

大規模木製歩道橋の動的特性と振動使用性

金沢工業大学大学院 学生会員 ○日下真彰 金沢工業大学 フェロー 本田秀行

1. はじめに

木製歩道橋における振動使用性は設計法や維持管理から重要な問題であり、この振動使用性を3次元の動的応答解析から検討することは世界でもあまり例を見ないものである。

そこで、本研究では実験と解析により振動使用性を検討することを目的とした。本研究で対象とした橋梁は、北九州市に架設されているT橋である。このT橋は、橋長が85 mもある大規模な木製歩道橋で、橋軸方向には9ブロックに分割され、その箇所継手がされた桁形式となっている。また、8本の主桁は各主桁とも5層の積層桁となっている特殊な橋である。このT橋の設計概要を表-1に示し、写真-1に全景、図-1～3に一般図を示す。

表-1 設計概要

橋種	木製歩道橋
形式	5層積層桁橋
形状	3径間連続桁橋
橋長	85.0m (桁長 84.9m)
支間長	26.75+31.0+26.75m
幅員	有効 6m 全幅 7.2m
使用材料	ボンゴシ、チーク(親柱、高欄)
キャンパー	1.7m



写真-1 T橋全景

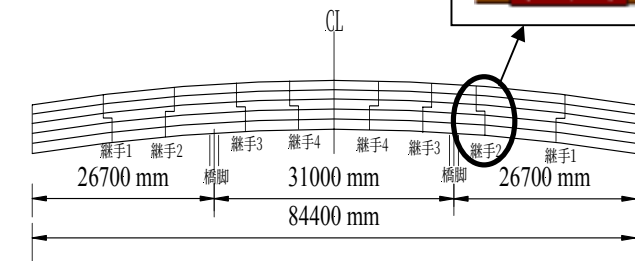


図-1 側面図

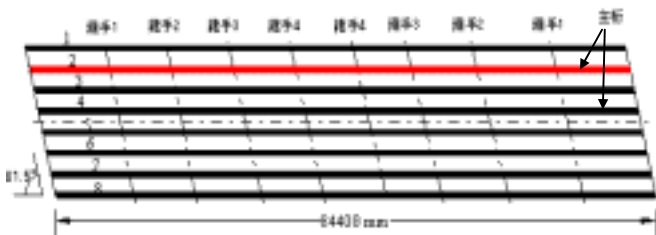


図-2 平面図

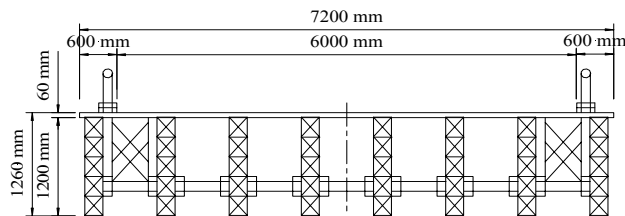


図-3 断面図

2. 実験概要

本研究では、動的試験として以下の振動実験を行った。

(1) 常時微動測定試験 橋梁に外力荷重としての加振源がない状態で、自然の微振動に対する橋梁の応答速度を測定した。

(2) 砂袋落下衝撃試験 上記(1)の常時微動測定法では本橋のねじれ振動モードなど振動特性が雑音等によって精度よく検出できない場合もあることから、約 0.294 kN (約 30 kg) の砂袋を落下させ、橋梁に純粋な鉛直曲げやねじれ振動の加振を与え、その時の応答速度を測定した。

(3) 共振歩行・走行試験 (1)、(2)の調査により得られた固有振動数と同じ周波数で、歩行者1～2人を歩行、走行させることで共振加振を行った。本調査では、本橋の振動特性として重要な鉛直曲げ1次振動数 2.33 Hz を対象に加振を行い、このときの応答速度・応答加速度を測定した。すなわち、鉛直曲げ1次振動数 2.33 Hz で加振し、歩行者の外力と本橋とが共振状態を再現するクリティカルな試験方法である。図-4には常時微動測定試験と砂袋落下衝撃試験の測定点を示し、図-5には共振歩行・走行試験の測定点を示す。

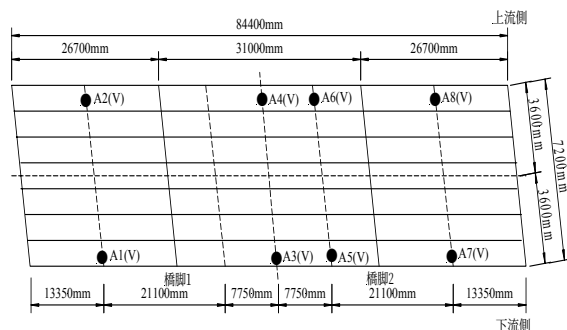


図-4 砂袋落下衝撃試験の測定点

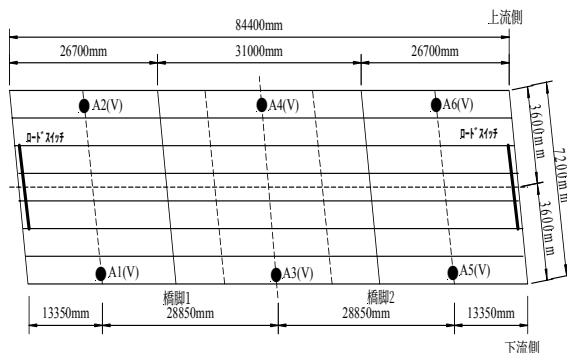


図-5 共振歩行・走行試験の測定点

3. 解析モデル

当初、解析モデルとして図-6 のように実橋を忠実に再現した五層の積層モデルを作成したのだが、節点数や線要素数および面要素数に制約があって、大規模で節点数が膨大な T 橋の動的応答解析が困難であることが判明した。



図-6 五層積層モデル

そこで、本研究では再度構造解析モデルを改良し、対傾構の取り付けや節点数・棒要素数および面要素数の制約などの理由から、図-7 に示すような二層積層モデルに置換し、簡易的な解析モデルを作成した。



図-7 二層積層モデル

4. 固有値結果

その二層の積層モデルでの固有値解析結果と実験より得られた固有値結果を表-2 に示す。表-2 を見ると、固有振動数が実験値と解析値で非常に近い値となっていることがわかる。このことより、先述の構造解析モデルの妥当性が確認されたと考えた。

表-2 固有値結果

振動 次数	振動モード	固有振動数 (Hz)		減衰定数
		実験値	解析値	
1	水平曲げ1次振動	1.37	1.40	0.0050
2	鉛直曲げ1次振動	2.25	2.27	0.0145
3	鉛直曲げ2次振動	3.10	2.85	0.0128
4	ねじれ1次振動	3.71	3.69	0.0154
5	鉛直曲げ3次振動	—	3.70	—
6	ねじれ2次振動	—	4.62	—
7	ねじれ3次振動	4.88	4.88	0.0124
8	ねじれ4次振動	5.30	5.83	0.0072
9	鉛直曲げ4次振動	6.59	6.61	0.0065
10	鉛直曲げ5次振動	—	7.84	—

5. 動的応答結果

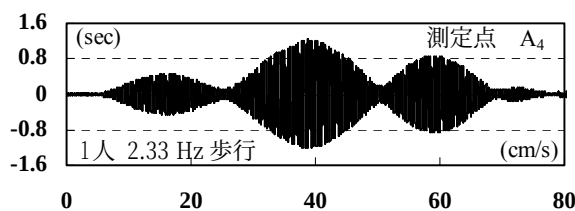
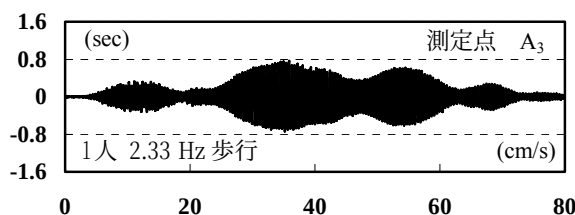


図-7 測定点 A₃, A₄ の実験応答速度の波形例

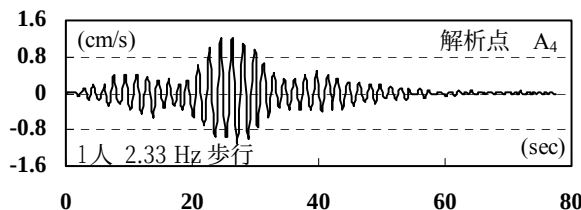
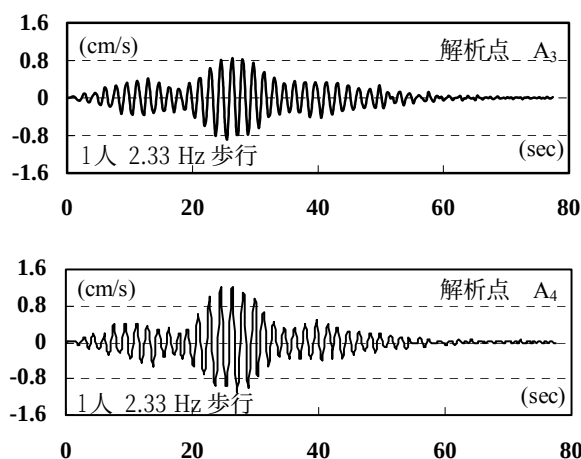


図-8 測定点 A₃, A₄ の解析応答速度の波形例

本実験と解析の条件として、共振現象を再現するために歩行者の歩調を 2.33 Hz、また、歩行位置は図-2 の上から 2 本目の主桁を一人歩行した場合の測定点 A₃、A₄ の波形例を示す。

6. 動的特性

図-7 と図-8 を見て言えることは、歩行レーンに近い測定点・解析点の波形とその最大値が大きくなっている。これは、各主桁間に簡易的な対傾構が設置されているが、横方向の荷重分配が明確に小さいことを示している。また、この T 橋は 3 径間連続桁橋であるため、橋脚部分を節とする各径間の応答波形に分かれていることも確認できる。

7. 振動使用性

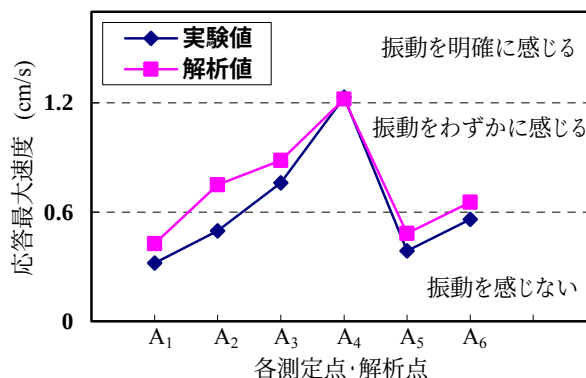


図-9 実験と解析による振動使用性評価

本研究では実験値と解析値より得られた応答速度の最大値による振動使用性の評価を行った。図-9 には各測定点・解析点での応答最大速度を示している。この図を見ると、実験値・解析値共に「振動を感じない」～「振動をわずかに感じる」の分類に含まれていることがわかる。

8. あとがき

本研究では、大規模木製歩道橋である T 橋の動的特性と振動使用性について実験的・解析的に検討を行った結果、図-9 の振動使用性について実験と解析の値が近く、形状が一致していることがわかる。このことより、木製歩道橋を実験・解析の両面から検討し、振動使用性を求めることができたと言える。

本研究での検討や得た知見は、数少ない木製歩道橋の基礎資料とすることができるのではないかと考える。