

合資会社 丸久材木店

接合部引張試験

試験報告書

岐阜県立森林文化アカデミー

木造建築スタジオ

准教授 小原勝彦

目 次

1. 試験概要.....	P 01
1. 1 試験一般事項	
1. 2 試験目的	
1. 3 試験方法	
1. 4 加力・計測システム	
1. 5 計測方法	
1. 5. 1 高感度変位計	
1. 5. 2 密度	
1. 5. 3 含水率	
2. 試験体諸元.....	P 05
3. 試験結果.....	P 06
3. 1. 算定方法	
3. 1. 1 接合部の短期基準引張耐力	
3. 1. 2 完全弾塑性モデルの作成	
3. 2 短期基準引張耐力	
3. 3 完全弾塑性モデル及び計測データ	
3. 4～11 各試験体の完全弾塑性モデル及び計測データ	
4. 破壊概要.....	P 17
5. 考察.....	P 25

1. 試験概要

1. 1 試験一般事項

本構造試験の概要について表 1. 1. 1 に示す。

表 1. 1. 1 構造試験概要

構造試験の名称	接合部引張試験
構造試験の申込者の名称 及び住所 担当者	合資会社 丸久材木店 岐阜県可児市広見 8 3 0 番地の 1 合資会社 丸久材木店 肥田 茂 様
構造試験責任者 試験協力者	岐阜県立森林文化アカデミー木造建築スタジオ 岐阜県美濃市曾代 8 8 准教授 小原 勝彦  特定非営利活動法人 WOOD AC 代表理事 河本 和義 福本 満夫 田畑 勝 安藤 充紀
構造試験実施期間 及び実施場所	実験実施期間：2013 年 4 月 2 日(火)、4 月 11 日(木) 岐阜県立森林文化アカデミー木材開放試験室 岐阜県美濃市曾代 8 8

1. 2 試験目的

SANJIKU-Wの仕口接合部の引張試験を行い、本接合部の短期基準引張耐力を把握する事が試験目的である。

1. 3 試験方法

接合部を試験機に図 1. 3. 1 の様に設置し、引張試験により短期基準引張耐力を求める。試験の方法は、(財) 日本住宅・木材技術センターが定める「木造軸組工法住宅の許容応力度設計(2008 年版)」中の「6 章 試験方法と評価方法」における「6. 5 継手・仕口接合部試験」に準拠する。

(1) 試験体は、土台を試験装置に柱心から 270mm の位置で、M16 ボルトを用いてナットで固定する。

(2) 試験の加力は柱上部に M24 ボルトを用いナットで加力機に連結して行う。

(3) 試験の加力は一方向の繰り返し加力(予備試験のみ単調加力)とし、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(δ_y の 1/2, 1, 2, 4, 6, 8, 12, 16 倍)とする。

(4) 加力は最大荷重に達した後、最大荷重の 80%に荷重が低下するまで又は仕口の機能が失われるまで(短ほぞが抜け出す変位 ; 30mm 以上)を行う。



図 1. 3. 1 試験体設置写真

1. 4 加力・計測システム

加力は加力機のハンドルを用いて制御した。計測荷重及び計測変位をパソコンに取り込み、スイッチボックス (SHW-50D (株) 東京測器製) を中継し、高速自動デジタルひずみ測定器 (THS1100 (株) 東京測器製) で計測し、計測ソフト (TDS/THS-7120 (株) 東京測器製) にて、各部のデータを計測した。また、試験体の随所に設置した変位計で各部の変位を計測し、GP-IB ケーブルを介してパソコンに取り込んだ。

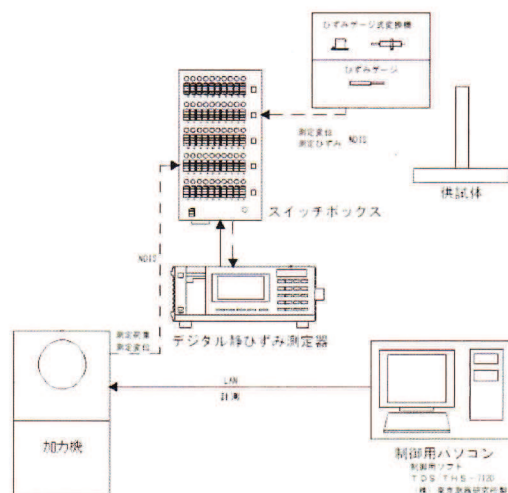


図 1.4.1 加力・計測システム概要図

1. 5 計測方法

本試験で使用した計測センサーは、高感度変位計である。以下に計測方法を示す。

1. 5. 1 高感度変位計 (CDP 型変位計 (株) 東京測器製)

図 1.5.1 に示すように、厚さ 3[mm] のアクリル板で制作した変位計受けに、高感度変位計のピストンをあて、変位計の本体の設置には専用のホルダやマグネットスタンドを用いて、A 点ー B 点間の距離を計測する。計測値の正の値はピストンが伸びる向きである。各部の絶対変位及び相対変位の計測に用いた。

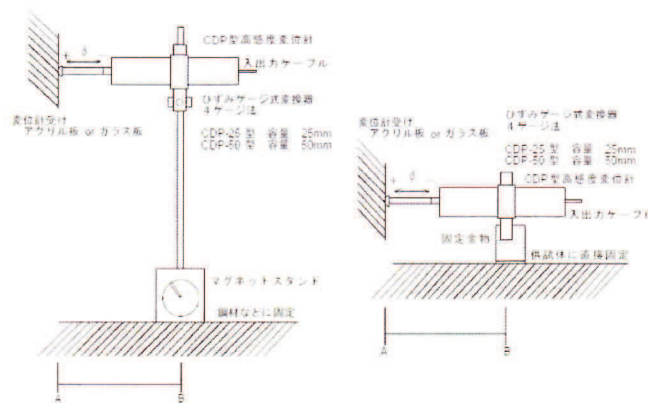


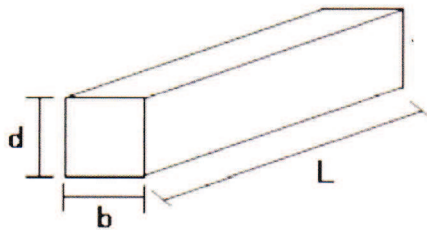
図 1.5.1 高感度変位計設置の方法と計測概要比較

1. 5. 2 密度

部材の幅・成・長さ寸法と重量を測定し、密度を算出する。

$$b \times d \times L = v \text{ (体積) cm}^3$$

$$g \text{ (重量)} / v = \rho \text{ (密度) g/cm}^3$$



1. 5. 3 含水率 (HM-500 (株) ケット科学研究所製)

図 1.5.3 に示すように、一部材につき両端と中央部の 3 箇所に節を避け、木目と平行になるよう含水率計を押し当てて測定を行う。3 箇所で測定した含水率の平均値をその部材の含水率とする。

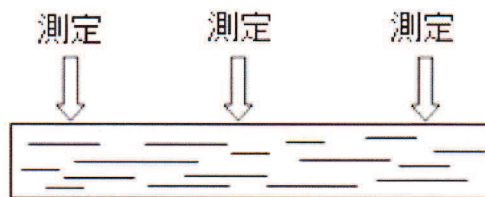


図 1.5.3 含水率計測概要

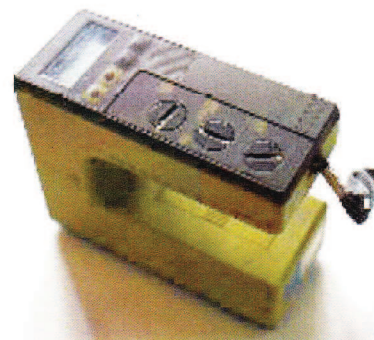
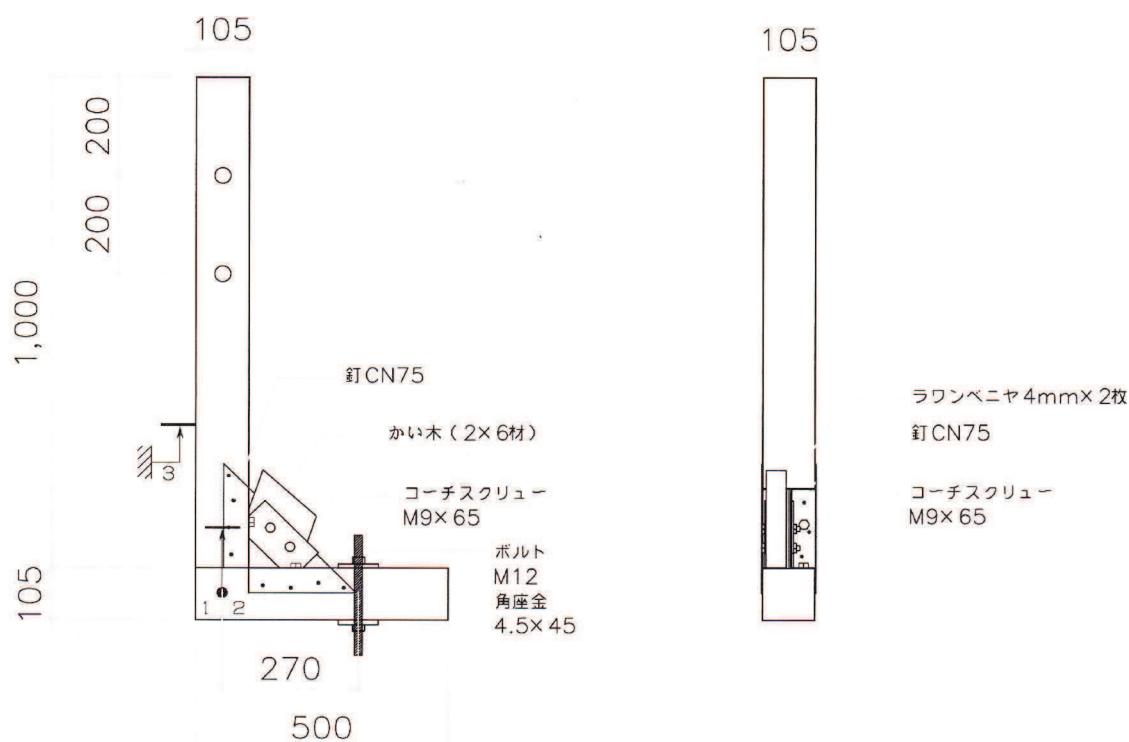


写真 1.5.3 含水率計 HM-500

2. 試験体諸元

SANJIKU-W（隅柱タイプ）の試験体図及び含水率、比重を以下に示す。



部材	樹種
柱	スギ
土台	スギ

変位計①、②(表、裏)は土台一柱の相対変位
変位計③は柱の絶対変位

試験体含水率及び比重

試験体名	部材	樹種	密度			含水率(%)			
			体積 (cm ³)	重量 (kg)	密度 (g/cm ³)	測定値1	測定値2	測定値3	平均
SANJIKU-W-0	柱	スギ	11145.0	4.20	0.38	10.5	9.5	10.5	10.2
	土台	スギ	5392.5	2.20	0.41	11.0	11.0	11.5	11.2
SANJIKU-W-00	柱	スギ	11145.0	4.15	0.37	11.0	13.0	11.0	11.7
	土台	スギ	5392.5	2.30	0.43	11.0	11.0	13.0	11.7
SANJIKU-W-1	柱	スギ	11145.0	4.80	0.43	11.0	11.0	11.0	11.0
	土台	スギ	5392.5	2.30	0.43	11.0	11.0	11.5	11.2
SANJIKU-W-2	柱	スギ	11145.0	5.50	0.49	16.0	14.5	17.0	15.8
	土台	スギ	5392.5	2.30	0.43	12.0	12.0	12.0	12.0
SANJIKU-W-3	柱	スギ	11145.0	5.40	0.48	14.5	13.5	14.5	14.2
	土台	スギ	5392.5	2.25	0.42	10.5	11.5	10.5	10.8
SANJIKU-W-4	柱	スギ	11145.0	4.90	0.44	12.0	12.0	11.0	11.7
	土台	スギ	5392.5	2.25	0.42	12.0	12.0	14.0	12.7
SANJIKU-W-5	柱	スギ	11145.0	4.90	0.44	14.5	13.0	12.0	13.2
	土台	スギ	5392.5	2.20	0.41	12.0	14.0	14.5	13.5
SANJIKU-W-6	柱	スギ	11145.0	4.20	0.38	11.0	12.0	11.0	11.3
	土台	スギ	5392.5	2.30	0.43	11.5	11.5	11.5	11.5
共通	かませ木	ラワンベニヤ 4mm×2枚合わせ							
共通	かい木	SPF 2×6材							

3. 試験結果

3. 1 算定方法

3. 1. 1 接合部の短期基準引張耐力

接合部の短期基準引張耐力 T_o は、荷重－変形曲線に基づき、降伏耐力、最大耐力の観点から評価を行い決定する。

①降伏耐力

試験曲線により求めた降伏耐力(P_y)の値。降伏耐力の求め方は完全弾塑性モデルによる方法であり、5.1.2 章「完全弾塑性モデルの作成」による。

※試験から得られた包絡線は、荷重-柱の絶対変位曲線より作成した。

②最大耐力

最大荷重を安全率で除した荷重で示す。安全率は通常1.5にとる。従って、 $P_{max}/1.5$ 若しくは $2/3 \cdot P_{max}$ で与えられる。

なお、最大荷重は、最大荷重時の変位が30mm以下の場合は、それを最大荷重と扱い、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。

③接合部の短期基準引張耐力

接合部の短期基準引張耐力 T_o は上記①、②で求めた値に、ばらつき係数を乗じ、算出した値のうち最も小さい値とする。ばらつき係数は母集団の分布形を正規分布とみなし、統計的处理に基づく信頼水準75%における95%下限許容限界値をもとに次式により求める。

ばらつき係数 = $1 - (\text{標準偏差} / \text{平均値}) \times \text{定数}K$

3. 1. 2 完全弾塑性モデルの作成

試験で得られる荷重－変形関係から求めた包絡線から、以下の手順により完全弾塑性モデルを作成する。

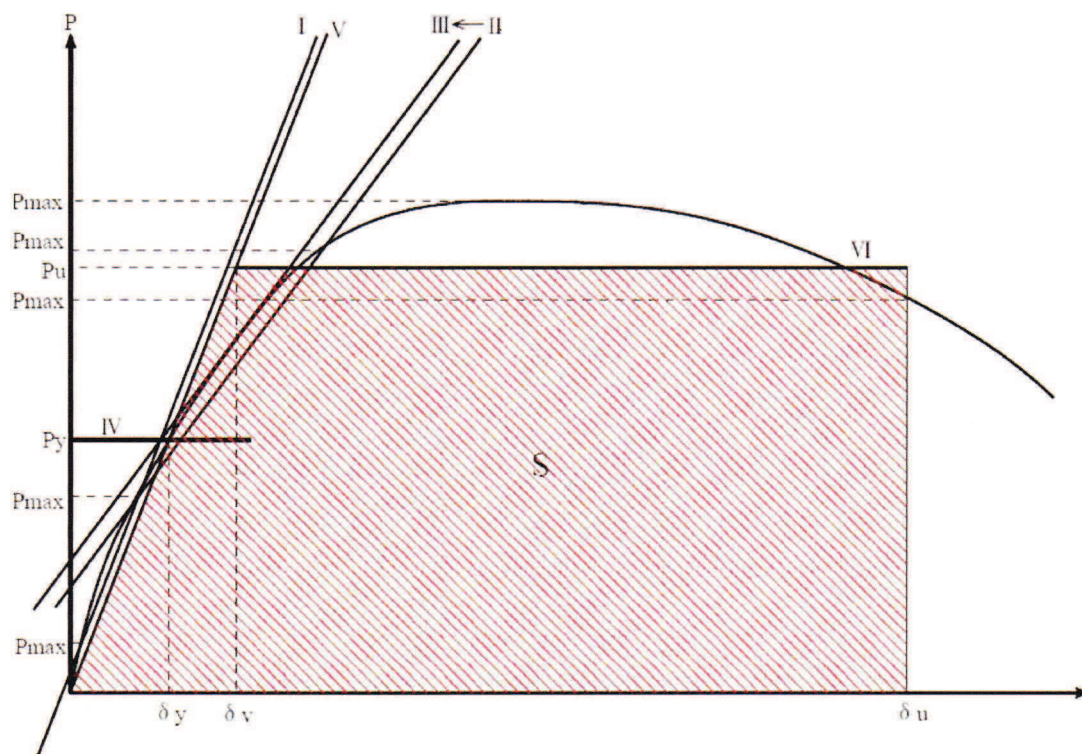


図 3.1.2 完全弾塑性モデルの作成方法

- 包絡線上の $0.1P_{max}$ と $0.4P_{max}$ を結ぶ直線を第Ⅰ直線とする。
- 包絡線上の $0.4P_{max}$ と $0.9P_{max}$ を結ぶ直線を第Ⅱ直線とする。
- 第Ⅱ直線を包絡線に接するまで平行移動し、これを第Ⅲ直線とする。
- 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 軸に平行な直線を第Ⅳ直線とする。
- 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。
- 原点と (δ_y, P_y) を結ぶ直線を第Ⅴ直線として、これを初期剛性 K とする。
- 最大荷重後の $0.8P_{max}$ 荷重低下域の包絡線上の変位を終局変位 δ_u とする。
- 包絡線、X 軸及び δ_u で囲まれる面積を S とする。
- 第Ⅴ直線、X 軸、 δ_u 及びX 軸と平行な直線で囲まれる台形の面積が S と等しくなるようなX 軸に平行な直線を第Ⅵ直線とする。
- 第Ⅴ直線と第Ⅵ直線との交点を完全弾塑性モデルの終局耐力 P_u とし、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。
- 塑性率(靱性率) $\mu = (\delta_u / \delta_v)$ とする。
- 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。

3. 2 短期基準引張耐力

短期基準引張耐力は、前項の計算方法により評価した。表3.2.1 に各試験体の算定結果について示す。

表 3. 2. 1 各試験体の短期基準引張耐力算定結果の一覧表

試験実施日	2013/4/2	2013/4/2	2013/4/2	2013/4/2	2013/4/2	2013/4/2	2013/4/2	2013/4/11
試験体記号	SANJIKU-W-0	SANJIKU-W-00	SANJIKU-W-1	SANJIKU-W-2	SANJIKU-W-3	SANJIKU-W-4	SANJIKU-W-5	SANJIKU-W-6
加力方法	単調	単調	繰り返し	繰り返し	繰り返し	繰り返し	繰り返し	繰り返し
最大耐力 Pmax(kN)	23.97	24.30	25.27	22.70	28.90	25.43	22.48	21.41
最大荷重時変位 δ Pmax(mm)	—	29.57	20.36	21.60	29.62	27.99	20.01	18.84
降伏耐力 Py(kN)	—	11.97	13.27	11.61	13.98	12.70	11.19	11.96
降伏変位 δ y(mm)	—	5.06	4.08	4.41	5.72	5.09	3.31	4.16
終局耐力 Pu(kN)	—	20.47	21.98	19.77	24.14	21.76	19.13	19.39
終局変位 δ u(mm)	—	29.57	21.45	29.74	29.62	28.59	25.35	19.19
降伏点変位 δ v(mm)	—	8.65	6.76	7.52	9.89	8.72	5.66	6.74
剛性 K(MN/mm)	—	2.36	3.25	2.62	2.44	2.49	3.37	2.87
塑性率 μ	—	3.41	3.17	3.95	2.99	3.27	4.47	2.84
構造特性係数 Ds	—	0.41	0.43	0.38	0.44	0.42	0.35	0.46
Pu*(0.2/Ds) (kN)	—	9.89	10.16	10.39	10.78	10.26	10.79	8.40
2/3Pmax (kN)	15.98	16.20	16.84	15.13	19.26	16.95	14.99	14.27
主な破壊モード	釘による土台割れ	釘による土台割れ	釘による土台割れ	釘による土台割れ	釘による土台割れ	釘による土台割れ	釘による土台割れ	釘による土台割れ
決定因子	—	Py	Py	Py	Py	Py	Py	Py
短期基準引張耐力 T ₀ (kN)	—	11.97	13.27	11.61	13.98	12.70	11.19	11.96

ばらつき評価					
試験荷重と 50%下限値	荷重平均値	標準偏差	K:n=6	ばらつき 係数	95%下限値
降伏耐力 Py (kN)	12.45	1.06	2.336	0.80	9.98
2/3Pmax (kN)	16.24	1.83	2.336	0.74	11.98
短期基準引張耐力 T ₀ (kN)	9.98				
決定因子	Py				

3.3 計測データ

SANJIKU-W-00の完全弾塑性モデル及び荷重－各変位関係を以下に示す。

3.4 SANJIKU-W-0

SANJIKU-W-0の完全弾塑性モデル及び荷重－各変位関係を以下に示す。

完全弾塑性モデル

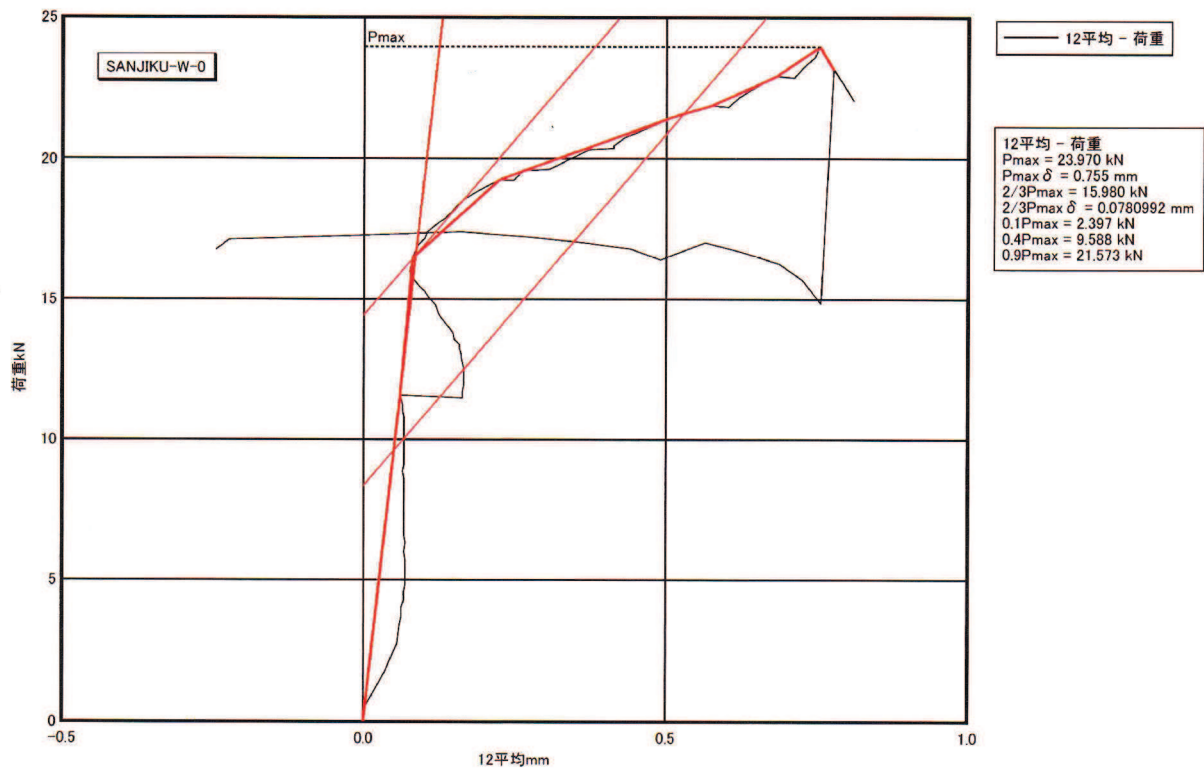


図 3.4.1 SANJIKU-W-0 完全弾塑性モデル

※土台の浮き上がりにより、柱と土台の相対変位を評価することができなかったため、SANJIKU-W-00、SANJIKU-W-1～6試験体においては、柱の絶対変位を完全弾塑性モデルの変位として用いる。

各荷重－変位関係

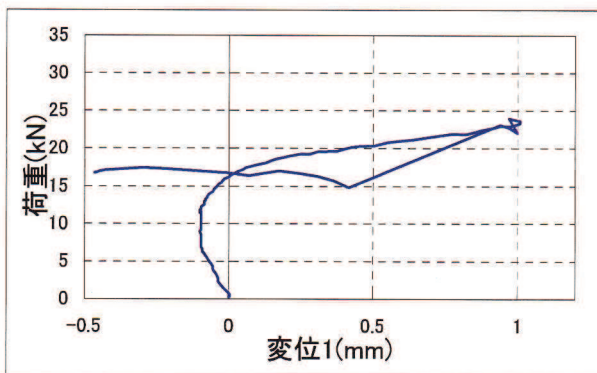


図 3.4.2 土台-柱の相対変位(表)

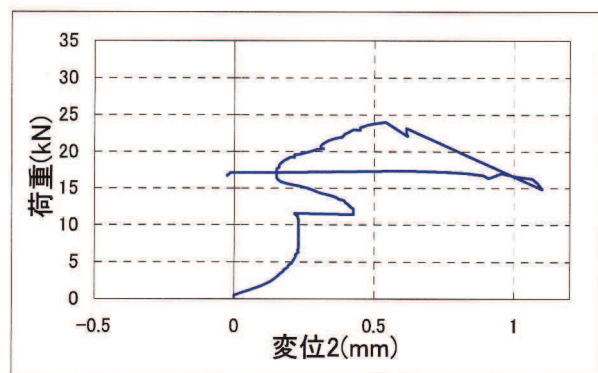


図 3.4.3 土台-柱の相対変位(裏)

3.5 SANJIKU-W-00

SANJIKU-W-00の完全弾塑性モデル及び荷重－各変位関係を以下に示す。

完全弾塑性モデル

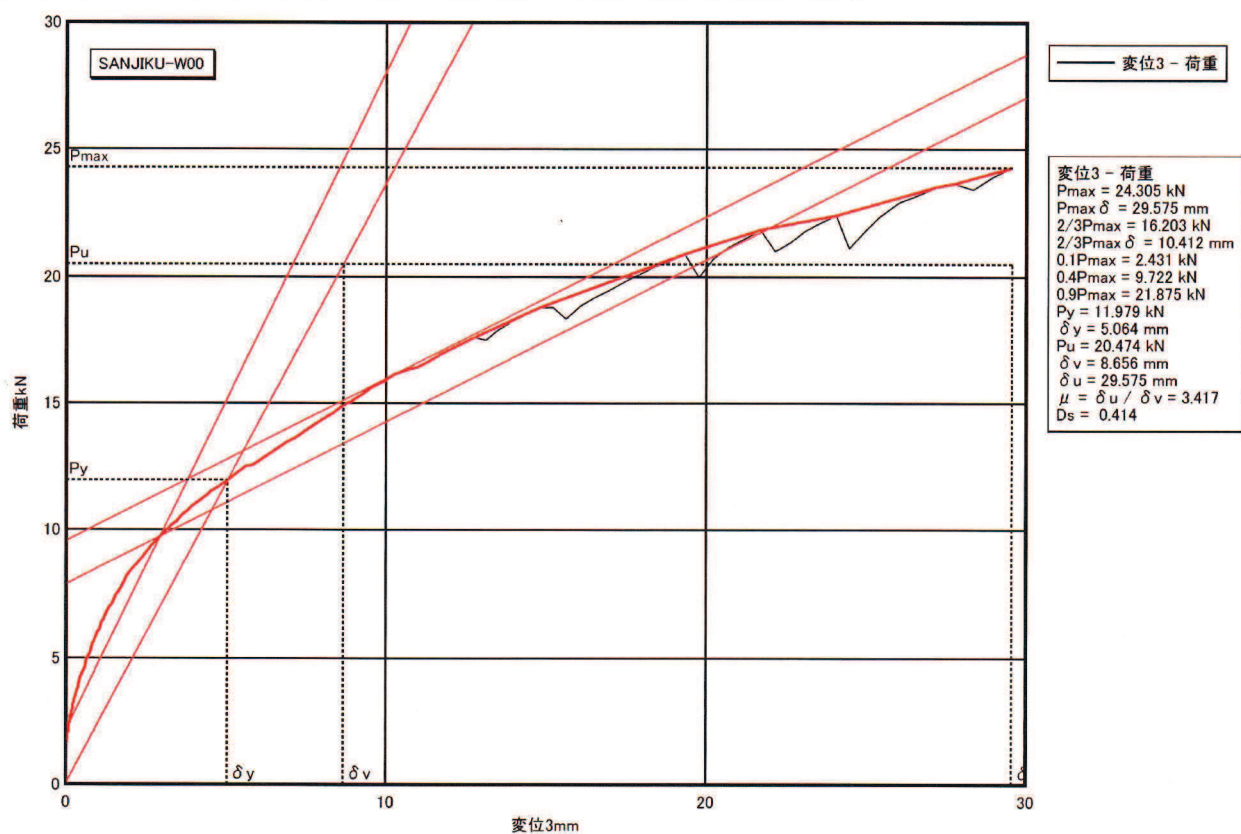


図 3.5.1 SANJIKU-W-00 完全弾塑性モデル

各荷重－変位関係

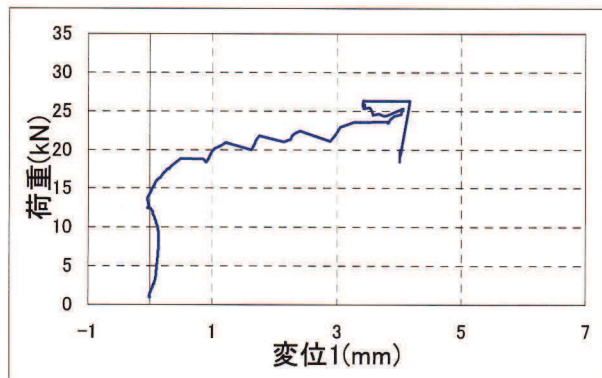


図 3.5.2. 土台-柱の相対変位(表)

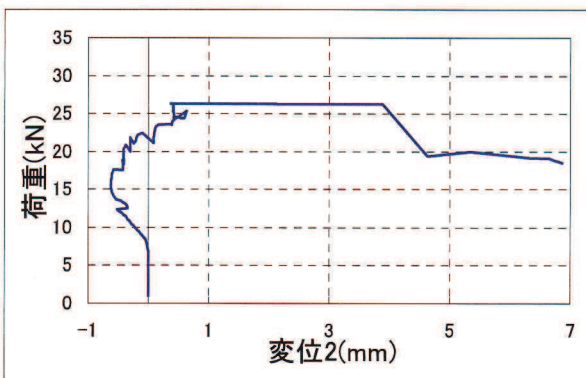


図 3.5.3. 土台-柱の相対変位(裏)

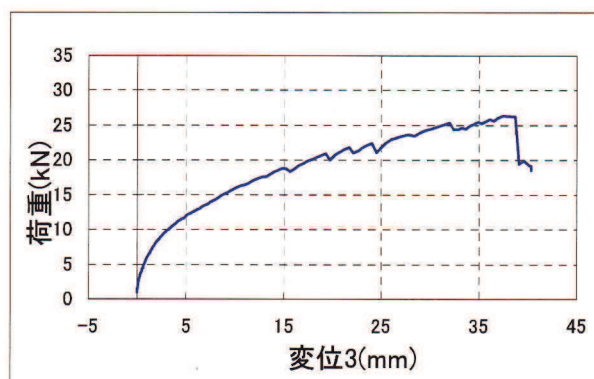


図 3.5.4. 柱の絶対変位

3. 6 SANJIKU-W-1

SANJIKU-W-00の完全弾塑性モデル及び荷重－各変位関係を以下に示す。

完全弾塑性モデル

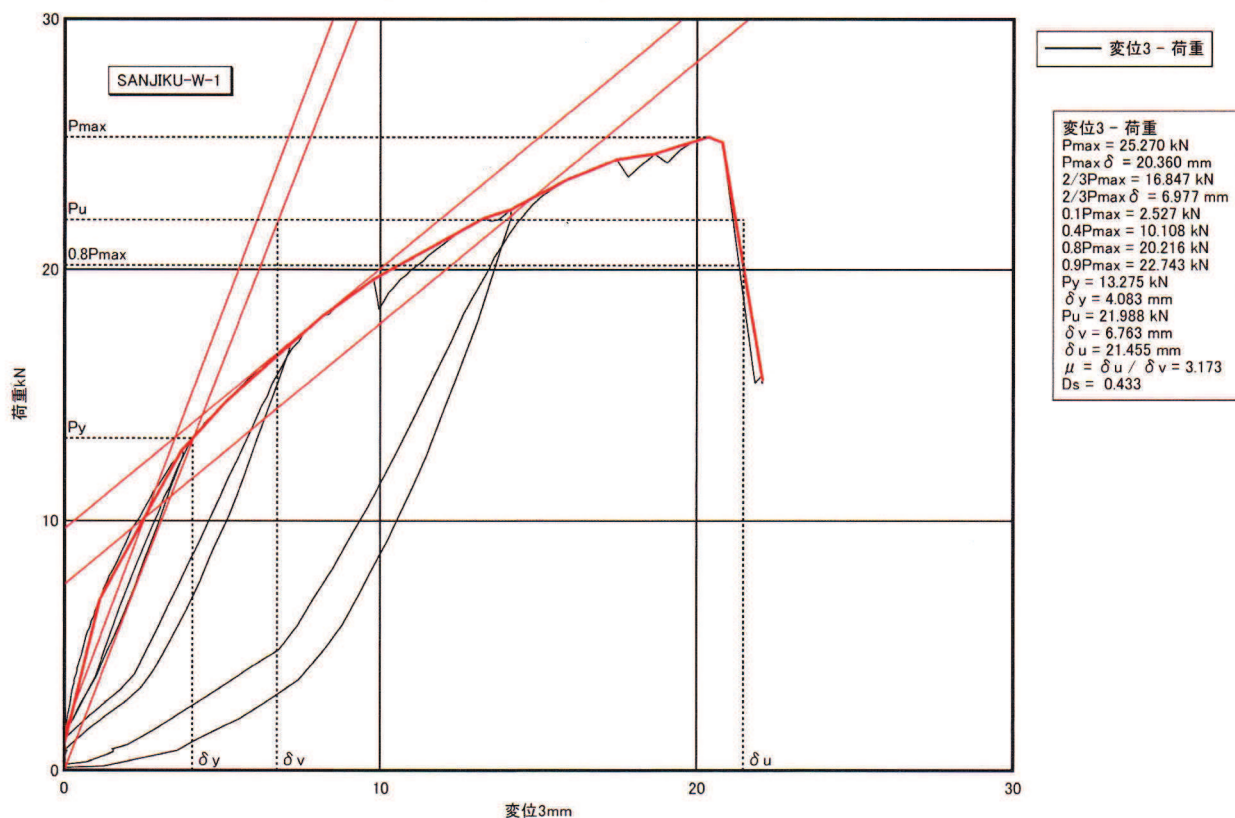


図 3.6. 1 SANJIKU-W-1 完全弾塑性モデル

各荷重－変位関係

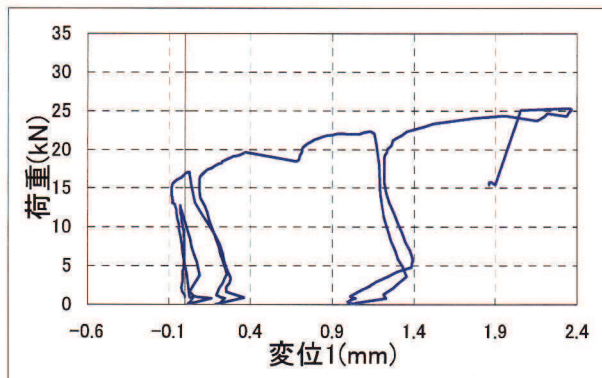


図 3.6. 2. 土台-柱の相対変位(表)

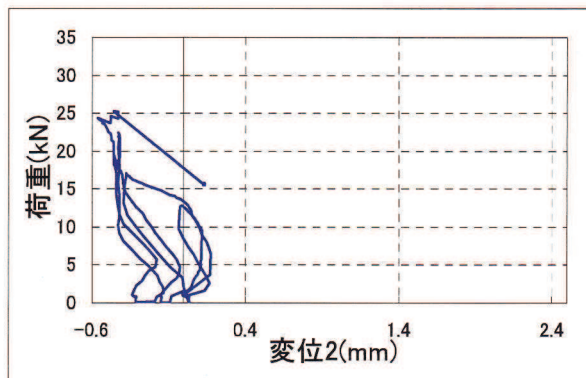


図 3.6. 3. 土台-柱の相対変位(裏)

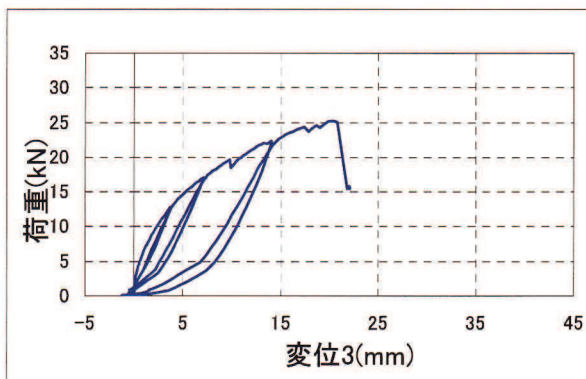


図 3.6. 4. 柱の絶対変位

4. 破壊概要

4. 1 SANJIKU-W-0

破壊概要写真を以下に示す。

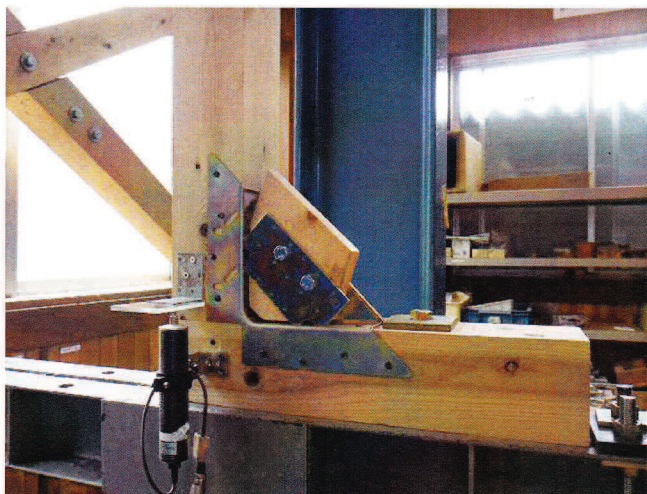


写真4.1.1 試験体全景 (加力前)



写真4.1.2 土台の割れ



写真4.1.3 釘による土台の割れ

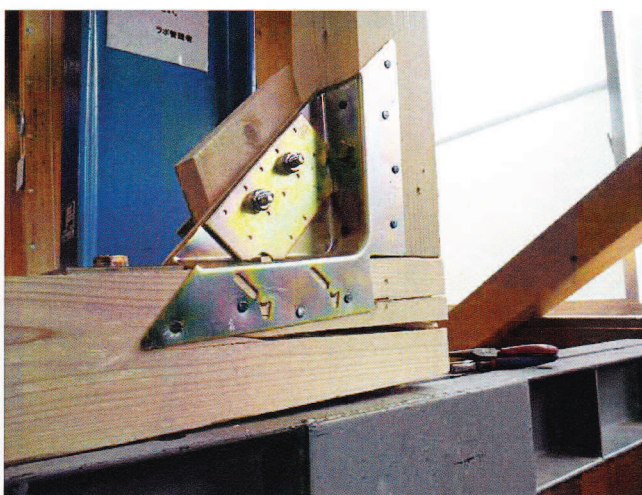


写真4.1.4 釘による土台の割れ

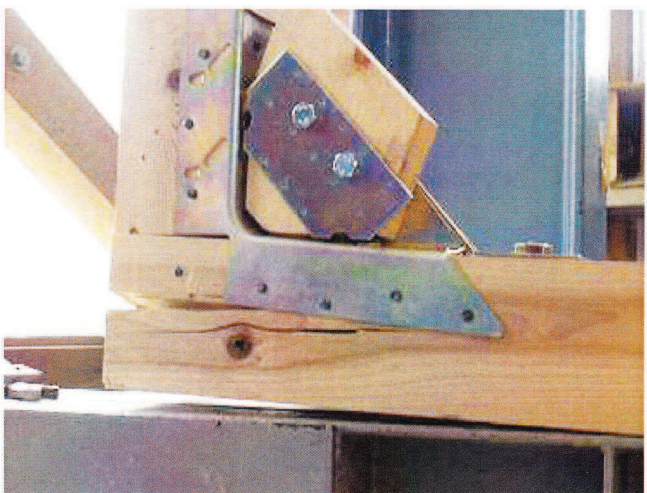


写真4.1.5 土台の浮き上がり



写真4.1.6 座金のめり込み

4. 2 SANJIKU-W-00

破壊概要写真を以下に示す。

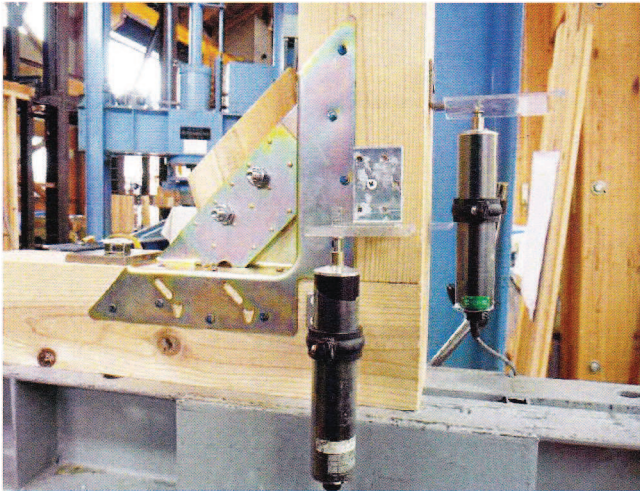


写真4. 2. 1 試験体全景（加力前）

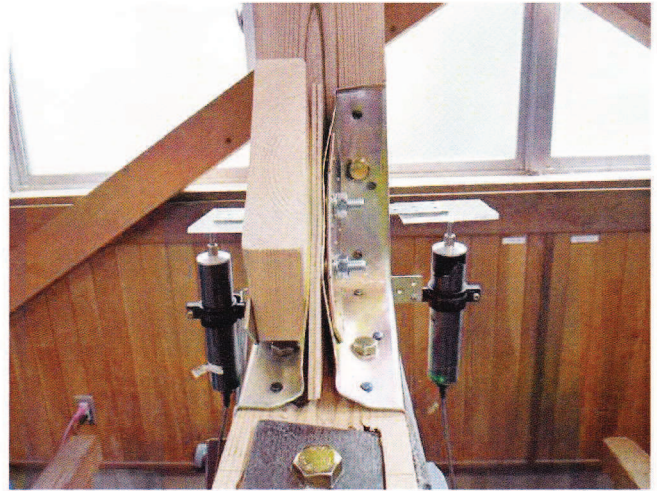


写真4. 2. 2 金物の変形

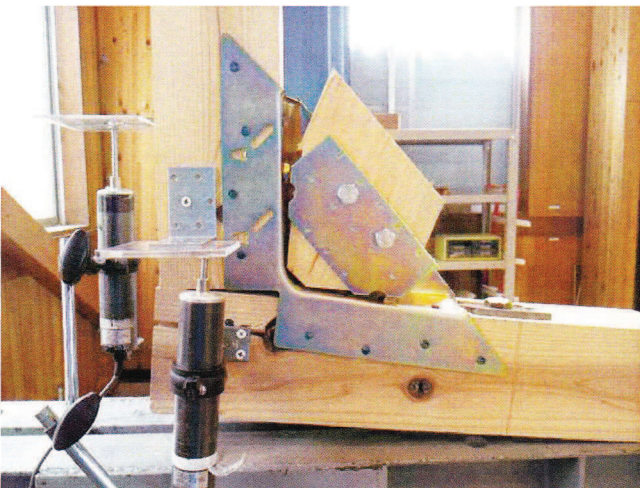


写真4. 2. 3 釘による土台の割れ



写真4. 2. 4 釘による土台の割れ



写真4. 2. 5 土台の浮き上がり

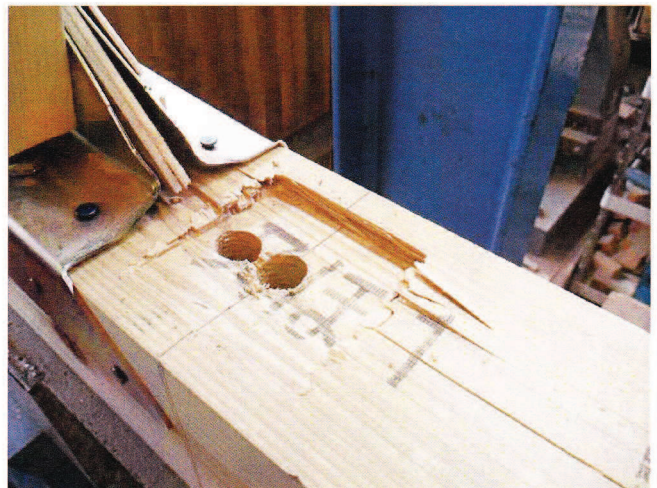


写真4. 2. 6 座金のめり込み

4. 3 SANJIKU-W-1

破壊概要写真を以下に示す。

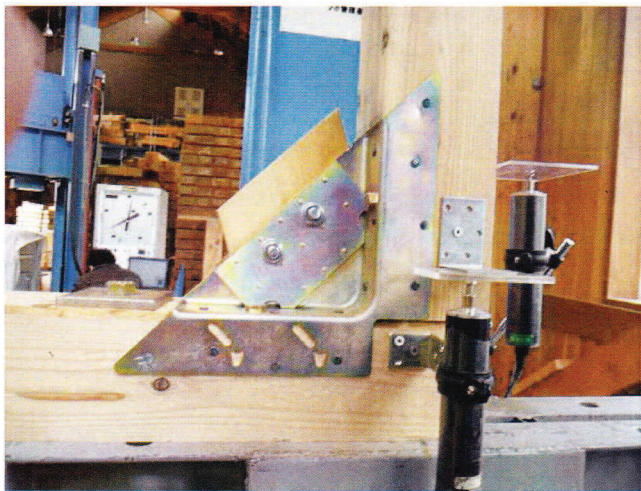


写真4.3.1 試験体全景（加力前）



写真4.3.2 土台の割れ



写真4.3.3 釘による土台の割れ

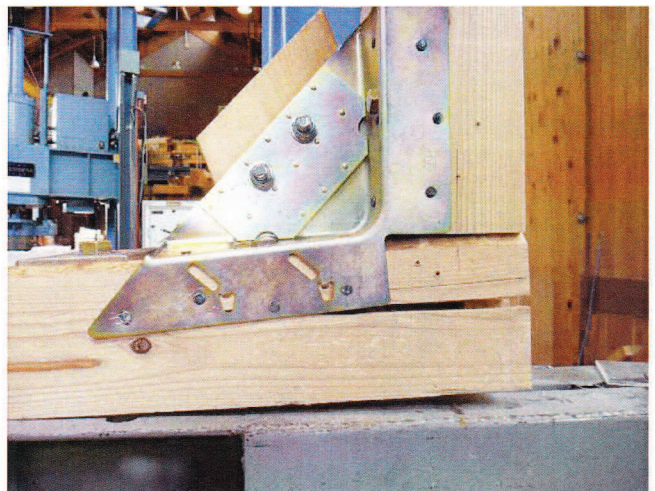


写真4.3.4 釘による土台の割れ



写真4.3.5 土台の浮き上がり



写真4.3.6 座金のめり込み

5. 考察

SANJIKU-Wのばらつきを考慮した短期基準引張耐力は、9.98kNであり、全ての試験体において決定因子は P_y であった。

加力後、全ての試験体において、釘による土台割れが確認された。

試験体SANJIKU-W-1、4、5、6においては、柱の絶対変位が30mmを超える前に最大荷重の80%以下に荷重が低下した

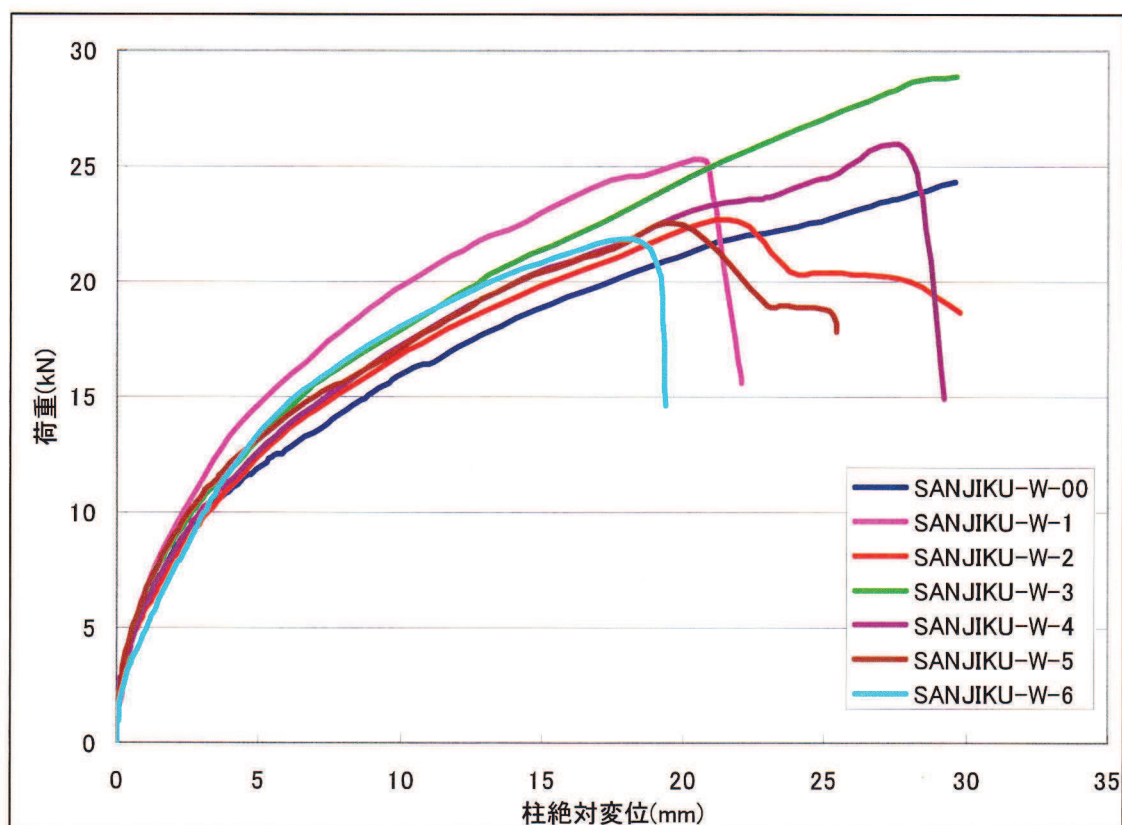


図 5.1.1 荷重－変位曲線まとめ