

若戸大橋の固有振動および非線形地震応答特性に関する研究

長崎大学工学部 学生会員 ○田中祐介 長崎大学工学部 正会員 呉 慶雄
 長崎大学工学部 フェロー会員 高橋和雄 長崎大学工学部 正会員 中村聖三

1. まえがき

吊橋は構造形式が多様で、その振動特性・地震時の挙動が複雑であり、また現段階では震災経験の蓄積が少ないため、動的解析により地震応答評価を行うことが規定されている¹⁾。本研究では、2ヒンジ補剛トラス型吊橋である若戸大橋(支間 367m)を対象に3次元有限要素モデルを作成し、固有振動解析および非線形地震応答解析により、固有振動および非線形地震応答特性を明らかにする。また固有振動数については、補剛桁を橋軸方向の1本のはりに置き換えたモデルでの解析結果や振動実験の結果と比較する。

2. 解析対象と解析モデル

本研究では、北九州市の若松区と戸畑区を隔てる洞海湾に架かる若戸大橋を解析対象に用いる(図-1, 2)。橋梁形式は2ヒンジ補剛トラス型吊橋であり、補剛桁は中路式トラスとなっている。吊橋部の橋長は 680mで、中央径間は 367m、側径間は 89mである。ケーブルは直径 508mmのスパイラルロープ、ハンガーは $\phi 40 \times 4$ 本/1箇所用のストランドロープを使用し、主塔は塔基部、塔頂部とも固定のフレキシブル塔を採用している。

固有振動解析にはトラスモデルとはりモデルを用いる。トラスモデルとは図-3に示すような3次元有限要素モデルである。

補剛桁の各部材・主塔・中間橋脚・鋼床版をはり要素とし、ケーブル・ハンガーについては初期張力を考慮する弦要素として作成し、非線形モデルはファイバーモデルを使用する。このトラスモデルについては、鋼床版の剛性と質量の両方を考慮した場合と、鋼床版の剛性は考慮せず質量のみを考慮した場合の2つのケースを用いる。はりモデルとは補剛桁を橋軸方向の1本のはりに置き換えたモデルである(図-4)。

3. 固有振動特性

TDAPⅢを用いて固有振動解析を行う。図-5に若戸大橋の振動モード(鉛直たわみ振動逆対称1次・対称1次、ねじれ振動対称1次、面外振動対称1次)を示す。2つの解析モデルで振動モードに大きな違いはないため、トラスモデル(鋼床版あり)の振動モードのみを示している。また、本解析で得た固有振動数と、若戸大橋の拡幅工事に伴って行われた振動実験により得られた固有振動数²⁾との比較を表-1に示す。この表によると、鋼床版を考慮したトラスモデルの固有振動数と実測値の差が最も小さく、鋼床版の剛性を評価したモデルはより適切であると言える。

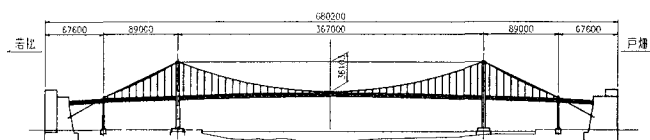


図-1 側面図 (単位: mm)

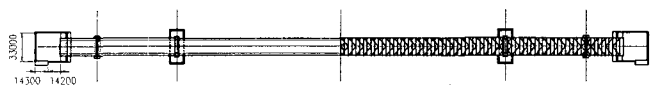


図-2 平面図 (単位: mm)

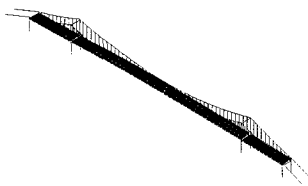


図-3 トラスモデル

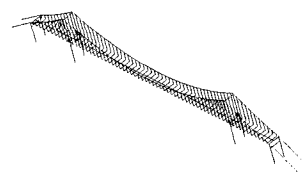


図-4 はりモデル

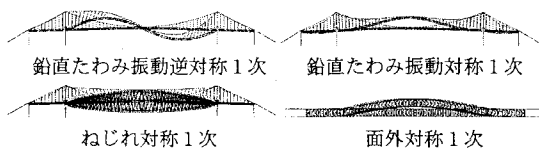


図-5 若戸大橋の振動モード

表一 固有振動数の比較 (単位: Hz)

モード	①トラスモデル (鋼床版あり)	②トラスモデル (鋼床版なし)	③はりモデル	④実測値	比 (%) (①/④) × 100
鉛直たわみ逆対称 1 次	0.268	0.259	0.252	0.332	80.7
鉛直たわみ対称 1 次	0.334	0.340	0.342	0.361	95.3
鉛直たわみ対称 2 次	0.498	0.488	0.496	0.513	97.1
ねじれ対称 1 次	0.561	0.560	0.516	0.630	89.0
面外対称 1 次	0.245	0.239	0.236	0.260	94.2

4. 非線形地震応答特性

非線形地震応答解析は Newmark の β 法 ($\beta=1/4$) を用い、時間刻み 0.0025sec、継続時間 40sec とする。モデルはトラスモデル (鋼床版あり) を使用し、地震波は橋軸方向および橋軸直角方向に、タイプ I の II 種地盤の標準波形 (T121) を入力する。減衰は Rayleigh 減衰を用い、減衰定数は 0.02 とする。

図一 6 に主桁の最大軸力を示す。下弦材よりも上弦材に発生する最大軸力の方が大きく、橋軸直角方向加震時においても橋軸方向加震時においても中央径間の主塔部付近で最大となっている。また、橋軸直角方向加震時にも橋軸方向加震時にも降伏には至っていないが、橋軸直角方向加震時の方が、上弦材が断面に余裕がないことがわかる。

図一 7 に橋軸直角方向加震時における主塔の最大応答を示す。最大軸力も最大曲げモーメントも主塔基部において発生している。また、図には面外曲げモーメントしか示していないが、面内曲げモーメントも大きく生じている。

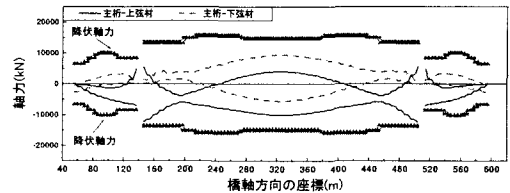
図一 8 に橋軸直角方向加震時におけるケーブルの無次元最大軸力を示す。ケーブルの軸力変動は 10% を超えず、抗圧縮力は生じないことがわかる。

5. まとめ

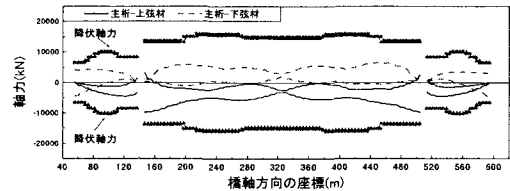
本研究の結果から、解析に使用した鋼床版を考慮したトラスモデルは妥当であると言える。また吊橋である若戸大橋は地震動に対して、主桁上弦材の最大軸力が主塔部付近で大きくなる。主塔は橋軸直角方向の地震動に対して面外、面内両方の曲げモーメントが大きく生じるため 2 軸曲げを考慮する必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，pp.44～46，2002.3
- 2) 石井・金子・讃岐・杵本：若戸大橋拡幅工事における形状観測と振動特性について，土木学会論文集，第 427 号/VI-14，pp.123～131，1991.3

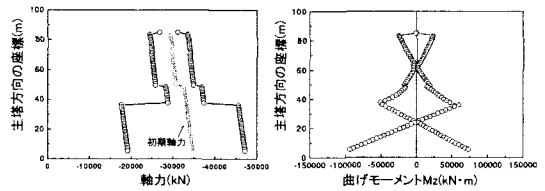


(a) 橋軸直角方向加震



(b) 橋軸方向加震

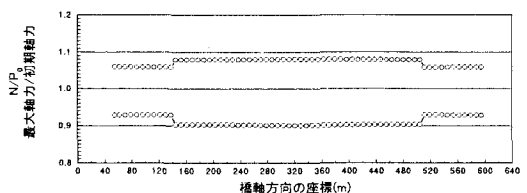
図一 6 主桁の最大軸力



(a) 最大軸力

(b) 最大曲げモーメント

図一 7 主塔の最大応答 (橋軸直角方向加震)



図一 8 ケーブルの最大軸力 (橋軸直角方向加震)