

1. まえがき 桁橋の交通振動は、多くの都市で毎日繰り返されている現象でありながら、その制振の実績は少ない^{1)~2)}。道路橋における試験車走行実験によれば、ダンプロックの走行速度が変わると、主桁動的応答の周波数の変化することが分かった³⁾。このような動的挙動の特性に着目して、筆者らは制振効果の高いハイブリッド方式を開発し、模型桁に対する実験を行ってきた^{4)~6)}。今回の実験では、路面凹凸を考慮し、車両の速度や振動数の違いによるハイブリッド方式の制振効果を確認した。

2. 振動制御装置の概要 (1) 桁橋制振装置 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た。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。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 (kg)
Natural frequency	3.0~4.0 (Hz)
Displacement of control mass	±35 (mm)

(2) 振動制御システムの構成 桁模型の中央部に本制振装置を取り付け、同一箇所に取り付けた加速度計からの出力 $\ddot{Z}$ より制振質量の変位指令信号 $X_0=A\ddot{Z}+B\dot{Z}+C\ddot{Z}$ (A, B, C は定数)を算出する。正弦波振動について考えると、制振質量の変位 X を桁の振動速度 $\dot{Z}$ に正比例させるためには、定数 B のみを最適値に設定し、定数 A と C は0でよいことになる。しかし、このような制御系では、本質的に高周波数領域ほど、自励共振に陥る傾向を常に持っており、その対策として加速度信号増幅器にローパスフィルターを加えた。これによる位相遅れを生じるので、定数 A あるいは C を調整して、 $\dot{Z}$ 信号に対する直角成分の信号を加算し、位相遅れを補正する。ここでは、定数 A のみを調整し、 C は常に0とした。

3. 桁橋模型実験 (1) 実験概要

Fig. 1に示すように、鋼板をH型に組み立てた単純支持桁を製作した。測定径間において自由振動実験および模型車走行による強制振動実験を行った。制振装置の重量16.21kgfを加えた模型桁の固有振動数 f_1 は3.0Hzとなった。模型桁の構造諸元をTable 2に掲げる。車両走行による強制振動実験では、インバータ制御ACモータによりタイミングベルトを介して模型車を前後進させる駆動装置を用いた。測定径間の前後に加速径間および減速径間を設けて、測定径間では模型車ができる限り定速走行できるようにした。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1/4の高さにし、それを相似させた。

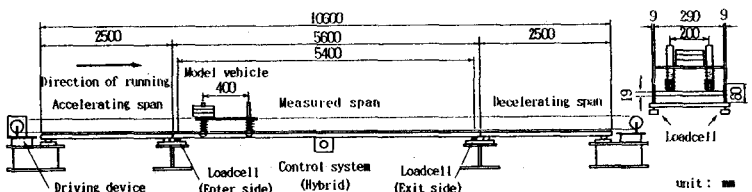


Fig.1 General view of experiment

Table 2 Structural properties of model girder

Span length	5.4 (m)
Cross sectional area	72.76 (cm ²)
Moment of inertia of area	97.8 (cm ⁴)
Weight per unit length	58.6 (kgf/m)
Weight of control system	16.21 (kgf)
First natural frequency	3.0 (Hz)

(2) 自由振動に対する制振効果 非制御および制御の場合について、支間中央における桁変位の減衰自由振動波形の例をFig. 2に示す。これから制振装置により、桁の自由振動は急激に減衰していることが分かる。

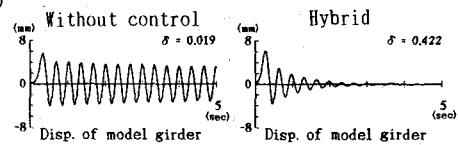


Fig.2 Damped free vibration of model girder

(3) 模型車走行による強制振動に対する制振効果 模型車走行実験では、重量23.6kgf（前軸6.7kgf、後軸17.8kgf）、 $f_v=2.95\text{Hz}$ 、 3.86Hz の模型車を駆動装置により定速走行させ、強制振動に対する制振効果を確認した。このとき路面凹凸の有る場合は、速度1.7～3.3m/sの（速度パラメータ： $\alpha=vT_1/2L=0.052\sim0.102$ ）の範囲で5段階に変化させた。これに対し、路面凹凸無しの場合では、振動を励起しにくいために速度2.1～4.2m/sの4段階で走行させた。応答波形の例をFig.3に示す。動的成分の偏差を2乗平均値として求めた。その結果をFig.4に示す。路面凹凸の有無に関わらず、桁加速度、桁変位および支点反力は、速度の増加にともない2乗平均値が大きくなっている。また、 $f_v=2.95\text{Hz}$ の模型車による2乗平均値が若干大きいことが分かる。これは桁の $f_1=3.0\text{Hz}$ ということから共振しているためと考える。次に非制御時と制御時の2乗平均値の比をFig.5に示す。 $f_v=2.95\text{Hz}$ では、路面凹凸有りの場合、速度により制振効果が変わり、特に速度2.5m/sで制振効果が最も高い。 $f_v=3.86\text{Hz}$ の場合、路面凹凸有無および速度変化に関わらず桁変位および支点反力に関して安定した制振効果があら

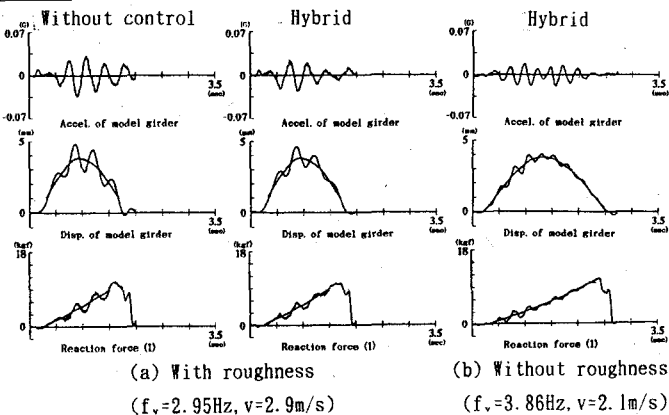


Fig.3 Dynamic response of model girder under moving vehicle

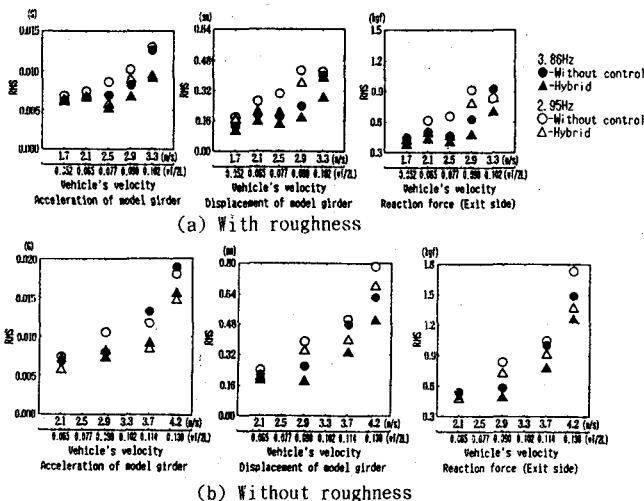


Fig.4 RMS of dynamic response under moving vehicle

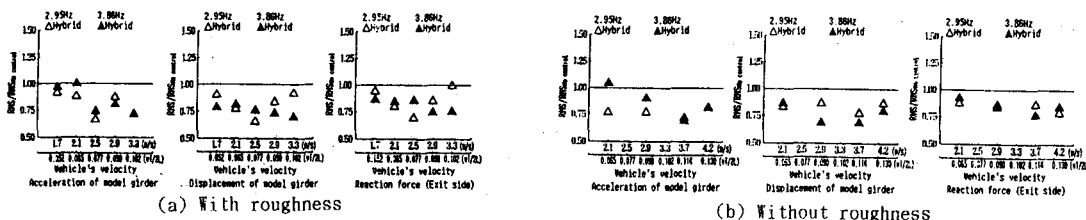


Fig.5 Ratio of RMS under hybrid control to RMS without control

参考文献

- 1) 矢作 恒・吉田和彦：土木学会論文集，第365号／I-3，pp.435-444，1985.4.
- 2) 梶川康男・沖野 真・宇藤 滋・松浦康夫・伊関治郎：土木学会 構造工学論文集，Vol.35A，pp.585-595，1989.3.
- 3) 難波宗行・川谷充郎・林 秀侃・中村一平・西屋匡博：土木学会 第45回年次学術講演会講演概要集，I-375，1990.9.
- 4) 川谷充郎・西山誠治・森 淳彦：アクティブ制震（振）シンポジウム論文集，pp.225-232，1992.3.
- 5) 川谷充郎・西山誠治・木本明男・森 淳彦：平成4年度関西支部年次学術講演会講演概要，I-56，1992.5.
- 6) 川谷充郎・西山誠治・下野正人・山田靖則・森 淳彦：平成5年度関西支部年次学術講演会講演概要，I-50，1993.5.