

軸力と曲げを考慮した高機能座屈拘束ブレースの制震性能に関する実験的検討

名城大学 学生会員 ○石田 真士
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と、ラーメン橋脚にブレースを片流れ配置した際に生じる BRB と接合部の軸芯ずれを考慮した繰り返し载荷を行った場合の変形性能について報告している。本研究では、軸芯ずれを考慮した BRB の制震性能について比較検討を行った。

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。

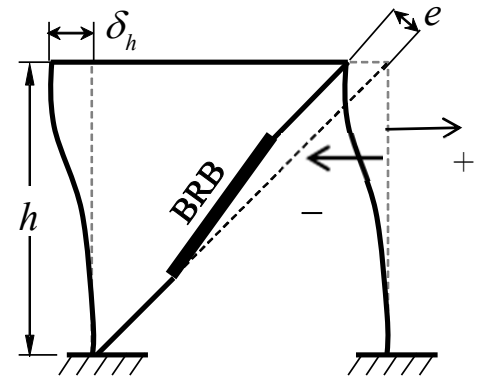


図 1 層間変形と BRB 接合部の軸芯ずれ

3. 実験供試体

本実験に用いた軸芯ずれを考慮した供試体は、既往の実験¹⁾と同等の断面諸元とし、これを HYD-[AL+B]、軸芯ずれがなく伸縮変位のみを与える供試体を HYD-[AL]と表記して区別する。

4. 実験システム概要

図 2 に実験装置を示す。図 3 には実験装置のうち、回転リンク機構による载荷機構の詳細を示す。これにより、BRB に図 1 で示した軸芯ずれを考慮した载荷を模擬する機構とした。

5. 入力地震動

使用した水平地震動は、1995 年の兵庫県南部地震で観測された JR 鷹取駅の地震波（以下、JRT と略して記す）の E-W 成分であり、これを 3 波入力し実験を行った。本実験で設計した BRB の断面諸量は、いずれも予備解析により JRT に対する制震性能が橋脚の部材健全度²⁾に収まるように設計されている。

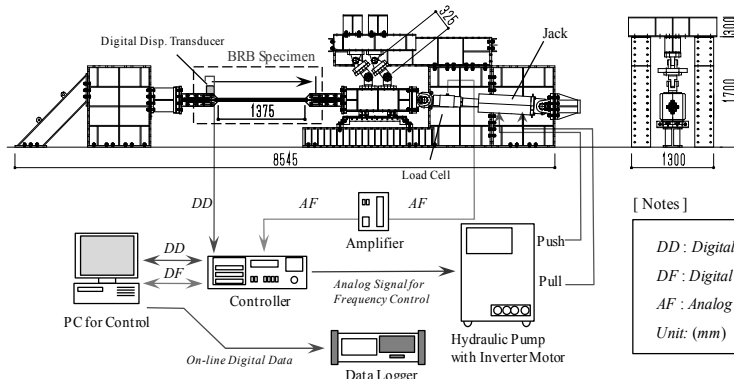


図 2 本論文で使用した実験装置（軸力+曲げ同時载荷）

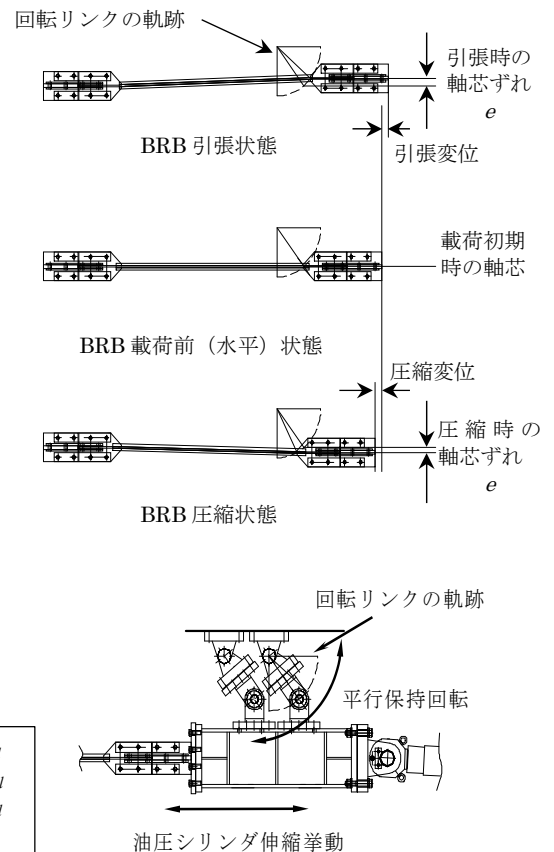


図 3 回転リンク機構による载荷方法の詳細

6. 実験結果

図4に橋脚の地震応答結果の比較を示す。各図は橋脚の降伏荷重 H_y , 降伏変位 δ_y で無次元化したものである。(a)時刻応答履歴の図中には橋脚変位がプラス時の最大変位を併せて示している。

既往の実験結果との比較から、軸芯ずれを考慮すると、応答は圧縮側の最大応答で5%程度小さい応答となり概ね同等であり、引張側の最大応答では36%小さい応答が確認された。しかし、残留変位では3波の平均(表-2を参照)で比較をすると57%大きめの変位となった。(b)の変位-荷重履歴における水平力で比較をすると、既往の実験結果と比較し最大引張時では8%,最大圧縮時では4%の水平力の減少がみられた。橋脚の残留変位と最大応答をまとめたものを表-1および表-2に示す。

図5にBRBに作用する軸力と変位による地震応答結果の比較を示す。各図はBRBの降伏荷重 mP_y , 制震ブレースの降伏変位 $m\delta_y$ で無次元化している。

BRBの変位は、図4で示した橋脚の比較結果と同様の傾向となる。荷重に着目すると、全体的に荷重の増加が確認された。引張側の最大応答では9%,圧縮側の最大応答では4%の荷重の増加がみられた。またCIDを見てみると、3波の合計でHYD-[AL+B]は0.473, HYD-[AL]は0.575と、既往の実験結果と比較して18%小さい値となった。

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との制震性能の違いを実験的に検討した。

実験後のBRBの面外変形を計測した結果などの損傷状況は、紙面の都合上割愛する。ブレースと拘束材の隙間量2mmの範囲内で

ブレース全長に渡り高次の波形に変形しており、全体座屈や破断などの崩壊は見られず、制震性能を有していることが確認された。本研究で実施した実験供試体は、一体のみであるためさらに多くのデータを蓄積して、軸芯ずれを考慮したBRBの制震性能の妥当性を検証していきたい。

参考文献

- 1) 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, Vol.22, No.85, pp.143-151, 2015
- 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

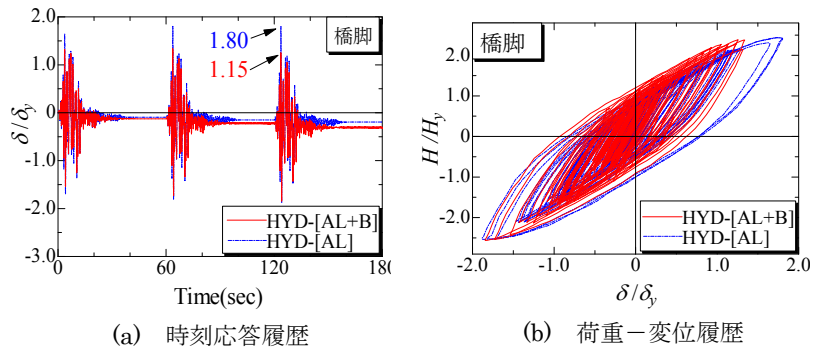


図4 橋脚の地震応答結果の比較

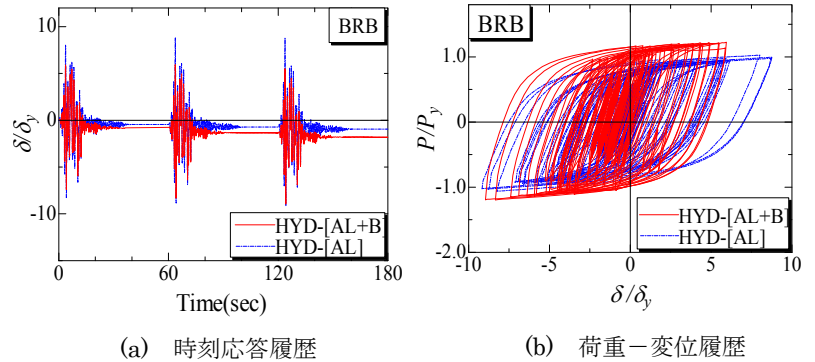


図5 BRBの地震応答結果の比較

表-1 橋脚の残留変位

試験体記号	橋脚残留変位 δ_R / δ_y			
	1波目	2波目	3波目	平均
HYD-[AL+B]	-0.13	-0.22	-0.32	-0.22
HYD-[AL]	-0.09	-0.15	-0.19	-0.14

表-2 橋脚の最大応答

試験体記号	橋脚最大応答 δ_{max} / δ_y			
	1波目	2波目	3波目	平均
HYD-[AL+B]	-1.54	-1.73	-1.85	-1.71
HYD-[AL]	-1.70	-1.81	-1.88	-1.80

表-3 BRBの軸ひずみと累積塑性変形の集計結果

試験体記号	対応するBRB		CID					限界値
	応答値 ϵ_{max}	限界値 ϵ_u	1波目	2波目	3波目	平均	合計	
HYD-[AL+B]	0.01287	< 0.03	0.154	0.159	0.160	0.158	0.473	< 0.7
HYD-[AL]	0.01308		0.185	0.197	0.193	0.192	0.575	