

## 隣接橋梁間にジョイントダンパーを設置した場合の地震応答低減効果に関する一考察

構造計画研究所 正員 ○佐藤 壮 筑波大学機能工学系 正員 庄司 学

### 1. はじめに

ダンパーを用いて減衰性を構造物に付与し、構造全体系の地震応答を低減するという試みが近年、多数報告されている。本研究では、隣接する橋梁間に減衰性能が異なるダンパーを設置した場合の地震応答低減効果について検討を行った。ダンパーの減衰係数をパラメータとして複素固有値解析を行い、ダンパーの効果が最大となる最適な減衰係数を求め、次に、ダンパーの力学的特性の非線形性が橋梁全体系の地震応答に与える影響について非線形地震応答解析によって検討した。

### 2. ダンパーの減衰係数の最適化

解析対象橋梁は典型的な都市高架タイプの2連の多径間連続橋梁である(図-1)。これらの橋梁を構成する各構造要素は参考文献1)に基づき、2連の橋梁の固有周期が異なるように設計されている。なお、桁間に設置するダンパー1本当たりの減衰係数は $2500.0\text{kN}\cdot\text{s}/\text{m}$ 、圧縮剛性は $28000.0\text{kN}/\text{m}$ である。

ここでは、解析対象橋を図-2に示すばね-質点系でモデル化し、複素固有値解析を実施した。桁応答の支配的なモードである1次、2次モードの動特性に着目して合成振動モード減衰定数 $h_{12}$ を次式のように定義し、ダンパーの減衰係数が橋梁全体系の振動モードに与える影響について評価した。

$$h_{12} = \alpha_1 h_1 + \alpha_2 h_2 \quad (1)$$

ここで、 $\alpha_1, \alpha_2$ :1次と2次の振動モード間におけるポテンシャルエネルギー比から求められる1次、2次モードの寄与率、 $h_1, h_2$ :1次と2次モードの減衰定数(図-3)である。式(1)により、ダンパーの設置本数、すなわちダンパーの減衰係数を变化させた場合の合成振動モード減衰定数 $h_{12}$ を求めると図-4のようになる。ダンパーを3基設置した場合が $h_{12}$ は最大値0.0934となるため、この場合がダンパーの効果が最大になると言える。

### 3. ダンパーの非線形性の影響

次に、ダンパーの減衰力-相対速度関係が非線形となる場合の影響について検討する。対象橋梁のモデル化は図-5に示す通りである。橋脚基部の材料非線形はTakedaモデルでモデル化した。桁間が遊間(=0.2m)以上に閉じる場合は桁間衝突が生じ、遊間以上に開きすぎる場合は連結装置が作動するものとした。桁間衝突は衝突ばねで、連結装置は完全弾塑性型バイリニアでモデル化した。ダンパーは上述した考察に基づき隣接橋梁間に3基設置するものとし、非線形特性は速度比例バイリニア型を想定し、リリーフ速度 $V_1$ およびリリーフ速度 $V_1$ 以降の減衰係数 $C$ の低減率 $\alpha$ をパラメータとして解析を行った(図-5)。入力地震動としては道路橋示方書で規定されているタイプIIのII種地盤用標準波形を用いた。ここで、リリーフ速度 $V_1$ を $0.032\sim 0.64\text{m}/\text{s}$ まで、減衰定数 $C$ の低減率 $\alpha$ を $0.0\sim 1.0$ まで変化させた場合の応答性状の変化を示すと図-6、図-7のようになる。

これらより、リリーフ速度 $V_1$ を $0.1\text{m}/\text{s}$ 以上に、同様に低減率 $\alpha$ を $0.15$ 以上に高めると、応答加速度や衝突力、連結装置に作用する力を低減することはできるが、桁2の応答変位ならびに橋脚8基部の曲率は逆に大きくなる。これは速度比例バイリニア型を示していたダンパーの減衰力-相対速度関係が徐々に速度比例型に近づき、桁間をダンパーによって連結する度合いが強くなりすぎるためである。

### 4. まとめ

本研究によって、1)隣接橋梁間に設置するダンパーの減衰係数をパラメータとして複素固有値解析を行い、ダンパーの効果が最大となる橋梁全体系の振動モード特性を合成振動モード減衰定数 $h_{12}$ によって評価するとともに、2)桁1、桁2の応答、ならびに下部構造の塑性化とともに低減させるためには、リリーフ速度 $V_1$ ならびに減衰定数 $C$ の低減率 $\alpha$ を最適に設定する必要があることが示唆された。

**参考文献** 日本道路協会：道路橋の耐震設計に関する資料、1997

キーワード：連続橋梁、粘性ダンパー、地震応答、非線形動的解析、複素固有値解析

連絡先：〒164-0011 東京都中野区中央4-5-3 (株)構造計画研究所 解析技術本部 TEL03-5342-1138

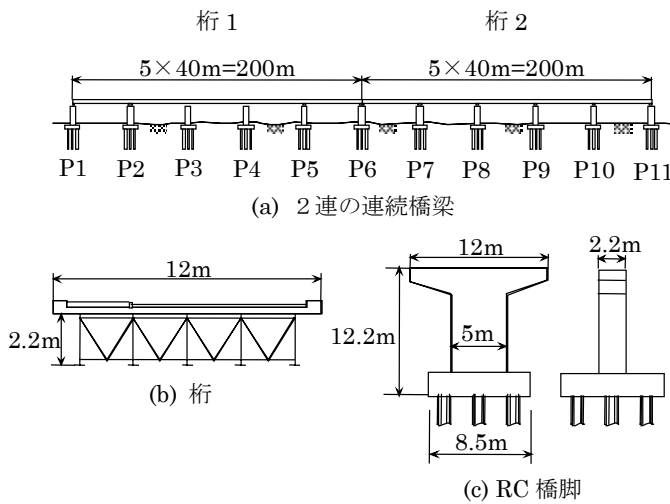


図-1 解析対象橋

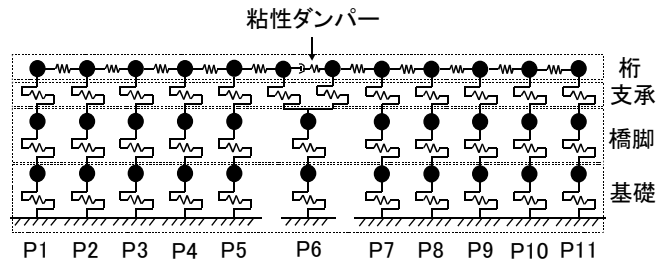


図-2 複素固有値解析モデル

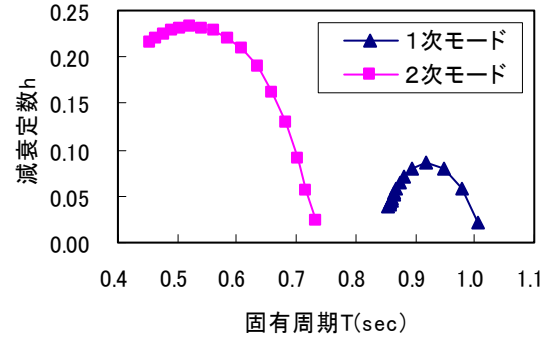


図-3 1次および2次モードの固有周期  $T_s$  と減衰定数  $h_s$  の関係

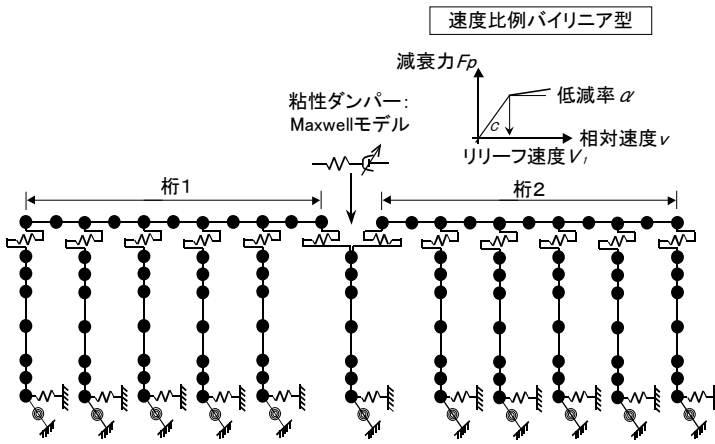


図-5 平面骨組モデル

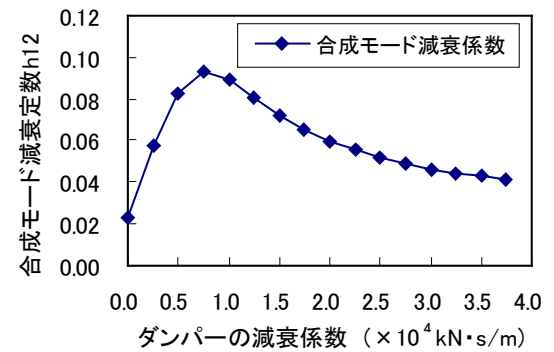


図-4 合成振動モード減衰定数  $h_{12}$

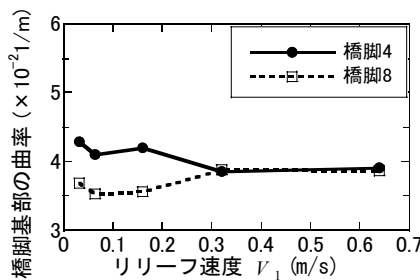
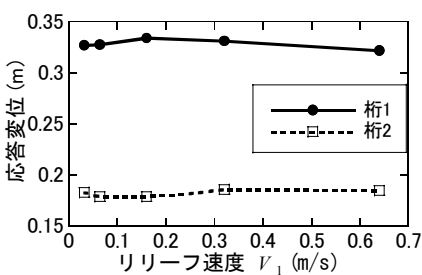


図-6 リリーフ速度  $V_1$  の影響

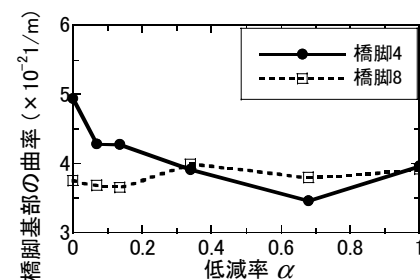
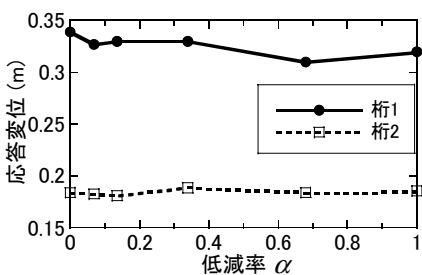
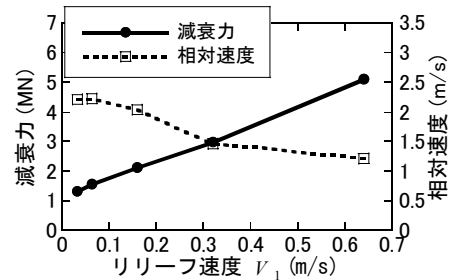


図-7 減衰係数  $C$  の低減率  $\alpha$  の影響

