

木質在来工法における非露出形接合金物の研究開発

その3 耐力壁における接合特性について

関東職業能力開発大学校 岩田 純 明
松岡 亘
四国職業能力開発大学校 宇都宮 直 樹

Research and Development of Hidden Joint Tool for Conventional Wooden Structure
Part 3 Joint Characteristics of Static Loading Tests at Shear Walls

Yoshiaki IWATA, Takashi MATSUOKA, Naoki UTSUNOMIYA

要約 木質在来工法における梁・桁などの横架材と柱を接合する金物は、露出しているものが多い。木の美しさを活かし、化粧構造とした建物の場合には金物も露出してしまい、見栄えが悪くなることがある。そこで非露出形接合金物の必要性が出てくる。現在使用されている非露出形接合金物の多くは、施工後における木材の「やせ」等により生じる部材間の隙間を調整する機能を有していない。本報告では、上記のような機能を持つ金物の開発を行い、接合特性等が明確¹⁾になったことから実際に柱・梁を構造部材とするフレームの中に使用した場合の耐力壁のせん断試験を行った。その結果、非露出形接合金物を使用した箇所において、構造部材間を終局耐力まで十分に緊結することができる接合金物である事が確認できたことから、それについてまとめたものである。

I 目 的

木質在来工法において、構造部材どうしを接合する金物は露出しているものが多く、構造材を露出して建築する場合見栄えが悪くなることがある。そこで、非露出形接合金物（以下「丸くさび接合金物」という）の開発を行い接合部特性の実験を行った結果、杉材で21.14 kNの短期基準接合部耐力を得ることができた^{1) 4)}。

本稿では、その丸くさび接合金物を耐力壁の柱脚・柱頭部分に使用した場合の耐力壁の挙動と丸くさび接合金物の接合部特性について記述する。

II 丸くさび接合金物

丸くさび接合金物を使用した構造部材への納まりの一例を図1に示す。丸くさびを使用すると梁が柱に取

り付く一方向差しタイプから、四方向差しタイプまで対応できる特徴を有する。

図2に丸くさびの柱端部からの挿入位置、木材への挿入穴加工の大きさ及び丸くさびと木材との接触面積を示す。丸くさび及び使用する金物の形状と材質を表1に示す。

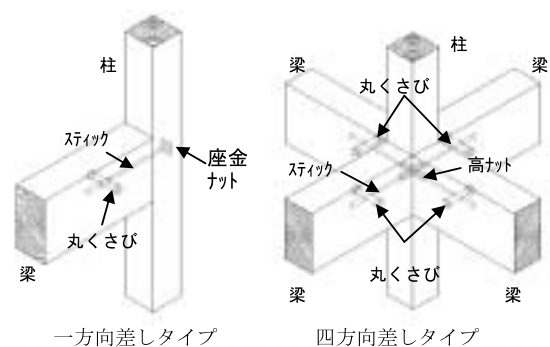


図1 丸くさび接合金物取付法

丸くさびと柱との
接触面積：3456mm²

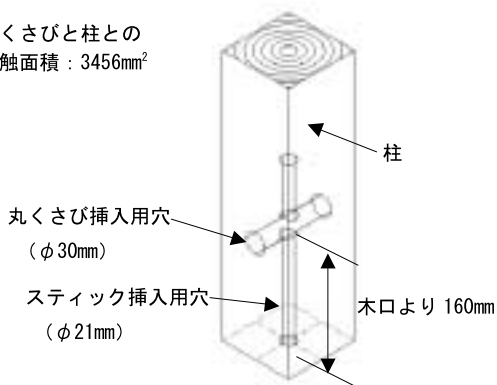


図2 丸くさび挿入位置

表1 丸くさび接合金物

丸くさび ロックボルト		φ30×90 炭素鋼鋳鋼品 (HRC-35)
スティック		ねじ用炭素鋼線

Ⅲ 試験方法

1 試験体概要

試験体は、柱芯間910mm、土台芯から梁芯間2,730mm。柱と土台及び梁の仕口は短ほぞ加工。片筋かい耐力壁とし、筋かいは厚さ4.5cm×幅9.0cmのものを使用した。軸組は、柱脚・柱頭とも丸くさびを使用し柱木口より160mmの位置に挿入した。筋かい端部は、筋かいプレートBP-2で接合している。(図3参照)

なお、実際の丸くさび接合金物の使用例は図4に示す通りである。

丸くさび接合金物は柱の軸心に挿入することができ、アンカーボルトとも接合が可能であることから柱-土台-基礎(試験フレーム)を一つの金物で接合している状態となる。(図4参照)

試験装置図を図5に示す。

試験体数は、終局破壊の区別より圧縮筋かい及び引張筋かいともに各3体とした。

試験に使用した部材の断面寸法、樹種および特性を表2に示す。

表2 試験体樹種特性一覧 ※は平均値を示す

部位/樹種	梁米松	柱 杉	土台杉	筋かい 米梅	間柱杉
断面寸法 (mm)	105×180	105×105	105×105	45×90	45×52.5
圧縮応力度※ Fc(N/mm ²)	—	42.86	—	56.09	—
せん断応力度※ Fs(N/mm ²)	2.14	12.89	1.29	12.20	—
含水率(%)	17	16	17	15	—
比重	0.59	0.42	0.39	0.51	—
年輪幅※ (mm)	2.3	4.0	4.6	1.4	—

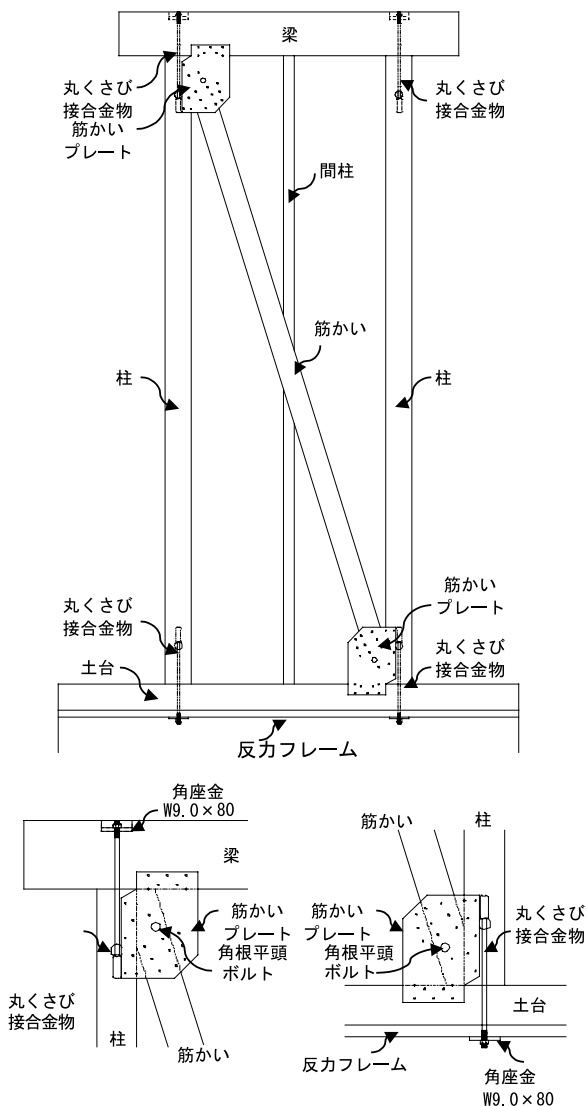


図3 試験体形状

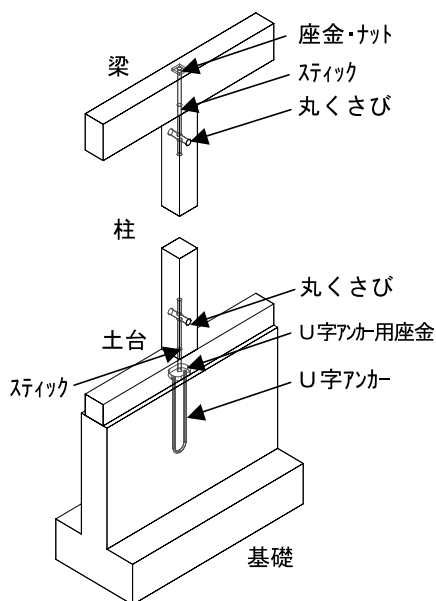


図4 柱脚・柱頭部接合方法

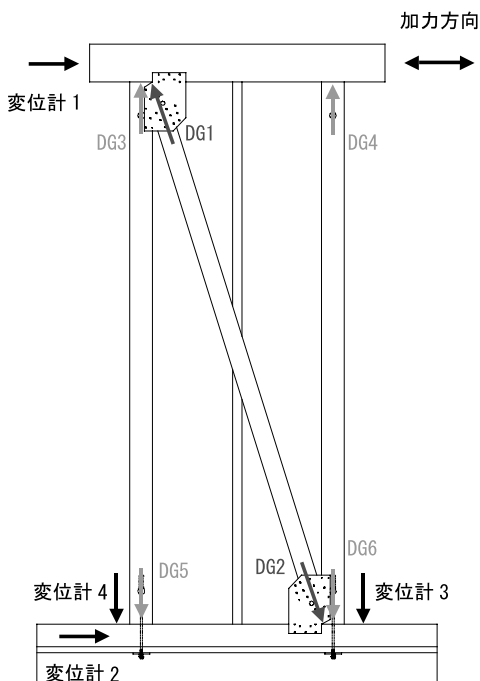


図5 試験装置図

2 加力方法

油圧ジャッキを用いて加力し、見掛けの変形角1/600, 1/450, 1/300, 1/200, 1/150, 1/100, 1/75, 1/50ごとの正負交番繰り返して、履歴の同一変形を3回行い、3体を圧縮で終局破壊させ、もう3体を引張で終局破壊させた。

3 測定方法

油圧ジャッキに取り付けたロードセルにて荷重を測定し、変位計にて水平変位(変位計1,2)及び鉛直変

位(変位計3,4)を測定、見掛けの変形角を測定した。

各部材間における変位についても変位計にて測定を行った。測定箇所と変位計番号は以下のとおりである。

梁-筋かい間(DG1)、土台-筋かい間(DG2)、梁-柱間(DG3,4)、土台-柱間(DG5,6)(図5参照)

IV 試験結果

1 解析方法

壁倍率を算定するにあたり、終局耐力、降伏耐力は、建築基準法施行令第46条第4項表1の(ハ)に基づく評価方法2)に準じて行った。

図6(圧縮筋かい壁)、図7(引張筋かい壁)に荷重変形曲線を示す。

図8~10(圧縮筋かい壁)、図11~13(引張筋かい壁)に試験状況を示す。

表3(圧縮筋かい壁)、表4(引張筋かい壁)に試験結果を示す。

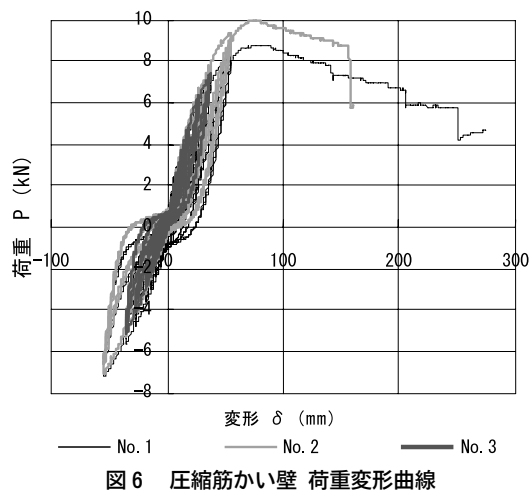


図6 圧縮筋かい壁 荷重変形曲線

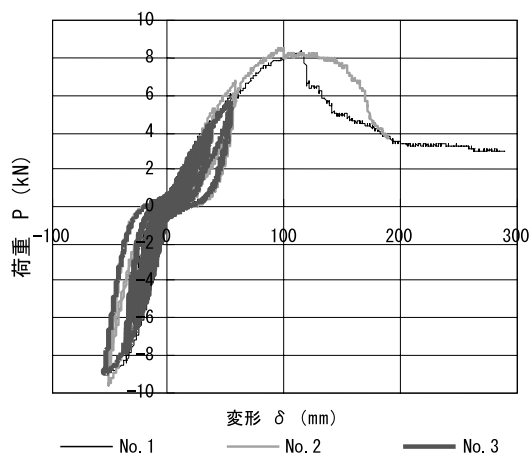


図7 引張筋かい壁 荷重変形曲線



(a) 全体 (b) 筋かい破断部

図8 圧縮筋かい壁No.1 試験後



(a) 筋かい破断部 (b) 引張側柱の浮上り

図9 圧縮筋かい壁No.2 試験後



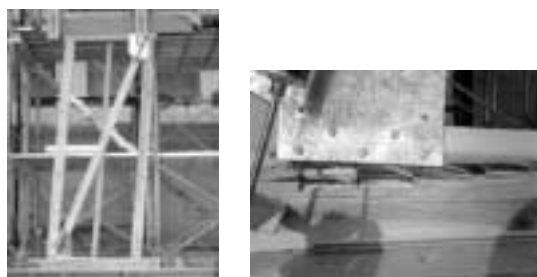
(a) 筋かい破断部 (b) 引張側柱の浮上り

図10 圧縮筋かい壁No.3 試験後



(a) 筋かい破断部 (b) 引張側柱の浮上り

図11 引張筋かい壁No.1 試験後



(a) 全体 (b) 引張側土台

図12 引張筋かい壁No.2 試験後



(a) 圧縮側柱頭部 (b) 引張側柱脚筋かい

図13 引張筋かい壁No.3 試験後

表3 圧縮筋かい壁試験結果

試験体名 番号	圧縮筋かい			
	1	2	3	平均
降伏耐力 P_y (kN)	4.42	5.10	5.33	4.95
$P_u \times (0.2/D_s)$ (kN)	5.33	5.31	4.46	5.03
$2/3P_{max}$ (kN)	5.82	6.65	6.22	6.23
$1/120rad$ 変形時 (kN)	5.05	5.63	5.48	5.38
最大荷重 P_{max} (kN)	8.73	9.98	9.33	9.35
終局耐力 P_u (kN)	7.99	9.19	8.61	8.60
降伏変位 δ_y (rad)	1/169	1/142	1/132	1/148
降伏点変位 δ_v (rad)	1/93	1/79	1/82	1/85
終局変位 δ_u (rad)	1/15	1/17	1/21	1/18
P_{max} 時変位 (rad)	1/37	1/35	1/27	1/33
剛性 K (kN/rad)	0.27	0.27	0.26	0.27
塑性率 μ	6.07	4.68	3.85	4.87
構造特性係数 D_s	0.30	0.35	0.39	0.34
エネルギー (kN・mm)	1272	1295	937	1168

表4 引張筋かい壁試験結果

試験体名 番号	引張筋かい			
	1	2	3	平均
降伏耐力 P_y (kN)	3.97	5.42	3.77	4.39
$P_u \times (0.2/D_s)$ (kN)	2.68	3.20	2.80	2.89
$2/3P_{max}$ (kN)	5.57	5.68	4.78	5.34
$1/120rad$ 変形時 (kN)	3.08	2.95	2.93	2.98
最大荷重 P_{max} (kN)	8.35	8.53	7.18	8.02
終局耐力 P_u (kN)	7.42	7.89	6.51	7.27
降伏変位 δ_y (rad)	1/89	1/62	1/90	1/80
降伏点変位 δ_v (rad)	1/47	1/43	1/52	1/47
終局変位 δ_u (rad)	1/22	1/17	1/19	1/19
P_{max} 時変位 (rad)	1/23	1/27	1/28	1/16
剛性 K (kN/rad)	0.13	0.13	0.13	0.13
塑性率 μ	2.13	2.55	2.81	2.50
構造特性係数 D_s	0.55	0.49	0.47	0.50
エネルギー (kN・mm)	678	1014	770	821

2 破壊性状

圧縮筋かい壁 (図14参照)

破壊状況: 最終加力時において、引張側柱が丸くさびの引寄せ効果により土台から引き抜きを起こすことなく水平方向に変形し、筋かい若しくは間柱の座屈により破壊に至った。(図8~10参照)

丸くさび接合部 (表5参照)

柱頭部: 終局変位における平均引抜量は、引張側柱で0.3mm、圧縮側柱で0.5mmであり、壁の水平変位により生ずる開きであると思われる。

柱脚部: 引張側柱で平均1.8mmの引抜きが生じた。終局耐力時における変形で最も変形量であった試験体番号No.2のめり込み引抜量曲線(図15)から1/50 rad時までの引抜量が1mm以下と微小な変形であったことが分かる。圧縮側柱では柱が土台へ平均1.8mmめり込みを生じた。

柱頭、柱脚部ともに目視上丸くさびの柱へのめり込みは特に見られなかった。

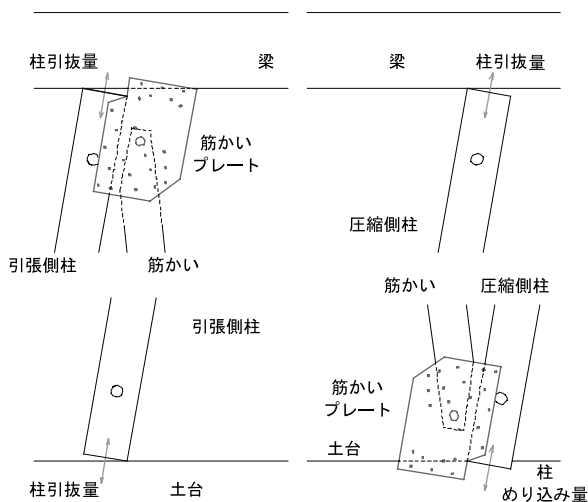


図14 圧縮筋かい壁における丸くさび接合部変形状態

表5 圧縮筋かい壁 終局変位時の接合部変形量

部材 応力状態	測定箇所	試験体名			平均
		1	2	3	
柱 引張力	柱頭 DG3	-0.1	1.1	-0.2	0.3
	柱脚 DG5	1.9	2.2	1.3	1.8
柱 圧縮力	柱頭 DG4	0.3	0.9	0.2	0.5
	柱脚 DG6	-1.4	-3.4	-0.6	-1.8

(単位:mm) ※符号の+は伸び、-はめり込みを示す

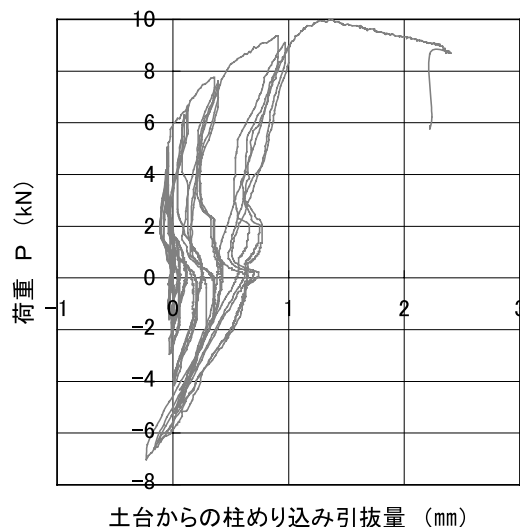


図15 圧縮筋かい壁No.2 引張側柱 めり込み引抜量曲線

引張筋かい壁 (図16参照)

破壊状況: 試験体番号1,3については、最終加力時において、筋かいが筋かいプレートを接合してある角根平頭ボルト部若しくはスクリー釘部より破壊に至った(図11,13参照)。

試験体番号2については、筋かいプレートを取り付けた土台よりZS-50釘の部分から土台が引裂かれることにより破壊に至った(図-12参照)。

丸くさび接合部 (表6参照)

柱頭部: 終局変位における平均引抜量は、引張側柱で1.4mm、圧縮側柱で0.9mmであった。

柱脚部: 引張側柱で平均1.6mmの引抜きが生じた。終局耐力時における変形で最も変形量であった試験体番号No.2のめり込み引抜量曲線(図17)から0.8mm以下と微小な変形であった。

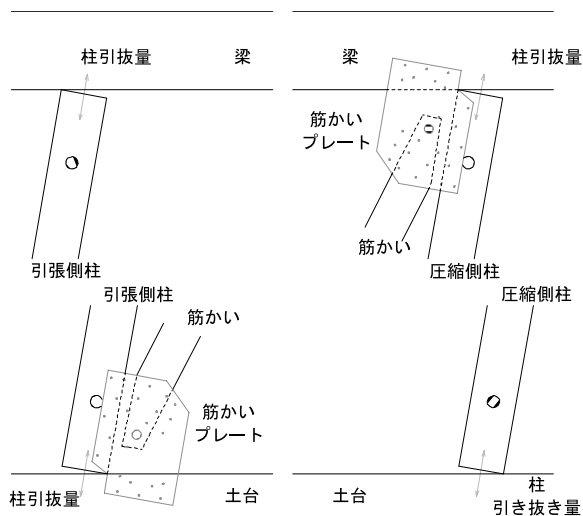
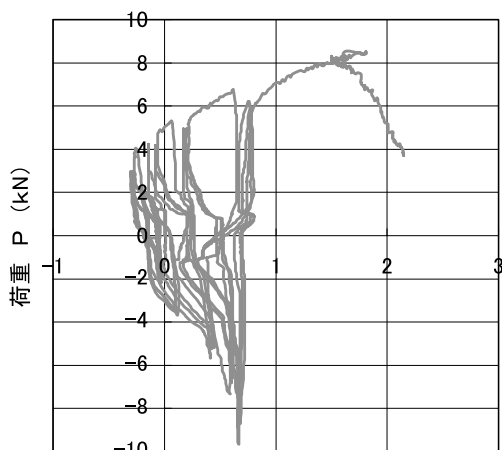


図16 引張筋かい壁における丸くさび接合部変形状態

表6 引張筋かい壁 終局変位時の接合部変形量

部材 応力状態	測定箇所	試験体名			平均
		1	2	3	
柱 引張力	柱頭 DG3	-0.6	2.3	2.6	1.4
	柱脚 DG5	0.6	1.8	1.3	1.3
柱 圧縮力	柱頭 DG4	-0.3	1.6	1.4	0.9
	柱脚 DG6	2.0	-1.6	0.0	0.1

(単位:mm) ※符号の+は伸び、-はめり込みを示す



土台からの柱めり込み引抜量 (mm)

図17 引張筋かい壁No.2 引張側柱 めり込み引抜量曲線

3 短期基準せん断耐力および壁倍率の算出

短期基準せん断耐力は、①降伏耐力 P_y 、②終局耐力 $P_u \times 0.2$ /構造特性係数 D_s 、③最大荷重 P_{max} の2/3の荷重、④1/120rad時の荷重で求めた①～④の耐力の平均値に、それぞれのばらつき係数を乗じて算出した値のうち最も小さい値とする²⁾ことから表7の耐力となる。圧縮筋かいでは、①降伏耐力で決定される。これは筋かいが座屈を生ずるまで有効にバネとして作用していることがわかる。引張筋かいでは、②終局耐力 $P_u \times 0.2$ /構造特性係数 D_s で短期基準せん断耐力が決定される。

壁倍率の算定については、短期許容せん断耐力 P_a を算定し、壁倍率を求める。(1,2式参照)

算出された壁倍率を表7に示す。

$$\text{短期許容せん断耐力 } P_a = P_0 \times \alpha \quad \dots\dots\dots 1 \text{ 式}$$

α : 耐力に影響を及ぼす係数

α は耐力に影響を及ぼすものはないとし、

1.0とした。

$$\text{壁倍率} = P_a \times (1/1.96) \times (1/L) \quad \dots\dots\dots 2 \text{ 式}$$

1.96 : 壁倍率 = 1 を算定する数値 (kN/m)

L : 試験体長さ (m)

表7 短期基準せん断耐力の算定および壁倍率

項目	短期基準せん断耐力 P_0 (kN)	
	圧縮筋かい壁	引張筋かい壁
筋かい種別		
降伏耐力 P_y (kN)	4.77	4.04
$P_u \times (0.2/D_s)$ (kN)	4.84	2.79
$2/3P_{max}$ (kN)	6.07	5.15
1/120rad変形時 (kN)	5.27	2.95
壁倍率	2.7	1.6

V まとめ

丸くさび接合金物を耐力壁の柱脚・柱頭部分に使用した耐力壁の特性として、次のことが示唆される。

- 終局変位時における柱・梁、柱・土台間の最大変位は、1.8mmであったことから、構造部材同士を十分に緊結することができ、耐力壁を有効に作用させることがほぼ推測できる。
- 圧縮筋かいで使用した場合、引張力を受ける柱が引き抜きによる破壊を生じることなく、力の授受ができ、筋かいを有効に作用させることが可能である。壁倍率で平均2.7倍の壁倍率を有することから他の露出型金物と同様に耐力壁として有効に作用させることができる。

謝辞

本実験にあたり、当接合金物の考案者でもある(株)U建築工房の丸山純夫氏、関東職業能力開発大学校建築科構造系卒業生に深く感謝いたします。

[参考文献]

- 1) 宇都宮直樹,岩田純明:木質在来工法用接合金物「丸くさび」の特性について,日本建築学会大会学術梗概集(東海)構造Ⅲ,15-16,2003
- 2) 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計算,133-153
- 3) 岩田純明,松岡亘,宇都宮直樹:木質在来工法における非露出形接合金物の開発 その1形状決定に関する経緯,1-7,2002
- 4) 岩田純明,松岡亘,宇都宮直樹:木質在来工法における非露出形接合金物の開発 その2挿入位置による強度特性について,17-21,2003