

## I-638

## 桁橋の交通振動制御の模型実験

大阪大学大学院 学生員 下野正人 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 高田機工 正員 山田靖則  
 森技術研究所 森 淳彦

1. まえがき パッシブな制振装置として使用実績の多い動吸振器（TMD）は、対象とする振動現象が調和振動である。道路橋の交通振動は、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<sup>1)</sup>。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より制振効果の高いハイブリッド方式を開発している。この制振装置を用いて、模型桁に対する実験を行ってきた<sup>2)~4)</sup>。今回の実験では、単純桁模型に路面凹凸を施し、模型車についても振動数が模型桁の固有振動数 3.0Hzに近くし、減衰を実車に近い条件になるように設定した。このようにして、調和強制振動に対して最適化した<sup>5)</sup>TMD制御とハイブリッド制御の制振効果について確認した。

2. 振動制御装置の概要 (1)ハイブリッド制振装置<sup>2)~4)</sup> 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（TMD系）。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 $90^\circ$ 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 (kg)    |
| Natural frequency            | 3.0~4.0 (Hz)  |
| Displacement of control mass | $\pm 35$ (mm) |

Table 2 Properties of TMD

Mass ratio = 0.0185

|           | Frequency | Damping constant |
|-----------|-----------|------------------|
| Estimated | 2.95      | 0.081            |
| Measured  | 2.93      | 0.083            |

(2) TMD制振装置 TMD系では、電磁ダンパーによって減衰に対して最適調整を行った。その結果をTable 2に示す。

## 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

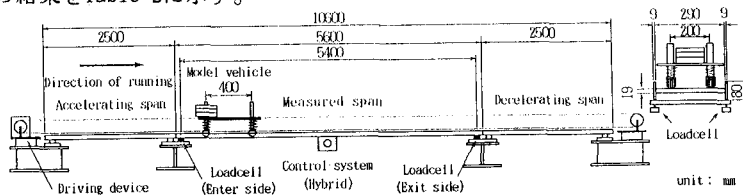


Fig. 1 General view of experiment

量16.2kgf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 3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。

Table 3 Structural properties of model girder

|                           |                          |
|---------------------------|--------------------------|
| Span length               | 5.4 (m)                  |
| Cross sectional area      | 72.76 (cm <sup>2</sup> ) |
| Moment of inertia of area | 97.8 (cm <sup>4</sup> )  |
| Weight per unit length    | 56.6 (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、TMDおよびハイブリッド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。これからハ

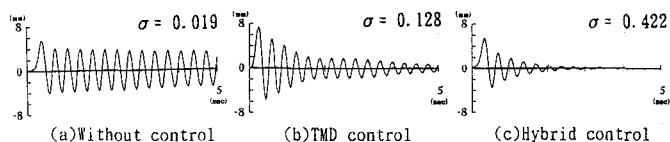


Fig. 2 Damped free vibration of model girder(Displacement)

イブリッド制振装置により、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23.6kgf（前軸6.7kgf、後軸17.8kgf）、固有振動数 $f_v=2.95\text{Hz}$ 、

3.86Hzの模型車を駆動装置により定速走行させ、速度1.7~3.3m/s（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。応答波形の例をFig.3に示す。a) 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。桁加速度、桁変位および支点反力は、それぞれ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、

桁の固有振動数が3.0Hzということから共振するためと考えられる。b) 非制御時と制御時の2乗平均値の比をFig.5に示す。TMD制御については、特定の車両振動数および速度においてのみ制振効果が顕著である。ハイブリッド制御については、車両振動数や速度の違いにより制振効果は若干異なるが、2乗平均値が非制御時より抑えられていることが分かる。 $f_v=2.95\text{Hz}$ である場合、速度によって制振効果が変わり、特に速度2.5m/sで制振効果が最も高くなっている。ところで、支点反力の制振効果についてみると、桁変位と同じ傾向を示す。

4. まとめ 車両走行による強制振動のように過渡的な応答の制御には、調和強制振動に対して最適調整したTMD制御よりもハイブリッド制御の方が適していることが分かる。

#### 参考文献

- 難波宗行・川谷充郎・林 秀典・中村一平・西屋聖博：土木学会 第45回年次学術講演会。講演概要集、1-375、1990.9.
- 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.
- 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、1-56、1992.5.
- 山田靖則・川谷充郎・西山誠治・下野正人・森 淳彦：土木学会 第48回年次学術講演会講演概要、1-262、1993.9.
- 山口宏樹：構造工学論文集、Vol.37A、pp.773-779、1991.3.

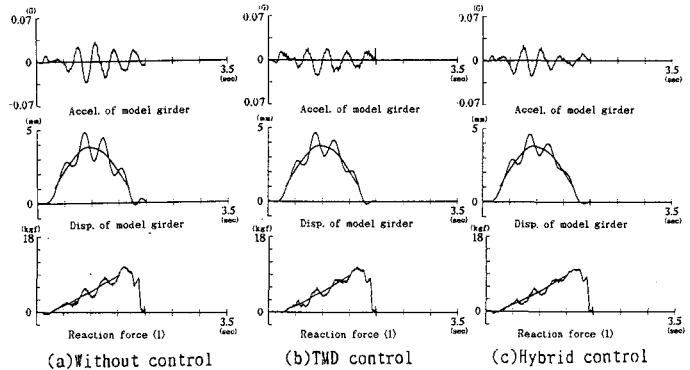


Fig.3 Dynamic response of model girder under moving vehicle (With roughness,  $f_v = 2.95\text{Hz}$ ,  $v = 2.9\text{m/s}$ )

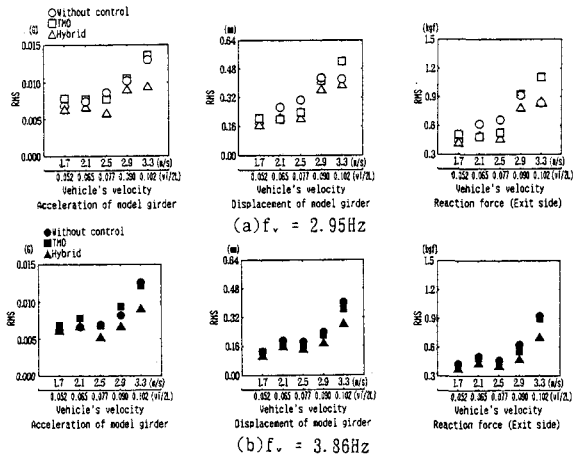


Fig.4 RMS of dynamic response under moving vehicle

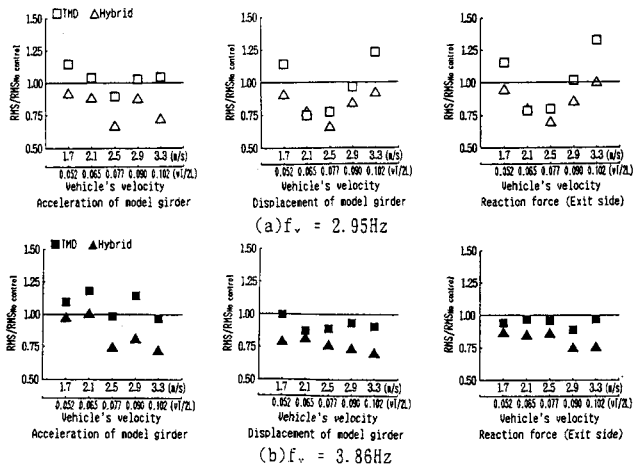


Fig.5 Ratio of RMS under hybrid control to RMS without control