

免震支承を用いた多径間連続橋に対する ファジー制御を用いたアクティブ振動制御の適用に関する数値実験

○ 中央大学 学生員 鈴木 誠一
中央大学 正 員 川原 睦人

1. 序論

大地震発生に伴う落橋を防止するために、橋梁の多径間連続化は有効な手段の一つである。一方、橋脚の断面は、地震時の設計荷重条件によりほぼ決定されてしまう。図-1に示す従来の水平力集中固定方式では、水平地震力が固定橋脚に集中するため、固定橋脚の断面の増大が避けられない。地震荷重に対する上部構造の慣性力を複数の橋脚に分散するために、図-2に示す免震支承を用いた水平力分散固定方式について、近年盛んに研究がなされている(例えば文献[1])。しかし、如何なる大地震にも耐え得る下部構造物には、極めて強大な橋脚が必要となる。安全な耐震設計が要求されればされるほど、橋脚の断面が増大する。本報では、地震外力による振動を橋脚の断面力だけでなく、他の何らかの制御装置で受け持つアクティブ制御に関し、基礎的な研究を報告する。

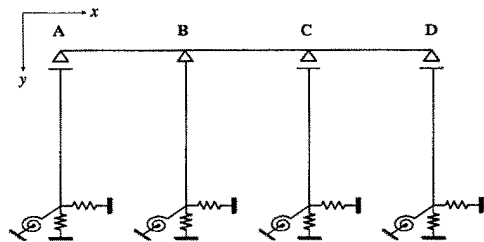


図-1 水平力集中固定方式

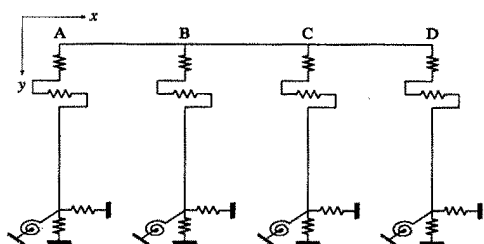


図-2 水平力分散固定（免震支承）方式

2. 目的

多径間連続橋に対し、上部構造の振動を制御するために必要な制御力を決定する。即ち、制御装置自体の議論は他に譲り、大地震時にどの程度の制御力を与えれば、振動制御が可能であるか否かを検討する。一方、地盤からの地震動を、上部構造に直接伝達させないために、下部構造と上部構造の連結に免震支承を用いる。免震支承は、少しでも制御力の大きさを小さくする働きがあると考えられる。以上の事を確認するために、数値実験例として、免震支承を用いる場合と用いない場合の、多径間連続橋の振動制御解析の比較検討を行う。

3. 数値解析手法

振動解析のための順解析には、ニューマークβ法を適用し、制御解析のための逆解析には、ファジー制御理論を導入する。ファジー制御理論[2]に従えば、振動制御に必要な制御力は、振動状況の観測と同時に実時間で求められる。制御解析では、上部構造物の速度と加速度を観測値として用いる。即ち、 x を応答変位、 u を制御力とすれば、

$$\dot{x}, \ddot{x} \rightarrow \Delta u$$

の様に、制御力の増分 Δu を毎時得ることが出来る。表-1に、解析に用いたファジー制御規則を示す。

表-1 ファジー制御規則

	$\ddot{x}$						
	PB	PM	PS	ZO	NS	NM	NB
PB	NB	NB	NB	NB	NM	NS	ZO
PM	NB	NM	NM	NM	NS	ZO	PS
PS	NB	NM	NS	NS	ZO	PS	PM
ZO	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
NS	NM	NS	ZO	PS	PS	PM	PB
NM	NS	ZO	PS	PM	PM	PM	PB
NB	ZO	PS	PM	PB	PB	PB	PB

4. 数値実験

地震外力として、1995年1月17日に発生

した兵庫県南部地震の際、神戸海洋気象台において南北（図-3）及び鉛直方向で観測された、気象庁87型電磁式強震計波形データを用いる。図-1、2の橋梁モデルの設計に際し、文献[3]の設計例を参考にする。

制御方向を、橋軸方向(x)及び鉛直方向(y)とする。制御力を与える点及び制御したい点を、上部構造の桁上の点A~Dと仮定する。図-1、2の水平力集中固定方式と水平力分散固定（免震支承）方式に対し、振動制御を行う。それぞれの制御・無制御結果として、点Bの応答変位を図-4、6に、また、それらの点に必要な制御力を図-5、7に示す。但し、ここでは橋軸方向のみの図を掲載する。

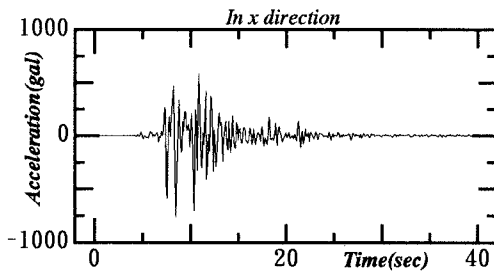


図-3 神戸海洋気象台電磁式強震計記録

5. 考察と結論

地震時における橋桁振動のアクティブ制御を目的とし、その事前研究として、振動制御にはどの程度の制御力が必要なのかを求めた。制御結果に示す何れの場合も、制御後の上部構造の時刻歴応答変位をほぼ完璧に零に出来た。制御力を少しでも小さくし、実際の適応に近付けるために、免震支承を用いた免震構造物に振動のアクティブ制御を行った結果、免震支承を用いない従来の方式と比べ、約50%程度の最大制御力の減少効果が得られた。地震動の時刻歴を観測しながら、即座に図-5、7のような制御力を与える事のできる制御装置が開発されれば、図-4、6の様に橋桁を全く振動させない制御が可能となる。将来、このようなアクティブ制御が実現すれば、地震時における上部構造物の慣性力を制御力で受け持つため、下部構造物である橋脚断面等は極めて小さくなり、より景観に優れた橋梁の建設が可能となるであろう。

ファジー制御による制御力は、地震時の振動観測と同時にリアルタイムで決定できる。これは、ファジー制御の利点である。この利点と本報の結果をもとに、実際に適応可能なアクティブ制御に関し検討を進める事が、今後の課題である。

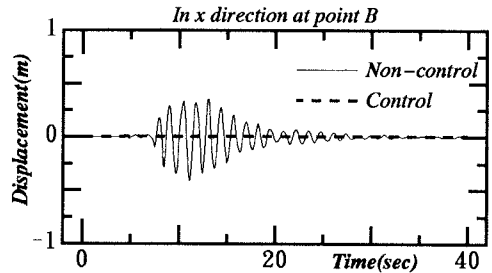


図-4 水平力集中固定方式の応答変位

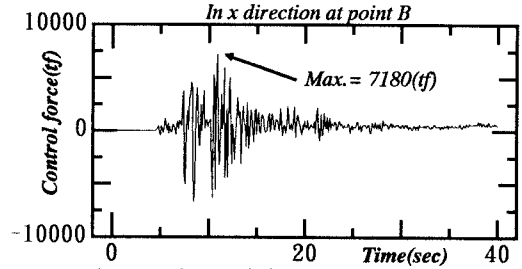


図-5 水平力集中固定方式の制御力

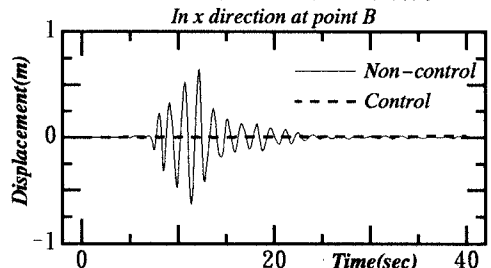


図-6 水平力分散（免震支承）方式の応答変位

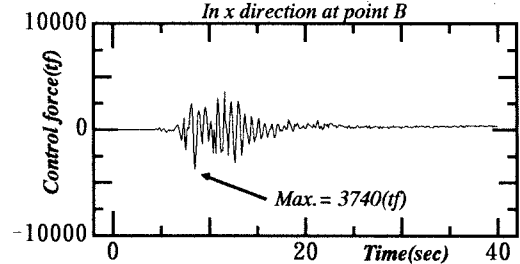


図-7 水平力分散（免震支承）方式の制御力

参考文献

- [1] 香川裕次、中村俊一、横山好幸、"ゴム支承を用いた多径間連続橋の計画"、橋梁と基礎(1991.6)
- [2] 菅野道夫、"ファジー制御"、日刊工業新聞社(1988)
- [3] (財)土木研究センター(建設省)、"道路橋の免震設計法マニュアル(案)"、pp.251-264(1994)