

BRB と SMA ダンパーの導入による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 学生会員 ○丸山 陸也
名城大学 フェロー会員 葛 漢彬

1. まえがき

著者らはこれまでに一層の鋼製ラーメン橋脚に導入した座屈拘束ブレース（以後 BRB と略称）および形状記憶合金ダンパー（以後 SMA ダンパーと略称）について地震応答解析を行い、その応答変位および応答ひずみの観点から地震後の使用性の向上に関する検討を行ってきた¹⁾。一方、単柱式橋脚および門型ラーメン橋脚における最大応答変位-最大応答ひずみ関係および最大応答ひずみ-残留変位関係には相関関係があることが知られており、これらを利用し、地震後の使用性の照査に関する規定がなされている²⁾。

これらを受け本研究では、一層の鋼製ラーメン橋脚に BRB および SMA ダンパーを導入し地震応答解析を行った。制震ダンパーの設計において最大応答ひずみの制御に着目し、最大応答ひずみを許容値内に抑えるような設計をすることで、残留変位による地震後の使用性の照査も満たすことおよび SMA ダンパーの地震後の使用性に関する有用性を検証した。

2. 解析概要

本研究のコンセプトとして、二次設計の際に各地震動を入力した場合の最大応答ひずみを極力許容値に近づけ、最大応答ひずみを制御することによって残留変位による地震後の使用性の照査を満たすかどうかを検証する。さらに、最大応答ひずみの制御には BRB と SMA ダンパーの比較の公平性を保つという意図も含まれる。これらを踏まえ、図-1 に本研究の一連の流れを示す。また、以下に図-1 における各プロセスの詳細を示す。

①非制震モデルに対し、Pushover解析を行い、フレームの降伏点や終局点の算出を行う。②非制震モデルに対し各地震動を入力した動的解析を行い、制震ダンパーの必要性の有無を検証する。③制震ダンパーが必要なケースにおいてBRBおよびSMAダンパーを導入し、構造物の全部材が弾性範囲内とし、最大応答ひずみが $0.9\epsilon_y$ 以下になるよう一次設計を行う。④プロセス③において照査を満たしたケースに対し、レベル2地震動を入力し二次設計を行う。ここで、コンセプトに掲げる最大応答ひずみの制御のため $\epsilon_{a,max}$ を極力許容値に近づけるようプロセス③に戻り、断面積を変化させパラメトリックに解析を行う。

解析対象は図-2に示す一層の鋼製ラーメン橋脚とし、補剛箱形断面を等価な無補剛箱形断面に置き換えたも

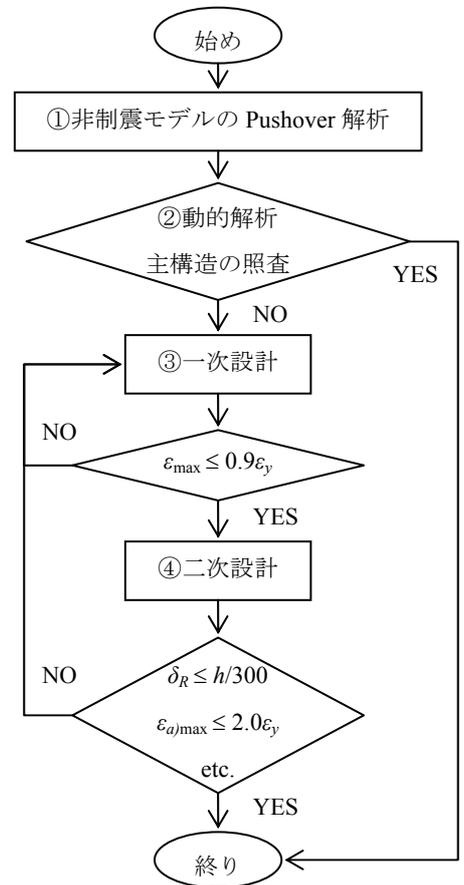


図-1 研究の流れ

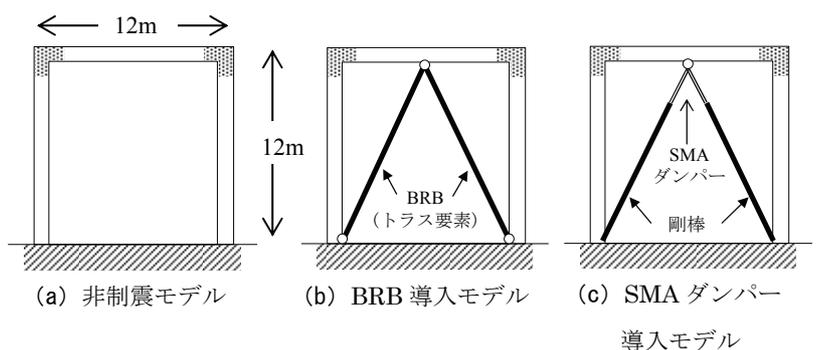


図-2 解析モデル概要図および構成則

キーワード 座屈拘束ブレース(BRB), 形状記憶合金ダンパー(SMA ダンパー), 残留変位, 地震後の使用性

連絡先 〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501 名城大学理工学部社会基盤デザイン工学科 TEL 052-838-2342

のを用い、隅角部はせん断破壊を防ぐため板厚を2倍にしている。BRBは梁部中央からそれぞれの橋脚基部へ向かって2本設置しており、SMAダンパーに関しては梁部中央からそれぞれの橋脚基部へ向かって長さ2.36mで設置し、残りを剛棒としている。SMAの長さについては文献3)を参照されたい。また、フレームにはSM490材を用い修正二曲面モデルを、BRBにはSS400材を用いバイリニア

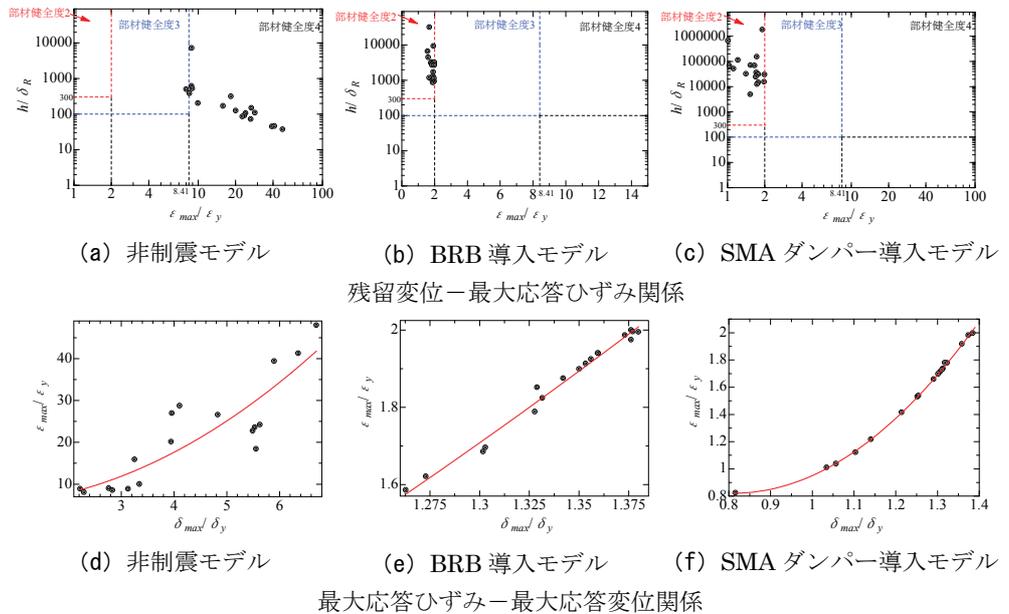


図-3 非制震モデルおよびBRB 導入モデル、SMA ダンパー導入モデルの
残留変位-最大応答ひずみ関係および最大応答ひずみ-最大応答変位関係

ア型移動硬化則を、SMAダンパーにはCuAlBe合金を用い20℃を常温としたときの相変態応力をそれぞれ適用した。入力地震動は日本道路協会の道路橋の耐震設計における動的解析に用いる加速度波形レベル2地震動18波を用いた。

3. 解析結果

図-3 に本解析より得られた非制震モデルおよび BRB 導入モデル、SMA ダンパー導入モデルの残留変位-最大応答ひずみ関係および最大応答ひずみ-最大応答変位関係(残留変位は橋脚高さ h で、最大応答ひずみおよび最大応答変位は主構造の降伏ひずみ ϵ_y 、降伏変位 δ_y でそれぞれ無次元化)を示す。図-3 (a) の非制震モデルでは最大応答ひずみ、残留変位ともにほぼ全てのケースで許容値を超えているが、図-3 (b), (c) の制震ダンパーを導入したケースでは最大応答ひずみを $2\epsilon_y$ 以下に制御した結果、残留変位を低減することができた。特に SMA ダンパー導入モデルでは残留変位はほぼゼロであり地震後の使用性に関する有用性が高いといえる。図-3 (d) に示す非制震モデルの最大応答ひずみ-最大応答変位関係ではデータにバラつきがみられるが、図-3 (e), (f) に示す BRB 導入モデルおよび SMA ダンパー導入モデルでは 2 次式の近似曲線によって強い相関関係を確認することができた。このことから制震ダンパー導入モデルでは最大応答ひずみの制御によって最大応答変位および残留変位を許容値内に抑える設計ができたといえる。

4. あとがき

鋼製ラーメン橋脚に制震ダンパーを導入した地震応答解析を行った結果、最大応答ひずみを $2\epsilon_y$ 以下に制御することで残留変位を大幅に低減することができた。また、制震ダンパーを導入した際の最大応答ひずみ-最大応答変位関係より強い相関関係を確認できた。

SMA ダンパー導入モデルでは残留変位がほとんど発生しなかったことから、地震後の使用性向上に関して SMA ダンパーの有用性を示すことができた。

参考文献：1) 丸山陸也, 渡邊健斗, 葛漢彬: 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, 2013. 2) 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. 3) Luo, X.Q., Ge, H.B. and Usami, T.: Dynamic Numerical Simulation of Steel Frame-typed Piers Installed with SMA Damping Devices Based on Multi-linear One Dimensional Constitutive Model, *Advanced Steel Construction*, Vol.6, No.2, pp.722-741, 2010.