

京都大学工学部 正員 家村 浩和 京都大学工学部 正員 五十嵐 晃
阪神高速道路公団工務部 正員 堀江 佳平 神戸市役所 正員 〇前田 英輝

1.はじめに

本研究では、1質点系にモデル化した桁橋梁に可変剛性型(Active Variable Stiffness:AVS)制震システムを設置した場合の地震動に対する応答低減効果を2種類の制御則について検討した。

2.可変剛性型制震システム

可変剛性型制震システムとは、入力地震動の周波数特性に応じて構造物の剛性を変化させ、構造物の応答特性を変化させることにより非共振化を図り、構造物の入力エネルギーそのものを減らそうとするものである。Fig.1に可変剛性型支承(Active Variable Stiffness Bearing:AVSB)を示した。本研究では、2つの制御則AVS1,AVS2に基づいて剛性の切り換えを行うものとする。(Fig.2)

・AVS1：最適剛性選択型

用意する剛性タイプは7種類とする($k_1 > k_2 > k_3 > k_4 > k_5 > k_6 > k_7$)。地震が発生し地震加速度が記録されると、この地震動に対する各剛性タイプの地震応答解析を行う。この各剛性タイプの応答量を評価関数により評価し制御時間間隔(本研究では0.02秒)ごとに最適剛性タイプを算出する。そして上部構造物と橋脚上部の相対変位が0の時に最適剛性に切り換える。

・AVS2：エネルギー解放型

用意する剛性タイプは2種類とする($k_1 > k_7$)。この制御則においては、以下のように剛性を選択するものとする。

- ・変位の絶対値が増加する時は高剛性 k_1 を選択する。
- ・変位の絶対値が減少する時は低剛性 k_7 を選択する。

3.1質点系における可変剛性システムによる制震

Fig.3に可変剛性型制震システムを適用した解析モデルの概念図を示した。同図のように橋の桁部を剛体とし橋脚は全て同じ挙動をするものと仮定し1質点系に近似する。上部構造物を2つの支点で弾性支承により支持する。AVSにより構造物の剛性を変化させることで、構造物全体の固有周期を0.6秒から2.0秒まで変化させることを可能にした。制御則AVS1ではタイプ1からタイプ7までの7種類、制御則AVS2ではタイプ1とタイプ7の2種類とする。無制御時のモデルの固有周期は2秒である(剛性タイプは k_7)。減衰定数 δ 5%とする。入力地震波には、Fig.4のような八戸記録波(NS)を採用し、橋軸方向に入力した。最大入力加速度は235galである。無制御時と比較して2つの制御則AVS1,AVS2による応答低

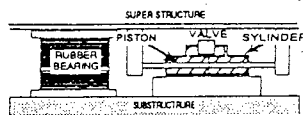


Fig.1 Active Variable Stiffness Bearing

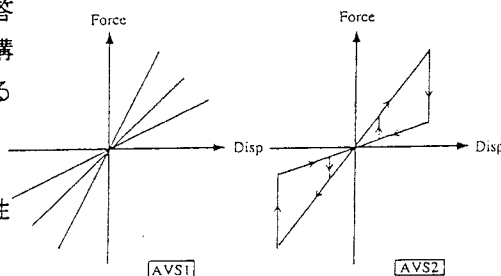


Fig.2 Modelling of Force-Displacement Relation

Table1 Period of Analytical Model

TYPE	PERIOD(sec)	AVS1	AVS2
1	0.6	○	○
2	0.9	○	×
3	1.1	○	×
4	1.3	○	×
5	1.5	○	×
6	1.7	○	×
7	2.0	○	○

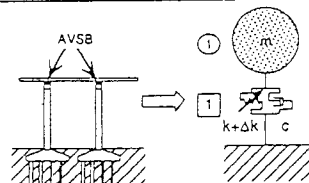


Fig.3 Analytical Model with AVS

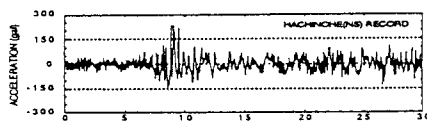


Fig.4 Time History of Input Earthquake

減効果を検討する。

4. 解析結果と考察

制御則AVS1による変位・復元力曲線をFig.5、変位・速度・加速度・入力エネルギーの時刻歴曲線をFig.6からFig.9に示した。制御則AVS2による変位・復元力曲線をFig.10、変位・速度・加速度・入力エネルギーの時刻歴曲線をFig.11からFig.14に示した。AVS1においては、変位応答、総エネルギー入力とも無制御時の50%まで低減した。AVS2においては、変位応答の低減が著しく無制御時の20%まで低減した。このことは、変位の絶対値が増加する時に最も剛な剛性である k_1 を選択するように規定しているの、最も柔な剛性である k_7 の無制御時と比較して変位応答は必然的に低下することに起因する。総エネルギー入力は無制御時の60%でありAVS1より低減効果は劣るが、絶対速度が0の瞬間に剛性の切り換えを行い履歴ループに膨らみを持たせることにより、構造物に蓄積されたひずみエネルギーを外部に消散することが可能となる。また、絶対加速度波形については、剛性切り換えが行われる瞬間に急激な増幅が見られるが、切り換えの機会が圧倒的に多いAVS2のほうが増幅の値も大きく、小刻みで瞬間的な増幅が起こりやすい。

5. まとめ

- 1) 1質点系モデルを用いて、2つの制御則AVS1, AVS2による制震効果を検討したところ、AVS1においては、変位応答、総エネルギー入力とも無制御時の50%、AVS2においては、変位応答が無制御時の20%、総エネルギー入力は無制御時の60%にそれぞれ低減した。
- 2) 絶対加速度波形における剛性切り換えが行われる瞬間での増幅は、切り換えの機会が圧倒的に多いAVS2のほうが増幅の値も大きく、小刻みで瞬間的な増幅が起こりやすい。
- 3) 剛性切り換えを行い非共振化を図るという観点から考えると、剛性の種類の多い制御則AVS1の方がエネルギー入力の低減効果に優れている。しかし、制御則AVS2には入力エネルギーを吸収し、外部に消散するという利点がある。

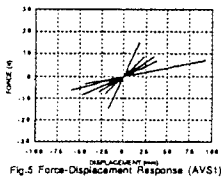


Fig.5 Force-Displacement Response (AVS1)

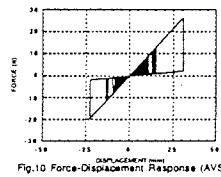


Fig.10 Force-Displacement Response (AVS2)

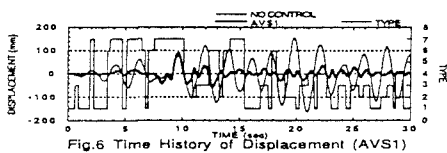


Fig.6 Time History of Displacement (AVS1)

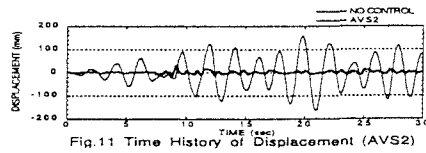


Fig.11 Time History of Displacement (AVS2)

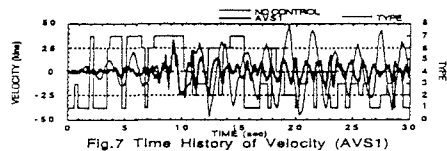


Fig.7 Time History of Velocity (AVS1)

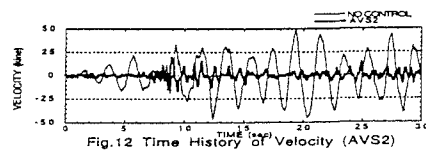


Fig.12 Time History of Velocity (AVS2)

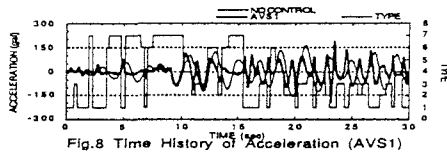


Fig.8 Time History of Acceleration (AVS1)

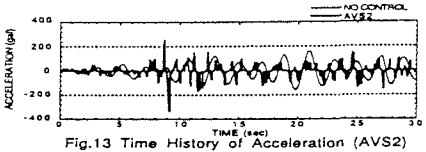


Fig.13 Time History of Acceleration (AVS2)

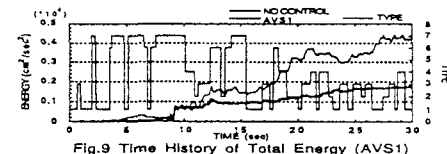


Fig.9 Time History of Total Energy (AVS1)

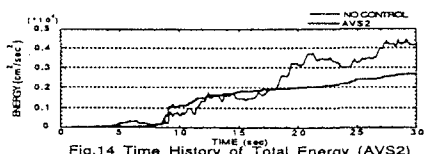


Fig.14 Time History of Total Energy (AVS2)