

I - B 447

橋梁交通振動に対するアクティブ制御模型実験

大阪大学工学部 正会員 川谷充郎

大阪大学大学院

学生員 三輪宜弘

大阪大学大学院

学生員 三谷一貴

1. まえがき

近年、道路橋の交通振動制御が注目されるようになってきた。この交通振動は非定常不規則振動であり、アクティブ制御が有効であると考えられるが、筆者らは装置が小型化できることによりハイブリッド制御を行ってきた^{1),2)}。ハイブリッド制御では、TMDとしての機能が非定常な挙動に対して必ずしも有効に働かないとも考えられる。さらに、近年のACサーボモーターの性能向上による小型化ともあいまって、新たにアクティブ制振装置を試作する。模型車走行による強制振動実験を行い、中央走行時および偏心走行時の制振効果を比較し、さらに、ハイブリッド制御とアクティブ制御の制御力について評価する。

2. 振動制御装置概要

本装置の制振機構は変位制御サーボモーター式重錘直線駆動となっており、橋桁に加速度センサーを取付け、制振質量の変位を橋桁に追従させる位置サーボ系を構成する。さらに、高次の共振モードでの自励発振の対策のためフィルターを使用する。フィルターによる位相遅れを補正するため、速度の直角成分である変位成分を加算し、変位指令信号を $X_0(X_0 = k_d Z + k_v \dot{Z})$ としている。本アクティブ型制振装置の基本仕様をTable 1に掲げる。制振質量は、13.62kgまで12段階に可変であり、これまでのハイブリッド制振装置の場合と同じ3kg、設定最大値である13kgとする。

Table 1 Properties of active control system

Control mass (kg)	1.380~13.620
Displacement of control mass (mm)	±50(～2Hz), ±20(2～5Hz)

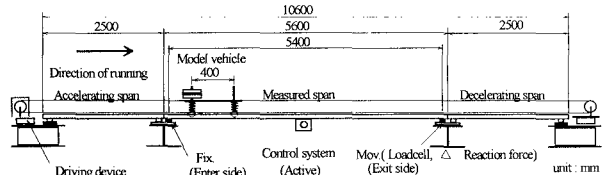


Fig.1 General view of experiment

3. 橋橋模型実験概要

3.1 桁 Fig.1のように単純支持桁を3径間設け、それぞれ加速径間、測定径間、減速径間とする。制振装置は支間中央の車両走行位置の下に設置する。模型桁の構造諸元をTable 2に掲げる。路面凹凸に関しては、阪神高速道路梅田入路橋における実測路面凹凸データを1/2の高さにし、それを相似させる。

3.2 車両

総重量 $w_v=28.4\text{kgf}$ で固有振動数を約3Hzとする。模型車の振動特性をTable 3に掲げる。走行速度は、2.80～4.56m/sの範囲で変化させる。これを、例えばスパン長40.4m、1次固有周期0.429secの桁橋に当てはめると67.8～109.8km/hになる。

3.3 測定項目

支間中央の桁加速度（制振装置内および橋軸直角方向右端）と桁変位（橋軸直角方向中央および右端）、車両退出側の支点反力（橋軸直角方向左端および右端）。

4. 制振効果

4.1 RMS（動的成分の偏差に関する2乗平均値） (1)中央走行、(2)偏心走行として、変位と支点反力のRMSをFig.2に示す。支点反力については、変位よりも制振効果の悪いことが分かる。このことは従来より言われていることである¹⁾。

Table 2 Structural properties of model girder

Span length	5.4m
Cross sectional area	74.67cm ²
Moment of inertia of area	115.39cm ⁴
Weight per unit length	58.62kgf/m
Weight of control system	11.25kgf
Weight of attachment parts	15.8kgf
Additional mass	126.4kgf
First bending frequency	2.572Hz
First torsional frequency	5.089Hz

Table 3 Structural properties of model vehicle

Total weight	28.4kgf
front axle	6.9kgf
rear axle	21.5kgf
Spring constant	
front axle	1.02kgf/cm
rear axle	3.65kgf/cm
Natural Frequency	3.10Hz
Logarithmic decrement	0.31

キーワード：橋梁交通振動制御、アクティブ制振装置、模型実験、動的支点反力、制御力

連絡先：〒565-0871 吹田市山田丘2-1, Phone 06-879-7598, Fax 06-879-7601

4.2 非制御時に対する制御時の応答の2乗平均値の比

(1)中央走行, (2)偏心走行として (a)制振質量 13kg, (b)同 3kg について制振効果を Fig. 3 に示す。Fig. 3 より中央走行, 偏心走行共に制振効果は制振質量が大きいほどよくなり, それは偏心走行の場合に顕著である。走行速度が 3.24m/s 付近で最も制振効果が大きくなる傾向がある。また, 走行速度 2.80m/s で制振効果が小さくなるが, 変動の 2 乗平均の絶対値が小さい場合である。中央走行時より偏心走行時のほうが制振効果が悪い。これは, 偏心走行時において, ねじり振動が表れることにより高周波数成分が含まれるためである。また, Fig. 4 にハイブリッド制御の場合の制振効果を示す。制振質量がほぼ同じ 3kg の Fig. 3(1)(b)の場合と比較して, アクティブ制御はハイブリッド制御よりも制振効果が高くなる。

4.3 ハイブリッド制御とアクティブ制御の制御力の評価

アクティブ制御およびハイブリッド制御に関して, 実験で測定された制振質量の実変位と桁加速度を用いて求めた制御力によりシミュレーション解析を行い, 動的応答が実験結果とほぼ合うことを確認した上で制御力の評価を行っている²⁾。その結果として, Fig. 5 よりアクティブ制御の制御力の方がハイブリッド制御のものよりも小さい傾向がある。桁変位に着目し, 制御による振幅の低減を制御力で割って制振効率として Fig. 6 に示す。これより, アクティブ制御の方が, 省エネルギーで高い制振効果のあることが分かる。

参考文献

- 1) 川谷充郎・山田靖則・下野正人・清木計成・森淳彦：桁橋の交通振動に対するハイブリッド制御の模型実験，構造工学論文集，Vol.41A，pp.683-690,1995.3.
- 2) 川谷充郎・三輪宜弘：偏心走行荷重による桁橋の動的応答に対するハイブリッド制御シミュレーション，平成9年度土木学会関西支部年次学術講演会 講演概要，I-102,1997.5.

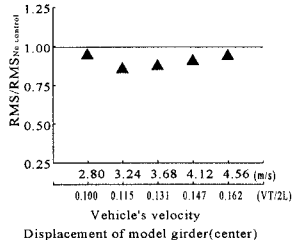


Fig.4 Hybrid control (control mass=3kg, center moving)

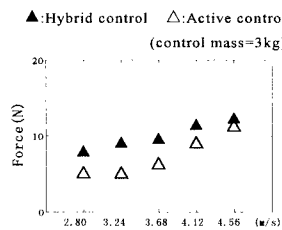


Fig.5 R.M.S. of control force (center moving)

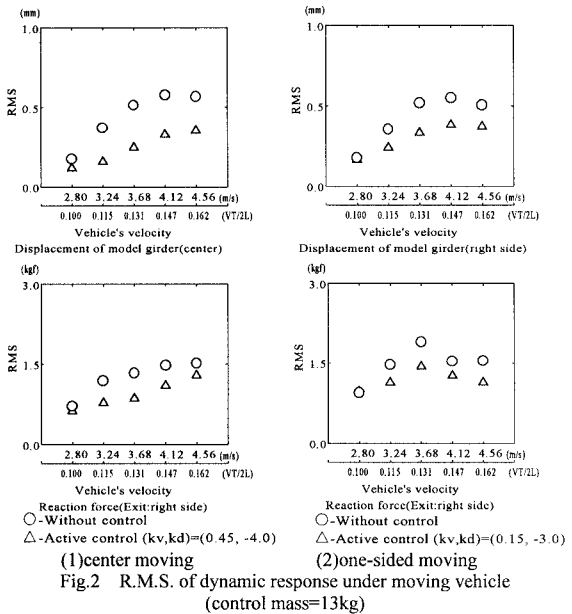


Fig.2 R.M.S. of dynamic response under moving vehicle (control mass=13kg)

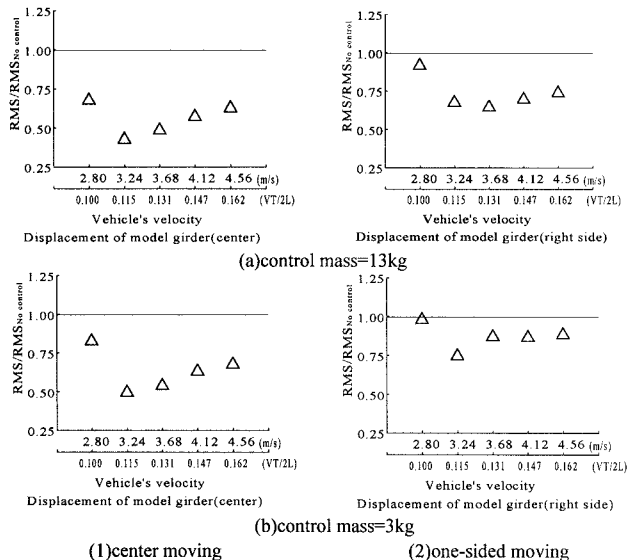


Fig.3 Ratio of r.m.s. under control to r.m.s. without control

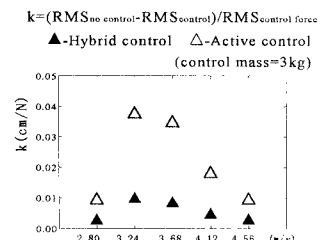


Fig.6 Effect of active control force and hybrid control force (center moving)