

鋼製梁の門型橋脚を有する鋼2径間連続I桁橋RC床版の振動モード抽出

日本電気(株)	正会員	○美島	咲子
日本電気(株)	正会員	木下	翔平
日本電気(株)	正会員	葛西	茂
東日本高速道路(株)	正会員	高久	英彰
東日本高速道路(株)	正会員	樋本	智

1. はじめに

鋼製梁の門型橋脚を有する鋼2径間連続I桁橋を対象に,実環境下でRC床版の振動モード抽出を試みた.結果,A1-P1径間がたわみ1次形状かつP1-P2径間がたわみ1次形状のモードと,P1-P2径間がたわみ1次形状かつA1-P1径間がたわみ2次形状のモードと,RC床版とP1橋脚との連成モードを抽出できた.詳細を以下に報告する.なお,本報は床版に簡易補修を実施した鋼2径間連続I桁の固有振動モード計測¹⁾の続報であり,対象橋梁,補修工法,計測手法については前述の概要集に報告されている.

2. 解析手法

振動モードの抽出フローを図1に示す.まず,目視により車両走行状況を確認し,車軸数3以上の大型車両が1台走行した際の加速度応答を計測する.次に,大型車両が橋梁を退出した後の減衰自由振動区間を選定し,周波数変換する.最後に周波数スペクトルからスペクトルピークを抽出し,全測定点の相対的な振幅と位相情報をもとに振動形状を描画する.本解析では大型車1台が走行した応答を1イベントと定義し,計40イベントに対して解析した.なお,解析対象の区間長は2秒,周波数の分解能は0.3Hz,窓関数はハニング関数で解析した.

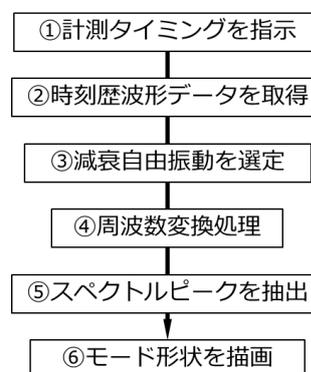


図1 振動モードの抽出フロー

3. 結果

3.1 加速度の時刻歴波形

代表例として,センサ位置CH14における加速度の時刻歴波形を図2に示す.大型車が退出側の伸縮装置を通過した際に大きな加速度が発生している.その加速度振幅は約2.5 m/s²であった.

3.1 加速度周波数スペクトル

代表的なイベントにおける加速度周波数スペクトルを図3に示す,センサ位置は,A1-P1径間の中央付近(CH4,CH5)と,P1-P2径間中央付近(CH11,CH12)の4点である.図から3Hz(I),13Hz(II),17Hz(III)にピークを観測した.また,30~40Hzの周波数帯域にも複数のスペクトルピークを観測した.

3.2 モード形状

観測したスペクトルピークについて振動姿態を描画させた.振動姿態の再現性と規則性を考慮すると,3Hz,13Hz,17Hzに振動モードが出現していた.

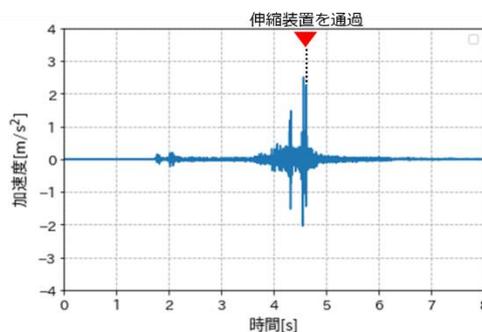


図2 加速度の時刻歴波形

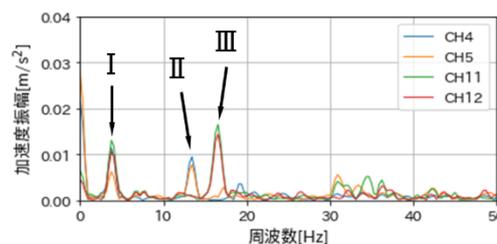


図3 加速度周波数スペクトル

キーワード 固有モード, RC床版, 2径間連続桁橋, 鋼製梁の門型橋脚

連絡先 〒211-8666 神奈川県川崎市中原区下沼部 1753 日本電気株式会社 中央研究所 TEL 044-431-7663

図 4.1～図 4.3 にそれら振動モードの形状を示す。図中丸点
は各センサ位置における加速度振幅を示す。3Hz における形
状は、P1 付近に振幅をもつ形状であった。13Hz における形状
は、A1-P1 径間がたわみ 1 次形状で P1-P2 径間の加速度振幅
は小さいものたわみ 1 次の形状であった。17Hz における形
状は P1-P2 径間がたわみ 1 次の形状で A1-P1 径間の加速度
振幅は小さいものたわみの 2 次形状であった。

4. 考察

13Hz および 17Hz の振動モードは再現性が高く、また、たわ
み形状となっていることから視覚的にも理解しやすい。一
方、3Hz における固有モードは再現性が高いもののその形状
は独特である。そこで、著者らは P1 が鋼製梁の門型橋脚であ
ることを踏まえて、3Hz における振動モードが RC 床版と門
型橋脚との連成モードであると、仮説を立て数値解析を試み
た。式(1)に、一様断面の連続支持梁における、第 r 径間の i 次曲
げ振動モードの形状関数を示す²⁾。

$$Y_{r,i}(x_r) = C_{r,i,1} \sin(k_i x_r) + C_{r,i,2} \cos(k_i x_r) + C_{r,i,3} \sinh(k_i x_r) + C_{r,i,4} \cosh(k_i x_r) \quad \text{一式 (1)}$$

ここで、 x_r は第 r 径間における支点からの距離である。ま
た、 $C_{r,i,1}$, $C_{r,i,2}$, $C_{r,i,3}$, $C_{r,i,4}$ は、両端の境界条件により決定する
定数、 k_i はたわみ i 次モードの固有値である。図 5 にモデルの
概念を示す。P1 橋脚付近の動特性を弾性バネ要素によりモデ
ル化している。P1 橋脚上の境界条件として、橋脚の剛性によ
る復元力と RC 床版のせん断力とがつり合う条件を与え、固
有値を算出し振動モード形状を導出した。

図 6 に数値解析で導出した振動モード形状を示す。実測の
図 3.1 と比較すると形状が概ね類似していることがわか
る。Modal Assurance Criteria³⁾ (以下 MAC) により、数値
解析と実測とを比較すると、MAC の平均は 0.96 と類
似性が高かった。したがって 3Hz の固有モードは P1 橋脚
と床版の連成に伴うモードであることがわかる。

5. まとめ

鋼製梁の門型橋脚を有する鋼 2 径間連続 I 桁橋について、RC
床版の振動モードを抽出した。各径間がたわみ形状の振動モ
ードに加えて、RC 床版と P1 橋脚との連成モードも抽出でき
た。

参考文献

- 1) 高久英彰, 他 3 名: 床版に簡易補修を実施した鋼 2 径間連続 I 桁橋の固有振動モード計測, 第 75 回土木学会年次学術講演会講演概要集, 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
- 3) R. J. Allemang: The Modal Assurance Criterion - Twenty Years of Use and Abuse, Sound and Vibration, Vol.37, No.8, pp.14-21, 2003.

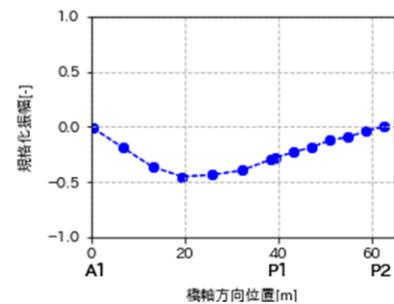


図 4.1 3Hz のモード形状

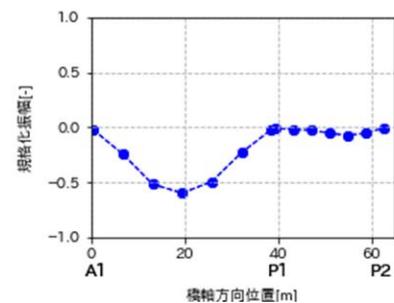


図 4.2 13Hz のモード形状

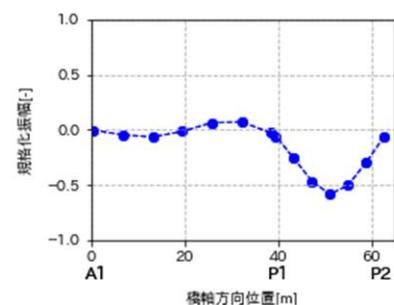


図 4.3 17Hz のモード形状

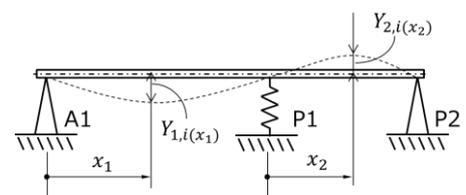


図 5 連成モデル概念図

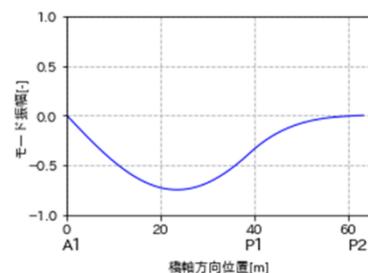


図 6 数値解析で導出したモード形状