

京都大学 正 員 家村 浩和  
 大成建設 正 員 〇渡辺 典男  
 阪神高速道路公団 正 員 南荘 淳

1.はじめに

本論文では、桁橋梁に、可変剛性型(Active Variable Stiffness : AVS)制震システムを適用した。AVSの基本的性質を検討するために、1質点系モデルを用いて地震動に対する数値シミュレーションを行った。

2. 可変剛性型制震システム

AVS制振システムとは、時々刻々変化する地震動の周波数特性に応じて、構造物の剛性を変えることにより構造物自体の振動特性を変化させるものである。これにより、構造物に対する共振を避けることができ、構造物への入力エネルギーそのものを低減することが可能となる。Fig. 1 に、本システムの装置である可変剛性型支承(Active Variable Stiffness Bearing : AVSB)を示した。設置場所として、橋脚頂部を考えている。同装置は、上部構造物の鉛直荷重を支持する支承部とせん断剛性を変化させる可変剛性装置から構成される。可変剛性装置の基本的構造は、油封式装置である。ピストンで分けられた2つの部屋にバイパスを通し、そのバイパスの途中にバルブを設ける。バルブの開閉により桁部と橋脚との接続状態をロックまたはアンロック状態として、2種類の剛性タイプを実現する装置である。

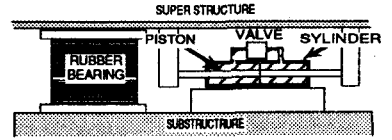


Fig.1 Active Variable Stiffness Bearing (AVSB)

本システムの制御フローをFig.2に示した。まず、地震加速度計が地震波を計測すると、コンピュータの中で各剛性タイプの構造物に対する応答計算を行ない、その応答量から、最適な剛性タイプを評価する。応答量として、変位、速度、加速度及び総エネルギー量に注目した。そして、上部構造物と橋脚との相対変位がゼロのときに、AVSBの剛性タイプが変化する。

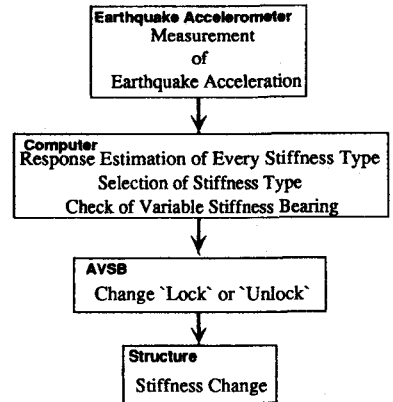


Fig.2 Feedforward Control Scheme

3.可変剛性支承を有する桁構造

Fig. 3 に AVS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、1質点系モデルに近似した。このとき、固有周期が2秒になるようにバネ定数を設定した。そして、剛性の異なる6基のAVSBを設置することにより、7種類の周期を実現できるようにした。このときの各剛性タイプと橋梁の固有周期との関係をTable 1 に示した。すなわち、今回のモデルは、構造物の固有周期を0.6秒から2.0秒の間に7種類選択することができる。なお、減衰定数は、 $h=0.05$ とした。入力地震波形には、八戸波形(NS)を採用した。最大入力加速度は、235galである。

本論文では、橋軸方向振動を対象として解析を行った。解析ケースは、AVSを制御しない場合と総入力エネルギーを最小になるように剛性を変化させる場合の2ケースである。

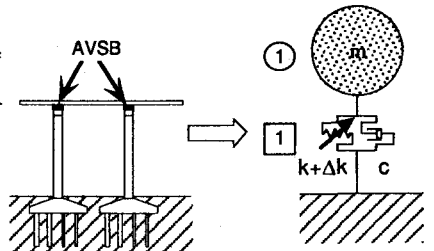


Fig.3 Analytical Model with AVS

#### 4.解析結果と考察

無制御時(固有周期2.0秒の1質点系モデル)の応答と比較し、本システムの応答低減効果について検討した。解析結果をFig.4からFig.8に示した。Fig.4は、AVSBの変位-復元力特性であり、Fig.5は、各時刻において選択された剛性タイプである。また、Fig.6からFig.8は、それぞれ変位応答、加速度応答及び総入力エネルギーの時刻歴曲線であり、制御時の結果(太線)及び周期2秒の無制御時の応答波形(細線)を同時にプロットした。Fig.6の変位応答波形によると、ほとんどの時刻において、その振幅が周期2秒の無制御時の50%以下に低減している。また、無制御時の振幅が最大となる時刻(20秒付近)において、応答が最もよく抑えられていることがわかる。次に、加速度波形(Fig.7)は、AVSの剛性タイプが柔タイプから剛タイプへ変化する際に、応答の急激な増幅が見られた。しかし、最大値は、2秒の無制御の場合よりも若干低下している。Fig.8によると総入力エネルギー量は、時刻9秒付近で急激に増加した後ほとんど増加せず、最終的に総入力エネルギー量は無制御時の約20%であった。

Table2は、制御時と無制御時の最大応答値及び総入力エネルギー量を比較したものである。最大応答値として、変位、加速度及びせん断力に注目した。同表によると加速度及びせん断力については、周期2秒の無制御時と比べ、若干の低下が見られるもののほとんど変わらない。これに対し、変位及び総入力エネルギーについては、それぞれ50%及び20%に低減している。

#### 5.まとめ

桁橋梁にAVS制震システムを適用することにより、周期2秒の無制御時と比べ、最大応答変位は50%に、総入力エネルギーは約20%に低減できることが判明した。

[参考文献]小堀 鐸二：制震構造—理論と実際—、鹿島出版会、1993年9月

Table 2 Max Responses of AVS and NO CONTROL

MAXIMUM RESPONSES	NO CONTROL	AVS
DISPLACEMENT (mm)	163.3	154.7(0.95)
ACCELERATION (gal)	164.8	81.9(0.50)
SHEAR FORCE (tonf)	12.7	12.1(0.95)
TOTAL ENERGY (cm <sup>2</sup> /sec <sup>2</sup> )	4.19	0.91(0.22)

( ) 内は、AVS制御時を無制御時で除したもの

Table 1 Period for Stiffness Type

STIFFNESS TYPE	PERIOD (sec)
TYPE 1	0.6
TYPE 2	0.9
TYPE 3	1.1
TYPE 4	1.3
TYPE 5	1.5
TYPE 6	1.7
TYPE 7	2.0

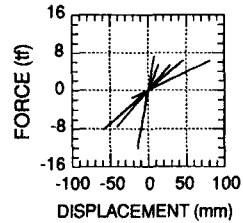


Fig.4 Hysteretic Behavior

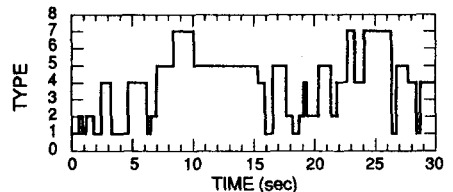


Fig.5 Time History of Stiffness Type

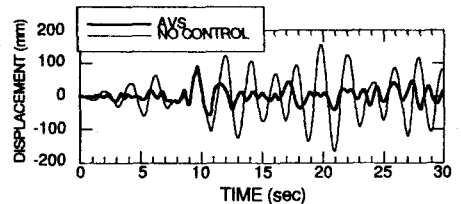


Fig.6 Time History of Displacement

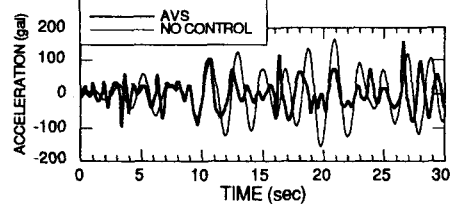


Fig.7 Time History of Acceleration

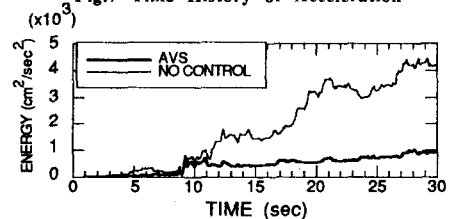


Fig.8 Time History of Total Energy