

小型ラグスクリューボルトを用いた木造筋違構造の水平せん断性能

小松幸平^{*1}, 青柳凉子^{*2}, 黄權煥^{*3}, 中谷 誠^{*4}

Lateral Shear Performance of Wooden Diagonal Brace Structures Using Small Lagcrewbolts

Kohei KOMATSU^{*1}, Ryoko AOYAGI^{*2}, Kweon-Hwan HWANG^{*3}, Makoto NAKATANI^{*4}

(平成14年8月31日受理)

1. 研究の目的

1995年に発生した兵庫県南部地震において木造軸組構法住宅に甚大な被害が集中したことを受けて、地震に強い木造軸組構法住宅を再興させるため、建築基準法は様々な面で大々的に改定されて、今日に至っている。

大きく変わった点の一つは、耐力壁を構成している軸組の柱が土台から引き抜けないように、壁の位置と上部階の状況に応じて、ホールダウン金物と呼ばれる強力な金物で柱を固定することが義務付けられた点であろう。しかし、ホールダウン金物は真壁仕様の壁体を構成するには不適切な接合金物であり、できれば柱の軸心を通った力の伝達が可能な金物が望まれている。

そこで、本研究では、以下に示すポイントを設定して、柱－土台－筋違接合システムの開発を行った。

- 1) 力が軸心を通して伝達される理想的トラス構造を目指す。
- 2) 小型のラグスクリューボルトを活用した引抜きの生じにくい筋違システムを開発する。
- 3) 押し、引きとも同程度の剛性・耐力・靱性を発揮する筋違システムを開発する。
- 4) 筋違接合部自体にデザイン性を持たせ、意匠的にも使える筋違システムを開発する。

2. 新開発筋違システムとは

この筋違システムの第1のポイントは、柱－土台、筋違－土台間の接合に小型ラグスクリューボルトを使用することにある。図1に今回使用した小型ラグスクリューボルトを示す。

この小型ラグスクリューボルトを図2に示すように土台に埋め込み、軸芯部に加工されたM16仕様の雌ねじ部にボルトをねじ込んで他部材と連結する。図3は新開発筋違金物を土台に埋め込んだ小型ラグ

*1: 構造機能分野 (Laboratory of Structural Function)

*2: 元近畿大学卒論生 (One-time Undergraduate Student, Kinki Univ.)

*3: 日本学術振興会外国人特別研究員 (JSPS Foreign Special Reseach Fellow)

*4: 京都大学大学院農学研究科博士後期課程 (Graduate Student, Kyoto Univ., School of Agriculture.)

Key words : Brace, Shear Wall, Lateral Shear

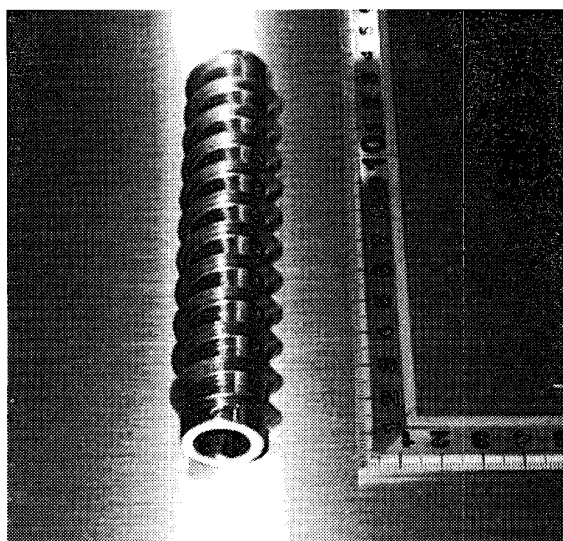


図1 小型ラグスクリューボルト

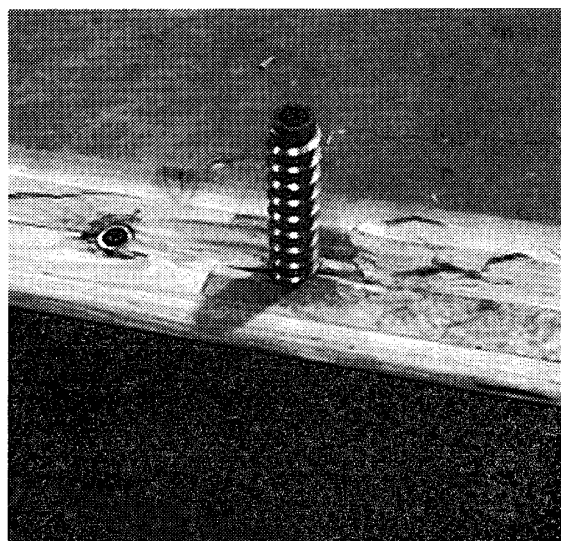


図2 土台に埋め込まれた状態

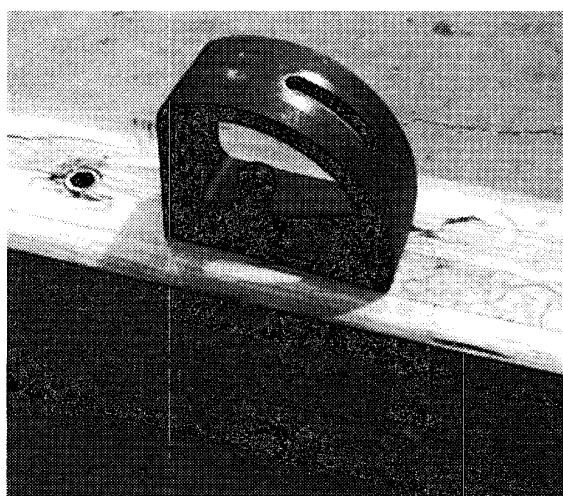


図3 ダクタイル鋳鉄製筋違金物をラグスクリューボルトに緊結した状態

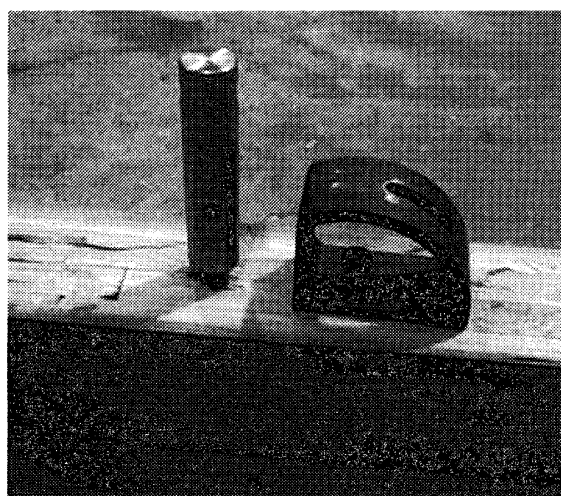


図4 柱用連結金物を土台のラグスクリューボルトと緊結した状況

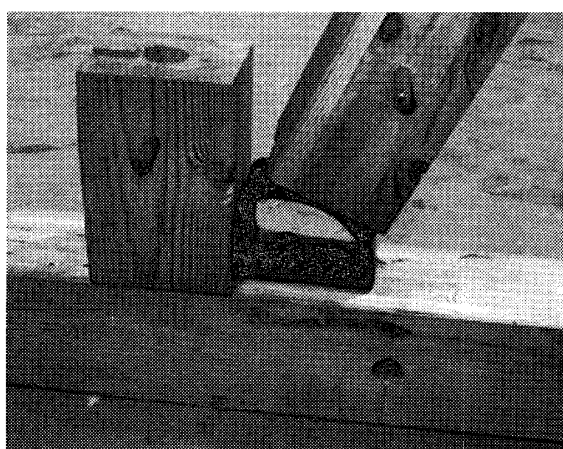


図5 筋違連結金物を取り付けた状態

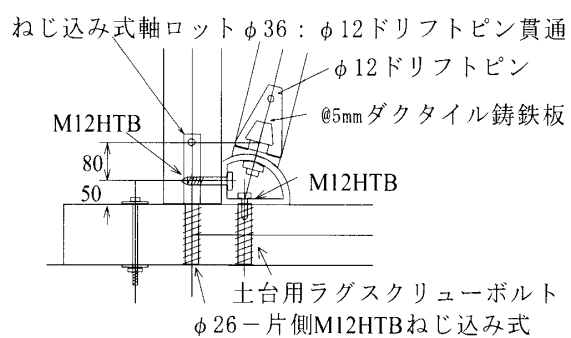


図6 新開発筋違システム完成図

スクリューボルトにM16HTBで緊結した状態を示。図4に柱用連結金物を土台のラグスクリューボルトと緊結した状況を示す。

図5に柱を緊結金物に挿入し、筋違金物にダクトイル鋳鉄製の筋違連結金物を取り付けた状態を示す。以上の一連の取付作業が終了した状態を横から透視図面で示したのが図6である。

3. 実験

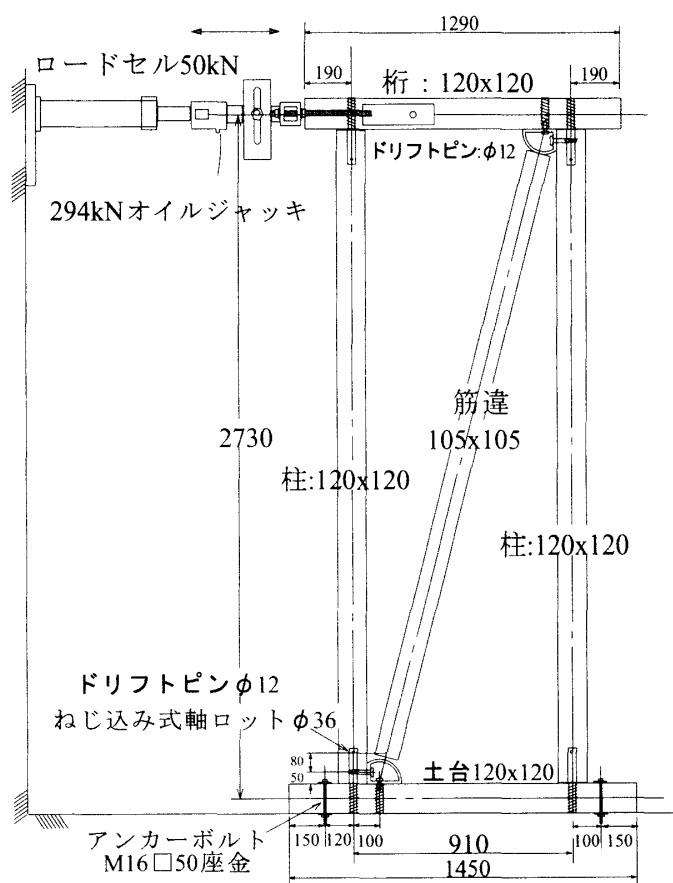
3.1 試験体

表1に供試した筋違入り軸組壁体試験体に使用した材料の基礎材質を示す。

図7に軸組み壁体試験体の概要、加力法等を示す。壁長さ910mm、高さ2730mmの1P試験体で、最終

表1 部材の基礎材質 (すべてベイマツ集成材E120f330)

部 位	断 面 (mm×mm)	単 位	密 度 kg/m ³	動的ヤング係数 kN/mm ²	含水率 %
柱・桁・土台	120×120	平均値	499	12.36	11.9
		sd.	35	1.38	0.9
筋違	105×105	平均値	501	9.87	12.4
		sd.	30	0.50	2.0



注：部材はすべてベイマツ集成材 (E120f330)である

図7 軸組み壁体試験体概要

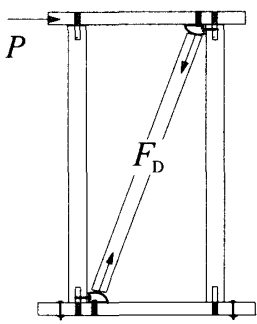
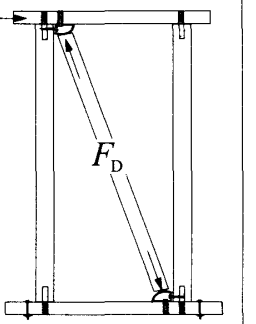
呼称	Brt-1～Brt-4	Brc-1～Brc-4
終局加力時 (押し)に おける筋違 の傾きと筋 違軸力の関 係		
筋違軸力	F_D : 引張力	F_D : 圧縮力

図8 筋違入り軸組壁体試験体の呼称の定義

的にオイルジャッキで押しの水平力を作用させた時に筋違に作用する力が引張力になる方向に筋違を配したタイプをBrt型、逆に筋違に作用する力が圧縮力になる方向に筋違を配したタイプをBrc型と定義した。各タイプの試験体はそれぞれ4体ずつ用意した。図8に基本的に2つのグループに分けられた筋違入り軸組壁体試験体の呼称の定義を示す。

3. 2 加力スケジュール

加力は原則として、変位制御方式とし、見かけのせん断変形角が第4ループにおいて $1/120\text{rad}$ になるよう初期目標変位を設定し、その前後の目標変位(変形角)はルート2倍ずつ増減していくように合計10ループの押し引き载荷スケジュールを設定した。表2に加力スケジュールを示す。

表2 筋違実験における正負繰り返し加力スケジュール

	サイクル	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
高さ L	変位計 #1 (mm)	8.0	11.4	16.1	22.8	32.2	45.5	64.3	91.0	128.7	$P_{\max}$
2730	変形角 $1/\text{mm}$ (rad.)	339	240	170	120	85	60	42	30	21	
		0.0029	0.0042	0.0059	0.0083	0.0118	0.0167	0.0236	0.0333	0.0471	

3. 3 計測機器類の設置と番号の定義

図9に荷重ならびに変位、ひずみの計測装置の取り付け位置とその番号を示す。

荷重(#0)は容量50kNのロードセルで測定した。上部横架材の水平絶対変位は巻取り型変位計CDP-2000(#1)で測定した。脚部水平絶対変位(#2)、土台鉛直絶対変位(#3、#4)、柱-土台相対変位(#5、#6)、筋違端部相対変位(#7)は高精度変位計CDP-50で測定した。ただし、#8、#9は欠番である。

柱および筋違材に作用するひずみ(#10～#15)の測定には、ペーパーベースのひずみゲージ($L=30\text{mm}$)を使用した。すべての測定値はGPIBを用いたパソコン制御のデータ収録装置を通じてデジタルデータとして記憶媒体に収録された。

3. 4 変形角の定義

筋違入り軸組壁体のせん断性能を評価するうえで重要な指標である見かけのせん断変形角 γ_1 と真のせん断変形角 γ_3 は図9で定義した変位計(#1～#6)の計測値を用いて以下の式で定義した。

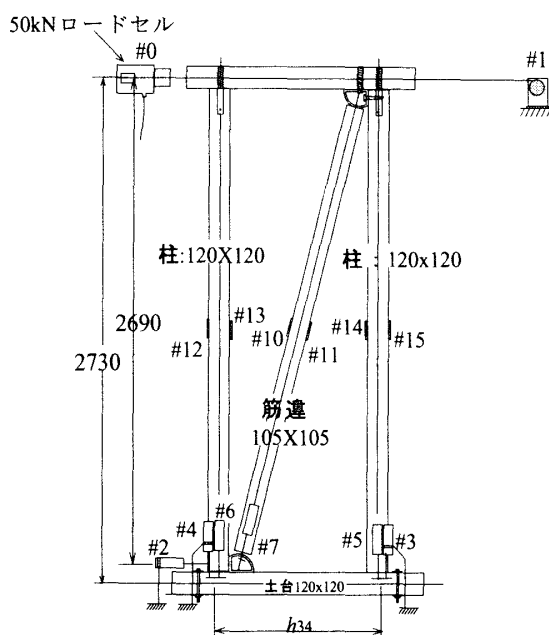


図9 計測機器類の位置と番号の定義

$$\text{見かけのせん断変形角} : \gamma_1 = \frac{\#1 - \#2}{2690} \quad \cdots (1)$$

$$\text{回転角} : \gamma_2 = \frac{(\#4 + \#6) - (\#3 + \#5)}{h_{43}} \quad \cdots (2) \quad h_{43} : \text{実測値、図9参照}$$

$$\text{真のせん断変形角} : \gamma_3 = \gamma_1 - \gamma_2 \quad \cdots (3)$$

4. 結果および考察

4. 1 荷重(P)-せん断変形角(γ)の関係

図10-a)、b)、c)、d)に Brtの、図11-a)、b)、c)、d)に Brcの荷重(P)-せん断変形角(γ)関係を示す。

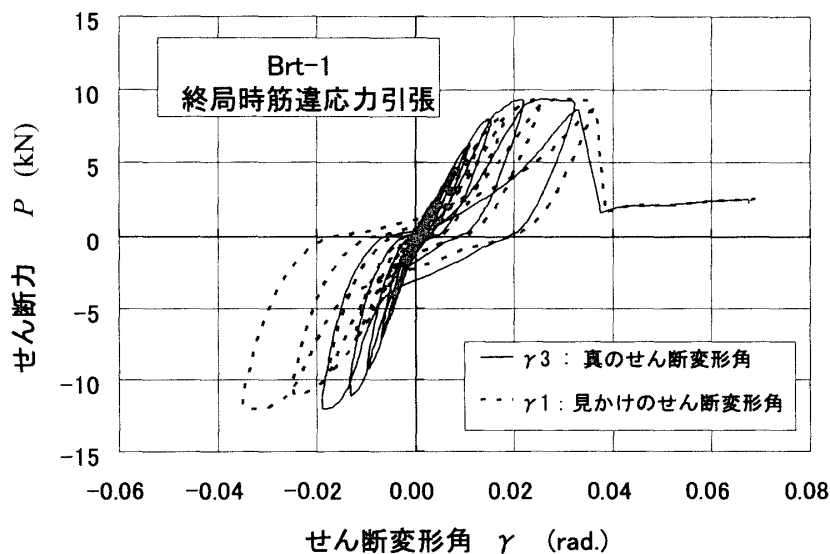


図10-a) Brt-1の荷重(P)-せん断変形角(γ)の関係

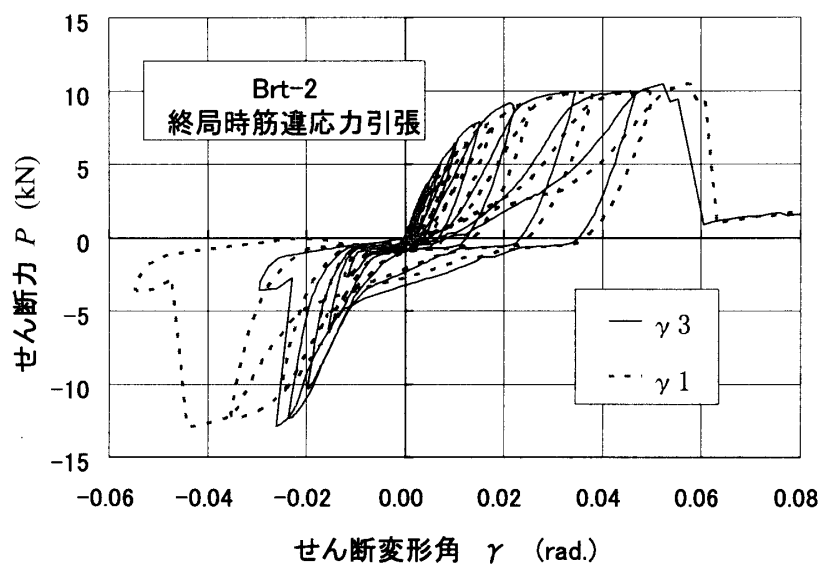


図10-b) Brt-2の荷重(P)-せん断変形角(γ)の関係

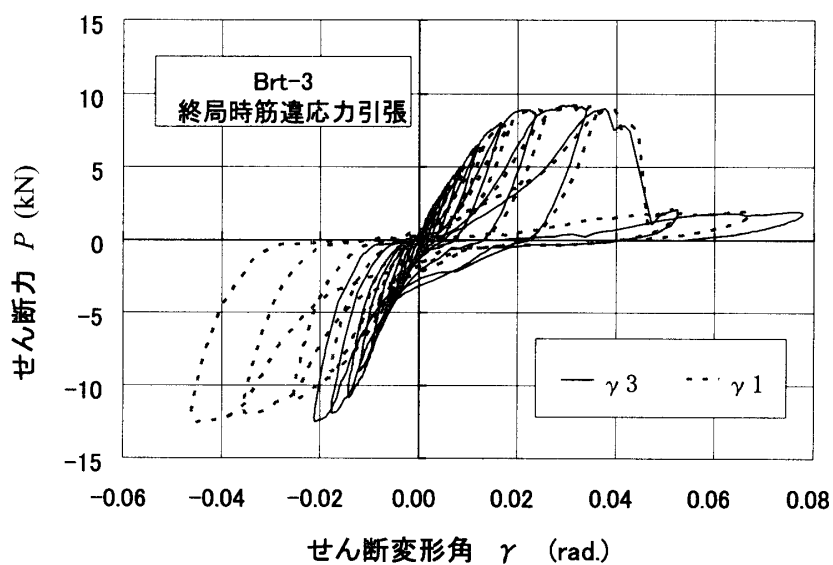


図10-c) Brt-3の荷重(P)-せん断変形角(γ)の関係

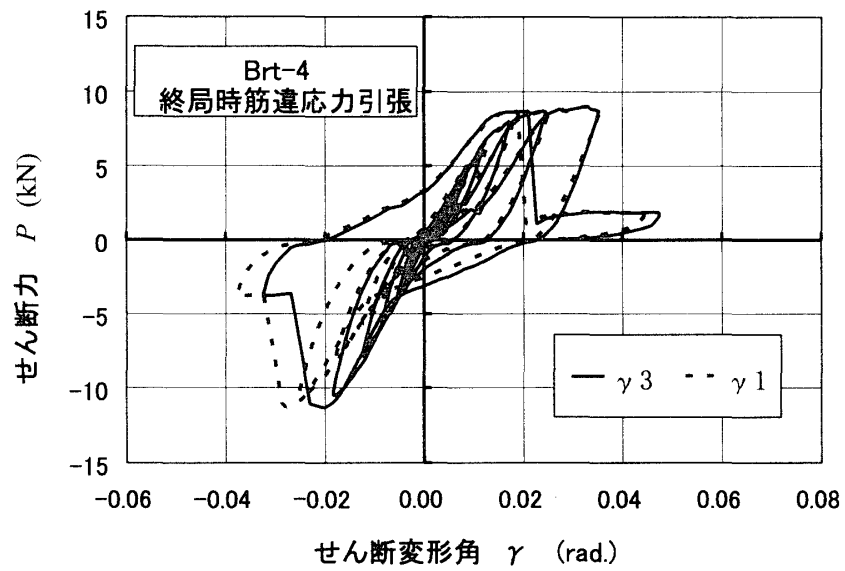


図10-d) Brt-4の荷重(P)-せん断変形角(γ)の関係

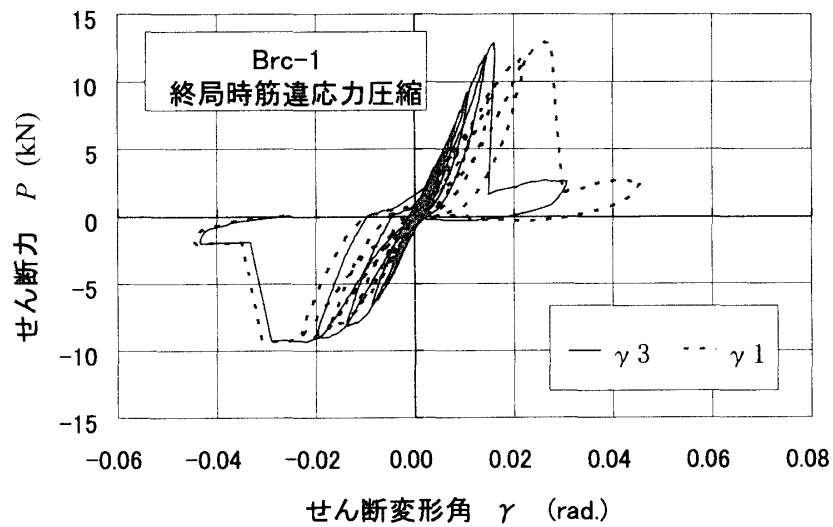


図11-a) Brc-1の荷重(P)-せん断変形角(γ)の関係

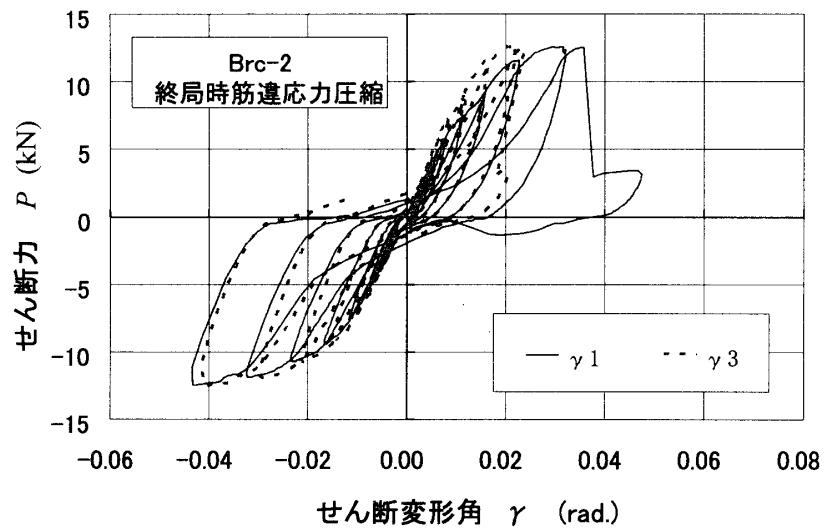


図11-b) Brc-2の荷重(P)-せん断変形角(γ)の関係

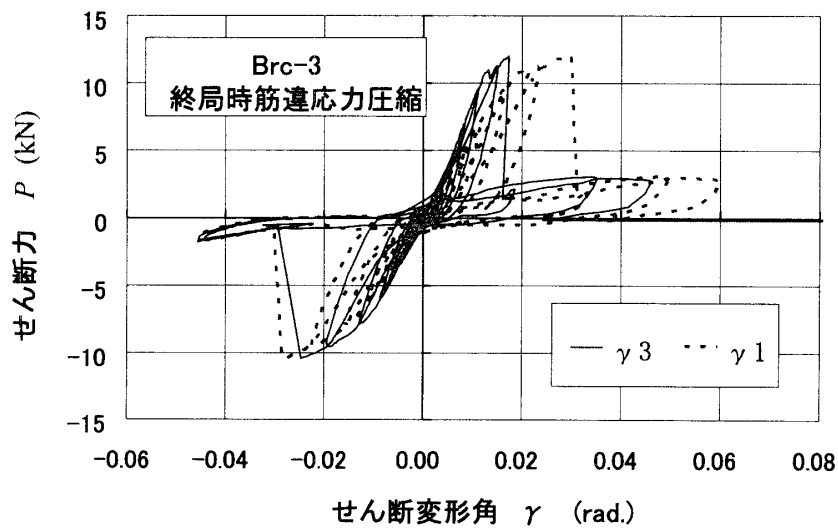


図11-c) Brc-3の荷重(P)-せん断変形角(γ)の関係

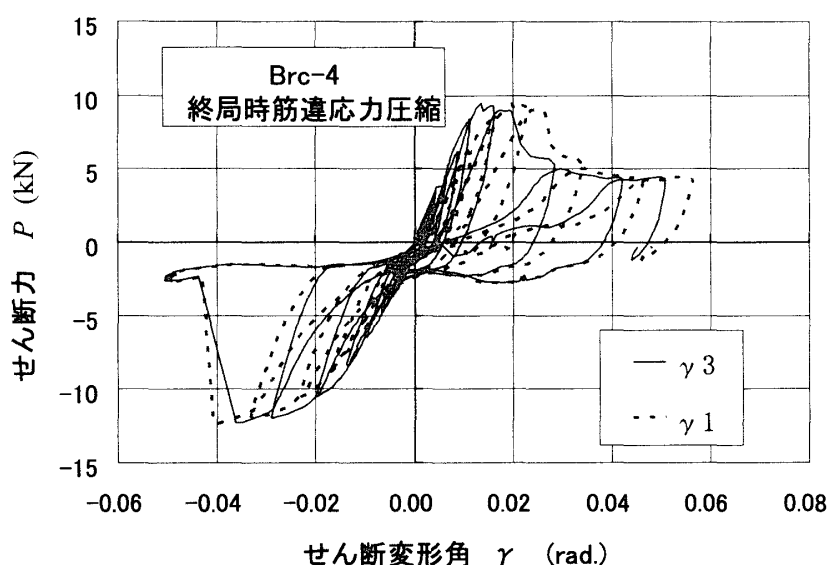


図11-d) Brc-4の荷重(P)-せん断変形角(γ)の関係

図10-a)～d)と図11-a)～d)を比較すると、明確な違いが分かる。すなわち、いずれの試験体においても、筋違に圧縮力が作用する大変形領域において、見かけのせん断変形角 γ_1 と真のせん断変形角 γ_3 との間に大きな違いが現れているという現象である。このことは、大変形領域において筋違が大きな圧縮力を受けると、三角形トラスを構成している柱材に大きな引張力が作用し、柱が土台から引抜けて大きな回転変形 γ_2 が生じたことを意味している。

この引抜け変形の主因は柱－土台間を接合している $\phi 36$ の柱脚金物と柱とを接合している $\phi 12$ ドリフトピンの変形によるものと考えられる。研究開始時点で注意がラグスクリューボルトの変形と耐力の方にのみ集中し、ドリフトピン接合の耐力の検討が十分でなかったことが原因である。

4. 2 包絡線と完全弾塑性近似

荷重(P)-見かけの変形角(γ_1)の包絡線関係をBr型については図12-a)、b)、c)、d)に、Brc型については図13-a)、b)、c)、d)に示す。図中の直線プロットは日本住宅木材技術センターの委員会で提案されている方法¹⁾に従って包絡線関係を完全弾塑性近似した場合の特性値である。

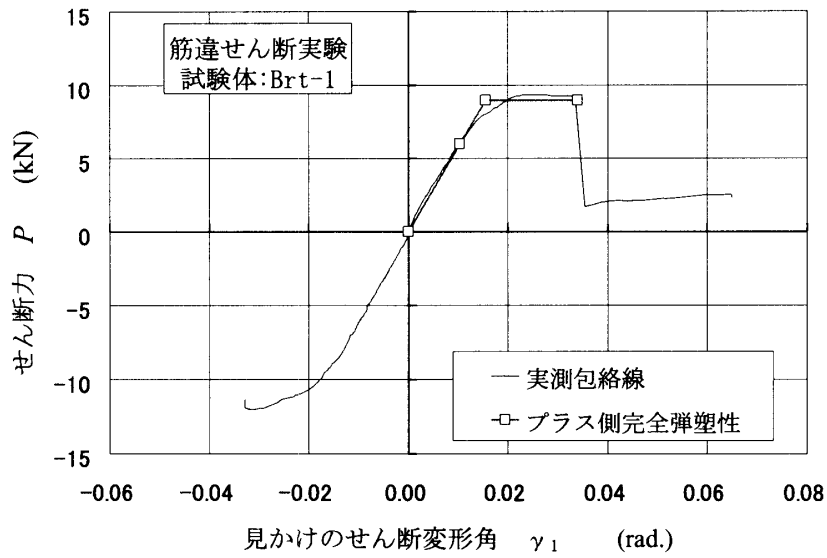


図12-a) Brt-1の包絡線関係と完全弾塑性近似

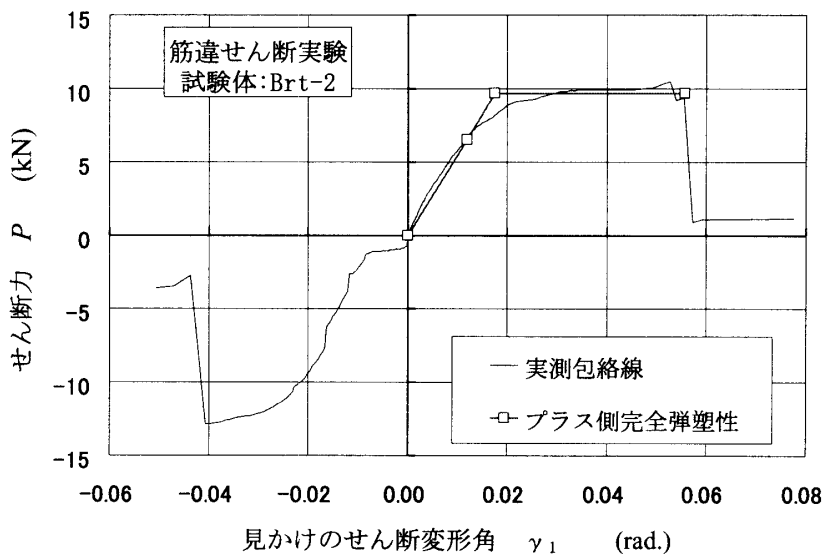


図12-b) Brt-2の包絡線関係と完全弾塑性近似

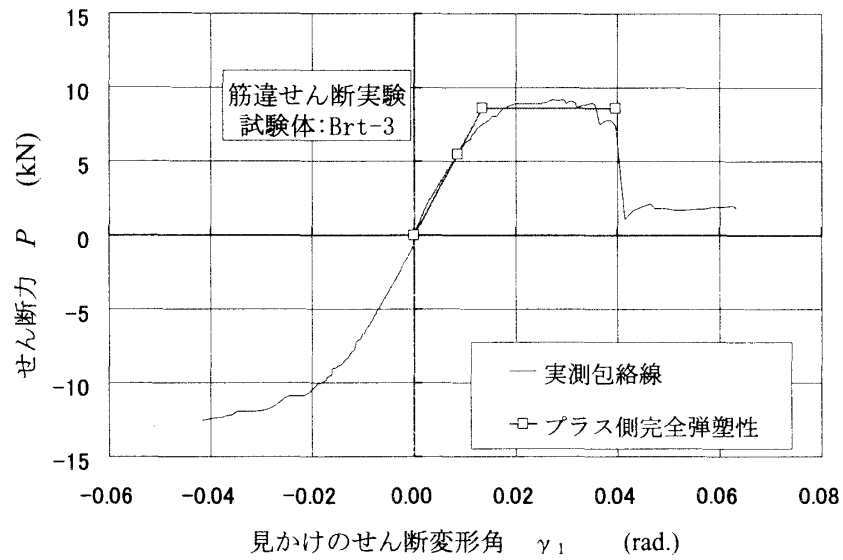


図12-c) Brt-3の包絡線関係と完全弾塑性近似

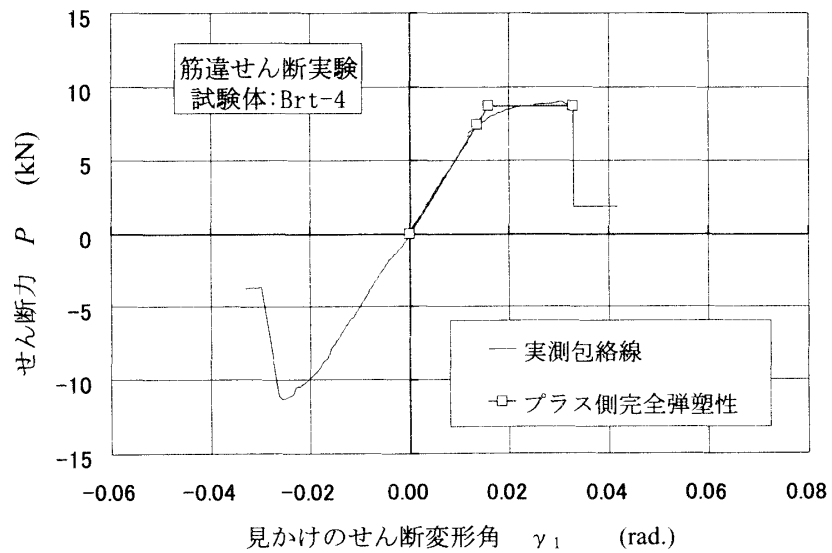


図12-d) Brt-4の包絡線関係と完全弾塑性近似

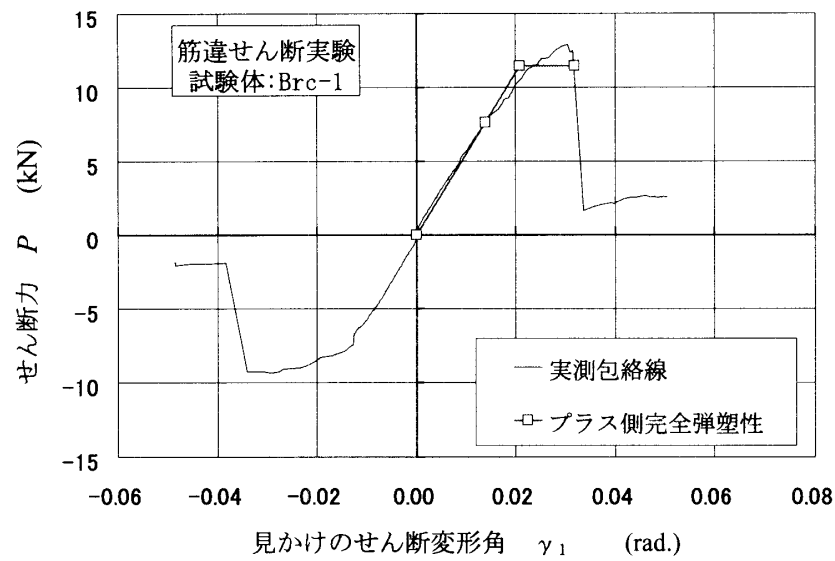


図13-a) Brc-1の包絡線関係と完全弾塑性近似

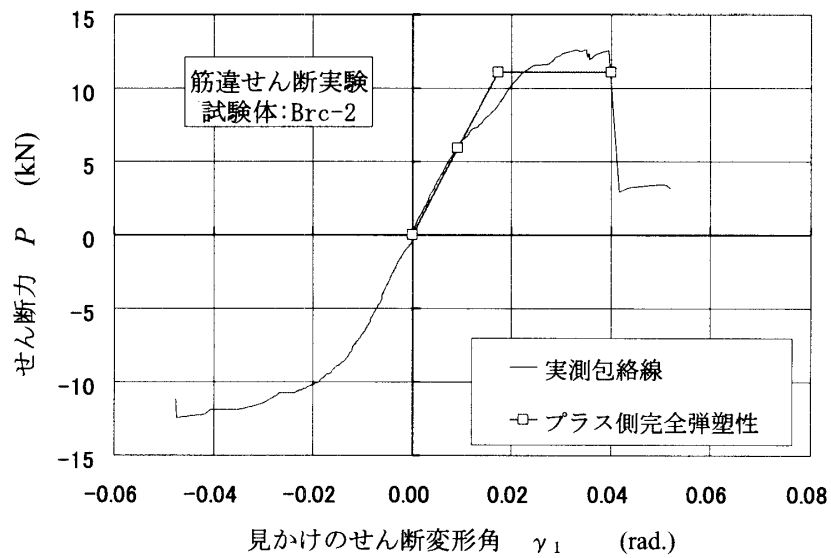


図13-b) Brc-2の包絡線関係と完全弾塑性近似

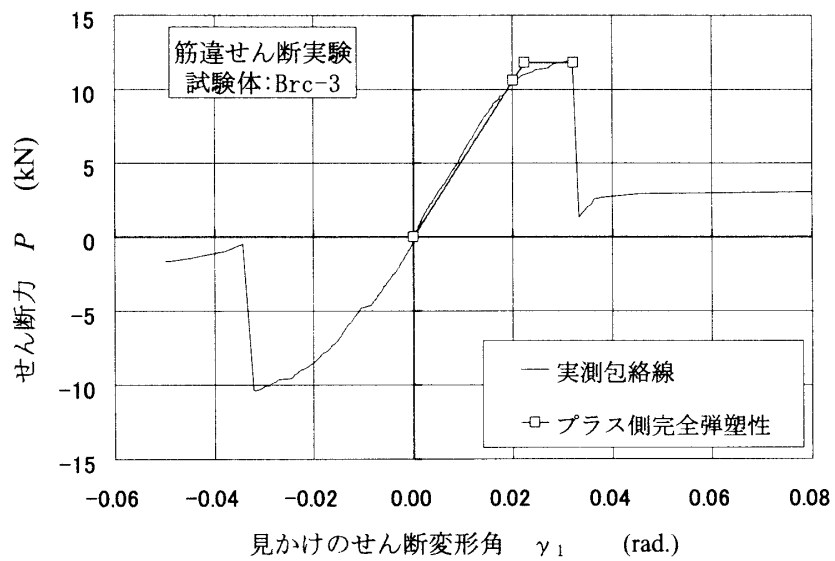


図13-c) Brc-3の包絡線関係と完全弾塑性近似

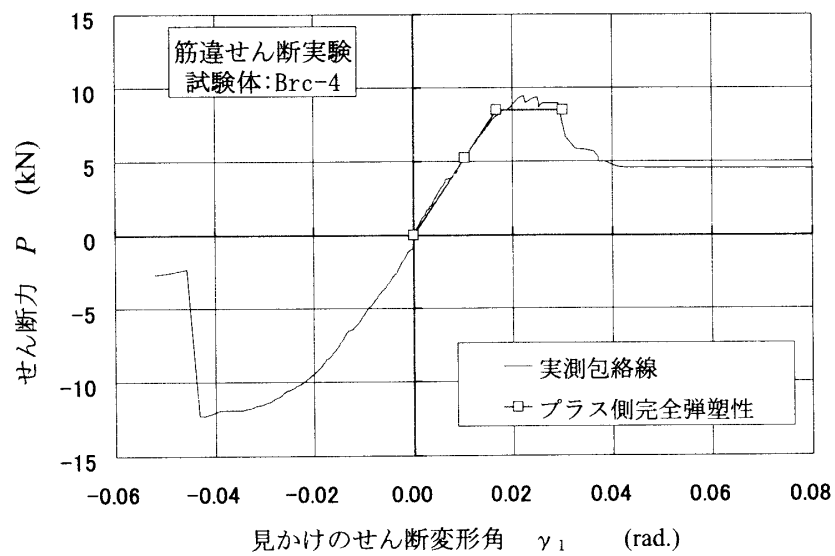


図13-d) Brc-4の包絡線関係と完全弾塑性近似

小松：小型ラグスクリーボルトを用いた木造筋違構造の水平せん断性能

表3-a)、b)に決定された各パラメータを一括して示す。表中に、初期剛性が記載されていないものが2体あるが、これは包絡線データの性格によるもので、現行の完全弾塑性近似のルールに従って各パラメータを計算機に自動決定させると、荷重－変形角の関係が下に凸状の特性を持っていると接線を決定する過程で数値計算上の問題が生じるためである。

表3-a) 終局時に筋違に圧縮力が作用するBrcタイプの弾塑性近似結果

試験体 呼称	加力 方向	完全弾塑性モデル							実測終局時	
		初期剛性域			降伏点以降				最大荷重時	
		降伏荷重 時変形角	降伏 荷重	初期 剛性	終局荷重 時変形角	終局 荷重	0.8 P_{max} 時 変形角	塑性率	最大荷重 時変形角	最大 荷重
		γ_y rad.	P_y kN	K kN/rad.	γ_v rad.	P_u kN	γ_u rad.	μ	$\gamma_{P_{max}}$ rad.	P_{max} kN
Brc-1	押し	0.0139	7.64	548.75	0.02089	11.46	0.03193	1.528	0.03042	12.93
	引き	-0.01270	-7.33	576.73						
Brc-2	押し	0.00916	5.89	642.99	0.01730	11.12	0.04009	2.318	0.03299	12.62
	引き	-0.01227	-7.93	646.36						
Brc-3	押し	0.02016	10.63	527.30	0.02249	11.86	0.03227	1.435	0.03198	12.04
	引き	-0.00771	-4.26	552.92						
Brc-4	押し	0.01035	5.22	504.36	0.01676	8.45	0.03011	1.797	0.02220	9.46
	引き	-0.01546	-7.72	499.52						
平均値	押し	0.01340	7.34	555.85	0.0193597	10.72	0.03360	1.769	0.02940	11.77
	引き	-0.01203	-6.81	568.88						

表3-b) 終局時に筋違に引張力が作用するBrtタイプの弾塑性近似結果

試験体 呼称	加力 方向	完全弾塑性モデル							実測終局時	
		初期剛性域			降伏点以降				最大荷重時	
		降伏荷重 時変形角	降伏 荷重	初期 剛性	終局荷重 時変形角	終局 荷重	0.8 P_{max} 時 変形角	塑性率	最大荷重 時変形角	最大 荷重
		γ_y rad.	P_y kN	K kN/rad.	γ_v rad.	P_u kN	γ_u rad.	μ	$\gamma_{P_{max}}$ rad.	P_{max} kN
Brc-1	押し	0.01028	5.98	581.55	0.01544	8.98	0.03398	2.200	0.02778	9.36
	引き	-0.01552	-9.07	584.45						
Brc-2	押し	0.01188	6.55	551.48	0.01753	9.67	0.05563	3.174	0.05257	10.48
	引き									
Brc-3	押し	0.00859	5.52	642.39	0.01340	8.61	0.03965	2.958	0.02928	9.19
	引き	-0.01290	-8.25	639.57						
Brc-4	押し	0.01361	7.41	544.66	0.01594	8.68	0.03288	2.063	0.03042	8.99
	引き									
平均値	押し	0.01109	6.36	580.02	0.01558	8.98	0.04054	2.599	0.03501	9.51
	引き	-0.0142097	-8.66	612.01						

4. 3 新評価法による壁倍率の評価

平成12年6月の基準法施行令の改定によって、壁倍率は下式により算定することとなった¹⁾。

$$\text{壁倍率} = P_a \times (1/1.96) \times (1/L) \quad \cdots (1)$$

ここで、 P_a ：①の手順で求めた短期許容せん断耐力 (kN)

1.96：壁倍率=1を算定する数値 (kN/m)

L ：試験体の壁の長さ (m)

① 短期許容せん断耐力 P_a は以下のルールで評価する。

$$P_a = P_0 \times \alpha \quad \cdots (2)$$

ここで、 P_0 ：②の手順で求めた短期基準せん断耐力 (kN)

α ：考えられる耐力低減の要因を評価する係数で、耐力壁の構成材料の耐久性、使用環境の影響、施工性の影響、壁量計算の前提条件を満たさない場合の影響等を勘案して定める係数

② 短期基準せん断耐力 P_0 は次式によって算定する。

$$P_0 = P_e \times \text{ばらつき係数} \quad \cdots (3)$$

ここで、 P_e ：③の手順で求めた試験荷重 (kN)

ばらつき係数は④による

③ 試験荷重は、次ぎの(a)～(d)の平均値の中で最も小さい値を試験荷重とする。

(a) 降伏耐力 P_y

(b) 終局耐力 P_u に $(0.2\sqrt{2\mu-1})$ を乗じたもの。ただし、 μ は塑性率 $\mu = \gamma_u / \gamma_y$ である。

(c) 最大耐力 $P_{\max}$ の2/3

(d) 特定変形時（タイロッド式の場合：真のせん断変形角 1/150rad、無載荷式または載荷式の場合：見かけのせん断変形角 1/120rad.）の耐力

上記において、降伏耐力 P_y 、終局耐力 P_u 、 $(0.2\sqrt{2\mu-1}) P_u$ は、及び γ_u, γ_y 等は、荷重－せん断変形曲線の終局加力を行った側の包絡線より完全弾塑性近似法によって評価したもので、本研究の結果は表 3-a)、b)に示す。

④ ばらつき係数は、統計的处理に基づく信頼水準75%の50%下側許容限界値として算出する。母集団を正規分布とした場合のばらつき係数は下式による。

$$\text{ばらつき係数} = 1 - CV \cdot K$$

ここで、CV：変動係数

小松：小型ラグスクリーューボルトを用いた木造筋違構造の水平せん断性能

K : 0.383 (n = 4)

以上の方法によって壁倍率を評価した結果を表4に示す。

表4 新評価法を適用した場合の算定壁倍率

試験体 呼称	P_{max} 時 に筋違 にかかる 応力	4. 3項で定義される中間評価値 (①～③参照)								最終評 価値
		$P_{1/120}$	$2/3P_{max}$	P_y	P_u	μ	$0.2\sqrt{2\mu-1}$	P_e	P_a	
		(kN)					(kN)			
Brc-1	圧縮	4.94	6.23	7.64	11.46	1.528	3.29	3.29	短期許 容せん 断耐力	壁 倍 率
Brc-2	圧縮	5.62	8.31	5.89	11.12	2.318	4.24	4.24		
Brc-3	圧縮	4.55	6.92	10.63	11.86	1.435	3.24	3.24		
Brc-4	圧縮	4.73	8.21	5.22	8.45	1.797	2.72	2.72		
平均値		4.96	7.42	7.35	10.72	1.769	3.37	3.37	3.13	1.45
S.D		0.47	1.01	2.42	1.54	0.396	0.63	0.63		
1-CV・K		0.96	0.95	0.87	0.94	0.91	0.93	0.93		
Brt-1	引張	5.05	6.24	5.98	8.98	2.200	3.31	3.31	短期許 容せん 断耐力	壁 倍 率
Brt-2	引張	5.03	6.99	6.55	9.67	3.174	4.47	4.47		
Brt-3	引張	5.35	6.13	5.52	8.61	2.958	3.82	3.82		
Brt-4	引張	4.55	6.00	7.41	8.68	2.063	3.07	3.07		
平均値		4.99	6.34	6.37	8.98	2.599	3.67	3.67	3.43	1.59
S.D		0.33	0.45	0.81	0.48	0.549	0.62	0.62		
1-CV・K		0.97	0.97	0.95	0.98	0.92	0.94	0.94		

また、新旧評価法を比較するため、旧評価法で評価した筋違試験体の壁倍率算定結果を表5に示す。

表5 旧評価法で評価された筋違い試験体の壁倍率

試験体 呼称	$P_{\max}$ 時 に筋違 にかかる 応力	1/120rad.時 耐力	最大荷重の 2/3	最大荷重時変 形角の1/2の変 形角時の耐力	左 3 項目中 の最小値	壁倍率		
		$P_{-1/120}$	$2/3P_{\max}$	$P_{1/2} \vee P_{\max}$	P_a			
		(kgf)						
Brc-1	圧縮	504	635	800	504	3.2	新評価 法による 倍率	新旧評 価法による 倍率の比
Brc-2	圧縮	573	847	1093	573	3.6		
Brc-3	圧縮	464	706	746	464	2.9		
Brc-4	圧縮	483	837	1007	483	3.1		
平均値						3.2	1.45	0.45
Brt-1	引張	515	636	776	515	3.3	新評価 法による 倍率	新旧評 価法による 倍率の比
Brt-2	引張	513	713	959	513	3.2		
Brt-3	引張	546	625	791	546	3.5		
Brt-4	引張	464	611	786	464	2.9		
平均値						3.2	1.59	0.49

表5を見ると、いわゆる新評価法で評価された筋違入り耐力壁試験体の壁倍率は、旧評価法で算定された壁倍率の45～49%程度の低い倍率でしか評価されなかった。これは、表4に示すように、新評価法

で初めて導入された塑性率 μ の関与する項が、多くの場合、これまでの評価と異なり、非常に厳しい評価を与えるからである。本研究においても、表4, 5に示すように、例外なく旧評価法で得られた壁倍率のおよそ半分以下という厳しい評価値となった。

4. 4 終局状態

試験体破壊後(筋違破壊後)の筋違部、柱部での終局状態についての写真、詳細を表6-a)、~h)に示す。

第8サイクルまではすべての試験体において筋違部の破壊は起こらなかった。Brc型、Brt型双方において、まず柱材の土台からの引抜きが起り、その後柱脚部及び柱頭部のドリフトピン接合部で割裂した。その後、荷重が一担下がり、筋違材の割裂破壊に至った。筋違材及び柱材の割裂破壊はすべて、ドリフトピン接合部で起こった。

5. まとめ

本研究では、小型ラグスクリーボルトを利用した土台を割裂させない筋違システムを開発することを第1の目的とした。

具体的には、任意角度の筋違に対応可能なデザイン性のあるダクタイル鋳鉄製筋違金物を考案した。その際、筋違の軸力が偏心を起こさず軸芯を通して土台に伝達されるように留意した。筋違金物に関しては、新規の開発であったため、かなりの時間的準備をかけて予備的検討を繰り返した。しかし、柱-土台、筋違端部-筋違金物の接合には従来からのドリフトピン接合を使用したため、その性能は既知のこととして、十分な予備的検討を行わなかった。その結果、いずれの試験体においても、柱-土台間のドリフトピン接合部が最初に降伏し、次いで筋違端部のドリフトピン接合部で割裂型の破壊を誘発した。

終局時に筋違に圧縮力が作用するBrc型と終局時に引張力が作用するBrt型を比較すると、やはりBrc型の方が10%程度高い耐力を示した。また新評価法によって壁倍率を評価した結果、筋違に引張力が作用する場合は1.59、圧縮力が作用する場合は1.45と旧評価法による評価値3.43、3.13に比べて半分以下の厳しい評価値となった。この傾向は、本研究の場合に限ったことではなく、新評価法によって再評価された耐力壁すべてに当てはまる傾向であり、実務的には非常に厳しい現実となっている。

従来型の筋違壁の場合は、筋違に引張力が作用すると、圧縮が作用する場合の半分以下の性能しか得られなかったのに対し、本研究で開発した筋違システムの場合は、押しよりも引きの方が性能が向上したという点においては、少なくとも、研究計画当初の目標が一応達成されたものと考えている。

引用・参考文献

- 1) (財)日本建築センター：木造の耐力壁及びその倍率の性能評価申請要領、BR住-504-01、6月1日制定、2000。
- 2) 青柳涼子：木造筋違耐力壁の接合構法に関する研究、1999年度卒業論文、近畿大学農学部農芸化学科天然高分子化学専攻、2000年3月。

謝 辞

本研究は平成10年~11年度文部省科学研究費補助金「基盤研究(B)(2) 研究代表者 小松幸平」を受けて遂行することができた。また、実験には新田亜希氏(当時大学院修士課程学生)の協力を得た。ここに深く感謝の意を表する。

表 6 -a. 各試験体の終局状態

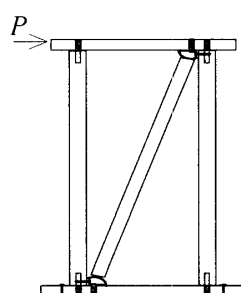
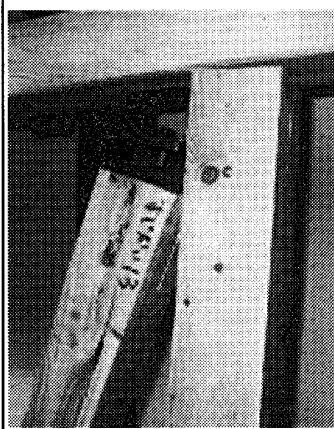
試験体	終局時の筋違にかかる応力	破壊形態	
Brt-1 	引張		
		筋違柱脚部	右柱柱脚部
第7サイクル（引き側）、1000kgf付近で右柱の柱脚部で浮き上がりが起こる。第8サイクル（押し側）、1100kgf付近で筋違が柱脚部のドリフトピン接合部で割裂破壊。			

表 6 -b. 各試験体の終局状態

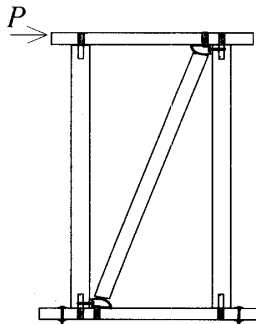
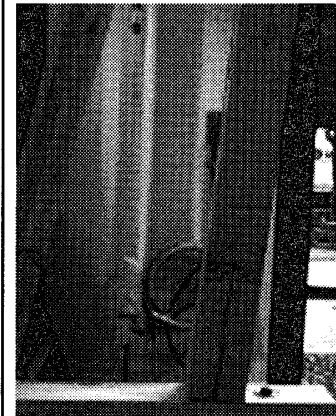
試験体	終局時の筋違にかかる応力	破壊形態	
Brt-2 	引張		
		筋違柱脚部	右柱柱脚部
第9サイクルの1300kgf（引き側）付近で、右柱が柱脚部のドリフトピン接合部より割裂。第10サイクルの1100kgf（押し側）付近で、柱脚部の筋違金物が破壊。			

表 6 -c. 各試験体の終局状態

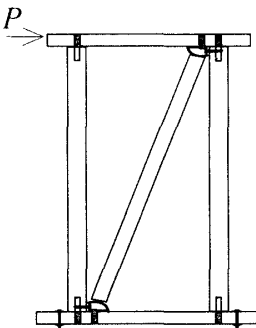
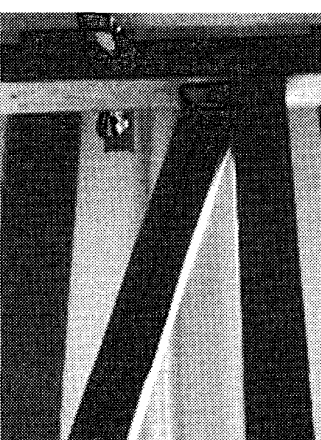
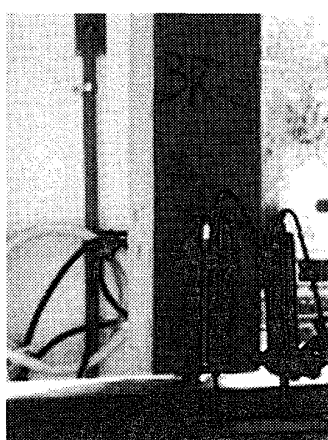
試験体	終局時の筋違にかかる応力	破壊形態	
Brt-3 	引張	 筋違桁部	 右柱桁部
第9サイクルの950kgf（押し側）付近で、筋違が桁部のドリフトピン接合部で割裂。その後、右柱の破壊が桁部のドリフトピン接合部で起こる。			

表 6 -d. 各試験体の終局状態

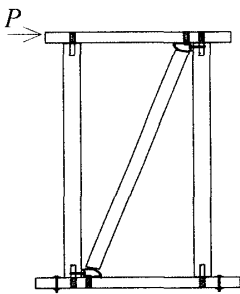
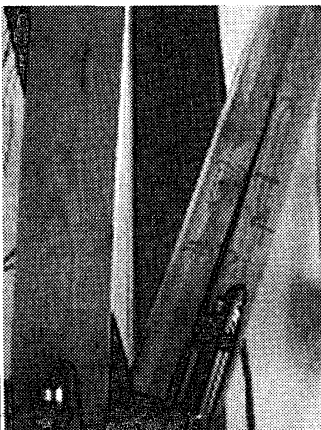
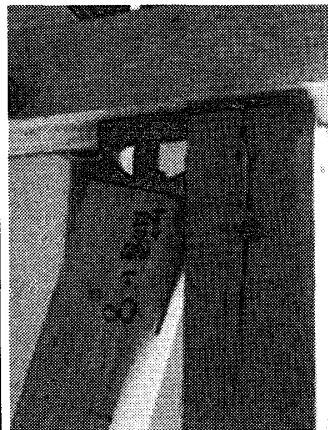
試験体	終局時の筋違にかかる応力	破壊形態	
Brt-4 	引張	 筋違柱脚部	 右柱桁部
第7サイクル（引き側）より金属音が生じる。第8サイクルの1000kgf（押し側）付近で筋違が柱脚部のドリフトピン接合部で破壊。			

表 6 -e. 各試験体の終局状態

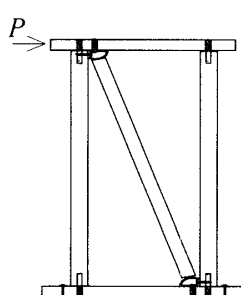
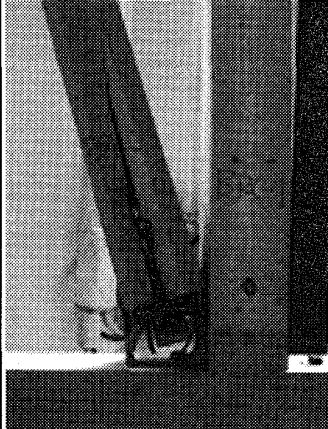
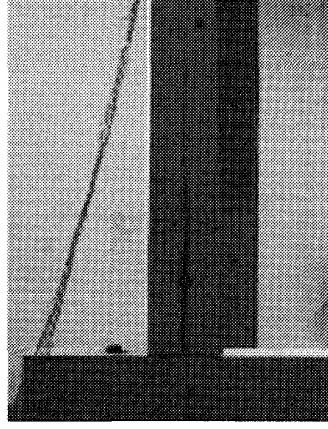
試験体	終局時の筋違にかかる応力	破壊形態	
Brc-1 	圧縮		
		筋違柱脚部	左柱柱脚部
第8サイクル(押し側) 1260kgf付近で左柱が柱脚部のドリフトピン接合部で割裂破壊。その後、筋違が柱脚部のドリフトピン接合部で割裂破壊。			

表 6 -f. 各試験体の終局状態

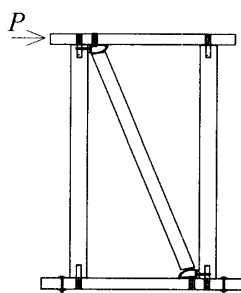
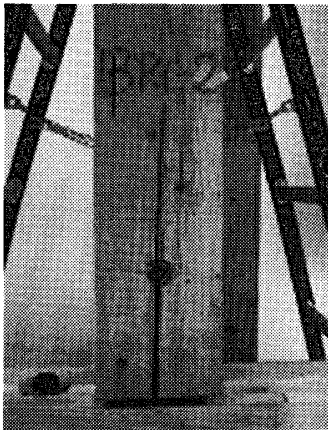
試験体	終局時の筋違にかかる応力	破壊形態	
Brc-2 	圧縮		
		筋違柱脚部	左柱柱脚部
第9サイクル（押し）で左柱が柱脚部のドリフトピン接合部で割裂し、土台より浮き上がる。その後オイルのジャッキの長さが足りず、第9サイクルで終了。筋違破壊にまで至らず。			

表 6 -g. 各試験体の終局状態

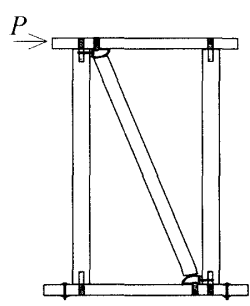
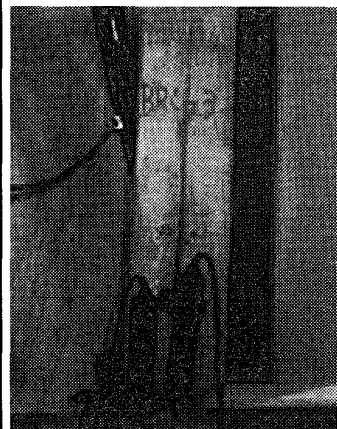
試験体	終局時の筋違にかかる応力	破壊形態	
Brc-3 	圧縮		
		筋違柱脚部	左柱柱脚部
第8サイクル（押し側）、1250kgf付近で左柱の柱脚部が土台から浮き上がり、ドリフトピン接合部で割裂。第8サイクル（引き側）、1000kgf付近で筋違が柱脚部のドリフトピン接合部で割裂破壊。			

表 6 -h. 各試験体の終局状態

試験体	終局時の筋違にかかる応力	破壊形態	
Brc-4	圧縮		
		筋違桁部	左柱桁部
第7サイクル（押し側）で左柱上部にクラックが入り、第8サイクル（押し側）で左柱が桁部のドリフトピン接合部で割裂。第9サイクル（引き側）で筋違上部で割裂破壊が起こり、金物接合部から筋違がはずれる。			