

スギ五寸角柱と土台の長ぼぞ込み栓打ち仕口の引張試験

三宅 裕司

要旨

伝統構法の柱や土台の仕口は、地域によって刻み方や組み方に差があり、標準的な仕様がないことから、強度に優れた仕口仕様を見出すため、柱と土台の引張試験（中柱型、隅柱型）を実施した。柱と土台には、スギ葉枯らし材から採取した五寸角（15cm）の骨太材を使用し、ほぞの厚みや込み栓の打ち込み位置などを変えた接合部モデルを製作し、試験を行った。

その結果、中柱型ではほぞ厚 50mm・込み栓位置 35mm の仕様の短期基準接合耐力が最大となったが、再生可能な破壊形態を考慮すると、込み栓破壊を示したもののうち、ほぞ厚 36mm・込み栓位置 45mm の短期基準接合耐力が最大であった。また、込み栓がほぞや土台にめり込むことで耐力が向上し、込み栓が楔の役割を果たすような破壊形状のとき大きな耐力が発現した。

はじめに

木造軸組住宅に用いられる柱や土台は、一般的に三寸五分（10.5 cm）や四寸（12 cm）の正角材が使用され、プレカット加工された部材が金物接合で補強されている。本研究では、葉枯らし乾燥材と大工の伝統技術に着目し、柱・土台等としてスギ中目材から効率的に採取できるスギ五寸角（15 cm）の骨太材を使用した新たな建築仕様を提案するため、要素実験として接合性能試験を実施した。

大工の伝統技術は、金物に頼らず込み栓により部材を連結することで、古材としての材料の再利用が可能であり、また葉枯らし乾燥は太陽光の自然エネルギーを利用していることから、葉枯らし乾燥と大工技術を融合することは資源循環や環境負荷の面で優れている。

今回、対象とした伝統構法の柱・土台の仕口は、「長ぼぞ込み栓打ち」による接合方法であるが、地域によって刻みや組み方に差があり、標準的な仕様がない。そこで、強度に優れた仕口仕様を見出すために、ほぞの厚みや込み栓の打ち込み位置などを変えた接合部モデル試験体を製作し、引張試験を実施した。

試験体と試験方法

1．試験材料 柱と土台に使用した試験材料は、林地で3ヶ月間程度葉枯らし乾燥した後、五寸角用に製材し、積み天然乾燥の工程を経て調達したものである。また、材料のばらつきを抑えるため、打撃による縦振動法で動的ヤング係数を測定し、 $E70(60 \sim 80\text{kgf/cm}^2)$ ～ $E90(80 \sim 100\text{kgf/cm}^2)$ に強度等級区分したのから選別した（柱 E 土台 E）。なお、込み栓には市販のカシ材を使用した。また、引張試験とは別に込み栓（カシ、ヒノキ）を対象とした曲げ試験を実施した。

2．試験体と仕口仕様 接合部の試験体は、図 - 1 に示すように隅柱型 14 体と中柱型 74 体（うち隅柱型との比較用が 14 体、中柱型の分析用が 60 体）の計 88 体を大工の手加工により製作した。加工した寸法の仕口仕様は、込み栓の位置とほぞの厚み寸法により、隅柱型が 10 仕様、中柱型が 22 仕様（うち隅柱型との比較用が 10 仕様、中柱型の分析用が 12 仕様）とした（図 - 2，表 - 1，表 - 2）。なお、柱の長さは 600mm で、土台の長さは中柱型で 1,000mm、隅柱型で 575mm とした。

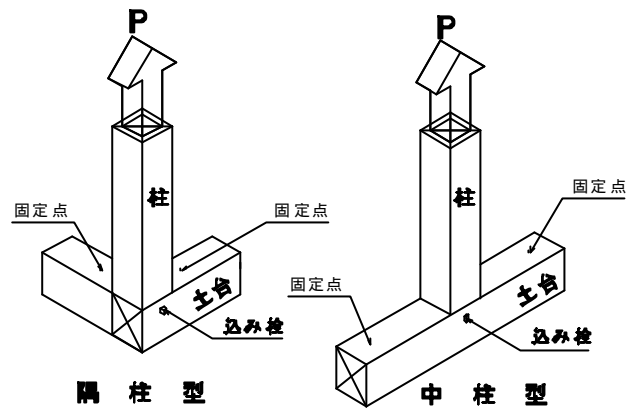


図 - 1 接合部試験体

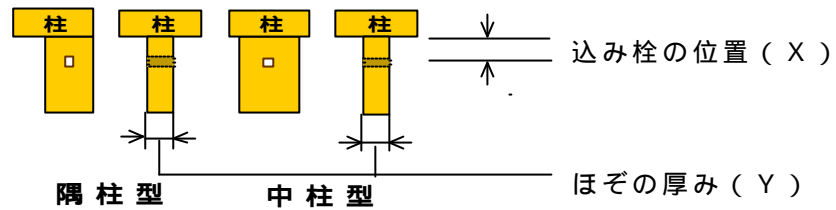


図 - 2 長ほぞの加工図

表 - 1 中柱型分析用の試験体

ほぞの厚み (Y)	18mm込み栓の位置 (X)			合計
	35mm	40mm	45mm	
36mm	5体	5体	5体	15体
39mm	5体	5体	5体	15体
42mm	5体	5体	5体	15体
50mm	5体	5体	5体	15体
計	20体	20体	20体	60体

表 - 2 隔柱型と中柱型の比較用試験体

ほぞの厚み (Y)	隔柱型			中柱型		
	18mm込み栓 の位置 (X)	21mm込み栓 の位置 (X)	計	18mm込み栓 の位置 (X)	21mm込み栓 の位置 (X)	計
	30mm	33mm		30mm	33mm	
36mm	1体	1体	2体	1体	1体	2体
39mm	1体	1体	2体	1体	1体	2体
42mm	1体	1体	2体	1体	1体	2体
50mm	3体	3体	6体	3体	3体	6体
60mm	1体	1体	2体	1体	1体	2体
計	7体	7体	14体	7体	7体	14体

(注) 中柱型は、表 - 1 の仕様とは別に隔柱型と比較するために製作したものである。

3．試験方法 引張試験は，財団法人日本住宅・木材技術センター「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」に示されている「平成 12 年告示第 1460 号に基づく仕口及び継手の試験法，評価法」に準じて実施した。実大材強度試験機（島津製作所製）に土台を固定し，柱を単調加力方式により引っ張り，仕口の機能が失われるまで毎分10mm で加力した。加力に伴う柱と土台の相対変位を測定し，次式により短期基準接合耐力を求めた。

$$P_t = \text{Min} \begin{cases} P_y \times \alpha \\ P_{max} \times 2/3 \times \alpha \end{cases}$$

P_t ：短期基準接合耐力（kN）

P_y ：降伏耐力（kN）

P_{max} ：最大荷重（kN）

α ：ばらつき係数

なお，耐力発現機構を解明するため，仕口の破壊断面を観察するとともに，併せて込み栓の材料曲げ試験を実施した。曲げ試験には，15mm，18mm，21mm のカシ材各15体，18mm のヒノキ材16体を用い，スパン130mm の中央集中荷重方式で行った。

結果と考察

1．中柱型の引張試験 図 - 3 に中柱型の引張試験結果を示した。ほぞ厚 50 mm ・込み栓位置 35mm，ほぞ厚 42 mm ・込み栓位置 45 mm，40 mm の仕口仕様において高い短期基準接合耐力を示し，いずれも最大荷重，降伏耐力とも高い値を示している。ほぞの厚みが厚い方が最大荷重が高い傾向を示しているが，降伏耐力はほぞ厚 36mm 以外は大きな差がない。また，ほぞ厚 50mm については個体間のばらつきが大きいことから，短期基準接合耐力は高い値とならなかった。

2．仕口の破壊形態 写真 - 1 ～ 写真 - 4 は仕口の破壊断面の代表的なタイプ

で，込み栓の曲げ破壊によるもの，込み栓のせん断破壊によるもの，ほぞのせん断破壊によるもの，土台の割裂破壊によるものに大別できる。図 - 4 に破壊形態別の引張試験結果を示している。再生可能な破壊形態を示した込み栓破壊の中で，ほぞ厚 36mm ・込み栓位置 45mm の仕様が最大の短期基準接合耐力を示した。同じ仕口仕様の試験体でも個々に破壊形態がばらつく結果となり，特に土台破壊とほぞ破壊のばらつきが大きい傾向にあり，柱や土台の材質の影響が考えられる。

3．隅柱型の引張試験 隅柱型と中柱型の比較を行うため，引張試験を実施した（図 - 5）。隅柱型の耐力が大きく低下することが予想されたが，全体的には明確な傾向は見られず，中柱型と大きな差がなく耐力を維持することが認められた。また，21 mm角込み栓と 18 mm角込み栓を用いた耐力を比較した場合についてもはっきりとした傾向は見られなかった。なお，試験体数が少なくばらつきが見られたため，今後さらにデータの集積が必要である。

4．込み栓の曲げ試験 図 - 6 に込み栓の曲げ試験と接合部試験体の引張試験の結果を最大荷重と最大荷重時の変位で示した。接合部試験体は，込み栓の最大荷重より高い値を示しているが，最大荷重時の変位は，込み栓と同程度の場合と大きい場合に大別される。前者は，耐力の出方が込み栓のせん断性能によるものと考えられ，後者は破壊断面の観察からめり込みにともなう摩擦抵抗の影響が示唆された。込み栓自体の耐力は，5kN 程度であるが，込み栓がほぞや土台にめり込むことで耐力が向上し，さらにめり込み面で発生する摩擦力が荷重を負担するものと考えられる。また，摩擦力は込み栓のめり込む角度と関わり，込み栓が楔の役割を果たすような破壊形状のとき大きな耐力を発現するものと考えられる。

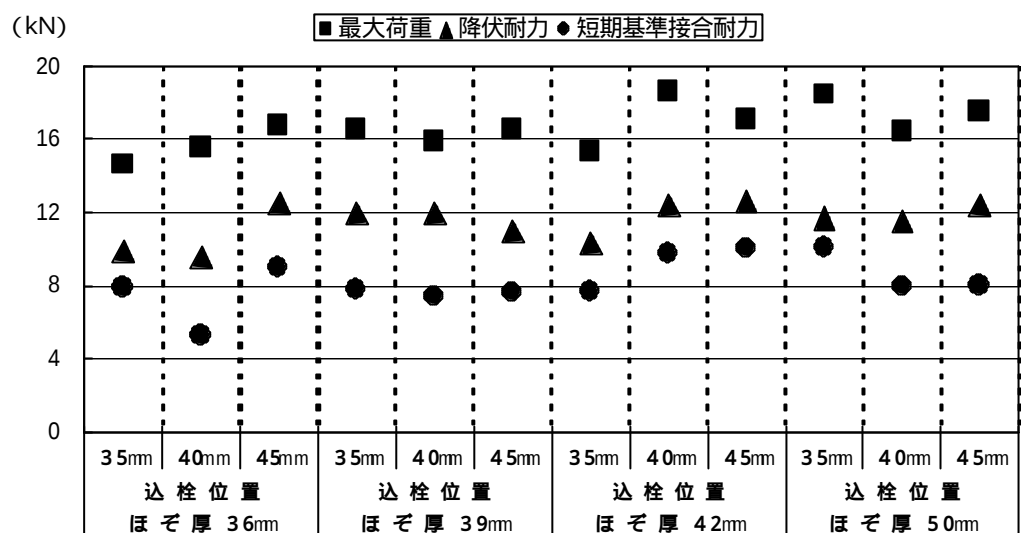


図 - 3 中柱型の引張試験結果



写真 - 1 込み栓の曲げ破壊



写真 - 2 込み栓のせん断破壊



写真 - 3 ほぞのせん断破壊



写真 - 4 土台の割裂破壊

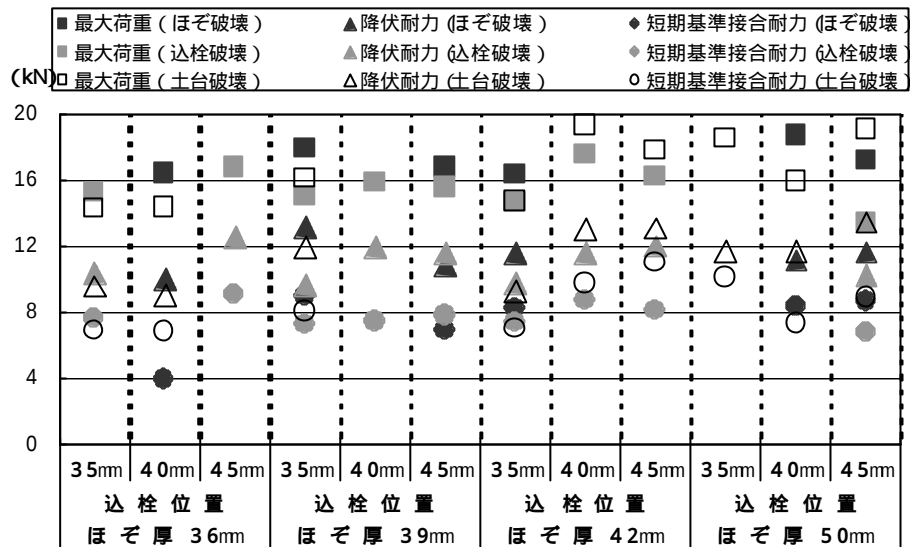


図 - 4 破壊形態別の引張試験結果

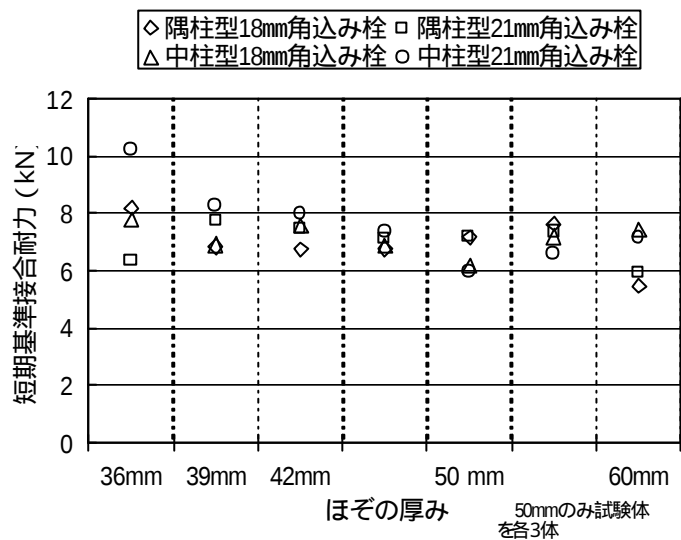


図 - 5 隅柱型と中柱型の引張試験結果

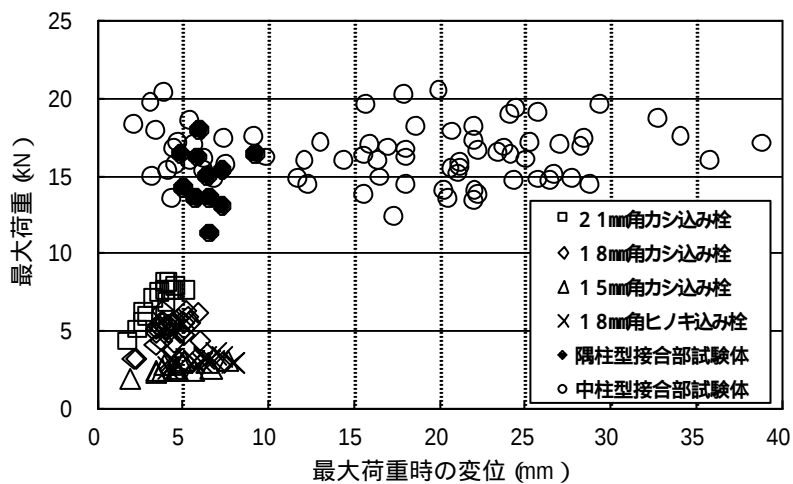


図 - 6 込み栓の曲げ試験と接合部の引張試験

また、試験結果により得られた図 - 7 の荷重 - 変位曲線から、試験体は 3 つのタイプに分類された。いずれも変位が 5 mm から 10mm 程度で荷重がいったん減少し、その後荷重が増加傾向を示しているが、減少後の荷重の増加が長い A タイプ、荷重が急激に減少する B タイプ、荷重がなだらかに減少していく C タイプと分かれ、込み栓の性能やめり込みの角度やタイミングが耐力に大きく影響しているものと考えられる。

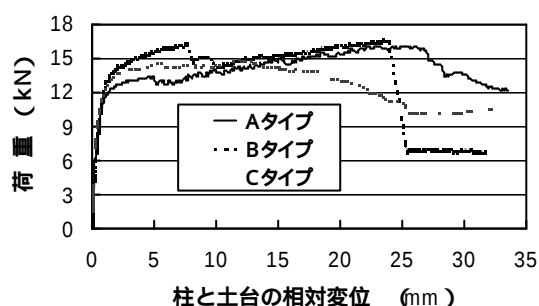


図 - 7 荷重 - 変位曲線

おわりに

今回の引張試験では、同じ仕口仕様の試験体でも個々に破壊性状や耐力にばらつきがあり、統計処理に基づく結果だけでは、

定量化することは避ける必要がある。土台やほぞの応力面（せん断面や割裂面）と強度の関係に不明な点も多く、込み栓のめり込みが接合性能に大きく影響しているため、さらに詳細な分析を行った上で、各仕様に共通する耐力発現の要因を分類し、説明することが重要である。

謝辞

本試験は、京都大学生存圏研究所が中核機関として採択を受けた農林水産研究高度化事業の一部分を、再委託事業として実施したものである。試験設計からご指導を頂いた京都大学生存圏研究所教授 小松幸平氏、助手 森拓郎氏、材料供給から試験体製作までご協力頂いた T S ウッドハウス協同組合や寺島建設有限会社の方々に感謝の意を表します。

引用文献

- 1) (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(2001)
- 2) 三宅裕司：スギ 15cm 正角材を用いた柱と土台の接合部試験について、平成 17 年度森林林業研究発表会概要集，P12 - 15 (2006)