

第5章 接合金物の力学的性能評価法に関する検討

第5章 接合金物の力学的性能評価法に関する検討

5.1 目的

接合金物の終局状態を含めた力学的性能を検討するため、接合金物の降伏耐力(P_y)、最大耐力の $2/3(2/3 P_{max})$ 以外にも、終局耐力($P_u \times (0.2/D_s)$)、特定変位時の耐力(P_{sm})を加えた4項目で評価する。近年、木質構造の設計ルートにおいて保有水平耐力を用いる事例が見られるが、このような設計ルートを用いる場合、接合部の先行破壊が生じないことを終局状態まで担保できることを確認する必要がある。そこで、本年度は、引寄金物を対象とした接合金物の終局状態を含めた力学的性能を検討し、設計ルートに合わせた短期基準耐力を示すことを目標とする。

5.2 検討手法

「接合金物の品質に関する検討」として、大きく2つの検討を行う。

最初の検討として、市場に流通している引寄金物を対象とした実験データの再評価を行う。本検討は、公的試験機関で実施された実験データの提供を受け、現在の短期基準接合耐力(P_t)が2項目のどちらで決定されているのか、4項目とした場合はどの値で決定されるかを確認する。

続いて、解析的検討として2P耐力壁モデル、2層構面モデルを用いた引寄金物の荷重変位曲線(剛性)が変化した場合の耐力の増減を確認する。本解析から、接合金物の剛性によって耐力壁を有する構面の荷重変位曲線がどのように変化するか確認する。

5.3 既往の実験結果を用いた検討

接合金物の構造品質性能試験は、 P_y 、 $2/3P_{max}$ から P_t を算出することで定量的に行われている。今回の検討では、引寄金物を対象として、耐力壁の性能評価と同様に終局時を考慮した耐力($P_u \times (0.2/D_s)$)や P_{sm} を含めた4項目で評価を行う。実験・評価データは4団体から39種類62個を提供頂いた。

提供された引寄金物の実験データから、 P_y 、 $2/3P_{max}$ を求め P_t がどちらの耐力から得られたかを確認した。一覧を表5.1に示す。表より、既往の P_t はすべて P_y によって決定されていたことがわかる。

表 5.1 2項目による短期基準接合耐力(P_t)

No.	P_y (kN)	$2/3P_{max}$ (kN)	P_t (kN)	P_t 決定耐力	No.	P_y (kN)	$2/3P_{max}$ (kN)	P_t (kN)	P_t 決定耐力
1	28.4	34.4	28.4	P_y	32	11.0	11.3	11.0	P_y
2	19.7	23.4	19.7	P_y	33	10.5	13.4	10.5	P_y
3	27.3	31.1	27.3	P_y	34	11.0	12.6	11.0	P_y
4	30.8	37.0	30.8	P_y	35	10.1	12.2	10.1	P_y
5	19.5	23.9	19.5	P_y	36	20.8	24.0	20.8	P_y
6	25.7	31.1	25.7	P_y	37	35.1	39.8	35.1	P_y
7	27.0	34.0	27.0	P_y	38	16.5	17.7	16.5	P_y
8	40.5	46.6	40.5	P_y	39	16.5	18.6	16.5	P_y
9	52.6	61.8	52.6	P_y	40	18.2	19.5	18.2	P_y
10	38.1	43.5	38.1	P_y	41	17.7	20.1	17.7	P_y
11	21.4	24.1	21.4	P_y	42	18.5	21.8	18.5	P_y
12	33.1	40.9	33.1	P_y	43	28.7	30.7	28.7	P_y
13	19.9	27.1	19.9	P_y	44	34.5	38.4	34.5	P_y
14	26.6	33.7	26.6	P_y	45	35.3	40.8	35.3	P_y
15	28.5	36.0	28.5	P_y	46	13.0	7.6	7.6	P_y
16	16.1	20.2	16.1	P_y	47	16.7	19.1	16.7	P_y
17	21.5	24.8	21.5	P_y	48	33.5	33.3	33.3	P_y
18	29.1	33.7	29.1	P_y	49	34.3	37.7	34.3	P_y
19	36.1	41.1	36.1	P_y	50	21.0	22.9	21.0	P_y
20	16.2	21.3	16.2	P_y	51	22.5	26.1	22.5	P_y
21	25.7	32.6	25.7	P_y	52	23.7	32.7	23.7	P_y
22	17.0	20.9	17.0	P_y	53	27.5	36.0	27.5	P_y
23	20.7	24.3	20.7	P_y	54	10.7	14.4	10.7	P_y
24	27.1	32.7	27.1	P_y	55	14.9	22.3	14.9	P_y
25	40.2	44.0	40.2	P_y	56	16.5	24.9	16.5	P_y
26	16.1	20.2	16.1	P_y	57	21.3	29.1	21.3	P_y
27	21.5	24.8	21.5	P_y	58	7.7	10.4	7.7	P_y
28	29.1	33.7	29.1	P_y	59	11.2	15.0	11.2	P_y
29	36.1	41.1	36.1	P_y	60	30.8	31.6	30.8	P_y
30	24.0	30.5	24.0	P_y	61	36.4	41.3	36.4	P_y
31	34.0	41.4	34.0	P_y	62	35.8	41.7	35.8	P_y

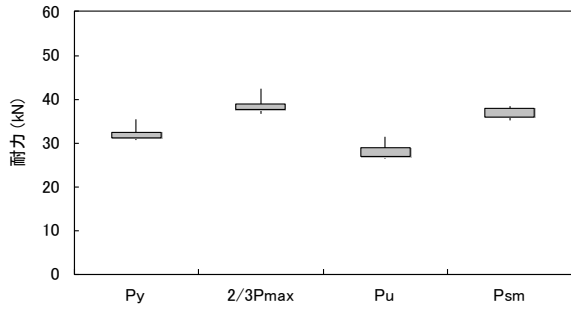
次に、4項目から P_t を求めた。結果を表5.2に示す。ここで、 P_{sm} はある程度の浮き上がりを許容する値である。ここでは、耐震診断において耐力壁に考慮できる最短の壁長さが0.6mであることから、標準的な木造建物の階高2.73mを有する0.6mの耐力壁が1/120rad剛体回転変形した $P_{sm}=5.0\text{mm}$ とした。

今回検討した引寄金物では、全てにおいて4項目での評価値が2項目で評価した P_t と同等もしくは低くなっている。 P_t を決定した耐力は、 $(P_u \times (0.2/D_s))$ が8割、 P_y 、 P_{sm} が2割である。表5.1および表5.2で示した各特性値の基になった各金物の実験データの分布を図5.1に示す。各金物の試験体数は6~9体である。

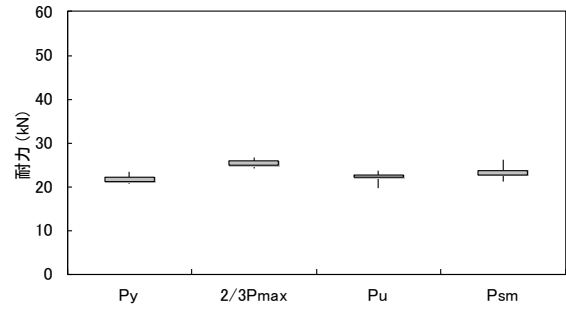
図表として示していないが、 P_{sm} を3.0mmとした場合、 P_{sm} で評価値が決定する接合金物が多くなった。つまり、 P_{sm} の特定変位を何mmに設定するかによって P_t が変化する可能性があり、 P_{sm} を詳細に検討する必要がある。

表5.2 4項目による短期基準接合耐力(P_t)

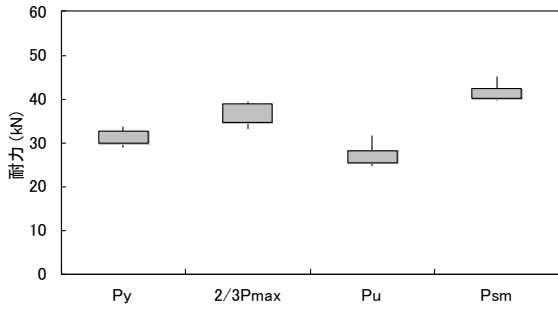
No.	P_y (kN)	$2/3P_{max}$ (kN)	P_u (kN)	P_{sm} (kN)	P_t (kN)	P_t 決定耐力	No.	P_y (kN)	$2/3P_{max}$ (kN)	P_u (kN)	P_{sm} (kN)	P_t (kN)	P_t 決定耐力
1	28.4	34.4	24.3	34.0	24.3	P_u	32	11.0	11.3	8.9	12.8	8.9	P_u
2	19.7	23.4	19.3	19.8	19.3	P_u	33	10.5	13.4	8.9	11.8	8.9	P_u
3	27.3	31.1	21.3	37.4	21.3	P_u	34	11.0	12.6	9.5	12.2	9.5	P_u
4	30.8	37.0	14.5	39.3	14.5	P_u	35	10.1	12.2	8.1	10.8	8.1	P_u
5	19.5	23.9	12.5	24.7	12.5	P_u	36	20.8	24.0	16.9	21.5	16.9	P_u
6	25.7	31.1	23.0	28.4	23.0	P_u	37	35.1	39.8	28.1	31.7	28.1	P_u
7	27.0	34.0	19.2	43.6	19.2	P_u	38	16.5	17.7	12.7	14.3	12.7	P_u
8	40.5	46.6	30.5	36.9	30.5	P_u	39	16.5	18.6	15.2	16.0	15.2	P_u
9	52.6	61.8	43.3	59.4	43.3	P_u	40	18.2	19.5	14.1	14.9	14.1	P_u
10	38.1	43.5	24.3	31.6	24.3	P_u	41	17.7	20.1	14.6	15.6	14.6	P_u
11	21.4	24.1	16.8	26.7	16.8	P_u	42	18.5	21.8	9.9	11.0	9.9	P_u
12	33.1	40.9	18.6	50.7	18.6	P_u	43	28.7	30.7	13.0	17.7	13.0	P_u
13	19.9	27.1	17.8	20.9	17.8	P_u	44	34.5	38.4	20.8	23.1	20.8	P_u
14	26.6	33.7	22.4	29.3	22.4	P_u	45	35.3	40.8	22.2	24.4	22.2	P_u
15	28.5	36.0	21.5	26.5	21.5	P_u	46	13.0	7.6	6.7	10.7	6.7	P_u
16	16.1	20.2	14.4	16.5	14.4	P_u	47	16.7	19.1	17.1	25.1	16.7	P_y
17	21.5	24.8	18.1	24.7	18.1	P_u	48	33.5	33.3	20.0	29.8	20.0	P_u
18	29.1	33.7	16.0	34.0	16.0	P_u	49	34.3	37.7	21.8	25.3	21.8	P_u
19	36.1	41.1	21.3	39.2	21.3	P_u	50	21.0	22.9	11.8	11.1	11.1	P_{sm}
20	16.2	21.3	10.3	12.7	10.3	P_u	51	22.5	26.1	10.4	9.1	9.1	P_{sm}
21	25.7	32.6	15.4	18.1	15.4	P_u	52	23.7	32.7	14.1	12.9	12.9	P_{sm}
22	17.0	20.9	10.8	11.1	10.8	P_u	53	27.5	36.0	11.8	14.1	11.8	P_u
23	20.7	24.3	11.5	14.0	11.5	P_u	54	10.7	14.4	11.7	14.4	10.7	P_y
24	27.1	32.7	14.4	16.9	14.4	P_u	55	14.9	22.3	17.4	20.0	14.9	P_y
25	40.2	44.0	21.0	30.2	21.0	P_u	56	16.5	24.9	14.8	15.9	14.8	P_u
26	16.1	20.2	14.4	16.5	14.4	P_u	57	21.3	29.1	16.3	17.4	16.3	P_u
27	21.5	24.8	15.7	24.7	15.7	P_u	58	7.7	10.4	12.0	14.1	7.7	P_y
28	29.1	33.7	16.0	34.0	16.0	P_u	59	11.2	15.0	14.9	20.1	11.2	P_y
29	36.1	41.1	21.3	39.2	21.3	P_u	60	30.8	31.6	22.7	29.8	22.7	P_u
30	24.0	30.5	22.4	26.0	22.4	P_u	61	36.4	41.3	27.2	32.8	27.2	P_u
31	34.0	41.4	28.7	37.6	28.7	P_u	62	35.8	41.7	28.6	35.1	28.6	P_u



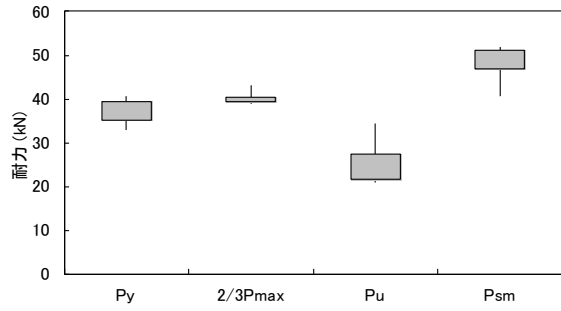
No. 1



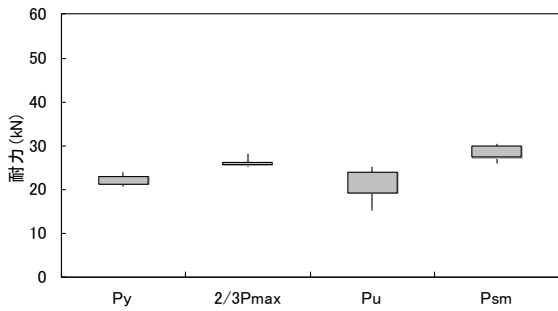
No. 2



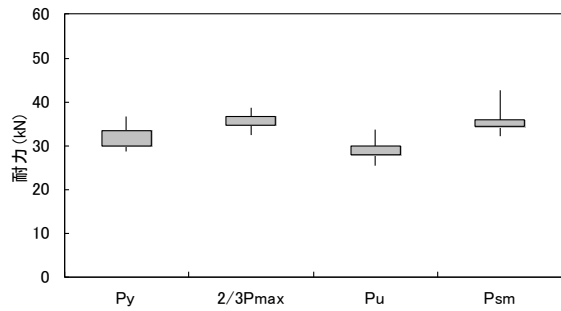
No. 3



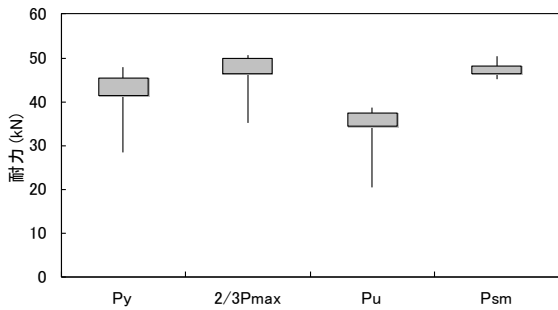
No. 4



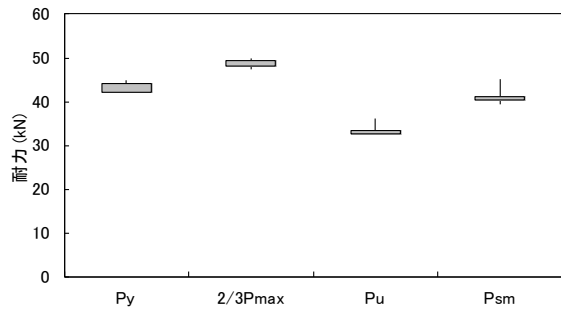
No. 5



No. 6

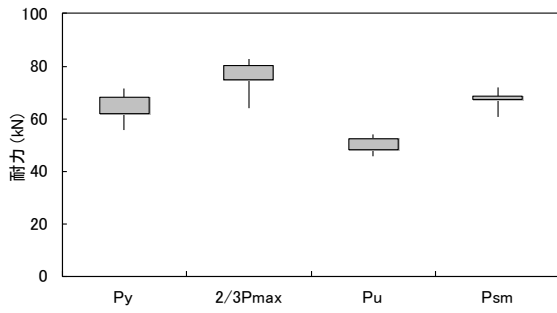


No. 7

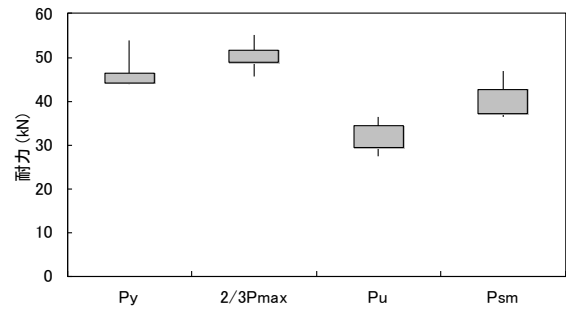


No. 8

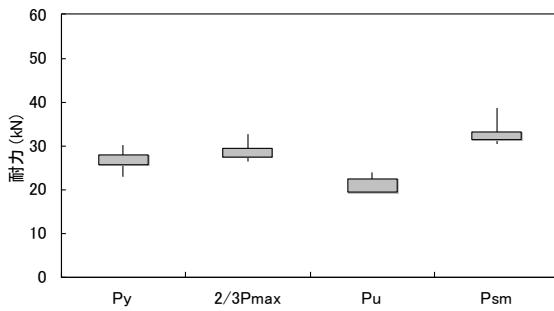
図1 引寄せ物における各特性値の分布



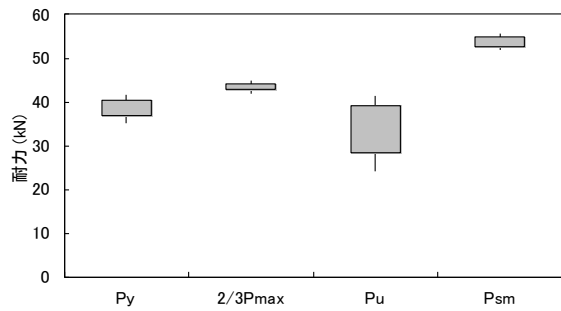
No. 9



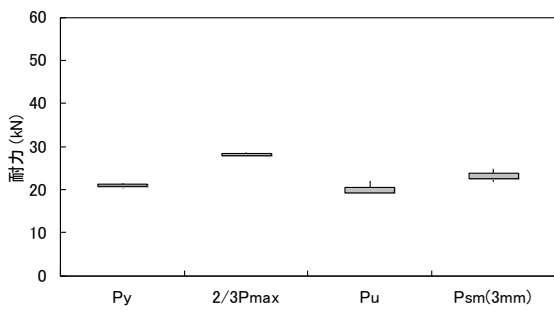
No. 10



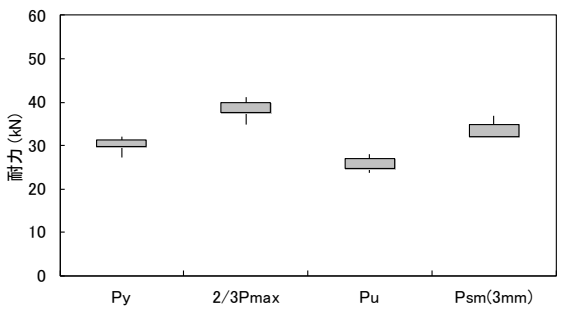
No. 11



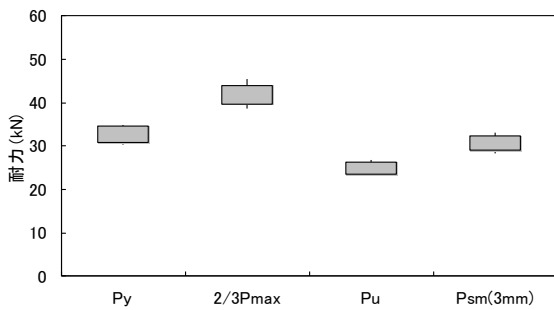
No. 12



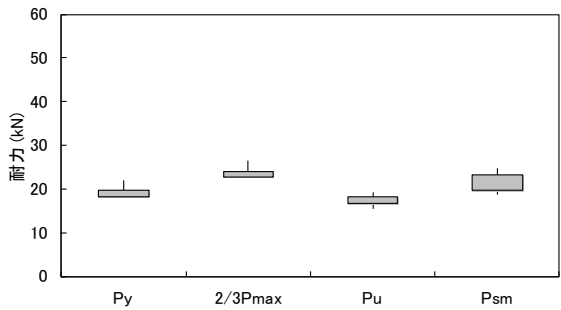
No. 13



No. 14

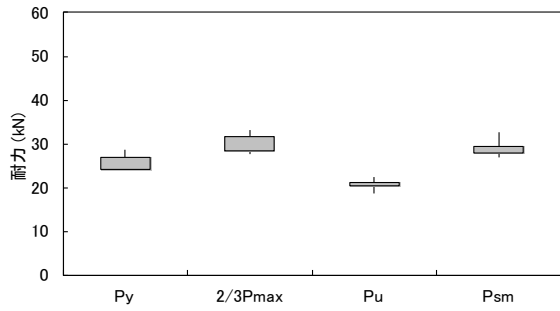


No. 15

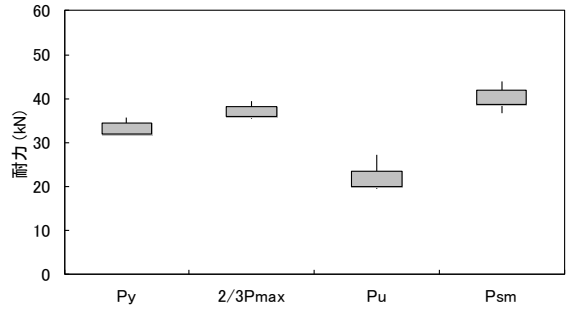


No. 16

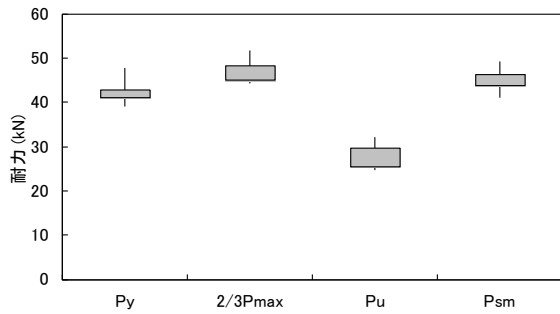
図1 引寄せ物における各特性値の分布



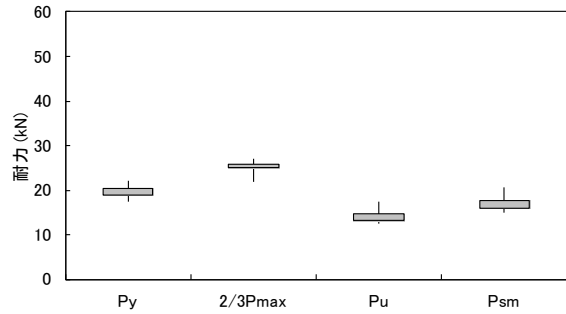
No. 17



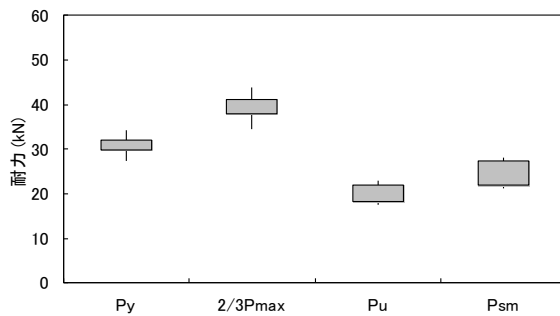
No. 18



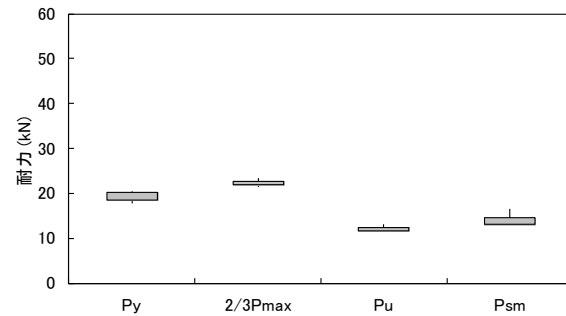
No. 19



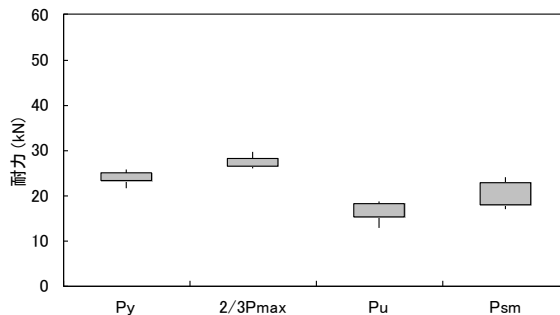
No. 20



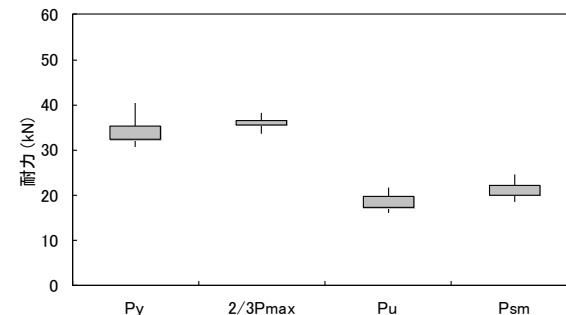
No. 21



No. 22

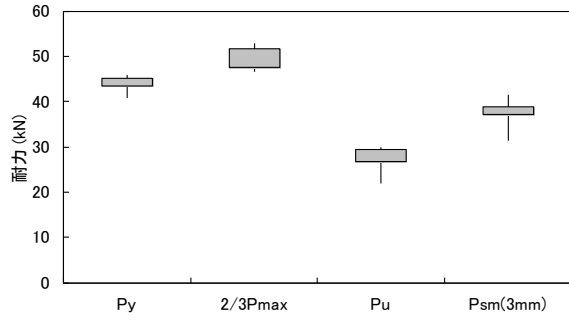


No. 23

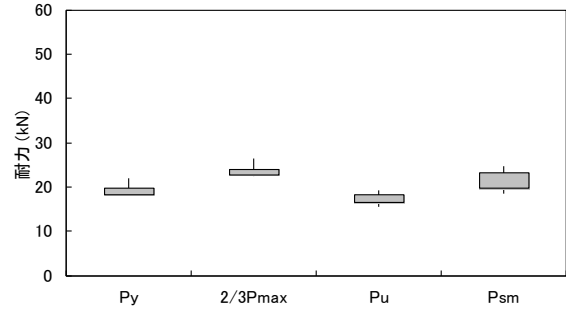


No. 24

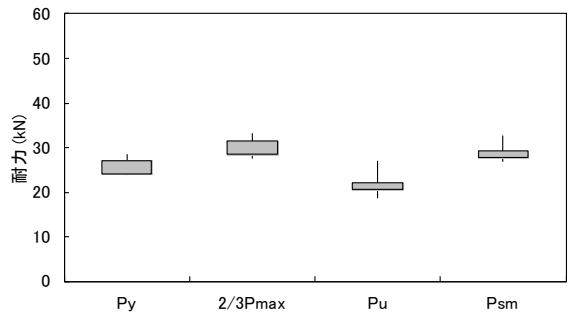
図1 引寄金物における各特性値の分布



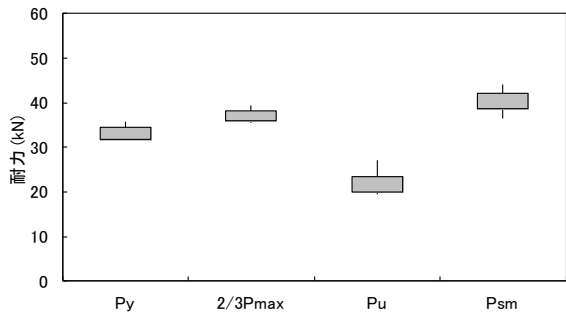
No. 25



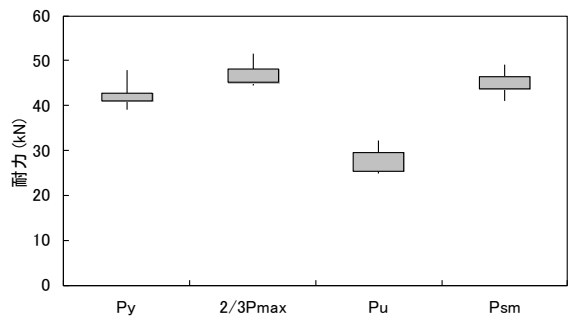
No. 26



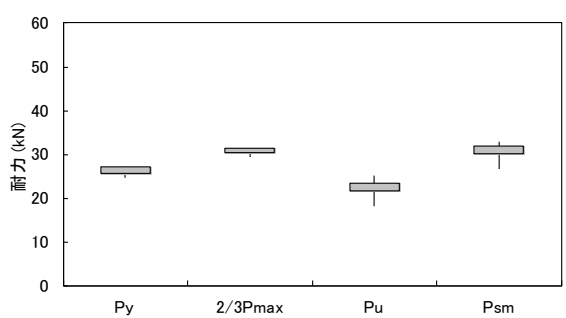
No. 27



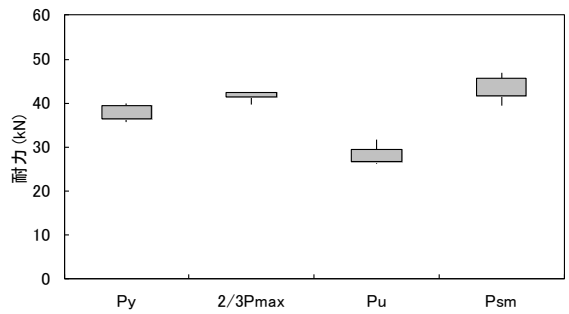
No. 28



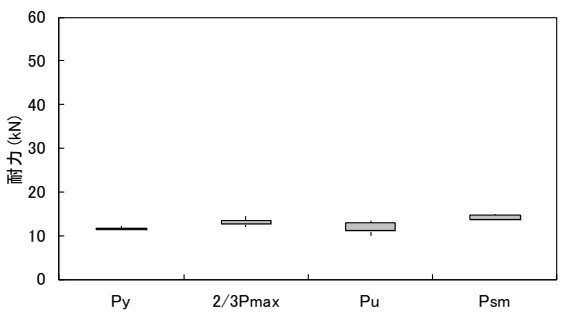
No. 29



No. 30

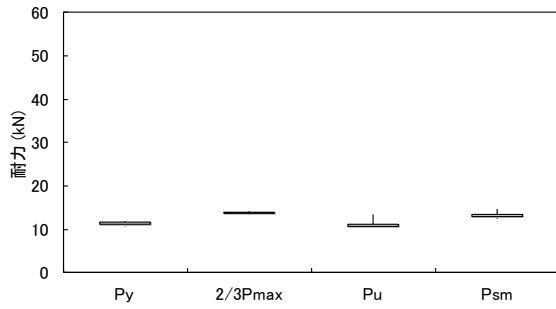


No. 31

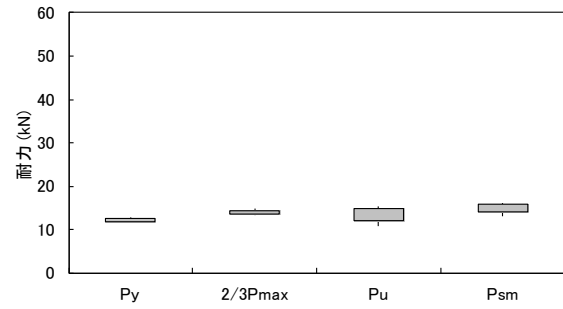


No. 32

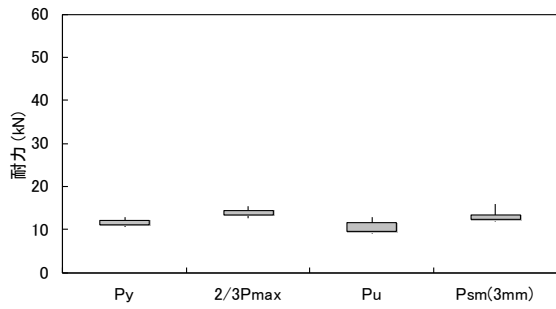
図1 引寄せ物における各特性値の分布



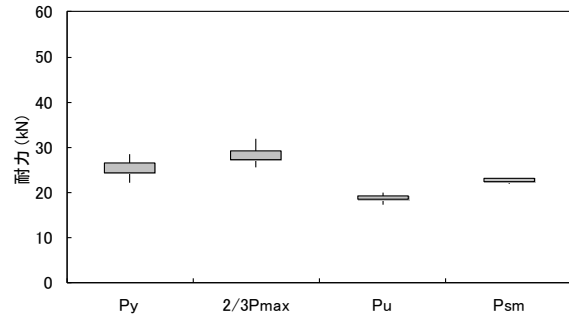
No. 33



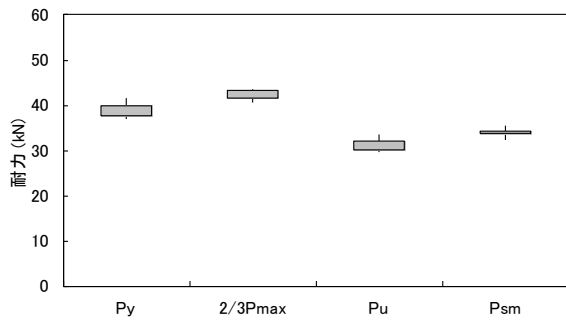
No. 34



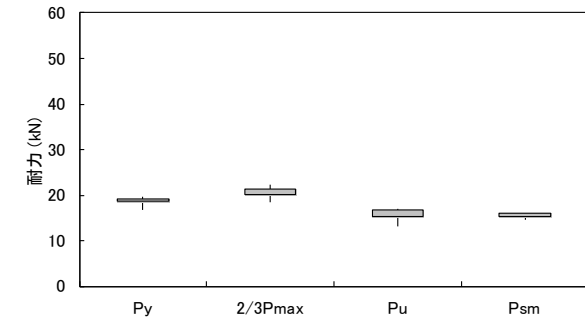
No. 35



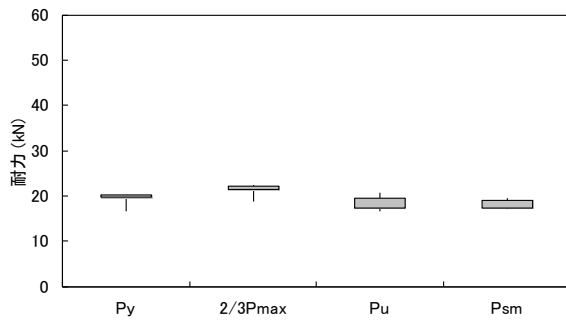
No. 36



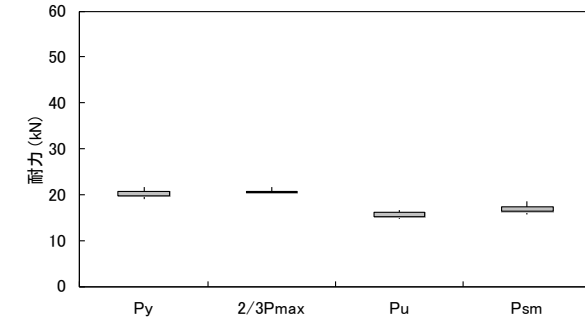
No. 37



No. 38

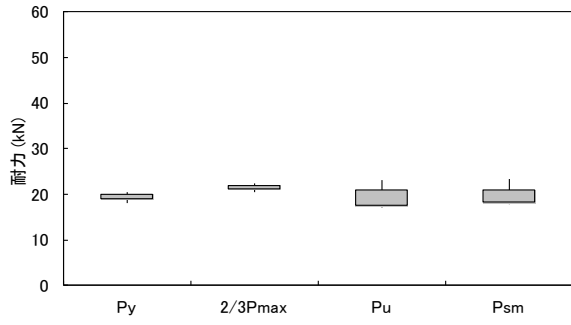


No. 39

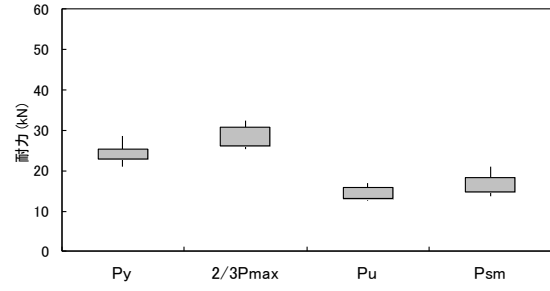


No. 40

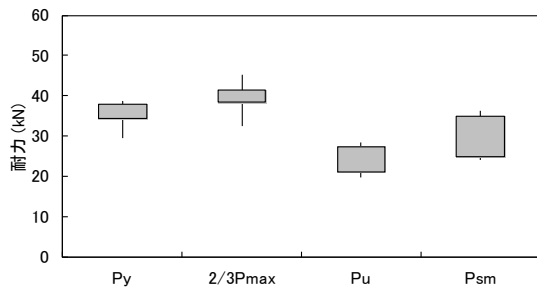
図1 引寄金物における各特性値の分布



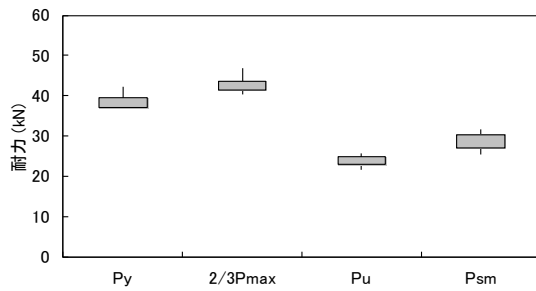
No. 41



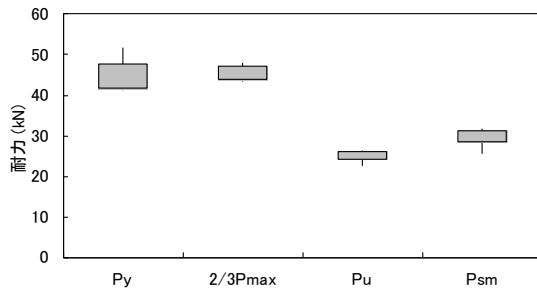
No. 42



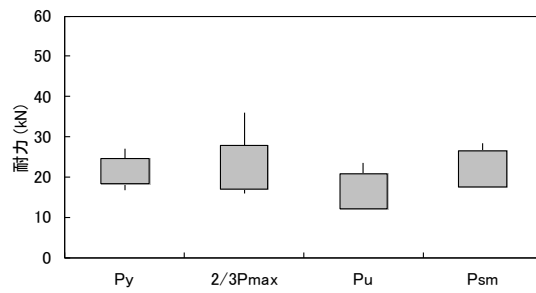
No. 43



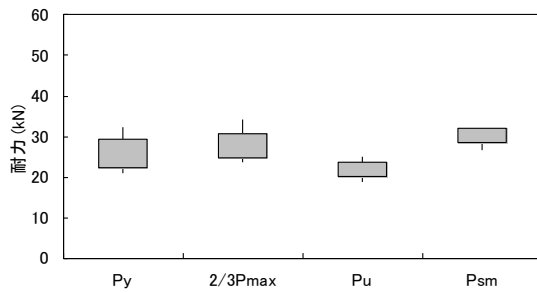
No. 44



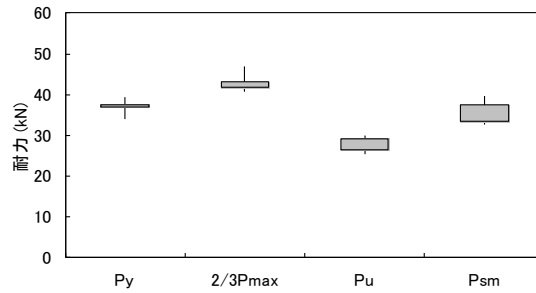
No. 45



No. 46

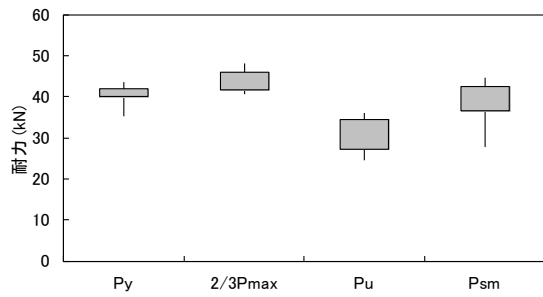


No. 47

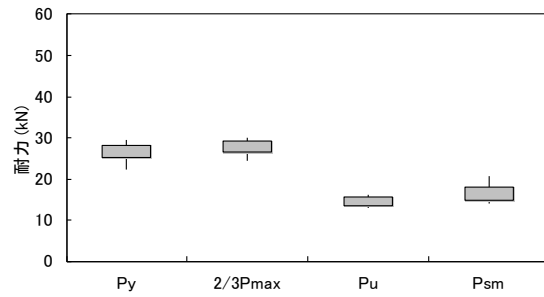


No. 48

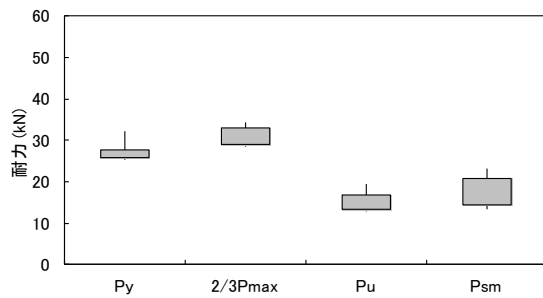
図1 引寄せ物における各特性値の分布



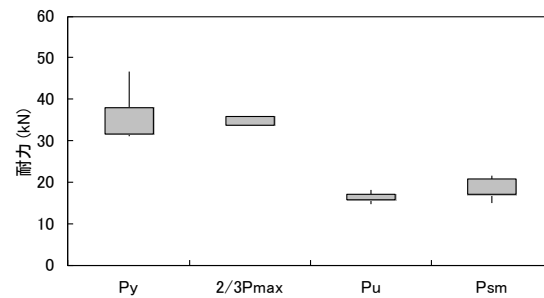
No. 49



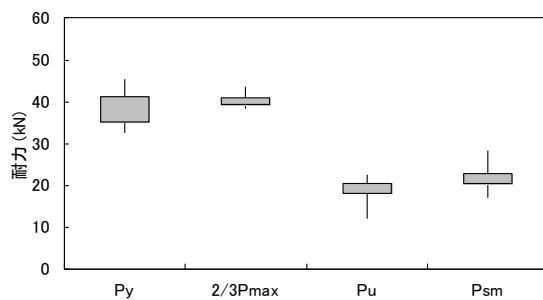
No. 50



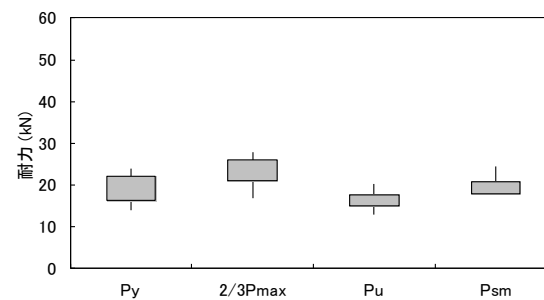
No. 51



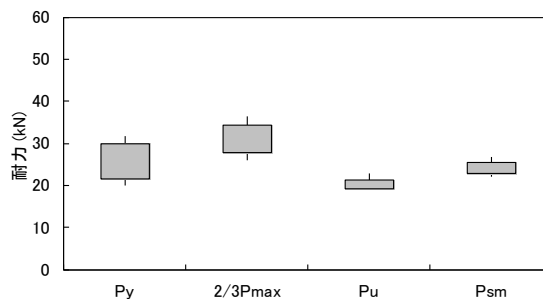
No. 52



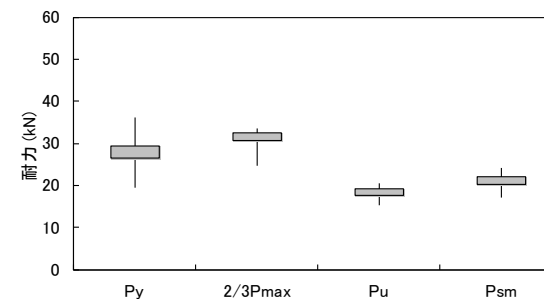
No. 53



No. 54

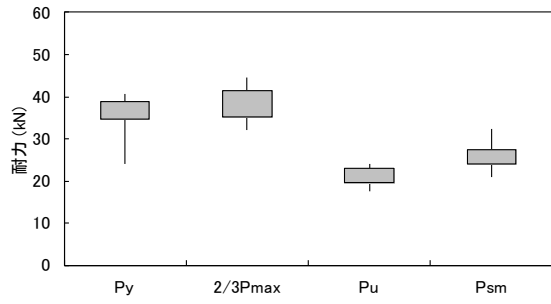


No. 55

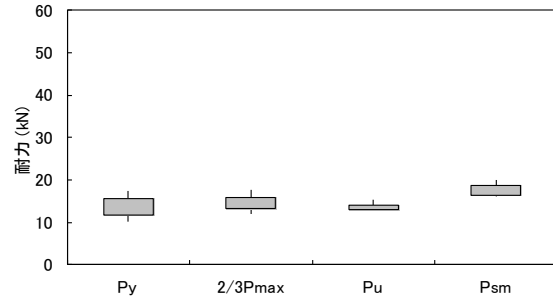


No. 56

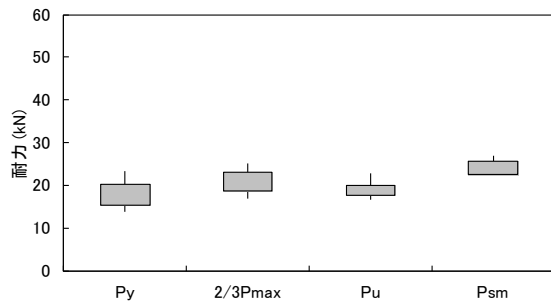
図1 引寄金物における各特性値の分布



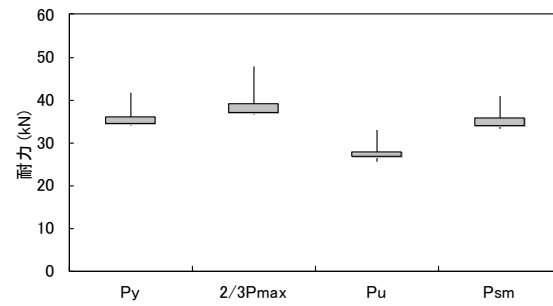
No. 57



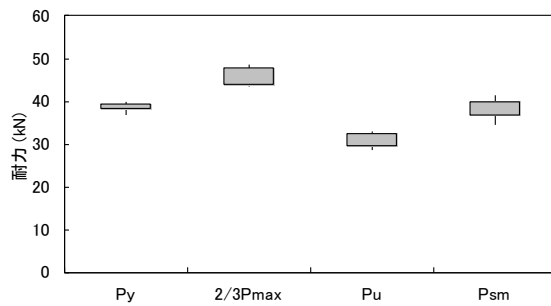
No. 58



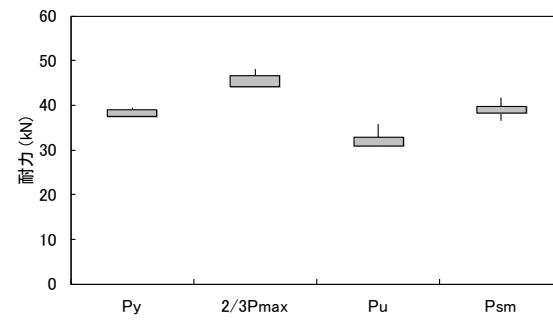
No. 59



No. 60



No. 61



No. 62

図1 引寄金物における各特性値の分布

5.4 解析的検討

接合金物の構造品質性能によって、耐力壁を有する構面の荷重変位曲線（剛性）がどのように変化するか解析モデルより確認する。解析モデルは、(独)建築研究所開発のWallstat ver.2.01を用いて2P耐力壁、2層構面を作成し、 P_y 、 $\delta_{1/120}$ を比較することで耐震性を検証する。

2P×3Pとした耐力壁モデルを図5.2に示す。耐力壁は壁倍率3.5とし、N値計算によって柱脚の接合金物は必要耐力15kN（N値2.4）とした(表5.3)。表より、柱脚の金物は、図5.3に示すような P_y 15.6kNの引寄せ金物を選択する。図5.3の接合金物を用いた場合の耐力壁の P_y を基準値とし、接合金物の変位を1～20倍（剛性低減倍率1～0.05）まで変化させる。ここで基準値を下回る耐力壁の P_y が生じる接合金物の剛性を見つけ出し、その剛性における1/120rad時の柱脚浮き上がり変位 $\delta_{1/120}$ を P_{sm} と設定する。

結果を図5.4、表5.4に示す。図5.4では、横軸を対数の剛性低減倍率 α とし、縦軸左に P_y を縦軸右に $\delta_{1/120}$ とした。図表より、 α 0.10を下回る場合、基準となる P_y より小さな値となる。このときの $\delta_{1/120}$ は、約7mmであった。

表 5.3 柱脚金物の算定（2P 耐力壁）

壁倍率の差		周辺部材の 押さえ効果		鉛直荷重の 押さえ効果		N 値
A1		B1		L		
(3.5-0)	×	0.8	-	0.4	=	2.4

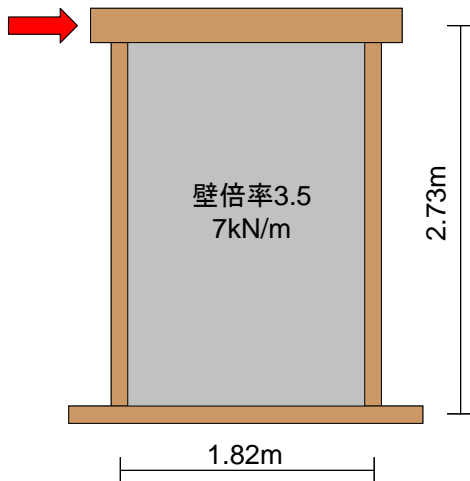


図 5.2 2P 耐力壁モデル

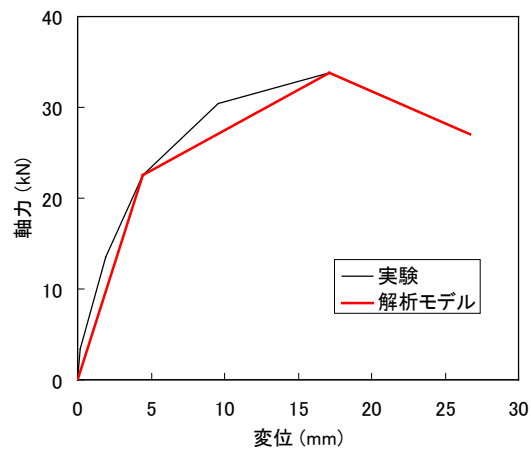


図 5.3 柱脚引寄せ金物解析モデル

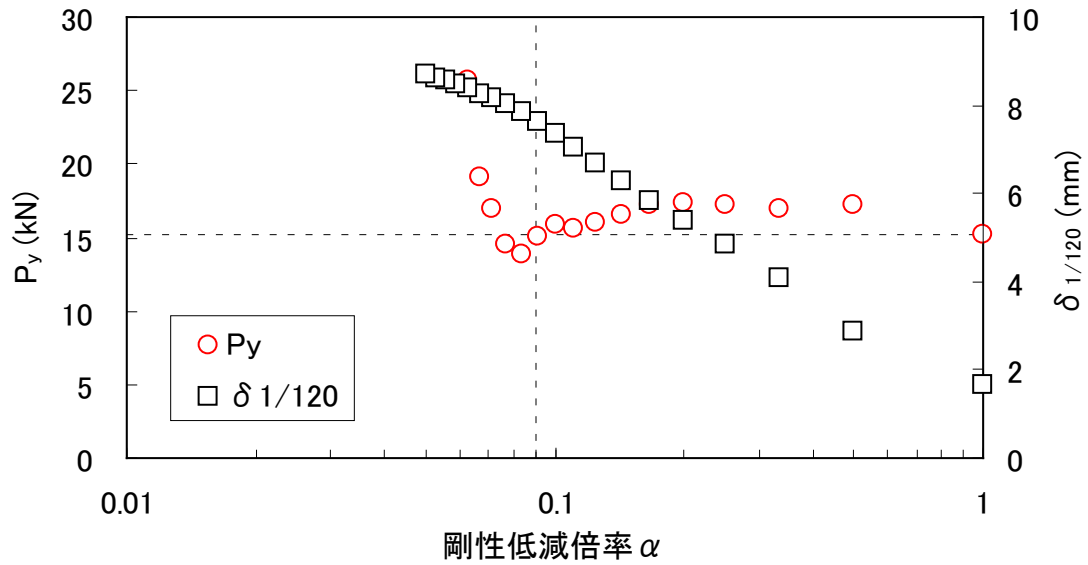


図 5.4 剛性低減倍率と P_y 、 $\delta_{1/120}$ の関係 (2P耐力壁)

表 5.4 2P 耐力壁の解析結果

剛性低減倍率 α	降伏耐力 P_y	柱脚浮き上り(mm) $\delta_{1/120}$
1.00	15.23	1.67
0.50	17.23	2.88
0.33	16.98	4.06
0.25	17.25	4.84
0.20	17.35	5.37
0.17	17.21	5.84
0.14	16.51	6.28
0.13	15.99	6.68
0.11	15.59	7.04
0.10	15.85	7.36
0.09	15.10	7.62
0.08	13.82	7.83
0.08	14.57	8.01
0.07	16.94	8.15
0.07	19.14	8.26
0.06	25.75	8.37
0.06	79.39	8.46
0.06	2256.87	8.54
0.05	-	8.62
0.05	-	8.69

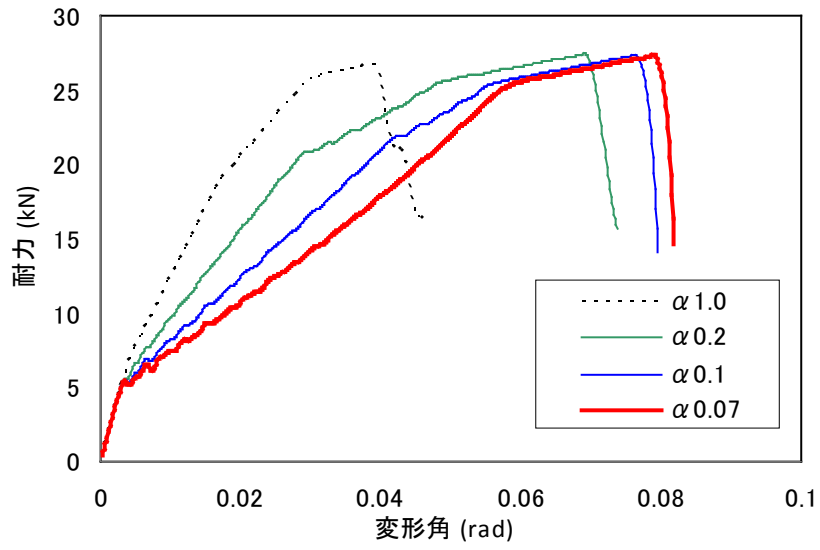


図 5.5 荷重変形曲線 (2P 耐力壁)

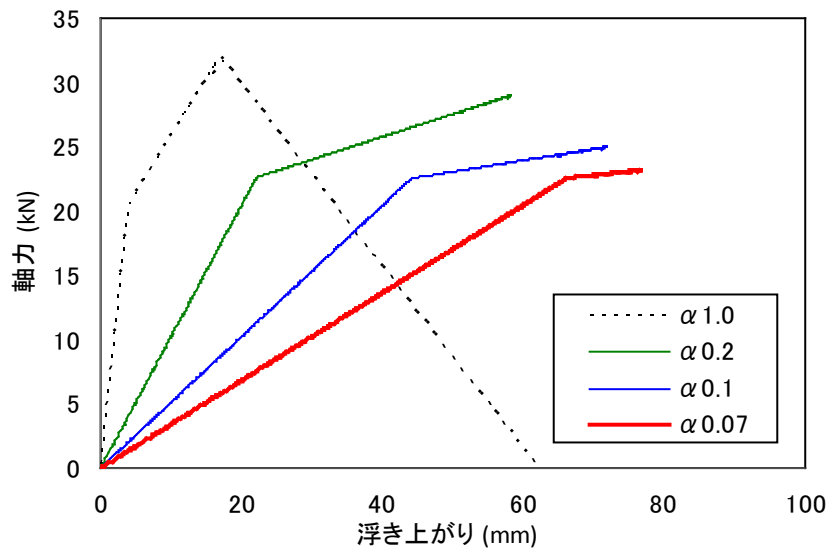


図 5.6 柱脚浮き上がり変位と軸力の関係 (2P 耐力壁)

続いて、より実際の建築物に近いモデルとして図 5.7 に示す 2 層モデルの解析を行った。隅柱の接合金物は、表 5.5 に示すN値計算より、図 5.3 とする。2P耐力壁の解析時と同様に、図 5.3 の耐力を 1~20 倍(剛性低減倍率 1~0.05)まで変化させ、基準値を下回る耐力壁の P_y が生じる接合金物の剛性を見つけ出し、その剛性における 1/120rad時の柱脚浮き上がり変位 $\delta_{1/120}$ を P_{sm} と設定する。

結果を図 5.8、表 5.8 に示す。図 5.8 では、横軸を対数の剛性低減倍率 α とし、縦軸左に P_y を縦軸右に $\delta_{1/120}$ とした。図表より、 $\alpha 0.14$ を下回る場合、基準となる P_y より小さな値となる。このときの $\delta_{1/120}$ は、約 6mmであった。

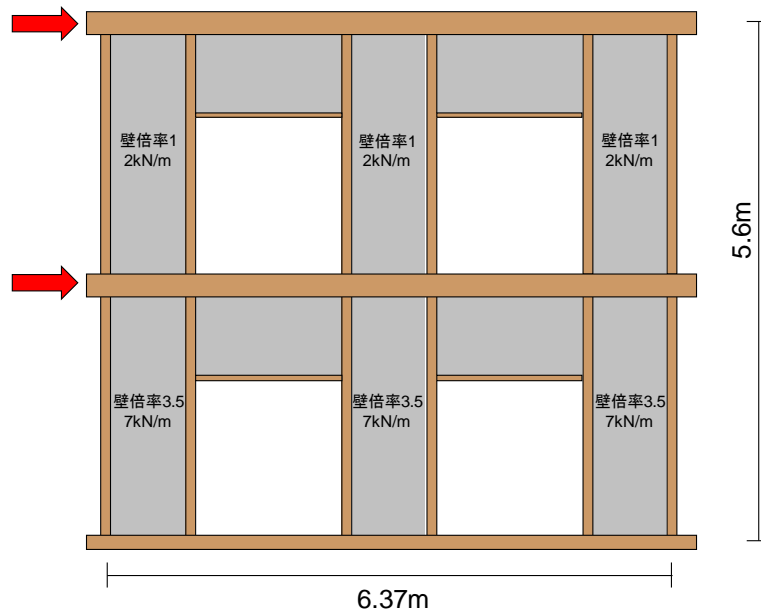


図 5.7 2 層構面モデル

表 5.5 柱脚金物の算定 (2 層構面)

壁倍率の差 A1		周辺部材の 押さえ効果 B1		壁倍率の差 A2		周辺部材の 押さえ効果 B2		鉛直荷重の 押さえ効果 L		N 値
(3.5-0)	×	0.8	+	(1.0-0)	×	0.8	-	1.0	=	2.6

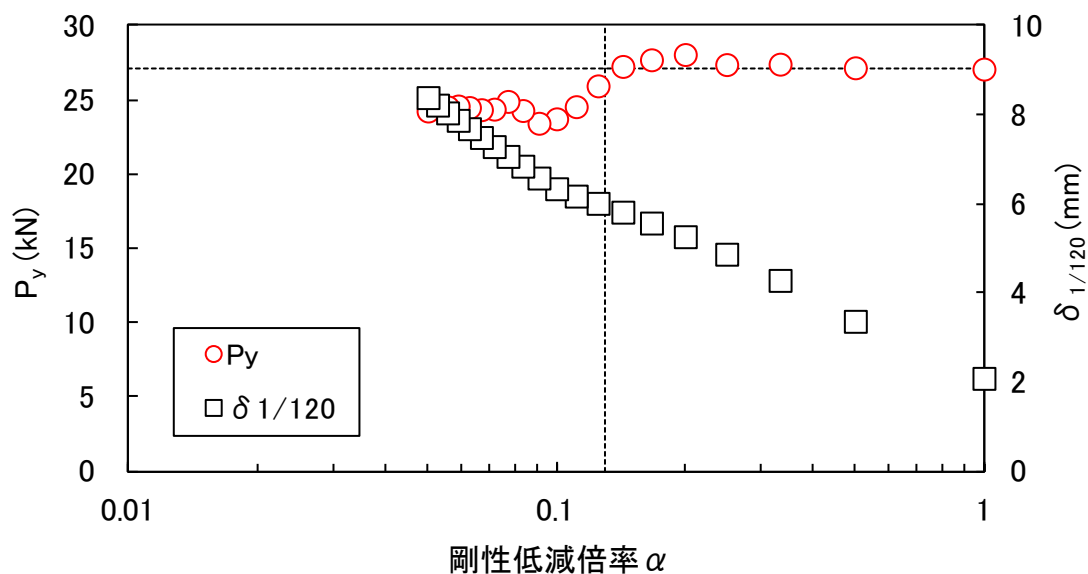


図 5.8 剛性低減倍率と P_y 、 $\delta_{1/120}$ の関係（2層構面）

表 5.6 2層構面の解析結果

剛性低減倍率 α	降伏耐力 P_y	柱脚浮き上り(mm) $\delta_{1/120}$
1.00	27.10	2.09
0.50	27.19	3.37
0.33	27.43	4.29
0.25	27.40	4.88
0.20	28.08	5.27
0.17	27.73	5.58
0.14	27.28	5.82
0.13	25.97	6.02
0.11	24.57	6.18
0.10	23.75	6.35
0.09	23.45	6.59
0.08	24.31	6.85
0.08	24.92	7.07
0.07	24.40	7.29
0.07	24.37	7.50
0.06	24.51	7.69
0.06	24.61	7.88
0.06	24.55	8.05
0.05	24.42	8.22
0.05	24.27	8.39

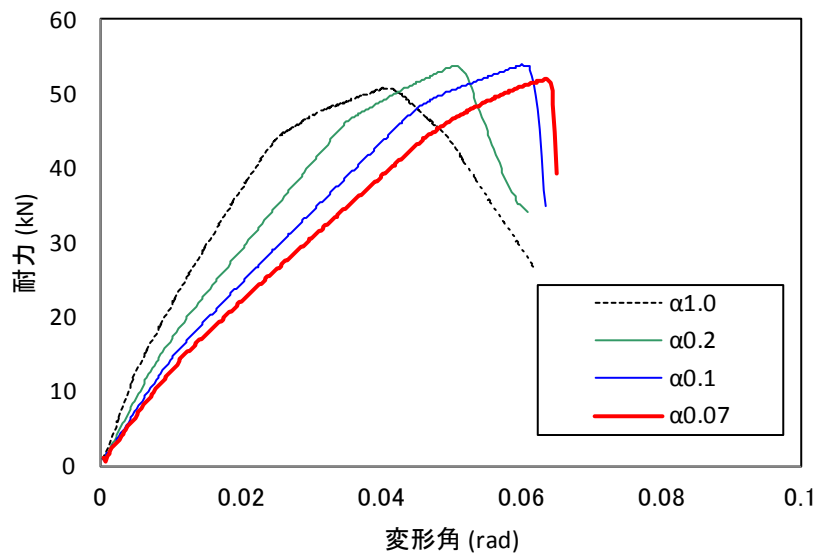


図 5.9 荷重変形曲線 (2層構面)

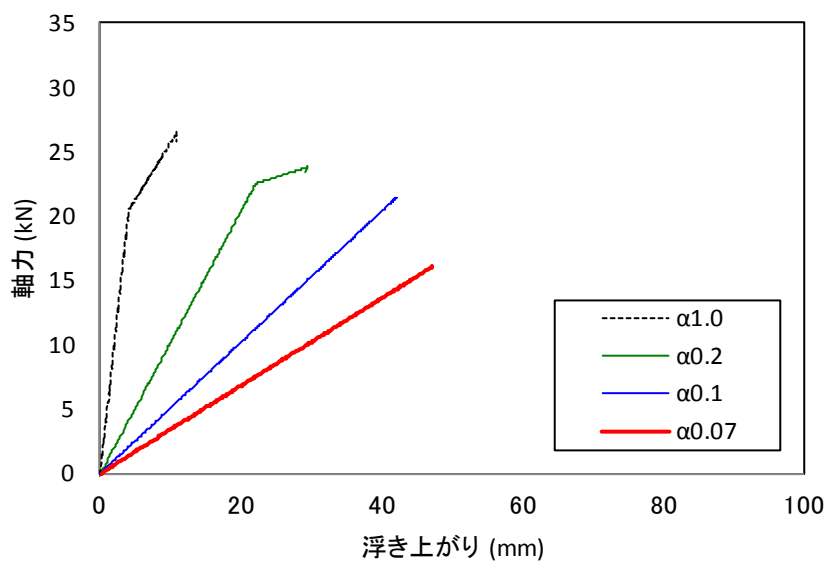


図 5.10 柱脚浮き上がり変位と軸力の関係 (2層構面)

5.5 木造軸組工法接合部に使用する接合金物の試験方法、評価方法の素案

前項までの検討に基づき、接合金物の試験方法及び評価方法についての素案を作成した。

なお、具体的な試験法・評価方法は、今年度検討を行った柱頭柱脚接合部のみとしている。

木造軸組工法接合部に使用する接合金物の試験方法、評価方法(素案)

1. 適用範囲

この規格は、木造軸組工法接合部に使用する接合金物の性能を適切に評価するための試験方法及び評価方法について規定する。

2. 接合金物の種類

2.1 想定される外力と用途による区分

接合金物は、想定される荷重及び外力と用途等によって、表 2.1-1 のとおり区分する。

表 2.1-1 想定される外力と用途による区分

外力及び荷重の種類	接合部に掛かる外力及び荷重の種類	部位	仕口の有無	本体形状
G+P+K G+P+0.35S+K	短期荷重, 引張	柱－横架材	有	ホールダウン金物、プレート型金物、L型金物、羽子板ボルト他
		柱－基礎		ホールダウン金物
		通し柱－横架材		羽子板ボルト、引きボルト、かね折金物、短ざく金物
		横架材－横架材		羽子板ボルト
		横架材－横架材(継手)		短ざく金物
G+P+W G+P+0.35S+W	短期荷重, 引張・せん断	柱－横架材	無	ほぞパイプ型金物、プレート挿入型金物、グールドインロッド他
	短期荷重, 引張及び圧縮	筋かい－柱、横架材		プレート型筋かい金物、ボックス型筋かい金物
G+P+K G+P+0.35S+K	短期荷重, 引張	たるき－母屋	無	たるき金物
G+P+K G+P+0.35S+K	短期荷重, モーメント	火打ち材		火打ち金物
G+P G+P+0.7S	長期荷重, せん断	通し柱－横架材		梁受け金物他
G+P+K G+P+0.35S+K	短期荷重, 引張	横架材－横架材		

2.2 接合具の種類による区分

接合金物は、接合具の種類によって、表 2 のとおり区分する。

表 2.2-1 接合具の種類による区分

接合具の種類	負担させる外力の向き
ボルト	せん断方向 または引っ張り方向
ビス	
くぎ	せん断方向
ラグスクリュー	
ドリフトピン	
アンカーボルト	引っ張り方向

3 共通事項

3.1 一般

この箇条では、試験材サンプリング、調湿、試験体の作製、試験環境の設定、結果の計算及び表示、試験報告の方法などについて規定する。

3.2 試験木材の仕様

試験に用いる木材の仕様は、下記の点に注意して、現実に使用するもののうち最も安全側のものを選択することを原則とし、特性値や接合部仕様の拡充を目的として試験条件を変化させることなどを除くものとする。

- a) 木材及び木質材料の樹種及び品種
- b) 試験体の寸法・形状
- c) 乾燥の程度
- d) 密度
- e) 品質に関する等級など

3.3 部材の採取

- a) 試験に供する部材等は、生産、加工、流通及び施工のすべての段階で同定可能な母集団から、当該母集団の材料特性を適切に表すものとなるように収集するものとする。
- b) 供試材料からの木取りは、接合部が使われる現場での仕様に符合するものでなければならない。
- c) 同一試験条件として整理する試験体は、同一個体の樹木から採取した木材を用いてはならない。
- d) 供試材料からの木取りに際しては、試験対象となる接合部近傍に節、割れ等の欠点が無いか、あるいは試験結果が大きくばらつく要因にならない程度の欠点のみが含まれるようにする。欠点を除去するか否かの判断は、接合部が使われる現場での判断と符合するものでなければならない。

3.4 含水率、密度の測定

試験終了後は、主要な部材の全てから、全断面を含む小片を切り出し、密度及び含水率を測定する。含水率の測定は全乾法を基本とするが、困難な場合には電気抵抗式含水率等を用いて切り出す前の部材の4面を測定し、平均することによりこれに代える。なお、含水率測定方法は測定値に付記する。

3.5 結果の計算及び表示

試験結果の統計的評価は、次による。

- 1)算術平均
- 2)標準偏差
- 3)百分率変動係数
- 4)統計的処理に基づく信頼水準 75%の許容限界値

3.6 試験報告

試験結果として、次の事項を報告する。

- a)適用した試験法規格の番号又は名称
- b)金物の名称、寸法・形状、材料の規格
- c)サンプリングの方法
- d)樹種など試験材に関する情報
- e)試験体の寸法、数量、密度、含水率
- f)試験の内容及び結果
- g)試験の実施日
- h)試験機関の名称及び試験者名

4 接合部引張試験及びせん断試験

4.1 一般

この箇条では、短期荷重引張(またはせん断)を負担する接合部の引張(またはせん断)試験方法について規定する。

4.2 試験概要

試験体の繊維方向に平行な単調増加の引張荷重(またはせん断)を試験体が破壊するまで若しくは一定の変位に達するまで加えて荷重と変位の測定を行い、各特性値を測定する。

4.3 装置

4.3.1 引張(または圧縮)試験機

試験体へ一定の荷重速度、又は変形速度で負荷することができ、最大荷重及び δu を1%の精度で測定できる試験機とする。

4.3.2 引張試験治具

試験体への掴み部分は、荷重が試験体の軸方向に沿って負荷されるように正確に設置できるものとし、軸方向のねじれ又は測定部分以外の破壊を生じないものとする。

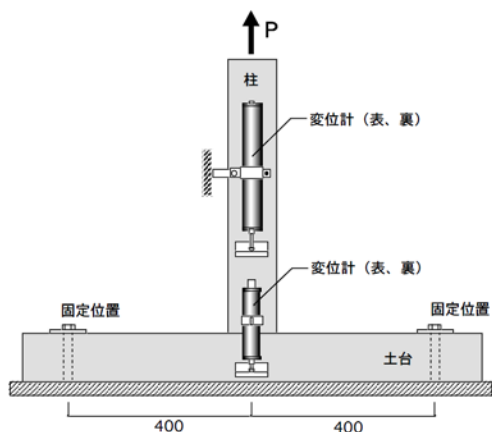
4.3.3 変位計

JIS B 7503 に準じたダイヤルゲージまたはこれに相当する電気式変位計などを用い、接合部の変形 δu を1%の精度で測定できるものとする。

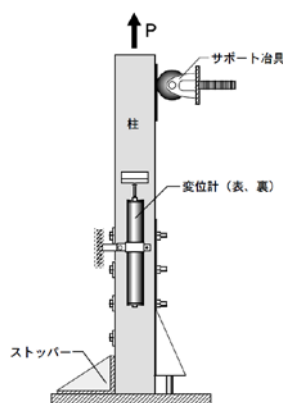
4.4 試験体の作製及び設置方法

4.4.1 引張接合部

試験体の例を図 4.4.1-1 に示す。部材相互の引張接合部の場合は、一つの部材を試験装置に固定し、もう一方の部材を引張する試験とし、固定部材自体に変形や破壊が生じる可能性がある場合には、相対変位の測定も行う。部材とアンカーボルトを連結する金物等については、ボルト等を直接試験装置に連結させて母材を引張する試験とし、絶対変位を測定する。



a)部材－金物－部材接合想定



b)基礎－金物－部材接合想定

図 4.4.1-1 接合部の引張試験方法の例

4.4.2 せん断接合部

→未検討

4.5 試験方法

4.5.1 加力スケジュール

外力及び荷重の種類に応じて繰り返し加力方法が適用される。

長期荷重を負担する梁受け金物(せん断方向)、床根太受け金物及び短期風圧力を負担する垂木止め金物等は、単調加力とし、短期地震力を負担するホールダウン金物、梁受け金物(引張方向)等は一方方向繰り返しとする。

予備試験として単調加力試験1体を実施し、本試験の繰り返し加力のスケジュールを決定する。最大荷重時の変位が30mmを超える場合は、変位30mmまでの最大荷重を評価時の最大荷重として扱う。

木造軸組工法住宅の許容応力度設計(2008年版)(以下グレー本という)及びISO16670ではそれぞれ異なる繰り返し方法が規定されている。ただしISOでは各国の基準に準じた方法とすることができる旨が記載されている。

■グレー本での繰り返し方法

試験の加力は一方方向の繰り返し加力(予備試験のみ単調加力)とする。

試験における繰り返しの履歴は、予備試験(単調加力)から得た降伏変位 δ_y の固定数列方式とする。すなわち、 δ_y の1/2, 1, 4, 6, 8, 12, 16倍の順で繰り返し加力を行う。なお、降伏変位 δ_y が得られない場合には、最大荷重時変位 δ_{max} の1/10, 1/5, 3/10, 2/5, 1/2, 3/5, 7/10, 1の順で繰り返し加力を行う。

■ISO16670での繰り返し方法

0.8Pmax時の変位、最大荷重に達した後、接合部の機能が失われた時点での変位の内、最小値を δ_u とする(図4.5.1-1参照)。加力スケジュールは図4.5.1-2及び表4.5.1-1に定めるとおり繰り返し加力を行う(ISO16670では正負交番繰り返し方法のため、一方方向繰り返しに図を修正している。)

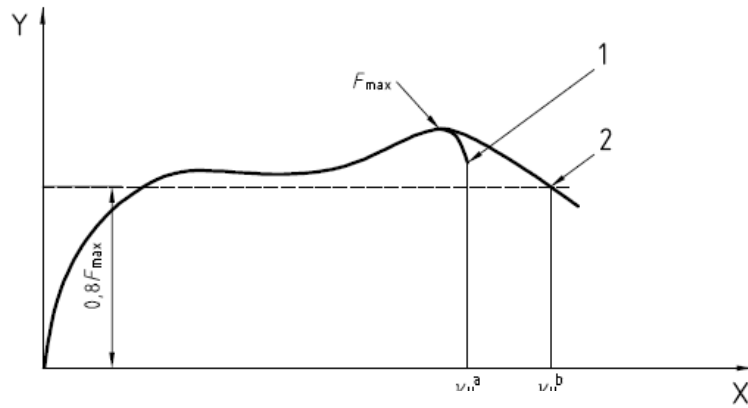


図 4.5.1-1 接合部の引張試験方法の例

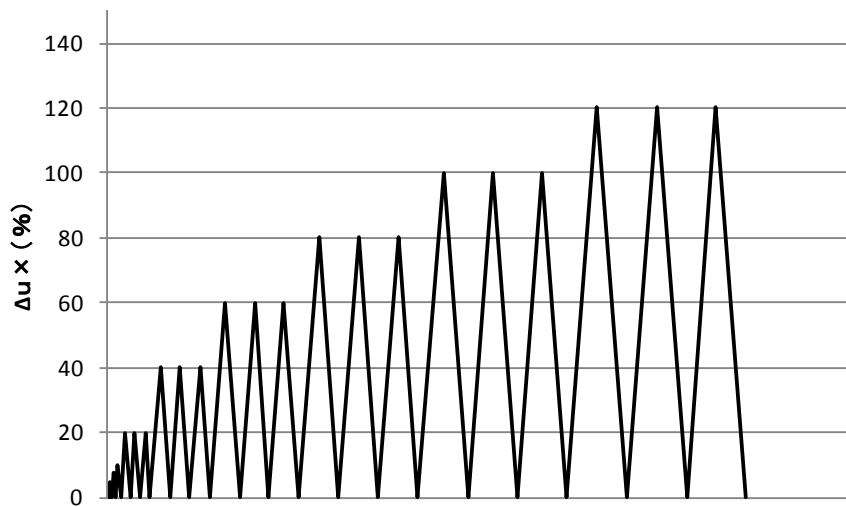


図 4.5.1-2 加力スケジュール（一方向繰り返し）

表 4.5.1-1 加力スケジュール

ステップ	繰り返し回数	振幅($\times \delta u$)
1	1	1.25%
2	1	2.50%
3	1	5.00%
4	1	7.50%
5	1	10.00%
6	3	20.00%
7	3	40.00%
8	3	60.00%
9	3	80.00%
10	3	100.00%
11	3	120.00%

4.5.2 加力速度

試験の加力速度は 0.1mm/s~10mm/s とし、荷重上昇が生じない程度とする。

4.5.3 変位の測定

変位計測は、変位計を用い、引張側部材の軸芯で前後2カ所以上で計測する。変位には、試験による材料の割れ、めり込みによる変位等も含んだものとする。

4.6 評価方法

4.6.1 包絡線の作成

絡線は、最初の立ち上がりの計測点をピークまで結んだものとする。その後は、各繰り返し加力のピーク及びその間の適切な点を順次結んで曲線を作成する。最大荷重が繰り返し履歴以降で記録される場合は、最後の繰り返し点と最大荷重点を結ぶ。また、その間で適切に補助的な計測点を結びながら曲線を作成する。最大荷重以降は計測された点を結んで曲線とする。ただし、破壊により急激に低下したような計測点は、全体の状況を勘案した上で曲線を作成する。なお、試験時に金物2個を使用している試験で金物1個に対して評価を行う場合、荷重を1/2することとし、最終的に破壊した接合部の変位を用いるか、平均の変位で評価する。

4.6.2 完全弾塑性モデルの作成

包絡線から下記の手順に従って完全弾塑性モデルを作成する。

- ①包絡線上の $0.1 P_{max}$ と $0.4 P_{max}$ を結ぶ第I直線を引く。
- ②包絡線上の $0.4 P_{max}$ と $0.9 P_{max}$ を結ぶ第II直線を引く。
- ③包絡線に接するまで第II直線を平行移動し、これを第III直線とする。
- ④第I直線と第III直線との交点の荷重を降伏耐力 P_y とし、この点からX軸に平行に第IV直線を引く。
- ⑤第IV直線と包絡線との交点の変位を降伏変位 δ_y とする。
- ⑥原点と (δ_y, P_y) を結ぶ直線を第V直線とし、その勾配を初期剛性 K と定める。
- ⑦最大荷重後の $0.8 P_{max}$ 荷重低下域の包絡線上の変位を終局変位 δ_u と定める。
- ⑧包絡線とX軸及び $x = \delta_u$ の直線で囲まれる面積を S とする。
- ⑨第V直線と $x = \delta_u$ の直線とX軸及びX軸に平行な直線で囲まれる台形の面積が S と等しくなるようにX軸に平行な第VI直線を引く。
- ⑩第V直線と第VI直線との交点の荷重を完全弾塑性モデルの終局耐力 P_u と定め、その時の変位を完全弾塑性モデルの降伏点変位 δ_v とする。
- ⑪塑性率 $\mu = (\delta_u / \delta_v)$ とする。
- ⑫構造特性係数 D_s は、塑性率 μ を用い、 $D_s = 1 / \sqrt{2\mu - 1}$ とする。

ここで得られた各特性値は、試験成績書または報告書に記録を残しておくこととする。

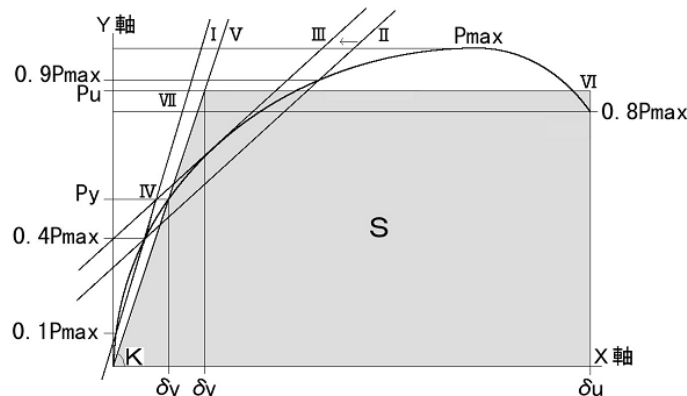


図 4.6.2-1 完全弾塑性モデルの作成

4.6.3 短期基準耐力の算出

柱の柱頭・柱脚に用いる引張抵抗用接合金物の評価は以下のとおりである。N値計算、許容応力度設計等で用いる短期基準耐力 T_{0a} は、下記の(a)～(c)の耐力の平均値に、それぞれのばらつき係数を乗じて算出した値のうちの小さい方とする。短期基準耐力時の変形が著しく大きい場合には、変形を考慮して短期基準耐力を修正する。

(a)降伏耐力 P_y

(b)最大荷重の2/3

(c)6mm変位時の耐力 P_{sm}

なお、ばらつき係数は、母集団の分布形を正規分布とみなし、統計的処理に基づく信頼水準75%の95%下側許容限界値をもとに次式により求める。

$$\text{ばらつき係数} = 1 - CV \cdot k$$

ただし、CV：変動係数

k：信頼水準75%における95%下側許容限界値を求めるための係数（表4.6.3-1による）

表 4.6.3-1 kの値

n	k
6	2.336
7	2.251
8	2.189
9	2.142
10	2.104

参考文献

- 1) ISO16670 : 2003, Timber structures - Joints made with mechanical fasteners - Quasi-static reversed-cyclic test method
- 2) 木造軸組工法住宅の許容応力度設計(2008年版)、(財)日本住宅・木材技術センター

5.6 まとめ

引寄せ物を対象とした、接合金物の終局状態を含めた力学的性能を降伏耐力(P_y)、最大耐力の $2/3(2/3 P_{max})$ 以外にも、終局耐力($P_u \times (0.2/D_s)$)、特定変位時の耐力(P_{sm})を加えた4項目で力学的性能評価を行った。また、耐力壁モデル、2層構面モデルを用いた解析的検証を行い、引寄せ物の荷重変位曲線が変化した場合の耐力の増減を確認した。本年度の検討で得られた結果を以下に示す。

- 現在の2項目から求まる短期基準接合耐力(P_t)は、すべて P_y によって決定されていることが確認された。
- 4項目を用いて P_t を求めて場合、全ての接合金物において終局耐力($P_u \times (0.2/D_s)$)もしくは特定変位時の耐力(P_{sm})で P_t が決定され、2項目で評価した P_t と同等もしくは低い値となる。つまり、 P_{sm} の特定変位を何mmに設定するかによって P_t が変化する可能性があり、 P_{sm} を慎重に検討する必要がある。
- P_{sm} を解析的に検討した結果、今回の検討では6mm程度とするのが妥当である。
- 木造軸組工法接合部に使用される接合金物の試験・評価方法の素案を例示した。