

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

名城大学 学生会員 ○丸山 陸也
 名城大学大学院 学生会員 渡邊 健斗
 名城大学 正会員 葛 漢彬

1. まえがき

地震時の構造物の安全性を確保する方法として耐震、免震、制震構造が挙げられる。鋼構造物、特に鋼製橋脚に関する研究は、兵庫県南部地震以後多くされており、地震時特性の研究が進められている。耐震構造に関しては、コンクリート部分充填鋼製橋脚などがあり、また免震構造は、免震支承を導入した鋼製橋脚などが挙げられる。しかし、免震構造には橋脚と免震支承とが直列に連結されていることにより、上部構造変位が大きくなる傾向がある。そこで本研究では、耐震、免震構造に伴う問題点を回避した構造として制震構造を取り上げる。制震構造とは、構造内にエネルギー吸収を意図した取替え可能な2次部材を組み込み、地震時における塑性変形による損傷をその部材に集中させることを目的とする構造である。つまり、履歴減衰を付与するために、制震部材を塑性化させ、柱や梁を極力弾性域にとどめることで主構造の損傷を可能な限り制御する構造である。制震構造はさらに地震後の補修が容易となる利点も担っている。

本研究では、対象鋼製ラーメン橋脚^{1),2)}に対して、計6波の地震動を適用し、制震ダンパーとしてBRB(座屈拘束ブレース)とSMA(形状記憶合金)ダンパーを導入した際の応答変位及び応答ひずみの観点から考察し、制震ダンパーの比較を行うことにより、SMAの有用性を検証する。

2. 解析方法

2.1 解析モデル

鋼製ラーメン橋脚に対し、制震ダンパーを導入していないモデル及び導入したモデル、制震ダンパーに適応させる復元力モデルの概要図を図-1、図-2に示す^{1),3)}。なお、BRBは梁部中央から橋脚基部まで設置し、SMAはBRBと同様に梁部中央から設置するが、1/3までをSMAとし、それ以外を剛棒としている。またラーメン橋脚の幅厚比パラメータ R_f を0.3, 0.4, 0.5、さらに橋脚高さを12m, 16mと変化させモデルを作成し、解析を行った。

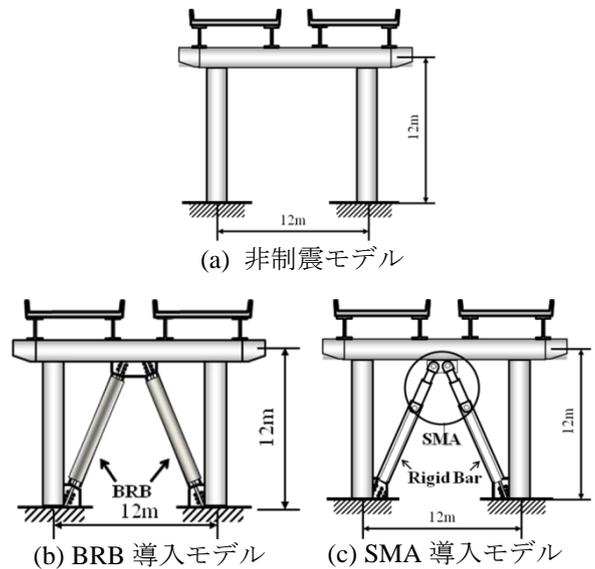


図-1 対象鋼製ラーメン橋脚

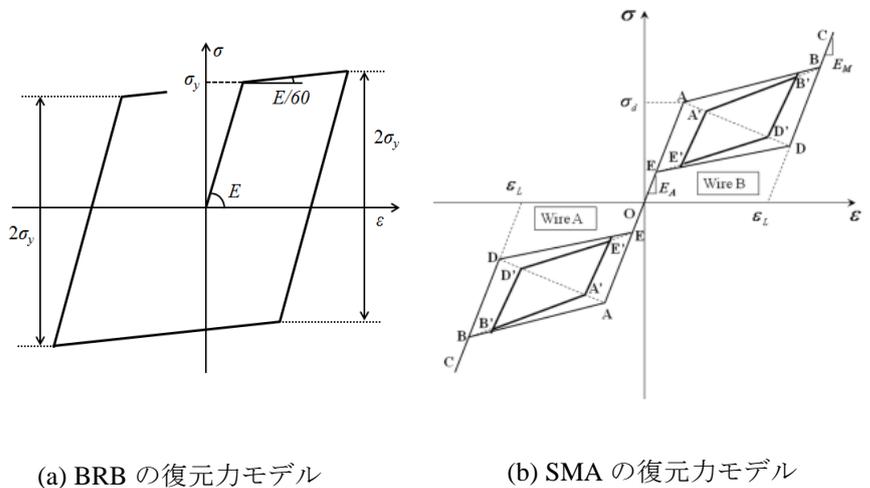


図-2 制震ダンパーの復元力モデル

2.2 解析方法

本研究では、図-1に示す鋼製ラーメン橋脚の入力地震動として JRT-EW-M, JRT-NS-M, HAN-NS-M, KAI-LG-M, KAI-TR-M, SHI-LG-M の6波を用いて地震応答解析を行った。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 ($2\varepsilon_y$ 以下)を確保するとともに、地震後の使用

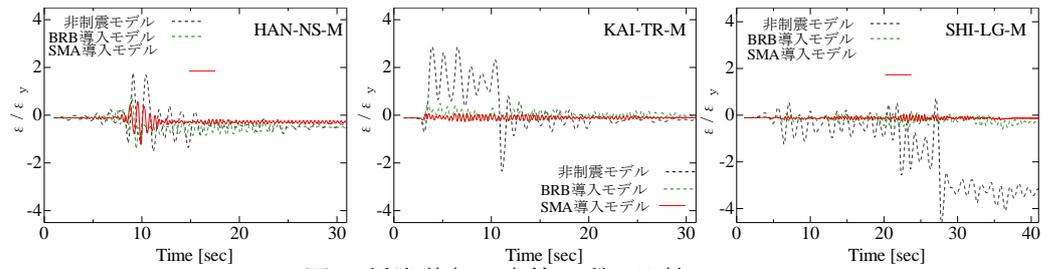


図-3 橋脚基部の応答ひずみ比較

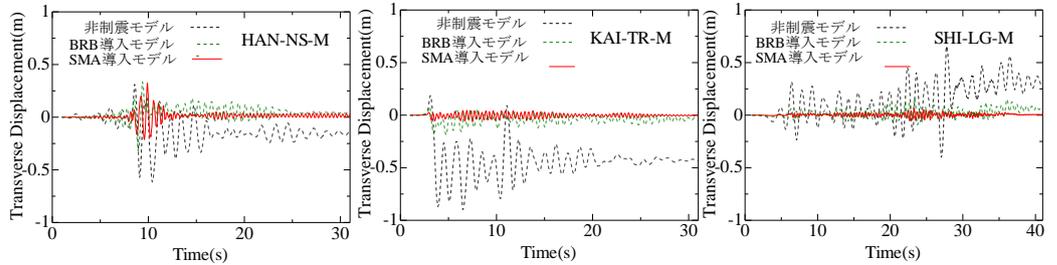


図-4 橋脚上部の応答変位比較

性の確保として、残留変位を橋脚高さの $1/300$ (高さ $h=16\text{m}$ の場合 0.053m) 以内に抑えることも目標とする。

3. 解析結果及び考察

例として制震ダンパーによって、その違いが比較的顕著に現れた幅厚比パラメータ 0.5 、橋脚高さ 16m のケースにおける3波の応答ひずみ、応答変位の結果を図-3、図-4に示す。

まず、橋脚基部における応答ひずみの比較である。非制震モデルでは応答ひずみが非常に大きく、部材健全度2以上を満足できず、残留ひずみが発生しているケースも確認できる。しかし破線と実線で示すようにBRBやSMAを導入することにより、基部のひずみは格段に抑えられ部材健全度2以上を満足していることがわかる。また、BRB導入モデルとSMA導入モデルとを比較すると、SMAに変更することにより応答ひずみをさらに低減できたとと言える。

次に、橋脚上部における応答変位の比較について述べる。まず、非制震モデルとBRB導入モデルの比較だが、非制震モデルでは最大応答変位が大きく、大きな残留変位が発生していることが見て取れる。それに対し、BRBを導入したモデルでは応答変位が抑えられ、残留変位も低減できている。残留変位の値を調べると、地震波 HAN-NS-M では 0.051m 、KAI-TR-M では 0.049m 、SHI-LG-M では 0.074m となっている。この内、SHI-LG-M の地震波においては、目標である $h/300$ (0.053m) を満足できていない。そこでBRB導入モデルとSMA導入モデルとを比較してみる。SHI-LG-M を含めてどの地震波においても、最大応答変位の大きな低減は見られなかったものの、残留変位はほぼ発生することなく地震後の使用性を高いレベルで確保できると言える。これは、SMAの復元力モデルであるマルチリニア型構成モデルを見てわかるように、BRBと同様にループを描くが最終的には0に戻るといった形状記憶合金の特性から、残留変位の発生を抑えることができたと考えられる。

4. あとがき

BRBやSMAといった制震ダンパーを鋼製ラーメン橋脚に導入することにより、橋脚基部の応答ひずみおよび橋脚上部の応答変位を大きく低減することができ、またBRB導入モデルでは低減しきれなかった残留変位もSMAを導入することにより、それを抑えることができた。このことから、SMAの残留変位に対する有用性が確認された。

参考文献：1) Luo, X.Q., Ge, H.B. and Usami, T.: 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, 2009. 2) 中上彩香：土木構造物に導入する制震ブレースの簡易設計法，平成16年度名古屋大学大学院工学研究科土木工学専攻修士論文。3) 葛漢彬，日沖堅治，宇佐美勉：鋼アーチ橋に設置した座屈拘束ブレースの応答値，土木学会地震工学論文集，Vol.28, No.136, 2005.8.