

多方向転動型同調質量ダンパーによる長柱の制振対策

○中央大学 学生員 三木孝則 十川ゴム 正会員 井田剛史
中央大学 正会員 平野廣和 中央大学 正会員 佐藤尚次

1. はじめに

近年橋梁の振動により、標識柱・照明柱等橋梁付属物の基部が破損や折損を起こすといった現象が問題視され始めている。その原因としては、阪神淡路大震災以後の橋梁において支承に積層ゴムを用いたため、橋自体が揺れやすくなったという背景がある。高架道路を走行する大型車両による起振作用や風等により、橋梁付属物の取り付け部等の応力集中部で疲労破壊を起こすことも報告されている。また、既往の研究によると、高架橋の桁自身の固有振動数と、橋梁付属物の固有振動数が両者とも2~4Hz程度であり、桁の振動により橋梁付属物が共振を起こす可能性も指摘されている。

本研究では橋梁付属構造物の一つである都市部の高架橋に設置された監視用 ITV 柱に転動型同調質量ダンパー (TRMD (Tuned Rolling-Mass Damper)) を設置することにより、監視用 ITV 柱を制振させることを目的として現地計測を行った。計測を行った監視用 ITV 柱は、大型車両の増大にともない支柱の振幅が大きくなり必要な映像を得ることが困難な状況が発生している。そこで転動型同調質量ダンパーを設置することにより監視用 ITV 柱を制振させ構造の疲労寿命を延ばすとともに、カメラの視認性を向上させることが重要な要求性能となった。

2. 計測概要

多方向転動型同調質量ダンパーとは、図-1に示す様に、転動する球とそれを受ける減衰効果を高めるために粘弾性体である合成ゴムで構成された半球状の容器でなっている。本計測は転動型同調質量ダンパー (TRMD) による監視用 ITV 柱の制振効果を確認するために、制振装置を取り付けない無制振の状態と、転動型同調質量ダンパー (TRMD) を取

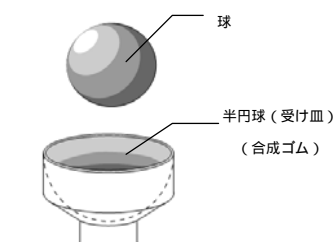


図-1 転動型同調質量ダンパー

り付けた状態の2ケースの計測を実施した。転動型同調質量ダンパー (TRMD) を設置した位置は監視用 ITV カメラ直下の鋼管内に内蔵させるかたちで取り付けた。計測は事前現地交通量調査結果から深夜においても交通量が極端に減少しないポイントにおいて、夜間交通規制実施時間内に行った。計測箇所及び計測事項については図-2に示すように、ITV 柱頂部及び路面の加速度をそれぞれ三軸加速度計を用いて水平2方向成分、鉛直1方向成分を計測した。また ITV 柱基部にひずみゲージを橋軸方向と橋軸直角方向にそれぞれ貼り付けた。計測データはデータロガーを介して直接パーソナルコンピュータに取り込み記録した。

データのサンプリング周波数は100Hzとして一回の計測につき5分間の連続計測を行った。

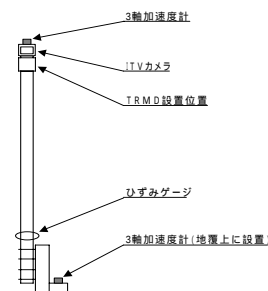


図-2 計測概要

3. 計測結果

3-1 計測元波形

図-3に計測により得られた無制振時、TRMD時の加速度元波形を示す。これらの波形は計測の中で最も大きい加速度が発生していた ITV 柱頂部の橋軸直角方向のデータである。これらのデータには ITV 柱の固有振動以外の様々な周波数の波が含まれているため、明確な相違は見受けられないが、TRMD時の波形は無制振時の波形と比べ、波が鋭く減衰が早いことがわかる。計測値の最大値は2ケースとも1000gal(約1G)程度である。

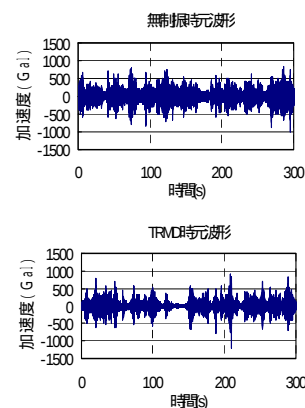


図-3 柱頂部橋軸直角方向計測加速度元波形

Key Words : 制振装置、振動、橋梁付属構造物、ITV 柱

〒122-8551 東京都文京区春日 1-13-27 tel.03-3817-1816 fax.03-3817-1803

3-2 柱頂部固有振動波形と柱基部発生応力の関係

図-4 に図-3 で示したそれぞれの柱頂部橋軸直角方向の元波形に 10Hz のローパスフィルターをかけた波形を示す。ITV 柱の固有振動数は後に示すパワースペクトルからわかるように 3Hz 付近にあり、元波形にローパスフィルターをかけることにより高周波成分をカットして固有振動波形を取り出すことができる。図-4 から無制振時に比べ TRMD 時には明確な制振効果があることがわかる。また固有振動の最大値は 2 ケースとも 300gal 程度である。次に図-5 に ITV 柱基部に取り付けたひずみゲージのデータから算出した橋軸直角方向の発生応力の波形を示す。図-4 と比較するとわかるように、柱基部の発生応力の波形は柱頂部の固有振動波形と非常に似通っていることがわかる。このことから、柱基部の発生応力は加速度の大きい高周波成分によるのではなく、柱の固有振動に寄与していることがわかる。そしてこの固有振動を制振することができれば必然的に柱基部の発生応力も抑えることができるので、柱の疲労耐久性が向上することが考察される。

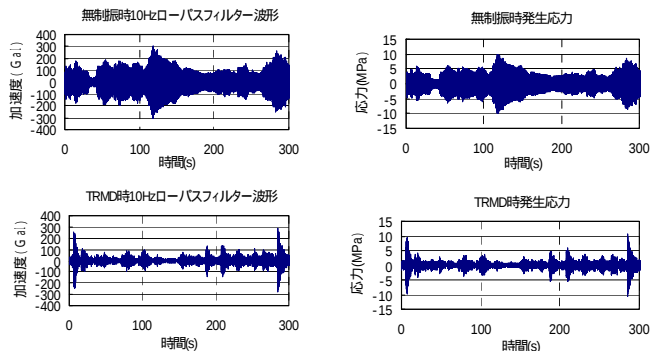


図-4 柱頂部橋軸直角方向 10Hz ローパスフィルター加速度波形

図-5 ITV 柱基部橋軸直角方向発生応力波形

3-3 柱頂部橋軸直角方向加速度波形同加速度時抜き出し検討

図-6 に図-4 に示した柱頂部橋軸直角方向 10Hz ローパスフィルター加速度波形のそれぞれの 2 ケースから 300gal 相当の加速度が生じた前後 10 秒を抜き出した波形を示す。図-6 から無制振時、TRMD

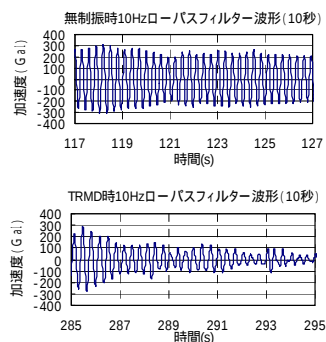


図-6 柱頂部橋軸直角方向 10Hz ローパスフィルター加速度波形 10 秒抜き出し

時の 300gal 相当の加速度が生じてからの減衰の様子がわかる。無制振時は減衰が非常に緩やかであるのに対して、TRMD 時は固有振動をすばやく制振させていることがわかる。

3-4 柱頂部橋軸直角方向の自己相関係数

元波形から固有振動を取り出すために行ったローパスフィルターの処理に続いて、元波形から相関性のある波形のみを取り出して評価することのできる自己相関係数を算出した。図-7 に前章で抜き出した 10 秒間のローパスフィルター波形の前後を、元波形に立ち戻り、その元波形のデータから算出した自己相関を示す。図-7 からローパスフィルターをかけた際と同様に、TRMD 時は非常に高い減衰効果が作用していることがわかる。

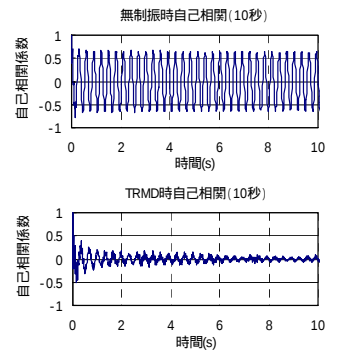


図-7 柱頂部橋軸直角方向自己相関(10 秒抜き出しデータ)

3-5 柱頂部橋軸直角方向のパワースペクトル

元波形に含まれる ITV 柱の固有振動数と、固有振動数の卓越状況をみるために、2 ケースの元波形におけるパワースペクトルを算出した。図-8 に前章で抜き出した 10 秒間の元波形から算出したパワースペクトルをそれぞれ示す。図-8 から TRMD 時は非常に大きなパワースペクトルの低減がみられ、TRMD が ITV 柱の固有振動成分を非常によく低減させていることがわかる。

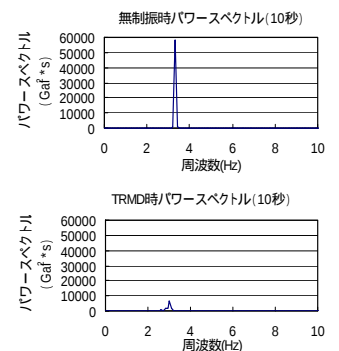


図-8 柱頂部橋軸直角方向パワースペクトル(10 秒抜き出しデータ)

4. まとめ

本研究で提案した多方向転動型同調質量ダンパーが長柱の制振に有効であることが、実構造物を用いた現地計測から確認できた。

参考文献 1) 山田健太郎他：鋼管柱基部の疲労強度、構造工学論文集、Vol.38A、pp.1045-1054、1992.3.