

ボールジョイント型木製トラス歩道橋の構造モデル化と振動特性

金沢工業大学 興津光 金沢工業大学 フェロー 本田秀行 (株) 創建 正会員 原田敏行

1. まえがき 現在, ボールジョイント型木製トラス歩道橋は, 全国で埼玉県日高市と佐賀県神崎市に架設されている「あいあい橋」と「愛逢橋」の2橋がある. この2橋は部材の角度が個々に異なるためボールジョイントは特注で作製されている. そのため, 他の同スパンの木製歩道橋よりコストが高くなっている.

本橋は, 上記の2橋とは構造形式が異なり, 部材の角度が統一されているため簡易的なデザインとなっており, 組立・解体が容易で施工の面での省力化が実現されている. しかし, ボールジョイントを使用した橋梁の構造モデル化の例は無く, 橋梁の振動特性も検討された例がない. そこで, 本研究ではボールジョイント型木製トラス歩道橋の3次元構造解析モデルを作製し, 固有値解析に基づく振動特性を検討する.

2. 対象橋梁 本研究で対象とした橋梁は, 接合部にボールジョイントを用いた木製立体トラス橋である. 接合部は図-3のようになっている. 部材には国産杉材の間伐材を利用して環境に配慮されている. また, 屋根を付けることで木材の腐朽を防止している. 本橋の側面図を図-1, 断面図を図-2, 設計概要を表-1に示す.

3. 3次元構造解析モデル 対象橋梁は, 格点部にボールジョイントを用いており, ボールジョイントのモデル化に重点を置き, 3次元構造解析モデルの作製を行った. ボールジョイントが橋梁に対してどのような効果が得られるかを把握するために, 2種類のモデルの作製を行った. モデルAはボールジョイント部分の構造モデル化を行わずにその重量を荷重として格点部に作用させて作製した対象橋梁のモデルである. 節点は148点, 要素は499要素となった. モデルBは, ボールジョイント部分を構造モデル化して作製した対象橋梁のモデルである. 節点は1988点, 要素は2336要素となった. 図-4にボールジョイント部分のモデル図を示す. この図より, ボールジョイントの中心, ボールジョイントの外側, 木材の端部にそれぞれ節点を取り, その間を棒要素で作製した. 作製した3次元構造解析モデルの全体図を図-5に示す.

4. 固有値解析 対象橋梁の振動特性を求めるために, 有限要素法による固有値解析を行った. また, 拘束条件は, 4点単

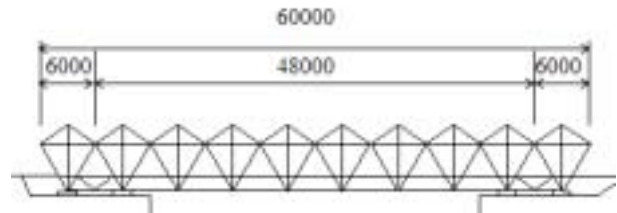


図-1 側面図

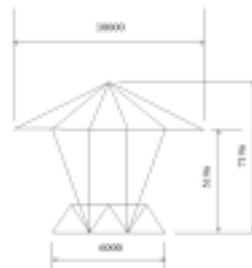


図-2 断面図

表-1 設計概要

橋格	立体横断施設
形式	木製立体トラス橋
設計荷重	3.5kN/m ²
橋長	60.0m
支間長	48.000m
有効幅員	4.00m



図-3 ボールジョイント接合部

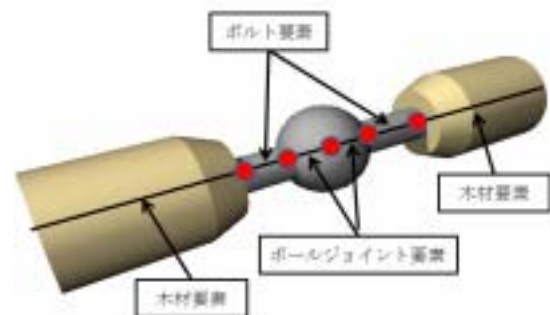


図-4 ボールジョイント部のモデル化

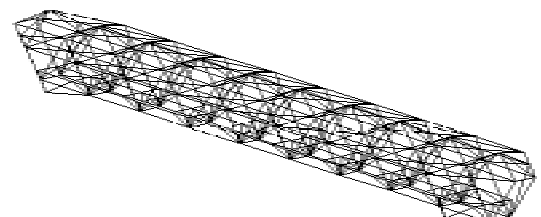


図-5 3次元構造解析モデル

純支持とする．対象橋梁の振動モードは，明確に同定できたねじれ1次，鉛直曲げ対称1次，鉛直曲げ逆対称1次を代表的な振動モードであり，その解析結果を表-2に示す．振動モードの出現はモデルA，Bとも同じで，固有振動数の大きな変化も見られなかった．

5. 拘束条件の変更による固有値解析 一般に，歩道橋を設計する際に歩行者との共振を避けるため，固有振動数が1.5～2.3Hzにならないようにすることが必要と立体横断施設設置要綱に明記されている．しかし，本橋は固有値解析の結果よりモデルA，Bともこの制限範囲内に入っている．そこで，支点拘束条件の変更により固有振動数の変化を検討した．支点拘束条件の変更については，図-6に示した4点単純支持を基本に，両端の4点の拘束条件を変更させ，振動モードと固有値振動数の変化を確認した．8点単純支持と両端を完全固定した2パターンを4点単純支持の解析結果と比較した．モデルA，Bそれぞれの解析結果を表-3，4に示す．拘束条件の変更を行った結果，どちらのモデルも8点単純支持では大きな固有振動数の差は無く制限範囲内に入る．しかし，両端完全固定ではモデルA，Bどちらとも制限範囲外という結果になる．これにより，支点拘束条件の変更で固有振動数を変化させ得ることが判断される．

6. 対象橋梁の振動特性 固有値解析では代表的な振動モードしか項目に挙げなかったが全体では表-5のようにになっている．表-5から認められるように，対象橋梁はねじれと鉛直曲げ以外では屋根部分と床部分で別々の動きが生ずる連成した振動モードが得られた．また，屋根のねじれが多い傾向が見られた．例として図-7に「屋根ねじれ2次・床水平2次の連成」の振動モード図を示す．これは，屋根部材の体積が多いため，屋根の振動が床振動とは別々に生じたと考えられる．また，屋根のねじれが多い原因としては，図-2の断面図より屋根が飛び出したデザインとなっており，そのためにねじれを起こしやすい構造物と考えられる．この屋根と床が連成することが対象橋梁の振動特性と言える．

7. あとがき 本研究では接合部にボールジョイントを用いた木製トラス歩道橋の固有値解析を行った結果から本橋の振動特性を検討した．今後は，歩行者による本橋の3次元動的応答解析を行い，人が歩いた状態での振動特性や振動使用性について検討を行う．また，屋根と床の連成振動の制御についても検討して行く所存である．

表-2 固有振動数と振動モード

振動次数	振動モード	固有振動数 (Hz)	
		モデルA	モデルB
1	ねじれ1次	1.11	1.08
4	鉛直曲げ対称1次	2.00	2.05
7	鉛直曲げ逆対称1次	4.90	5.03

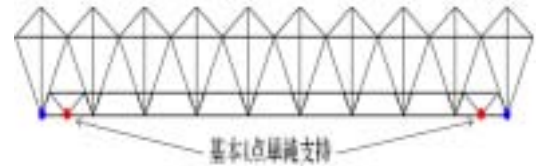


図-6 支点拘束条件側面図

表-3 モデルAの解析結果

振動次数	振動モード	固有値振動数 (Hz)		
		4点単純支持	8点単純支持	両端完全固定
1	ねじれ1次	1.11	1.16	1.19
4	鉛直曲げ対称1次	2.00	2.13	2.73
7	鉛直曲げ逆対称1次	4.90	5.24	5.57

表-4 モデルBの解析結果

振動次数	振動モード	固有値振動数 (Hz)		
		4点単純支持	8点単純支持	両端完全固定
1	ねじれ1次	1.08	1.12	1.14
4	鉛直曲げ対称1次	2.05	2.15	2.76
7	鉛直曲げ逆対称1次	5.03	5.29	5.56

表-5 振動次数と振動モード

振動次数	振動モード
1	ねじれ1次
2	屋根ねじれ1次・床水平1次の連成
3	ねじれ2次
4	鉛直曲げ対称1次
5	屋根ねじれ2次・床水平2次の連成
6	屋根ねじれ3次・床水平3次の連成
7	鉛直曲げ逆対称1次
8	屋根ねじれ4次・床水平4次の連成
9	屋根ねじれ5次・床水平5次の連成
10	鉛直曲げ逆対称1次・床水平6次の連成

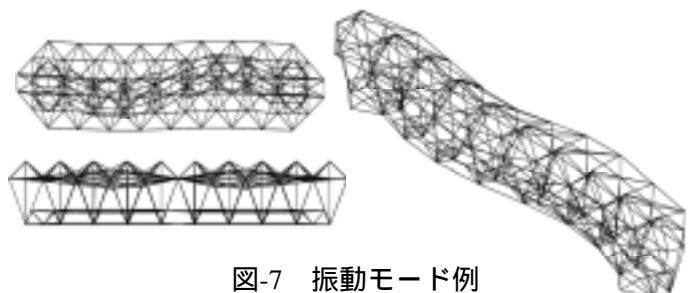


図-7 振動モード例