

大阪大学工学部 正 員 川谷充郎 大阪大学大学院 学生員○清木計成
大阪大学工学部 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の問題が引き起こされ、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ほぼ一致させ、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、プーリー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がTable 1に掲げる。

Diagram illustrating the hybrid vibration control system. The system consists of a model vehicle (400) mounted on a bridge structure. The driving device is connected to the vehicle via a timing belt and pulley system. The accelerating span is 2500. The distance from the driving device to the vehicle is 10600, and the distance from the vehicle to the right end is 5600. The total length of the beam is 5400. The control system (Hybrid) is connected to the vehicle.

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)

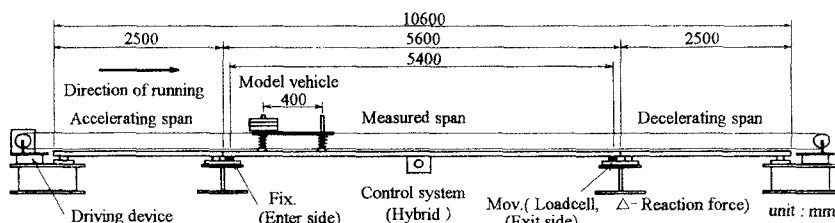


Fig.1 General view of experiment

3. 析橋模型實驗概要

3.1 析 Fig. 1 に示すような単純支持桁を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、ピン沓は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⁾。

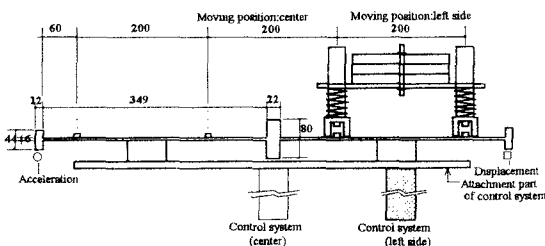


Fig.2 Cross sectional view of span center

3.2 車両 総重量 $w_t=23.4\text{kgf}$, 28.4kgf で固有振動数 $f_n=3\text{Hz}$ 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 $2.80\sim 4.56\text{m/s}$ 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 $67.8\sim 109.8\text{km/h}$ 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。

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 (kgf/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)

3.3 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）。

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

4. 実験結果 桁加加速度の2乗平均値応答をFig. 3に示し、桁加加速度、桁変位および支点反力のスペクトルをそれぞれFig. 4～6に示す。また、Fig. 7に桁加加速度、桁変位および

Mitsuo KAWATANI, Kazunari SEIKI, Yoshihiro MIWA and Yasunori YAMADA

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、また走行速度3.68m/s付近で最も大きくなる傾向にある。Fig. 4より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が、Fig. 3より中央走行時と比較して桁加速度の2乗平均値の大きさはほとんど変わらない。

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桁加速度、桁変位および支点反力において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か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が分かる。また、Fig. 4～6より偏心走行時において、ねじり振動の影響は桁加速度および支点反力に比べ桁変位では小さく表れている。次に、車両重量の違いに着目してみると、中央走行時はハイブリッド制御において、外力である車両重量が大きい場合でも安定した制振効果があるが、偏心走行時は車両重量が大きくなると制振効果の速度によるばらつきが大きくなる。

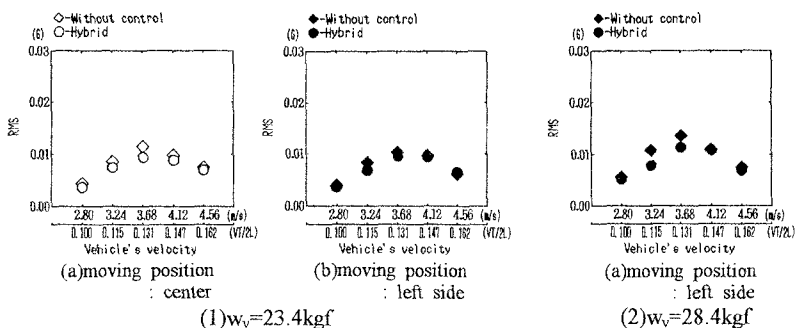


Fig. 3 R. M. S. of dynamic response under moving vehicle (Acceleration of model girder)

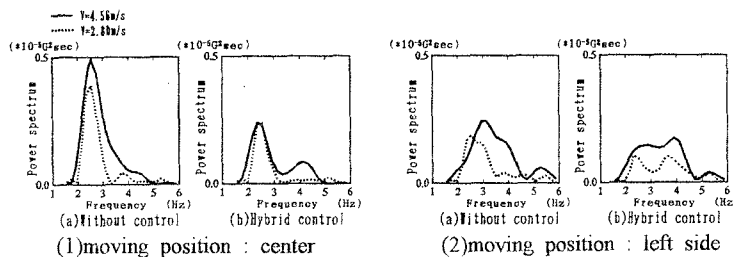


Fig. 4 Power spectrum of acceleration of model girder ($w_v = 23.4\text{kgf}$)

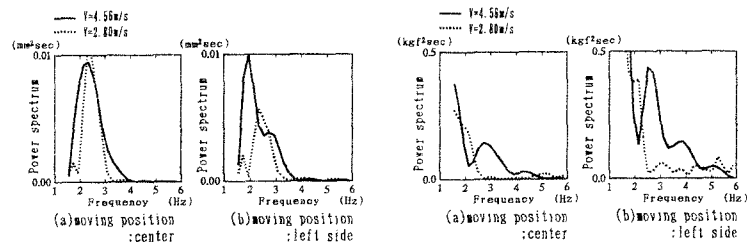


Fig. 5 Power spectrum of displacement of model girder (Without control, $w_v = 23.4\text{kgf}$)

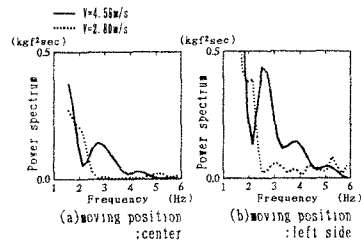


Fig. 6 Power spectrum of reaction force of model girder (Without control, $w_v = 23.4\text{kgf}$)

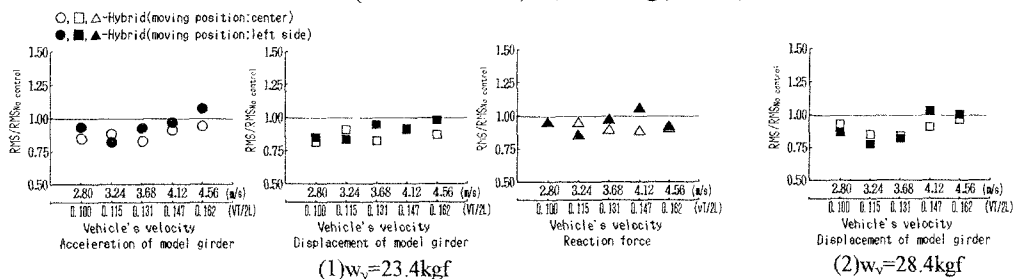


Fig. 7 Ratio of R. M. S. under control system to R. M. S. without control

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.