

拘束効果が低い座屈拘束ブレースの実験

岩田研究室 200302582 片山 秀明

1. 序

座屈拘束ブレースにおいては、拘束材の座屈荷重 P_E を芯材の降伏荷重 P_y で除した値 P_E/P_y が拘束力を示す指標と考えられている。既往の研究¹⁾では、 P_E/P_y が 1.0 以上であれば、層間変形角 1/100 相当の 1.0%歪まで安定的にエネルギー吸収を行うという基準を満たすとされている。しかし、 P_E/P_y が 0.9 の試験体では、歪 ϵ が 1.0%歪 3 回目圧縮側からピーク時に耐力低下し始め、1.5%歪 1 回目の圧縮側で部材座屈をした。また、解析的研究²⁾では P_E/P_y が 0.9 のモデルは 0.75%歪 1 回目圧縮側で中央部が撓み、耐力低下しているなど、拘束効果が低い座屈拘束ブレースは、その挙動や復元力特性、性能が不安定であることが指摘される。

本研究では、 P_E/P_y が 0.9 の試験体を新たに 2 体製作し、静的漸増繰返し載荷を行い、既往の実験結果¹⁾と比較することで、その挙動と性能について考察する。

2. 実験計画

2.1 試験体

試験体一覧を表 1 に、試験体断面図を図 1 に示す。これは、既往の研究¹⁾の P_E/P_y が 0.9 の試験体(S3)と同じ形状である。芯材の降伏荷重 P_y は素材試験から、拘束材の座屈荷重 P_E は試験体長さ($l=2351\text{mm}$)を座屈長さとしてオイラー座屈式から算出する。 P_E/P_y を 0.9 に設定して試験体を製作しているため、P1 試験体と P2 試験体の拘束材の欄には実証値を記した。 P_y と P_E がそれぞれ P1 試験体、P2 試験体と S3 試験体で差があるものの、拘束力を示す P_E/P_y が同じ値を示しているため、各試験体は、同等の拘束力と判断する。

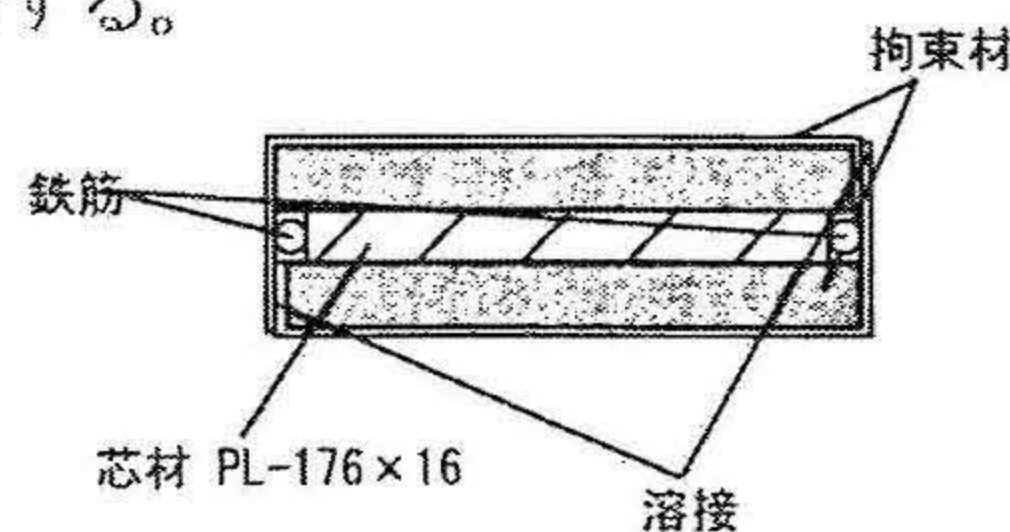


図1 試験体断面図

2.2 載荷方法

載荷は 1000kN アクチュエーターを使用し、柱下部をピン支持とし、柱頭部はローラー支持とする。試験体を芯材の弱軸方向が載荷軸面内になるように 45 度の角度で設置する。載荷パターンは、軸方向による正負交番漸増繰返しの静的載荷とし、芯材の降伏歪 ϵ_y の 1/3、2/3 を各 1 回、芯材の 0.25%歪を 1 回、0.5%、0.75%歪を各 2 回、1.0%歪を 5 回、1.5%、2.0%、2.5%歪を各 2 回、3.0%歪は耐力低下の後、芯材が破断するまで行う。

3. 実験結果

3.1 経過

P1 と P2 試験体の実験結果と、比較のための S3 試験体の実験結果及び F-25 モデルの解析結果を表 2 に示す。これらの試験体と S3 試験体の P/P_y - ϵ 関係を図 3 に示す。P1 試験体は 2.5%歪 1 回目圧縮側で試験体下部が局部変形し耐力低下した。その後、徐々に耐力が低下し、3.0%歪 1 回目圧縮側において試験体の変形が激しく、載荷継続困難と判断し実験を終えた。P2 試験体は 2.0%歪 2 回目圧縮側で試験体中央部が局部変形し耐力が低下した。その後、3.0%歪 3 回目引張側で芯材が破断して実験を終えた。

3.2 最終状態

実験終了後、拘束材を除去して芯材の観察を行った。これを図 4 に示す。P1 試験体は芯材塑性化領域の下端部に、P2 試験体は芯材中央部にそれぞれ弱軸方向の局部変形が見られ、P2 試験体は中央部の変形箇所破断していた。局部変形を起こした箇所ではモルタルが圧縮破壊を起こしていた。高次の座屈モードが若干確認できるが、どちらの試験体も強軸方向の変形は見られなかった。

S3 試験体は、芯材塑性化領域の上端部で弱軸方向の部材座屈を起こしている。

表 1 試験体一覧

試験体名	芯材						拘束材						P_E/P_y
	材長 mm	寸法 mm	幅厚比	A mm ²	σ_y N/mm ²	P_y kN	h mm	厚さ mm	B mm	H mm	$I \times 10^4$ mm ⁴	P_E kN	
P1	2351	PL-176×16	11	2816	298	840	26.8	3.2	207.6	71.5	202	739	0.9
P2	2351	PL-176×16	11	2816	298	840	26.9	3.2	207.9	71.8	204	748	0.9
S3	2351	PL-176×16	11	2816	263	740	25	3.2	206.4	68	175	641	0.9

A: 芯材塑性化領域断面積 σ_y : 降伏応力度 P_y : 降伏荷重 h: 鋼モルタル板高さ B: 拘束材幅 H: 拘束材高さ I: 断面2次モーメント P_E : 座屈荷重

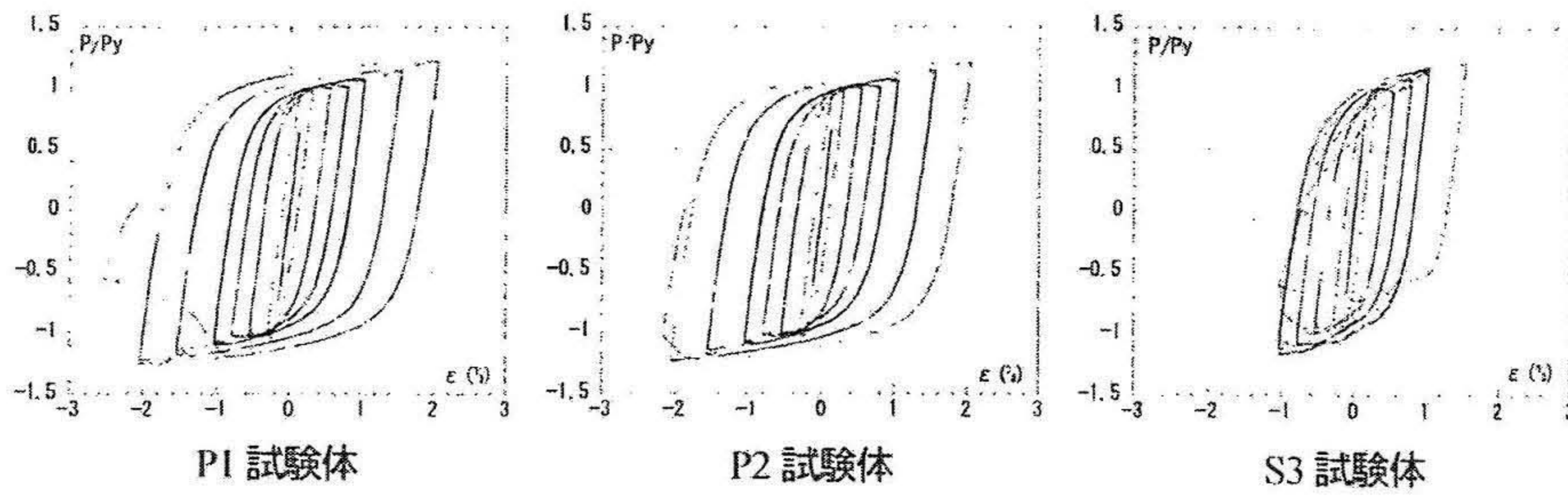


図3 P/P_y-ε (%)関係

表3 性能評価

試験体	η^+	E_1 kN・m	ω
P1	139	509	250
P2	121	438	215
S3	70	226	147

表2 実験結果

試験体	実験経過	耐力低下時の歪 ϵ (%)	最終状態
P1	下部で局部変形	2.5%歪1回目圧縮側	局部変形
P2	中央部で局部変形	2.0%歪2回目圧縮側	引張破断
S3	上部で部材座屈	1.5%歪1回目圧縮側	部材座屈
F-25		0.75%歪1回目圧縮側	

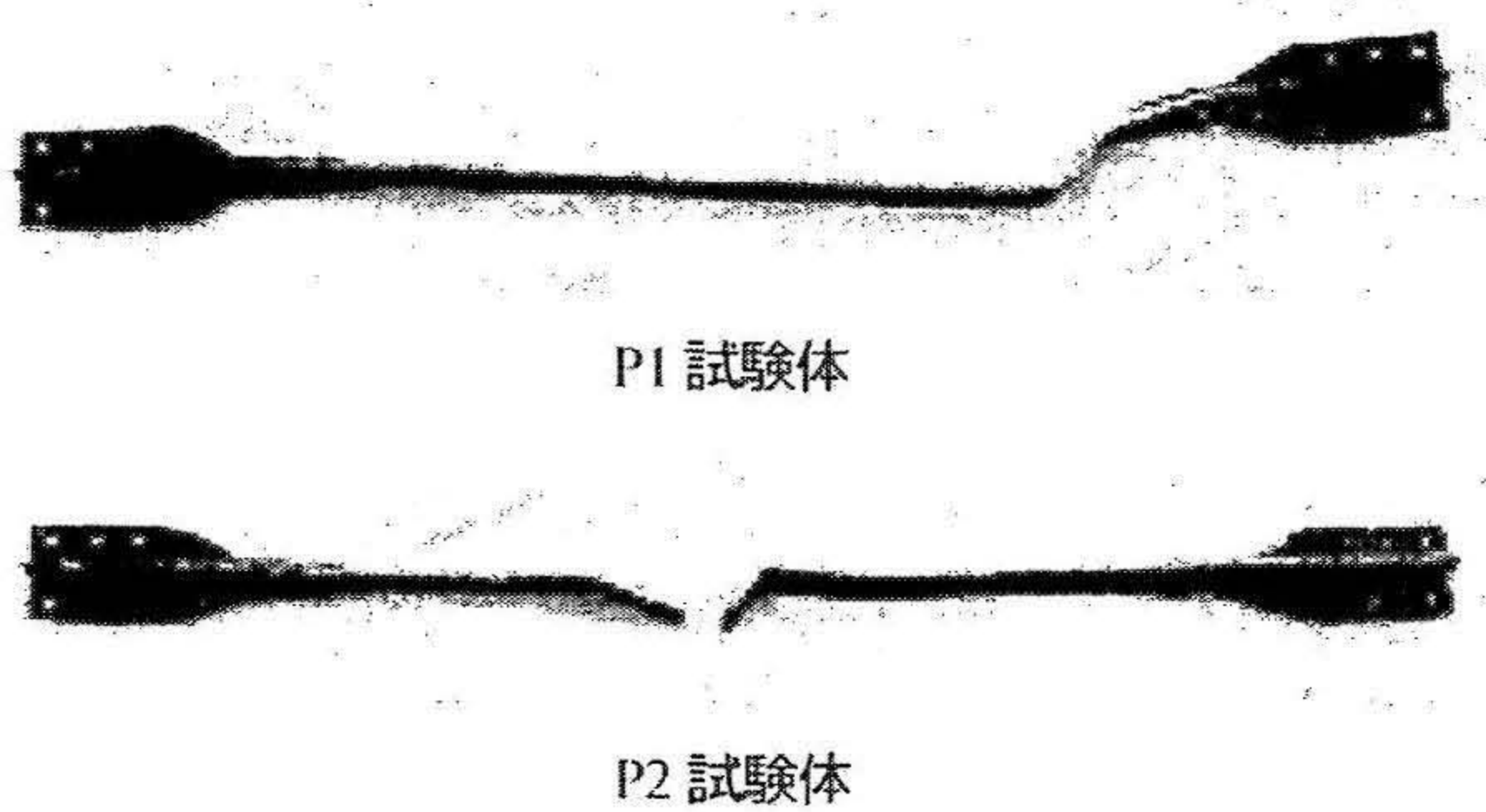


図4 芯材の最終状態

4. 考察

4.1 復元力特性

P1 試験体と P2 試験体共に耐力低下の直前まで安定した履歴ループを描き、S3 試験体より高い歪まで安定した復元力特性を有した。両試験体共に局部変形を起こし耐力が低下している。これは拘束材の拘束力が低いためであると考えられる。

4.2 性能評価

各試験体について累積塑性変形倍率 η 、耐力低下時までに吸収した累積塑性歪エネルギー E_1 、累積塑性歪エネルギー吸収率 $\omega (=E_1/(P_y \times \text{弾性限界変形量} \delta_y))$ を算出して表3に示す。 η は歪硬化の影響を考慮して、引張側のみを累積し、 η^+ として算出した。

P1 試験体と P2 試験体は共に全ての値で S3 試験体の値を上回り、高い性能を示している。

4.3 検討

P1 試験体と P2 試験体共に S3 試験体の性能を上回った要因を検討する。このため、S3 試験体は部材座屈を起こし、P1 試験体と P2 試験体は局部変形を起こしたことに着目する。既往の実験的研究³⁾において、芯材に歪ゲージ(1軸歪ゲージ)を貼付し載荷実験を行った。その結果によると、 P_E/P_y が 1.0 以上であれば芯材は中心部から微小

な局部変形が発生し始め、それが徐々に端部方向へと進んでいき、高次の座屈モードとなることが確認されている。このことから、P1 試験体と P2 試験体は、 P_E/P_y が 0.9 にも拘らず、座屈モードが塑性化領域全体に生じ、その後局部変形が起きた。一方、S3 試験体は高次の座屈モードが生じる前に部材座屈したと考える。

P_E/P_y が 1.0 以上に大きい試験体で、最終的に塑性化領域端部に局部変形が起きる理由は、補強リブが拘束材のモルタルに当たらないように、この部分にはモルタルが充填されていないため、他の箇所よりも拘束力が低いからである。しかし、P1 試験体と P2 試験体共に塑性化領域での拘束力が低く、塑性化領域端部との拘束力の差が少ないので、試験体ごとの変形箇所にはばらつきが出たと考える。

5. 結

P_E/P_y が 0.9 の座屈拘束ブレースである P1 試験体と P2 試験体を製作し、静的漸増繰返し軸方向載荷実験を行い、既往の研究の S3 試験体との比較から以下の知見を得た。

- (1)今年度の座屈拘束ブレースの性能は既往の研究における S3 試験体の性能を上回る結果となった。
- (2)同等の拘束力を持つ座屈拘束ブレースであっても、部材座屈する前に芯材塑性化領域全体に高次の座屈モードが生じて局部変形を起こした試験体は、部材座屈した試験体の性能を上回る。
- (3) P_E/P_y が 0.9 の座屈拘束ブレースは、同等の拘束力であってもその拘束力の低さから、様々な状況下で挙動に違いが見られる。また、変形箇所にもばらつきが現れるので、今後さらに検討を要する。

[参考文献]

- 1)小林史典、村井正敏、和泉田洋次、岩田衛；鋼モルタル板を用いた座屈拘束ブレースの実験的研究—その2 製作簡易化と芯材幅厚比の変化、日本建築学会構造系論文集 NO.586 P.187 2004.12
- 2)和泉田洋次；鋼モルタル板を用いた座屈拘束ブレースの解析的研究、神奈川大学修士論文、2005.2
- 3)角谷弘規；鋼モルタル板を用いた座屈拘束ブレースにおける芯材の座屈挙動、神奈川大学卒業研究、2005.2