

集成材を用いたアーチ形式歩道橋の 振動実測と解析

VIBRATION MEASUREMENTS AND ANALYTICAL RESEARCH OF ARCHED PEDESTRIAN BRIDGES
CONSTRUCTED WITH LAMINATED TIMBERS

出戸 秀明* 五郎丸 英博** 岩崎 正二***

宮本 裕**** 土田 貴之*****

By Hideaki DETO, Hidehiro GOROMARU, Shoji IWASAKI,
Yutaka MIYAMOTO and Takayuki TSUCHIDA

The purpose of this paper is to clarify the vibration characteristics of arched pedestrian bridges constructed with laminated timbers. Three measurement methods of ambient and two other methods of artificial forced vibration are adopted. In 3-dimensional FEM analysis, the behavior of connecting joints was described by the spring model. The simplex method was employed to determine the coefficients of the flexible elements in order to cause the calculated frequencies to agree with the measured result.

Key Words: laminated timberds, arched pedestrian bridge, vibration measurement, ambient vibration, analytical research

1. まえがき

既存の橋梁は、鋼・P C・R Cを主材料としているものが多いが、最近になって、特に公園などでは周囲の環境との調和を保ちつつ美しい景観を提供するという意味からも、木材・石材を主材料とした橋梁が見直されてきており、各地で近代的でかなり大型の木歩道橋が次々と架設されている。しかし、このような状況のもとで、木歩道橋を対象とした振動実測に関する報告は極めて少なく、一般に用いられる振動実験法が木歩道橋に対しても有効であるかどうかを早急に確認しておくことが重要であると思われる。そこで本研究では、岩手県下閉伊郡田野畑村に現在建設中の思惟公園内に架設された秋田スギの集成材を主材料とする、下路式(1号橋、写真-1)、上路式(2号橋、写真-2)の2つのアーチ形式歩道橋に対し振動実測を行った。振動実測は、常時微動法と2種類の加振実験により行い、構造物の応答加速度からFFT(Fast Fourier Transform)解析によりパワースペクトルを求め、その卓越振動数から固有振動数と減衰定数を明らかにし、それぞれの測定法の木歩道橋に対する有効性について検討した。また、支承の境界条件、部材接

* 岩手大学助手 工学部建設環境工学科(〒020 盛岡市上田4丁目3-5)

**工博 日本大学助教授 工学部土木工学科(〒963 郡山市田村町徳定字中河原一番地)

***工博 岩手大学助手 工学部建設環境工学科(〒020 盛岡市上田4丁目3-5)

****工博 岩手大学教授 工学部建設環境工学科(〒020 盛岡市上田4丁目3-5)

***** 岩手大学大学院 工学研究科(〒020 盛岡市上田4丁目3-5)

合部の条件などを考慮した数値解析により求めた固有振動数を実測値と比較することにより、木歩道橋の適切なモデル化の方法について検討した。本橋で用いているような集成材は、ひき板を積層圧縮接着して工業的に生産されるため、長大材や湾曲材が比較的容易に製造できるという利点がある。しかしながら、長大材や湾曲材は工場からの運搬が困難であることから数部材に分割し現場で連結することになる。このため集成材を用いた木歩道橋は、各部材の接合部の他に分割された部材をつなぎ連結部が必要となり、その連結位置や連結方法が振動特性に多大な影響を与えるものと考えられ、その剛性の評価は重要な問題となる。解析にあたっては、特にその部材連結部に着目して連結部のモデル化の一例としてパネ要素を用いた解析について検討を行った。また、アーチ形式橋梁の振動は、桁橋に比べ、かなり複雑な挙動を示すはずであるので、振動実測においては、加速度計を幅員中央と左右に盛り換えて行い、数値解析モデルとしては、平面モデルと立体モデルとを比較検討した結果¹⁾から、本研究においては立体モデルを採用することによって対処した。

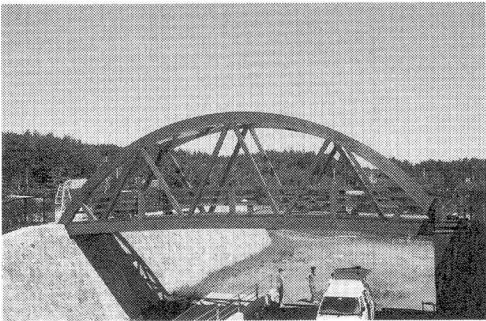


写真-1 思惟公園1号橋

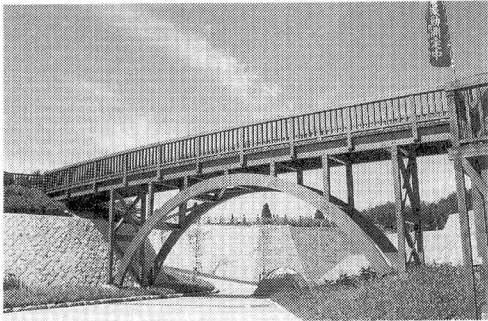


写真-2 思惟公園2号橋

2. 現場実測

本研究では、(1)常時微動法と2種類の加振実験 ((2)人力による加振実験および(3)加振機による加振実験) の3種類の測定方法により振動測定を行い、これら3種類の測定法を比較することにより木歩道橋に対しての適切な測定法を検討した。

思惟公園1号橋は、橋長16.50m、有効幅員2.00mの下路式木トラストランガー橋である。また、2号橋は、橋長21.00m、有効幅員2.00mの上路式木逆ランガー橋であり、両橋ともに集成材を用いて製作されたものである。1号橋、2号橋の加速度計は、それぞれ図-1、図-2の①から⑥に示すように設置し、幅員中央・右側・左側と、設置場所を変えて測定を行った。

両橋の固有振動数は、常時微動法と人

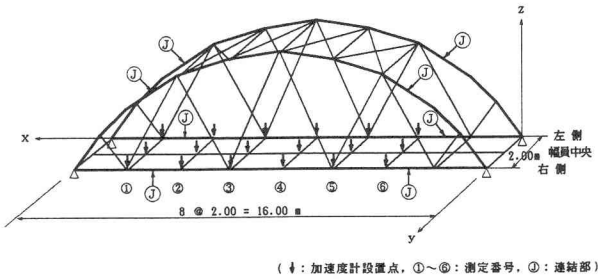


図-1 1号橋 一般図

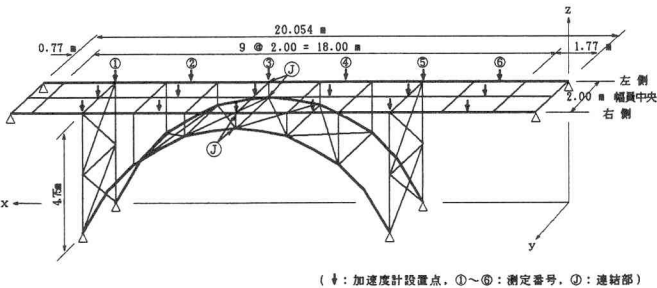
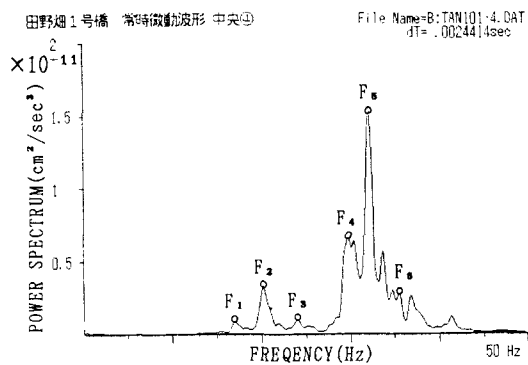


図-2 2号橋 一般図

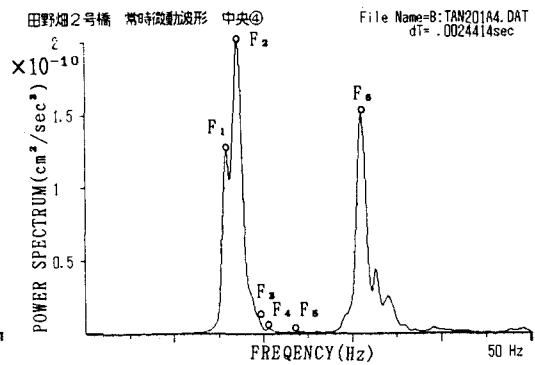
力による加振実験では、応答加速度からFFT解析によりパワースペクトルを求め、そのパワースペクトルのピークを示す振動数から推定した。加振機による加振実験では、周波数応答関数を求め、そのピークを示す振動数から固有振動数を推定した。減衰定数に関しては、常時微動法と人力による加振実験（ランダム走行時のデータを使用）では、各測点で得られたパワースペクトルのピーク値を用いて、ハーフパワー法で計算を行い推定した。加振機による加振実験では、定常加振後の加振機の急停止によって生じる自由減衰振動波形から求めた値と、各測点の周波数応答関数のピーク値を用いてハーフパワー法で計算を行い、これらの両者を併用して推定した。なお、これらの減衰定数の計算にあたっては、各測点でのピーク値が明瞭に求められたデータのみを採用した。

（１）常時微動法

常時微動とは、風・雨・火山・川などの自然現象と、交通機関・機械などの人工的なものの双方が原因で発生する微振動である。本実測においては、橋台を通して支承部から入力される微振動によって生じるランダムな応答加速度を10分程度測定し、得られたデータから常時微動法に適切な10秒間を抽出し、FFT解析により橋梁の固有振動数を推定した。常時微動法による1号橋、2号橋の測定結果の一部を図－3、図－4に示す。



図－3 1号橋 Power Spectrum
(常時微動法 幅員中央④)



図－4 2号橋 Power Spectrum
(常時微動法 幅員中央④)

（２）人力による加振実験

人力による加振実験では、人間10人(738kgf)が橋梁上を走行または歩行により通過するときの外力を入力加速度とし、そのときに生じる応答加速度を出力として表－1に示すような①から⑤の歩調で橋梁上を通過する場合のそれぞれについて測定を行った。人力による加振実験のランダム走行時における1号橋、2号橋の測定結果の一部を図－5、図－6に示す。

表－1 実験項目

試験方法	加振歩調
(1)走行試験	① ランダム
	② 3.00Hz
(2)歩行試験	③ ランダム
	④ 2.00Hz
	⑤ 3.00Hz

（３）加振機による加振実験

橋梁の固有振動数および減衰定数をより正確に測定するために、常時微動法と人力による加振実験により得られた測定結果を参考に加振機による加振実験を行った。本実験では、1 Hzから50Hzの正弦波掃引加振とし、一定加振力で鉛直方向に入力したときの各測点の応答加速度を出力として測定を行った。なお、加振はℓ/2点とℓ/4点の2箇所について行った。さらに、固有振動数と思われる振動数で一定加振力による定常加振を行い、共振状態の測定を行った。また、減衰定数の推定のため、この定常加振状態で加振機を急停止させることにより自由減衰振動の測定も行った。加振機による加振実験における1号橋、2号橋の測定結果の一部を図－7、図－8に示す。

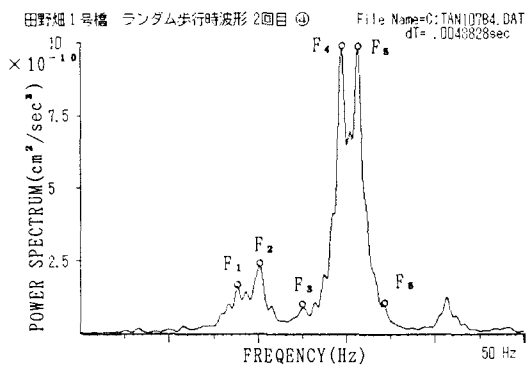


図-5 1号橋 Power Spectrum
(人力による加振実験 幅員中央④)

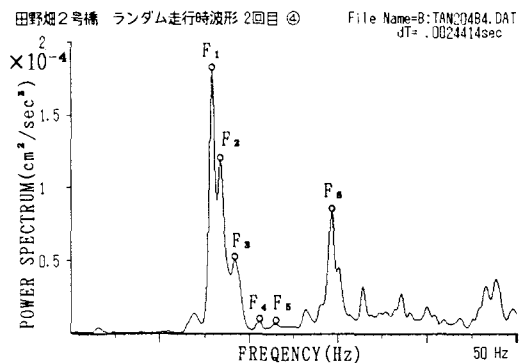


図-6 2号橋 Power Spectrum
(人力による加振実験 幅員中央④)

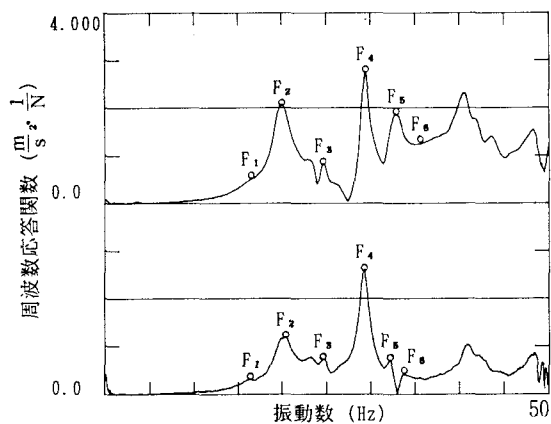


図-7 1号橋 周波数応答関数
(加振機による加振実験 上: 幅員左側④
下: 幅員左側①)

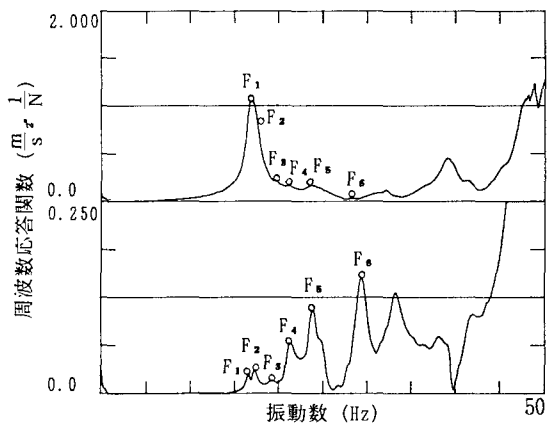


図-8 2号橋 周波数応答関数
(加振機による加振実験 上: 幅員左側③
下: 幅員左側⑥)

表-2 1号橋 実測結果

	固有振動数 (Hz)	減衰定数(%)		
		常時微動法	人力加振	機械加振
1次	17.1	4.37~6.43 (5.47)	5.85 (5.85)	5.51~6.40 (5.94)
2次	20.2	2.64~4.43 (3.54)	2.93~4.59 (3.84)	4.87~6.07 (5.52)
3次	24.2	3.07~4.17 (3.62)	3.28~3.83 (3.56)	2.18~2.58 (2.43)
4次	30.0	2.16~3.14 (2.56)	2.07~4.67 (3.38)	1.54~1.83 (1.63)
5次	32.1	2.01~2.94 (2.65)	2.07 (2.07)	1.14~3.05 (1.37)
6次	35.1	1.40~2.93 (2.23)	2.11 (2.11)	1.16~1.66 (1.76)

(()内は、平均値)

表-3 2号橋 実測結果

	固有振動数 (Hz)	減衰定数(%)		
		常時微動法	人力加振	機械加振
1次	16.0	4.22~4.60 (4.36)	5.73~6.14 (5.92)	3.71~5.29 (4.44)
2次	17.5	3.41~5.23 (3.93)	3.89~5.03 (4.46)	3.74~4.79 (4.13)
3次	19.5	3.59~4.04 (3.86)	(-)	2.76~4.79 (3.78)
4次	20.8	2.87~3.59 (3.19)	4.17~4.29 (4.23)	2.76~4.12 (3.36)
5次	23.5	2.74~3.70 (3.23)	3.54 (3.54)	1.64~5.76 (3.34)
6次	31.0	1.48~3.03 (2.22)	3.25~3.43 (3.37)	2.04~3.51 (2.63)

(()内は、平均値)

固有振動数の推定に関して、3種類の測定法から得られた測定結果を比較すると、常時微動法においては、加振力は小さいものの入力された加振力がホワイトノイズと考えられるので、広い範囲で固有振動数が現れた。人力による加振実験においては加振力の振動数がある範囲に偏るが、本橋の場合、固有振動数と加振振動数にかなりの開きがあったため共振現象が現れず、かなり広い範囲の固有振動数が現れた。加振機による加振実験においては、一定加振力の1Hzから50Hzの正弦波掃引加振を行ったため、より正確に固有振動数を推定することができた。測定結果に多少の違いはあるものの1号橋、2号橋ともに固有振動数はどの測定法でも同じような結果が得られた。したがって、木歩道橋の振動実測に対して、本橋の場合、歩道橋で問題となる2Hz前後の固有振動数が存在しなかったが、この振動数帯を含めて、3種類の測定法がいずれも妥当な方法であることが明らかとなった。特に、人力による加振実験および常時微動法は、比較的簡便な実験法であり、その有用性が確認できた。

減衰定数に関して、各測点のパワースペクトルおよび周波数応答関数のピークから求めた減衰定数の最大値と最小値の範囲および平均値は、1号橋、2号橋、それぞれ表-2、表-3に示すようになった。なお、表-3で人力による加振実験の3次固有振動数の減衰定数が示されていないのは、2次固有振動数から4次固有振動数の間で振動数が接近しており、その分離が不可能であったためである。また、図-9、図-10に、それぞれの減衰定数の平均値と振動数の関係を示す。図-9、図-10より、両橋とも振動数の増加に伴い、減衰定数は減少する傾向がみられる。また、1号橋の1次固有振動数の減衰定数は、4.4~6.4%程であり、2号橋では、4.2~6.1%の範囲にあることがわかる。そして、両橋とも、同程度のスパンを有する鋼橋²⁾と比較して大きな減衰定数を有している。これは、木材自体が有している減衰定数が通常4%以上と大きいことと、一般に木橋では接合部の摩擦によるエネルギー消散の影響が大きいためと考えられる。また、測定方法により減衰定数の実測値に差があるのは、加振の入力レベルが異なるため応答振幅の相違に伴って減衰定数も変化したものと考えられる。

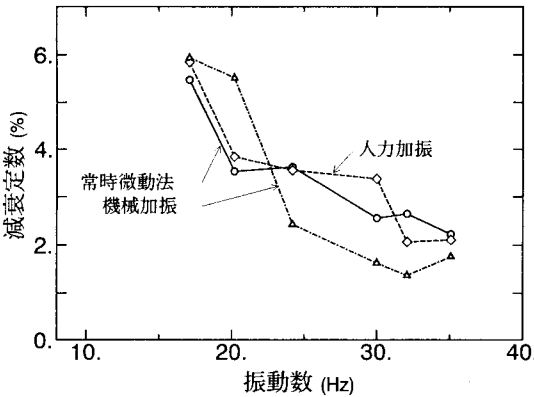


図-9 1号橋 振動数と減衰定数

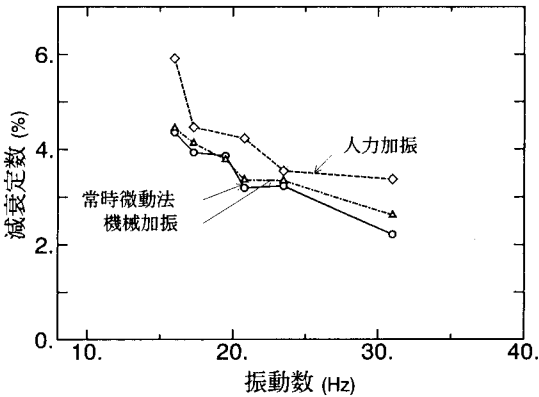


図-10 2号橋 振動数と減衰定数

3. 固有振動解析

3-1. 多質点系モデル

固有振動解析においては、構造物を平面多質点系モデルおよび立体多質点系モデルにモデル化し、両モデルについて有限要素法(FEM)により固有振動解析を行った結果¹⁾から、本橋のように橋長に対して幅員が大きい場合には、ねじれの振動の影響が無視できないため、立体モデルとして解析を行った。さらに、木橋の支承の境界条件、部材接合条件および長大材などの連結部の剛性を変えて数値解析を行い、実測値と比較することにより木橋の適切なモデル化の検討を行った。数値解析に用いた1号橋、2号橋の立体多質点系

モデルを図-11、図-12に示す。なお、集成材の弾性係数は、設計計算書より $1.1 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ とした。各モデルの節点数、部材数および質点数は、1号橋については節点数90、部材数140、質点数32、2号橋については節点数111、部材数175、質点数34のFEMモデルを作成した。質量マトリックスの作成にあたっては、集中質量法を採用した。図中の・印は質点位置を示す。また、高欄の影響に関しては、質量のみを考慮した。

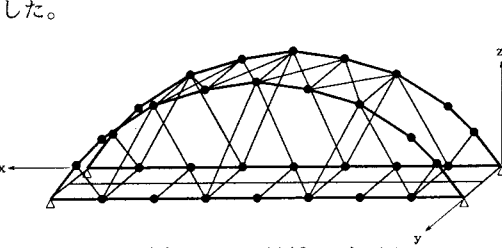


図-11 1号橋モデル図

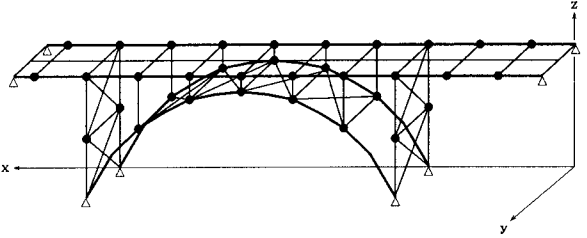


図-12 2号橋モデル図

3-2. 部材接合条件と支承の境界条件

木部材の接合部は、鋼板とボルトによって接合されているが、鋼板とボルトでの接合は、鋼橋の摩擦接合とは異なりボルトのせん断力を利用したピン接合である。本研究では、木部材の力学的な扱い方について検討するために部材接合条件（ラーメンのような剛結かトラスのようなピン結合かを仮定）を変えて数値解析を行った。支承も木部材の接合と同様に基礎とのボルト締めによって行われているため、その境界条件（固定・ヒンジ）の検討も行った。

3-3. 計算結果と実測結果の比較

1号橋、2号橋の固有振動数に関する実測値と数値解析の結果を表-4、表-5に示す。1号橋については、最初にMODEL1で解析を行った。その結果は、1次固有振動数 $f_1=27.6\text{Hz}$ となり実測値 $F_1=17.1\text{Hz}$ とかなりかけ離れていた。そこで、支承の境界条件および部材接合条件の影響を考察するためにMODEL2、MODEL3、MODEL4で解析を行った結果は、それぞれ $f_1=28.3\text{Hz}$ 、 $f_1=27.7\text{Hz}$ 、 $f_1=28.3\text{Hz}$ となりMODEL1と同様に大きな変化は認められなかった。このことから、支承の境界条件および部材接合条件の影響は極めて小さいものと考え、それ以後の計算では、MODEL1（支承の境界条件はヒンジ、部材接合条件はトラス）を採用することとしたが、実測値と数値解析値の差となる別の要因が考えられるためモデル化の再検討が必要となった。

2号橋については、支承の境界条件と部材接合条件の組み合わせによって固有振動数の変化が顕著に現れた。MODEL1からMODEL4の4つのモデルの数値解析値の1次から6次までを実測値と比較すると、MODEL3の結果がより実測値に近い値となった。したがって、2号橋に関しては、支承の境界条件はヒンジ、部材接合条件はラーメンとすることがより適切なモデルであると結論した。

表-4 1号橋 数値解析結果

		MODEL1	MODEL2	MODEL3	MODEL4	MODEL5	実測値
支承条件		ヒンジ	固定	ヒンジ	固定	ヒンジ	—
部材接合条件		トラス	トラス	ラーメン	ラーメン	トラス	—
バネ定数		—	—	—	—	最適値	—
固有振動数 (Hz)	1次	27.6	28.3	27.7	28.3	17.1	17.1
	2次	28.5	29.1	28.7	29.3	20.2	20.2
	3次	34.5	35.2	34.7	35.9	26.3	24.6
	4次	34.9	35.5	35.6	35.8	29.2	30.0
	5次	36.4	37.6	36.7	38.0	32.7	32.1
	6次	37.9	38.0	38.5	38.6	35.7	35.1

表-5 2号橋 数値解析結果

		MODEL1	MODEL2	MODEL3	MODEL4	実測値
支承条件		ヒンジ	固定	ヒンジ	固定	—
部材接合条件		トラス	トラス	ラーメン	ラーメン	—
バネ定数		—	—	—	—	—
固有振動数 (Hz)	1次	13.0	14.1	14.7	19.6	16.0
	2次	15.6	18.5	15.9	21.3	17.5
	3次	16.1	19.3	19.8	21.8	19.5
	4次	18.6	19.9	22.8	22.9	20.8
	5次	19.6	22.0	23.5	24.0	23.5
	6次	20.5	22.7	30.6	30.6	31.0

3-4. 連結部のバネ要素によるモデル化

固有振動解析において、2号橋は実測値に比較的近い値が得られ適切なモデル化の検討できたが、1号橋は実測値とかなりかけ離れた値となりモデル化の再検討が必要となった。この原因は、図-1の⑦に示す1号橋のアーチ部と下弦材に計8箇所ある連結部（写真-3）にあると考えた。図-13に示すように1号橋の連結部は、木部材の中に鋼板4枚を挟んで両側からボルトで固定する構造になっている。連結部は、両橋ともに存在するが1号橋と2号橋の連結部を比較すると、その連結方法には明確な違いがある。2号橋の連結部（図-2の⑧）は、写真-4に示すように横構や支柱などと複雑に接合され剛度が大きく保たれている。したがって、2号橋の連結部は、剛結として扱うことができ、数値解析には影響を与えなかったものと考えられる。これに対し1号橋の連結部は、他の部材との接合はなく長大材だけの極めてシンプルな連結部となっているため、半剛結の特性を有するものと考えた。そこで、一つの方法として1号橋の連結部にバネ要素を用いてモデル化を行った。

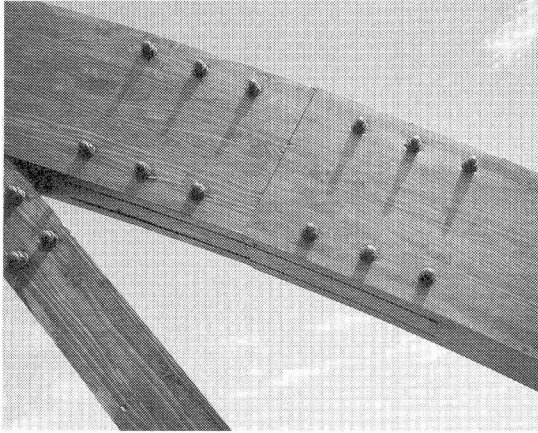


写真-3 1号橋 連結部

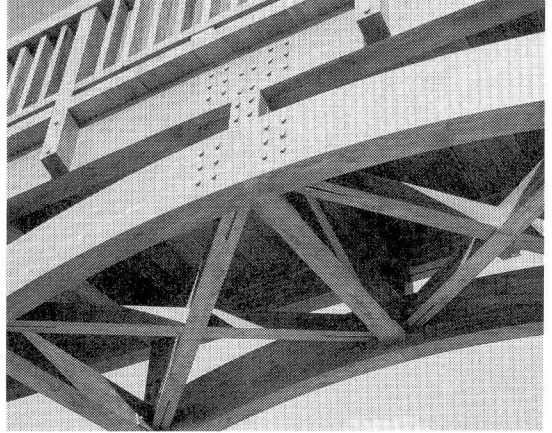


写真-4 2号橋 連結部

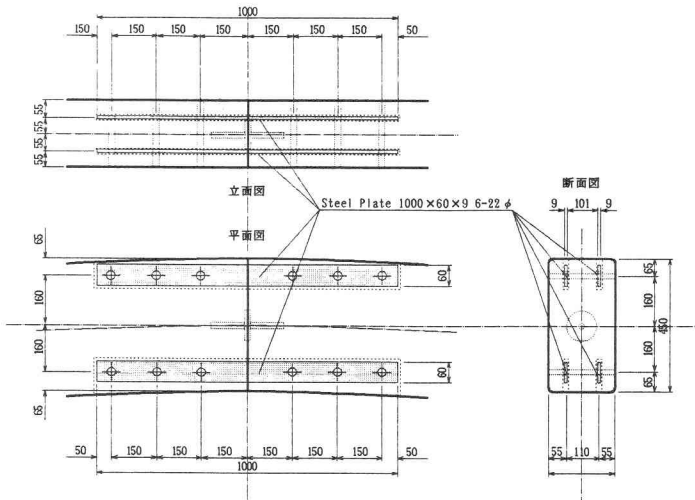


図-13 1号橋 連結部詳細図

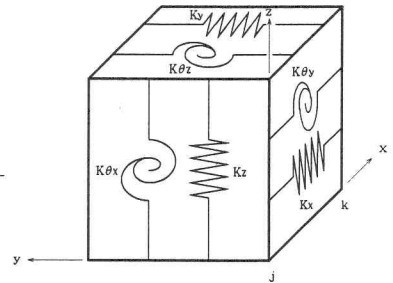


図-14 立体バネ要素モデル図

立体バネ要素は、図-14に示すように $x \cdot y \cdot z$ 軸方向と $x \cdot y \cdot z$ 軸回転方向に3方向ずつあるため、シンプレックス法により最適化を行い各方向のバネ定数を決定した。最適化に関しては、式(1)に示すよう

に1次および2次固有振動数の実測値と数値解析値の誤差を目的関数(OBJ)とし、立体バネモデルの6方向のバネ定数($K_x, K_y, K_z, K\theta_x, K\theta_y, K\theta_z$)を設計変数として実測値との誤差が最小となるバネ定数を求めた。

$$OBJ = \sqrt{(F_1 - f_1)^2 + (F_2 - f_2)^2} \quad (1)$$

ここで、 F_i は*i*次固有振動数実測値、 f_i は*i*次固有振動数の数値解析値を表す。

これは、固有振動数が実測値に一致するように数値解析により連結部の剛性(バネ定数)を決定する逆問題と解釈することも可能であり、木構造物に対して著者らが行ってきた接合部剛性評価法³⁾を連結部の剛性評価に応用したものである。最適化に関して、6方向のバネ定数の初期値は、任意に選択できるので次の値を使用した。

$$\begin{aligned} K_x &= 1.0 \times 10^5 \text{ (kgf/cm)}, \\ K_y &= 1.0 \times 10^5 \text{ (kgf/cm)}, \\ K_z &= 1.0 \times 10^5 \text{ (kgf/cm)}, \\ K\theta_x &= 1.0 \times 10^{13} \text{ (kgf}\cdot\text{cm/rad)}, \\ K\theta_y &= 1.0 \times 10^{13} \text{ (kgf}\cdot\text{cm/rad)}, \\ K\theta_z &= 1.0 \times 10^{13} \text{ (kgf}\cdot\text{cm/rad)}. \end{aligned}$$

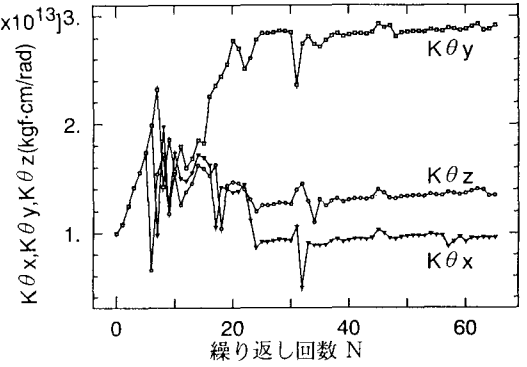
繰返し回数*N*の増加によるバネ定数の収束状況を図-15に示す。その結果、目的関数(OBJ)が0.01以下となるバネ定数の範囲は次のようになった。

$$\begin{aligned} K_x &= 0.96 \sim 1.00 \times 10^5 \text{ (kgf/cm)}, \\ K_y &= 1.26 \sim 1.42 \times 10^5 \text{ (kgf/cm)}, \\ K_z &= 1.50 \sim 1.60 \times 10^4 \text{ (kgf/cm)}, \\ K\theta_x &= 0.49 \sim 1.06 \times 10^{13} \text{ (kgf}\cdot\text{cm/rad)}, \\ K\theta_y &= 2.36 \sim 2.93 \times 10^{13} \text{ (kgf}\cdot\text{cm/rad)}, \\ K\theta_z &= 1.10 \sim 1.45 \times 10^{13} \text{ (kgf}\cdot\text{cm/rad)}. \end{aligned}$$

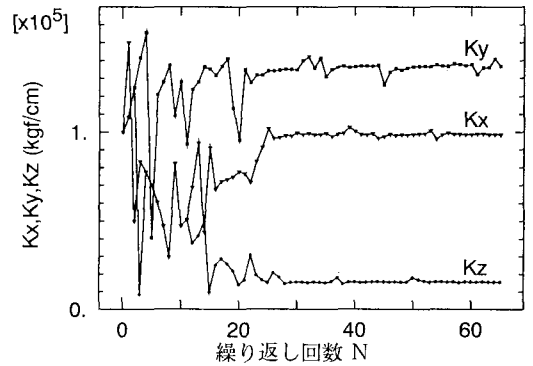
以上の範囲内で目的関数が最小となるときの($OBJ=3.60 \times 10^{-3}$)のバネ定数は、次のようになった。

$$\begin{aligned} K_x &= 9.76 \times 10^4 \text{ (kgf/cm)}, \\ K_y &= 1.34 \times 10^5 \text{ (kgf/cm)}, \\ K_z &= 1.56 \times 10^4 \text{ (kgf/cm)}, \\ K\theta_x &= 8.94 \times 10^{13} \text{ (kgf}\cdot\text{cm/rad)}, \\ K\theta_y &= 2.79 \times 10^{13} \text{ (kgf}\cdot\text{cm/rad)}, \\ K\theta_z &= 1.26 \times 10^{13} \text{ (kgf}\cdot\text{cm/rad)}. \end{aligned}$$

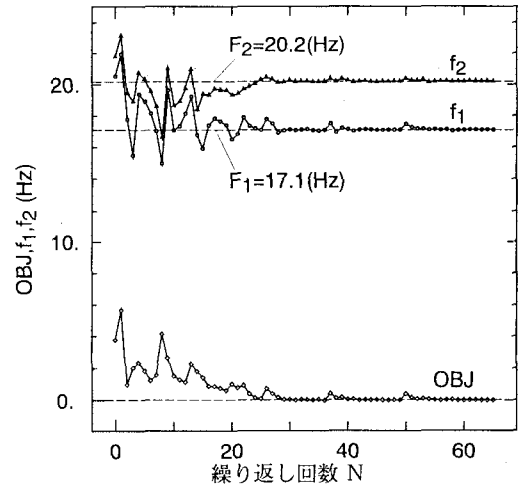
このバネ定数を最適値として用いて計算をした結果は、表-4のMODEL5に示すように実測値にかなり近い値が得られた。これらの手法により木橋のモデル化をより厳密に行うことが可能となった。バネ定数の決定方法



(1)x・y・z軸回転方向バネ定数



(2)x・y・z軸方向バネ定数



(3)目的関数(OBJ), 1・2次固有振動数

図-15 バネ定数の最適化

は、以上で述べたような固有振動数から推定する方法以外に、静的荷重載荷実験における変位から推定する方法と連結部の局所実験を行い推定する3種類の推定方法が考えられる。

実測においては、静的重量載荷実験により、主桁の変位の測定も行った。また、数値解析においては、バネ要素を用いないモデル(MODEL1)と固有振動数を一致させることにより求めたバネ定数を用いたモデル(MODEL5)を比較した。表-6と図-16に示すようにMODEL1(支承の境界条件はヒンジ、部材接合条件はトラス、バネ要素を用いないモデル)と比較するとMODEL5(支承の境界条件はヒンジ、部材接合条件はトラス、バネ定数を最適値としたモデル)は静的荷重載荷実験における実測変位に極めて近い値が得られた。このことから、1号橋の場合については、静的荷重載荷実験のみである程度の連結部の剛性評価が可能ではないかと思われる。

表-6 静的重量載荷実験結果および解析結果

		$l/8$	$2l/8$	$3l/8$	$4l/8$
実測値		-0.025	-0.032	-0.107	-0.218
計算値	MODEL1	-0.008	-0.006	-0.048	-0.165
	MODEL5	-0.042	-0.030	-0.098	-0.243

(載荷重量 $P=738\text{kgf}$, 単位 mm)

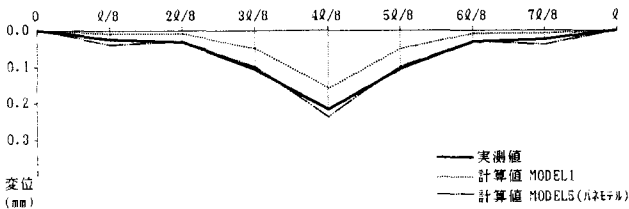


図-16 静的重量載荷実験結果および解析結果

4. あとがき

本研究では、集成材を主材料とする2つのアーチ形式歩道橋に対し、常時微動法、人力による加振実験、加振機による加振実験の3種類の測定法を用い振動測定を行った。その結果、加振機による加振実験だけでなく、常時微動法と人力による加振実験についても、木歩道橋への有効性が確認された。また、固有振動数の実測値と数値解析値を比較検討することにより、支承の境界条件、部材接合条件および部材連結部の剛性評価などを考慮した木歩道橋の適切なモデル化が可能になった。特に木歩道橋においては、部材の接合部の影響が極めて大きく、構造物全体の静的および動的な特性に大きな影響を与えることが明らかになった。本研究では、その接合部のなかでも特に長大材などを連結する部材連結部に着目し、部材連結部にバネ要素を用いるモデル化を提案し、さらに、そのバネ定数を決定する方法として固有振動数の数値解析値を実測値に収束させる最適化手法を提案した。その結果、実測結果に近い数値解析値を求めることができた。これにより、木歩道橋の設計にあたっては、長大材などの連結部の位置あるいは連結方法について十分な配慮が必要であることが明らかとなった。また、木材自体の減衰定数と接合部によるエネルギー損失の影響のため減衰定数はかなり大きな値となり、振動低減の効果が大きいという木歩道橋の特質が明らかになった。

本研究では、数値解析に立体モデルを採用したことにより、橋梁の橋軸直角方向に対し逆対称のねじれの振動モードに対しても適確に対応できる数値解析モデルの検討ができた。

部材連結部のバネ定数の決定に関しては、現在、実物大の局所模型による静的荷重載荷実験および振動実験を実施中である。これらの局所実験からバネ定数を求め、この局所実験の結果と全体構造との相関性を考慮しながら木歩道橋の適確なモデル化を検討中である。

本論文のまとめにあたり、秋田大学鉱山学部薄木征三教授、田野畑村役場の方々に大変お世話になりました。記して感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 菊地 信輝, 宮本 裕, 五郎丸 英博, 岩崎 正二, 出戸 秀明: 集成材を用いたアーチ形式歩道橋の振動実測について, 平成4年度 土木学会東北支部講演概要, pp. 12~13, 1993. 3
- 2) 加藤 雅史, 島田 静雄: 橋梁実測振動特性の統計解析, 土木学会論文報告集, 第311号, 1981. 7
- 3) 方 東平, 宮本 裕, 岩崎正二, 出戸秀明, 兪 茂宏: 中国古代構造物の動的及び耐震特性について, 構造工学論文集, Vol. 38 A, pp. 951~961, 1992. 3

(1993年9月16日受付)