

既設鋼橋梁の3次元 FEM 解析と振動計測

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 高良和之
 長崎大学 工学部 学生会員 古田健人
 長崎大学 工学部 非会員 白濱敏行

1 まえがき

近年ではコンピュータ技術の発展が目覚しく、記憶容量や計算時間などの問題は解消されつつあり、鋼橋への3次元 FEM 解析の適用に関して検討がなされている。しかしながら、実挙動を正確に表現できるモデルを構築するにはかなりのコスト(労力・費用)を要するのが現状であり、モデル化方法についてさらなる検討が必要である。本研究では、実際に载荷試験が行われている橋梁を対象としてモデル化および FEM 解析を行い、構築モデルの妥当性を検討することを目的とする。さらに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、FEM モデル解析値との整合性を確認する。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 解析対象橋梁

対象橋梁は、5主桁を有する鋼単純桁橋(支間 35.6m, 幅員 13.84m)の A 橋とする。A 橋では道路示方書の改訂を受け、活荷重の増加に伴う応力度の照査の結果、補強する必要があるとされた。そのため、床版の増厚および両側 2 本の I 桁を利用した箱桁化工事を実施している。同時に、補強効果を確認するため、静的载荷試験が実施されている。

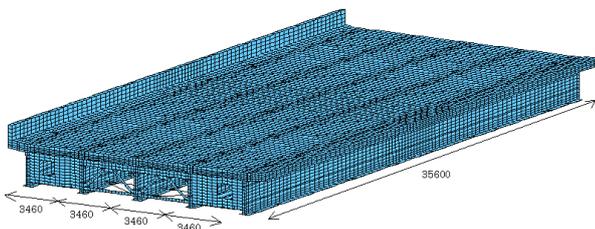


図1 A 橋：解析対象モデル全容図

3 静的载荷試験

FEM モデルで使用した材料定数を表 1 に示す。境界条件は一端ピン、他端ローラーの単純支持である。载荷試験では、図 2 の Case1 のように、支間中央の G1 桁直上に荷重(208kN)を偏载荷する。このとき、各桁における下フランジのたわみを計測している。载荷試験実施の時期は、工事前(初期状態：平成 6 年 9 月初旬)、補強工事完了後(平成 7 年 2 月下旬)である。

表 1 要素タイプ・材料定数

部材	使用要素	弾性係数 (N/mm ²)	密度 (g/cm ³)	ポアソン比
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			

4 载荷試験の解析結果

図 2 に、工事の前後における静的载荷試験の実測値および解析値を示す。工事前では、载荷点である G1 桁で実測値とほぼ同様の値を得ることができた。一方で、このときの格子解析結果の値と FEM 解析結果を比較してみると、グラフで示しているように精度に大きく差があることがわかる¹⁾。

補強工事後の解析結果でも、実測値に近い値を得ることができた。しかし、工事前の解析結果ほどの精度は得られなかった。実際の補強工事では床版の増厚・継手部など、細部にわたって補強や交換が行われている。しかし現段階においてこれらの部材をモデル化で再現することは難しく、考慮できなかったことが、誤差が生じた原因と考えられる。

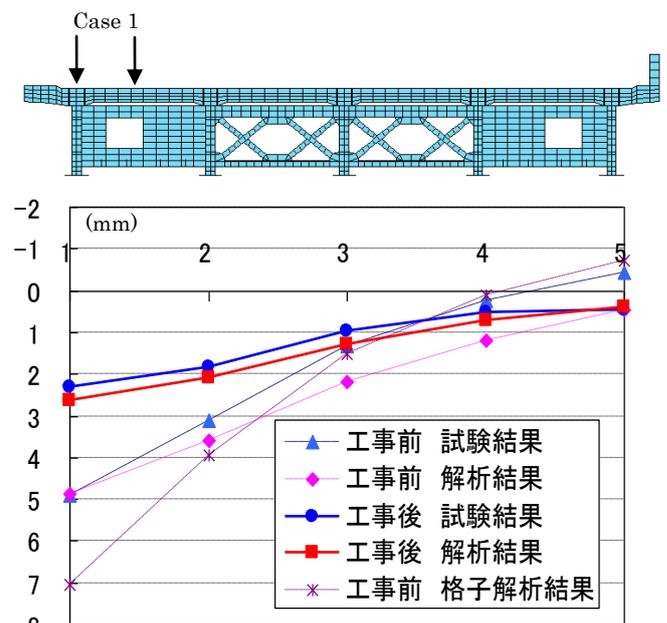


図 2 载荷試験と解析結果

5 振動計測および解析結果

5.1 振動計測概要

対象橋梁の固有振動数を測定するため、非接触での振動計測が可能なレーザードップラー速度計(LDV)(写真 1)を使用した。対象とする橋梁にレーザー光を照射し、その



写真 1

反射光を受光、ドップラー効果により物体の速度を検出する。これを FFT 処理することで橋梁の固有振動数を求めることができる。計測結果をもとに

5.2 振動解析結果

A 橋では、図 3 のように支間中央付近の G1 桁と G3 桁の 2 点に照射し、行き交う車を加振源として計測を行った。計測の結果、固有振動数 3.54Hz と 4.88Hz が得られた。

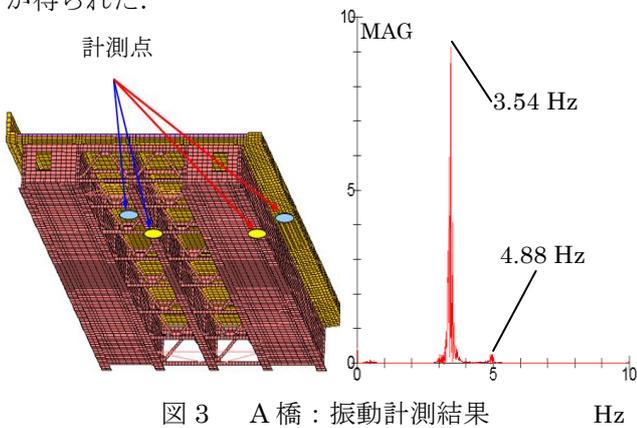


図 3 A 橋：振動計測結果 Hz

表 3 に A 橋の振動解析結果を示す。1 次では 3.40Hz となり、曲げの振動モード、2 次では 4.84Hz となり、ねじれの振動モードが確認された(図 4)。それぞれの振動数を実測値と比較すると、ほぼ同等の値を得ることができた。

表 3 A 橋：振動解析結果

振動数	解析値(Hz)	実測値(Hz)	解析値/実測値
1 次	3.40	3.54	0.96
2 次	4.84	4.88	0.99

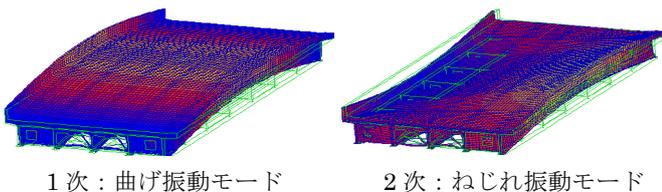


図 4 解析結果 振動モード

5.3 他の鋼橋梁における計測および解析

今回の FEM モデル化が他の鋼橋梁でも適用できるかを検討するために、3 主桁を有する鋼単純桁橋(支間

26.0m, 幅員 8.45m)の B 橋を対象として振動計測および解析を行った。計測点は図 5.1 に示す。加振源は行き交う車であり、A 橋と同様の部材要素・材料定数・境界条件を使用している。B 橋の振動計測結果を図 5.2 に示す。

B 橋の振動計測の結果、1 次では 5.35Hz、2 次では 7.03Hz であった。一方解析結果(表 4)では 1 次の曲げ振動モードで 5.37Hz、2 次のねじれ振動モードで 6.92Hz となり、B 橋においても実測値と近い値を得ることができた。

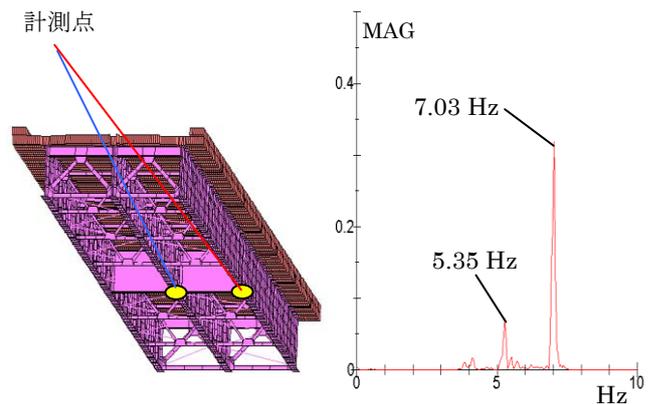


図 5.1 B 橋：計測点 図 5.2 B 橋：振動計測結果

表 4 B 橋：振動解析結果

振動数	解析値(Hz)	実測値(Hz)	解析値/実測値
1 次	5.37	5.35	1.00
2 次	6.92	7.03	0.98

6 まとめ

今回対象とした 2 橋に関しては、特に振動解析において非常に精度の高い結果を得ることができた。一方載荷試験でも FEM 解析を用いることで、より実挙動に近い値を得ることがわかった。しかし補強後のモデルにおいては、橋の挙動は適切に再現できていたものの、改善の余地が残っている。

今後も鋼橋の計測および FEM モデル化を継続し、振動計測と、より実挙動に近いモデル構築の方法について検討していく。

参考文献

- 1) 森田, 角田, 他: 鋼橋の載荷試験結果を用いた三次元 FEM モデル化の検討, 土木構造・材料論文集, 第 24 号, 2008.12.
- 2) 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.
- 3) 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.