

# 在来軸組工法における構造部材の接合技術の確立 研究報告

(県単課題 平成 17 ～ 21 年)

渡部 秀行  
遠藤 啓二郎  
小沼 研二  
高信 則男\*  
山田 茂隆\*\*

## 目 次

要 旨	
I はじめに	1
II 部材の乾燥と接合部強度性能の関係把握	2
1 試験方法	2
2 結果および考察	4
III 接合部強度の経時変化調査	5
1 試験方法	5
2 結果および考察	7
IV 柱頭柱脚部接合の接合方法の検討	7
1 試験方法	7
2 結果および考察	11
V おわりに	13
VI 引用文献	14

## 要 旨

木造建築に用いる部材の乾燥が接合強度に及ぼす影響と建築設計において重要視されている柱頭柱脚部の接合強度性能について試験を実施した。

部材の乾燥が接合強度に及ぼす影響については柱－梁のせん断試験を実施し、天然乾燥、中温人工乾燥、高温人工乾燥、未乾燥の各試験区間の強度には大きな差が見られず、梁－梁のせん断試験では、未乾燥材での接合後の時間経過により強度の低下が確認された。柱頭柱脚部においては、長ほぞ差し込み栓打ちの引張強度試験で込み栓の樹種、横木（土台、梁、桁）の樹種、込み栓のサイズ、込み栓の加工位置等の条件別で実施し、その結果 2 本込み栓打ちが有効であり、特に 2 本込み栓を斜め打ち（縦方向 20 mm 間隔）にした場合、高い値で基準の必要耐力を上回った。

---

受付日 平成 22 年 3 月 19 日

受理日 平成 22 年 5 月 6 日

\* 現会津農林事務所、\*\* 現県南農林事務所

## I はじめに

阪神・淡路大震災以降、頻発する大地震により、一般消費者の住宅の耐震性に対する関心は高まっている。一方で、建築基準法および関連告示の改正により、住宅等の建築物にスギをはじめとする木材製材品の利用の可能性が広がっているが、乾燥材の生産割合が未だ低水準であること、高温人工乾燥による木材の内部割れへの不安や急速に普及している金物工法への対応など、材料供給サイドの課題は多い。

近年、木造建築物の柱頭柱脚部の接合には金物接合が主流となっているが、古来用いられてきた込み栓打ち接合は、建築基準法において利用できることが定められているにもかかわらず強度に関するデータが少ないことなどからあまり利用が進んでいない。

一方、「建築工事に係る資材の再資源化等に関する法律」により木造建築物の解体時に出る金物と木材などの部材別の分別が必要になり、大量の金物を使用した建築物は解体時に手間とコストがかかるが、込み栓打ちは解体、分別が容易であると考えられる。

これらの問題点を県産材の特質を把握した上で、強度特性に優れ、県産材に適した効率的な接合法のデータを収集し、木造住宅の信頼性を高めるために試験を行った。

## II 部材の乾燥と接合部強度性能の関係把握

### 1 試験方法

#### (1) 供試材料

供試材は県内の中通り地方で産出したスギ原木で柱材は人工乾燥の製材品、梁材は生材の製材したものを購入し、12本ずつ乾燥条件ごとの試験区に分けた材である。試験体の材の寸法は柱がスギ直角 105 × 105 × 700mm、梁がスギ平角 105 × 240 × 900mm である。人工乾燥後即修正挽きしプレカットにより加工を行い、一般的な二段胴差しを腰高羽子板ボルトにより接合した。

#### (2) 試験区と乾燥方法

梁材の乾燥は容量 10 石（約 2.8m<sup>3</sup>）の蒸気式 I F 型人工乾燥装置を用いて、表－1～3 に示す含水率制御スケジュールにより人工乾燥を行った。購入した柱材の乾燥スケジュールは表－4 のとおりである。天然乾燥試験区は平成 17 年 11 ～ 10 月まで屋根付きの場所に製材品で栈積みして保管し、試験前に加工した。

表－1 中温乾燥試験区

乾燥時間 (h)	乾球温度 (°C)	湿球温度 (°C)	乾湿球温度差 (°C)	備考
8	85	85		0 蒸煮
24	85	82		3
48	87	82		5
48	89	82		7
48	91	82		9
52	93	82		11
52	95	82		13
8	95	90		5
288				

表－2 高温乾燥A試験区

乾燥時間 (h)	乾球温度 (°C)	湿球温度 (°C)	乾湿球温度差 (°C)	備考
8	95	95	0	蒸煮
24	120	90	30	
24	110	80	30	
38	100	70	30	
130	90	60	30	
224				

表－3 高温乾燥B試験区

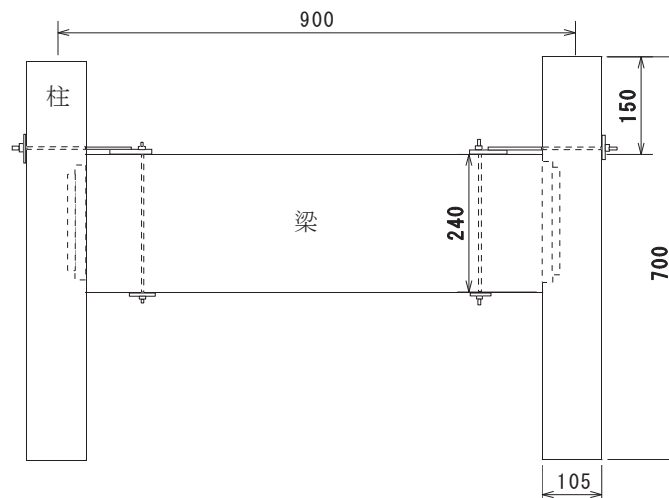
乾燥時間 (h)	乾球温度 (°C)	湿球温度 (°C)	乾湿球温度差 (°C)	備考
8	95	95	0	蒸煮
112	120	90	30	
120				

表－4 購入材の乾燥スケジュール（柱材）

乾燥時間 (h)	乾球温度 (°C)	湿球温度 (°C)	乾湿球温度差 (°C)	備考
19	98	98	0	蒸煮
2	120	98	22	
4.5	120	93	27	
13	120	90	30	
125	90	60	30	
163.5				

### （3）試験体と仕口仕様

試験体は柱－梁型とし、柱は梁下に 310mm の余長をとり、プレカットにより加工した梁材を二段胴差し羽子板ボルトで接合した。試験材はスギ材を用い、柱が 105 × 105 × 700mm、梁が 240 × 105mm、柱の軸芯間の長さを 900mm とし、乾燥条件ごとに 12 体ずつを柱と梁の仕口を接合した。試験体の形状は図－1 のとおりとした。



図－1 柱－梁型試験体

#### (4) せん断試験

せん断試験は(財)日本住宅・木材技術センターの「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」に準じ、試験体の設置は柱を支持し、柱の支持部にズレや回転が生じないように柱の脚部を治具で拘束した梁の中央部を加力点として荷重を加えた。試験体は接合後すぐに荷重容量 50t の実大試験機を用い、荷重は単調加力により速度は 4mm/min とした。

加力方法は最大荷重に達した後、最大荷重の 80 %に荷重が低下するまで、または仕口の機能が失われるまで加力した。

試験結果より得られた荷重変位曲線から、最終的に破壊した変位値、荷重値を用いて包絡線を作成し、完全弾塑性近似により降伏耐力  $P_y$  を求めた。なお、最大荷重時の変位が 30 mmを超えた場合には、30mm時の値を最大荷重とした。仕口を2個1組で試験を行ったので仕口の荷重は、試験荷重×0.5とした。短期基準接合耐力  $P_t$  は、最大荷重の 2/3 値の平均値にばらつき係数を乗じた値または、降伏耐力  $P_y$  の平均値にばらつき係数を乗じた値のうち小さい方の値をもとに算出した。なお、ばらつき係数は、母集団の分布形を正規分布とみなし、統計処理に基づく信頼水準75%の95%下側許容限界値をもとに次式により求めた。

$$\text{ばらつき係数} = 1 - C V \cdot k$$

ただし、 $C V$  : 変動係数

$k$  : 定数

また、接合部の強度に影響すると考えられる因子として、梁材の含水率、容積密度、平均年輪幅、割れ（表面割れ、内部割れ、仕口部の割れ）についてその影響を調査した。せん断試験の概略図を図-2に示す。

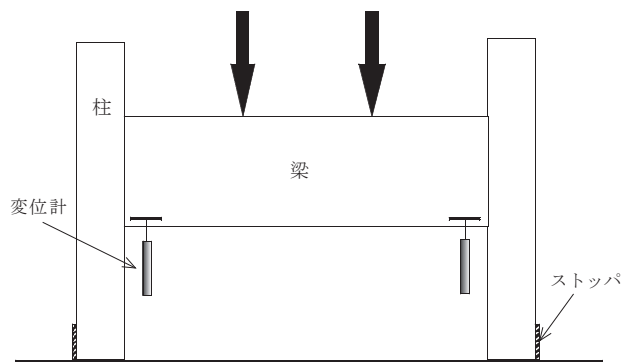


図-2 柱-梁型接合部のせん断試験方法

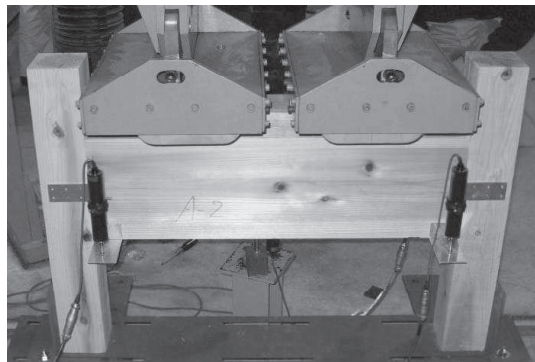


写真-1 柱-梁型試験体

## 2 結果および考察

せん断試験により求められた最大荷重、降伏耐力、短期基準接合耐力を表-5に示す。短期基準接合耐力は未乾燥が 11.18kN、中温乾燥が 12.88kN、高温乾燥Aが 14.24kN、高温乾燥Bが 14.92kN、天然乾燥が 11.54kNであった。試験材の状態は表-6に示す。含水率は未乾燥区、天然乾燥区、中温乾燥区、高温乾燥A区、高温乾燥B区の順に 51.4、16.2、14.3、12.7、6.5%の順で、容積密度は 0.46 ~ 0.35 g/cm<sup>3</sup> 平均年輪幅は 4.7 ~ 5.7mmであった。試験材の試験時の割れの状況は表-7に示す。試験材の表面割れは中温乾燥区と天然乾燥区に発生し、未乾燥区及び高温乾燥区A、Bは高温乾燥A区で1試験体発生が見られた以外

はなかった。

スギ平角材の人工乾燥による内部割れは高温乾燥A、B区に発生したが、今回の試験では内部割れと耐力の間に関係は認められなかった。

短期基準接合耐力はどの乾燥条件でも性能的に問題になる値ではないが、高温乾燥B区（120℃ 112時間）はその他の4試験区に比べて高い値であった。

試験時の未乾燥区の耐力は試験時点で他試験区との間に差は見られないが、経時変化にともない接合部の収縮により耐力の低下が見られた。

表－5 柱－梁せん断試験の結果（単位：kN）

試験区	最大荷重	最大荷重 の2/3	降伏耐力	短期基準 接合耐力
	Pmax	2/3・Pmax	Py	Pt
未乾燥	34.65	23.10	19.04	11.18
中温乾燥	35.99	24.00	18.42	12.88
高温乾燥A	35.69	23.79	17.96	14.24
高温乾燥B	40.57	27.04	20.97	14.92
天然乾燥	36.06	24.04	18.38	11.54

表－6 供試材の特性

試験区	含水率	密度	平均年輪幅
	%	g/cm <sup>3</sup>	mm
未乾燥	51.4	0.46	4.9
中温乾燥	14.3	0.40	4.7
高温乾燥A	12.7	0.35	4.7
高温乾燥B	6.5	0.38	5.2
天然乾燥	16.2	0.37	5.7

表－7 供試材の割れ状況（単位：本、mm）

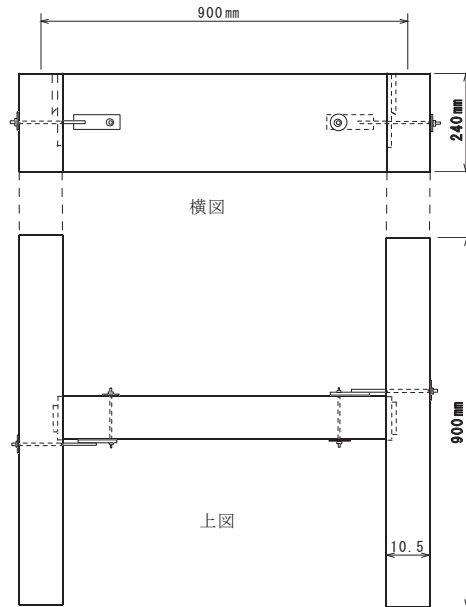
試験区	仕口部分		材断面		材表面	
	本数	長さ	本数	長さ	本数	長さ
未乾燥	0	0	0	0	0	0
中温乾燥	0.8	2.3	0	2.2	0.4	12.1
高温乾燥A	2.1	8.3	1.1	58.3	0.1	1.0
高温乾燥B	2.5	7.5	1.2	56.8	0	0
天然乾燥	2.8	6.5	0	0	5.8	148.6

### Ⅲ 接合部強度の経時変化調査

#### 1 試験方法

##### （1）試験体と仕口仕様

県内の中通り地方で産出したスギ原木で生材を製材したものを購入し 21 本ずつ乾燥条件ごとの試験区に分けて仕口部分をプレカット加工した材を供試材とした。試験材の寸法はスギ平角 105 × 240 × 900mm である。梁と梁の仕口をプレカット加工した大入れ蟻掛けと羽子板ボルトで接合した。試験区は生材を加工後接合した材を 0, 1, 2, 4 年と乾燥材接合の 5 試験区に分け、試験体数は N = 7 体とした。（図－3）



図－3 梁－梁型試験体

### (2) 乾燥方法

乾燥は天然乾燥で行い林業研究センターの木材加工棟内に両端になる梁材に栈木をして積み重ねて保管した。接合後の経過期間は表－8のとおりとした。

表－8 梁－梁型試験体乾燥期間

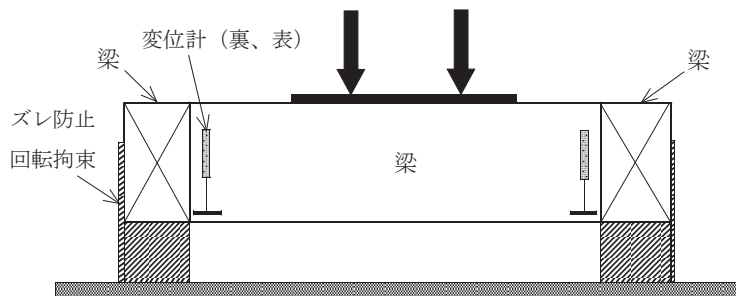
試験区	製材	仕口加工	接合	乾燥方法	接合後の期間
未乾燥				なし	なし
2年経過	生材	生材	生材	天然	2年
4年経過				天然	4年
乾燥材		乾燥材	乾燥材	人工、天然	なし



写真－2 梁－梁型試験体

### (3) せん断試験

せん断試験は(財)日本住宅・木材技術センターの「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」に準じ、試験体の設置は支持する梁の仕口部を中心に適切な長さを取り、仕口を拘束しないで支持し、加力する梁の中央部を加力点として荷重を加え、支持する梁にズレや回転などが生じないように治具で拘束した。加力方法、評価方法は「Ⅱ 部材の乾燥と接合部強度性能の関係把握」と同様に実施した。



図－４ 梁－梁試験体接合部のせん断試験方法

## 2 結果および考察

せん断試験により求められた含水率、最大荷重、降伏荷重、短期基準接合耐力を表－ 9 に示す。短期基準接合耐力は未乾燥試験区が 12.54kN、2 年経過試験区が 10.85kN、4 年経過試験区が 11.69kN、乾燥材試験区が 16.19kN であった。含水率は未乾燥試験区 68.7 %、2 年経過試験区 14.4 %、4 年経過試験区 14.0 %、乾燥材試験区 16.0 % であった。平均年輪幅は 5.2mm、容積密度は未乾燥試験区 0.48 g/cm<sup>3</sup>、2 年経過試験区 0.36 g/cm<sup>3</sup>、4 年経過試験区が 0.36 g/cm<sup>3</sup>、乾燥材試験区が 0.41 g/cm<sup>3</sup> であった。

人工乾燥材の接合直後測定試験区は短期基準接合耐力が他の未乾燥材接合試験区に比較して高い値を示し、試験区間に差が見られた。

今回の試験結果から未乾燥材により接合を行った場合には、建築後の木材の乾燥により割れや接合部の開き、ねじれ、金物のゆるみ等の変化により接合強度が低下することが確かめられた。

表－ 9 梁－梁せん断試験結果 (単位：kN)

試験条件		含水率	最大荷重	最大荷重 の2/3	降伏耐力	短期基準 接合耐力
接合材	試験時期	(%)				
未乾燥材	接合後	68.7	28.07	18.71	15.58	12.54
未乾燥材	接合後 2年経過後	14.4	24.07	16.68	14.33	10.85
未乾燥材	接合後 4年経過	14.0	25.48	16.99	15.89	11.69
乾燥材	接合後	16.0	32.42	21.61	19.51	16.19

## IV 柱頭柱脚部接合の接合方法の検討

### 1 試験方法

#### (1) 試験体と仕口仕様

柱材は県内において産出したスギ原木で製材した天然乾燥材を供試材とした。試験体は(財)日本住宅・木材技術センターの「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」が示す耐力壁が取り付く柱の仕口の試験体を参考に作成した。試験体の材の寸法は柱が正角 105 × 105 × 600mm、横木は 105 × 105 × 1000mm である。(図－ 5)

試験体 6 体 (予備試験体 1 体) ずつを柱と横木の仕口を手加工後、ほぞ部分にドリルで穿孔し長さ 105mm の丸込み栓を打ち込んで接合した。試験体の形状は中柱型試験体図－ 5



のように加工し、ほぞ加工の込み栓の配置は図-6のとおりとし、込み栓と山形プレートを併用した試験区は 図-7のとおりとし、2本打ち込み栓の配置は図-8のとおりとした。

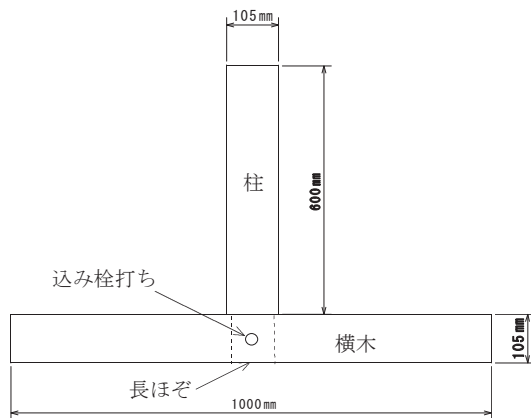


図-5 柱頭柱脚の中柱型試験体



写真-3 柱頭柱脚試験体

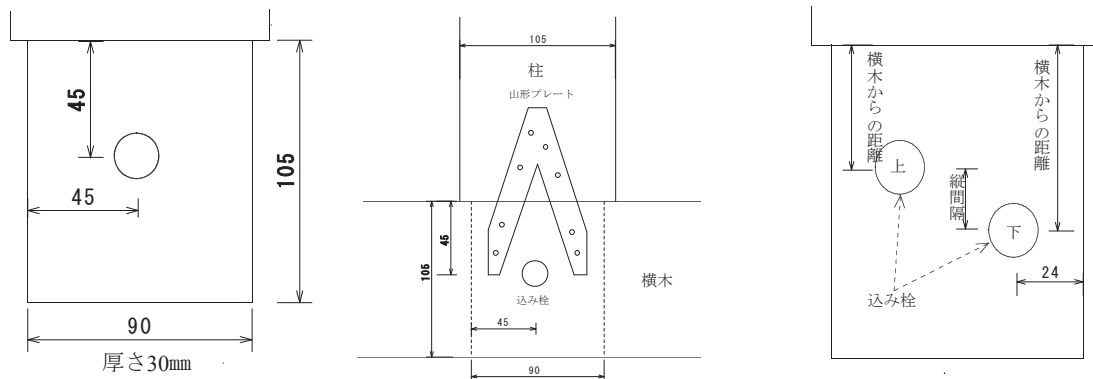


図-6 込み栓の配置 図-7 込み栓と山形プレートの併用 図-8 2本込み栓の配置

## (2) 柱の長ほぞ差し込み栓打ち接合

### ① 込み栓の樹種 (表-10)

コナラ、スギ、ヒノキの込み栓の樹種による比較を強度試験を行った。

表-10 込み栓樹種の試験区

横木の 樹種	込み栓 樹種	込み栓 本数	込み栓 サイズ	横木上部 からの距 離
		本	mm	mm
スギ	コナラ スギ ヒノキ	1	18	45



② ナラ込み栓と山形プレート金物（表-11）

山形プレート金物とコナラ込み栓を併用した接合強度試験を行った。

表-11 込み栓と山形プレートの併用の試験区

横木の樹種	込み栓樹種	込み栓	込み栓	横木上部からの距離
		本数	サイズ	
		本	mm	mm
スギ	コナラ	1	18	45
ヒノキ				
ベイツガ				

③ ヒノキ込み栓による横木の樹種（表-12）

ヒノキを込み栓として利用の可能性を検討するために接合強度試験を行った。

表-12 ヒノキ込み栓による横木樹種の試験区

横木の樹種	込み栓樹種	込み栓	込み栓	横木上部からの距離
		本数	サイズ	
		本	mm	mm
スギ	コナラ			
ヒノキ	ヒノキ	1	18	45
ベイツガ				

④ コナラ込み栓による横木の樹種（表-13）

コナラ込み栓により横木（土台、梁、桁等）の樹種の比較をスギ、ヒノキ、ベイツガにより接合強度試験を行った。

表-13 コナラ込み栓による横木樹種の試験区

横木の樹種	込み栓樹種	込み栓	込み栓	横木上部からの距離
		本数	サイズ	
		本	mm	mm
スギ	コナラ	1	15	45
			18	
			21	
			24	

⑤ 込み栓のサイズ（表-14）

コナラ込み栓のサイズを15, 18, 21, 24mmにより接合強度試験を行った。

表-14 込み栓のサイズの試験区

横木の樹種	込み栓樹種	込み栓	込み栓	横木上部からの距離
		本数	サイズ	
		本	mm	mm
スギ	コナラ 山形プレート コナラ+ 山形プレート	1	18	45

⑥ 込み栓の本数と2本込み栓の配置 (表-15)

コナラ込み栓により1本と2本の比較と、2本込み栓を斜めにしてその配置による接合強度試験を行った。

表-15 込み栓の本数と2本込み栓の配置の試験区

横木の樹種	込み栓樹種	込み栓本数	込み栓サイズ	込み栓上下間隔	横木上部からの距離上	横木上部からの距離下
		本	mm	mm	mm	mm
スギ	コナラ	1	18	0	45	
				0	45	45
		2		10	50	50
				20	60	60
				30	65	65
ヒノキ	0	45	45			
	20	60	60			

⑦ 24mm込み栓の位置 (表-16)

コナラ込み栓により24mm込み栓穴の位置による接合強度試験を行った。

表-16 24mm込み栓の位置の試験区

横木の樹種	込み栓樹種	込み栓本数	込み栓サイズ	横木上部からの距離
		本	mm	mm
スギ	コナラ	1	24	35
				45
				55
ヒノキ				35

(3) 引張試験

試験は(財)日本住宅・木材技術センター発行の「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」に記載の耐力壁が取り付く柱の仕口の引張試験方法と評価方法に従い、荷重容量100kNの万能試験機を用いて行った。試験体は柱を横木の中央に接合する中柱型とし、柱芯から両端の角400mm部分に18mmボルトで固定し、柱部分に先端から200mmの部分に18mmボルト2本で治具に緊結した。(図-9)

試験体は7体とし、うち一体は予備試験体とし、単調加力方式により最大荷重に達した後、最大荷重の80%に荷重が低下するまで、または仕口の機能が失われるまで加力を行い、その結果より降伏変位 $\delta y$ を得た。

残りの6体は一方向の繰返し加力を行い、速度は5mm/minとした。繰返しの履歴は予備試験体から得た降伏変位 $\delta y$ の固定数列方式とし、 $\delta y$ の1/2、1、2、4、6、8、12、16倍の順で1回繰返し加力を行った。

加力方法は最大荷重に達した後、最大荷重の80%に荷重が低下するまで、または仕口の機能が失われるまで加力した。なお、最大荷重時の変位が30mmを超えた場合には、30mm時の値を最大荷重とした。

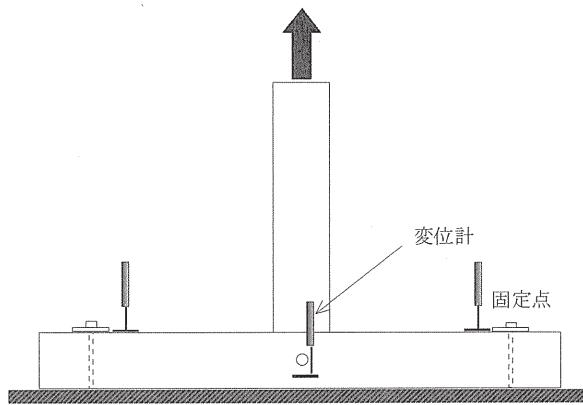


図-9 柱頭柱脚部接合の引張試験方法

## 2 結果および考察

### (1) 込み栓の樹種 (表-17)

込み栓の樹種の比較では、短期基準接合耐力においてコナラが4.33kN、スギが3.71kN、ヒノキが5.33kNであり、ヒノキ込み栓は他の試験区に比較して大きい値になったが、値にばらつきが非常に少なくなったためと考えられる。

表-17 込み栓の樹種の違いによる鉛直支持力 (単位:kN)

試験区	最大荷重	最大加重 の2/3	降伏耐力	短期基準 接合耐力
樹種	Pmax	2/3・Pmax	Py	Pt
コナラ	11.35	7.56	6.78	4.33
スギ	8.87	5.91	5.47	3.71
ヒノキ	11.01	7.35	6.60	5.33

### (2) ナラ込み栓と山形プレート金物 (表-18)

短期基準接合耐力はコナラ込み栓が4.33kN、山形プレートが4.66kN、コナラ込み栓と山形プレートの併用が5.61kNであり、コナラ込み栓と山形プレート併用が他の試験区との間に差が見られた。

表-18 込み栓と山形プレートの併用による鉛直支持力 (単位:kN)

試験区	最大荷重	最大加重 の2/3	降伏耐力	短期基準 接合耐力
	Pmax	2/3・Pmax	Py	Pt
コナラ	11.35	7.56	6.78	4.33
山形プレート	15.70	10.47	8.72	4.66
コナラ+ 山形プレート	18.91	12.61	10.85	5.61

### (3) ヒノキ込み栓による横木の樹種 (表-19)

ヒノキ込み栓を利用した試験では短期基準接合耐力においてスギの横木が2.96kN、ヒノキの横木が3.95kN、ベイツガの横木が1.76kNであり、ヒノキ込み栓はヒノキの土台においてコナラ込み栓のスギ横木と同等の値であった。

表-19 ヒノキ込み栓による鉛直支持力 (単位:kN)

試験区 横木の樹種	込み栓		最大荷重 Pmax	最大加重 の2/3 2/3・Pmax	降伏耐力 Py	短期基準 接合耐力 Pt
	樹種	サイズ				
スギ	コナラ	18	11.35	7.56	6.78	4.33
スギ	ヒノキ	18	7.77	5.18	4.93	2.96
ヒノキ	ヒノキ	18	8.13	5.42	5.26	3.95
ベイツガ	ヒノキ	18	8.87	5.91	5.46	1.76

(4) コナラ込み栓による横木の樹種 (表-20)

コナラ込み栓による横木の樹種の比較では短期基準接合耐力においてスギが4.33kN、ヒノキが7.97kN、ベイツガが6.82であり、コナラ込み栓では横木がスギよりヒノキ、ベイツガに比較して大きい値であった。

表-20 横木の違いによる鉛直支持力 (単位:kN)

試験区 横木の樹種	込み栓		最大荷重 Pmax	最大加重 の2/3 2/3・Pmax	降伏耐力 Py	短期基準 接合耐力 Pt
	樹種	サイズ				
スギ	コナラ	18	11.35	7.56	6.78	4.33
ヒノキ	コナラ	18	14.43	9.62	8.87	7.97
ベイツガ	コナラ	18	15.16	10.11	9.04	6.82

(5) コナラ込み栓のサイズ (表-21)

込み栓のサイズの比較では15mmが3.63kN、18mmが4.33kN、21mmが4.44kN、24mmが8.06kNであり、今回の試験では他の試験区に比較して24mmが最も大きい値であった。

表-21 込み栓サイズによる鉛直支持力 (単位:kN)

試験区 横木の樹種	込み栓		最大荷重 Pmax	最大加重 の2/3 2/3・Pmax	降伏耐力 Py	短期基準 接合耐力 Pt	
	樹種	形状 サイズ					
スギ	コナラ	丸	15	9.38	6.25	6.39	3.63
		丸	18	11.35	7.56	6.78	4.33
		丸	21	14.22	9.48	9.83	4.44
		丸	24	14.63	9.75	9.28	8.06

(6) 込み栓の本数と2本込み栓の配置 (表-22)

込み栓の本数ではスギの横木の試験において1本が4.22kN、2本が6.50kNで、2本込み栓の配置(斜め配置)の比較で上下間隔が0mmが6.50kN、10mmが5.05kN、20mmが7.84kN、30mmが4.72kNであった。また、ヒノキの横木の試験においては0mmが5.08kN、20mmが7.28kNであった。このことから込み栓を2本施工することは長ほぞ差し込み栓打ちには有効であり、2本込み栓を斜めに上下20cm間隔に施工することにより耐力を増すことができることが認められた。ただし、ほぞ部分の断面欠損面積が大きくなるため割裂が起きやすくなるので、加工や使用時には注意が必要になる。

表-22 込み栓の本数と2本込み栓の配置の鉛直耐力 (単位:kN)

横木の樹種	込み栓本数	上下横木上		最大荷重	最大荷重の2/3	降伏耐力	短期基準接合耐力	
		間隔	上下					
	本	mm	mm	Pmax	2/3・Pmax	Py	Pt	
スギ	1	—	45	—	10.98	7.32	6.99	4.22
		0	45	45	15.73	10.49	9.52	6.50
	2	10	40	50	15.75	10.50	9.44	5.05
		20	40	60	18.03	12.02	12.02	7.84
ヒノキ	2	30	35	65	14.68	9.79	7.49	4.72
		0	45	45	15.02	10.01	8.41	5.08
	20	40	60	19.58	13.05	11.05	7.28	

(7) 24mm込み栓の位置 (表-23)

込み栓のサイズの比較試験で最も短期基準接合耐力が高かった24mm込み栓を用いて穴の位置の比較試験を実施したが、スギの横木において短期基準接合耐力は横木上部からの距離が35mmが2.13kN、45mmが2.18kN、55mmが2.24kNであり、ヒノキ横木においても35mmが1.62kNであった。降伏耐力においては距離が35mmが8.15kN、45mmが6.29kN、55mmが5.17kNであった。込み栓のサイズを大きくした場合ほぞ部分及び横木の断面欠損が大きくなるためせん断及び割裂の発生が起きやすくなってしまった。

表-23 24mm込み栓位置による鉛直支持力 (単位:kN)

横木の樹種	横木上部からの距離	最大荷重	最大荷重の2/3	降伏耐力	短期基準接合耐力
スギ	35	13.52	9.02	8.15	2.13
	45	11.06	7.38	6.29	2.18
	55	9.07	6.04	5.71	2.24
ヒノキ	35	9.99	6.66	5.57	1.62

V おわりに

スギ平角の人工乾燥による内部割れが接合部への強度に影響することが憂慮されている。柱-梁接合部のせん断試験により、その影響等について、検討を行ったが、今回の試験では、含水率の低下により強度が増し、内部割れによる影響は見られなかった。スギ平角材の未乾燥材により接合を行った場合の時間経過にともなう乾燥による強度の変化について、梁-梁接合部のせん断試験を実施した。その結果、予想された通り接合部の割れ、開きや金物のゆるみによって強度の低下が見られた。

また、長ほぞ差し込み栓打ちについて、より効果的な施工方法を検討するため、込み栓の樹種、横木の樹種、込み栓のサイズ、込み栓の位置等の条件別で引張強度試験を実施した結果、2本込み栓の斜め配置打ちが有効であることがわかった。長ほぞ差し込み栓打ち(縦方向20mm間隔)で2本斜め配置打ちにした場合、横木の樹種がスギ、ヒノキとも高い値になり基準の必要耐力を上回った。込み栓2本斜め配置では、下にする込み栓の位置がほぞ先端部からの距離が短いほど(横木上部からの距離が長いほど)せん断が起りやすくなる可能性がある。木材は材料による強度等のバラツキが大きいため、材料の選定には

十分に注意が必要である。また、接合方法の試験では柱や横木のサイズ、ほぞのサイズ、込み栓の樹種、込み栓穴の位置、込み栓の形、込み栓のサイズ、その条件の数が非常に多く、今後も検討を行っていく必要がある。

#### IV 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) 日本建築学会：木質構造設計規準・同解説－許容応力度・許容応力設計法－(2006)
- 3) 三宅裕司：徳島県立農林水産総合技術支援センター森林林業研究所(2005、2006)
- 4) 富田守泰：岐阜県森林科学研究所(1999)
- 5) 森林総合研究所監修：木材工業ハンドブック改訂4版、丸善、56、(2004)
- 6) 有馬孝禮・高橋徹・増田稔編：木材科学講座9木質構造(2001)