

I-26

斜張橋形式木歩道橋の振動実測と3次元固有振動解析

岩手大学工学部 学生員○永井正和 日本大学工学部 正員 五郎丸英博
 構造技研（株） 菅野一光 岩手大学工学部 正員 岩崎 正二
 岩手大学工学部 正員 宮本 裕 正員 出戸 秀明

1. まえがき

ここ数年、木橋の架設が急速に増加している。このような現状の中、木橋を対象とした振動実測報告は少なく¹⁾、鋼橋やコンクリート橋などに用いる振動測定法が木橋に対して有効かどうかの確認が必要である。また、数値解析における木橋の適切なモデル化の検討も必要である。そこで、本研究では、岩手県下閉伊郡田野畑村の思惟大橋コミュニティ公園内に架設された米松集成材を主材料とする斜張橋形式木歩道橋（写真-1 橋長22.00m、幅員2.30m、高さ11.83m）に対し数種の振動実験を行い、各実験より得られた応答加速度をFFT解析によりパワースペクトルを求め、その卓越振動数から固有振動数を推定することにより木斜張橋の動的振動特性を明らかにした。また、求めた実測固有振動数と2次元及び3次元数値解析値との比較検討を行うことにより、木斜張橋の最適なモデル化を試みた。

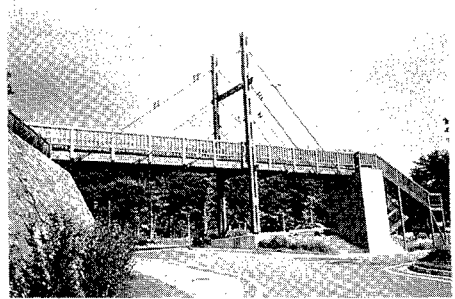


写真-1 斜張橋形式木歩道橋

2. 斜張橋形式木歩道橋の現場振動実測

現場振動実測では、常時微動法、人力加振実験、機械加振実験を行った。常時微動法では、橋台を通して支承部から入力される微震動によって生じるランダムな応答加速度を床板16点、塔1点、ケーブル3点の合計20点にて各10分間測定し得られた応答加速度データより常時微動法に適切と思われる箇所を抽出し、FFTアナライザを用いて各測点でのパワースペクトルを求めその卓越振動数から固有振動数を推定した。

次に、人力加振実験では6名（389kgf）が橋梁上をランダム走行、ランダム歩行、5.5Hz歩調により通過するときの外力を人力加振力とし、床板24点、塔1点、ケーブル3点の合計28点にてランダムな応答加速度の測定を行い常時微動法と同様に固有振動数を推定した。現場振動実測解析結果の一部を表-1に示す。実測値は、各振動実験の測定値を比較検討した結果、明瞭な卓越振動数を考慮し整理した値を採用した。なお、機械加振実験は現在解析中であるため省略する。

表-1 実測値(Hz)

次数	常時微動法	ランダム歩行試験	ランダム走行試験	5.5Hz歩調加振試験	推定値(Hz)
1次	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
2次	8.5	8.5	8.0	9.5	8.6
3次	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5
4次	15.5	15.0	15.5	15.0	15.3
5次	19.5	19.0	18.5	19.0	19.0
6次	21.0	20.0	20.0	20.0	20.3

3. 固有振動解析

2次元及び3次元固有振動数解析は有限要素法を用いて行った。実測橋梁の2次元モデル（図-1）は節点数25、部材数21、質点数17とし、3次元モデル（図-2）は節点数56、部材数103、質点数45とした。質量マトリックスの作成にあたっては、集中質量法を採用し、高欄の影響については質量のみを考慮した。

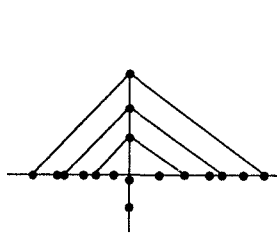


図-1 2次元モデル図

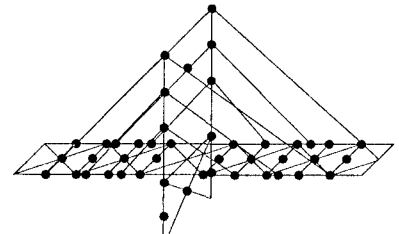


図-2 3次元モデル図

また、実測橋梁の支承部は木材と

基礎部材のボルト締めにて接合されている。そこで適切なモデル化を検討するため、図-3に示す支承の境界条件（固定、ヒンジ、ローラー）を変えて検討を行った。2次元及び3次元固有振動解析を行った結果を、表-2に示す。表-2より2次元モデルでは3次元モデルにおける2,4,6次固有振動モードの解析値が欠落している。これらの欠落している固有振動モードは、幅員方向の、左右の振動変位が等しく逆位相の振動形であるため2次元モデルを用いた固有振動解析では計算不可能な振動モードである。従って、橋長に対して幅員が大きい本橋の場合、2次元モデルは適さず3次元モデルを用いて解析すべきと考える。

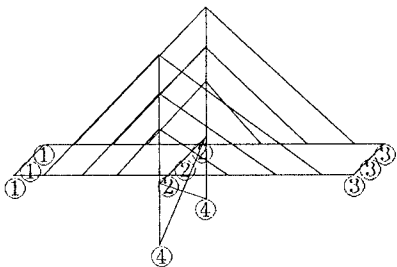


図-3 支承番号図

表-2 2次元及び3次元数値解析値

解析モデル		モデル1	モデル2	モデル3	モデル4	モデル5	実測値
支 承 条 件	①	ヒンジ	ヒンジ	ヒンジ	ヒンジ	ヒンジ	----
	②	ヒンジ	ヒンジ	ローラ	ローラ	固 定	----
	③	ヒンジ	ヒンジ	ローラ	ヒンジ	ヒンジ	----
	④	ヒンジ	固 定	固 定	固 定	固 定	----
数 値 解 析 値 (Hz)	1次	5.1 (6.3)	5.4 (6.6)	5.4 (6.6)	5.4 (6.6)	8.0 (10.0)	5.5
	2次	7.2 ---	7.5 ---	7.5 ---	7.5 ---	10.2 ---	8.6
	3次	10.8 (10.3)	12.8 (15.4)	12.8 (15.3)	12.8 (15.3)	13.0 (15.4)	12.5
	4次	12.9 ---	15.4 ---	15.3 ---	15.4 ---	15.4 ---	15.3
	5次	13.6 (22.3)	18.2 (22.4)	18.2 (22.0)	18.2 (22.4)	18.2 (22.8)	19.0
	6次	19.0 ---	19.0 ---	18.9 ---	19.0 ---	20.5 ---	20.3

()内は、2次元解析値

4. 数値解析結果と実測結果の比較検討

振動実測の際、1次固有振動数(5.5Hz)付近の振動を発生するランダム走行実験や5.5Hz歩調加振実験においては、肉眼で確認できるほど大きな共振現象が認められた。しかし、利用者には不安感や不快感を与えるような不快固有振動数(1.5~2.3Hz)に固有振動数は存在しなかった。

固有振動解析においては、2次元モデルと3次元モデルを比較した結果、実測橋梁程度の幅員に対する橋長の比率を持つ橋梁の振動は、ねじれ振動の影響が大きいため、解析にあたっては3次元モデルの採用が妥当であることが明らかになった。本研究において固有振動数の実測値と数値解析値の比較をすることにより、支承条件を考慮した木歩道橋の適切なモデル化が可能になった。実測橋梁における支承の境界条件は、表-2におけるモデル2、モデル3、モデル4の支承条件を用いて扱うことができることが明らかとなった。

5. あとがき

本研究では、集成材を主材料とする斜張橋形式木歩道橋に対し振動実測を行い、木歩道橋の動的特性を検討した。さらに固有振動解析の結果と比較することにより、木歩道橋の適切なモデル化を検討した。振動実験では、常時微動法、人力加振実験、機械加振実験の3種類の実験法を用いて振動実測を行った。その結果常時微動法と人力加振実験について、木歩道橋に対する振動測定法としての有用性が確認された。機械加振実験で得られたデータは、現在解析中である。また、数値解析においては、本橋を3次元にモデル化することにより、適切な数値解析値を得ることができた。本橋は、ケーブル部に模型の鳥が取り付けられており、人が渡ると鳥の鳴き声が聞こえてくるようになっている。このように、人々にやすらぎを与える木橋の架設が今後望まれる。

本論文をまとめるにあたり、田野畑村役場、三井木材工業株式会社、株式会社リンデンバウム遠野の方々に大変お世話になったことを感謝する。

参考文献

1) 出戸秀明、五郎丸英博、岩崎正二、宮本裕、土田貴之：集成材を用いたアーチ型式歩道橋の振動実測と解析、構造工学論文集、Vol140 A, pp. 1321-1330, 1994. 3