込まれたものの発錆が著しかった。釘のせん断性能は釘の重量残存率約95～80%で最も高く、それ以上発錆が進行すると徐々に低下する傾向がみられた。

研究成果の概要(英文)：The influence of drying condition of wood on the rust of nail was experimentally confirmed. Drying conditions are high temperature, middle temperature, low temperature, natural drying. After some period, corrosion mass loss and shear strength of nail was confirmed. Static conditions are normal temperature and normal humidity, high temperature and high humidity, and normal temperature and high humidity. Regardless of the drying condition, nail was rust much in sapwood than heartwood. And nail was rust much in natural dried wood than artificial dried wood. Among the artificial drying, nail rust much in middle temperature dried wood. The shear strength of nail was highest at the nail weight remaining ratio of about 95-80%, and gradually decreased as rust progressed.

研究分野：木質構造、木質材料、建築構法、耐久性

キーワード：木造 耐久性 木材 釘 錆 乾燥

1. 研究開始当初の背景

(1) 木造建築物の釘接合部における釘が発錆した場合、発錆初期には一旦せん断耐力が増加し、錆がさらに進行するとせん断耐力は低下していくことがわかっている。すなわち、釘の錆を発錆初期程度の状態で長期間保持できれば、せん断耐力を高い水準で保つことが可能となる。

(2) 木材は高温高湿環境下でヘミセルロースのアセチル基が加水分解を受け、酢酸となって遊離する。また、木材は高含水率下で電気伝導率が高くなる。酸の存在や高い電気伝導率は釘をより錆びさせ易くする。さらに、高温乾燥した木材は釘を錆びさせ易くするとされている。

2. 研究の目的

(1) 本研究では、木材の乾燥方法、温湿度環境、釘の表面処理や形状等をコントロールすることによって釘の発錆量と錆の進行速度をコントロールし、釘接合部のせん断耐力を高い水準で保つ技術を開発することを目的とする。

(2) 本研究は、木材や環境の諸条件によって釘の発錆と進行をコントロールして構造的な性能を高い水準で保とうとするもので、従来のような釘の発錆を抑えるために表面処理を行うという方法に対し、釘を積極的に発錆させて利用する方法の提案を行うものである。特に、表面処理を施さない、あるいは、表面処理や素材等を工夫して釘を施工直後に積極的に発錆させ、その後の錆の進行を抑える、という方法は斬新な着想といえる。

(3) 前述したように、ヘミセルロース由来の酢酸や含水率の影響などにより木材中で鉄は錆び易いため、木造建築物用の金物の表面処理は、亜鉛めっきの上にバリア型の樹脂被膜を施すなど、特別な配慮が必要である。本研究が成功した場合、このような表面処理が不要となるため、初期建設コストを抑えるだけでなく、維持管理費用を抑える効果が期待できる。これにより、地球温暖化防止に貢献することができる。また、供用期間が 1000 年オーダーである伝統的木造建築物では、鉄の腐食進行が抑えられないため、一般的には鉄素材の併用が難しいが、本研究により鉄の腐食進行を抑える手法が開発されれば、伝統的木造建築物にも鉄素材の併用が容易となる。

(4) さらに、本研究で得られる木材や環境の諸条件と腐食速度情報は、木造建築物の耐久性設計手法の重要な一部を担うものとなり得る。

3. 研究の方法

木材に釘を打ち込んだ状態で高温高湿環境に静置し、釘を発錆させる(図1)。本方法が木材に構造上の影響を殆ど与えないことは既往の研究で実証済みである。こうして釘を発錆させた試験体を用いて釘のせん断実

験を行い、錆量および錆の組成とせん断耐力との関係を精査する。錆の組成は釘が打ち込まれている部分の断面観察およびX線回折によって分析する。また、高温高湿環境での処理を行う前後の木材の pH を計測しておき、発錆予測解析の基礎データとする。pH 測定は、試験で使用した木材を粉碎して水抽出し、この水溶液の pH を測定する方法で行う(図2)。

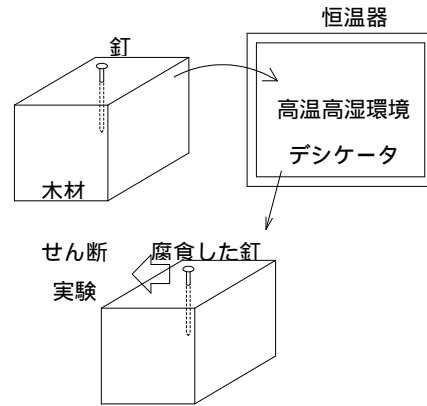


図1 釘の発錆とせん断実験

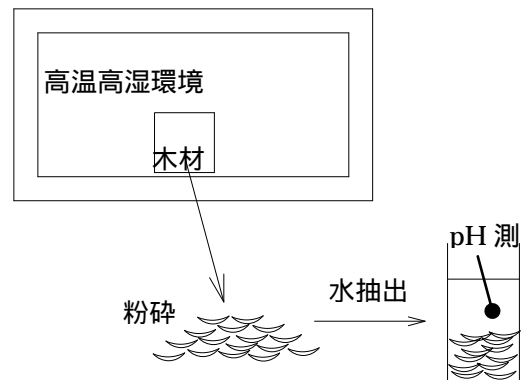


図2 木材の pH 測定方法

4. 研究成果

(1) 木材の乾燥処理条件およびその後の静置温湿度条件が打ち込まれた釘の発錆状況におよぼす影響を実験的に確認した。乾燥処理条件は高温乾燥、中温乾燥、低温乾燥、天然乾燥とした。これらの木材に N50 釘を打ち込み、各条件下に静置し、一定期間経過後に釘のせん断実験を実施するとともに、釘の除錆を行い、腐食減量を確認した。静置条件は常温常湿(室内環境)、高温高湿(40~90%RH程度)、常温高湿(地下室環境)とした。常温常湿および常温高湿環境はなりゆきとした。高温高湿環境は飽和塩水溶液を入れたコンテナを恒温器に静置することで確保した。木材はスギ心材およびスギ辺材とし、同一材から各乾燥条件、各静置条件に供することで、個体差を極力なくした。

(2) 常温常湿環境で4週間経過後の試験体について、釘のせん断耐力と腐食減量を確認した。その結果、0.5~1.5%程度と腐食減量はわずかであり、乾燥処理条件との相関は見ら

れなかった。

(3) 木材の乾燥状況と発生する酸の量との関係を確認するため、スギ末乾燥材を高温乾燥し、含水率と pH の経時変化を確認したところ(図 3) pH の変化はほとんど見られなかった。これは、乾燥条件が厳しく、急激に乾燥が進んだため、ヘミセルロース由来の酢酸が急激に揮発したためと思われる。なお、このときの試験体の含水率変化は図 4 のようであった。

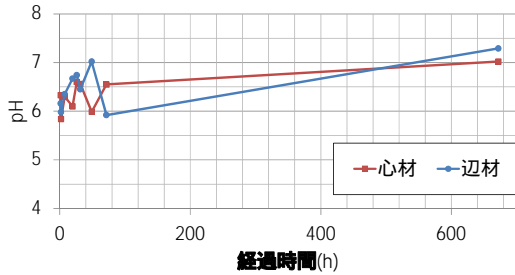


図 3 pH の経時変化

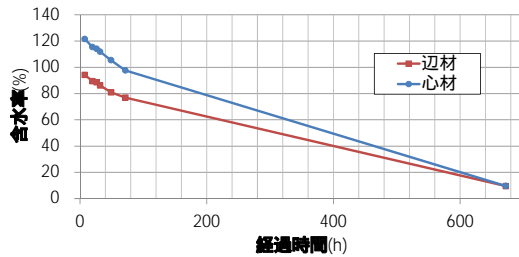


図 4 含水率の経時変化

(4) 引き続き高温高湿環境下で約 7 か月の暴露を行ったところ、次のことが確認された。心材と辺材とを比べると、乾燥処理条件によらず、釘の発錆は心材に打ち込まれたものよりも辺材に打ち込まれたものの方が著しかった。また、心材、辺材とも、釘の発錆は人工乾燥材に打ち込まれたものよりも天然乾燥材や生材に打ち込まれたものの方が著し

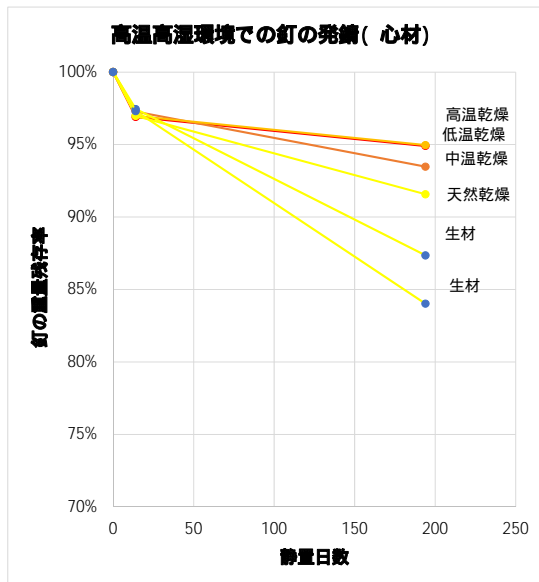


図 5 高温高湿環境での釘の発錆(心材)

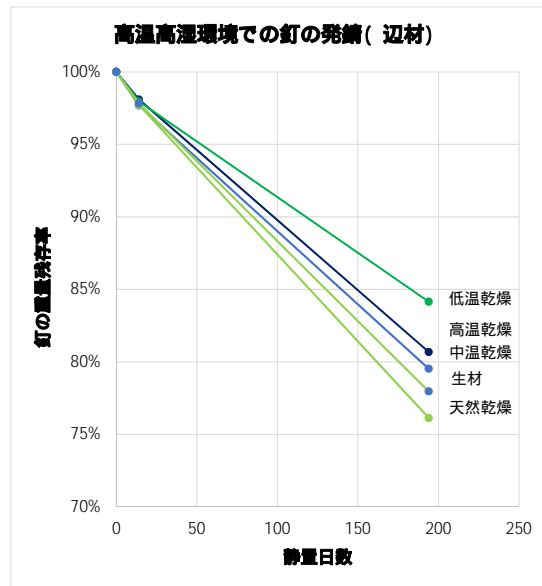


図 6 高温高湿環境での釘の発錆(辺材)

かった(図 5、6)。人工乾燥材の中では中温乾燥材に打ち込まれたものの発錆が著しかった。釘のせん断性能は釘の重量残存率約 95 ~ 80%で最も高く、それ以上発錆が進行すると徐々に低下する傾向がみられた(図 7、8)。

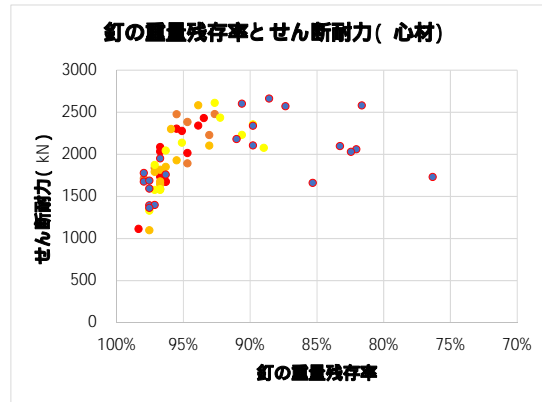


図 7 釘の重量残存率とせん断耐力(心材)

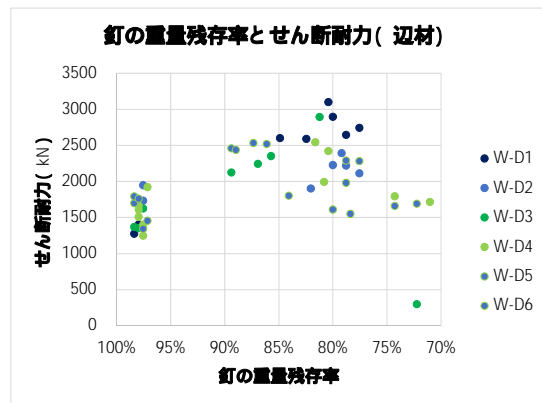


図 8 釘の重量残存率とせん断耐力(辺材)

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 0 件)

〔学会発表〕(計 3 件)

Hiroki Ishiyama, Ayaka Iwauchi, Yasunobu Noda, Takuro Mori, Effects of Rust of Nail and Biological Deterioration of Wood to Shear Strength, The East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction, 2017/10/11, Xian(China)

Hiroki Ishiyama, Toshiaki Nishimura, Daisei Yokoi, Nakaba Wada, Takuro Mori, Influence of Drying Condition of Wood on Rusting of Nails, The 2nd Asia Research Node Symposium on Humanosphere Science, 2017/7/19, Kyoto(Uji), Kyoto University

Hiroki Ishiyama, Masao Nakajima, Takuro Mori, Yasunobu Noda, Takahiro Tsuchimoto, Improvement of Image Analysis -Exposure Test of Surface-Treated Steel Plates on Preservative-Treated Woods, World Conference on Timber Engineering, 2016/8/22, Vienna(Austria)

6. 研究組織

(1)研究代表者

石山 央樹 (ISHIYAMA, Hiroki)
中部大学・工学部・准教授
研究者番号：90634436

(4)研究協力者

中島 正夫 (NAKAJIMA, Masao)
関東学院大学・建築・環境学部・教授
研究者番号：70172319

森 拓郎 (MORI, Takuro)
広島大学・工学部・准教授
研究者番号：00335225