

橋梁の振動を可視化する簡易な計測装置の製作

東北工業大学 都市マネジメント学科 正会員 ○山田 真幸
沼田 季大
後藤 優太

1. はじめに

2014年に近接目視による定期点検が義務化され、全ての橋梁で健全度評価が行われている。近接目視で変状の有無を観察することは重要であるが、橋梁全体としての健全度を把握することはその大きさ故に容易ではなく、局所の変状と全体の劣化には相違がある場合が考えられる。橋梁の剛性などが簡易な方法でも把握できれば上乗荷重に耐えることを主たる目的とする橋梁の、健全度化に関する直接的で重要な評価が得られる。

本研究では橋梁の固有振動数を計測したい。固有振動数から剛性などを求めることで、関連した指標を得ることが可能となる。橋梁の振動計測では、古くは起振機により励起した振動を種々の方式による変換器で加速度や変位などの物理量で計測し、得られた共振曲線から固有振動数を得るなどしている¹⁾。このうち加速度の計測では不動点の設置が不要なことから比較的容易に計測可能であり、また高精度で低廉なセンサー等の開発や計算機の発達により、近年では通過交通等で発生した加速度時刻歴にデータ処理を実施することでたわみや固有振動数などの指標を得ることが多い²⁾。

本研究では技術者不足・管理費用不足の問題を念頭に、簡単に製作・観測できることを重視した簡易な橋梁振動計測装置の製作を試みた。

2. 梁の曲げ振動により共振を可視化する装置

図-1に1自由度系振動の共振を可視化する装置を示す。片持ち梁として基部を固定したアルミ板（振動子）に重りが固定され、回転速度可変のモーターで駆動されるクランクで片持ち梁の基部が往復運動するものである。モーターの速度を調節することで、この振動台上の振動子（アルミ板）が共振して大きく振動する様子が観察できる。

ここでは歩道橋を計測対象として、上記の装置を元に橋梁の振動を可視化する装置を作成した。歩道橋では歩行者の歩調と固有振動数とが重ならないように調整されている。歩調域の大きさは1.5～2.3 Hz程度であり³⁾、この程度の振動数で共振が可視化できることを

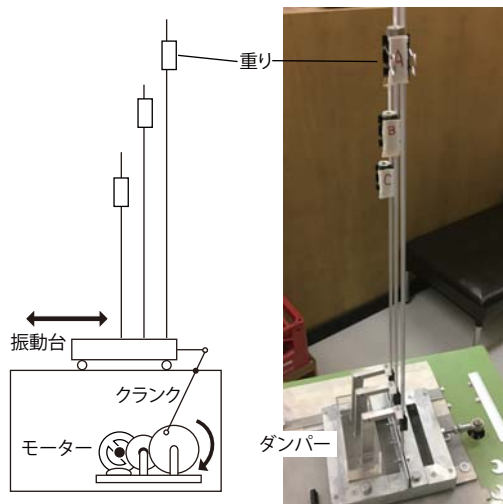


図-1 1自由度系振動の共振装置（学生実験用）



図-2 製作した簡易な計測装置

目標とした。製作した計測装置の概要を図-2に示す

木製の基部に鋼製の振動子を3辺に配置して固定している。振動子に重りは無く、厚さが1.0 mm、幅が20 mmの等断面の板状のものである。長さは次式を用いて決定した。

$$n_s = \frac{1.8751}{l^2} \sqrt{\frac{EI}{wA}} \quad (1)$$

n_s はベルヌーイ・オイラー梁の1次の振動方程式の解から得た固有角振動数である。境界条件は片持ち梁で、 l は長さ、 E はヤング係数、 I は断面二次モーメント、 w は単位体積質量、 A は断面積である。2.3～5.0 Hzまでの振動子の長さを上式より求めた。式(1)中の E/w は鋼とアルミとで同程度であったが、より小さい装置となることから鋼板から振動子を製作した。

Key Words: 橋梁, 振動, 計測

〒982-8577 宮城県仙台市太白区八木山香澄町 35-1, TEL 022-305-3540, FAX 022-305-3501

製作した振動子の複数個を基部に取り付け、これを図-1に示した振動台で共振振動数の計測を行った。結果を表-1に示す。

表-1 振動子の共振振動数の計測

固有振動数 (Hz)	長さ (mm)	共振振動数 (実測) (Hz)	差 (Hz)
2.3	600	2.0	0.3
2.5	575	2.3	0.2
2.8	543	2.5	0.3
3.0	525	2.8	0.2
3.3	501	3.0	0.3
3.5	486	3.2	0.3
3.8	466	3.5	0.3
4.0	455	3.6	0.4
4.3	439	3.8	0.5
4.5	429	4.1	0.4
4.8	415	4.5	0.3
5.0	407	4.8	0.2

計測は減衰を生じさせるデバイス（ダンパー）を撤去して実施したが、共振振動数は0.3 Hz程度式(1)で得られた値より小さくなった。またこの計測で振動子の観察から0.3 Hz程度の共振振動数の差異が区別できたことから、最終的に12本の振動子を製作した。

3. 橋梁の固有振動数の計測

本装置を用いて歩道橋の固有振動数の計測を試みた。

(1) 歩道橋1の計測



図-3 歩道橋1

図-3の歩道橋は鋼製で支間長は約18m、幅は約1.3mである。振幅が最も大きくなると思われる1次振動を計測することを目的として支間中央に装置を設置した。はじめに2.0～3.5 Hzの振動子を固定した計測装置で計測したが、3.5 Hzの振動子以外はほとんど振動が生じなかった。そのため2.8～4.8 Hzの振動子を固定した計測装置で再度計測したところ4.5 Hzの振動子が良く振動した。

本計測では作業者が橋梁上で足踏みをするなどして振動を励起させている。その際には意図的に共振振動

数以外の振動数（ここでは3 Hz程度）で振動を励起しているが、前述のとおりその付近の振動子に共振は生じなかった。

(2) 歩道橋2の計測



図-4 歩道橋2

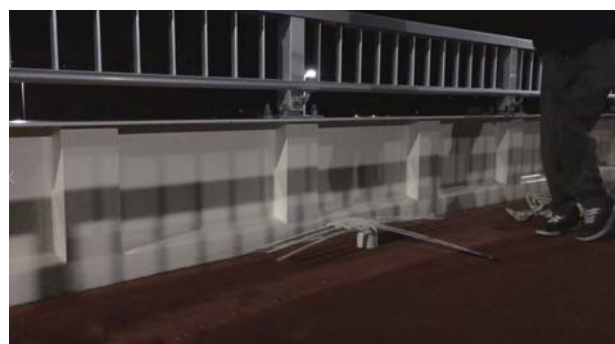


図-5 計測の様子(歩道橋2)

図-4の歩道橋は鋼製で支間長は約26m、幅は約2.0mである。ここでも2.0～3.5 Hzの振動子を用いた計測装置と2.8～4.8 Hzの振動子を用いた計測装置で同様に計測を実施した(図-5)。本橋梁では3.0 Hzの振動子がよく振動した。本橋梁は歩道橋1よりも支間が長いことから固有振動数が低くなることが予想されたが、そのような計測結果となった。

4. まとめ

共振を利用した橋梁の振動を可視化する簡易な計測装置を製作した。振動台による実験では0.3 Hz程度の精度で共振振動数を得る事ができた。この装置を用いて2橋の歩道橋で人による振動励起で固有振動と思われる振動数の測定が可能であることを確かめた。

参考文献

- 1) 小坪清真：第18章 振動の測定と解析，土木振動学，pp.331-354，森北出版，1973。
- 2) 梅川雄太郎，菅沼久忠，木下幸治：複数加速度センサを用いた橋梁のたわみ算出方法の適用性および精度向上に関する検討，第74回年次学術講演会講演概要集，土木学会，CS9-39，2019。
- 3) 田中信治，加藤雅史：設計時における歩道橋の振動使用性照査法，土木学会論文集 No.471/I-24，pp.77-84，1993。