

I-262 桁橋の走行荷重による動的応答に対するハイブリッド制振の模型実験

(株) 高田 機 工 正 員 山 田 靖 則 大阪大学工学部 正 員 川 谷 充 郎
 (株) 日 建 設 計 正 員 西 山 誠 治 大阪大学大学院 学 生 員 下 野 正 人
 (株) 森 技 術 研 究 所 森 淳 彦

1. まえがき 道路橋の交通振動制御については、近年の活発な構造制御の議論より以前において、その実績があるのみである¹⁾。その後、動吸振器(TMD)について、理論的解析あるいは現地実測により検討されてきた²⁾。道路橋における試験車走行実験によれば、大型ダンストラ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⁾。また、このような動的応答は、振幅と周波数が車両の通過と共に変化する過渡的な応答特性を有する。この種の動的挙動の制御を目的として、筆者らはパッシブ方式の動吸振器(TMD)より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⁾⁻⁵⁾。今回の実験では、単純桁模型を新しく製作し、固有振動数を3Hzにした。また、模型車を定速走行させるために駆動装置を製作した。近年、環境振動影響として、橋脚や基礎から伝わる周辺地盤あるいは構造物の振動が問題になっている。それに関わる物理量として、桁変位および桁加速度だけでなく、支点反力についても着目した⁶⁾。

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. 振動制御装置の概要 (1) **橋桁制振装置** 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。

(2) **振動制御システムの構成** Fig.1の構成ブロック図に示すごとく、桁模型の中央部に本制振装置を取り付ける。桁の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 $X_0 = AZ + B\dot{Z} + C\ddot{Z}$ (A, B, C は定数)を算出する。この制振装置の変位指令 X_0 に対する実変位 X の周波数応答は、Fig.2に示す振幅および位相特性を持ち、3Hzの卓越振動数を有する桁模型に対しては、有効な応答性があると言える。

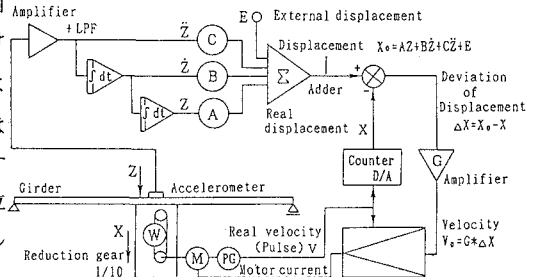
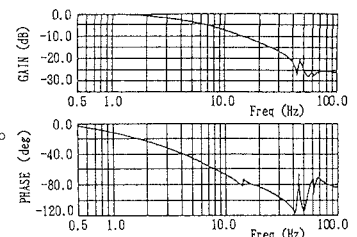


Fig.1 Block diagram of control system

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、自励発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。

Fig.2 Frequency response characteristics for displacement X .

3. 桁橋模型実験 (1) **実験概要** Fig.3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、

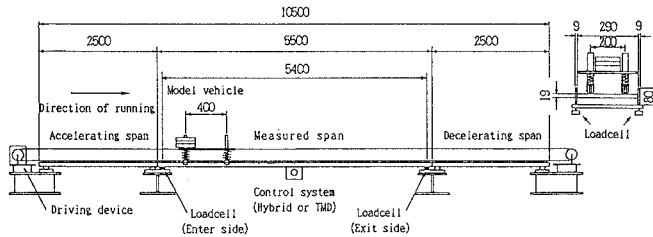


Fig.3 General view of experiment

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。これにより、桁の中央部に段差を設けることなく、励振するのに十分な速度を得ることができる。

(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.4に示し、対数減衰率をTable 3に掲げる。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。

(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22.84kgf（前軸5.71kgf、後軸17.13kgf）、固有振動数5.00Hzおよび5.88Hzを持つ模型車を、駆動装置により2.9、3.6、4.3m/sで定速走行させて、強制振動に対する制振効果を確認した。応答波形の例を Fig.5に示す。動的成分の偏差を2乗平均値として求めた結果を Fig.6に示す。桁変位、桁加速度および支点反力ともに、速度の増加とともに2乗平均値の大きくなることが分かる。また、固有振動数5.88Hzの模型車による2乗平均値が若干大きいことが分かる。次に非制御時と制御時の2乗平均値の比を Fig.7に示す。桁変位および支点反力は共に、制振装置により2乗平均値が2割程度減少していることが分かる。桁加速度では車両速度が2.9m/sを除いて、2乗平均値が1割程度減少していることが分かる。

Table 2 Structural properties of model girder

Span length	5.4 (m)
Cross sectional area	72.12 (cm ²)
Weight per unit length	56.6 (kgf/m)
Moment of inertia of area	93.9 (cm ⁴)

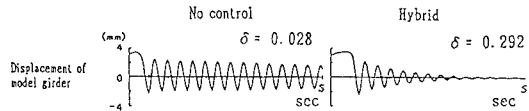


Fig.4 Damped free vibration of model girder

Table 3 Damped free vibration of model girder

Control system	Amplitude (mm)	Number of waves	Logarithmic decrement (correlation coefficient)	Natural frequency (Hz)	Displacement of control mass (mm)
No working	dis. 2.467-1.546	14	0.028 (0.991)	3.02	—
Working(hybrid)	dis. 1.966-0.637	4	0.292 (1.000)	3.00	17.0

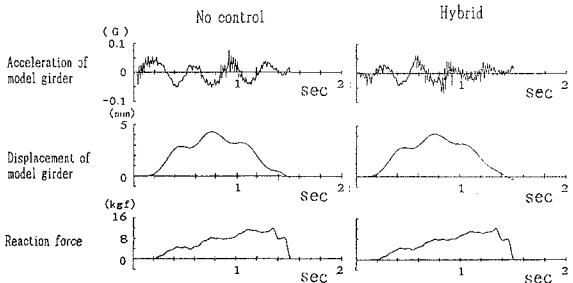


Fig.5 Dynamic response of model girder under moving vehicle (Moving velocity = 3.6m/s)

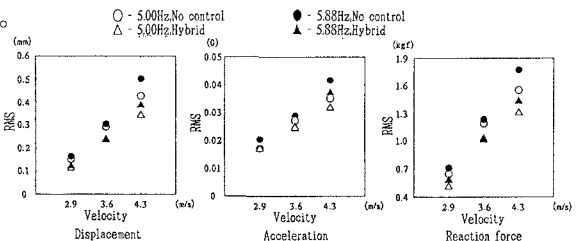


Fig.6 RMS of dynamic response under moving vehicle

参考文献

- 1) 矢作 根・吉田和彦：土木学会論文集，第385号/I-3，pp.435-444，1985.4.
- 2) 梶川康男・沖野 真・宇藤 浩・松浦康夫・伊国治郎：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 秀保・中村一平・西星匡博：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：土木学会平成4年度関西支部年次学術講演会 講演概要，I-56，1992.5.
- 6) 比江島慎二・藤野陽三：土木学会第47回年次学術講演会講演概要集，I-206，1992.9.

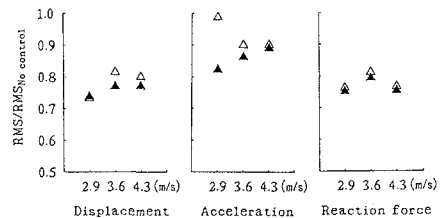


Fig.7 RMS/RMS of no control