

I-258 高架橋の振動制御模型実験

首都高速道路公団工務部 正員 柄川伸一
 “ “ 秋元泰輔
 “ “ 久保田信雄

1. ま え が き

本実験は、高架橋上の交通振動によってひき起こされている、橋脚に近接した建屋の振動レベル（橋脚直交方向5Fで68dB）を低減させるために、高架橋構造物に振動制御装置を装着し、外部より電気・機械的な手段を用いてエネルギーを与え、構造物の振動減衰比を大きくし、建屋の振動軽減をはかるという振動制御装置の開発の一環として行なったものである。

2. 目 的

振動制御装置を装着しようとしている高架橋の $1/5$ 縮小模型を用いて振動制御実験も行ない、複数モードに対する振動低減効果の確認、制御ヶ所のうがいによる制御効果の比較も行ない、実機における駆動部の規模を決定する要因となる制御力の推定、および、建屋の振動低減率を推定することが目的である。

3. 振動制御の理論

自由度線形振動系に強制力、および制御力が作用した場合の運動方程式は次式で与えられる。

$$M\ddot{x}(t) + C\dot{x}(t) + Kx(t) = F(t) - U(t)$$

ここで、 M : 質量マトリックス C : 減衰マトリックス

K : 剛性マトリックス $F(t)$: 外力ベクトル

$U(t)$: 制御力ベクトル $x(t)$: 変位ベクトル

振動制御は、振動速度に比例した制御力を振動系に作用させ振動系の減衰比を大きくすることによって達成される。

4. 実験概要

4-1 模型の概要

模型は、高架橋の振動計測も行て得られた卓越振動数・振動モードを再現できるものとし、寸法比は $1/5$ とした。その全体図を図-1に示す。

4-2 載荷条件

①……ステップ荷重載荷

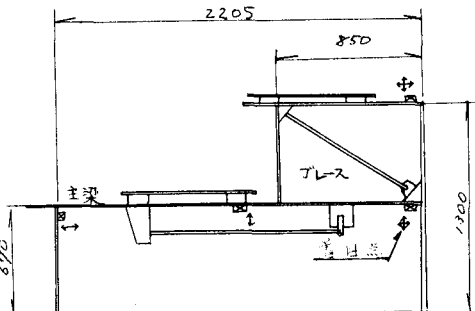
桁3の支間中央にステップ荷重を与え、制御ゲインをパラメータとした振動低減率の評価を行った。

②……正弦波荷重載荷

桁6の支間中央に加振(0.5Hz ~ 10Hz) (卓越振動数別の振動低減率の評価を行った。

③……走行荷重載荷

上下車線単独、上下車線同時、



橋脚断面図

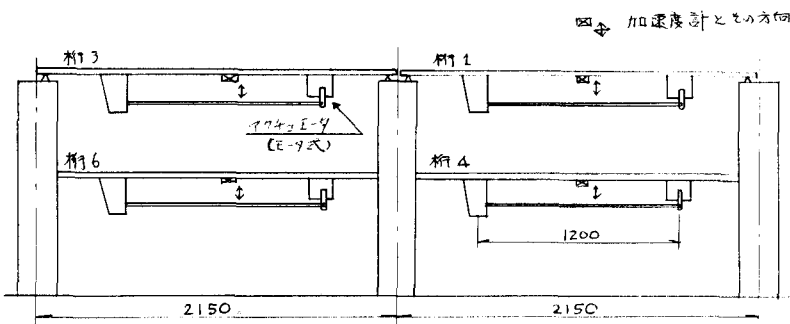
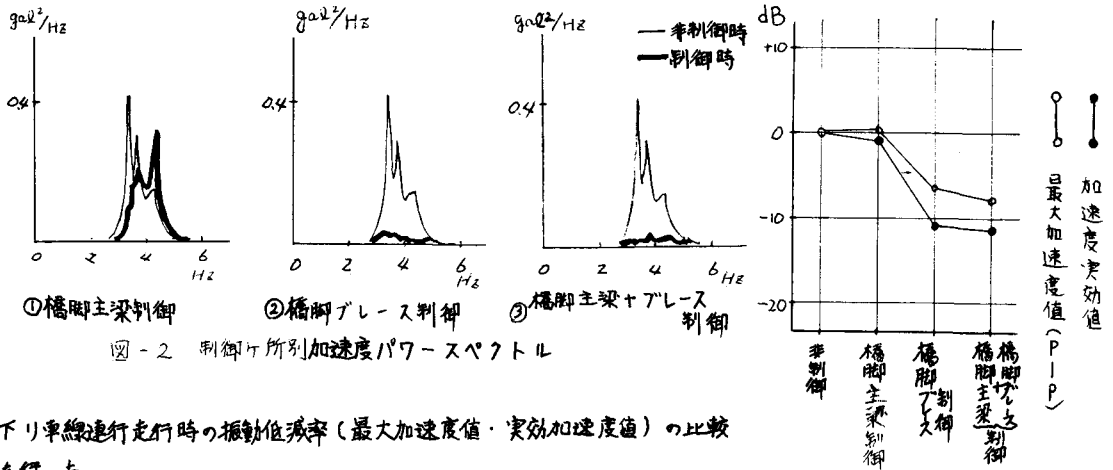


図-1 模型全体図

側面図



下り車線単独走行時の振動低減率（最大加速度値・実効加速度値）の比較を行った。

4-3 制御ヶ所

図-1に示すように、桁4ヶ所、橋脚主梁、橋脚グレースにアクチュエータを取り付け、制御ヶ所のちがひ（組合せ制御も含む）による振動低減効果の評価を行った。

4-4 結果

本研究の目的は、橋脚に近接している建屋の振動レベルを低減させることであり、現地計測の結果、建屋の振動と建屋に近接した橋脚の橋軸直角方向の振動とに高い相関関係が見られたので、本文では、模型の橋脚と下り横梁との結合部相当ヶ所に着目し、もっとも実際の走行状態に近く、建屋の振動レベルが大きくなると思われる下り車線単独走行時の振動低減率の評価となる、制御ヶ所別の制御時・非制御時の加速度パワースペクトルの比較を行った（図-2）。また、図-3に制御ヶ所別の振動低減効果をdB表示で表わしたものを示した。この図より、本橋脚においてはグレース制御が最も効果的であることがわかった。紙面の都合上、本文には示さないが、三種類の走行条件においても、最大加速度値と加速度実効値の比較においても、橋脚グレース部制御が有効であるという同様の結果が得られた。つぎに、模型実験におけるグレース制御で得られた最大制御力から実機に必要な制御力を推定すると約6 tonとなることがわかった。

5 考察

本実験は、文献及び既応の振動計測データを参考にした振動制御理論の検討の後の1自由度振動モデルによる模型実験、実際の高架橋の計測による振動性状の把握、および、振動制御シミュレーションにひきつづき行ったもので、先に述べたように1自由度の振動モデルについての制御効果を確認するためのものである。このような観点から、模型の固有値解析結果を実橋の計測結果とくらべると、実測での振動制御に関連する卓越モードと同じモードが生じる卓越振動数が共に2.4Hz～5.5Hzの範囲にあり、振動数の順序も同じであることから、本実験によ、て得られた結果は、実橋における振動制御効果を想定するうえで最も参考となるデータといえると思われる。しかし、実橋においては、地盤振動の伝達、局所的な変形等々不確定な問題もあり、振動低減の程度も明確にすることはできないが、振動レベルの低減に対して有効な方法であるといえると思う。

6. あとがき

現在、振動制御装置の製作、および、実橋への取付けを行っている段階である。また、本制御方式の他の高架橋構造物等の振動制御に対する汎用性の検討もあわせて行っていると考えている。

最後に、本研究の遂行に大変協力していただいた、三菱電機㈱ 鎌倉製作所の藤野氏他のかたがたに、謝意を表します。