

軸力と曲げ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討

名城大学 学生会員 ○石田 真士, 佐藤 大介

名城大学 正会員

渡辺 孝一

1. はじめに

著者らによる既往の研究¹⁾の中で、軸降伏ダンパー（以下、BRB²⁾と略して記す）の軸芯方向への伸縮変位を与える繰り返し载荷を行った場合の変形性能を報告している。しかし、既往の実験は軸芯方向のみへの载荷であったため、BRBを固定するブラケットが移動した際の変形がBRBに与える影響について考慮されていなかった。本研究では、新たにBRBと接合部の軸芯ずれに着目して、軸力と偏心曲げモーメントを考慮した繰り返し载荷を行い、BRBの変形性能を検討した。

2. 鋼製ラーメン橋脚の層間変形とBRB接合部の軸芯ずれ

図1に鋼製ラーメン橋脚にブレースを片流れ配置した場合を想定した解析モデルに、外力によって生じる層間変形とBRB接合部の軸芯ずれの関係を示す。層間変形 δ_h により、BRBと固定ブラケットに軸芯ずれ e が生じる。その際に、BRBの両端部には軸力と同時に軸芯ずれ e によって付加曲げが作用する。

3. 実験供試体

本実験に用いた供試体は、既往の実験¹⁾と同等の断面諸元とし、本論文ではこれをCYC-[AL+B]、軸力のみを考慮した供試体をCYC-[AL]と表記して区別する。

4. 実験システム概要

実験装置は、図2に示すように実験フレームと静的油圧アクチュエータ、それらを制御する実験制御PCとデータロガー（東京測器製TDS-530）から構成されている。図3に示すように、従来の軸芯方向のみの载荷機構から、回転リンク機構を付加する装置へと組換え、BRBに図1で示した軸芯ずれを再現出来る機構とした。実験データは、供試体に取り付けた巻き取り式デジタル変位計により取得した。

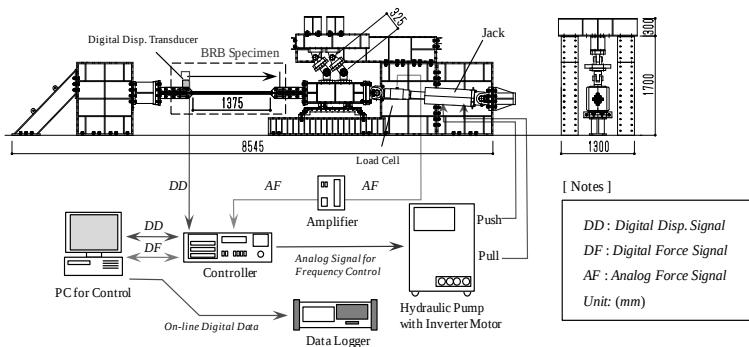


図2 本論文で使用した実験装置（軸力+曲げ同時载荷）

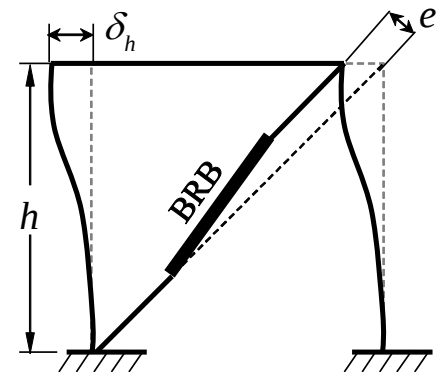


図1 層間変形とBRB接合部の軸芯ずれ

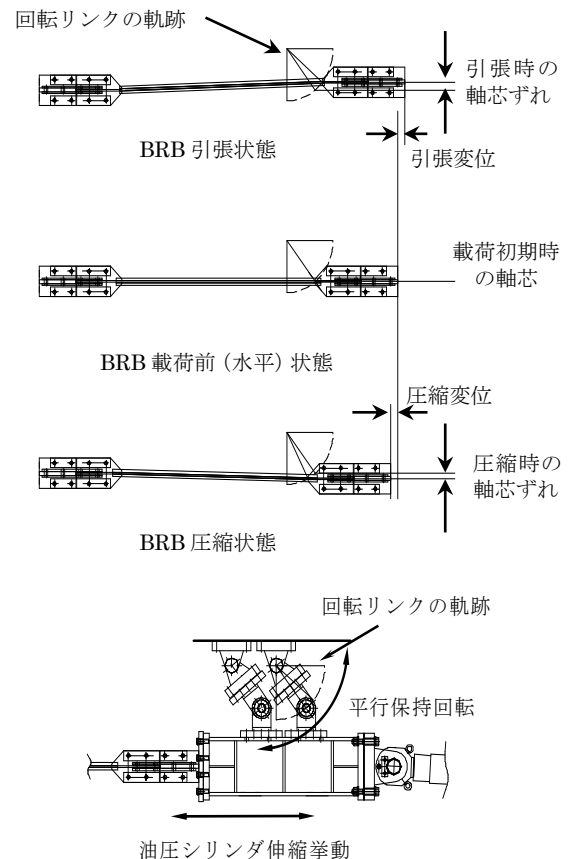


図3 回転リンク機構による载荷方法の詳細

5. 実験結果

図 4 に漸増変位繰り返し载荷実験の結果を示す。終局軸ひずみの限界値 $\varepsilon_u=3\%$ ²⁾ を目標に、変位制御により载荷を実施した。図の縦軸は BRB の降伏荷重 mP_y で、横軸は制震ブレースの降伏変位 $m\delta_y$ で無次元化しており、図中には引張時、圧縮時の最大値を併せて示した。また、本実験で用いた BRB の制震ブレース長さ $mL_b=1375\text{mm}$ の終局軸ひずみの目標限界値 $\varepsilon_u=3\%$ を併せて示す。

図 4(a) と図 4(b) は、軸力と付加曲げを考慮した供試体と、軸力のみを载荷した供試体の実験結果である。以降、この結果を対比して示す。図 4(a) に示す供試体 CYC-[AL+B] の荷重－変位履歴は、図 4(b) の CYC-[AL] と同様に、安定した紡錘型の復元力特性を示している。最大変形と軸力に着目すると、引張側 $\delta/m\delta_y=22.05$ にて $P/mP_y=1.52$ であり、CYC-[AL] の値、 $P/mP_y=1.37$ と比較して、11% 程度高めの軸力が生じている。また、圧縮側の目標限界値 $\varepsilon_u=3\%$ においても、CYC-[AL+B] は $\delta/m\delta_y=-21.05$ にて $P/mP_y=-1.70$ であり、CYC-[AL] の値、 $P/mP_y=-1.46$ と比較して、16% ほど高めの軸力となった。CYC-[AL+B] は、さらに圧縮側へ载荷装置の限界まで载荷し続けたところ、 $\delta/m\delta_y=-27.30$ にて $P/mP_y=-1.89$ まで BRB は全体座屈することなく安定した圧縮挙動を示した。最大圧縮後、荷重を除荷し実験を終了した。CYC-[AL+B] は繰り返し载荷実験によって破断しなかった。

6. 累積塑性変形性能

累積塑性変形（以下、 CID ³⁾ と略して記す）の比較を図 5 に示す。横軸のずれは、1 サイクルあたりの単位変化量が変動しているために生じており、一概に比較出来ないが実験終了時で比較すると CYC-[AL+B] は $CID=1.18$ となり、CYC-[AL] の $CID=1.22$ より 4% 程小さな値となった。これは、CYC-[AL] では、载荷目標 $20\delta_y$ にて同等の振幅を 3 回連続して载荷し、4 回目の引張側にて破断するところまでの CID を算定したことが原因である。

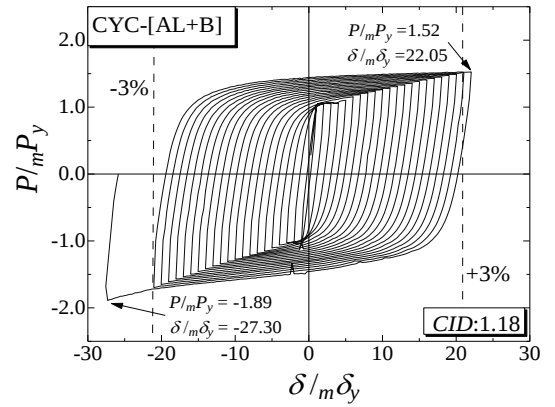
7. まとめ

本研究では、鋼製ラーメン橋脚に片流れ配置した BRB と接合部の軸芯ずれに着目し、軸力のみを受ける BRB との変形性能の違いを実験的に検討した。

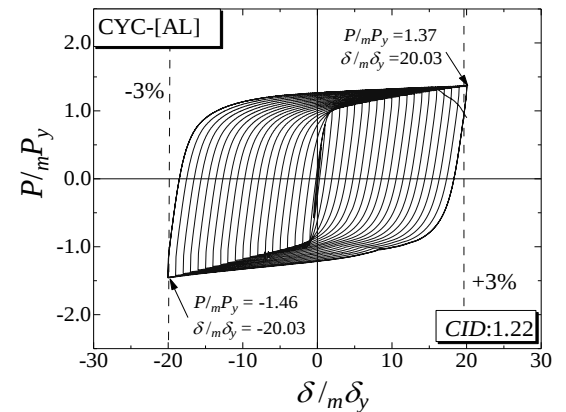
軸力のみを考慮した BRB の漸増変位繰り返し载荷実験の結果と比較すると、付加曲げを加えたことにより軸力は降伏軸力に対して引張側で 11%、圧縮側で 16% 程度上昇したが、安定した紡錘型の復元力特性が見られ、目標限界変形性能 3% を満足することを確認した。また、累積塑性変形性能についても同等の性能を有し、実験終了時において $CID=1.18$ となり、既往の文献に示されている目標値 0.7 を十分に満足することを確認した。

参考文献

- 1) 渡辺孝一，篠田将旭，吉野廣一，佐藤 大介：制震ブレースを挿入した鋼製ラーメン橋脚の並列ハイブリッド実験システムによる制震性能の検証，鋼構造論文集，Vol.21，pp.75-85，2014
- 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，pp.719-729，2009
- 3) 宇佐美勉編著，日本鋼構造協会編：鋼橋の耐震・制震設計ガイドライン，技報堂出版，2006.9



(a) 軸力+曲げ



(b) 軸力のみ

図 4 繰り返し载荷試験結果

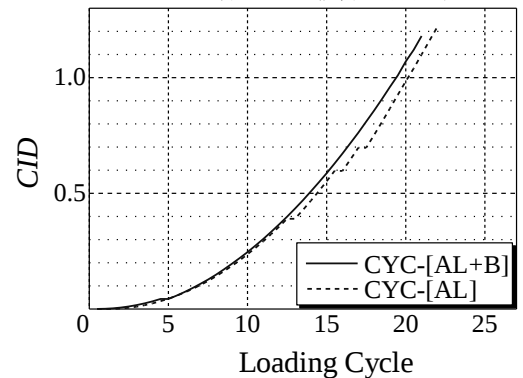


図 5 累積塑性変形の比較