

平成22年5月25日現在

研究種目：基盤研究（B）
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19380101
 研究課題名（和文）材料それぞれの持ち味を最大に生かせる新発想木造軸組構法の開発と耐力発現機構の解明
 研究課題名（英文）Development and Analyses on Strength Mechanism of Innovative Wooden Post & Beam Structures Utilizing Characteristics of Each Material

研究代表者
 小松幸平（KOMATSU KOHEI）
 京都大学・生存圏研究所・教授
 研究者番号：20283674

研究成果の概要（和文）：

スギ心材に含有される抽出成分が生物劣化を防止するのに有効であることを実験によって示し、また、新開発の「面内剛性金物」を用いることでスギ厚板を高性能の「あらわし床」や「縦板張り耐力壁」として使えることを示した。さらに、スギ圧縮木材製楔をめり込みを受ける部材に挿入する事で、未補強の場合に比べて大幅に耐圧性能が向上することを示した。以上、材料の持ち味を生かした要素技術を開発し、その耐力発現機構を解析した。

研究成果の概要（英文）：

It was appeared experimentally that extractives involved in heart wood of Sugi was effective for biodegradation, and also that thick Sugi boards were usable as a good appearance plank floor or/and vertically aligned plank shear wall having high performance by inserting innovative H-shape metal fasteners in the interfaces between adjacent boards. Furthermore, it was shown that by inserting Sugi compression wedges into the parts where embedment was anticipated, the bearing property of Sugi was highly improved in comparison with no reinforcement. Consequently, some structural components utilizing material characteristics were developed and mechanism of their strength enhancement was analyzed.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	6,900,000	2,070,000	8,970,000
2008年度	4,600,000	1,380,000	5,980,000
2009年度	3,500,000	1,050,000	4,550,000
年度			
年度			
総計	15,000,000	4,500,000	19,500,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：林学・林産科学・木質工学

キーワード：強度・木質構造、スギ心材抽出成分、耐久性、あらわし床、耐力壁、引きボルト

1. 研究開始当初の背景

- 1) かつては在来軸組構法住宅と密接な需要と供給の関係を保っていた国産材は、グローバル経済の影響をまともに受けて外材に完敗し、今や日本の木造住宅の骨組みは、日本の気候風土と全く異なる環境で成長してきた木材によって支えられているのが現状である。
- 2) これに対して、本研究では国産材が持っている長所・特徴を最大限に生かせる利用形態はどういうものであるのかを再確認し、その形態に合うように新たな発想に基づいて軸組構法自体の構造システムを提案するという考えを原点とした。

2. 研究の目的

- 1) スギの心材が本当に耐久性、耐蟻性、抗菌性に優れているのかを、初期条件を整えた厳密な実験で再確認し、その結果を踏まえて材料の高耐久性を生かせる木造軸組構造各部要素のあり方を提案する。
- 2) 提案に基づいて、軸組構法住宅の実大部分構造要素（壁、床、接合部等）試験体を製作し、それぞれの構造要素の挙動を説明できる力学モデルを組立て、実験によりモデルの妥当性を検証する。
- 3) 軸組構法住宅で多様される引きボルト式柱-梁接合部の短所は座金部や梁木口接触部でのめり込み変形による初期剛性の低さにある。本課題ではその欠点を補う方法としてスギ圧縮木材製の楔を木材のめり込み部位に予め挿入して、楔が圧入されることによって発生する摩擦抵抗に依存した高剛性・高靱性な接合部を提案する。
- 4) 新発想木造軸組構法住宅の挙動を推定するため、市販の汎用型非線形骨組み構造解析プログラムで可能な限り精密にモデル化する。材料特性と使用部位の関係、接合部特性が住宅の初期剛性、終局耐力、塑性変形能力に及ぼす影響を構造計算に反映させる。

3. 研究の方法

1) スギ心材の長所の再確認

京都府林業試験場の協力を得て、府内の原木市場よりスギ赤心材、黒心材、通常材各10本ずつ調達し、10.5cm心持ち正角材を採材した。初期の含水率、ヤング係数、密度を計測し、ヤング係数順に2グループに分類した。一つのグループは120度C以上で高速乾燥させ、もう一方のグループは40~60度の低温除湿乾燥を行った。材料の一部を耐朽性試験に回し、心材部分から2cm角の試験体を採取し、強制腐朽、及びシロアリ食害実験を行い、

乾燥仕様の違いが生物劣化に及ぼす影響を調べた。残りの製材品については、乾燥条件の違いが強度性能に及ぼす影響を調べるため、曲げ、せん断、土台-柱の引抜き実験等を行った。

2) スギ厚板を活用した床、壁構面の開発

低温除湿乾燥された厚さ40mm×幅240mmの厚板をモルダーに通して狭い面に実加工を施す。凹面側に予め所定間隔おきに打ち込んだ「すべり止め金物」を介して厚板同士を次々に面構造に拡張し、床梁にコーススレットネジで緊結し、厚板同士の相互すべりを拘束する。これによって、厚物合板を用いたのと同じ高い剛性を有する床構面を実現できる。さらに、木肌の美しいスギ製材を用いることで、天井を意図的に貼らず、階下から見上げて「本物の木材の醍醐味を味わう事の出来る表し床構面」を現出可能とする。本研究ではこの概念に基づく床組と壁組の両者に対して静的正負繰返し加力実験を実施して、床および壁としての性能を評価した。図1にスギ厚板を縦に張った耐力壁の静的正負繰返し加力実験の様子を示す。



図1 スギ厚板縦板張り耐力壁の実験

3) 引きボルト接合法の改良

戸建て木造住宅規模を想定した門型ラーメンの柱-梁接合部を引きボルト接合法で製作し、柱材のめり込み部位にスギ圧縮木材製の楔を挿入した後、ボルトを締めて静的正負加力実験を行った。同時に楔を挿入しない、従来型のコントロール試験体にも同じ境界条件で加力し、両者の性能を比較した。

4) 新発想木造軸組構法住宅の構造解析

木造軸組構法住宅を対象に、耐力要素を構成する基本構成単位を軸材とブレースで置換し、それぞれの構成要素の弾塑性特性を力学モデル並びに実験に基づいて決定し、汎用プログラムに入力して、全体の構造体の非線形挙動の推定が可能かどうかを検討した。

4. 研究成果

1) スギ心材の長所の再確認

図2にオオウズラタケによる強制腐朽実

験の結果を、図3にシロアリの選択的食害実験の結果を示す。

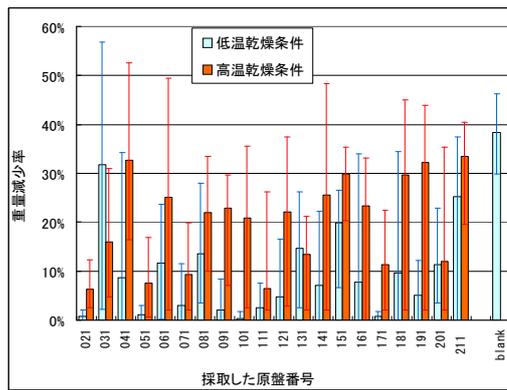


図2 強制腐朽実験の結果

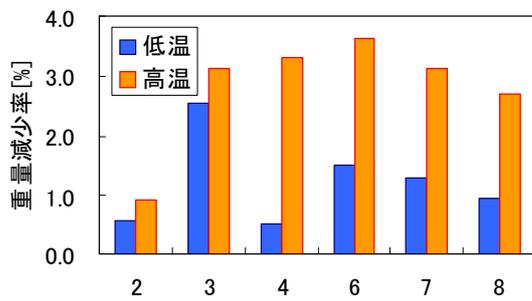
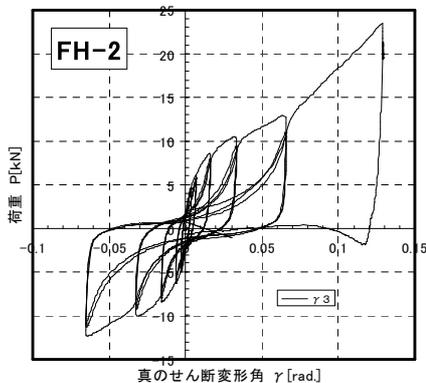


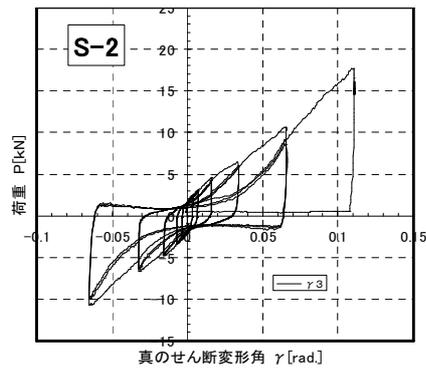
図3 シロアリの選択的食害実験結果

図の横軸は試験体のグループの違いを示す。いずれのグループでも、高温乾燥の試験体の方が重量減少率は大きかった。これらの結果から、低温乾燥の試験体は心材に含まれていた抽出成分が無くならず、十分な抵抗能力を発揮し、高温乾燥の試験体は、抽出成分が揮発したために、腐朽菌やシロアリに対する抵抗能力が低下したものと推定された。これらのことから、既往の研究結果と同じように、今回供試した京都産スギ黒心材においても、高温域の乾燥によって腐朽やシロアリ食害に抵抗する成分が失われたことが間接的に明らかとなった。

2) スギ厚板を活用した床、壁構面の開発



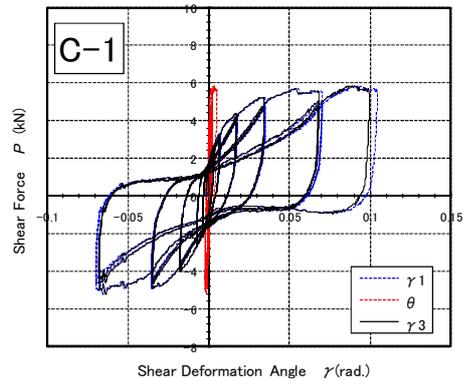
a) 「面内剛性金物」を挿入した場合



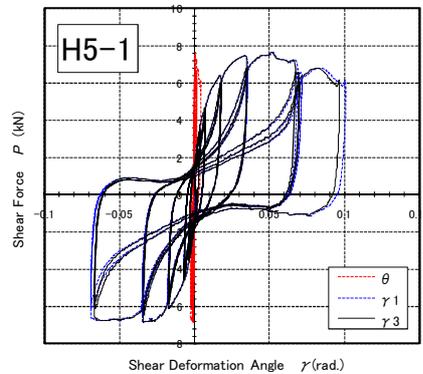
b) 金物を挿入しない通常の場合
図4 床の面内剪断実験結果

厚さ40mm×幅240mmのスギ厚板に実加工を施し、凹面側に別途開発した「面内剛性金物」を挿入して厚板同士の相互すべりを阻止した床、壁構面の床倍率、壁倍率を評価した。

床の場合、「面内剛性金物」を910mmピッチで2個入れることで、床倍率1.64が得られ、スギ厚板による「あらかし床」の性能が従来の仕様に比べ、大幅に向上する見通しが立った。図4に金物を入れた場合(a)と入れない場合(b)の荷重-変形角関係の相違例を示す。



a) 「面内剛性金物」を挿入した場合



b) 金物を挿入しない通常の場合

図5 縦板張り耐力壁の剪断実験結果

図5-a)、b)に示す縦板張り耐力壁の場合は、真壁仕様として柱の間に厚板を納めた仕様では、材料の接触効果が効いて床の場合よりもより効果的な性能向上が得られ、壁倍率は2.41であった。本結果は予想以上のもので、新開発の「面内剛性金物」を活用することで、スギ厚板による高耐力・高靱性でかつ審美性にすぐれた「あらわし床」や「あらわし壁」が実現できることが分かった。

3) 引きボルト接合法の改良

図6に柱のめり込み部位にスギ圧縮木材製の楔を挿入したWF型試験体と楔を挿入していないコントロール試験体のモーメント-回転角関係(各3体の平均値)の包絡線の比較を示す。WF型はコントロール試験体に対して概ね1.6-1.8倍程度の性能向上が認められ、低コストで新築、補修を問わず適用可能な簡便な補強策として有効な方法であることが分かった。

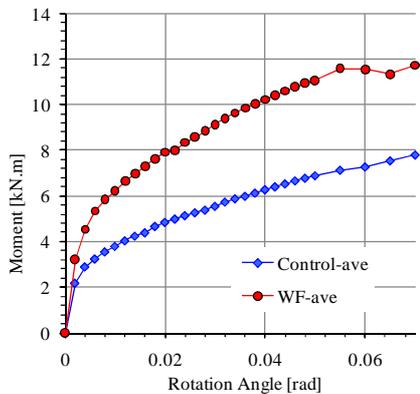
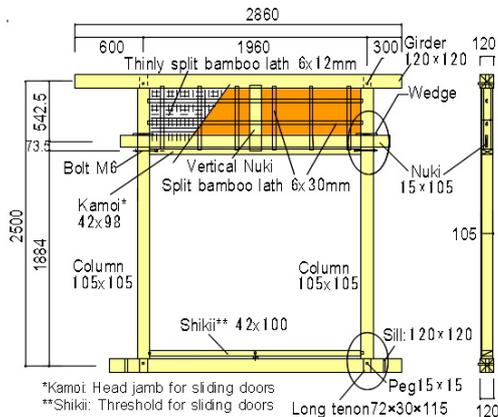


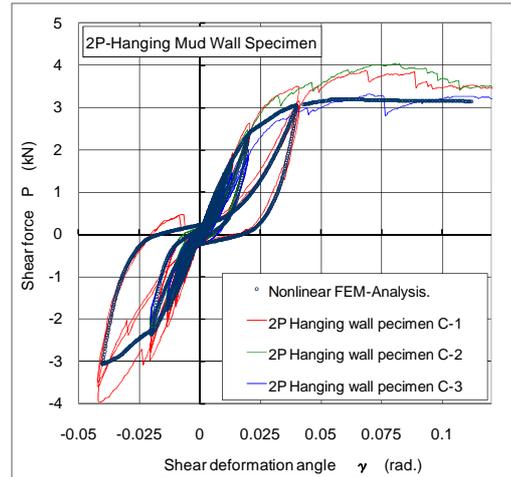
図6 モーメント-回転角関係の比較

4) 新発想木造軸組構法住宅の構造解析

図7に環境に与える影響の小さな耐力要素の一つとして期待される土塗り小壁を有する軸組架構を可能な限り精密にモデル化して汎用FEMプログラムで正負繰り返し加力時の挙動をシミュレートした結果を示す。



a) 解析対象とした土塗り小壁付き軸組



b) 計算と実測値の比較

図7 小壁付き軸組架構の計算と実験の比較

軸組と土壁部分の骨格曲線は非線形半剛節力学モデルで、履歴ループは改良型NCLループでモデル化した。図より、木造特有のスリップとS字型のピンチング特性が十分な実用性を持って再現できることが確認された。これによって、当初の目的どおり、材料特性と使用部位の関係、接合部特性が住宅の初期剛性、終局耐力、塑性変形能力に及ぼす影響を構造計算に反映させることが可能となった。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計11件)

- ① 北守顕久, 森 拓郎, 片岡靖夫, 小松幸平: 木材の部分横圧縮における余長効果の影響 支持条件における違いの検討、日本建築学会構造系論文集、74、査読有、2009、1477-1485
- ② 南 宗和, 北守顕久, 鄭 基浩, 小松幸平: 杉厚板を用いた「あらわし床」における床構面性能、日本建築学会構造系論文集、74、査読有、2009、1785-1794
- ③ 北守顕久, 鄭 基浩, 南 宗和, 小松幸平: 相欠き格子耐力壁の剛性算定に係わる隙間の影響評価-長期的試験における検証-, 構造工学論文集、55B、査読有、109-116、2009
- ④ Akihisa Kitamori, Kiho Jung, Kohei Komatsu: Utilization of Compressed Wood as Mechanical Fasteners of Friction Joints in Timber Buildings, Proceedings of the 11th International Conference on Non-conventional Materials and Technologies (NOCMAT 2009), 査読無、2009、CD-ROM
- ⑤ 村上 了, 玉岡富彦, 門脇秀伸, 小松幸平: 押し引き両荷重に対し同等の性能を発揮する片筋違いの開発、日本建築学会

- 技術報告集、30号、査読有、2009、421-426
- ⑥ Jung Kiho, Akihisa Kitamori, Kohei Komatsu: Development of a joint system using a compressed wooden fastener I: evaluation of pull-out and rotation performance for a column-sill joint, Journal of Wood Science, 55(4), 査読有, 2008,273-282

[学会発表] (計 17 件)

- ① Kohei Komatsu: Analyses on Though-Bolts Type Wooden Beam-Column Joints Subjected to Rotational Moment, First International Symposium of Indonesian Wood Research Society, 2009年11月3日, Bogor, Indonesia
- ② Munekazu Minami, Akihisa Kitamori, Kiho Jung, Kohei Komatsu: Development of floor system using Japanese cedar plank in exposed ceiling system., Proceedings of 2008 World Conference on Timber Engineering, 2008年6月3日、宮崎市
- ③ 香束章博: スギの乾燥方法の違いが木材物性に与える影響について(1)-シロアリ食害による横圧縮強度の低下-, 日本木材学会、2008年3月18日、つくば市
- ④ 南宗和: スギ厚板材相互のすべり防止金物の開発、日本木材学会、2007年8月8日、広島市
- ⑤ Kohei Komatsu: Research and Developments for Enhancing Seismic Performance of Wooden Dwelling Houses in Recent Japan, 73rd Symposium on Sustainable Humanosphere - RISH-LAPAN-LIPI International Symposium, Science for Sustainable Humanosphere, International Collaborative Programs in Indonesia, 2007年7月25日, Bandung, Indonesia

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 1 件)

名称: 高剛性面体の施工方法、及び、高剛性面体の施工に用いられる連結部材
発明者: 南宗和、小松幸平、森拓郎、玉岡富彦
権利者: 南宗和
種類: 公開
番号: 特許公開 2008-202277
出願年月日: 平成 19 年 2 月 19 日
国内外の別: 国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小松 幸平 (KOMATSU KOHEI)
京都大学・生存圏研究所・教授
研究者番号: 20283674

(2) 研究分担者

森 拓郎 (MORI TAKURO)
京都大学・生存圏研究所・助教
研究者番号: 00335225

瀧野真二郎 (TAKINO SHINJIRO)

京都大学・生存圏研究所・助教
研究者番号: 90115874

(H19年、H20年)

野口昌弘 (NOGUCHI MASAHIRO)

工学院大学・工学部・ポスドク研究員

研究者番号: 80420298

(H19年)

北守顕久 (KITAMORI AKIHISA)

京都大学・生存圏研究所・助教

研究者番号: 10 551400

(H21年)

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

鄭 基浩 (JUNG KIH0)

京都大学生存圏研究所・ポスドク研究員

(現在: 静岡大学教育学部・助教)