

I-637

支点反力を考慮した高架橋のアクティブ制御

埼玉大学大学院 ○学生員 増田 高志

埼玉大学 正会員 山口 宏樹

1. はじめに

都市内高架橋の交通振動は長年扱われてきた難しい問題であるが、近年の振動制御の概念の普及に伴い、交通振動の制御問題がクローズアップされてきている。一般に制御は何を評価関数にとるかで結果が変わってくる。交通振動を考える場合、桁の振動を止めることが多くの場合考えられていたが、制御として必ずしも良いわけではない。比江島・藤野¹⁾は交通振動の大きさを支点反力のパワースペクトルで評価し、桁端ダンパーの最適値が、桁の鉛直加速度で評価した場合と、支点反力で評価した場合とで異なることを示した。さらにそのTMD、アクティブ制御との比較も行っている。本研究では、支点反力に着目した際のアクティブ制御の最適化についてさらに詳しい検討を数値解析により行った。

2. 解析モデル

対象とした橋梁はスパン40mで1次の振動数が3Hzの桁橋とし次の運動方程式から $y = \sin(\pi x/L)q(t)$ と仮定してモード分解を行った。

$$EI \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} + m \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = U\delta(x - x_n) + P\delta(x - vt)$$

路面凹凸は図1のパワースペクトルからシミュレートした図2の凹凸を使用した。車両は橋梁と同じ3Hzの振動数を持つ重量20tonfの1自由度系とした。車両や路面凹凸の各パラメータについて橋梁振動の分野²⁾でよく用いられている値を使用した。制御則は直接速度フィードバック法を採用している。これらをニューマークβ法により逐次積分を行い、制御ゲインを解析パラメータとして応答や反力の比較を行った。

3. 支点反力の評価

支点反力の評価は、強制振動と自由振動を含む0-4秒でのR. M. Sの平均値で行った。ここで、支点反力とは、車両の重量による静的成分を差し引いた車両動的成分、桁の慣性力、および制御力によるものの和である。それらを各制御ゲインごとにプロットしたのが図3である。図3に示すようにゲインの増加に伴い当然制御力は大きくなり、桁の慣性力は小さくなっている。車両の動的成分はわずかに右下がりであるがほぼ変化がない。支点反力はこれらの和であるため支点反力を最小とする最適ゲインが存在する。

4. 時刻歴応答の比較

支点反力についての最適ゲイン(80tonf/(m/sec))で制御した場合と、制御しない場合、そして最適ゲインよりも大きなゲイン(200tonf/(m/sec))で制御した場合について桁中央部の変位・加速度そして支点反力についての応答を比較したものが図4である。桁の変位と加速度については、200tonf/(m/sec)、最適ゲイン(80tonf/(m/sec))、非制御の順に小さくなっている。これはゲインが大きいほどより大きい減衰を付加しているためである。特に桁中央部のたわみで

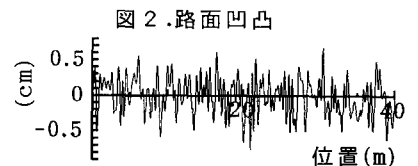
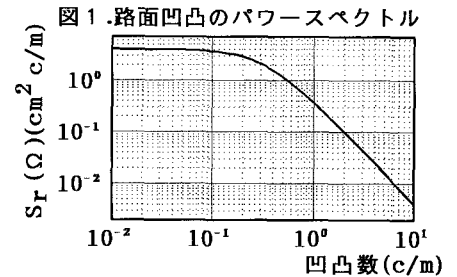
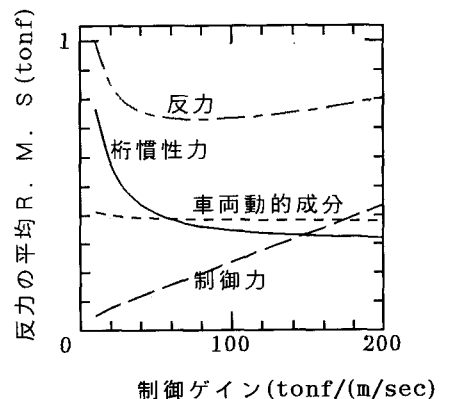
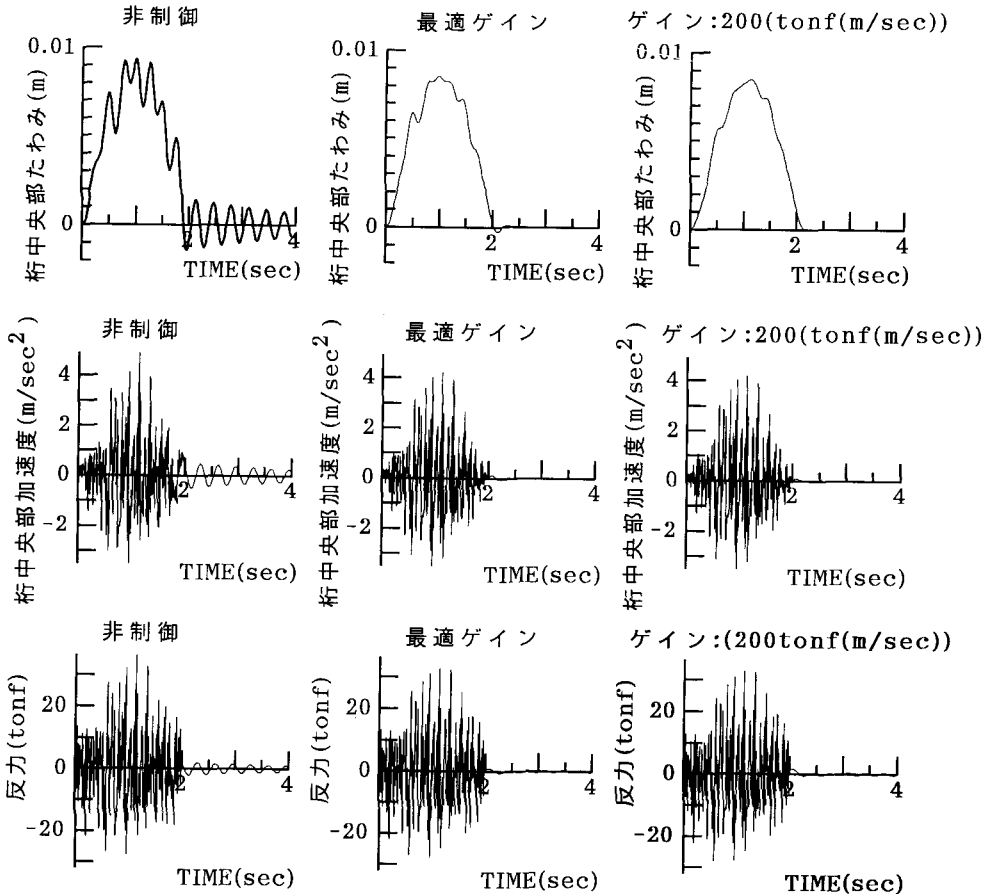


図3. 支点反力に対する最適ゲイン



は制振効果が明らかに分かる。次に反力の応答については、アクティブ制御の方が、非制御時よりもわずかに小さくなっている。特に自由振動部で減衰が高くなっているのが分かる。アクティブ制御の二つのゲインでは、最適ゲインの方がわずかに小さい。ただしこれらの違いはわずかであるが制御エネルギーが小さく経済的にも有利なことも考えると最適ゲインの方がより好ましいと考えられる。

図4. 各ゲインでのたわみ・加速度・反力の応答



5. まとめ

本研究では、アクティブ制御を高架橋の振動に適用する場合、今までの振動エネルギーと制御エネルギーのtrade-offを考えた最適ゲインではなく、支点反力を最小にするような最適ゲインが存在することを示した。現在、加速度・反力のパワースペクトルを求めているが、実際の応答解析結果よりかなり制御時に減少しているため、確認をする必要がある。今後は支点反力を評価関数として定式化し、詳細な検討を行う予定である。

参考文献：1) 比江島・藤野、桁端ダンパーによる橋梁の交通振動の軽減、土木学会論文集No465, I-23, pp 107-116 2) 橋梁振動の計測と解析、橋梁振動研究会、技報堂出版、1993