長崎県内にある鋼橋梁の FE 解析と振動計測

長崎大学 工学部 学生会員 〇 松山嘉親 長崎大学 大学院 学生会員 下條敬介 長崎大学 大学院 正会員 森田千尋 長崎大学 大学院 学生会員 古田健人 長崎大学 大学院 正会員 牧野高平

1 まえがき

近年、コンピュータ性能の向上に伴い多様な機能を備 えた有限要素解析ソフトが実用化されており、記憶容量 や計算時間などの問題は解消されつつあるため鋼橋梁を 対象とした3次元FEMによるモデル化が可能となって きた. そのため、以前まで用いられた格子桁解析や2次 部材(床版や桁などの主要部材を除く部材)を省略したモ デルなど、簡略化したモデルではなく、すべての部材を 含めた鋼橋梁のモデル化が可能となっており、より精度 の高い解析結果を得ることが可能となっている. しかし ながら鋼橋梁には様々な構造形式があり、これらの異な る構造形式においては、境界条件やモデルに使用する要 素が異なる。そのため、最適なモデル化が行われなかっ た場合、その解析結果は実際の挙動と一致しないことが ある.

本研究は、長崎県内にある簡易な構造形式の鋼橋梁を 対象としてモデル化および FE 解析を行い、構築モデルの 妥当性の検討を行った. これらをデータベース化するこ とにより, 異常発生時に橋梁状態の解析的検討が迅速に 行えるようになることから、 鋼橋梁の維持管理への展開 が期待される. モデル解析値との整合性を確認する手段 としては、レーザードップラー速度計を用いて橋梁の固 有振動数を計測している. なお,解析では汎用の有限要 素解析ソフト Marc を使用している.

2 対象橋梁と解析モデル

2.1 対象橋梁概要

構造形式が異なる2種の橋梁 A, B(写真-1, 2)を対象 とした. 橋梁 A(橋長 48.5m, 幅員 15.8m)は7主桁を有 する鋼単純非合成変断面鈑桁, 橋梁 B(橋長 42m, 幅員 7.5m)は鋼単純橋台剛結非合成2主I桁である.



写真-1 対象橋梁 A

写真-2 対象橋梁 B

2.2 FE 解析モデル概要

FEM モデルに使用した要素タイプと材料定数を表-1 に、橋梁 A・B のモデル全容図を図-1, 2 に示す。 床版 と桁の接合条件に関しては節点共有による剛結と仮定し た. 支承部の境界条件に関して、橋梁 A は一端ピン、他 端ローラーの単純支持である. 鋼ポータルラーメン橋で ある橋梁 B は橋台剛結であるため、2 つのパターン (case1, case2 とする)に分けてモデル化を行った. case1 は橋台をモデル化せず、変位拘束の境界条件を所定の位 置に与えたモデルであり、case2 は橋台を含めたモデル である. 橋梁 B について case1・case2 それぞれの境界 条件の詳細図を図-3,表-2に示す.

表-1 要素タイプ・材料物性値

| 部位 | 使用要素 | 弾性係数 | 密度 | ポアソン | | |
|-----|--------|----------------------|------------|-------|--|--|
| 山河小 | | (N/mm^2) | (g/cm^3) | 比 | | |
| 床版 | ソリッド要素 | 2.86×10 ⁴ | 2.32 | 0.167 | | |
| 主桁 | シェル要素 | 2.00×10 ⁵ | 7.90 | 0.3 | | |
| 横構 | 梁要素 | 2.00×10° | 7.90 | 0.3 | | |

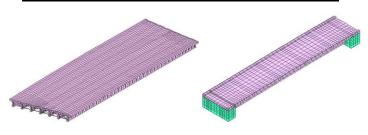


図-1 橋梁A

図-2 橋梁 B(case 2)

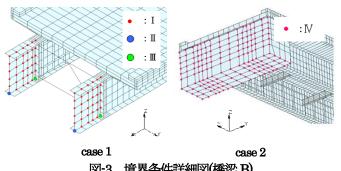


図-3 境界条件詳細図(橋梁 B)

表-2 境界条件(橋梁B) (1:拘束 0:自由)

| 拘束方向・回転 | | 変位 | | | 回転 | | |
|---------|------|----|---|---|--------------|------------|--------------|
| 橋梁B | 境界条件 | X | у | Z | θ_{x} | θ y | θ_{z} |
| casel | I | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | П | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| | Ш | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| case2 | IV | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |

3 振動計測と解析結果

3.1 振動計測概要

橋梁の固有振動数を計測するにあたり、非接触測定装置であるレーザードップラー速度計(LDV)(写真-3)を使用した. 測定の対象となる構造物にレーザーを照射してその反射光を受光し、ドップラー効果により変化する周波数から構造物の速度を検出する. 加振は橋梁を通過する走行車両である. 車両通過後の振動が減衰する数秒間をピックアップしてフーリエ変換することで橋梁の固有振動数を得ることができる. 計測点は橋梁中央付近の下フランジへのレーザー照射を基本としているが、今回の橋梁 A・B は共に桁下からのレーザー照射が不可能であるため、桁中央付近の側面(高欄)にレーザーを照射して計測を行った.





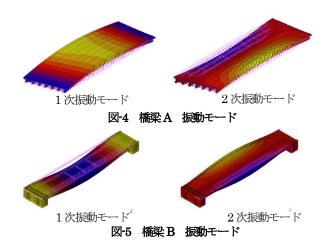
写真-3 LDV と桁横からのレーザー照射

3.2 **FEM** 解析結果

解析結果と振動計測の結果比較を表3に、解析から得られた振動モードを図4,5に示す.

表-3 計測値と解析値の比較

| 橋梁 | | | A | B (case1) | B (case2) | |
|-----|---------|----|--------|-----------|-----------|--|
| 要素数 | | | 14634 | 12938 | 24426 | |
| 振動数 | 計測値(Hz) | 1次 | 2.01 | 4.79 | | |
| | | 2次 | 2.44 | 5.18 | | |
| | 解析值(Hz) | 1次 | 2.161 | 4.841 | 4.878 | |
| | | 2次 | 2.978 | 4.979 | 5.207 | |
| | 解析值/計測值 | 1次 | 107.50 | 101.10 | 101.80 | |
| | (%) | 2次 | 122.00 | 96.10 | 100.50 | |



要素分割は、十分に解析値が収束するまで分割を行っている。橋梁 A、B 共に 1 次で曲げ、2 次でねじれの振動モードとなった。橋梁 A は 1 次で 7.5%、2 次で 22%の誤差が生じた。一方で橋梁 B は、case 1 では 2 次で約4%の誤差が生じたが、case 2 では 1 次・2 次共にほぼ計測値と一致した。

4 まとめ・考察

橋梁Aに関して、1次の振動数は概ね妥当な解析結果を得ることが出来たが、2次の振動数は課題が残る結果となった。計測値を大きく上回っているため、構築したモデルがねじれ剛性を過大に評価していると考えられる。橋梁Aは橋長の割には比較的幅員が大きい橋梁である上、桁横からのレーザー照射による計測であるため、2次のねじれモードにおける振動数を正確に計測できていない可能性も考えられる。したがって、今後は加速度センサーなどの機器を用いた計測を検討する。

橋梁 B に関して、1 次の振動数は case1, case2 共に計測値と同等の解析結果を得ている。2 次に関しても同様であるが、橋台を詳細にモデル化した case2 の方がより精度が高い結果となった。このことから鋼ポータルラーメン橋のモデルは、橋台を含めたモデルでなくとも支点部に適切な境界条件を与えることで、計測値と同等の結果が得られることがわかった。

謝辞; 本研究は、(財)日本建設情報総合センターの研究助成を受けて実施したものです。

参考文

- 1) 中島, 野上, 他: 圧延形鋼を用いた既設鋼桁橋の振動実験とその構造解析モデル, 土木学会第65回年次学術講演会, 2010.9.
- 2) 森田,他:道路橋の載荷試験結果に対する解析の検討報告書,九州 橋梁・構造工学会(KABSE),2008.11.