

鋼モルタル板を用いた座屈拘束ブレースにおける芯材長さの影響

岩田研究室 200204021 齋藤 智典

1. 序

実大サイズの座屈拘束ブレースに対し、エネルギー吸収部(塑性化領域)を長くしたものについても、既往の研究¹⁾²⁾と同様に性能評価できるかどうかを確認する。現存の実験装置を考えると、実大サイズよりさらに長い試験体で実験することは不可能なので、縮小モデルを用いる。実験結果から累積塑性歪エネルギー率を求めて性能評価をする。まず寸法効果による影響を確認し、さらにエネルギー吸収部を長くした試験体について性能評価する。

2. 実験計画

2.1 試験体

試験体一覧を表1に、各試験体形状を図1に示す。芯材の降伏荷重 P_y は素材試験より求めた降伏応力度 σ_y に断面積 A を乗じた値である。座屈拘束荷重 P_E はオイラー座屈式より、座屈長さを芯材長さとして算出する。S-0 試験体は実大サイズの座屈拘束ブレースとする。S-1 試験体は、S-0 試験体に対し板厚、エネルギー吸収部長さを $9/16$ とした縮小モデルとする。S-2 試験体はS-1 試験体のエネルギー吸収部長さを2倍とする。S-0 試験体は芯材の弱軸側両面に 1.0mm のアンボンド材を貼付、S-1, S-2 試験体は 0.5mm のテフロンを貼付し、芯材とモルタル間のクリアランスを確保する。表中のC-1 試験体は本年度研究、クリアランスの影響³⁾より算出する。

2.2 載荷

実験モデルは座屈拘束ブレースの組み込まれた建築物が水平力を受けた場合を想定する。既往の研究¹⁾²⁾では芯材に生じる塑性歪に対し、層間変形角が 1.0% であれば $1/100$ 相当、 2.0% であれば $1/50$ 相当、 3.0% であれば $1/33$ 相当であった。縮小モデルであるS-1, S-2 試験体は層間変形角ではなく軸歪を合わせた制御とする。

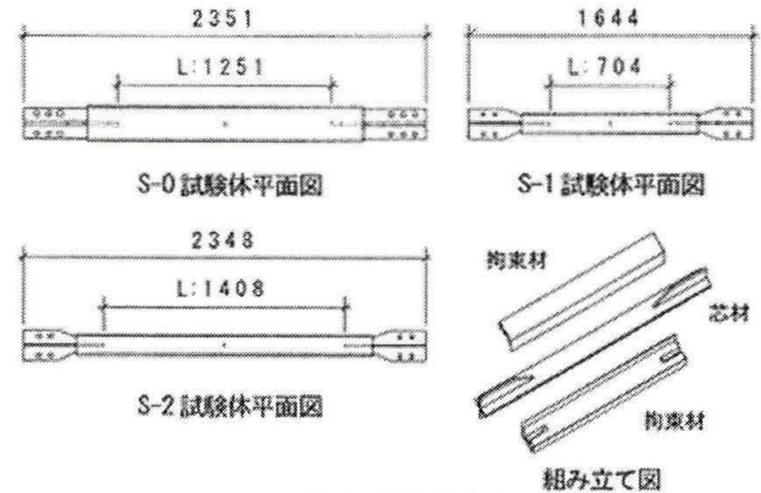


図1 試験体形状

3. 実験結果

3.1 経過

各試験体の耐力低下時の歪、最終状態、座屈モード数を表2に、軸方向荷重を P とした P/P_y と軸歪 ϵ (%) 関係を図2に示す。すべての試験体において、圧縮側 3.0% 歪の載荷を繰り返すと、試験体上部補強リブ付近の弱軸側に局部変形が生じ、耐力低下したため載荷を終了した。

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。すべての試験体において弱軸側の変形が支配的であった。S-0 試験体と縮小モデルであるS-1 試験体ともに芯材上部で局部変形し、エネルギー吸収部全体に渡って6次の座屈モードを描いた。S-2 試験体のエネルギー吸収部長さはS-1 試験体の2倍であり、座屈モード数も2倍の12次であった。すべての試験体の鋼モルタル板の内部を観察すると、高次の座屈モードが現れている部分のモルタルには、圧縮破壊は確認できなかった。一方、局部変形を起こした部分のモルタルは圧縮破壊を起こしていた。また、すべての試験体において強軸側の変形はほとんど確認できなかった。

表1 試験体一覧

試験体名	芯材							拘束材					P_E/P_y
	L mm	板厚 mm	幅 mm	A mm ²	σ_y N/mm ²	P_y kN	幅厚比	幅 mm	高さ mm	$I \times 10^4$ mm ⁴	P_E kN	クリアランス mm	
S-0	1251	16	176	2816	279	786	11.0	203.2	50	631	2320	1.0	3.0
S-1	704	9	99	891	296	264	11.0	122.2	25	80	601	0.5	2.3
S-2	1408	9	99	891	296	264	11.0	122.2	42	240	884	0.5	3.3
C-1	1251	9	99	891	296	264	11.0	122.2	38	193	709	0.5	2.7

L:エネルギー吸収部長さ A:芯材塑性化領域断面積 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 :座屈拘束荷重

表2 実験結果

試験体名	耐力低下時の歪	最終状態	座屈モード数
S-0	3.0%歪圧縮4回目	芯材弱軸の 局部変形	6次
S-1	3.0%歪圧縮2回目		6次
S-2	3.0%歪圧縮3回目		12次

表3 性能評価指標

試験体	η^+	η^-	E_t kN・m	ω
S-0	314	321	1246	724.3
S-1	201	226	183	457.3
S-2	281	297	426	637.3
C-1	247	255	325	558.1

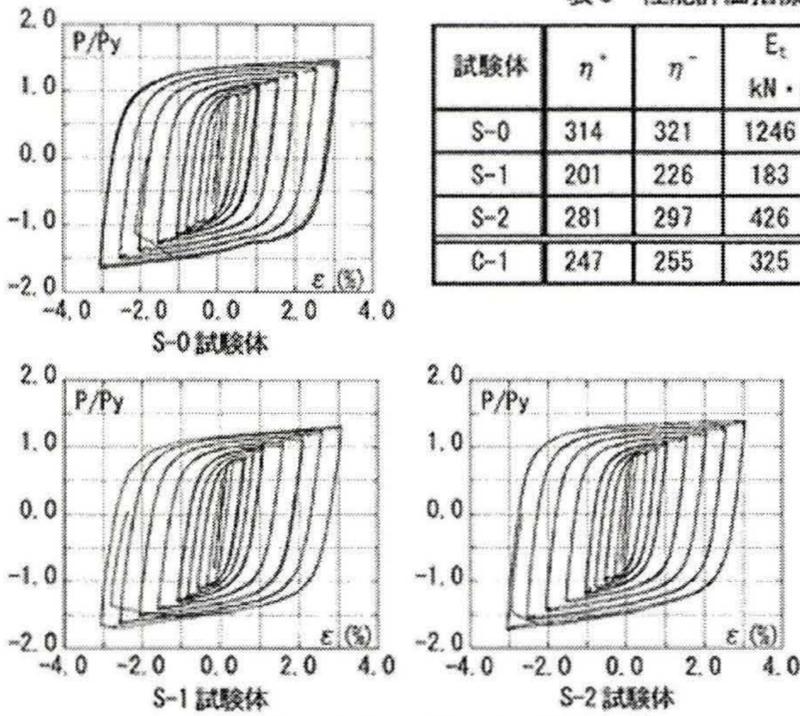


図2 P/Py-軸歪ε (%)関係

3.3 復元力特性

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ている。各試験体の P/P_y と軸歪 ϵ (%)関係にはほとんど差が無い。 P/P_y は引張側と圧縮側がほぼ対象形であるが、圧縮側の方が若干高い値を示し、既往の研究¹⁾²⁾と同様である。

3.4 座屈挙動

S-0, S-1 試験体の座屈モード数は同じであり、縮小モデルであっても実大モデルと同様の座屈挙動を示した。S-2 試験体の座屈モード数はS-1 試験体の2倍であった。エネルギー吸収部長さが2倍でも座屈モード間距離は同様であることがわかった。

また、エネルギー吸収部が長くなっても、エネルギー吸収部全体を補剛することで長さに依存することなく耐力を維持できることが分かった。

3.5 塑性変形能力

文献1と同様、すべての試験体について累積塑性変形倍率 η 、累積塑性歪エネルギー E_t 及び累積塑性歪エネルギー率 ω を算出して表3に示す。 η については引張側を η^+ 、圧縮側を η^- として算出する。 ω は E_t を P_y と弾性限界変形量を乗じた値で除したものである。C-1 試験体の諸元は表1に示されており、比較の対象とする。エネルギー吸収部寸法が 9×99 mmのS-1, S-2, C-1 試験体における η と ω は、 P_e/P_y が大きいほど高い値を示している。

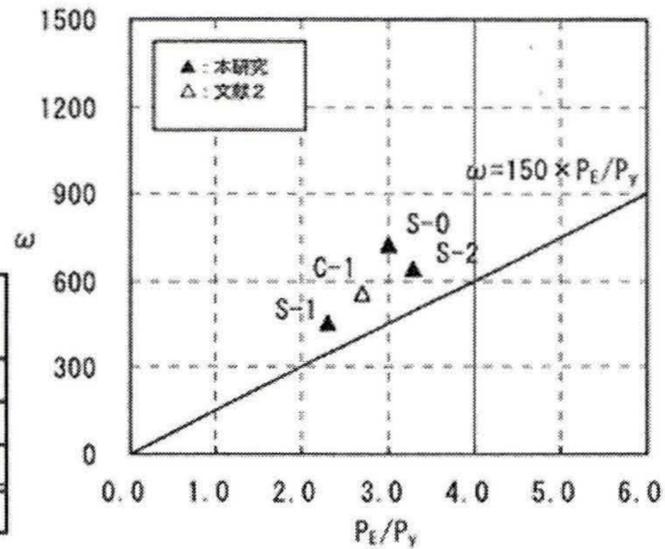


図3 ω - P_e/P_y 関係

4. 性能評価

本研究の座屈拘束ブレースの性能評価にあたっては、図3に示した累積塑性歪エネルギー率 ω と P_e/P_y から求められた性能評価式($\omega = 150 \times P_e/P_y$)により行う。評価式は、芯材弱軸方向に局部変形を起こした試験体による近似曲線であるので、この評価式で比較することができる。

実大サイズであるS-0 試験体と縮小モデルであるS-1 試験体は、共に性能評価式と同等以上であった。よって縮小モデルとすることで寸法効果による影響は無いと考えられる。

S-1 試験体(L=704mm)とS-2 試験体(L=1408mm)は共に性能評価式と同等以上であり、かつ性能評価式と平行で直線的にプロットされた。さらにC-1 試験体(L=1251mm)は両試験体の中間付近にプロットされた。これより、性能の差は P_e/P_y に依存しており、エネルギー吸収部長さによる性能の差は無いと考えられる。

5. 結

芯材長さを変えた座屈拘束ブレースを製作して軸方向繰り返し载荷実験を行い、以下の知見を得た。

- 1) 縮小モデルとした座屈拘束ブレースにおいては、寸法効果は受けない。
- 2) エネルギー吸収部を長くした座屈拘束ブレースにおいても、これまでの実大サイズと同様に性能評価できる。

[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, 第586号, pp187-193, 2004.12
- 2) 岩田衛, 村井正敏, 小林史典: 鋼モルタル板を用いた座屈拘束ブレース-履歴ダンパーとしての性能評価-, その1-鉄構技術, vol.18, NO.203, pp.54-61, 2005.4
- 3) 佐藤拓海: 鋼モルタル板を用いた座屈拘束ブレースにおけるクリアランスの影響, 神奈川大学卒業研究・修士論文梗概集, 2006.2