

鋼板添板ラグスクリュー接合における先穴仕様 および千鳥配置の影響

戸田 正彦, 富高 亮介, 村上 了

Influence of pre-hole specification and zigzag arrangement in lag screw joints with steel side plates

Masahiko TODA, Ryosuke TOMITAKA, Satoru MURAKAMI

Keywords : yield strength, ultimate strength, initial stiffness, ductility factor

キーワード : 降伏耐力, 終局耐力, 初期剛性, 塑性率

本研究では、ラグスクリューを対象として、先穴仕様の違いによる影響、および1列に多数本配置した場合の千鳥配置による効果について検討した。その結果、標準的な配置においては先穴を簡便に1段であけることによって、降伏耐力や終局耐力が1割～2割低下したが、それ以外の指標では明確な差は認められなかった。また、千鳥配置にすることによって、降伏耐力や初期剛性は変化しないが、終局耐力および塑性率が向上する傾向が認められた。また端距離や接合具間隔が不足している場合には、千鳥配置することで降伏耐力は向上し、接合具間隔が不足していても端距離が十分にあれば接合性能の低下はそれほど大きくないことが確認された。

1. はじめに

一般に木質構造における釘やボルト、ドリフトピン、ラグスクリューなどの接合具を用いた接合部は接合具を1本ではなく複数本を配置して設計される。木質構造設計規準には、これら接合具の配置に関して、材縁端までの距離および接合具同士の間隔の制限値を設けている¹⁾。同規準では先穴を通常設けない釘などの場合は、先穴を設けるボルトなどに比べてこれらの距離が大きく設定されているが、釘の場合は、木材繊維に対して乱に打つことが望ましいともされている。これは釘打ちの際にわずかながらも木材に割れが発生し、これらが連結することによって割裂破壊が生じやすくなるためと考えられる。

ラグスクリュー (第1図) は、その構造上、2段階の先穴をあけるのが望ましいとされている。すなわち胴部は胴径と同径、ねじ部は胴径の6～8割程度の径である。しかし加工手間を省略するためにねじ部に対応する径の穴を1段階で全長にあける場合もあり、釘と同様に初期の割れの発生および接合性能の低下が懸念される。また配置を千鳥 (ジグザグ状)

とすることで割裂の連結が回避され、終局耐力の向上が期待できるが、千鳥の幅をどの程度にすれば有効となるかについてはこれまでほとんど検討が行われていない。

本研究では、鋼板添板ラグスクリュー接合における先穴仕様および複数本配置した場合の千鳥配置の影響について実験による検討を行った。

なお本報告の一部は、日本木材学会 (2019年3月、北海道) で発表した²⁾。

2. 試験体および試験方法

2.1 試験体

主材にはカラマツ集成材 (同一等級E85-F300相当、断面寸法105×120mm、平均比重0.55、平均含水率12%) を用いた。側材には鋼板 (SS400、厚さ12mm)、ラグスクリューは直径 (以下、 d) が12mm、長さが110mmのものを用いた。先穴径は、鋼板に13mm、主材には12mm+8mmの2段穴、または8mmの1段穴とした。ラグスクリューは板目面にインパクトレンチを用いて打ち込んだ後、摩擦が生

じないように調整した。試験体数は各6である。

ラグスクリューの配置のうち、端距離 (e) および接合具間隔 (s) とともに設計規準を満たす直径の7倍の仕様 (以下7e7s) と、それを下回る直径の5倍の仕様 (同5e5s) , 端距離7d・間隔5dの仕様 (同7e5s) の3種類とし、千鳥幅はラグスクリューの直径の0, 0.5, 1.0, 1.5倍の4種類とした (第2図)。

2.2 試験方法

強度試験は油圧シリンダを使用した試験機を用いて、ロードセル (容量200kN) で荷重値を検出するとともに、定格容量50mmの変位変換器を使用して鋼板と主材間の変位を計測した (第3図)。加力は単調増加とし、最大荷重の80%に低下するまで加力した。

3. 結果と考察

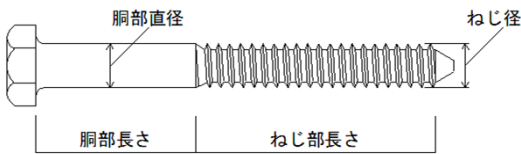
3.1 破壊形態と荷重-変形の関係

代表的な荷重-変位曲線を第4図に示す。いずれも初期の弾性域を経て降伏後に最大荷重に達したあと緩やかに荷重が低下していく挙動が観察された。概

ね最大荷重の20%~40%間で比例関係が認められたため、これを弾性域とみなして完全弾塑性モデル化を行い、降伏耐力、終局耐力、初期剛性、塑性率を算定した。試験結果を表1に示す。また主な破壊形態を第5図に示す。すべての試験体でラグスクリューの打ち込み部から割裂が発生し、ラグスクリューは概ね曲げ降伏していたが、破断したものはなかった。先穴を1段階であけた試験体のうちの2割程度でラグスクリュー打ち込み時に割れが発生していたが、終局的な破壊形態には差は見られなかった。また千鳥幅を大きくすることによって割裂の連結は減少したが、繊維傾斜によっては径と同じ千鳥幅としても割れがつながる場合が見られた。

3.2 先穴の加工仕様による影響

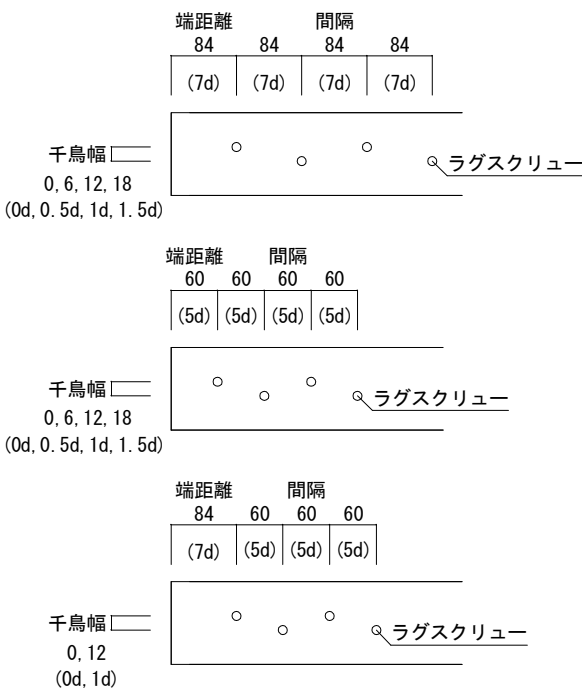
各接合性能を先穴の加工仕様ごとに比較した結果を第6図に示す。千鳥幅が0の条件では、木材側の先



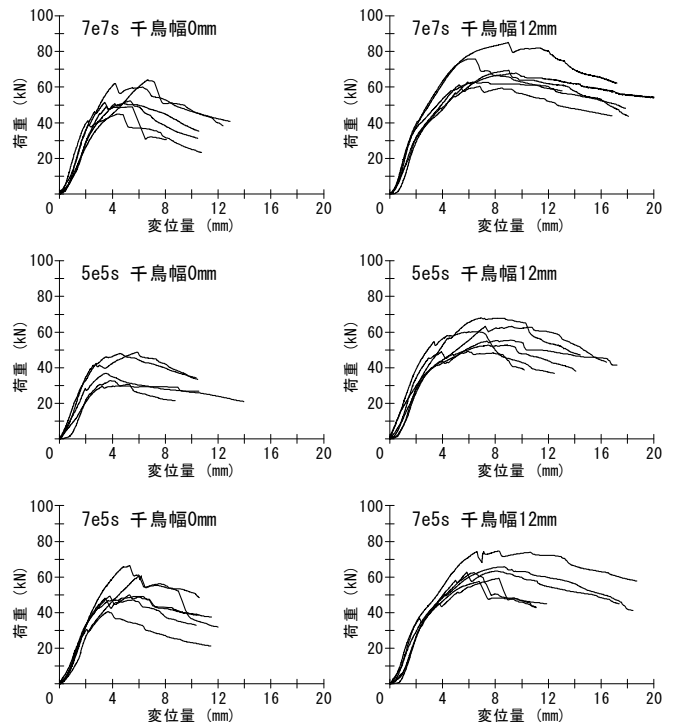
第1図 ラグスクリューの形状



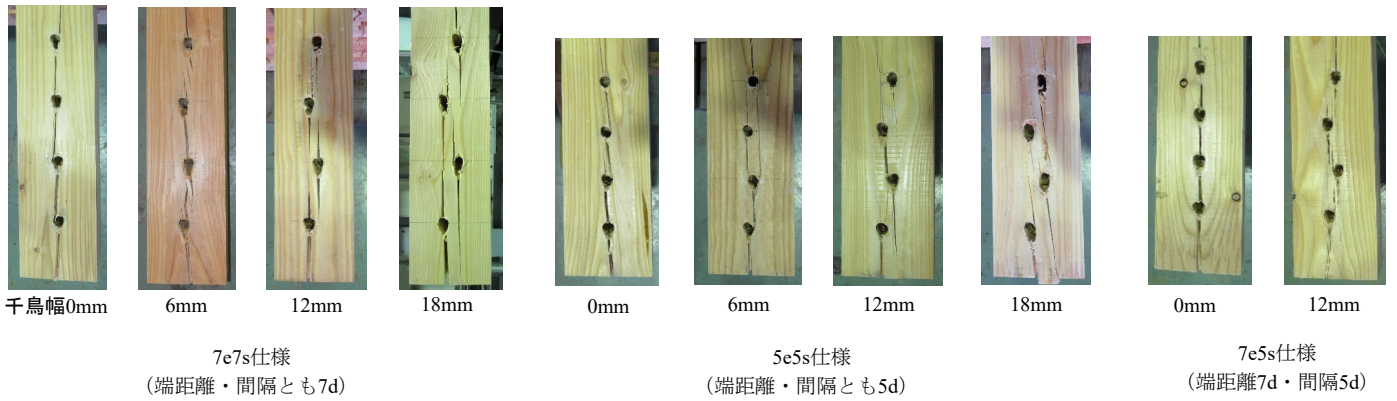
第3図 試験実施状況



第2図 ラグスクリューの配置 (単位: mm)



第4図 主な荷重と変位量の関係曲線 (1段穴)



第5図 主な破壊形態（1段穴）

第1表 試験結果

端距離	間隔	千鳥幅 (mm)	段数	最大耐力 P_{max} (kN)		降伏耐力 P_y (kN)		終局耐力 P_u (kN)		初期剛性 K (kN/mm)		塑性率 μ	
				Av.	SD	Av.	SD	Av.	SD	Av.	SD	Av.	SD
7d	7d	0	1	13.57	1.82	8.19	0.85	11.96	1.44	4.13	0.67	2.65	0.60
			2	16.63	2.64	8.97	0.50	14.50	2.26	3.90	0.83	2.73	0.90
		6	1	16.41	3.62	8.54	0.62	14.37	2.92	3.93	0.32	3.57	0.92
			2	16.90	1.75	9.18	0.84	14.56	2.23	4.27	0.38	3.34	0.78
		12	1	17.58	2.22	8.46	0.53	15.57	1.88	4.38	0.65	4.27	1.04
			2	18.73	1.86	8.82	1.21	16.52	1.65	4.23	0.52	3.52	0.62
		18	1	17.81	1.54	8.49	0.79	15.78	1.82	4.48	0.38	4.37	0.90
			2	18.87	2.97	10.47	1.47	17.16	2.66	4.13	0.57	3.65	0.53
5d	5d	0	1	9.81	2.17	6.65	0.91	8.71	1.97	3.55	0.84	3.36	0.79
			2	10.51	1.33	7.45	0.93	9.60	1.30	4.83	0.60	4.06	1.77
		6	1	12.38	1.52	7.30	1.00	10.92	1.25	3.96	0.55	4.14	0.82
			2	12.38	0.84	7.51	0.81	10.94	0.75	4.07	0.28	3.90	0.60
		12	1	14.53	1.75	8.55	0.34	13.19	1.59	3.87	0.66	3.63	0.87
			2	13.90	1.70	8.29	0.91	12.38	1.58	4.39	0.69	4.33	1.23
		18	1	16.95	1.20	8.94	0.56	15.07	1.03	3.61	0.29	3.46	1.07
			2	13.18	2.32	8.29	1.02	11.49	1.86	3.94	0.33	3.00	0.55
7d	5d	0	1	13.18	2.32	8.29	1.02	11.49	1.86	3.94	0.33	3.00	0.55
		12	1	15.97	1.51	8.49	0.42	13.92	1.69	3.76	0.45	3.35	0.86

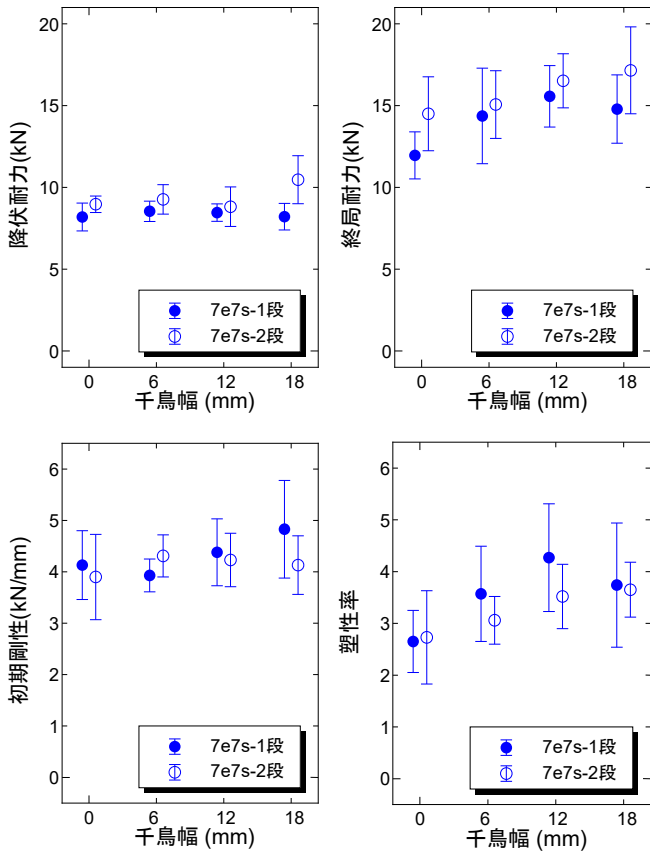
※Av. : 平均、SD : 標準偏差

穴を1段階であけた場合は2段階であけた場合に比べて降伏耐力および終局耐力が1~2割程度低下したが、千鳥配置にすることによってこれらの差は減少することが確認された。また7e7s仕様では、初期剛性や塑性率は大きな低下は認められなかった。1段穴でのラグスクリュー打ち込み時に割れの発生が確認されたが、割れの幅が小さかったことおよび縁距離が十分に確保されていたことから支圧性能の低下には至らなかったと考えられる。これに対して5e5s仕様では、すべての性能が1段穴で低下していたが、千鳥配置にすることによって差が減少することが確認された（第1表）。一方で、電動インパクトレンチによる打ち込み作業は、2段穴とすることによって作業効率が向上した。

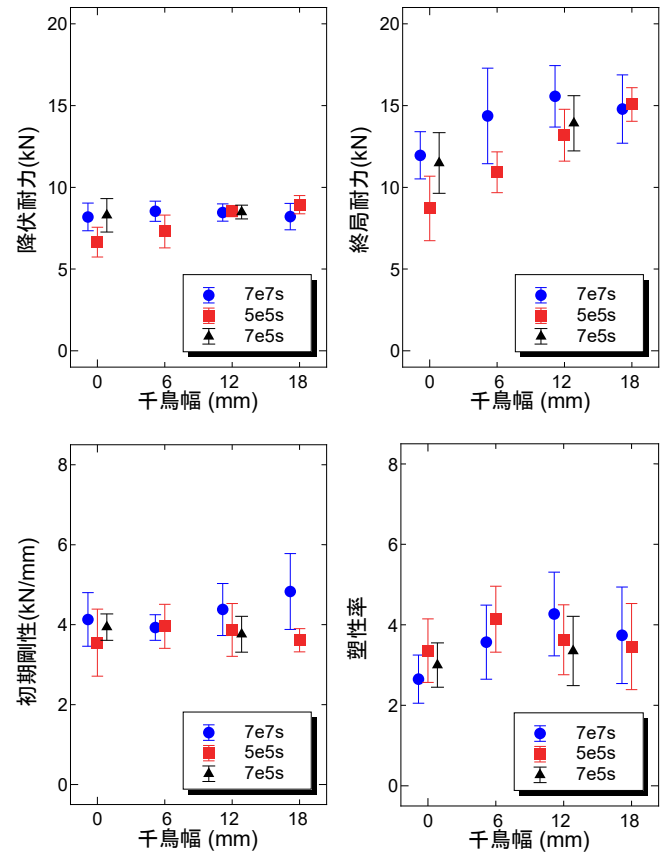
3.3 端距離および接合具間隔

端距離および接合具間隔の異なる3仕様について性能比較した結果を第7図に示す。

7e7s仕様では、千鳥配置にすることによって降伏耐力や初期剛性は変化しないが、終局耐力や塑性率は千鳥幅に応じて向上する傾向が認められた。ただし、千鳥幅がラグスクリューの径より大きくなると効果は頭打ちになる傾向がうかがえた。また5e5s仕様は千鳥配置にしない場合は7e7s仕様と比べて降伏耐力や終局耐力が低かったが、千鳥配置にすることによって性能が同程度まで向上することが認められた。さらに7e5s仕様は千鳥幅が0mmであっても7e7s仕様とほぼ同等の性能が得られていた。したがって、部材寸法によって端距離や接合具間隔が設計規準を



第6図 先穴仕様と接合性能の関係



第7図 端距離・接合具間隔および千鳥幅と接合性能の関係 (1段穴)

満たせない場合は、端距離の確保を優先することによって性能低下の抑制が可能であると考えられる。

4. おわりに

本研究では、鋼板添板ラグスクリュー接合を対象として、先穴仕様の違いによる影響、および千鳥配置による効果について検討した。その結果、設計基準で推奨されているように胴部とねじ部とで2段階の先穴をあける仕様に比べて、ねじ部に対応する径で1段階で簡便にあける仕様は、降伏耐力や終局耐力が1~2割弱低下したが、初期剛性や塑性率では明確な差は認められなかった。また、千鳥配置にすることによって、降伏耐力や初期剛性は変化しないが、終局耐力および塑性率が向上する傾向が認められた。また端距離や接合具間隔が不足している場合には、千鳥配置にすることで降伏耐力が向上する場合があることが認められた。また接合具間隔が不足していても端距離が十分にあれば接合性能の低下はそれほど大きくないことが確認された。

謝辞

本研究は、科学研究費補助金 (H28-30 基盤(C) 16K07815 : 戸田正彦) により実施した。

参考文献

- 1) 日本建築学会: ”木質構造設計規準・同解説—許容応力度・許容耐力設計法—“, 日本建築学会, pp.26-66 (2006).
- 2) 戸田正彦, 富高亮介, 村上了: 鋼板添板ラグスクリュー接合における千鳥配置の影響, 日本木材学会大会研究発表要旨集, 函館 (2019).

—性能部 構造・環境グループ
(原稿受理: 2022. 11. 16)