

# 並列ハイブリッド実験システムによる制震ブレースを挿入した 鋼製ラーメン橋脚の制震性能の検証

名城大学 学生会員 ○佐藤 大介, 篠田 将旭  
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<sup>1)</sup>にて、軸降伏型ダンパー（以下、BRB<sup>2)</sup>と略称）を片流れに配置した門型鋼製ラーメン橋脚のハイブリッド応答実験を報告している。その中で、橋脚に対するBRBの設置方法が非対称でバランスが悪いことやBRBが長尺となりBRBの拘束部材が大型化するなど、さらなる改善・検討が必要である。そこで、本研究では、図-1に示すように鋼製ラーメン橋脚に対して2台のBRBを逆V字型に配置することで設置バランスに配慮した構造を想定し、ハイブリッド実験によりラーメン橋脚の制震効果を検証した。

## 2. 実験概要

### 2.1 実験供試体

ハイブリッド実験に用いる供試体は、BRBを簡易なトラス要素として、モデル化した橋脚の動的応答解析により諸元を決定し、実橋脚の1/5相当で設計した。実験で使用したBRBの形状を図-2に示す。図中の記号はそれぞれ、設計板幅  $B_f=100\text{mm}$ 、板厚  $t_f=10\text{mm}$  で  $mA_f=1000\text{mm}^2$  である。拘束部材は、板厚  $t=16\text{mm}$ 、幅  $b_f=200\text{mm}$  であり、拘束材と制震ブレースとの隙間  $d=1\text{mm}$  である。BRBと拘束部材に使用した鋼種はSS400であり、材料試験で得た材料定数を解析モデルに適用した。

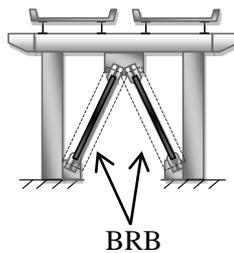


図-1 橋脚モデル

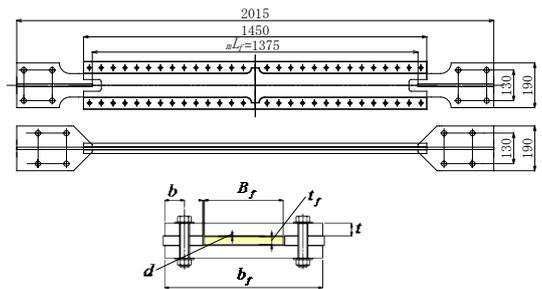


図-2 実験に使用したBRBの外形と断面形状

### 2.2 実験システムの概要

前述したように、図-1のようなラーメン橋脚にBRBを設置することを想定した解析モデルを作成し、図-3に示す実験システムにより、ハイブリッド実験を実施した。実験の载荷に用いる実験装置は名城大学内に設置されている2基の大型構造実験フレームとそれらに固定されている静的油圧アクチュエータ（载荷能力  $\pm 1000\text{kN}$ 、ストローク  $\pm 250\text{mm}$ 、分解精度  $0.01\text{mm}$ ）であり、それぞれ同等の性能を有している。

### 2.3 実験種別と入力地震動

実験は2台のBRBを構造実験フレーム1号機と2号機にそれぞれ設置し、レベル2タイプIIの地震動を入力して行った。地震応答解析で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鷹取駅の観測地震波（以下、II-II-2

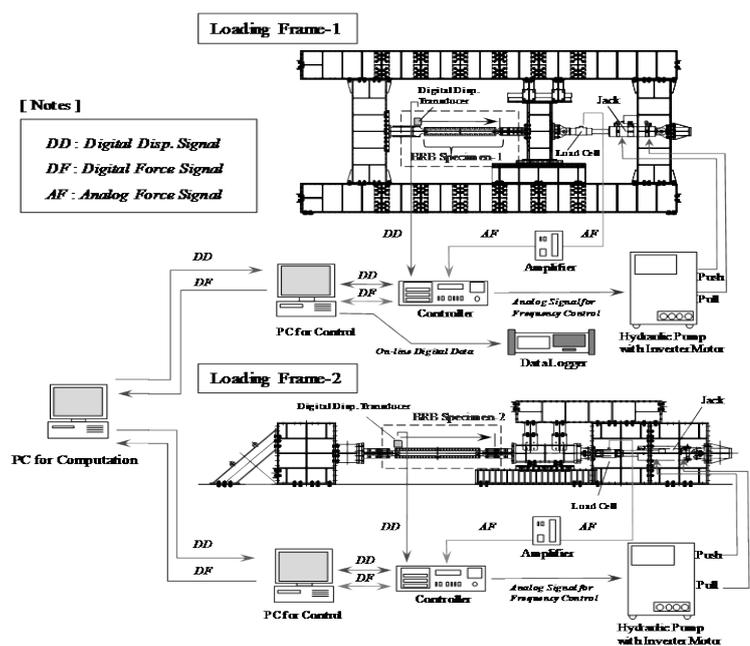


図-3 並列ハイブリッド実験システム

と略称)のE-W成分である<sup>3)</sup>。地震動は、BRBの要求性能<sup>2)</sup>を検証するため、同一波形を連続して3波を入力し、BRBの軸力データをハイブリッド実験から取得し、解析PC側で逐次応答計算を行うことで、ラーメン橋脚の水平変位や残留変位の応答値を得た。

## 2.4 制震化しないラーメン橋脚の応答

BRBによるラーメン橋脚の制震効果を比較するため、制震化しないラーメン橋脚の動的応答解析と比較をした。

図-4に解析結果を示す。図-4(a)は時刻応答履歴であり、縦軸は橋脚天端の水平変位 $\delta$ を降伏変位 $\delta_y$ で無次元化している。図-4(b)は同様に水平変位-荷重履歴を示し、縦軸は降伏荷重 $H$ により無次元化している。地震動入力開始後約8.44秒にて最大応答変位 $\delta_{max}/\delta_y=3.88$ を生じ、最終的な残留変位 $\delta_r/\delta_y=1.78$ となった。以上のような解析から、本研究で想定したラーメン橋脚は、制震化しない場合、レベル2地震動により部材健全度2を満足しないことを確認した。

## 3. 実験結果

図-5には、地震波入力時のハイブリッド実験結果を示す。図-5(a)は制震効果を比較するため、入力した3波の内1波目のみを示している。また、各グラフの縦軸、横軸は前述と同様に無次元化している。

図-4で示した制震化しないラーメン橋脚の応答と比較すると、BRBを配置することで明らかに橋脚の最大応答変位、残留変位ともに小さくなり、制震効果が得られていることがわかる。地震動入力によるラーメン橋脚の最大応答変位と残留変位を非制震のものと比較すると、最大応答変位は50%以下に小さくなっており、部材健全度2を十分に満足する。残留変位は、非制震時の10%以下となり、橋脚天端の水平変位と橋脚高さの比率 $H/300 (=40\text{mm}=0.56\delta_y)$ と比較して十分な制震効果が得られる結果となった。

また、参考としてラーメン橋脚の応力状態に着目する。地震動II-II-2を3波目入力した時点で得た最大応答を抽出した結果を図-6に示す。図-6は変形倍率を10倍としている。この図から、橋脚基部と梁柱の接合部付近に応力が集中し、降伏応力に達していることが確認される。このことから、BRBと橋脚との接合構造には、さらなる検討が必要である。

## 4. まとめ

本研究では、BRBを逆V字配置した鋼製ラーメン橋脚の制震効果を並列ハイブリッド実験システムによって検証した。

ハイブリッド実験の数値演算のため、制震ブレースと接合ガセットを模擬したラーメン橋脚の数値解析モデルを構築した。この解析モデルを対象にハイブリッド実験を実施し、設計したBRBによって十分な制震効果が得られ、目標とした部材健全度を満たすことを確認した。

## 参考文献

- 1) 渡辺孝一, 吉野廣一, 篠田将旭, 山口亮太: サブストラクチャ応答実験による高機能座屈拘束ブレースの地震時応答解析, 構造工学論文集 A, Vol.58A, pp.459-470, 2012.3
- 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 A, Vol.55A, pp.719-729, 2009
- 3) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説V耐震設計編, pp.110-117, 2012.3

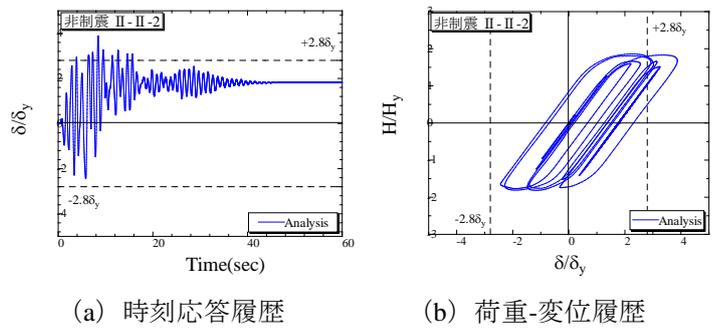


図-4 制震化しないラーメン橋脚の応答結果

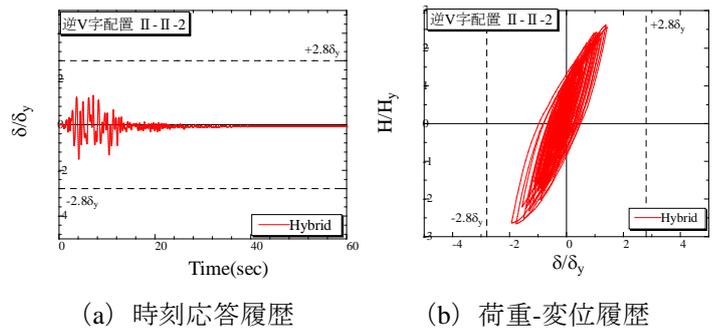


図-5 制震化したラーメン橋脚のハイブリッド実験結果

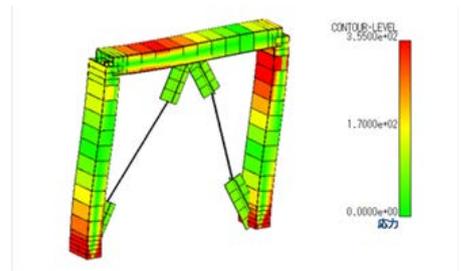


図-6 制震化したラーメン橋脚の応力コンター (II-II-2, 3波入力の最大応答時)