

氏 名	矢 作 枢
授 与 学 位	工 学 博 士
学位授与年月日	昭和 61 年 3 月 12 日
学位授与の根拠法規	学位規則第 5 条第 2 項
最 終 学 歴	昭和 36 年 3 月 東北大学工学部土木工学科卒業
学 位 論 文 題 目	アクティブコントロール方式による高架橋の交通振 動制御に関する実験的研究
論 文 審 査 委 員	東北大学教授 倉西 茂 東北大学教授 佐武 正雄 東北大学教授 箱守京次郎 東北大学教授 三浦 尚

論 文 内 容 要 旨

走行する車両が加振源となる道路交通振動は、交通騒音や大気汚染と並んで、道路公害の一つとして大きな社会問題となっている。交通振動の問題は現象が複雑であり、また、規制規準値以下の振動に対しても苦情が寄せられるなど、対策の困難な問題の一つである。

首都高速道路においても、幾つかの高架橋部分で交通振動障害が発生し、防振対策が講じられてきた。その結果、良好な改善が為された箇所もあるが、必ずしも満足のいく結果が得られない箇所もあり、苦慮している。

交通振動問題については、これまで数多くの研究がなされてきた。振動対策としては、そのほとんどが受動的 (Passive) な方法をとっている。一方、他の工学分野では振動を制御するのに能動的 (Active) な方式も多く用いられている。すなわち構造物にアクチュエータを取付け、その振動性状に合わせた制振エネルギーを積極的に供給しようとするもので、いわゆるアクティブコントロール方式である。

土木構造物にこの方式を適用する問題についても、いくつかの研究論文が報告されているが、それらはいずれも数値実験の域に留まっている。

筆者等は首都高速道路の中で振動障害が発生している高架橋を例にとり、ここにアクティブコントロール方式を適用すべく一連の実験的研究を通して振動制御装置を開発してきた。本論文はその研究成果をとりまとめたものである。

構造物の振動を制御するために、単一のアクチュエータで制振力を加える方法としてはいくつかの方法が考えられる。ここでは構造物の隔った2点間を結ぶテンドンを介して制御力を加える、いわゆるテンドン方式を主たる対象とし、副次的に構造物に作用させる制御力の反力を、ばねを介して付加マスにとるいわゆるマスダンパ方式を研究対象とした。

振動制御装置の開発研究は、まずフィージビリティスタディ、すなわち机上での振動制御シミュレーションから開始した。既応の資料と予備的な実橋観測を踏まえて、この方式を採用した場合のシミュレーション解析を実施した。その結果橋脚の上下動は効果的に制御され、ひいては振動障害を受けている建物の振動も制御できるものと推定された。

そこで第2の段階である実際の系の振動性状把握を目的に振動計測を実施した。計測結果の分析から橋脚の水平振動と建物振動の相関が比較的強いことがうかがえた。このことから第1の段階で想定したものより、より効果的な制御方式がありうることが予想された。

第3の段階はスケールモデルによる振動制御実験である。第2の段階で予想された制御方式の可能性を踏まえて、橋脚主梁の制御の他に橋脚ラーメンのブレース方向に制御力を作用させる方式も検討の対象とした。また振動発生源に近い上部構造の振動を直接制御する方式も検討の対象とした。尚スケールモデルによる実験に先立ってスケールモデル自体の振動制御シミュレーションも実施している。

スケールモデルでの振動制御実験の結果、実橋に装着する振動制御装置としては橋脚ラーメンのブレース方向に制御させる方式が最適であるとの結論を得た。そこで第4段階の実構造系への実験装置の設置に当たっては、まず実橋脚ブレース方向の振動制御装置の設計、製作を行った。

振動発生源である橋梁の制振にマスダンパ方式の適用は困難であると予想されたが、振動障害をうけている建物の振動を直接的に制御するという目的にはマスダンパ方式も比較的容易に適用可能である。マスダンパ方式による建物の直接的制御も試みた。

最終的に段階4、すなわち実橋へ制御装置を装着しての制御実験を行った。こ

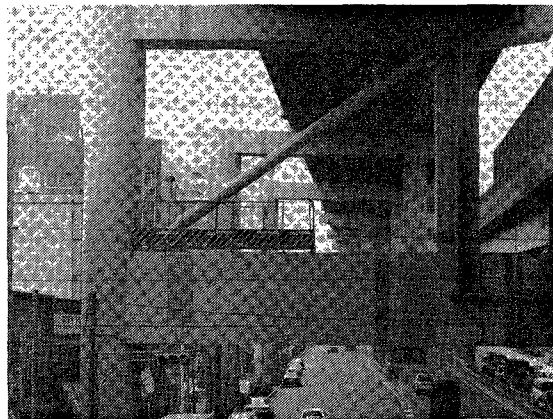


写真-1 テンドン方式振動制御装置（全景）

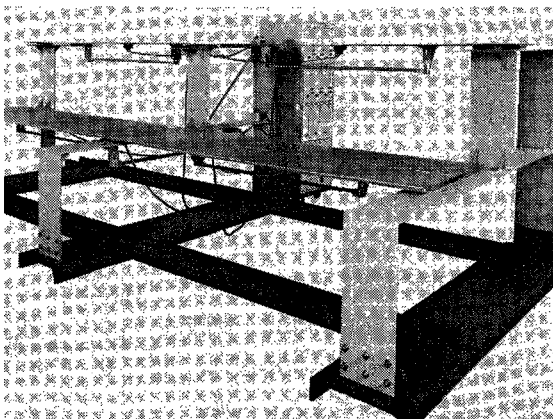


写真-2 アクティブマスダンパ方式振動制御装置

こでも制御系の安定性を確保するためにいくつかの試行錯誤が行われた。

実橋への制御装置の装着状況を写真-1に、またマスダンパ方式の制御装置を写真-2に示す。
以上の振動制御装置開発研究の結果、次のような結論を得た。

- (1) 橋脚の振動検出箇所の振動(P2X)は、検出信号を位相補償フィルタを通し制御することにより2Hz~5Hzの制御振動数帯域において約1/2に減衰することが出来た(図-1, 図-2)。

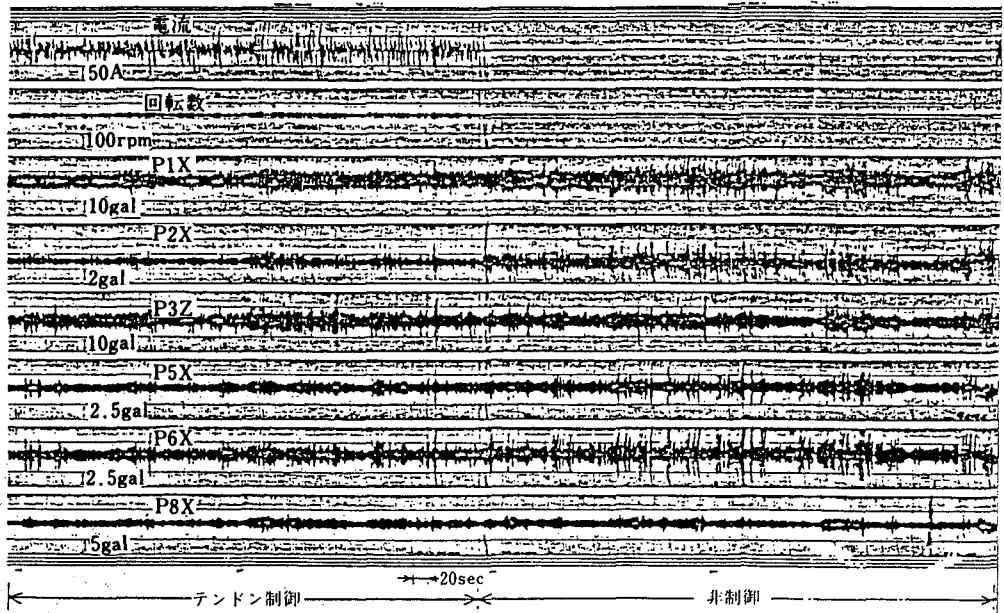


図-1 振動制御時/非制御時の時間波形比較

- (2) 建物振動は、高架橋を走行する車両により誘発された橋脚の振動により励振されており特に近接する橋脚による影響が非常に強い。
- (3) 橋脚に設置した制御装置の最大制御電流は50~70A o-pであり、これは最大制御力7ton o-pに相当する。
- (4) 橋脚を制御することによる建物振動(P6X)の低減効果は、橋脚の減衰の割合に比較して小さい。建物の振動を満足できるレベルにまで低減させるには橋脚の振動を

Relative Power Spectrum
(Averaged in 5 minutes)

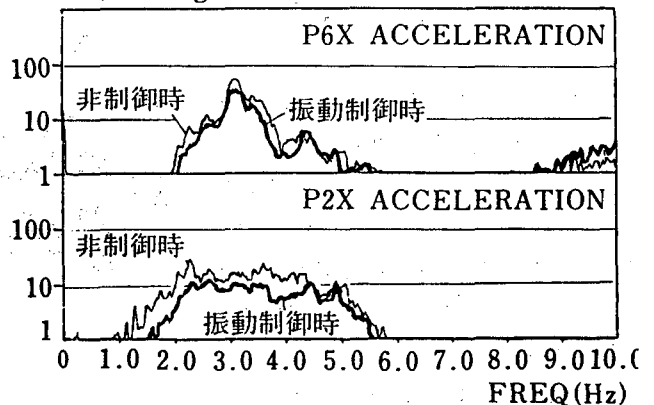


図-2 振動制御時/非制御時のパワースペクトル比較

1/3程度にまで低減させなければならぬだろう(図-1, 図-2)。

- (5) マスダンパによる振動制御により建物の振動を体感レベル以下に押さえ込むことができた。これによりマスダンパの実用性が実証された。
- (6) テンドン式の制御装置はパワー効率がよい反面、力の伝達する方向と振動の検出方向とが異なるため、特に複雑な構造物では制御を難しいものとしている。これに対してマスダンパ方式はパワー効率で劣るものの、制御が比較的容易であり、また設置も容易であるなどの利点を有しているのでテンドン式制御装置と共に今後検討して行く価値のある制振装置であると考えられる。

審査結果の要旨

都市における交通量の増大に伴う道路交通振動による障害は一つの社会問題となっている。特に都市部に数多く架設されている高架橋より発生する交通振動は、その発生要因が通過交通車両、路面、構造物、基礎等の諸特性に複雑に関連し合っているため、その軽減は困難な課題である。そこで、本論文は高架橋の制振を目的として、橋脚部にテンドンとアクチュエータを取付け、制振エネルギーを能動的に供給することにより振動を制御する新しい方式を開発し、その実用化に必要な事項を主に実験的に研究した成果を纏めたものである。全編7章より成る。

第1章は序論である。

第2章では、実橋で現実に発生している振動の測定を行い、その振動の実態を明らかにしている。その結果に基づき受動的な防振対策を行い、それ等によっては十分な効果が得られないことを論じている。そこでさらに、振動を能動的に制御することの可能性を検討している。

第3章では、振動シミュレーションおよび縮尺模型による振動実験により、走行荷重および衝撃性荷重で起振された複数の固有モードを持つ多自由度振動系の制御を、ここで提案するテンドン・アクチュエータ方式で行うとの可能性を論じている。

第4章では開発すべき振動制御装置について論じ、一事例についてその能力の評価を行っている。ここで取上げた制御装置は高架橋に隣接した建造物の振動の低減効果によって評価することとし、対象建造物の振動と最も相関の高い高架橋の振動部分の選定、それに必要な制振装置の性能の確定を行い、はりモデルによる実験により性能の確認を行っている。

第5章は本制振装置の装着後の加振機、試験車両の走行、一般走行荷重等による加振実験の結果について述べている。すなわち、制御すべき振動数帯域、検出点位置、制御力を加える点より検出点迄の伝達関数、制御装置の性能等の検証を行っている。その結果、位相補償フィルタを用いた速度帰還制御方式が制御すべき振動数帯域で安定に振動の低減効果をもたらすことを指摘している。これは、実用化の上で重要な知見である。

第6章では最終的に振動制御系について伝達関数の同定を行っている。

第7章は結論である。

以上要するに本論文は、交通により高架橋に生じる複雑な振動障害をテンドン・アクチュエータを用いて能動的に制御する方式を開発し実用上重要な知見を加えたものであり、土木工学および防振工学に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。