

I-515

木造アーチ形式遊歩道橋のモデル化と固有振動解析について

北海道大学工学部 正 員 林川 俊郎 北海道大学工学部 正 員 小幡 卓司
 日本工営(株) 正 員 関 康一郎 北海道大学工学部 正 員 平沢 秀之
 北海道大学工学部 正 員 及川 昭夫 北海道大学工学部 正 員 佐藤 浩一

1. まえがき

近年、公園や緑地等の遊歩道橋で周囲の環境との調和を保ち、優れた景観を提供するという観点から木造遊歩道橋が次々と架設されるようになってきた。今後ますます環境への配慮から木造遊歩道橋の架設が増加することが予想される。しかし木造遊歩道橋を対象とした振動実験に関する報告はまだ少なく、その設計指針はまだ十分に整備されていない。そこで木造遊歩道橋の設計および架設方法を確立することが重要と考えられる。本研究では、平成5年9月に札幌市豊平区の平岡公園内に竣工された木造アーチ形式遊歩道橋で現場振動実験¹⁾を行い、その結果を基に固有振動解析により木橋の適切なモデル化の検討を行った。特にアーチ主構と主桁に用いられている集成断面の有効率、横桁、横構、対傾構等の2次部材の結合部、アーチ主構と主桁の添接部の取り扱い、支承の境界条件に着目して検討を行っている。

2. 木造アーチ形式遊歩道橋

ここで取り上げた木造アーチ形式遊歩道橋^{2), 3)}は、3径間ゲルバー桁を補剛桁とする3ヒンジアーチ橋で、橋長70m、アーチスパン長45mと、木造アーチ橋としてはわが国において最大級の木造遊歩道橋である。アーチ主構と主桁の断面は、図-1と図-2のようにドリフトピンによって合成された、それぞれ8層および3層からなる重ね梁と重ね透かし梁という集成方法が用いられている。また、部材の添接には、断面中央に亜鉛メッキ鋼板を挿入して強度を高める方法が用いられている。2次部材の結合部はボルトとピンにより結合されている。図-3は横桁と横構の結合部を示している。

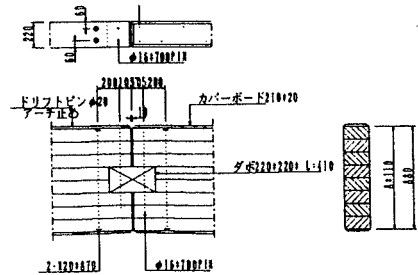


図-1 重ね梁

3. 構造物のモデル化

本遊歩道橋は、アーチ主構と主桁が同一鉛直面内ではなく、また複雑に骨組部材で構成されているため、数値解析においては、2次元骨組モデルとしては剛性の評価が難しいと考えられる。そこで、本研究では遊歩道橋を3次元骨組モデルとして取り扱った。遊歩道橋の床組部は2本の主桁と2本の縦桁で支持されている。そこで、中央部の縦桁2本はその重量を両端の2本の主桁に振り分け、高欄および床版の重量も主桁に分担させた。アーチ主構中央部には内部ヒンジを有する構造形式となっており、内部ヒンジはY軸まわりの回転のみを自由とする。境界条件は、主桁の両端はローラー支承、橋脚およびアーチ主構の支持部はヒンジ支承とする。木造アーチ橋の各節点の結合は剛結合を基本とする⁴⁾。図-4はその3次元骨組モデルが示されている。

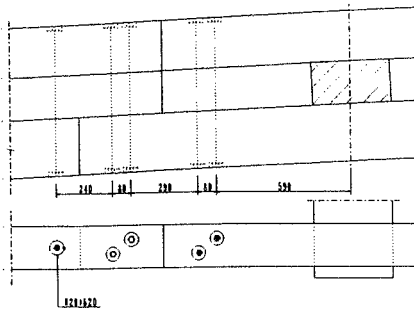


図-2 重ね透かし梁

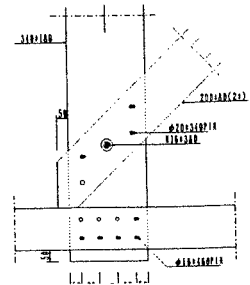


図-3 結合部

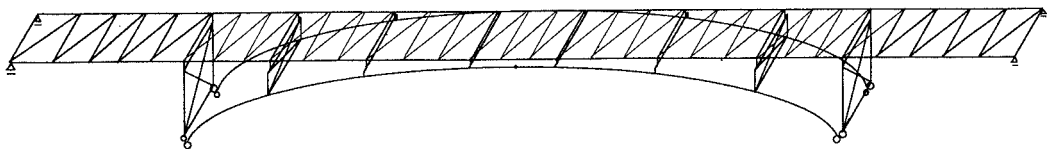


図-4 3次元骨組モデル

4. 数値計算結果

数値計算は剛性、内部ヒンジ、境界条件、結合条件を変えて表-1に示すように6通り行った。CASE1は、立体ラーメン構造として数値解析を行う基本モデルである。主桁とアーチ主構のそれぞれ重ね透かし梁と重ね梁を完全合成断面と仮定し全断面有効としてY・Z軸まわりの断面2次モーメント(IY, IZ)をそれぞれ100%としている。アーチ主構中央を剛結合とし、主桁の両端の境界条件はローラー支承である。CASE2は、CASE1でアーチ主構の中央部に内部ヒンジを有するモデルである。CASE3は、CASE2で主桁の境界条件をローラー支承からヒンジ支承としたモデルである。CASE4は、CASE3で主桁とアーチ主構の重ね透かし梁と重ね梁を不完全合成断面として取り扱い、IYをDIN(Deutsche Industrie-Norm)に準じて算定した値を用いたモデルである。CASE5は、CASE4で横桁、横構、対傾構等の2次部材の結合部を剛結合からピン結合としたモデルである。CASE6は、主桁とアーチ主構の面外断面2次モーメントIZを70%に低減したモデルである。これは、アーチ主構や主桁は、1本の継ぎ目のない部材ではなく、亜鉛メッキ鋼板を挿入して添接されているので、その剛性低下を考慮したモデルである。表-2には、数値計算結果と実験値の比較が示されている。CASE1では、全体的に固有周期が小さく、剛性を高く算定していると考えられる鉛直逆対称1次モードの固有周期の値は大きくなっているが、これは橋軸方向への連成振動を起こしているためと考えられる。CASE2では鉛直対称2次モードが長周期化している。CASE3では鉛直逆対称1次モードが短周期化している。ヒンジ支承にすることにより橋軸方向への変形が拘束され連成振動が生じないためと考えられる。CASE4ではアーチ主構と主桁の面内の剛性を小さくしているため、面内の振動モードが長周期化している。CASE5では、橋軸直角対称1次モードのみが長周期化している。これは、2次部材の結合部の剛結度が面内の鉛直曲げ振動にはあまり寄与しないが、面外の水平曲げ振動にはかなり影響があるものと思われる。

5. あとがき

本研究は木造アーチ形式遊歩道橋の現場振動実験と3次元固有振動解析を行うことにより、木造橋の適切なモデル化について考察した。ここで得られた結論を要約すると以下ようになる。

アーチ主構に内部ヒンジを有することにより、鉛直対称2次モードが長周期化することがわかった。主桁の支持部の境界条件は、人力による加振力が小さいこともあり、ローラー支承とするよりもヒンジ支承と取り扱った方がよいと考えられる。重ね梁、重ね透かし梁の曲げ剛性はDINに準じた計算により算出することができ、DINによる算出方法は有用であると思われる。横桁、横構、対傾構等の2次部材の結合部の取り扱いにおいては、剛結合よりピン結合とした方がよい結果が得られた。

最後に、実験に協力していただいた秋田大学鉱山学部の薄木征三教授、札幌市環境局推進部造園課の北原良紀氏にここに記して深い謝意を表する次第である。

【参考文献】

- 1) 鍵和田功、三品吉彦、北原良紀、薄木征三、窪田公二、小幡卓司、平沢秀之、林川俊郎、佐藤浩一、関康一郎:木造アーチ形式人道橋の振動および静的載荷実験について、土木学会第49回年次学術講演概要集第1部A、pp. 356-357、1994。
- 2) 三品吉彦、北原良紀:木造歩道アーチ橋(支間長45m)の設計照査と木橋の可能性について、土木学会第48回年次学術講演概要集第6部、pp. 312-313、1993。
- 3) 北原良紀:札幌市平岡公園の木造アーチ橋(人道橋)、橋梁、Vol. 29、No. 6、pp. 30-34、1993。
- 4) 出戸秀明、五郎丸英博、岩崎正次、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について、構造工学論文集、Vol. 40A、pp. 1321-1330、1994。

表-1 数値計算の設定条件

	IY	IZ	内部ヒンジ	境界条件	結合
CASE1	100	100	なし	ローラー	剛結合
CASE2	100	100	あり	ローラー	剛結合
CASE3	100	100	あり	ヒンジ	剛結合
CASE4	DIN	100	あり	ヒンジ	剛結合
CASE5	DIN	100	あり	ヒンジ	ピン結合
CASE6	DIN	70	あり	ヒンジ	ピン結合

表-2 固有周期の比較

	固有周期 (Sec)			
	橋軸直角 対称1次	鉛直 対称2次	鉛直 逆対称1次	ねじり3次
実験値	0.680	0.311	0.366	0.268
CASE1	0.546	0.242	0.513	0.246
CASE2	0.549	0.301	0.513	0.294
CASE3	0.524	0.301	0.331	0.294
CASE4	0.526	0.328	0.347	0.313
CASE5	0.670	0.330	0.353	—
CASE6	0.690	0.332	0.360	—