

H1-18

実在トラス橋を対象とした三次元有限要素モデル化の検討 Study on Three-Dimensional Finite Element Modeling for an Existing Truss Bridge

○稲田健太¹, 岩井佑太¹, 仲村成貴²* Kenta Inada¹, Yuta Iwai¹, Masataka Nakamura²

Abstract: The purpose of this study is to evaluate the dynamic characteristics of an existing truss bridge precisely. It is necessary to build the numerical model which can be reproduced the result of vibration tests to achieve that purpose. This paper presents the effect of the bridge railing foundation on dynamic characteristics of the subject bridge. It was confirmed that there was no effect of the railing foundation on the low-mode characteristics, as a result of the eigenvalue analysis of three-dimensional finite element model.

1. はじめに

国内にある橋長 2m 以上の道路橋は現在約 70 万橋に上る。このうち建設後 50 年を超えた橋梁の割合は 2013 年時点で 18% (約 71,000 橋) であったが、2023 年には 43% (約 171,000 橋)、2033 年には 67% (約 267,000 橋) に急増すると予想されている。全道路橋の 68% は市区町村が管理者となっており、膨大な数の橋梁の状態を効率的に把握できる技術が求められている。そのための一手法として、振動計測を利用した橋梁の健全性評価に関する研究が盛んに行われているが、振動特性と損傷指標との関係は必ずしも明らかになっていない。その理由として、比較的容易に把握可能な低次の固有振動数とモード形は、損傷に対する感度が低いためであると考えられている。そこで本研究では、精緻に振動特性を把握するために実測に基づいた数値モデル化法について検討することを目的とする。本稿では高覧基礎のモデル化がトラス橋の振動特性に及ぼす影響に注視して検討した。

2. 対象橋梁と実験結果の概要

対象橋梁は千葉県浦安市に位置する鋼ワーレントラス形式の見明川歩道橋である。全景を Photo 1 に示す。見明川歩道橋の橋長は 64.95m、桁高さは 4.50m、幅員 4.00m、総質量は 9700kg であり、両端の支承高さは左岸 (写真左側) の方が右岸より 1.50m 高い。この歩道橋で実施した振動実験の結果として、鉛直曲げ固有振動数を Table 1 に示す。対象橋梁では起振実験、常時微動観測、人力インパルス加振実験、歩行加振実験など多岐にわたる振動実験を 20 年間にわたり実施しており、固有振動数とモード形について少なくとも 1~3 次は 20 年間、変化が無いことを確認している。

3. 解析モデル

Table 1 に示した固有振動数を再現することを目標として数値モデルを作成した。モデル化対象を上部構造



Photo 1. The Subject Truss Bridge

Table 1. Result of Vibration Tests

Order of Vertical Bending Mode	Natural Frequencies (Hz)
1st	2.08
2nd	6.11
3rd	10.2
4th	13.9
5th	16.8
6th	19.3
7th	25.4



Figure 1. 3D Finite Element Model



Photo 2. The Subject Truss Bridge

1: 日大理工・学部・土木 2: 日大理工・教員・まち

のみとして、Figure 1 に示すように、トラス部材にはり要素、床版にシェル要素を用いて三次元有限要素モデルを作成した。一般にトラス橋を対象とした数値モデルではトラス部材をはり要素、床版を質点でモデル化し、高欄を省略することが多い。本稿の数値モデルでも高欄を省略しているが、床版をシェル要素でモデル化することで床版の剛性を考慮した。振動実験時に支点が橋軸方向にほとんど移動していないことを確認しているため、両端部の支点をヒンジとしてモデル化した。支承間高低差は無視した。今回検討した 2 つのモデルの緒元を Table 2 に示す。Model-A は高欄基礎を考慮したモデル、Model-B は高欄基礎を省略したモデルである。ここで、本稿では Photo 2 に示す高欄を支えるコンクリート部分を高欄基礎と称す。Model-A では高欄基礎をシェル要素でモデル化し、下弦材に剛はり結合させた。部材の物性値については道路示方書¹⁾を参照して、両モデルで同じ値を用いた。なお、解析コード TDAP^{III}を用いて解析を行った。

4. 固有値解析結果

両モデルの固有値解析結果を比較することで、高欄基礎のモデル化がトラス橋の振動特性に及ぼす影響を検討した。固有値解析結果として、鉛直曲げモードに該当する固有振動数とモード形を Figure 2, 3 にそれぞれ示す。Figure 2 では横軸を実験記録から推定された歩道橋の固有振動数とし、それに対応させて縦軸に両モデルの固有振動数をプロットした。1~3 次では両モデルに大差は認められない。4 次は Model-A の方が高い値が得られ、5 次は Model-B のみで得られた。Figure 2 に示した直線は実験値と解析値が等しくなる位置を示している。1~2 次については両モデルとも実験値とほぼ一致したが、3 次以上では実験値よりも高い値が得られた。3 次以上の高次モードに着目した場合、今回検討したモデルは実際よりも剛性を高く評価した可能性がある。Figure 3 に示した 1~4 次モード形は両モデルで一致した結果を得たが、5 次は Model-B のみで得られた。

5. おわりに

高欄基礎のモデル化が橋梁全体系の振動特性に及ぼす影響について検討した。モデルの固有値解析結果から、低次モードについては高欄基礎モデルの有無が振動特性に及ぼす影響はほとんど無かった。一方、高次モードについては高欄基礎をモデル化しない方が実測値に近い値が得られたが、実測値を十分に再現するには至っていない。この理由について今後検討する予定である。

Table 2. Model Profile

Model		A	B
Truss	Young's Modulus (kN/ m ²)	2.00×10 ⁶	2.00×10 ⁶
	Elastic Shear Coefficient (kN/ m ²)	7.70×10 ⁵	7.70×10 ⁵
	Mass density (kN/ m ³)	77.0	77.0
Slab and Railing	Young's modulus (kN/ m ²)	2.35×10 ⁵	2.35×10 ⁵
	Elastic Shear Coefficient (kN/ m ²)	1.02×10 ⁵	1.02×10 ⁵
	Mass density (kN/ m ³)	2.30	2.30
Railing Model		○	×
Number of node		183	183
Number of element		351	351

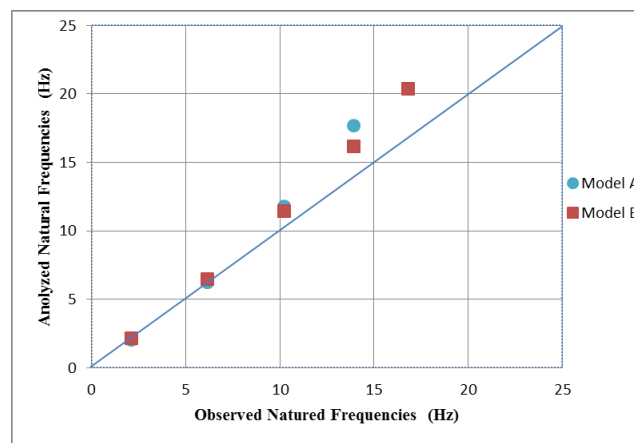


Figure 2. Comparison between the Analyzed and the Observed

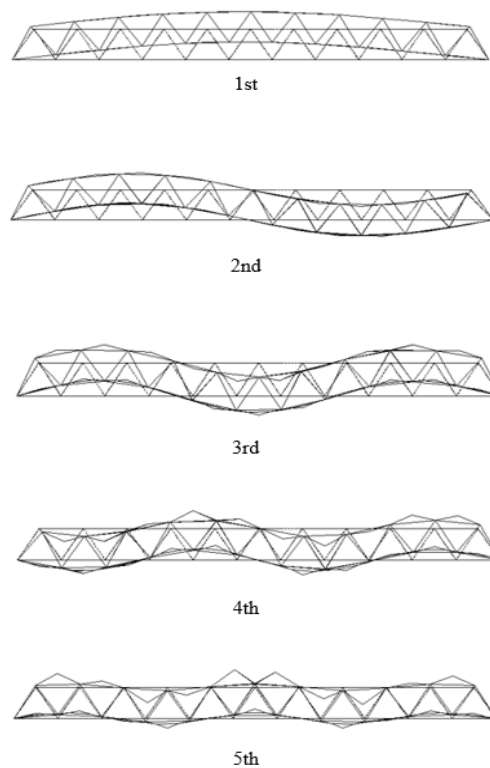


Figure 3. Mode Shapes (Vertical Bending Mode)

参考文献

[1] 日本道路協会：道路示方書・同解説 I 共通編，2012。