

軸力と偏心作用を受ける BRB 接合ブラケットの変形性能に関する実験的検討

名城大学 学生会員 ○立枕 遼祐 名城大学 正会員 渡辺 孝一 名城大学 小崎 勇弥

1. 研究目的

著者らはこれまでの研究¹⁾で図 1 のような制震化された鋼製門型ラーメン橋脚に片流れ配置した座屈拘束ブレース (以下, 「BRB」と略して記す) が制震効果を発揮することを報告している. 地震時に BRB が安定して効果を十分に発揮するためには BRB と主構造を接合するブラケットの設計も重要となる. 本研究は制震ダンパーと主構造との接合部であるブラケットに着目し, ラーメン橋脚の変形に伴って, BRB と BRB 接合部が軸力と偏心作用を受ける際の変形性能を実験的に検証し, BRB の性能を保証するためにブラケットが保有すべき性能について, 照査・検討することを目的とする.

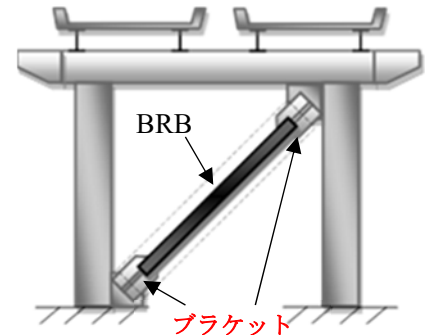


図 1 鋼製ラーメン橋脚

2. 実験概要

実験に用いた BRB の外形を図 2 に示す. BRB のうち, 塑性変形により, エネルギー吸収をさせるブレース芯材断面は幅 98mm 板厚 9mm の矩形断面とした. この BRB を接合するブラケットは BRB 芯材の 4 倍相当の断面積を確保し, BRB への軸力と曲げに対して余裕を持たせている. 本実験ではこの BRB を図 3 のようにラーメン橋脚を縮尺して, 再現した橋脚基部と载荷ジャッキ側の治具に接合し, BRB に伝達される荷重がブラケットを通じて, 橋脚基部に伝達される境界条件を再現した. 図 4 に橋脚基部と BRB の接合部を示す. ガセットは橋脚基部にすみ肉溶接され, BRB に作用する荷重に対して, 弾性範囲となるよう断面を確保し, さらに, 荷重作用時に BRB の面外変形を防止するためのサイドスチフナを設置した. BRB の接合ブラケットは厚さ 8.5mm の添接板 8 枚を等級 F10T 呼び径 M20 の高力ボルトにより摩擦接合した. ボルト軸力は, トルクレンチにより管理した. 添接板は黒皮相当の素地状態であるため, すべり摩擦係数は 0.30 でボルトの滑り耐力を評価し, ボルトのすべり先行型の継手とした. 実験は BRB の降伏変位 $1\delta_{b,y}$ ($=1.06\text{mm}$) を基準に繰返し漸増変位させ BRB が破断するか, 全体座屈するまで载荷を実施した. なお, 本研究で使用する供試体および添接板は先行して行われた実験²⁾で使った橋脚基部模型を流用しているが, 橋脚基部が一部, 塑性化しているが, BRB は新しく損傷のないものを組み合わせて使用した.

3. 実験結果

図 5 に BRB に着目した荷重変位履歴を示す. 図の縦軸は BRB 軸力を降伏軸力で無次元化し, 横軸は

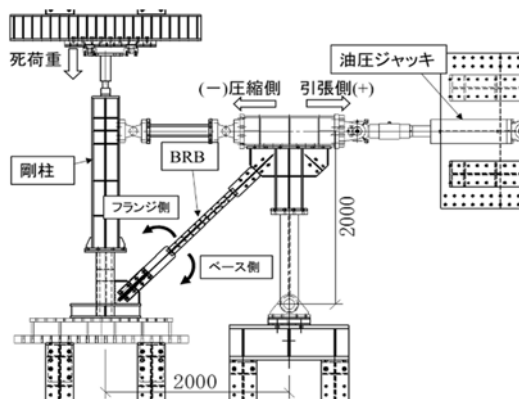


図 3 実験装置外

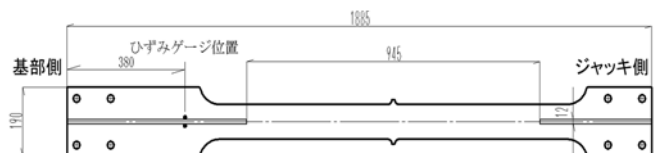


図 2 BRB 外形とひずみゲージ貼付位置

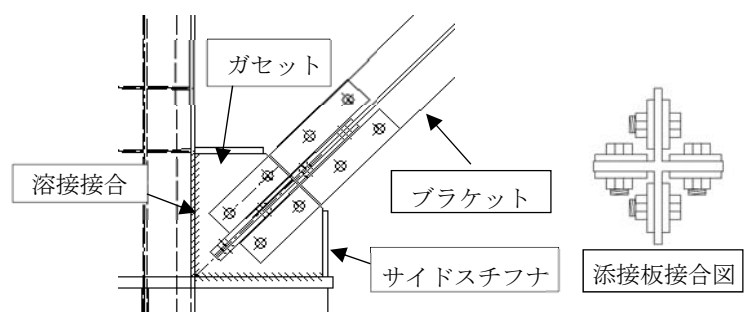


図 4 ブレースの接合部

BRB の変位を降伏変位で無次元化している。図から BRB は、安定した紡錘系の履歴カーブを描いていることが確認できる。この履歴による累積塑性ひずみは 1.1 に達しており、BRB の変形性能の目安とされる累積塑性ひずみ 0.7 を十分に確保出来ている。実験終了時 (BRB 破壊時) に着目すると、载荷 18 サイクルの圧縮側で BRB が载荷軸芯から大きく橋脚フランジ側に変形していることが確認された。この時、ブラケットと添接板も図 6 に見られるように、湾曲して変形していることが確認された。図 7 はブラケット材端のフランジ側とベース側に添付したひずみゲージ(図 2)から測定した軸ひずみと、BRB 芯材に対する偏心量 e を载荷履歴でまとめたものである。図中の矢印から BRB の軸芯変形とブラケット変形は同じ载荷 16 サイクルで大きく軸芯ずれが生じたこと確認でき、圧縮側でフランジ側への曲げが卓越していることが分かる。

ブラケットと添接部の性能を照査するため、式(1)によって、軸力と曲げの影響を分析する。ここで、 N はブラケットに作用する軸力、 N_y は(a)はブラケットの降伏軸力のケース(b)は BRB 接合部のボルトのすべり耐力のケースとした。 M_y はブラケットの降伏曲げモーメントを示す。 M は BRB に設置した変位計から求めた偏心量 e と BRB の軸力から求めたブラケットの曲げモーメントである。

$$\frac{N}{N_y} + \frac{M}{M_y} \leq 1 \quad (1)$$

式(1)により、図 8 にブラケット断面と添接部摩擦接合耐力を、各载荷サイクルに対してまとめた結果を示す。図 8(a)(b)から载荷 16 サイクル以降の圧縮側でブラケットが湾曲変形したことで、曲げが急激に卓越し限界値に達したことが確認される。図 8(b)载荷 16 サイクル以降、ボルトのすべり耐力を上回っており、摩擦接合から支圧接合状態に移行したことも推察された。

4. まとめ

ガセットと BRB を接合するブラケットには、BRB の変形に伴い、軸力と曲げが作用するが、添接部の摩擦係数が 0.30 程度の継手性能では、継手がすべることで、ブラケットの想定外の曲げ変形が生じることを確認した。今後、素地調整した継手により、BRB を安定に接合するための設計条件を精査する予定である。

参考文献

- 1) 渡辺孝一ほか: 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, Vol.22, No85, pp.143-151, 2015.
- 2) 浅井駿弥ほか: 軸降伏型ダンパーを付与した橋脚基部模型のハイブリッド実験, 土木学会第 73 回年次学術講演会, I-319, pp.637-638, 2018.

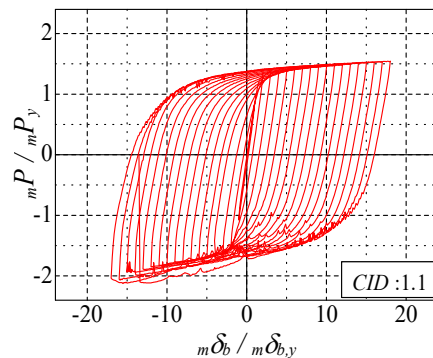


図 5 BRB 荷重変位履歴

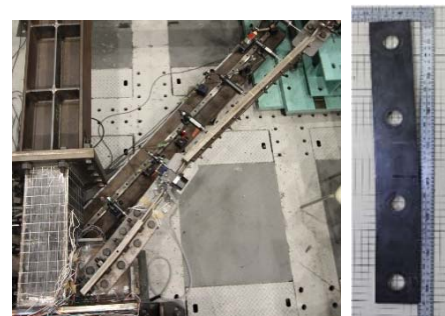


図 6 実験終了時の橋脚と添接板

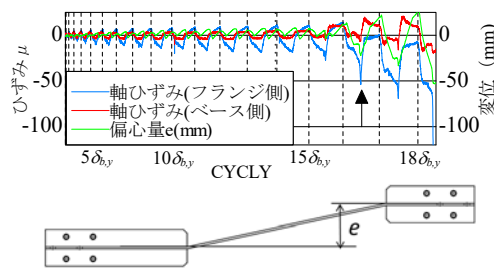
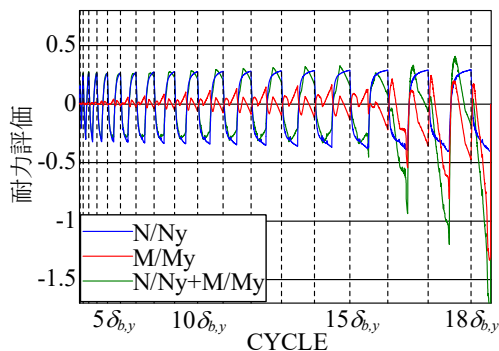
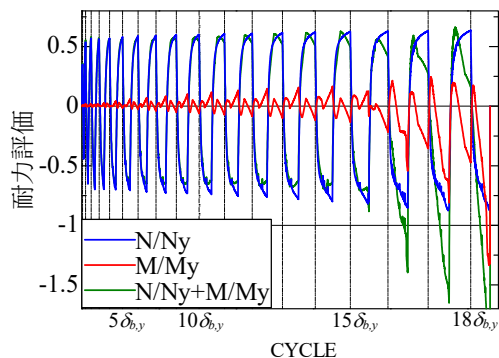


図 7 ブラケットひずみと軸芯変形



(a) ブラケットの降伏軸力の場合



(b) ボルト許容すべり耐力の場合

図 8 接合部の耐力評価