

神戸市 正員○前田 英輝 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 正員 堀江 佳平

1.はじめに

本研究では、2質点系にモデル化した並列桁橋梁に可変剛性型(Active Variable Stiffness:AVS)制震システムを設置し、さらに質点間をジョイントダンパー(Joint Damper:JD)で連結した2質点系ハイブリッド型制震システムについて、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。

3.2質点系における可変剛性システムによる制震

Fig.3に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各々1質点系からなる並列桁構造モデルを設定する。上部構造物を2つの支点で弾性支承により支持する。NODE#1にAVSを設置し、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)。減衰定数は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による応答低減効果を検討する。

4.解析結果と考察

ジョイントダンパーの減衰は $b=0.20$ として、剛性 K をNODE#2の K_1 (一定)を基準にして $K/K_1=0,1,10$ の3種類として、地震応答解析を行った。その結果、 $K/K_1=0$ の時は、AVS2においてほとんど低減されない。 $K/K_1=10$ の時は、加速度応答において剛性切り換えの際に急激な増幅

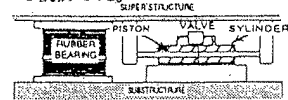


Fig.1 Active Variable Stiffness Bearing

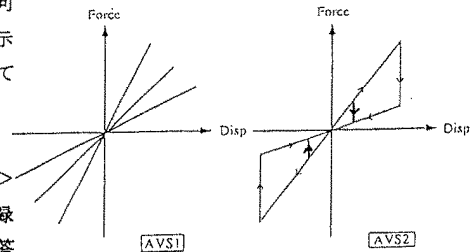


Fig.2 Modelling of Force-Displacement Relation

Table1 Natural Periods 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	○	○

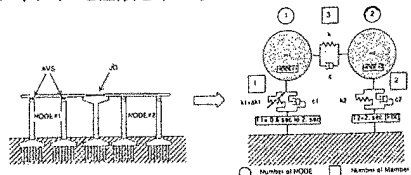


Fig.3 Analytical Model with AVS

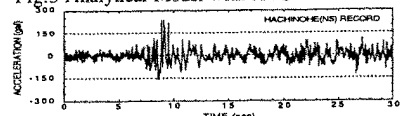


Fig.4 Time History of Input Earthquake

が起り易い。 $K/K_1=1$ の時にAVS1,AVS2とも安定した低減効果を示した(Fig.5~Fig.12)。AVS1においては、変位応答,総エネルギー入力についてNODE#1,NODE#2とも無制御時の50%まで低減した。AVS2においては、変位応答がNODE#1では無制御時の20%、NODE#2では無制御時の40%、総エネルギー入力がNODE#1では無制御時の50%、NODE#2では無制御時の30%にそれぞれ低減した。NODE#1での変位応答の低減が著しいのは、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。AVS2においては、相対速度が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りやすい。なお、最大復元力については、無制御時の約12tonfと比較すると、AVS1のNODE#1では約12tonf、NODE#2では約6tonf、AVS2のNODE#1では約18tonf、NODE#2では約5tonfとなり、剛性を切り換えるNODE#1に負担がかかることとなる。

5.まとめ

可変剛性システム及びジョイントダンパーを併用した2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、連結部材の剛性を橋脚の剛性と等しくした時にAVS1,AVS2とも安定した低減効果を示した。変位応答,総エネルギー入力についてAVS1,AVS2とも系全体として無制御時と比較して50%以上低減した。

