

PC3 径間連続曲線箱桁橋の振動モード特性調査

東日本高速道路(株) 東北支社 正会員 ○早川 岩郎
 東日本高速道路(株) 東北支社 氏原 安美
 東日本高速道路(株) 東北支社 仙台管理事務所 高鍋 陽祥
 日本電気(株) 正会員 木下 翔平
 日本電気(株) 正会員 葛西 茂

1. はじめに

筆者らは振動モードに着目し曲線橋梁のモニタリング技術を開発している¹⁾。曲線橋梁は、その構造と交通荷重方向から水平面内で変形しやすく、鉛直方向に加えて水平面内、特に橋軸直角方向の振動モード挙動を把握することが重要である。しかしながら、コンクリート曲線橋の振動モードを抽出した事例は限られている。そこで本研究は、PC3 径間連続曲線箱桁橋の振動モード特性を調査した。結果、橋軸直角方向、鉛直方向ともに推定した理想形状と一致する振動モードを確認し、コンクリート曲線橋梁でも振動モードが抽出できることを確認した。詳細を以下に述べる。

2. 対象橋梁

表1に対象橋梁の諸元を示す。対象橋梁は東北自動車道の折立橋であり、構造はPC3 径間連続箱桁(D ランプ橋)である。

表1 対象橋梁諸元

梁名	東北自動車道 折立橋
構造形式	PC3 径間連続箱桁 (D ランプ橋)
橋長	71.6 m
幅員	6.75 m

3. 橋軸直角方向の理想モード形状の導出

調査に先立ち、曲線構造を薄肉曲がり梁へ近似することで橋軸直角方向の理論モード形状を導出した。図1に薄肉曲がり梁モデルを示す。式(1)に一樣断面梁における*i*次曲げ振動モードの形状関数を示す²⁾。

$$Y_{i(x)} = C_{i,1} \sin(k_i x) + C_{i,2} \cos(k_i x) + C_{i,3} \sinh(k_i x) + C_{i,4} \cosh(k_i x) \quad \text{---式(1)}$$

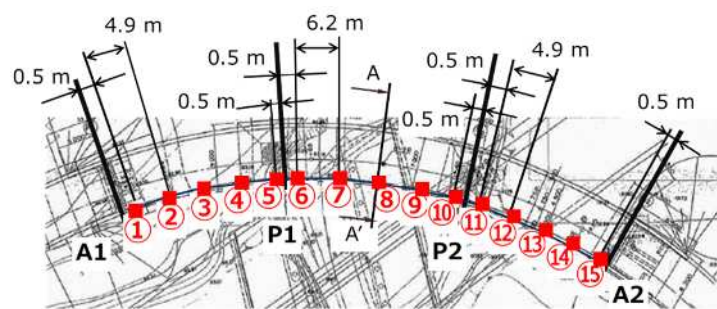
式(1)で、*x*は支点(A1)からの橋軸方向距離、*C*_{*i,1*}、*C*_{*i,2*}、*C*_{*i,3*}、*C*_{*i,4*}は境界条件で決まる定数、*k_i*は*i*次モードの固有値である。ここで、両支点(A1, A2)は自由支持状態と考える。まず、両支点の境界条件から*C*_{*i,1*}、*C*_{*i,2*}、*C*_{*i,3*}、*C*_{*i,4*}に関する連立方程式を導出した。次に、その連立方程式から固有値を算出し振動モードの理想形状を導出した。

4. 分析方法

図2に加速度センサ設置位置を示す。図2(a)に示すように、センサは各径間5個ずつ合計15箇所に設置した。図中の○番号はセンサCH番号を示す。また、図2(b)に示すように、センサは曲線内側の張出床版の路面へ設置した。ここに、断面内の変形は桁全体の変形に比して十分小さく、張出床版の橋軸直角方向挙動は、桁全体のそれと一致すると思われる。なお、加速度センサの感度軸は、鉛直方向と橋軸直角方向である。



図1 薄肉曲がり梁モデル



(a) 平面図



(b) A-A' 断面図

図2 加速度センサ設置位置

キーワード 振動モード、PC3 径間連続箱桁、曲線橋梁、張出床版、路面

連絡先 〒211-8666 神奈川県川崎市中原区下沼部 1753 日電気株式会社 第二都市インフラソリューション事業部 TEL 044-455-8587

振動モードは、供用中において、大型車両が通過した直後の減衰自由振動から抽出した。計測誤差を考慮し6回繰り返して解析した。

4. 結果

3, 6, 8, 11, 14, 20Hz 付近において合計8種類の振動モードを抽出した。6Hz, 8Hz 付近では、それぞれ近接する2つのモードを確認した。抽出した振動モード形状のうち、5.3Hz, 11Hz, 20Hz のモードは、鉛直方向と比較し橋軸直角方向の挙動が顕著であった。それらのモードの橋軸直角方向形状を表2に示す。表中には、前述の方法で導出した理想モード形状を合わせて示す。また、その他のモードは鉛直方向挙動が比較的顕著であった。鉛直方向挙動が顕著な振動モードの代表例を表3に示す。表中には、3径間連続支持梁の理想モード形状を合わせて示す²⁾。これらは桁や張出床版のたわみあるいはねじりに起因すると推測される。

なお、表2, 3の実測モードの各センサノードのモード振幅は、全ノードの全方向でその振幅の二乗平方根が定数となるように規格化されている。図中の左端、右端はそれぞれCH1, CH15を示す。

5. 考察

表2に示すように、橋軸直角方向について、実測の5.3Hz, 11Hz, 20Hzはそれぞれ理想の1次, 2次, 3次に対応した。これより、橋軸直角方向挙動について、抽出された振動モードが妥当であると考えられる。また、表3に示すように、鉛直方向について、実測の5.9Hz, 7.6Hzはそれぞれ3径間連続支持梁の対称1次, 逆対称1次に対応した。これより、鉛直方向挙動についても、抽出された振動モードは妥当であると考えられる。

6. まとめ

張出床版の路面の加速度計測から、PC3径間連続曲線桁橋の振動モード特性を調査した。結果、橋軸直角方向、鉛直方向に関して、事前に推定した理論モードと対応する形状が得られ、コンクリート曲線橋のモードが抽出されていると確認できた。今後これらのモードをモニタリングすることで、橋梁の構造特性変化を検知できる可能性が有る。また、張出床版の路面の加速度計測でモードを抽出できたことから、今後、橋梁底面や断面方向中央にセンサ設置が困難な橋梁であっても、大規模な交通規制を伴わず簡易なセンサ設置作業によりモードを抽出できると期待される。

参考文献

- 1) 木下, 他 4名: 補修前後の鋼2径間連続I桁橋におけるRC床版の振動モード特性差異, 第75回土木学会年次学術講演会講演概要集, CS9-02, 2020.
- 2) 中井博, 小林治俊: 土木構造物の振動解析, 森北出版株式会社, 1999

表2 橋軸直角方向が顕著な振動モード代表例

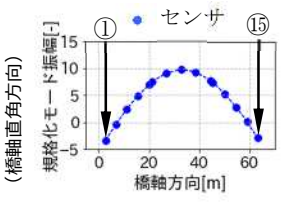
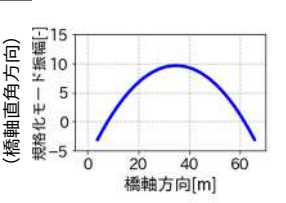
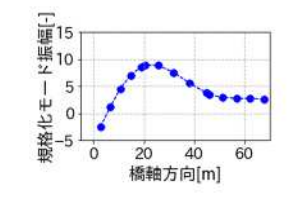
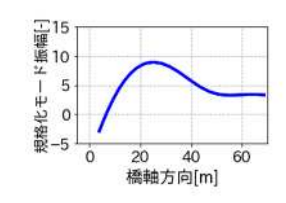
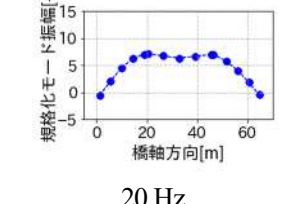
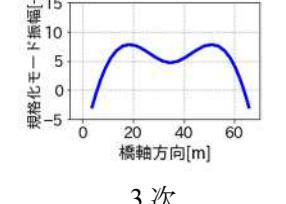
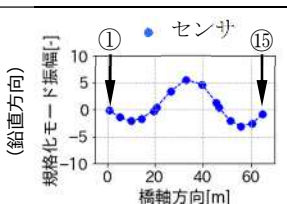
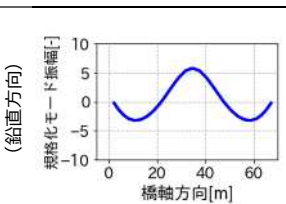
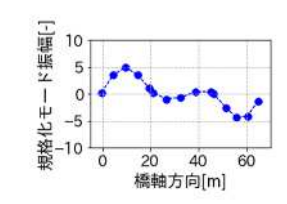
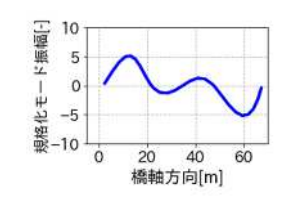
実測	理論
 <p>5.3 Hz</p>	 <p>1次</p>
 <p>11 Hz</p>	 <p>2次</p>
 <p>20 Hz</p>	 <p>3次</p>

表3 鉛直方向が顕著な振動モード代表例

実測	理論
 <p>5.9 Hz</p>	 <p>対称1次</p>
 <p>7.6 Hz</p>	 <p>逆対称1次</p>