

鋼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

岩田研究室 200203917 今井 千恵

1. 序

昨年度までの座屈拘束ブレースの研究¹⁾で、高歪状態において強軸方向へ変形が進んだ試験体があった。強軸方向へ変形が進んだ試験体は、芯材が破断した試験体と共に弱軸方向に局部変形した試験体と比べて、芯材のエネルギー吸収能力が高いという結果が得られている。しかし、強軸方向への変形が進む場合、梁材を含む柱梁接合部に悪影響を及ぼす可能性があり、座屈拘束ブレースとして望ましいことではない。

本研究では、強軸方向の芯材と鋼モルタル板との隙間が強軸方向への変形に与える影響を確認するため、強軸の隙間及び芯材幅厚比を変化させた試験体を製作し、繰り返し軸方向載荷実験を行う。

2. 実験計画

2.1 試験体

試験体一覧を表1に示す。試験体形状を図1に、各試験体断面図を図2に示す。I-0試験体を基本試験体とする。I-0試験体とI-3試験体は強軸の隙間にφ10の丸鋼を取り付けた従来型の試験体である。I-1試験体はI-0試験体と芯材、拘束材の寸法は同じで強軸の隙間に丸鋼を取り付けず12mmの隙間が存在する試験体である。I-2試験体とI-4試験体は強軸の隙間を無くし芯材強軸方向の溝形鋼を二重にする。I-0、I-1、I-2試験体とI-3、I-4試験体はそれぞれ同じ芯材寸法である。

芯材の降伏荷重 P_y は素材試験より算出する。座屈拘束荷重 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荷重式から算出する。

2.2 載荷方法

載荷は軸方向変位による正負交番漸増繰り返し載荷とする。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%歪、2.0%歪、2.5%歪を各2回、3.0%歪を耐力低下まで行う。

3. 実験結果

3.1 履歴特性

実験経過、耐力低下時の歪及び最終状態について表2に示す。I-1試験体は耐力低下が確認できないまま実験を終了したため、実験終了時の歪を示す。

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。I-0試験体とI-2試験体は芯材上部で局部変形を起こしており、芯材塑性化領域全体に高次の座屈モードが確認できた。I-0試験体は若干の強軸方向への変形も見られるが、I-2試験体は強軸方向への変形は見られない。I-1試験体は強軸方向へのみ変形している。I-3試験体は強軸方向へ大きく波を示している。I-4試験体は中央部よりやや下部で芯材が破断していた。I-4試験体の芯材上部では強軸方向への変形が見られるがI-3試験体よりも変形は小さい。また、芯材下部では弱軸方向に座屈モードが確認できた。

4. 考察

4.1 復元力特性

弱軸方向に局部変形を起こしたI-0試験体(図3(a))とI-2試験体は3.0%歪をそれぞれ4回、3回と繰り返し、耐力が低下する直前まで安定した復元力特性を示した。

表1 試験体一覧

試験体	芯材						拘束材				P_E/P_y	強軸の隙間
	厚さ (mm)	幅 (mm)	断面積 (mm^2)	降伏応力度 σ_y (N/ mm^2)	降伏荷重 P_y (kN)	幅厚比	幅 (mm)	高さ (mm)	断面2次モーメント $\times 10^4$ (mm^4)	座屈拘束荷重 P_E (kN)		
I-0	16	176	2816	279	786	11.0	203.2	50	631	2319	3.0	φ10丸鋼 隙間12mm
I-1							187.6	51	614	2257	2.9	隙間無し
I-2							91.2	42	227	836	2.9	φ10丸鋼
I-3	16	64	1024	279	286	4.0	75.6	45	229	841	2.9	隙間無し
I-4												

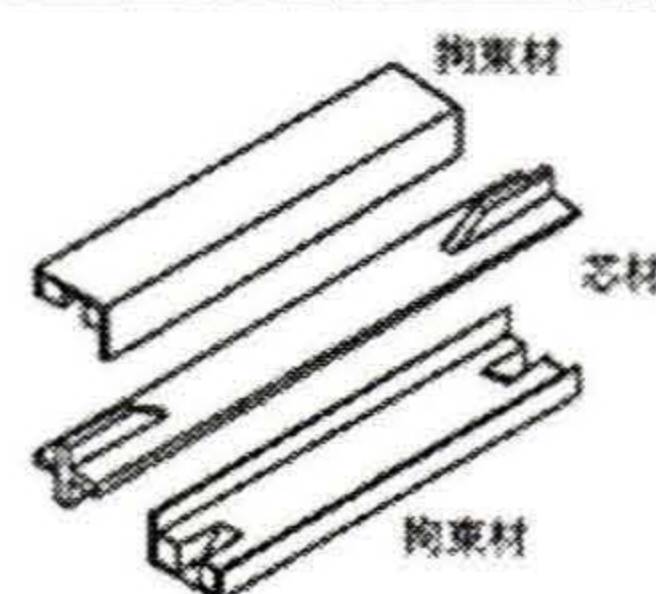


図1 試験体形状

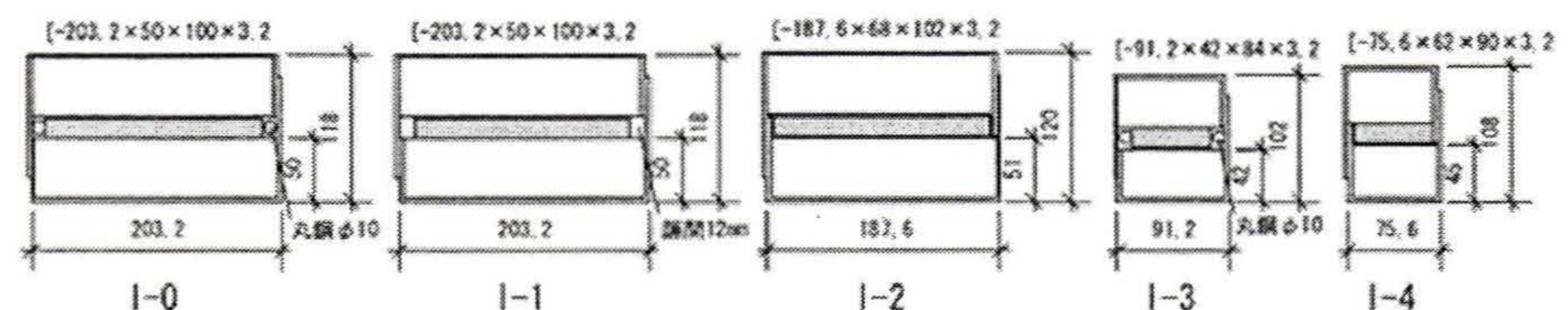


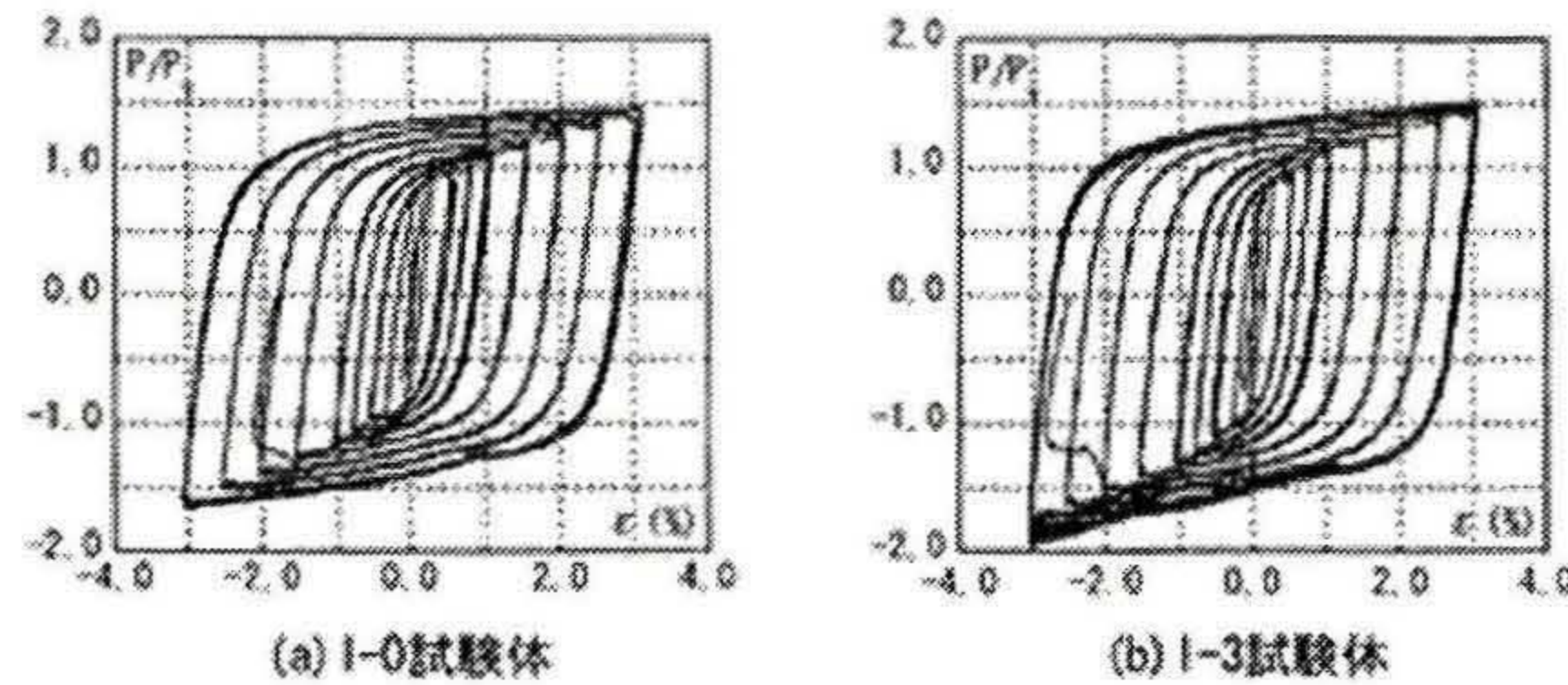
図2 試験体断面図

Strong axis direction transformation of buckling-restrained braces using steel mortar planks

IMAI Chie

表2 実験結果

試験体	実験経過	耐力低下時の歪	最終状態
I-0	3.0%歪4回目圧縮側において、試験体上部補強リブ付近で局部変形を起こし耐力が低下、実験を終了した。	3.0%歪4回目	芯材弱軸の局部変形
I-1	2.5%歪1回目圧縮側において、強軸方向への変形が進み実験装置への影響を考慮して実験を終了した。	2.5%歪1回目	芯材強軸の変形
I-2	3.0%歪3回目圧縮側において、試験体上部補強リブ付近で局部変形を起こし耐力が低下、実験を終了した。	3.0%歪3回目	芯材弱軸の局部変形
I-3	3.0%歪14回目圧縮側において、強軸方向への変形が大きくなり拘束材中央の溶接部がはがれ耐力が低下、実験を終了した。	3.0%歪14回目	芯材強軸の変形
I-4	3.0%歪10回目引張側において、芯材が破断し耐力が低下、実験を終了した。	3.0%歪10回目	芯材の引張破断

図3 $P/P_y - \epsilon$ (%)関係

一方、芯材が強軸方向に変形したI-1試験体は2.5%歪の1回目まで繰り返した。I-3試験体(図3(b))は3.0%歪14回目まで繰り返したが、3.0%歪5回目から圧縮側の耐力が高くなっている。これは芯材の強軸方向への変形が大きくなり、芯材が溝形鋼に接触していることが原因と考えられる。芯材が引張破断したI-4試験体は3.0%歪の10回目まで繰り返した。

4.2 性能評価

各試験体の累積塑性変形倍率 η^+ と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^+ は歪硬化の影響を考慮に入れ、引張側のみを累積し算出した。 ω は E_t を降伏荷重と弾性限界変形量を乗じた値で除したものである。図4に ω と P_t/P_y の関係及び性能評価式($\omega=150 \times P_t/P_y$)との関係を示す。

η^+ と ω の関係として $\omega \approx 2\eta^+$ が考えられるが、I-3試験体とI-4試験体については他の試験体と比べ ω が $2\eta^+$ よりも大きな値となっている。これは強軸方向への変形、芯材の破断という最終状態が影響していると考えられる。

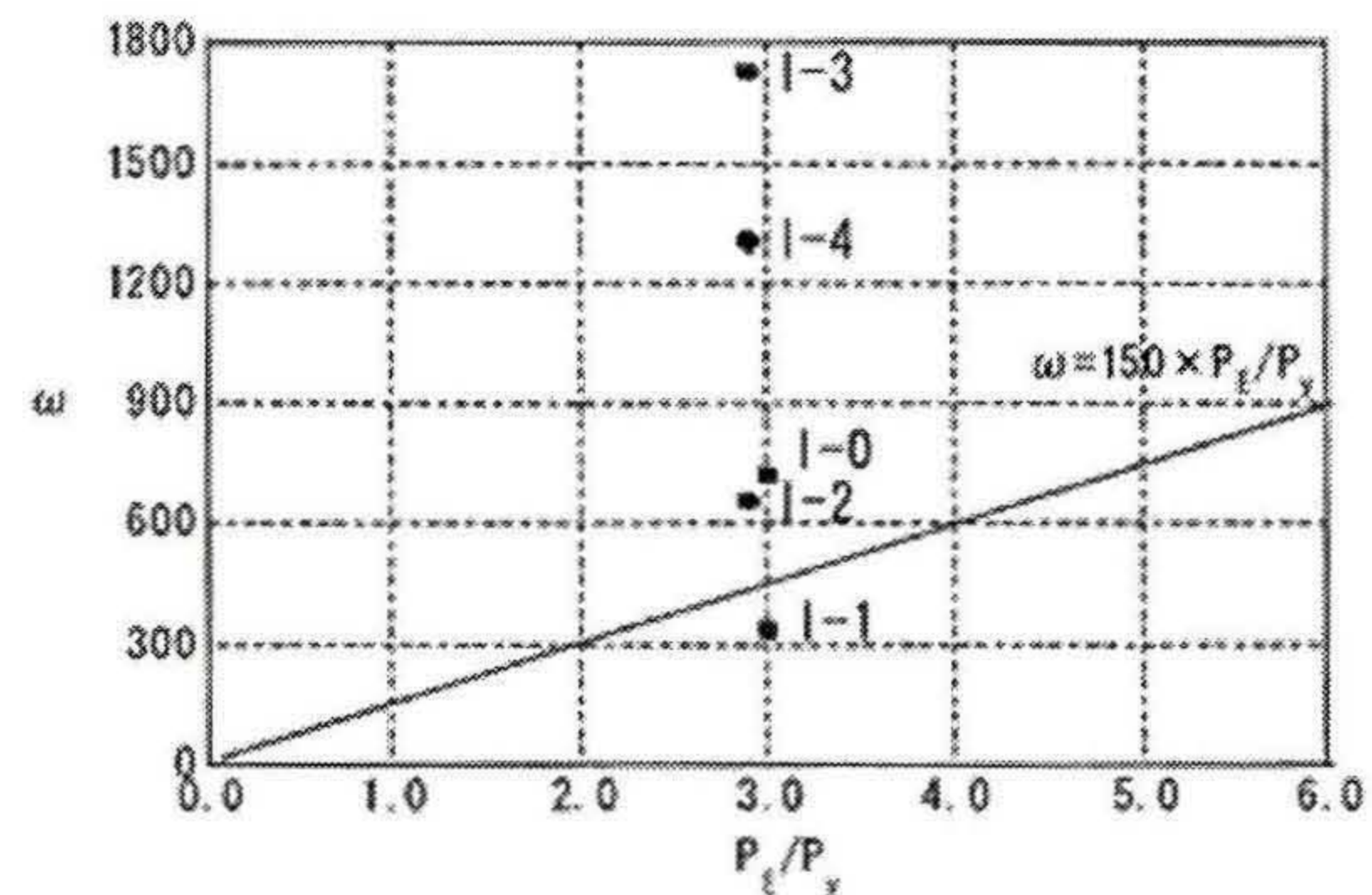
ω と P_t/P_y の関係及び性能評価式との関係について、文献1から芯材が引張破断する場合や強軸方向への変形が支配的になる場合は性能評価式から大きく安全側に外れる結果が得られており、I-3試験体及びI-4試験体も最終状態の結果が示すように、それに準じている。

一方、I-1試験体も強軸方向へ変形したが、大きな変形であったため、実験装置への影響を考慮して耐力の低下が確認できないまま実験を終了した。これにより、 ω の値は性能評価式を下回る結果となった。12mmの隙間が強軸方向への変形を進行させた原因と考えられ、強軸方向への変形防止として強軸の隙間は充填する必要がある。

強軸の隙間に丸鋼を取り付けた試験体と隙間を無くし

表3 性能評価

試験体	η^+	E_t (kJ・m)	ω
I-0	314	1246	724.3
I-1	164	574	335.0
I-2	287	1131	660.3
I-3	672	1030	1724.4
I-4	538	779	1304.7

図4 $\omega - P_t/P_y$ 関係

た試験体を比較すると、弱軸方向に局部変形を起こした芯材幅厚比11.0のI-0試験体とI-2試験体はほぼ同じ性能である。芯材幅厚比4.0のI-3試験体とI-4試験体は、I-3試験体のほうがより性能が高い。これはI-4試験体は引張破断を起こしたからである。

5. 結

強軸方向の隙間及び芯材幅厚比を変化させた座屈拘束ブレースを製作し、繰り返し軸方向載荷実験を行い、以下に示すことが分かった。

- (1) 強軸方向への変形を防止するため、強軸の隙間は充填する必要がある。
- (2) 強軸の隙間を無くし芯材強軸方向の溝形鋼を二重にすることで、拘束力が高まり、芯材の強軸方向への変形は小さくなる。
- (3) 強軸の隙間に丸鋼を取り付けた試験体は、強軸の隙間を無くした試験体と比較して、性能が高い。
- (4) 芯材幅厚比4.0の試験体は、最終的に芯材が破断または強軸方向へ変形する。

【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、第586号、pp187-193、2004.12