

静的載荷試験とFEM解析による木歩道橋の健全度評価

岩手大学工学部 正会員 出戸 秀明
岩手大学工学部 正会員 岩崎 正二
岩手大学工学部 ○矢矧 史彰

1. まえがき

木材を主材料とする橋梁は、時を経るにつれて風格が備わり、周辺の景観に調和し人々にやすらぎと親しみを与えるという点から公園内の木歩道橋として多く用いられている。1990年代に多数架設された木歩道橋は、これから維持管理年限を迎える時期となっている。このような状況のもとで、木歩道橋の健全度評価の手法を確立することが重要な課題である。そこで本研究では、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2号橋（上路式アーチ橋、橋長21.0m、有効幅員2.0m、高さ4.75m）に対して、静的載荷試験とFEM解析を用いて健全度評価を試みた。本橋は架設後15年を経過し、木橋の維持管理年限（15年）を越えようとしている。現状で健全度評価を行うことは、今後寿命を迎える木橋をどのように維持管理していくか決定する上で極めて重要と思われる。

2. 静的載荷試験に基づく健全度評価

2.1 静的載荷試験概要

本試験では、人力荷重（総計14名、総重量885.2kgf）を所定の位置に載荷させ、着目する各部の静的ひずみおよび静的変位量を計測した。2号橋の電気抵抗線ひずみゲージと変位計の測点位置と測定番号および荷重の載荷位置と載荷番号をそれぞれ図-1に示す。

2.2 静的載荷試験による健全度評価

本橋の健全度を評価するにあたり劣化の度合い（静的な剛性低下率）を判定するための指標として、式（1）のような静的剛性低下率 β を定めた。

$$\beta = \left(1 - \frac{\delta_1}{\delta_2}\right) \times 100 \quad (\%) \quad (1)$$

ここで、 β ：静的剛性低下率

δ_1 ：架設時の実測変位

δ_2 ：現在の実測変位

図-2は、本試験による静的変位の測定結果と架設時の載荷荷重（738kgf）による測定変位を本試験の載荷荷重（885.2kgf）に換算したときの変位を比較したグラフである。支間の中央点に人力荷重を載荷した場合の β を計算すると中央点において、剛性が約18%低下していることが分かった。また、最大変位が生じる支間中央以外ではさらに大きな剛性低下率が存在する位置があり、健全度はかなり低いと推察できる。

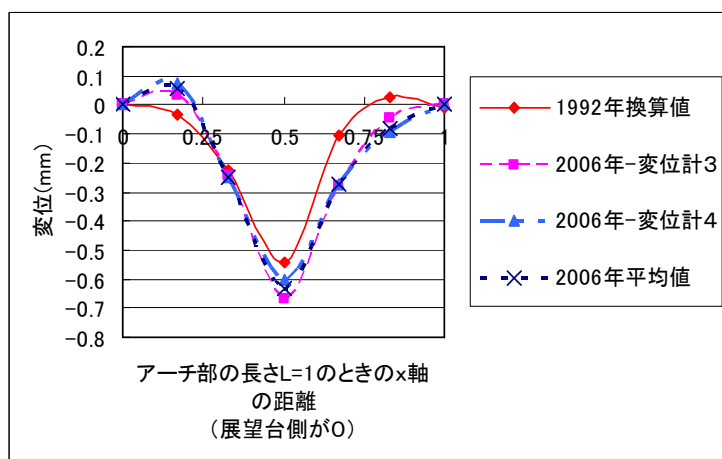
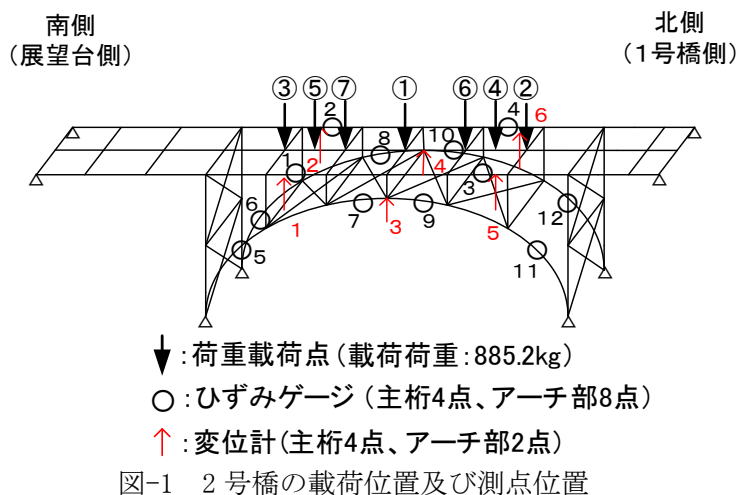


図-2 架設時の換算値と2006年実測変位の比較

3. FEM 解析に基づく健全度評価

3.1 架設時の FEM モデル化

本研究では FEM モデルとして図-1 に示すような 3 次元骨組みモデルを用いた。図-1 にさらに高欄も加えてモデル化し、節点数 523、部材数 799 とした。実測橋梁の部材連結部・支承部は木材と基礎部材のボルト締めにて接合されている。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、部材の弾性係数を $8.62 \times 10^9 \text{ (N/m}^2\text{)}$ 、高欄の弾性係数を $5.10 \times 10^9 \text{ (N/m}^2\text{)}$ とした。モデル 1~4 の変位の FEM 解析結果と架設時の実測値を表-1 に示す。モデル 2 とモデル 4 については変位だけではどちらが適切なモデルか判断できなかったため、固有振動数の結果も併用して判断した。モデル 2 とモデル 4 の FEM 固有振動数解析結果と架設時の実測値¹⁾を表-2 に示す。表-1、2 より連結部と支承部がともにヒンジであるモデル 4 が架設時の本橋に最も近い変位、固有振動数を示した。よって、モデル 4 を架設時の FEM モデルとして採用した。

3.1 FEM 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って現在の 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 15%低下させたとき（部材の弾性係数が $7.33 \times 10^9 \text{ (N/m}^2\text{)}$ 、高欄の弾性係数が $4.33 \times 10^9 \text{ (N/m}^2\text{)}$ ）に 2006 年時の実測変位と近い値が得られた。2006 年の実測変位と FEM モデルの計算変位の比較を図-4 に示す。

4. あとがき

静的载荷試験に基づく健全度と FEM 解析に基づく健全度を比較してみるとほぼ同じような結果が得られた。このことから、架設時の変位のデータがない場合でも FEM 解析結果を代用することで現在の健全度（劣化の度合い）を推定できると考えられる。本研究ではモデル全体の弾性係数を減少させることで劣化した橋梁のモデル化を行ったが、今後の課題として局部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

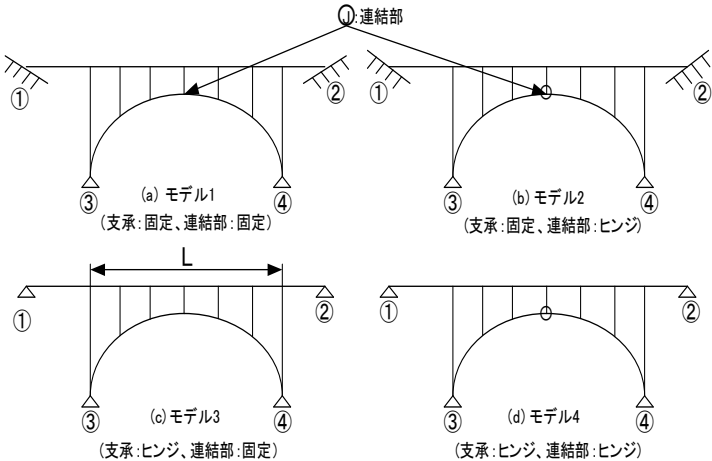


図-3 2号橋の FEM モデル図

表-1 変位の実測結果と FEM 解析結果の比較

解析モデル	モデル1	モデル2	モデル3	モデル4	実測値
支承①、②	固定	固定	ヒンジ	ヒンジ	-
支承③、④	ヒンジ	ヒンジ	ヒンジ	ヒンジ	-
連結部①	固定	ヒンジ	固定	ヒンジ	-
載荷位置	0	0.009	0.010	0.009	0.009
	L/6	0.034	0.047	0.034	0.047
	2L/6	-0.170	-0.182	-0.170	-0.182
	3L/6	-0.350	-0.452	-0.350	-0.452
	4L/6	-0.173	-0.184	-0.173	-0.185
	5L/6	0.032	0.044	0.032	0.044
	L	0.010	0.011	0.009	0.010

単位(mm)

表-2 固有振動数の実測結果と FEM 解析結果の比較

解析モデル	モード		
	曲げ2次	曲げ1次	端部曲げ1次
モデル2	18.64	19.53	29.28
モデル4	18.43	19.50	22.36
実測値	16.00	19.50	23.50

単位(Hz)

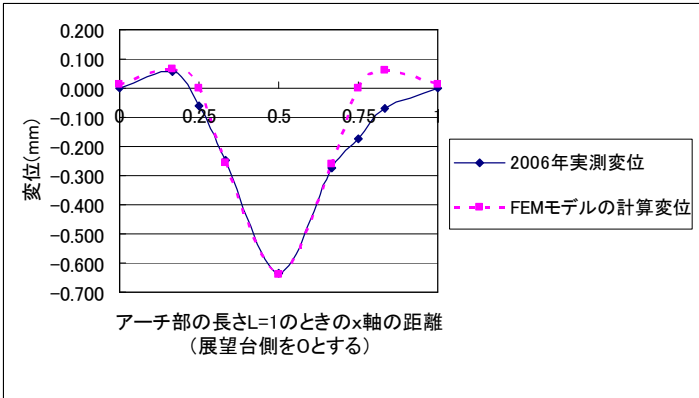


図-4 2006 年の実測変位と FEM モデルの計算変位の比較