

移動荷重による鋼橋の減衰定数推定に関する研究

広島大学工学部

学生会員 ○亀井 美希

和歌山工業高等専門学校 正会員

辻原 治

徳島大学工学部

正会員

澤田 勉

1. はじめに

橋梁を安全かつ合理的に設計するためには、構造性能を十分に把握することが欠かせない。その一つとして振動特性があり、橋梁の交通振動解析や耐震・耐風解析を行うためには、的確な評価が重要である。しかし、この振動特性のうち、特に減衰特性についてはいまだ不明なところが多い。長大橋梁については、架設後供用前に起振機を用いた実験が行われるが、中小橋梁については、一般にそのようなことは行われない。これまでに種々の中小鋼橋の減衰定数を調べた研究があり、基本振動数や支間長との関係で表されているが、大きくばらついている¹⁾。

本研究では、既設の中小鋼橋において、移動車両により加振した橋げたの上下振動を観測し、その減衰特性の評価を行った。そして、橋梁の減衰定数を同定し、支間等の橋梁パラメータとの関係について検討した。

2. 橋梁の起振と振動の測定

橋梁の振動観測は、荷重走行法による。一台の乗用自動車(写真 1 参照)を走行させて橋梁を起振する。単に走行させるだけでは起振力が小さいため、厚さ 3cm の木片を支間中央付近の路面に置き、タイヤがこれに当たるよう自動車を走行させる。阪本の研究²⁾によれば 20~40km/h の範囲では、車両の走行速度による減衰定数の推定結果に有意差は認められなかった。そこで起振の際には、40km/h 程度の一定速度で走行することとした。そして、支間のほぼ中央に設置した速度計により橋梁の上下振動を 60 秒間計測する。このようにして得られた波形のサンプルを図 1 に示す。計測記録を用いて、つぎに示す手順で減衰定数等を同定した。



写真 1 起振源の自動車

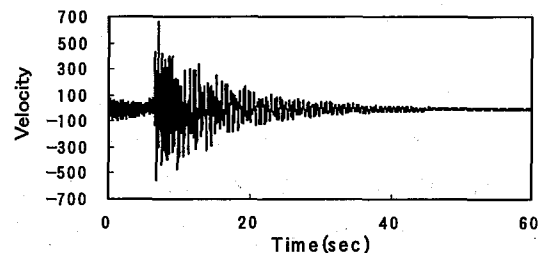


図 1 観測波形

- ① 自由振動と考えられる区間を抽出する。
- ② フーリエ変換を行う。
- ③ ハイパスフィルタとローパスフィルタを設定する。
- ④ フーリエ逆変換を行い、補正波形を得る。
- ⑤ 補正波形から減衰定数などを同定する。

3. 自由振動からの減衰定数の同定法²⁾

橋梁の減衰自由振動は次式で表されるものとする。

$$Y = C \cdot e^{-ht} \cos(nt - \phi) + b \quad (1)$$

ここに、 C, h, n, ϕ, b はそれぞれ、振幅、減衰定数、円振動数、位相、バイアスである。観測波形を $Y_{obs}(t)$ で表し、式(1)で計算される理論波形を $Y_{est}(t)$ で表すと、 C, h, n, ϕ, b の同定は次式を最小化する最適化問題として扱うことができる。

$$S = \sum \{Y_{est}(t) - Y_{obs}(t)\}^2 \rightarrow \min \quad (2)$$

上式を解くために、本研究では非線形最適手法の改良 SLP 法を用いた。

4. 同定の結果

本研究では、プレートガーダー、アーチ、トラス、ラーメンを含む 41 橋について調査した。そのうち 2/3 以上がプレートガーダー橋である。また 2 径間以上のものについては、各々の支間について観測・解析を行った。対象径間数とスパンについては図 2 のとおりで、調査した径間の総数は 72 である。なお、単純桁お

よび連続桁の違いによる減衰定数への影響は特にみられなかった²⁾ため、両者を区別しないものとする。

図3に支間長と基本振動数の関係を示す。ただし、同定がうまくいかなかったケースもあり、それらは除いている。図3の関係において、つぎに示す経験式¹⁾も併せて示す。 b は橋梁の種別によって異なる定数であるが、ここでは0としている。

$$F = 10^{\alpha} L^{-0.828}, \quad L: \text{支間長(m)}, \quad \alpha = 1.793 + b \quad (3)$$

本研究で推定された橋梁の基本振動数は、経験式と概ね対応する結果になっている。

図4は支間長と減衰定数の関係を示すものである。本研究で推定された減衰定数は0.001~0.02の範囲であり、従前の調査結果¹⁾と比較して、矛盾はないが若干小さめであった。調査対象の橋の支間長は30~50mのものが多く、減衰定数のばらつきは小さくない。短支間の橋梁では減衰定数のばらつきが大きいことは既に指摘されているところである¹⁾。本研究で対象としたのも支間の比較的短い中小鋼橋であり、両者の対応関係を明確化するには至らなかった。

一方、図5に比(支間長/幅員)と減衰定数の関係を示す。この比は橋梁の細長さを表すもので、図4と比較して、より明瞭な関係が見出せる。明らかな右下がりの傾向があり、橋梁が細長いほど減衰定数が小さくなる、つまり揺れが長く続くことを示している。短支間である中小鋼橋の場合、従来から指標とされてきた支間と減衰定数との関係を用いるより、比(支間/幅員)を用いる方が、より適切に減衰特性の評価が行えるのではないかと考えられる。

5. 強制振動からの減衰定数推定の試み

本観測法により得られた結果は、従前の調査結果¹⁾と矛盾はないが、平均的な値よりも小さめであった。これには、起振力の大きさが影響していると考えられる。起震源が乗用車とトラックの場合では推定結果に差異が生じるという報告がある²⁾。起振機を用いれば大振幅の振動を発生させることも可能であるが、数多くの既設の橋梁について、そのような方法を用いることは適切ではない。一方、本研究で採用している荷重走行法においては起振力が小さいため、比較的振幅の大きい荷重走行中の強制振動の振動波形を用いて、減衰定数を推定することが必要と考えられる。

本研究ではその試みとして、アルミ材の単純ばりを用いて、模型による室内実験と解析を行い、強制振動から減衰定数を推定する手法について、基礎的な検討を行った。詳細については、講演会当日に発表する。

参考文献：

- 1) 加藤雅史・島田静雄，橋梁実測振動特性の統計解析，土木学会論文報告集，第311号，pp.49-58，1981.
- 2) 阪本梨津子他，鋼橋の減衰定数推定に関する基礎的検討，土木学会四国支部第12回技術研究発表会講演会概要集，pp.48-49，2006.

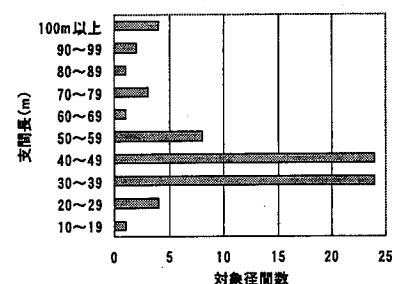


図2 スパンの分布

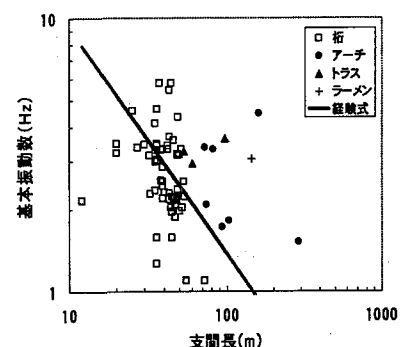


図3 支間長と基本振動数の関係

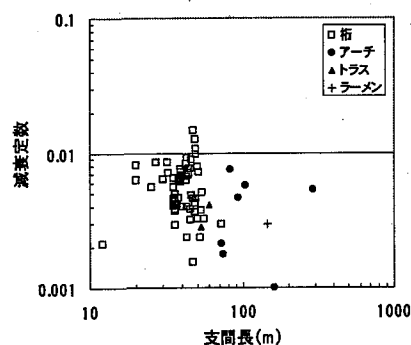


図4 支間長と減衰定数の関係

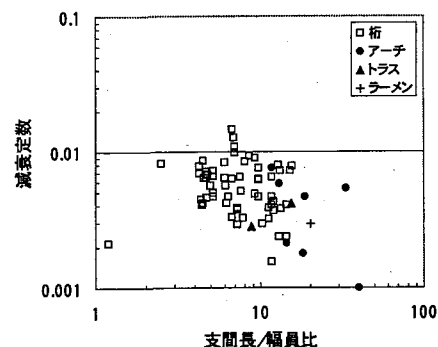


図5 比(支間長/幅員)と減衰定数の関係