

カーネル密度推定による振動特性推定および橋体温度と振動特性の相関性に関する分析

長崎大学大学院 学生会員 ○清水誠人

長崎大学大学院 正会員 西川貴文

長崎大学大学院 正会員 中村聖三

長崎大学大学院 正会員 奥松俊博

1. はじめに

近年、振動特性の変化に着目して橋梁等構造物の健全度評価を図る振動モニタリングの研究が進められている。振動特性の変化は、構造的な変状によるほかに作用外力や橋体温度により変化することが確認されている¹⁾。橋体温度による振動特性の変化には、支承の機能不全による幾何剛性や部材の伸縮、舗装の剛性変化が関係していると考えられる。これらの影響を定量化することができれば、剛性の低下に起因する振動特性の変化を捉えることが可能になると考える。本研究では、温度変化による舗装の剛性変化の影響を除いて、橋体温度と振動特性の関係を明らかにすることを目的として、無舗装・無床版橋梁における橋体温度と振動特性の相関性に関する計測と分析を行った。

2. 対象橋梁および計測概要

対象橋梁は、長崎県内の単純下路トラス橋(桁長 70.2m)である。本橋は、廃線になった鉄道橋であるため、舗装および床版は施されていない。計測機器は、橋体温度計測用にサーミスタ温度計(3点)を設置し、加速度計を鉛直加速度計測用にトラス格点部に4点、斜材の部材振動計測用に1点設置した。さらに、橋軸方向および回転方向の桁変位を計測するために変位計を上流(2点)および下流(2点)の可動支承側桁端部に設置した。図-1に計測機器の配置概要図を示す。計測は、温度の日変動に伴う振動特性の変化を捉えるために夏季と秋季に各1日間実施した。

3. 振動数の推定方法と結果

振動特性推定には、構造同定手法である確率的部分空間法(SSI: Stochastic Subspace Identification)を用いた。トラス各点部に設置した A1-A3 の鉛直加速度データ3点から推定された振動数分布を図-2に示す。赤点1点が30秒間の応答から推定された振動数を示す。図-2の分布から、顕著な振動モードの存在や定性的な変動を捉えることが可能であるが、橋体温度による振動特性の変化を把握するためには、より定量的で客観的に振動特性を推定する

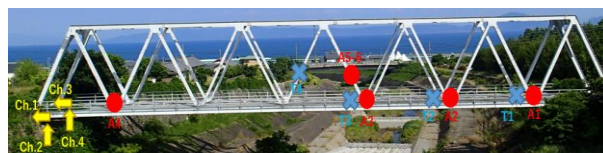


図-1 計測機器の配置概要図

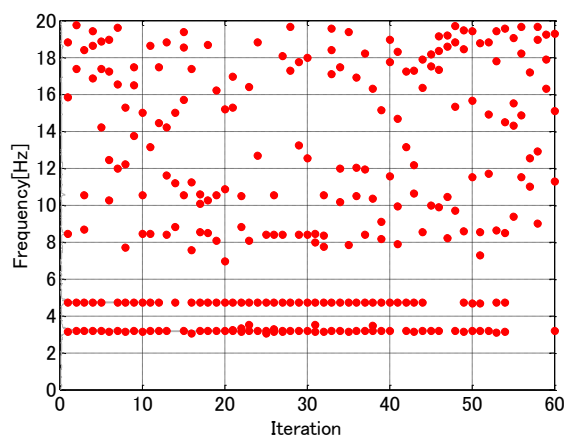


図-2 振動数分布図

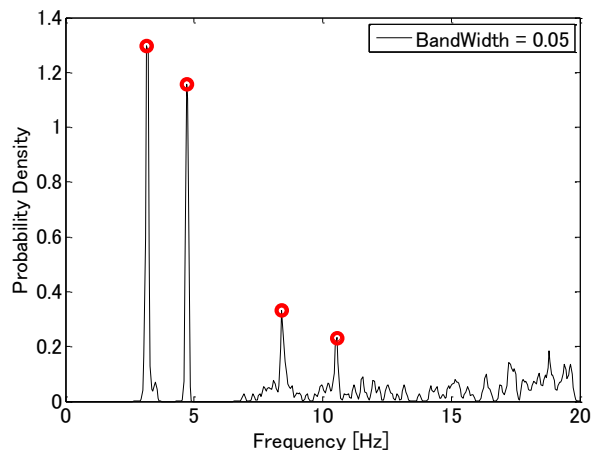


図-3 カーネル分布表現による固有振動数の検出

表-1 固有振動数抽出結果

振動モード	面内 3次	面内 5次	面内 7次	面内 10次
解析値(Hz)	3.72	5.72	9.50	10.23
推定値(Hz)	3.15	4.70	8.40	10.55

キーワード：カーネル密度推定，振動モニタリング，振動特性，橋体温度

連絡先：〒852-8521 長崎県長崎市文教町 1-14 長崎大学大学院工学研究科 Tel:095-819-2613

必要がある．そこで，本研究ではノンパラメトリックな経験的確率分布を表現するカーネル密度推定²⁾によって対象のモードパラメータを識別・抽出した．その結果を図-3に示す．低振動数域に加え，高振動数域においても有意な振動モードである可能性が認められるピークが検出された．ここで，MIDAS-Civilにて対象橋梁をモデル化し，固有値解析を実施した．振動モード形状を図-4，実測値と解析値の固有振動数比較を表-1に示す．図-3で検出した振動モードは対象橋梁における面内3次，5次，7次，10次であると推定される結果となった．従って，本研究では，カーネル分布による統計処理で検出された4つの振動モードに着目して，橋体温度との相関分析を行った．

4. 分析結果

(1) 橋体温度と桁変位の相関分析

2日間における桁の橋軸方向変位を図-5に示す．橋体温度の変化により，橋軸方向に桁が伸縮しており，ch.1(上流側)，ch.3(下流側)共に同様な傾向を示していることが認められる．従って，対象橋梁においては，上流および下流の可動支承が十分に機能しているため，幾何剛性は発生していない可能性がある．また，無载荷の条件で計測を実施しているため，桁の回転成分および回転拘束は認められない．

(2) 橋体温度と振動数の相関分析

SSIにより推定された振動数を振動モード毎に抽出し，橋体温度に対する変化を表した結果を図-6に示す．検出されたいずれのモードにおいても負の相関が認められた．桁伸縮に起因する振動数の変化は，微小であり，変化率はいずれも1%未満であった．従って，橋体温度による振動特性変化は，舗装および支承の幾何剛性の影響が多くの割合を占めていると考えられる．さらに，計測データを追加し，精緻に定量化する必要がある．

5. まとめ

本研究では，無舗装・無床版の単純下路トラス橋において構造同定手法であるSSIを用いて断続的に振動特性の推定を行った．さらに，舗装および支承の幾何剛性の影響が認められない条件で橋体温度による振動数変化の定量的分析を行った．振動モードおよび固有振動数検出では，カーネル密度推定を用いた統計処理の妥当性を示した．また，橋体温度変化による振動数変化は桁伸縮以外の要因が大きいことが確認されたため，今後は，舗装および床版が施されている橋梁において得られた橋体温度に対する振動数変化と比較し，舗装による温度の影響を定量化することが求められる．

【参考文献】

- 1) 宮下ら：供用から76年が経過した鋼ゲルバートラス橋の現地载荷試験と短期間モニタリング，構造工学論文集 Vol.61A, pp.439-450, 2015.3
- 2) Bernard. W. Silverman: Density Estimation for Statistics and Data Analysis, Chapman and Hall, London, 1986

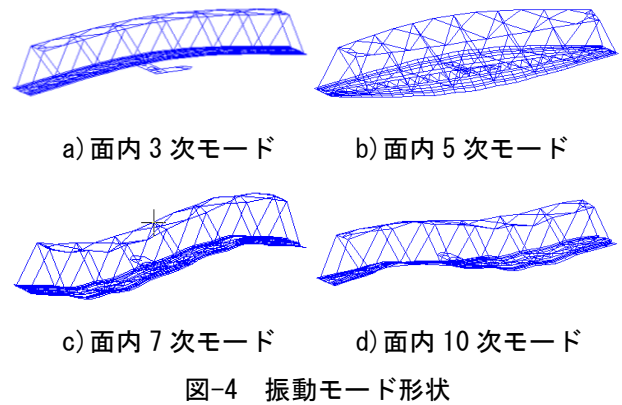


図-4 振動モード形状

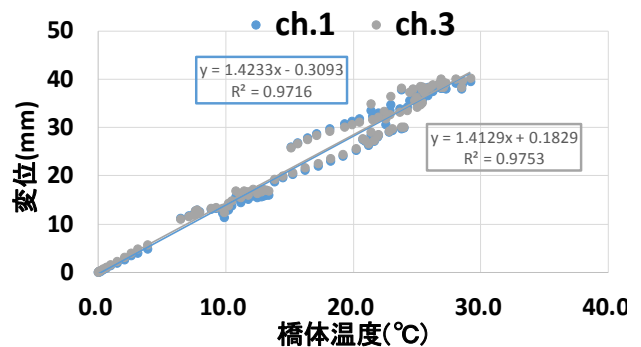


図-5 桁の橋軸方向変位

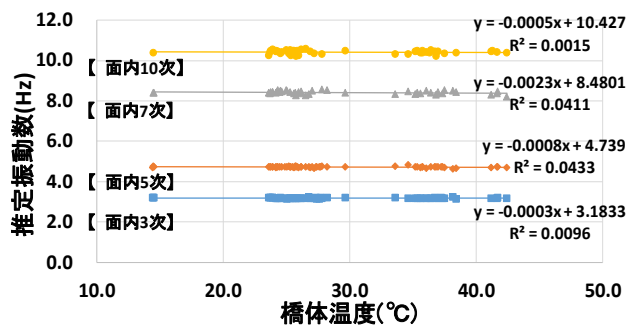


図-6 温度変化に対する各振動モードの振動数分布