

低降伏点鋼を用いた座屈拘束ブレースの実験

岩田研究室 200302550 藤森 大基

1. 序

既往の研究¹⁾における鋼モルタル板を用いた座屈拘束ブレースは、芯材の鋼種に SN400B を使用してきた。損傷制御構造において、座屈拘束ブレースが制振部材としてより高い性能を発揮できるように、降伏棚が安定した低降伏点鋼、あるいは降伏点の低い極低降伏点鋼を使用することで、設定された荷重で確実に降伏させ、かつ塑性変形性能に優れた鋼材を使用することが有効であると考えられる。

本研究では芯材の鋼種に低降伏点鋼(LY225、LY100 の 2 種類)を用いて実験を行い、従来の SN400B を用いた試験体との比較を踏まえて、低降伏点鋼の特長を発揮し、十分な性能が得られる座屈拘束ブレースを検討する。

2. 実験計画

2.1 試験体

試験体部品を図 1 に示す。図 1(a)は既往の研究¹⁾において使用されてきたタイプの芯材であり、図 1(b)は芯材塑性化部を絞ったタイプの芯材である。試験体一覧を表 1 に示す。芯材の降伏荷重は素材試験より算出する。拘束材の座屈荷重は試験体長さ($l=2351\text{mm}$)を座屈長さとしてオイラー座屈荷重式より算出する。芯材の鋼種は LY225 と LY100 であり、拘束材の鋼種は SS400 である。また、比較試験体としての SN4P23-11 試験体は、芯材に SN400B を使用したものである。

2.2 荷重方法

荷重は正負交番漸増繰返し荷重とする。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%歪(層間変形角 1/200 相当)、0.75 歪を各 2 回、1.0%歪(層間変形角 1/100 相当)を 5 回、1.5%、2.0%、2.5%歪を各 2 回、3.0%歪を耐力低下まで行う。また、1000kN アクチュエータを使用し、弱軸が荷重軸面内になるように、45 度の角度で試験体を設置する。

3. 実験結果

3.1 $P/P_y - \epsilon$ 関係

P/P_y と ϵ の関係を図 2 に示す。すべての試験体において 3.0%歪まで安定した復元力特性を示した。

LY2P25-11 試験体(図 2(a))は 3.0%歪 8 回目圧縮時に局部変形を起こし、さらに耐力が低下していく中、3.0%歪 10 回目圧縮が終了し、荷重 0 の時点で実験を終了した。LY2P56-11 試験体(図 2(b))は 3.0%歪 8 回目圧縮時ピークの手前において局部変形を起こし、8 回目引張時に破断し、実験を終了した。LY2P93-6 試験体(図 2(c))は 3.0%歪 7 回目引張時において破断し、実験を終了した。破断する直前まで安定した復元力特性を示した。LY1P105-6 試験体(図 2(d))は 3.0%歪 1 回目引張側において耐力が低下し、3.0%歪 2 回目引張時に破断し、実験を終了した。また、図 2(e)は SN4P23-11 試験体の P/P_y と ϵ の関係を示している。

3.2 最終状態

実験終了後、拘束材を除去し、芯材の観察を行った。表 2 に芯材の最終状態と荷重履歴を示す。LY2P25-11 試



図 1 試験体部品

表 2 芯材の最終状態

試験体	荷重履歴	芯材の最終状態	鋼種
LY2P25-11	3.0%歪8回目	弱軸の局部変形	LY225
LY2P56-11	3.0%歪8回目	弱軸の局部変形	LY225
LY2P93-6	3.0%歪7回目	引張破断	LY225
LY1P105-6	3.0%歪1回目	引張破断	LY100
SN4P23-11	2.5%歪2回目	弱軸の局部変形	SN400B

表 1 試験体一覧

試験体名	芯材							拘束材				P_E/P_y
	鋼種	幅 mm	厚さ mm	A mm^2	幅厚比	σ_y N/mm^2	P_y kN	幅 mm	高さ mm	$I \times 10^4$ mm^4	P_E kN	
LY2P25-11	LY225	176	16	2816	11	221.1	622.6	203.2	41	422.8	1548	2.5
LY2P56-11	LY225	176	16	2816	11	221.1	622.6	203.2	61	947.6	3469	5.6
LY2P93-6	LY225	105	16	1680	6.6	221.1	371.4	203.2	61	947.6	3469	9.3
LY1P105-6	LY100	105	16	1680	6.6	87.8	147.5	203.2	41	422.8	1548	10.5
SN4P23-11	SN400B	176	16	2816	11	289	813.8	203.2	45	508	1865	2.3

A: 芯材塑性化部断面積 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

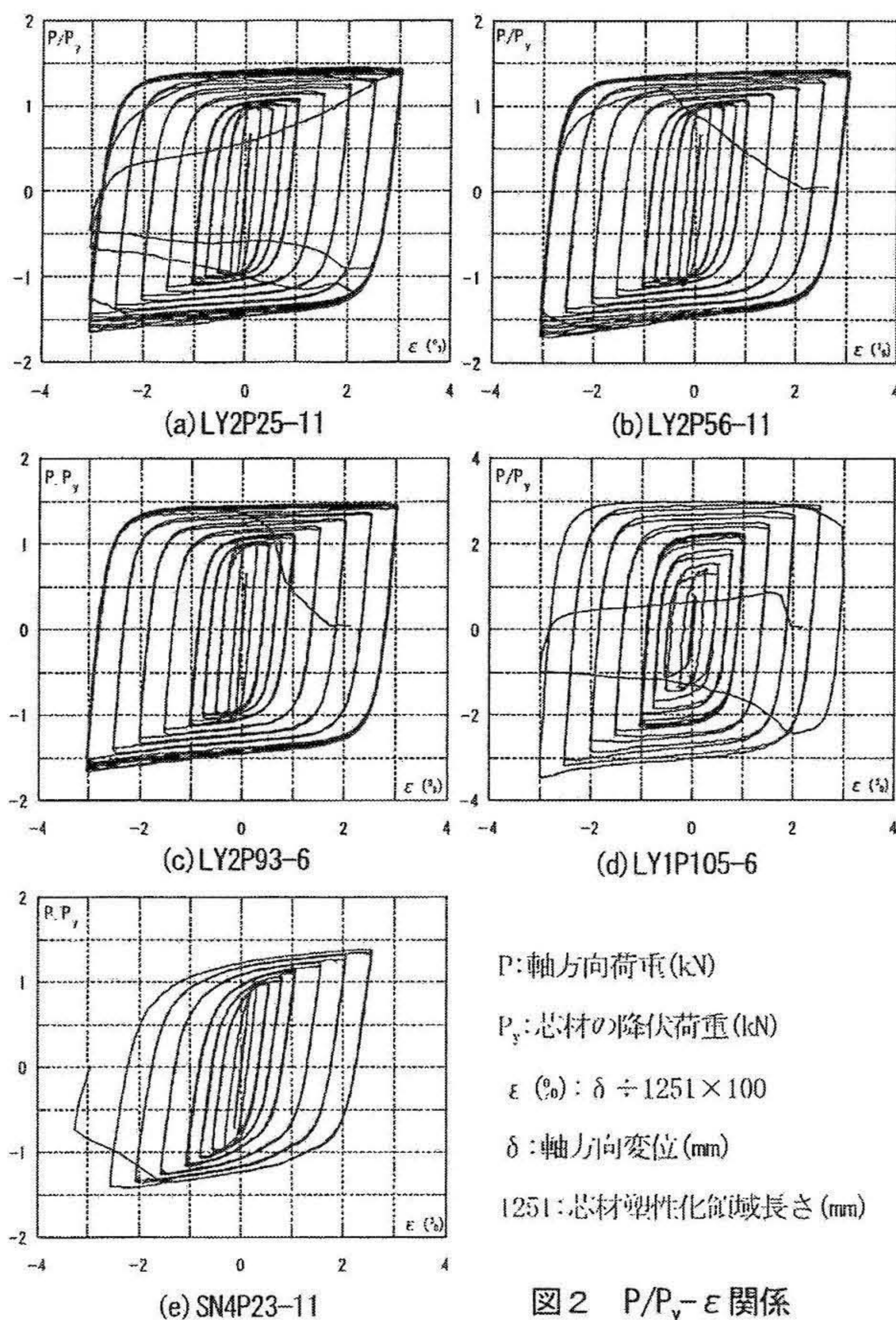


図2 $P/P_y - \varepsilon$ 関係

験体は弱軸中央で局部変形した。少しではあるが強軸方向への変形も見られた。LY2P56-11 試験体は弱軸中央で局部変形した。LY2P25-11 試験体同様、少しではあるが強軸方向への変形が見られた。LY2P93-6 試験体は引張破断のため変化は見られなかった。しかし、拘束材が大きく下に滑り落ちていた。LY1P105-6 試験体は弱軸中央が盛り上がっていた。これは、引張側で耐力低下後も荷重し続けたために、芯材同士が接触したためである。

4. 考察

4.1 塑性変形能力

各試験体についての累積塑性変形倍率 η^+ 、累積塑性歪エネルギー E_t を算出して表3に示す。 η^+ は歪硬化の影響を考慮して、繰返し時の引張側の最大変位を累積して算出した。LY2P25-11 試験体、LY2P56-11 試験体、LY2P93-6 試験体の η^+ を見ると、その値に大きな差が無い。LY1P105-6 試験体については降伏応力度が小さく、他の試験体よりも早期に降伏し、大きな塑性変形能力を有するため大きな値になった。また、SN4P23-11 試験体の η^+ は LY2P25-11 試験体の 1/3 程度であった。

4.2 累積塑性歪エネルギー

LY2P25-11 試験体と LY2P56-11 試験体の累積塑性歪エネルギー E_t に差は見られない。また、LY2P93-6 試験体と LY1P105-6 試験体は芯材塑性化部断面積が小さいために

表3 性能評価

試験体	η^+	E_t kN・m	ω	P_y kN	$\delta_y \times 10^{-3}$ m
LY2P25-11	524	1450	1316	622.6	1.77
LY2P56-11	547	1457	1368	622.6	1.71
LY2P93-6	595	836	1442	371.4	1.56
LY1P105-6	791	347	3559	147.5	0.66
SN4P23-11	177	698	362	813.8	2.07

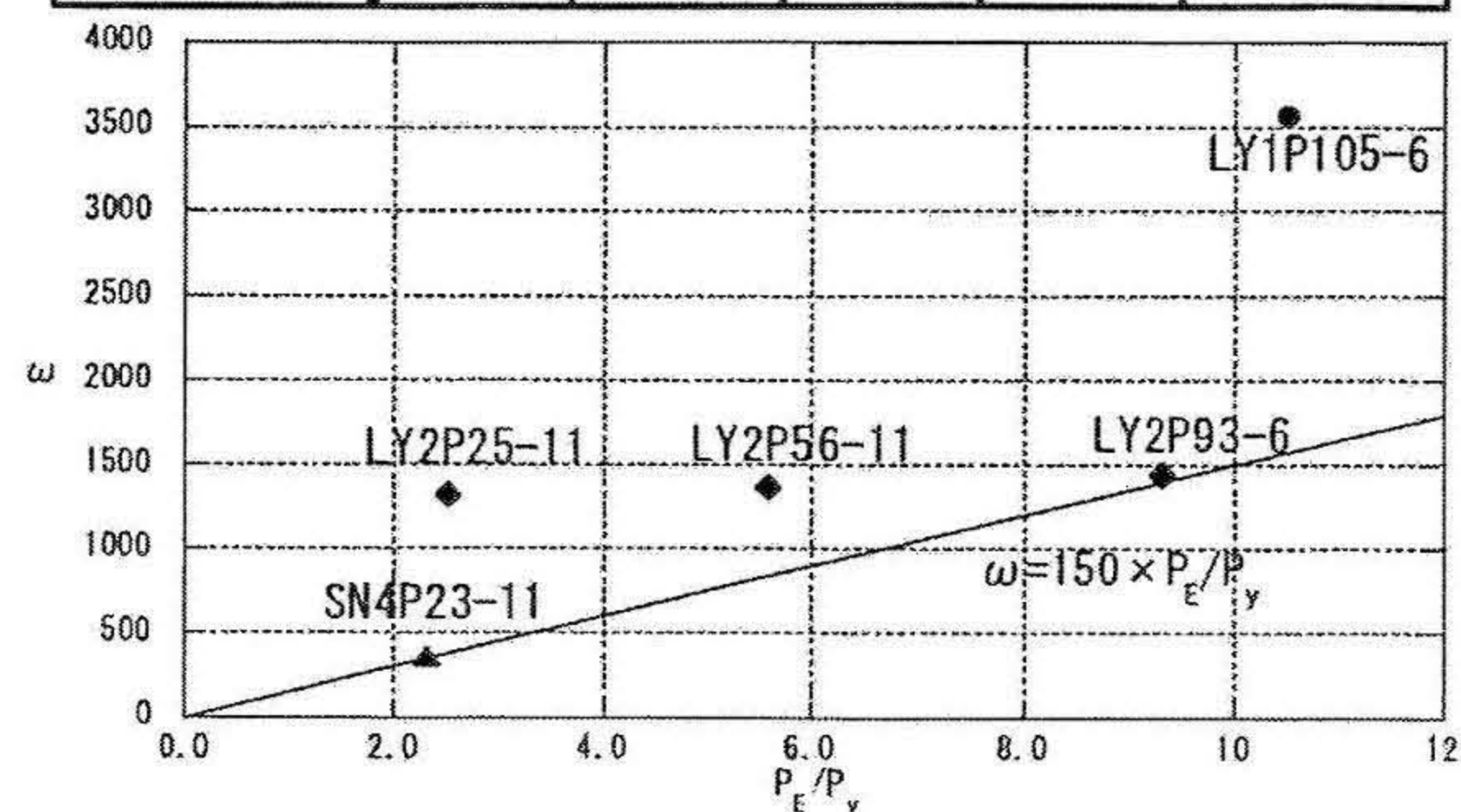


図3 $\omega - P_E/P_y$ 関係

エネルギー吸収量は少なくなっている。SN4P23-11 試験体の E_t は LY2P25-11 試験体の 1/2 程度であった。

5. 性能評価

図3に累積塑性歪エネルギー率 ω と P_E/P_y の関係、及び既往の性能評価式 ($\omega = 150 \times P_E/P_y$) との関係を示す。LY2P25-11 試験体、LY2P56-11 試験体、LY2P93-6 試験体の ω に大きな差は見られない。ただし、 ω は累積塑性歪エネルギー E_t を芯材の降伏荷重 P_y と弾性限界変形量 δ_y を乗じた値で除したものである。よって、LY2P93-6 試験体の E_t が LY2P25-11 試験体と LY2P56-11 試験体より小さいにも関わらず ω が大きくなるのは、芯材の降伏荷重と弾性限界変形量が小さいからである。LY1P105-6 試験体についても同様で、 E_t が小さいにも関わらず ω は大きな値となる。また、LY2P25-11 試験体から LY2P56-11 試験体と LY2P93-6 試験体へと拘束力を高めたのにも関わらず ω と η^+ に大きな差が見られなかったことから、これ以上拘束力を高めても引張破断することが考えられる。

6. 結

芯材の鋼種を低降伏点鋼に変えた座屈拘束ブレースの軸方向荷重実験を行い、以下に示すことが分かった。

- (1) 芯材に LY225 を用いた試験体において、 $P_E/P_y = 2.5$ 以上の性能は一定値を示す。
- (2) 芯材に SN400B を用いた既往の性能評価式では表すことが出来ないことから、今後、芯材に低降伏点鋼を用いた座屈拘束ブレースについてさらに研究を進める必要がある。

【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、N0586、pp187-193、2004. 12