HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	腐朽環境下における木質構造物の機械的接合部の性能評価［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	高梨, 隆也
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	甲第13601号
Issue Date	2019-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/74137
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Ryuya_Takanashi_abstract.pdf, 論文内容の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文内容の要旨

博士の専攻分野の名称：博士（農学）　　氏名　高梨　隆也

学位論文題名

腐朽環境下における木質構造物の機械的接合部の性能評価

1. 序論

住生活基本法や長期優良住宅普及促進法では良質な住宅ストックの形成および将来世代への継承という理念が掲げられており，既存木造建築物を適切に維持管理して長期間使用していくことが求められている。木質構造では機械的接合部の性能が構造全体の性能に大きな影響を与えるため，木材腐朽による木質構造物の機械的接合部の性能変化を明らかにして，腐朽箇所の残存耐力を適切に把握することができれば，既存木造建築物の効率的な継続利用が可能となる。これまで，木材腐朽菌による木材腐朽の観察や，木材腐朽が木材の材料性能に与える影響の評価，木材腐朽が機械的接合部の接合性能に与える影響について多くの研究がなされてきたが，機械的接合部への木材腐朽の影響を詳細に評価するためには更なるデータの蓄積が必要である。

本論文では腐朽環境下における木質構造物の機械的接合部の破壊メカニズムの解明および，その時の接合性能の評価法を確立することを目的として，腐朽が生じた木材のせん断破壊と圧縮破壊形態の観察，腐朽が生じた木材にビスが複数本使用される金物を留め付けた時のせん断性能の評価，木材腐朽と釘のさびが同時に生じた時の釘引抜き抵抗力の評価を行った。

2. 木材腐朽が木材のせん断破壊に及ぼす影響

せん断抵抗型接合で生じる針葉樹材の割裂やせん断破壊では，破壊面で仮道管または細胞間層の破壊が生じている。腐朽した木材のせん断破壊の形態を明らかにするため，褐色腐朽菌による腐朽処理を施したエゾマツ製材で繊維平行方向のいす型せん断試験を行い，そのせん断破壊面で走査型電子顕微鏡（SEM)を用いた観察およびレーザー顕微鏡を用いた表面粗さ測定を行った。

SEM 観察による結果から，腐朽の進行による仮道管の破壊形態の変化が観察された。健全時には，早材部で仮道管壁を縦に割り裂くような破壊，晩材部で二次壁外層(S_1 層)と二次壁中層（S_2 層)の境界付近の破壊が生じた。腐朽が進行すると早材部では仮道管軸に対して直交から斜め方向に仮道管を切断するような破壊が生じた。腐朽が著しく進行すると早材部および晩材部で仮道管を縦に割り裂くような破壊および，軸方向に直交から斜め方向に切断するような破壊が生じた。仮道管壁の切断面で生じる毛羽立ちおよび，仮道管の部分はく離の大きさと頻度は腐朽の程度に依存し，早材部で仮道管軸方向に測定した線粗さとせん断強さに相関がみられた。

3. 木材腐朽が木材の圧縮破壊に及ぼす影響

せん断抵抗型接合では降伏時には接合具の木材へのめり込みが生じており，針葉樹材でのめり込み時には仮道管の圧縮破壊が生じている。腐朽が生じた木材の圧縮破壊の様子を観察するため，褐色腐朽菌による腐朽処理を施したトドマツ製材で縦圧縮試験および部分圧縮試

験を行い，その破壊部で顕微鏡観察を行った。

健全材では，繊維方向に加力した場合，複数の仮道管が部分的に一体となった座屈破壊が生じた。放射方向に加力した場合，早材部の一部で仮道管の放射列と放射組織が小さく蛇行するような変形が生じた。腐朽時では，繊維方向に加力した場合，健全材でみられたのと同様な破壊の他に仮道管壁の圧縮変形が広範囲で生じた。放射方向に加力した場合，健全時よりも大きな変形が早材部の広範囲で生じていた。

4. 木材腐朽によるビス接合部のせん断耐力の変化とその評価

複数の接合具を用いる接合部の接合部耐力へ木材腐朽が与える影響や，腐朽程度と接合部せん断耐力の関係を明らかにするために，あらかじめ褐色腐朽菌による腐朽処理を施したトドマツ製材に，ビス止めホールダウン金物を留め付けて接合部の加力試験を実施した。また，試験後にピロディン打込み深さを測定して測定値による接合部性能の評価を試みた。

その結果，接合具 1 本の接合と比較して，複数の接合具を用いる接合では，主材に腐朽劣化が生じても耐力低下は穏やかであることが分かった。腐朽材に留め付けたホールダウン金物の接合部せん断性能のうち，最大荷重，降伏耐力，終局耐力とピロディン打込み深さの間には負の相関がみられた。また，ピロディン打込み深さから推定した木材の支圧強度を用いてヨーロッパ型降伏理論による計算を行えば，降伏せん断耐力が安全側に算出された。

5. 木材腐朽による釘引抜き強度の変化とその評価

引抜き抵抗型接合を対象として，木材腐朽や接合具のさびが引抜き抵抗力へ与える影響を調べるために，トドマツ製材に CN65 くぎを打ち込んで褐色腐朽菌による腐朽処理を行い，引抜き抵抗力の変化の観察や釘のさびおよび木材腐朽の定量化を行い，さびと木材腐朽を同時に考慮した釘引抜き抵抗力の推定を試みた。

その結果，さびが発生した試験体の引抜き抵抗力は，さびが発生していない試験体に比べ約 1.5 倍となることがわかった。さびの影響は径増加率を用いて評価でき，さびが発生した試験体の引抜き抵抗力を係数（板目面打込みで 1.47，柾目面打込みで 1.56)で除して釘発錆の影響を排除した釘引抜き抵抗力を算出した。その値は質量減少率およびピロディン打込み深さと負の相関を示した。また，木材腐朽と釘発錆が同時に生じた釘接合部の引抜き抵抗力は，ピロディン打込み深さをパラメータとして推定できることがわかった。

6. 総合考察

本研究では，腐朽した木材のせん断および圧縮破壊部の顕微鏡観察，腐朽した接合部の加力試験および腐朽程度の評価を行うことで，木材腐朽によってせん断応力と圧縮応力を受けた木材の仮道管破壊形態が変化すること（第 2 章，第 3 章)，ビスを複数本用いた接合部では，ピロディン打込み深さパラメータとして降伏耐力が安全側に推定できること（第 4 章)，木材腐朽と釘発錆の両方を考慮して釘引抜き抵抗を推定できること（第 5 章)を示した。また第 2 章，第 3 章，第 4 章の結果を総合的に考察することで，ピロディン打込み深さが 20 mm 以上の時に腐朽材に典型的な木材の破壊形態が生じる可能性を示した。第 4 章で計測された接合部性能のばらつきを考慮すると，接合具を複数用いる曲げ降伏型接合部では木材腐朽の影響が表れにくいと考えられる。

本研究で得られた知見を用いて，木造建築物の残存耐力を定量的に評価することで，木材や木造建築物の安全性および信頼性のさらなる向上が期待される。