

3

データ（部位）

本設計データは、木質材料と接合具の組み合わせた個別の部位について実証実験を行い得られた構造設計用のデータである。データシートのリストを以下に示す。

本設計データの見方については **1.4 「データシート」** の見方を参照のこと。

「データシート」リスト

INDEX	仕様	母材の種類	樹種	強度	寸法		タイプ等			掲載頁		
					断面寸法	その他	接合具					
							種類	本数				
接合具	ラグスクリュールボルト (LSB)	集成材	スギ	E65-F255	120 × 240	× 1500		LSB	4本		38	
		集成材	スギ	E65-F255	150 × 240	× 1500		LSB	4本		40	
		集成材	スギ	E65-F255	190 × 240	× 1400		LSB	4本		42	
		集成材	スギ	E65-F255	200 × 240	× 1400		LSB	6本		44	
		集成材	スギ	E65-F255	30 × 150	× 150		LSB	1本		46	
		集成材	カラマツ	E95-F315	120 × 240	× 1500		LSB	4本		50	
		集成材	カラマツ	E95-F315	150 × 240	× 1500		LSB	4本		52	
		集成材	カラマツ	E95-F315	190 × 240	× 1400		LSB	4本		54	
		集成材	カラマツ	E95-F315	200 × 240	× 1400		LSB	6本		56	
		集成材	カラマツ	E95-F315	30 × 150	× 150		LSB	1本		58	
		LVL	カラマツ	120E-1 級	150 × 240	× 1400		LSB	4本		62	
		LVL	カラマツ	120E-1 級	120 × 120	× 1400		LSB	1本		64	
		LVL	カラマツ	120E-1 級	150 × 150	× 1400		LSB	2本		66	
		LVL	カラマツ	120E-1 級	120 × 500	× 700	繊維直行方向	LSB			68	
	LVL	カラマツ	120E-1 級	30 × 150	× 150		LSB	1本		70		
	構造用ビス	集成材	カラマツ	E105-F300	主材 200 × 90	側材① 176 × 60、側材 176 × 54	主材繊維方向に対する加力方向 0°・90°	長ビス (パネルリード X)				80
		集成材パネル	スギ	E65-F255	主材 120 × 180	側材 120 × 90	主材：カラマツ E95-F270	長ビス (ASSY 3.0SK)	4本	胴部径 8.0		84
		集成材パネル	スギ	E65-F255	主材 120 × 180	側材 120 × 90	主材：カラマツ E95-F270	長ビス (ASSY 3.0SK)	4本	胴部径 6.0		86
		集成材パネル	スギ	E65-F255	主材 200 × 90	側材 150 × 90	主材：カラマツ E95-F270	長ビス (ASSY plug VG)	8本	打ち込み角度 45°		88
		集成材パネル	スギ	E65-F255	主材 200 × 90	側材 150 × 90	主材：カラマツ E95-F270	長ビス (YD-R90)	8本	平打ち		90
木栓 (シラカシ)	集成材	カラマツ	E105-F300	主材 200 × 90	側材 200 × 60	主材繊維方向に対する加力方向 0°・90°	木栓		φ 24		96	
	集成材	カラマツ	E105-F300	主材 200 × 90	側材 200 × 60	主材繊維方向に対する加力方向 0°・90°	木栓		φ 18		100	
接着剤併用ビス	LVL	カラマツ	90E-1 級、120E-1 級	主材 105 × 50	側材 150 × 38	ストレストスキンパネル	接着剤併用ビス					
	LVL	カラマツ	80E-B 種	主材 105 × 50	側材 150 × 30	主材：LVL カラマツ 120E	接着剤併用ビス					
	LVL	カラマツ	80E-B 種	主材 105 × 50	側材 150 × 30	主材：集成材カラマツ 95E	接着剤併用ビス					
	LVL	カラマツ				実大 SSP?						

INDEX	仕様	母材の種類	樹種	強度	寸法		タイプ等			掲載頁		
					断面寸法	その他	接合具					
							種類	本数				
接合部	LSB 柱脚接合	集成材	スギ	E65-F255	240 × 600	× 1800		LSB			110	
		集成材	カラマツ	E95-F315	240 × 600	× 1800		LSB			114	
		LVL	カラマツ	120E-1 級	240 × 600	× 1800		LSB			118	
	LSB 柱脚接合 (靱性確保)	集成材	スギ	E65-F255	240 × 600	× 1800		LSB	6 × 2		126	
		LSB 柱梁接合 (ト型)	集成材	スギ	E65-F255	柱 240 × 600 × 3600 梁 180 × 600 × 2500			LSB			132
			集成材	カラマツ	E95-F315	柱 240 × 600 × 3600 梁 180 × 600 × 2500			LSB			134
	LVL		カラマツ	120E-1 級	柱 240 × 600 × 3600 梁 180 × 600 × 2500			LSB			136	
	LSB 柱梁接合 (L型)	集成材	スギ	E65-F255	柱 240 × 600 × 1950 梁 180 × 600 × 1650			LSB			142	
		集成材	カラマツ	E95-F315	柱 240 × 600 × 1950 梁 180 × 600 × 1650			LSB			144	
		LVL	カラマツ	120E-1 級	柱 240 × 600 × 1950 梁 180 × 600 × 1650			LSB			146	
	合わせ柱梁接合	集成材	カラマツ	E105-F300	柱 2-105 × 600 × 3400 梁 180 × 600 × 2700			木栓	33 本	シラカシ φ 24	152	
		集成材	カラマツ	E105-F300	柱 2-105 × 600 × 3400 梁 180 × 600 × 2700			木栓	40 本	シラカシ φ 18	156	
		集成材	カラマツ	E105-F300	柱 2-105 × 450 × 3400 梁 120 × 450 × 2700			木栓	4 本	シラカシ φ 24	160	
		集成材	カラマツ	E105-F300	柱 2-105 × 450 × 3400 梁 120 × 450 × 2700			木栓	8 本	シラカシ φ 24	164	
		集成材	カラマツ	E105-F300	柱 2-105 × 450 × 3400 梁 120 × 450 × 2700			木栓	12 本	シラカシ φ 24	168	
		集成材	カラマツ	E105-F300	柱 2-105 × 450 × 3400 梁 120 × 450 × 2700			木栓	16 本	シラカシ φ 24	172	
		集成材	カラマツ	E105-F300	柱 2-105 × 450 × 3400 梁 120 × 450 × 2700			木栓	8 本	シラカシ φ 18	176	
		集成材	カラマツ	E105-F300	柱 2-105 × 450 × 3400 梁 120 × 450 × 2700			木栓	8 本	ケヤキ φ 24	180	
		集成材	スギ	E65-F225	柱 2-105 × 450 × 3400 梁 120 × 450 × 2700			木栓	8 本	シラカシ φ 24	184	
集成材		カラマツ	E105-F300	柱 2-105 × 600 × 3400 梁 180 × 600 × 2700			長ビス		構造用ビス	188		
集成材		カラマツ	E105-F300	柱 2-105 × 600 × 3400 梁 180 × 600 × 2700			なし		接合具なし	192		
集成材		カラマツ	E105-F300	柱 2-105 × 300 × 3400 梁 180 × 300 × 2700			なし		接合具なし	196		

INDEX	仕様	母材の種類	樹種	強度	寸法		タイプ等			掲載頁	
					断面寸法	その他		接合具			
								種類	本数		
		集成材	カラマツ	E105-F300	柱 2-105 × 450 × 3400 梁 180 × 450 × 2700			なし		接合具なし	200
		集成材	カラマツ	E105-F300	柱 2-105 × 600 × 3400 梁 180 × 600 × 2700			なし		接合具なし	204
		集成材	カラマツ	E105-F300	柱 2-105 × 750 × 3400 梁 180 × 750 × 2700			なし		接合具なし	208
		集成材	スギ	E65-F225	柱 2-105 × 450 × 3400 梁 180 × 450 × 2700			なし		接合具なし	212
	ブレース 端部	集成材	カラマツ	E95-F270	180 × 180	× 800		ドリフト ピン	1本	φ 16	224
		集成材	カラマツ	E95-F270	2-85 × 180	× 800		ボルト	1本	M16	226
		集成材	カラマツ	E95-F270・ E95-F315	柱 180 × 180 × 690 桁 180 × 330 × 1000		柱頭接合部	ドリフト ピン	4本	φ 16	228
		集成材	カラマツ	E95-F315	180 × 180	× 910	柱脚接合部	ドリフト ピン	4本	φ 16	230
		集成材	カラマツ	E95-F270	180 × 180	× 1200	ブレース端部接合部 母材形状 a	ドリフト ピン	6 × 2	φ 16	232
		集成材	カラマツ	E95-F270	180 × 180	× 1600	ブレース端部接合部 母材形状 b	ドリフト ピン	6 × 2	φ 16	234
		集成材	カラマツ	E95-F270	2-85 × 180	× 1200	ブレース端部接合部 母材形状 a	ボルト	6 × 2	M16	236
		集成材	カラマツ	E95-F270	2-85 × 180	× 1600	ブレース端部接合部 母材形状 b	ボルト	6 × 2	M16	238
壁	大壁：面 材耐力壁	合板	スギ	t24 特類 2 級		1820 × 3500		柱脚： LSB、柱 頭：HD 金物			246
		合板	スギ	t28 特類 2 級		1820 × 3500		柱脚： LSB、柱 頭：HD 金物			248
		合板	カラマツ	t28 特類 2 級		1820 × 3500		柱脚： LSB、柱 頭：HD 金物			250
	真壁：面 材耐力壁	LVL	カラマツ	80E-B種	30 × 870		タイロッド				
		LVL	カラマツ	80E-B種	30 × 870		柱脚金物				
		LVL	カラマツ	80E-B種	30 × 870		柱脚金物—割裂防止 用ビス—柱内法寸法 2760				
		LVL	カラマツ	80E-B種	30 × 870		柱脚金物—割裂防止 用ビス（間隔大）—				
		LVL	カラマツ	80E-B種	30 × 870		柱脚金物—割裂防止 用ビス—柱内法寸法 3060—				
	LSB 厚板 耐力壁	LVL	カラマツ	t20E-I 級	150 × 1000 × 3000						
	ブレース 耐力壁	集成材	カラマツ	E95-F270	ブレース 180 × 180	2400 × 3500					256
		集成材	カラマツ	E95-F270	ブレース 2-85 × 180	2400 × 3500					258

INDEX	仕様	母材の種類	樹種	強度	寸法		タイプ等			掲載頁	
					断面寸法	その他	接合具				
							種類	本数			
床	面材床	合板	スギ	t24 特類2級		3640 × 7280				266	
		合板	スギ	t28 特類2級		3640 × 7280				268	
		合板	スギ、カラマツ	t28 特類2級		3640 × 7280				270	
	ストレストスキンパネル床	LVL	スギ	60E-1級、80E-1級	1200 × 362	× 6000	実大曲げ C1 上フランジ型				276
		LVL	スギ	60E-1級、80E-1級	1200 × 362	× 9000	実大曲げ C1 上フランジ型				278
		LVL	スギ	60E-1級、80E-1級	1200 × 364	× 6000	実大曲げ C2 上下フランジ型				280
		LVL	スギ	60E-1級、80E-1級	1200 × 364	× 9000	実大曲げ C2 上下フランジ型				282
		LVL	スギ	60E-1級、80E-1級	1200 × 362	× 6000	実大曲げ CB1 上フランジ型 +接着ビス				284
		LVL	スギ	60E-1級、80E-1級	1200 × 362	× 9000	実大曲げ CB1 上フランジ型 +接着ビス				286
		LVL	スギ	60E-1級、80E-1級	1200 × 364	× 6000	実大曲げ CB2 上下フランジ型 +接着ビス				288
		LVL	スギ	60E-1級、80E-1級	1200 × 364	× 9000	実大曲げ CB2 上下フランジ型 +接着ビス				290
		LVL	カラマツ	90E-1級、120E-1級	1200 × 362	× 6000	実大曲げ L1 上フランジ型				292
		LVL	カラマツ	90E-1級、120E-1級	1200 × 362	× 9000	実大曲げ L1 上フランジ型				294
		LVL	カラマツ	90E-1級、120E-1級	1200 × 364	× 6000	実大曲げ L2 上下フランジ型				296
		LVL	カラマツ	90E-1級、120E-1級	1200 × 364	× 9000	実大曲げ L2 上下フランジ型				298
		LVL	カラマツ	90E-1級、120E-1級	1200 × 362	× 6000	実大曲げ LB1 上フランジ型 +接着ビス				300
		LVL	カラマツ	90E-1級、120E-1級	1200 × 362	× 9000	実大曲げ LB1 上フランジ型 +接着ビス				302
		LVL	カラマツ	90E-1級、120E-1級	1200 × 364	× 6000	実大曲げ LB2 上下フランジ型 +接着ビス				304
		LVL	カラマツ	90E-1級、120E-1級	1200 × 364	× 9000	実大曲げ LB2 上下フランジ型 +接着ビス				306
		LVL	カラマツ	90E-1級、120E-1級	1200 × 364	× 6000	クリーブ 上下フランジ型				318
	集成パネル床	集成パネル	スギ	E65-F255	2000 × 3000 × 90		四周ビス留め				328
		集成パネル	スギ	E65-F255	2000 × 3000 × 90		接合無し				330
		集成パネル	スギ	E65-F255	2000 × 3000 × 90		製材はい実+斜めビス				332
		集成パネル	スギ	E65-F255	2000 × 3000 × 90		合板はい実+平打ちビス				334

※見え消しの仕様は、現時点（2014年6月30日）で作成中のため未掲載である。

3.1 接合具

データシートのリスト（接合具）を以下に示す。

本設計データの見方については 1.4 「データシート」の見方を参照のこと。

「データシート」リスト

INDEX	仕様	母材の種類	樹種	強度	寸法		タイプ等			掲載頁	
					断面寸法	その他	接合具				
							種類	本数			
接合具	ラグスクリューボルト (LSB)	集成材	スギ	E65-F255	120 × 240	× 1500		LSB	4本		38
		集成材	スギ	E65-F255	150 × 240	× 1500		LSB	4本		40
		集成材	スギ	E65-F255	190 × 240	× 1400		LSB	4本		42
		集成材	スギ	E65-F255	200 × 240	× 1400		LSB	6本		44
		集成材	スギ	E65-F255	30 × 150	× 150		LSB	1本		46
		集成材	カラマツ	E95-F315	120 × 240	× 1500		LSB	4本		50
		集成材	カラマツ	E95-F315	150 × 240	× 1500		LSB	4本		52
		集成材	カラマツ	E95-F315	190 × 240	× 1400		LSB	4本		54
		集成材	カラマツ	E95-F315	200 × 240	× 1400		LSB	6本		56
		集成材	カラマツ	E95-F315	30 × 150	× 150		LSB	1本		58
		LVL	カラマツ	120E-1級	150 × 240	× 1400		LSB	4本		62
		LVL	カラマツ	120E-1級	120 × 120	× 1400		LSB	1本		64
		LVL	カラマツ	120E-1級	150 × 150	× 1400		LSB	2本		66
		LVL	カラマツ	120E-1級	120 × 500	× 700	繊維直方向	LSB			68
		LVL	カラマツ	120E-1級	30 × 150	× 150		LSB	1本		70
		接合具	構造用ビス	集成材	カラマツ	E105-F300	主材 200 × 90	側材① 176 × 60、側材 176 × 54	主材繊維方向に対する加力方向 0°・90°	長ビス (パネリード X)	
集成材パネル	スギ			E65-F255	主材 120 × 180	側材 120 × 90	主材：カラマツ E95-F270	長ビス (ASSY 3.OSK)	4本	胴部径 8.0	84
集成材パネル	スギ			E65-F255	主材 120 × 180	側材 120 × 90	主材：カラマツ E95-F270	長ビス (ASSY 3.OSK)	4本	胴部径 6.0	86
集成材パネル	スギ			E65-F255	主材 200 × 90	側材 150 × 90	主材：カラマツ E95-F270	長ビス (ASSY plug VG)	8本	打ち込み角度 45°	88
集成材パネル	スギ			E65-F255	主材 200 × 90	側材 150 × 90	主材：カラマツ E95-F270	長ビス (YD-R90)	8本	平打ち	90
接合具	木栓 (シラカシ)	集成材	カラマツ	E105-F300	主材 200 × 90	側材 200 × 60	主材繊維方向に対する加力方向 0°・90°	木栓		φ 24	96
		集成材	カラマツ	E105-F300	主材 200 × 90	側材 200 × 60	主材繊維方向に対する加力方向 0°・90°	木栓		φ 18	100
接合具	接着剤併用ビス	LVL	カラマツ	90E-1級、120E-1級	主材 105 × 50	側材 150 × 38	ストレススキンパネル	接着剤併用ビス			
		LVL	カラマツ	80E-B種	主材 105 × 50	側材 150 × 30	主材：LVL-カラマツ 120E	接着剤併用ビス			
		LVL	カラマツ	80E-B種	主材 105 × 50	側材 150 × 30	主材：集成材カラマツ 95E	接着剤併用ビス			
		LVL	カラマツ				実夫 SSP-?				

※見え消しの仕様は、現時点（2014年6月30日）で作成中のため未掲載である。

ラグスクリューボルト（LSB）

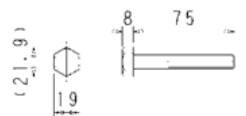
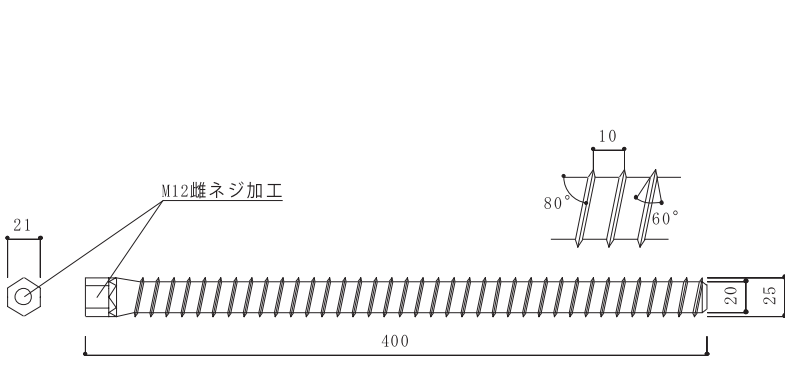
ラグスクリューボルト接合部は、高強度高剛性の接合が材軸方向に対して可能である。材の中心位置から離れた位置にラグスクリューボルトを配置すれば、モーメント伝達を可能とする接合部が可能である。中層大規模木造では柱はあらわしとなる場合が多いと考えられ、ラグスクリューボルト接合部は、HD金物のように外部に露出せず、鋼板添え板や挿入式のように外部に鋼材やボルト頭などが出ることなく、見栄えの良い仕上がりとなる。

写真1は施工の様子を示したものであるが、施工は先穴をあけLSBをねじ込みながら圧入することによる。先穴の径はできるだけ内径寸法に近いほうがよいが、LSBの断面や形状や圧入時に用いるトルクなどによって異なる。

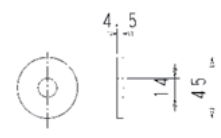
本資料に掲載した実験データは、複数本配置した場合のラグスクリューボルトの引張耐力を示している。単体接合部については、ラグスクリューボルト研究会が実施した論文等が参考になり、設計式としてその結果を示した。なお、ラグスクリュー接合部自体は脆性的な接合形式であり、延性を期待する接合部としたい場合には、別途、延性を持つ構成を考える必要がある。



写真1 LSBの施工状況



M12六角ボルトL=75(強度区分10.9)
 材料規格: JIS B 1180(六角ボルト)に規定する
 機械的性質の強度区分10.9に適合する炭素鋼
 表面処理: なし
 M12六角ボルトL=75(強度区分10.9)
 (ハイテンションボルト)



4.5×45φ丸座金
 材料規格: JIS G 3131 1種SPHC
 またはJIS G 3141 1種SPCC
 表面処理: クロメートめっき

4.5 × 40 φ丸座金

図 φ 25 ラグスクリーボルト (LSB)

● 理論式*

$$P_{max} = \begin{cases} \frac{f_v \pi R_t (E_w A_w + E_s A_s) \sinh kl}{k (E_s A_s \cosh kl + E_w A_w)} & (E_w A_w \leq E_s A_s) \\ \frac{f_v \pi R_t (E_w A_w + E_s A_s) \sinh kl}{k (E_w A_w \cosh kl + E_s A_s)} & (E_s A_s \leq E_w A_w) \end{cases}$$

ここで、

$$k = \sqrt{\Gamma \pi R_t \left(\frac{1}{E_w A_w} + \frac{1}{E_s A_s} \right)}$$

$$K_s = \begin{cases} \frac{\Gamma \pi R_t (E_w A_w + E_s A_s) \sinh kl}{k (E_s A_s \cosh kl + E_w A_w)} & (E_w A_w \leq E_s A_s) \\ \frac{\Gamma \pi R_t (E_w A_w + E_s A_s) \sinh kl}{k (E_w A_w \cosh kl + E_s A_s)} & (E_s A_s \leq E_w A_w) \end{cases}$$

P_{max} : LSB の最大引抜き荷重, K_s : すべり係数
 f_v : せん断強さ(実験より求める), Γ : せん断剛性係数, E : ヤング係数

A : 有効断面積(有効径による), l : 有効埋め込み長さ

R_t : LSB の山径, 添え字 w : 母材, 添え字 s : LSB

※中谷 誠、森 拓郎、小松 幸平「ラグスクリューボルトと特殊金物を用いた木質ラーメン構造の柱-梁接合部に関する研究」日本建築学会構造系論文集、2008年4月

● モデル化

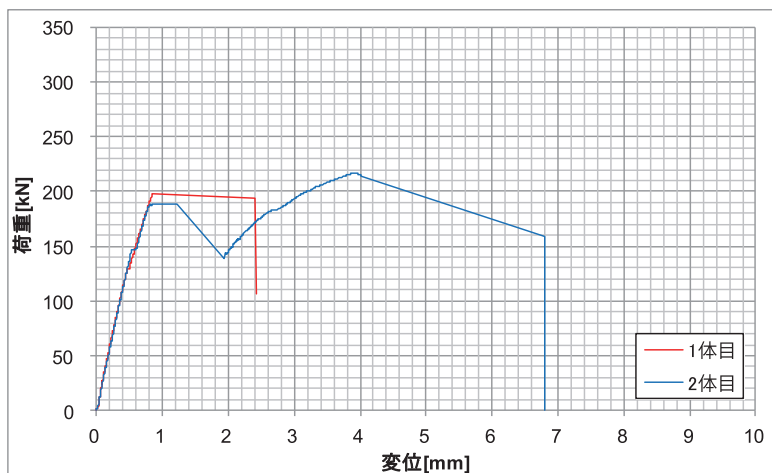
要素モデル



● 特性値

	1 体目	2 体目	Ave.
最大耐力 Pmax[kN]	198	189	194
LSB1 本あたり	49.5	47.2	48.4
初期剛性 K[kN/mm]	279	278	279
LSB1 本あたり	69.8	69.5	69.6

● 荷重変形



● 破壊性状

- ・ 1 体目 両側で同時に木材端部の割裂
- ・ 2 体目 片側で木材端部の割裂が生じた後、逆側でも木材端部の割裂

要材
素材

接合具

接合部

部組材立

屋根

柱

梁

1ブスレ

壁

床

集材

LVL

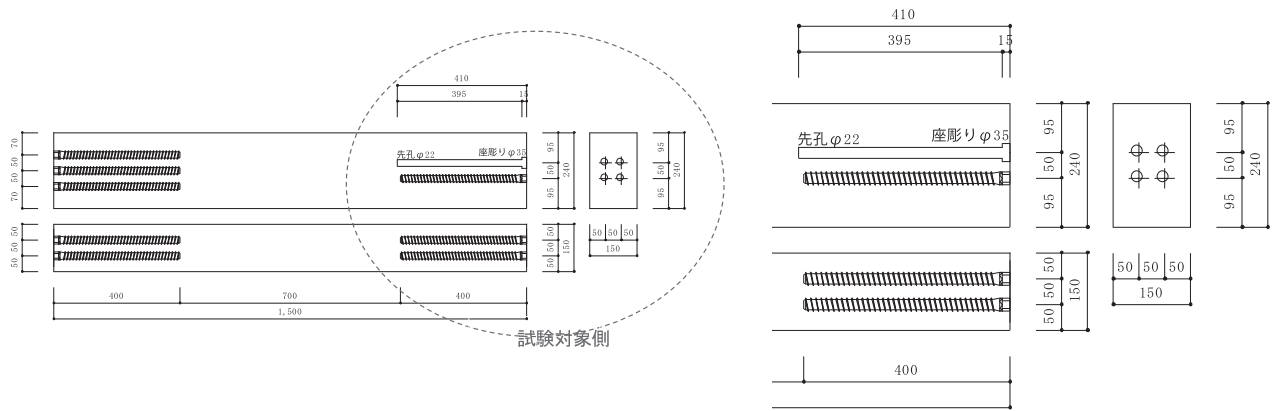
製材

合板

その他

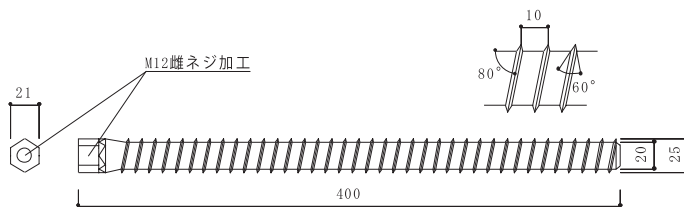
● 姿図・寸法

【使用材料】 母材 1500mm × 150mm × 240mm (スギ E65-F255)



試験対象側拡大図

接合具 ラグスクリューボルト (LSB) φ 25



● 適用条件

引張のみを伝達する接合部に使用する。せん断を受ける接合部に使用する際はラグスクリューボルトにせん断力を伝達しないようせん断キーを設ける。複数本配置する際は2d以上の接合確保し、所定の耐力低減係数を乗じる。低減係数は研究成果をもとに0.8程度の値が提案されている。接合部が回転を生じた際には木材の割り裂き方向に対して力が作用することになり、2次応力に対する引張抵抗能力の低下に注意が必要である。

● 概要

木質ラーメン構法等で用いられる構造用集成材を用いた柱脚端部を想定している。実際の使用では、母材に埋め込まれたLSBの引き抜き抵抗によりモーメントに抵抗するため、本実験にて基礎データとしての引き抜き性能を確認している。LSBは端部にM12の雌ネジ加工が施してあり、ボルトで金物と緊結する。構造物の破壊性状として、木材端部の割裂による脆性破壊を避けるため、十分な断面、縁距離を確保する必要がある。

● 接合具 (メーカー、入手方法等)

LSB (カネシン)

● 問い合わせ先 URL

● 理論式*

$$P_{max} = \begin{cases} \frac{f_v \pi R_t (E_w A_w + E_s A_s) \sinh kl}{k (E_s A_s \cosh kl + E_w A_w)} & (E_w A_w \leq E_s A_s) \\ \frac{f_v \pi R_t (E_w A_w + E_s A_s) \sinh kl}{k (E_w A_w \cosh kl + E_s A_s)} & (E_s A_s \leq E_w A_w) \end{cases}$$

ここで、

$$k = \sqrt{\Gamma \pi R_t \left(\frac{1}{E_w A_w} + \frac{1}{E_s A_s} \right)}$$

$$K_s = \begin{cases} \frac{\Gamma \pi R_t (E_w A_w + E_s A_s) \sinh kl}{k (E_s A_s \cosh kl + E_w A_w)} & (E_w A_w \leq E_s A_s) \\ \frac{\Gamma \pi R_t (E_w A_w + E_s A_s) \sinh kl}{k (E_w A_w \cosh kl + E_s A_s)} & (E_s A_s \leq E_w A_w) \end{cases}$$

P_{max} : LSB の最大引抜き荷重, K_s : すべり係数
 f_v : せん断強さ(実験より求める), Γ : せん断剛性係数, E : ヤング係数

A : 有効断面積(有効径による), l : 有効埋め込み長さ

R_t : LSB の山径, 添え字 w : 母材, 添え字 s : LSB

※中谷 誠、森 拓郎、小松 幸平「ラグスクリーボルトと特殊金物を用いた木質ラーメン構造の柱-梁接合部に関する研究」日本建築学会構造系論文集、2008年4月

● モデル化

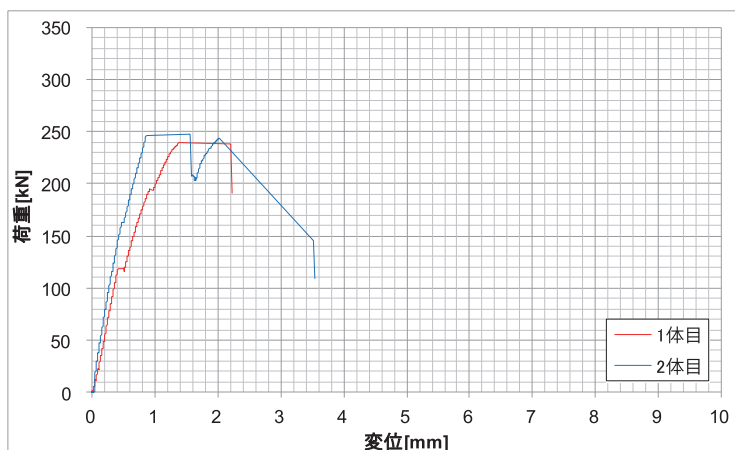
要素モデル



● 特性値

	1 体目	2 体目	Ave.
最大耐力 Pmax[kN]	239	247	243
LSB1 本あたり	59.8	61.7	60.8
初期剛性 K[kN/mm]	277	367	322
LSB1 本あたり	69.3	91.7	80.5

● 荷重変形



● 破壊性状

- ・ 1 体目 両側で同時に木材端部の割裂
- ・ 2 体目 片側で木材端部の割裂が生じた後、逆側でも木材端部の割裂

要材
素材

接合具

接合部

部組材立

屋根

柱

梁

1 ブスレ

壁

床

集材材

LVL

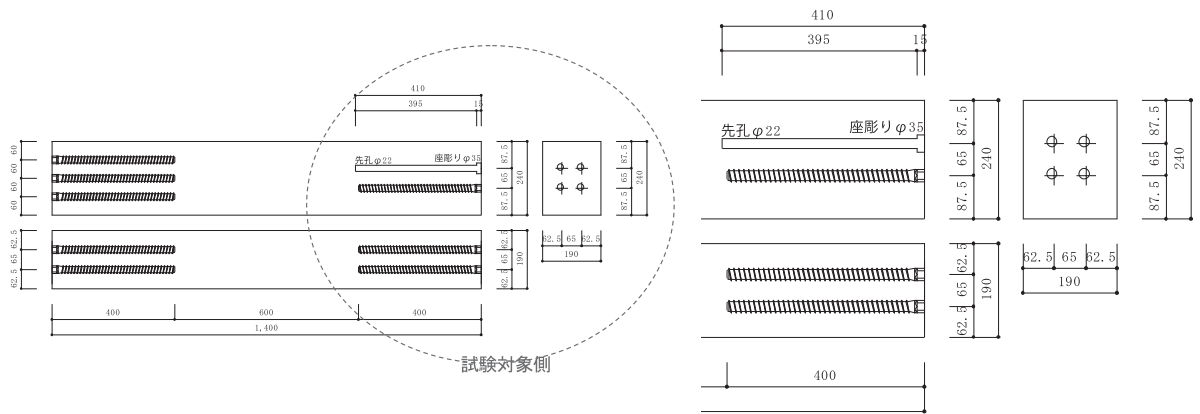
製材

合板

その他

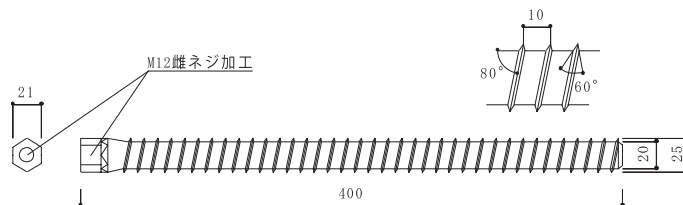
● 姿図・寸法

【使用材料】 母材 1400mm × 190mm × 240mm (スギ E65-F255)



試験対象側拡大図

接合具 ラグスクリューボルト (LSB) φ 25



● 適用条件

引張のみを伝達する接合部に使用する。せん断を受ける接合部に使用する際はラグスクリューボルトにせん断力を伝達しないようせん断キーを設ける。複数本配置する際は2d以上の接合確保し、所定の耐力低減係数を乗じる。低減係数は研究成果をもとに0.8程度の値が提案されている。接合部が回転を生じた際には木材の割り裂き方向に対して力が作用することになり、2次応力に対する引張抵抗能力の低下に注意が必要である。

● 概要

木質ラーメン構法等で用いられる構造用集成材を用いた柱脚端部を想定している。実際の使用では、母材に埋め込まれたLSBの引き抜き抵抗によりモーメントに抵抗するため、本実験にて基礎データとしての引き抜き性能を確認している。LSBは端部にM12の雌ネジ加工が施してあり、ボルトで金物と緊結する。構造物の破壊性状として、木材端部の割裂による脆性破壊を避けるため、十分な断面、縁距離を確保する必要がある。

● 接合具 (メーカー、入手方法等)

LSB (カネシン)

● 問い合わせ先 URL

● 理論式*

$$P_{max} = \begin{cases} \frac{f_v \pi R_t (E_w A_w + E_s A_s) \sinh kl}{k (E_s A_s \cosh kl + E_w A_w)} & (E_w A_w \leq E_s A_s) \\ \frac{f_v \pi R_t (E_w A_w + E_s A_s) \sinh kl}{k (E_w A_w \cosh kl + E_s A_s)} & (E_s A_s \leq E_w A_w) \end{cases}$$

ここで、

$$k = \sqrt{\Gamma \pi R_t \left(\frac{1}{E_w A_w} + \frac{1}{E_s A_s} \right)}$$

$$K_s = \begin{cases} \frac{\Gamma \pi R_t (E_w A_w + E_s A_s) \sinh kl}{k (E_s A_s \cosh kl + E_w A_w)} & (E_w A_w \leq E_s A_s) \\ \frac{\Gamma \pi R_t (E_w A_w + E_s A_s) \sinh kl}{k (E_w A_w \cosh kl + E_s A_s)} & (E_s A_s \leq E_w A_w) \end{cases}$$

P_{max} : LSB の最大引抜き荷重, K_s : すべり係数
 f_v : セン断強さ(実験より求める), Γ : セン断剛性係数, E : ヤング係数

A : 有効断面積(有効径による), l : 有効埋め込み長さ

R_t : LSB の山径, 添え字 w : 母材, 添え字 s : LSB

※中谷 誠、森 拓郎、小松 幸平「ラグスクリューボルトと特殊金物を用いた木質ラーメン構造の柱-梁接合部に関する研究」日本建築学会構造系論文集、2008年4月

● モデル化

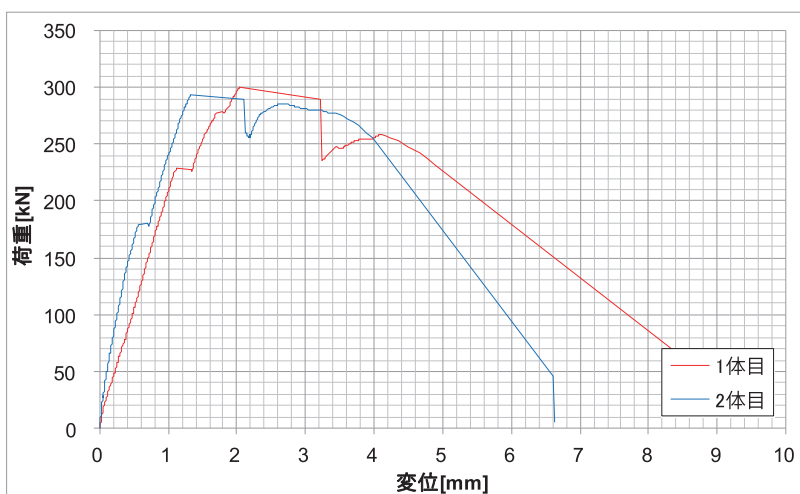
要素モデル



● 特性値

	1 体目	2 体目	Ave.
最大耐力 Pmax[kN]	300	293	297
LSB1 本あたり	75.0	73.3	74.1
初期剛性 K[kN/mm]	169	342	256
LSB1 本あたり	42.3	85.4	63.9

● 荷重変形



● 破壊性状

- ・ 1 体目 片側で木材端部の割裂が生じた後、逆側で高力ボルトの破断
- ・ 2 体目 片側で木材端部の割裂が生じた後、逆側で高力ボルトの破断

要材
素材

接合具

接合部

部組材立

屋根

柱

梁

1ブスレ

壁

床

集材

LVL

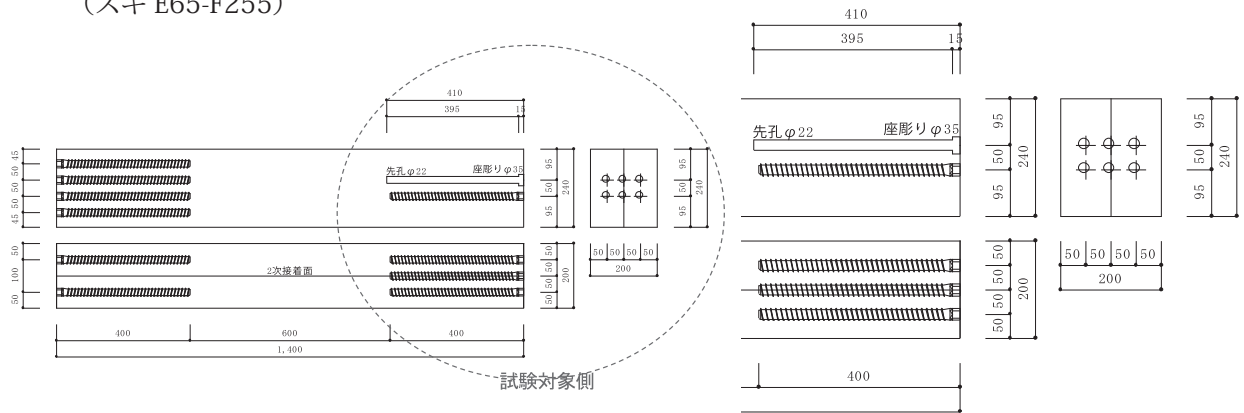
製材

合板

その他

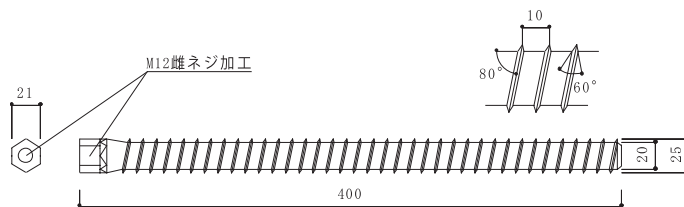
● 姿図・寸法

【使用材料】 母材 1400mm × 200mm × 240mm (120mm + 120mm、2次接着あり)
(スギ E65-F255)



試験対象側拡大図

接合具 ラグスクリューボルト (LSB) φ 25



● 適用条件

引張のみを伝達する接合部に使用する。せん断を受ける接合部に使用する際はラグスクリューボルトにせん断力を伝達しないようせん断キーを設ける。複数本配置する際は2d以上の接合確保し、所定の耐力低減係数を乗じる。低減係数は研究成果をもとに0.8程度の値が提案されている。接合部が回転を生じた際には木材の割り裂き方向に対して力が作用することになり、2次応力に対する引張抵抗能力の低下に注意が必要である。

● 概要

木質ラーメン構法等で用いられる構造用集成材を用いた柱脚端部を想定している。実際の使用では、母材に埋め込まれたLSBの引き抜き抵抗によりモーメントに抵抗するため、本実験にて基礎データとしての引き抜き性能を確認している。LSBは端部にM12の雌ネジ加工が施してあり、ボルトで金物と緊結する。構造物の破壊性状として、木材端部の割裂による脆性破壊を避けるため、十分な断面、縁距離を確保する必要がある。

● 接合具 (メーカー、入手方法等)

LSB (カネシン)

● 問い合わせ先 URL

● 理論式*

$$P_{max} = \begin{cases} \frac{f_v \pi R_t (E_w A_w + E_s A_s) \sinh kl}{k (E_s A_s \cosh kl + E_w A_w)} & (E_w A_w \leq E_s A_s) \\ \frac{f_v \pi R_t (E_w A_w + E_s A_s) \sinh kl}{k (E_w A_w \cosh kl + E_s A_s)} & (E_s A_s \leq E_w A_w) \end{cases}$$

ここで、

$$k = \sqrt{\Gamma \pi R_t \left(\frac{1}{E_w A_w} + \frac{1}{E_s A_s} \right)}$$

$$K_s = \begin{cases} \frac{\Gamma \pi R_t (E_w A_w + E_s A_s) \sinh kl}{k (E_s A_s \cosh kl + E_w A_w)} & (E_w A_w \leq E_s A_s) \\ \frac{\Gamma \pi R_t (E_w A_w + E_s A_s) \sinh kl}{k (E_w A_w \cosh kl + E_s A_s)} & (E_s A_s \leq E_w A_w) \end{cases}$$

P_{max} : LSB の最大引抜き荷重, K_s : すべり係数
 f_v : せん断強さ(実験より求める), Γ : せん断剛性係数, E : ヤング係数

A : 有効断面積(有効径による), l : 有効埋め込み長さ

R_t : LSB の山径, 添え字 w : 母材, 添え字 s : LSB

※中谷 誠、森 拓郎、小松 幸平「ラグスクリューボルトと特殊金物を用いた木質ラーメン構造の柱-梁接合部に関する研究」日本建築学会構造系論文集、2008年4月

● モデル化

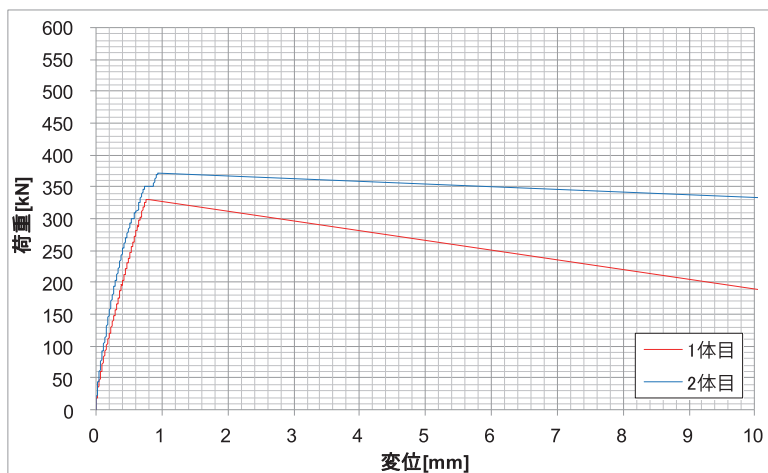
要素モデル



● 特性値

	1 体目	2 体目	Ave.
最大耐力 Pmax[kN]	330	371	351
LSB1 本あたり	55.0	61.8	58.4
初期剛性 K[kN/mm]	516	672	594
LSB1 本あたり	86.0	112	99

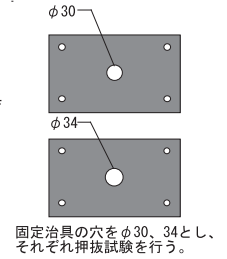
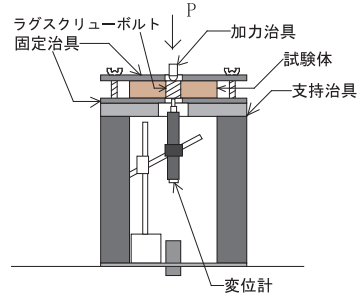
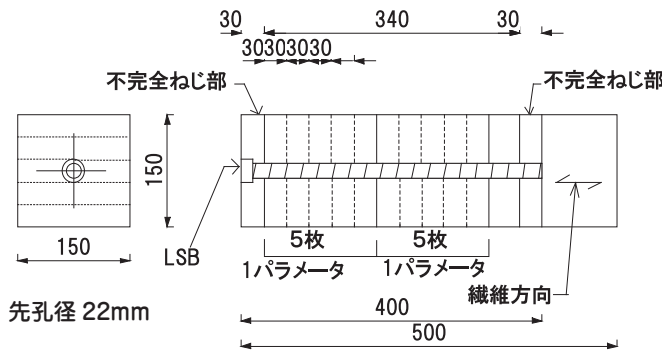
● 荷重変形



● 破壊性状

- ・ 1 体目 片側で木材端部の割裂が生じた後、反力側端部まで割裂が進展
- ・ 2 体目 両側で同時に木材端部の割裂

● 姿図・寸法



【使用材料】

母材 : スギ (E65-F255 断面 150mm × 150mm)

接合具 : ラグスクリューボルト (カネシン) (全長 400mm、山径 25mm、谷径 20mm、ピッチ 10mm)

試験体数 : 60 体 (固定治具 φ 30 : 6 母材 × 5 体 = 30 体、固定治具 φ 34 : 6 母材 × 5 体 = 30 体)

● 適用条件

本実験結果およびそれから導かれる各値をそのまま利用できるのは、接合具に純粋な引張力のみが作用する場合である。

● 概要

150mm × 150mm のスギ集成材に φ 25mm の接合具を繊維方向に 400mm 埋め込み、不完全ねじ部 30mm を除き鋼材用バンドソーで切断した試験体である。

● 接合具 (メーカー、入手方法等)

ラグスクリューボルト (製造: (株)カネシン、販売: (株)カネシン)

● 問い合わせ先 URL

<http://www.kaneshin.co.jp>

● 理論式[※]

特性値を求める式

$$\tau = P_I / A_e \quad (1)$$

$$A_e = \pi R(t - p/2) \quad (2)$$

$$\Gamma = \tau / e \quad (3)$$

$$f_v = \tau_{max} \quad (4)$$

τ : LSB の円周廻りに作用するせん断応力 (N/mm²)

P_I : 押抜試験より得られた荷重 (kN)

A_e : LSB の円周廻りに作用する有効断面積 (mm²)

R : LSB 山径 (mm)

t : 薄板の厚さ (mm)

p : LSB ピッチ (mm)

e : 押抜変位 (mm)

比例式

$$P_{maxL} = A_e \cdot f_v \quad (5)$$

$$K_{sL} = \Gamma \cdot A_e \quad (6)$$

P_{maxL} : 比例式による LSB 単体の最大耐力 (kN)

f_v : LSB のせん断強度 (N/mm²)

K_{sL} : 比例式による LSB の引抜剛性 (N/mm)

Γ : LSB のせん断剛性係数 (N/mm³)

中谷式

$$K_{sN} = \frac{\Gamma \pi R (E_w A_w + E_s A_s) \sinh kl}{k (E_s A_s \cosh kl + E_w A_w)} \quad (E_w A_w \leq E_s A_s) \quad - (7)$$

$$P_{maxN} = \frac{f_v \pi R (E_w A_w + E_s A_s) \sinh kl}{k (E_s A_s \cosh kl + E_w A_w)} \quad (E_w A_w \leq E_s A_s) \quad - (8)$$

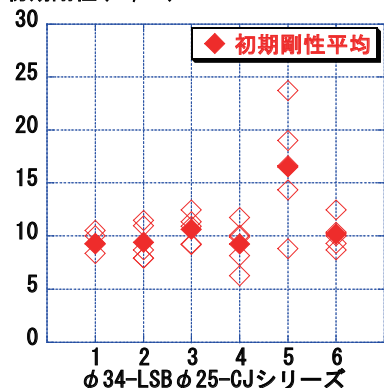
$$k = \sqrt{\Gamma \pi R \left(\frac{1}{E_w A_w} + \frac{1}{E_s A_s} \right)} \quad - (9)$$

K_{sN} : 中谷式による LSB の引抜剛性 (N/mm)
 Γ : LSB のせん断剛性係数 (N/mm³)
 R : LSB の山径 (mm)
 E_w : 木質部材のヤング係数 (N/mm²)
 E_s : LSB のヤング係数 (N/mm²)
 A_w : 木質部材の有効断面積 (mm²)
 A_s : LSB の断面積 (mm²)
 l : LSB の埋め込み長さ (mm)
 P_{maxN} : 中谷式による LSB 単体の最大耐力 (kN)
 f_v : LSB のせん断強度 (N/mm²)

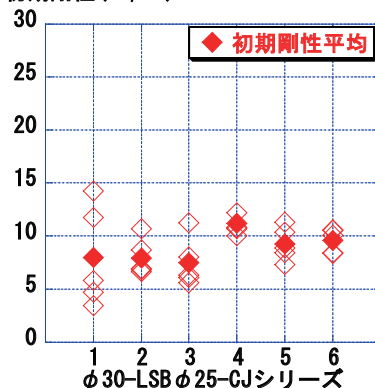
●モデル化

●特性値

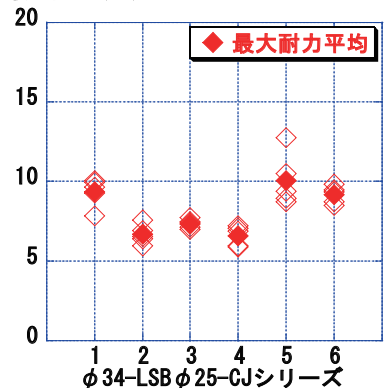
初期剛性 (kN/mm)



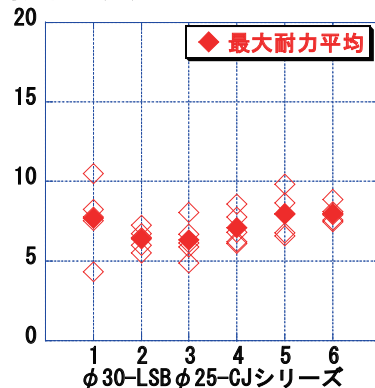
初期剛性 (kN/mm)



最大耐力 (kN)



最大耐力 (kN)



試験体名	樹種	せん断強度 f_v (N/mm ²)	せん断剛性係数 Γ (N/mm ³)
φ 34-LSB φ 25-CJ	スギ	3.21	7.94
φ 30-LSB φ 25-CJ		2.60	7.67

要材
素

接合具

接合部

部組材立

屋根

柱

梁

1ブスレ

壁

床

集材成

LVL

製材

合板

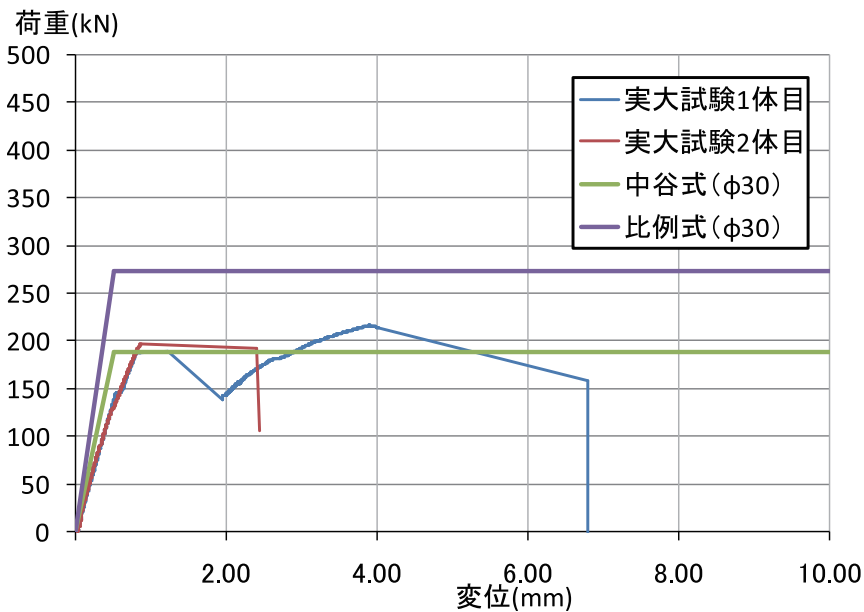
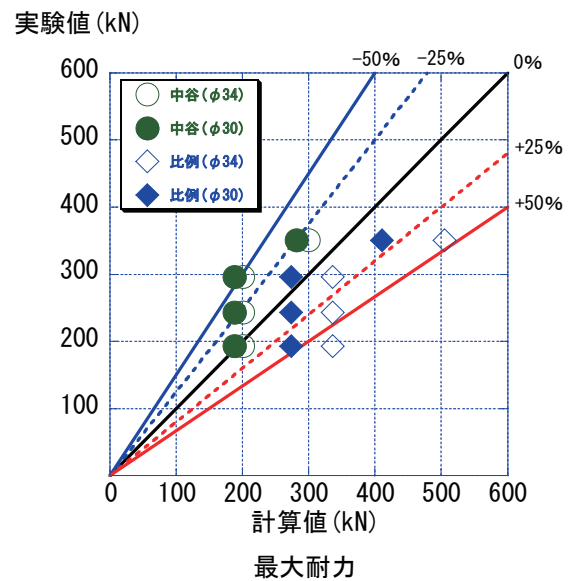
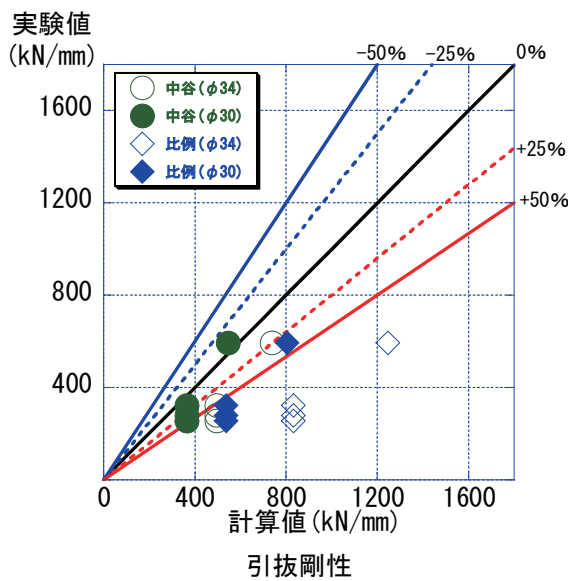
その他

● 実験値と計算値の誤差

引抜剛性について比較した場合、比例式による計算値は実験値に対する誤差が+ 50%を超える値を示すものが多く、計算値は実験値を過大評価しているといえる。一方、中谷式による計算値は概ね実験値を推定できていた。

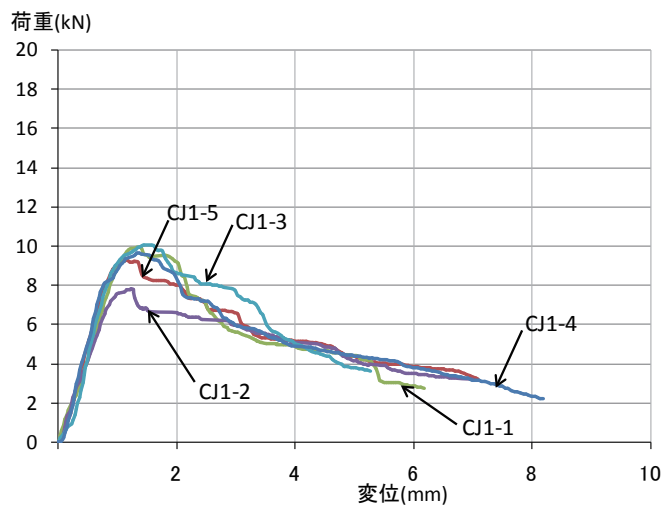
最大耐力について比較した場合、比例式及び中谷式による計算値の実験値に対する誤差は同程度となり、大きな違いはみられなかった。

また、実大試験の荷重-変位曲線と計算値の荷重-変位曲線を比較した場合においても、比例式は実大試験の結果を大きく上回っているのに対し、中谷式は概ね実験値を推定できていた。なお、比例式及び中谷式の荷重-変位曲線は固定治具の穴径が 30mm の値を用いている。



実大実験はLSB(集成材/スギ/E65-F255/120×240×1500/LSB4本)のデータ

● 荷重変形



荷重 - 変位曲線 (Φ 34-LSB Φ 25-CJ1)

● 破壊性状

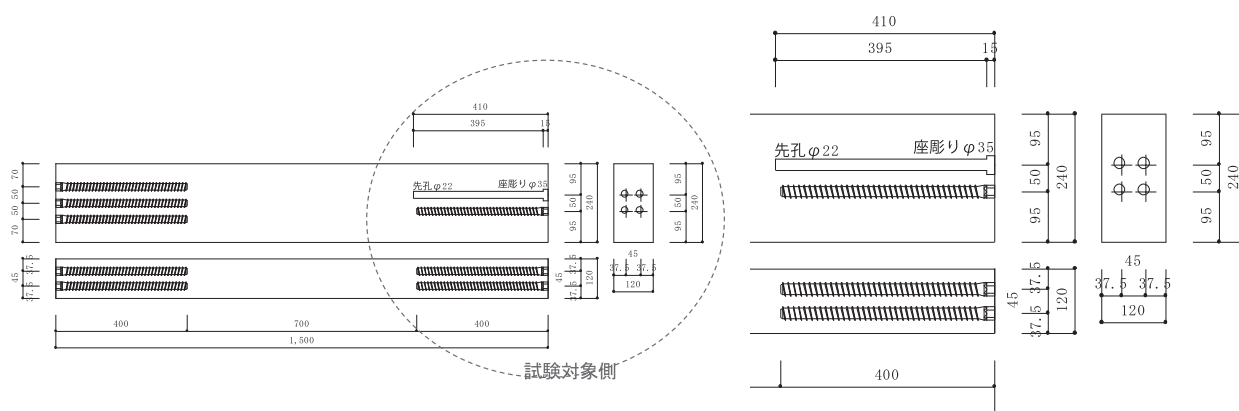
・ 主な破壊性状は、LSB のねじ山に沿う接合部の母材全体のせん断破壊であった。



- 要材
素材
- 接
合
具
- 接
合
部
- 部
組
材
立
- 屋
根
- 柱
- 梁
- ト
ブ
ス
レ
- 壁
- 床
- 集
成
材
- 「
」
材
- 製
材
- 合
板
- そ
の
他

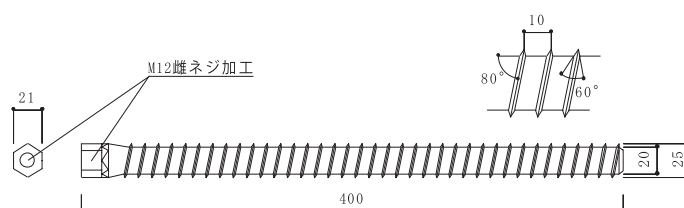
● 姿図・寸法

【使用材料】 母材 1500mm × 120mm × 240mm (カラマツ E95-F315)



試験対象側拡大図

接合具 ラグスクリューボルト (LSB) φ 25



● 適用条件

引張のみを伝達する接合部に使用する。せん断を受ける接合部に使用する際はラグスクリューボルトにせん断力を伝達しないようせん断キーを設ける。複数本配置する際は2d以上の接合確保し、所定の耐力低減係数を乗じる。低減係数は研究成果をもとに0.8程度の値が提案されている。接合部が回転を生じた際には木材の割り裂き方向に対して力が作用することになり、2次応力に対する引張抵抗能力の低下に注意が必要である。

● 概要

木質ラーメン構法等で用いられる構造用集成材を用いた柱脚端部を想定している。実際の使用では、母材に埋め込まれたLSBの引き抜き抵抗によりモーメントに抵抗するため、本実験にて基礎データとしての引き抜き性能を確認している。LSBは端部にM12の雌ネジ加工が施してあり、ボルトで金物と緊結する。構造物の破壊性状として、木材端部の割裂による脆性破壊を避けるため、十分な断面、縁距離を確保する必要がある。

● 接合具 (メーカー、入手方法等)

LSB (カネシン)

● 問い合わせ先 URL

● 理論式*

$$P_{max} = \begin{cases} \frac{f_v \pi R_t (E_w A_w + E_s A_s) \sinh kl}{k (E_s A_s \cosh kl + E_w A_w)} & (E_w A_w \leq E_s A_s) \\ \frac{f_v \pi R_t (E_w A_w + E_s A_s) \sinh kl}{k (E_w A_w \cosh kl + E_s A_s)} & (E_s A_s \leq E_w A_w) \end{cases}$$

ここで、

$$k = \sqrt{\Gamma \pi R_t \left(\frac{1}{E_w A_w} + \frac{1}{E_s A_s} \right)}$$

$$K_s = \begin{cases} \frac{\Gamma \pi R_t (E_w A_w + E_s A_s) \sinh kl}{k (E_s A_s \cosh kl + E_w A_w)} & (E_w A_w \leq E_s A_s) \\ \frac{\Gamma \pi R_t (E_w A_w + E_s A_s) \sinh kl}{k (E_w A_w \cosh kl + E_s A_s)} & (E_s A_s \leq E_w A_w) \end{cases}$$

P_{max} : LSB の最大引抜き荷重, K_s : すべり係数
 f_v : せん断強さ(実験より求める), Γ : せん断剛性係数, E : ヤング係数

A : 有効断面積(有効径による), l : 有効埋め込み長さ

R_t : LSB の山径, 添え字 w : 母材, 添え字 s : LSB

※中谷 誠、森 拓郎、小松 幸平「ラグスクリューボルトと特殊金物を用いた木質ラーメン構造の柱-梁接合部に関する研究」日本建築学会構造系論文集、2008年4月

● モデル化

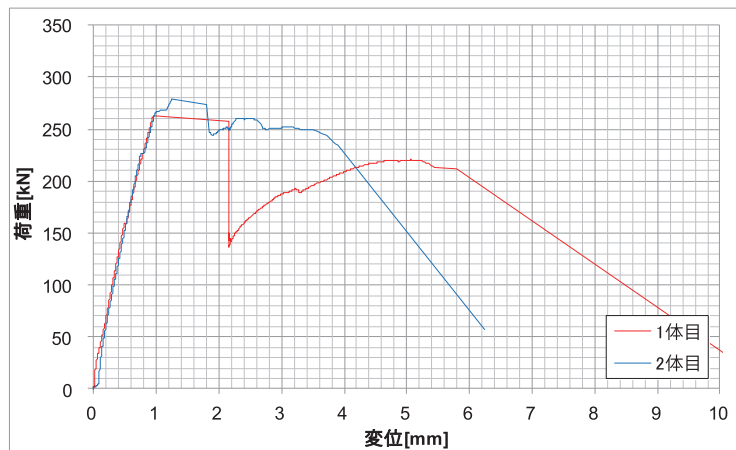
要素モデル



● 特性値

	1 体目	2 体目	Ave.
最大耐力 Pmax[kN]	263	279	271
LSB1 本あたり	65.6	69.8	67.8
初期剛性 K[kN/mm]	301	305	303
LSB1 本あたり	75.3	76.3	75.8

● 荷重変形



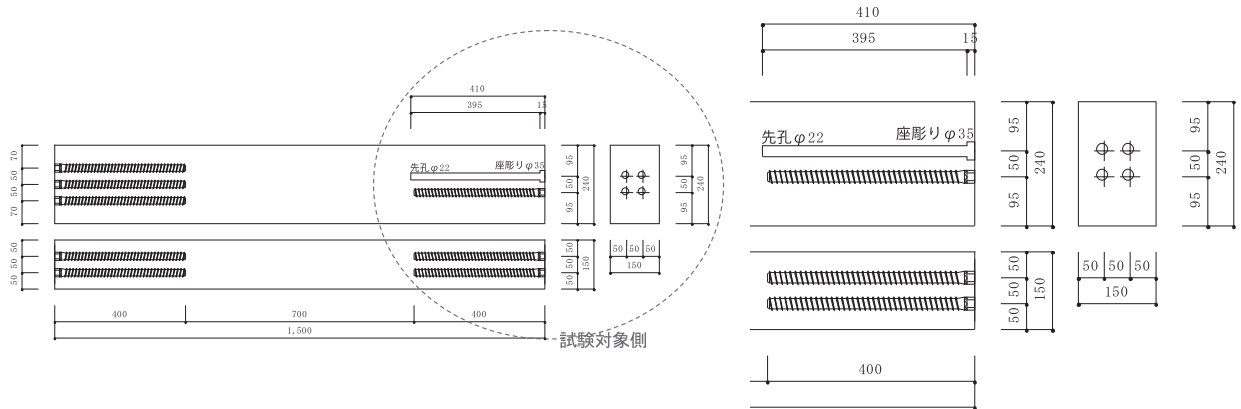
● 破壊性状

- ・ 1 体目 片側で木材端部の割裂が生じた後、逆側で高力ボルトの破断
- ・ 2 体目 片側で木材端部の割裂が生じた後、逆側で高力ボルトの破断

要材
素材
接合具
接合部
部組材立
屋根
柱
梁
1ブスレ
壁
床
集成材
LVL
製材
合板
その他

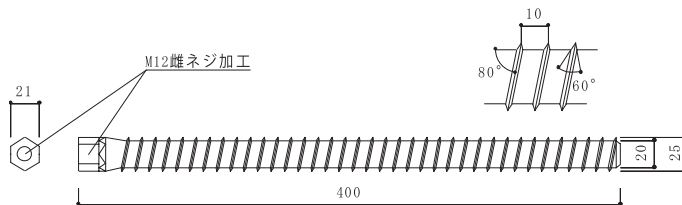
● 姿図・寸法

【使用材料】 母材 1500mm × 150mm × 240mm (カラマツ E95-F315)



試験対象側拡大図

接合具 ラグスクリューボルト (LSB) φ 25



● 適用条件

引張のみを伝達する接合部に使用する。せん断を受ける接合部に使用する際はラグスクリューボルトにせん断力を伝達しないようせん断キーを設ける。複数本配置する際は2d以上の接合確保し、所定の耐力低減係数を乗じる。低減係数は研究成果をもとに0.8程度の値が提案されている。接合部が回転を生じた際には木材の割り裂き方向に対して力が作用することになり、2次応力に対する引張抵抗能力の低下に注意が必要である。

● 概要

木質ラーメン構法等で用いられる構造用集成材を用いた柱脚端部を想定している。実際の使用では、母材に埋め込まれたLSBの引き抜き抵抗によりモーメントに抵抗するため、本実験にて基礎データとしての引き抜き性能を確認している。LSBは端部にM12の雌ネジ加工が施してあり、ボルトで金物と緊結する。構造物の破壊性状として、木材端部の割裂による脆性破壊を避けるため、十分な断面、縁距離を確保する必要がある。

● 接合具 (メーカー、入手方法等)

LSB (カネシン)

● 問い合わせ先 URL

● 理論式*

$$P_{max} = \begin{cases} \frac{f_v \pi R_t (E_w A_w + E_s A_s) \sinh kl}{k (E_s A_s \cosh kl + E_w A_w)} & (E_w A_w \leq E_s A_s) \\ \frac{f_v \pi R_t (E_w A_w + E_s A_s) \sinh kl}{k (E_w A_w \cosh kl + E_s A_s)} & (E_s A_s \leq E_w A_w) \end{cases}$$

ここで、

$$k = \sqrt{\Gamma \pi R_t \left(\frac{1}{E_w A_w} + \frac{1}{E_s A_s} \right)}$$

$$K_s = \begin{cases} \frac{\Gamma \pi R_t (E_w A_w + E_s A_s) \sinh kl}{k (E_s A_s \cosh kl + E_w A_w)} & (E_w A_w \leq E_s A_s) \\ \frac{\Gamma \pi R_t (E_w A_w + E_s A_s) \sinh kl}{k (E_w A_w \cosh kl + E_s A_s)} & (E_s A_s \leq E_w A_w) \end{cases}$$

P_{max} : LSB の最大引抜き荷重, K_s : すべり係数

f_v : せん断強さ(実験より求める), Γ : せん断剛性係数, E : ヤング係数

A : 有効断面積(有効径による), l : 有効埋め込み長さ

R_t : LSB の山径, 添え字 w : 母材, 添え字 s : LSB

※中谷 誠、森 拓郎、小松 幸平「ラグスクリューボルトと特殊金物を用いた木質ラーメン構造の柱-梁接合部に関する研究」日本建築学会構造系論文集、2008年4月

● モデル化

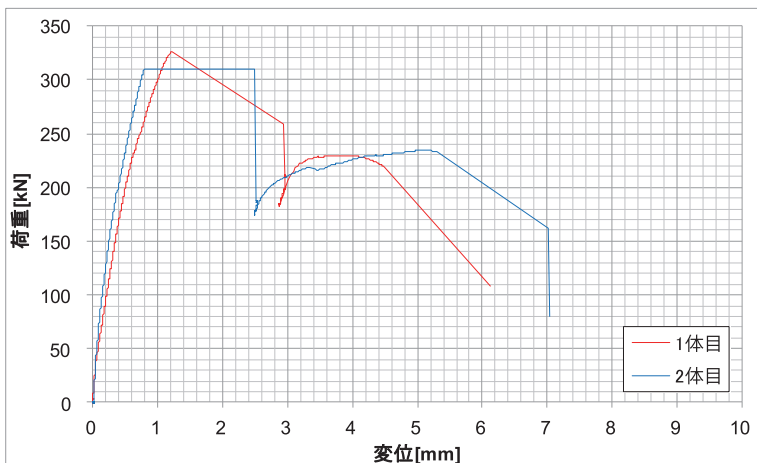
要素モデル



● 特性値

	1 体目	2 体目	Ave.
最大耐力 Pmax[kN]	326	309	318
LSB1 本あたり	81.6	77.3	79.4
初期剛性 K[kN/mm]	411	600	506
LSB1 本あたり	103	150	126

● 荷重変形



● 破壊性状

- ・ 1 体目 片側で木材端部の割裂が生じた後、逆側で高力ボルトの破断
- ・ 2 体目 片側で木材端部の割裂が生じた後、逆側で高力ボルトの破断

要材
素

接合
具

接合
部

部組
材立

屋根

柱

梁

1ブ
スレ

壁

床

集
成
材

1
2
L

製
材

合
板

そ
の
他

● 理論式*

$$P_{max} = \begin{cases} \frac{f_v \pi R_t (E_w A_w + E_s A_s) \sinh kl}{k (E_s A_s \cosh kl + E_w A_w)} & (E_w A_w \leq E_s A_s) \\ \frac{f_v \pi R_t (E_w A_w + E_s A_s) \sinh kl}{k (E_w A_w \cosh kl + E_s A_s)} & (E_s A_s \leq E_w A_w) \end{cases}$$

ここで、

$$k = \sqrt{\Gamma \pi R_t \left(\frac{1}{E_w A_w} + \frac{1}{E_s A_s} \right)}$$

$$K_s = \begin{cases} \frac{\Gamma \pi R_t (E_w A_w + E_s A_s) \sinh kl}{k (E_s A_s \cosh kl + E_w A_w)} & (E_w A_w \leq E_s A_s) \\ \frac{\Gamma \pi R_t (E_w A_w + E_s A_s) \sinh kl}{k (E_w A_w \cosh kl + E_s A_s)} & (E_s A_s \leq E_w A_w) \end{cases}$$

P_{max} : LSB の最大引抜き荷重, K_s : すべり係数
 f_v : せん断強さ(実験より求める), Γ : せん断剛性係数, E : ヤング係数

A : 有効断面積(有効径による), l : 有効埋め込み長さ

R_t : LSB の山径, 添え字 w : 母材, 添え字 s : LSB

※中谷 誠、森 拓郎、小松 幸平「ラグスクリューボルトと特殊金物を用いた木質ラーメン構造の柱-梁接合部に関する研究」日本建築学会構造系論文集、2008年4月

● モデル化

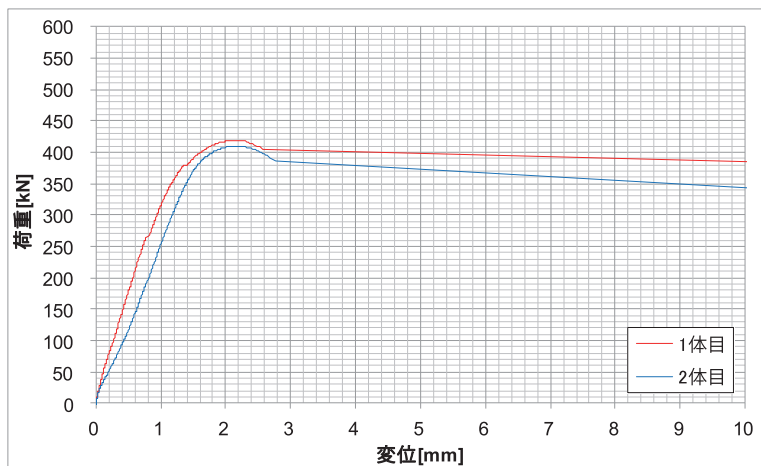
要素モデル



● 特性値

	1 体目	2 体目	Ave.
最大耐力 Pmax[kN]	419	410	415
LSB1 本あたり	105	102	104
初期剛性 K[kN/mm]	346	241	294
LSB1 本あたり	86.5	60.3	73.4

● 荷重変形

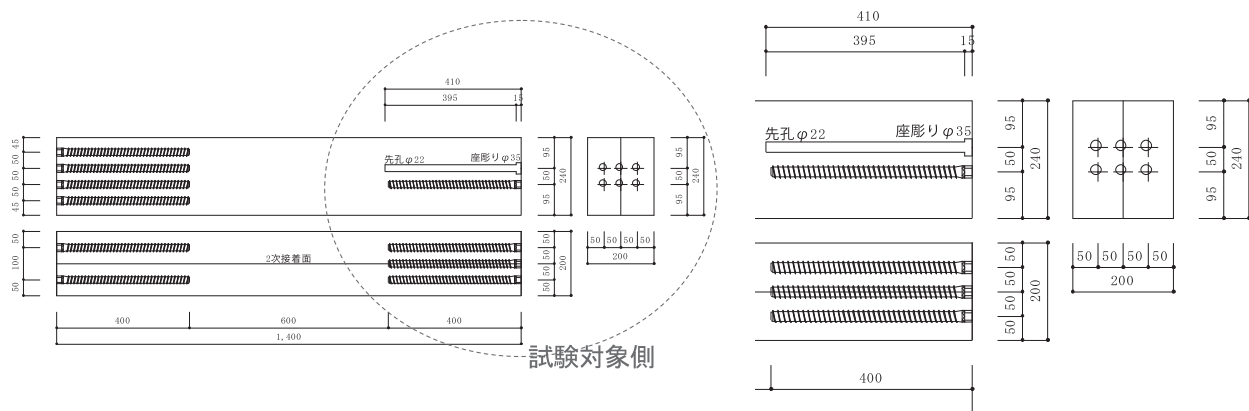


● 破壊性状

- ・ 1 体目 母材に目立った損傷が生じる前に、試験対象側の 4 本全ての高力ボルトが破断
- ・ 2 体目 母材に目立った損傷が生じる前に、試験対象側の 4 本全ての高力ボルトが破断

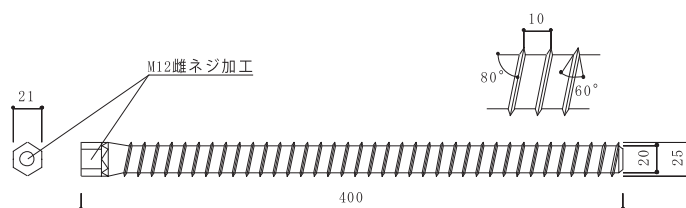
● 姿図・寸法

【使用材料】 母材 1400mm × 200mm × 240mm (120mm × 120mm、2次接着あり)
(カラマツ E95-F315)



試験対象側拡大図

接合具 ラグスクリューボルト (LSB) φ 25



● 適用条件

引張のみを伝達する接合部に使用する。せん断を受ける接合部に使用する際はラグスクリューボルトにせん断力を伝達しないようせん断キーを設ける。複数本配置する際は2d以上の接合確保し、所定の耐力低減係数を乗じる。低減係数は研究成果をもとに0.8程度の値が提案されている。接合部が回転を生じた際には木材の割り裂き方向に対して力が作用することになり、2次応力に対する引張抵抗能力の低下に注意が必要である。

● 概要

木質ラーメン構法等で用いられる構造用集成材を用いた柱脚端部を想定している。実際の使用では、母材に埋め込まれたLSBの引き抜き抵抗によりモーメントに抵抗するため、本実験にて基礎データとしての引き抜き性能を確認している。LSBは端部にM12の雌ネジ加工が施してあり、ボルトで金物と緊結する。構造物の破壊性状として、木材端部の割裂による脆性破壊を避けるため、十分な断面、縁距離を確保する必要がある。

● 接合具 (メーカー、入手方法等)

LSB (カネシン)

● 問い合わせ先 URL

● 理論式*

$$P_{max} = \begin{cases} \frac{f_v \pi R_t (E_w A_w + E_s A_s) \sinh kl}{k (E_s A_s \cosh kl + E_w A_w)} & (E_w A_w \leq E_s A_s) \\ \frac{f_v \pi R_t (E_w A_w + E_s A_s) \sinh kl}{k (E_w A_w \cosh kl + E_s A_s)} & (E_s A_s \leq E_w A_w) \end{cases}$$

ここで、

$$k = \sqrt{\Gamma \pi R_t \left(\frac{1}{E_w A_w} + \frac{1}{E_s A_s} \right)}$$

$$K_s = \begin{cases} \frac{\Gamma \pi R_t (E_w A_w + E_s A_s) \sinh kl}{k (E_s A_s \cosh kl + E_w A_w)} & (E_w A_w \leq E_s A_s) \\ \frac{\Gamma \pi R_t (E_w A_w + E_s A_s) \sinh kl}{k (E_w A_w \cosh kl + E_s A_s)} & (E_s A_s \leq E_w A_w) \end{cases}$$

P_{max} : LSB の最大引抜き荷重, K_s : すべり係数

f_v : せん断強さ(実験より求める), Γ : せん断剛性係数, E : ヤング係数

A : 有効断面積(有効径による), l : 有効埋め込み長さ

R_t : LSB の山径, 添え字 w : 母材, 添え字 s : LSB

※中谷 誠、森 拓郎、小松 幸平「ラグスクリーブボルトと特殊金物を用いた木質ラーメン構造の柱-梁接合部に関する研究」日本建築学会構造系論文集、2008年4月

● モデル化

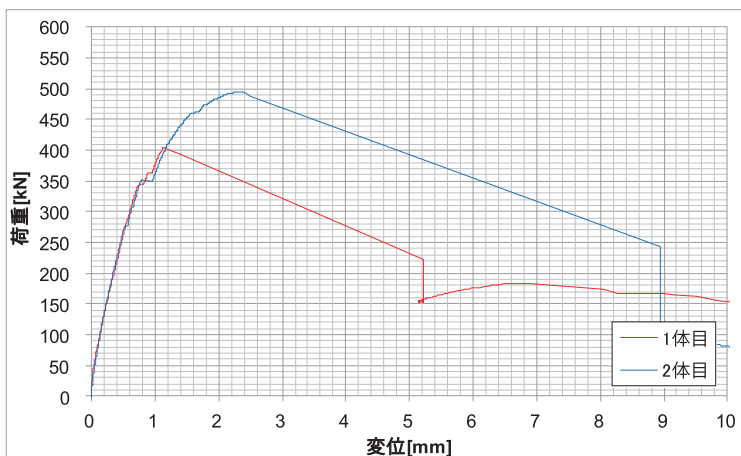
要素モデル



● 特性値

	1 体目	2 体目	Ave.
最大耐力 Pmax[kN]	403	494	449
LSB1 本あたり	67.2	82.3	74.8
初期剛性 K[kN/mm]	522	488	505
LSB1 本あたり	87.1	81.4	84.3

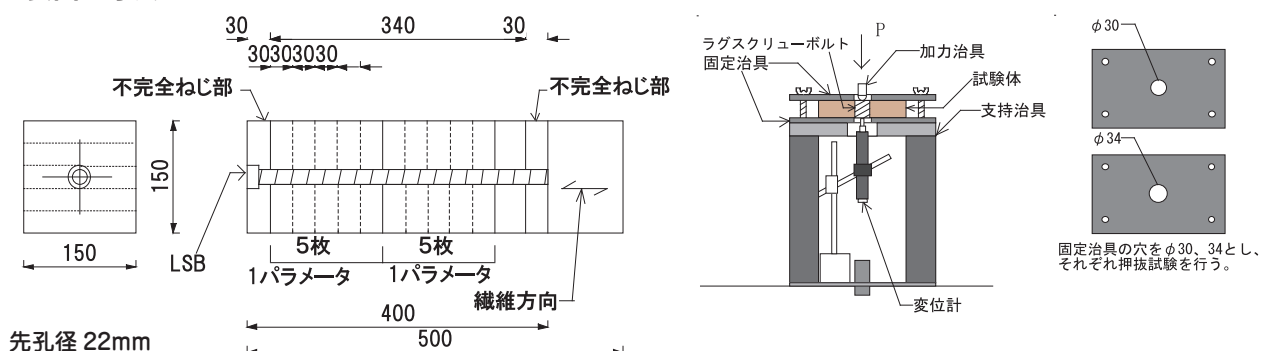
● 荷重変形



● 破壊性状

- ・ 1 体目 片側で木材端部の割裂が生じた後、反力側端部まで割裂が進展
- ・ 2 体目 木材端部に亀裂が生じた後、試験対象側の 6 本の LSB に囲われた部分の木材の集団型引き抜け破壊

● 姿図・寸法



【使用材料】

母材 : カラマツ (E95-F315 断面 150mm × 150mm)

接合具 : ラグスクリューボルト (カネシン) (全長 400mm、山径 25mm、谷径 20mm、ピッチ 10mm)

試験体数 : 60 体 (固定治具 φ 30 : 6 母材 × 5 体 = 30 体、固定治具 φ 34 : 6 母材 × 5 体 = 30 体)

● 適用条件

本実験結果およびそれから導かれる各値をそのまま利用できるのは、接合具に純粋な引張力のみが作用する場合である。

● 概要

150mm × 150mm のスギ集成材に φ 25mm の接合具を繊維方向に 400mm 埋め込み、不完全ねじ部 30mm を除き鋼材用バンドソーで切断した試験体である。

● 接合具 (メーカー、入手方法等)

ラグスクリューボルト (製造: (株)カネシン、販売: (株)カネシン)

● 問い合わせ先 URL

<http://www.kaneshin.co.jp>

● 理論式*

特性値を求める式

$$\tau = P_I / A_e \quad (1)$$

$$A_e = \pi R (t - p/2) \quad (2)$$

$$\Gamma = \tau / e \quad (3)$$

$$f_v = \tau_{max} \quad (4)$$

比例式

$$P_{maxL} = A_e \cdot f_v \quad (5)$$

$$K_{sL} = \Gamma \cdot A_e \quad (6)$$

P_{maxL} : 比例式による LSB 単体の最大耐力 (kN)

f_v : LSB のせん断強度 (N/mm²)

τ : LSB の円周廻りに作用するせん断応力 (N/mm²) K_{sL} : 比例式による LSB の引抜剛性 (N/mm)

P_I : 押抜試験より得られた荷重 (kN)

Γ : LSB のせん断剛性係数 (N/mm³)

A_e : LSB の円周廻りに作用する有効断面積 (mm²)

R : LSB 山径 (mm)

t : 薄板の厚さ (mm)

p : LSB ピッチ (mm)

e : 押抜変位 (mm)

中谷式

$$K_{SN} = \frac{\Gamma \pi R (E_w A_w + E_s A_s) \sinh kl}{k (E_s A_s \cosh kl + E_w A_w)} \quad (E_w A_w \leq E_s A_s) \quad - (7)$$

$$P_{maxN} = \frac{f_v \pi R (E_w A_w + E_s A_s) \sinh kl}{k (E_s A_s \cosh kl + E_w A_w)} \quad (E_w A_w \leq E_s A_s) \quad - (8)$$

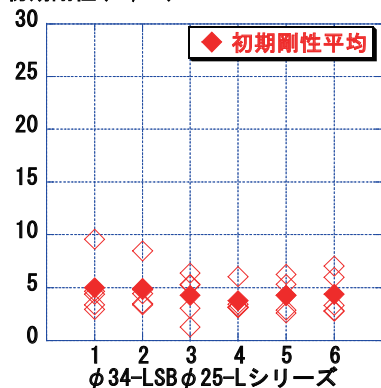
$$k = \sqrt{\Gamma \pi R \left(\frac{1}{E_w A_w} + \frac{1}{E_s A_s} \right)} \quad - (9)$$

- K_{SN} : 中谷式による LSB の引抜剛性 (N/mm)
- Γ : LSB のせん断剛性係数 (N/mm³)
- R : LSB の山径 (mm)
- E_w : 木質部材のヤング係数 (N/mm²)
- E_s : LSB のヤング係数 (N/mm²)
- A_w : 木質部材の有効断面積 (mm²)
- A_s : LSB の断面積 (mm²)
- l : LSB の埋め込み長さ (mm)
- P_{maxN} : 中谷式による LSB 単体の最大耐力 (kN)
- f_v : LSB のせん断強度 (N/mm²)

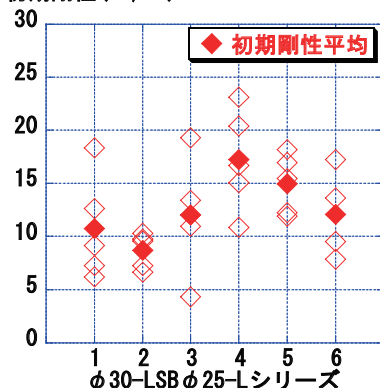
●モデル化

●特性値

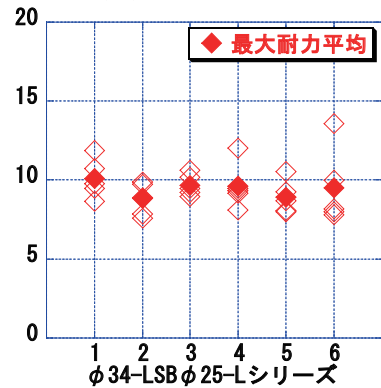
初期剛性 (kN/mm)



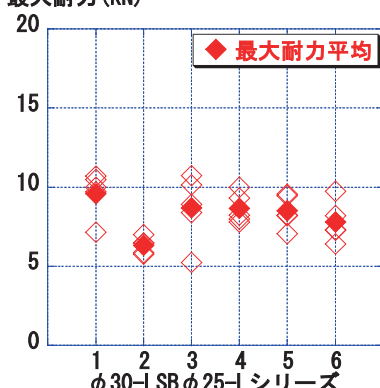
初期剛性 (kN/mm)



最大耐力 (kN)



最大耐力 (kN)



試験体名	樹種	せん断強度 f_v (N/mm ²)	せん断剛性係数 Γ (N/mm ³)
φ 34-LSB φ 25-L	カラマツ	3.15	6.76
φ 30-LSB φ 25-L		2.68	7.86

要材
素

接合
具

接合
部

部組
材立

屋根

柱

梁

1ブ
スレ

壁

床

集
成材

1
2
1

製
材

合
板

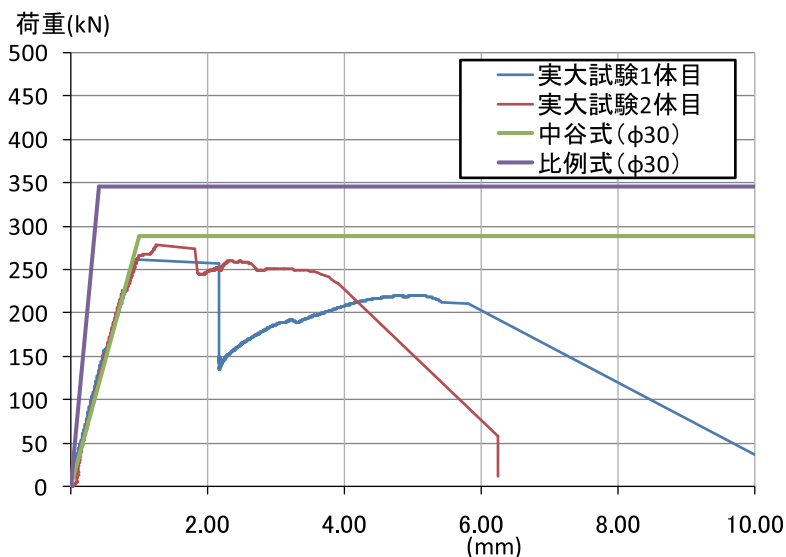
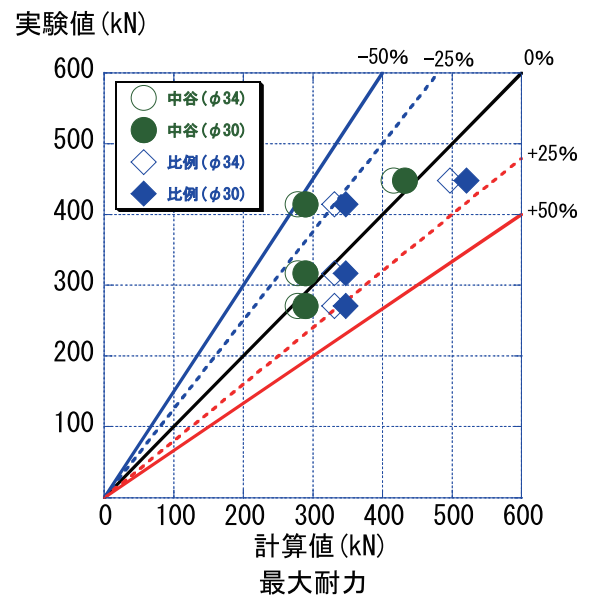
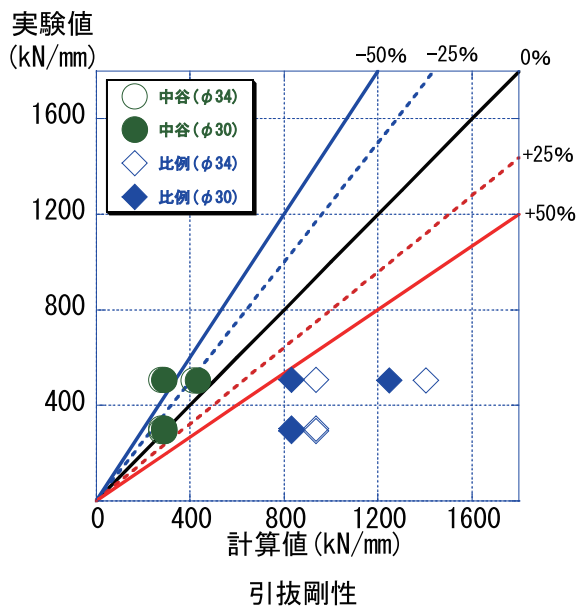
そ
の
他

● 実験値と計算値の誤差

引抜剛性について比較した場合、比例式による計算値は実験値に対する誤差が+50%を超える値を示すものが多く、計算値は実験値を過大評価しているといえる。一方、中谷式による計算値は概ね実験値を推定できていた。

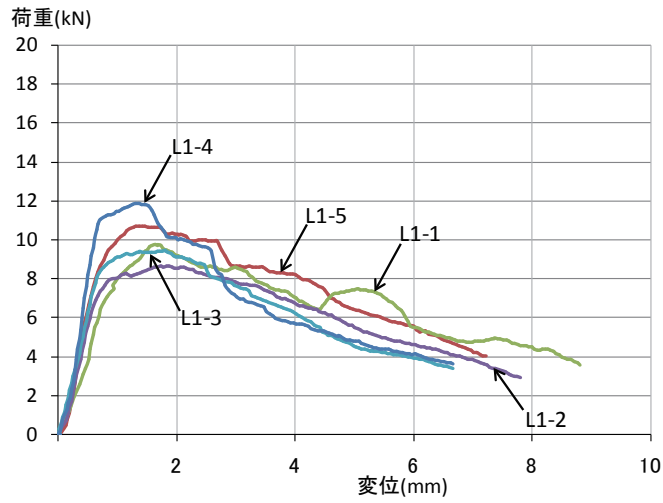
最大耐力について比較した場合、比例式及び中谷式による計算値の実験値に対する誤差は同程度となり、大きな違いはみられなかった。

また、実大試験の荷重－変位曲線と計算値の荷重－変位曲線を比較した場合においても、比例式は実大試験の結果を大きく上回っているのに対し、中谷式は概ね実験値を推定できていた。なお、比例式及び中谷式の荷重－変位曲線は固定治具の穴径が30mmの値を用いている。



実大実験はLSB（集成材／カラマツ／E95-F315／120×240×1500／LSB4本）のデータ

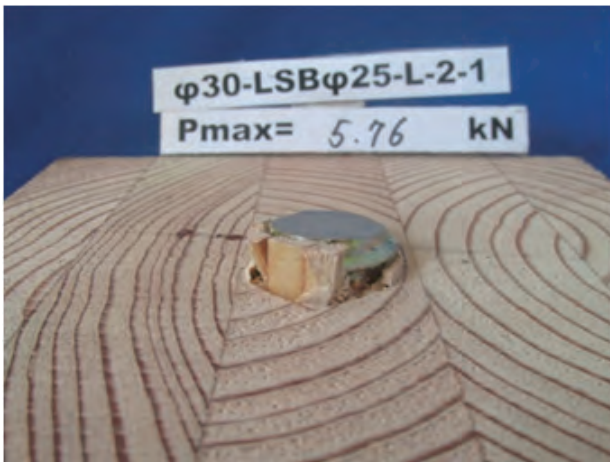
● 荷重変形



荷重-変位曲線 (Φ34 - LSB Φ25 - L1)

● 破壊性状

・ 主な破壊性状は、LSB のねじ山に沿う接合部の母材全体のせん断破壊であった。

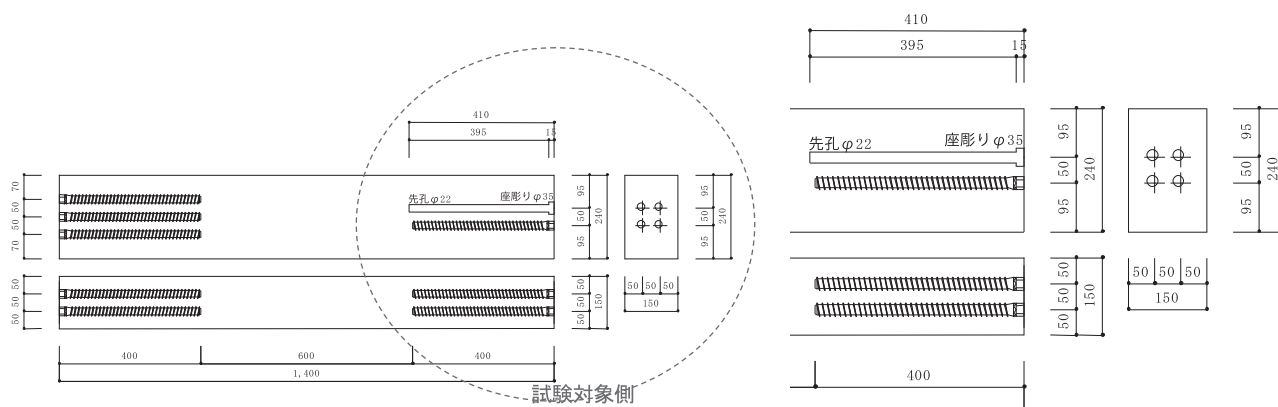


- 要材
素
- 接
合
具
- 接
合
部
- 部
組
材
立
- 屋
根
- 柱
- 梁
- ト
ブ
ス
レ
- 壁
- 床
- 集
成
材
- ト
ブ
ス
レ
- 製
材
- 合
板
- そ
の
他

● 姿図・寸法

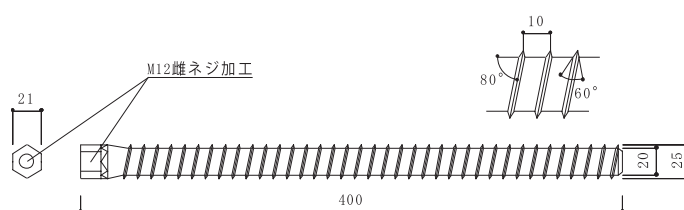
【使用材料】 母材 1400mm × 150mm × 240mm

(カラマツ 120E-1 級 50V-43H)



試験対象側拡大図

接合具 ラグスクリューボルト (LSB) φ 25



● 適用条件

引張のみを伝達する接合部に使用する。せん断を受ける接合部に使用する際はラグスクリューボルトにせん断力を伝達しないようせん断キーを設ける。複数本配置する際は 2d 以上の接合確保し、所定の耐力低減係数を乗じる。低減係数は研究成果をもとに 0.8 程度の値が提案されている。接合部が回転を生じた際には木材の割り裂き方向に対して力が作用することになり、2 次応力に対する引張抵抗能力の低下に注意が必要である。

● 概要

木質ラーメン構法等で用いられる構造用集成材を用いた柱脚端部を想定している。実際の使用では、母材に埋め込まれた LSB の引き抜き抵抗によりモーメントに抵抗するため、本実験にて基礎データとしての引き抜き性能を確認している。LSB は端部に M12 の雌ネジ加工が施してあり、ボルトで金物と緊結する。構造物の破壊性状として、木材端部の割裂による脆性破壊を避けるため、十分な断面、縁距離を確保する必要がある。

● 接合具 (メーカー、入手方法等)

LSB (カネシン)

● 問い合わせ先 URL

● 理論式*

$$P_{max} = \begin{cases} \frac{f_v \pi R_t (E_w A_w + E_s A_s) \sinh kl}{k (E_s A_s \cosh kl + E_w A_w)} & (E_w A_w \leq E_s A_s) \\ \frac{f_v \pi R_t (E_w A_w + E_s A_s) \sinh kl}{k (E_w A_w \cosh kl + E_s A_s)} & (E_s A_s \leq E_w A_w) \end{cases}$$

ここで、

$$k = \sqrt{\Gamma \pi R_t \left(\frac{1}{E_w A_w} + \frac{1}{E_s A_s} \right)}$$

$$K_s = \begin{cases} \frac{\Gamma \pi R_t (E_w A_w + E_s A_s) \sinh kl}{k (E_s A_s \cosh kl + E_w A_w)} & (E_w A_w \leq E_s A_s) \\ \frac{\Gamma \pi R_t (E_w A_w + E_s A_s) \sinh kl}{k (E_w A_w \cosh kl + E_s A_s)} & (E_s A_s \leq E_w A_w) \end{cases}$$

P_{max} : LSB の最大引抜き荷重, K_s : すべり係数
 f_v : せん断強さ(実験より求める), Γ : せん断剛性係数, E : ヤング係数

A : 有効断面積(有効径による), l : 有効埋め込み長さ

R_t : LSB の山径, 添え字 w : 母材, 添え字 s : LSB

※中谷 誠、森 拓郎、小松 幸平「ラグスクリーボルトと特殊金物を用いた木質ラーメン構造の柱-梁接合部に関する研究」日本建築学会構造系論文集、2008年4月

● モデル化

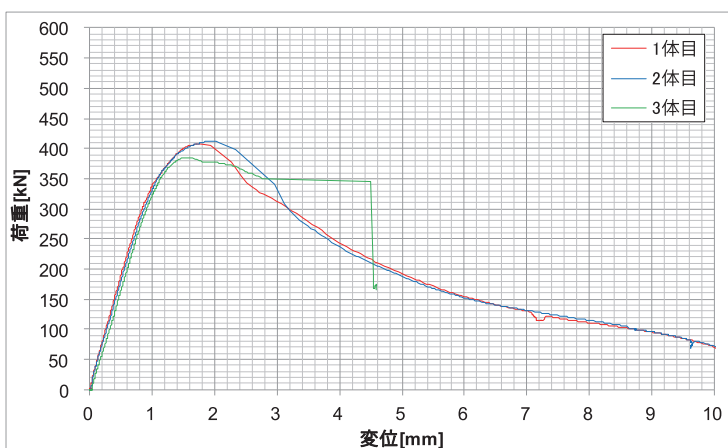
要素モデル



● 特性値

	1 体目	2 体目	3 体目	Ave.
最大耐力 Pmax[kN]	407	413	385	402
LSB1 本あたり	102	103	96.3	100
初期剛性 K[kN/mm]	370	352	332	351
LSB1 本あたり	92.5	88.0	83.3	87.8

● 荷重変形

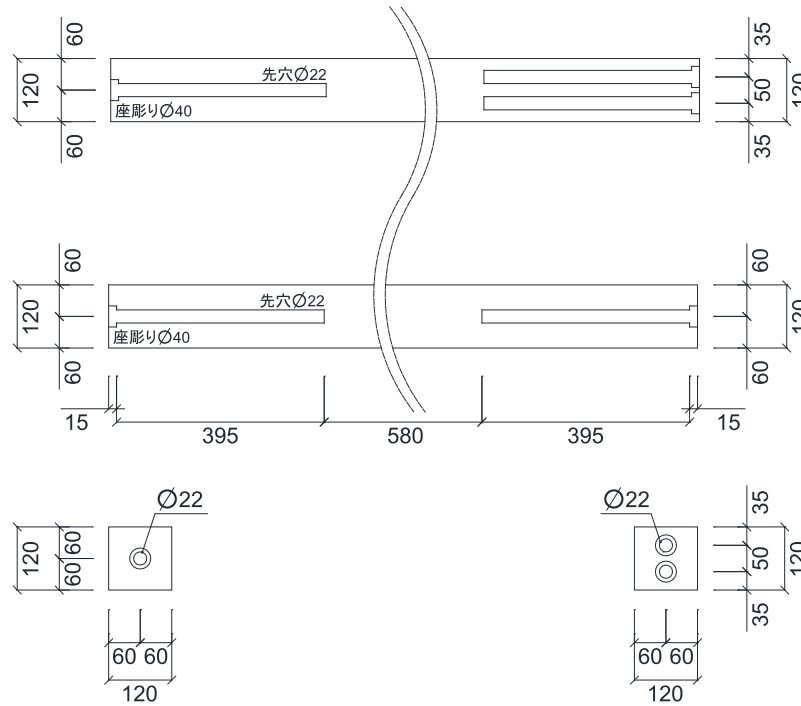


● 破壊性状

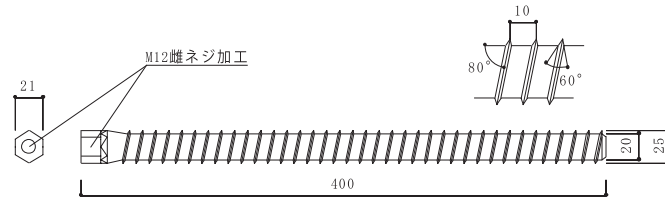
- ・ 1 体目 片側で木材端部の割裂が生じた後、試験対象側の LSB4 本全てが引き抜ける
- ・ 2 体目 片側で木材端部の割裂が生じた後、試験対象側の LSB4 本全てが引き抜ける
- ・ 3 体目 片側で木材端部の割裂が生じた後、逆側で高力ボルトの破断

● 姿図・寸法

【使用材料】 母材 1400mm × 120mm × 120mm (カラマツ 120E-1 級 50V-43H)



接合具 ラグスクリューボルト (LSB) φ 25



● 適用条件

—

● 概要

柱脚部用の金物として LSB (Lug Screw Bolt) を用いて厚板 LVL (厚さ 150mm) を組み合わせることで S 造・RC 造の建築物にハイブリット構造部材として使うことが可能な高耐力の壁を設計しその性能を確認した。

● 接合具 (メーカー、入手方法等)

LSB (カネシン)

● 問い合わせ先 URL

www.kaneshin.co.jp/

● 理論式

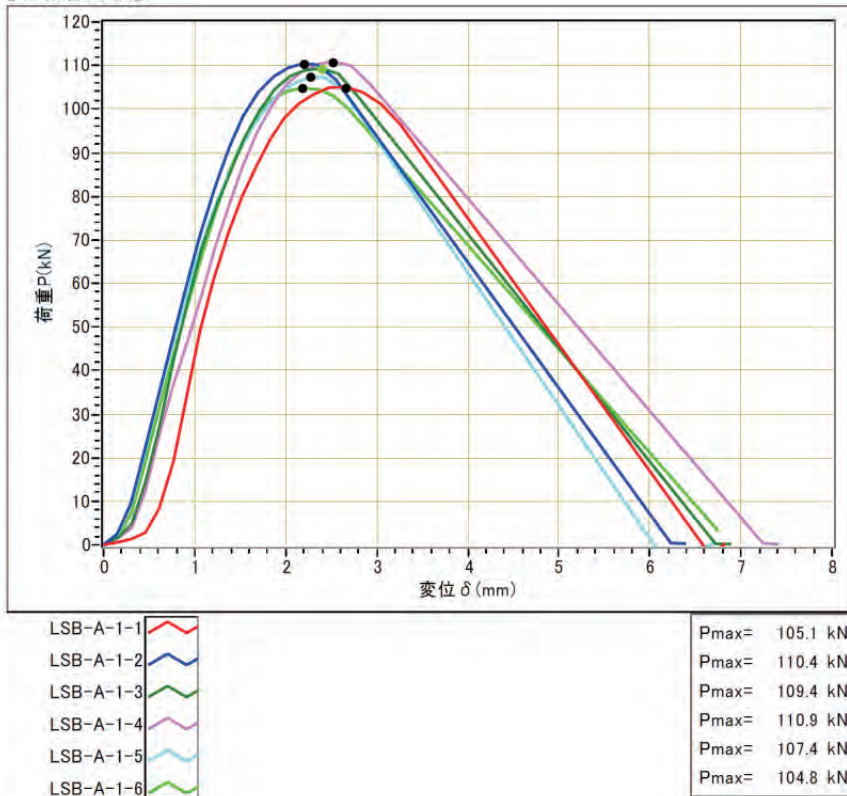
● 計算式

● 特性値

試験体記号	加力方法	最大荷重 Pm [kN]	最大荷重時変位 δ Pmax [mm]	破壊性状
LSB-A-1-1	一方向単調加力	105.06	2.66	M12 六角ボルト (強度区分 10.9) 破断
LSB-A-1-2		110.40	2.19	
LSB-A-1-3		109.36	2.39	
LSB-A-1-4		110.92	2.52	
LSB-A-1-5		107.36	2.27	
LSB-A-1-6		104.82	2.18	
平均		107.99	2.37	
標準偏差		2.66	0.19	

● 荷重変形

【包絡線比較】

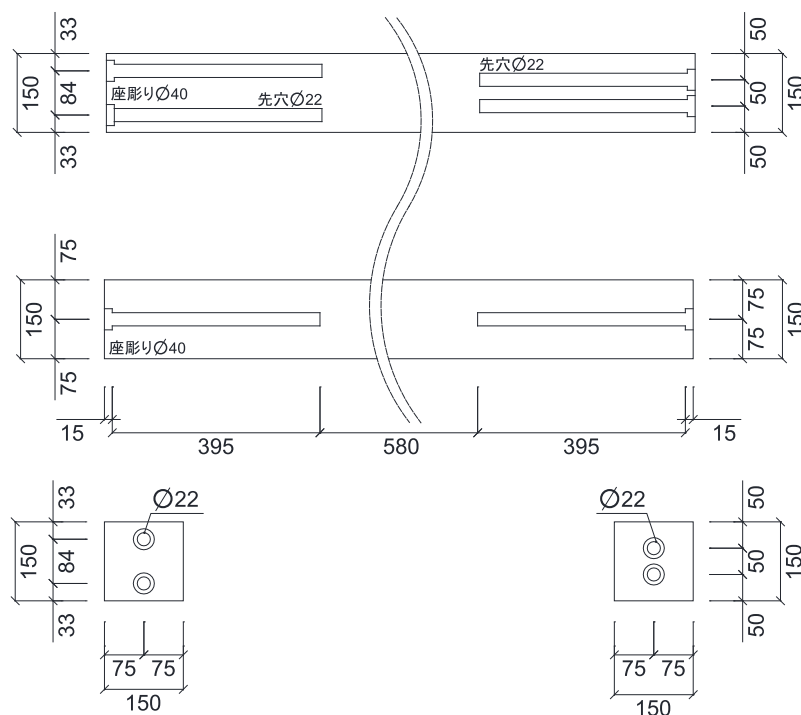


● 破壊性状

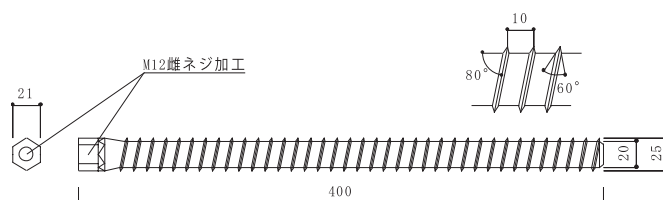
- ・ LSB のめねじに入っているハイテンションボルト (M12 六角ボルト：土台への固定用金物) の引張り破壊による荷重低下が確認された。
- ・ 高い耐力が確認されたが、変形性能は低かった。

● 姿図・寸法

【使用材料】 母材 1400mm × 150mm × 150mm (カラマツ 120E-1 級 50V-43H)



接合具 ラグスクリーボルト (LSB) φ 25



● 適用条件

—

● 概要

柱脚部用の金物として LSB (Lug Screw Bolt) を用いて厚板 LVL (厚さ 150mm) を組み合わせることで S 造・RC 造の建築物にハイブリット構造部材として使うことが可能な高耐力の壁を設計しその性能を確認した。

● 接合具 (メーカー、入手方法等)

LSB (カネシン)

● 問い合わせ先 URL

www.kaneshin.co.jp/

● 理論式

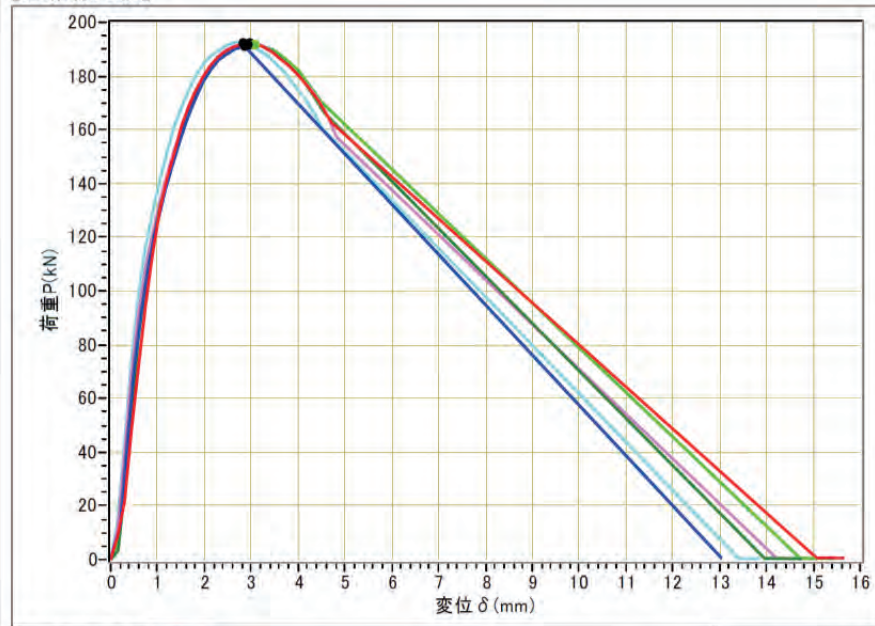
● 計算式

● 特性値

試験体記号	加力方法	最大荷重 Pm [kN]	最大荷重時変位 δ Pmax [mm]	破壊性状
LSB-A-2-1	一方向単調加力	192.17	2.92	M12 六角ボルト (強度区分 10.9) 破断
LSB-A-2-2		191.22	2.86	
LSB-A-2-3		191.99	3.07	
LSB-A-2-4		192.35	2.95	
LSB-A-2-5		192.49	2.80	
LSB-A-2-6		192.06	2.97	
平均		192.05	2.93	
標準偏差		0.45	0.09	

● 荷重変形

【包絡線比較】



- LSB-A-2-1
- LSB-A-2-2
- LSB-A-2-3
- LSB-A-2-4
- LSB-A-2-5
- LSB-A-2-6

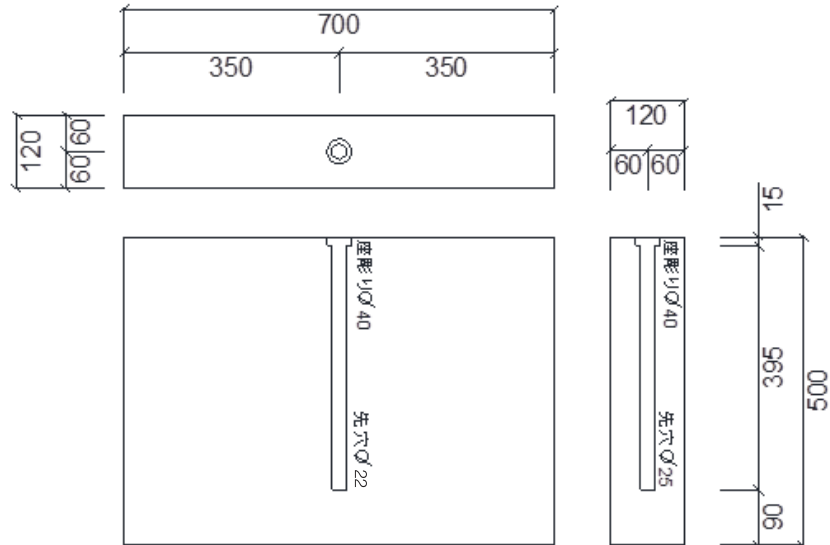
- Pmax= 192.2 kN
- Pmax= 191.2 kN
- Pmax= 192.0 kN
- Pmax= 192.3 kN
- Pmax= 192.5 kN
- Pmax= 192.1 kN

● 破壊性状

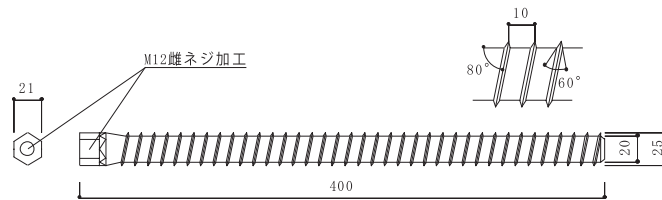
- ・ LSB のめねじに入っているハイテンションボルト (M12 六角ボルト：土台への固定用金物) の引張り破壊による荷重低下が確認された。
- ・ 高い耐力が確認されたが、変形性能は低かった。

● 姿図・寸法

【使用材料】 母材 120mm × 500mm × L700mm (カラマツ 120E-1 級 50V-43H)



接合具 ラグスクリューボルト (LSB) φ 25



● 適用条件

—

● 概要

柱脚部用の金物として LSB (Lug Screw Bolt) を用いて厚板 LVL (厚さ 150mm) を組み合わせることで S 造・RC 造の建築物にハイブリット構造部材として使うことが可能な高耐力の壁を設計しその性能を確認した。

● 接合具 (メーカー、入手方法等)

LSB (カネシン)

● 問い合わせ先 URL

www.kaneshin.co.jp/

● 理論式

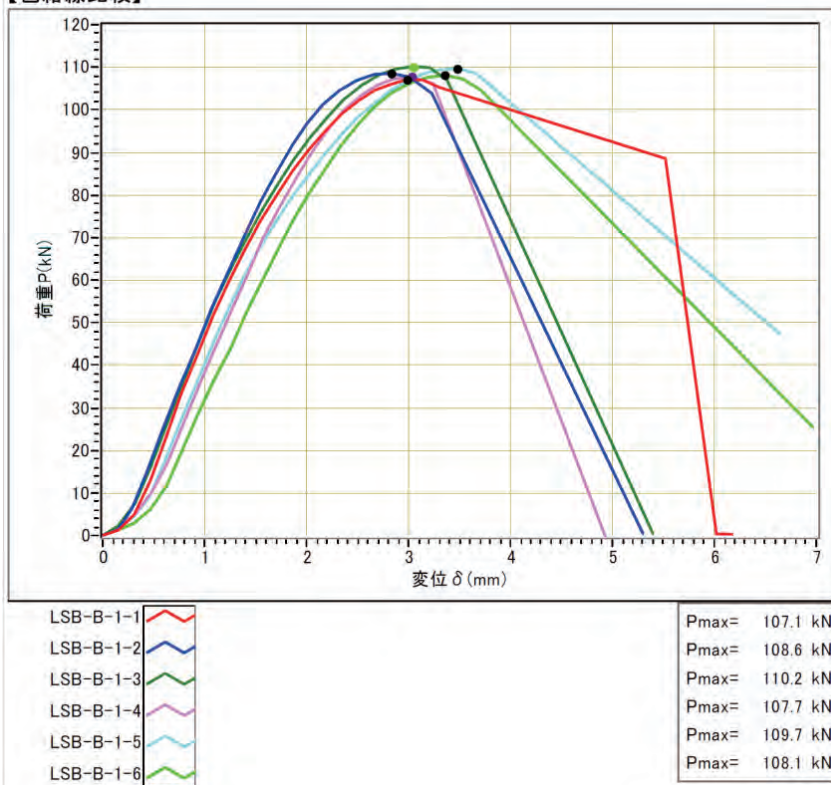
● 計算式

● 特性値

試験体記号	加力方法	最大荷重 Pm [kN]	最大荷重時変位 δ Pmax [mm]	破壊性状
LSB-B-1-1	一方向単調加力	107.09	2.98	M12 六角ボルト (強度区分 10.9) 破断
LSB-B-1-2		108.56	2.83	
LSB-B-1-3		110.17	3.04	
LSB-B-1-4		107.70	3.03	
LSB-B-1-5		109.71	3.48	
LSB-B-1-6		108.14	3.36	
平均		108.56	3.12	
標準偏差		1.18	0.25	

● 荷重変形

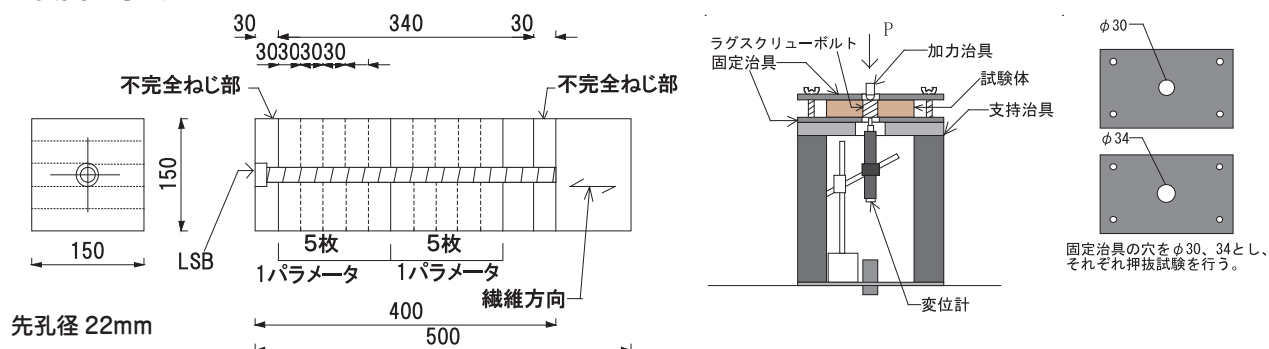
【包絡線比較】



● 破壊性状

- ・ LSB のめねじに入っているハイテンションボルト (M12 六角ボルト：土台への固定用金物) の引張り破壊による荷重低下が確認された。
- ・ 高い耐力が確認されたが、変形性能は低かった。

● 姿図・寸法



【使用材料】

母材 : LVL (カラマツ 120E-1 級 50V-43H 断面 150mm × 150mm)
 接合具 : ラグスクリューボルト (カネシン) (全長 400mm、山径 25mm、谷径 20mm、ピッチ 10mm)
 試験体数 : 60 体 (固定治具 φ 30 : 6 母材 × 5 体 = 30 体、固定治具 φ 34 : 6 母材 × 5 体 = 30 体)

● 適用条件

本実験結果およびそれから導かれる各値をそのまま利用できるのは、接合具に純粋な引張力のみが作用する場合である。

● 概要

150mm × 150mm のスギ集成材に φ 25mm の接合具を繊維方向に 400mm 埋め込み、不完全ねじ部 30mm を除き鋼材用バンドソーで切断した試験体である。

● 接合具 (メーカー、入手方法等)

ラグスクリューボルト (製造: ㈱カネシン、販売: ㈱カネシン)

● 問い合わせ先 URL

<http://www.kaneshin.co.jp>

● 理論式[※]

特性値を求める式

$$\tau = P_l / A_e \quad (1)$$

$$A_e = \pi R(t - p/2) \quad (2)$$

$$\Gamma = \tau / e \quad (3)$$

$$f_v = \tau_{max} \quad (4)$$

比例式

$$P_{maxL} = A_e \cdot f_v \quad (5)$$

$$K_{sL} = \Gamma \cdot A_e \quad (6)$$

τ : LSB の円周廻りに作用するせん断応力 (N/mm²)

P_l : 押抜試験より得られた荷重 (kN)

A_e : LSB の円周廻りに作用する有効断面積 (mm²)

R : LSB 山径 (mm)

t : 薄板の厚さ (mm)

p : LSB ピッチ (mm)

e : 押抜変位 (mm)

P_{maxL} : 比例式による LSB 単体の最大耐力 (kN)

f_v : LSB のせん断強度 (N/mm²)

K_{sL} : 比例式による LSB の引抜剛性 (N/mm)

Γ : LSB のせん断剛性係数 (N/mm³)

中谷式

$$K_{sV} = \frac{\Gamma\pi R(E_w A_w + E_s A_s)\sinh kl}{k(E_s A_s \cosh kl + E_w A_w)} \quad (E_w A_w \leq E_s A_s) \quad - (7)$$

$$P_{\max N} = \frac{f_v \pi R(E_w A_w + E_s A_s)\sinh kl}{k(E_s A_s \cosh kl + E_w A_w)} \quad (E_w A_w \leq E_s A_s) \quad - (8)$$

$$k = \sqrt{\Gamma\pi R \left(\frac{1}{E_w A_w} + \frac{1}{E_s A_s} \right)} \quad - (9)$$

K_{sV} : 中谷式による LSB の引抜剛性 (N/mm)

Γ : LSB のせん断剛性係数 (N/mm³)

R : LSB の山径 (mm)

E_w : 木質部材のヤング係数 (N/mm²)

E_s : LSB のヤング係数 (N/mm²)

A_w : 木質部材の有効断面積 (mm²)

A_s : LSB の断面積 (mm²)

l : LSB の埋め込み長さ (mm)

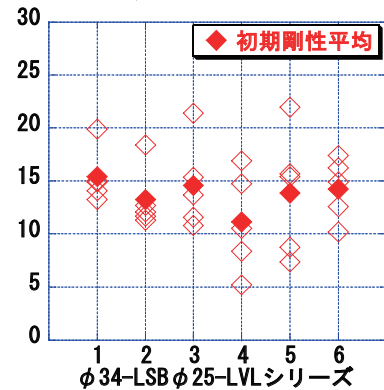
$P_{\max N}$: 中谷式による LSB 単体の最大耐力 (kN)

f_v : LSB のせん断強度 (N/mm²)

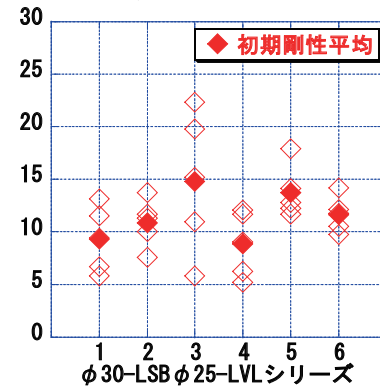
●モデル化

●特性値

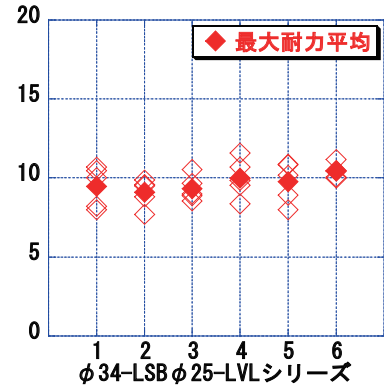
初期剛性 (kN/mm)



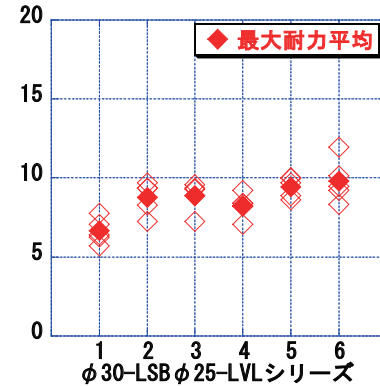
初期剛性 (kN/mm)



最大耐力 (kN)



最大耐力 (kN)



試験体名	樹種	せん断強度 f_v (N/mm ²)	せん断剛性係数 Γ (N/mm ³)
φ 34-LSB φ 25-LVL	LVL	3.70	11.12
φ 30-LSB φ 25-LVL		3.24	7.29

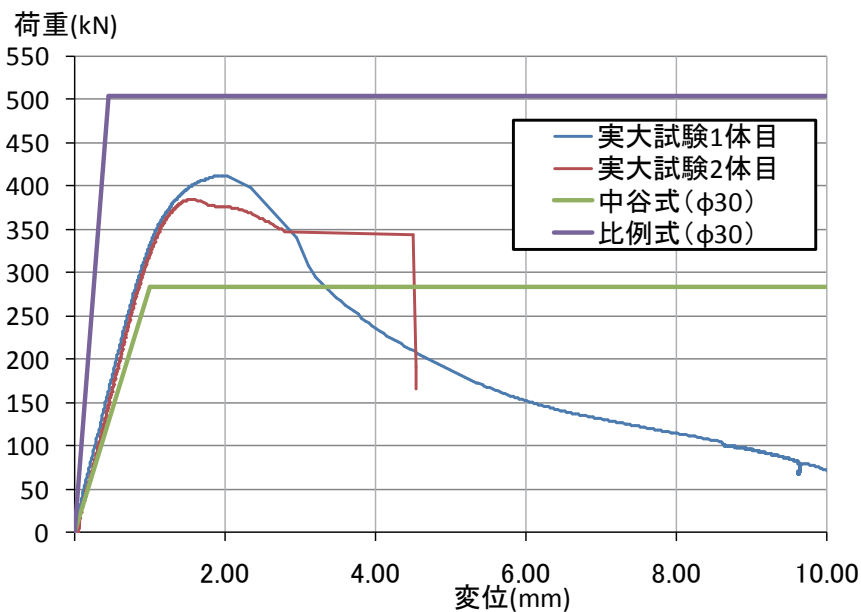
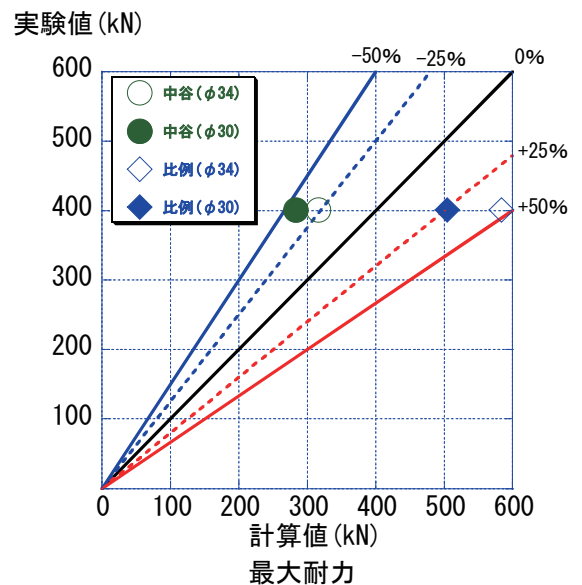
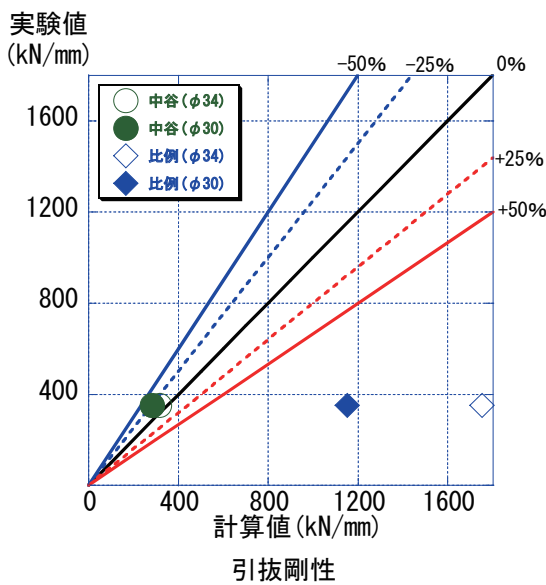
- 要材
素
- 接
合
具
- 接
合
部
- 部
組
材
立
- 屋
根
- 柱
- 梁
- ト
ブ
ス
レ
- 壁
- 床
- 集
成
材
- L
V
L
- 製
材
- 合
板
- そ
の
他

●実験値と計算値の誤差

引抜剛性について比較した場合、比例式による計算値は実験値に対する誤差が+ 50%を超える値を示すものが多く、計算値は実験値を過大評価しているといえる。一方、中谷式による計算値は概ね実験値を推定できていた。

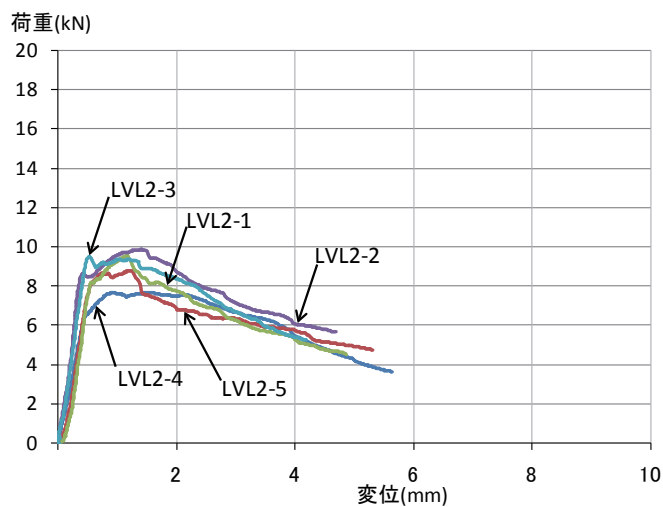
最大耐力について比較した場合、比例式及び中谷式による計算値の実験値に対する誤差は同程度となり、大きな違いはみられなかった。

また、実大試験の荷重－変位曲線と計算値の荷重－変位曲線を比較した場合においても、比例式は実大試験の結果を大きく上回っているのに対し、中谷式は概ね実験値を推定できていた。なお、比例式及び中谷式の荷重－変位曲線は固定治具の穴径が 30mm の値を用いている。



実大実験はLSB (LVL / カラマツ / 120E-1 級 / 150 × 240 × 1400 / LSB4本) のデータ

● 荷重変形



荷重—変位曲線 (φ 34 - LSB φ 25 - LVL2)

● 破壊性状

・ 主な破壊性状は、LSB のねじ山に沿う接合部の母材全体のせん断破壊であった。



要材 素料
接合具
接合部
部組 材立
屋根
柱
梁
1ブ スレ
壁
床
集 成材
LVL
製材
合板
その他

構造システムと施工の注意点

本設計データで提案している接合部はモーメント抵抗接合としてラーメンを構成する場合や引き抜きを生じる柱脚接合部に用いる多数本打ちラグスクリューボルトの引き抜き性能である。本設計データでは、120 幅の材を 2 材併せて大きな部材断面を可能としているが、必要な縁端距離や接合間隔を守って接合する。必要な縁端間隔や接合間隔は本設計データの複数本のラグスクリュー接合部の引き抜き実験やラグスクリューボルト研究会で実施された研究成果などが参考になる。ボルト径と先穴径の関係などもノウハウが蓄積されており、専門の工具を用いて施工する。

解析モデルと断面算定

高い耐力の伝達が可能な接合部であるが、母材引張強度以上の接合部は現段階では難しい。引張の変形全体に対して占める割合が大きい接合部の場合には軸力バネとして表現する。

バリエーション

柱脚部接合、筋かい端部接合、梁端部接合、トラス接合部などに用いることが可能である。

概要

構造用ビスの現状

近年、木造建築物に使われる各種接合金物を留め付ける接合具として、構造用ビスと呼ばれる接合具が主流となってきている。これは、従来の“木ねじ”を独自に改良・進化させたもので、胴部径と胴部長さ、ネジ山のピッチ・高さやねじ部長さ、先端部の形状、ビス頭部の形状や大きさ等を様々に変化させて、各種用途に特化した形で販売されている。しかし、構造用ビスと呼ばれるものがあまりにも多岐に渡るため、統一的な規格が整備されておらず、それ故にビスの許容せん断耐力、引き抜き耐力等の性能評価法に関する検討が遅れているのが現状である。現状は、日本建築学会の「木質構造設計規準・同解説」¹⁾に掲載されている“木ねじ（JIS 製品）”を使って同書の計算式を用いるか、同じく日本建築学会の「木質構造接合部設計マニュアル」²⁾に掲載されている構造用ビスの性能評価法に従って一面せん断耐力を算定するしか設計方法がない。

一方で、木造住宅用の接合金物には構造用ビスが大量に使われているが、ビス1本の性能から接合部の耐力を設計しているのではなく、仕様を決めて接合部の引き抜き試験やせん断試験を行うことにより、実験値を基にした接合部耐力を評価して設計に用いる数値を導き出している。

構面の性能

現在の木造軸組工法住宅の許容応力度計算を行う際、(財)日本住宅・木材技術センターの「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」³⁾を参考にすることが多い。この中の面材張り構面の許容せん断耐力を詳細計算法により求める際に釘接合部の一面せん断性能を使用するが、それと同様に接合具の一面せん断性能を実験的に求め、その数値を基にして構面の性能を評価することが出来れば、従来手法と同様の手順で設計が可能となるため大変都合が良い。

そこで本項では、これまで主に対象としてきた釘とは異なるせん断性能を有する長ビスを対象に、接合具1本あたりのせん断性能を求めることとする。

力の伝達方法

本項で扱う構造用ビスは、主に木材と木材を接合する際に用いるものである。ビスの形状により、主にせん断力に抵抗することを目的としたもの、主に引っ張り力に抵抗することを目的としたものに分かれる。

せん断力に抵抗するものは、一方の木材（主材）から他方の木材（側材）に対し、ビスを介してせん断力を伝達するものである。主材と側材の材厚やビスの打ち込み深さ、ビスの形状などにより降伏モードが異なるため、耐力は高いが変形性能の低い接合部、あるいは耐力はそれほど高くないが変形性能に富む接合部など、目的に応じた接合部を形成することが可能である。

引っ張り力に抵抗するものは、全ネジタイプのビスで、頭部を小さくしてネジ山を高くし、主材が側材か

ら離れようとする引っ張り力に対し、ネジ山が抵抗するものである。頭部を小さくすることで徐々にビスは材中にめり込んでいき、変形性能に富む接合部を形成することが出来るのが特徴である。

使用する接合具

本設計データの集成床パネル用として用いる接合具は、近年 CLT (Cross Laminated Timber) の接合等に用いられる長めの構造用ビス (以下、長ビス) 3 種類と、接合金物の留め付けなどに使われる一般的なせん断接合用の構造用ビス (以下、せん断ビス) 1 種類である。

長ビスは、国内ではまだあまり生産されておらず、欧州からの輸入品が中心であるが、胴部径が太く、全ネジあるいは半ネジタイプのものが用いられている。主にせん断接合に用いる長ビスはネジ頭が大きい半ネジタイプのビスを使い、主に引張接合に用いる場合にはネジ頭が小さい全ネジタイプのビスを使うようであるが、特に用途が限定されているわけではない。今回検討に用いた長ビスは、パネル軸組接合部用にはネジ頭が大きく頭部のめり込み抵抗の大きい半ネジタイプ (WURTH 社製 ASSY 3.0SK) を、胴部径を変えて 2 種類使用した。パネル間継ぎ手接合部には、主に斜めビス打ちに使用されるネジ頭の小さい全ネジタイプ (WURTH 社製 ASSY plus VG) と、国内で接合金物のせん断接合用に販売されているタイプ ((株) カナイ製 YD-R90) の 2 種類を使用した。

本設計データの合わせ梁に用いる接合具は東日本パワーファスニング株式会社のパネリード X である。



写真1 せん断接合用の長ビス (ASSY 3.0 SK)



写真2 引張接合用の長ビス (ASSY plus VG)



写真3 せん断ビス (YD-R90)

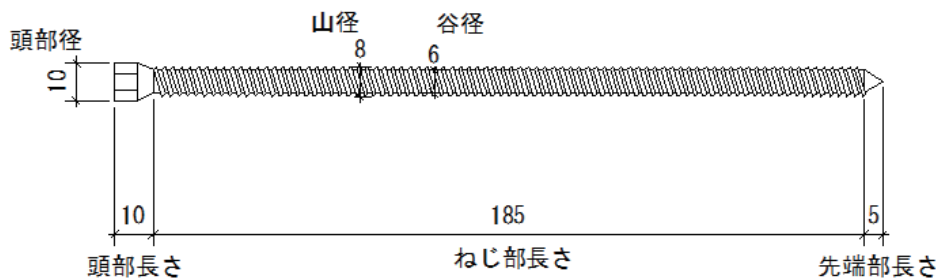


図1 パネリード X (各部の寸法)

設計における考え方と適用範囲

構造用ビスを用いた構面の設計に用いる接合部のせん断データは、まだそれほど蓄積が多くない。また、耐力壁や床構面のモデル化の手法については既に多くの研究実績があり、参考となる書籍^{3,4}なども多いが、それらは全て釘打ち構面を想定しており、また基本的には一般的な住宅に適用する構面を想定してモデル化等されたものである。本設計データ集で扱っている中層大規模木造建築物に用いるような高強度構面についての検証はなされていないし、構造用ビスの適用性についても検証されているわけではない。よって、現段階では構造用ビスのせん断性能を基に自由に構面の設計をするのは危険であり、最低限、同一のビス留め仕様による構面の実験を併用して安全性を確かめてから設計に用いる必要があるだろう。

文献

- 1) (社) 日本建築学会編：木質構造設計規準・同解説－許容応力度・許容耐力設計法一、2006.
- 2) (社) 日本建築学会編：木質構造接合部設計マニュアル、2009.
- 3) (財) 日本住宅・木材技術センター編：木造軸組工法住宅の許容応力度設計、2008.
- 4) (社) 日本ツーバイフォー建築協会編：枠組壁工法建築物構造計算指針、2007.

要材
素料

接合具

接合部

部組
材立

屋根

柱

梁

トブ
スレ

壁

床

集成材

「 \sphericalangle 」
「 \sphericalangle 」

製材

合板

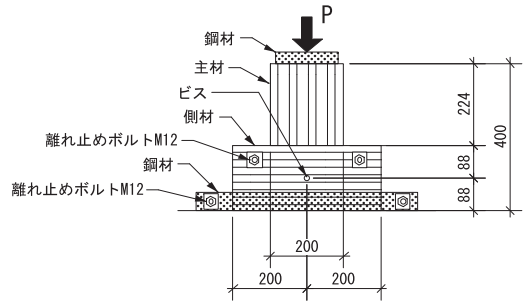
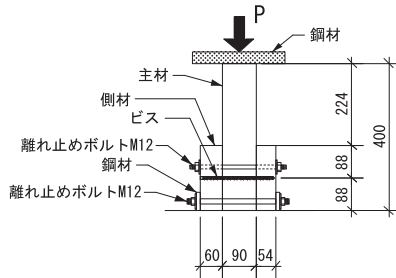
その他

● 姿図・寸法

【使用材料】

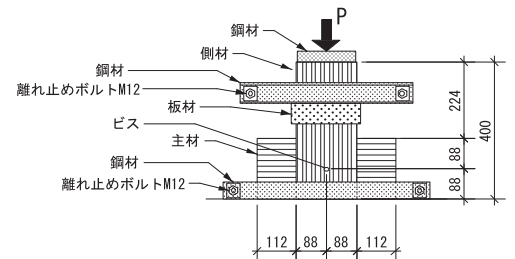
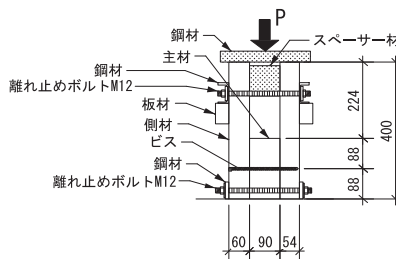
タイプ a

主材 200mm × 90mm、
側材① 176mm × 60mm、
側材② 176mm × 54mm
(カラマツ E105-F300)

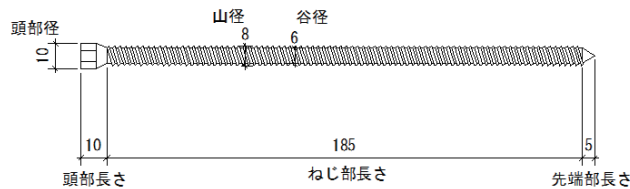


タイプ b

主材 200mm × 90mm、
側材① 176mm × 60mm、
側材② 176mm × 54mm
(カラマツ E105-F300)



接合具 長ビス (パネリード X) φ 8



● 適用条件

ビスの径を d として、端距離 $\geq 7d$ 、縁距離 $\geq 4d$ を守る。

● 概要

パネリード X の 2 面せん断試験を行った。主材、側材の繊維方向に対する加力の方向をパラメータにとり、タイプ a、タイプ b とした。両タイプとも主材と側材の繊維方向は直交している。

タイプ a：12 体（主材に対する加力方向が 0°）

タイプ b：7 体（主材に対する加力方向が 90°）

● 接合具（メーカー、入手方法等）

パネリード X（東日本パワーファスニング株式会社）

● 問い合わせ先

東大農学部木質材料学研究室 TEL：03-5841-5253

● 理論式

「木質構造接合部設計マニュアル」の構造用ビスの項に従い、ビス 2 面せん断の 1 本あたりの剛性、降伏耐力を計算する。マニュアルでは 1 面せん断の推定式しか示されていないため、長ビスを主材の中心で 2 本に分け、両側からビスを打ち込んだ 2 か所の 1 面せん断として考えた。表裏それぞれで 1 面せん断の剛性、耐力を計算し、2 面せん断の剛性は両者の和、耐力は両者のうちで小さい方とした。

● 計算式

ビス	主材における有効径	d1	(mm)	
	側材における有効径	d2	(mm)	
	ヤング係数	E	(N/mm ²)	205000
	全塑性モーメント	Mp	(Nmm)	5510
	材料間の静止摩擦係数	μ		0.8
	初期軸力	Pax-ini	(N)	=min.(Phead-ini, Ppull)
	頭部のめり込み抵抗	Phead	(N)	2020
	引き抜き抵抗	Ppull	(N)	2450
	摩擦力	Pf	(N)	= μ × Pax-ini
	曲げ強度	Fbf	(N/mm ²)	235

主材 (柱) カラマツ E105- F300	ヤング係数	E01	(N/mm ²)	10500
	繊維方向面圧降伏応力	Fe01	(N/mm ²)	25.4
	直行方向面圧降伏応力	Fe901	(N/mm ²)	12.7
	繊維方向面圧定数	ke01	(N/mm ³)	=Fe01/(31.6+10.9 × d1)
	直行方向面圧定数	ke901	(N/mm ³)	=ke01/3.4
厚さ	t1	(mm)	45	
側材 (梁) カラマツ E105- F300	ヤング係数	E02	(N/mm ²)	10500
	繊維方向面圧降伏応力	Fe02	(N/mm ²)	25.4
	直行方向面圧降伏応力	Fe902	(N/mm ²)	12.7
	繊維方向面圧定数	ke02	(N/mm ³)	=Fe02/(31.6+10.9 × d2)
	直行方向面圧定数	ke902	(N/mm ³)	=ke02/3.4
厚さ	t2	(mm)	60	
EYT式用	有効径比	φ		=d2/d1
	材料厚さの比	α		=t2/t1
	My=Z×Fbf	My	(Nmm)	=Z × Fbf

		タイプa		タイプb	
主材側の荷重角度	θ1	度	0	90	
側材側の荷重角度	θ2	度	90	0	
主材側の面圧降伏応力	Fe1	(N/mm ²)	=Fe01	=Fe901	
側材側の面圧降伏応力	Fe2	(N/mm ²)	=Fe902	=Fe02	
面圧降伏応力の比	β		$= \frac{F_{e2}}{F_{e1}}$		
主材側の面圧定数	ke1	(N/mm ³)	$= \frac{E_0}{31.6 + 10.9d}$	$= \frac{E_0}{31.6 + 10.9d} \times \frac{1}{3.4}$	
側材側の面圧定数	ke2	(N/mm ³)	$= \frac{E_0}{31.6 + 10.9d} \times \frac{1}{3.4}$	$= \frac{E_0}{31.6 + 10.9d}$	
面圧定数の比	γ		$= \frac{k_{e2}}{k_{e1}}$		
主材側の有効剛体長さ	tef1	mm	$= \min. \left\{ t_1, \left(\frac{\pi E d^3}{k_{e1}} \right)^{\frac{1}{4}} \right\}$		
側材側の有効剛体長さ	tef2	mm	$= \min. \left\{ t_2, \left(\frac{\pi E d^3 \phi^3}{k_{e2}} \right)^{\frac{1}{4}} \right\}$		
初期剛性	Ks	(N/mm)	$= \frac{dk_{e1} t_{ef1} \alpha \gamma \phi (1 + \alpha^3 \gamma \phi)}{1 + 4\alpha \gamma \phi + 6\alpha^2 \gamma \phi + 4\alpha^3 \gamma \phi + \alpha^4 \gamma^2 \phi^2} \times 0.9$		
接合具の回転中心距離or塑性ヒンジ距離(n=3~6)	Ln	(mm)	$= \begin{cases} 3) L_3 = \frac{t_1}{2\beta\phi} \sqrt{\alpha^2 \beta^3 \phi^3 + 2\beta^2 \phi^2 (\alpha^2 + \alpha + 1) + \beta\phi} \\ 4) L_4 = \frac{t_1}{2\beta\phi} \sqrt{\frac{4M_p \beta \phi^4 (\beta\phi + 2)}{F_{e1} d t_1^2} + 2\beta\phi (\beta\phi + 1)} \\ 5) L_5 = \frac{t_1}{2\beta\phi} \sqrt{\frac{4M_p \beta \phi (2\beta\phi + 1)}{F_{e1} d t_1^2} + 2\alpha^2 \beta^2 \phi^2 (\beta\phi + 1)} \\ 6) L_6 = \frac{1}{\beta\phi} \sqrt{\frac{2M_p (1 + \phi^3) \beta \phi (\beta\phi + 1)}{F_{e1} d}} \end{cases}$		
ビス1面せん断接合の降伏耐力	Pyf	(N)	$= \min. \begin{cases} 1) F_{e1} d \times t_1 \\ 2) F_{e1} d \times t_1 \alpha \beta \phi \\ 3) F_{e1} d \times \frac{\beta\phi}{\beta\phi + 1} (2L_3 - (\alpha + 1)t_1) \\ 4) F_{e1} d \times \frac{\beta\phi}{\beta\phi + 2} (2L_4 - t_1) \\ 5) F_{e1} d \times \frac{\beta\phi}{2\beta\phi + 1} (2L_5 - \alpha t_1) \\ 6) F_{e1} d \times \frac{\beta\phi}{\beta\phi + 1} L_6 \end{cases}$		
降伏変位	δy	(mm)	$= \frac{P_{yf}}{K_s}$		
Pyf+Pf	Py	(N)	=Pyf+Pf		

要材
素料

接合具

接合部

部組
材立

屋根

柱

梁

1ブ
スレ

壁

床

集
成材

工
法

製
材

合
板

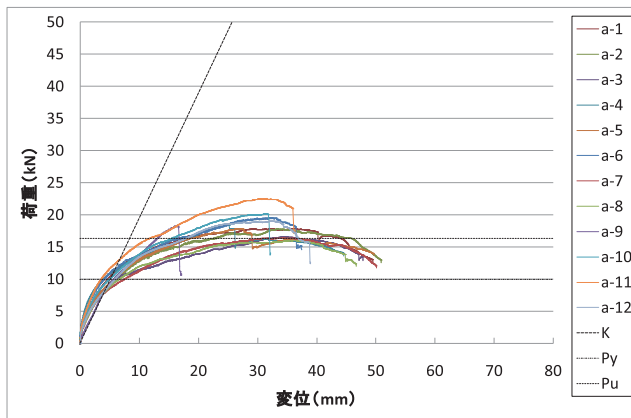
そ
の
他

●モデル化

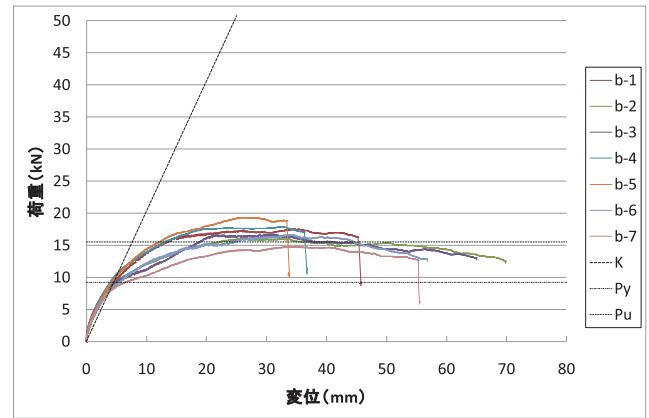
●特性値

		ρ (g/cm ³)	K (kN/mm)	P_{max} (kN)	P_y (kN)	δ_y (mm)	P_u (kN)	δ_u (mm)
0° /90° タイプ a	a-1	0.50	2.12	17.91	10.09	4.76	16.54	46.67
	a-2	0.50	1.54	17.85	10.65	6.93	16.44	48.88
	a-3	0.52	1.84	16.57	9.29	5.06	14.66	47.11
	a-4	0.53	2.65	18.53	9.85	3.72	15.66	26.13
	a-5	0.49	1.83	17.78	9.53	5.22	15.75	48.83
	a-6	0.49	2.19	19.56	10.87	4.96	17.32	36.50
	a-7	0.49	1.82	16.38	8.22	4.52	14.76	48.64
	a-8	0.48	1.69	16.01	9.25	5.49	14.72	44.86
	a-9	0.48	1.95	18.31	8.75	4.49	15.11	16.72
	a-10	0.64	1.86	20.12	10.65	5.72	17.95	31.90
	a-11	0.59	2.30	22.50	11.72	5.09	19.91	36.00
	a-12	0.62	1.61	19.00	10.81	6.72	17.42	38.75
	Ave.	0.53	1.95	18.38	9.97	5.22	16.35	39.25
S.D.	0.05	0.30	1.72	0.97	0.87	1.52	9.89	
90° /0° タイプ b	b-1	0.50	1.95	17.53	9.66	4.95	16.50	45.37
	b-2	0.49	2.09	16.10	8.58	4.11	14.61	68.83
	b-3	0.51	2.29	16.72	8.54	3.73	14.70	63.26
	b-4	0.52	2.27	17.85	9.71	4.28	16.63	36.36
	b-5	0.49	1.92	19.31	10.88	5.66	17.84	33.42
	b-6	0.48	1.68	16.66	9.35	5.57	15.12	54.26
	b-7	0.51	2.01	14.82	7.84	3.89	13.31	55.31
	Ave.	0.49	2.03	17.00	9.22	4.60	15.53	50.97
	S.D.	0.14	0.20	1.31	0.92	0.74	1.42	12.26
	a_b.Ave.	0.51	1.99	17.69	9.60	4.91	15.94	45.11

●荷重変形



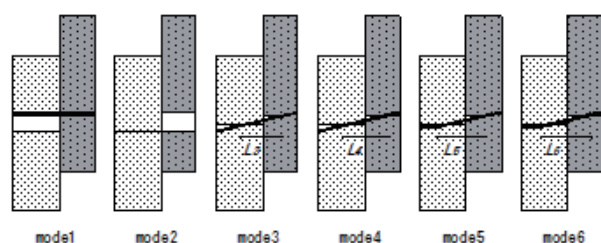
タイプ a



タイプ b

●破壊性状

ビス 1 面せん断の各降伏モード



ビスの終局、破断。ビス先端の抜け。



(a-4)



(b-2)

破壊性状については、母材の割裂破壊は起こらず、すべてビスの終局で試験が終了した。特に a-4、a-5、a-6、a-9、a-10、a-11、a-12、b-1、b-4、b-5、b-7 はビスがせん断面で破断したことで急激な荷重低下を示した。また b-2、b-3 はビスの先端側の側材からビスが激しく抜け出てきて、離れ止めを緩めただけで側材が倒れた。

荷重変位曲線の傾向としては、降伏は早い但最终変位の大きい粘り強い挙動を示すものもあったが、a-4、a-5、a-6、a-9、a-10、a-11、a-12、b-1、b-4、b-5、b-7 はビスがせん断面で破断したために急激な荷重低下を示した。繊維方向に対する加力方向による違いはあまり見られなかったため、この結果を用いて実大試験体の性能を推定する際には、ハンキンソン式を用いるのではなく、タイプ a、タイプ b を合わせた平均値を用いた。母材密度の高いものは若干最大耐力が高くなる傾向にあった。

要材
素料

接合具

接合部

部組
材立

屋根

柱

梁

1ブ
スレ

壁

床

集成材

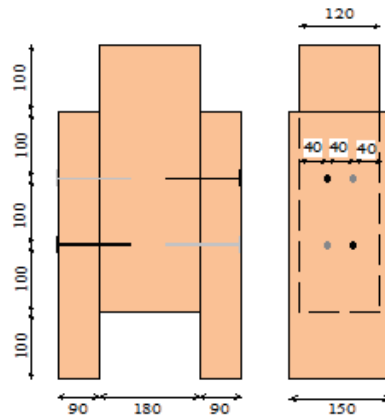
「V」

製材

合板

その他

● 姿図・寸法



【使用材料】

木材：主材：120 × 180 × 400mm（JAS 構造用集成材（対称異等級構成）、E95-F270、カラマツ）

側材：120 × 90 × 400mm（JAS 構造用集成材（同一等級構成）、E65-F255、スギ）

接合具：ASSY 3.0 SK、胴部径 8.0mm、全長 160mm、胴部長さ 60mm、× 4 本使用

● 適用条件

集成材厚板パネルを床下地材として梁桁材に留め付けた床構面の許容せん断耐力算定に用いるための接合部性能を求める試験体である。ビスは両側材から 2 本ずつ、千鳥に打ち込む。ビス頭は側材と面一（ビス頭が軽くめり込む程度）とし、過度なめり込みは避ける。主材－側材間の摩擦力が耐力に影響を及ぼすと考えられるが、実際使用時を考慮し、特に摩擦力を排除した試験体を作成する必要は無い。

● 概要

一般的な住宅に多用される構造用合板張り床構面と同様に、集成材厚板パネルを床構面に留め付けた場合の性能を求めるための基礎資料として、構造用ビスの一面せん断性能を求める。本仕様では、側材に用いる集成材パネルのラミナの方向を 2 種類（主材と平行方向および直交方向）用意することで、繊維方向の違いによる耐力・変形性能に違いがあるかどうかを検証している。

● 接合具（メーカー、入手方法等）

ASSY 3.0 SK・・・ドイツの Würth 社の商品であるが、日本の正規代理店である「ウルトジャパン（株）」は建築関係の金物の取り扱いを休止しているため、現在は、東日本パワーファスニング（株）が代理店となっている。

● 問い合わせ先

<http://www.e-jpf.co.jp/> <東日本パワーファスニング（株）>

<http://www.wuerth.co.jp/> <ウルトジャパン（株）>



● 理論式

ヨーロッパ型降伏理論（EYT 式）を拡張し、構造用ビスに適用した設計式が提案されている。接合具単体の曲げ性能や木材の物性値（面圧性能）等をもとに、初期剛性、降伏耐力、二次剛性、最大耐力等を推定することが出来る。ただし、本項で扱う長ビスに関してこの理論式の適合性を確認した研究例はない。詳細は、（社）日本建築学会の「木質構造接合部設計マニュアル」を参照のこと。

なお、集成パネル張り構面の許容せん断耐力を求める際には、ビス接合部の一面せん断特性値を基にして、（財）日本住宅・木材技術センターの「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」に準拠して耐力算定することが出来る。

● 計算式

● モデル化

許容応力度設計を行う際には、下記特性値を基にして接合部の特性を完全弾塑性モデルに仮定し、集成パネル張り構面の許容せん断耐力を詳細計算法によって求めることが可能である。ただし、ビスの形状や木材の樹種、等級などが異なってくると接合部のせん断性能から求め直さなければならないので、その適用範囲には十分注意すること。

なお、一般的に剛性は平均値を、終局耐力、終局変位は 50% 下限値を用いることが多い。

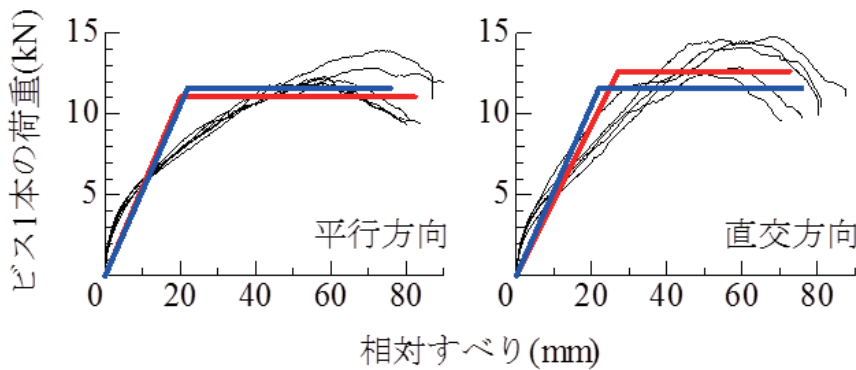
● 特性値

	K (kN/mm)	Py (kN)	Pmax (kN)	Pu (kN)	δv (mm)	δu (mm)
側材平行方向	0.562	6.01	12.50	11.05	20.08	82.34
側材直交方向	0.489	6.48	13.87	12.64	27.11	72.67
平均値	0.526	6.25	13.19	11.85	23.60	77.51
下限値	0.497	6.06	12.94	11.60	22.00	75.78

注 1：K 剛性、Py 降伏耐力、Pmax 最大耐力、Pu 終局耐力、 δv 降伏点変位、 δu 終局変位

注 2：平行方向、直交方向の値は各 6 体の平均値。下限値は、各方向について信頼水準 75% の 50% 下側許容限界値を求めた値の平均値。

● 荷重変形



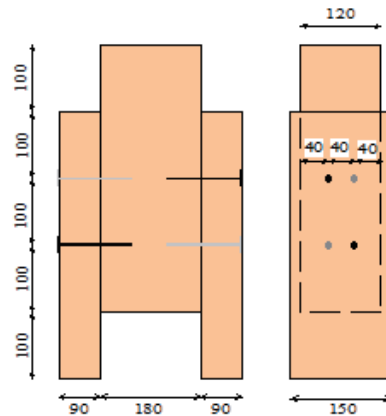
注：赤線は各方向特性値による完全弾塑性モデル、青線は終局耐力、降伏点変位、終局変位を下限値にした場合の完全弾塑性モデル

● 破壊性状



- ・ほとんどのビスが、ビス頭が側材にめり込む破壊性状。
- ・一部、主材からネジ部が引き抜ける破壊を示すものもあった。

● 姿図・寸法



【使用材料】

木材：主材：120 × 180 × 400mm（JAS 構造用集成材（対称異等級構成）、E95-F270、カラマツ）

側材：120 × 90 × 400mm（JAS 構造用集成材（同一等級構成）、E65-F255、スギ）

接合具：ASSY 3.0 SK、胴部径 6.0mm、全長 160mm、胴部長さ 60mm、× 4 本使用

● 適用条件

集成材厚板パネルを床下地材として梁桁材に留め付けた床構面の許容せん断耐力算定に用いるための接合部性能を求める試験体である。ビスは両側材から 2 本ずつ、千鳥に打ち込む。ビス頭は側材と面一（ビス頭が軽くめり込む程度）とし、過度なめり込みは避ける。主材－側材間の摩擦力が耐力に影響を及ぼすと考えられるが、実際使用時を考慮し、特に摩擦力を排除した試験体を作成する必要は無い。

● 概要

一般的な住宅に多用される構造用合板張り床構面と同様に、集成材厚板パネルを床構面に留め付けた場合の性能を求めるための基礎資料として、構造用ビスの一面せん断性能を求める。本仕様では、側材に用いる集成材パネルのラミナの方向を 2 種類（主材と平行方向および直交方向）用意することで、繊維方向の違いによる耐力・変形性能に違いがあるかどうかを検証している。

● 接合具（メーカー、入手方法等）

ASSY 3.0 SK・・・ドイツの Würth 社の商品であるが、日本の正規代理店である「ウルトジャパン（株）」は建築関係の金物の取り扱いを休止しているため、現在は、東日本パワーファスニング（株）が代理店となっている。

● 問い合わせ先

<http://www.e-jpf.co.jp/> <東日本パワーファスニング（株）>

<http://www.wuerth.co.jp/> <ウルトジャパン（株）>



● 理論式

ヨーロッパ型降伏理論（EYT 式）を拡張し、構造用ビスに適用した設計式が提案されている。接合具単体の曲げ性能や木材の物性値（面圧性能）等をもとに、初期剛性、降伏耐力、二次剛性、最大耐力等を推定することが出来る。ただし、本項で扱う長ビスに関してこの理論式の適合性を確認した研究例はない。詳細は、（社）日本建築学会の「木質構造接合部設計マニュアル」を参照のこと。

なお、集成材パネル張り構面の許容せん断耐力を求める際には、ビス接合部の一面せん断特性値を基にして、（財）日本住宅・木材技術センターの「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」に準拠して耐力算定することが出来る。

● 計算式

● モデル化

許容応力度設計を行う際には、下記特性値を基にして接合部の特性を完全弾塑性モデルに仮定し、集成パネル張り構面の許容せん断耐力を詳細計算法によって求めることが可能である。ただし、ビスの形状や木材の樹種、等級などが異なってくると接合部のせん断性能から求め直さなければならないので、その適用範囲には十分注意すること。

なお、一般的に剛性は平均値を、終局耐力、終局変位は 50% 下限値を用いることが多い。

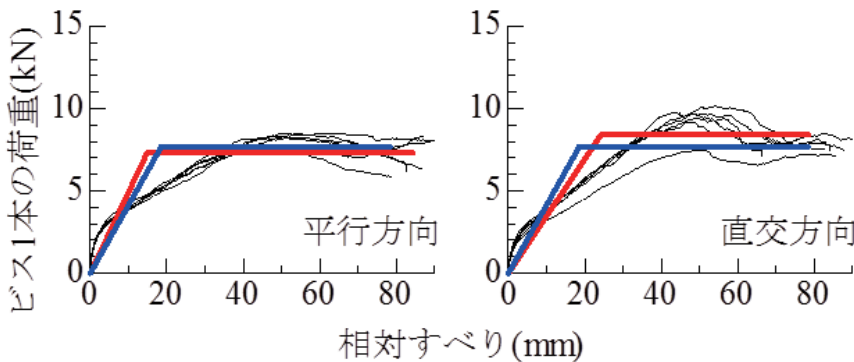
● 特性値

	K (kN/mm)	Py (kN)	Pmax (kN)	Pu (kN)	δv (mm)	δu (mm)
側材平行方向	0.505	3.60	8.19	7.31	14.82	84.30
側材直交方向	0.350	4.20	9.28	8.41	24.24	78.53
平均値	0.428	3.90	8.74	7.86	19.53	81.42
下限値	0.411	3.77	8.53	7.67	18.53	78.32

注 1：K 剛性、Py 降伏耐力、Pmax 最大耐力、Pu 終局耐力、 δv 降伏点変位、 δu 終局変位

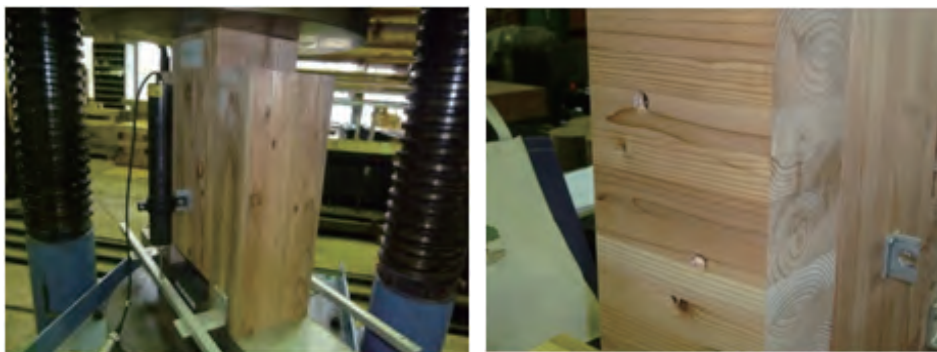
注 2：平行方向、直交方向の値は各 6 体の平均値。下限値は、各方向について信頼水準 75% の 50% 下側許容限界値を求めた値の平均値。

● 荷重変形



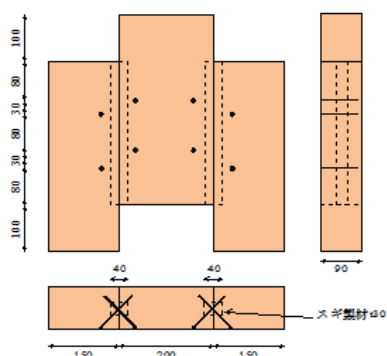
注：赤線は各方向特性値による完全弾塑性モデル、青線は終局耐力、降伏点変位、終局変位を下限値にした場合の完全弾塑性モデル

● 破壊性状



- ・ビス頭が小さいため、よりめり込みやすくなり、外からはほとんど見えないくらい。
- ・胴部径も細いため、ビスの曲げ変形も大きかった。

● 姿図・寸法



【使用材料】

木材：主材：90 × 200 × 400mm (JAS 構造用集成材 (同一等級構成)、E65-F255、スギ)

側材：90 × 150 × 400mm (JAS 構造用集成材 (同一等級構成)、E65-F255、スギ)

雇い実：30 × 40 × 300mm (スギ製材)

接合具：ASSY plug VG、胴部径 6.0mm、全長 120mm、打ち込み角度 45° × 8 本使用

● 適用条件

集成材厚板パネルを床下地材として梁桁材に留め付けた床構面の許容せん断耐力算定に用いるための接合部性能を求める試験体である。ビスは主材と側材それぞれから斜め 45°の角度でビスを打ち込み、雇い実のスギ製材を貫通する。ビス頭は概ね集成材厚板パネルと面一とし、過度なめり込みは避ける。主材－側材間の摩擦力が耐力に影響を及ぼすと考えられるが、実際使用時を考慮し、特に摩擦力を排除した試験体を作成する必要は無い。

● 概要

一般的な住宅に多用される構造用合板張り床構面と同様に、集成材厚板パネルを床構面に留め付けた場合の性能を求めるための基礎資料として、構造用ビスの一面せん断性能を求める。本仕様では、パネル間継手部分の接合方法として雇い実+せん断ビス接合を取り上げ、せん断ビス 1 対 (両方のパネルでビスを打つため、1 対で 1 つの接合部と見なす) のせん断性能を評価する。

● 接合具 (メーカー、入手方法等)

ASSY plus VG・・・ドイツの Würth 社の商品であるが、日本の正規代理店である「ウルトジャパン (株)」は建築関係の金物の取り扱いを休止しているため、現在は、東日本パワーファスニング (株) が代理店となっている。

● 問い合わせ先

<http://www.e-jpf.co.jp/> <東日本パワーファスニング (株)>

<http://www.wuerth.co.jp/> <ウルトジャパン (株)>



● 理論式

この接合具は本来は引っ張り抵抗させるためのものであり、その理論的研究はまだ途上であるが、本実験ではせん断抵抗接合具として使用している。

なお、集成パネル張り構面の許容せん断耐力を求める際には、ビス接合部の一面せん断特性値を基にして、(財)日本住宅・木材技術センターの「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」に準拠して耐力算定することが出来る。

● 計算式

● モデル化

許容応力度設計を行う際には、下記特性値を基にして接合部の特性を完全弾塑性モデルに仮定し、集成パネル張り構面の許容せん断耐力を詳細計算法によって求めることが可能である。ただし、本接合仕様は軸組材との接合ではなくパネル間の接合であるため、詳細計算法をそのまま適用することは出来ない。「床／集成パネル床」の解説にてその計算方法を詳述する。

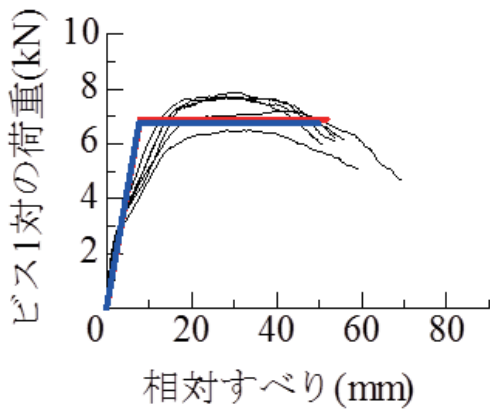
なお、前記と同様に、一般的に剛性は平均値を、終局耐力、終局変位は 50% 下限値を用いることが多い。

● 特性値

	K (kN/mm)	Py (kN)	Pmax (kN)	Pu (kN)	δv (mm)	δu (mm)
平均値	0.875	3.33	7.45	6.89	7.92	51.85
下限値	0.854	3.24	7.29	6.74	7.65	49.91

注 1：K 剛性、Py 降伏耐力、Pmax 最大耐力、Pu 終局耐力、 δv 降伏点変位、 δu 終局変位

注 2：下限値は、信頼水準 75% の 50% 下側許容限界値。● 荷重変形



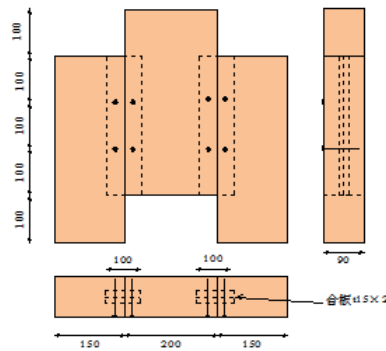
注：赤線は平均値による完全弾塑性モデル、青線は終局耐力、降伏点変位、終局変位を下限値にした場合の完全弾塑性モデル

● 破壊性状



- ・全ネジタイプのビスのため、ビス頭のめり込みは少ない。
- ・ネジ部が木材にめり込みながら変形が進行する。

● 姿図・寸法



【使用材料】

木材：主材：90 × 200 × 400mm (JAS 構造用集成材 (同一等級構成)、E65-F255、スギ)

側材：90 × 150 × 400mm (JAS 構造用集成材 (同一等級構成)、E65-F255、スギ)

雇い実：15 × 100 × 300mm (構造用合板) 2枚合わせて使用

接合金具：YD-R90、胴部径 6.0mm、全長 90mm、平打ち × 8本使用

● 適用条件

集成材厚板パネルを床下地材として梁桁材に留め付けた床構面の許容せん断耐力算定に用いるための接合部性能を求める試験体である。ビスは主材と側材それぞれから平打ちで打ち込み、雇い実の合板を貫通する。ビス頭は集成材厚板パネルと面一とし、過度なめり込みは避ける。主材－側材間の摩擦力が耐力に影響を及ぼすと考えられるが、実際使用時を考慮し、特に摩擦力を排除した試験体を作成する必要は無い。

● 概要

一般的な住宅に多用される構造用合板張り床構面と同様に、集成材厚板パネルを床構面に留め付けた場合の性能を求めるための基礎資料として、構造用ビスの一面せん断性能を求める。パネル間継手部分の接合方法として雇い実+せん断ビス接合を取り上げ、せん断ビス1対 (両方のパネルでビスを打つため、1対で1つの接合部と見なす) のせん断性能を評価する。

● 接合金具 (メーカー、入手方法等)

YD-R90・・・カナイ (株) の商品。接合金物の留め付け用として開発されたものであるが、他の用途にも使用することは可能。

● 問い合わせ先

<http://www.kana-e.co.jp/> <カナイ (株)>



● 理論式

この接合金具は接合金物の緊結などに使われるもので、主にせん断抵抗する接合金具である。ビス1本の許容耐力等は、日本建築学会の「木質構造接合部設計マニュアル」に従って求めることができる。

なお、集成パネル張り構面の許容せん断耐力を求める際には、ビス接合部の一面せん断特性値を基にして、(財)日本住宅・木材技術センターの「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」に準拠して耐力算定することが出来る。

● 計算式

● モデル化

許容応力度設計を行う際には、下記特性値を基にして接合部の特性を完全弾塑性モデルに仮定し、集成パネル張り構面の許容せん断耐力を詳細計算法によって求めることが可能である。ただし、本接合仕様は軸組材との接合ではなくパネル間の接合であるため、詳細計算法をそのまま適用することは出来ない。「床／集成パネル床」の解説にてその計算方法を詳述する。

なお、前記と同様に、一般的に剛性は平均値を、終局耐力、終局変位は 50% 下限値を用いることが多い。

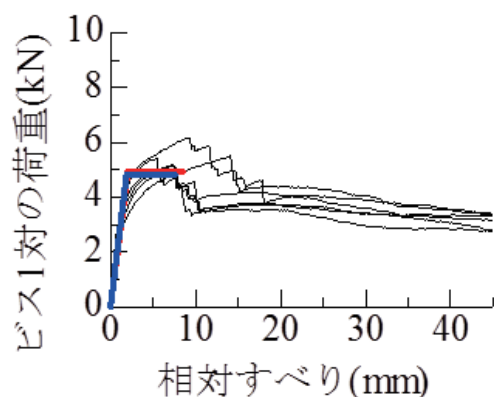
● 特性値

	K (kN/mm)	Py (kN)	Pmax (kN)	Pu (kN)	δv (mm)	δu (mm)
平均値	2.528	3.23	5.37	4.93	2.01	8.46
下限値	2.386	3.11	5.24	4.81	1.88	7.54

注 1：K 剛性、Py 降伏耐力、Pmax 最大耐力、Pu 終局耐力、 δv 降伏点変位、 δu 終局変位

注 2：下限値は、信頼水準 75% の 50% 下側許容限界値。

● 荷重変形



注：赤線は平均値による完全弾塑性モデル、青線は終局耐力、降伏点変位、終局変位を下限値にした場合の完全弾塑性モデル

● 破壊性状



・主材又は側材のビスが折れて耐力低下し、後は変形が進む。

要材
素料

接合
具

接合
部

部組
材立

屋根

柱

梁

1ブ
スレ

壁

床

集
成材

1
2
1

製
材

合
板

そ
の
他

構造システムと施工の注意点

構造用ビス接合部は、釘に比べて太い胴部径を有するものが多いために高いせん断抵抗性能を有し、さらにネジ部を有することで高い引き抜き耐力が期待できることから、様々な接合金物の留め付けに利用されている。本項で扱った構造用ビス（特にウルト社の長ビス）は、主に木材同士の接合に使用されるものであり、高いせん断性能と共に変形性能も高い点が特徴であり、欧州では CLT 建築物の接合部に多用されているのである。

ビスの寸法には様々なものがあるため、用いる材料の厚さ等を考慮して、適切な接合具を選択することが望ましい。また、施工の際はビスのピッチや材縁部からの距離（縁距離）を十分に確保し、木材のせん断破壊が先行するようなことが無いよう注意して施工すること。

解析モデル

ビス接合部の特性を基に構面の性能を求める際には、接合具 1 本あたりの荷重－変形関係を完全弾塑性モデル化し、それを基にして床構面等の許容耐力算定などを行うことが多い。本設計データには実験結果の平均値と 50% 下限値を示したが、剛性は平均値を、終局耐力や終局変位は 50% 下限値を用いるのが適当と思われる。

バリエーション

ビスの寸法には様々な種類がある。側材の厚さや打ち込み深さ、必要とする耐力等によって、適切なビスを選択する必要がある。ただし、寸法が変わると当然ながら接合部の特性も変わるため、本設計データに掲載した寸法以外のビスを使う際には、同じような一面せん断試験を実施し、その耐力・変形特性を把握した上で設計に用いなければならない。

木栓（シラカシ）

木材同士のせん断接合に用いられる木材、もしくは木質材料。鋼板と木材の先穴の誤差が避けられない鋼板挿入ドリフトピン等に比べ、現場で穴あけして打ち込めるため、ほぼクリアランス無く納めることが可能である。木栓のせん断強さは比重に依存するため、本実験では、国産広葉樹の中でも最も比重の大きい部類に属するシラカシの円形木栓を用いた。円形断面としたのは、穴の角での応力集中がなく母材を割裂させにくいこと、穴の施工誤差が出にくいこと、など利点が多いことを考慮したものである。

要材
素料

接合具

接合部

部組
材立

屋根

柱

梁

トブ
スレ

壁

床

集
成材

「
」
「
」

製材

合板

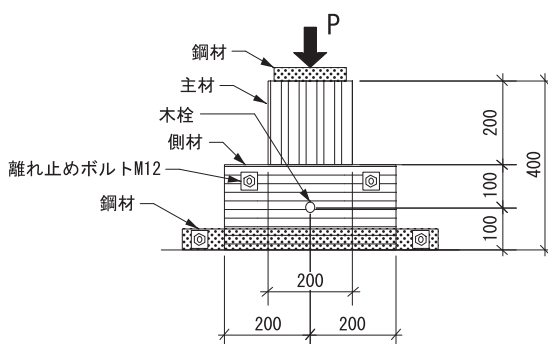
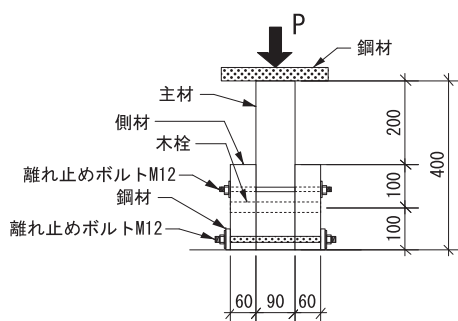
そ
の
他

●姿図・寸法

タイプ a

【使用材料】主材 200mm×90mm、側材 200mm×60mm（カラマツ E105-F300）

接合具 シラカシ木栓 φ24

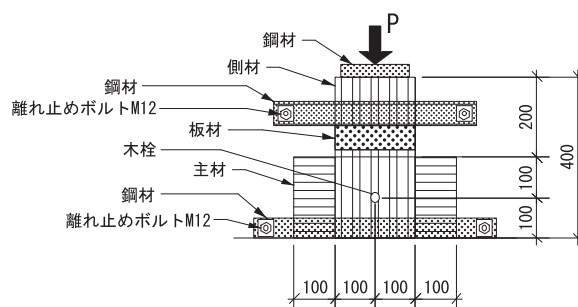
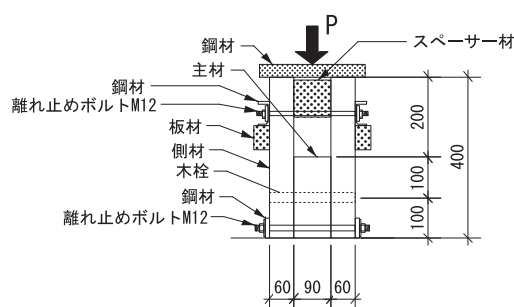


タイプ b

【使用材料】

主材 200mm×90mm、側材 200mm×60mm（カラマツ E105-F300）

接合具 シラカシ木栓 φ24



●適用条件

木栓の径を d として、端距離 $\geq 7d$ 、縁距離 $\geq 4d$ を守る。

●概要

シラカシ木栓の2面せん断試験を行った。木栓の径と、主材、側材の繊維方向に対する加力の方向をパラメータにとり、各仕様について6つの試験体を用意した。試験体仕様は合計4パターン、総試験体数は24体である。

タイプ a：主材の繊維方向に対する加力の方向が 0° とし、主材と側材の繊維方向は直交

タイプ b：主材の繊維方向に対する加力の方向が 90° とし、主材と側材の繊維方向は直交

●接合具（メーカー、入手方法等）

シラカシ木栓（一般の木材関連会社で普通に入手可能）

●問い合わせ先

東大農学部木質材料学研究室 03-5841-5253

●理論式

木質構造接合部設計マニュアルの木ダボ接合（せん断抵抗型）の項に従い、木栓 2 面せん断の 1 本あたりの剛性、降伏耐力を計算する。

●計算式

以下に計算式を示す。

木栓 シラカシ	密度	ρ	(10 ³ kg/m ³)
	径	d	(mm)
	主材中心までの埋込長さ	$L1$	(mm) 45
	側材側の埋込長さ	$L2$	(mm) 60
	ヤング係数	$E0f$	(N/mm ²) =2100+13700 ρ
	曲げ強度	Fbf	(N/mm ²) =8.1+136 ρ
	めり込み強度	$Fcvf$	(N/mm ²) =-8.2+35.4 ρ
	せん断強度	Fsf	(N/mm ²) =(-7.7+100 ρ) $\times d^{(-0.4)}$
	めり込み剛性	$kcvf$	(N/mm ³) =E0f/(11 $\times d$)

主材 (柱) カラマツ E105- F300	ヤング係数	$E01$	(N/mm ²) 10500
	繊維方向面圧降伏応力	$Fe01$	(N/mm ²) 25.4
	直交方向面圧降伏応力	$Fe901$	(N/mm ²) 12.7
	繊維方向面圧剛性	$kE01$	(N/mm ³) =E01/(31.6+10.9 $\times d$)
	直交方向面圧剛性	$kE901$	(N/mm ³) =kE01/3.4
	厚さ	$t1$	(mm) 90
側材 (梁) カラマツ E105- F300	ヤング係数	$E02$	(N/mm ²) 10500
	繊維方向面圧降伏応力	$Fe02$	(N/mm ²) 25.4
	直交方向面圧降伏応力	$Fe902$	(N/mm ²) 12.7
	繊維方向面圧剛性	$kE02$	(N/mm ³) =E02/(31.6+10.9 $\times d$)
	直交方向面圧剛性	$kE902$	(N/mm ³) =kE02/3.4
	厚さ	$t2$	(mm) 60
EYT 式用	$\alpha = L2/t1$	α	=L2/t1
	$Z = \pi d^3 / 32$	Z	(mm ³) = $\pi d^3 / 32$
	$My = Z \times Fbf$	My	(Nmm) =Z $\times Fbf$

		タイプa		タイプb	
主材側の荷重角度	$\theta 1$	度	0	度	90
側材側の荷重角度	$\theta 2$	度	90	度	0
主材側の面圧降伏応力	$Fe1$	(N/mm ²)	=Fe01	(N/mm ²)	=Fe901
側材側の面圧降伏応力	$Fe2$	(N/mm ²)	=Fe902	(N/mm ²)	=Fe02
主材側の面圧剛性	$ke1$	(N/mm ³)	$= \frac{E_0}{31.6 + 10.9d}$	(N/mm ³)	$= \frac{E_0}{31.6 + 10.9d} \times \frac{1}{3.4}$
側材側の面圧剛性	$ke2$	(N/mm ³)	$= \frac{E_0}{31.6 + 10.9d} \times \frac{1}{3.4}$	(N/mm ³)	$= \frac{E_0}{31.6 + 10.9d}$
主材側複合面圧定数	$kcp1$	(N/mm ³)	$= \frac{k_{e1} \times \alpha_k k_{cvf}}{k_{e1} + \alpha_k k_{cvf}}$		
側材側複合面圧定数	$kcp2$	(N/mm ³)	$= \frac{k_{e2} \times \alpha_k k_{cvf}}{k_{e2} + \alpha_k k_{cvf}}$		
主材での片側剛性	$K1$	(N/mm)	$= \min. \left[\frac{dk_{cp1}L_1}{3} \left(Ed^7 k_{cp1}^3 \right)^{\frac{1}{4}} \times \left(1 + 0.188 \times \eta \sqrt{\frac{k_{cp1}d}{E}} \right)^{\frac{1}{2}} \right]$		
側材での片側剛性	$K2$	(N/mm)	$= \min. \left[\frac{dk_{cp2}L_2}{3} \left(Ed^7 k_{cp2}^3 \right)^{\frac{1}{4}} \times \left(1 + 0.188 \times \eta \sqrt{\frac{k_{cp2}d}{E}} \right)^{\frac{1}{2}} \right]$		
木栓2面せん断接合のせん断剛性	Kf	(N/mm)	$= 2 \times \frac{K_1 K_2}{K_1 + K_2}$		
主材側複合面圧降伏応力	$Fecp1$	(N/mm ²)	$= \min. \{ F_{e1}, \alpha_F F_{cvf} \}$		
側材側複合面圧降伏応力	$Fecp2$	(N/mm ²)	$= \min. \{ F_{e2}, \alpha_F F_{cvf} \}$		
複合面圧降伏応力の比	β		$= \frac{F_{ecp2}}{F_{ecp1}}$		
木栓2面せん断接合の降伏耐力	Pyf	(N)	$= \min. \left[\begin{array}{l} 1) dt_1 F_{ecp1} \\ 2) dt_1 F_{ecp1} \times 2\alpha\beta \\ 3) dt_1 F_{ecp1} \times \left[\sqrt{\frac{16\beta M_y}{dt_1^2 F_{ecp1} (2\beta + 1)} + \frac{8\alpha^2 \beta^2 (\beta + 1)}{(2\beta + 1)^2}} - \frac{2\alpha\beta}{2\beta + 1} \right] \\ 4) \sqrt{\frac{16dF_{ecp1} M_y \beta}{1 + \beta}} \\ 5) \frac{2 \times A \times F_s}{\kappa} \end{array} \right]$		

- 要材
素料
- 接合
具
- 接合
部
- 部組
材立
- 屋根
- 柱
- 梁
- 1ブ
スレ
- 壁
- 床
- 集
成材
- LVL
- 製材
- 合板
- その他

● モデル化

—

● 特性値

タイプ a

	$\rho 1$ (g/cm ³)	$\rho 2$ (g/cm ³)	K (kN/mm)	P_{max} (kN)	P_y (kN)	δ_y (mm)	P_u (kN)	δ_u (mm)	
φ 24 0° /90°	a24-1	0.54	0.92	7.09	30.17	19.28	2.72	27.69	19.16
	a24-2	0.54	0.95	5.72	27.47	16.92	2.96	25.49	23.28
	a24-3	0.60	0.97	8.04	36.27	23.70	2.95	33.07	33.66
	a24-4	0.57	0.91	6.78	30.07	23.39	3.45	26.91	56.49
	a24-5	0.55	0.97	6.70	34.10	21.83	3.26	31.91	31.68
	a24-6	0.53	0.83	5.60	29.58	18.42	3.29	26.91	41.96
	Ave.	0.55	0.92	6.66	31.27	20.59	3.10	28.66	34.37
S.D.	0.02	0.05	0.83	2.97	2.54	0.25	2.80	12.31	

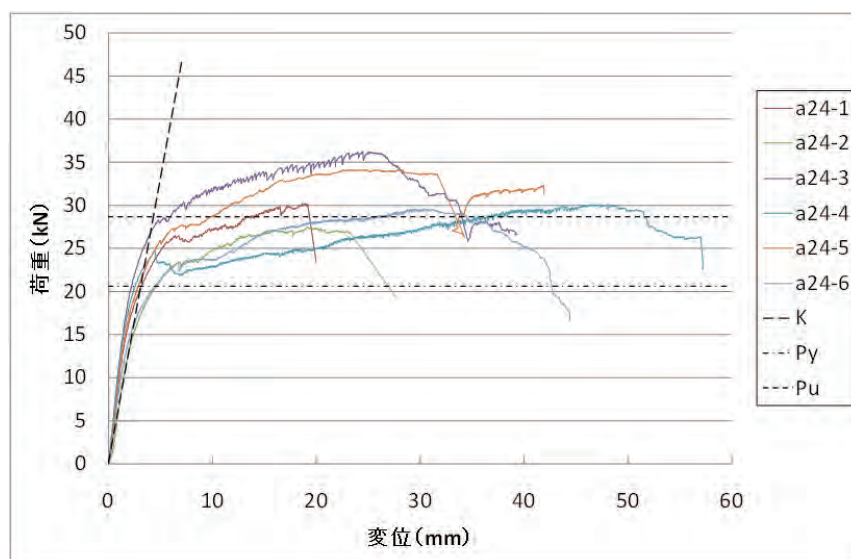
タイプ b

	$\rho 1$ (g/cm ³)	$\rho 2$ (g/cm ³)	K (kN/mm)	P_{max} (kN)	P_y (kN)	δ_y (mm)	P_u (kN)	δ_u (mm)	
φ 24 90° /0°	b24-1	0.49	0.89	5.99	38.83	20.17	3.37	32.98	27.51
	b24-2	0.56	0.90	9.37	44.57	24.63	2.63	37.76	22.70
	b24-3	0.52	0.97	8.43	42.03	22.98	2.73	35.44	17.19
	b24-4	0.49	0.95	7.72	25.77	14.06	1.82	23.11	9.70
	b24-5	0.56	0.92	8.82	24.80	14.80	1.68	21.17	16.12
	b24-6	0.55	0.92	8.88	26.24	14.31	1.61	23.17	10.41
	Ave.	0.53	0.93	8.20	33.71	18.49	2.31	28.94	17.27
S.D.	0.03	0.03	1.11	8.28	4.31	0.65	6.63	6.32	

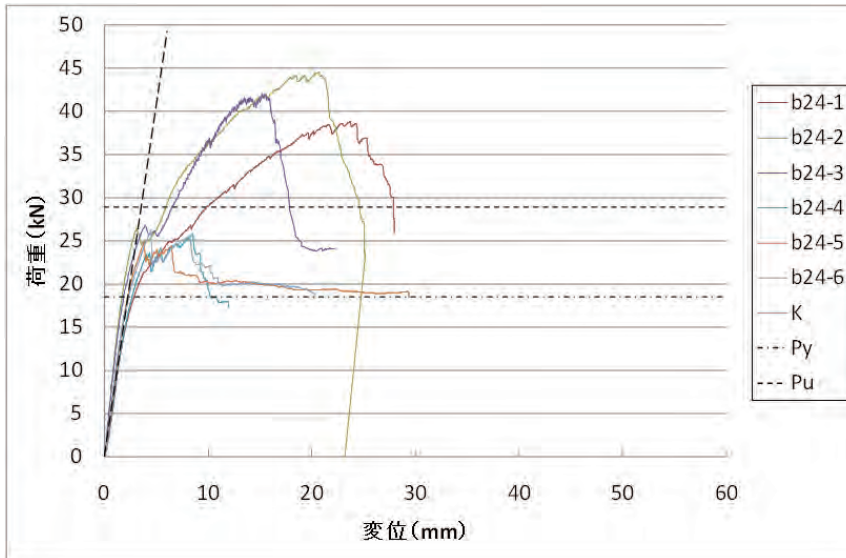
$\rho 1$ 、 $\rho 2$ はそれぞれ母材、木栓の密度

● 荷重変形

タイプ a

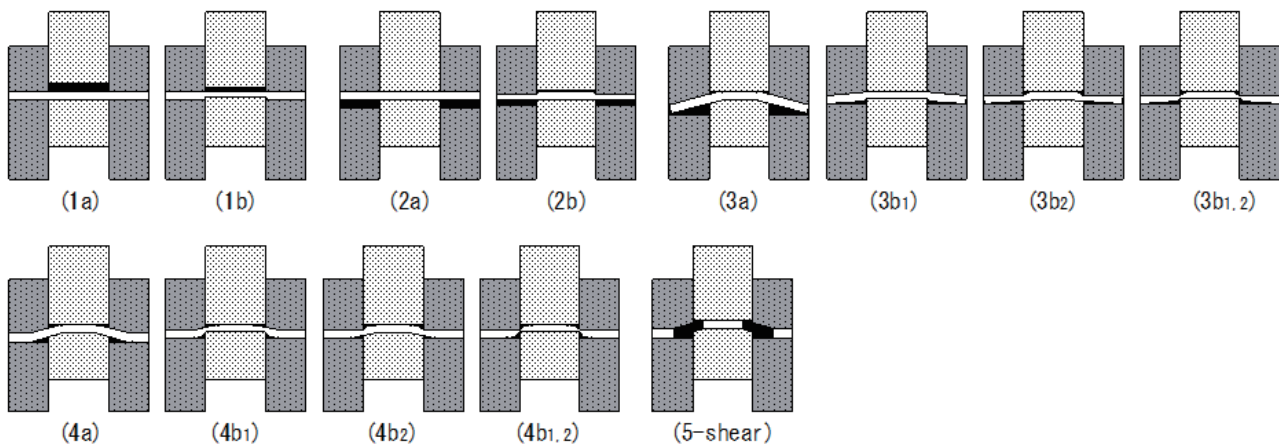


タイプ b



●破壊性状

木栓 2 面せん断の各降伏モード



母材の割裂 (左 : a24-1、中 : b24-6、右 : b24-1)



a24-1



b24-6



b24-1

要材
素材

接合具

接合部

部組
材立

屋根

柱

梁

ト
ブ
スレ

壁

床

集
成
材

「
」
材

製
材

合
板

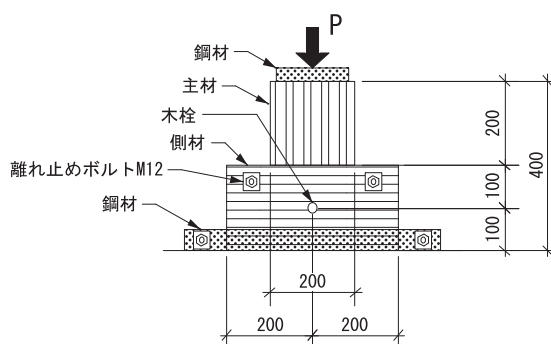
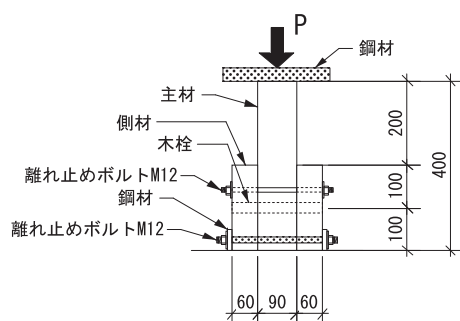
そ
の
他

●姿図・寸法

タイプ a

【使用材料】 主材 200mm × 90mm、側材 200mm × 60mm （カラマツ E105-F300）

接合具 シラカシ木栓 φ 18

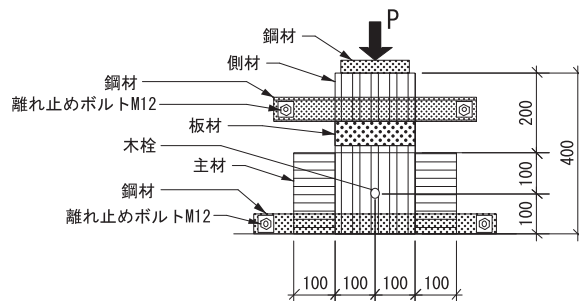
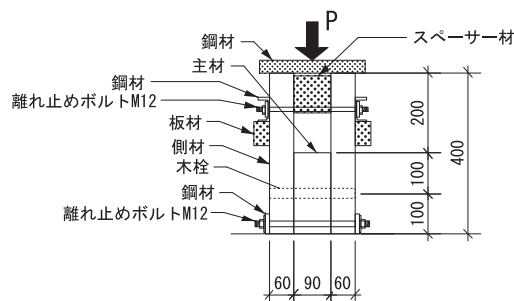


タイプ b

【使用材料】

主材 200mm × 90mm、側材 200mm × 60mm （カラマツ E105-F300）

接合具 シラカシ木栓 φ 18



●適用条件

木栓の径を d として、端距離 $\geq 7d$ 、縁距離 $\geq 4d$ を守る。

●概要

シラカシ木栓の 2 面せん断試験を行った。木栓の径と、主材、側材の繊維方向に対する加力の方向をパラメータにとり、各仕様について 6 つの試験体を用意した。試験体仕様は合計 4 パターン、総試験体数は 24 体である。

タイプ a：主材の繊維方向に対する加力の方向が 0°とし、主材と側材の繊維方向は直交

タイプ b：主材の繊維方向に対する加力の方向が 90°とし、主材と側材の繊維方向は直交

●接合具（メーカー、入手方法等）

シラカシ木栓（一般の木材関連会社で普通に入手可能）

●問い合わせ先

東大農学部木質材料科学研究室 03-5841-5253

●理論式

木質構造接合部設計マニュアルの木ダボ接合（せん断抵抗型）の項に従い、木栓2面せん断の1本あたりの剛性、降伏耐力を計算する。

●計算式

以下に計算式を示す。

木栓 シラカシ	密度	ρ	(10 ³ kg/m ³)
	径	d	(mm)
	主材中心までの埋込長さ	$L1$	(mm) 45
	側材側の埋込長さ	$L2$	(mm) 60
	ヤング係数	$E0f$	(N/mm ²) =2100+13700 ρ
	曲げ強度	Fbf	(N/mm ²) =8.1+136 ρ
	めり込み強度	$Fcvf$	(N/mm ²) =-8.2+35.4 ρ
	せん断強度	Fsf	(N/mm ²) =(-7.7+100 ρ) $\times d$ (-0.4)
	めり込み剛性	$kcvf$	(N/mm ³) =E0f/(11 $\times d$)

主材 (柱) カラマツ E105- F300	ヤング係数	$E01$	(N/mm ²) 10500
	繊維方向面圧降伏応力	$Fe01$	(N/mm ²) 25.4
	直交方向面圧降伏応力	$Fe901$	(N/mm ²) 12.7
	繊維方向面圧剛性	$kE01$	(N/mm ³) =E01/(31.6+10.9 $\times d$)
	直交方向面圧剛性	$kE901$	(N/mm ³) =kE01/3.4
	厚さ	$t1$	(mm) 90
側材 (梁) カラマツ E105- F300	ヤング係数	$E02$	(N/mm ²) 10500
	繊維方向面圧降伏応力	$Fe02$	(N/mm ²) 25.4
	直交方向面圧降伏応力	$Fe902$	(N/mm ²) 12.7
	繊維方向面圧剛性	$kE02$	(N/mm ³) =E02/(31.6+10.9 $\times d$)
	直交方向面圧剛性	$kE902$	(N/mm ³) =kE02/3.4
	厚さ	$t2$	(mm) 60
EYT式用	$\alpha = L2/t1$	α	=L2/t1
	$Z = \pi d^3 / 32$	Z	(mm ³) = $\pi d^3 / 32$
	$My = Z * Fbf$	My	(Nmm) =Z $\times Fbf$

	タイプa		タイプb
主材側の荷重角度	$\theta 1$	度	90
側材側の荷重角度	$\theta 2$	度	0
主材側の面圧降伏応力	$Fe1$	(N/mm ²) =Fe01	=Fe901
側材側の面圧降伏応力	$Fe2$	(N/mm ²) =Fe902	=Fe02
主材側の面圧剛性	$ke1$	(N/mm ³) = $\frac{E_0}{31.6 + 10.9d}$	= $\frac{E_0}{31.6 + 10.9d} \times \frac{1}{3.4}$
側材側の面圧剛性	$ke2$	(N/mm ³) = $\frac{E_0}{31.6 + 10.9d} \times \frac{1}{3.4}$	= $\frac{E_0}{31.6 + 10.9d}$
主材側複合面圧定数	$kcp1$	(N/mm ³) = $\frac{k_{e1} \times \alpha_k k_{cvf}}{k_{e1} + \alpha_k k_{cvf}}$	
側材側複合面圧定数	$kcp2$	(N/mm ³) = $\frac{k_{e2} \times \alpha_k k_{cvf}}{k_{e2} + \alpha_k k_{cvf}}$	
主材での片側剛性	$K1$	(N/mm)	= $\min. \left[\frac{dk_{cp1} L_1}{\frac{1}{3} (Ed^7 k_{cp1}^3)^{\frac{1}{4}} \times \left(1 + 0.188 \times \eta \sqrt{\frac{k_{cp1} d}{E}} \right)^{\frac{1}{2}}} \right]$
側材での片側剛性	$K2$	(N/mm)	= $\min. \left[\frac{dk_{cp2} L_2}{\frac{1}{3} (Ed^7 k_{cp2}^3)^{\frac{1}{4}} \times \left(1 + 0.188 \times \eta \sqrt{\frac{k_{cp2} d}{E}} \right)^{\frac{1}{2}}} \right]$
木栓2面せん断接合のせん断剛性	Kf	(N/mm)	= $2 \times \frac{K_1 K_2}{K_1 + K_2}$
主材側複合面圧降伏応力	$Fecp1$	(N/mm ²)	= $\min. \{ F_{e1}, \alpha_f F_{cvf} \}$
側材側複合面圧降伏応力	$Fecp2$	(N/mm ²)	= $\min. \{ F_{e2}, \alpha_f F_{cvf} \}$
複合面圧降伏応力の比	β		= $\frac{F_{ecp2}}{F_{ecp1}}$
木栓2面せん断接合の降伏耐力	Pyf	(N)	= $\min. \left\{ \begin{array}{l} 1) dt_1 F_{ecp1} \\ 2) dt_1 F_{ecp1} \times 2\alpha\beta \\ 3) dt_1 F_{ecp1} \times \left[\sqrt{\frac{16\beta M_y}{dt_1^2 F_{ecp1} (2\beta + 1)} + \frac{8\alpha^2 \beta^2 (\beta + 1)}{(2\beta + 1)^2}} - \frac{2\alpha\beta}{2\beta + 1} \right] \\ 4) \sqrt{\frac{16dF_{ecp1} M_y \beta}{1 + \beta}} \\ 5) \frac{2 \times A \times F_s}{\kappa} \end{array} \right.$

- 要材
- 素材
- 接合具
- 接合部
- 部組材立
- 屋根
- 柱
- 梁
- 1ブスレ
- 壁
- 床
- 集材材
- LVL
- 製材
- 合板
- その他

●モデル化

—

●特性値

タイプ a

	$\rho 1$ (g/cm ³)	$\rho 2$ (g/cm ³)	K (kN/mm)	P_{max} (kN)	P_y (kN)	δ_y (mm)	P_u (kN)	δ_u (mm)	
φ 18 0° /90°	a18-1	0.57	1.00	3.12	21.10	11.80	3.78	18.24	33.48
	a18-2	0.59	0.90	3.16	23.67	12.89	4.08	20.64	25.84
	a18-3	0.58	0.90	4.39	18.70	11.72	2.67	16.23	19.96
	a18-4	0.53	0.94	3.89	23.03	13.15	3.38	20.31	30.90
	a18-5	0.53	0.95	4.51	20.40	12.46	2.76	18.19	16.42
	a18-6	0.55	0.96	5.75	24.77	13.78	2.40	21.27	10.96
	Ave.	0.56	0.94	4.14	21.94	12.63	3.18	19.15	22.92
S.D.	0.02	0.04	0.90	2.07	0.73	0.61	1.75	7.94	

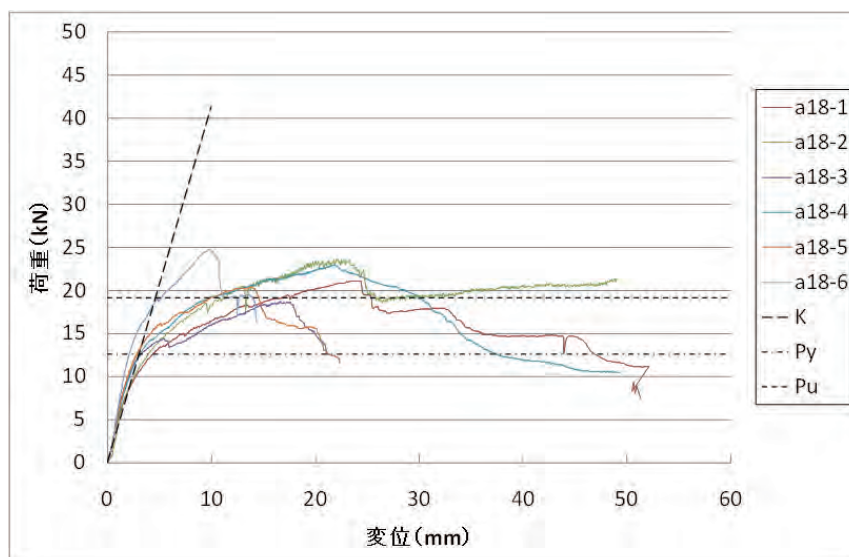
タイプ b

	$\rho 1$ (g/cm ³)	$\rho 2$ (g/cm ³)	K (kN/mm)	P_{max} (kN)	P_y (kN)	δ_y (mm)	P_u (kN)	δ_u (mm)	
φ 18 90° /0°	b18-1	0.54	0.97	4.37	23.33	11.78	2.70	19.50	18.90
	b18-2	0.52	0.92	5.17	21.07	11.61	2.24	17.85	10.72
	b18-3	0.51	0.98	5.06	21.30	13.56	2.68	19.20	12.81
	b18-4	0.57	0.92	4.94	22.00	13.14	2.66	19.11	11.87
	b18-5	0.54	0.98	5.10	19.16	11.76	2.30	17.08	10.83
	b18-6	0.52	0.96	4.99	24.30	13.95	2.80	20.06	16.90
	Ave.	0.54	0.95	4.94	21.86	12.63	2.56	18.80	13.67
S.D.	0.02	0.03	0.27	1.65	0.95	0.21	1.02	3.12	

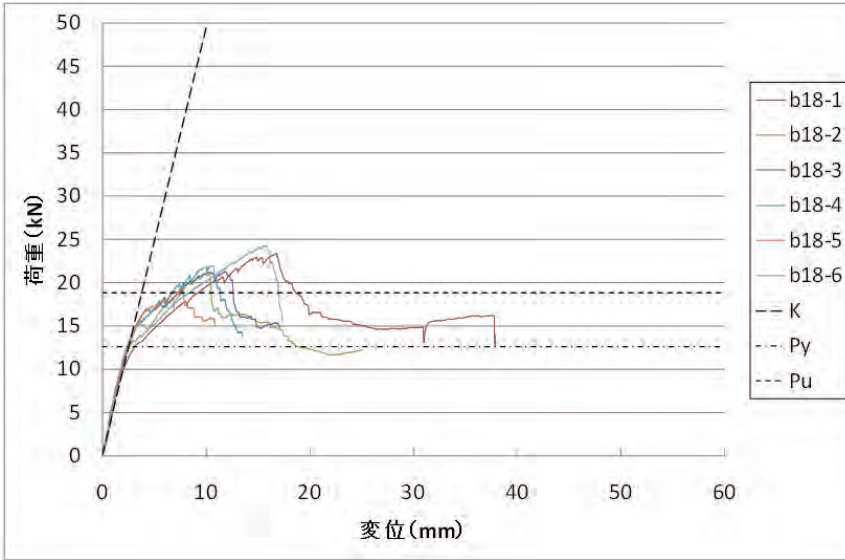
$\rho 1$ 、 $\rho 2$ はそれぞれ母材、木栓の密度

●荷重変形

タイプ a

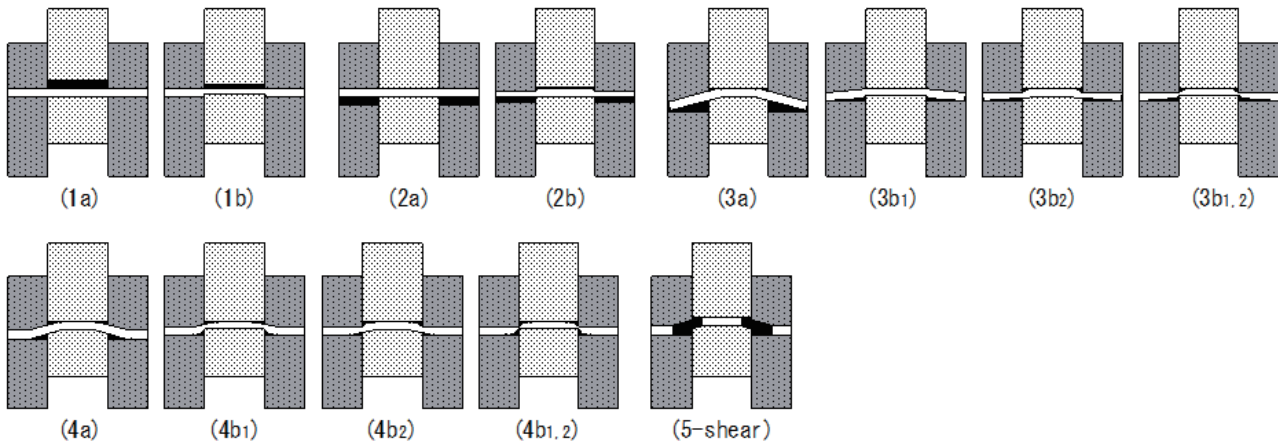


タイプb



●破壊性状

木栓2面せん断の各降伏モード



母材の割裂 (a18-5)



a18-5

要材
素料

接合具

接合部

部組
材立

屋根

柱

梁

1ブ
スレ

壁

床

集
成材

「
」
材

製
材

合
板

そ
の
他

木栓 (シラカシ)

破壊性状は、 ϕ 24 の木栓を用いた a24、b24 タイプの試験体のうち、a24-1、a24-2、a24-3、a24-5、b24-1 は母材の繊維方向に大きな割裂が生じ、その他の試験体も母材に小さな割裂が見られるものが多かった。逆に ϕ 18 のタイプでは、母材の割裂は a18-1 に小さく見られたのみであった。木栓の降伏モードはほぼすべての試験体でモード 4 だったが、a24-1、a24-2、a24-4、a24-5、a18-1、a18-2、a18-4 はモード 3 に近いものであり、b18-1 はモード 5 となっていた。また b24-4、b24-5、b24-6 はモード 4 だが、せん断面近くではなく木栓の中心付近にもヒンジが見られた。

荷重変位曲線の傾向としては、最初の降伏点を迎えた後に一時的に若干荷重低下し、再度荷重上昇する場がいくつか見られた。これは離れ止めをつけたことによる影響と考えられるが、実大試験の様子を想定して行われた結果である。この傾向は ϕ 24 のタイプで比較的多く見られた。

木栓の径の大きさを比較すると、径が大きくなると剛性、耐力ともに大きくなる傾向があった。

主材の繊維方向に対する加力方向の違いで比較すると、加力方向が 0° から 90° になると剛性は大きくなるが、耐力は降伏、終局、最大のどれもあまり変化が見られなかった。

剛性に関しては主材よりも側材の繊維方向の影響が大きかったのではないかと考えられる。また終局時の変位は加力方向 0° のタイプ a の方が大きく、バイリニア的な挙動を示した。

