

I-431

実測による歩道橋の振動振幅に関する一考察

○ 中部復建係 正 田中 信治 九州東海大学 正 加藤 雅史
名古屋大学大学院 学 鈴木 森晶 J R 東海 吉田 康史

1. はじめに

筆者らは、今までに幾つかの歩道橋の振動測定と解析および検討を行い¹⁾²⁾、通常の使用状態における解析手法を述べるとともに、固有振動数が2 Hz前後でも使用上問題のない歩道橋もあるということがわかった。そこで今回はこれら実測してきた歩道橋の中で不快固有振動数（1.5～2.3 Hz）付近に1次固有振動数が実測された4橋（A、B、C、D橋）について、振動数だけでなく振動振幅に着目して振動測定を行い、歩道橋の使用性について検討を行ったので以下に報告する。

2. 振動測定

（1）対象橋梁 本測定では、（歩行者の歩調と共振して歩行者に不快感を与えるような固有振動数を避けることが難しいとされている）40 mを越える支間長を有し、一般的な構造形式の桁橋を4橋選んで対象とした。対象橋梁の諸元を表-1に示す。尚一般的な単純鋼 I 桁の横断歩道橋 A 橋のみ立体横断施設技術基準が発刊される以前に架設された歩道橋である。

（2）測定方法

表-1 対象橋梁の諸元

対象とした橋梁の固有振動数は既に測定済であるので、本測定では振動振幅に着目し、次に示す7種の歩行あるいは走行状態の振幅を測定した。

- 1) 1人共振歩調歩行
- 2) 2人共振歩調歩行
- 3) 1人2 Hz歩行
- 4) 2人2 Hz歩行
- 5) 1人走行
- 6) 2人走行
- 7) 5人ランダム歩行

種 類	形 式	スパン (m)	幅員 (m)	断面二次 モーメント : E (cm^4)	剛 性 $E I$: ($\text{kgf} \cdot \text{cm}^2$)	上部工 重 量 (t)	実測固有 振動数 (Hz)
A	一般歩道橋	単純鋼床版 I 桁	40.86	1407120	2.9550×10^{12}	30.40	$f_1 = 2.27$
B	一般歩道橋	単純鋼床版箱桁	42.00	6000000	1.2600×10^{13}	68.46	$f_1 = 2.81$
C	人 道 橋	単純鋼床版箱桁	49.50	9840000	2.0664×10^{13}	172.06	$f_1 = 1.65$
D	遊 歩 道 橋	単純合成鋼箱桁	48.55	8600000	1.2276×10^{13}	161.82	$f_1 = 1.48$

A～C橋： $E = 2.1 \times 10^6 (\text{kgf/cm}^2)$ 、D橋： $E = 1.86 \times 10^6 (\text{kgf/cm}^2)$

なお、共振歩調歩行とはそれぞれの1次固有振動数に相当する歩調での歩行を意味している。共振歩調歩行及び2 Hz歩行では、事前にメトロノームをその振動数で動かして、その音を録音しておき、歩行者がテープレコーダを持って再生し、その音に合わせて歩行した。

測定には動電型速度計およびサーボ型加速度計をスパン 1/4（右1/4）点、1/2（中央）点、3/4（左1/4）点に設置し測定を行った。

（3）測定結果 測定した速度波形と加速度波形から速度実効値を求めたが、両者の結果に差がみられた。そこで速度波形から求めた速度実効値の方が加速度波形から求めた値よりも大きかったこと、また加速度波形からの算定では読み取った値を正弦波と見なして一度積分する操作をしていることから、ここでは速度波形から求めた値を測定結果として採用した。

各歩道橋の各ケースの最大速度実効値（中央点での速度実効値）を表-2に示す。また、これらの速度実効値に対して小堀、梶川³⁾が提案している分類によってまとめたものを表-3に示す。

3. 最大速度実効値と剛性及び質量との関係による不快感の検討

表-1及び3から次のことがいえる。共振歩調歩行時は他のケースに比べ歩道橋が振れやすいということは言うまでもない。しかし剛性、質量の大きさにより、振れかたに大きな違いがみられる。剛性、質量共に小さいA橋においては、速度実効値が2.7 cm/s以上となり大いに不快な領域に入っており、剛性、質量が比較的大きいB橋についても同様な結果となった。剛性、質量共に大きいC橋については先の2橋に比して

表-2 速度実効値の最大値

橋梁名	共振歩調歩行		2 Hz 歩行		走行		ランダム歩行
	1人	2人	1人	2人	1人	2人	
A	3.752	4.716	0.909	1.365	1.202	3.456	1.142
B	3.094	5.436	0.138	0.237	4.025	4.304	0.288
C	0.835	1.209	0.100	0.192	0.103	0.170	0.243
D	0.188	0.456	0.056	0.103	0.140	0.341	0.175

表-3 速度実効値からの検討

橋梁名	構造形式	共振歩調歩行		2 Hz 歩行		走行		ランダム歩行
		1人	2人	1人	2人	1人	2人	5人
A	単純鋼床版I桁	×	×	△	×	○	△	△
B	単純鋼床版I桁	×	×	◎	◎	×	×	◎
C	単純鋼床版箱桁	○	△	◎	◎	◎	◎	◎
D	単純合成鋼箱桁	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎

◎ : 速度実効値が0.42 cm/s 以下 振動を感じない
 ○ : 速度実効値が0.42 cm/s 以上 振動を感じ始める
 △ : 速度実効値が0.85 cm/s 以上 大いに振動を感じる
 × : 速度実効値が1.70 cm/s 以上 少し不快を感じる
 ×× : 速度実効値が2.70 cm/s 以上 大いに不快を感じる

振動を感じない領域に入っている。

次に2 Hz歩行時については、A橋が大いに振動を感じる領域に入っており、これはA橋の固有振動数が2 Hzに近い値であるためだと考えられる。剛性、質量がA橋より大きいB、C、D橋では振動を感じない領域に入っており、通常の2 Hz歩行ではほぼ問題がないといえる。

走行時において気になることは、B橋が大いに振動を感じる領域に入っていることである。B橋の固有振動数が走行時の歩調と比較的近づいているためと考えられるが、1人が歩道橋を走って渡る可能性を考えると、使用性を考えた場合今後の課題と言えよう。

最後にランダム歩行については、全体的に共振歩調歩行および2 Hz歩行よりも振動を感じない結果となった。

参考文献

- 1) 田中信治、加藤雅史：歩道橋の固有値解析と測定値との比較，土木学会第44回年次学術講演会講演概要集（第1部），（1989），pp. 642-643.
- 2) 田中信治、加藤雅史：歩道橋の固有振動数の測定と解析による検討，構造工学論文集，Vol. 36A，（1990），pp. 671-678.
- 3) 小堀為雄、梶川康男：橋梁振動の人間工学的評価法，土木学会論文報告集，No. 230（1974），pp. 23-31.