

複合材料を用いた多方向転動型質量同調ダンパーの開発と制振対策方法の検討

理工学研究所 共同研究第2類

研究代表者 平野 廣和 研究員

現況の問題点

近年の交通量の増加に伴う振動発生が増加
 免震支承によって橋自体が揺れやすくなった
 道路橋上の付属構造物が、絶えず発生する振動の影響を受けている。

▼
 標識柱などの長柱基部の
 疲労によるき裂発生
 耐震機器類耐久性の低下

橋梁上の標識柱・照明柱等の基部が破損や折損を起すといった現象が問題化

原因

・阪神大震災以後の橋梁へのゴム支承の導入

→ 橋自体が揺れやすくなった

・高架橋の桁自身の固有振動数と標識柱・照明柱の固有振動数が両者とも3～5Hz

→ 両者が共振を起す可能性

研究の目的 → 既存の標識柱・照明柱の揺れを抑えて延命することのできる制振装置の開発

多方向転動型同調質量ダンパーの特徴

<特徴>

・シンプルな構造

機械的な機構を持たず、メンテ等も非常に容易。
 経年変化による構造物の固有値変化にも容易に対応が可能。

・コンパクト設計

転動子が回転することで、慣性質量も運動エネルギーに加えられる。質量を比較的小さくでき、またシンプルな構造であるためコンパクトに設計できる。

・多方向の振動に対応

球面座であるため橋軸方向あるいは橋軸直角方向の構造物の揺れにも対応可能。

・トータルコストダウン

シンプル構造およびメンテが容易なことからトータルコストの低減が可能。

転動型同調質量ダンパー(モデル)



転動する転動子(回転子)と、それを受ける球面座(外座)から構成され、転動子および球面座の径を変えることで種々の固有振動数に対応させる。

固有振動数の算出

モデル図の系より、外殻から受ける摩擦力F方向の釣り合い式は次式となる。

$$ml\ddot{\theta} = F - mg \sin \theta \quad (1)$$

この時、球の回転運動の式は次式になる

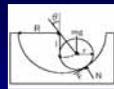
$$-Fr = \frac{1}{2}mr^2 \times \frac{1}{r}\ddot{\theta} \quad (2)$$

(1)、(2)式を整理すると次の自由運動方程式を導くことができる。

$$\ddot{\theta} + \frac{2}{3} \frac{g}{l} \sin \theta = 0 \quad (3)$$

が微小で $\sin \theta = \theta$ とすれば、固有振動数は式(4)となる。

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2}{3} \frac{g}{l}} \quad (4)$$

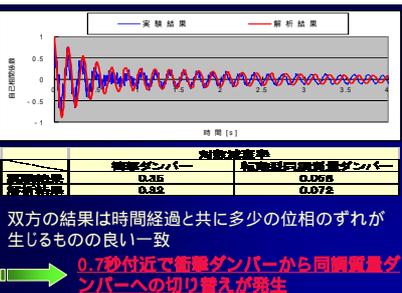


複合ダンパーとしての特性の検討

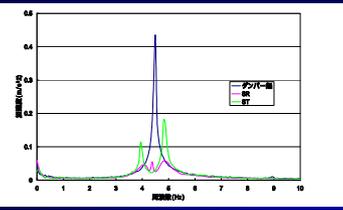
転動型同調質量ダンパーの衝撃ダンパーから同調質量ダンパーへの切り替わりのタイミングを解析により確認する

衝突の際に用いた理論

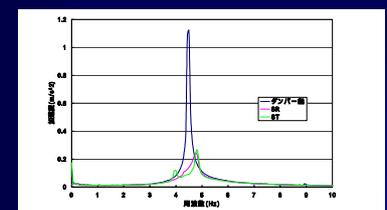
- ・運動量の保存則: $MV + mv = MV' + mv'$
- ・反発係数の関係式: $V' - v' = -e(V - v)$



長柱モデル(4.5Hz)の周波数スペクトル(0.5G)

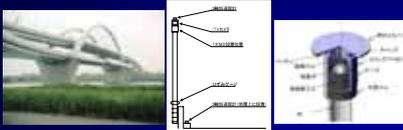


長柱モデル(4.5Hz)の周波数スペクトル(1.5G)

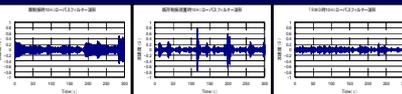


高速道路への試験施工

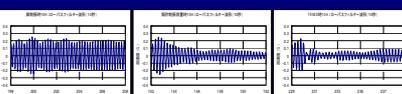
高速道路の交通監視用TV柱にTRMDを設置し、2週間に渡る振動計測を実施



水平方向計測結果(その1)

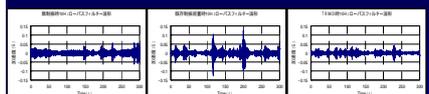


柱頂部橋軸直角方向10Hzローパスフィルター加速度波形

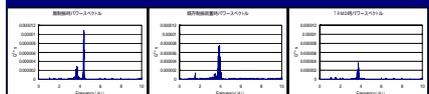


柱頂部橋軸直角方向10Hzローパスフィルター加速度波形 (10秒抜き出しデータ)

鉛直方向計測結果

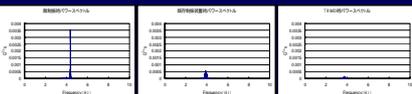


柱頂部鉛直方向10Hzローパスフィルター加速度波形

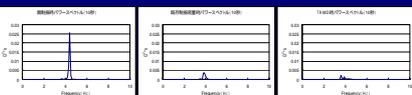


柱頂部鉛直方向パワースペクトル(データ全体)

水平方向計測結果(その2)

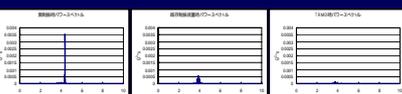


柱頂部橋軸直角方向パワースペクトル(データ全体)

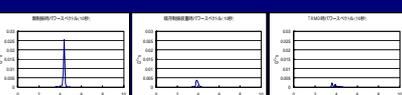


柱頂部橋軸直角方向パワースペクトル(10秒抜き出しデータ)

水平方向計測結果(その2)



柱頂部橋軸直角方向パワースペクトル(データ全体)



柱頂部橋軸直角方向パワースペクトル(10秒抜き出しデータ)

2005年9月

首都高速道路公団に採用決定

特許出願中