

I-B 26

偏心走行荷重による桁橋の交通振動に対するハイブリッド制御模型実験

日本鋼管(株) 正員 清木計成 大阪大学工学部 正員 川谷充郎
大阪大学大学院 学生員 三輪宜弘 高田機工(株) 正員 山田靖則

1. まえがき 近年における車両の大型化と交通量の増加は著しく、そのため道路橋の疲労損傷や振動使用性あるいは環境振動影響などが問題となり、その対策の一つとして交通振動制御が注目されるようになってきた¹⁾。筆者らは、制振効果の高いハイブリッド制振装置を開発し、曲げ振動のみを考慮した模型桁に対する実験を行ってきた²⁾。そのとき、桁加速度および桁変位だけでなく、環境振動影響に関わる物理量として支点反力の制振効果についても確認してきた³⁾。実橋では曲げとねじりの連成振動が起こるので、偏心走行が可能な模型桁を新たに製作し、ハイブリッド制御の制振効果を中央走行時と比較して確認する。

2. 振動制御装置の概要²⁾ 本制振装置は、制振質量を板ばねで支持する片持ち梁を基本系とし、その固有振動数は橋桁のそれにはば一致させ、パッシブな性質を持たせる。制御力を加えるACサーボモータと制振質量とは、プーリおよびタイミングベルトにより結合させる。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。橋桁の振動に対し常に制振質量の位相を90°遅れとすることにより、効果的な制振機構となる。本ハイブリッド型制振装置の基本仕様をTable 1に掲げる。

Table 1 Properties of hybrid control system

Control mass	3.066 (kgf)
Natural frequency	3.0~4.0(Hz)
Displacement of control mass	±35 (mm)

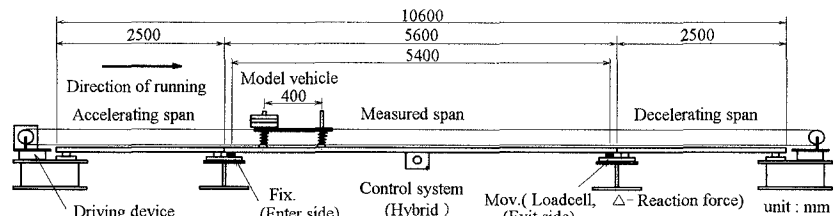


Fig.1 General view of experiment

3. 桁橋模型実験概要

3.1 桁 Fig. 1に示すような単純支持桁を3区間設け、それぞれ加速径間、測定径間、減速径間とした。測定径間の模型桁のみ2車線とし偏心走行を可能にした。制振装置は支間中央の車両走行位置の下に設置した (Fig. 2 参照)。支承部はヒンジ支承 (車両進入側) とローラー支承 (車両退出側) とし、振動を拘束しないようにピン脊の長さは2 cmとした。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、それを相似させた²⁾。

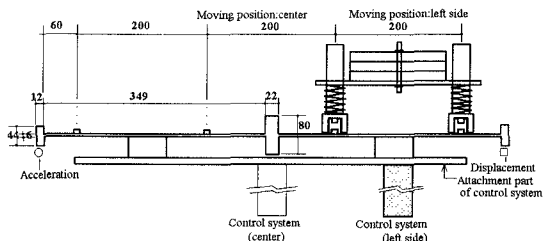


Fig.2 Cross sectional view of span center

Table 2 Structural properties of model girder

Span length	5.4 (m)
Cross sectional area	78.00 (cm ²)
Moment of inertia of area	112.28 (cm ⁴)
Weight per unit length	63.7 (kg/m)
Weight of control system	16.6 (kgf)
Weight of attachment parts	15.8 (kgf)
Additional mass	119.0 (kgf)
First bending frequency	2.7 (Hz)
First torsional frequency	5.2 (Hz)

3.2 車両 総重量 $w_v=23.4\text{kgf}$, 28.4kgf で固有振動数 $f_v=3\text{Hz}$ とした。模型車の振動特性をTable 3に掲げる。走行速度としては、速度 2.80~4.56m/sの範囲で5段階に変化させている。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。これらの速度において、測定径間上で定速走行となっている。

3.3 測定項目 支間中央の桁加速度 (車両走行反対側)、桁変位 (車両走行側) および車両退出側の支点反力 (車両走行側) である (Fig. 1, 2 参照)。

4. 実験結果 桁加速度のスペクトルを非制御時とハイブリッド制御時について車両重量 $w_v=23.4\text{kg}$ のときを

Table 3 Structural properties of model vehicle

Total weight (kgf)	23.4	28.4
front axle	6.9	6.9
rear axle	16.5	21.5
Spring constant (kgf/cm)		
front axle	0.99	1.02
rear axle	2.67	3.65
Natural frequency (Hz)	3.12	3.10
Logarithmic decrement	0.56	0.31

Fig. 3に示し、 $w_v=28.4\text{kgf}$ のときを Fig. 4に示す。また、桁変位および支点反力のスペクトルをそれぞれ Fig. 5, 6に示す。また、Fig. 7に桁加速度、桁変位および支点反力の非制御時に対する制御時の応答の2乗平均値の比を示す。

4.1 動的応答 Fig. 3, 4より車両走行時の桁の振動は、車両重量の増加と共に大きくなり、走行速度3.68m/s付近で最も大きくなる傾向にある。また、中央走行時は曲げ振動のみが起こり、偏心走行時は曲げとねじりの連成振動が起きていることが分かる。

4.2 制振効果 Fig. 7より、ハイブリッド制御は中央走行時および偏心走行時ともに制振効果があることが分かる。ただし、中央走行時の曲げ振動のみの場合よりも偏心走行時の曲げとねじりの連成振動により周波数成分の多くなった振動に対しては、制振効果が若干下がり、速度によるばらつきが大きくなること

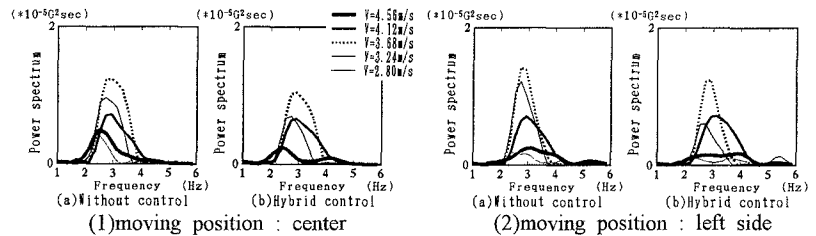


Fig. 3 Power spectra of acceleration of model girder ($w_v = 23.4\text{kgf}$)

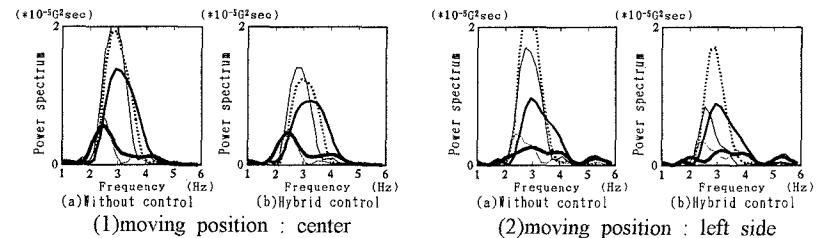


Fig. 4 Power spectra of acceleration of model girder ($w_v = 28.4\text{kgf}$)

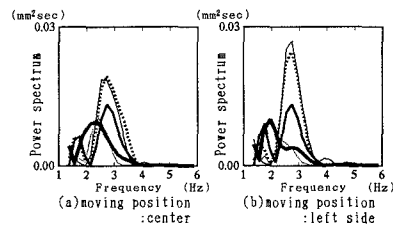


Fig. 5 Power spectra of displacement of model girder (Without control, $w_v = 23.4\text{kgf}$)

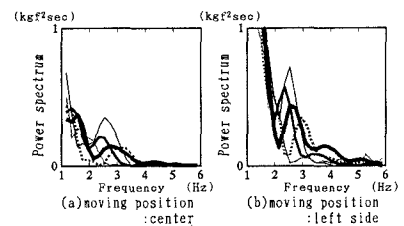
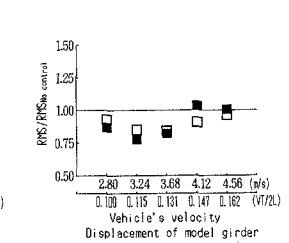
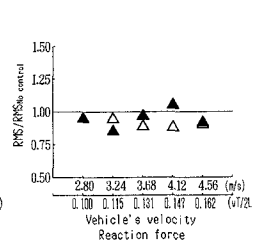
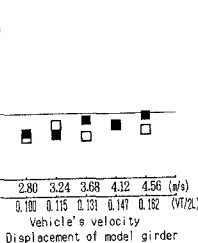
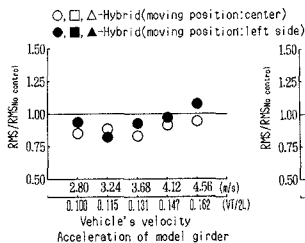


Fig. 6 Power spectra of reaction force of model girder (Without control, $w_v = 23.4\text{kgf}$)



(1) $w_v=23.4\text{kgf}$

(2) $w_v=28.4\text{kgf}$

Fig. 7 Ratio of R. M. S. under hybrid control to R. M. S. without control

参考文献

- 1) 土木学会構造工学委員会：交通荷重による橋梁振動に関する研究の現状と課題，1994. 4.
- 2) 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.
- 3) 比江島慎二・藤野陽三：桁端ダンパーによる橋梁の交通振動の軽減，土木学会論文集，No. 465/I-23, pp. 107-116, 1993. 4.