

1. 序

本研究室では鋼モルタル板を用いた座屈拘束ブレースについて、芯材に建築構造用圧延鋼材 SN400B (以下、SN 材と呼ぶ) を用いた研究を進めてきた。しかし、実際の建物に使用されている座屈拘束ブレースは、芯材に、小さな変形で降伏し、延性に優れた低降伏点鋼 LY225 (以下、LY 材と呼ぶ) を用いる場合がある。

本研究では、SN 材と LY 材を芯材とした場合の性能の差異を確認する。既往の研究¹⁾では、芯材の面を構面に対して垂直 (以下、この状態を横入れと呼ぶ) に設置して実験を行っているが、ここでは芯材を 90 度回転させ、構面と平行 (以下、この状態を縦入れと呼ぶ) に設置した実験も実施し、芯材の向きによる性能への影響についても考察する。なお、試験体を縦入れにすると、面外方向への変形が予想されるため、実験装置への影響を考慮し、すべての実験においてパンタグラフを取り付け、面外拘束をして実験を実施する。この面外拘束の影響も合わせて考察する。

2. 実験計画

2.1 試験体

試験体形状を図 1 に、試験体一覧を表 1 に示す。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。H-30 は既往の研究¹⁾で用いられている比較対象としての試験体である。V-30 は H-30 を縦入れにしたものである。この 2 つの試験体の芯材には SN400B を使用している。

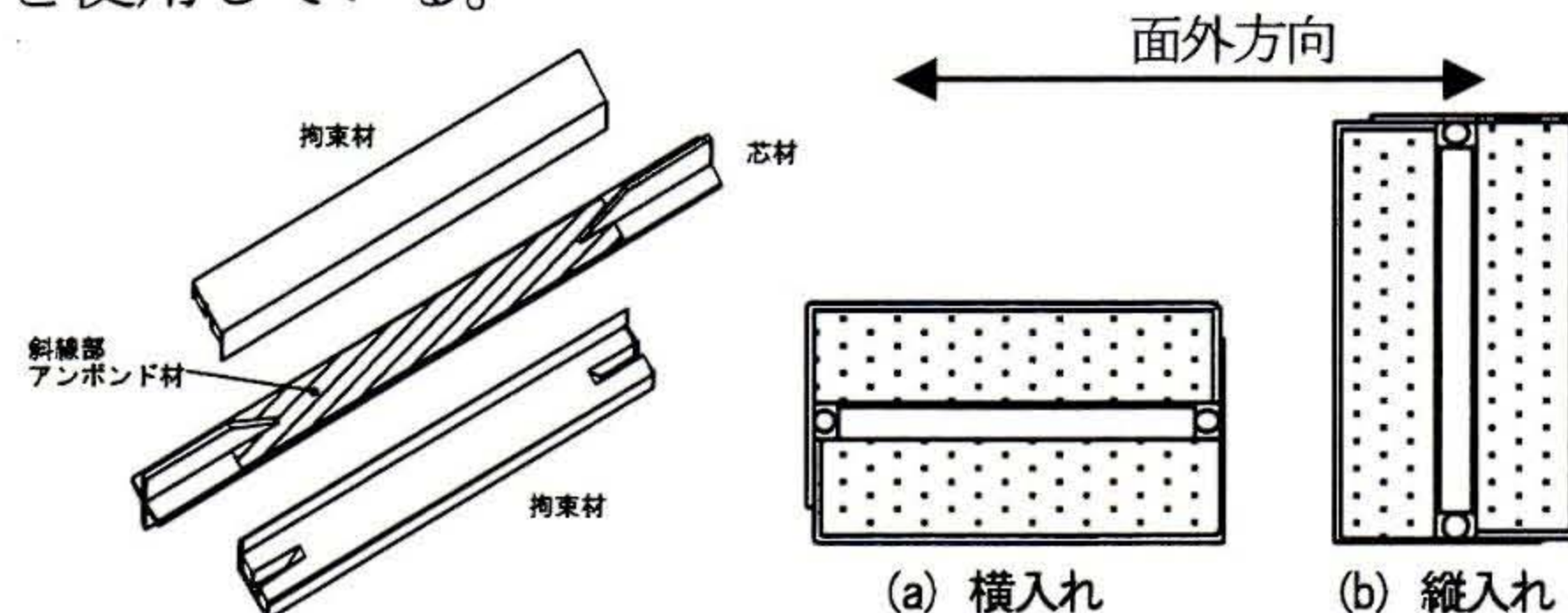


図 1 試験体形状

図 2 試験体断面図

表 1 試験体一覧

試験体	芯材								アンボンド材 クリアランス mm	拘束材				P_E/P_y
	鋼種	向き	材長 mm	寸法 mm	幅厚比	A mm ²	σ_y N/mm ²	P_y kN		幅 mm	高さ mm	$I \times 10^4$ mm ⁴	P_E kN	
H-30	SN400B	横	2351	PL-176 × 16	11	2816	273.6	771	1.0	203.2	50.0	631	2340	3.0
V-30	SN400B	縦	2351	PL-176 × 16	11	2816	273.6	771	1.0	203.2	50.0	631	2340	3.0
LY-19	LY225	縦	2351	PL-176 × 19	9.3	3344	184.7	618	1.0	203.2	34.0	321	1174	1.9
LY-26	LY225		2351	PL-176 × 19	9.3	3344	184.7	618	1.0	203.2	40.5	441	1614	2.6

A: 塑性化部断面積 σ_y : 降伏応力度 P_y : 降伏荷重 I : 断面2次モーメント P_E : 座屈荷重

LY-19 と LY-26 は芯材に LY225 を使用し、板厚は 19mm とする。

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、柱頭部をローラー支持とする。試験体を 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り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% 歪は耐力低下まで行う。

3. 実験結果

3.1 経過

各試験体の実験経過を表 2 に示す。V-30 と LY-26 について、軸方向荷重を P とした P/P_y と軸歪 ε (%) の関係を図 3 に示す。すべての試験体において 3.0% 歪の圧縮側で大きく耐力低下した。ただし SN 材と LY 材では、変形する位置に違いが見られた。

3.2 芯材最終状態

実験終了後、拘束材を除去して芯材の観察を行った。すべての試験体において高次の座屈モードは波が小さいため数えるのが困難である。

H-30 は引張破断で実験を終了したので、耐力低下時の変形は残っていないが、局部変形が生じた芯材上部で破断している。

V-30 は芯材中央のやや上よりに弱軸方向の局部座屈が見られる。

LY-19 と LY-26 は芯材中央で局部変形している。また、芯材上部及び下部に板厚方向に押しつぶされたような変形が見られる (図 4)。既往の LY 材の実験³⁾でも同様の変形が見られたことから、LY 材は SN 材に比べ延性が高いため、板圧方向にも変形すると考えられる。

3.3 復元力特性

すべての試験体が、3.0% 歪での耐力低下まで、引張側

表2 実験経過

試験体	載荷履歴および終局状態	最大耐力 (kN)	
		P_T	P_C
H-30	3.0%歪8回目引張側で若干耐力低下。圧縮側で試験体上部に弱軸方向の局部変形が生じ、大きく耐力低下。9回目引張側で破断した。	1200.1	1323.7
V-30	3.0%歪6回目圧縮側で、試験体中央に弱軸方向の局部変形が生じ、耐力低下。	1199.5	1299.9
LY-19	2.0%歪2回目圧縮側で、芯材強軸方向に凸変形を確認。3.0%歪5回目の圧縮側で試験体中央に弱軸方向の局部変形が生じ、耐力低下。	1054.5	1178.2
LY-26	3.0%歪7回目圧縮側で、試験体中央に弱軸方向の局部変形が生じ、耐力低下。	1067.5	1210.3
I-0	3.0%歪4回目圧縮側で、試験体上部に弱軸方向尾の局部変形が生じ、耐力低下。	1151.9	1299.2
LY2P25-11	3.0%歪8回目圧縮側で、試験体中央に弱軸方向の局部変形が生じ、耐力低下。	907.5	1022.7

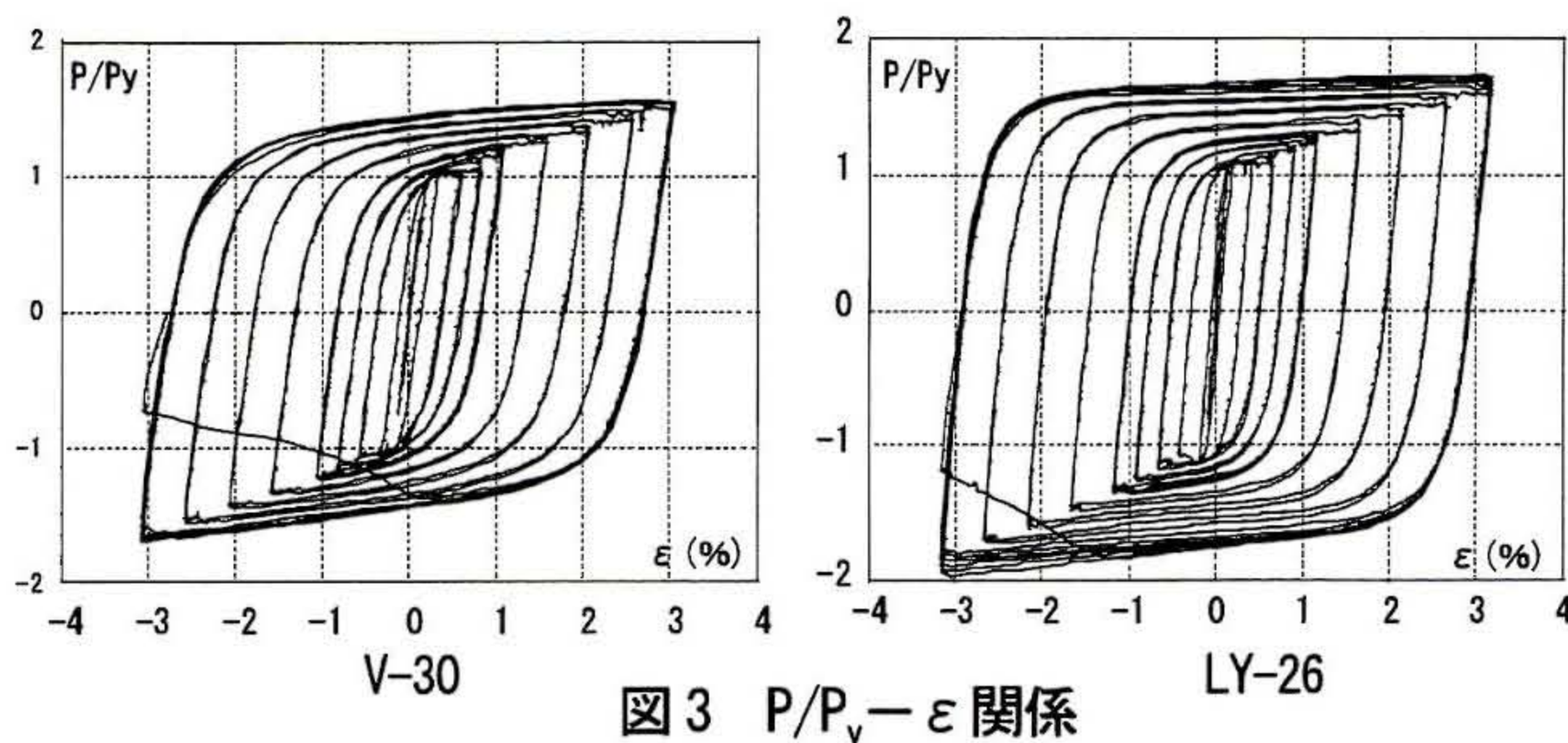
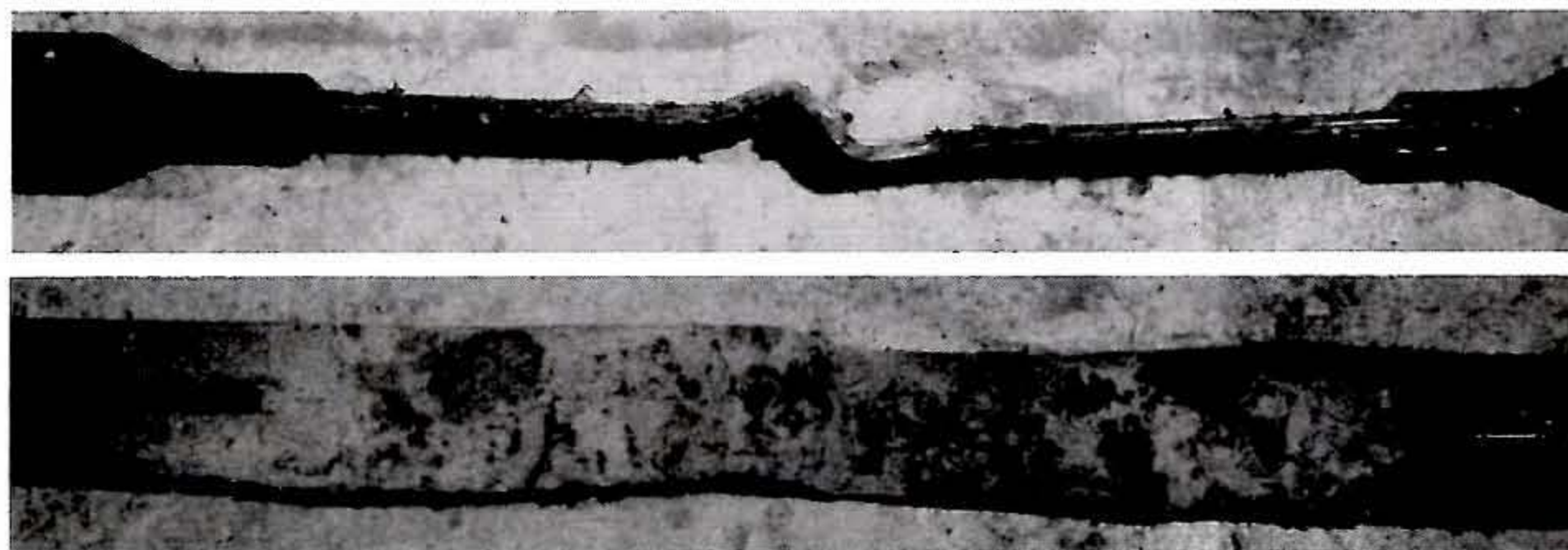
図3 $P/P_y - \varepsilon$ 関係

図4 芯材最終状況 LY-26

と圧縮側でほぼ同様のループを描いており、安定した復元力特性を示している。SN材の試験体に比べてLY材の試験体は塑性域の傾きが小さいが、歪硬化による耐力上昇率はほぼ変わらない。

4. 考察

4.1 性能評価

各試験体の P_E/P_y 、累積塑性変形倍率 η^+ と累積塑性歪エネルギー E_t および累積塑性歪エネルギー率 ω を算出して表3に示す。 ω と P_E/P_y の関係、および既往の性能評価式との関係を図5に示す。

すべての試験体において、 ω の値は既往の研究²³⁾よりも高くなっている。これは、面外拘束したことが影響していると考ええる。

芯材の向きで ω の値を比較すると、V-1 は H-1 に対し 9.1% 低下している。このことから、芯材を縦入れにした場合の性能は低下するといえる。また、これらの2体の ω の値が既往の試験体 I-0²⁾ に比べ高いのは、面外拘束の影響と考える。

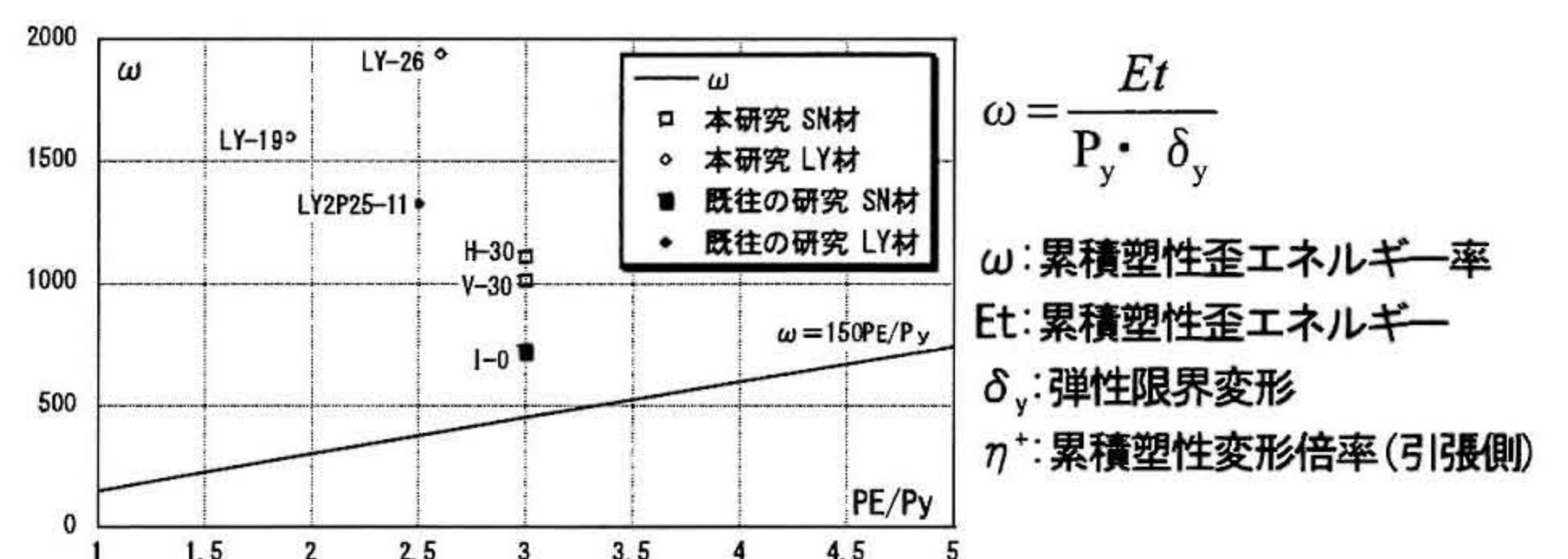
LY-19、LY-26 はともに ω の値が高い。LY2P25-11³⁾ より最大耐力が高くなっていることから、芯材の向きを縦入れにしたにもかかわらず ω が高くなるのは、芯材の板厚が LY2P25-11 に比べ 3.0mm 厚いためである。

4.2 面外拘束の効果

表2より、耐力低下までの3.0%歪のループ数を比較

表3 性能評価指標

試験体	P_E/P_y	η^+	E_t (kN・m)	ω
H-30	3.0	450.9	1892.6	1113
V-30	3.0	418.3	1720.0	1011
LY-19	1.9	572.7	1472.4	1599
LY-26	2.6	674.5	1785.3	1939
I-0	3.0	314.0	1246.0	724
LY2P25-11	2.5	524.0	1450.0	1316

図5 性能評価 ($\omega - P_E/P_y$ 関係)

すると、H-30 のループ数は既往の試験体 I-0²⁾ の倍となり、V-30 も I-0 に比べループ数が増加している。これは、載荷柱の面外方向の変形を拘束したことで、試験体の挙動がより安定したためである。

また、すべての試験体において、高次の座屈モードの波が非常に小さい。I-0 は H-30 と同じパラメータであるにもかかわらず、座屈モードの波がはっきりと確認できる。これも面外拘束の影響であると考ええる。

5. 結

実験結果から以下の知見を得た。

- (1) 芯材を縦入れにしても面外拘束すると、十分な性能を有する。
- (2) 面外拘束すると、履歴ループ数が増え、性能が高くなる。座屈モードの波も小さくなる。
- (3) LY材は延性が高いため、板厚方向にも変形する。
- (4) LY材の場合、芯材中央で局部変形を起こすため、接合部への負担が少ない。

【参考文献】

- 1) 小林史興、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圧比の変化、日本建築学会構造系論文集 No.586 2004.12
- 2) 今井千恵；構モルタル板を用いた座屈拘束ブレースの強軸方向変形に関する実験、神奈川大学卒業研究・修士論文梗概集、2006.2
- 3) 藤森大基；低降伏点を用いた座屈拘束ブレースの実験、神奈川大学卒業研究・修士論文梗概集、2007.2