

# 最大応答ひずみの制御に着目した鋼製ラーメン橋脚の地震後の使用性向上に関する解析的研究

名城大学大学院 学生会員 ○丸山 陸也  
 名城大学 小田 秋音  
 名城大学 フェロー会員 葛 漢彬

## 1. まえがき

1995 年の兵庫県南部地震以来、構造物の耐震性能向上策として制震ダンパーの設置が広まってお

表-1 フレームの構造パラメータ

モデル	フレームの鋼種	$h$ [m]	$L$ [m]	$M$ [kg]	$\delta_{y,F}$ [m]	$H_{y,F}$ [MN]	$T_f$ [sec]
FA	SM490	12	12	$2.042 \times 10^6$	0.071	5.94	0.982
FB		12	18	$1.988 \times 10^6$	0.076	5.83	1.011
FC		18	12	$1.484 \times 10^6$	0.155	4.17	1.476

り、地震時に大きな損傷を受ける部材をエネルギー吸収性能の優れたデバイス（制震ダンパー）に限定し、主構造部材の損傷を極力低減させる方法が多用されるようになってきている<sup>1),2)</sup>。制震構造物は地震後の使用性の照査に用いる指標である残留変位の低減が期待できるため、有利であるといえる。単柱式橋脚および門型ラーメン橋脚における、制震ダンパーを導入することで低減できる応答値には強い相関関係<sup>3)</sup>があり、最大応答変位-最大応答ひずみ関係および残留変位-最大応答ひずみ関係によって表されている。

そこで本研究では、BRB（座屈拘束ブレース）を導入したモデルと非制震モデルに対し、道路橋示方書で定められたレベル2地震動（タイプI，II）計18波を用いて地震応答解析を行った。これらの応答値を比較し、最大応答ひずみを許容値に抑えるようなBRBを設計することで、残留変位による地震後の使用性の照査も満たすことを検証した。

表-2 BRB のパラメータ

モデル	BRB の鋼種	$A$ [m <sup>2</sup> ]	$\epsilon_{max}/\epsilon_y$
FA	SS400	0.071	0.44
FB		0.069	0.45
FC		0.072	0.45

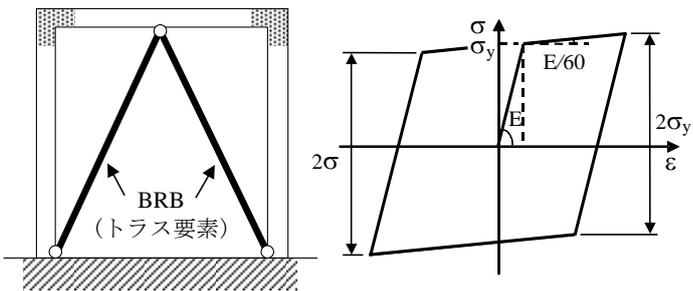


図-1 BRB を導入した FA の概要図および BRB の復元力モデル

## 2. 解析概要

鋼製ラーメン橋脚に対し、BRB を導入したモデル及び非制震モデルの構造パラメータを表-1 に示す。鋼製ラーメン橋脚は SM490 を用い、橋脚高さ  $h=12m$ 、幅  $L=12m$  のモデルを FA、 $h=12m$ 、 $L=18m$  のモデルを FB、 $h=18m$ 、 $L=12m$  のモデルを FC とした。BRB は SS400 を用い、梁部中央から左右の橋脚基部まで2本設置した。BRB を導入した FA の概要図および BRB の復元力モデルを図-1 に示す。

本研究では耐震向上策の目標として構造物の損傷が軽微とされる部材健全度 2 以上(最大応答ひずみが  $2\epsilon_y$  以下)を確保するとともに、地震後の使用性の確保として、橋脚上部の残留変位を橋脚高さの  $1/300$  以内に抑えることも目標とする。

BRB の一次設計として道路橋示方書に定められたレベル 1 地震動を用い、対象構造物の全部材が弾性範囲内に収まるよう解析結果から断面積を決定した。各ケースごとの BRB の断面積および一次設計の際の最大応答軸ひずみを表-2 に示す。ここで解析により得られた BRB の軸ひずみの値は、取り付けられている節点の軸方向変位から求められたものである。しかし、実際の制震ブレースでは取り付け部として弾性変形のみ生ずる剛な部分があるため、塑性変形部材として有効に働く長さは全長の  $1/2$  程度である。そのため設計上で

は解析で得られた BRB の軸ひずみを 2 倍にし、 $0.9\epsilon_y$  以下になるよう一次設計を行った。

### 3. 解析結果および考察

図-2 に BRB 導入モデル (BRB\_FA) および非制震モデル (BARE\_FA) の最大応答ひずみを示す。BRB を導入することで、波線で示した許容値をすべてのケースで満足できていることが分かる。

前述した非制震モデルおよび BRB 導入モデル計 6 ケースにレベル 2 地震動を入力した際の残留変位—最大応答ひずみ (残留変位は橋脚高さ  $h$  で、最大応答ひずみは降伏ひずみ  $\epsilon_y$  でそれぞれ無次元化) 関係を図-3 に示す。これを見ると、図-3(a) の非制震モデルでは FB の数ケースと FC で許容残留変位を満足できているものの、すべてにおいて最大応答ひずみが許容値である  $2\epsilon_y$  を超えてしまっていることが分かる。また、大半のケースでは部材健全度 3 以上を満たすこともできていない。このことから非制震モデルに耐震性向上策が必要であるといえる。図-3(b) の BRB 導入モデルでは全てのケースで残留変位が  $h/300$  以内に収まり、最大応答ひずみも  $2\epsilon_y$  を超えず、部材健全度 2 以上を満足することができた。よって、損傷する部材を BRB に限定することで、その塑性変形により地震エネルギーを吸収できたといえる。また、BRB の設計を主構造の最大応答ひずみが  $2\epsilon_y$  以内に収まるように行った結果、残留変位も大幅に低減することができた。

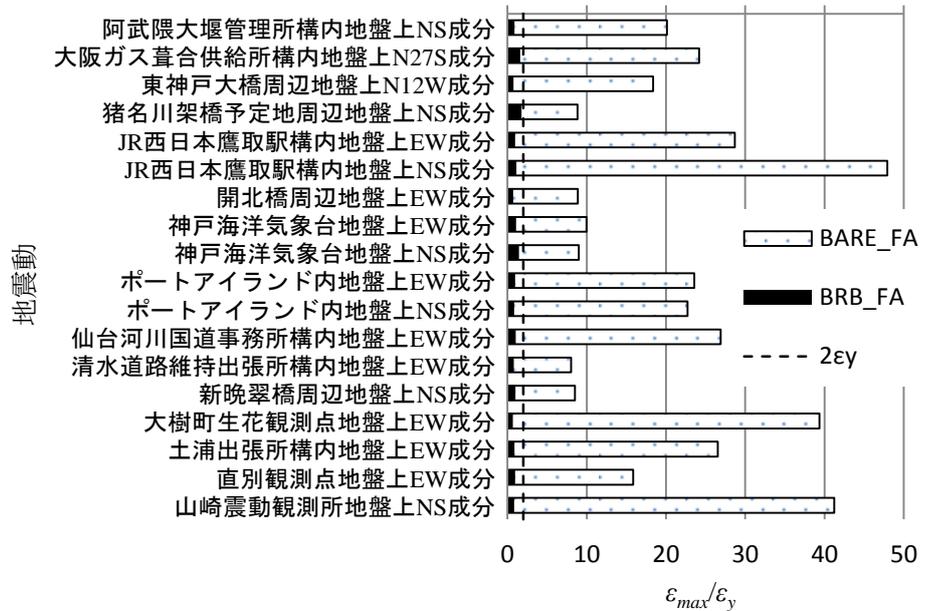


図-2 BRB 導入モデルおよび非制震モデルの最大応答ひずみ

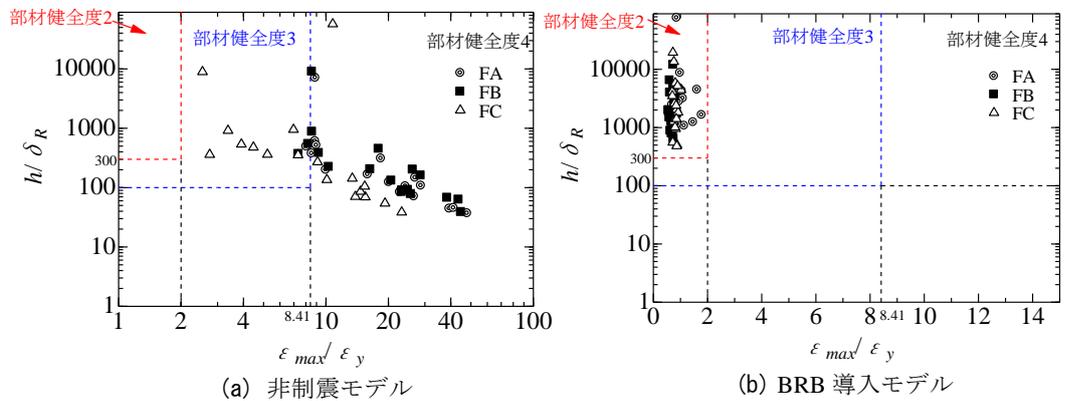


図-3 非制震モデルおよび BRB 導入モデルの最大応答ひずみ—残留変位関係

### 4. あとがき

BRB を鋼製ラーメン橋脚に導入することにより、橋脚基部の最大応答ひずみおよび残留変位を大きく低減することができた。また、最大応答ひずみを許容値に抑えるような BRB を設計することで、残留変位による地震後の使用性の照査も満たすことを検証した。

参考文献：1) Luo, X.Q., Ge, H.B. and Usami, T.(2009): Parametric study on damage control design of SMA dampers in frame-typed steel piers, Front. Archit. Civ. Eng., Vol.3, No.4, pp.384-394. 2) 丸山陸也, 渡邊健斗, 葛漢彬 (2013) : 残留変位の低減に着目した鋼製ラーメン橋脚の制震解析, 計算工学講演会論文集, Vol.18, 論文番号 F-4-3. 3) 宇佐美勉編著, 日本鋼構造協会編 (2006) : 鋼橋の耐震・制震設計ガイドライン, 技報堂出版.