

第 I 部門

桁試験体を用いた死荷重応力推定のための固有振動数計測実験

京都大学大学院	学生会員	○田中 凱晟	岐阜大学	正会員	五井 良直
京都大学大学院	正会員	杉浦 邦征	京都大学大学院	正会員	北根 安雄
高田機工株式会社	正会員	大久保 宣人	高田機工株式会社	正会員	花岡 康夫

1. はじめに

橋梁の支承部にかかる死荷重を定量的かつ簡易的に評価する手法として、固有振動数の計測から鋼材に作用している面内圧縮応力を推定する手法が提案されている[1]。上記既往研究から、鋼材の面内圧縮応力が増加することによって、固有振動数が低下するという関係が分かっている。固有振動の境界条件を固定するため、本研究では中空円形の電磁石を用いて鋼材を拘束し、円形領域内部での振動モードを励起させ、その固有振動数の変動を計測する手法を検討している。本報告では、鋼材 SM400A を使用した桁試験体を用いて行われた、3点载荷を伴う振動計測実験についてまとめる。本実験では電磁石で拘束された円形領域内の振動モードと推定される振動応答の抽出と、载荷によるその推移の確認を試みた。

2. 試験体概要

本計測で使用された試験体は鋼材 SM400A を使用して製作され、その寸法は図 1 に示すとおりである。試験体は全長 3400mm、高さ 844mm、フランジ幅 300mm の I 桁試験体で、試験体中央と両端部から 200mm の 3カ所に補剛リブが設けられている。振動数計測の計測点となる補剛リブの板厚は 19mm で、振動数計測への塗装の影響を見るため片側の端部から 700mm の補剛リブを含む範囲には塗装が施されている。両側の補剛リブ直下を支点とし、中央リブ直上に設置した試験機を用いて 3点载荷を行った。

3. 計測機器

鋼材の拘束に使用する電磁石として、株式会社フジタの中空型電磁石 FGST-100-50 を使用した。電磁石による拘束の範囲を拡大するため、電磁石にリング上の鋼板材の治具を装着し、円形領域外の振動

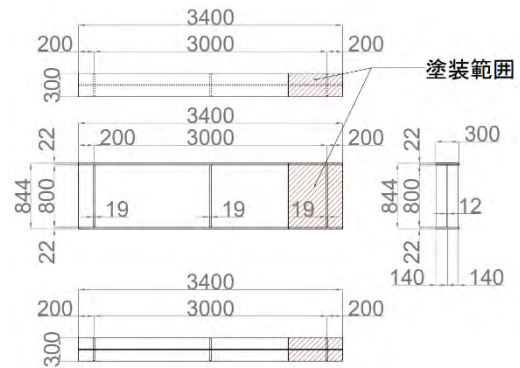


図 1 試験体寸法(mm)

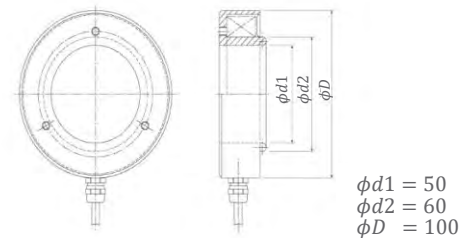


図 2 電磁石寸法(mm)

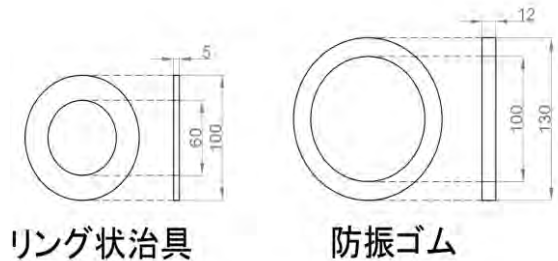


図 3 治具及び防振ゴムの寸法(mm)

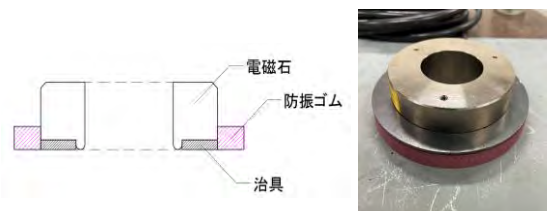


図 4 拘束治具の断面と写真

の影響を減らす目的で、防振ゴム VibraformSD1900 を電磁石の周囲にクランプで固定した。電磁石、治具、防振ゴムの寸法をそれぞれ図 2～3 に示し、それらを組み合わせた拘束具を図 4 に示す。加速度計

測には、電荷出力型と電圧出力型の加速度ピックアップ NP-2110, NP-3211 を使用し、データ計測ユニットとして NR600 を用いた。固有振動数を励起させるため、試験体リブ面に設置した圧電スピーカー Visaton K16-50Ω からファンクションジェネレータ AFG1022 で生成したスイープ信号を出力し、音波加振を行った。また、本計測では支点上の補剛リブと支間中央のウェブ面及び上下フランジでのひずみ、および試験体下端のたわみを併せて計測した。各点のひずみ・変位と試験機の載荷重、支点直下に設置したロードセルが計測する荷重の記録にデータロガー TDS530 と 2 台のスイッチボックス SSW50C を用いた。

4. 計測手順

試験体全体の写真と計測点の位置を図 5 に示し、計測時の様子を図 6 に示す。計測は応力の集中する両側の補剛リブ下部のひずみ計測点にて行われた。西側リブの下端から 100mm, 250mm の振動計測点を WS5, WS4 とし、塗装を施した東側リブでの計測点を同様に ES5, ES4 とした。これらの 4 点で、それぞれ磁石を設置した場合と設置しない場合で、載荷重を変動させて振動計測を行った。振動計測では、計測点に設置されたひずみゲージを中心として電磁石を設置し、中心から左に 1cm ずれた位置に圧電スピーカー、その裏側に加速度ピックアップを設置した。60 秒間の計測を各条件で三回ずつ行った。無載荷状態から計測を開始し、0kN, 50kN, 350kN, 650kN, 950kN の 5 段階の載荷ステップで荷重を増加させ、これらの載荷ステップでの計測を完了した後、磁石の設置条件の変更や計測点の移動を行って、同様に計測を進めた。

5. 計測結果の分析と考察

計測により得られた加速度データから振動数ごとの振動強度の分布を推定する。データ分析には、離散フーリエ変換を用いたウェルチパワースペクトル密度推定法[2]を使用する。分析結果の一例として計測点 WS5 での磁石を設置した場合の載荷ステップごとのパワースペクトル密度のグラフを図 7 に示す。図 7 の結果からは強度の強い振動モードが多数確認されているが、いずれのピークにおいても、載荷重の増加に伴う振動数の変動に有意性のある傾向

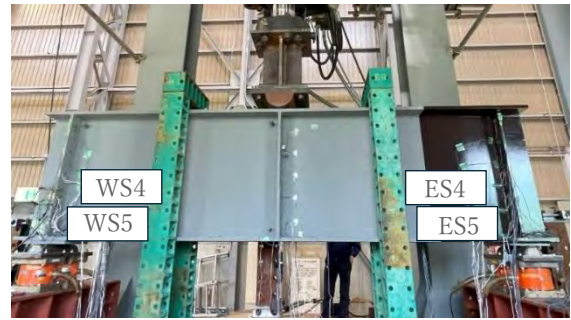


図 5 試験体全体の写真と計測点

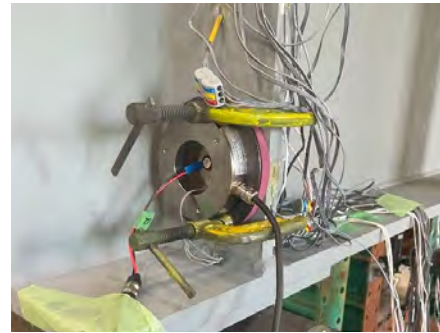


図 6 振動数計測の様子

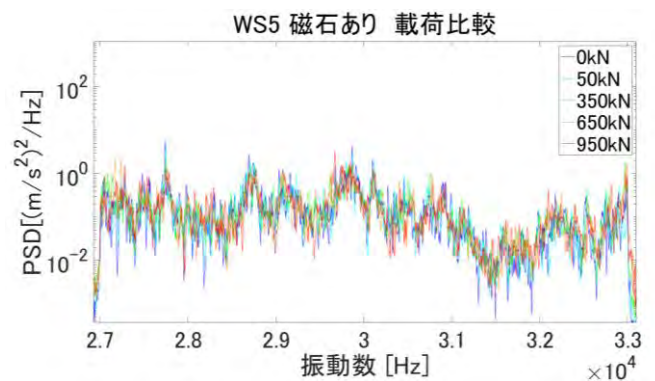


図 7 WS5 磁石設置条件での計測結果

は見られなかった。今後はパワースペクトル密度推定に代わり部分空間法などの手法を用いて周波数応答の分析を進めるとともに、振動計測の手法の有効性についても検討を進める必要がある。

参考文献

- [1] I. Kim, S. Watanabe, Y. Goi, Y. Kitane, K. Sugiura, N. Okubo, Study on estimation of reaction force based on vibration measurement of girders, *Life-Cycle of Structures and Infrastructure Systems.*, pp.865-871, 2023.
- [2] W.D.Peter, The Use of Fast Fourier Transform for the Estimation of Power Spectra: A Method Based on Time Averaging Over Short, Modified Periodograms. *IEEE Transactions on Audio and Electroacoustics*, 15 (2), pp.70-73, 1967.