

I-269

バリアブルスティッフネスによる橋の地震応答制御

建設省土木研究所 正 員 〇川島 一彦
 正 員 運上 茂樹
 建設省横浜国道工事事務所 正 員 飯田 寛之
 建設省土木研究所 正 員 向 秀毅

1. まえがき

本文では、構造物の卓越周期を変化させるバリアブルスティッフネスの地震応答制御効果について解析的に検討した結果を報告する。

2. バリアブルスティッフネスの原理

バリアブルスティッフネス(以下、VSと呼ぶ)は、ダンパーの減衰特性を橋の応答に応じて変化させるバリアブルダンパーを用いて、橋の卓越周期を地震動との共振を避けるように変化させて地震時の応答を低減しようというものである。VSに与える減衰特性は、図-1のフローに示すように与えるものとする。すなわち、減衰係数と橋の卓越周期の関係を事前に求めておき、ある時刻の地震動の卓越周期に対応した橋の卓越周期に調整するようにVSを制御するものである。橋の卓越周期の変化方法には種々のものが考えられるが、ここでは次式のように変化させることとした。

$$T = \alpha T^* \quad (1)$$

ここで、 T はVSにより調整する橋の卓越周期、 T^* は地震動の卓越周期で、ある時刻 t における地震動のフーリエスペクトルから求める。 α は、橋の卓越周期を地震動の卓越周期からどの程度離すかを与える係数(ここでは、卓越周期調整係数と呼ぶ)である。なお、 T は、非減衰の場合の卓越周期 T_0 よりも短くすることはできないため、 $T < T_0$ の場合にVSに与える減衰係数 C は0とした。また、臨界減衰を越えると T は無限大となり、物理的な卓越周期は存在しなくなるため、この時の減衰係数 C_0 を最大の値とした。したがって、VSの減衰係数の可変範囲は、 $0 \leq C \leq C_0$ となる。

3. 解析対象橋及び解析ケース

VSの制震効果を、図-2に示す橋長90mの3径間連続桁橋の橋軸方向振動を対象として解析した。桁は、4つの支点で弾性支承により支持し、弾性支承のばね係数は1次固有周期が1秒になるように設定した。なお、支承条件を固定とした場合の1次固有周期は0.5秒である。VSは、同一の特性を有するものを橋脚天端位置に設置することとした。橋固有の減衰定数としては0.02を与えた。

入力地震動としては、道路橋示方書V耐震設計編に示される鉄筋コンクリート橋脚の地震時保有水平耐力の照査に用いる設計水平震度に相当する加速度応答スペクトル(Ⅲ種地盤)に昭和58年日本海中部地震により津軽大橋周辺地盤上で得られた強震記録を周波数領域でスペクトルフィッティングさせた動的解析用の標準波形を用いた。最大加速度は443cm/sec²である。

解析ケースは2ケースとし、ケース1はVSにより制御しない場合、ケース2は地震動の卓越周期調整係数 α を1.2とした場合である。

4. バリアブルスティッフネスによる地震応答の低減効果

図-3は、VSに与える減衰係数と橋の卓越周期の関係を示したものである。橋の振動には、桁のみが水平に振動する1次振動が卓越し、VSの減衰係数を大きくするとこの卓越周期は長くなる。本橋の場合には、減衰係数が400tf・s/mを越えると卓越周期が大きく変化し、減衰係数が約430tf・s/mで臨界減衰に達する。図-4は、入力地震動とその卓越振動数、橋の卓越周期を示したものである。入力地震動の卓越振動数は、0.2~1.0Hzの間にあり、これに応じて橋の卓越周期が変化する。

表-1は、上記2ケースの場合の橋及びVSの最大応答値を比較したものである。VSを取り付けることにより、制御しない場合に比較して桁の最大変位は21%に、最大加速度は47%に、橋脚基部の最大断面力は50%に低減することができる。この時にVSに生じる最大減衰力は74.3tf×4=297.2tf、最大ストロークは4.6cmとなる。

5. 結論

本検討結果をまとめると以下ようになる。

- ① VSを用いることにより、非制御の場合に比較して、桁の最大変位は21%に、最大加速度は47%に、橋脚基部の最大断面力は50%に低減することができる。
- ② 本解析では卓越周期調整係数 α を任意に設定したが、橋の構造特性に応じて最適な係数がある。また、式(1)による卓越周期の設定方法には種々の方法が考えられ、これらについては今後検討していきたい。

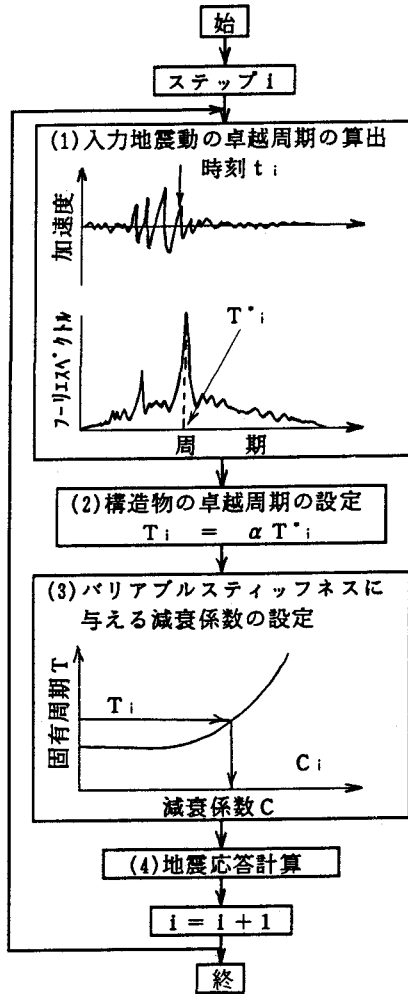


図-1 バリアブルスティフネスの制御方法

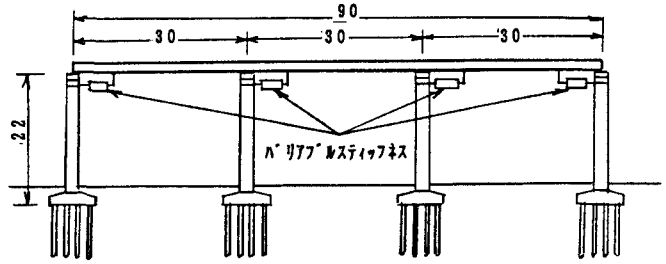


図-2 解析対象橋

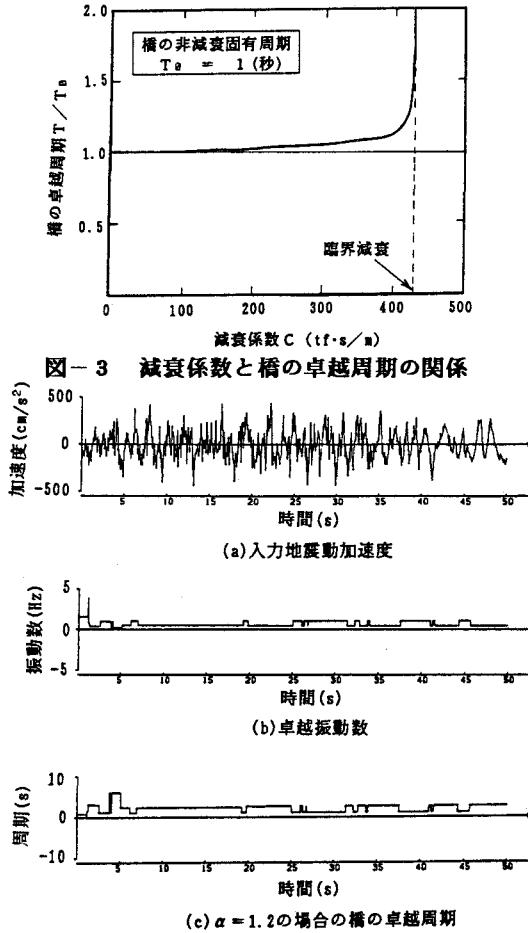


図-3 減衰係数と橋の卓越周期の関係

図-4 入力地震動と橋の卓越周期

表-1 最大応答値の比較

解析ケース	桁		橋脚基部の断面力		H リアブ スティフネス	
	変位 (cm)	加速度 (cm/s^2)	せん断力 (tf)	曲げモーメント (tf·m)	減衰力 (tf)	ストローク (cm)
ケース1 非制御の場合	33.1	1,301	166	3,288	—	—
ケース2 制御した場合 ($\alpha = 1.2$)	6.8	617	83	1,616	74.3	4.6
ケース2 / ケース1	0.21	0.47	0.5	0.49	—	—