

非住宅・中大規模木造用の高倍率、高階高耐力壁及び接合金物の開発検討

その4.柱脚引張接合金物の構造試験

正会員 ○飯田 秀年*1 中村 亮太*1 花井 勉*2
正会員 高岡 繭子*3 大橋 好光*4

中大規模木造建築 耐力壁 柱脚接合金物
軸組工法

1. はじめに

一般的な木造建築物用のホールダウン金物等の柱脚金物の短期許容引張耐力は 60kN 程度以下が主流(例えば 1)である。対して、その 1 で求めた本開発での最下階柱脚金物の要求性能は、建物層数 3 で 110kN、層数 4.5 では 370kN であり、これらに対応するには高耐力用の柱脚金物あるいはタイダウン金物の開発が不可欠である。

本報では在来軸組工法に用いるための柱脚金物の接合部試験を実施し、要求性能に対する達成度や中大規模木造建築の普及に向けての課題について報告する。

2. 接合部試験の概要

現行の金物を補強した高耐力が期待される試験体仕様を決定した。試験体の仕様を表.1 に、試験体例を図.1 に示す。No.1~8 はパイロット試験として各仕様を 1 体、No.9~12 は本試験としてパイロット試験結果を踏まえ決定した仕様を各 6 体実施した。

柱は 120 角のヒノキ集成材 (E95-F315) とし、柱と金物はビス(φ 8mm L90mm)又はドリフトピン(φ 12mm)で接合した。また、パイロット試験ではアンカーボルトの鋼種は木部破壊を想定した SCM435 とアンカーボルト破断を想定した SNR490B が混在していたが、本試験では全て SCM435 とした。

加力方法は、パイロット試験では単調引張加力とし、本試験ではパイロット試験結果を考慮した繰り返し加力とした(図 2)。なお、金物本体の鋼種はすべて SS400 とした。

表.1 試験体仕様一覧

No.	金物仕様	接合具	アンカーボルト		試験体数	試験方法
			サイズ	鋼種		
1	B-02	B φ 8-90(19)	M24	SCM435	各 1 体	単調引張裁荷
2	B-02(2 個)	B φ 8-90(19x2)				
3	E-03	B φ 8-90(10+10)	M20	SNR490B		
4	HD-D6	D φ 12(6)				
5	HD-D6	D φ 12(6)	M24	SCM435		
6	HD-D9	D φ 12(9)	M20	SNR490B		
7	HD-D9	D φ 12(9)	M24	SCM435		
8	HD-D12	D φ 12(12)	M27	SNR490B		
9	B-04	B φ 8-90(20)	M24	SCM435	各 6 体	繰り返し裁荷
10	E-03	B φ 8-90(10+10)				
11	HD-D6	D φ 12(6)				
12	HD-D9	D φ 12(9)				

接合具：B…ビス、D…ドリフトピン、括弧内数値は本数

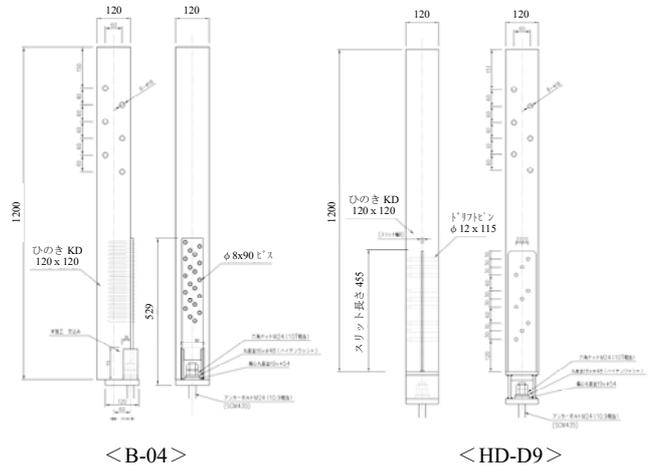


図.1 試験体例

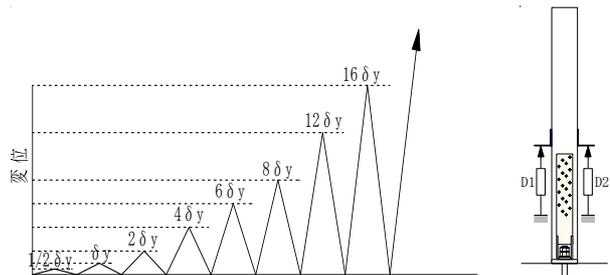


図.2 本試験の加力サイクルと加力概要

3. 接合部試験の結果・考察

3.1 パイロット試験結果

包絡線及び試験結果を図.3 及び表.2 に示す。HD-D6 以外は建物層数 3 以下の要求性能 (110kN) を満足した。SNR490B の破断耐力は M20 で 120kN、M24 で 173kN 程度であり、概ね試験結果と整合する。

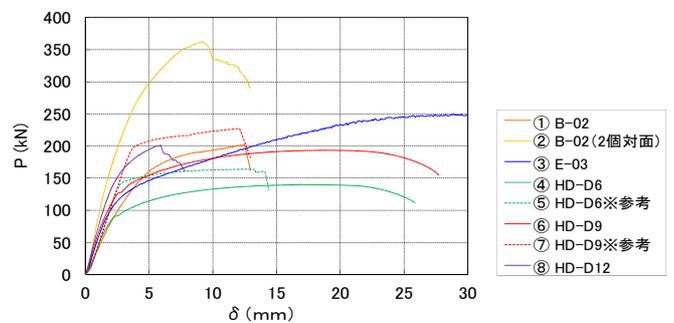


図.3 パイロット試験包絡線

表.2 パイロット試験結果

No.	金物仕様	Pmax [kN]	Pu [kN]	Py [kN]	2/3Pmax [kN]	破壊性状
1	B-02	202.5	185.7	120.1	135.0	柱の割裂
2	B-02(2個)	362.7	326.7	201.5	241.8	柱の割裂
3	E-03	249.9	213.9	127.2	166.6	せん断破壊、金物変形
4	HD-D6	139.8	130.3	83.8	93.2	アンカーボルト破断
5	HD-D6	164.3	157.7	132.3	109.5	柱の割裂
6	HD-D9	193.5	180.7	119.1	129.0	アンカーボルト破断
7	HD-D9	227.4	213.5	186.0	151.6	柱の割裂、金物変形
8	HD-D12	201.7	181.4	118.1	134.5	柱の割裂

網掛け部：短期基準耐力（ばらつき非考慮）

3.2 本試験結果

パイロット試験で要求性能を満足した仕様のうち、ビス仕様（B-02,E-03）及びドリフトピン仕様（HD-D6,HD-D9）を本試験で実施した。なお B-02 は底板寸法及びビス本数を変更した仕様（B-04）とする。包絡線、破壊状況及び試験結果を図.4、図.5 及び表.3 に示す。主にビスやドリフトピンによる木部の割裂が確認された。E-03 及び HD-D9 においては底板の曲げ変形も見られた。

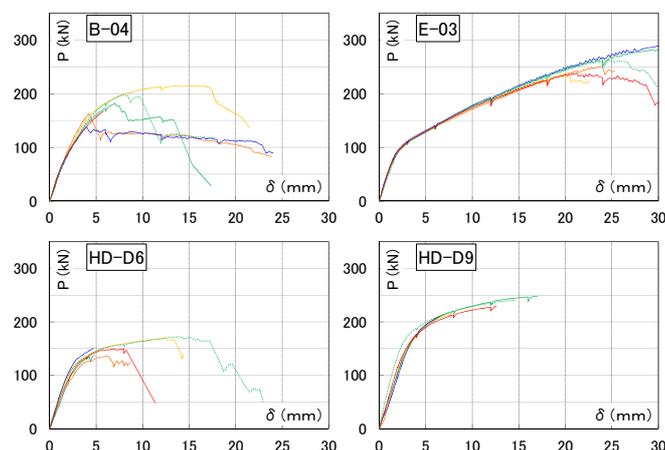


図.4 本試験包絡線



図.5 破壊状況

表.3 試験結果

	No.9(B-04)				No.10(E-03)			
	Pmax [kN]	Pu [kN]	Py [kN]	2/3Pmax [kN]	Pmax [kN]	Pu [kN]	Py [kN]	2/3Pmax [kN]
1	162.6	142.0	82.9	108.4	250.1	204.8	113.8	166.7
2	214.9	201.3	127.6	143.3	236.6	195.1	110.6	157.7
3	138.3	126.1	71.6	92.2	288.7	238.3	131.2	192.5
4	181.9	157.9	93.8	121.2	282.1	235.3	129.0	188.0
5	198.6	181.7	103.6	132.4	264.2	224.1	121.5	176.1
6	167.3	141.5	81.9	111.5	238.6	203.7	109.6	159.1
平均	177.3	158.4	93.6	118.2	260.1	216.9	119.3	173.4
標準偏差	27.30	28.22	19.96	18.21	22.06	18.13	9.39	14.70
変動係数	0.154	0.178	0.213	0.154	0.085	0.084	0.079	0.085
ばらつき係数	0.640	0.584	0.502	0.640	0.802	0.805	0.816	0.802
5%下限値	113.5	92.5	46.9	75.6	208.5	174.5	97.4	139.0
破壊性状	木部割裂				木部割裂、金物底板の曲げ			

	No.11(HD-D6)				No.12(HD-D9)			
	Pmax [kN]	Pu [kN]	Py [kN]	2/3Pmax [kN]	Pmax [kN]	Pu [kN]	Py [kN]	2/3Pmax [kN]
1	135.5	124.1	76.7	90.3	214.3	189.0	129.0	142.8
2	170.3	156.4	104.7	113.5	215.3	196.2	132.1	143.5
3	150.3	136.3	88.3	100.2	210.7	188.2	135.8	140.5
4	137.3	123.1	88.4	91.5	247.9	228.9	158.2	165.3
5	172.3	160.4	108.7	114.9	241.0	221.1	155.7	160.6
6	149.2	140.6	85.7	99.5	229.2	209.5	141.4	152.8
平均	152.5	140.2	92.1	101.7	226.4	205.5	142.0	150.9
標準偏差	15.78	15.73	12.17	10.53	15.49	17.12	12.30	10.33
変動係数	0.103	0.112	0.132	0.104	0.068	0.083	0.087	0.068
ばらつき係数	0.758	0.738	0.691	0.758	0.840	0.805	0.798	0.840
5%下限値	115.6	103.4	63.7	77.0	190.2	165.5	113.3	126.8
破壊性状	木部割裂				木部割裂、金物底板の曲げ			

4. まとめ

本試験は終局耐力が木部で決まるよう高強度のアンカーボルトとしたため、試験結果のばらつきは大かった。ばらつき係数を考慮した短期基準耐力は E-03 で 97.2kN、HD-D9 では 113.2kN と、層数 1~3 の建物用接合金物の要求性能（110kN）をほぼ満足する結果を得た。

実際の設計では安定した特性となるようアンカーボルトを先行降伏とすべきで、その場合はアンカーボルトの性能から決まる引張耐力が接合金物の許容耐力となる。

5. 中大規模木造建築の普及に向けての課題

その 1~4 で中大規模木造建築の要求性能を整理し、その要求性能を満足する耐力壁仕様及び柱脚金物仕様について報告した。以下に中大規模木造建築の普及に向けての課題を示す。

- 本試験も 2 仕様以外の面材仕様の耐力壁についても標準化が望まれる。
- 建物層数 4 以上用のより高耐力の耐力壁についても標準化が望まれる。
- 柱脚金物は耐力壁に組み込んだ際には引張力だけでなく曲げモーメント及びせん断力も複合した応力を負担する。今後は複合応力を負担した時の接合部性能も確認する必要がある。
- 建物層数 4 以上の最下階では 370kN 以上の引抜耐力が必要なため、タイダウン金物などのような、より高い耐力を有する構造要素の開発・一般化が必要である。
- 中間階の上下階耐力壁の緊結や、最上階の緊結方法を検討する必要がある。

【参考文献】(1)(株)タナカ:住宅関連金物カタログ vol.26,2019.

*1 えびす建築研究所
 *2 えびす建築研究所、博士（工学）
 *3 フリーランス、修士（工学）
 *4 東京都市大学 名誉教授・工博

*1 Ebisu Building Laboratory Co.
 *2 President, Ebisu Building Laboratory Co., Dr.Eng.
 *3 Freelance, Mr.Eng
 *4 Prof. Emeritus, Tokyo City Univ., Dr.Eng.