

中小断面集成材の製造技術に関する研究 (VI)

— 集成材の接合性能 —

木材工業部 福留重人, 山角達也, 遠矢良太郎, 山之内清竜, 図師朋弘

Study on Production Technology of Laminated Wood (VI)

— Joint Performance of Laminated Wood —

Shigeto FUKUDOME, Tatsuya YAMAZUMI, Ryotaro TOYA, Kiyotatsu YAMANOUCHI and Tomohiro ZUSHI

前報¹⁾で報告した丸太段階で等級区分された集成材について接合部の引張せん断試験を行い、接合条件の接合性能に及ぼす影響について検討した。また、スギ製材品及びベイマツ製材品についても同様の試験を行い、完全弾塑性モデルを用いた評価法によって比較検討した。その結果、変形性能を考慮した評価法を採用することで、許容応力度を従来より高い数値に設定することが可能になり、集成材を用いた構造物の合理的設計を進めるための資料が得られた。

1. 緒言

木造住宅の構造設計を合理的に進めるためには、接合部の剛性及び許容耐力を定量的に把握することが重要である。特に耐力壁回りにおける柱と横架材との接合部等は建物の耐震性との関連性が高いため、接合形式及び接合金物の選定、接合金物の配置、部材の構成等多方面からの検討が必要であるが、接合部の設計及び施工に関するデータは不足しているのが現状である。また、性能規定化や限界状態設計法の導入等に伴い、これらのデータの整備・体系化が求められている。

そこで本報では、木造軸組構法建物に用いられる接合金物を対象にして、柱-土台接合部の引張せん断試験を行い、その接合性能について完全弾塑性モデルを用いた評価法によって検討した。

2. 試験方法

供試材として、スギ集成材、スギ製材品ならびにベイマツ製材品を用い、柱及び土台の断面寸法を105 mm×105 mmとした。柱と土台の接合には、かど金物及びホールダウン金物を用いた。接合金物の仕様を表1に示す。プレート式金物は短ほぞ(30×50×50 mm)を併用し、試験体の両面から金具を取り付けた。試験体及び引張せん断試験方法を図1に示す。土台を治具に固定し、実大試験機により載荷速度1.5 mm/minで柱に引張荷重を加えた。変位は柱の側面に取り付けた2個の変位計により柱と土台上面との相対変位を測定した。製材品については、土台支持間隔Lを400 mm及び800 mmの2条件とし、それぞれ土台長さを600 mm及び1000 mmとした。試験体数は各条件ごとに6体とした。なお、K105はスギ材のL=400 mmについてのみ行った。

表1 供試接合金物の仕様

接合形式	記号	金物本体寸法 (mm)	接 合 具				
			種類・記号	直径 (mm)	長さ (mm)	金物1組当り本数	
かど金物	プレート	AP	t2×W70×L140	リングネイル FRN75	4.4	75	6 (柱3,土台3)
		TP	t2×W60×L157	スクリュー釘 SN75	3.8	75	6 (柱3,土台3)
		YP	t2×W75×L200	太め釘 ZN90	4.0	90	9 (柱4,土台5)
ホールダウン 金物	パイプ	HDP15	φ26.5×L266	ドリフトピン	12.0	104	4 (柱2,土台2)
		HDP25	φ26.5×L318	ドリフトピン	12.0	104	4 (柱3,土台1)
	T型	K105	t3×W85×L120	ボルト M12	12.0	135	3 (柱1,土台2)
			t6×W120×L225				

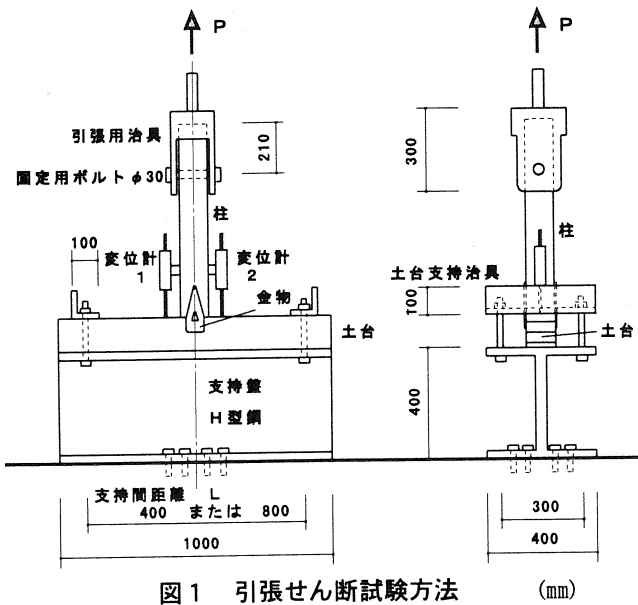


図1 引張せん断試験方法 (mm)

3. 結果及び考察

3.1 柱-土台接合部の引張せん断試験結果

柱-土台接合部の引張せん断試験により得られた荷重-変位線図を各条件ごとに図2~図7に示す。ここで、変位は2個の変位計により測定した相対変位の平均値である。また、プレート式金物における荷重は金物1組当たりに換

算した値である。

各接合形式とも土台支持間隔が800mmの場合、最大荷重点までの変位が少なく、破断により急激な荷重低下が見られた。特に、スギ製材品のAP、ベイマツ製材品のAP、HDP15ならびにHDP25において顕著であった。これは、土台支持間隔が大きくなると土台の繊維直交方向の拘束が弱まるため、土台の割裂は生じやすくなったものと思われる。また、APでは釘径が4.4mmと大きく釘の曲がりや部材へのめり込みが少ないため、終局点までの変形が少ないものと思われる。また、プレート金物は同一接合条件においては比較的類似した荷重-変形関係を示しているが、ホールダウン金物のHDP15及びHDP25の場合は、同一接合条件内においてもバラツキが大きく、荷重-変位関係にも差が見られる。これは、プレート金物が数本の釘を用いて性能が平均化されるのに対し、HDP15及びHDP25ではドリフトピン接合部の荷重負担側に応力が集中し、その部分の材質に影響されやすくなるのが原因と思われる。一方、ホールダウン金物のK105ではボルト及び鋼板の塑性変形により、降伏後も粘りのある安定した荷重-変形関係を示した。

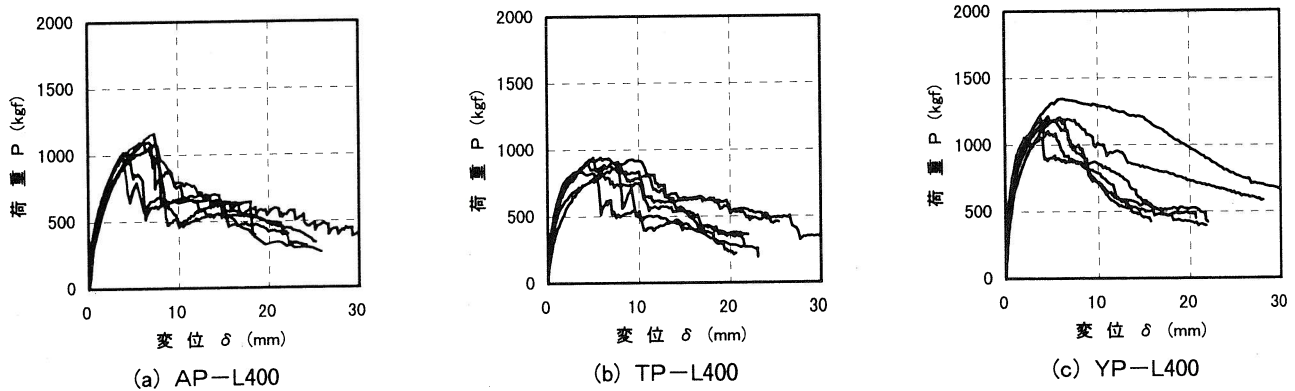


図2 荷重-変位線図(スギ集成材, かど金物)

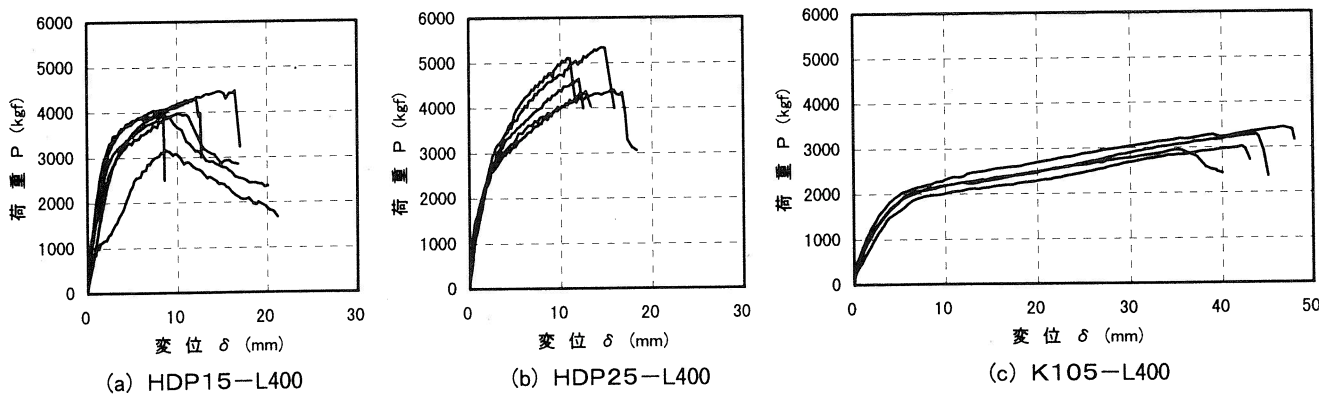


図3 荷重-変位線図(スギ集成材, ホールダウン金物)

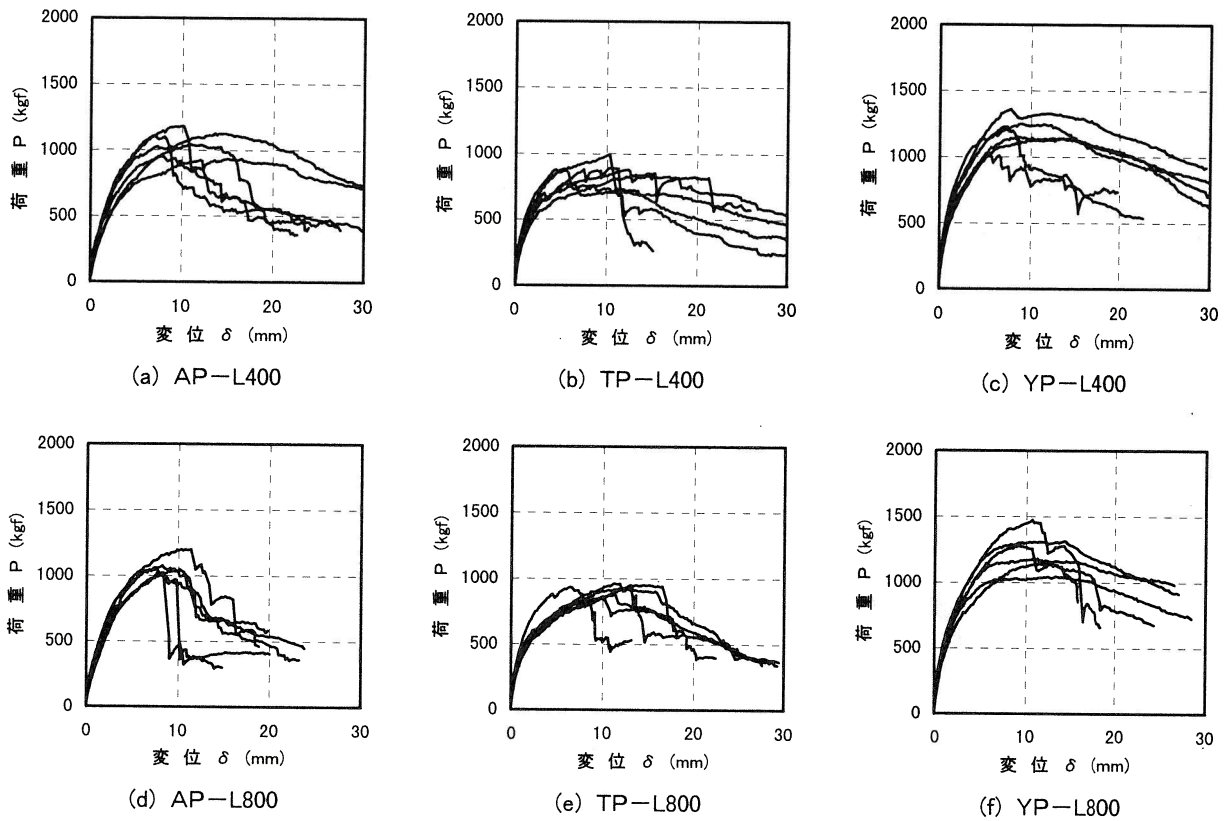


図4 荷重—変位線図(スギ製材品, かど金物)

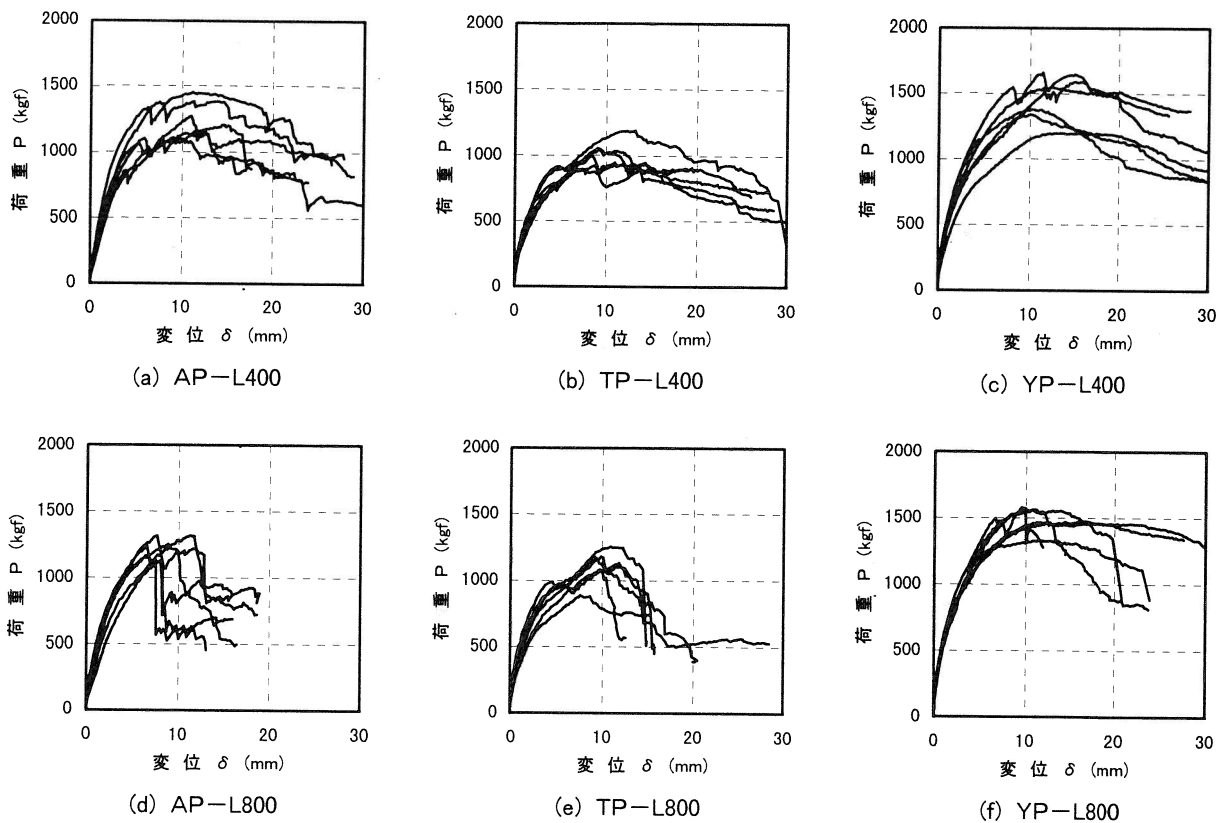


図5 荷重—変位線図(ベイツ製材品, かど金物)

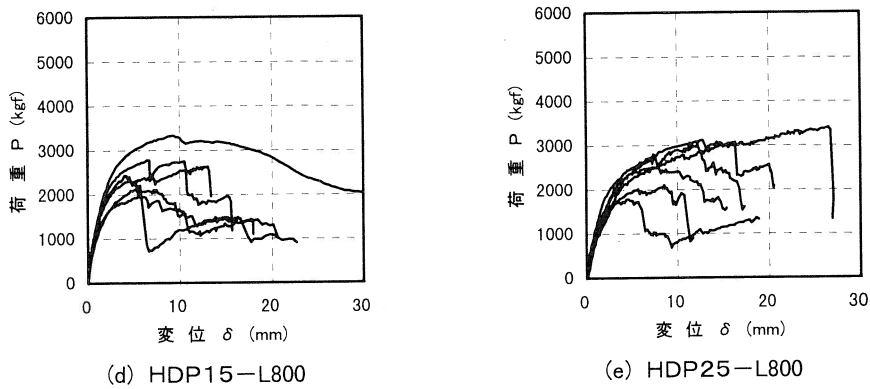
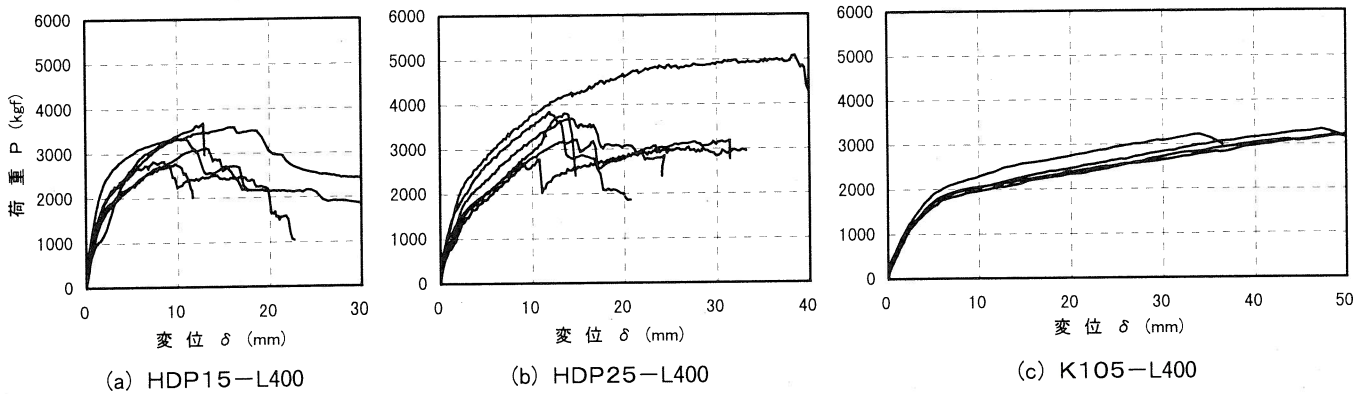


図6 荷重-変位線図(スギ製材品, ホールダウン金物)

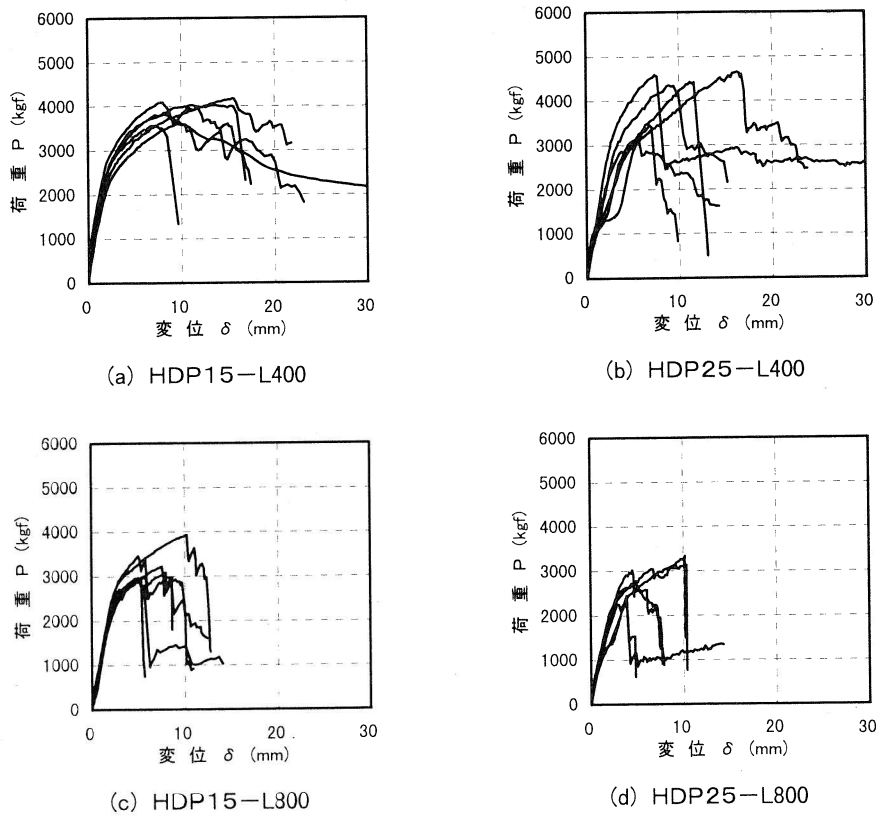


図7 荷重-変位線図(バイマツ製材品, ホールダウン金物)

3.2 接合性能の評価方法

接合性能の評価方法^{2),3)}を図8に示す。最大荷重Pmax点を定め、2/5Pmax点及び2/3Pmax点を求める。Pmax以後最初に0.8・Pmaxに達した点または破断点を終局点Puとする。原点、2/5Pmax点、2/3Pmax点、Pmax点、Pu点に近似された荷重-変位関係を基にして、エネルギー吸収量が等価になるような完全弾塑性モデルに置換する。仮想降伏点(δy,Py)

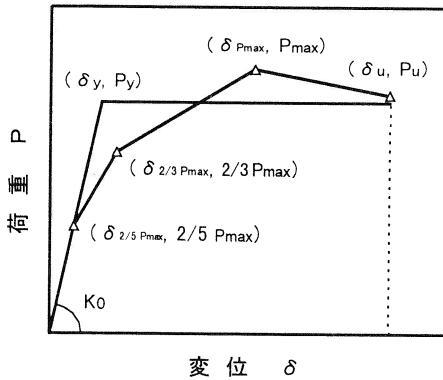


図8 完全弾塑性モデルによる評価法

は完全弾塑性モデルに置換した時の第一折れ曲がり点である。各評価値は次の(1)~(5)式により算出した。

初期剛性 $K_0 = 0.4 \cdot P_{max} / \delta_{2/5}$ (1)

仮想降伏点変位 $\delta_y = P_y / K_0$ (2)

塑性率 $\mu = K_0 \cdot \delta_u / P_y$ (3)

安全率($\mu_0=6$) $SF = 1 / (2 \cdot (\mu - 0.5) / (2 \cdot \mu_0 - 1))^{0.5}$ (4)

短期許容応力度 $P_s = P_y / SF$ (5)

柱-土台接合部引張せん断試験結果及び完全弾塑性モデルにより得られた評価値を表2に示す。ここで、各値は各条件ごとの5%下限値である。

かど金物における釘径と最大荷重との関係を図9に示す。ここで、荷重は釘1本当たりに換算した値である。最大荷重は釘径に比例して高くなり、ベイマツが高い値を示している。また、土台支持間隔による影響は少ない。木質構造設計基準⁴⁾における釘の許容せん断耐力は比重及び釘径から算出するが、今回の実験結果における最大荷重もこの関係式によく適合する。

表2 引張試験結果及び評価値 (5%下限値)

土台支持間隔 (mm)	部材	記号	実験値のデータベース						完全弾塑性モデルによる評価				
			最大荷重点		終局点		2/5Pm	2/3Pm	初期剛性	降伏点	塑性率	安全率	短期許容
			P max (kgf)	δ max (mm)	P u (kgf)	δ u (mm)	δ 2/5 (mm)	δ 2/3 (mm)	K 0 (kgf/mm)	P y (kgf)	μ	SF	応力度Ps (kgf)
400	スギ集成材	AP	806	4.3	728	3.4	0.6	1.6	381	656	1.9	2.0	331
		TP	671	4.6	583	4.8	0.4	1.1	497	571	4.0	1.3	452
		YP	901	3.7	735	4.8	0.3	0.9	765	769	4.7	1.1	672
		HDP15	2980	7.7	2682	6.3	0.9	2.0	987	2510	2.4	1.7	1460
		HDP25	3578	9.9	3497	6.8	1.0	2.8	965	2853	2.3	1.7	1650
		K105	2399	30.2	2399	20.1	1.8	6.1	263	1928	4.1	1.2	1560
	スギ製材品	AP	792	8.1	634	8.3	1.0	2.2	250	663	3.0	1.5	451
		TP	655	7.6	570	7.1	0.5	1.5	377	540	4.9	1.1	484
		YP	890	6.5	712	9.0	0.6	1.8	455	755	5.3	1.1	707
		HDP15	2401	8.9	2012	7.8	0.9	2.3	595	1997	3.5	1.3	1481
		HDP25	2847	14.9	2409	11.4	1.5	4.7	381	2245	2.8	1.5	1454
		K105	2421	33.7	2353	23.1	2.2	9.1	220	1910	4.0	1.3	1513
ベイマツ製材品	AP	947	8.9	758	9.7	1.1	2.2	270	810	3.2	1.4	567	
	TP	767	7.8	614	9.1	0.8	1.9	311	649	4.2	1.2	532	
	YP	1089	9.3	885	11.9	1.0	2.8	336	929	4.2	1.2	764	
	HDP15	2909	7.5	2327	7.5	0.8	1.7	799	2462	3.6	1.3	1834	
	HDP25	3074	7.0	2990	5.8	1.5	2.8	431	2585	1.5	2.4	1095	
	800	スギ製材品	AP	803	6.5	643	5.5	1.0	2.1	257	666	2.1	1.8
TP			687	8.0	550	7.6	0.7	2.1	324	568	4.2	1.2	469
YP			928	8.8	743	10.0	0.8	2.1	365	782	4.8	1.1	688
HDP15			1903	5.6	1588	5.8	0.5	1.3	694	1606	3.7	1.3	1218
HDP25			1979	9.4	1745	7.1	0.9	2.1	451	1642	2.7	1.6	1050
K105			2124	4.6	1979	3.2	0.9	1.8	519	1707	1.4	2.5	684
ベイマツ製材品		AP	926	6.1	766	5.5	1.1	2.3	277	772	1.9	2.0	387
		TP	838	7.4	680	6.8	0.8	2.2	290	695	2.9	1.5	458
		YP	1120	9.0	944	10.7	0.9	2.4	383	956	4.3	1.2	790
		HDP15	2445	5.1	2103	3.8	0.8	1.5	607	2049	1.7	2.2	938
		HDP25	2124	4.6	1979	3.2	0.9	1.8	519	1707	1.4	2.5	684

釘径と短期許容応力度との関係を図10に示す。ここで、応力度は釘1本当たりに換算した値である。完全弾塑性モデルによる評価法により算出した場合、釘径が大きくなると短期許容応力度が低下する傾向が見られた。特に土台支持間隔が800 mmの場合その傾向が顕著である。また、TP及びYPでは、変形性能を考慮した効果により、スギとベイマツとの差が小さくなっている。

次に、径長比と塑性率との関係を図11に示す。ここで、径長比は釘の長さ l と釘径 d との比である。径長比が大きくなると塑性率が大きくなる傾向があり、スギ材の方がやや大きい値を示した。ホールダウン金物の場合も同様の傾向があり、土台支持間隔が800 mmのようにスギ材の許容応力度の方が高い値を示すケースも見られた。

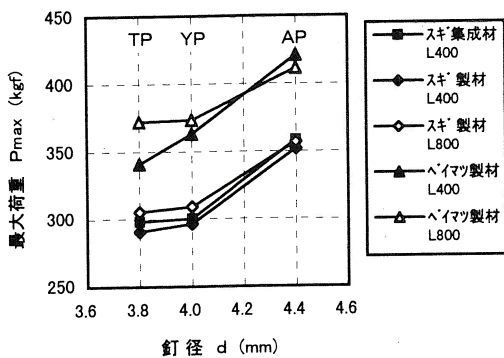


図9 釘径と最大荷重との関係

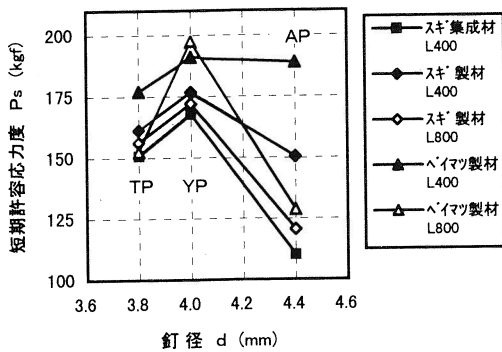


図10 釘径と短期許容応力度との関係

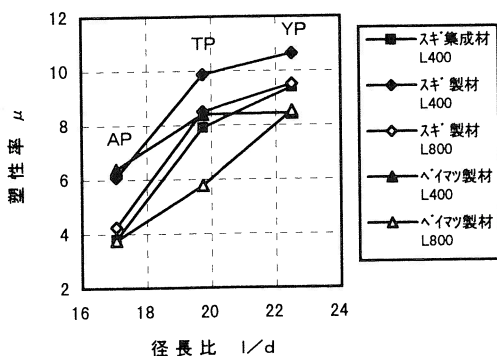


図11 径長比と塑性率との関係

4. 結 言

柱-土台接合部の引張せん断試験を行い、完全弾塑性モデルを用いた評価法により変形性能を考慮した許容応力度を算出し、接合性能の検討を行った。その結果、接合条件と接合性能との関連性を把握し、合理的な構造設計を進めるための資料が得られた。特に、今回用いた評価法ではスギ材のように変形性能が優れている場合、高い応力度の設定が可能であり、今後他の接合も含めて検討を進めることで、施工のコストダウン・構造安全性の向上等を期待できると思われる。

今回得られた結果をまとめると以下のとおりである。

- (1) かど金物の場合、最大荷重は釘径と比例関係にあるが、釘径が大きくなると径長比が小さくなり、塑性率が低下する傾向がある。
- (2) ホールダウン金物の場合、同一条件においても接合性能に大きな差が見られた。
- (3) 各接合形式とも土台支持間隔が大きくなると塑性率が低下し、許容応力度が低下する。これは、ベイマツの場合が顕著である。
- (4) スギ集成材は各接合形式とも初期剛性が高い値を示した。また、耐力面でもバラツキが小さいことから、集成化による効果を確認した。
- (5) スギ材は全般的に塑性率が高いため、今回算出した許容応力度ではベイマツとの差が少なく、ホールダウン金物の土台支持間隔800 mmの場合、スギ材の方が高い値を示した。

謝 辞

本研究の一部は財団法人日本住宅・木材技術センターの木造軸組構法住宅接合部設計技術開発事業の一環として行われたものである。実験に当たり委員の皆様へ助言を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 福留重人, 他6名: 鹿児島県工業技術センター研究報告, 10, 93-95(1996)
- 2) 財団法人日本住宅・木材技術センター: 木造軸組構法住宅接合部設計技術開発事業報告書(柱脚試験部会), 46-47(1997)
- 3) 下徳辺一, 村上雅英, 三澤文子, 田原賢: 日本建築学会大会学術講演梗概集, C-1構造Ⅲ, 69-70(1996)
- 4) 日本建築学会: "木質構造設計基準・同解説", 丸善(1995)