

I - 17

加振機によるアーチ形式木歩道橋の振動実験について

岩手大学大学院	学生員	○土田 貴之
日本大学工学部	正員	五郎丸 英博
岩手大学工学部	正員	宮本 裕
岩手大学工学部	正員	岩崎 正二
岩手大学工学部	正員	出戸 秀明

1. まえがき

これまで著者らは、2種類のアーチ形式木歩道橋に対して、常時微動法と人力による加振実験および静的重量載荷実験を行ってきた。これらの実験と固有振動解析を比較することにより、木橋の長大材の部材連結部が半剛性の特性を有することを明らかにした。数値解析における部材連結部のモデル化に際しては、1次元バネ要素を用いたモデル化を提案したが、そのバネ定数の決定に関しては検討の余地があった^{1) 2)}。

本研究では、アーチ形式木歩道橋に対し加振機による加振実験を行い、これまでにに行った常時微動法および人力による加振実験の測定結果と比較することにより、これらの2種類の振動実験法が木歩道橋にも有効であることを確認をした。また、数値解析における木橋のモデル化に関しては、部材連結部に3次元バネ要素を用いたモデル化を提案し、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用いて解析を行った。

2. 加振機による加振実験

本研究では、岩手県下閉伊郡田野畑村の思惟公園内に架設された秋田杉の集成材を主材料とする下路式木トラストランガー橋（1号橋、橋長16.50m、有効幅員2.00m、図-1）と上路式木逆ランガー橋（2号橋、橋長21.00m、有効幅員2.00m、図-2）に対し加振実験を行った。実験方法は、一定加振力の1Hzから50Hzの正弦波掃引加振を鉛直方向に投入し、そのときの各測点の鉛直方向の応答加速度を出力として主構部とアーチ部で測定した。そのときの加振力と応答加速度から周波数応答関数を求め、各測点の周波数応答関数の卓越振動数から固有振動数を推定した。なお、加振は $l/2$ 点と $l/4$ 点の2カ所について行った。

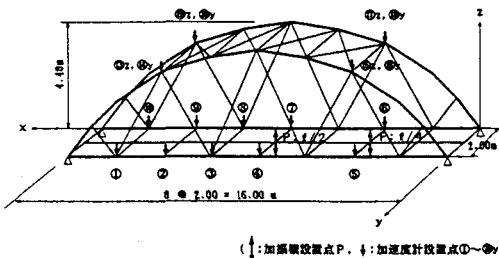


図-1 思惟公園1号橋

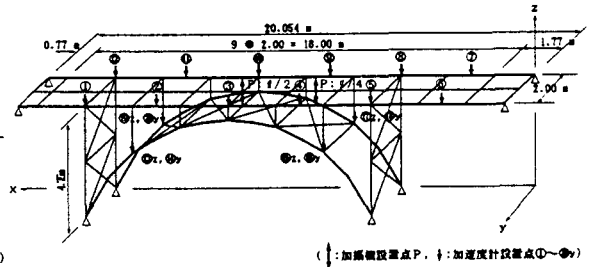


図-2 思惟公園2号橋

3. 実測値と数値解析値の比較

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固有振動数に関する測定結果および数値解析値を表-1、表-2に示す。常時微動法および人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卓越振動数から固有振動数を推定した。なお、人力による加振実験に関しては、ランダム走行およびランダム歩行時の測定結果を採用した。数値解析値に関しては、既往の固有振動解析を参考にし^{1) 2)}、1号橋では支承境界条件はヒンジ、吊り材の部材接合条件はトラス、2号橋では支承境界条件はヒンジ、支柱の部材接合条件はラーメンの3次元多質点系モデルで有限要素法により固有振動解析を行った値を採用した。本橋の場合、モード間の連成が非常に強く、卓越振動数が相互に影響しあうので、固有振動数の測定値については、測点によっては1Hz程度前後することが考えられる。そこで、本研究では各々の実験方法による測定結果を各測点で得られた卓越振動数の範囲で示した。その結果、

3種類の実験方法による測定値には、多少の違いがあるものの明瞭な違いは認められず、常時微動法および人力による加振実験についても、木歩道橋に対しての振動実験法としての有用性が確認された。また、最終的な実測結果の推定値としては、これらの3種類の実験方法による各測点の測定結果から明瞭な卓越振動数を考慮し整理した値を採用した。

表-1 1号橋 実測結果と数値解析結果

次数	実 測 値 (Hz)				数値解析値(Hz)		
	常時微動法	人力加振	機械加振		推 定 値	バネ要素 な し	バネ要素 最 適 値
			$\ell/2$ 加振	$\ell/4$ 加振			
1次	16.2~18.2	17.5~18.8	17.0	16.9~17.1	17.1	27.6	17.1
2次	19.5~21.8	19.6~20.4	20.3	20.7~22.4	20.2	28.5	20.2
3次	23.2~26.2	22.4~25.7	23.8~25.3	24.2~25.5	24.6	34.5	26.3
4次	29.6~31.2	27.8~30.3	29.8~30.2	27.9~30.4	30.0	34.9	29.2
5次	32.2~32.4	31.6~31.8	32.5~32.7	32.2~32.9	32.1	36.4	32.7
6次	34.1~36.4	34.2~35.4	33.4~34.2	33.7	35.1	37.9	35.7

表-2 2号橋 実測結果と数値解析結果

次数	実 測 値 (Hz)				数値解析値(Hz)		
	常時微動法	人力加振	機械加振		推 定 値	数 値 解 析 値 (Hz)	
			$\ell/2$ 加振	$\ell/4$ 加振			
1次	15.8~16.8	15.7~16.7	該当なし	16.0~16.5	16.0	14.7	
2次	17.0~17.9	16.9~18.3	17.0~17.4	16.8~17.9	17.5	15.9	
3次	19.3~19.5	18.8~19.9	19.7	18.8~19.2	19.5	19.8	
4次	20.4~21.0	20.2~21.2	20.8~21.2	20.7~21.3	20.8	22.8	
5次	23.2~25.6	22.9~25.4	23.3~24.3	23.8~24.3	23.5	23.5	
6次	30.2~32.2	30.1~31.2	30.2~32.1	30.4~32.1	31.0	30.6	

4. バネ定数の最適化

部材連結部は、1号橋にも2号橋にも存在するが、2号橋の部材連結部は横構や支柱などと様々な方向から接合されていて剛度が高く保たれているのに対し、1号橋の部材連結部は長大材だけの極めてシンプルな連結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号橋の部材連結部に3次元バネ要素を用いてモデル化を行った。3次元バネ要素にはx・y・z軸方向とx・y・z軸回転方向に合わせて6方向のバネ定数が存在するため、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求めた。最適化に関しては、1次および2次固有振動数の数値解析値を実測値に収束させる手法を用いた。その結果、6方向のバネ定数の値は次のようになった。

$$\begin{cases} K_x = 0.98 \times 10^5 \text{ (kgf/cm)}, \\ K_y = 1.34 \times 10^5 \text{ (kgf/cm)}, \\ K_z = 0.16 \times 10^5 \text{ (kgf/cm)}. \end{cases}$$

$$\begin{cases} K\theta_x = 8.94 \times 10^{13} \text{ (kgf}\cdot\text{cm/rad)}, \\ K\theta_y = 2.79 \times 10^{13} \text{ (kgf}\cdot\text{cm/rad)}, \\ K\theta_z = 1.26 \times 10^{13} \text{ (kgf}\cdot\text{cm/rad)}. \end{cases}$$

このバネ定数を最適値として用いて計算した結果は、表-1に示すように実測値にかなり近い結果が得られ、アーチ形式木歩道橋のモデル化がより的確に行われた。

5. あとがき

本研究では、集成材を用いたアーチ形式橋梁に対して、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種類の実験法を比較したが、その結果、加振機による加振実験だけでなく常時微動法、人力による加振実験についても、振動実験法としての木歩道橋への有用性が確認された。特に、常時微動法および人力による加振実験は、実験設備、実験時間などの点からみても比較的、簡便な実験方法である。バネ定数の決定方法は、以上で述べたように固有振動数から推定する方法以外に、静的重量載荷実験における変位から推定する方法と部材連結部の局所実験から推定する方法が考えられる。本研究では、静的重量載荷実験における実測変位と数値解析値①バネ要素を用いない数値解析モデル、②最適化により求めたバネ定数を用いた数値解析モデル)との比較も行っているが、バネ要素を用いた数値解析モデルでは実測値に近い値が得られたのに対し、バネ要素を用いない数値解析モデルでは、実測値とかけ離れた値となるため、最適化したバネ定数を用いたモデル化が妥当であると考えられる。したがって、木歩道橋の設計にあたっては、長大材などの部材連結部の位置あるいは連結方法についての十分な配慮が必要である。現在、実物大の局所模型による静的重量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の相関性を考慮しながら木歩道橋のより的確なモデル化を検討中である。

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験について, 平成4年度 土木学会東北支部講演概要, pp.12~13, 1993.3
2) 土田 貴之, 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特性について, 土木学会第48年次学術講演会講演概要集, pp.1118~1119, 1993.9