

氏 名	たか 高	はし 橋	たつ 龍	お 夫
授 与 学 位	工 学 博 士			
学位授与年月日	昭和 57 年 5 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 38 年 3 月 東北大学工学部土木工学科卒業			
学位論文題目	橋梁構造の制振に関する基礎的研究			
論文審査委員	東北大学教授 倉西 茂		東北大学教授 尾坂 芳夫	
	東北大学教授 斎藤 秀雄			

## 論 文 内 容 要 旨

本論文では、橋梁構造等のたわみ性の大きい構造物の曲げ振動の制御を、粘性抵抗力を有する振動制御機構を用いて行うための研究がなされており、制御機構の附加により、構造物の振動性状に生じる変化が究明されている。さらに、これ等の研究成果にもとづいて、たわみ性構造物の曲げ振動制御機構の実用化のための資料が提出されている。

近年、鋼材の溶接技術の進歩および高張力鋼の開発等にもとない、鋼構造物は長大化しつつある。特に、鋼橋においては、理論解析の進歩と相まって、より長く、よりスレンダーなものが架設されるようになった。この結果、鋼構造物自体のもつ振動の減衰性は著しく低下するとともに、たわみ性の大きい構造物においては、振動により構造物自体が破壊される危険性が生じて来た。例えば、風に起因する振動により、1940年、TACOMA NARROWS 吊橋が落下崩壊するという事件が生じたし、その他多くの吊橋や斜張橋においても、風による振動によって生じる損傷が問題になっている。耐震性の面から見ても、多くの構造物が過大な振動振巾による損傷を受けた例は、枚挙に遑がない。また、歩道橋の振動が、歩行者に不安感や不快感を与えている例も数多く報告されている。これ等の問題は、構造物の振動制御能力の不足に起因されるものと考えることが出来、本論文においては、構造物の振動を制御するため、振動エネルギー吸収機構の積極的な利用を提唱している。

この着想のもとに、粘性ダンパーあるいは動吸振器を取り挙げ、それ等の附加による構造物の振動特性、特に、制振性についての研究を行っている。吊橋や歩道橋のように、たわみ性の大きい構

造物は、外力に対して鋭敏な反応を示し、振動し易く、発生した振動は減衰しにくい性質を有している。その反面、振動エネルギー吸収機構等の利用により、能率よく振動を制御出来る。しかし、これ等の機構により、構造物自体の振動性状にも大きな変化が生じるものと考えられる。

本論文では、これ等の諸問題の解決をはかるため次の順序で研究がなされ、各種の資料と結論を得ている。

第1章は序論であり、研究の歴史的背景をふまえた概要が述べられている。

第2章においては、たわみ性構造物の基本形である梁構造をとりあげ、集中的に作用する粘性機構をもつ、各種支持条件での梁の曲げ振動性状を解析している。解析方法として、梁を多質点系に置換する方法、並びに、集中的に作用する粘性力をデルタ関数で表示し、演算子法を用いた解析方法を取り、特に後者は厳密解である。さらに、これ等の解析法より得られた計算結果より、集中的に作用する粘性力をもつ梁構造の振動性状、即ち、粘性力による振動数及び振動形の変化、位相おくれの発生等の特性が述べられるとともに、従来行われていた、2質点系置換法、あるいは、エネルギー法についての考察がなされている。

第3章においては、前章の結果を参考にし、集中粘性力による吊橋の振動制御方法が述べられている。特に、その中の一つであるケーブルスティダンパーについて、エネルギー法を用いた解析方法を導き、実験結果との比較検討を行い、吊橋の減衰力増加に対するケーブルスティダンパーの有効性について述べられている。

第4章においては、たわみ性構造物の曲げ振動制御のための動吸振器の利用が提唱されている。集中的に作用する粘性力の場合と同様に、たわみ性構造物に動吸振器を取り付けた場合、構造物の振動数、振動形状等に変化が生じ、さらに、位相おくれの発生があり、これ等の振動性状の変化は、動吸振器の附加質量の大きさにも影響される。従来より行われていた二質点系置換法では、振動性状の変化の正しい評価が不可能であるため、本論文では、単純支持梁及び片持梁に動吸振器を取り付けた場合の解法を導き、厳密解を得ることにより、振動性状の変化と動吸振器の制振効果を検討している。

この解析により、基本的な新しい3ケのパラメーター、即ち、動吸振器の粘性係数と梁の質量、長さ及び曲げ剛性より成る粘性パラメーター； $\tilde{\mu}$ 、動吸振器のバネ係数と梁の長さ及び曲げ剛性より成るバネパラメーター； $\tilde{k}$ 、動吸振器の質量と梁全体の質量比である質量パラメーター； $\tilde{m}$ 、の3ケの無次元パラメーターの導入を行い、解析結果の応用範囲を拡め、動吸振器の「有効粘性係数」という新しい概念を導いている。

第5章においては、動吸振器の実構造物への応用例として、吊橋の曲げ振動に対する動吸振器の制振効果に対する資料を提出している。第4章で導いた解析方法を吊橋に拡張応用し、動吸振器による吊橋の制振効果を解析するとともに、単径間吊橋模型及び三径間吊橋模型を用いて種々の実験を行い、理論解析の裏付けを行っている。尚、この吸振器をもつ吊橋の振動性状の解析にあたり、第4章で導いた3ケのパラメーターに加え、4番目の無次元パラメータの導入が行われ、計算結果の応用範囲をさらに拡張している。このパラメーターは、いわゆる Steinman Stiffness Index の逆数の2乗に比例する剛性パラメーターであり、過去に、架設された、中小吊橋においては、

2.25～12.25の範囲にあることが確かめられた。

さらに、実際の交通に供されている実吊橋の制振を動吸振器を用いて行うべく、本研究で得られた結果をもとにし、実橋用の動吸振器の設計製作を行った。現地における実橋試験においては、予定した制振効果を得、動吸振器の実用化への一つの指針が示されている。

第6章は結論である。

以上、要するに、本研究により、振動制御機構をもつたわみ性構造物の基礎的な解析方法が導かれ、各種資料を提示することにより、振動性状の究明が行われるとともに、曲げ振動制御機構としての、粘性ダンパー、あるいは、動吸振器の設置の有用性が明示された。

また、これ等の研究成果は、たわみ性構造物の耐震安定性及び耐風安定性の問題解決への一策を示唆したものである。

## 審査結果の要旨

近年、橋梁構造は、材料および製作技術の開発、理論解析の進歩等が相俟って、長大化するとともにたわみ性が増大する傾向にある。それに伴い、超低周波振動障害、風や地震による損傷等の問題が生じ、防振が構造設計上の重大な事項となりつつある。これら構造物に生じる振動を小さくするには、入力される外力を減少させるか、あるいは、構造の剛度を増大させる等の方法もあるが、構造系のもつ減衰性を高めることが効果的かつ本質的な解決法と考えられる。

本論文は、橋梁等のたわみ性の大きい構造物の減衰性を高める手段として、粘性制振器あるいは動吸振器等の採用を提唱し、これ等を付加した構造物の振動特性の究明を目的とし行った一連の研究成果を纏めたもので、全編6章よりなる。

第1章は序論であり、従来行われて来た関連研究を総括し、これ等の研究をたわみ性の大きい構造物へ適用する場合の問題点を提起し、本論文の目的と意義について述べている。

第2章では、粘性力が集中的に作用する各種はり構造の振動解析を厳密に行い、その振動特性を究明している。さらに、粘性支点の概念を導き出し、従来の近似的取り扱いの適用範囲を明らかにしている。

第3章では、集中粘性力により、たわみ性構造物の制振効果を高めうる例として、ケーブルスティ・オイルダンパーを取り付けた吊橋について前章結果を基にして近似的に解析を行うとともに、実験によってもその効果の大きいことを実証している。

第4章では、粘性動吸振器を取り付けた基本的なはり構造の振動解析を厳密に行い、その振動特性を解明している。すなわち、その振動を支配する各種のパラメーターの影響を明確にするとともに、最適粘性係数の存在を明らかにし、はり全質量に対し、極めて小さい付加質量で十分な制振効果が得られることを提示している。これ等は構造物に粘性動吸振器を適用する上で極めて重要な知見である。

第5章では、粘性動吸振器を有する吊橋構造の振動解析を行い、十分な制振効果があることを明示している。さらに、模型吊橋および実吊橋についての実験を行い、その効果を実証するとともに、著者が導いた理論の妥当性を明らかにしている。

第6章は結論である。

以上要するに、本論文は、振動制御機構をもつたわみ性構造物の振動の基礎的解析を行い、その振動特性を解明するとともに、構造物振動問題解決についての新しい方法を提案したものであり、橋梁工学および振動工学の発展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。