

I - 641 超弾性合金の免震ダンパーへの適用可能性に関する2, 3の考察

立命館大学理工学部 正員 伊津野和行

1. はじめに 近年各種の免震装置を用いた橋梁の建設や計画が注目を集めている。これらの免震効果は、使用される材料特性に大きく左右され、いかに高機能な材料を開発するかが焦点となっている。本研究では、機能性金属材料の1つである超弾性合金に着目し、その免震ダンパーへの適用可能性を検討するため、計算機による地震応答シミュレーションを行ない、基礎的な動特性を明らかにすることを目的とした。

2. 超弾性効果 超弾性特性とは、低ひずみ領域では通常の金属材料と同様に降伏後剛性が低下するが、その後除荷すると履歴エネルギーを吸収した後、数十%のひずみからも弾性挙動に戻るものである。履歴復元力特性の例を図1に示す。図1(a)は通常の弾塑性挙動であり、1度载荷して塑性域に入った場合、除荷しても通常残留変形が生じる。図1(b)は超弾性合金とよく似た組成を持つ形状記憶合金の復元力特性である。形状記憶合金は残留変形が生じた後、ある一定温度以上に加熱することによって残留変形をなくすることができる。それに対して図1(c)が超弾性合金の復元力特性である。非線形領域に入った後除荷すれば、加熱しなくても変形が0になるという特性を持っている。文献によると、形状記憶合金として有名なNiTi合金の場合、ニッケルの量が50%前後で形状記憶効果を示し、50.5%を越えると超弾性効果を示すという。

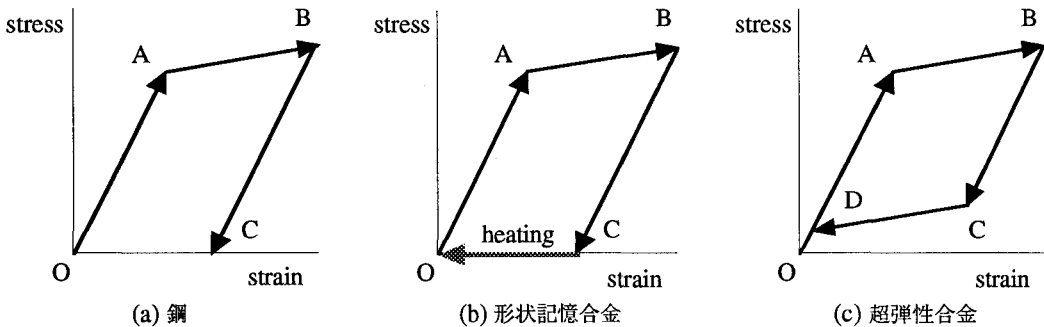


図1 各種材料のひずみ-応力関係の例

3. 免震ダンパーを付加した橋脚の地震応答解析 超弾性挙動を示す免震ダンパーを付加した場合と通常の弾塑性ダンパーを用いた場合、そしてダンパーを付加しなかった場合の3種類を考え、それぞれ非線形地震応答の数値シミュレーションを行なった。免震ダンパーを設置する対象構造物としては橋脚を考え、これを1自由度系線形はり部材としてモデル化した。この橋脚にゴム支承とダンパーを設置して桁を支えることとした。ゴム支承とダンパーの特性を非線形バネでモデル化し、そのうえに桁の質量を載せた図2のような全体で2自由度系として表現した。この構造モデルに対して、道路橋示方書耐震設計編に記載されているI種地盤用設計地震波を、最大値300galに修正して入力した。残留変形についても検討するため、25秒間の地震波形の後、5秒間の自由振動も観察した。本研究では、通常の弾塑性ダンパーの履歴復元力特性として、バイリニア型を仮定した。

それに対して超弾性ダンパーは、ごくわずかな弾性域にバイリニア型履歴復元力特性を示す領域を加えた形でモデル化した。これは、具体的な超弾性合金を実際に試験した結果ではなく、このような復元力特性を示す材料があればという仮定のものである。

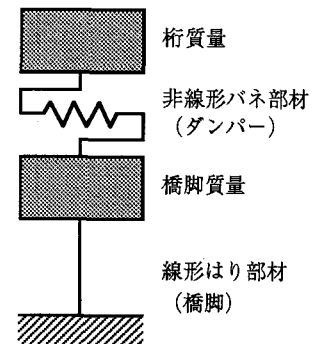


図2 解析モデル

4. 応答解析結果

桁の橋脚に対する履歴応答曲線を図3と図4に示す。図3がバイリニア型復元力特性を示すバネを用いた場合、図4が超弾性効果を示すバネを用いた場合である。図3の弾塑性ダンパーに比べて、図4の超弾性ダンパーでは履歴曲線が細長くなる分、変形が大きくなっている。また、履歴曲線が必ず0を通るのが特徴である。

桁の時刻歴応答波形を図5（絶対加速度応答波形）と図6（橋脚に対する相対変位応答波形）に示す。いずれの波形も位相は両ダンパーで同じであるが、最大値は超弾性ダンパーの方が20%程度大きくなっている。なお、比較のためダンパーをつけない場合のシミュレーションをすると、加速度応答に関しては最大600gal程度になった。この値と超弾性ダンパーを付加した場合の最大加速度応答とを比べると、まず橋脚の加速度応答は、ダンパーがない場合とほぼ同じレベルである。桁の加速度応答も、ダンパーをつけない場合と比較すれば、超弾性ダンパーを用いることによってその20%に小さく抑えている。これは弾塑性ダンパーの場合の17%という値と比較しても遜色のない値である。また、図6の弾塑性ダンパーの変位応答波形は、応答が終了する25秒以降、自由振動が収まっても残留変形が約4.5cm残っている。これに対して超弾性ダンパーを用いた場合の変位波形は、時間とともに0に収束しており残留変形はない。残留変形を0にしたいという要求がある場合には、超弾性ダンパーも有効ではないかと考えられる。次に、構造物の損傷と関連の深いエネルギー吸収量について検討する。履歴応答曲線からも明らかに、履歴エネルギー吸収量は超弾性ダンパーの場合弾塑性ダンパーの62%と、約2/3の値を示した。しかしながら、ある程度のエネルギーを吸収できる点は免震ダンパーとして評価できると考えられる。

5. おわりに 本研究では、機能性金属材料の1つである超弾性合金に着目し、その免震ダンパーへの適用可能性を検討した。超弾性ダンパーを用いた場合、弾塑性ダンパーよりは応答値が10～20%大きくなるが、応答終了後の残留変形がないのが特徴である。

機能性金属材料の利用に関しては、形状記憶合金で地震災害後の補修を容易にするなど、まだまだ利用方法があるのではないかと考えられる。今後、実用化への可能性の検討などを、実験的に行なう必要があるだろう。

参考文献 1) 鈴木雄一：形状記憶合金のはなし，日刊工業新聞社，1988年8月。

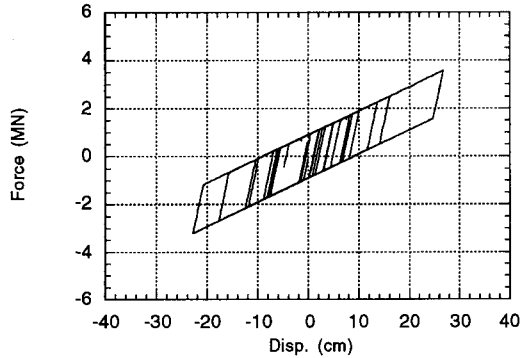


図3 バイリニアモデルの履歴応答曲線

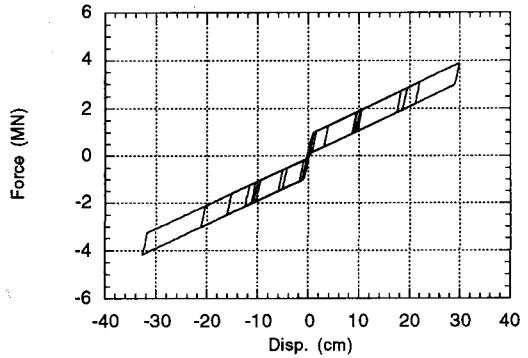


図3 超弾性モデルの履歴応答曲線

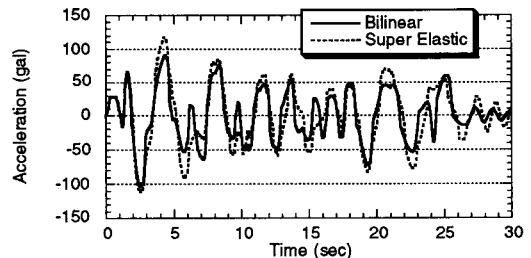


図5 加速度時刻歴応答曲線の比較

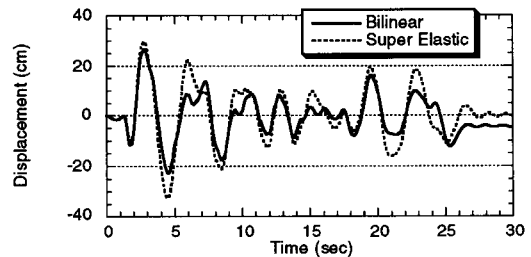


図6 変位時刻歴応答曲線の比較