

事業名: DLT(Dowel Laminated Timber)普及に向けた性能評価と普及活動について

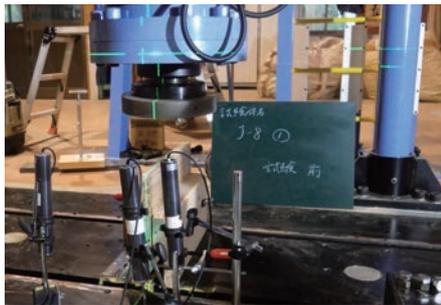
事業主体: 株式会社 長谷萬

DLTで用いる 木ダボ接合部のせん断試験2(結果速報)

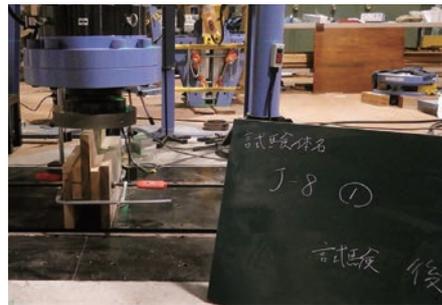
- 試験目的 床などの用途を想定した、木ダボ接合部の木材繊維直角方向の強度や木ビスの接合耐力、長期使用を前提とした省化促進処理後のせん断耐力を確認しました。
- 試験内容 試験1 【木ダボ接合部のせん断試験（繊維直角方向のせん断試験）】
試験2 【ビス接合部のせん断試験】
試験3 【木ダボ接合部の耐久性試験】
- 試験場所 群馬県林業試験場
- 試験実施日 2019年 9月10日、9月13日、10月15日、11月7日

試験

試験1 木ダボ接合部のせん断試験(繊維直角方向のせん断試験)



せん断試験前



せん断試験後

- 試験目的 DLTを床等の水平用途で使用する場合に必要となる、木ダボ接合部の繊維直角方向のせん断耐力を確認しました。
- 試験体仕様 単純一面せん断試験（ケース1）、複数枚一面せん断試験（ケース2）を行いました。
実施済みの木ダボのせん断試験結果から、木ダボの加工孔径は直径 19.5mm としました。

図-1 単純一面せん断 ケース1（試験体 No. J-7）

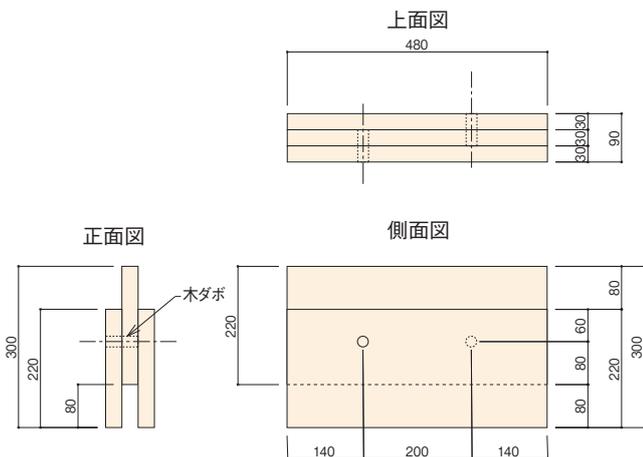


図-2 複数枚一面せん断 ケース2（試験体 No. J-8）

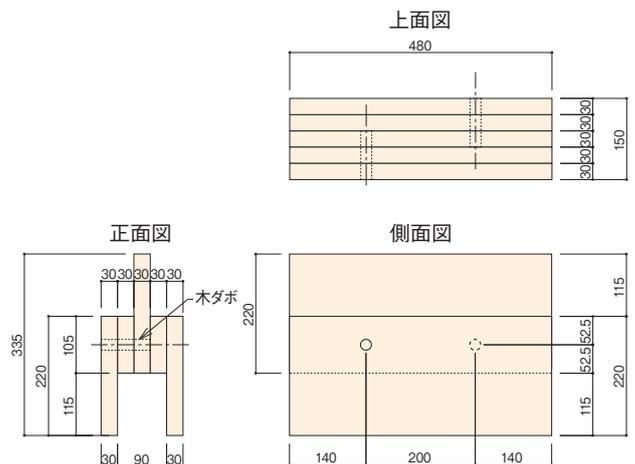


表-1 木ダボせん断試験 試験体の仕様

試験体No.	構成部材の寸法 (mm)	木ダボ (mm)	加工孔径 (mm)	試験体数
J-7	30×220×480	φ20	φ19.5	6体
J-8	30×220×480 30×105×480	φ20	φ19.5	6体

構成部材：群馬県産スギ 乾燥材 (KD 材) 含水率 20.0%以下

JAS 無等級 比重 0.37 以下の材料を選別

木ダボ：欧州ブナ 乾燥材 たて溝つき 比重 0.65 以上 含水率 13%以下

試験2 ビス接合部のせん断試験



接合部のせん断試験



接合部のせん断試験

■ 試験目的

DLT の接合で使用するビスの斜め打ちの接合部耐力を確認しました。

■ 試験体仕様

DLT 積層材同士、および DLT と柱との接合部、DLT 積層材と土台との接合部、DLT 積層材と桁との接合部を想定したせん断試験を行いました。

ビス：パネリード PX6-140 斜め打ち角度 45°

実施済みの試験結果より、木ダボの加工孔径は直径 19.5mm とします。

図-3 DLT 接合部 1 (試験体 No. J-9)

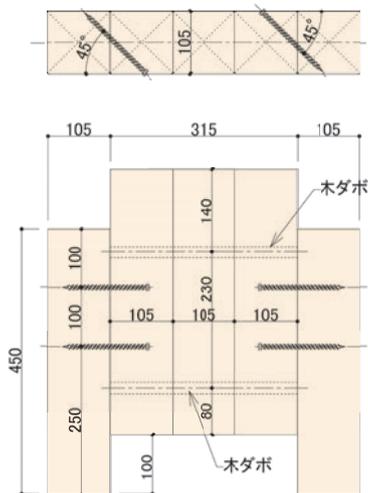


図-4 DLT 接合部 2 (試験体 No. J-10)

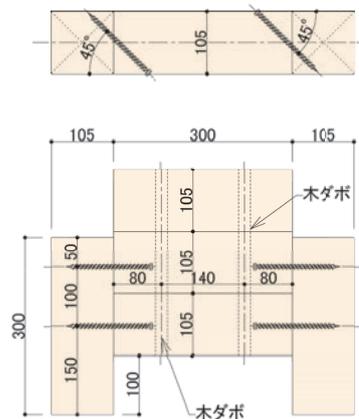


表-2 ビス接合部せん断試験 試験体の仕様

試験体No.	構成部材の寸法 (mm)	木ダボ (mm)	加工孔径 (mm)	ビス	試験体数
J-9	105×105	φ20	φ19.5	パネリード P6-140	6体
J-10	105×105	φ20	φ19.5	パネリード P6-140	6体

構成部材：群馬県産スギ 乾燥材 (KD 材) 含水率 20.0%以下

JAS 無等級 比重 0.37 以下の材料を選別

木ダボ：欧州ブナ 直径 20mm たて溝つき 比重 0.65 以上 含水率 13%以下

試験3 木ダボ接合部の耐久性試験



接合部せん断試験（事故的水かかき処理後）

- 試験目的 木ダボ接合の長期耐久性を確認するため、水かきによる劣化の促進処理（乾湿繰り返し、事故的水かき）を施した条件下でのせん断試験を行い、水かきを考慮した木ダボ接合のせん断耐力を確認しました。
- 試験体仕様 木ダボの一面せん断試験で使用した試験体と同じ仕様で試験を行いました。木ダボの加工孔径は直径19.5mmとしました。
試験は①気乾状態、②乾湿繰り返し、③事故的水かきの3つのケースで実施しました。

図-5 一面せん断1（試験体 No. J-11）

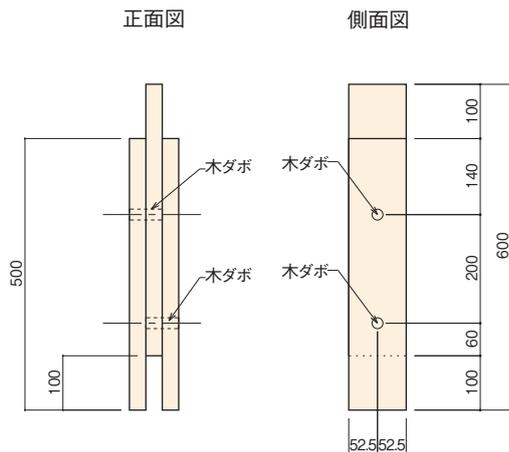
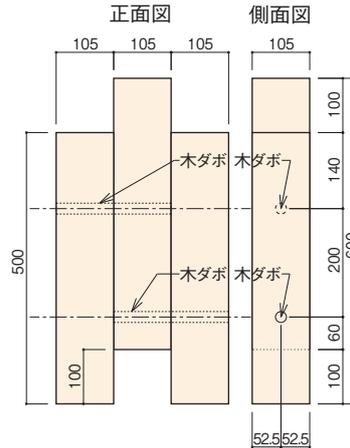


図-6 一面せん断2（試験体 No. J-12）



■ 試験体の処理方法

試験体はそれぞれ下記①、②、③の3条件の環境処理を行った後に、せん断試験を行いました。

- 条件① 気乾(恒量) 温度 $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $65 \pm 3\%$ の環境に静置させました。
- 条件② 事故的水かき ①の処理後に 20°C の水中に72時間浸せきし、浸せき前の重量まで乾燥室で乾燥させました。
- 条件③ 乾湿繰り返し ①の処理後に水中4時間浸漬 → 温度 $60 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 乾燥20時間 → 水中4時間浸漬 → 温度 $60 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 乾燥20時間 → 通風のよい室内で2日間静置させました。

※ 水中浸漬は温度管理された室内で浸漬させました。

表-3 木ダボ接合のせん断試験、耐久性試験 試験体の仕様

試験体No.	構成部材の寸法 (mm)	木ダボ (mm)	加工孔径 (mm)	試験体数
J-11	30×105	φ20	φ19.5	6体×3条件
J-12	105×105	φ20	φ19.5	6体×3条件

構成部材：群馬県産スギ 乾燥材 含水率 20.0%以下

JAS 無等級

木ダボ：欧州ブナ 乾燥材 たて溝つき 比重 0.65以上 含水率 13%以下

試験結果

試験結果数値(速報)

表 - 4 木ダボ接合部のせん断試験 (繊維直角方向のせん断耐力)

試験体No.	最大荷重(kN) Pmax	平均値 (kN)	変位量(mm) D(0.1Pmax)	平均値 (mm)	変位量(mm) D(0.4Pmax1)	平均値 (mm)
J7-1	7.119	7.552	0.30300700	0.094	1.017440	0.759
J7-2	9.982		0.13148500		1.039950	
J7-3	5.805		0.00565838		0.596762	
J7-4	6.081		0.01368890		0.360995	
J7-5	10.128		0.01796480		0.948090	
J7-6	7.052		0.17162500		0.900866	
J7-7	6.696		0.01381730		0.446700	
J8-1	7.190	8.519	0.08033070	0.408	1.271270	1.969
J8-2	10.817		0.14894900		1.973220	
J8-3	8.071		0.08742770		1.700040	
J8-4	8.434		0.16972000		1.309030	
J8-5	9.276		0.10321100		1.598510	
J8-6	7.378		1.95312000		3.773070	
J8-7	8.461		0.30894500		2.152560	

※J8-6 は変位計が脱落して終了したために最大荷重に達していません。

表 - 5 接合部のせん断試験

試験体No.	最大荷重(kN) Pmax	平均値 (kN)	変位量(mm) D(0.1Pmax)	平均値 (mm)	変位量(mm) D(0.4Pmax1)	平均値 (mm)
J9-1	22.323	23.353	0.337210	0.439	7.46055	10.607
J9-2	22.138		0.170869		10.1305	
J9-3	23.690		0.290357		9.05069	
J9-4	24.412		0.440274		11.9468	
J9-6	21.151		0.717639		8.99575	
J9-7	26.403		0.673126		16.0567	
J10-2	18.740		17.29		0.0830673	
J10-3	16.875	1.014820		10.2937		
J10-4	15.813	0.489198		9.67786		
J10-5	16.795	0.392050		8.87090		
J10-7	18.939	0.399329		11.0384		
J10-8	16.577	0.276093		9.97330		

※J9-5 は変位計が脱落して終了したために最大荷重に達していません。

表 - 6 木ダボ接合のせん断試験、耐久性試験

試験体No.	最大荷重(kN) Pmax	平均値 (kN)	変位量(mm) D(Pmax)	平均値 (mm)	変位量(mm) D(0.4Pmax1)	平均値 (mm)	環境処理
J11-1	11.756	13.697	11.706	16.939	0.568	0.811	気乾
J11-2	12.633		13.814		1.363		
J11-3	15.802		21.322		0.558		
J11-4	15.927		21.229		0.510		
J11-5	12.758		12.431		0.797		
J11-6	13.301		21.130		1.069		
J11-7	16.548	14.080	21.435	15.388	2.976	1.985	事故的 水かかり
J11-8	14.000		19.743		2.881		
J11-9	13.077		14.982		1.454		
J11-10	13.086		10.781		1.602		
J11-11	11.957		11.077		1.608		
J11-12	15.807		14.309		1.386		
J11-13	9.120	9.637	23.680	24.075	0.748	1.125	乾湿 繰り返し
J11-14	8.773		24.364		1.140		
J11-15	11.149		24.736		1.627		
J11-16	10.349		19.693		1.691		
J11-17	9.494		25.736		0.816		
J11-18	8.935		26.238		0.723		
J12-1	16.254	19.221	6.719	10.876	0.857	1.090	気乾
J12-2	21.263		10.876		1.564		
J12-3	22.133		9.824		1.240		
J12-4	19.000		8.941		1.033		
J12-5	17.254		8.060		0.900		
J12-6	19.420		7.083		0.943		
J12-7	16.922	17.019	8.665	9.232	1.373	1.427	事故的 水かかり
J12-8	18.128		6.664		1.242		
J12-9	15.786		9.822		1.690		
J12-10	16.564		9.616		1.277		
J12-11	18.895		10.484		1.615		
J12-12	15.813		10.141		1.361		
J12-13	18.116	19.937	13.241	9.939	1.287	1.302	乾湿 繰り返し
J12-14	20.504		10.942		0.999		
J12-15	16.422		9.827		1.171		
J12-16	17.152		8.463		1.291		
J12-17	21.162		7.194		1.233		
J12-18	26.261		9.967		1.826		

試験結果のまとめ

■ 試験1 【木ダボ接合部のせん断試験(繊維直角方向のせん断耐力)】

繊維方向、繊維直角方向のせん断試験結果より求めた、直径 20mm の木ダボのせん断耐力は下表の通りになります。
(ばらつき係数を考慮しています。)

繊維直角方向の木ダボのせん断耐力は繊維方向のせん断耐力に対し概ね 1/2 程度となっています。これはスギの繊維方向と繊維直角方向の基準支圧強度の差によるものとみられます。

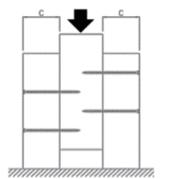
表 - 7 木ダボ接合のせん断試験

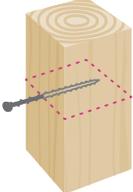
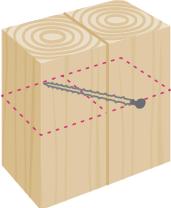
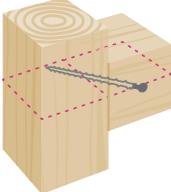
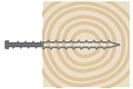
試験体No.	平均最大荷重 Pmax(kN)	1本当たりの Pmax(kN)	降伏耐力 Py(kN)	1本当たりの Py(kN)	短期基準せん断耐力 Pa (kN/本)
J-2(繊維方向)	13.198	6.599	7.622	3.811	2.38
J-5(繊維方向)	12.930	6.465	6.943	3.472	2.90
J-7(繊維直角方向)	7.552	3.776	5.077	2.539	1.19
J-8(繊維直角方向)	8.518	4.259	5.147	2.574	1.57

■ 試験2 【ビス接合部のせん断試験】

使用したパネリードのメーカー実施の試験結果と、斜め打ちしたビス(パネリード PX6-140)との耐力の比較は下表のとおりになります。斜め打ちは垂直打ちに対して×0.75倍程度、×0.6倍程度となることが確認されました。なお、ビス打ちについてはメーカーにヒアリングして直径3mmの下穴加工を行い、ビスの打ち込み長さ精度の確保をしています。

表-8 パネリード耐力の比較

	C (mm)	最大耐力 (kN/本)	メーカー値との比較	
メーカー値(垂直方向)	90	4.36	1.00	
J-9(斜め方向)	105	3.26	0.75	
J-10(斜め方向)	105	2.49	0.57	

メーカー値(垂直方向)	J-9(斜め方向)	J-10(斜め方向)
		
		

■ 試験3 【木ダボ接合部の耐久性試験】

30×105の薄い材の試験体では事故的水かかり(水中に72時間浸漬し、その後に浸漬前の重量まで乾燥)による耐力低下は認められませんでした。一方、乾湿繰り返し処理後の接合耐力は気乾状態の70%ほどに耐力低下が確認されました。これは、乾湿繰り返し処理の湿潤後の乾燥により、部材の厚みが変動し、部材同士でわずかな隙間が増えたためと想定されます。

105×105の材の場合では、事故的水かかりで若干の耐力低下があったものの、乾湿繰り返し処理では接合部の耐力低下がほとんど認められませんでした。

この結果から、乾湿繰り返しを受ける積層材であっても、幅方向の寸法変化が生じにくい部材断面や幅方向の寸法変化を規制するような使用法であれば、木ダボ接合において耐力低下はほとんどないと考えられます。

表-9 木ダボ接合の環境処理による耐力の比較

環境処理	3-30×105(J-11)			3-105×105(J-12)		
	気乾	事故的水かかり	乾湿繰り返し	気乾	事故的水かかり	乾湿繰り返し
耐力平均値(kN/本)	3.425	3.520	2.410	4.806	4.255	4.985
気乾との耐力比	1.000	1.028	0.704	1.000	0.886	1.038