

# 軸組木造住宅の接合部耐力に関する研究

## その2. 軸組接合部および構造用合板の耐力について

正会員 ○ 田原 賢\*1 同 土井 正\*2  
 同 下徳辺一\*3 同 村上雅英\*4  
 同 北本裕之\*5 同 三澤文子\*6

### 1. はじめに

在来軸組構法では、ツーバイフォー構法や木質工業化住宅のような具体的な耐震構造規定に乏しく、施工者の勘や経験に基づいて施工されていることが多い。そのため、接合金物や構造用合板耐力壁の正しい施工方法が周知徹底されていないのが現状である。そこで本報告では、阪神・淡路大震災の被災地の木造軸組復興住宅に見られた接合金物や、構造用合板耐力壁の施工上の問題点について破壊実験によりその耐力を検証した。

### 2. 実験概要

#### 2.1 柱・土台接合部の耐力試験

試験体は、図-1に示すように柱・土台の接合部にZマーク金物を使用し、CP-L, CP-T, V.P に N38、N65、ZN65、ZN90の各釘止めをしたものである。さらにアンカーボルトは公庫仕様よりも震災復興住宅の施工状況とし、柱芯より各400mmの距離とした。

実験においては、柱材はスギ120mm角、土台においてはベイマツ120mm角を使用した。なお、図-3に使用した材料と含水率の関係を示す。釘については、阪神・淡路大震災の被災地域における木造軸組復興住宅の現状と同等程度の仕様(N38、N45、N50の手打ち、釘打機)として、せん断耐力実験を行った。なお、面材においては構造用合板厚み9mm、コンクリート用型枠合板(通称コンパネ)厚み12mmを使用した。両試験体とも加力により偏芯をおこさぬよう接合金物を柱の両面に取り付けて実験を行った。なお、釘打機では釘のめり込みを生ずるように調整している。

接合金物の試験体は各5体として、4体は1方向引張り試験を、残りの1体は載荷除荷の繰り返し加力を行って、面材については、加力により偏芯をおこさぬよう柱の両面に合板を取り付けて実験を行い、3体とも1方向圧縮試験とした。変位の計測は図-1、図-2に示すように柱と基礎、柱と金物、及び土台と基礎で、面材については、合板と柱材にそれぞれ裏表で計測し平均した。

柱と土台の樹種は、柱はスギで、土台は調査結果ではヒノキが多用されているが同等のベイヒバを用いた。図-3に使用した材料は含水率と比重の関係を示す。

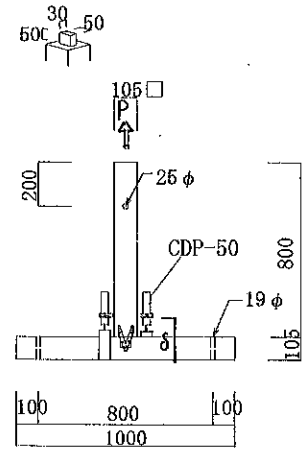


図-1 柱・土台引抜き試験体

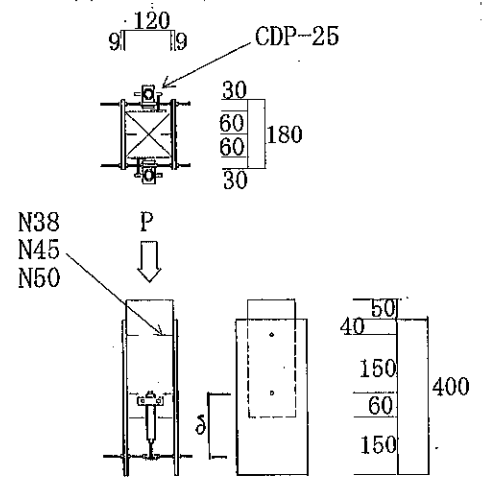
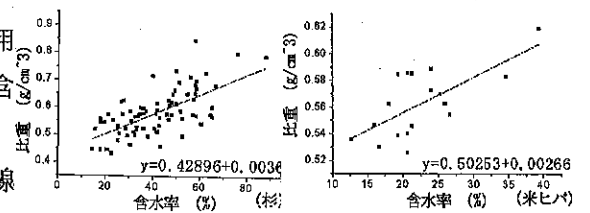


図-2 面材接合部のせん断試験体

図-3 使用材料の含水率-比重曲線



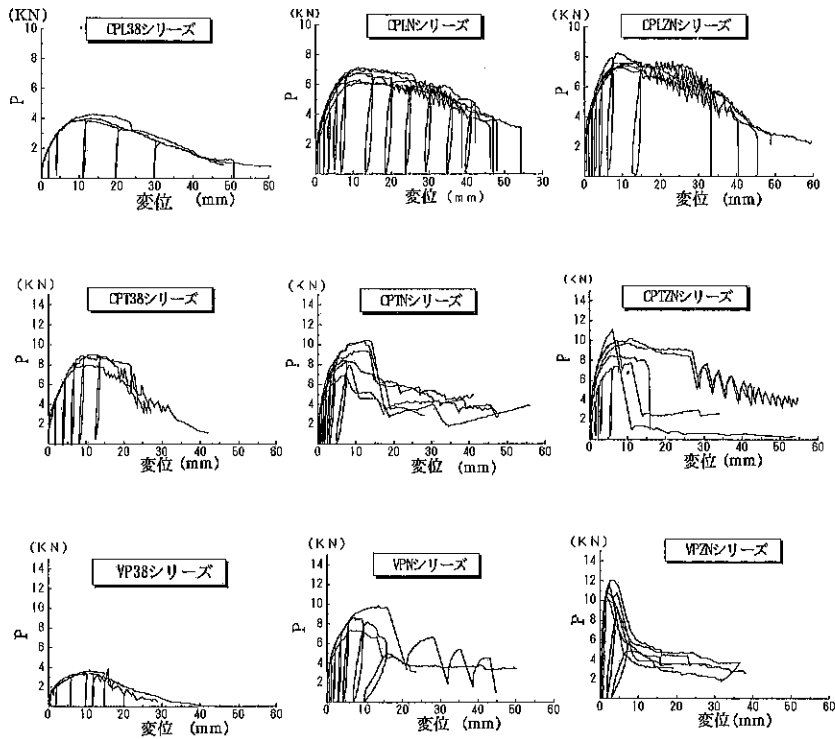
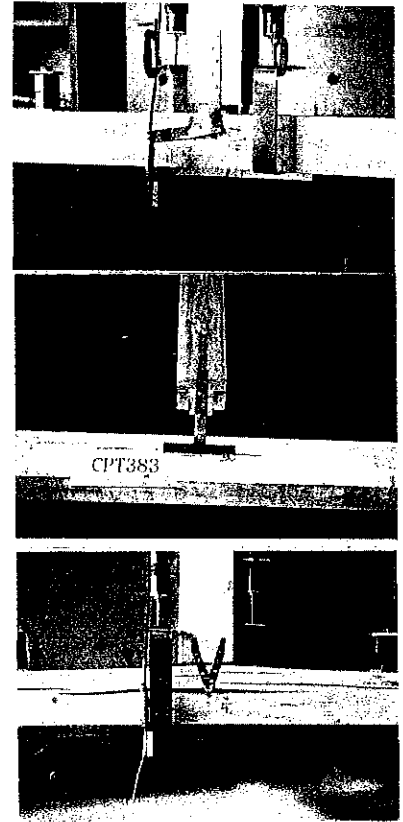


図-4 CP-L、CP-T、VPのP-δ関係



破壊状況写真-1

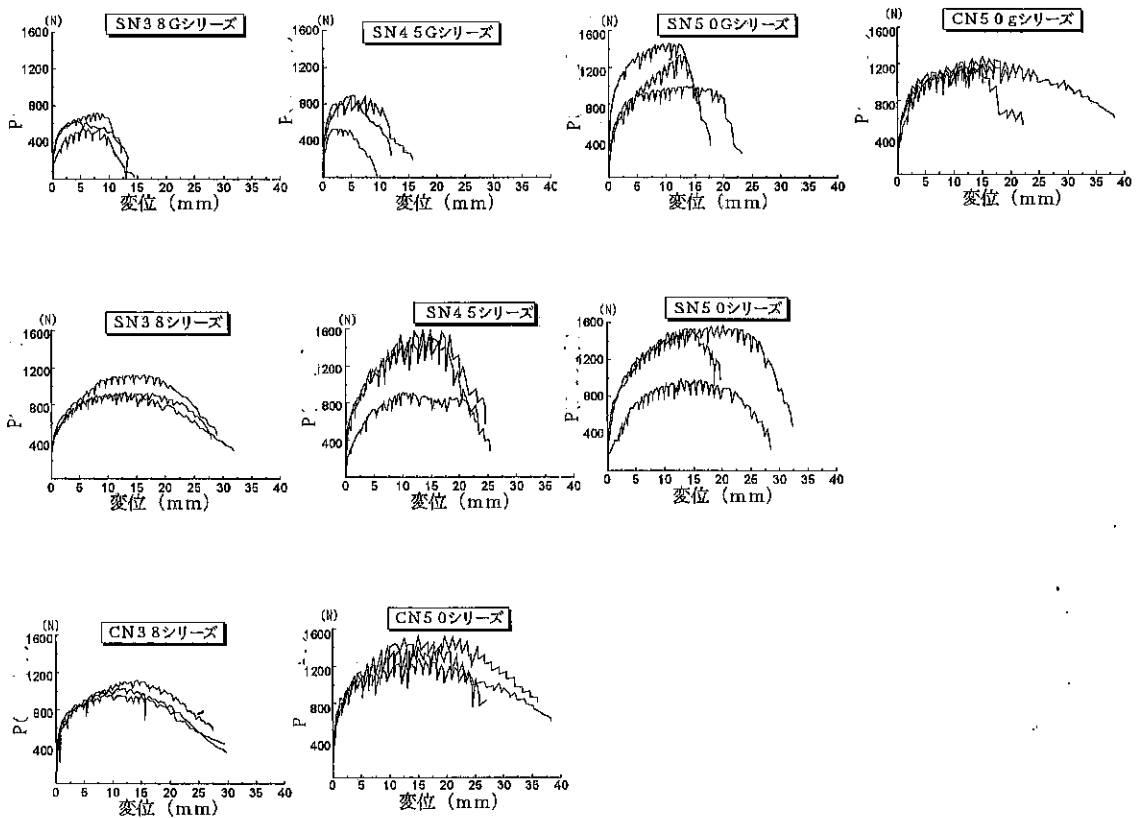


図-5 各種合板と各釘とのP-δ関係

### 3. 実験結果及び考察

#### 3.1 荷重-変位関係

実験結果より最大耐力 (Pmax) と最大耐力時 δ max変位との関係及び柱、土台の含水率、破壊モードを表-1、2に示す。さらに、各試験体の荷重と変位の間を関-4、5に示す。

全ての試験体で荷重と変形のばらつきがあり、釘の大きさによるはつきりとした耐力の低下が見られた。

特に、V.P382とV.P. ZN5においては、Pmax 3.35倍を示した。その他のZマーク金物CP-L及びCP-Tにおいては、1.89倍と2.50倍のそれぞれの差であった。

しかし、CP-L, TにおいてはZN65とN65のPmax平均はN65はZN65の89%となり、約10%程度の低下である。これは破壊モードが釘のせん断破壊ではなく金物の破壊によって生じているためである。つまり釘の違いによる差はあまり無く、初期耐力ではほぼ同等程度と言えるが、防錆されていないため腐食によって断面欠損が生じるため、たとえばN65がN38程度に径が細くなった場合CP-L, Tでは耐力が、1/2程度、V.Pにおいては、1/3に耐力低下している事になるのである。

また、V.Pにおいては、ZN90とN65によるPmax平均の差は、約30%であり、これは破壊モードが土台の割裂破壊であり、釘や金物で耐力が決まるのではなく、アンカーボルトの位置や釘の長さや本数などで耐力が決定していると考えられる。

なお、柱や土台の含水率における耐力の増減は認められず、含水率の低いものが必ずしも高い耐力を示したとは言えない。しかしながら概ね含水率の低い材においては、高耐力傾向にあると言える。

構造用合板手打ちにおいては、Pmax平均ではN38とN50の差は、約25%の差であり、同手打ちと釘打機では、N38で見ると、Pmax平均約50%で、同N50で見ると約5%の差であった。

試験体名	使用釘	Pmax (KN)	dmax (mm)	柱含水率	土台含水率	破壊モード	Pmax ave	dmax ave
CP-L ZN1	ZN65	15.3	4.4	11.4 %	28.6 %	P	15.08	10.20
CP-L ZN2		14.9	11.64	22.4 %	38.8 %	P		
CP-L ZN3		15.3	15.09	11.6 %	17.2 %	P		
CP-L ZN4		14.7	9.38	17.2 %	21.6 %	P		
CP-L ZN5		15.2	10.45	21.0 %	26.4 %	P		
CP-L N1	N65	14.1	11.8	33.0 %	35.2 %	P	13.42	13.19
CP-L N2		13.6	12.98	24.0 %	24.6 %	P		
CP-L N3		12.7	13.2	26.8 %	20.4 %	P		
CP-L N4		12.3	13.12	26.4 %	21.6 %	P		
CP-L N5		14.4	14.86	26.0 %	20.0 %	P		
CP-L 381	N38	8.08	14.77	28.4 %	18.6 %	P	8.31	14.40
CP-L 382		8.55	14.03	32.2 %	18.4 %	P		
CP-T ZN1	ZN65	17.0	7.51	23.0 %	33.2 %	D, N, P	19.79	8.69
CP-T ZN2		19.5	10.72	9.0 %	22.4 %	N, P		
CP-T ZN3		22.2	7.14	5.2 %	11.2 %	D		
CP-T ZN4		19.91	7.16	4.6 %	13.4 %	D		
CP-T ZN5		20.38	10.91	11.8 %	26.2 %	D, N, P		
CP-T N1	N65	16.8	8.8	39.4 %	25.6 %	D, N, P	18.42	10.39
CP-T N2		20.8	12.69	28.2 %	16.8 %	D, N, P		
CP-T N3		20.9	13.01	27.0 %	16.4 %	D		
CP-T N4		18.9	12.33	34.2 %	30.4 %	D		
CP-T N5		14.7	5.11	25.6 %	28.4 %	D, P		
CP-T 381	N38	13.7	7.59	22.4 %	27.6 %	N	11.28	11.51
CP-T 382		8.86	15.42	25.6 %	22.4 %	N		
V. P ZN1	ZN90	21.51	2.18	16.8 %	26.4 %	D	22.28	2.35
V. P ZN2		20.76	1.71	7.2 %	24.6 %	D		
V. P ZN3		23.29	2.61	7.4 %	21.2 %	D		
V. P ZN4		21.7	2.08	12.0 %	21.4 %	D		
V. P ZN5		24.14	3.18	11.4 %	22.0 %	D		
V. P N1	N65	14.75	6.96	48.4 %	21.4 %	D	17.14	10.46
V. P N2		19.54	13.96	37.2 %	20.8 %	N		
V. P 381	N38	7.42	13.2	40.2 %	16.0 %	N	7.18	10.79
V. P 382		6.95	8.38	26.8 %	22.0 %	N		

D : 土台割裂 N : 釘のせん断 P : 金物の破壊

試験体名	使用釘	Pmax (KN)	dmax (mm)	接合方法	破壊モード	Pmax ave	dmax ave
SN38-1	N38	4.21	14.57	構造用合板厚さ9mmにN38を手打ちで	N	3.65	11.75
SN38-2		3.5	13.29		N		
SN38-3		3.4	6.46		N		
SN38-4		3.31	12.5		N		
SN38-5		3.84	11.95		N		
SN50-1	N50	5.74	0.9	構造用合板厚さ9mmにN50を手打ちで	N	4.59	10.35
SN50-2		5.87	20.76		N		
SN50-3		3.78	11.06		N		
SN50-4		3.59	14.64		N		
SN50-5		3.96	4.41		N		
SN38g-1	N38	2.06	6.15	構造用合板厚さ9mmにN38を釘打機で	N	2.45	6.56
SN38g-2		2.72	8.92		N		
SN38g-3		2.56	4.61		N		
SN50g-1	N50	5.02	1.48	構造用合板厚さ9mmにN50を釘打機で	N	4.83	7.71
SN50g-2		5.49	10.65		N		
SN50g-3		3.99	3.28		N		
CN50-1	N50	4.59	11.78	コンパネ、厚さ12mmにN50を手打ちで	N	5.34	13.72
CN50-2		5.74	15.15		N		
CN50-3		5.68	14.24		N		
CN50g-1	N50	4.71	13.43	コンパネ、厚さ12mmにN50を釘打機で	N	4.66	13.22
CN50g-2		5.12	13.22		N		
CN50g-3		4.15	13.01		N		

N : 釘のせん断

さらに手打ちと釘打機による構造用合板とコンパネのN50 Pmax平均では、約10%程度であった。

### 3.2 破壊形状

破壊形状は、CP-Lに関してはプレートの破壊でありこれは、L型形状における偏芯による振じりモーメントが発生するからであり、CP-Tには見られない現象である。さらに破壊形状写真-1が示すようにCP-T及びV.Pでは、土台の割裂破壊が最大耐力を決めている事が分かる。このことは、土台に対するアンカーボルトの位置が、いかに重要であるか示すものである。

正しい位置（柱芯より200mm以内）にアンカーボルトが正しく施工されていれば、釘のせん断耐力によって接合部耐力が決まるのであり、実験値よりもさらに耐力が向上するものと考えられる。

合板においては、釘のせん断によるめりこみと曲げにより、柱材から抜けるのがほとんどであった。さらに、載荷力による合板の局部屈曲は認められなかった。

### 3.3 接合部の許容耐力

接合部試験からの許容耐力を日本建築学会「木質構造設計規準・同解説」より求めた耐力を表-3、4に示す。実験の結果より、正しい金物が使用されていても所定の釘でなければ、耐力が低減されているのが分かる。このことから、金物の接合は釘が重要な役割を担う事を理解しなければならない。さほど耐力の差がないからと言ってN釘に変えたりする事は、構造面からも耐久面からも絶対避けなければならないのである。今回筆者らが調査した、ほとんどこのような接合部が認められ、阪神大震災クラスの地震が発生した場合には、同じ被害を繰り返すことが容易に想像できるのである。関東大震災以後、接合部における金物の重要性が叫ばれ建築基準法制定以後、施行令45条3項にうたわれているにもかかわらず、施工者レベルには思い込み施工があり、正しい技術情報があまり伝わっていない。特に現代のような剛性の高いトラスフレームや面材を使用する耐力壁では大きな引き抜き力が発生し、所定のプレート接合でも耐えられない場合が出てきているのである。

表-3 接合部試験の許容耐力

接合部形状		$T_L = X - K_s$	$F_a = T_L/a, b$	$F_{a,s} = F_a \times 2$	接合金物1枚当たりの短期許容耐力 $F_{a,s} \times 1/2$
接合金物	接合釘		長期許容耐力	短期許容耐力	
CP-L	N38	750 kgf	188 kgf	376 kgf	188 kgf
	N65	1167 kgf	292 kgf	584 kgf	292 kgf
	ZN65	1478 kgf	370 kgf	740 kgf	370 kgf
CP-T	N38	901 kgf	225 kgf	450 kgf	225 kgf
	N65	1280 kgf	320 kgf	640 kgf	320 kgf
	ZN65	1598 kgf	400 kgf	800 kgf	400 kgf
V.P	N38	428 kgf	107 kgf	214 kgf	107 kgf
	N65	771 kgf	193 kgf	386 kgf	193 kgf
	ZN90	1961 kgf	490 kgf	980 kgf	490 kgf

表-4 各種合板の釘接合方法による許容耐力

接合部形状		$T_L = X - K_s$	$F_a = T_L/a, b$	$F_{a,s} = F_a \times 2$	釘1本当たりの短期許容せん断耐力 $F_{a,s} \times 1/4$
試験体	接合釘		長期許容耐力	短期許容耐力	
1)	N38	289 kgf	73 kgf	146 kgf	37 kgf
	N50	217 kgf	54 kgf	108 kgf	27 kgf
2)	N38	168 kgf	42 kgf	84 kgf	21 kgf
	N50	292 kgf	73 kgf	146 kgf	37 kgf
3)	N50	356 kgf	89 kgf	178 kgf	45 kgf
4)	N50	348 kgf	87 kgf	174 kgf	44 kgf

1) 構造用合板 9mm手打ち施工 2) 構造用合板 9mm釘打機施工  
3) コンパネ 12mm手打ち施工 4) コンパネ 12mm釘打機施工

## 4. おわりに

阪神・淡路大震災の教訓を学びとり、接合部金物の正しい認識によって、軸組木造住宅の耐震性を高める事が強く求められている。

## 謝 辞

実験に際し協力して頂いた近畿大学工学部建築学科村上研究室の諸氏に感謝の意を表したい。また、名古屋大学農学部応用生物科学科平嶋義彦先生には、日本建築学会「木質構造設計規準・同解説」95年版による接合部試験からの許容耐力誘導法についての御 助言をいただきました。さらに、研究グループ「木構造住宅研究所」のメンバーである藤田宜紀氏、富本亨氏、三澤康彦氏、山中隆三氏、岡田茂氏には、現地調査等において御協力いただきここに記して感謝いたします。

\*1 田原建築設計事務所 主宰  
\*2 大阪市立大学生活科学部 講師・学術博士  
\*3 近畿大学大学院工学研究科 修士課程  
\*4 近畿大学理工学部 講師・工学博士  
\*5 大阪市立大学生活科学部 研究生・学術修士  
\*6 Ms建築設計事務所 主宰

Tahara Architect and Design  
Lecturer, Faculty of Human Life Science, Osaka City Univ., Ph.D  
Graduate student of Kinki Univ.  
Lecturer, Faculty of Science and Technology, Kinki Univ., Dr. Eng.  
Researcher, Faculty of Human Life Science, Osaka City Univ., M.Sc.  
Ms Architect and Design