

# 腰掛蟻仕口の断面欠損量の変化がせん断強度特性に及ぼす影響 —男木側の割裂破壊荷重についての検討—

## Shear Strength Properties of Dovetail Joints Machined with Precut System —A study on Splitting Strength—

塚崎 英世 前川 秀幸 松留 慎一郎 (職業能力開発総合大学校)

Hideyo Tsukazaki, Hideyuki Maekawa, Sinichiro Matsudome

部材が機械加工された四号建築物の小規模な木造戸建て住宅に構造計算をおこなった場合、仕口断面不足のために接合部強度が不足している例が報告されている。その一因として仕口の寸法・形状と強度特性の関係が未精査な状況であることが考えられる。そこで実大モデルで腰掛蟻仕口における断面欠損量の変化がせん断強度特性に及ぼす影響を把握するとともに、男木の使用限界強度を割裂破壊荷重式で推定することを目的とした。その結果、断面欠損量とせん断強度特性の関係を把握し、割裂破壊荷重式で男木側の使用限界強度の推定が可能であることがわかった。

キーワード：腰掛蟻仕口、せん断強度特性、割裂破壊荷重

### 1. はじめに

部材が機械加工された建築基準法第六条第一項第四号による小規模な木造戸建て住宅に対して構造計算<sup>1)</sup>をおこなった場合、仕口断面不足のために接合部の強度が不足している例が報告されている<sup>2)</sup>。その一因として仕口の寸法・形状と強度特性の関係が未精査な状況であることが考えられる。

筆者らは、機械加工された腰掛蟻仕口の寸法・形状と強度特性の関係についてこれまで縮尺モデルで検討<sup>3)</sup>を進めてきた。さらに既報<sup>4)</sup>では、実大モデルで腰掛蟻仕口の材成方向の寸法を変化させてせん断強度特性を把握した。そこでは男木側が破壊する場合、女木側が破壊する場合、男木と女木が破壊する場合の3つの破壊パターンが観察された。現行の腰掛蟻仕口のせん断耐力算定式は男木が破壊する場合のみを考慮している<sup>5)</sup>ので、女木側が破壊する条件下には適用が困難であると考えられる。

そこで本稿では機械加工された腰掛蟻仕口の破壊性状別の設計式の提案を目標とし、まず既報<sup>4)</sup>の試験結果における男木側の強度を推定することを目的とした。具体的には男木破壊、男木と女木が破壊する場合の男木側の強度として、塑性域となる状態、即ち男木側に割裂破壊が生じる荷重を推定することによって仕口の使用限界強度を把握することとした。その男木に割裂破壊が生じる

荷重は、観察結果によって把握するとともに、従来のせん断耐力式ではなく割裂破壊荷重式<sup>5)</sup>によって推定を試みることにした。

### 2. 実験概要

#### 2.1 供試材、試験体断面寸法と仕口形状

供試材にはベイマツ(密度 0.56g/cm<sup>3</sup>, 平均年輪幅 5.8 mm, 含水率 11%)を用いた。試験体断面寸法は男木を 120×120 mm一定とし、女木を 120×120 mm, 120×150 mm, 120×180 mmと変化させた。仕口形状は図1から4の商用形状(図1, プレカット加工機械メーカー3社の平均的寸法)、改良形状(図2, 商用形状の腰掛部にも蟻角を付与した)、新形状蟻仕口(図3, 改良形状の蟻掛部と腰掛部を同一平面上で一致させた)、A社の商用形状(図4, プレカット加工機械メーカーA社の形状)とする。

パラメータは、図1~3に示す3タイプの男木の腰成寸法を変化させた。この場合、材成方向の寸法を大きくすると女木側の加工部は増大し、横断面において欠損が大きくなる。本稿ではこの欠損を断面欠損量と定義した。

その腰成寸法はこれまでの実験結果を基に商用形状、改良形状では4段階(60, 80, 96, 105 mm)、新形状蟻仕口では6段階(60, 68, 80, 84, 96, 105 mm)変化させた。試験体数は各条件3体ずつである。

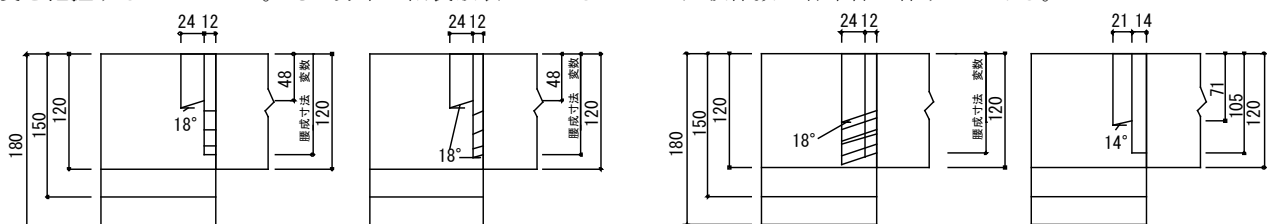


図1 商用形状

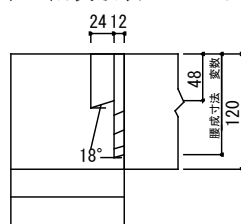


図2 改良形状

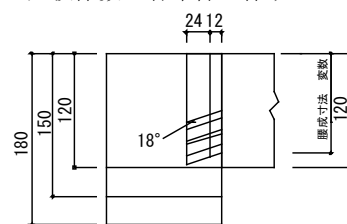


図3 新形状蟻仕口

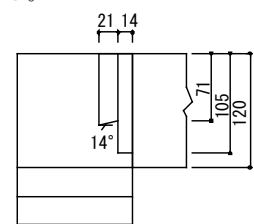


図4 A社の商用形状



#### 4. 男木側の割裂破壊荷重についての検討

男木側の破壊は、加力初期において受圧部(特に腰掛底部)にめり込みが生じる。次にその受圧部から材軸方向へ微小な亀裂が生じ、これが加力とともに進展してやや大きな割裂破壊が断続的に発生するようになる。

このやや大きな割裂破壊が生じるたびに荷重は瞬間的に減少するが、加力とともに回復する。このことを繰り返しながら荷重は増加して最大荷重に到達する。その後、終局的にはスパン中央付近にまで割裂が進展し、荷重が急激に低下して破壊に至る場合がほとんどである。ここでは、この仕口せん断試験における男木側の強度を推定することを目的とした。

具体的には男木破壊、男木と女木が破壊する場合の最大荷重ではなく、仕口の使用限界を把握する上で重要な男木に割裂が生じた荷重とした。この割裂が生じる荷重を試験の観察によって把握するとともに、切欠き材の割裂破壊荷重の推定式である文献5) による(1)式で求めた。同式中の記号については図13を参照のこと。

この(1)式の導出には、図14に示す亀裂が $\Delta x$ 発生した場合の破壊面積 $\Delta A$ を分離させるポテンシャルエネルギーの損失を表す(2)式と、(3)式に示す亀裂長さ $\beta d$ を変数とする荷重点での変位(曲げ変形とせん断変形の合計)からポテンシャルエネルギーの損失を求める式を導く。この(2)、(3)式を連立することで(1)式は導くことができる。

なお、本稿における荷重条件は4点曲げであるが、文献5)におけるそれは3点曲げと異なる。(1)式を本実験条件に適用するに際しては、荷重条件が異なっても同式が適用できることを確認した。

他方、腰掛部に割裂が生じる荷重の把握については、試験の観察結果と、荷重変形関係から総合的に判断することとした。具体的には、試験中において初めにやや大きな割裂音を呈した荷重および変位を記録した。次に、これらの時に割裂によって荷重が低下していることを、荷重変形関係においても確認し、この荷重を観察結果による割裂破壊荷重の値として採用することとした。なお、荷重変形関係において、割裂による荷重低下が確認できなかった場合については観察結果による値を用いることとした。

この場合の荷重と変位ならびに観察による割裂破壊荷重と(1)式による計算値の関係の一例を図15に示し、図16には割裂破壊の様子を示す。なお、破壊性状が女木破壊であった場合のパラメータは評価をおこなわなかった。

実験結果のうち、新形状蟻仕口における最大荷重と観察による割裂破壊荷重値と計算値の関係を代表して図17~19に示す。同図中には、現行のせん断耐力の算定式

$Q = \tau A_e / \alpha$  ( $Q$ :せん断力(N),  $\tau$ :せん断応力度(N/mm<sup>2</sup>),  $A_e$ :有効断面積(mm<sup>2</sup>),  $\alpha$ :形状係数1.5)による計算値( $\tau$ は8.9 N/mm<sup>2</sup>)とした)も併記した。

それらから観察結果による割裂破壊荷重値と、(1)式による割裂破壊荷重値は概ね一致しており、(1)式によって仕口せん断試験における男木の割裂破壊荷重が推定できることがわかった。これらは男木破壊、男木女木破壊を呈した範囲において実験値の傾向を良く捉えており、割裂破壊荷重の傾向から仕口の使用限界と見なせる荷重は、最大荷重の1/2程度であると言える。

$$\frac{V}{b(ad)} = \frac{\sqrt{G_c/d}}{\sqrt{0.6(\alpha - \alpha^2)/G + \beta\sqrt{6(1/\alpha - \alpha^2)/E}}} \quad \dots(1)$$

$V$ :割裂破壊荷重(N)

$b$ :材幅(mm):120 mmとした。

$d$ :材成(mm):120 mmとした。

$E$ :ヤング係数(N/mm<sup>2</sup>):ベイマツ12,000 N/mm<sup>2</sup>とした<sup>8)</sup>。

$G$ :せん断弾性係数(N/mm<sup>2</sup>): $E/15$ で800 N/mm<sup>2</sup>とした<sup>8)</sup>。

$G_c$ :エネルギー解放率(N/mm):0.11とした<sup>8)</sup>。

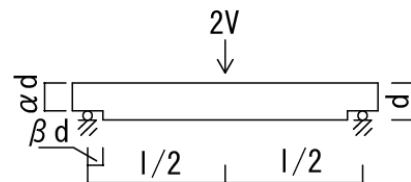


図13 割裂破壊荷重式における寸法概要

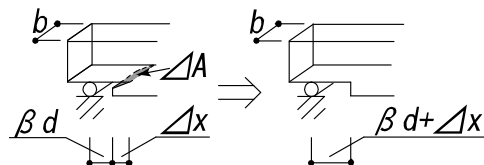


図14 亀裂長さと破壊面積の関係

$$\Delta W = G_c b \Delta x \quad \dots(2)$$

$\Delta W$ :ポテンシャルエネルギー

$$\Delta W = \frac{1}{2} V^2 \delta \left( \frac{\delta}{V} \right) \quad \dots(3)$$

$\Delta W$ :ポテンシャルエネルギー

$\delta$ :荷重点での曲げ変形とせん断変形の和

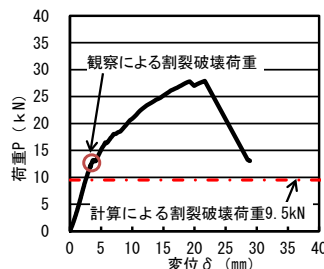


図15 荷重変位関係における観察結果および割裂破壊荷重



図16 新形状蟻仕口、女木材成180 mm、腰成60 mmの場合の割裂破壊の様子

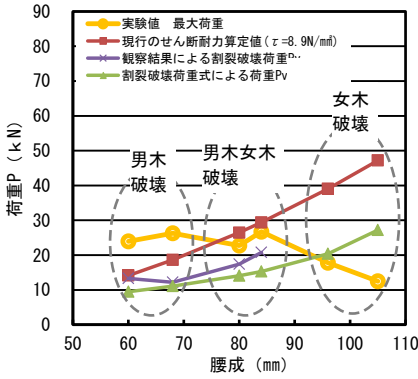


図 17 新形状蟻仕口，女木材成 120 mm の場合の最大荷重とせん断耐力値および割裂破壊荷重値の関係

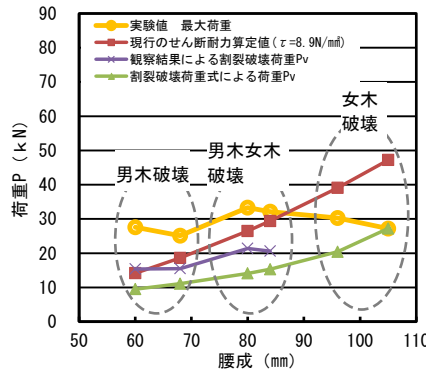


図 18 新形状蟻仕口，女木材成 150 mm の場合の最大荷重とせん断耐力値および割裂破壊荷重値の関係

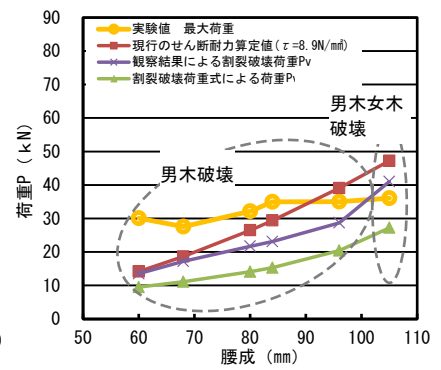


図 19 新形状蟻仕口，女木材成 180 mm の場合の最大荷重とせん断耐力値および割裂破壊荷重値の関係

## 5. まとめ

実大モデルで腰掛蟻仕口における断面欠損量を変化させた場合のせん断強度特性を把握するとともに、男木側の使用限界強度を割裂破壊荷重式で推定することを試みた。得られた知見を以下に要約する。

- ① 男木と女木の材成寸法が同寸 (120 mm) の場合は、腰成寸法 (断面欠損量) の変化につれて破壊のパターンが推移するとともに最大荷重は変動した。  
この場合の最大荷重は、材成寸法に対して約 2/3 の腰成寸法で最大値を呈した。
- ② 女木材成が 150 mm の商用形状、改良形状の場合、最大荷重は腰成寸法の増加によらず、概ね一定の値を呈した。新形状蟻仕口については、女木材成 120 mm の場合と同様の傾向を呈した。
- ③ 男木に比べて女木の材成寸法が十分大きい場合 (女木材成 180 mm) は、概ね男木側の耐力でせん断強度が決定される。
- ④ 観察結果による割裂破壊荷重値と、割裂破壊荷重式によるそれは概ね一致し、この式で仕口せん断試験における男木の割裂破壊荷重が推定できることがわかった。
- ⑤ 割裂破壊荷重式による算定値は男木破壊、男木女木破壊を呈した範囲で実験値の傾向を良く捉えており、仕口の使用限界荷重は最大荷重の 1/2 程度であることがわかった。

## 参考文献

- [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 (2008 年版), (財) 日本住宅・木材技術センター, 2008. 12
- [2] 例えば, 村上淳史, 高田恵介 他: プレカットを用いた木造軸組住宅 (四号建築物) に関する研究 その 4 - 許容応力度計算による結果 -, 日本建築学会

学術講演梗概集, C-1, pp. 179~180, 2012. 9

- [3] 塚崎英世, 梅津二郎, 小松幸夫: プレカットシステムによる新形状腰掛蟻仕口の強度特性に関する研究 - 寸法・形状の変化が強度特性に及ぼす影響 -, 日本建築学会構造系論文集, pp. 809~816, 2013. 4
- [4] 塚崎英世, 河合直人, 小松幸夫, 前川秀幸, 松留慎一郎: 腰掛蟻仕口の断面欠損量の変化がせん断強度特性に及ぼす影響に関する研究 -, 日本建築学会学術講演梗概集, pp. 319~320, 2013. 8
- [5] P.J.Gustafsson: A Study of Strength of Notched Beams, Proceedings of 21st CIB-W18, 21-10-1, 1998
- [6] (財) 日本規格協会: JIS Z2101 木材の試験方法, (財) 日本規格協会, 2009. 7
- [7] (独) 森林総合研究所 監: 改訂 4 版 木材工業ハンドブック, 丸善株式会社, 2004. 3
- [8] 日本建築学会: 木質構造設計規準・同解説, 日本建築学会, 2009. 3

(原稿受付 2014/01/15、受理 2014/03/31)

\*塚崎 英世 修士(工学)  
職業能力開発総合大学校, 〒187-0035 東京都小平市小川西町 2-32-1 email:tukazaki@uitech.ac.jp  
Hideyo Tsukazaki, Polytechnic University, 2-32-1  
Ogawa-Nishi-Machi, Kodaira, Tokyo 187-0035

\*前川 秀幸  
職業能力開発総合大学校, 〒187-0035 東京都小平市小川西町 2-32-1 email:hmaekawa@uitech.ac.jp  
Hideyuki Maekawa, Polytechnic University, 2-32-1  
Ogawa-Nishi-Machi, Kodaira, Tokyo 187-0035

\*松留 慎一郎 工学博士  
職業能力開発総合大学校, 〒187-0035 東京都小平市小川西町 2-32-1 email:tomesan@uitech.ac.jp  
Shinichiro Matsudome, Polytechnic University, 2-32-1  
Ogawa-Nishi-Machi, Kodaira, Tokyo 187-0035