

I-24 鋼橋の減衰定数推定に関する基礎的検討

国土交通省

正会員 ○阪本梨津子

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

橋梁を合理的に設計するためには、構造特性を的確に把握する必要がある。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必要不可欠である。しかしながら、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、そのようなことは一般に行われない。これまでに桁橋など中小の鋼橋の減衰定数を調べた研究があり、固有周期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。

本研究では、中小の既設の鋼橋において移動車輛により橋桁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、支間等との関係や単純桁と連続桁による違い等について検討した。

2. 橋梁の起振と振動の測定

橋梁の起振には、写真-1に示す一台の自動車を用いた。単に走行させるだけでは小さな起振力しか得られないため、厚さ 3 cm の板を路面に置き、これにタイヤ下部が当たるように自動車を走行させることとした。板は支間のほぼ中央に設置する。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 1 分間計測する。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。

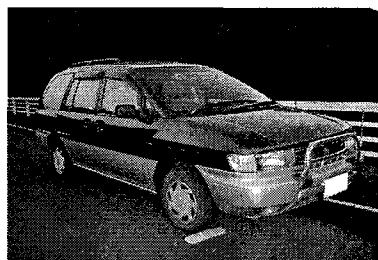


写真-1 調査に用いた車輛

- ① 自由振動と考えられる区間を抽出する (図-2 参照)。
- ② フーリエ変換を行う (図-3 参照)。
- 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 (図-4 参照)。
- ⑤ 補正波形をターゲットして減衰定数などを同定する

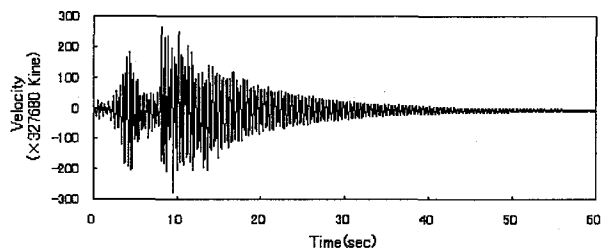


図-1 測定した橋梁振動の一例

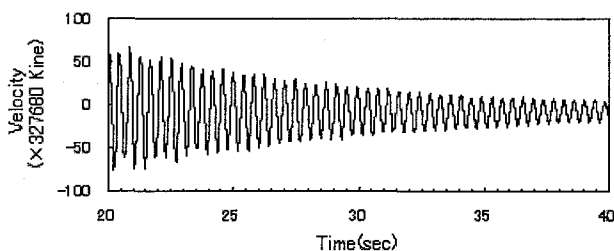


図-2 振動波形の区間抽出

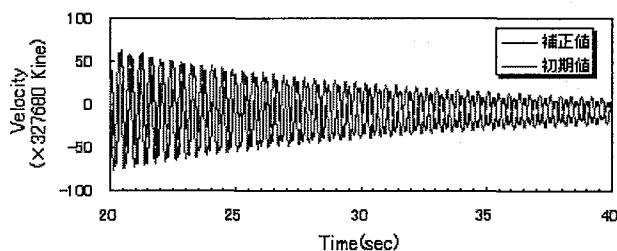


図-4 補正波形と理論波形(初期値)

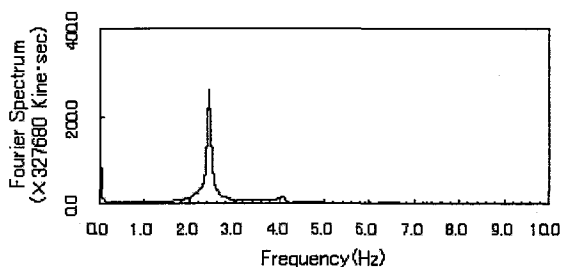


図-3 抽出波形のフーリエスペクトル

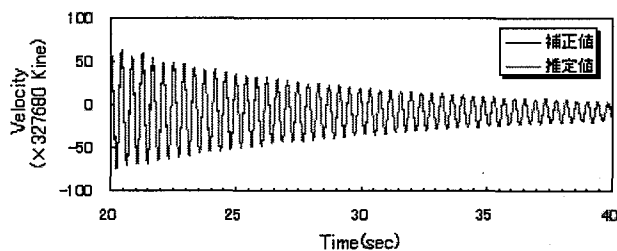


図-5 補正波形と理論波形(推定値)

(図-4, 5 参照).

3. 減衰定数の同定法

橋梁の減衰自由振動は次式で表されるものとする.

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

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. 図-6 に示すような観測波形を $Y_{obs}(t)$ 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 を同定する問題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. 結果

走行車輛の速度によって起振力は異なる. その減衰定数への影響を検討するために, 千鳥橋(3連の単純桁橋, 幅員 6m)の第一支間(支間 38m)を対象として, 走行速度を 20~40km/h まで変えて減衰定数を推定した. その結果を表-1 に示す. このように, この範囲のスピードでは, 有意な差は認められなかった. 千鳥橋において他の支間の減衰定数を推定した結果を表-2 に示す. 支間長がほぼ同じ第一および第二支間に比較し, 支間長が短い第三支間の減衰定数が他の 2 倍近くになっているのがわかる.

本研究では, プレートガーダー, トラス, アーチを含む 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である. 図-7 に支間長と基本振動数との関係を, また図-8 に支間長と減衰定数の関係を示す. 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.

支間長と基本振動数の関係において, 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.

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

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.

つぎに, 支間長と減衰定数については, 従前の調査結果¹⁾と比較して, ばらつきが小さく, 減衰定数と支間長との関係がより明瞭に現れている. 本研究で推定された減衰定数は 0.001~0.02 であり, 従前の調査結果と矛盾はないが, 平均的な値よりも小さめであった. これは, 起振力の大きさが影響していると考えられる. 今回, トラック通過後の振動を観測して比較してみたが, 自家用車の場合の 2 倍程度になることがわかった. 今後, 車輛の種類による起振力の違いが減衰定数に及ぼす影響の定量的な評価も行っていく必要がある. 参考文献:

1) 土木技術者のための振動便覧, 土木学会, pp.107-108, 1985.

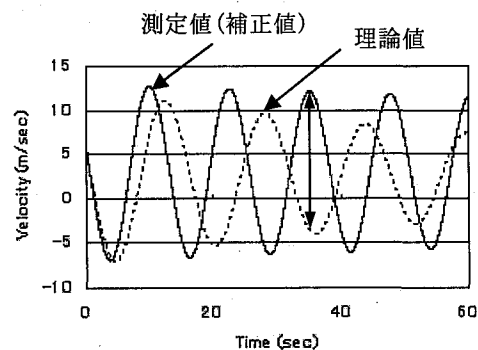


図-6 観測波形と理論波形

表-1 走行スピードと減衰定数

スピード(km/h)	減衰定数
20 (1 回目)	0.00478
20 (2 回目)	0.00463
30	0.00465
40	0.00491

表-2 千鳥橋の減衰定数

千鳥橋	支間長(m)	減衰定数
第一支間	38	0.00474
第二支間	37	0.00406
第三支間	27	0.00869

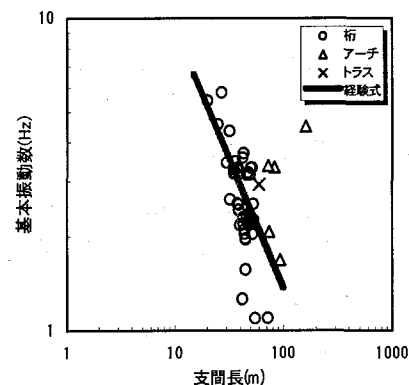


図-7 支間長と基本振動数の関係

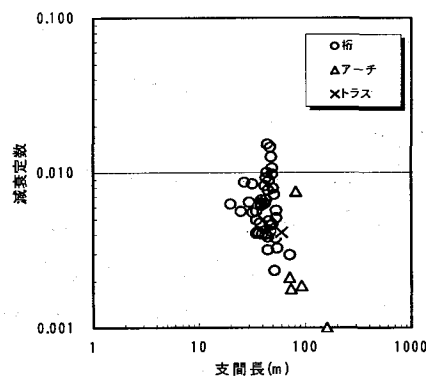


図-8 支間長と減衰定数の関係