

# 動的載荷試験と FEM 解析による木歩道橋の健全度評価

岩手大学工学部 学生会員 佐々木 鮎美  
 岩手大学工学部 正会員 出戸 英明  
 岩手大学工学部 正会員 岩崎 正二  
 岩手大学工学部 正会員 宮本 裕  
 岩手大学工学部 ○向駒木 拓哉

## 1. まえがき

1990年代に多数架設された木歩道橋は、維持管理年限（15年）を迎えている。このような状況のもとで、木歩道橋の健全度評価（劣化診断）の手法を確立することは重要な課題といえる。本研究では、岩手県下閉伊郡田野畑村の思惟大橋コミュニティ公園内に架設されている木歩道橋の1号橋（下路式アーチ橋）と2号橋（上路式アーチ橋）に対して、実稼動試験（平成18年度）と人力加振試験（平成19年度）を実施し、得られた実測基本振動数等を架設時に実施した試験結果と比較検討した。同時に現状の試験結果にFEM固有振動解析結果が一致するような劣化モデルを作成することにより、木歩道橋の健全度評価を試みた。

## 2. 動的載荷試験に基づく健全度評価

### 2.1 動的載荷試験概要

本試験では、橋梁上を人間が走行により通過して橋梁を加振する人力加振法を採用した。固有振動数は、走行時の応答加速度からFFT解析によりパワースペクトルを求め、パワースペクトルの卓越振動数から推定した。1号橋および2号橋の加速度計設置位置をそれぞれ図-1, 2に示す。

### 2.2 動的載荷試験による健全度評価

両橋の健全度を評価するにあたり劣化の度合い（健全度）を判定するための指標として、式(1)のような動的健全度指標 $\gamma$ を定めた。

$$\gamma = \frac{f_2}{f_1} \times 100 \quad (1)$$

ここで、 $\gamma$ ：動的健全度指標

$f_1$ ：架設時の実測固有振動数

$f_2$ ：現在の実測固有振動数

2007年度現在の動的健全度指標は、1号橋については曲げ1次振動数で83%、曲げ2次振動数で89%、曲げ3次振動数で89%となっている。曲げ1次の動的健全度指標が特に低いことが分かる。

2号橋については、曲げ1次振動数で86%、曲げ2次振動数で75%、端部曲げ1次振動数で73%となっている。3つのモードの中では端部曲げ1次振動数の動的健全度指標が低いようである。

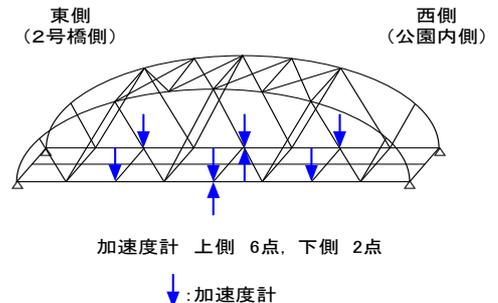


図-1 1号橋の加速度計の設置位置

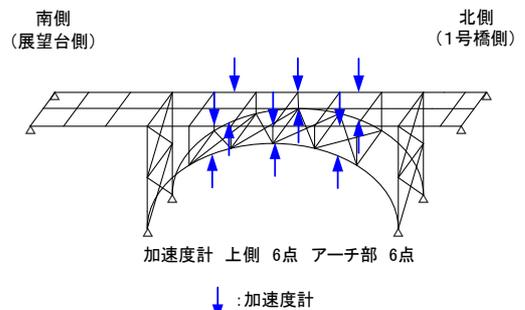


図-2 2号橋の加速度計の設置位置

表 - 1 1号橋の実測結果 (単位: Hz)

Shape	1992年	2006年	2007年	動的健全度指標(%)		
	$f_1$	$f_2'$	$f_2$	$f_2'/f_1 \times 100$	$f_2/f_1 \times 100$	$f_2'/f_2 \times 100$
水平1次	-	-	-			
水平2次	-	3.99	-			
水平3次	-	7.85	-			
水平4次	-	9.62	-			
曲げ1次	17.10	11.14	14.11	65.15	82.52	126.66
曲げ1次+公園側 アーチ端部面外振	-	14.91	-			
曲げ2次	20.20	19.24	18.02	95.25	89.21	93.66
曲げ3次	24.60	22.76	21.85	92.52	88.82	96.00
ねじり2次	-	24.86	-			
ねじり3次	-	30.06	-			

1号橋は、2008年1月に撤去したため2号橋については今後頻繁に点検調査を行い、劣化・損傷の進行具合を注意深く観察していく必要がある。

### 3. FEM 固有振動解析に基づく健全度評価

#### 3.1 架設時のFEM解析モデル

本研究ではFEMモデルとして図-3に示すような3次元骨組みモデルを用いた。節点数523、部材数799とした。実測橋梁の部材連結部・支承部は木材と鋼部材をボルト締めにて接合している。そこで適切なモデルを検討するため、図-3に示すように連結部・支承部の境界条件を変えて検討を行った。また、高欄の弾性係数を $5.10 \times 10^9$  (N/m<sup>2</sup>)とし、部材の弾性係数を架設時の実測値<sup>1)</sup>に近づくように設定した。その結果、部材の弾性係数が設計値の弾性係数( $10.79 \times 10^9$  (N/m<sup>2</sup>))に近いモデル4(部材の弾性係数  $8.04 \times 10^9$  (N/m<sup>2</sup>))を架設時のFEMモデルとして採用した。

#### 3.2 FEM解析モデルによる劣化診断

本研究では、架設時のFEMモデルの部材・高欄の弾性係数を一律に減少させることにより現在の2号橋のモデル化を行った。その結果、部材・高欄ともに架設時のFEMモデルの弾性係数より43%低下させた時(部材の弾性係数  $4.61 \times 10^9$  (N/m<sup>2</sup>))に2007年時の実測固有振動数と近い値が得られた。架設時と2007年の実測固有振動数とFEMモデルの計算固有振動数の比較を表-3に示す。また、2号橋の振動モード図を図-4に示す。

### 4. あとがき

本研究ではモデル全体の弾性係数を一定に減少させることで劣化した橋梁のモデル化を行ったため、FEM解析での健全度指標もほぼ一定の値となったが、実際の橋梁は劣化の度合いが部材によって様々であるため、実測値の健全度指標はモードごとにばらつきのある値となっている。今後の課題として目視点検の結果を考慮し、局所の劣化を考慮した健全度評価手法の開発が必要と考える。

### 参考文献

- 1) 出戸秀明、五郎丸英博、岩崎正二、宮本裕、土田貴之：集成材を用いたアーチ形式歩道橋の振動実測と解析，土木学会構造工学論文集，Vol. 40A，PP. 1321 - 1330，1994. 3

表-2 2号橋の実測結果(単位: Hz)

Shape	1992年	2006年	2007年	動的健全度指標(%)		
	f <sub>1</sub>	f <sub>2</sub> '	f <sub>3</sub>	f <sub>2</sub> '/f <sub>1</sub> ×100	f <sub>2</sub> /f <sub>1</sub> ×100	f <sub>2</sub> '/f <sub>2</sub> ×100
水平1次	-	3.79	-			
ねじり1次	-	8.00	-			
水平2次	-	10.68	-			
水平3次	-	12.13	-			
曲げ1次	16.00	14.11	13.82	88.19	86.38	97.94
曲げ2次	19.50	15.22	14.72	78.05	75.49	96.71
端部曲げ1次	23.50	18.06	17.06	76.85	72.55	94.41
端部ねじり1次	-	21.87	-			

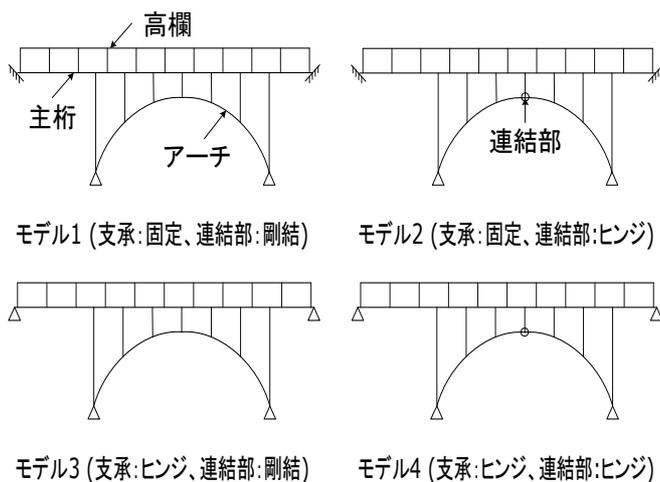


図-3 2号橋のFEM解析モデル

表-3 固有振動数の実測結果とFEM解析値の比較

モード	実験値			FEM解析結果		
	架設時(Hz)	2007年時(Hz)	健全度指標(%)	架設時(Hz)	2007年時(Hz)	健全度指標(%)
曲げ1次	16.00	13.82	86.38	18.57	14.08	75.82
曲げ2次	19.50	14.72	75.49	19.50	14.77	75.74
端部曲げ1次	23.50	17.05	72.55	21.92	16.62	75.82

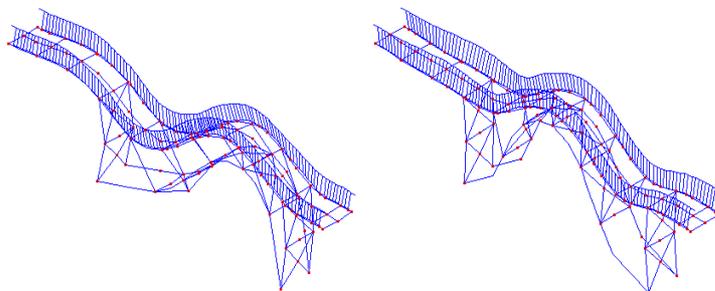


図-4 2号橋の振動モード図(左:曲げ1次、右:曲げ2次)