

長野県産材による耐力壁の開発

山内仁人・伊東嘉文*・吉田孝久・橋爪丈夫*

カラマツを主体とする県産材を用いる耐力壁を開発し、その性能評価を行った。カラマツ筋かい耐力壁の性能は、筋かいの品質によりバラツキが大きく、安定した成績が得られなかった。信州の木認証合板を面材として釘打ちした耐力壁の性能は安定して高かったが、釘・金物の使用量削減を狙い、同合板を落とし込み仕様にした耐力壁は初期剛性が低く高い性能が得られず、施工性にも問題があった。そこで、同合板 12mm 厚を 120mm 角の軸組の片面にはめ込み、釘打ちした耐力壁を作製したところ、初期剛性が向上し、壁倍率も 4.6 で 24mm 合板釘打ち仕様の耐力壁に匹敵する性能が得られた。

キーワード：カラマツ軸組耐力壁、信州の木認証合板、壁倍率、面内せん断試験

1 緒言

蒸気式木材乾燥機の普及や高温セット法¹⁾等の乾燥技術の進展により、乾燥に伴う狂いや割れ、ヤニなどの問題が低減されたことで、カラマツを主とする県産材の心持ち正角材の生産・供給が増加した。また、接着重ね梁や信州の木認証合板などの実用化も進み、これらの技術開発の過程で、部材の強度性能等については相当数のデータが蓄積された。

しかし、現在の住宅建築においては、建築基準法や住宅の品質確保の促進等に関する法律（品確法）の規定により、部材の強度性能のみならず、壁面や床構面の性能を明らかにすることが求められている。そこで、県産構造材を使用し、本県の気候風土に適した耐力壁を開発し、その性能を明らかにすることを目的とし、以下の研究を行った。

- 1) 県産カラマツ・同接着重ね梁を軸組材に使用した筋かい耐力壁の性能評価
- 2) ガラス繊維（以下、GF と略記）補強カラマツ筋かい耐力壁の開発と性能評価
- 3) 信州の木認証合板を面材に使用した耐力壁の性能評価
- 4) 信州の木認証合板を面材に使用した落とし込み耐力壁の開発と性能評価
- 5) 信州の木認証合板を面材に使用したはめ込み耐力壁の開発と性能評価

なお、本研究は 2006～2010 年度交付金課題「地域材による耐力壁の開発と実用化」として実施し、成果の一部は接着重ね梁の製造マニュアル（長野県林業総合センター，2009）等に掲載した。

2 県産カラマツ・同接着重ね梁を軸組材に使用した筋かい耐力壁の性能評価

2.1 目的

カラマツを主体とする県産材で作製した筋かい耐力壁が、建築基準法施行令第 46 条で定められた性能（表 2-1）を満たすかどうかを検証することを目的として、試験を実施した。

2.2 試験方法

建築基準法施行令第 46 条第 4 項表 1 の（八）に基づき、指定性能評価機関が実施する木造の耐力壁の試験・評価の業務方法書（例えば 2～4）に準じ、以下の方法で面内せん断試験を実施した。

2.2.1 試験体

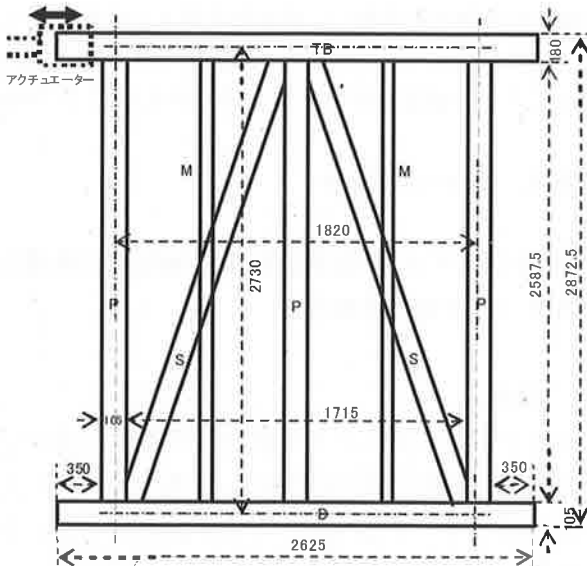
試験体は、軸組の芯-芯寸法が幅 1820×高さ 2730mm の木製筋かい 2P タイプとし、表 2-1 の壁倍率に対応する筋かいの断面寸法（90×15, 30, 45mm）ごとに各 3 体、計 9 体の試験体を作製した。部材は全て県産材で、柱（105mm 角）と間柱（105×30mm）はカラマツ、梁（105×180mm）はカラマツ接着重ね梁、土台（105mm 角）はヒノキ、筋かいはカラマツを使用した（図 2-1）。

なお、部材は全て縦振動法により動的ヤング係数（以下、Efr と略記）を測定し、その値によって 3 段階に分け、筋かいの断面寸法ごとに各段階のものを 1 組ずつ組み合わせ（表 2-2）。また、土台や梁と筋かいの接合部は、各壁倍率の仕様に合わせ、平成 12 年建設省告示第 1460 号の一に定められた構造・金物を使用した（図 2-2～4）。

*元長野県林業総合センター

表 2-1 筋かい耐力壁の壁倍率

筋かい断面寸法		壁倍率
厚さ	幅	
1.5cm以上	9cm以上	1
3cm以上	〃	1.5
4.5cm以上	〃	2



- 各部分材の断面 (mm)
 (TB) カラマツ接着重ね梁: 105 × 180
 (P) カラマツ柱: 105 × 105
 (M) カラマツ間柱: 105 × 30
 (D) ヒノキ土台: 105 × 105
 (S15) カラマツ筋かい: 90 × 15
 (S30) カラマツ筋かい: 90 × 30
 (S45) カラマツ筋かい: 90 × 45

図 2-1 試験体と部材の寸法・樹種

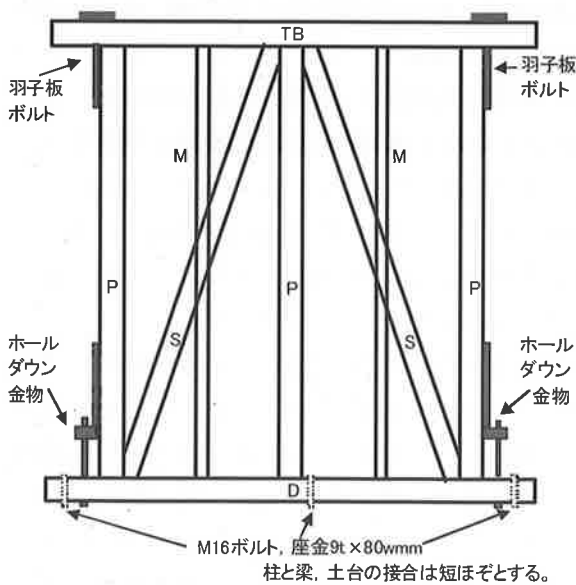


図 2-2 接合部・金物の仕様

表 2-2 各試験体の部材の Efr

仕様・目標壁倍率	カラマツ筋かい90×15mm(壁倍率1倍)		
試験体No	No.1	No.2	No.3
梁	9.63	9.85	10.42
柱1	8.64	9.70	11.60
柱2	9.35	10.46	14.11
柱3	9.19	10.27	12.10
間柱1	9.45	10.66	12.52
間柱2	10.01	11.40	12.95
土台	10.34	12.23	13.29
筋かい1	12.27	13.11	13.56
筋かい2	12.84	13.51	14.81
仕様・目標壁倍率	カラマツ筋かい90×30mm(壁倍率1.5倍)		
試験体No	No.4	No.5	No.6
梁	9.75	9.97	10.85
柱1	8.81	9.98	11.70
柱2	9.41	10.74	14.17
柱3	9.22	10.32	12.47
間柱1	9.67	10.69	12.65
間柱2	10.26	11.69	16.12
土台	10.68	12.81	13.74
筋かい1	12.17	13.12	14.95
筋かい2	13.08	14.82	16.30
仕様・目標壁倍率	カラマツ筋かい90×45mm(壁倍率2倍)		
試験体No	No.7	No.8	No.9
梁	9.76	10.06	11.02
柱1	8.90	10.20	11.82
柱2	9.65	11.09	14.29
柱3	9.30	10.38	12.69
間柱1	9.73	10.92	12.76
間柱2	10.56	12.31	16.47
土台	11.35	13.01	14.06
筋かい1	8.71	10.32	11.84
筋かい2	8.81	11.12	13.07

Efr: 縦振動法により測定した動的ヤング係数

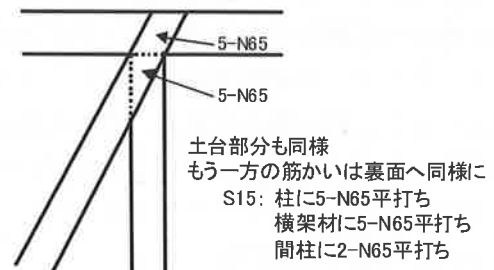


図 2-3 15mm 筋かい試験体接合部詳細

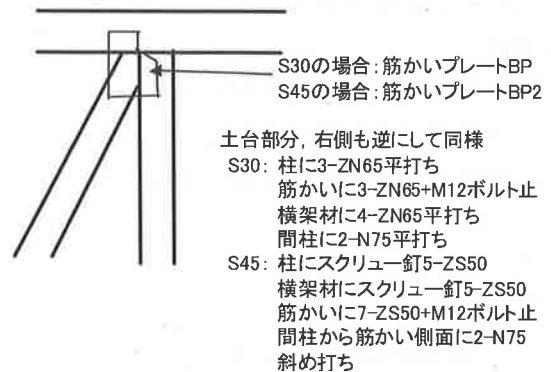


図 2-4 30mm・45mm 筋かい試験体接合部詳細

2.2.2 面内せん断試験

試験は、壁せん断試験機（巴技研 TH20D6002）を用い、指定性能評価機関の試験・評価の業務方法書^{2)~4)}に従い、柱脚固定式で行った。

加力方法は正負交番3回繰り返し加力とし、繰り返しは見かけのせん断変形角（梁の水平変位と土台の水平変位の差/高さ）が1/450, 1/300, 1/200, 1/150, 1/100, 1/75, 1/50radの正負変形時とした。また、最大荷重に達した後、荷重が最大荷重の80%まで低下するか、みかけのせん断変形角が1/15radに達するまで加力し、試験を終了した。

2.3 結果と考察

表2-3に9体の試験体の各種耐力及び各3体の耐力の平均値を統計的処理して算出した壁倍率を示す。また、図2-5~7に各試験体の荷重-変位曲線の3回繰り返しの正のピーク部分を結んだ包絡線を示す。

壁倍率1倍仕様の試験体では3体中2体が1倍を超えたが、1.5倍及び2倍仕様の試験体では各々3体中2体が仕様壁倍率に達しなかった。ま

た、表2-2に示した柱や筋かいなど部材のEfrが高い試験体ほど壁倍率も高かった。

壁倍率は、4種類ある決定因子のうち、最も小さい値で決定するが、9体中7体がPu(0.2/Ds)の耐力を基に決定された。Pu(0.2/Ds)は、降伏耐力時の変形に比して終局（破壊）時の変形が大きい程高く、粘り強さを表すとされる。本試験の結果は、初期剛性が高い割に粘り強さが低いとされる筋かい耐力壁の特徴がよく現れていた。

試験体の破壊は、筋かいの座屈とその後の破断（一部、間柱の割裂・破断）に始まり、その後、筋かい接合部の釘の変形や引き抜け、間柱の土台との接合部の外れ等が生じるものが多かった（写真2-1, 2）。壁倍率の低い試験体は、早期に上記の部分で破壊が生じていたこと、部材のEfrが低い試験体ほど壁倍率も低かったことを併せると、筋かいの品質の良し悪しが、壁せん断耐力に最も影響が大きく、これと中間で支える間柱の品質も重要であると考えられた。

表 2-3 カラマツ筋かい耐力壁の各種耐力・壁倍率

90×15mm筋かい (壁倍率1倍仕様)耐力壁		試験体No			3体の 平均値	標準偏差	変動係数	ばらつき 係数	Pa (kN)	3体の 壁倍率
	No.1	No.2	No.3							
壁倍率	降伏耐力(kN)	4.0	4.6	4.8	4.5	0.416	0.093	0.956	4.3	1.2
算出	Pu(0.2/Ds)	2.7	4.6	4.8	4.0	1.159	0.290	0.863	3.5	1.0
評価値	2/3Pmax(kN)	4.5	4.3	5.7	4.8	0.757	0.158	0.926	4.4	1.2
	1/120radP(kN)	6.3	5.8	6.9	6.3	0.551	0.087	0.959	6.0	1.7
	壁倍率(参考値)	(0.8)	(1.2)	(1.3)						
	最大荷重(kN)	6.8	6.5	8.6	7.3					
90×30mm筋かい (壁倍率1.5倍仕様)耐力壁		試験体No			3体の 平均値	標準偏差	変動係数	ばらつき 係数	Pa (kN)	3体の 壁倍率
	No.4	No.5	No.6							
壁倍率	降伏耐力(kN)	4.0	5.7	6.2	5.3	1.153	0.217	0.898	4.8	1.3
算出	Pu(0.2/Ds)	2.5	3.7	6.9	4.4	2.274	0.516	0.757	3.3	0.9
評価値	2/3Pmax(kN)	5.3	7.2	7.7	6.7	1.266	0.190	0.911	6.1	1.7
	1/120radP(kN)	6.4	8.5	9.4	8.1	1.539	0.190	0.911	7.4	2.1
	壁倍率(参考値)	(0.7)	(1.0)	(1.7)						
	最大荷重(kN)	8.0	10.8	11.6	10.1					
90×45mm筋かい (壁倍率2倍仕様)耐力壁		試験体No			3体の 平均値	標準偏差	変動係数	ばらつき 係数	Pa (kN)	3体の 壁倍率
	No.7	No.8	No.9							
壁倍率	降伏耐力(kN)	7.7	8.7	8.3	8.2	0.503	0.061	0.971	8.0	2.2
算出	Pu(0.2/Ds)	5.8	6.2	8.1	6.7	1.229	0.184	0.913	6.1	1.7
評価値	2/3Pmax(kN)	9.5	10.9	10.4	10.3	0.709	0.069	0.968	10.0	2.8
	1/120radP(kN)	12.5	12.5	13.0	12.7	0.289	0.023	0.989	12.6	3.5
	壁倍率(参考値)	(1.6)	(1.7)	(2.3)						
	最大荷重(kN)	14.3	16.4	15.6	15.4					

2/3Pmax:最大荷重の2/3、1/120radP:1/120ラジアン時の荷重、Pa:短期許容せん断耐力、Pu(0.2/Ds):終局耐力×(0.2/構造特性係数)Ds=1/√(2μ-1)、μ=δu/δv、μ:塑性率、δu:終局変位、δv:降伏変位、ばらつき係数:1-cv×K (K=0.471;n=3の時)壁倍率=Pa/1.96/L(L:壁長=1.83m)---■は各算出評価値の最小値 *()内は各試験体の壁倍率で、ばらつき係数・低減係数は考慮せず。

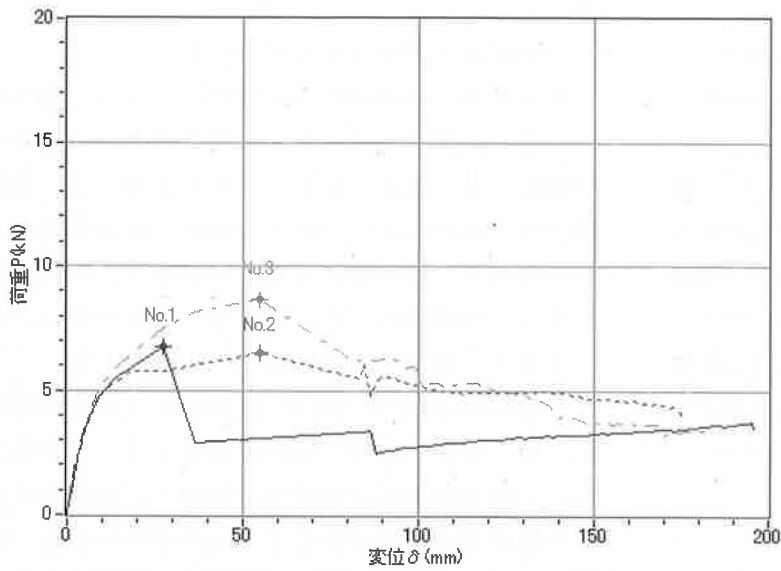


図 2-5 壁倍率 1 倍仕様の筋かい耐力壁試験体の包絡線

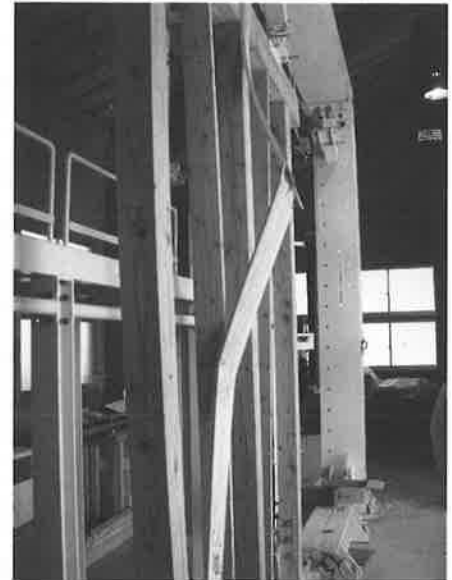


写真 2-1 筋かいの座屈
(No. 1 試験体)

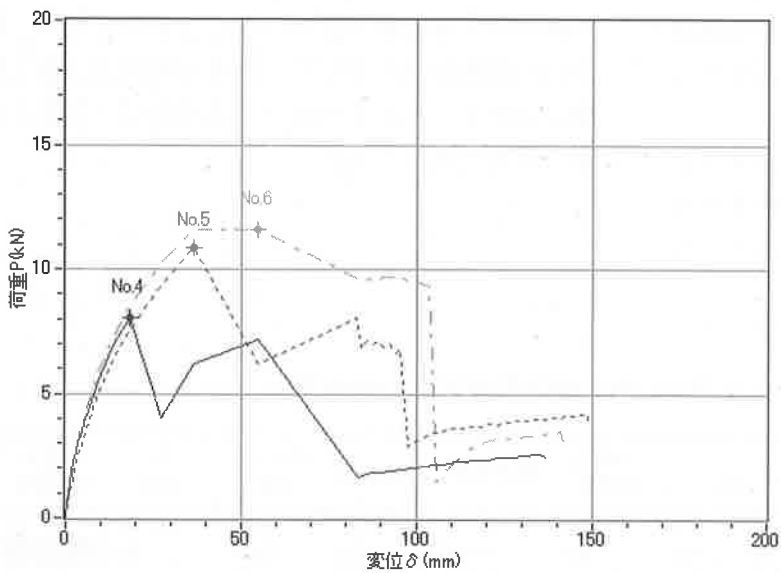


図 2-6 壁倍率 1.5 倍仕様の筋かい耐力壁試験体の包絡線



写真 2-2 釘の変形・引き抜け
(No. 6 試験体)

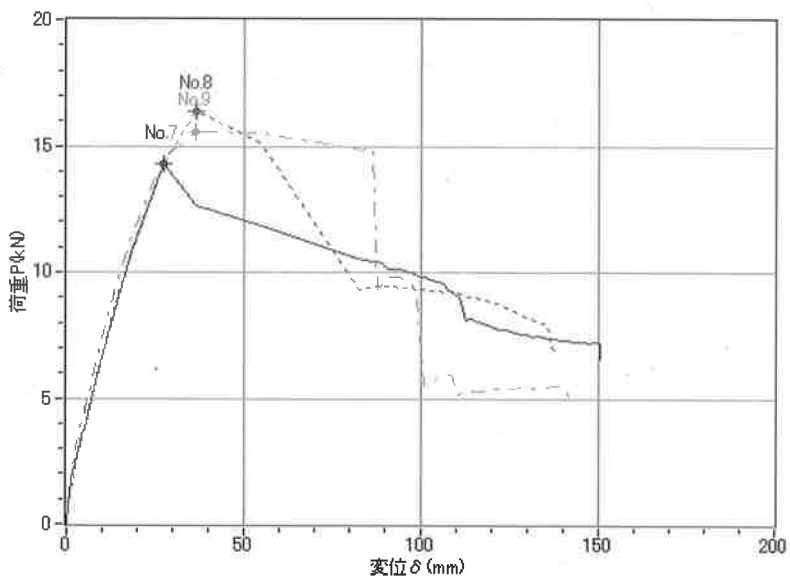


図 2-7 壁倍率 2 倍仕様の筋かい耐力壁試験体の包絡線

3 GF 補強カラマツ筋かい耐力壁の開発と性能評価

3.1 目的

カラマツを筋かいに使用した耐力壁の性能は、筋かいの品質により大きくバラツキ、壁倍率 1.5 倍仕様と 2 倍仕様の試験体では所定の性能に達しなかった。そこで、GF 補強によりカラマツ筋かいの性能向上・安定化を図った耐力壁を作製し、その性能を検証することを目的とした。

3.2 試験方法

試験体は、軸組の芯一芯寸法が幅 1820×高さ 2730mm の木製筋かい 2P タイプとし、部材は全て県産材で、柱 (120mm 角) と間柱 (120×30mm) はカラマツ、梁 (120×180mm) はカラマツ接着重ね梁、土台 (120mm 角) はヒノキを使用した。筋かいはカラマツ (90×30mm) を使用し、計 6 体の試験体のうち、3 体は幅 75mm、厚さ 2mm の GF をエポキシ樹脂接着剤で貼り付け補強し、残り 3 体の対照試験体 (コントロール) は補強なしとした。

なお、柱と筋かいについては Efr を測定し、その値によって 3 段階に分け、GF 補強筋かい試験体・対照試験体それぞれに各段階のものを 1 組ずつ組み合わせさせた (表 3-1)。また、土台や梁と筋かいの接合部は、筋かい 30mm 厚の仕様に合わせた金物 (筋かいプレート BP) を使用したが、GF 補強試験体の 1 体目 (gf3) の試験時に接合部で破壊が生じたため、残り 2 体 (gf1, gf2) の試験ではより大型の金物 (筋かいプレート BP2) を使用した (図 2-4、表 3-1)。

試験は、2.2.2 と同様に、指定性能評価機関の試験・評価の業務方法書に従い、柱脚固定式で行い、加力方法等も 2.2.2 と同じとした。

3.3 結果と考察

表 3-2 に 6 体の試験体の各種耐力と壁倍率を、図 3-1 に各試験体の荷重-変位曲線の 3 回繰り返しの正のピーク部分を結んだ包絡線を示す。

コントロール試験体の壁倍率は 0.9 で、同仕様の標準試験体の基準とされている 1.5 倍に達せず、90mm×15mm の筋かいを使用した場合の 1.0 倍も下回った。一方、GF 補強筋かい耐力壁の壁倍率は 1.6

倍で、90×30mm の筋かい耐力壁の基準を満たし、GF による補強効果が認められた。

また、壁倍率の決定因子は、GF 補強の有無にかかわらず、 $P_u(0.2/D_s)$ の耐力を基に決定されており、初期剛性の高さの割に粘り強さが低いとされる筋かい耐力壁の特徴が現れていた。

耐力の低下原因を見ると、コントロール試験体は筋かい自体の破断や割裂、あるいは間柱の割裂や土台の引き抜けにより耐力が低下していた (写真 3-1)。一方、GF 補強筋かいは、圧縮側の筋かいは GF が貼られていない側に座屈し、急激な耐力の低下が生じた (写真 3-2)。GF が片面貼りのため、表裏の強度が不均衡であったことが原因と考えられる。また、引張り側では梁の接合部が「むしりとられる」ように千切れたり (写真 3-3)、梁・土台・柱の側の釘の引き抜けや破断が多く観察されたが、筋かい自体はほとんど損傷を受けず、GF の釘穴の拡大もわずかであった。

以上のことから、仮に筋かいの両面を GF で補強した耐力壁を作製したとすれば、耐力・壁倍率の向上が期待できるが、費用の面で現実的ではないと考えられる。また、筋かい以外の接合部についても、GF 補強による耐力向上効果は期待できるが、最小限の費用で最大限の補強効果を得られるよう、使い方を工夫・検討する必要がある。

表 3-1 各試験体の部材の Efr

仕様 試験体No	GF補強筋かい耐力壁		
	gf1	gf2	gf3
柱1	9.86	9.98	11.58
柱2	9.14	9.83	10.63
柱3	10.01	10.44	11.94
(柱平均)	9.67	10.08	11.38
筋かい1	7.68	11.20	12.95
筋かい2	10.12	12.62	14.59
(筋かい平均)	8.90	11.91	13.77
使用金物	BP2	BP2	BP
仕様 試験体No	カラマツ筋かい耐力壁(コントロール)		
	c1	c2	c3
柱1	9.96	11.53	11.79
柱2	9.83	10.53	11.34
柱3	10.16	11.86	13.35
(柱平均)	9.99	11.31	12.16
筋かい1	8.88	11.57	14.04
筋かい2	10.88	12.67	15.73
(筋かい平均)	9.88	12.12	14.89
使用金物	BP	BP	BP

表 3-2 GF 補強カラマツ筋かい耐力壁の各種耐力・壁倍率

90×30mm 筋かい耐力壁		試験体No			3体の 平均値	標準偏差	変動係数	ばらつき 係数	Pa (kN)	3体の 壁倍率
		c1	c2	c3						
壁倍率 算出 評価値	降伏耐力(kN)	4.7	6.2	5.5	5.5	0.751	0.136	0.936	5.1	1.4
	Pu(0.2/Ds)	2.6	4.8	3.7	3.7	1.100	0.297	0.860	3.2	0.9
	2/3Pmax(kN)	5.8	8.3	7.1	7.1	1.250	0.176	0.917	6.5	1.8
	1/120radP(kN)	7.8	8.8	8.6	8.4	0.529	0.063	0.970	8.1	2.3
壁倍率(参考値)		(0.7)	(1.3)	(1.0)						
最大荷重(kN)		8.7	12.4	10.6	10.6					

90×30mm筋かい (GF補強)耐力壁		試験体No			3体の 平均値	標準偏差	変動係数	ばらつき 係数	Pa (kN)	3体の 壁倍率
		gf1	gf2	gf3						
壁倍率 算出 評価値	降伏耐力(kN)	6.7	11.6	7.7	8.7	2.589	0.298	0.860	7.5	2.1
	Pu(0.2/Ds)	5.4	6.8	5.8	6.0	0.721	0.120	0.943	5.7	1.6
	2/3Pmax(kN)	11.1	12.6	8.5	10.7	2.074	0.193	0.909	9.7	2.7
	1/120radP(kN)	12.3	13.1	10.2	11.9	1.498	0.126	0.941	11.2	3.1
壁倍率(参考値)		(1.5)	(1.9)	(1.6)						
最大荷重(kN)		16.6	18.9	12.7	16.1					

2/3Pmax:最大荷重の2/3、1/120radP:1/120ラジアン時の荷重、Pa:短期許容せん断耐力、Pu(0.2/Ds):終局耐力×(0.2/構造特性係数)
 $Ds=1/\sqrt{2\mu-1}$ 、 $\mu=\delta u/\delta v$ 、 μ :塑性率、 δu :終局変位、 δv :降伏変位、ばらつき係数:1-cv×K (K=0.471:n=3の時)
 壁倍率=Pa/1.96/L(L:壁長=1.83m) —■は各算出評価値の最小値 *()内は各試験体の壁倍率で、ばらつき係数・低減係数は考慮せず。
 試験体No c1~c3: コントロール試験体 gf1~gf3: GF補強筋かい耐力壁試験体

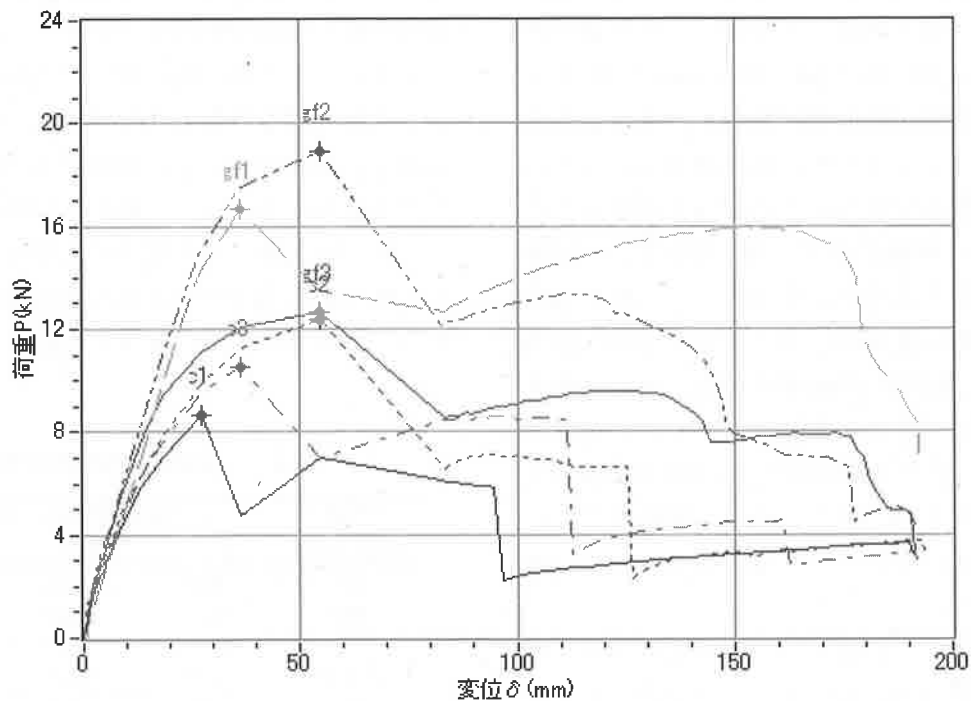


図 3-1 GF 補強筋かい耐力壁及びコントロール試験体の包絡線



写真 3-1 c1 試験体筋かい破断



写真 3-2 gf2 試験体圧縮側筋かい



写真 3-3 gf3 試験体梁破壊部

4 信州の木認証合板を面材に使用した耐力壁の性能評価

4.1 目的

2006 年から生産が始まった信州の木認証合板の需要拡大のため、同合板を面材に使用した耐力壁を作製し、その性能を検証することを目的とした。

4.2 試験方法

試験体は、軸組の芯-芯寸法が幅 1820×高さ 2730mm の 2P タイプとし、柱 (105mm 角), 間柱 (105×30mm), 横棧 (105×50mm), 土台 (105mm 角) にスギ, 梁 (105×180mm) にベイマツを用い、面材に 12mm 厚と 24mm 厚の信州の木認証合板 (カラマツ) を使用した耐力壁を各 3 体, 同寸法で柱, 間柱, 横棧にカラマツ, 土台にヒノキ, 梁にカラマツ接着重ね梁を使用し、面材は同様に 12mm 厚と 24mm 厚の耐力壁を各 3 体ずつ, 計 12 体作製した (図 4-1)。なお, 各 3 体の試験体のうち, 1 体は間柱を設置しない試験体とした。

さらに, 合板の節約や壁体の軽量化, 採光や通風のための小窓の設置等を意図し, 斜めに切断し半割にした 24mm 厚の信州の木認証合板を面材に, 105mm 角と 120mm 角の県産カラマツ (土台のみヒノキ) を軸組に使用した試験体を 3 体ずつ, 計 6 体作製した (図 4-2)。

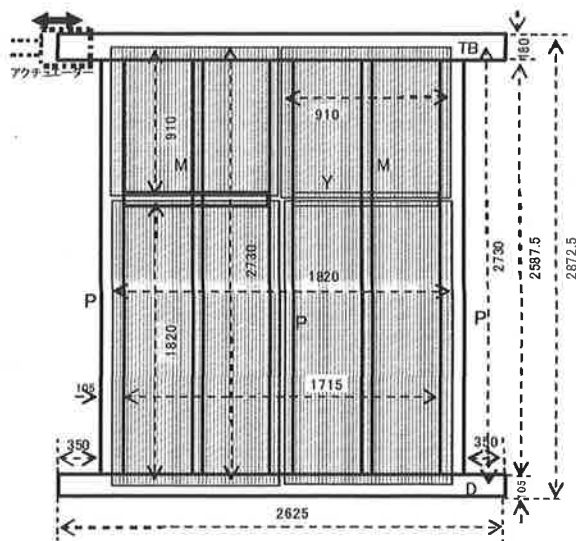


図 4-1 合板試験体概要

なお, 柱とスギの土台については Efr を測定し, その値によって 3 段階に分け, 試験体の仕様ごとに各段階のものを 1 組ずつ組み合わせた (表 4-1)。いずれの試験体も, 面材は 150mm ピッチで軸組に釘打ちした。

試験は, 合板試験体・半割合板試験体ともに, 2.2.2 と同様に指定性能評価機関の試験・評価の業務方法書^{2)~4)}に従い柱脚固定式で行い, 加力方法等も 2.2.2 と同じとした。

表 4-1 各試験体の部材の Efr

仕様 試験体No	12mm合板・スギ105角軸組		
	12S1	12S2	12S3
柱1	8.20	9.48	9.55
柱2	7.21	8.59	9.46
柱3	8.47	9.69	11.12
(柱平均)	7.96	9.25	10.04
土台	5.13	6.06	6.12
間柱	○	○	×
仕様 試験体No	24mm合板・スギ105角軸組		
	24S1	24S2	24S3
柱1	8.04	8.41	9.50
柱2	6.83	7.44	9.23
柱3	8.42	8.48	9.75
(柱平均)	7.76	8.11	9.49
土台	6.37	6.75	6.83
間柱	○	○	×
仕様 試験体No	12mm合板・カラマツ105角軸組		
	12K1	12K2	12K3
柱1	11.27	12.85	13.68
柱2	10.02	12.69	12.80
柱3	12.33	13.97	15.96
(柱平均)	11.21	13.17	14.15
間柱	○	○	×
仕様 試験体No	24mm合板・カラマツ105角軸組		
	24k1	24K2	24K3
柱1	10.19	11.41	13.10
柱2	9.57	10.07	12.72
柱3	11.78	12.49	14.13
(柱平均)	10.51	11.32	13.32
間柱	○	○	×
仕様 試験体No	24mm半割合板・カラマツ105角軸組		
	H10.5-1	H10.5-2	H10.5-3
柱1	11.57	11.99	11.98
柱2	11.12	10.19	11.56
柱3	8.39	9.34	13.16
(柱平均)	10.36	10.51	12.23
仕様 試験体No	24mm半割合板・カラマツ120角軸組		
	H12-1	H12-2	H12-3
柱1	10.65	10.68	10.24
柱2	10.35	9.11	8.46
柱3	11.96	10.74	9.95
(柱平均)	10.99	10.18	9.55

4.3 結果と考察

合板試験体 12 体の各種耐力と壁倍率を表 4-2 に、荷重-変位曲線の 3 回繰り返し時の正のピーク部分を結んだ包絡線を図 4-3~6 に示す。いずれの試験体も、表 2-3 に示した筋かい耐力壁に比べ、耐力・壁倍率は高く、24mm 合板・スギ軸組試験体の壁倍率決定因子が $P_u (0.2/D_s)$ であった他は、いずれも降伏耐力で壁倍率が決定されていた。

なお、24k-3 試験体では、変形が 140mm 付近で急激に荷重が低下しているが、これは、柱脚を固定するホールダウン金物の溶接部が破断し、柱脚と土台の接合部の引き抜けが生じたことによるものである (写真 4-1)。

スギ軸組の試験体とカラマツ軸組の試験体を比較すると、カラマツの方が、各種耐力で若干高い値を示したが、12mm 合板の試験体の壁倍率では、

スギの 2.6 倍に対し、カラマツは 2.8 倍、24mm 合板の試験体でスギの 4.4 倍に対しカラマツ 5.1 倍とその差はわずかだった。また、間柱の有無は耐力にほとんど影響しないと考えられた。



写真 4-1 柱脚固定金物破断 (24k-3 試験体)

表 4-2 信州の木認証合板を面材に使用した耐力壁の耐力・壁倍率

12mm合板・スギ柱 ・ベイマツ梁耐力壁	試験体No			3体の 平均値	標準偏差	変動係数	ばらつき 係数	Pa (kN)	3体の 壁倍率
	12S-1	12S-2	12S-3						
降伏耐力(kN)	8.9	11.2	9.2	9.8	1.250	0.128	0.940	9.2	2.6
壁倍率 算出 Pu(0.2/Ds)	9.8	10.0	10.1	10.0	0.153	0.015	0.993	9.9	2.8
評価値 2/3Pmax(kN)	9.9	10.3	10.1	10.1	0.200	0.020	0.991	10.0	2.8
1/120radP(kN)	10.1	11.5	10.4	10.7	0.737	0.069	0.968	10.4	2.9
壁倍率 (参考値)	(2.5)	(2.8)	(2.6)						
最大荷重(kN)	14.8	15.4	15.1	15.1					
12mm合板・カラマツ柱 ・接着重ね梁耐力壁	試験体No			3体の 平均値	標準偏差	変動係数	ばらつき 係数	Pa (kN)	3体の 壁倍率
	12K-1	12K-2	12K-3						
降伏耐力(kN)	10.9	9.8	10.5	10.4	0.557	0.054	0.975	10.1	2.8
壁倍率 算出 Pu(0.2/Ds)	14.6	15.7	12.6	14.3	1.572	0.110	0.948	13.6	3.8
評価値 2/3Pmax(kN)	13.4	11.9	12.5	12.6	0.755	0.060	0.972	12.2	3.4
1/120radP(kN)	13.1	13.3	12.8	13.1	0.252	0.019	0.991	13.0	3.6
壁倍率(参考値)	(3.1)	(2.7)	(2.9)						
最大荷重(kN)	20.1	17.8	18.7	18.9					
24mm合板・スギ柱 ・ベイマツ梁耐力壁	試験体No			3体の 平均値	標準偏差	変動係数	ばらつき 係数	Pa (kN)	3体の 壁倍率
	24S-1	24S-2	24S-3						
降伏耐力(kN)	15.8	15.8	16.3	16.0	0.289	0.018	0.992	15.9	4.5
壁倍率 算出 Pu(0.2/Ds)	14.5	17.6	17.9	16.7	1.882	0.113	0.947	15.8	4.4
評価値 2/3Pmax(kN)	19.4	17.8	18.1	18.4	0.850	0.046	0.978	18.0	5.0
1/120radP(kN)	15.1	17.6	17.8	16.8	1.504	0.089	0.958	16.1	4.5
壁倍率(参考値)	(4.1)	(4.4)	(4.6)						
最大荷重(kN)	29.1	26.7	27.2	27.7					
24mm合板・カラマツ柱 ・接着重ね梁耐力壁	試験体No			3体の 平均値	標準偏差	変動係数	ばらつき 係数	Pa (kN)	3体の 壁倍率
	24K-1	24K-2	24K-3						
降伏耐力(kN)	17.5	18.9	20.6	19.0	1.552	0.082	0.961	18.3	5.1
壁倍率 算出 Pu(0.2/Ds)	20.5	20.6	19.1	20.1	0.839	0.042	0.980	19.7	5.5
評価値 2/3Pmax(kN)	19.7	21.7	25.5	22.3	2.946	0.132	0.938	20.9	5.9
1/120radP(kN)	20.2	20.9	22.0	21.0	0.907	0.043	0.980	20.6	5.8
壁倍率(参考値)	(4.9)	(5.3)	(5.4)						
最大荷重(kN)	29.6	32.6	38.3	33.5					

2/3Pmax:最大荷重の2/3、1/120radP:1/120ラジアン時の荷重、Pa:短期許容せん断耐力、Pu(0.2/Ds):終局耐力×(0.2/構造特性係数)
 $D_s=1/\sqrt{2\mu}-1$ 、 $\mu=\delta u/\delta v$ 、 μ :塑性率、 δu :終局変位、 δv :降伏変位、ばらつき係数:1-cv×K (K=0.471:n=3の時)
 壁倍率=Pa/1.96/L(L:壁長=1.83m) —■は各算出評価値の最小値 * ()内は各試験体の壁倍率で、ばらつき係数・低減係数は考慮せず。

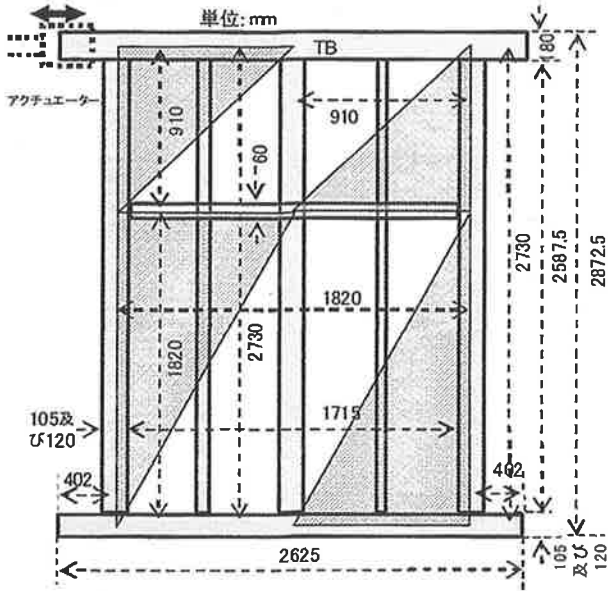


図 4-2 斜め半割合板試験体概要

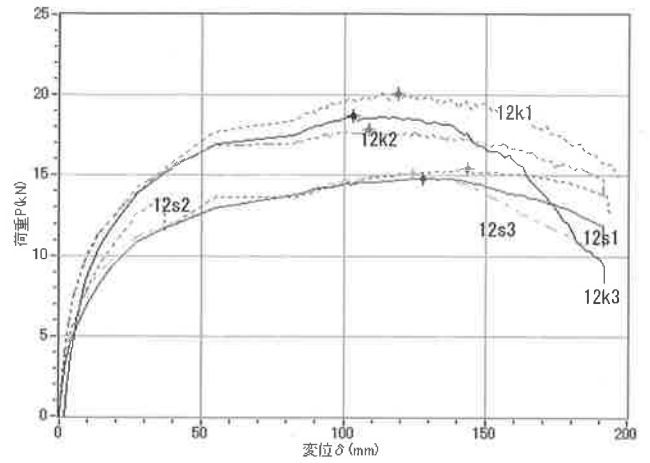


図 4-5 12mm 合板耐力壁の包絡線

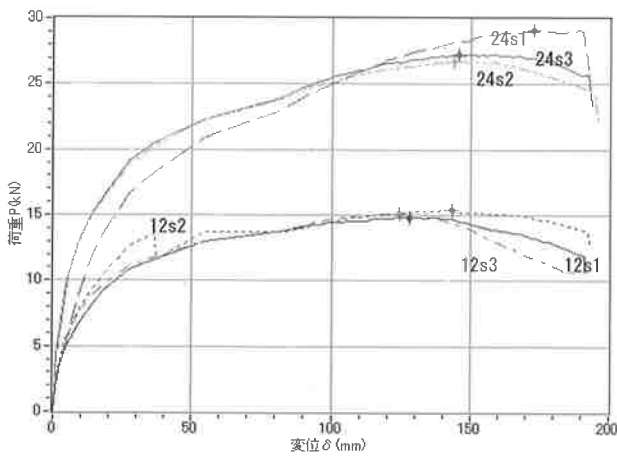


図 4-3 スギ柱・ベイマツ梁耐力壁の包絡線

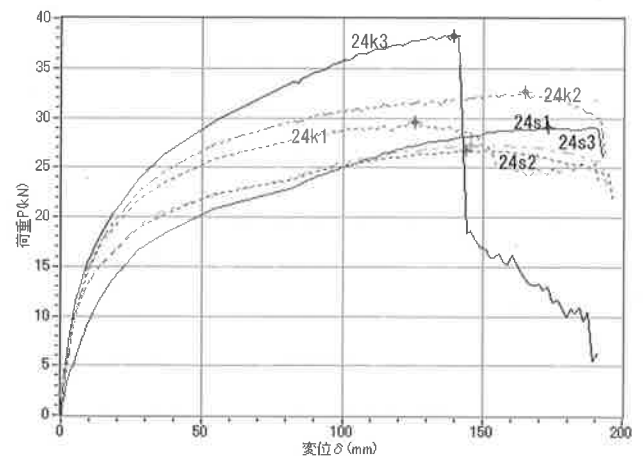


図 4-6 24mm 合板耐力壁の包絡線

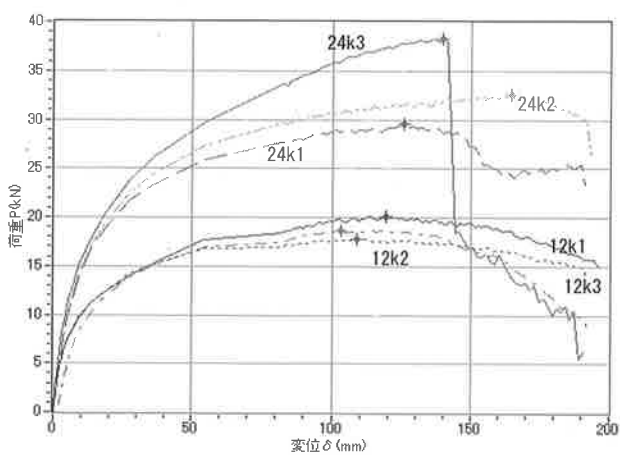


図 4-4 カラマツ柱・接着重ね梁耐力壁の包絡線

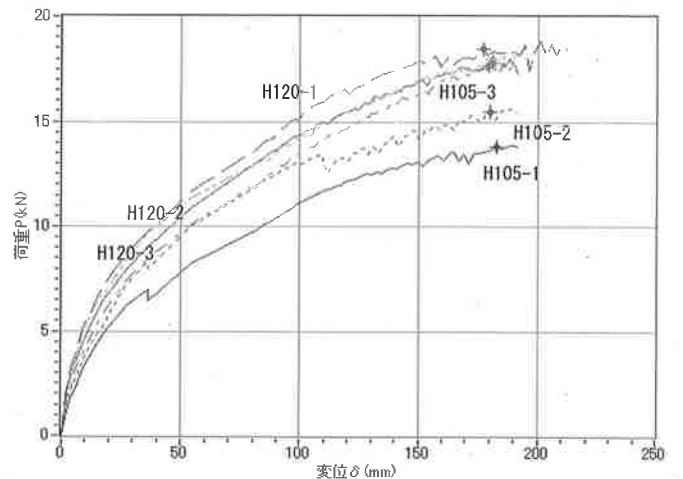


図 4-7 斜め半割合板耐力壁の包絡線

一方、12mm 合板の試験体に比べ、24mm 合板の試験体の壁倍率は、スギで69%、カラマツで82%の向上がみられ、合板の厚さの方が耐力・壁倍率への影響が大きかった。

壁倍率と柱のEfr の関係を見ると、24mm 合板では相関が高く、12mm 合板では相関関係が認められなかった(図4-8)。105mm角のスギ・カラマツの軸組に対し、24mm 合板は合板のせん断変形や釘のめり込み等、面材側の剛性・強度等が耐力の支配要因とならず、Efr に現れる柱の剛性・強度等が支配要因となり、逆に12mm 合板の試験体では、面材側に耐力の支配要因があったと考えられる。

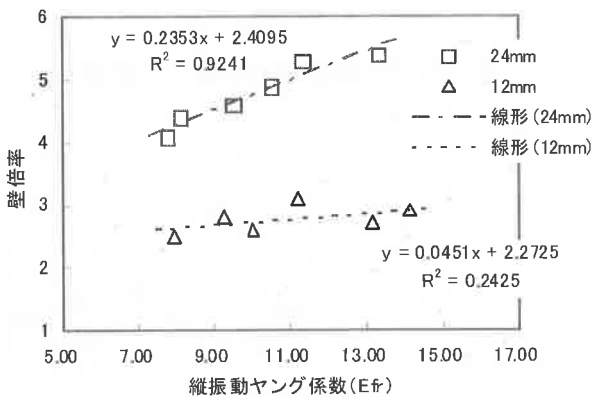


図 4-8 柱の Efr と壁倍率の関係

合板の性能は比較的バラツキが少なく、また、釘の引き抜け・めり込み等面材側に耐力の支配要因がある場合は、降伏後の耐力低下が比較的ゆるやかなのに対し、24k3 試験体のように、合板の厚みを増し、高い Efr の軸組と組み合わせた場合は、耐力は高くなるが、限界値を超えたとき、急激に耐力が低下する可能性がある。従って105mm角の軸組に対して24mm厚の合板を面材として使用することは、得策ではないと思われた。

一方、斜め半割にした24mm厚の合板を面材とした耐力壁の各種耐力・壁倍率は表4-3のとおりで、105mm角軸組の試験体で1.6倍、120mm角の試験体で2.0倍だった。いずれも、表4-2に示した24mm合板の試験体の耐力の50%に満たず、12mm合板の試験体の壁倍率も下回った。また、壁倍率の決定因子は、ほとんどPu(0.2/Ds)で、降伏耐力で壁倍率が決定することが多かった全面合板張りの耐力壁とは異なる傾向を示した(表4-3, 図4-7)。

軸組の接合部の補強効果が合板を斜めにカットしたことで低減し、釘の本数が減った分、釘のせん断・引き抜き抵抗も減少したことが上記の原因と考えられるが、斜め半割した24mm合板は12mm合板1枚と同等の材積で、その12mm合板を全面に張った試験体の方が耐力が高かったことなどから、今回作製した斜め半割合板の使用効果は比較的低いと考えられる。但し、合板の設置位置・方向等による耐力の向上を検討する余地はあり、今後の検討課題である。

表 4-3 斜め半割合板を面材に使用した耐力壁の耐力・壁倍率

24mm斜め半割合板 105角カラマツ軸組耐力壁		試験体No			3体の 平均値	標準偏差	変動係数	ばらつき 係数	Pa (kN)	3体の 壁倍率
	h105-1	h105-2	h105-3							
壁倍率	降伏耐力(kN)	6.4	8.6	8.3	7.8	1.193	0.153	0.928	7.2	2.0
算出	Pu(0.2/Ds)	5.6	5.8	6.4	5.9	0.416	0.071	0.967	5.7	1.6
評価値	2/3Pmax(kN)	9.1	10.3	11.9	10.4	1.405	0.135	0.936	9.7	2.7
	1/120radP(kN)	5.5	6.3	6.7	6.2	0.611	0.098	0.954	5.9	1.7
	壁倍率(参考値)	(1.5)	(1.6)	(1.8)						
	最大荷重(kN)	13.7	15.4	17.8	15.6					
24mm斜め半割合板 120角カラマツ軸組耐力壁		試験体No			3体の 平均値	標準偏差	変動係数	ばらつき 係数	Pa (kN)	3体の 壁倍率
	h120-1	h120-2	h120-3							
壁倍率	降伏耐力(kN)	9.0	9.2	8.8	9.0	0.200	0.022	0.990	8.9	2.5
算出	Pu(0.2/Ds)	7.7	7.2	6.8	7.2	0.451	0.062	0.971	7.0	2.0
評価値	2/3Pmax(kN)	12.3	12.0	11.8	12.0	0.252	0.021	0.990	11.9	3.3
	1/120radP(kN)	8.0	7.6	7.2	7.6	0.400	0.053	0.975	7.4	2.1
	壁倍率(参考値)	(2.2)	(2.0)	(1.9)						
	最大荷重(kN)	18.5	18.0	17.7	18.1					

2/3Pmax:最大荷重の2/3、1/120radP:1/120ラジアン時の荷重、Pa:短期許容せん断耐力、Pu(0.2/Ds):終局耐力×(0.2/構造特性係数)
 Ds=1/√(2μ-1)、μ=δu/δv、μ:塑性率、δu:終局変位、δv:降伏変位、ばらつき係数:1-cv×K (K=0.471:n=3の時)
 壁倍率=Pa/L.96/L(L:壁長=1.83m)---■は各算出評価値の最小値 *()内は各試験体の壁倍率で、ばらつき係数・低減係数は考慮せず。

5 信州の木認証合板を面材に使用した落とし込み耐力壁の開発と性能評価

5.1 目的

建築基準法や品確法等で、耐震・安全性能の向上・明示化が謳われる一方で、金物等の多用を良しとせず、極力その使用を控えた家づくりを指向する建築士、工務店等も少なくない。そこで、そうしたユーザーにも訴求する構法の開発を目指し、信州の木認証合板を使用し、釘をほとんど使用しない落とし込み耐力壁を作製し、その性能を検証した。

5.2 試験方法

試験体は、軸組の芯-芯寸法が幅 1820×高さ 2730mm の 2P タイプとし、柱(105mm 角)と横棧(105×60mm)はカラマツ、梁(105×180mm)はカラマツ接着重ね梁、土台(120mm 角)はヒノキを用いた。面材は 12mm 厚と 24mm 厚の信州の木認証合板(カラマツ)を、柱の横及び梁と横棧の下側に施した幅 14mm と 26mm、深さ 16mm の溝に落とし込み、面材は一切釘打ちせず、横棧と柱の接合部のみ釘 2 本打ちとした試験体を各 3 体、計 6 体作製した(図 5-1, D12 試験体, D24 試験体)。

また、上記の仕様のうち、横棧の寸法を 105mm×52.5mm に、土台をカラマツに変更し、さらに柱と横棧の接合部を金物補強(写真 5-1)した上、土台と横棧の上部に合板のはずれ止め用材を釘打ちした試験体(図 5-2, 12M・24M 試験体)を各 3 体、計 6 体作製した。

さらに、接合金物や合板はずれ止め用材の効果を確認するため、24M 試験体と柱の縦振動ヤング係数を同程度に揃え、はずれ止め用材と接合金物は使用せず横棧と柱の接合部をほぞ継とした試験体(図 5-1, 24N 試験体)も 3 体作製した。各試験体の Efr を、表 5-1 に示す。

試験は、2.2.2 と同様に指定性能評価機関の試験・評価の業務方法書^{2)~4)}に従い、柱脚固定式で行い、加力方法等も 2.2.2 と同じとした。



写真 5-1 柱・横棧接合部金物

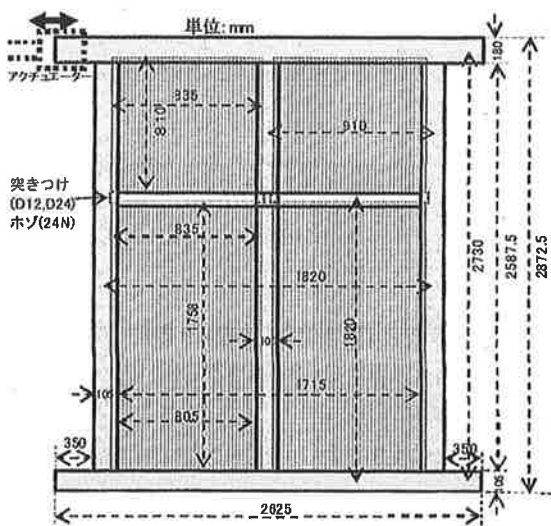


図 5-1 合板落とし込み耐力壁概要
(D12・D24・24N 試験体)

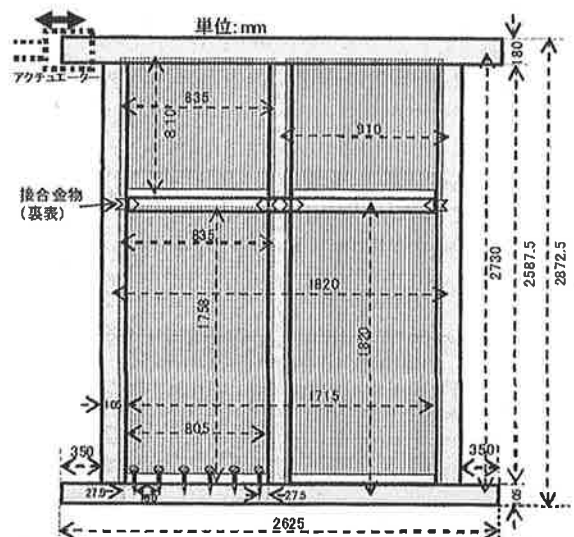


図 5-2 合板落とし込み耐力壁概要
(12M・24M 試験体)

表 5-1 各試験体の Efr

仕様	12mm合板落とし込み・105角軸組		
試験体No	D12-1	D12-2	D12-3
柱1	11.65	10.20	9.83
柱2	11.77	11.46	9.46
柱3	11.30	10.29	6.49
(柱平均)	11.57	10.65	8.59
仕様	24mm合板落とし込み・105角軸組		
試験体No	D24-1	D24-2	D24-3
柱1	9.69	10.85	9.37
柱2	10.32	9.04	10.77
柱3	11.15	12.25	11.25
(柱平均)	10.39	10.71	10.47
仕様	24N-1		
試験体No	24N-1	24N-2	24N-3
柱1	8.87	9.16	7.35
柱2	11.40	10.52	12.70
柱3	9.36	10.14	9.97
(柱平均)	9.88	9.94	10.01
仕様	24M-1		
試験体No	24M-1	24M-2	24M-3
柱1	8.98	8.99	9.18
柱2	11.30	10.81	10.51
柱3	9.37	10.00	10.30
(柱平均)	9.88	9.93	10.00
仕様	12M-1		
試験体No	12M-1	12M-2	12M-3
柱1	9.00	8.72	8.45
柱2	10.71	11.43	11.46
柱3	10.09	9.71	9.99
(柱平均)	9.93	9.95	9.96

さらに低下した (表 5-2, 図 5-4)。



写真 5-2 D12-3 試験体 (試験後)

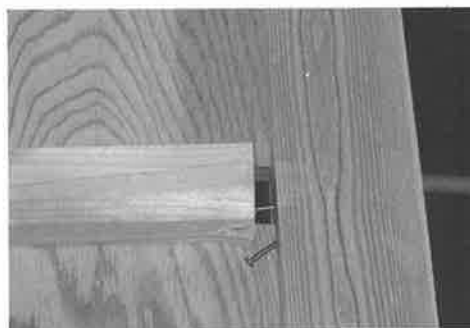


写真 5-3 D24-1 試験体 (柱・横棧接合部)

5.3 結果と考察

合板落とし込み試験体 12 体の各種耐力と壁倍率を表 5-2 に、荷重-変位曲線の 3 回繰り返しの正のピーク部分を結んだ包絡線を図 5-3~4 に示す。

D-12 試験体の壁倍率は 0.8, D-24 試験体の壁倍率は 1.2 で、同じ 12mm 厚・24mm 厚の合板を釘打ちした耐力壁の壁倍率 (表 4-2) を大きく下回った。

壁倍率決定因子は、いずれも 1/120rad 時の耐力で、特に D-12 試験体では初期剛性が低く、また変位が大きくなると湾曲し、枠から離脱寸前の状況となった (写真 5-2)。一方、D-24 試験体では湾曲は生じなかったが、柱と横棧の接合部で破壊が生じた (写真 5-3)。

12M 試験体と 24M 試験体では、D-12・D-24 試験体で生じた湾曲や柱・横棧の接合部での破壊を防ぐために、合板の外れ止め用材とほぞ・接合金物を設けた。しかし、期待に反し、12M・24M 試験体の壁倍率はともに 0.6 で、D-12・D-24 試験体より

合板を溝に落とし込む際に、施工性を向上させるため、溝幅をやや広げたことで、初期剛性がさらに低下したためと考えられる。

一方、合板外れ止め用材や接合金物などを一切用いていない 24N 試験体の壁倍率は 0.8 であった。3 体の耐力・包絡線のバラツキが比較的少なかった 12M・24M 試験体と異なり、24N 試験体はバラツキが大きく、特に 24N-2 試験体の初期剛性が高かったことが原因である。

しかし、初期剛性向上のために溝幅を狭くすると、軸組みに現場で面材を取り付けるのが困難になり、工場パネル化する場合等を除き、施工性が著しく低下すると考えられる。

また、24N-2 試験体は初期剛性は比較的高かったが、反面、耐力の低下も急であった (図 5-4)。溝幅をせまくすることで初期剛性は向上しても、粘り強さは得られず、耐力向上の手法としても望ましくないと考えられる。

以上の検討結果から、釘や金物を極力使用しない合板落とし込み試験体は、合板を釘止めした試験体に比べ耐力・壁倍率で大きく劣り、筋かい耐力壁と比べてもやや低く、構法として推奨できるような利点は見い出せなかった。

表 5-2 合板落とし込み耐力壁の各種耐力・壁倍率

12mm合板落とし込み 105角カラマツ軸組耐力壁		試験体No			3体の 平均値	標準偏差	変動係数	ばらつき 係数	Pa (kN)	3体の 壁倍率
		D12-1	D12-2	D12-3						
壁倍率	降伏耐力(kN)	6.9	7.3	5.0	6.4	1.229	0.192	0.910	5.8	1.6
算出	Pu(0.2/Ds)	5.5	4.9	3.1	4.5	1.249	0.278	0.869	3.9	1.1
評価値	2/3Pmax(kN)	9.3	10.3	8.3	9.3	1.000	0.108	0.949	8.8	2.5
	1/120radP(kN)	5.1	3.6	2.0	3.6	1.550	0.431	0.797	2.9	0.8
	壁倍率(参考値)	(1.4)	(1.0)	(0.6)						
	最大荷重(kN)	13.9	15.4	12.5	13.9					
24mm合板落とし込み 105角カラマツ軸組耐力壁		試験体No			3体の 平均値	標準偏差	変動係数	ばらつき 係数	Pa (kN)	3体の 壁倍率
		D24-1	D24-2	D24-3						
壁倍率	降伏耐力(kN)	8.7	9.5	9.0	9.1	0.404	0.044	0.979	8.9	2.5
算出	Pu(0.2/Ds)	5.2	5.3	4.7	5.1	0.321	0.063	0.970	4.9	1.4
評価値	2/3Pmax(kN)	11.5	13.1	11.9	12.2	0.833	0.068	0.968	11.8	3.3
	1/120radP(kN)	5.2	4.6	4.0	4.6	0.600	0.130	0.939	3.3	1.2
	壁倍率(参考値)	(1.5)	(1.3)	(1.1)						
	最大荷重(kN)	17.2	19.6	17.9	18.2					
12mm合板落とし込み・接合 金物・外れ止使用(12M)		試験体No			3体の 平均値	標準偏差	変動係数	ばらつき 係数	Pa (kN)	3体の 壁倍率
		12M-1	12M-2	12M-3						
壁倍率	降伏耐力(kN)	9.7	8.9	9.8	9.5	0.493	0.052	0.976	9.3	2.6
算出	Pu(0.2/Ds)	4.1	4.7	5.4	4.7	0.651	0.138	0.935	4.4	1.2
評価値	2/3Pmax(kN)	11.9	11.5	12.8	12.1	0.666	0.055	0.974	11.8	3.3
	1/120radP(kN)	1.4	2.3	4.4	2.7	1.539	0.570	0.732	2.0	0.6
	壁倍率(参考値)	(0.4)	(0.6)	(1.2)						
	最大荷重(kN)	17.9	17.3	19.2	18.1					
24mm合板落とし込み・接合 金物・外れ止使用(24M)		試験体No			3体の 平均値	標準偏差	変動係数	ばらつき 係数	Pa (kN)	3体の 壁倍率
		24M-1	24M-2	24M-3						
壁倍率	降伏耐力(kN)	11.5	11.4	13.0	12.0	0.896	0.075	0.965	11.6	3.3
算出	Pu(0.2/Ds)	5.8	5.4	5.4	5.5	0.231	0.042	0.980	5.4	1.5
評価値	2/3Pmax(kN)	14.7	14.1	14.4	14.4	0.300	0.021	0.990	14.3	4.0
	1/120radP(kN)	1.8	3.0	2.5	2.4	0.603	0.250	0.882	2.1	0.6
	壁倍率(参考値)	(0.5)	(0.8)	(0.7)						
	最大荷重(kN)	22.1	21.2	21.6	21.6					
24mm合板落とし込み 釘・金物不使用(24N)		試験体No			3体の 平均値	標準偏差	変動係数	ばらつき 係数	Pa (kN)	3体の 壁倍率
		24N-1	24N-2	24N-3						
壁倍率	降伏耐力(kN)	9.6	10.9	8.4	9.6	1.250	0.130	0.939	9.0	2.5
算出	Pu(0.2/Ds)	5.5	7.4	4.7	5.9	1.387	0.236	0.889	5.2	1.5
評価値	2/3Pmax(kN)	12.3	11.5	11.6	11.8	0.436	0.037	0.983	11.6	3.3
	1/120radP(kN)	3.7	9.4	1.6	4.9	4.036	0.824	0.612	3.0	0.8
	壁倍率(参考値)	(1.0)	(2.1)	(0.4)						
	最大荷重(kN)	18.5	17.2	17.4	17.7					

2/3Pmax:最大荷重の2/3、1/120radP:1/120ラジアン時の荷重、Pa:短期許容せん断耐力、Pu(0.2/Ds):終局耐力×(0.2/構造特性係数)
 Ds=1/√(2μ-1)、μ=δu/δv、μ:塑性率、δu:終局変位、δv:降伏変位、ばらつき係数:1-cv×K (K=0.471:n=3の時)
 壁倍率=Pa/1.96/L(L:壁長=1.83m)---■は各算出評価値の最小値 *()内は各試験体の壁倍率で、ばらつき係数・低減係数は考慮せず。

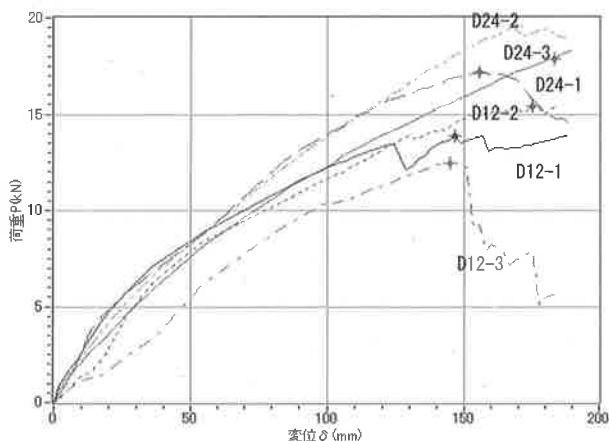


図 5-3 合板落とし込み耐力壁(D12, D24)の包絡線

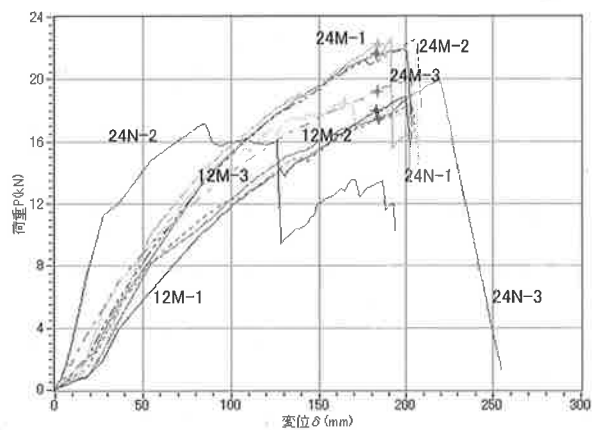


図 5-4 同(24N, 24M, 12M)の包絡線

6 信州の木認証合板を面材に使用したはめ込み耐力壁の開発と性能評価

6.1 目的

第5章では、面材合板を落とし込み式とし、釘・金物の使用量の削減を図った耐力壁の検討を行った。しかし、面材を落とし込む溝幅が狭いと施工性が悪く、溝幅を広げると初期剛性が低下し、壁倍率が低くなってしまい、合板を釘打ちした耐力壁や、筋かい耐力壁に比べ、大幅な利点のある耐力壁とはならなかった。

そこで、軸組に合板の厚さ分の切り欠きを設け、そこに合板をはめ込み釘打ちすることで、施工性と初期剛性の向上を図った試験体を作製し、その性能を検証した。

なお、4～5章の試験体はカラマツ認証合板を用いて作製したが、2010年よりカラマツ・スギハイブリッド合板の生産が始まり、信州の木認証合板の生産の主力となったため、本章ではカラマツ・スギハイブリッド合板を対象として検討を行った。また、軸組材も近年施工事例が増えている120mm角を対象とした。

6.2 試験方法

試験体は、軸組の芯-芯寸法が幅1860×高さ2730mmの2Pタイプとした。軸組材はいずれも高温セット乾燥した県産材で、柱(120mm角)と横棧(120×80mm)、梁(120×180mm)はカラマツ、土台(120mm角)はヒノキを使用し、接合部は短ほぞ・N90釘2本の斜め打ちとした。

また、軸組が面材と接する部分に深さ12mmの切り欠きを設け、そこに面材をはめ込み、N50釘を145mmピッチで打ちつけることとした。面材にはカラマツ・スギハイブリッド合板の12mm厚を用い、同合板3枚を片面全面に張った試験体(Aタイプ)と、同合板4枚を軸組の両面の上下に張った腰・垂れ壁試験体(Bタイプ)を作製した(図6-1～3)。

なお、Bタイプの試験体は、採光・通風等のための小窓の設置を考慮し、中間部の面材を敢えて張らなかった。

試験は、指定性能評価機関の試験・評価の業務方法書^{2)~4)}に従い、タイロッド式で行った。

加力方法は正負交番3回繰り返し加力とし、繰り返しは真のせん断変形角が1/600, 1/450, 1/300, 1/200, 1/150, 1/100, 1/75, 1/50radの正負変形時とした。また、最大荷重に達した後、荷重が最大荷重の80%まで低下するか、みかけのせん断変形角が1/15radに達するまで加力し、試験を終了した。

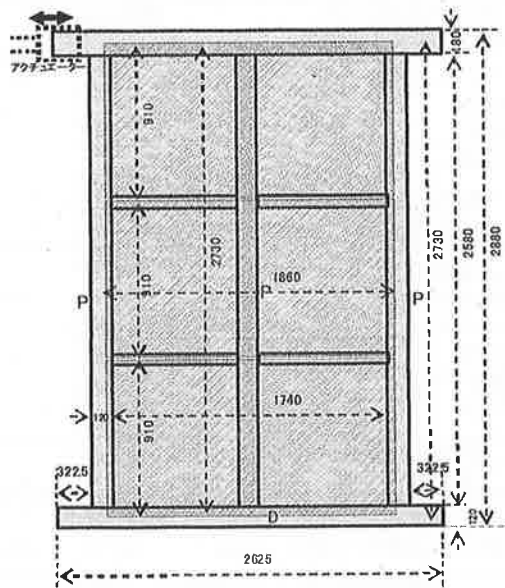


図6-1 合板はめ込み耐力壁の概要

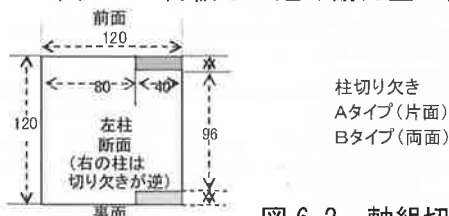


図6-2 軸組切り欠き

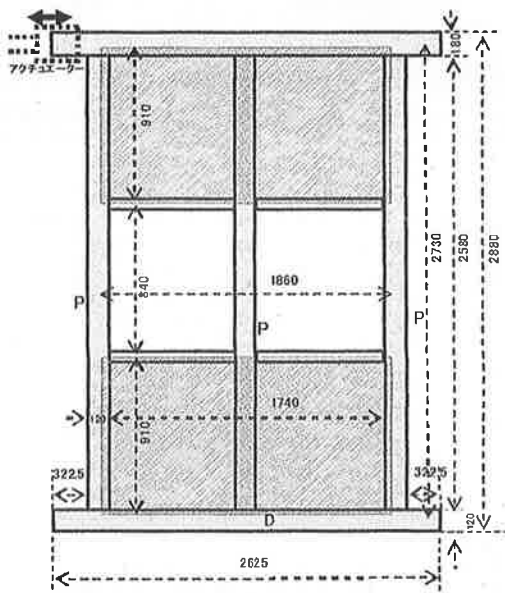


図6-3 合板はめ込み腰・垂れ壁の概要

6.3 結果と考察

各試験体の試験結果の概要(各種耐力と壁倍率)を表6-1に、各タイプの包絡線の比較を図6-4、5に示す。

Aタイプの試験体の壁倍率は4.6で、5章で検討した合板落とし込み式の耐力壁の壁倍率(0.6~1.2)を大きく上回った。また、4章で検討した合板釘打ち耐力壁のうち、12mm合板の耐力壁の壁倍率(2.6~2.8)を上回り、24mm合板の壁倍率(4.4~5.1)にも劣らなかった。面材はめ込み・釘打ちの相乗効果で初期剛性が向上したことに加え、軸組材を120mm角にしたことで軸組の剛性・強度も向上したためと考えられる。また、梁材の柱との接合部付近の節から、局所的な破壊が生じたA-2試験体を除く2体は、包絡線の下降もゆるやかで、比較的粘り強さを有していた(図6-4, 写真6-1)。

なお、合板はめ込み・釘打ちの耐力向上効果については、杉本ら⁽⁵⁾が、床梁を切り欠き、合板上面と梁天端が揃うように合板を落とし込み釘打ちした試験体の水平加力試験を行い、1.2~1.7倍の耐力向上を確認している。また、施工性については、プレカット工程で切り欠きを入れるようにすれば、現場での施工性は向上すると考えられる。

一方、Bタイプの壁倍率は3.0で、Aタイプに比べると低く、包絡線の下降も急であった(表6-1, 図6-5)。面材を両面にはめ込んだことでAタイプと同等以上の初期剛性を得たが、面材の無い柱の中間部に応力が集中し、軸組材が破壊したことが原因と考えられ、合板両面張りの効果は低かった(写真6-2)。しかし、合板片面張りでも、両面張りの1/2の壁倍率(1.5)程度以上の性能は期待できると考えられるので、今後の検討課題としたい。

表 6-1 合板はめ込み耐力壁・合板はめ込み腰・垂れ壁の各種耐力・壁倍率

12mm厚合板片面 はめ込み耐力壁(A)		試験体No			3体の 平均値	標準偏差	変動係数	ばらつき 係数	Pa (kN)	3体の 壁倍率
		A-1	A-2	A-3						
壁倍率 算出 評価値	降伏耐力(kN)	21.6	24.2	18.0	21.3	3.113	0.146	0.931	19.8	5.4
	Pu(0.2/Ds)	18.9	14.6	21.6	18.4	3.530	0.192	0.910	16.7	4.6
	2/3Pmax(kN)	25.9	26.1	25.5	25.8	0.306	0.012	0.994	25.6	7.0
	1/150radP(kN)	18.0	19.8	19.9	19.2	1.069	0.056	0.974	18.7	5.1
壁倍率(参考値)		(4.9)	(4.0)	(4.9)						
最大荷重(kN)		38.8	39.2	38.2	38.7					

12mm厚合板両面 はめ込み腰・垂れ壁(B)		試験体No			3体の 平均値	標準偏差	変動係数	ばらつき 係数	Pa (kN)	3体の 壁倍率
		B-1	B-2	B-3						
壁倍率 算出 評価値	降伏耐力(kN)	16.9	13.2	18.5	16.2	2.718	0.168	0.921	14.9	4.1
	Pu(0.2/Ds)	11.5	12.3	10.1	11.3	1.114	0.098	0.954	10.8	3.0
	2/3Pmax(kN)	21.2	18.1	22.8	20.7	2.390	0.115	0.946	19.6	5.4
	1/150radP(kN)	20.1	20.5	18.8	19.8	0.889	0.045	0.979	19.4	5.3
壁倍率(参考値)		(3.2)	(3.4)	(2.8)						
最大荷重(kN)		31.8	27.2	34.2	31.1					

2/3Pmax:最大荷重の2/3、1/150radP:1/150ラジアン時の荷重、Pa:短期許容せん断耐力、Pu(0.2/Ds):終局耐力×(0.2/構造特性係数)
Ds=1/√(2μ-1)、μ=δu/δv、μ:塑性率、δu:終局変位、δv:降伏変位、ばらつき係数:1-cv×K (K=0.471:n=3の時)
壁倍率=Pa/1.96/L(L:壁長=1.86m) — 罫は各算出評価値の最小値 * ()内は各試験体の壁倍率で、ばらつき係数・低減係数は考慮せず。

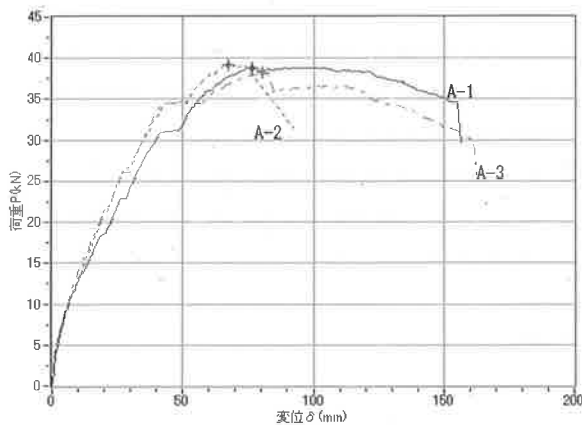


図 6-4 合板はめ込み耐力壁の包絡線

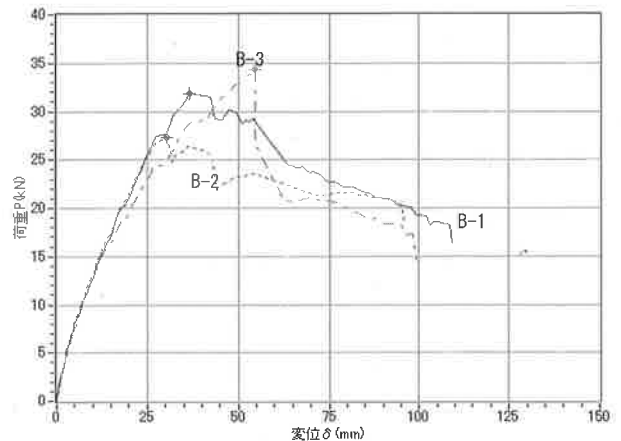


図 6-5 合板はめ込み腰・垂れ壁の包絡線



写真 6-1 A-2 試験体
(梁破壊部)

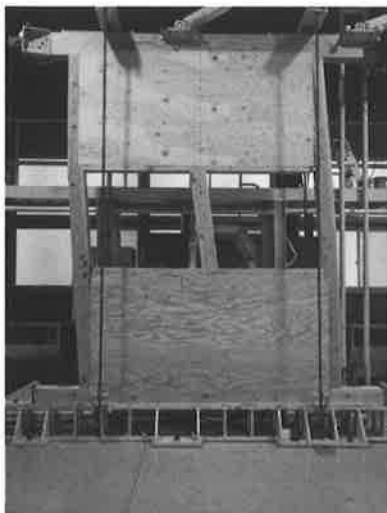


写真 6-2 B-1 試験体
(加力終了時)



写真 6-3 B-1 試験体
(柱破壊部)

7 結言

カラマツを主とする県産材の利用拡大のため、県産構造用部材を用いた耐力壁を作製し、その性能評価を実施したところ、以下の結果・課題が明らかになった。

県産カラマツ及び接着重ね梁等を構造材に使用した筋かい耐力壁は、筋かいの品質により大きくバラツキ、安定した性能が得られなかった。GF補強を筋かいに施すことにより、その性能は向上したが、実用的と言えるかどうかは疑問であり、より費用対効果の高い補強方法等を検討する必要がある。

県産材の軸組に信州の木認証合板を釘で打ちつけた合板耐力壁の壁倍率は、スギ軸組・12mm合板で2.6倍、カラマツ軸組・12mm合板で2.8倍、スギ軸組・24mm合板で4.4倍、カラマツ軸組・24mm合板で5.1倍であり、筋かい耐力壁より安定して高い性能が得られた。また、軸組の樹種より、合板厚さの影響が大きかった。

信州の木認証合板を県産カラマツ軸組に落とし込んだ耐力壁は、溝幅を狭くすると施工性が悪化し、溝幅を広くすると初期剛性が低下し、他の構法の耐力壁に比べ、高い性能が得られなかった。

120mm角の県産カラマツ軸組に切り欠きを設け、12mm厚の信州の木認証合板をはめ込んだ耐力壁の壁倍率は4.6で、24mm合板を釘打ちした耐力壁と比べても遜色はなかった。プレカット工程で切り欠きを設けるようにすれば、施工性も向上し、

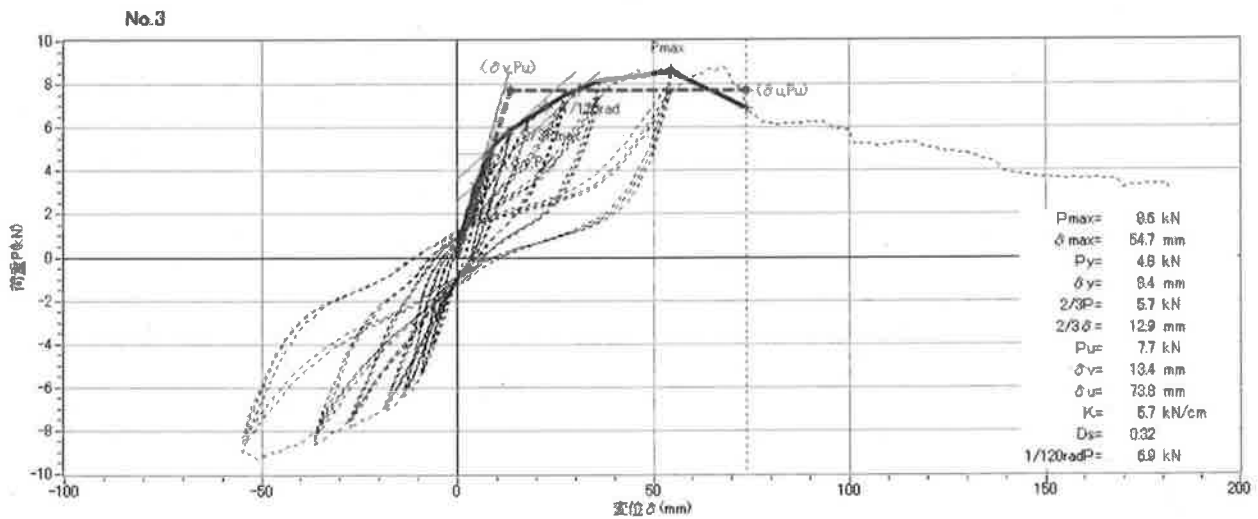
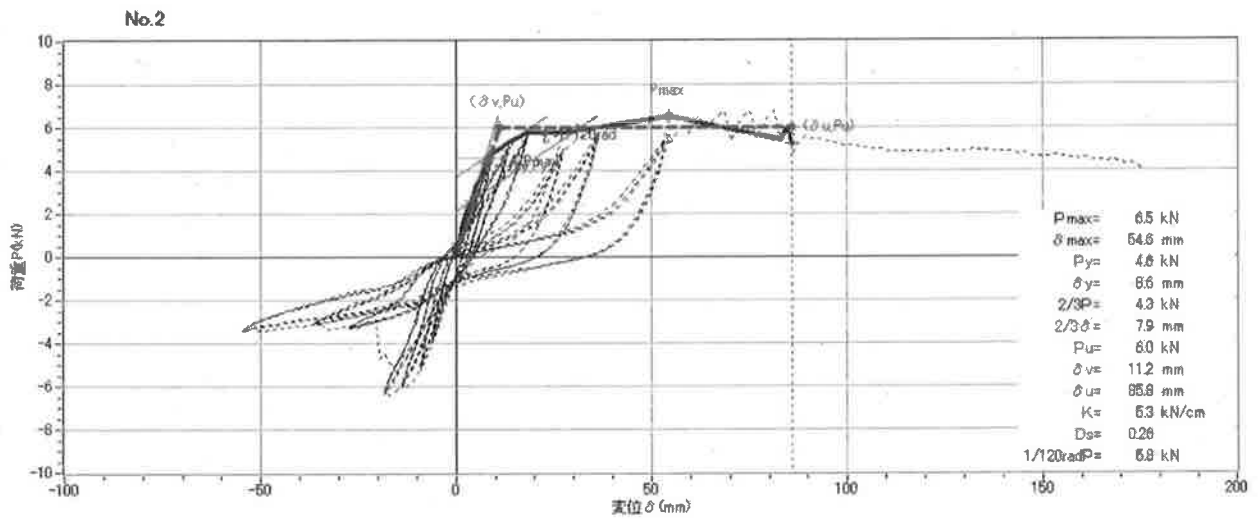
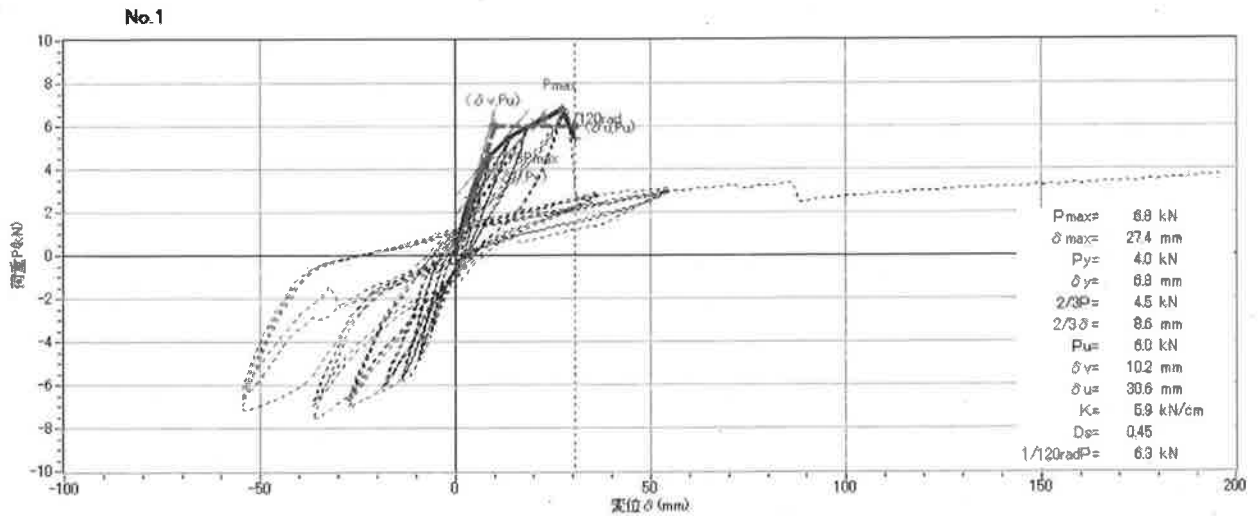
実用性も高いと考えられる。一方、小窓等の設置を可能とするため中央部の合板を省き、上下の両面に12mm合板をはめ込んだ腰・たれ壁は、合板のない柱中央部に応力が集中し破壊したため、壁倍率は3.0で、合板両面張りの補強効果は低かった。

8 謝辞

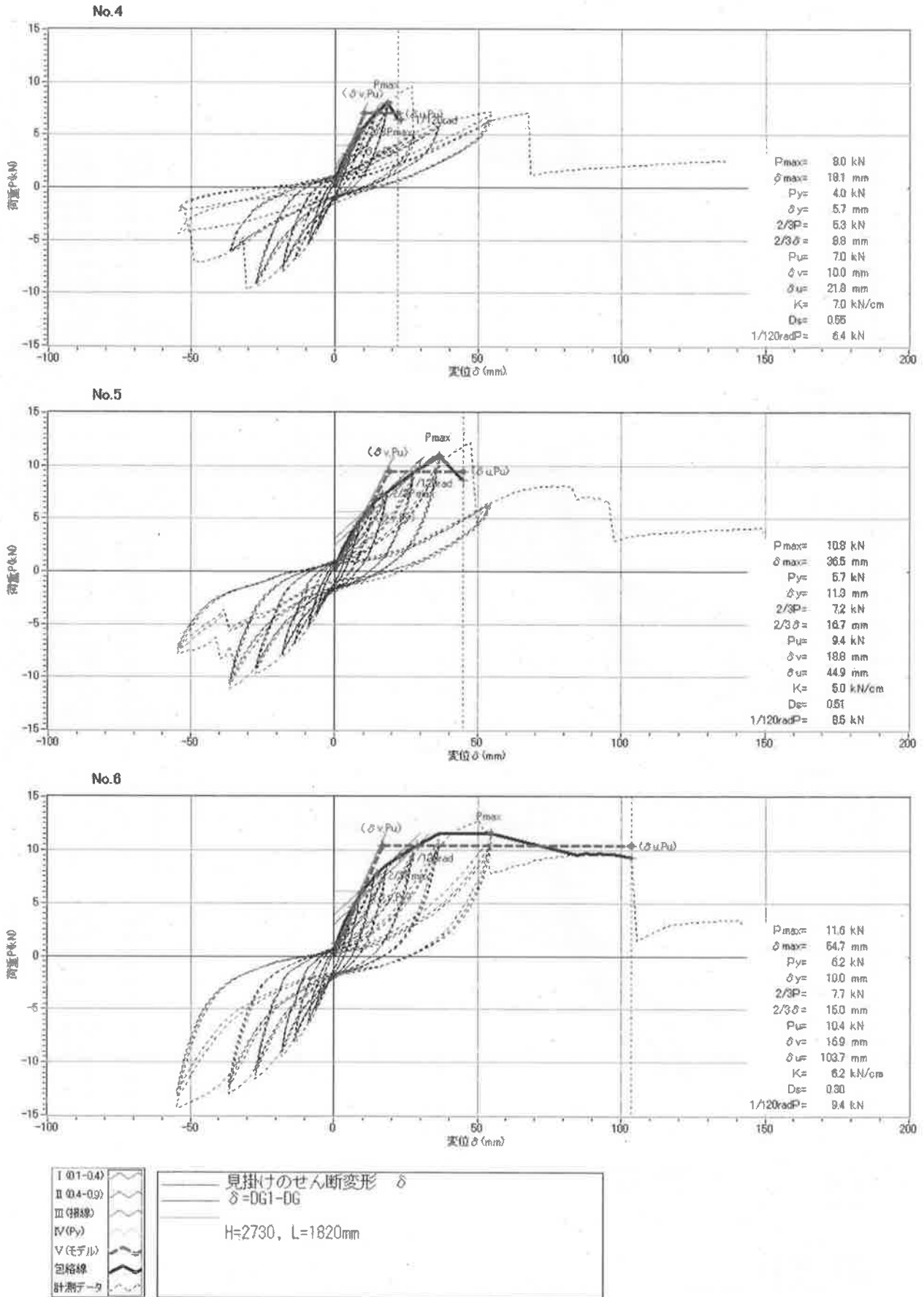
本研究は、試験体の作製には小松建設小松正人氏らの、面内せん断試験には信州大学工学部五十田研究室の皆様のご協力を得て実施した。この場を借りて感謝いたします。

引用文献

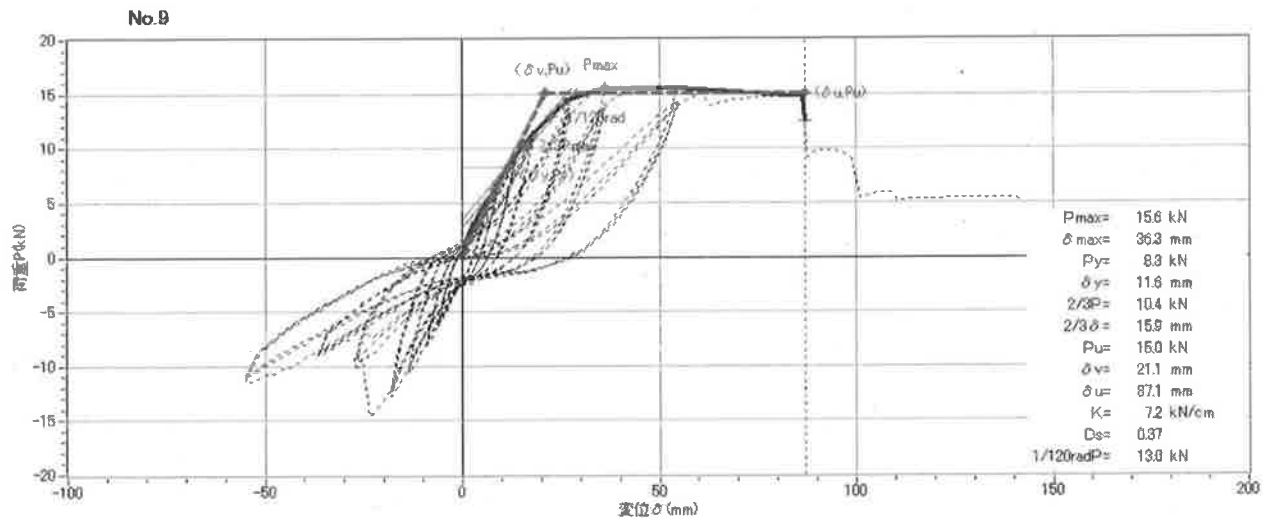
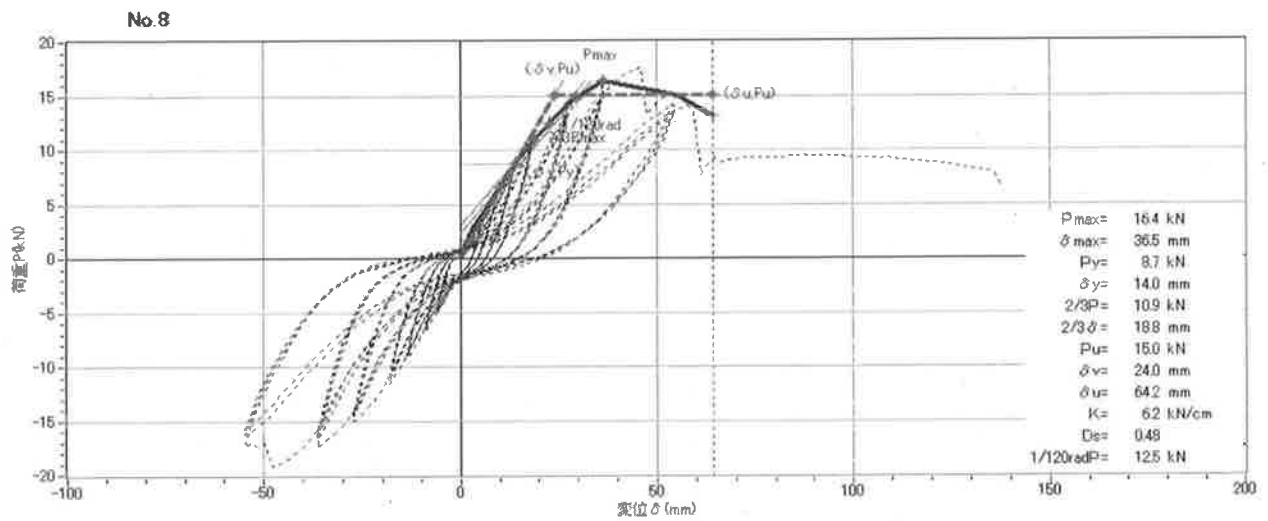
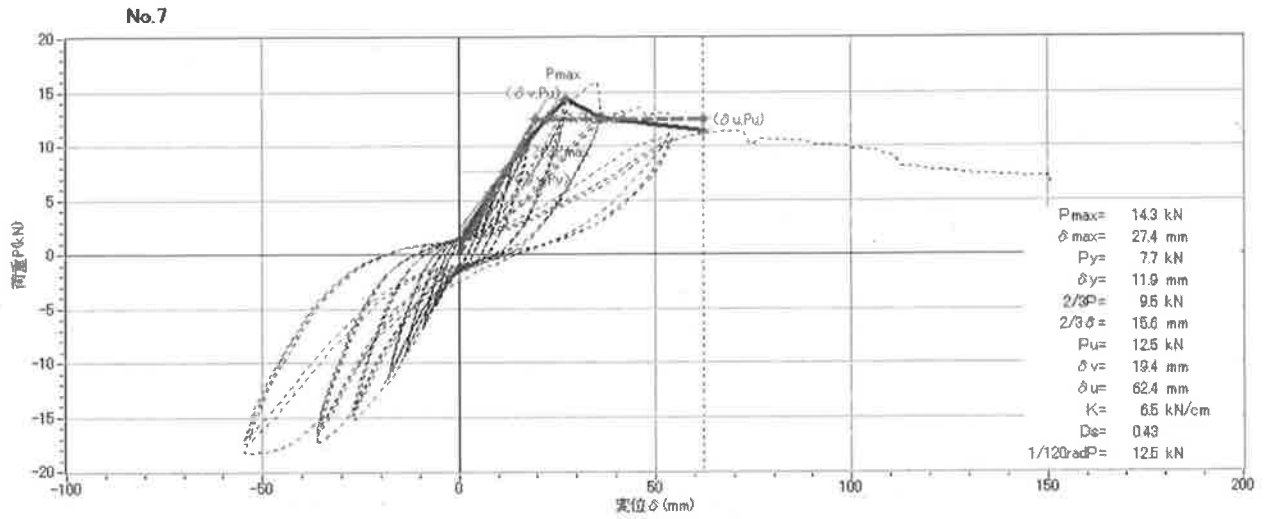
- 1) 吉田孝久・橋爪丈夫・武田孝志・徳本守彦・印出晃(2004) スギ心持ち無背割り柱材の高温乾燥における高温セット法の割れ防止効果について 材料 53:364-369
- 2) (財)建材試験センター(2009) 木造耐力壁及びその倍率の試験・評価業務方法書
- 3) (財)日本建築総合試験所(2009) 木造の耐力壁及びその倍率性能試験・評価業務方法書
- 4) (財)日本住宅・木材技術センター(2010) 木造の耐力壁及びその倍率性能評価業務方法書
- 5) 杉本健一・青木謙治・神谷文夫(2011) 厚物合板を床梁と同一レベルに落とし込んだ床組の水平加力試験 第61回日本木材学会大会研究発表要旨集 CD, H18-04-1100



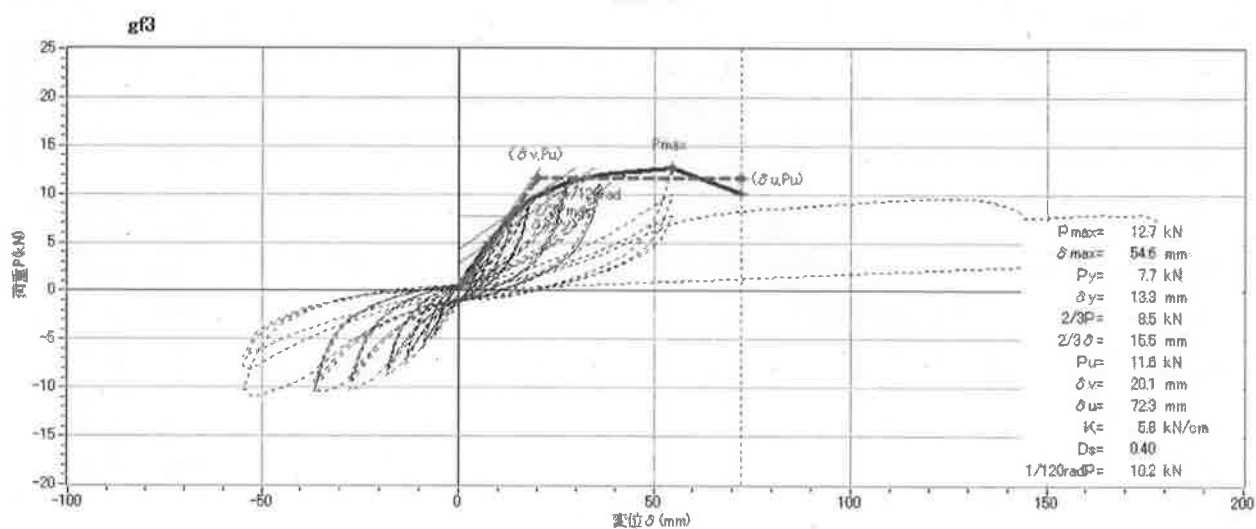
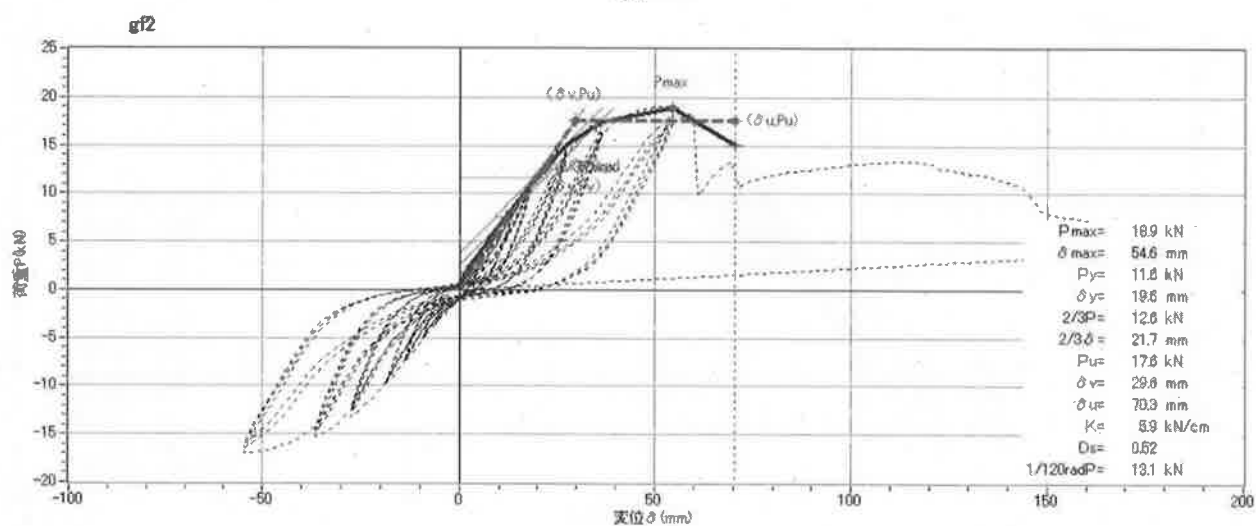
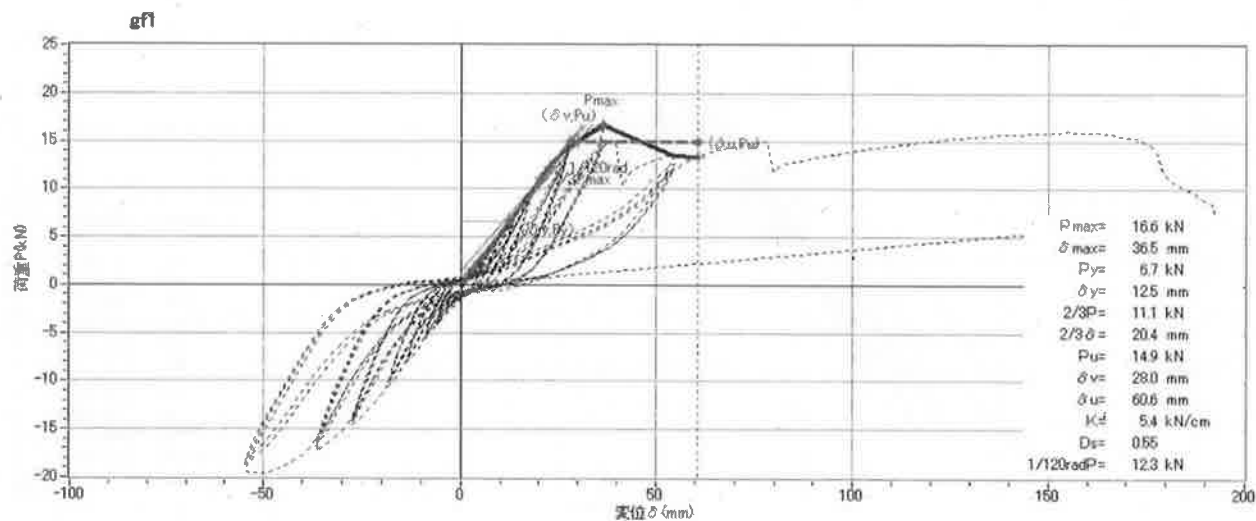
付図 9-1 筋かい (90×15mm) 耐力壁試験体荷重-変位曲線



付図 9-2 筋かい (90×30mm) 耐力壁試験体荷重-変位曲線

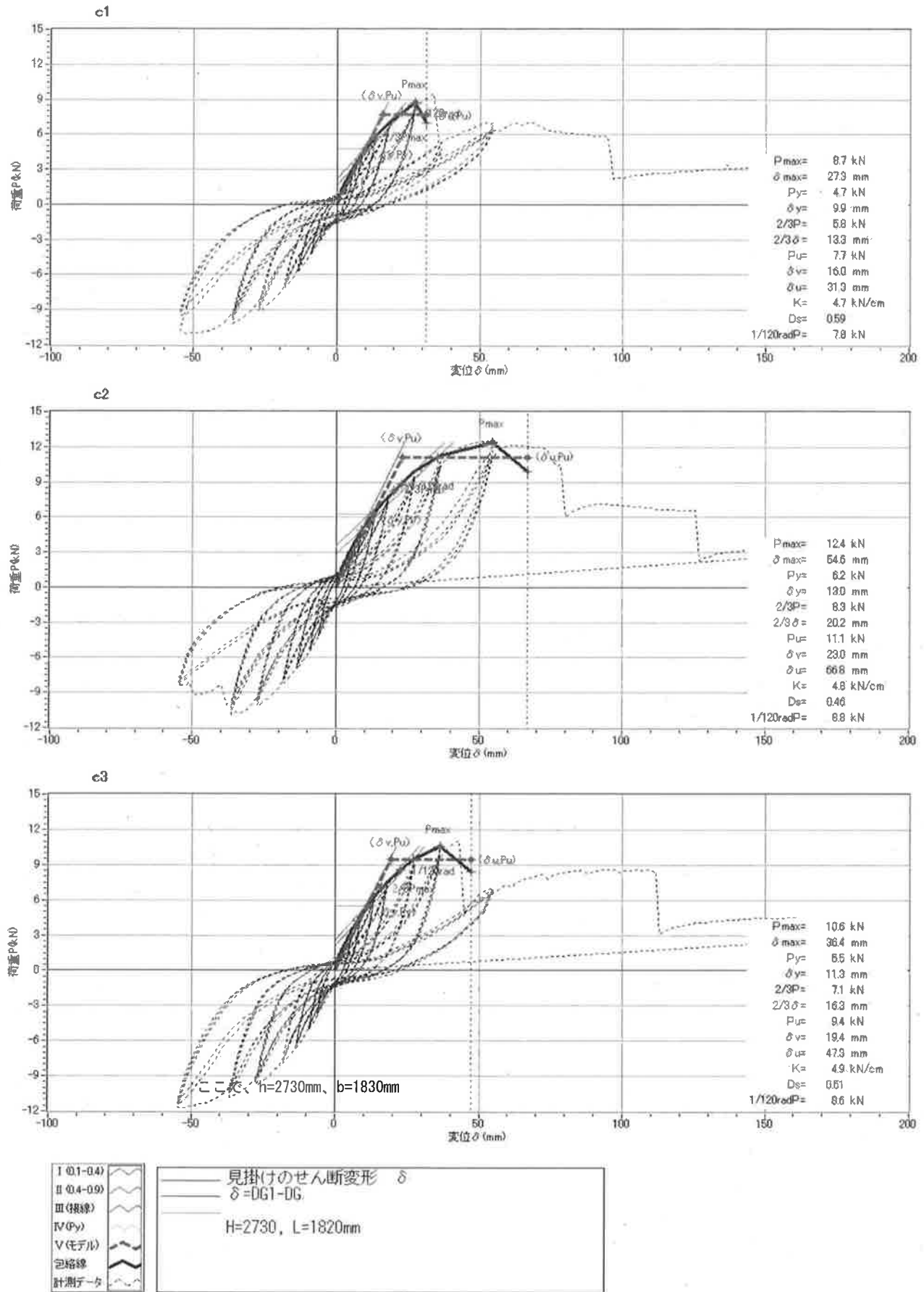


付図 9-3 筋かい (90×45mm) 耐力壁試験体荷重-変位曲線

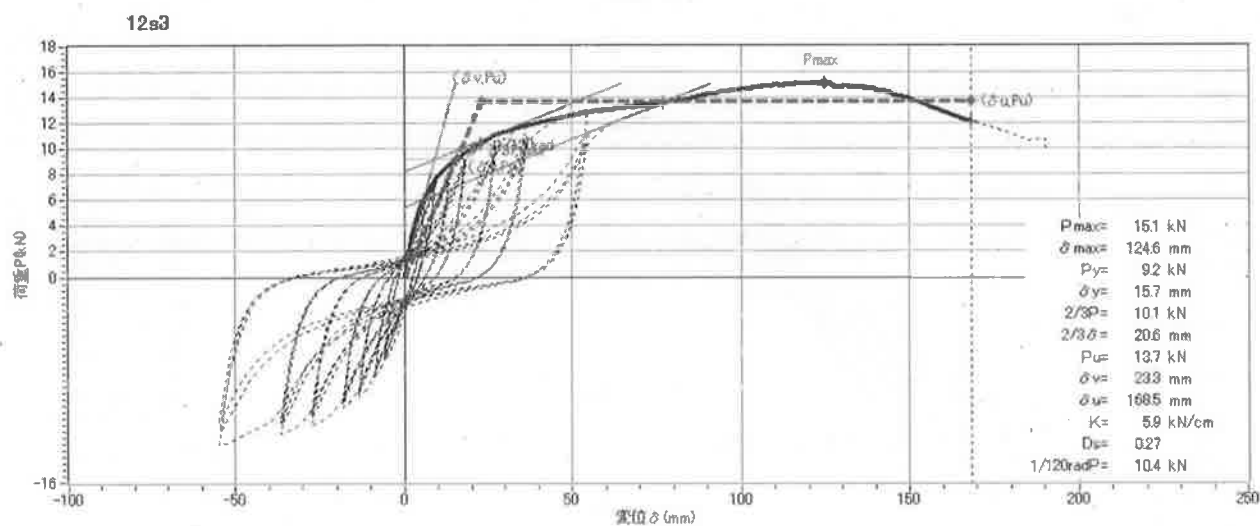
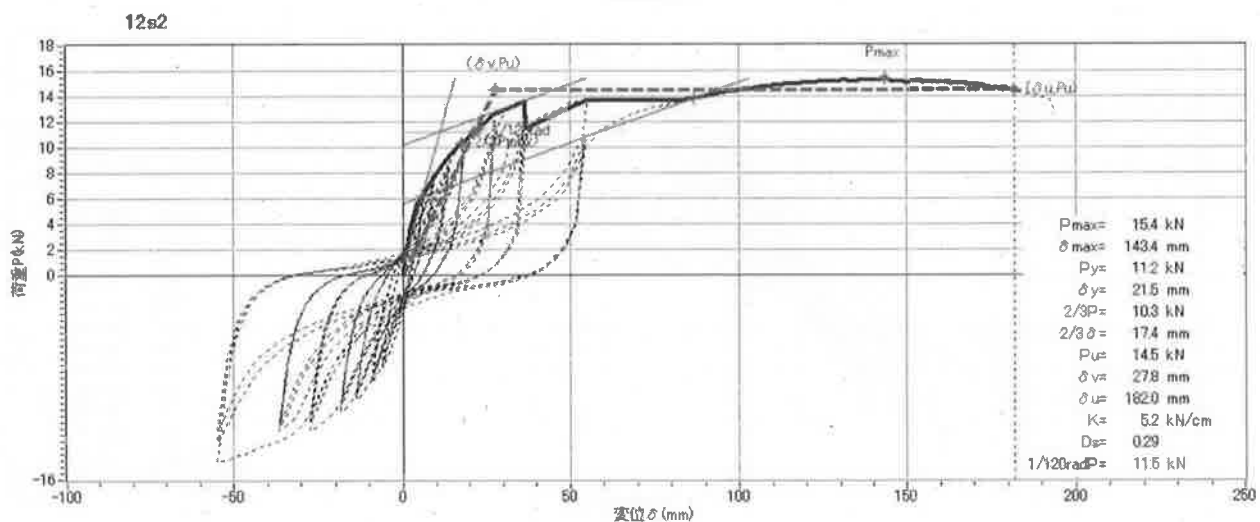
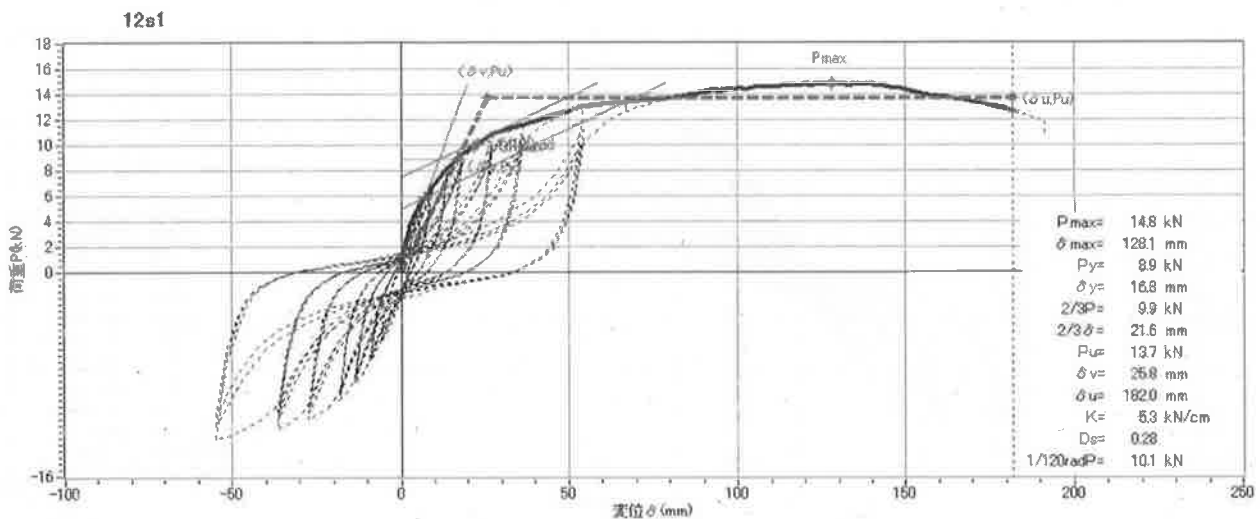


I (0.1-0.4)	~~~~~	見掛けのせん断変形 δ
II (0.4-0.9)	~~~~~	
III (振線)	~~~~~	$\delta=0G1-DG$
IV (P_y)	~~~~~	
V (モデル)	~~~~~	H=2730, L=1820mm
包絡線	~~~~~	
計測データ	~~~~~	

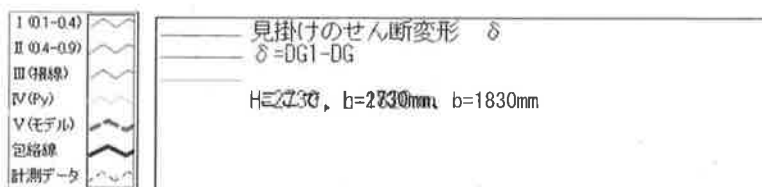
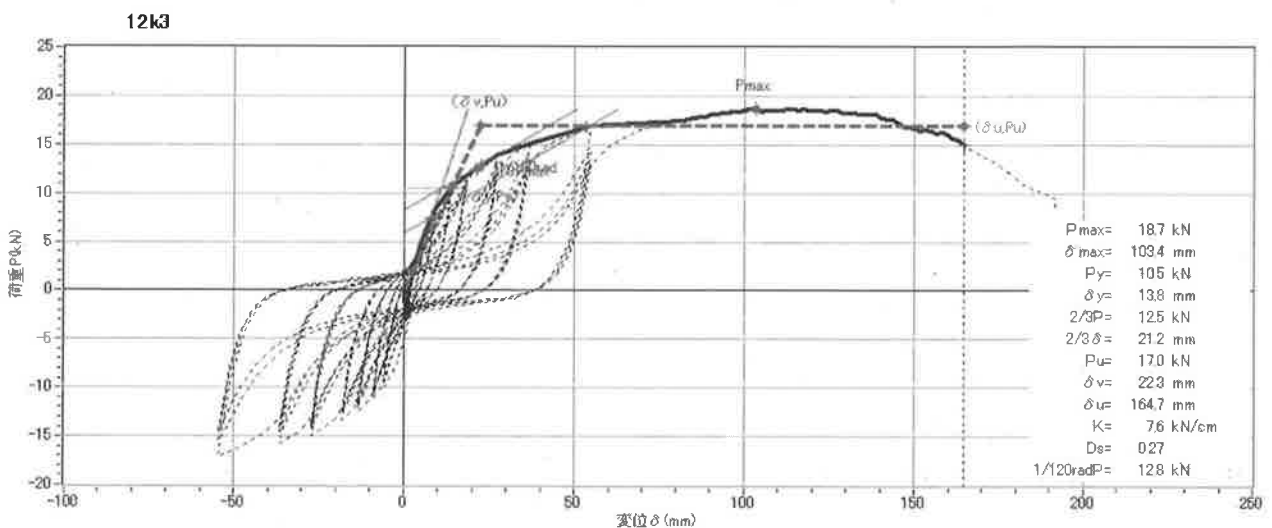
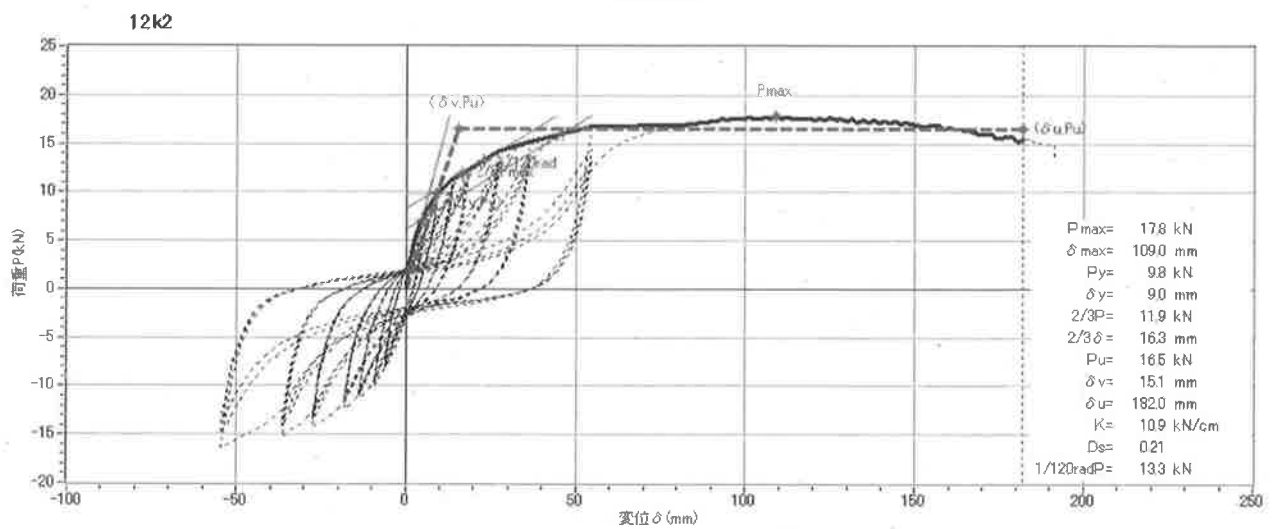
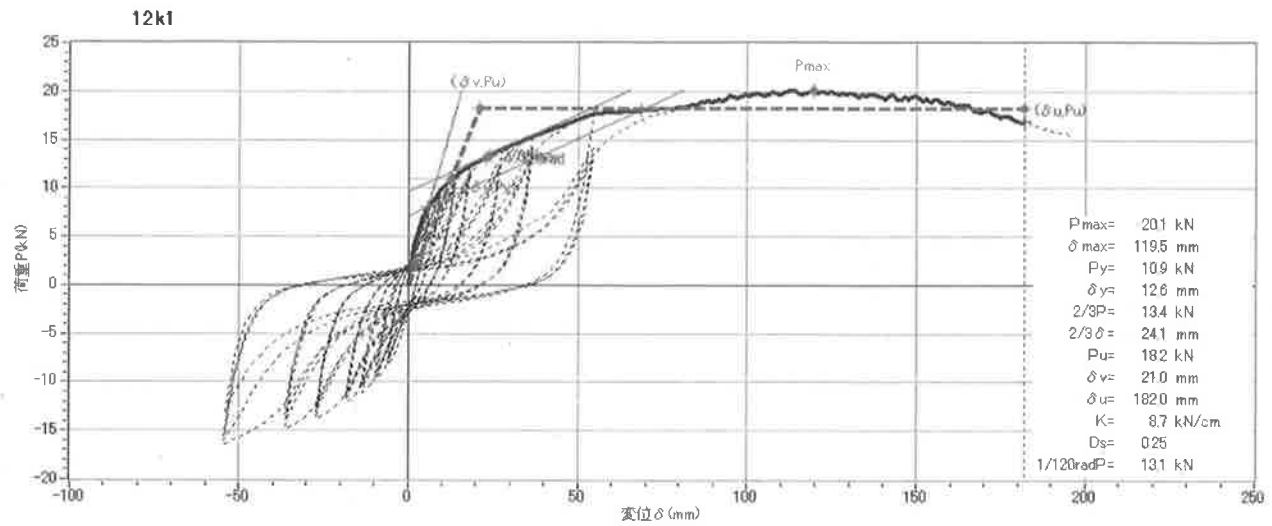
付図 9-4 GF 補強筋かい (90×30mm) 耐力壁試験体荷重-変位曲線



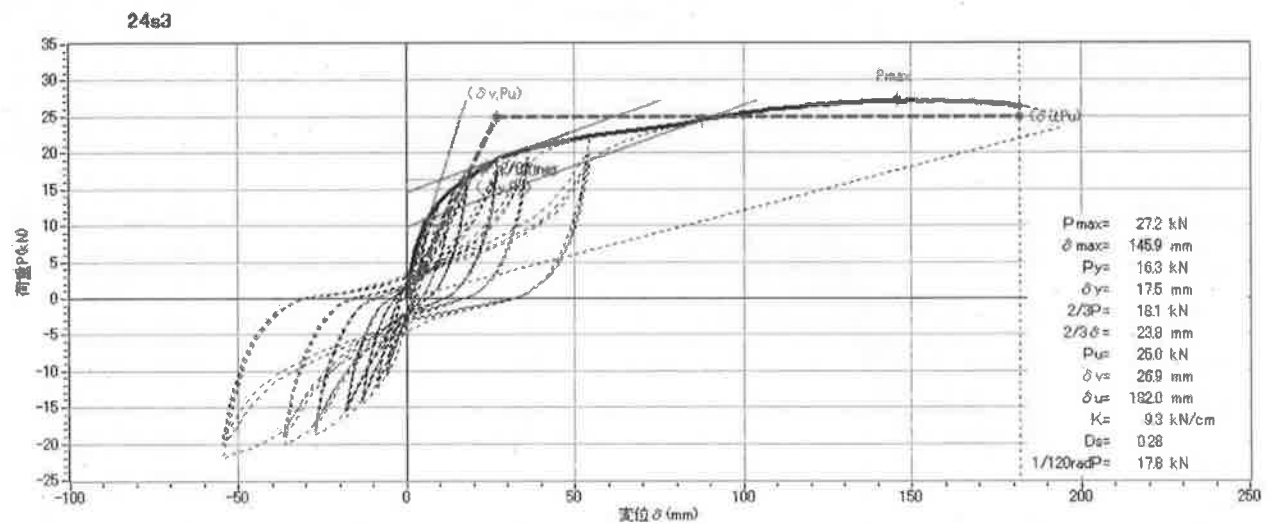
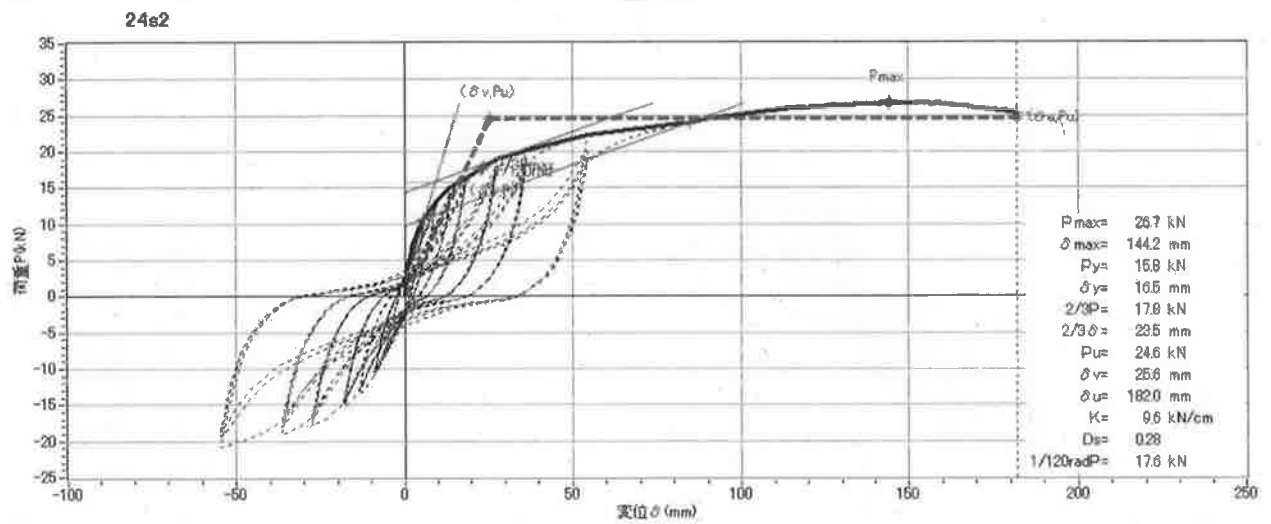
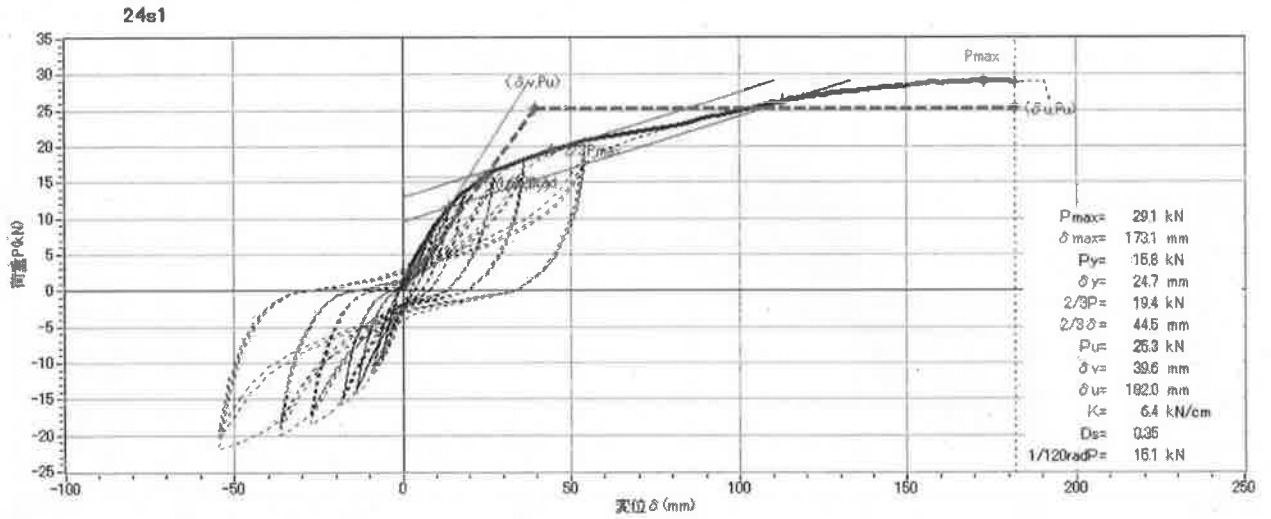
付図 9-5 筋かい (90×30mm) 耐力壁対照試験体荷重—変位曲線



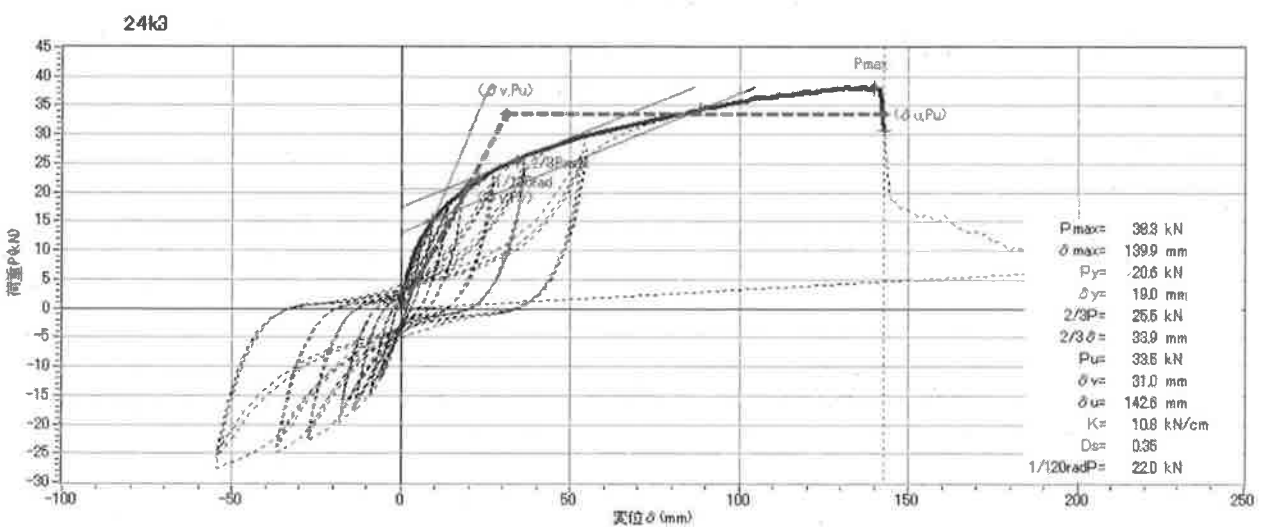
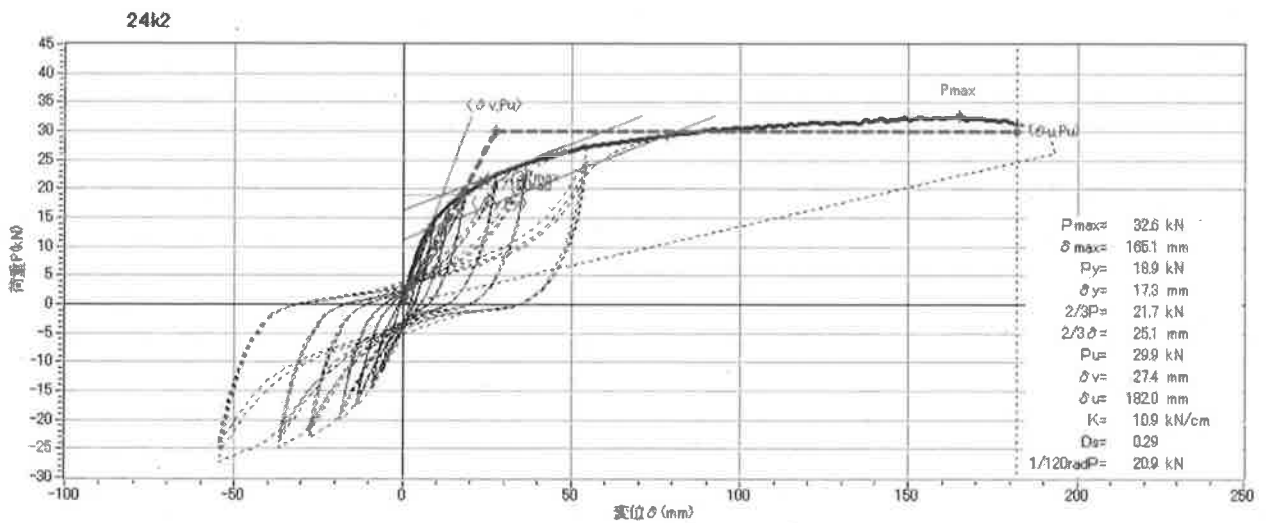
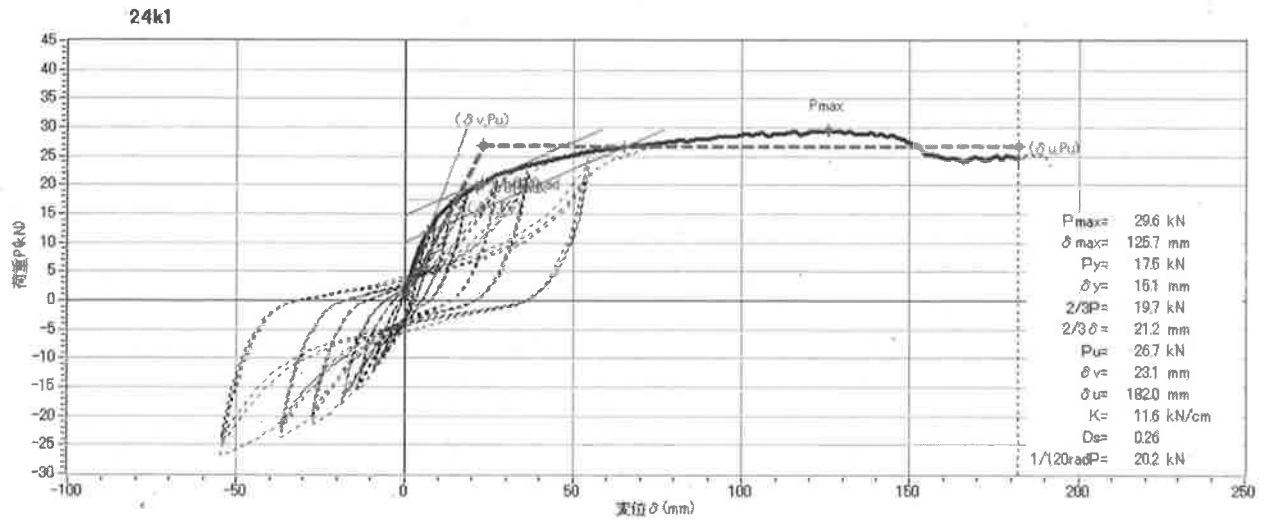
付図 9-6 12mm 合板・スギ 105 角軸組耐力壁試験体荷重-変位曲線



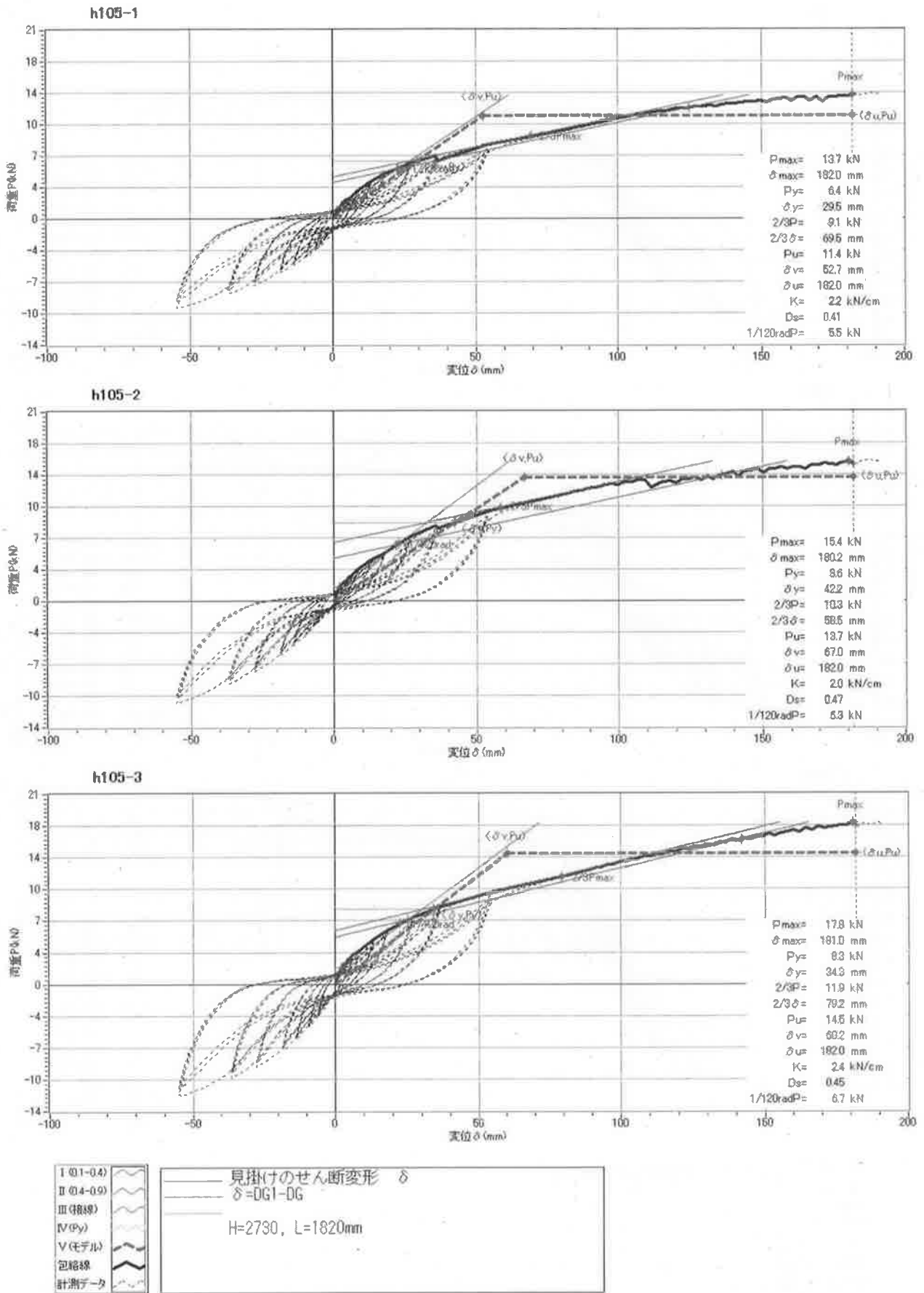
付図 9-7 12mm 合板・カラマツ 105 角軸組耐力壁試験体荷重-変位曲線



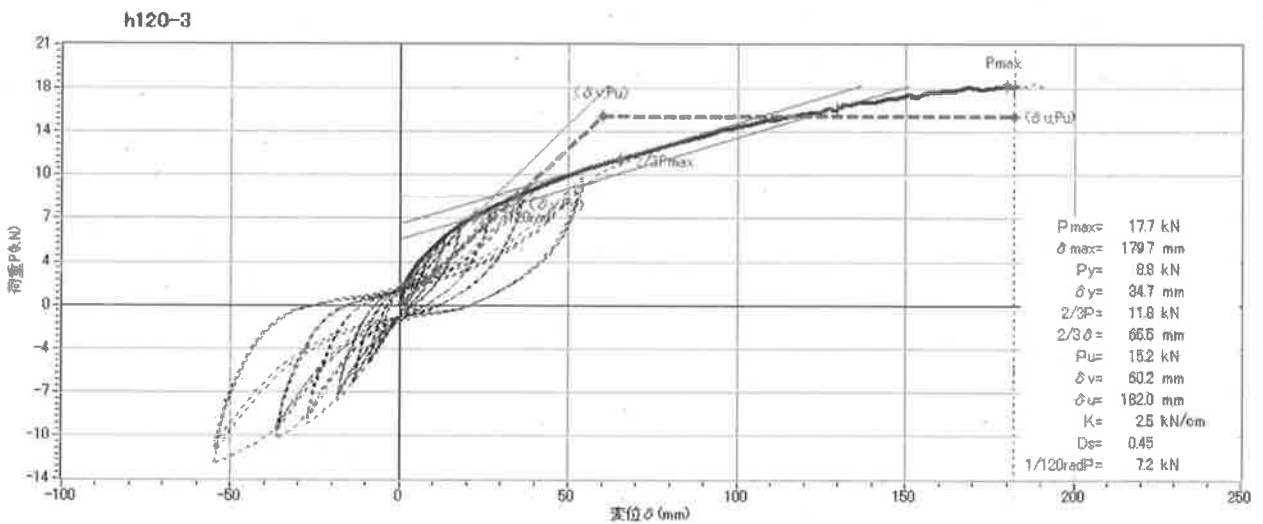
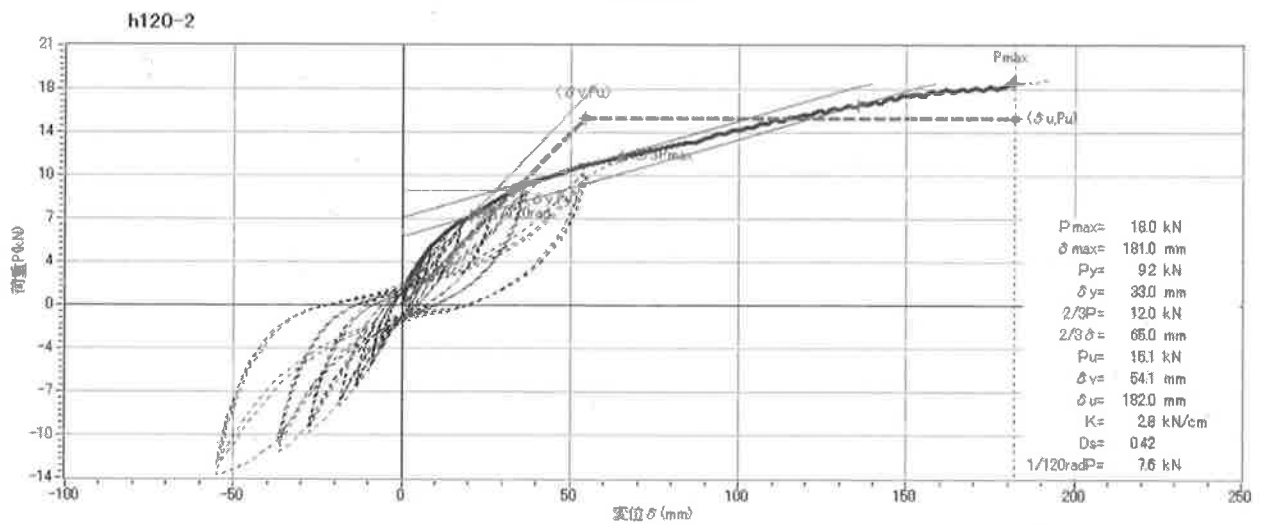
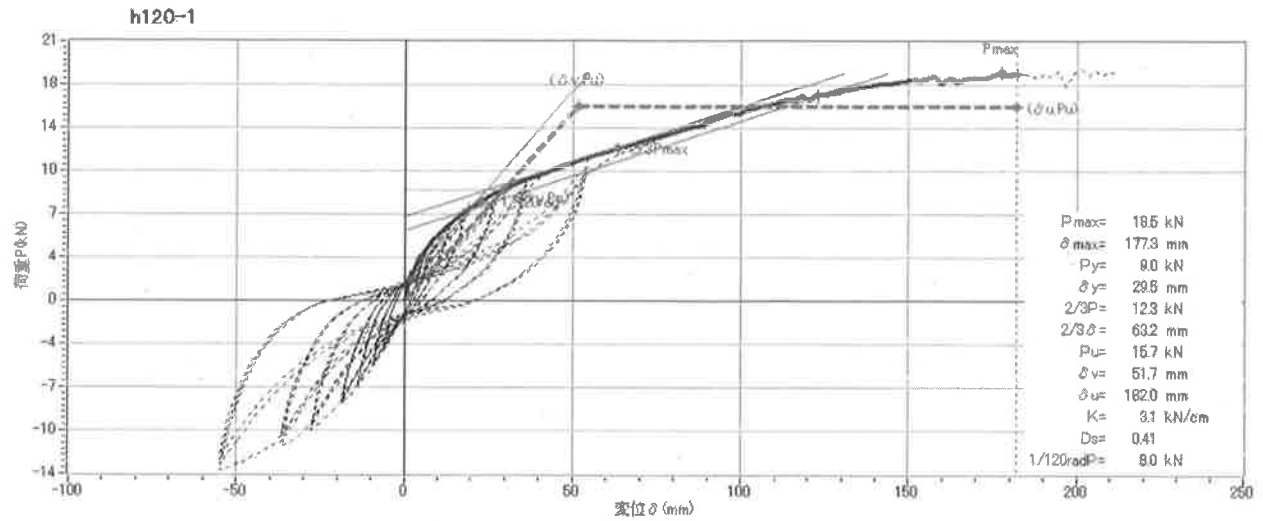
付図 9-8 24mm 合板・スギ 105 角軸組耐力壁試験体荷重-変位曲線



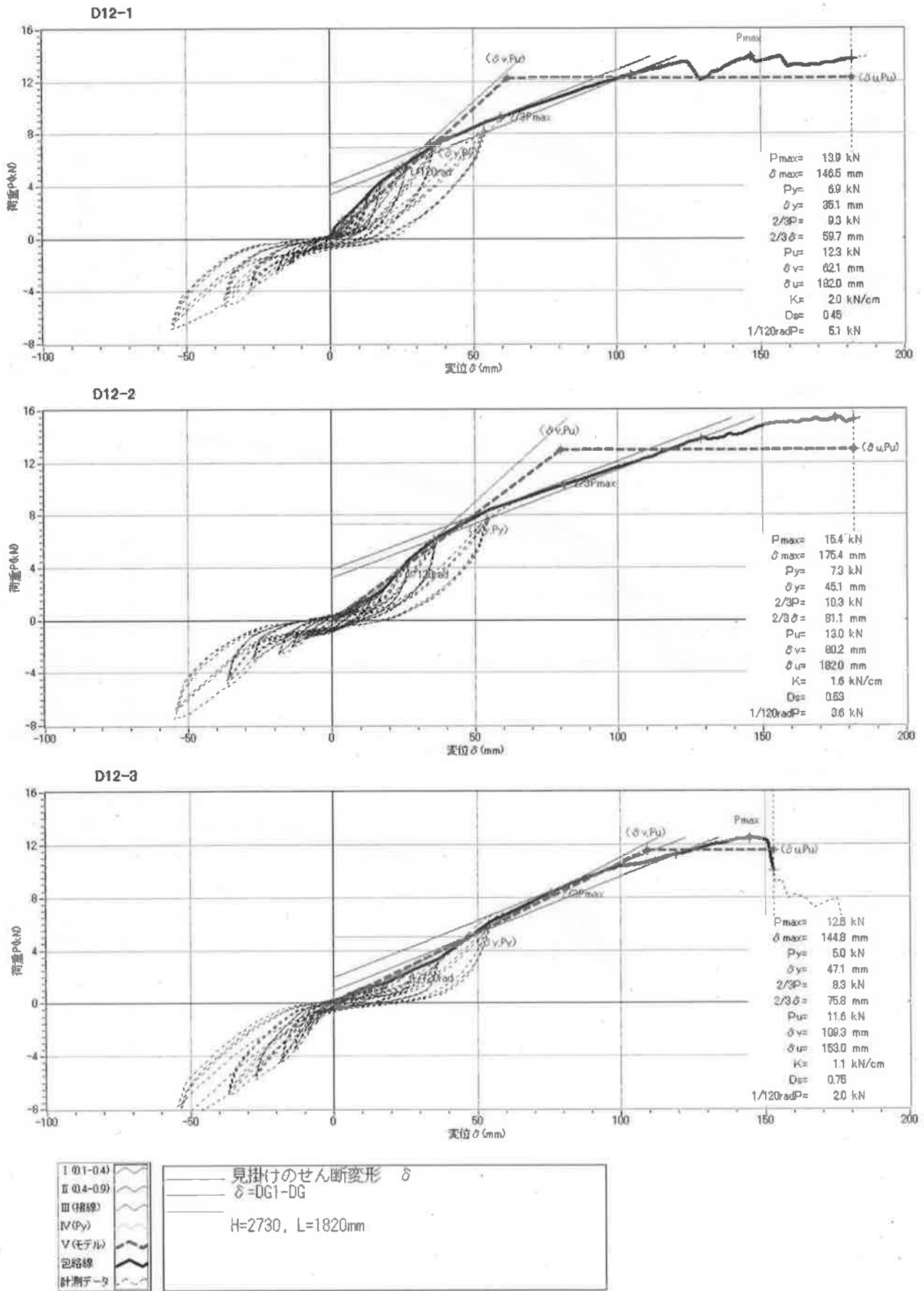
付図 9-9 24mm 合板・カラマツ 105 角軸組耐力壁試験体荷重-変位曲線



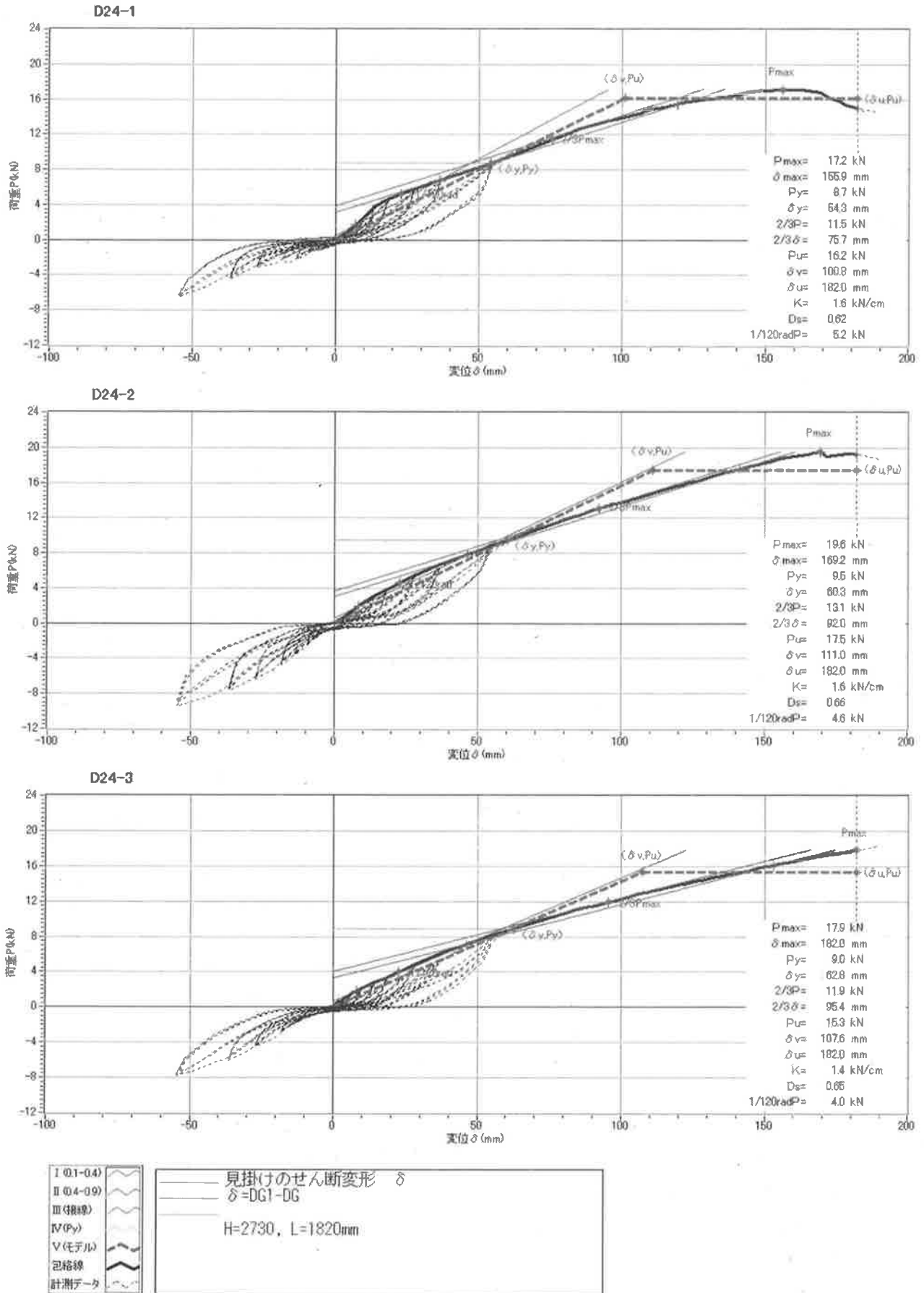
付図 9-10 24mm 斜め半割合板・カラマツ 105 角軸組耐力壁試験体荷重-変位曲線



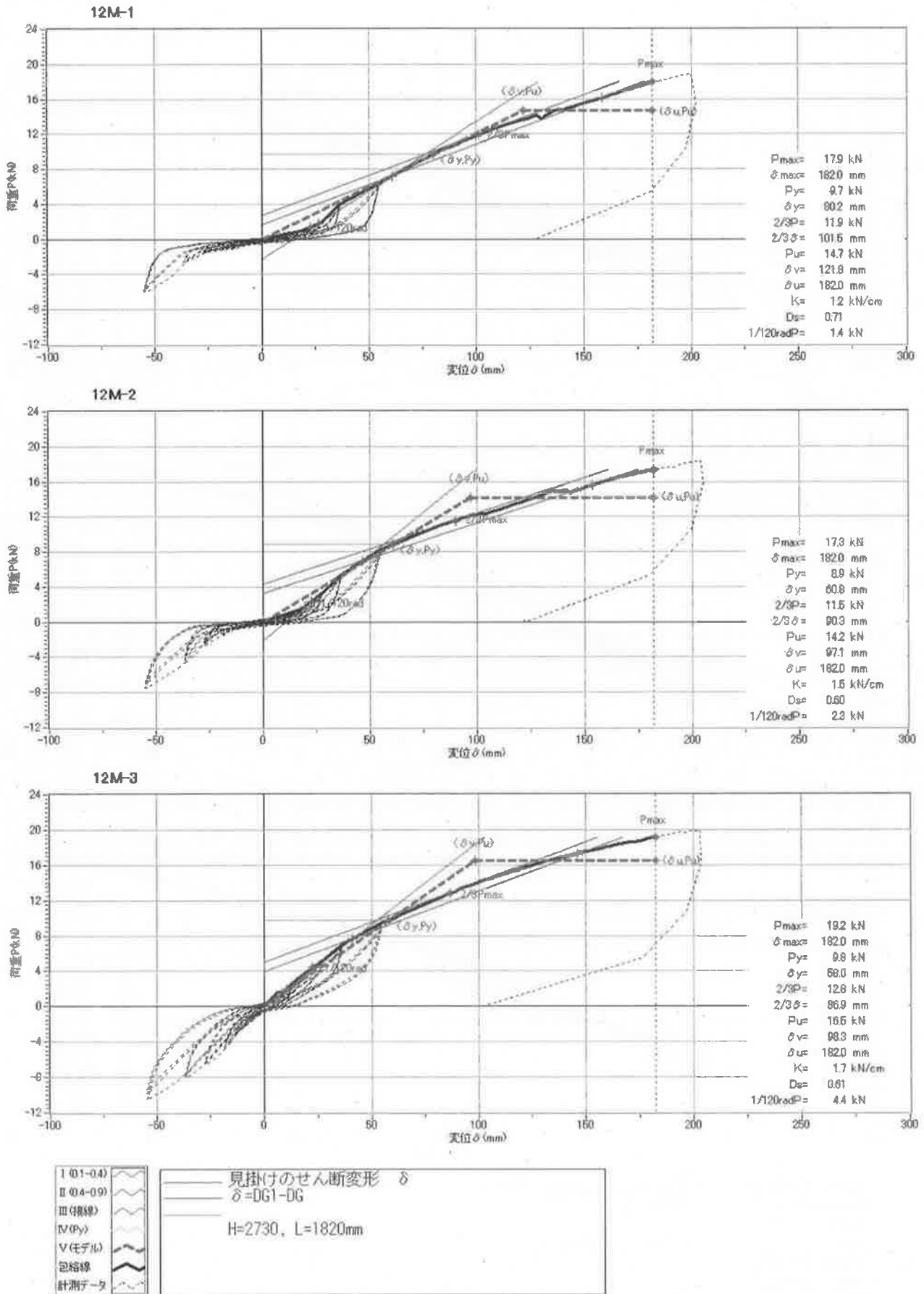
付図 9-11 24mm 斜め半割合板・カラマツ 120 角軸組耐力壁試験体荷重-変位曲線



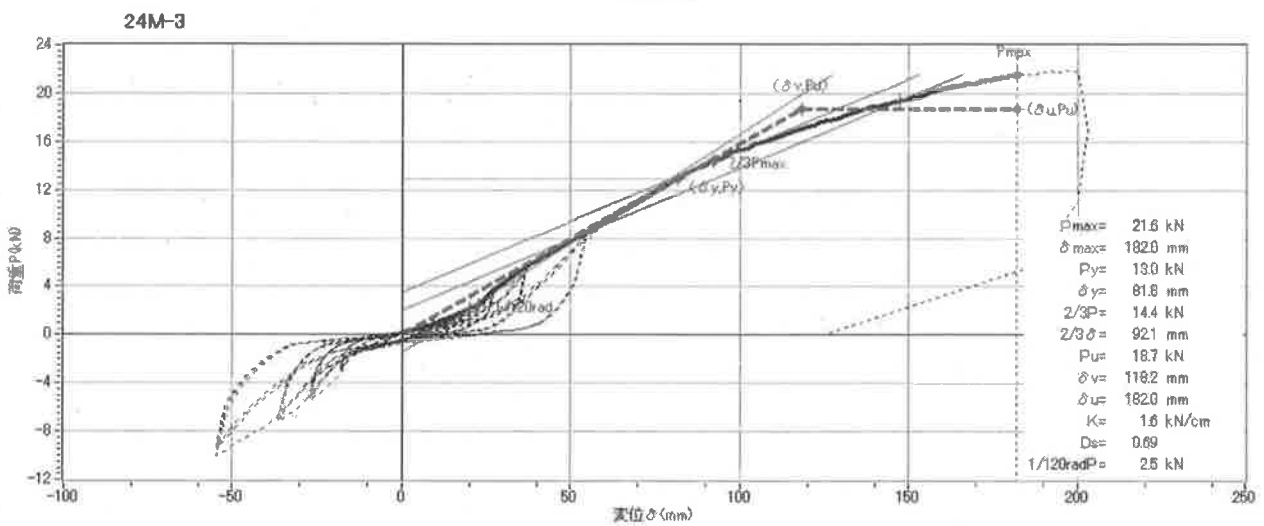
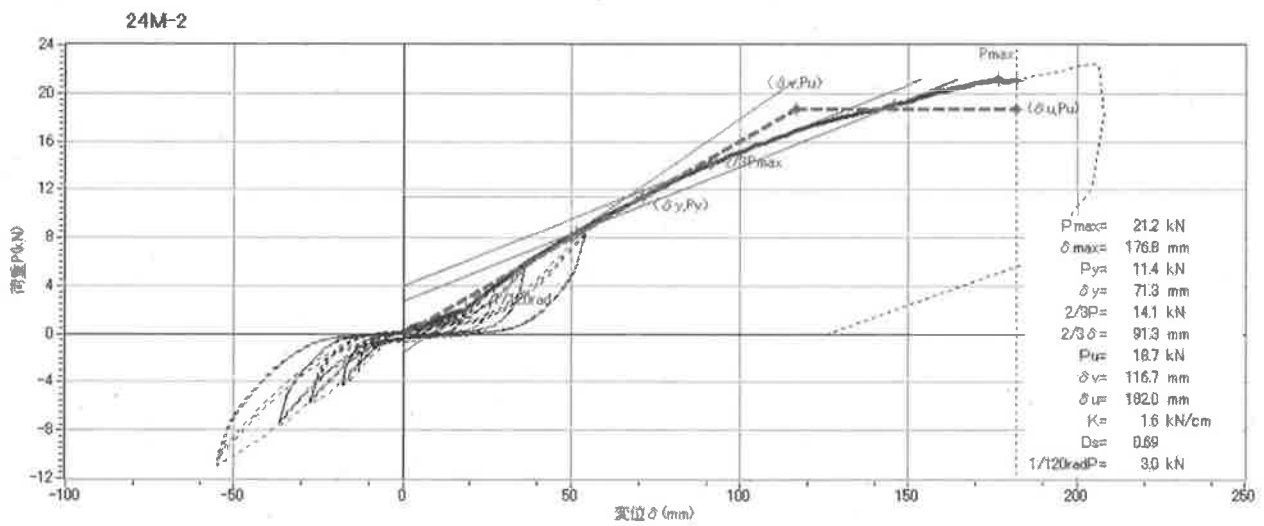
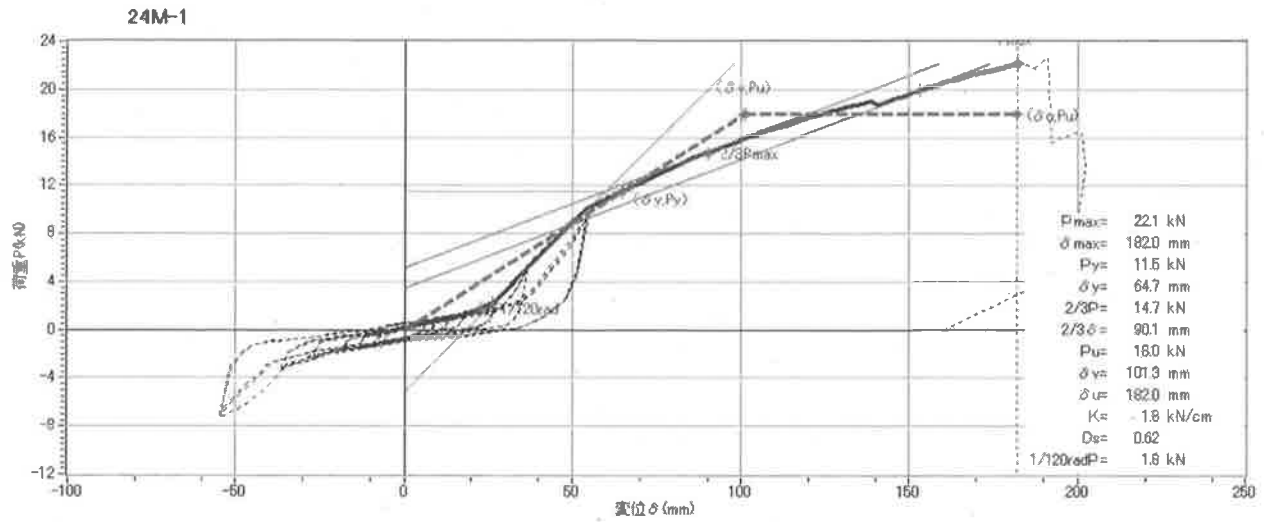
付図 9-12 12mm 合板落とし込み・カラマツ 105 角軸組 (釘なし) 耐力壁試験体荷重-変位曲線



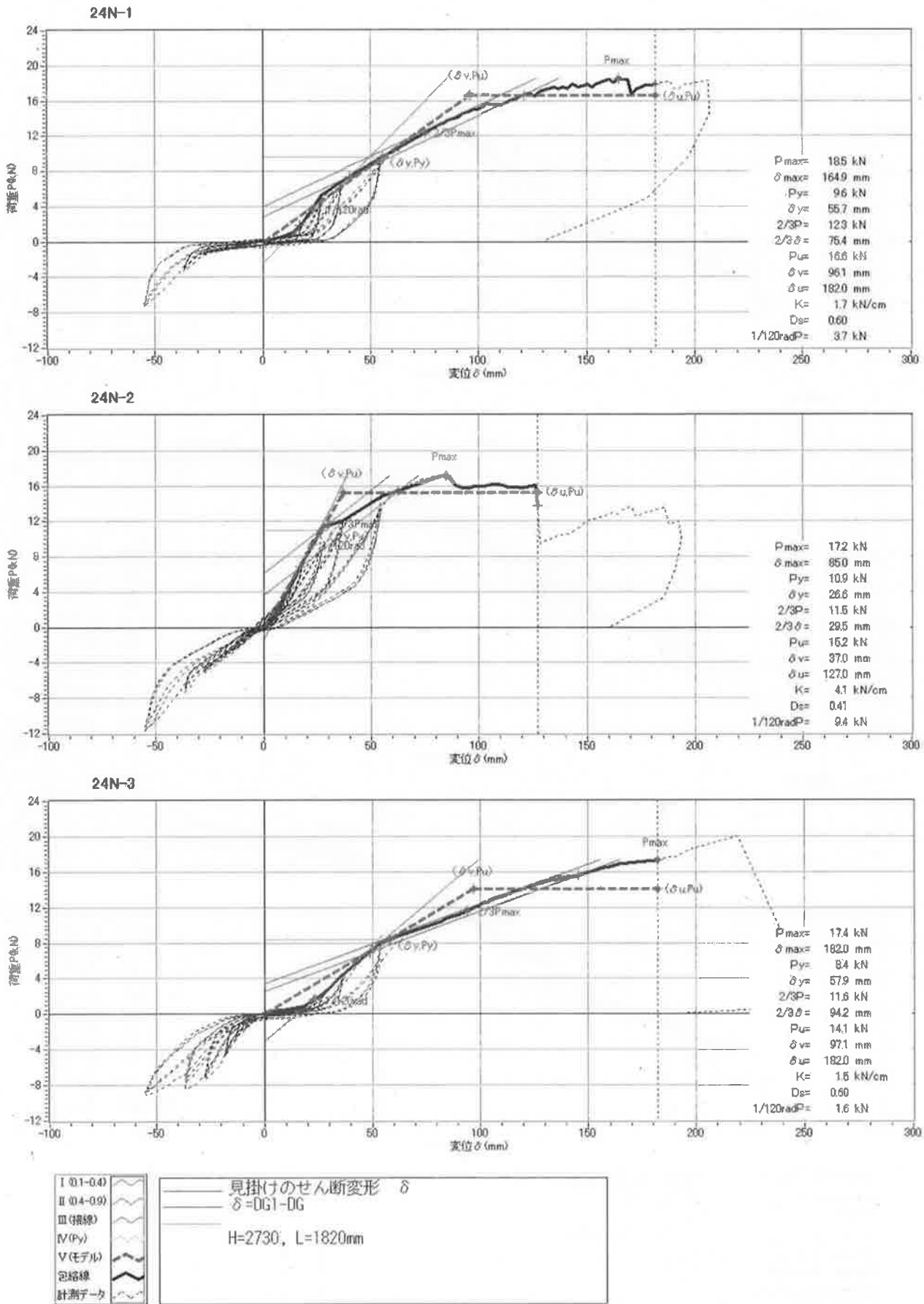
付図 9-13 24mm 合板落とし込み・カラマツ 105 角軸組 (釘なし) 耐力壁試験体荷重-変位曲線



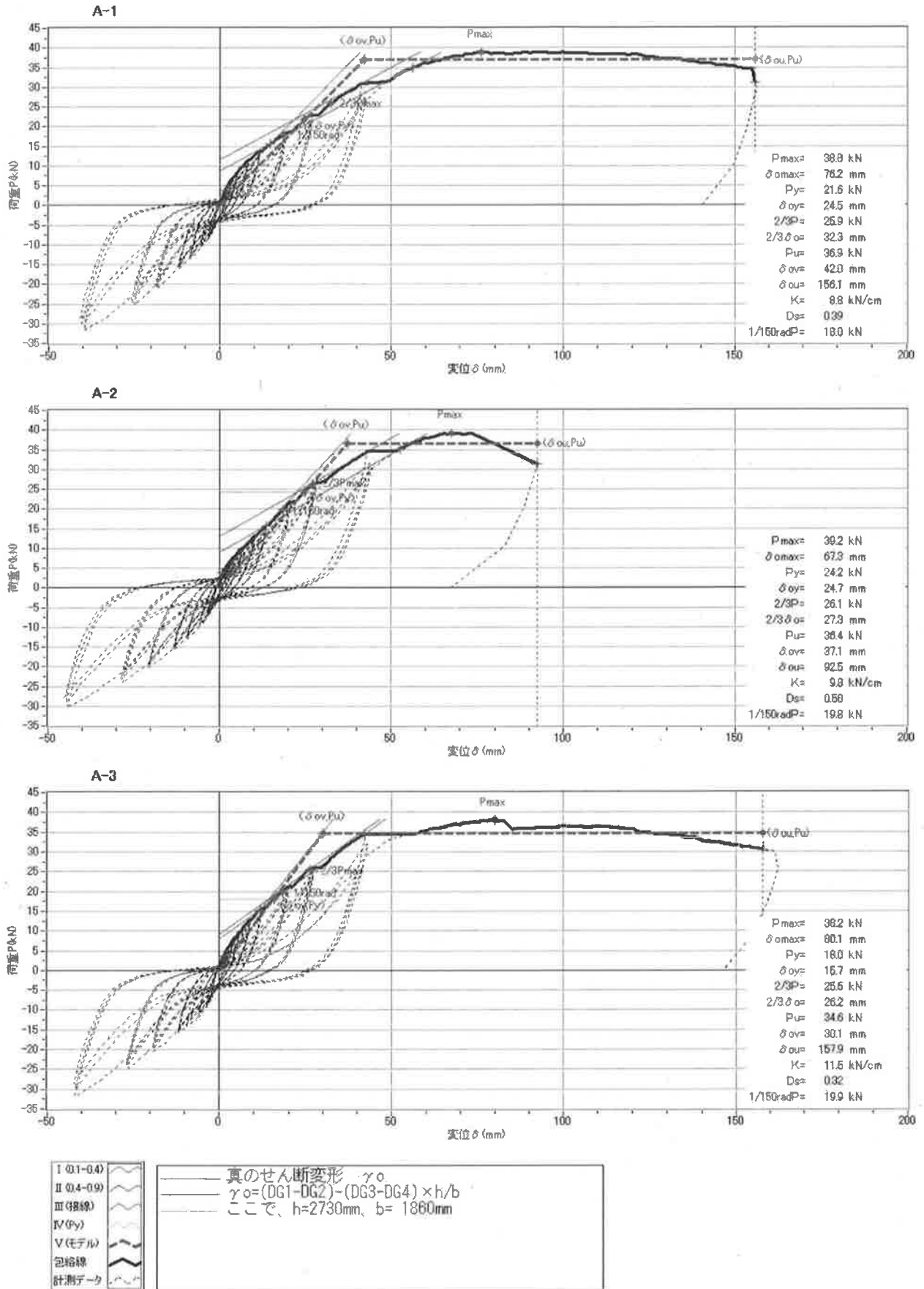
付図 9-14 12mm 合板落とし込み・カラマツ 105 角軸組 (金物補強) 耐力壁試験体荷重-変位曲線



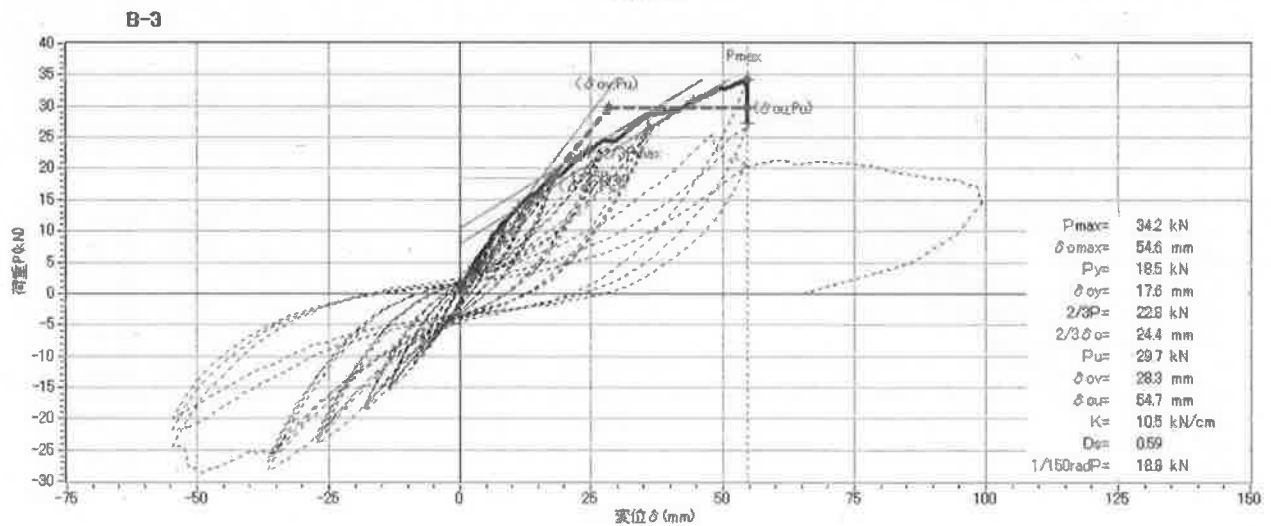
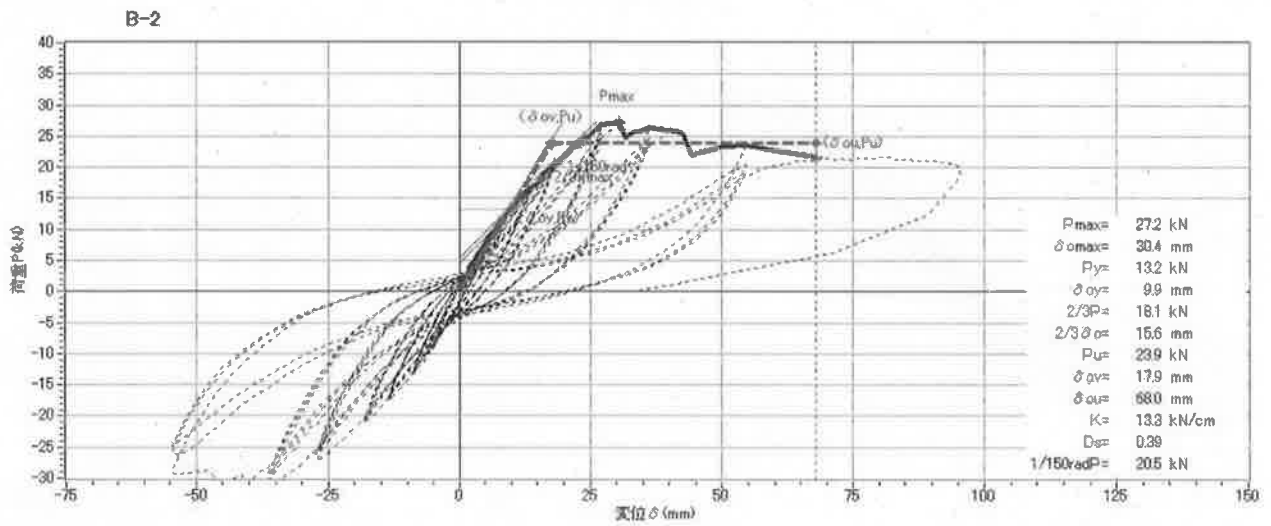
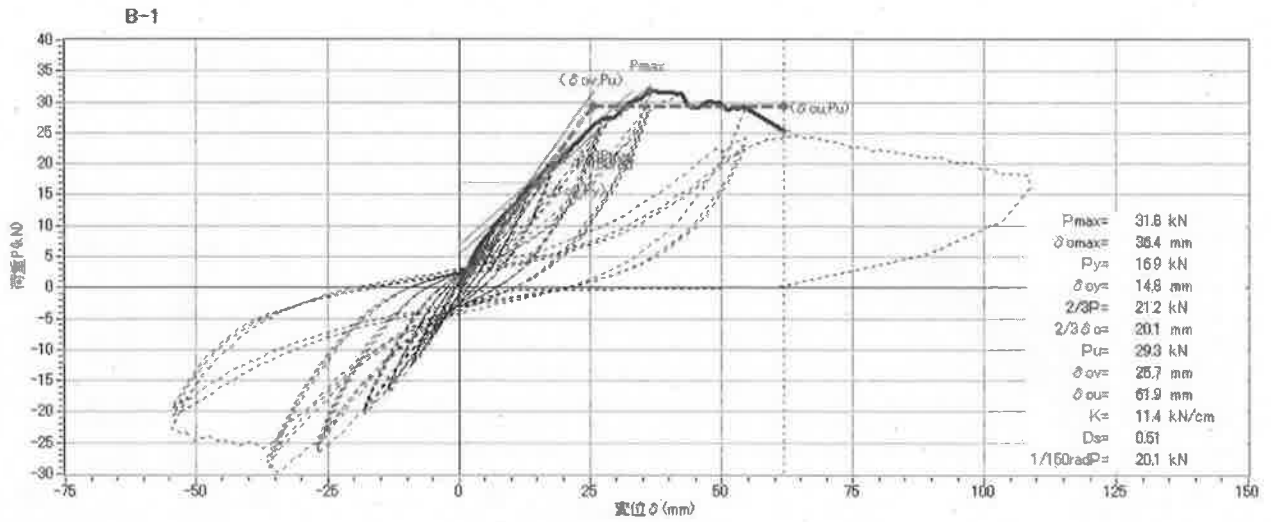
付図 9-15 24mm 合板落とし込み・カラマツ 105 角軸組 (金物補強) 耐力壁試験体荷重-変位曲線



付図 9-16 24mm 合板落とし込み・カラマツ 105 角軸組 (金物なし) 対照試験体荷重-変位曲線



付図 9-17 12mm 合板はめ込み・カラマツ 120 角軸組耐力壁試験体荷重-変位曲線



付図 9-18 12mm 合板はめ込み・カラマツ 120 角軸組腰・垂れ壁試験体荷重-変位曲線