

4) - 2 スクリュー接合による木質ラーメン構造の耐震設計法に関する研究【持続可能】

Study on seismic design method for wooden semi-rigid frame jointed by screws with steel plate

(研究開発期間 平成 29～令和元年度)

材料研究グループ

Dept. of Building Materials and Components

秋山信彦 (平成 29～30 年度)

AKIYAMA Nobuhiko

槌本敬大 (令和元年度)

TSUCHIMOTO Takahiro

The aim of this research is to establish a seismic design method for semi-rigid glulam structures jointed by screws with steel plate. The cyclic loading tests were conducted to investigate mechanical behavior of multi-screwed moment resisting joint with steel side plate. From the results of these tests and analysis, the coupled frame construction method was proposed and the frames by this method consisted interior or exterior beam-column joint were subjected to lateral load to grasp the structural properties.

[研究開発の目的及び経過]

持続可能な社会形成に対する貢献のため、温室効果ガス削減などの環境問題に対する取組みのひとつとして、建築分野では木材利用の推進が位置づけられている。この中で、我が国では、平成 22 年には公共建築物等利用促進法が公布されるなど、木造率の低い非住宅規模・用途の大型建築物の木造化を進めることが社会的なテーマとなっている。木質ラーメン構造は、空間利用上の理由から大空間・大開口を要する大型建築物において標準架構のひとつとなり得るため、耐震設計法の整備が求められている。従来、木質ラーメン構造の柱脚部や梁端部のモーメント抵抗接合部にはボルト接合やドリフトピン接合が用いられてきたが、住宅産業において電動工具で打込み可能として施工性に優れることや釘と比して高接合性能を得られることなどの理由から急速に普及するスクリュー接合の導入は有効であり、これに対する耐震設計法の整備も必要である。

そこで、本研究では施工性や接合性能に優れるスクリュー接合を用いた集成材によるモーメント抵抗接合部を対象に耐震設計法の確立を目的として検討を行った。

[研究開発の内容]

本研究では以下の項目について検討を行った。

- 1) スクリュー接合の正負繰返し荷重条件下における荷重変形特性の検討
- 2) ドリフトピン接合に対する代用可能性の検討
- 3) スクリュー接合によるモーメント抵抗接合の推奨仕様の検討
- 4) スクリュー接合を用いた木質ラーメン架構の構造特性と接合部の強度特性の関係性の検討

[研究開発の結果]

- 1) スクリュー接合の正負繰返し荷重条件下における荷重変形特性の検討

耐震要素としての利用する場合の正負繰返し荷重条件下における変形性能を把握するため、破断防止と施工性に配慮して径 8mm×長さ 90mm のスクリューを選定し鋼板添え板 1 面せん断接合による単位接合部実験を実施した。図 1 はその結果の一例であり、繊維平行方向のものは変位 12～15mm 程度、繊維直交方向のものは 20mm 程度で、鋼板接触部でスクリューが破断して耐力を消失することが分かった。

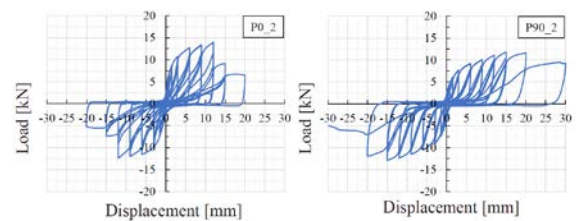


図 1 スクリュー 1 本当りの荷重変形関係
(左：繊維平行方向 / 右：繊維直交方向)

この単位接合部を用いて、接合具ピッチ等を変えた複数の仕様の矩形配置の単位モーメント抵抗接合部に対して正負交番繰返し加力による曲げ実験を実施した。図 2 はその結果の一例で、繊維方向の接合具ピッチが構造設計や指針類においてドリフトピン接合に対して規定される最低基準である 7d (左) と 1.5 倍程度伸長した 12d (右) のモーメント回転角関係の正側包絡線であり、単位接合部実験の結果を用いた推定値とともに示した。いずれの場合も 1/100～1/50rad 程度で耐力の低下が確認で

き、これは材縁に近い繊維方向に並ぶ接合具列において発生する割裂破壊が原因であるが、接合具ピッチの伸長による有効性は認められなかった。一方で、全ねじビスによって割裂補強した仕様では割裂破壊にすることなく推定値とほぼ同様の挙動を示すことが確認され、単位接合部から単位モーメント抵抗接合部の荷重変形挙動の推定可能性が検証された。

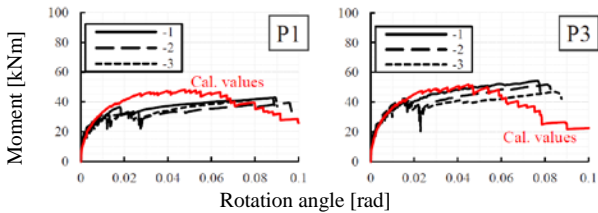


図2 モーメント回転角関係の正側包絡線
(左：接合部ピッチ 7d / 右：接合部ピッチ 12d)

2) ドリフトピン接合に対する代用可能性の検討

木質ラーメン構造で汎用されるドリフトピン接合と荷重変形特性を比較し、代用可能性を検討した。図3は、別途実施したドリフトピン接合による単位モーメント接合とスクリュー接合によるものの比較である。尚、モーメントは 0.01rad 時のモーメントで基準化してある。この結果より、スクリュー接合は初期剛性の立上りは高く、塑性後の荷重上昇が大きい傾向であることが確認された。図4は、単位接合に関する比較である。ドリフトピン接合は、ピン径 12mm で鋼材 SS400、集成材幅 210mm を仮定した。後述するように本接合を 2 材合せで用いることを想定すると、耐力は低減率が 0.5 程度のため同程度になるが、剛性は 0.5 未満でやや低くなる試算がされた。

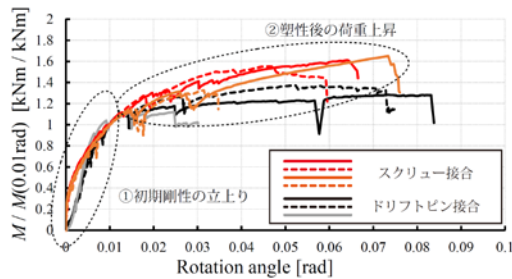


図3 単位モーメント抵抗接合のドリフトピン接合との比較

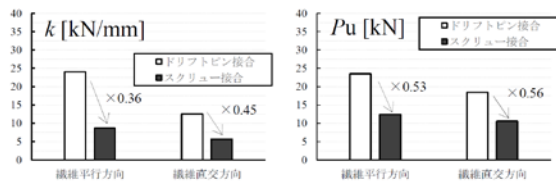


図4 単位接合部のドリフトピン接合との比較
(左：初期剛性 / 右：終局耐力)

3) スクリュー接合によるモーメント抵抗接合の推奨仕様の検討

4) スクリュー接合を用いた木質ラーメン架構の構造特性と接合部の強度特性の関係性の検討

構造性能や意匠性、防耐火性能を考慮して、図5に示すように鋼板留め付け面を内側にした 2 材合せ仕様が合理的と考えた。部分架構実験として、十字形とト形のフレーム実験を行い、力学的挙動を把握した。

架構の塑性率は、接合部の塑性率に対して 6、7 割程度に低下した。これに応じて短期許容耐力の評価指標のうちの終局時の耐力・変形能を考慮する特性値の降伏耐力に対する比率を見ると 8 割程度に低下した。これは部材の弾性変形分によるものだが、接合部の許容耐力の評価時にはこの低減を考慮する必要があることが分かった。

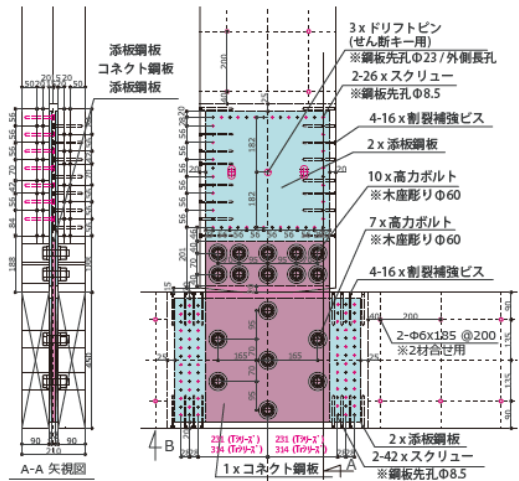


図5 接合部の構成例 (ト形)

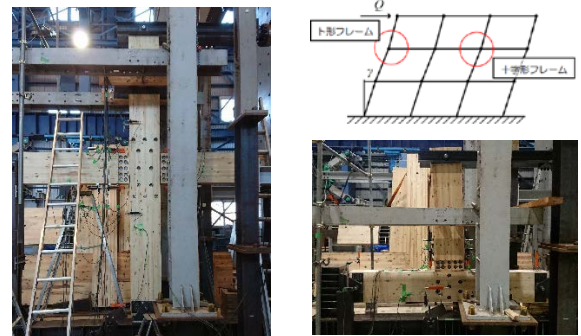


図6 部分架構実験

表1 接合部と架構の特性値

接合部	K [kN/rad]	My [kNm]		0.2Mu / Ds [kNm]		Mu [kNm]	θu [rad]
		ト形	十字形	ト形	十字形		
ト形	16116	93.7	122 (1.0)	122 (1.3)	189 (2.0)	0.067	5.70
十字形	15785	94.7	128 (1.3)	80.2 (0.85)	166 (1.8)	0.036	3.43
架構	R [BS]	Q1/150 [BS]	Qy [BS]	2/3Qmax [BS]	0.2Qu / Ds [BS]	Qu [BS]	γu [rad]
	ト形	5551	45.1 (0.88)	51.1	81.0 (1.0)	52.1 (1.0)	104 (2.0)
十字形	4461	31.8 (0.66)	47.8	63.0 (1.3)	32.6 (0.69)	82.6 (1.7)	0.045

※ K: R: 初期剛性, Qy, My: 降伏耐力, Qu, Mu / γu, θu: 終局耐力 / 変形 (回転) 角, Q1/150: 1/150rad時の耐力, Qmax, Mmax: 最大耐力, μ: 塑性率, Ds: $1/(2\mu)^{0.5}$

※ () 内の数値は降伏耐力に対する比率