

ベイリー橋の構造形態と劣化状態の差異に着目した振動特性の分析

長崎大学工学部 学生会員 ○西 瑞希

長崎大学大学院 正 会 員 中村聖三

長崎大学大学院 正会員 西川貴文

長崎大学大学院 正会員 奥松俊博

1. はじめに

多くの開発途上国において中小規模橋梁の適切な維持管理が為されておらず問題となっている。なかでもベイリー橋と呼ばれる仮設橋が、適切な維持管理が為されないまま長期的に供用されている。開発途上国では多数の橋梁の架け替えを実施することは経済的に困難であり、適切な補修と補強を施し、既存の橋梁の耐用期間を延長していく必要がある。本研究では、ラオスと日本で供用されているベイリー橋の構造形態と劣化状態の差異に着目し、実橋計測と有限要素モデルによる解析を通して、それぞれの振動特性について分析・考察した。



写真 1 対象橋梁 A



写真 2 対象橋梁 B

2. ベイリー橋の構造的特徴

ベイリー橋は写真1に示すような可搬なプレファブトラス橋梁である。木材と鋼を構成要素としているために軽く、製作に大型重機を必要とせず低コストかつ短時間での施工が可能であることが大きな特徴である。構造的特徴としては、主構部は K トラス構造であるが、一般的なトラス橋と異なり上横構がないこと、部材の結合部が理論的なピン結合に近い結合状態であること、径間長と想定荷重によって主構部の構成(鉛直方向の段数と水平方向の主構枚数)が柔軟に変更可能であることなどが挙げられる。

3. ベイリー橋の調査及び計測

(1) 調査概要

本研究の調査橋梁は、写真 2 に示す愛媛県で現在供用中のベイリー橋である。本研究では供用状況の調査と断面諸元の計測、加速度計を用いての振動測定を行った。また、比較対象となるラオスのベイリー橋の調査及び計測については先行研究^{1),2)}において実施された。

(2) 振動測定

振動特性を得るために加速度計による振動計測を行った。加速度計は図 1 に示すように 3 つのケースに分けて設置し、測定を行った。計測中は、人力での加振や車両を走行させての加振を行った。

(3) 計測結果

B 橋の実橋計測によって集録した加速度応答から、卓越振動成分を帯域ごとにバンドパスフィルタを適用して抽出して推定した鉛直および水平方向の変位を図 2 に示す。また、同様に A 橋の変位リサージュ²⁾を図 3 に示す。A 橋は鉛直方向に比べて水平方向に大きな挙動が見られるが、B 橋は鉛直方向に比べて水平方向の挙動は小さくなっている。このことから、本研究で調査したベイリー橋には、水平方向の剛性が高くなる構造上の特性があると考えられる。

● 鉛直方向 ● 水平方向

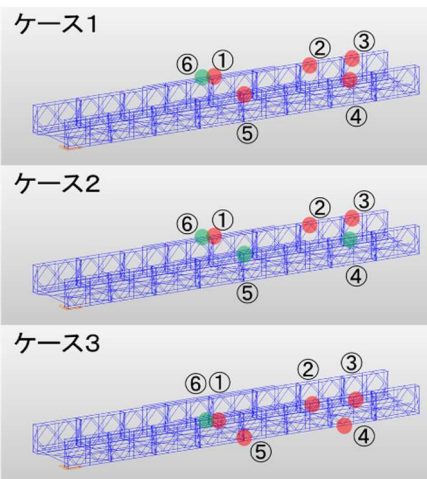


図 1 加速度計設置位置

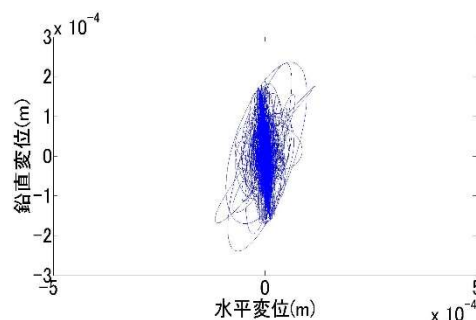


図 2 測点①, ⑥の変位リサージュ

(4) 対象橋梁の構造形態および劣化状態の差異

(ア) 構造形態

構造上の違いとして、まず舗装状態が挙げられる。国内で現在供用中のベイリー橋はコンクリート舗装が施されているのに対して、ラオスのベイリー橋は木板が敷かれているのみである。また、主構部にある斜材の位置にも違いがあり国内のベイリー橋は斜材の結合部が橋梁の外に突き出した構造になっている。

(イ) 劣化状態

国内のベイリー橋は継続的な維持管理がなされており健全な状態と言える。一方でラオスのベイリー橋は老朽化が著しく進行している。主要な損傷形態として腐食による断面欠損や部材接合部のボルトの欠損などが挙げられる。

4. 固有値解析と計測結果にもとづく振動特性分析

(1) 有限要素モデルの作成

調査橋梁の有限要素モデルを作成した。橋梁の各部材を梁要素でモデル化し、部材長や断面諸元、支持条件などの構造仕様は現地調査の結果に基づいて設定した。作成したモデルを図4に示す。

(2) 固有振動数およびモード形状

モデルの固有値解析を行い、国内のベイリー橋のモード形状を確認した。解析から得られた固有振動数とケース3の計測結果から算出した固有振動数の値とを比較すると、表1のような結果となった。有限要素モデルは橋梁の初期状態を示すため剛性が高く、固有振動数の値も高くなるはずだが、1次モードでは計測結果から得られた値の方が高い数値を示している。これは、解析モデルに舗装の状態を反映させていなかったため、固有振動数の値が低くなっているのではないかと考えられる。

(3) 減衰定数

図5に示すように計測結果から減衰定数の値を算出した。一般的な鋼橋の減衰定数は0.02~0.03であるが、調査橋梁の減衰定数は0.002~0.012の間で推移している。このことから、ベイリー橋は一般的な構造の橋梁より減衰定数が小さく、振動が長く続く特徴があると考えられる。

5. まとめ

本研究ではラオスと日本で供用中のベイリー橋について、構造形態と劣化状態の差異に着目し挙動の違いを分析した。研究にあたっては、国内で供用中のベイリー橋の調査を行い、振動特性の計測ならびに有限要素モデルの構築を行った。計測結果から、構造形態による剛性の違いやベイリー橋の減衰の特徴を確認できた。

参考文献

- 1) 和田悠暉氏：ベイリー橋の耐荷形態に関する実橋計測および解析的検討，長崎大学工学部工学科社会環境デザイン工学コース卒業論文，2019年
- 2) Thavone Khounsida 氏：Study on Static and Dynamic behavior of Bailey bridge, Proceedings of The 2019 World Congress on Advances in Structural Engineering and Mechanics (ASEM19), 2019年

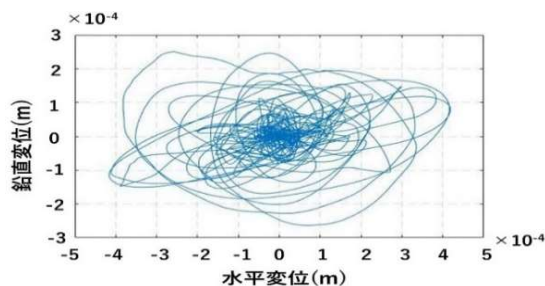


図3 径間1/3点の変位リサージュ (A橋)

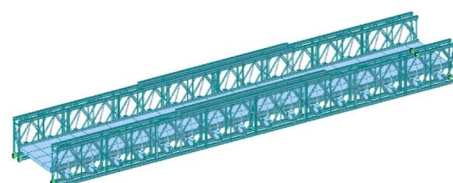


図4 B橋の有限要素モデル

表1 固有振動数の比較

モード	固有振動数 (Hz)	
	有限要素モデル	加速度計測
1次	2.20	3.26
2次	4.98	4.74
3次	5.33	5.18
4次	8.00	8.04
5次	10.00	12.30

表2 減衰定数の推定結果 (B橋)

位置	減衰定数
①	0.0029
②	0.0021
③	0.0077
④	0.0046
⑤	0.0120
⑥	0.0068