

I-256 長大吊橋主塔の防振装置についての考察

東北工大. 正. 高橋龍夫, 東北工大. 正. 倉面茂, 東北工大. 正. 山田俊次

吊橋の主塔は、架設途上において、ある期間、独立状態におかれる。主塔自身の橋軸方向の曲げ剛性は比較的強く、かつ、減衰性が小さい。したがって、風の作用により曲げ振動を生じ易く、架設作業に支障をきたしたり、主塔本体に損傷を生じさせる危険性がある。このため、振動防止のための対策として、従来より、種々の方法が提案され、本四連絡橋の場合にも、一、二の対策が講じられた。この代表的な例が図-1、2に見られるように、主塔の頂部と付加質量及びオイルダンパーと、ケーブルを介して連結した型式である。

付加質量あるいはこの底部に与けられたコロの固摩擦
又は、オイルダンパーの粘性抵抗により振動エネルギーを吸収しようとするものである。いずれにしても、この両者において、付加質量やオイルダンパーの設置場所の確保が必要であり、主塔の設置位置によっては使用不可能な場合も生じる。又、連絡ケーブルが長く、これ自身の伸縮や不安定振動がこの装置の防振効果と不確定に。さらに、付加質量の摩擦係数に対して若干の不確かがある。別策として、「調律質量ダンパー」と呼ばれる装置も考えられるが、顕著な防振効果と期待出来ない。

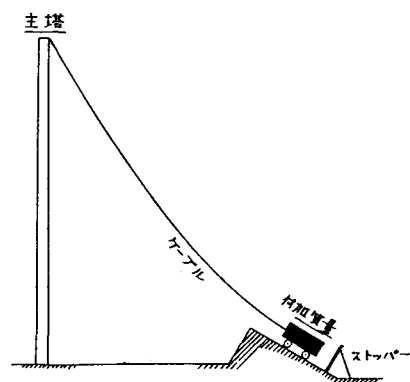


図-1

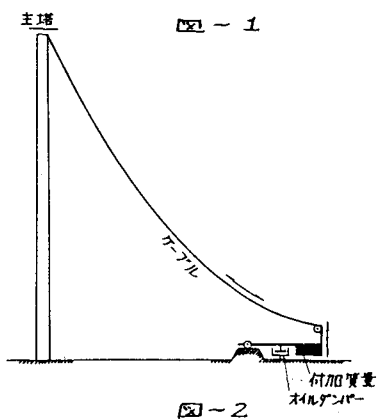


図-2

著者等は、従来より、吊橋主塔や長大煙突等の可撓性の高い構造物の防振には、動吸振器が有効な手段の一つであることと提唱^{*}してきた。また、山口(埼玉大)、伊藤(東大)等も、吊橋主塔の防振用としての動吸振器の基礎的資料を提出し、その有効性について述べている^{**}。前者は、広い範囲での動吸振器の利用と、後者は吊橋主塔への応用を試みたものであるが、同様の簡易模型(片持梁に動吸振器を取り付けた場合)を用いて、動吸振器の効果について述べている。しかし、この両者において、主構造の制振効果についてのみ主眼と置き、動吸振器自身の挙動についてはふれていない。

動吸振器自身の検討が、実吊橋への応用の可能性と左右するのであり、著者等はこれについて若干の検討と行ない、その成果を発表した^{***}。この研究によれば、総重量 10,000 ton、固有周期が 5 sec. の主塔に、重量比で 0.2%、即ち 20 ton の動吸振器を取り付け、そのバネ係数とオイルダンパーの粘性係数とをそれぞれ 3.21 ton・m⁻¹、0.414 ton・sec・m⁻¹ とあれば、 $\delta=0.21$ の対数減衰率が得られることが示された。又、動吸振器の振動振度も計算され、設置の可能性のあることと示した。しかし、実際的には、所定のオイルダンパーの粘性係数と得ることは可能と見ても、必要なバネ係数とバネの設計が困難であり、その大きさ(形)が主塔内部に収まり得るかは疑問である。さらに水平方向の制振

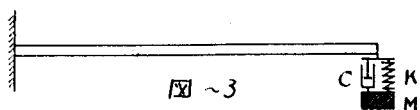
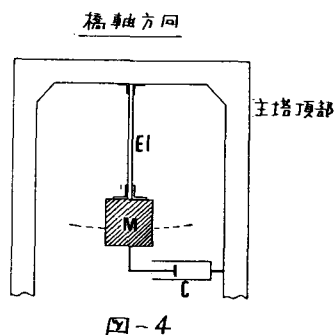


図-3

であるから、米国の New York 市の Citicorp Center の T.M.D に見られるように MASS と Supporting floor 間の摩擦が問題となる。本研究は、これ等の問題を解決するため、図-4に見られるように、曲げ剛性 EI とする片持式の棒に、振り子式に集中質量を支え、オイルダンパーを取り付けた型式のアブソーバーを提案し、若干の考察を加えるとともに、この装置を取り付けた模型実験の結果についても報告を行なう。この型式では、アブソーバーの固有周期は棒の長さ L、質量 m/l、曲げ剛性 EI、及び先端に取り付ける集中質量 M とにより定まる。したがって、長大吊橋の主塔のように、周期の長い場合にも容易に応用出来、その周期も集中質量の取り付け位置を移動させることにより連続的に可変であり、本構造(主塔)の周期との精密な tuning が出来る。この型式のアブソーバーの運動方程式は集中質量 M の振り運動の影響をも考慮して (1) 式で表わし、振動数方程式は (2) 式で表わされ、これ等の計算結果は実験値と良く一致する。

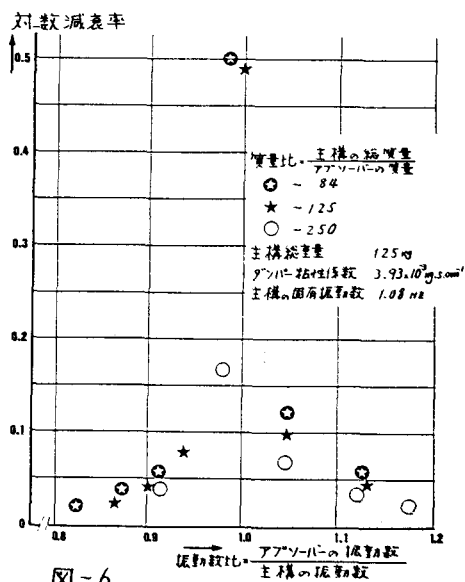
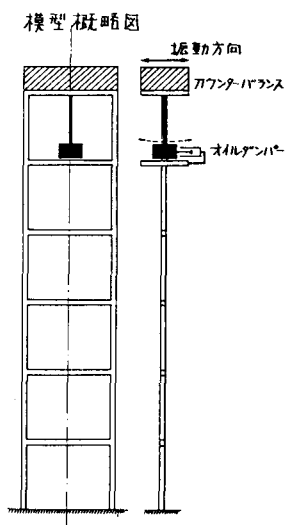


$$EI \frac{\partial^4 Y}{\partial x^4} + m \frac{\partial^2 Y}{\partial t^2} + \left\{ M \frac{\partial^2 Y}{\partial t^2} + M \frac{g}{L} Y + C \frac{\partial Y}{\partial t} \right\} \delta(x-x_0) = P(x, t), \dots (1)$$

$$(\cosh \lambda + \cos \lambda)^2 - (\sinh^2 \lambda - \sin^2 \lambda) - \left\{ \frac{-m\lambda^4 + i\mu\lambda^2 + 3g^2}{\lambda^3} \right\} \left\{ (\sinh \lambda - \sin \lambda)(\cosh \lambda + \cos \lambda) - (\sinh \lambda + \sin \lambda)(\cosh \lambda - \cos \lambda) \right\} = 0, \dots (2)$$

$$m = M/ml, \quad \mu = Cl/\sqrt{mEI}, \quad g = \sqrt{g/L}/\sqrt{K/M},$$

図-5 は、この新型式のアブソーバーの制振効果を確かめるための実験に用いた模型の概略図が示している。図-6 は、実験結果の一部と示したものであり、たて車軸に、対数減衰率、横車軸に、アブソーバーと主構との振動数比がとれている。アブソーバーの振動数と tuning することにより、大きな制振効果が得られていることが判る。



尚、この型式のアブソーバーの使用についてはさらに詳しい検討が必要であるが、詳細については別に発表したい。

- * Dynamic Behaviour of Flexible Structures with Vibration Absorber, 1980 77th W.C.E.E. 高橋 龍矢 名義。; “車軸振器による可塑性構造物の振動制御について”土木学会論文報告集 No.308, 1981. 高橋 龍矢。
- “橋梁構造の制振に関する基礎的研究”東北大学論文 No.602, 1982. 高橋。
- ※ 山口 昌彦, 藤井 “吊橋主塔架設時の固有振動制御対策に関する基礎的研究”第37回土木学会年講 1982.
- ※ 高橋 龍矢 “長大吊橋主塔の浮力振について” 88和57年度土木学会東北支部発表会。