

# スギの横架材への利用に関する研究

辻 岡 静 雄\*

## Investigation on Structural Characteristics of Sugi Beam Lumber

Shizuo Tsujioka

To utilize effectively Sugi lumber on the conventional post and beam timber structures, this study is planned to clear the structural characteristics (strength and stiffness) of Sugi beam lumber. In this paper, we discuss the strength of Sugi dovetail joints which are evaluated with the method of allowable stress design. And then, based on the experimental results, the mechanical behavior, the carrying capacity and the failure mode of Sugi dovetail joints are investigated.

### 1. はじめに

木造建築での用材は大別すると構造材、下地材、造作材に区分される。木造軸組構造（在来軸組構法）における構造材では強度と耐久性が重視される。一般的には、土台には耐湿・耐久性の大きい材（ヒバ、ベイヒバ）が、柱には通直で傷の無い材（スギ）が、ただし、浴室廻りの柱にはヒバ等の耐湿性の有る材が適材として選ばれる。横架材の梁には特に強度や剛性が重視され、マツやベイマツの丸太または挽角材が、ベイツガは断面寸法を分増しして、ケヤキは寺社建築等で使用される。また、エンジニアードウッド（例えば、構造用集成材）が、強度特性の信頼性が高いことより大規模木造建築から小規模の住宅まで使用されている。

一方、我が国の森林では、林業が経済行為として成立しないという理由から森林維持に不可欠な若齢材の間伐が十分行われずに放置され、森林荒廃が進んでいる。国土保全や環境問題解決の点から、植林と伐採のサイクルを繰り返し、積極的に木材利用を図って、森林資源を循環するべきである。特に、戦後のスギ植林および長伐期化により今後大量の中径木の伐採が予想されることから、小中径木の間伐材やスギの利用が切望されている。公共施設の木造化等が進められているが、在来軸組構法住宅におけるスギの利用拡大は、中低品質材ということから進んでいないのが現状である。

従って、本報は、スギの小屋梁への利用拡大を図ることを目的として、スギ小屋梁としての設計上の問題点を明らかにするとともに、文献調査によりスギ横架材についての設計資料を提示するものである。

### 2. 横架材の強度と剛性

スギと横架材として代表的なベイマツについて普通構造材（無等級材）の基準強度を表1に示し、比較する。また、これらの弾性係数について平均値、5%下限許容限界値  $E_{0.05}$  も合わせて掲げる。表より、スギ材はめり込み強度と弾性係数が相対的に劣っていると言える。

---

\* 建設工学科建築学専攻

表1 無等級材（ベイマツとスギ）の基準強度と弾性係数

| 樹種      | 基準強度 (N/mm <sup>2</sup> ) |                      |                      |                       |                        | 弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> ) |                            |
|---------|---------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|---------------------------|----------------------------|
|         | 圧縮<br>F <sub>c</sub>      | 引張<br>F <sub>t</sub> | 曲げ<br>F <sub>b</sub> | せん断<br>F <sub>s</sub> | めり込み<br>F <sub>l</sub> | 平均値<br>E                  | 5%下限値<br>E <sub>0.05</sub> |
| ベイマツ    | 22.2                      | 17.7                 | 28.2                 | 2.4                   | 9.0                    | 10000                     | 6500                       |
| スギ      | 17.7                      | 13.5                 | 22.2                 | 1.8                   | 6.0                    | 7000                      | 4500                       |
| スギ/ベイマツ | 0.797                     | 0.763                | 0.787                | 0.750                 | 0.667                  | 0.700                     | 0.692                      |

※平成 12 年度建設省告示 1452 号に構造用製材等の基準強度が、平成 13 年度国交省告示 1024 号に木材のめり込みに対する基準強度が示されている。

### 3. 小屋梁の許容耐力（曲げ、せん断、めり込み）とたわみ

ここでは多雪地域（例えば、福井市）に建つ在来軸組構法の住宅を想定し、標準的な小屋梁（2 間スパン）の許容耐力とたわみを検討する。構造材として標準的にはベイマツの大入れ蟻掛け仕口としたが、スギ材を用いた場合についても検討する。

【建築概要】：1) 多雪地域、垂直最深積雪量 2m。2) 棧瓦，4 寸勾配（雪止め有り），母屋ピッチ 910，小屋組，天井プラスターボード。3) 小屋梁（ピッチ 1820，スパン 3640：120 x 300，3 点集中），大入れ蟻掛け仕口（15mm）， $\alpha$ （矩形 1.5）

#### 1) 仮定荷重 (N/m<sup>2</sup>)

屋根については水平投影面積に対する倍率を乗じて、各荷重を算定する。

- ・固定荷重  $w_D = (640+50) \cdot 1.077 + 200 + 200 = 1143 \text{ N/m}^2 \Rightarrow 1150 \text{ N/m}^2$
- ・積雪荷重：短期  $s w_S = 2.00 \cdot 3000 = 6000 \text{ N/m}^2$ ，長期  $L w_S = 0.7 \cdot s w_S = 4200 \text{ N/m}^2$

#### 2) 荷重 (N)

小屋組の束位置に荷重 P が作用するとして 3 点加力の単純梁にモデル化する。

長期荷重時，積雪時について

- ・長期  $P_L = w_D \cdot 1.82 \cdot 0.91 = 1242 \text{ N}$
- ・積雪時短期  $P_{SS} = (w_D + s w_S) \cdot 1.82 \cdot 0.91 = 11840 \text{ N}$
- ・積雪時長期  $P_{SL} = (w_D + L w_S) \cdot 1.82 \cdot 0.91 = 8861 \text{ N}$ （但し，福井県では，積雪時短期時の値）

#### 3) 許容応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

無等級材（ベイマツ，スギ）の基準強度より積雪時の曲げ，せん断，めり込みの各許容応力度は

- ・  $ss f_b = F_b \cdot 2/3 \cdot 0.8 = 15.0$ （ベイマツ），11.8（スギ）
- ・  $sl f_b = F_b \cdot 1.1/3 \cdot 1.3 = 13.4$ （ベイマツ），10.6（スギ）
- ・  $ss f_s = F_s \cdot 2/3 \cdot 0.8 = 1.28$ （ベイマツ），0.960（スギ）
- ・  $sl f_s = F_s \cdot 1.1/3 \cdot 1.3 = 1.14$ （ベイマツ），0.858（スギ）
- ・  $ss f_l = F_l \cdot 2/3 \cdot 0.8 = 4.80$ （ベイマツ），3.20（スギ）
- ・  $sl f_l = F_l \cdot 1.1/3 \cdot 1.3 = 4.29$ （ベイマツ），2.86（スギ）

#### 4) 許容耐力と許容荷重

積雪時の短期と長期許容応力度の比率は 1.12 (=1.6/1.43) であるので、積雪時短期の各許容耐力を求め、集中荷重換算で検討する。ここに、束による欠損を考慮して曲げ材の有効断面係数や有効断面面積を 80% に低減した。また、仕口で梁は桁に大入れされるが、その量は 15mm、切り欠きは背の 1/3 とし、めり込み部分が端部であることからその調整係数を 0.8 とした。

各許容応力度に対応する曲げ、せん断、めり込み耐力は

- ・ 曲げ :  $M_a = 0.8Z \cdot \sigma_{ss} f_b = 21.66 \times 10^6 \text{ Nmm}$  (ベイマツ),  $17.05 \times 10^6 \text{ Nmm}$  (スギ)
- ・ せん断 :  $Q_{sa} = 0.8A_s \cdot \sigma_{ss} f_s / \alpha = 24576 \text{ N}$  (ベイマツ),  $18432 \text{ N}$  (スギ)
- ・ せん断(仕口) :  $Q_{sa} = A_e \cdot \sigma_{ss} f_s / \alpha = 13653 \text{ N}$  (ベイマツ),  $10240 \text{ N}$  (スギ)
- ・ めり込み :  $Q_{la} = A_l \cdot 0.8 \cdot \sigma_{ss} f_l = 6912 \text{ N}$  (ベイマツ),  $4608 \text{ N}$  (スギ)

一方、梁の応力の最大値は  $M_{\max} = 0.5P \cdot L$ ,  $Q_{S\max} = Q_{l\max} = 1.5P$  と得られるから、積雪時短期の許容荷重は

- ・ 曲げ :  $P_{ma} = M_a / 0.5L = 11899 \text{ N}$  (ベイマツ),  $9368 \text{ N}$  (スギ) \*
- ・ せん断 :  $P_{sa} = Q_{sa} / 1.5 = 16384 \text{ N}$  (ベイマツ),  $12288 \text{ N}$  (スギ)
- ・ せん断(仕口) :  $P_{sa} = Q_{sa} / 1.5 = 9102 \text{ N}$  (ベイマツ) \*,  $6827 \text{ N}$  (スギ) \*
- ・ めり込み :  $P_{la} = Q_{la} / 1.5 = 4608 \text{ N}$  (ベイマツ) \*,  $3072 \text{ N}$  (スギ) \*

ここで、積雪時短期の荷重とこれらを比べれば、スギ材を曲げ材として用いる場合にはサイズアップが必要であること、仕口部ではベイマツでも許容耐力が低いことが明らかとなった。

#### 5) たわみ

小屋梁は屋根を支える部材であるので、長期、積雪時短期、積雪時長期の各荷重に対するたわみ制限に従うことが必要である。各荷重時の弾性たわみは、

- ・  $\delta_L = 19 \cdot P \cdot L^2 / (384 \cdot E_{0.05} \cdot I) = 1.69$  (ベイマツ)  $< L/400 = 9.1 \text{ mm}$ ,  $= 2.44$  (スギ)  $< L/400 = 9.1 \text{ mm}$
  - ・  $\delta_{SS} = 19 \cdot P \cdot L^2 / (384 \cdot E_{0.05} \cdot I) = 16.1$  (ベイマツ)  $< L/150 = 24.3 \text{ mm}$ ,  $= 23.3$  (スギ)  $< L/150 = 24.3 \text{ mm}$
  - ・  $\delta_{SL} = 19 \cdot P \cdot L^2 / (384 \cdot E_{0.05} \cdot I) = 12.05$  (ベイマツ)  $< L/200 = 18.2 \text{ mm}$ ,  $= 17.4$  (スギ)  $< L/200 = 18.2 \text{ mm}$
- 一応、たわみは制限値以下となっている。但し、端部仕口でのめり込み等の局部変形は考慮されていない。

#### 4. 既往の知見

スギの曲げ強度、木材のめり込み、仕口のせん断耐力等について、主として平成元年から平成 17 年までの日本建築学会大会学術講演梗概集より文献を収集した。

これらより、スギ材を小屋梁に用いるに当たっての知見は次のように纏められる。

- 1) ベイマツの曲げ強度や弾性係数との比較より梁成を 10% 程度割り増しすればベイマツと同程度となる。
- 2) めり込みに対して降伏後耐力は上昇するが、材中間部に対して材端部は約 80% の強度となる。
- 3) 鉛直荷重を受ける仕口では男木のせん断破壊 (割裂), 首折れ, 圧壊, 女木の割裂破壊, 抜け落ち, 圧壊の各破壊モードが生じる。
- 4) 仕口のせん断は、蟻仕口, 腰掛け蟻仕口, かぶと蟻仕口の順に性能が向上する。腰掛け蟻仕口の形状では蟻成は梁成の 0.5 程度, 蟻長さは腰掛け長さの 2 倍程度が強度, 剛性の点から最適である。蟻仕口の形状では蟻成は元口成の 0.65 倍程度がよい。

- 5) その他として、耐力のばらつきについて、従来のばらつき係数  $3/4$  に対して統計的処理に基づくばらつき係数は  $0.45 \sim 0.7$  と小さい。
- 6) 未乾燥材を用いると、仕口耐力が小さく、剛性がばらつくなどの問題が生じる。

## 5. 仕口のせん断強度

仕口のせん断耐力についての文献 [D1,D4,D15,D18,D19,D21,D22] より、せん断耐力（短期、実験値）と仕口の断面諸量や形状寸法との関係を調べる。また、短期許容耐力（めり込み、せん断）との関係についても検討する。

### (1) 短期せん断耐力

短期せん断耐力は実験値より次式で評価することが出来る。

$$\text{短期せん断耐力} = \text{最大荷重の平均値} \times \text{ばらつき係数} \times \text{安全係数} \times \text{換算係数} \times \text{荷重継続時間影響係数} \quad (1)$$

ここに、ばらつき係数は統計的処理に基づく信頼水準 75% の 95% 下側許容限界下限値より得られる係数、安全係数は安全率の逆数で、木質材料では安全係数は  $2/3$  となる。換算係数は短時間の強度を基準強度に換算する係数で、 $1/2$  を、荷重継続時間影響係数は基準強度時に対する短時間の強度比で、その値は 2 である。

従って、短期せん断耐力は最大荷重の平均値  $\times$  ばらつき係数  $\times 2/3$  となる。ただし、調査文献において最大耐力の変動係数が示されているのは僅かであるので、ばらつき係数は  $3/4$  (変動係数 0.15, 信頼水準 95% の 5% 下限値) を用いることとした。ただし、得られているばらつき係数は  $0.45 \sim 0.75$  であり、この値は上限値に相当し危険側となっている。

### (2) めり込みに対する受圧面積

めり込みの受圧部分としては腰掛け部、大入れ腰掛け部、蟻部、かぶと部があり、女木と男木で弱い材料で圧壊する。各部の下面位置を正確に加工することは難しいので相対変位の進展に伴って効き始めることになる。受圧面積としては重なり部分の投影面積を採用することとした。ただし、全受圧面積が有効となるには大きなめり込み変形が生じることになる。

### (3) 仕口部のせん断面積

部材の接合部位置でのせん断については、材下端に切り欠きが有るとし、有効断面積  $A_e$  を次式で算定した。

$$A_e = A_o^2 / A \quad (2)$$

ここに、 $A_o$ 、 $A$  は正味断面積、全断面積で、正味断面積は男木の蟻首断面或いは腰掛け部断面とした。

### (4) 仕口部のめり込み耐力

基準強度  $F_1$  は告示の値を採用して、短期に生じる応力に対する許容応力度はその  $2/3$  とし、めり込み部分が端部にあることにより調整係数を 0.8 とした。前述の受圧面積  $A_1$  を用いて短期のめり込み耐力を算定した。

### (5) 仕口部のせん断耐力

基準強度  $F_s$  は告示の無等級材の値を採用して、短期に生じる応力に対する許容応力度はその  $2/3$  とし、前述の有効断面積を使用した。断面の形状係数は矩形断面の 1.5 とした。

これらの方針に従って得られた仕口部の短期せん断耐力と短期許容耐力（めり込み、せん断）を表 2 に掲げる。また、実験値から求めた短期せん断耐力と受圧面積、有効断面積との関係を図 1 に、せん断強度と短

期許容耐力との関係を図2に示す。これらより、次の事柄が得られる。

- 1) 受圧面積が大きくなれば短期せん断耐力は大きくなる傾向がある。しかし、受圧面積が同じでも耐力が大きな範囲に有るなど、受圧面積は主要因子ではない。これはめり込み後めり込み強度が上昇し、他の破壊モードが出現することによるものと考えられる。
- 2) 有効断面積が大きくなれば短期せん断耐力は大きくなる傾向がある。また、受圧面積が同じで有効断面積が小さくなれば耐力が大きくなる場合もある。更に、木質材料の強度、製作精度、蟻や腰掛け詳細等の違いがあるにしても、研究グループで纏めてみると、同様な仕口でもその耐力については数倍という大きな違いがある。
- 3) スギ材はベイマツに比べ短期せん断耐力は小さくなる。
- 4) 短期せん断耐力は女木の破壊が先行するグループを除けば短期許容せん断耐力以上となる。短期許容めり込み耐力との相関は小さい。

## 6. 今後の方針と課題

本報告により、スギ材の曲げ強度や弾性係数等の性能に関する基礎的設計資料が得られた。標準的な小屋梁の設計例により仕口の許容耐力が低いことが明らかになったので、今後は、木質構造の構造形式の動向に基づくとともに補助金物の使用も含めて標準的仕口の形式や詳細を確定して、その仕口のせん断試験により許容耐力やたわみ量を評価し、スギ小屋梁の許容応力度設計を行うことが必要である。

表2 短期せん断耐力と短期許容耐力（めり込み、せん断）

| 仕口形式    | 接合形態    | 材種   |      | 許容応力度 $N/mm^2$ |      | 補助金物  | 梁寸法       |           | 腰掛け長さ | 腰掛け幅 | 端長   | 端高   | 新断面 $mm^2$ | 受圧面積 $mm^2$ | せん断面積 $mm^2$ | 有効断面積 $mm^2$ | 試験体記号  | Pmax $kN$ | せん断耐力 (短期) |             | めり込み耐力 (短期) | せん断耐力 (短期) | 破壊モード    | 備考       |
|---------|---------|------|------|----------------|------|-------|-----------|-----------|-------|------|------|------|------------|-------------|--------------|--------------|--------|-----------|------------|-------------|-------------|------------|----------|----------|
|         |         | 新架柱  | 梁    | せん断            | めり込み |       | 女木        | 男木        |       |      |      |      |            |             |              |              |        |           | せん断耐力 (短期) | めり込み耐力 (短期) |             |            |          |          |
| 桁-梁     | かぶと蟻    | ベイマツ | ベイマツ | 1.6            | 6    | 羽子板金物 | 120 x 180 | 120 x 270 | 15    | 120  | 30   | 110  | 28800      | 7200        | 28800        | 28800        | B      | 71.60     | 32.60      | 35.80       | 34.56       | 30.72      | 圧壊       | かぶと      |
|         | 腰掛け蟻    | ベイマツ | ベイマツ | 1.6            | 6    | なし    | 60 x 60   | 60 x 60   | 0     | 39   | 19   | 25   | 3600       | 498         | 457          | 58           | r=0    | 11.91     |            | 5.95        | 2.99        | 0.06       | プレカット    |          |
| 梁-梁     | 腰掛け蟻    | ベイマツ | ベイマツ | 1.6            | 6    | なし    | 60 x 60   | 60 x 60   | 3.5   | 39   | 15.5 | 25   | 3600       | 556         | 1624         | 733          | r=0.22 | 17.11     |            | 8.55        | 2.67        | 0.78       | 端角18度    |          |
|         | 腰掛け蟻    | ベイマツ | ベイマツ | 1.6            | 6    | なし    | 60 x 60   | 60 x 60   | 7     | 39   | 12   | 25   | 3600       | 623         | 1624         | 733          | r=0.58 | 20.03     |            | 10.02       | 2.99        | 0.78       |          |          |
| 梁-梁     | 腰掛け蟻    | スギ   | スギ   | 1.2            | 4    | なし    | 105 x 120 | 105 x 120 | 12    | 95   | 21   | 67.5 | 12600      | 2130        | 8717         | 6031         | S-2    | 18.11     |            | 9.05        | 6.82        | 4.82       | 掛け材の破壊   |          |
|         | 腰掛け蟻    | スギ   | スギ   | 1.2            | 4    | なし    | 105 x 150 | 105 x 150 | 12    | 115  | 21   | 87.5 | 15750      | 2130        | 10797        | 7402         | S-3    | 23.15     |            | 11.58       | 6.82        | 5.92       |          |          |
| 大蟻      | 腰掛け蟻    | スギ   | スギ   | 1.2            | 4    | なし    | 105 x 150 | 105 x 150 | 12    | 115  | 21   | 87.5 | 15750      | 2130        | 10797        | 7402         | S-3    | 34.97     |            | 17.49       | 10.22       | 7.90       |          |          |
|         | 腰掛け蟻    | スギ   | スギ   | 1.2            | 4    | なし    | 105 x 105 | 105 x 105 |       |      | 22   | 85   | 12600      | 2134        | 6149         | 3001         | H-1    | 14.41     |            | 7.21        | 6.83        | 2.40       | 変数：端長さ   |          |
| 大蟻      | 腰掛け蟻    | スギ   | スギ   | 1.2            | 4    | なし    | 105 x 105 | 105 x 105 |       |      | 26   | 85   | 12600      | 2132        | 4975         | 1964         | H-2    | 16.69     |            | 8.35        | 6.82        | 1.57       |          |          |
|         | 腰掛け蟻    | スギ   | スギ   | 1.2            | 4    | なし    | 105 x 105 | 105 x 105 |       |      | 30   | 85   | 12600      | 2130        | 4175         | 1383         | H-3    | 18.68     |            | 9.34        | 6.82        | 1.11       |          |          |
| 大蟻      | 腰掛け蟻    | スギ   | スギ   | 1.2            | 4    | なし    | 105 x 120 | 105 x 120 |       |      | 22   | 95   | 12600      | 2134        | 7049         | 3944         | H-4    | 16.43     |            | 8.22        | 6.83        | 3.16       | 変数：端長さ   |          |
|         | 腰掛け蟻    | スギ   | スギ   | 1.2            | 4    | なし    | 105 x 150 | 105 x 150 |       |      | 22   | 115  | 15750      | 2134        | 8849         | 4972         | H-5    | 18.98     |            | 9.49        | 6.83        | 3.98       |          |          |
| 大蟻      | 腰掛け蟻    | スギ   | スギ   | 1.2            | 4    | なし    | 105 x 105 | 105 x 105 |       |      | 22   | 85   | 12600      | 2134        | 6149         | 3001         | H-1    | 10.77     |            | 5.38        | 10.24       | 3.20       | 変数：端長さ   |          |
|         | 腰掛け蟻    | スギ   | スギ   | 1.2            | 4    | なし    | 105 x 105 | 105 x 105 |       |      | 26   | 85   | 12600      | 2132        | 4975         | 1964         | H-2    | 17.94     |            | 8.97        | 10.23       | 2.10       |          |          |
| 大蟻      | 腰掛け蟻    | スギ   | スギ   | 1.2            | 4    | なし    | 105 x 105 | 105 x 105 |       |      | 30   | 85   | 12600      | 2130        | 4175         | 1383         | H-3    | 19.45     |            | 9.73        | 10.22       | 1.48       |          |          |
|         | 腰掛け蟻    | スギ   | スギ   | 1.2            | 4    | なし    | 105 x 120 | 105 x 120 |       |      | 22   | 95   | 12600      | 2134        | 7049         | 3944         | H-4    | 20.17     |            | 10.09       | 10.24       | 4.21       | 変数：端長さ   |          |
|         | 腰掛け蟻    | スギ   | スギ   | 1.2            | 4    | なし    | 105 x 150 | 105 x 150 |       |      | 22   | 115  | 15750      | 2134        | 8849         | 4972         | H-5    | 26.79     |            | 13.40       | 10.24       | 5.30       |          |          |
| 梁-梁     | 大入れ腰掛け蟻 | ベイマツ | ベイマツ | 1.6            | 6    | 羽子板金物 | 120 x 300 | 120 x 150 | 15    | 150  | 30   | 70   | 18000      | 3000        | 18000        | 18000        | D-150  | 48.08     |            | 24.04       | 14.40       | 19.20      | 変数：腰掛け成  |          |
|         | 大入れ腰掛け蟻 | ベイマツ | ベイマツ | 1.6            | 6    | なし    | 120 x 300 | 120 x 240 | 15    | 240  | 30   | 80   | 28800      | 3000        | 28800        | 28800        | D-240  | 60.70     |            | 30.35       | 14.40       | 30.72      |          |          |
| 梁-梁     | 腰掛け蟻    | ベイマツ | ベイマツ | 1.6            | 6    | なし    | 105 x 120 | 105 x 120 | 15    | 60   | 22.5 | 60   | 12600      | 2419        | 6300         | 3150         | PK1212 | 7.35      | -1.91      | 3.68        | 11.61       | 3.36       | 男木の割裂    | めり込みが最少  |
|         | 腰掛け蟻    | ベイマツ | ベイマツ | 1.6            | 6    | なし    | 105 x 240 | 105 x 240 | 15    | 120  | 22.5 | 120  | 25200      | 2419        | 12600        | 6300         | PK2424 | 15.36     | 6.04       | 7.68        | 11.61       | 6.72       | 男木の割裂    | 女木のめり込みも |
| 大入れ腰掛け蟻 | 大入れ腰掛け蟻 | ベイマツ | ベイマツ | 1.6            | 6    | なし    | 105 x 240 | 105 x 180 | 15    | 180  | 22.5 | 90   | 18900      | 2419        | 18900        | 18900        | PO2418 | 19.44     | 8.81       | 9.72        | 11.61       | 20.16      | 端在       |          |
|         | 大入れ腰掛け蟻 | ベイマツ | ベイマツ | 1.6            | 6    | なし    | 105 x 300 | 105 x 120 | 15    | 120  | 22.5 | 60   | 12600      | 2419        | 12600        | 12600        | PO3012 | 17.56     | 5.50       | 8.78        | 11.61       | 13.44      | 男木のせん断破壊 |          |
| 大入れ腰掛け蟻 | 大入れ腰掛け蟻 | スギ   | スギ   | 1.2            | 4    | なし    | 105 x 300 | 105 x 240 | 15    | 240  | 22.5 | 120  | 25200      | 2419        | 25200        | 25200        | PO3024 | 20.54     | 9.45       | 10.27       | 11.61       | 26.88      | 女木のせん断破壊 | 男木のめり込み後 |
|         | 大入れ腰掛け蟻 | スギ   | スギ   | 1.2            | 4    | なし    | 105 x 240 | 105 x 180 | 15    | 180  | 22.5 | 90   | 18900      | 2419        | 18900        | 18900        | PO2418 | 13.88     | 4.16       | 6.94        | 7.74        | 15.12      | 端在       |          |
| 大入れ腰掛け蟻 | 大入れ腰掛け蟻 | スギ   | スギ   | 1.2            | 4    | なし    | 105 x 300 | 105 x 240 | 15    | 240  | 22.5 | 120  | 25200      | 2419        | 25200        | 25200        | PO3024 | 15.27     | 7.64       | 7.64        | 7.74        | 20.16      | 女木のせん断破壊 | 男木のめり込み後 |
| 大入れ腰掛け蟻 | 大入れ腰掛け蟻 | スギ   | スギ   | 1.2            | 4    | なし    | 105 x 105 | 105 x 105 | 12    | 85   | 21   | 67.5 | 12600      | 2130        | 7677         | 4678         | S-1    | 16.01     |            | 8.01        | 6.82        | 3.74       | 変数：腰掛け成  |          |
|         | 大入れ腰掛け蟻 | スギ   | スギ   | 1.2            | 4    | なし    | 105 x 120 | 105 x 120 | 12    | 95   | 21   | 67.5 | 12600      | 2130        | 8717         | 6031         | S-2    | 19.01     |            | 9.51        | 6.82        | 4.82       |          |          |
| 大入れ腰掛け蟻 | 大入れ腰掛け蟻 | スギ   | スギ   | 1.2            | 4    | なし    | 105 x 150 | 105 x 150 | 12    | 115  | 21   | 87.5 | 15750      | 2130        | 10797        | 7402         | S-3    | 22.82     |            | 11.41       | 6.82        | 5.92       |          |          |
|         | 大入れ腰掛け蟻 | スギ   | スギ   | 1.2            | 4    | なし    | 105 x 105 | 105 x 105 | 12    | 85   | 21   | 67.5 | 12600      | 2130        | 7677         | 4678         | S-1    | 20.49     |            | 10.24       | 10.22       | 4.99       | 変数：腰掛け成  |          |
| 大入れ腰掛け蟻 | 大入れ腰掛け蟻 | スギ   | スギ   | 1.2            | 4    | なし    | 105 x 120 | 105 x 120 | 12    | 95   | 21   | 67.5 | 12600      | 2130        | 8717         | 6031         | S-2    | 22.32     |            | 11.16       | 10.22       | 6.43       |          |          |
|         | 大入れ腰掛け蟻 | スギ   | スギ   | 1.2            | 4    | なし    | 105 x 150 | 105 x 150 | 12    | 115  | 21   | 87.5 | 15750      | 2130        | 10797        | 7402         | S-3    | 30.20     |            | 15.10       | 10.22       | 7.90       |          |          |
| 大入れ腰掛け蟻 | 大入れ腰掛け蟻 | スギ   | スギ   | 1.2            | 4    | なし    | 105 x 105 | 105 x 105 |       |      | 22   | 85   | 12600      | 2134        | 6149         | 3001         | H-1    | 14.67     |            | 7.33        | 6.83        | 2.40       | 変数：端長さ   |          |
|         | 大入れ腰掛け蟻 | スギ   | スギ   | 1.2            | 4    | なし    | 105 x 120 | 105 x 120 |       |      | 22   | 95   | 12600      | 2132        | 7049         | 3944         | H-2    | 16.45     |            | 8.22        | 6.82        | 3.16       |          |          |
| 大入れ腰掛け蟻 | 大入れ腰掛け蟻 | スギ   | スギ   | 1.2            | 4    | なし    | 105 x 150 | 105 x 150 |       |      | 22   | 115  | 15750      | 2130        | 8849         | 4972         | H-3    | 18.66     |            | 9.33        | 6.82        | 3.98       |          |          |
|         | 大入れ腰掛け蟻 | スギ   | スギ   | 1.2            | 4    | なし    | 105 x 105 | 105 x 105 |       |      | 22   | 85   | 12600      | 2134        | 6149         | 3001         | H-1    | 16.50     |            | 8.25        | 10.24       | 3.20       | 変数：端長さ   |          |
| 大入れ腰掛け蟻 | 大入れ腰掛け蟻 | スギ   | スギ   | 1.2            | 4    | なし    | 105 x 120 | 105 x 120 |       |      | 22   | 95   | 12600      | 2132        | 7049         | 3944         | H-2    | 19.90     |            | 9.95        | 10.23       | 4.21       |          |          |
|         | 大入れ腰掛け蟻 | スギ   | スギ   | 1.2            | 4    | なし    | 105 x 150 | 105 x 150 |       |      | 22   | 115  | 15750      | 2130        | 8849         | 4972         | H-3    | 24.07     |            | 12.04       | 10.22       | 5.30       |          |          |
| 大入れ腰掛け蟻 | 大入れ腰掛け蟻 | スギ   | スギ   | 1.2            | 4    | なし    | 105 x 105 | 105 x 105 | 12    | 85   | 21   | 67.5 | 11025      | 2130        | 7677         | 5346         | S-1    | 16.01     |            | 8.01        | 6.82        | 4.28       | 受け材の割裂破壊 |          |
|         | 大入れ腰掛け蟻 | スギ   | スギ   | 1.2            | 4    | なし    | 105 x 105 | 105 x 105 | 12    | 85   | 21   | 67.5 | 11025      | 2130        | 7677         | 5346         | S-1    | 20.59     |            | 10.30       | 10.22       | 5.70       | 受け材の割裂破壊 |          |
| 大入れ腰掛け蟻 | 大入れ腰掛け蟻 | スギ   | スギ   | 1.2            | 4    | なし    | 105 x 105 | 105 x 105 |       |      | 22   | 85   | 11025      | 2134        | 6149         | 3430         | H-1    | 14.25     |            | 7.12        | 6.83        | 2.74       | 受け材の割裂破壊 | 変数：端長さ   |
|         | 大入れ腰掛け蟻 | スギ   | スギ   | 1.2            | 4    | なし    | 105 x 105 | 105 x 105 |       |      | 26   | 85   | 11025      | 2132        | 4975         | 2245         | H-2    | 15.92     |            | 7.96        | 6.82        | 1.80       | 受け材の割裂破壊 |          |
| 大入れ腰掛け蟻 | 大入れ腰掛け蟻 | スギ   | スギ   | 1.2            | 4    | なし    | 105 x 105 | 105 x 105 |       |      | 30   | 85   | 11025      | 2130        | 4175         | 1581         | H-3    | 17.40     |            | 8.70        | 6.82        | 1.26       | 受け材の割裂破壊 |          |
|         | 大入れ腰掛け蟻 | スギ   | スギ   | 1.2            | 4    | なし    | 105 x 105 | 105 x 105 |       |      | 22   | 85   | 11025      | 2134        | 6149         | 3430         | H-1    | 17.69     |            | 8.85        | 10.24       | 3.66       | 受け材の割裂破壊 | 変数：端長さ   |
| 大入れ腰掛け蟻 | 大入れ腰掛け蟻 | スギ   | スギ   | 1.2            | 4    | なし    | 105 x 105 | 105 x 105 |       |      | 26   | 85   | 11025      | 2132        | 4975         | 2245         | H-2    | 18.83     |            | 9.41        | 10.23       | 2.39       | 掛け材の割裂破壊 |          |
|         | 大入れ腰掛け蟻 | スギ   | スギ   | 1.2            | 4    | なし    | 105 x 105 | 105 x 105 |       |      | 30   | 85   | 11025      | 2130        | 4175         | 1581         | H-3    | 18.56     |            | 9.28        | 10.22       | 1.69       | 掛け材の割裂破壊 |          |

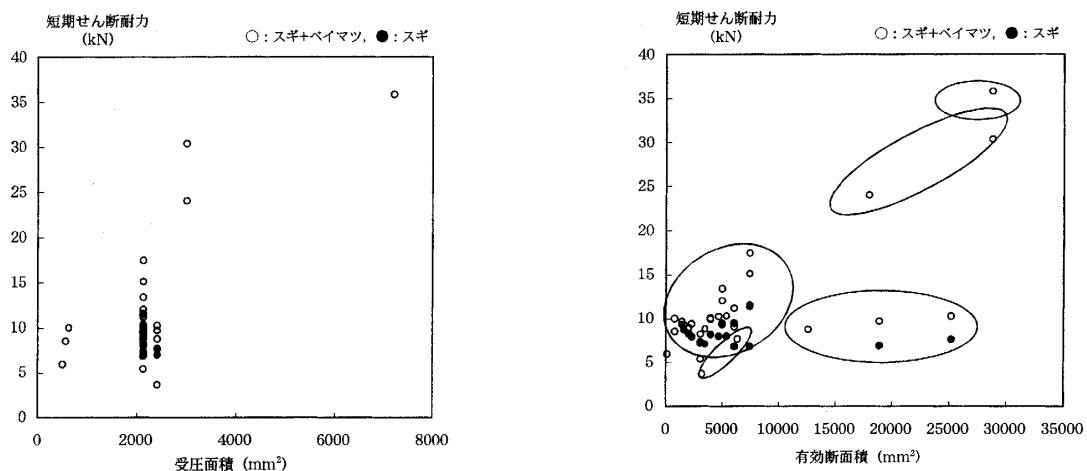


図1 短期せん断耐力-受圧面積, 有効断面積関係

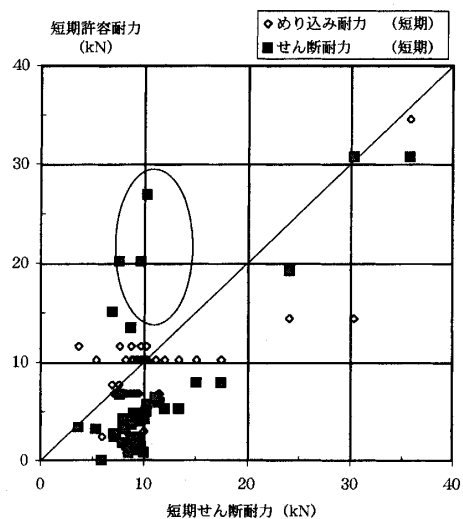


図2 短期許容耐力-短期せん断耐力関係

## 参考文献

### A. 木質構造全般

- 1) 日本建築学会: 木質構造設計規準・同解説, 2002.
- 2) 杉山英男編著: 木質構造 (第3版), 共立出版, 2002.
- 3) 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.
- 4) 日本建築学会構造委員会木質構造運営委員会: 伝統的構法を用いた木質構造設計資料, 2003 年度日本建築学会大会 PD 資料, 2003. 9.
- 5) 日本建築構造技術者協会, 木造建築構造の設計, オーム社, 2004.

### **B.曲げ強度**

- 1) 山本英一：スギ正角材の曲げ強度に関する実験的研究，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.5-6，1989.10.
- 2) 町田初男，信澤宏由，定方 啓：群馬県産スギ梁桁材の強度性能，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.15-16，2001.9.
- 3) 池田潔彦，飯島泰男他 2 名：スギ平角材の曲げ強度性能評価法に関する 2，3 の考察，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.17-18，2001.9.

### **C.めり込み**

- 1) 稲山正弘：木材のめりこみ変形に関する理論的考察，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.13-14，1989.10.
- 2) 稲山正弘，高津角行：木材のめりこみ変形に関する実験的研究（その 1，その 2），日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.17-20，1991.9.
- 3) 稲山正弘：木材のめりこみ変形に関する実験的研究（その 3），日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.13-14，1992.8.
- 4) 森山 博，上場輝康：木材のめり込み挙動に関する実験的研究，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.11-12，2002.8.
- 5) 下屋敷朋千，岡部 実，佐久間博文他 1 名：木材のめり込み試験における密度及びほぞ穴加工の影響，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.13-14，2002.8.
- 6) 岡本 茜，宮澤健二：柱脚の土台めり込み性能に関する実験的研究，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.15-16，2002.8.

### **D.梁-梁仕口，桁-梁仕口のせん断耐力**

- 1) 河合直人，安藤文男，坂本功，大橋好光：木造桁-梁仕口のせん断試験，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.2695-2696，1984.10.
- 2) 丸山則義：蟻仕口を持つベイツ平角材の曲げおよびせん断性能，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.73-74，1989.10.
- 3) 野村裕範，小西敏正，上村克郎他 3 名：木造軸組における継手・仕口の力学的性状に関する研究，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.33-34，1992.8.
- 4) 岩崎美保，梅津二郎，鈴木通友：機械プレカットシステムを用いた新しいあり仕口の強度性能に関する研究（その 1，その 2），日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.41-44，1998.9.
- 5) 加藤武彦，梅津二郎：機械プレカット生産システムに関する研究，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.45-46，1998.9.
- 6) 加藤武彦，梅津二郎：機械プレカットシステムを用いた蟻仕口の形状効果について，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.27-28，1999.9.
- 7) 加藤武彦，梅津二郎：機械プレカット加工による腰掛け蟻掛けの強度性能について，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.349-350，2000.9.
- 8) 外崎太一，大澤一人，梅津二郎，加藤武彦：簡易 CAD/CAM プレカットシステムによる構造部材の強度性能-強度特性に及ぼす蟻仕口形状 (I)，(II) -，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.111-114，2001.9.
- 9) 加藤武彦，梅津二郎，大澤一人：簡易 CAD/CAM プレカットシステムによる構造部材の強度性能-試験体寸法の影響について-，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.115-116，2001.9.
- 10) 中須一夫，大澤一人，川上義嗣，梅津二郎：機械プレカットシステムによる構造部材の強度性能-強度特性に及ぼす蟻仕口形状-，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.103-104，2002.8.
- 11) 大澤一人，梅津二郎，藤澤好一：木造軸組構法における接合部の強度性能，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.101-102，2002.8.

- 12) 大澤一人, 梅津二郎: 木造軸組構法における接合部の強度性能, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.11-12, 2003.9.
- 13) 塚崎英世, 梅津二郎, 川上義嗣, 梶原英多郎: プレカットシステムによる接合部の強度特性-新形状蟻仕口の形状効果について-, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.257-258, 2005.9.
- 14) 梶原英多郎, 塚崎英世, 川上義嗣, 梅津二郎: 簡易 CAD/CAM プレカットシステムを用いた蟻仕口の強度特性-蟻成・腰成の影響について-, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.259-260, 2005.9.
- 15) 吉田徹, 田中仁史, 坂本勝則: プレカット加工による腰掛け蟻仕口と大蟻仕口のせん断破壊耐力の推定, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.47-48, 1998.9.
- 16) 徳田迪夫, 内迫貴幸: 在来軸組工法における仕口の両振れ繰り返し力に対する性能, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.49-50, 1998.9.
- 17) 池田潔彦, 渡井 純, 佐々木隆行: 軸組部材の乾燥度の違いが接合部せん断耐力に及ぼす影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.21-22, 1999.9.
- 18) 槇島裕二, 大野義昭, 藤谷義信: LVL を用いた大入れ腰掛け蟻接合の耐力の実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.37-38, 1998.9.
- 19) 加藤泰世, 新居健二, 上廣 太, 斉藤一成, 大橋好光: 木造仕口のせん断耐力評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.95-96, 2002.8.
- 20) 加藤正章, 佐武憲一, 村上雅英: 在来軸組工法木造住宅の構造設計手法の開発, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.99-100, 2004.8.
- 21) 斉藤 透, 坂本勝則, 田中仁史: プレカット加工による腰掛け蟻仕口のせん断強度, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.47-48, 1996.9.
- 22) 坂本勝則, 吉田徹, 田中仁史: プレカット加工による腰掛け蟻仕口の簡略化とその有効性, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.45-46, 1997.9.

#### E.その他

- 1) 入江康隆, 小野里 繁: 在来工法木造住宅の軸組, 部材寸法及び接合部についての調査研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.29-30, 1992.8.
- 2) 西森 進: 機械加工による軸組工法接合部の引張耐力について, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.2199-2200, 1983.9.
- 3) 中井毅尚, 竹村富男, 平工佐俊: 腰掛けあり仕口接合部のねじり接合剛性係数, 木材学会誌, Vol.40, No.5, pp.465-473, 1994.

(平成17年12月1日受理)