

木質構造における木ねじ接合部の一面せん断耐力の推定

降伏耐力 降伏モード 終局耐力
降伏理論 支圧強度 終局変位

正会員 ○河寄 みき*
正会員 名波 直道**
正会員 安村 基***

1. 緒言 近年、木ねじは木質構造耐力壁や水平構面等における接合に使用されるようになり、今後更なる使用増加が予想される。一方、降伏理論(EYT)¹⁾は曲げ降伏型接合部の耐力算定に広く用いられており、木ねじ接合部に関しても適用可能と考えられる。本研究では、木ねじ接合部の一面せん断試験を行い、その結果と降伏理論による耐力の計算値を比較し、降伏理論の適用性を検討した。

2. 実験

2.1 接合部一面せん断試験 図1に示すような S-P-F204 主材の両面に側材を木ねじ 4 本で緊結した試験体を用意した。側材と木ねじの組合せを表 1 に示す。木ねじは、写真 1 に示すような JIS B 1112²⁾に準拠した市販の十字穴付き木ねじであり、呼び径 3.8 および 4.5mm のものを使用した。これらは胴部を持つ 2 条ねじであった。合板は、9mm 厚 3ply および 15mm 厚 5ply の構造用合板 JAS 特類 2 級ラージ(気乾密度 604~667kg/m³, 平均密度 636kg/m³)を使用した。製材は S-P-F204 材(気乾密度 460~498kg/m³, 平均密度 476kg/m³)を、鋼板は SS400 一般構造用圧延鋼板 4.2mm 厚(JIS G 3101)を使用した。木ねじの先行穴径は主材・各側材とも 1.5mm(3.8mm の 0.39 倍, 4.5mm の 0.33 倍)とした。せん断試験は、強度万能試験機(島津製作所製オートグラフ AG-1)を用いて一方向引張加力試験を行い、その結果より求めた終局変位 Du をもとに ISO 16670³⁾に準拠した変位履歴を作成し、正負繰返し加力試験を行った。加力方向は主材・側材(合板は表層単板)の繊維方向と平行とした。

2.2 合板・製材のめり込み試験 主材・側材の支圧強度を求めるためにめり込み試験を行った。接合部試験に用いた主材・側材と同様の合板・製材を用いて、図 2 のように試験体の長手方向端部から 50mm の位置に接合具を半分長さとなるように設置した。接合部試験では、側材に打ち込まれた木ねじの部分は胴部となるため、これとほぼ同径の鉄釘を使用した。各試験体の先行穴径は 1.5mm

表 1. 接合部一面せん断試験体の仕様

試験体	側材	側材厚 (mm)	木ねじ		
			頭部形状	公称寸法(mm)	
				呼び径 長さ	
09P38	構造用合板特類2級 (ラージ)	9	皿	3.8	32
09P45				4.5	
15P38				3.8	
15P45	S-P-F製材	15	丸	4.5	38
20L45				4.5	
04S38				SS400鋼板	

写真 1. 木ねじの一例
上: 4.5×38mm 皿木ねじ
下: 3.8×25mm 丸木ねじ

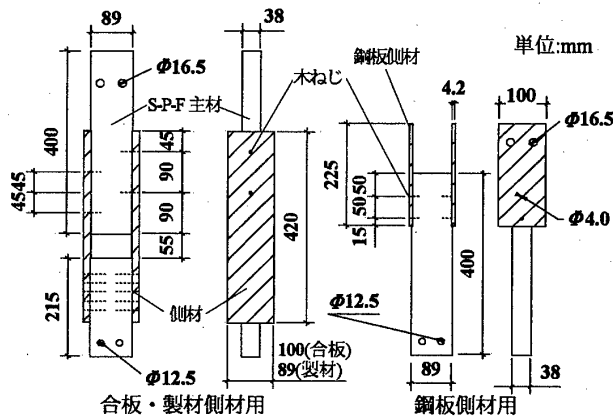


図 1. 接合部一面せん断試験体概要

とした。めり込み試験は欧州規格 EN 383⁴⁾に準拠して強度万能試験機により引張方式で行った。

2.3 木ねじの曲げ試験 木ねじの降伏強度を求めるために曲げ試験を行った。試験には 3.8×38 および 4.5×50mm の皿木ねじを使用し、強度万能試験機を用いて 3 点曲げ試験を行った。スパンは 3.8 および 4.5mm 径木ねじに対してそれぞれ 30mm(有効径の 10.5 倍)および 38mm(同 11.3 倍)とした。木ねじの有効径は、投影面積の比および欧州規格 Eurocode 5⁵⁾を参考に呼び径の 0.75 倍とした。

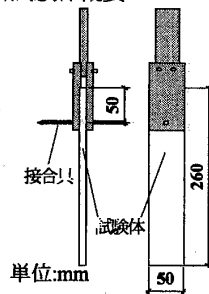


図 2. めり込み試験体概要

3. 結果および考察 正負繰返し試験における各試験体の荷重-変位関係の例を図 3 に示す。図には荷重-変位曲線における各設定変位第 1 サイクルの頂点を結んだ第 1 包絡線も併せて示した。この包絡線より求めた各耐力・変形性能の結果を表 2 に示す。評価は以下の方法で行った。第 1 包絡線上で最大荷重の 10 および 30%の荷重を示す点を結んだ直線をもとに、5% off-set 法にて降伏点を決定した。off-set 量は木ねじの有効径をもとにした。終局耐力 Pu は、降伏点を通る完全弾塑性バイリニア型直線より求めた終局変位 Du までのエネルギー吸収が、包絡線のそれと等しくなるよう決定した。

合板および製材側材については、15P38 の最大耐力や粘りが小さいものの、他の試験体では荷重-変位関係がほぼ同様の形状を示した。鋼板側材では最大耐力を示した後、荷重が急激に減少しており、粘りのないことがわかる。同一側材試験体では 3.8mm 径よりも 4.5mm 径試

験体の方が高い耐力を示した。4.5mm 径試験体では側材による耐力の差はあまり見られなかったが、3.8mm 径試験体では 15mm 合板に比べ 9mm 合板の方がやや高い耐力を示した。降伏耐力 P_y と P_u の関係を図 4 に示す。側材および木ねじ径の種類・組合せによらず、 P_u は P_y の約 2 倍程度の値を示した。

降伏モードについては、09P45 では木ねじが降伏しないモードⅡと 1箇所降伏するモードⅢが同程度見られたが、その他の試験体ではモードⅢがほとんどであった。破壊性状は 15P38 および鋼板側材で木ねじの破断が 90%以上を占めたが、15P45 および製材では 55~65%程度であり、木ねじの抜けも多く見られた。9mm 合板では 70~80%程度が木ねじの抜けであった。正負加力の繰り返しに伴って、ねじ部が主材と噛み合うことにより、木ねじが抜けていく現象が生じたと考えられる。

降伏理論により接合部の耐力およびモードを算出するため、めり込み試験から主材・側材の支圧強度を、木ねじの曲げ試験から降伏・終局強度を求めた⁵⁾。めり込み試験の荷重-変位曲線における初期勾配直線をもとに、5% off-set 法で決定した荷重より降伏支圧強度 $F_{e5\%}$ を求めた。同様に、変位 5mm までの最大荷重から終局支圧強度 F_{e5mm} を求めた。また、木ねじの曲げ試験の荷重-変位曲線における初期勾配直線と、その 1/6 の傾きを持ち荷重-変位曲線に接する直線との交点の荷重から降伏強度 $F_{1/6}$ を求めた。同様に、最大荷重から終局強度 F_{max} を求めた。

降伏理論により、 $F_{e5\%}$ および $F_{1/6}$ を用いて接合部の降伏耐力 $F_{y5\%,1/6}$ を、 F_{e5mm} および F_{max} を用いて終局耐力 $F_{y5mm,max}$ を求めた。 $F_{y5\%,1/6}$ と実験による P_y および $F_{y5mm,max}$ と実験による P_u の比較をそれぞれ図 5 および 6 に示す。何れにおいても、実験値と計算値が比較的近い値を示した。よって、 $F_{y5\%,1/6}$ により P_y が、 $F_{y5mm,max}$ により P_u がある程度推定可能であると考えられる。

降伏理論による降伏モードは、 $F_{y5\%,1/6}$

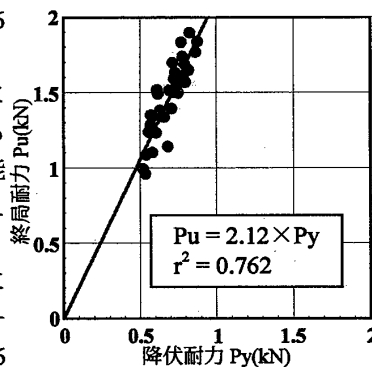


図 4. 正負繰り返し試験における降伏耐力と終局耐力の関係

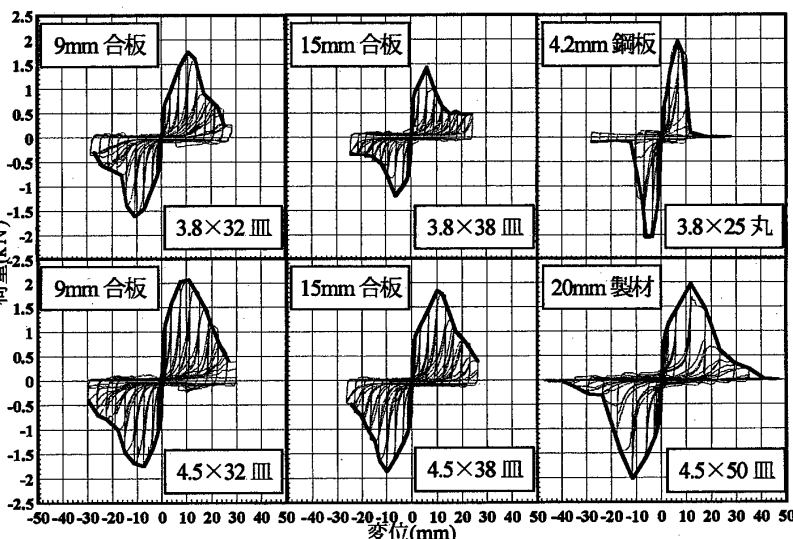


図 3. 正負繰り返し試験における荷重-変位関係および第一包絡線

表 2. 接合部正負繰り返し加力一面せん断試験結果(1本あたり)

試験体名	降伏耐力	降伏変位	最大耐力	最大変位	終局耐力	終局変位
	P_y (kN)	D_y (mm)	P_{max} (kN)	D_{max} (mm)	P_u (kN)	D_u (mm)
09P38	0.589	0.658	1.73	10.2	1.32	13.6
	(0.036)	(0.110)	(0.07)	(1.44)	(0.05)	(1.44)
09P45	0.728	0.564	2.00	9.43	1.56	13.6
	(0.084)	(0.149)	(0.18)	(1.28)	(0.11)	(2.47)
15P38	0.578	0.460	1.33	6.41	1.09	9.37
	(0.060)	(0.028)	(0.11)	(0.60)	(0.10)	(1.87)
15P45	0.761	0.569	1.94	9.03	1.55	12.1
	(0.058)	(0.042)	(0.24)	(1.35)	(0.13)	(1.22)
20L45	0.764	0.628	2.10	11.1	1.60	15.8
	(0.067)	(0.013)	(0.24)	(1.82)	(0.12)	(2.61)
04S38	0.739	1.051	2.06	6.91	1.72	8.28
	(0.074)	(0.096)	(0.14)	(0.76)	(0.14)	(0.98)

()内は標準偏差

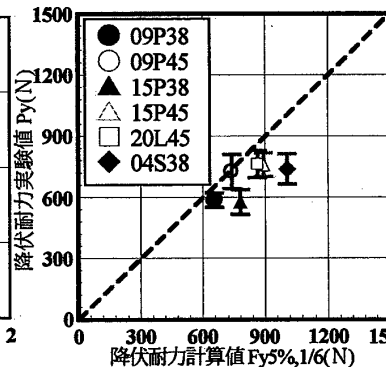


図 5. 降伏耐力の計算値と正負繰り返し試験における実験値の比較

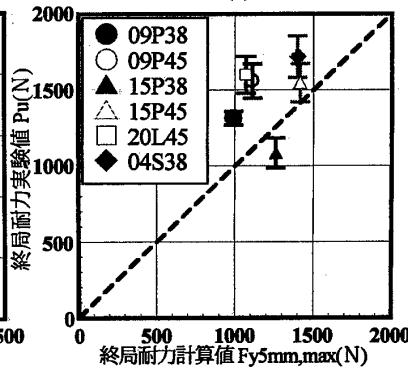


図 6. 終局耐力の計算値と正負繰り返し試験における実験値の比較

* 静岡大学大学院農学研究科 大学院生
 ** 静岡大学農学部環境森林科学科 助教授・農博
 *** 静岡大学農学部環境森林科学科 教授・農博

Graduate Student, Graduate School of Agriculture, Shizuoka Univ.
 Assoc. Prof., Dept. of Environment and Forest Resources Science, Faculty of Agriculture, Shizuoka Univ., Dr. Agr
 Prof., Dept. of Environment and Forest Resources Science, Faculty of Agriculture, Shizuoka Univ., Dr. Agr