

# 強制腐朽処理を施した柱脚接合部の耐力低下に関する検討

戸田 正彦, 高梨 隆也, 東 智則, 森 満範

## Degradation of strength of column-sill joint with decay treatment

Masahiko TODA, Ryuya TAKANASHI, Tomonori AZUMA, Mitsunori MORI

**Keywords :** hold-down connector, yield strength, initial stiffness, Pilodyn  
ホールダウン金物, 降伏耐力, 初期剛性, ピロディン

ホールダウン金物を用いた柱脚接合部モデルを対象として, 不整形な試験体を強制腐朽させる方法を検討するとともに, 強制腐朽処理後の試験体を用いて加力試験を行い, 腐朽と接合性能の関係について検討した。その結果, 腐朽源ユニットを用いて適切に処理部分を密閉することによって, 金物を用いた接合部のような立体的に不整形な試験体であっても腐朽を進行させることが可能であった。また加力試験の結果, 腐朽によって接合耐力は低下する傾向は認められるが, ホールダウン金物を留めるビス周辺の腐朽が軽微である場合は, 引張方向の性能はそれほど低下せず, 逆に柱と土台の接触面に腐朽が進行することによって圧縮性能の低下が大きく発現した。

### 1. はじめに

木造建築物の健全性を損なう木部の腐朽や虫害といった生物劣化は, 材料や構造内部で進行することもあり, これを早期に発見するための非破壊的な診断技術の開発が喫緊の課題である。共同研究者らのグループは, 電磁波による材料や構造内部の可視化技術を中心に様々な技術開発を実施し<sup>1)</sup>, 木造の壁体の非破壊診断装置として20GHzのサブミリ波を用いた周波数変調方式のレーダ技術 (FMCWレーダ) を利用した装置を試作した。本装置を実用的な非破壊診断に用いるためには分解能の向上, 計測の高速化, 装置の小型化などの技術的課題が残っているが, 同時に, 改良・試作した非破壊診断装置が有する腐朽部位の検出性能を評価するためには, 木造建築物の特定部位を取り出して腐朽させた実大の「腐朽モデル」を調製する技術も必要である。本研究では, この腐朽モデルとして想定される不整形な試験体を強制腐朽処理させる方法を開発するとともに, 当該手法で腐朽させた柱脚接合部の引張試験を行い, 腐朽と接合性能の関係について検討した。

### 2. 試験体および試験方法

#### 2.1 試験体

試験体は, トドマツ製材 (105mm正角, 平均比

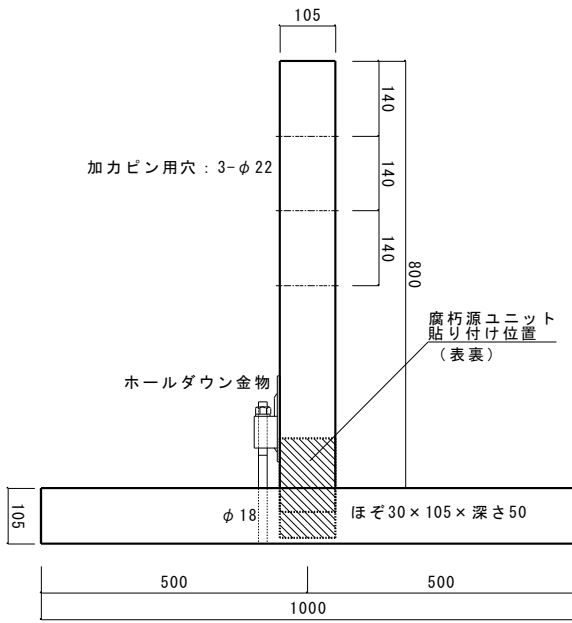
重0.36) を用いて作製した柱と土台からなる柱脚接合部である。接合部は, ほぼ (30×105×深さ50mm) およびホールダウン金物 (タナカビス止めホールダウンU-15, 短期許容耐力15kN相当) によって構成されている。試験体の形状を第1図に示す。

#### 2.2 強制腐朽処理方法

腐朽源ユニットはポリプロピレン容器 (タイトボックス, 187×127×34.5mm) にポテトデキストロース寒天培地 (PDA 培地) を充填した上にオオウズラタケ (*Fomitopsis palustris*) を培養したもので, これを試験体に接触させ, 梱包用ラップフィルムで包み, ポリプロピレンテープで密閉した。腐朽源ユニットの貼り付け位置は, 実際の住宅の柱脚部分で腐朽が発生しやすいと考えられる柱と土台の境界をまたぐよう, 第1図中に示した箇所とした。これらを温度26°Cの恒温室にて, 処理期間を段階的に設定して腐朽させた。腐朽処理中の様子を第2図に示す。腐朽処理期間は3, 6, 9か月である。腐朽処理後はラップフィルムをはがして, 気乾状態となるよう温湿度無調整の室内環境下にて2~3か月程度保管した。

#### 2.3 接合部の強度試験方法

接合部の強度試験は, (財) 日本住宅・木材技術センターによる継手・仕口接合部の試験方法<sup>2)</sup>に準



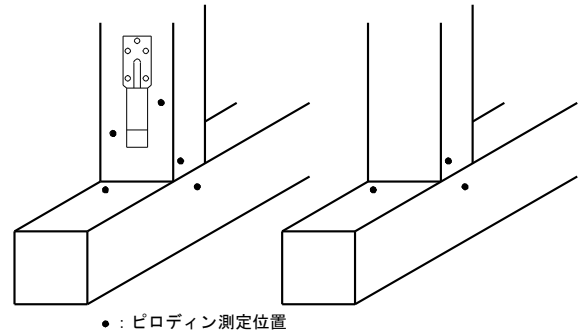
第1図 試験体の形状



第2図 腐朽処理中の試験体の様子



第3図 引張試験の状況



第4図 ピロディン測定位置

じて、繰り返し荷重試験機（能力200kN）を使用して行った。試験体は、土台を鋼製支持ベースに固定し、柱材に通した3本のM20ボルトを介して試験機で繰り返し加力を行った。荷重の計測は容量200kNのロードセルで、また柱と土台との相対変位（表裏2箇所）の計測は分解能1/100mm・最大ストローク100mmのひずみゲージ式変位変換器を使用して行った。

加力は引張方向の繰り返しまたは引張圧縮の両方向の繰り返しとし、いずれも最終的には引張方向の加力によって、試験体の破壊あるいは最大荷重の80%以下に荷重が低下するまで実施した。繰り返しの基準変位は、引張方向・圧縮方向それぞれコントロール試験体での単調加力による予備試験から降伏変位を算出し、その0.5, 1, 2, 4, 8, 12, 16倍を繰り返し変位とした。ただし圧縮方向での加力は、変位が材せいの5%に相当する約5mmまでの繰り返し加力とし、その後引張方向でのみの繰り返し加力によって破壊に至らした。

試験体数は予備試験に供するもの1体、腐朽処理期間ごとに引張繰り返し加力に供するもの6体、引張圧縮繰り返し加力に供するもの6体である。試験の実施状況を第3図に示す。

#### 2.4 ピロディンによる腐朽度評価

強度試験終了後に、ピロディン（ピン直径2.5mm、最大打込み深さ40mm）による鋼製ピンの衝撃打込み深さを測定した。測定位置は第4図に示すとおり、柱での測定箇所は金物を取り付けた面で2箇所と側面の2箇所、土台は上面2箇所と側面2箇所である。

### 3. 結果と考察

#### 3.1 腐朽源ユニットによる強制腐朽処理

腐朽源ユニットによる木材接合部の腐朽処理は、

これまで平面的な金物を用いた仕様に対しては、十分に腐朽が進行することを確認している<sup>3)</sup>。今回のような立体的に不整形な場合についても、梱包用ラップフィルムで多重に包み、かつテープで密閉することによって十分に腐朽させることが可能であることが確認された。ただし、柱材で腐朽源ユニットを貼り付けていない面の中央部分、すなわち金物をビス止めしている部分の腐朽は処理期間9か月であっても軽微であることが目視および触診で確認された。これに対して土台に柱が接触する面は、試験終了後に解体して観察した結果、柱と土台のすき間から腐朽菌が侵入したために比較的腐朽が進行したことが確認された。

### 3.2 強度試験による接合部の破壊形態

試験後の様子を第5図、第6図に示す。引張加力での主な破壊形態は、ホールダウン金物と柱間のビス接合部分での破壊であり、ビス頭が破断したものや、ビス接合部が集散的に破壊し柱の割裂が生じたものも見られた。しかし、いずれの破壊形態も、腐朽期間に関わらず確認されており、この腐朽条件では破壊形態の間には特に関係は見られなかった。

また、圧縮加力によって、土台材にめり込み変形が認められたが荷重の低下は生じなかった。

### 3.3 腐朽処理期間と接合性能の関係

引張圧縮繰り返し加力条件での荷重と変形の関係曲線の例を第7図に示す。各試験体の荷重-変形曲線から、引張方向の接合性能は、引張方向加力での最大25mmまでのデータを用いて、また圧縮方向の

接合性能は変位5mmまでのデータを用いて、最大耐力、降伏耐力、初期剛性を評価した。降伏点は、最大荷重の10、40、90%に相当する点を用いた評価方法によって決定したり。なお加力方向を引張のみとしたものと引張・圧縮の両方向としたものとで、引張方向の荷重-変形関係および各種評価値については有意な差は認められなかったため、ここでは両条件のデータを一括して取り扱い、試験体数12として評価した。

腐朽処理期間と各評価値との関係を第8図に示す。引張方向での最大耐力は、処理3か月でコントロールの9割程度に低下し、その後処理期間が長くなるにしたがって漸減した。一方、降伏耐力は、処理6か月までは変化はなく、9か月で1割程度低下していた。初期剛性は、3か月でコントロールの半分程度まで低下したが、その後は変化が認められなかった。最大耐力および初期剛性は処理3か月で低下が認められたが、これらは柱材の支圧性能の低下に直接的に影響を受けたためと考えられる。これに対して、降伏点はビスの剛性や径、長さとり込み性能とのバランスによって決まるため、降伏耐力と処理期間との関係は最大耐力や初期剛性とは異なると考えられる。

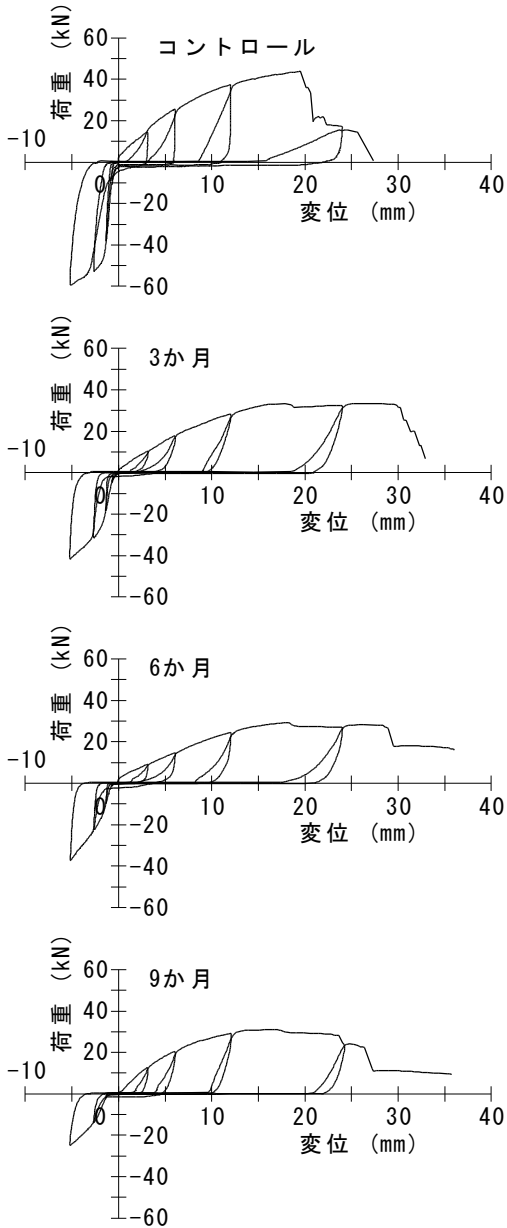
一方、圧縮方向の性能は、最大耐力は処理3か月で8割まで、9か月で7割程度まで低下した。降伏耐力は3か月で7割、9か月で5割強まで低下した。初期剛性は3か月で6割弱、9か月で半分まで低下した。このように引張方向よりも圧縮方向の加力において



第5図 試験終了後の金物接合部の様子



第6図 引張圧縮加力試験終了後の土台材のめり込みの様子

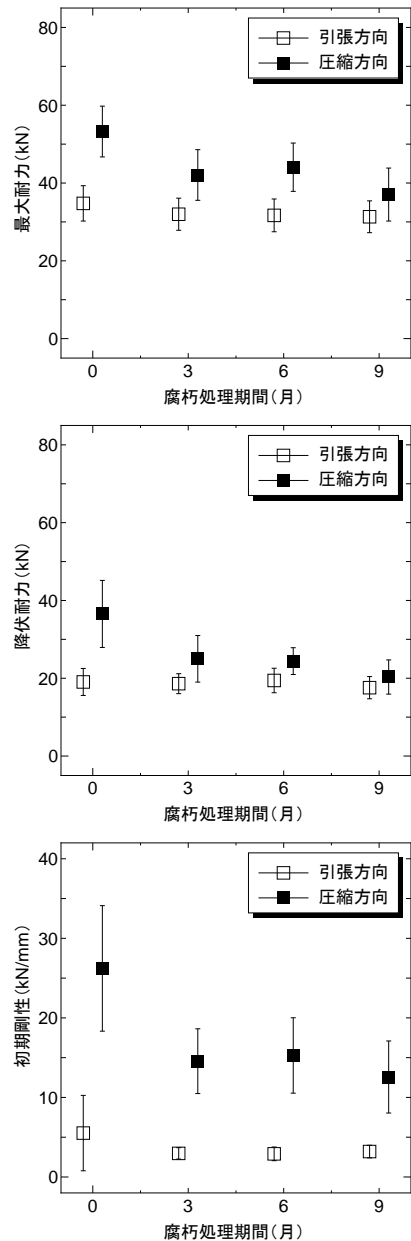


第7図 荷重－変位の関係曲線の例

腐朽による性能低下が見られたが、これは引張方向の性能を左右するビス接合部にはそれほど腐朽が進行せず、逆に圧縮方向の性能に影響を及ぼす柱材と土台材の接触部分に腐朽が顕著であったためと考えられる。

### 3.4 ピロディン打ち込み深さと接合性能の関係

ピロディン打ち込み深さを部材と測定箇所ごとに整理し、腐朽処理期間との関係を求めたグラフを第9図に示す。柱、土台とも、腐朽処理期間が長くなるに従ってピロディン打ち込み深さも大きくなる傾

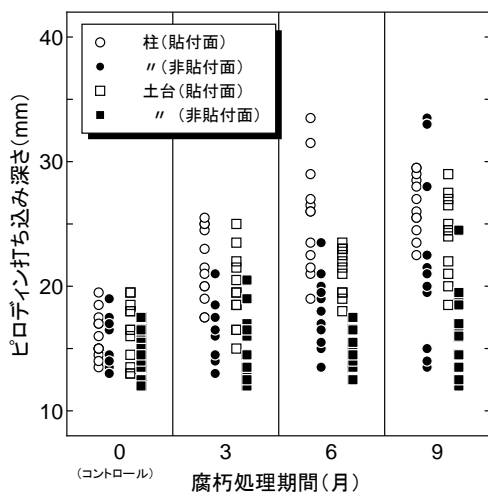


第8図 腐朽処理期間と接合性能の関係

向が確認できた。またどちらも腐朽源ユニットを貼り付けた面のほうがそうでない箇所よりも値が大きいたくが見て取れる。

ピロディン打ち込み深さと最大耐力、降伏耐力、初期剛性との関係を第10図に示す。ピロディン打ち込み深さは、柱材、土台材ともにそれぞれ測定した4点の平均を用いて評価した。

いずれも、引張方向の性能より圧縮方向の性能のほうがピロディン打ち込み深さとの関係は明確であった。これは、先述したように、腐朽の進行箇所



第9図 腐朽処理期間とピロディン打ち込み深さ

がビス接合部よりも柱材と土台材の接触部分に顕著であったためと考えられる。

#### 4. おわりに

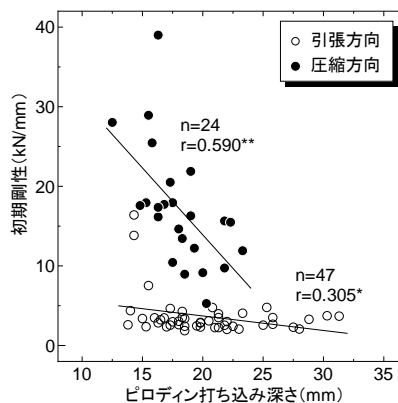
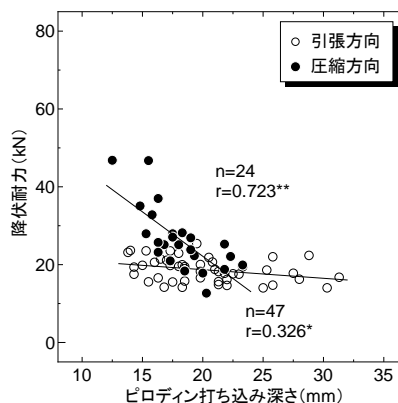
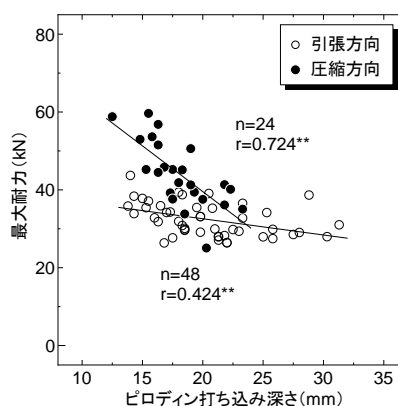
ホールダウン金物を用いた柱脚接合部モデルを対象として、腐朽源ユニットを用いた強制腐朽処理を行った。従来の腐朽源ユニットによる処理方法を採用することで、不整形な試験体でも強制腐朽させることが可能であることが示された。また引張圧縮両方向の加力試験の結果、引張方向の性能に比べて圧縮方向の性能のほうが腐朽処理期間およびピロディン打ち込み深さとの関係は明確であった。これは、腐朽の進行がビス接合部よりも柱-土台の接触面に顕著であったためと考えられる。

#### 付 記

本研究は平成25年度 科学研究費助成事業開発助成制度 基盤研究 (A) 「FMCWレーダによる非破壊診断装置の腐朽検知に関する性能評価」(京都大学(主管), 関東学院大学, 富山県農林水産総合技術センター, 前橋工科大学, H25~27)の一環として実施した。

#### 参考文献

- 1) 藤井義久：ミリ波を用いた木材および木造建築の非破壊診断技術，検査技術，14(12)，37-43，2009。
- 2) (財)日本住宅・木材技術センター：“木造軸組工法住宅の許容応力度設計(2008年度版)”，(財)日本住宅・木材技術センター，2009，pp.563-587。



第10図 ピロディン打ち込み深さと接合性能の関係

3) 野田康信, 森満範, 戸田正彦, 森拓郎：日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)，2011，pp.277-278。

一性能部 構造・環境グループ  
(原稿受理：16.12.14)