

I-295 歩道橋の固有値解析と測定値との比較

○ 中部復建(株) 正 田中信治
名古屋大学 正 加藤雅史

1. まえがき

横断歩道橋の振動が問題となつてからかなりの歳月が経っている。最近では一般道路にかかる横断歩道橋の新設はかなり少なくなっているが、その反面、側道橋や河川歩道橋（人道橋）、公園広場等に架けられるシンボリック要素を含んだものまで多種多様化している。またこれらの歩道橋はその目的に適合させるため一般歩道橋と比べて大幅員、長スパン化しているのが現状である。現行の立体横断施設技術基準〔以下基準と略す〕では歩行者の歩調と共振して歩行者に不快感を与える固有振動数（1.5～2.3Hz）を避けることが決められている。この振動数を避けるため、設計段階においていろいろ悩まされているのが実状である。

そこで今回、愛知県下および名古屋市内のいろいろなタイプの横断歩道橋の振動測定を行い、実振動特性と解析値との比較を行ったので報告する。

2. 歩道橋の振動測定

測定の対象とした歩道橋はスパン30m以上、上路式の単純桁とし、表-1に断面諸元を示す。A、Bは基準設定以前に建設された横断歩道橋で、建設省が設定した標準図集に基づいている。C、Dは1つの河川に連続して架けられたRC床版を有する側道橋である。またE、FはI桁断面、G、Hは箱桁断面を有する人道橋である。

今回の測定は歩道橋の振動特性を知ることが目的とし、対象とした振動特性は、固有振動数と振動モードである。歩道橋を加振させるにはさまざまな方法が考えられるが常時微動法、人力加振法、衝撃加振法などそれぞれの歩道橋に適切な複数の方法を採用した。測定した結果を表-2に示す。なお振動モードはすべて、面内1次が対象モード、面内2次が逆対象モードとなった。

3. 固有値解析

測定を行った歩道橋は、あらかじめ関係各所より設計図書入手しそれに基づいて2次元固有値解析を行った。解析のモデルとして以下に示す4ケースを考え各歩道橋の実モデルに適するように2～3ケースのモデルを選び解析をした。その結果を表-2に示す。

- ① 主要部材のみの剛度および質量の値 ② ①に手すり、化粧版などの剛度および質量を加えた値
③ ①にその他の部材の質量を加えた値 ④ ②にその他の部材の質量を加えた値

なお各支点については、一つは固定支点として、他は移動支点として解析を行った。また各支点の回転は自由とした。

4. 比較検討

歩道橋の振動解析の場合、その多くは主要部材のみの剛度および質量の値より、振動特性を求めることになる。今回の解析ケースではケース①に相当する。正確を期す意味においては、ケース③もしくはケース④で解析を行うべきであろうが、表-2をみるとG、Hを除く他の歩道橋では、ケース①とケース③、④との差

表-1 各歩道橋の断面諸元

歩道橋名	断面形状 スケルトン	形式	スパン (m)	桁高 (m)	幅員 (m)	I ($\times 10^8$ cm ⁴)
A		単純I桁	41.50	1.30	1.50	1.615
B		単純I桁	43.50	1.30	1.50	1.534
C		単純I桁 (RC床版)	30.13	1.20	2.50	3.177 4.913
D		単純I桁 (RC床版)	31.38	1.20	2.50	3.177 4.586
E		単純I桁	36.60	1.10	2.50	1.634 2.168
F		単純I桁	32.14	1.30	2.00	1.406
G		単純箱型	31.50	0.70	2.25	0.928 3.279
H		単純箱	42.30	1.00	4.00	1.561 4.650

は、1次の振動数では5%以内である。表-2の右端に記してある実測結果と比較すると、ケース③、④の値の方が、実測の振動数により近い値となっているが、ケース①の値も10%以内の差で一致した。ところが、G、Hの解析結果が、実測値の振動数と大きくかけ離れている。この2橋に関してはいろいろなケースの解析を試みた。また実測に対しても加振法、測定位置を変化させ、計3回の測定を行った。しかし結果は同じであった。

そこで支点条件に注目し以下の解析を試みた。ここで支点条件を分かりやすくするために、Y方向固定をMov.、X、Y方向固定をFix.、回転固定をRot.として、考えられる全てのケースについて解析を行った。その支点条件と解析結果を表-3に示す。表-3からケース2が比較的よく一致する。ケース①～④までは想定できるケースであり⑤、⑥は実構造物とかけ離れている。1つの支点の回転を固定と仮定した場合固有振動数だけでなく振動モードも変化する。1次の振動モードは通常左右対称モードであり、2次のそれは逆対称モードである。そこで解析における1次、2次の振動モードおよび実測（5節点）におけるそれを図化したものを図-1に示す。回転を自由とした場合、センターより対称な節点における振幅の絶対値は等しいが、今回の場合は最大で2倍程度絶対値が異なる。このことは実測についてもあてはまり、この2橋における実橋の解析ケースのモデルとしては、固定点の回転も固定としたケースが概ね妥当であったことと判断できる。換言すれば、この2橋の実振動特性のモデルはカンチレバー形式の先端に支点があるというケースといえよう。以上のように興味深い結果が得られた。このことは、これら2橋に限っていえることであり一般の歩道橋については表-2に示すように実測と通常の解析と一致する。ここでこの2橋が一般の歩道橋の形式と大きく異なる点は、主桁タイプが箱型であり、架設地点の環境から支点となる橋脚、橋台が一般の歩道橋のような鋼製柱ではなく剛性に富んだRC橋台を有していることである。

5. 結語

本研究では、歩道橋の振動測定とその固有値解析を行い、次の結論が得られた。

1) 歩道橋の振動解析は、今回対象としたような歩道橋に限り主要部材のみで固有値解析を行っても比較の実測値と適合する。

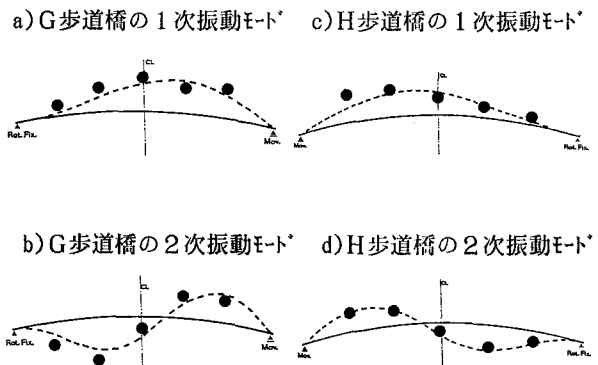
2) 橋台で支持されて箱桁断面を有する大規模な歩道橋では、設計と同じ支点条件の解析値は通常使用時の振動特性と必ずしも一致しない。

表-2 解析結果と実測結果

歩道橋名	解析ケース	解析結果		固有振動数 (測定値)
		1次振動数	2次振動数	
A	①	2.274 Hz	8.893 Hz	F1=2.17 Hz F2=7.87 Hz
	②	2.315 Hz	7.891 Hz	
	③	2.241 Hz	8.981 Hz	
B	①	1.993 Hz	7.971 Hz	F1=1.89 Hz F2=7.29 Hz
	②	2.093 Hz	8.730 Hz	
	③	2.023 Hz	8.092 Hz	
C	①	3.317 Hz	12.838 Hz	F1=3.31 Hz
	②	3.277 Hz	12.889 Hz	
D	①	3.143 Hz	12.045 Hz	F1=3.25 Hz
	②	3.105 Hz	11.908 Hz	
E	①	2.983 Hz	11.845 Hz	F1=3.48 Hz F2=7.81 Hz
	②	3.263 Hz	13.043 Hz	
	③	3.130 Hz	12.512 Hz	
F	①	3.318 Hz	13.324 Hz	F1=3.48 Hz F2=9.65 Hz
	②	3.689 Hz	17.762 Hz	
	③	3.527 Hz	14.104 Hz	
G	①	2.992 Hz	12.504 Hz	F1=5.25 Hz F2=9.28 Hz
	②	2.763 Hz	11.808 Hz	
H	①	1.408 Hz	6.837 Hz	F1=2.78 Hz F2=8.04 Hz
	③	1.344 Hz	6.582 Hz	

表-3 支点条件を変えた時の解析結果

解析ケース	支点条件		1次固有振動数の解析値	
	支点1	支点2	A歩道橋	B歩道橋
①	Mov.	Fix.	2.753 Hz	1.344 Hz
②	Mov.	Rot.Fix.	4.745 Hz	2.531 Hz
③	Rot.Mov.	Rot.Fix.	7.569 Hz	4.254 Hz
④	Fix.	Fix.	8.987 Hz	5.410 Hz
⑤	Fix.	Rot.Fix.	10.717 Hz	6.222 Hz
⑥	Rot.Fix.	Rot.Fix.	11.889 Hz	7.107 Hz



-----は解析値を示す ● は実測値を示す

図-1 振動モード