

歩道橋の固有振動数の測定と解析による検討

A STUDY ON VIBRATION MEASUREMENT AND ANALYSIS WITH PEDESTRIAN BRIDGES

田 中 信 治^{*} 加 藤 雅 史^{**}
By Shinji TANAKA and Masafumi KATO

In the design of pedestrian bridges, it is important to take vibration serviceability into consideration. It is not desirable to coincide the natural frequency of the pedestrian bridge with the frequency of the users' steps. From this viewpoint, the natural frequencies must be estimated very accurately at the design stage.

In this study, the natural frequencies of various pedestrian bridges were measured in the field and were calculated by assuming several analytical conditions. In addition, the stiffness of the pedestrian bridge with reinforced concrete slab and the supports conditions were investigated.

1 まえがき

昭和40年ごろから高度経済成長に伴い、著しく自動車が増加し自動車中心の社会になった。その結果、道路交通の混雑と交通事故の多発が大きな社会問題となり、それらの解決策、交通安全施設の一つとして一般道路にかかる横断歩道橋〔以下一般歩道橋と略す〕が全国各地に数多く設置された。この頃の歩道橋は、一般に他の道路橋に比べ規模が小さく、荷重条件も比較的簡単であり、構造もシンプルなものが多かった。そのため建設省では、幅員1.50~2.25m、支間長およそ30mまでのものに対して建設省標準設計(歩道橋編)〔以下標準設計と略す〕を設定した。ところが近年では、前記の目的のための一般歩道橋の新設はかなり少なくなっている。その反面、次に示すようなタイプの横断歩道橋が多く架けられるようになった。

- 1) 歩行者保護の目的から幅員の狭い道路橋に平行して架けられるかなり長支間の歩道橋。……〔以下側道橋と略す〕
- 2) 河川によって分断されている地域のコミュニケーションをはかるため、また学童、生徒の通学路を短くするための歩行者専用の河川歩道橋。……〔以下人道橋と略す〕
- 3) 公園、団地、広場等やサイクリングロードの一環として設けられる、シンボリック要素を含んだ歩道橋……〔以下遊歩道橋と略す〕

以上に示すような歩道橋は、既設の道路橋のスパンに適合させたり河川条件を満足させたり、またその必

* 名古屋大学研究生 工学部土木工学科 (〒464-01名古屋市千種区不老町)

** 工博 名古屋大学講師 工学部土木工学科 (〒464-01名古屋市千種区不老町)

要条件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。一般に橋梁の固有振動数は、支間長Lの平方に反比例、剛性EIの平方根に比例、そして質量Mの平方根に反比例する。そのため、基本的に30～50mのスパンを有する歩道橋は、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〔以下不快固有振動数と略す〕を避けることは非常に難しい。

近年建設された大型化した歩道橋も含めて、歩道橋は利用対象が歩行者ということから、一般の道路橋と比べてスレンダーで死荷重も小さい。このことは歩行者が歩道橋を利用する際に、歩道橋にたわみを発生させ、その結果振動させる。歩行者によって誘起される振動が直接的に歩道橋を崩壊させることはまずないとしても、地覆や高欄などの2次部材の部分的な破損を招いたり、部材継手部の疲労を早めて耐用年数を低下させる結果となる可能性がなくはない。しかしそれ以上に増幅された振動は、利用者に不安感や心理的に不快感を与えることになる。そこで、牛尾ら¹⁾、松本ら²⁾によって、歩行者の歩調は2Hz前後で、しかも歩道橋の減衰性能はきわめて低いために固有振動数が歩調に一致すると振動が増幅される事があると報告された。その後小堀、梶川ら³⁾によって、単独歩行だけでなく、群衆歩行によっても歩道橋の振動が歩行者に心理的不快感を与えることがあり、できるだけそれを避けるため歩道橋の1次または2次の固有振動数は、1.5～2.3 Hzを選けたほうがよいと提案された。そして昭和54年発行された日本道路協会発行の立体横断施設技術基準⁴⁾〔以下基準と略す〕では、「活荷重による主げたの振動は利用者に不快感を与えてはならない」という振動に関する項目が設定された。その後昭和60年2月の標準設計⁵⁾においては「主桁のたわみ振動の固有振動数は1.5Hz～2.3Hzの範囲を避ける」と明記された。

そこで本論文では、以下の項目を把握することを目的として、愛知県および名古屋市内に架けられた、いろいろなタイプの横断歩道橋の振動測定を行い、設計段階での解析値との比較および、想定されうるモデル化との検討を行ったのでここに報告する。

- 1) 設計時において計算された振動特性と実橋でのそれが一致するかどうか
- 2) 解析時のモデル化が実橋に適合しているかどうか
- 3) 固有値解析をする場合の鉄筋コンクリートの剛性の評価方法

2. 歩道橋の振動調査

2. 1 振動調査対象歩道橋

まえがきにも述べたように、本論文の目的に合うように、振動調査の橋梁タイプは一般的なデッキタイプ（主桁断面はI桁および箱桁）とし、原則として「基準」に適している昭和54年以降に設計された比較的新しい橋梁とする。また「基準」設定以前に架けられた、よく揺れそうな橋梁も調査対象とし、支間30m以上の鋼単純桁とした。

対象とした歩道橋は、一般歩道橋A・B、側道橋A・B、人道橋A・B、遊歩道橋A・Bの各タイプ2橋ずつの計8橋である。表-1に各歩道橋の諸元を示す。一般歩道橋A・Bは「基準」設定以前に建設された支間40mを越す、かなり揺れやすい歩道橋である。他の6橋はすべて「基準」設定以後に架けられたものであり、側道橋A・Bは共にRC床板を有している。また遊歩道橋A・Bは公園に隣接して

表-1 各歩道橋の諸元

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)	断面2次モーメント ($\times 10^9 \text{cm}^4$)
一般歩道橋 A		単純I桁	41.50	1.30	1.50	1.615
一般歩道橋 B		単純I桁	43.50	1.30	1.50	1.524
側道橋 A		単純I桁 (RC床版)	30.13	1.20	2.50	3.177 4.913
側道橋 B		単純I桁 (RC床版)	31.38	1.20	2.50	3.177 4.586
人道橋 A		単純I桁	36.60	1.10	2.50	1.634 2.168
人道橋 B		単純I桁	32.14	1.30	2.00	1.406
遊歩道橋 A		単純箱型	31.50	0.70	2.25	0.928 3.273
遊歩道橋 B		単純箱型	42.30	1.00	4.00	1.561 4.650

いるため景観を損ねないように配慮された太鼓（アーチ）型の側面を有している。

2. 2 実測方法

今回の測定においては、実測値と設計時およびモデル化との比較検討をするため、面内振動の1～2次までを扱い振動特性の内、固有振動数と振動モードを対象とした。測定は、支間の中央および左右1/4点または、1/6、2/6点に速度計を設置した。なお加振方法にはさまざまな方法⁶⁾が考えられるが、道路橋と比べるとスレンダーで死荷重が小さいので下記の方法を用いた。

1) 常時微動法

橋下を通る車や風などによって歩道橋は、微少ではあるが絶えず振動している。その振動を測定する。

2) 人力加振法

人間が1人もしくは2、3人で歩行したり走行またはジャンプする。

3) 衝撃加振法

橋上にゴム板をしきハンマーで打撃したり、砂袋を1～2mの高さより落下させる（写真－1参照）。今回の測定では、上記の方法よりそれぞれの歩道橋に適切な複数の方法で加振した。



写真－1 砂袋による衝撃加振法の状況

2. 3 実測結果

以上のような加振方法で測定したデータをデータレコーダーに記録しコンピューターによってスペクトル解析した。得られた各歩道橋の固有振動数を表－2に示す。固有振動数については、解析して得られたパワースペクトルのピークの値が各チャンネル、各ケース間の測定データに多少のばらつきがあるのでそれらの値を平均したものにした。また今回の測定の目的から推定する固有振動数は、10Hz以下の1次および2次振動数とした。前節で3通りの起振方法を示したが、1)では期待したほど揺れない歩道橋があり、2)では歩道橋の固有振動と、人間の歩行および走行時の固有周期の振動が発生し、パワースペクトルの、どのピークが歩道橋の固有振動の値か判断するのが困難な歩道橋もあった。また、3)のハンマーによる加振は加振力が判明でき、衝撃加振法に基づく解析手法を採用すれば良いが、局所振動となりやすく高周波成分が卓越しやすい等の問題がある。砂袋を落としたときのパワースペクトルは、歩道橋の固有振動のみが卓越しており、ピークの値も他の起振方法と比べると各チャンネル間のばらつきは小さかった。

3. 固有値解析

3. 1 解析モデル

測定を行った歩道橋は、あらかじめ関係各所より設計計算書、設計図書を入手し、それらに基づいて以下の①～④のモデル化を行い、固有値解析した結果を表－2に実測結果とともにまとめて示す。なお表－2の設計値はそれぞれの設計計算書に記載されていた値（ない場合は「基準」にもある梁の式で求めた値）を示

した。また支点条件としては、一つは回転支点として、他は移動支点として解析を行った。

- 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（アスファルト舗装やタイル等）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

3. 2 R C床版を有している場合の解析手法

側道橋A・BはRC床版を有しており、以下にこのケースの解析手法を述べる。固有値解析をするにあたって、必要な諸数値で流動的な値がコンクリートの弾性係数である。一般的にコンクリートの弾性係数はその品質によっても異なり、その圧縮強度の関数として表示する方法については、古くから多くの計算式が提案されている。今回実施した振動測定において振動時の応力レベルは微小であり、解析に用いる動弾性係数 E_d は初期弾性係数 E_i にほぼ一致すると考えられることから⁷⁾、コンクリートの弾性係数の算定にはCEB-FIP国際基準⁹⁾の次式を用いることにした。

$$E_i = 20665 \sqrt{f_c} \quad \text{-----} \quad (1)$$

ただし、 E_i : コンクリートの動弾性係数 (Kgf/cm²)

f_c : 円柱供試体による圧縮強度 (Kgf/cm²)

上式で計算する場合圧縮強度 f_c が問題となるが、合成桁で設計する場合道路橋示方書⁹⁾に従い、RC床版のコンクリートの設計基準強度は270Kgf/cm²以上となる。またコンクリートはその性格上、月日の経過と共に圧縮強度は増加する傾向があり、また最近のコンクリートの品質管理の向上等を考慮に入れば円柱供試体による圧縮試験を行わなくても、固有値解析をするに際しては $f_c = 300 \sim 350$ Kgf/cm²を採用するのが妥当であると考えられる。ここで今回はコンクリートの設計基準強度が300Kgf/cm²であるため1割増の $f_c = 330$ Kgf/cm²を採用した。さらにRC床版は一般のRC構造物よりも鉄筋が密に入っているケースが多く、その鉄筋による弾性係数の割増しを考慮するとRC床版の弾性係数 E は次式で与えられる⁷⁾。

$$E = E_c \left(1 + \frac{A_s}{A_c} \frac{E_s}{E_c} \right) \quad \text{-----} \quad (2)$$

ただし、 E : 鉄筋により割増したコンクリートの弾性係数 (Kgf/cm²)

E_c : コンクリートの弾性係数 (Kgf/cm²) E_s : 鉄筋の弾性係数 (Kgf/cm²)

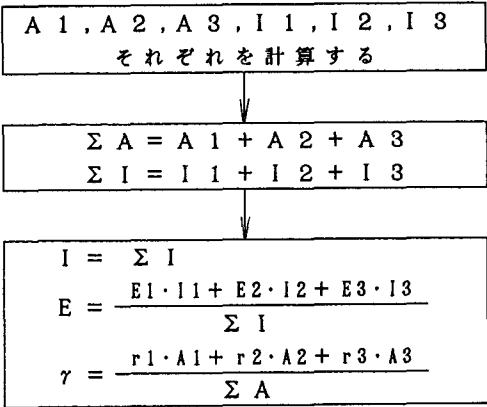
A_c : コンクリートの断面積 (cm²) A_s : 鉄筋の断面積 (cm²)

一方RC床版と鋼製の主桁の剛度の評価方法はいろいろな手法があるが、主桁、RC床版、アスファルト

表-2 実測振動測定と解析結果

歩道橋名	解析 モデル	解析結果		設計値	実測結果 固有振動数
		1次振動数	2次振動数		
一般歩道橋A	①	2.274 Hz	8.893 Hz	F1=2.08 Hz	F1=2.17 Hz
	②	2.315 Hz	7.891 Hz	F2=8.72 Hz	F2=7.87 Hz
	④	2.241 Hz	8.961 Hz		
一般歩道橋B	①	1.993 Hz	7.971 Hz	F1=1.88 Hz	F1=1.99 Hz
	②	2.093 Hz	8.730 Hz	F2=7.52 Hz	F2=7.29 Hz
	④	2.023 Hz	8.092 Hz		
側道橋A	①	3.317 Hz	12.838 Hz	F1=2.39 Hz	F1=3.31 Hz
	③	3.277 Hz	12.689 Hz	F2=9.56 Hz	
側道橋B	①	3.143 Hz	12.045 Hz	F1=2.53 Hz	F1=3.25 Hz
	③	3.105 Hz	11.908 Hz	F2=10.16Hz	
人道橋A	①	2.963 Hz	11.845 Hz	F1=2.54 Hz	F1=3.46 Hz
	②	3.263 Hz	13.043 Hz	F2=10.18Hz	F2=7.81 Hz
	④	3.130 Hz	12.512 Hz		
人道橋B	①	3.318 Hz	13.324 Hz	F1=2.93 Hz	F1=3.48 Hz
	②	3.689 Hz	17.752 Hz	F2=11.72Hz	F2=9.55 Hz
	④	3.527 Hz	14.104 Hz		
遊歩道橋A	①	2.902 Hz	12.504 Hz	F1=2.35 Hz	F1=5.25 Hz
	③	2.753 Hz	11.809 Hz	F2=9.40 Hz	F2=9.29 Hz
遊歩道橋B	①	1.406 Hz	5.837 Hz	F1=1.34 Hz	F1=2.76 Hz
	③	1.344 Hz	5.562 Hz	F2=5.36 Hz	F2=6.04 Hz

舗装のそれぞれの断面2次モーメントの重みで剛性を評価する方法を採用した。すなわちまず始めに主桁、床版、舗装のそれぞれの断面積、断面2次モーメントを算出する。次に3つの部材を合成した単一部材として評価するために、全体の弾性係数は、各部材の弾性係数にそれぞれの断面2次モーメントの重みつきで計算する。また全体の単位体積重量は、各部材の断面積比をもって算出する。図-1に3種の部材の場合のこの計算方法のフロー図を示す。



A 1 , A 2 , A 3 : 各部材の断面積
 I 1 , I 2 , I 3 : 各部材の断面2次モーメント
 E 1 , E 2 , E 3 : " 弾性係数
 γ 1 , γ 2 , γ 3 : " 単位体積重量
 I , E , γ : 求めようとする断面2次モーメント, 弾性係数, 単位体積重量

図-1 R C床版と桁の諸定数の算定フロー図

4. 比較検討

4. 1 解析値と実測値の比較

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3. 1の解析モデルの内ケース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をみると遊歩道橋A・Bを除く他の歩道橋では、ケース①とケース③、④との差は、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。

またR C床版を有している側道橋A・Bの解析値は実測値とよく一致しているが、設計値とは差がある。このことはコンクリートの弾性係数が鋼のそれに比べてばらつきがあるが、設計計算では示方書に準じてコンクリートの弾性係数を定めていること、また設計値は変断面で構成されている橋梁を、支配的な断面による等断面として解析するケースが多いこと、等に起因しているものと考えられる。

一方遊歩道橋A・Bは表-2からも明らかなように、解析値と実測値とは大きくかけ離れている。筆者らはこれまでも多くの振動測定を行ってきたが、このようなケースは稀である。通常想定されうるいろいろな解析ケースを試みれば、実測値との誤差は大きくても2～3割程度と思われる。しかしこの2橋については、使用目的、周囲の景観を考慮にいれて、化粧板、床面のタイル等が使われているため、それら副部材の質量は主要部材のそれと比べてもかなり大きな値を占めている。そのためケース③が最も実橋を忠実にモデル化していると考えられるが、実測値との差は2倍程度あった。

そこで以上のR C床版を有している場合のコンクリートと鋼の剛性の評価方法と、モデル化における支点条件について次節以後に示すような検討を加えた。

4. 2 R C床版を有する歩道橋の剛性評価

ここでR C床版を有する歩道橋のコンクリートと鋼の剛性評価について考えてみる。側道橋Aの場合、実設計で用いられた剛性E IはE=2.10×10⁶ Kg f/cm²、I=3.04×10⁶ cm⁴であり本論文で示した図-1および式(1)、(2)に基づいて算出した剛性はE=1.81×10⁶ Kg f/cm²、I=5.06×10⁶ cm⁴となりかなりの差がある。この2組の値を「基準」にある簡単な梁の式で求めた固有振動数は前者がF=2.54Hz、後者がF=2.86Hzになった。実測値の1次の固有振動数は3.46Hzであり、後者の方がより近い値となった。つまり1次の固有振動数が2.54Hzから2.86Hzになったことは単純に振動数にして13%、剛性に換算して25%程度増加した

ことになる。このことは設

表-3 コンクリートの弾性係数（道路橋示方書）

計における鋼とコンクリートの弾性係数比 n の値に直接関与することである。

そこで鋼とコンクリートの弾性係数比 n の値について検討をする。一般的に設

設計基準強度 σ_{ck} (Kgf/cm ²)	210	240	270	300	400	500
弾 性 係 数 ($\times 10^6$ Kgf/cm ²)	2.6	2.7	2.85	3.0	3.5	4.0
弾 性 係 数 比 n	8.1	7.8	7.4	7.0	6.0	5.3

計時における n の値は道路橋示方書に示されているように、主桁の弾性変形、不静定力および断面応力を算定する場合は $n=7$ を標準とし、コンクリートの弾性係数はその設計基準強度によって表-3のような値となっている。表-3からもわかるように、 $\sigma_{ck}=300\text{Kgf/cm}^2$ のとき $n=7$ となり、 σ_{ck} が大きくなれば n の値は小さくなっている。コンクリートの設計基準強度は材令28日強度であり、橋梁の供用開始にはかなりの日数が経過していること、最近のコンクリートの施工管理、品質管理の向上を考え合わせれば、RC床版の弾性係数はかなり高いものと判断できる。また、ここで対象としているのは活荷重満載時とか、終局限界状態の地震時のような大きな振幅ではなく、通常供用時の振動である。以上のことから、RC床版を有する（合成桁）歩道橋の振動チェック（不快固有振動数の照査）を行うにあたっては、本論文で示した方法で剛性を評価した方が実際に則した振動特性が推定される。なお実設計においてより簡単に剛性を算出して、梁の式で固有振動数を計算する場合は、鋼とコンクリートの弾性係数比 n の値を $n=5.5\sim 6.0$ を採用すれば妥当な値が得られると考えられる。

4. 3 モデル化における支点条件

一般的に2次元解析においては、橋軸方向にX軸、鉛直方向にY軸をとり、支点条件は1支点をX、Y方向固定(Fix.)、もう1支点はY方向固定(Mov.)とし、回転は両支点とも自由とするのが普通である。ところが、遊歩道橋2橋の解析結果が、実測値の振動数と大きな違いがみらるので支点条件に着眼して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、次のように設定した。

Mov. 橋軸(X軸)方向自由、鉛直(Y軸)方向固定

Fix. 橋軸(X軸)方向固定、鉛直(Y軸)方向固定

Rot. 回転を固定

ここで上記の2橋が一般の歩道橋の形式と異なる点は、アーチ形状をした側面をしていること(図-2参照)、および桁を支えている支承の構造が簡単なものではなく、一般の道路橋と同様な支承を採用していることである。まず始めにこの2橋が太鼓型(アーチ)形状をしているために、支点条件が異なると固有振動数が変化することが考えられる。そこで種々の支点条件において、アーチライズ(支点上と支間センターとの高さの差、図-2参照)Hの変化と共に固有振動数がどの程度変化するかを検討した。支点条件の中でMov. Mov.の組合せは、特殊な橋梁形式を除いて通常考えられないが、歩道橋の場合フレキシブルな鋼製橋脚で支えられているケースが多く、支点自身が動く可能性もあることを考慮し

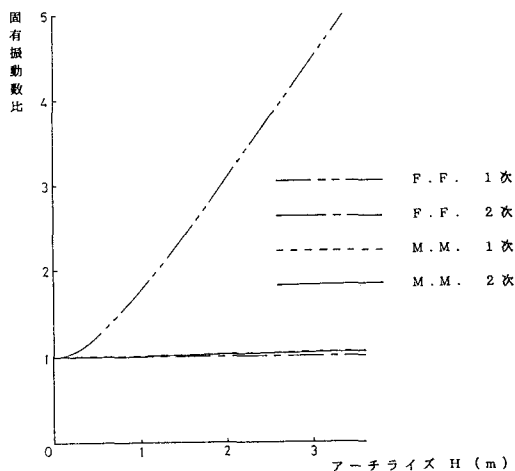
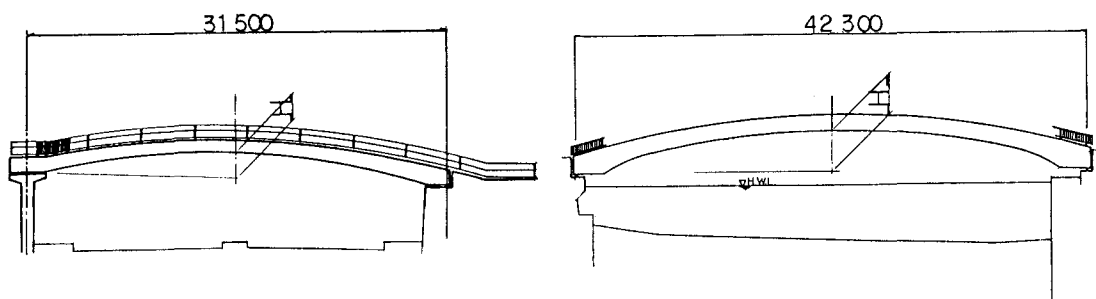


図-3 アーチライズHと固有振動数との関係



遊歩道橋A

遊歩道橋B

図-2 側面図

で解析ケースに取り入れた。解析計算は、支間40mで断面2次モーメント、質量等は実在する歩道橋の値を採用した。

表-4 支点条件を変えた時の解析結果

解析結果をまとめたものを図-3に示す。図-3の中で横軸はアーチライズHの値を、縦軸はMov. Fix.のケースの固有振動数に対する各ケースの固有振動数の比である。このグラフから特筆することは3点ほどある。第1点は縦断勾配をもたない形式(H=0)においては、支点条件が変わっても固有振動数はほとんど変化しない。第2点はアーチライズHが大きくなるにつれて、Fix. Fix.のケースの1次の固有振動数は放物線的に大きくなる。第3点として2次の固有振動数は支点条件によって大きく変化しない。以上のような特徴の中で、歩道橋の実固有振動数と解析値との違いが生じる主原因は第2点目であろう。すなわち支間40mの橋梁の支間センターで50cm桁が上がった場合(縦断勾配にして2~3%)、可動支承が動くか動かないかで1次の固有振動数は20%以上の差が生じる。もしHが1mの場合のそれは70%以上となる。このようにアーチ形状をしている場合には、支点条件が1次固有振動数に大きく影響する。

解析 ケース	支 点 条 件		1次振動数の解析値	
	支点 1	支点 2	遊歩道橋 A	遊歩道橋 B
a	Mov.	Fix.	2.753 Hz	1.344 Hz
b	Mov.	Rot.Fix.	4.745 Hz	2.531 Hz
c	Rot.Mov.	Rot.Fix.	7.569 Hz	4.254 Hz
d	Fix.	Fix.	8.987 Hz	5.410 Hz
e	Fix.	Rot.Fix.	10.717 Hz	6.222 Hz
f	Rot.Fix.	Rot.Fix.	11.889 Hz	7.107 Hz

以上の結果を基に、遊歩道橋A・Bにおいて考えられる全ての支点条件を当てはめて数値解析を行った。その支点条件と解析結果を表-4に示す。実測の1次の固有振動数は、遊歩道橋Aが5.25Hz、Bが2.76Hzであり、表-4と比較するとケースbが比較的良好一致する。従って実測時には、この2橋の支点条件は通常のMov. Fix.ではなく、より拘束された状態であると考えられる。

今回対象とした遊歩道橋A・Bのように、一般の歩道橋に比して規模も大きく、主桁の構造も箱桁を採用し、支承も一般歩道橋で用いるプレート(鋼製簡易支承)ではなく、A橋は線支承、B橋は標準支承板支承を採用している。このため通常の使用状態(加振力が小さい場合)においては可動支承がスムーズに動くとは考えにくい。またこの2橋は図-1に示すように、支間中央に比べて端部の桁高が大きくなっており、これらのことが解析値と実測値が適合しない原因の1つかもしれない。このため加振力が小さい場合には支点上の回転が拘束される可能性があることも考えられる。しかしながら以上の点については、今のところ想定している段階であり、今後さらに検討する必要がある。

5. 結語

本論文では、歩道橋の振動測定、解析を行い比較検討した結果、次の結論が得られた。

- 1) 歩道橋の振動測定時には、加振方法として砂袋を利用すると、より明らかな振動特性を得ることができる。
- 2) 歩道橋の振動解析は、今回対象としたような一般的な歩道橋では主要部材のみで固有値解析を行っても比較的実測値と適合する。
- 3) RC床版を有した歩道橋の固有値解析をするにあたっては、本論文に示した方法で橋の剛度を評価した方が実測値とよく適合する。
- 4) 太鼓型（アーチ）形状をしている歩道橋の固有振動数は、支点条件によって大きく値が異なることから、支承の実挙動に十分考慮をする必要がある。

今後は以上のような結論を実証するためにも数多くの実測を行い、どのようなモデル化がまたどのような解析方法が一番適しているかを考えていきたいと思う。今回対象としたRC床版を有する歩道橋の場合はその剛度の扱い方によってかなり大きな差が生じ、論文中に示した方法をもってすれば、簡単な梁の式でより実橋に即した結果が得られることが判明した。筆者らは設計計算書が間違っているとか、煩雑な計算をした方が良いと言っているのでは決していない。ただ今回対象とした側道橋Aの橋長が40mを超えていたら、不快固有振動数を避けるため、桁高を、腹板厚を、あるいはフランジ厚を必要以上に大きくしたかもしれない。これらのことを避けるためにも、この一例が今後の設計の参考になれば幸いである。

最後に本文をまとめるにあたり関係各所に感謝の意を表する。また解析に際して名古屋大学大型計算機センターを利用したことを付記する。

参 考 文 献

- 1) 牛尾正之、南条正洋：歩道橋の振動に関する諸問題、日立造船技報、33巻3号, pp.28-33, 1972.8
- 2) 松本嘉司、佐藤秀一、西岡隆、塩尻弘雄：歩行者の特性を考慮した動的設計に関する研究、土木学会論文報告集、N0.205, pp.63-70, 1972.8
- 3) 小堀為雄、梶川康男、城戸隆良：振動感覚を考慮した歩道橋の設計、橋梁と基礎、8巻12号, pp.23-29, 1974.12
- 4) 日本道路協会：立体横断施設技術基準・同解説、丸善、1979.1
- 5) 全日本建設技術協会：建設省制定土木構造物標準設計第5巻解説書（立体横断施設－横断歩道橋・地下横断歩道）1985.2
- 6) 加藤雅史、島田静雄：橋梁の現地振動実験法、土木学会誌、Vol.66, N0.2, pp.38-42, 1981.2
- 7) 加藤雅史、加藤育久：RC床版の振動の測定と解析、構造工学論文集、Vol.33A, pp.503-512, 1987.3
- 8) 岡田 清、六車 照編：コンクリート工学ハンドブック、朝倉書店、pp.465-468, 1981.2
- 9) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説（Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ）、丸善、1980.2

（1989年10月2日受付）