

I-B 32

可変剛性型制震システムを用いたP C斜張橋の施工時制震実験

(株)大林組技術研究所 正会員 ○樋口俊一

後藤洋三

建設省土木研究所

正会員

大塚久哲

運上茂樹 長屋和宏

まえがき フローティングタイプの斜張橋は、施工時には架設機材の運用や施工性、あるいは耐風安定性などを考慮して、主塔橋脚上に仮支承を設けて主桁を橋脚に固定することが多いが、これは地震時の橋脚断面力を著しく増大させる可能性がある。そこで筆者ら¹⁾は、施工時の耐震性向上のため主桁に作用する地震力を低減させる可変剛性型制震方式²⁾について、その有効性を数値解析により検討し、この制震方式が地震時の断面力を大きく低減できることを示した。本編はそれに引き続き実施した模型実験と、実験用に試作した可変剛性型制震システムについて述べるものである。

可変剛性型制震システム 可変剛性型制震システムは、地震動の性質に応じて構造物の剛性を時々刻々変化させて共振を避け、構造物に入力する地震動エネルギーを小さくする制震方法である。本システムは入力地震動を計測する計測部、その性質を分析し最適な剛性を判断する計測・制御ソフトウェア部、実際に剛性を与える制御ハードウェア部から構成される。可変剛性装置は主桁と主塔間に設置し、その剛性を制御することで構造系の動特性を変化させる。

ハードウェアとソフトウェア 図2に、実験で用いた可変剛性装置の概要を示す。この装置はコイルスプリングと可変ダンパーより構成されている。コイルスプリングは、主桁の橋軸方向に適当な剛性を与えるものである。可変ダンパーは制御電圧により減衰性能をコントロールする装置であるが、本実験で使用したダンパーはピストンの動きを止めるような制御ができるため、上述の可変剛性装置では可変ダンパーのピストンを可動状態あるいはロック状態にすることで剛性のコントロールを行なう。このようなメカニズムのため、この可変剛性装置では選択可能な剛性は2段階に限定される。入力地震動は振動台に設置した加速度計により計測し、その計測信号をP C上で動作する計測・制御ソフトウェアで処理し可変剛性装置を制御する(図1)。

図3は計測・制御ソフトウェアのアルゴリズムの概要である。図中には計測・制御データの処理過程をあわせて示した。このソフトウェアでは可変剛性装置の剛性選択を行うため、リアルタイムの構造物の応答をエネルギーで評価するような評価関数 $E_j(t)$ として図中の式を用いている。

実験概要 実験に用いたのは、空間縮尺1/56、時間縮尺1/10の斜張橋模型である。したがって、入力地震動も時間軸を1/10に縮小したものをを用いた。可変剛性型制震システムの制御入力パラメータとして、各制御段階の模型の動特性(卓越モードの固有振動数と減衰定数)を用いるため、これらを模型の共振実験により同定した。同定した入力パラメータを表1に示す。

実験結果 実験結果の1例として、道路橋示方書V耐震設計編に示されるI種地盤用の標準波を入力した場合について説明する。図4に実験より得られた、主塔及び橋脚の断面力の時刻歴を示す。主塔基部の曲げモーメントの波形には制震時には短周期成分が卓越するようになり、最大値は非制震時よりも小さいものの、大きなモーメントが生じる回数は多くなっている。一方橋脚基部の曲げモーメント波形は、制震システムの効果により長周期化し、振幅もおおよそ35%減少している。表2に各加速度応答の最大値を比較した。主桁橋軸方向加速度については値が小さくなっているが、その他については大きな違いは見られず、解析結果¹⁾とは異なる。これは、主桁のねじれ振動等の高周波振動が計測記録に混入しているからである。図5に可変剛性装置の制御電圧の時刻歴を示す。この加振ケースでは、加振中の可変剛性装置の剛性は常に「低剛性」に選択されていた。可変剛性制震システムの特徴は、時々刻々変化する入力地震動の性質に応じて構造物の剛性をコントロールすることであり、その特徴を十分に発揮させる実験を行うには、実験に用いた可変ダンパーの制御性を改善する必要がある。

なお本研究は、土木研究所、土木研究センター、ならびに民間19社の共同研究「高減衰材料を用いた長大橋の免震技術の開発」の一環として実施したものである。

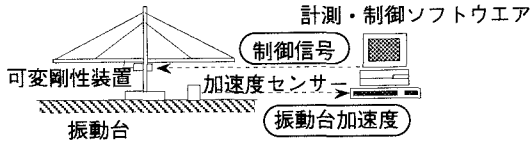


図1 可変剛性制震システムの構成図

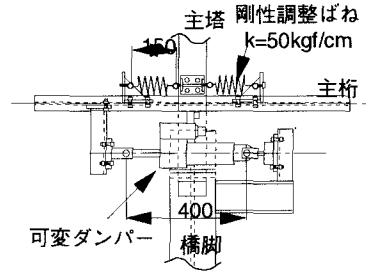


図2 可変剛性装置の概要

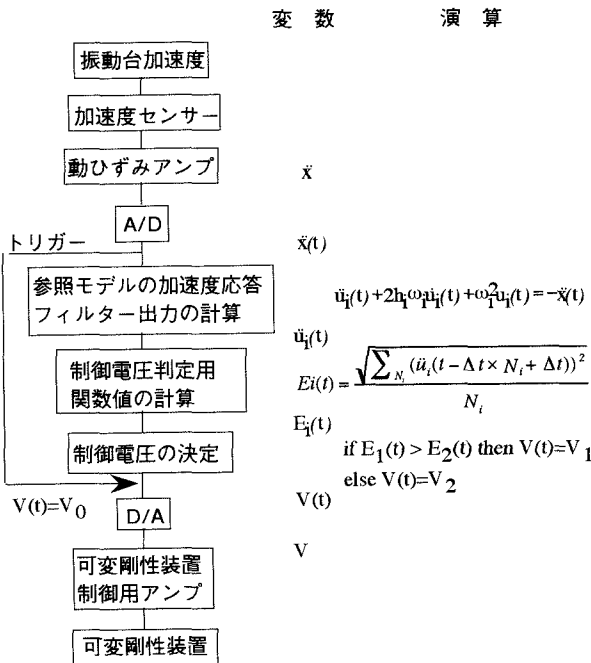


図3 計測・制御ソフトウェアのアルゴリズム

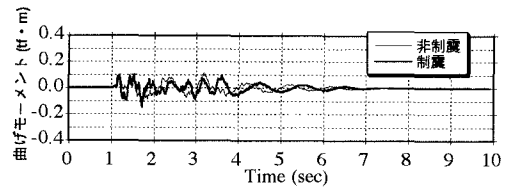


図4(a) 主塔基部曲げモーメントの時刻歴

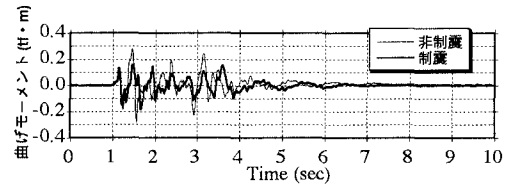


図4(b) 橋脚基部曲げモーメントの時刻歴

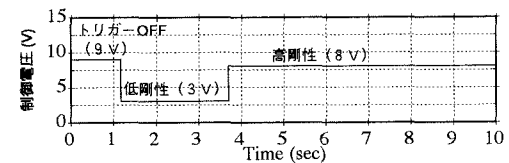


図5 可変剛性装置制御電圧の時刻歴

表1 可変剛性装置制御プログラムの入力パラメータ

	ω (rad/s)	h
低剛性	9.42	0.30
高剛性	56.55	0.02
固定時	62.20	70.02

表2 最大加速度応答値比較

応答値	非制震	制震
主桁端部X方向加速度 (gal)	227	192
主桁端部Y方向加速度 (gal)	276	295
主塔頂部X方向加速度 (gal)	449	458

参考文献

- 1) 樋口・後藤：P C斜張橋施工時の制震に対する可変剛性方式の適用性について，第50回土木学会年講概要集，1995.9。
- 2) 小堀鐸二：制震構造，鹿島出版会，1993.9