

鋼モルタル板あるいは鋼材を拘束材に用いた座屈拘束ブレース比較実験

岩田研究室 200502618 辻本 貴志

1. 序

本研究室では拘束材に鋼モルタル板を用いた座屈拘束ブレースの研究を進めている。一方、実用化されている座屈拘束ブレースは拘束材に鋼材のみを用いたものも多く存在している。

本研究では、芯材に低降伏点鋼(LY225)を使用し、拘束材に鋼モルタル板を用いた座屈拘束ブレース(以下 M タイプと呼ぶ、図 1)と、拘束材に溝型鋼及びプレートを用いた座屈拘束ブレース(以下 S タイプと呼ぶ、図 2)の性能確認実験を行い、復元力特性、エネルギー吸収性能、芯材最終状態等について比較を行う。

2. 実験概要

2.1 実験計画

M タイプと S タイプの拘束材は断面 2 次モーメントを同一とし、2 種類の拘束強さを設定する。S タイプは中央滑り止めの比較試験体として、拘束材の片側をボルトで固定し、反対側のボルト孔を長穴として可動する片側固定タイプを設定する(図 3)。

2.2 試験体

試験体一覧を表 1 に示す。M タイプ 2 体(M1、M2 試験体)、S タイプ 3 体(S1、S2、S3 試験体)である。芯材は PL-132×12(幅厚比 11)と共通させる。 P_E/P_y (P_E : 拘束材のオイラー座屈荷重、 P_y : 降伏荷重)は各タイプ 11 と 16 を設定する。拘束材の座屈荷重 P_E は試験体長さ(2351mm)を用いオイラー座屈荷重式から算出する。

M1 試験体は $P_E/P_y=11$ とする基本試験体とし、S2、S3

試験体は P_E/P_y が 11 と 16 の片側固定タイプとする。

S タイプ拘束材の鋼重量は M タイプと比べ拘束材重量から分かるように約 3 倍となる。

2.3 載荷方法

載荷は軸方向変位による正負交番漸増繰返し載荷とする。柱脚部をピン支持とし、柱頭部はパンタグラフにより面外拘束を行い、45 度の角度で試験体を設置する。芯材の降伏歪 ϵ_y の 1/3、2/3 を各 1 回、0.5%歪、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%歪を耐力低下するまで行う。

3. 実験結果および考察

3.1 復元力特性

各試験体の載荷履歴とその最大耐力(P_C : 最大圧縮耐力、 P_T : 最大引張耐力)、最大耐力比(P_C/P_T)を表 2 に、 P/P_y —歪 ϵ (%) の関係を図 4 に示す。

全試験体の復元力特性は、1.5%歪時まで安定した紡錘形曲線を示し、破断により耐力低下した。

- 1) M1、M2 試験体：両試験体は共に 3.0%歪を 7 回繰返し、耐力低下するまで安定した履歴曲線を描いた。
- 2) S1 試験体：S1 試験体は M1 試験体と同様の 3.0%歪を 7 回繰返したが、2.5%歪時から弱軸方向の変形が出はじめた。圧縮載荷では拘束材と芯材が接触し、摩擦による耐力上昇が確認できた。最大耐力比は 1.40 となった。
- 3) S2、S3 試験体：両試験体は共に 1.5%歪時から拘束材の長穴部が変形しはじめた影響で、芯材も弱軸方向に変形し、拘束材と接触したため、耐力が上昇した。最大耐力比は 1.54、1.57 と他の試験体より大きくなった。

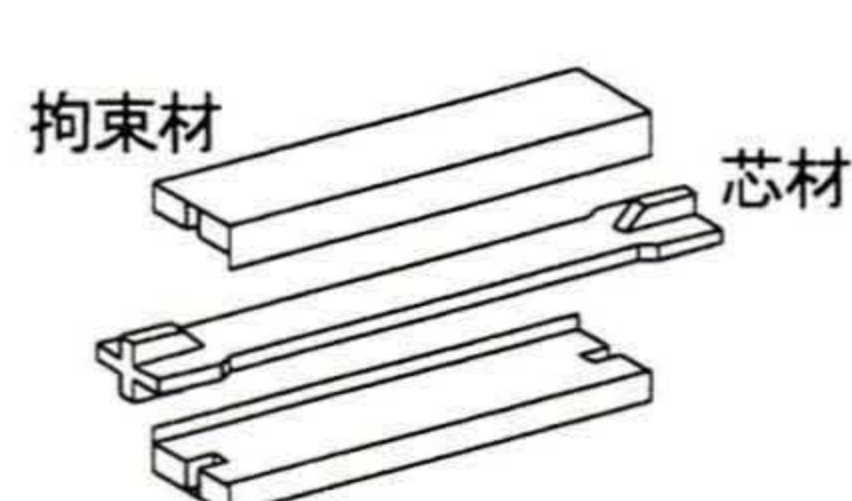


図1 Mタイプ

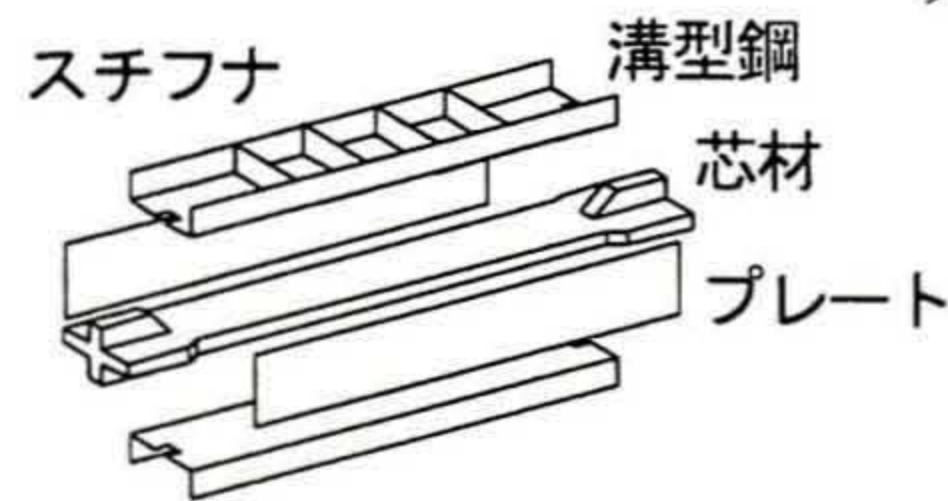


図2 Sタイプ

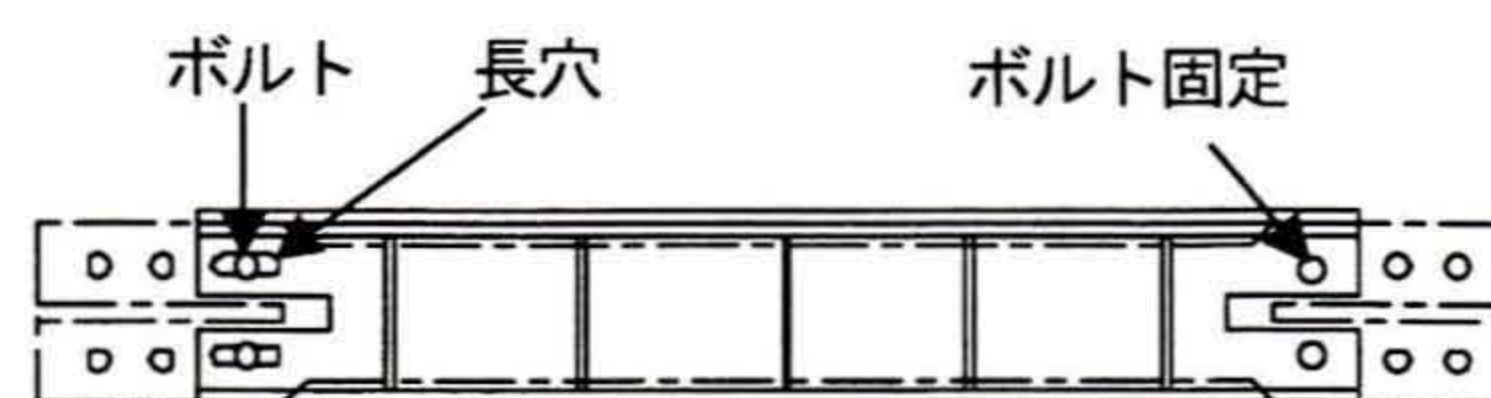


図3 片側固定タイプ

表1 試験体一覧

試験体名	拘束材タイプ	全長 L _b (mm)	総重量 (Kg)	芯材							拘束材				
				鋼種	σ _y (N/mm ²)	P _y (kN)	B _y (mm)	t _p (mm)	B _y /t _p	L _p (mm)	B (mm)	H (mm)	I x10 ⁴ (mm ⁴)	P _E /P _y	鋼材重量 (kg)
M1	鋼モルタル	2351	172	LY225	231	366	132	12	11.0	1483	176.5	142.0	1092	11.1	54
M2			195								200.5	156.0	1527	15.5	64
S1	鋼材		225								—	—	1097	11.3	183
S2			224								—	—	1097	11.3	182
S3			233								—	—	1540	15.8	191

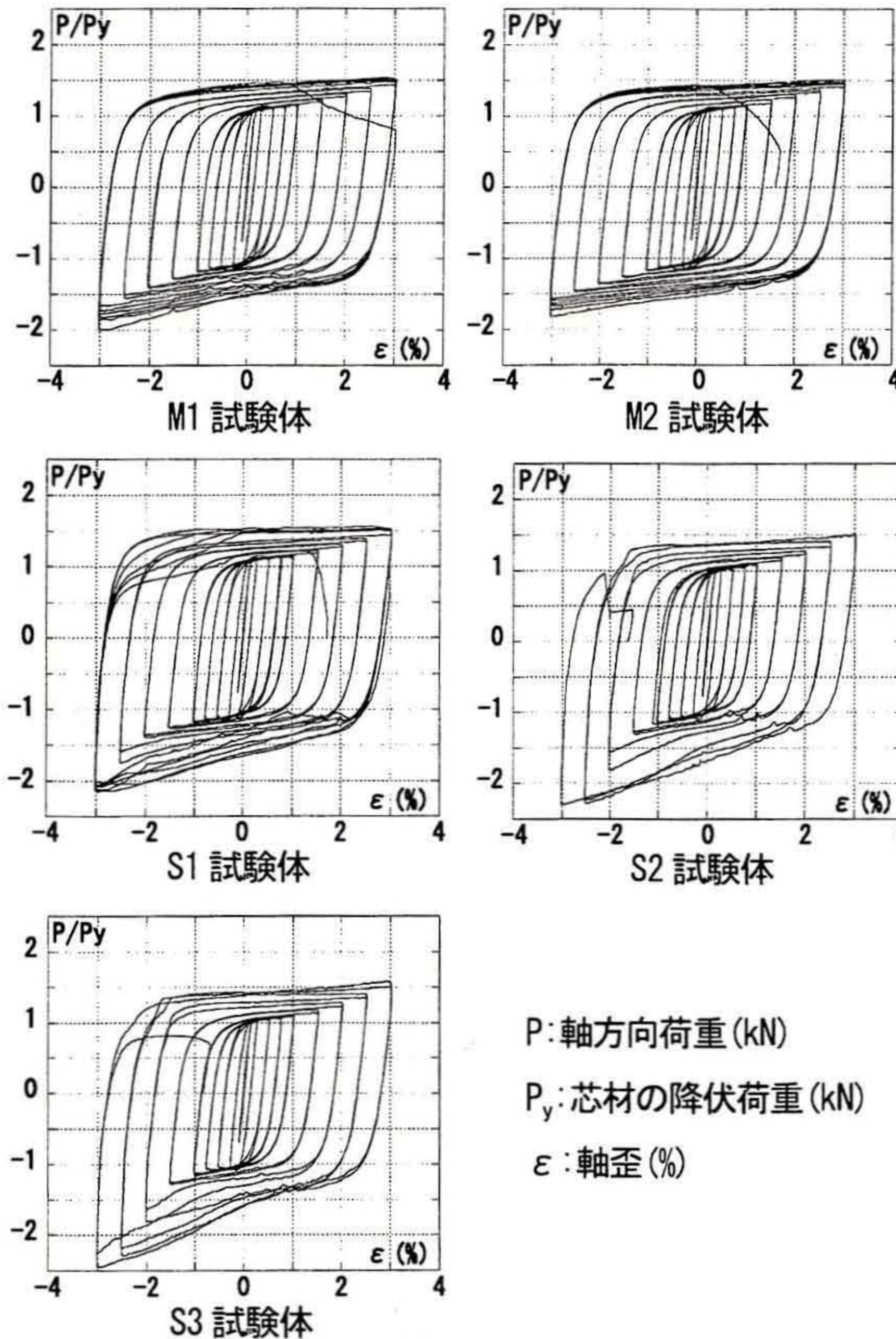
B_y : 芯材幅 t_p : 芯材厚 B_y/t_p : 幅厚比 L_p : 塑性領域 B: 拘束材幅 H: 拘束材高さ I: 断面二次モーメント

表2 実験結果

試験体名	載荷履歴			最大耐力(kN)		耐力比
	歪量(%)	回数	載荷	P_C	P_T	
M1	3.0	7	引張	732.8	561.8	1.30
M2	3.0	7	引張	665.2	548.6	1.21
S1	3.0	7	引張	773.7	550.7	1.40
S2	3.0	2	引張	860.9	558.5	1.54
S3	3.0	3	引張	905.2	577.2	1.57

表3 性能評価

試験体名	E_t (kN・m)	ω				
		1.0%歪時	1.5%歪時	2.0%歪時	2.5%歪時	終了時
M1	947.8	192.4	279.4	407.2	579.7	1289.0
M2	942.4	195.9	284.4	414.0	588.7	1300.4
S1	976.2	197.1	285.7	415.9	595.6	1347.0
S2	530.3	193.0	281.3	416.5	627.2	728.4
S3	631.8	193.7	282.3	420.9	630.2	867.9

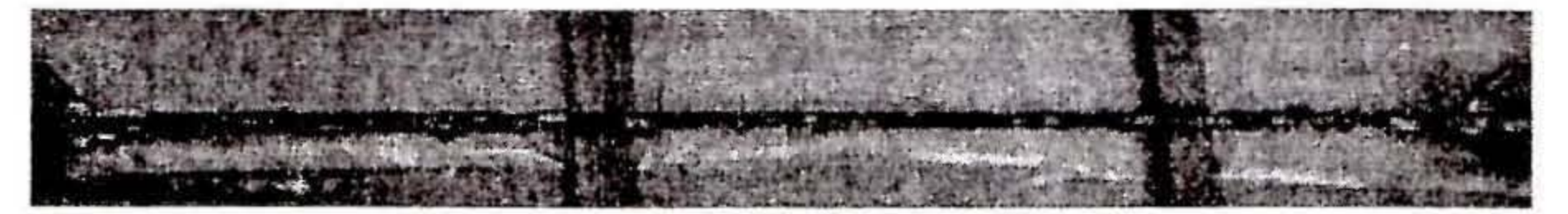
図4 P/P_y - ϵ 関係

P : 軸方向荷重 (kN)
 P_y : 芯材の降伏荷重 (kN)
 ϵ : 軸歪 (%)

3.2 エネルギー吸収性能

各試験体の累積塑性歪エネルギー E_t 、累積塑性歪エネルギー率 ω を算出し表3に示す。 ω は E_t を降伏荷重 P_y と降伏変位 δ_y で除し、無次元化したものである。

- 1) M1、M2 試験体：両試験体は共に同様の ω を得たことにより、 P_E/P_y の違いによるエネルギー吸収能力に差はない。
- 2) S1 試験体：M1 試験体と比較して、終了時の ω はS1試験体の方が約4.5%大きい。しかしS1試験体の圧縮側、引張側のエネルギー吸収に明らかな差があり、エネルギー吸収性能面からみて好ましくない。
- 3) S2、S3 試験体：両試験体の ω は共に他の試験体と比べ小さい。 P_E/P_y が同じS1試験体とS2試験体の ω は2.0%歪時まではほぼ同じであるが、終了時では45%程S1試験体の方が大きい。これより拘束材中央滑り止めタイプは片側固定タイプよりエネルギー吸収性能が良い。また、 P_E/P_y の違いによるエネルギー吸収性能は、終了時ではS3試験体が高い。しかし2.5%歪時までは差がなかった。



a) M1 試験体



b) S1 試験体

写真1 芯材最終状態

3.3 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。全試験体に高次の座屈モードが確認できた。M1 試験体、S1 試験体の芯材最終状態を写真1に示す。

- 1) M1、M2 試験体：芯材中央で破断した。座屈モード数はそれぞれ16次、18次である。座屈モードの波長は芯材の中心から両端部に向かい徐々に小さくなる。
- 2) S1 試験体：芯材上部で破断した。M1 試験体と同様の15次の座屈モードと振幅が現れた。しかし、座屈モードの波長に特徴はなかった。
- 3) S2、S3 試験体：S1 試験体と同様に芯材上部で破断した。座屈モード数はそれぞれ15次、14次である。座屈モードの波長は共に局部変形した芯材上部に向かい徐々に小さくなる。 P_E/P_y の高いS3試験体はS2試験体より波長、振幅共に大きい。

4. 結

座屈拘束ブレースの拘束材に鋼モルタル板を用いた試験体と鋼材のみを用いた試験体を製作し、軸方向繰り返し載荷実験を行い、以下の知見を得た。

- 1) M タイプは、最後まで安定した紡錘形曲線を描く。S タイプは、2.0%歪時より不安定な紡錘形曲線を描く。
- 2) P_E/P_y の違いによるエネルギー吸収能力はMタイプでは差がなく、Sタイプの片側固定タイプは2.5%歪時まで差がない。
- 3) S タイプのうち、片側固定タイプのエネルギー吸収性能は中央滑り止めタイプより劣る。
- 4) P_E/P_y の違いによる座屈モードはMタイプ、Sタイプの片側固定タイプそれぞれ同様の特徴が現れる。

[参考文献]

- 1) 村瀬 亮、村井正敏、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4 芯材幅厚比と拘束力および断面ディテールの影響、日本建築学会構造系論文集 No. 620 P. 117-124