

大阪大学工学部 正 員 川谷充郎 大阪大学大学院 学生員○下野正人
大阪大学大学院 学生員 清木計成 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、模型桁に対する実験を行ってきた^{2)・3)}。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着目してきた⁴⁾。ここでは車両の重量、振動数と速度の違いによるハイブリッド制御およびTMD制御の制振効果を、応答のスペクトルによる周波数分析から考察する⁵⁾。

2. 振動制御装置の概要^{2)・3)・5)} 2.1 ハイブリッド制振装置 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°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。

2.2 TMD制振装置 ACサーボモータと制振質量とを結合しているタイミングベルトを除去することによりTMDになる。TMDは調和強制振動と非定常不規則振動に対して最適調整を行った⁶⁾。

減衰の調整は電磁ダンパーによった。その結果を Table 2 に示す。

3. 桁橋模型実験概要 Fig. 1に示す鋼板をH型に組み立てた単純支持桁を用い、模型車走行による強制振動実験を行い、TMD制御(2ケース)およびハイブリッド制御の制振効果の比較を行った。模型桁の構造諸元を Table 3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⁵⁾。模型車は総重量 28.4、23.4、18.4kgfの3種類である。前後輪の軸重比に対して、ばねの比を配分し、回転に関する振動数も考慮して、固有振動数を 3.0Hzと4.0Hzになるように設計した

(Table 4 参照)。また、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、測定径間で模型車の定速走行を行った。

4. 実験結果 Fig. 2に桁加速度、Fig. 3, 4に桁変位、Fig. 5に支点反力のスペクトルを示す。Fig. 6に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。

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)

Table 2 Properties of TMD

Optimum target of TMD (Mass ratio=0.0185)		Frequency (Hz)	Damping constant
Harmonic vibration	Estimated	2.95	0.081
	Measured	2.94-2.96	0.080-0.086
Nonstationary random vibration	Estimated	2.94	0.014
	Measured	2.88-2.90	0.014-0.017

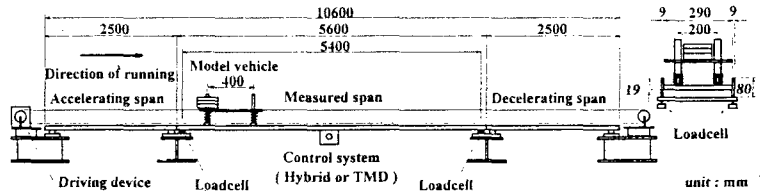


Fig.1 General view of experiment

Table 3 Structural properties of model girder

Span length	5.4 (m)
Cross sectional area	72.76 (cm ²)
Moment of inertia of area	97.3 (cm ⁴)
Weight per unit length	56.6(kgf/m)
Weight of control system	16.21 (kgf)
First natural frequency	3.0 (Hz)

Table 4 Properties of model vehicle

Total weight (kgf)	18.4	23.4	28.4
front axle	6.8	6.9	6.9
rear axle	11.6	16.5	21.5
Spring constant (kgf/cm)	1.00	1.77	0.88
front axle	1.86	3.30	2.71
rear axle	4.01	3.08	3.91
Natural frequency (Hz)	3.07	4.01	3.14
Logarithmic decrement	0.34	0.43	0.70

4.1 動的応答 Fig.2より、車両走行時の桁の振動は走行速度や車両重量の増加にともない大きくなる。Fig.3より、路面凹凸有りとき、桁の振動は車両振動数 $f_v=3\text{Hz}$ の方が $f_v=4\text{Hz}$ の場合よりも大きい。また、Fig.4と比較すると $f_v=3\text{Hz}$ のとき路面凹凸有りの方が路面凹凸無しの場合より桁の振動が大きくなる。以上のことより、路面凹凸有りとき $f_v=3\text{Hz}$ で桁と車両の共振が起こりやすいことが分かる。

4.2 制振効果

Fig.3およびFig.6より、(1) TMD制御は桁変位について、 $f_v=3\text{Hz}$ の場合のように桁と車両の振動数がほぼ一致しているときは、走行速度が大きいとき卓越周波数応答を抑えていて制振効果がある。

しかし、 $f_v=4\text{Hz}$ の場合には、桁の固有振動数付近の応答は抑えられているが車両振動数付近の応答が卓越するようになり制振効果が悪くなる。また、Fig.5およびFig.6より支点反力は桁変位より多くの周波数成分を含んでいるので、周波数の変化に対応できず制振効果が悪くなる。

(2) ハイブリッド制御は、桁変位および支点反力に対してTMDよりも良い制振効果がある。ただし、ハイブリッド制御によっても、支点反力のように多くの周波数成分を含む場合は、桁変位に対して制振効果が悪くなる。

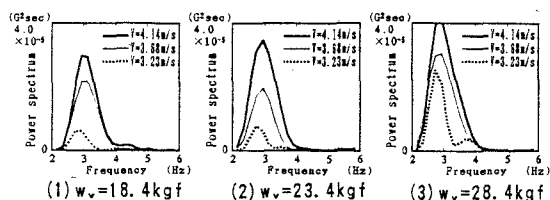


Fig.2 Power spectrum of acceleration of model girder (Without control, With roughness, $f_v=3\text{Hz}$)

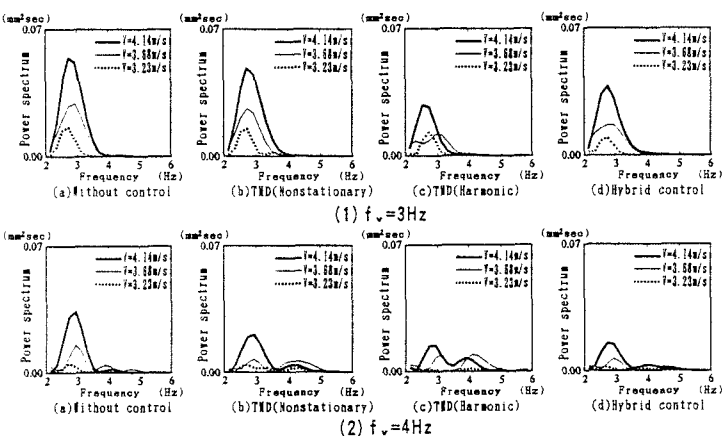


Fig.3 Power spectrum of displacement of model girder (With roughness, $w_v=23.4\text{kgf}$)

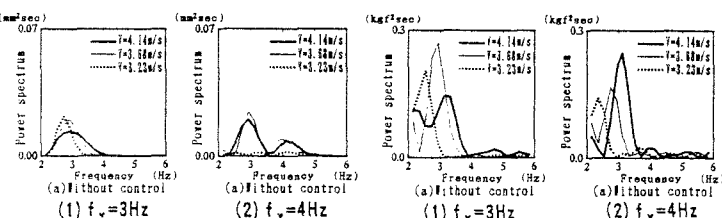


Fig.4 Power spectrum of displacement of model girder (Without roughness, $w_v=23.4\text{kgf}$)

Fig.5 Power spectrum of reaction force (With roughness, $w_v=23.4\text{kgf}$)

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・下野正人・清木計成・山田靖則 森 淳彦：平成6年度関西支部年次学術講演会講演概要集，I-11，1994.5.
- 3) 川谷充郎・下野正人・清木計成・山田靖則 森 淳彦：土木学会 第49回年次学術講演会講演概要集，I-638，1994.9.
- 4) 比江島慎二・藤野陽三：土木学会論文集，No.465/I-23，pp.107-116，1993.4.
- 5) 川谷充郎・山田靖則・下野正人・清木計成 森 淳彦：構造工学論文集 Vol.41A，1995.3.
- 6) 岡林隆敏・竹下 渡：振動制御コロキウム PART B 講演論文集，pp.97-104，1991.7.

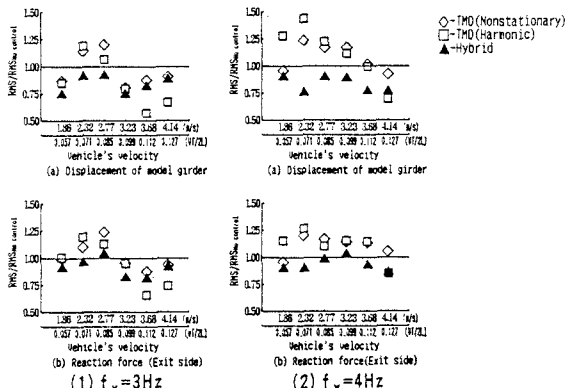


Fig.6 Ratio of RMS under hybrid control to RMS without control (With roughness, $w_v=23.4\text{kgf}$)