

氏名	鄭 基 浩
学位(専攻分野)	博士(農学)
学位記番号	農博第1588号
学位授与の日付	平成18年11月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	農学研究科森林科学専攻
学位論文題目	伝統的木造接合部へのスギ圧縮木材接合具の活用

論文調査委員 (主査) 教授 小松幸平 教授 川井秀一 教授 矢野浩之

### 論文内容の要旨

本研究は、低比重のスギを比較的低温度で元の体積の1/3程度に圧縮した圧縮木材が、水分を吸収することによって元の大きさに変形回復する過程で発揮する様々な特性に着目し、それらの機能を利用することによって伝統的木造接合部の性能向上を計ることを目的に行った一連の実験的研究を取りまとめたものである。

- 1) スギ圧縮木材は、膨潤変形を拘束しない条件下で水分を吸収することで、元の寸法の約80%まで変形回復することを見いだした。また、膨潤変形を拘束した状態で水分を吸収すると、スギ圧縮木材の最大膨潤応力は4.6MPaに達することが分かった。
- 2) 接触度を微調節可能な超小型圧力変換器を用いた木材同士の接触応力測定装置を独自に開発した。この装置を用いることによって、温湿度の変化する環境下に置かれたホゾ-込み栓接合部の膨潤・収縮に起因する接触応力の変化を連続的に測定することが可能となった。また、この方法によって、込み栓の曲げとせん断及び摩擦によって女木側が男木側を引き込む力を初めて実測することができた。更に、シラカシ込み栓とスギ圧縮込み栓を比較した結果、接触応力は、重量変化率とほぼ同じ傾向で徐々に減少し、シラカシの場合は141日経過後、初期応力の14%に低下したのに対し、スギ圧縮込み栓の場合は、最初はシラカシと同じ傾向を示したが、50日を経過するとシラカシの場合より応力緩和が少なくなり、150日経過した段階では初期応力の22%に低下した。
- 3) スギ圧縮木材の変形回復による接合部の応力緩和の防止効果を調べるため、ホゾ-込み栓接合部に繰り返し湿度変化を与え、接合部の膨潤・収縮に起因する接触応力の連続的な変化を調べた。その結果、最初相対湿度40%の条件で接触応力が20Nであったスギ圧縮込み栓試験体は、相対湿度80%においては接触応力が40Nまで上昇し、更に相対湿度85%にすると接触応力は56Nまで達した。このスギ圧縮込み栓試験体の接触応力回復効果は、シラカシ込み栓試験体において低下した接合部の嵌合度を高めるために行った増し打ちの効果に匹敵するものであった。
- 4) スギ圧縮込み栓の繊維直交方向2面せん断強度は、せん断面の距離比( $S/d$ ,  $S$ :せん断スパン,  $d$ :込み栓の辺長)が小さくなるほど増大し、 $(S/d)=1/15$ で平均約46MPaの最高値を示した。シラカシ込み栓1本を挿入した接合部(S1R)とスギ圧縮込み栓1本を引抜きに対し年輪が平行方向(T-type)になるように挿入した接合部(C1T)は、変形2mm前後で降伏し $P_{max}$ は12kNであったが、込み栓の中央部分で脆性的な曲げ破壊が起こった。

一方、圧縮込み栓を引抜きに対し年輪が垂直方向(R-type)に挿入した試験体(C1R)の場合、変位2mmで降伏するが、 $P_{max}$ は変位10mmの時点で出現し、その値は12.5kNに到達した。破壊形態はホゾ境界部分で込み栓のせん断破壊であった。更に、周期的な湿度変化を受けたスギ圧縮込み栓をR-typeに挿入した接合部(C1RH)の場合、湿度変化を受けてない試験体(C1R)より最大強度、降伏強度、及びエネルギーが増加することを確認した。初期剛性Kは、C1T(35.45kN/mm)がC1R(6.66kN/mm)より6倍以上大きかった。これは圧縮木材をR-typeに使う場合、曲げ剛性は非常に高いものの、せん断剛性が0.35GPaと低い値であったため、せん断変形が卓越したためと考えられ

る。また、スギ圧縮込み栓を2本挿入した試験体の最大引抜き強度 ( $P_{max}$ ) 及び降伏強度 ( $P_{yield}$  (5%)) は、込み栓を1本挿入した試験体のほぼ2倍の値を示した。

- 5) スギ圧縮込み栓を挿入した金輪継ぎ手接合部に一定の荷重を掛け、周期的な湿度変化を与えるクリープ実験を行ったところ、高湿度になると圧縮込み栓が変形回復を起こして嵌合のゆるみを防止する効果があることが認められた。また、シラカシ込み栓を挿入した金輪継ぎ手の接触応力は、最初の湿度変化時に初期応力の50%を失い、3周期目で初期の19% (6N) になったが、スギ圧縮込み栓を挿入した接合部では、最初の湿度変化時で31Nに、3周期目で59% (18N) と初期応力の低下は少なかった。総合的にみて、シラカシ込み栓を挿入した金輪継ぎ手クリープ値は、湿度変化の回数が多くなるほど大きくなるのに対して、スギ圧縮込み栓を用いた金輪継ぎ手の場合は、湿度変化による影響を殆ど受けないことを確認した。

## 論文審査の結果の要旨

スギは比重が低く、構造用木材としては最も強度性能の低い樹種に分類されている。一方、我が国の伝統的木造建築物の接合部は嵌合接合法によって構成されており、長期間にわたる温湿度の変動を受けて、接合部が膨潤・収縮を起こし、ガタが発生して剛性が低下するという問題が指摘されている。

本研究は、この低比重のスギを比較的低温度で元の体積の1/3程度に圧縮した圧縮木材が、水分を吸収することによって元の大きさに変形回復する過程で発揮する様々な特性に着目して、伝統的木造接合部の剛性低下を抑制する仕組みを開発することを目的に行った一連の実験的研究を取りまとめたものであり、評価できる点は以下の通りである。

- 1) スギ圧縮木材は、拘束されていない場合、水分を吸収して元の寸法の約80%まで回復すること、拘束状態においては、周期的な相対湿度繰り返し変化を受けても、全期間を通して同じ最大膨潤応力を発揮し、応力緩和が殆ど起こらないことを明らかにした。
- 2) ホゾ-込み栓接合部の接触応力を実測する方法として、超小型圧力変換器を接合界面に直接接触させる方法が有効な手法であることを確認した。この方法によって、一定湿度条件下におけるスギ圧縮込み栓における土台と柱間の接触応力の緩和が、通常用いられているシラカシ込み栓の場合より少ないことを明らかにした。
- 3) 周期的な相対湿度変化を与えても、スギ圧縮材の変形回復によってホゾ接合部の接触応力の緩和は効果的に抑止されることを明らかにした。また、スギ圧縮込み栓試験体の接触応力回復効果は、慣習的に行われている「増し打ち」という作業に匹敵する効果があることを明らかにした。
- 4) 圧縮込み栓を引抜きに対し年輪が垂直方向に挿入した試験体の場合、変形が延性的で、主にホゾ境界部分で込み栓のせん断変形によって降伏する特異な破壊モードが存在することを明らかにした。一方、2年間周期的な湿度変化を受けた後の込み栓接合部の引抜き性能に関しては、シラカシ接合部では全ての性能が低下したのに対し、スギ圧縮込み栓接合部では、最大強度、降伏強度、及びエネルギーが初期値を維持することを確認した。
- 5) 伝統的な金輪継ぎ手接合部にスギ圧縮込み栓を適用し、周期的な湿度変化による接触応力の変化及びクリープ特性を調べた。その結果、スギ圧縮込み栓を挿入した接合部は、周期的な湿度変化による圧縮木材の回復によって嵌合度の低下が少ないことが明らかとなった。

以上のように、本論文はスギの欠点である低比重を逆に活用して、比較的低温度でスギ圧縮込み栓を造り、伝統的仕口・継ぎ手接合部の込み栓として利用することで、温湿度変動に起因するガタの発生を抑制することに成功したもので、木構造学、木材物理学、木質材料学に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士(農学)の学位論文として価値あるものと認める。なお、平成18年9月25日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士(農学)の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。