

上路式鋼アーチ橋の地震時挙動の数値解析

東北大学工学部

○ 学生員 高橋 岳太

東北大学大学院工学研究科

正 員 斉木 功

東北大学大学院工学研究科

正 員 岩熊 哲夫

1. まえがき

阪神大震災以降、有限要素解析技術および計算機性能の向上により、鋼橋の動的解析を含む構造解析は高度化した。しかし、ラーメン橋やアーチ橋といった複雑な橋梁については、動的解析に用いる数値モデルが確立されていない。特に面外方向の挙動については、床版の特性に依存するところが大きい。床版のモデル化についての検討は未だ不十分である。例えば、奥村ら¹⁾は補剛桁の剛性を変えることにより、コンクリート床版の剛性を考慮している。また、中島ら²⁾はコンクリート床版分の質量を補剛桁に加え、また床版の面外方向の剛性を補剛桁と縦桁をオフセット部材で結び、モデル化している。さらに、野中ら³⁾はコンクリート床版をオフセット部材で補剛桁に結合させた橋軸方向の骨組要素によりモデル化しており、さらに床版と補剛桁の重心軸のずれなども考慮している。そこで本研究では、コンクリート床版を平板要素によりモデル化し、動的解析を行なうことを目的とする。本報告では動的解析に先立ち、固有値解析を行い、実測された固有振動数、また従来のモデルの固有振動数と比較することによりその影響を評価する。

2. 解析モデル

中島ら²⁾の解析モデルを参考にして、橋長 80m、アーチライズ 11m の上路式鋼アーチ橋を解析対象とする。補剛桁及び縦桁は、橋軸方向に 4m 間隔で節点を設ける。拘束条件は、アーチリブは両端とも橋軸直角方向軸回りの回転が自由、補剛桁は両端とも橋軸方向の並進と橋軸直角方向軸回りの回転が自由とする。野中ら³⁾を参考にして、図-1 のように床版を梁要素に置き換えオフセット部材で補剛桁及び縦桁と結合させ、骨組要素だけを用いた解析モデルを基本モデルとする。基本モデルの節点数は 233、要素数は 429 である。また、床版に平板要素を用いた解析モデルを平板モデルとする。このモデルの節点数は 212、要素数は 468 である。基本モデルは、床版をモデル化した梁要素の質量密度を調整して、橋梁全体の質量が平板モデルと等しくなるようにする。また、ポスト間に設けられた補剛桁と縦桁の節点をオフセット部材で結ぶことにより橋軸直角方向の剛性の不足を補った。解析は、汎用有限要素構造解析ソフト NX NASTRAN により行った。なお、使用する実測値は中島ら²⁾を参考に、愛知県に既設されている長篠大橋 (2 ヒンジ上路式鋼アーチ橋) の振動調査による固有振動数を使用する。

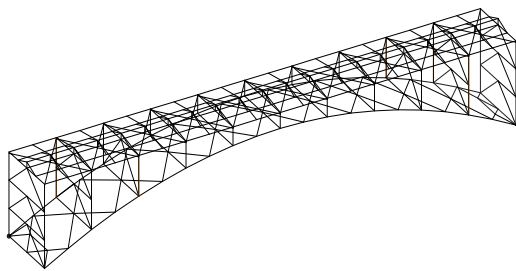


図-1 基本モデル

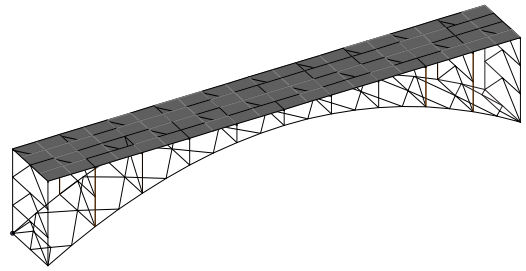


図-2 平板モデル

3. 解析結果

設定した 2 つのモデルに対して行なった固有値解析の結果と実測値を表-1 に示す。|実測値 - 解析結果|/実測値と誤差を定義し、同時に示す。なお、解析では実際には起こらない振動モードが現れたり、モデルによって振動モードがモード間で入れ替わったりするため、実測値のあるモードと同じモードの固有振動数で比較する。具体的には、面内逆対称 1 次モード、面外対称 1 次モード、面内対称 1 次モード、面内対称 2 次モード、ねじり対称 1 次モードであり、図-3 ~ 7 に示す。

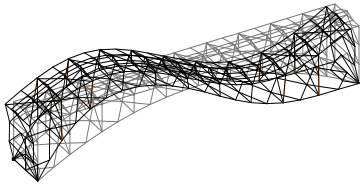


図-3 面内逆対称 1 次モード

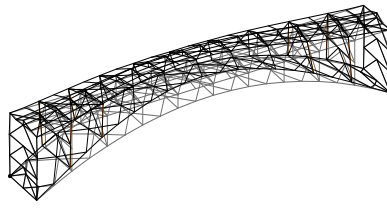


図-4 面外対称 1 次モード

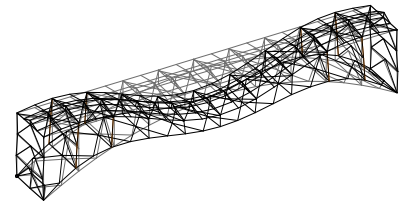


図-5 面内対称 1 次モード

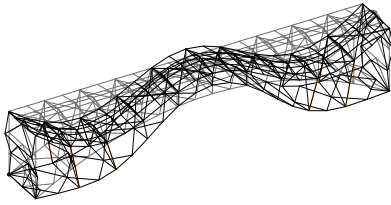


図-6 面内対称 2 次モード

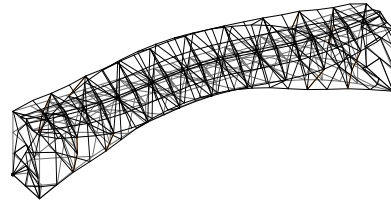


図-7 ねじり対称 1 次モード

基本モデルの固有振動数とその誤差を表-1 に，平板モデルの固有振動数とその誤差を表-2 に示す．概ね，面内方向は基本モデル，面外方向は平板モデルの方が再現性が高いことが分かる．中でも，ねじり方向での基本モデルの誤差が 40% とかなり大きい．これは，基本モデルの床版を 1 本の梁要素でモデル化しているが，その断面を実際の床版と同じものにしており，骨組要素に偏平な断面を入力したことによる誤差と考えられる．また，面外対称 1 次モードでも平板モデルの方がわずかではあるが再現性の高い結果となっている．しかし，これは支持条件による影響が大きく，例えば補剛桁の橋軸方向の並進運動を拘束すると，平板モデルの固有振動数は 2.85Hz から 5.39Hz に跳ね上がる．基本モデルも上がるが，2.88Hz から 3.91Hz に上がる程度で，平板モデルほどではない．よって，平板モデルで橋軸直角方向の解析をする時は，その支持条件次第で剛性が大きく変化することに注意が必要である．面内方向では，高次になるにしたがって平板モデルの再現性も高くなっている．面内方向では，基本モデル，平板モデルともに，支持条件を変えても固有振動数はほとんど変わらない．

以上から，本解析例に限定されるが，面内挙動の解析では平板要素によるモデルと骨組要素によるモデルは同程度，面外挙動の解析では平板モデルを使用することに利点があると言える．この結果をふまえ，今後は平板要素を使用して非線形動的解析をしていく予定である．

表-1 基本モデルの固有振動数 (Hz) 及び誤差率

振動モード	実測値	基本モデル	誤差 (%)
面内逆対称 1 次	1.5	1.5	4.8
面外対称 1 次	2.5	2.9	14
面内対称 1 次	2.8	2.8	1.5
面内対称 2 次	3.2	3.8	17
ねじり対称 1 次	4.3	6.1	40

表-2 平板モデルの固有振動数 (Hz) 及び誤差率

振動モード	実測値	平板モデル	誤差 (%)
面内逆対称 1 次	1.5	1.1	25
面外対称 1 次	2.5	2.9	13
面内対称 1 次	2.8	2.2	19
面内対称 2 次	3.2	3.3	1.2
ねじり対称 1 次	4.3	4.9	14

参考文献

- 1) 奥村徹，後藤芳顕，小澤一誠：上路式鋼製補剛アーチ橋の地震時面内終局挙動に関する研究，構造工学論文集，Vol.46A, pp.1333-1342, 2000.3
- 2) 中島章典，松田定禎，斉木功，柳智子，加藤雅史：固有振動特性の再現性に着目した既設鋼アーチ橋のモデル化，応用力学論文集，Vol.6, pp.643-651, 2003.8
- 3) 野中哲也，宇佐美勉，吉野広一，坂本佳子，鳥越卓志：上路式鋼アーチ橋の大地震時弾塑性挙動および耐震性向上に関する研究，土木学会論文集，No.731/I-63, pp.31-19249, 2003.4