

## 拘束部材に溝形鋼を使用したBRBの変形性能に関する実験的検討

名城大学 学生会員 ○清水 俊彦  
名城大学 正会員 渡辺 孝一

### 1. はじめに

著者はこれまでに、アングル鋼などの形鋼を拘束部材として利用した座屈拘束ブレース(以下 BRB と略記)の研究を行っている<sup>1)</sup>。形鋼を利用した BRB は断面が矩形の高機能 BRB<sup>2)</sup>に比べて拘束部材の軸方向断面積は小さく、断面二次モーメントが大きく設計可能であるため、軽量かつ剛性の高い部材構成が期待される。本実験では溝形鋼を拘束部材に利用した BRB の開発のため、変形性能に関する実験的検討を行う。

### 2. 実験概要

#### 2.1 実験供試体

実験で使用した供試体は図1に示すように拘束部材に溝形鋼を適用した軸降伏型座屈拘束ブレースである。溝形鋼は JIS 規格 JIS G 3192, H×B=100×50 を使用し、それらを接合して一体化するための平板部材を高力ボルトで接合する構造となっている。ブレース芯材や拘束部材は文献 2)を参考に断面を設計した。

表1に本実験供試体部材の断面諸元を高機能 BRB と比較して示す。

#### 2.2 実験装置

荷重に用いる実験装置は文献 3)と同じ実験装置を使用し、BRB に対して従来の軸力荷重による圧縮・引張と、軸心のずれによる曲げを同時荷重した。

#### 2.3 荷重方法

溝形鋼 BRB の荷重パターンはブレース芯材の降伏変位  $\delta_y$ (ブレース芯材の制震ブレース長 1375mm にブレース芯材の降伏ひずみを掛けたもの)を基準とし、 $1\delta_y$  ずつ変位を増分させた。また、変形性能照査、低サイクル疲労照査の限界値を高機能 BRB にならひ、終局ひずみを  $\epsilon_u=3\%$ 、累積塑性変形を  $CID=0.7$  と目標値に想定し荷重を行った。

### 3. 実験結果

図2に繰り返し漸増荷重実験から得られた荷重-変位曲線を示す。図2(a)は本実験で使用した溝形鋼 BRB を示し、図2(b)は同じ実験装置で荷重を行った高機能 BRB<sup>3)</sup>の履歴曲線である、図の縦軸は荷重  $P$  を降伏荷重  $mP_y$  で無次元化した無次元荷重、横軸に変位  $\delta$  を降伏変位  $m\delta_y$  で無次元化した無次元変位である。

実験結果をみると、両供試体共に紡錘形の履歴を描き、塑性変形履歴によるエネルギー吸収・消費がなされ、拘束材がブレース材の全体座屈を拘束する機能を果たしていることがわかる。

最大変位に着目すると、溝形鋼 BRB の引張側において  $P/mP_y=1.47$  にて  $\delta/m\delta_y=22.68$  であり、高機能 BRB の値  $P/mP_y=1.52$  にて  $\delta/m\delta_y=22.05$  と軸力を比較した場合 3%の低下と概ね同等な値を確認できた。しかし、圧縮側においては  $P/mP_y=-1.47$  にて  $\delta/m\delta_y=-21.65$  に対し、 $P/mP_y=-1.70$  にて  $\delta/m\delta_y=-21.05$  となったことで、14%程度の軸力の低下が確認された。

次に累積塑性変形に着目すると、溝形鋼 BRB の累積塑性変形  $CID=1.10$  に対し、高機能 BRB では  $CID=1.18$  と従来の BRB と同等な累積塑性変形が得られた。

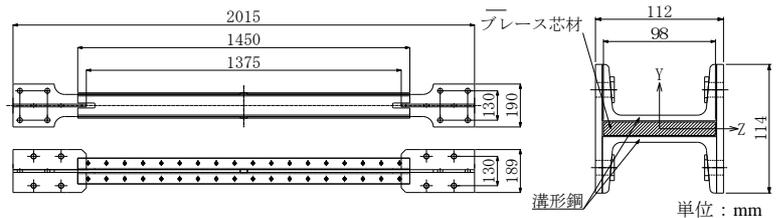


図1 実験供試体

表1 断面諸元の比較

供試体名	ブレース芯材		拘束部材		$\nu_f$	単位重量 (kg/m)
	$mL_b$ (mm)	$mA_b$ (mm <sup>2</sup> )	$mA_f$ (mm <sup>2</sup> )	$mI_z$ (mm <sup>4</sup> )*1		
溝形鋼BRB	1,375	1,176	3,752	3,197,740	7.68	38.93
高機能BRB		1,000	7,600	1,390,933	5.14	67.94

$mL_b$ : ブレース芯材制震ブレース長,  $mA_b$ : ブレース芯材断面積,  
 $mA_f$ : 拘束部材の断面積,  
 $mI_z$ : 拘束部材の断面二次モーメント,  $\nu_f$ : 安全係数  
\*1 軸力作用方向は図1参照

実験は、 $-21\delta_y$ に到達する直前で写真1に示すように拘束材のボルトが破断し荷重が急激に低下したため実験を終了した。載荷実験結果から、目標であった終局ひずみの限界値  $\epsilon_u=3\%$ は満足していることを確認した。また、実験で得られた  $P/mP_y$  と  $\delta/m\delta_y$  及び累積塑性変形 CID を表2にまとめた。

4. 破壊状況についての考察

実験終了後、供試体を解体して内部の変位状況を確認した。その結果、溝形鋼 BRB のボルトが破断した部分のブレース芯材において局部座屈が生じていた(写真3)。以上より、本実験においてブレース芯材の断面積の設計ではブレース芯材端部の拘束部材が面外方向に変形し、それに伴いボルトが破断したと考えられる(写真2)。よって、本ブレース芯材と拘束部材の断面構成において、端部での拘束部材が変形しやすく、さらにその変形に伴い大きな内部接触力(フープ力)が発生した可能性が推察できる。

以下に本実験で得られた知見をまとめる。

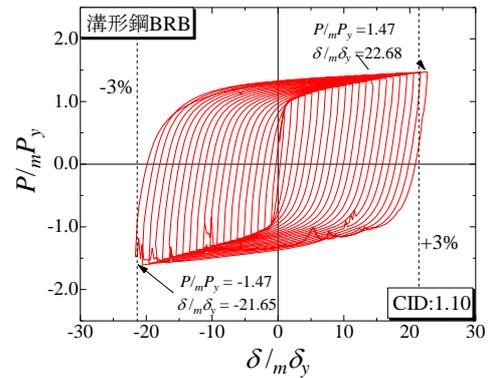
- 1) 溝形鋼 BRB の変形性能を繰り返し載荷実験により検討した結果、目標限界変形性能である  $\epsilon_u=3\%$ を満足したが、履歴曲線に乱れが生じており原因を調査する必要がある。
- 2) 断面が矩形の高機能 BRB と比較した場合、ブレース芯材断面積がおおよそ同等である時の BRB 単位重量を約50%削減でき、安全係数が約 1.5 倍大きく設計可能であることが確認できた。また、本実験装置による載荷結果では両実験において $-21\delta_y$ に到達する前に荷重の低下が見られ、高機能 BRB と比較して、溝形鋼 BRB の荷重低下が先行したが、おおよそ高機能 BRB と同等の変形性能が得られることが実験により確認できた。

5. 今後の課題

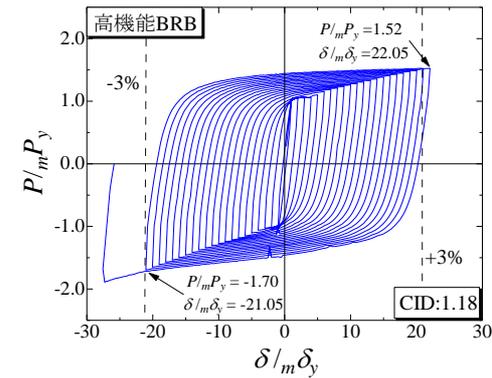
本実験では、最大圧縮時に拘束材を固定するボルトの破断が発生し、ブレース芯材の局部座屈が確認されたことから、拘束部材のボルト配置を見直すなど、さらに適切な断面諸元を検討する必要がある。この改良によって、比較対象とした高機能 BRB 以上の変形性能を得られる可能性があるため、実験および解析的検討を継続予定である。

参考文献

- 1) 篠田将旭, 渡辺孝一, 児玉佳大: 芯材にアングルを用いた座屈拘束ブレースの性能実験と解析的検討, 鋼構造論文集第 20 巻 77 号, pp.49-61
- 2) 宇佐美勉, 佐藤崇, 葛西昭: 高機能座屈拘束ブレースの開発研究, 構造工学論文集 Vol.55A, pp719-729
- 3) 渡辺孝一, 佐藤大介, 石田真士, 吉野廣一: 鋼製ラーメン橋脚の層間変形を考慮した高機能座屈拘束ブレースの変形性能に関する実験的検証, 鋼構造論文集第 22 巻 85 号, pp.144-151



(a) 溝形鋼 BRB



(b) 高機能 BRB

図 2 荷重-変位曲線

表 2 最大変位及び累積塑性変形

供試体名	引張側		圧縮側		CID
	$P/mP_y$	$\delta/m\delta_y$	$P/mP_y$	$\delta/m\delta_y$	
溝形鋼BRB	1.47	22.68	-1.47	-21.65	1.10
高機能BRB	1.52	22.05	-1.70	-21.05	1.18

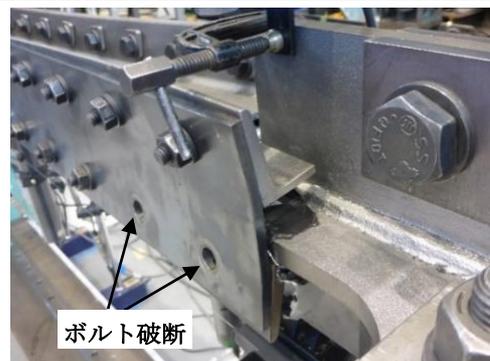


写真 1 拘束材のボルト破断部(固定端部)



写真 2 ブレース芯材の破壊状況