

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2 挿入位置による強度特性について

関東職業能力開発大学校 岩田 純 明
松岡 亘
宇都宮 直 樹

Research and Development of Hidden Joint Tool for Conventional Wooden Structure

Part 2 Relationship Between Stress and Joint Position

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。前回「その1」で非露出形接合金物の形状に関して検討を行い、上記のような機能を持つ金物の形状が決定された。しかし、従来より使用されている羽子板ボルトのような、補助的な金物として、耐力に着目した場合、実用の可能性があるかという点については十分な検討を行っていなかったため、今回その点について検討した。

さらに、代表的な樹種について応力性状から挿入位置の検討も行った。本報はそれらについてまとめたものである。

目 的

「その1」¹⁾の形状決定の経緯をふまえて、丸くさび接合金物を使用して、代表的な樹種²⁾による接合部の挙動・応力性状から従来より使用されている羽子板ボルトのような補助的な接合金物（以下、補助金物という）として耐力に着目して実用の可能性があるか、また、その強度特性を明確にすることで応力性状が安定する挿入位置について実験的に検証することを目的とする。

丸くさび接合金物の取付法は、図 - 1 に示す。

なお丸くさび接合金物は図 - 1 に示すように、梁が柱に一方向差しタイプから、梁が柱に四方向差しタイプまで対応できる非露出形の金物である。図 - 2 に丸くさびの挿入位置を示す。

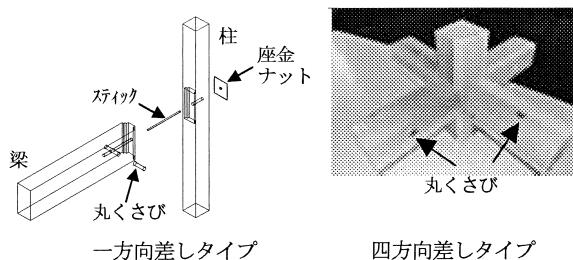


図 - 1 丸くさび接合金物取付法

試験体

1 試験樹種及び丸くさび接合金物

試験に使用した樹種及び金物を表 - 1 及び表 - 2 に示す。代表的な樹種として、採取方法については、極端な割れ・節のないものを採用する。

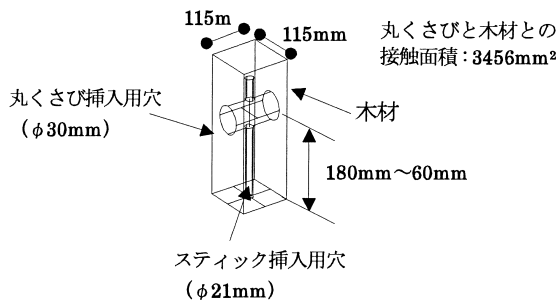


図 - 2 丸くさび挿入位置

表 - 1 試験樹種一覧

樹種	米松集成材	米松材	ヒバ材	杉材
等級	E170 F495 ひき板数5 対称異等級	甲種 一級	甲種 一級	甲種 一級
比重	0.52	0.53	0.47	0.44
圧縮応力度 (N/mm ²)	46.0	38.3	40.5	22.8
年輪密度 (本/cm)		7	11	4
含水率 (%)	15	23	23	41
寸法 (mm)	115 × 115 × 570			
挿入位置 (木口より: mm)	180, 160, 140, 120, 100, 60			
試験体数	各10 (挿入位置100, 60mm は各3)			

は平均値を示す

表 - 2 丸くさび接合金物

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

2 丸くさび接合金物の挿入位置の算定

国土交通省告示第1452号に定められる木材の基準強度及びスティックの材料強度をもとに算出した接合部の耐力(圧縮耐力・せん断耐力)とスティック引張耐力を表 - 3 にまとめる。

接合部の耐力は、表 - 3 よりスティックの引張耐力が60KN であるため、それ以上の耐力は期待できない。

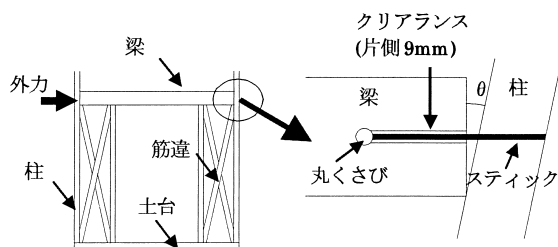


図 - 3 外力による接合部の変形

表 - 3 接合部の耐力とスティック引張耐力

樹種	挿入位置 (mm)	木材と丸くさびの接触箇所における		スティック引張耐力 (KN)
		圧縮耐力 (KN)	せん断耐力 (KN)	
米松集成材	180	130.6	149.0	60.0
	160		132.5	
	140		115.9	
	120		99.4	
	100		82.8	
	60		49.7	
米松材	180	93.3	99.4	60.0
	160		88.3	
	140		77.3	
	120		66.2	
	100		55.2	
	60		33.1	
ヒバ材	180	97.5	96.9	60.0
	160		77.3	
	140		67.6	
	120		58.0	
	100		48.3	
	60		29.0	
杉材	180	74.6	74.5	60.0
	160		66.2	
	140		58.0	
	120		49.7	
	100		41.4	
	60		24.8	

試験方法

丸くさび接合金物で施工された接合部は風・地震などの外力を受けた場合に、図 - 3 のような変形を起こす。

丸くさび接合金物は、その施工性と形状からスティック(φ12mm)とスティック挿入穴(φ21mm)の間にクリアランスがあり、引張力のみを負担するものと考えられるため引張試験により応力性状等の検討を行なう事とする。

試験は、図 - 4 に示すように上下に「丸くさび接合金物」を試験体に取り付け、装置に固定しスティックに引張力を加える。加力は、最大耐力を超え、最大耐力の80%に低下するまで荷重を加える単調増加方式とし、荷重及び変位は、ロードセル及び変位計(DG1~4)4本を用いて計測し、変位については、左右を

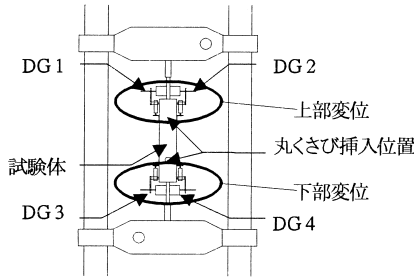


図 - 4 試験装置

平均し用いる。

丸くさび接合金物の挿入位置は、表 - 3 より圧縮耐力とせん断耐力を比較すると各樹種ともせん断耐力で決まり、その強度が安定する挿入位置は表 - 4 のように推測される。

表 - 4 挿入位置

樹種	挿入位置(mm)
米松集成材	120
米松材	120
ヒバ材	140
杉材	160

本稿においては、従来より用いられている羽子板ボルトとの強度特性の比較、施工性、及びシミュレーション等の基礎データ収集を考慮し、木口面から180,160,140,120,100,60mm、各々の位置に挿入し試験を行う。(図 - 4 参照)

試験結果

以下に各樹種における挿入位置別試験結果を示す。試験結果の最大耐力は各樹種における10体の平均値を示す。最大変位については、試験体1体につき、図 - 4 に示す上部変位、下部変位の2箇所とし、計20体の平均値を示す。

1 米松集成材

表 - 5 挿入位置別試験結果

挿入位置 (mm)	最大変位 (mm)	最大耐力 (KN)
180	8.11	56.48
160	8.33	58.06
140	8.39	56.06
120	4.89	43.22
100	7.06	45.22
60	7.28	31.14

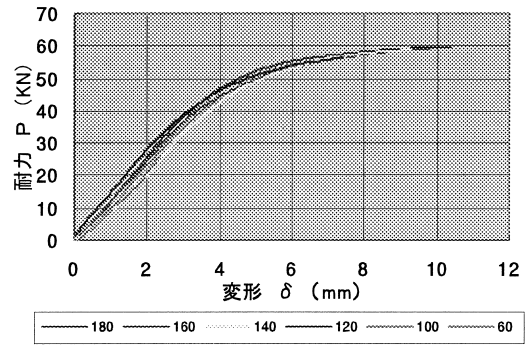


図 - 5 耐力・変形曲線

2 米松材

表 - 6 挿入位置別試験結果

挿入位置 (mm)	最大変位 (mm)	最大耐力 (KN)
180	9.95	55.40
160	7.21	55.23
140	7.62	54.98
120	8.16	52.58
100	12.50	43.82
60	6.73	27.72

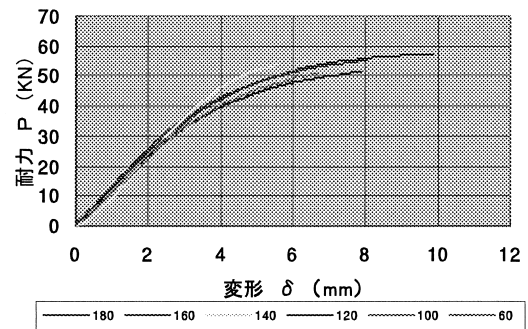


図 - 6 耐力・変形曲線

3 ヒバ材

表 - 7 挿入位置別試験結果

挿入位置 (mm)	最大変位 (mm)	最大耐力 (KN)
180	8.88	52.83
160	8.15	55.27
140	5.68	50.35
120	8.87	51.43
100	4.77	27.62
60	7.00	25.66

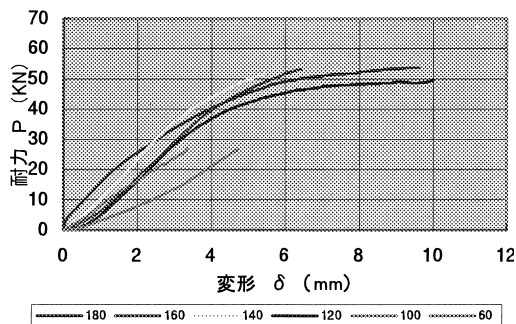


図 - 7 耐力・変形曲線

4 杉材

表 - 8 挿入位置別試験結果

挿入位置 (mm)	最大変位 (mm)	最大耐力 (KN)
180	15.64	44.54
160	11.28	52.30
140	10.71	46.59
120	10.52	41.48
100	6.38	32.67
60	2.76	18.89

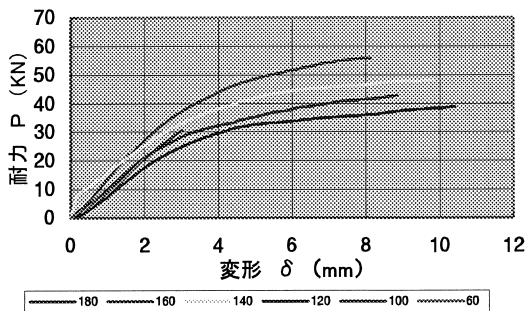


図 - 8 耐力・変形曲線

考 察

評価方法⁽³⁾については、試験結果に基づき、図 - 4 に示す上部変位 (DG - 1、DG - 2) の平均値と下部変位 (DG - 3、DG - 4) の平均値より変位を算出し、耐力・変形曲線 (図 - 9) を描き、「木造軸組工法建築物の許容応力度設計」による継手・仕口の評価法により評価した。

100~60mm については、木材のせん断破壊により短期基準接合部耐力が算出できないため、算出結果については120~180mm のみを記載した。

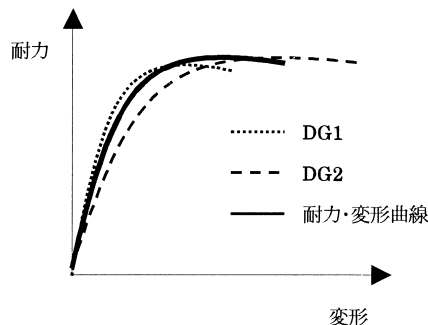


図 - 9 耐力・変形曲線の算出モデル

1 米松集成材

表 - 9 評価法による算出結果

挿入位置 (mm)	短期基準接合部耐力P(KN)	降伏耐力 P _y (KN)	降伏変位 delta _y (mm)	最大荷重の2/3の荷重 (KN)	初期剛性 K (KN/mm)
180	25.93	33.80	2.77	37.66	12.70
160	30.26	35.93	2.80	38.71	13.16
140	24.65	35.61	2.82	37.37	12.85
120	15.78	25.87	1.93	28.81	14.52

表 - 9 から初期剛性は、挿入位置180~120mm ではほぼ一定の13.20KN/mm の値を示した。

短期基準接合部耐力は、挿入位置180~160mm 間ではほぼ一定の29.91KN の値を示し、それを1.00とすると、140mm では0.82、120mm では0.53と低い値を示した。

上記より応力性状が安定する挿入位置は、160mm であると言える。

2 米松材

表 - 10 評価法による算出結果

挿入位置 (mm)	短期基準接合部耐力P(KN)	降伏耐力 P _y (KN)	降伏変位 delta _y (mm)	最大荷重の2/3の荷重 (KN)	初期剛性 K (KN/mm)
180	25.93	33.80	3.17	36.94	11.99
160	28.21	33.94	2.76	36.82	12.58
140	34.51	34.51	2.92	36.65	11.69
120	26.35	33.93	2.85	35.05	12.17

表 - 10 から初期剛性は、挿入位置180~120mm 間はほぼ一定の12.11KN/mm の値を示した。

短期基準接合部耐は、180~160mm では140mm に比べばらつきが大きいために0.78と低い値を示した。応力性状が安定する挿入位置は、160mm であると言える。

3 ヒバ材

表 - 11 評価法による算出結果

挿入位置 (mm)	短期基準 接合部耐 力P(KN)	降伏耐力 P γ(KN)	降伏変位 δγ(mm)	最大荷重 の2/3の 荷重(KN)	初期剛性 K (KN/mm)
180	26.63	37.05	3.73	35.22	10.24
160	24.51	38.04	3.50	35.84	11.04
140	16.39	34.51	2.92	33.57	12.67
120	19.15	33.98	3.25	34.29	10.64

表 - 11から初期剛性は、180～120mmでは平均11.15KN/mmの値を示した。

短期基準接合部耐力は、180～160mmでは25.45KNを示し、それを1.00とすると、140～120mmでは0.70と低い値を示した。

応力性状が安定する挿入位置は、160mmであると言える。

4 杉材

表 - 12 評価法による算出結果

挿入位置 (mm)	短期基準 接合部耐 力P(KN)	降伏耐力 P γ(KN)	降伏変位 δγ(mm)	最大荷重 の2/3の 荷重(KN)	初期剛性 K (KN/mm)
180	20.93	26.12	3.43	29.69	8.60
160	21.14	34.09	3.27	34.86	10.87
140	15.17	28.58	3.29	31.06	9.53
120	18.22	27.29	3.68	27.65	8.08

表 - 12から初期剛性は、180～120mmでは9.27KN/mmの値を示した。

短期基準接合部耐力は、180～160mmでは約21.04KNであるが、それを1.00とし、140～120mmは0.78と低い値を示した。

応力性状が安定する挿入位置は、160mmであると言える。

まとめ

考察より、以下の3点が明確になった。

- (1) 丸くさび接合金物の挿入位置は、各樹種とも木口面より160mm以上に挿入した方が良い。
- (2) 羽子板ボルト接合の許容引張耐力(7.5KN)³⁾¹⁴⁾以上の耐力を有するため、補助金物としてだけではなく、主たる力の授受を負わせることのできる構造的な金物(以下構造金物と言う)としての使用も考えられる。
- (3) 各樹種ともに初期剛性は、挿入位置との明確な

相関性はなく、180～120mmでほぼ一定の値を示す。

今後の課題として、木質構造接合において構造金物としての丸くさび接合金物の利用を考える場合、その剛性を高めるために木材と金物との接触面積の増加方法を検討しなければならない。さらに、柱 - 梁としてのフレームを構成し、その構造特性を明確にする必要がある。

謝 辞

本研究開発を進めるにあたり、共同研究者で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をはじめ、本実験にかかわった当校建築科構造系修了生に深く感謝いたします。

[参考文献]

- (1) 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1 形状決定に関する経緯
職業能力開発報文誌第14巻第2号
- (2) 木質構造設計規準(同解説) 社団法人日本建築学会
- (3) 国土交通省告示第1460号
- (4) 木造軸組工法建築物の許容応力度設計
財団法人日本住宅・木材技術センター