

第 I 部門 標識柱の支持条件の変化が振動特性に与える影響に関する研究

京都大学工学部 学生員 ○加藤 万梨乃
 京都大学大学院工学研究科 正会員 五井 良直
 京都大学大学院工学研究科 学生員 市川 凌大

京都大学大学院工学研究科 正会員 杉浦 邦征
 京都大学工学部工学研究科 正会員 北根 安雄

1 はじめに

近年、インフラの老朽化が進み、効率的な維持管理システムの実現が求められる中、取り付けられたセンサから得られる情報に基づいて構造物の異常検知や健全性評価を行うことを目指した「構造ヘルスマonitoring (Structural Health Monitoring, SHM)」への関心が高まっており、現状の主な点検手法である近接目視では把握しきれない異常の検知の可能性が期待されている。

標識柱は、標識を搭載していることにより風加重の影響を受けやすく、またその長いスパン長、及び比較的小さな断面積と重量により曲がりやすい構造となっている結果、大きな振幅で減衰の小さな振動が発生しやすくなっており [1], 疲労亀裂やボルトの緩みにつながる。そこで本研究では、アンカーボルトの緩みや基部腐食などの異常検知に関する基礎的研究として、標識柱のアンカーボルトを緩めた状態での振動計測を行い、振動特性同定手法の一種である SSI (Stochastic Subspace Identification) [2] を用いて、異なる支持条件における振動特性の変化について検討した。

2 実験概要

対象構造物は、この実験用に建設された高さ 5.9m、アーム長さ 2.9m の鉄製の逆 L 字型の標識柱である。支持条件の変化に対する振動特性の変化を調べるため、S0 から S6 の 7 種類の緩め方でアンカーボルトを緩め、構造物を加振した。図 2 に示すように、S0 は健全な状態であり、S1, S2, S3 ではボルトを一か所それぞれ 1/8 周, 1/4 周, 1 周ずつ緩めた。S4 では 2 か所、S5 と S6 では 3 か所それぞれ一周ずつ緩めた。加振は一つの緩め方につき、アーム方向とアーム直角方向の二方向に、1 分毎に計 10 回、手押しで行われた。標識柱に 5 つ、基部のコンクリートに 1 つの計 6 つの三軸加速度計を設置し、加振中の加速度をサンプリング周波数 200Hz で記録した。センサ配置を図 1 に示す。

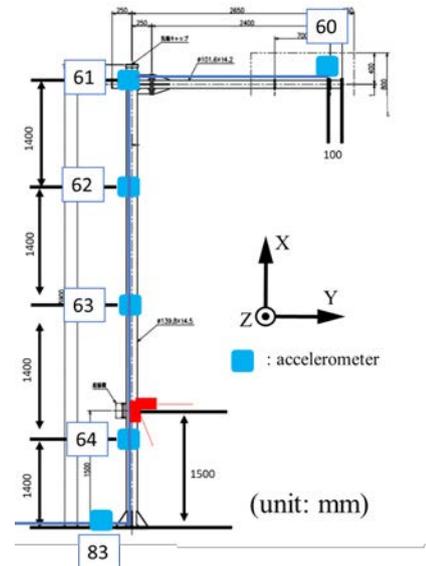


図 1: 加速度センサ配置図

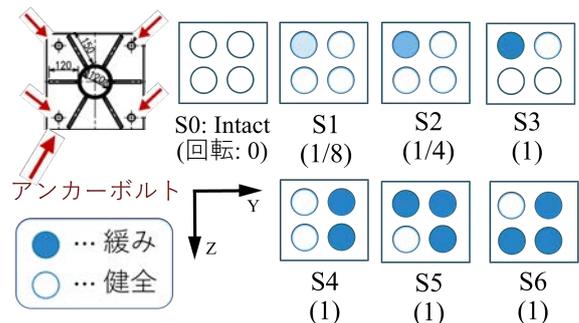


図 2: アンカーボルトの緩め方

3 実験結果及び考察

記録された加速度データから、SSI によって振動特性が同定された。振動数の小さいものからモード 1, 2 とする。それぞれのモードの代表的なモード形状を図 3, 図 5 に示す。ここで、モード 1 は基部を支点とする一次の曲げモード、モード 2 は y-z 平面上で回転する一次ねじれモードである。モード 1 では、図 4 に示すような三種類の揺れの方向が観測され、1-1 では y 軸方向、1-2 と 1-3 は方向が逆の斜め方向であった。また、図 6, 図 7 に、固有振動数同定結果から算出した、健全時の固有振動数に対する変化率を示す。

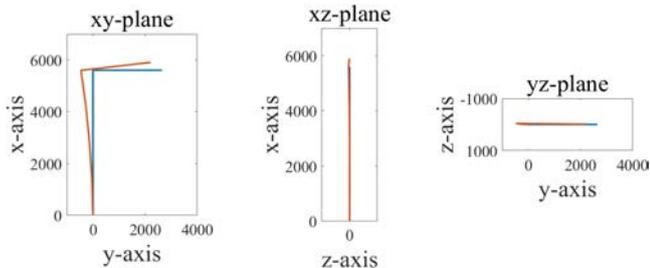


図 3: モード 1 のモード形状

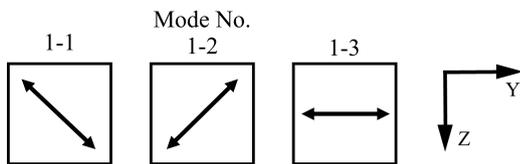


図 4: モード 1 の振動の方向

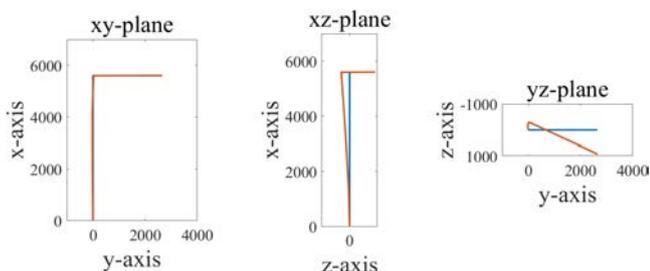


図 5: モード 2 のモード形状

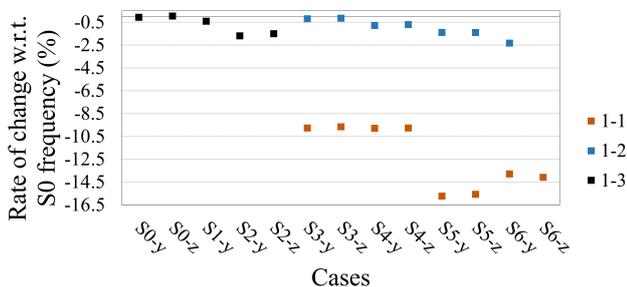


図 6: モード 1 の振動数同定結果

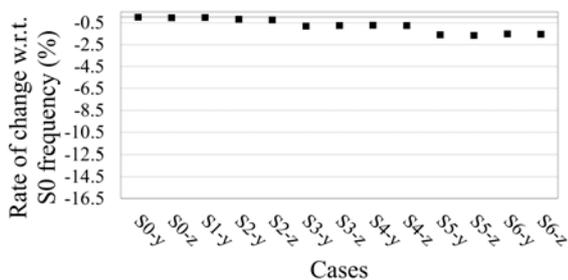


図 7: モード 2 の振動数同定結果

モード 1 においては、健全時はモード 1-3 のみが同定され、ボルトの緩みの程度をあげるにつれてモード 1-1 と 1-2 の二つが同定された。これは、もともと対

象構造物にモード 1-1 と 1-2 の近接したモードが存在しており健全時は一つにまとめられて同定されていたものが、ボルトを緩めるにつれて二つのモードの固有振動数の差が大きくなり、分離して同定されるようになったためと考えられる。

モード 2 においては、ボルトを緩めるにつれて推定された振動数の値が低下していくこと確認された。これは、図 8 に示すように、ボルトを緩めるにつれて基部の剛性が低下していった結果と考えられる。

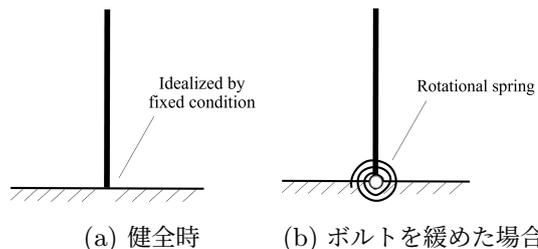


図 8: 基部の剛性の低下のモデル

4 まとめ

逆 L 字型の標識柱のアンカーボルトを緩めて振動計測を行い、振動特性を同定した結果、ボルトの緩みの程度をあげていくと健全時と比較して固有振動数が低下するのが確認された。これは基部の剛性が低下したためと考えられる。同様に、固有振動数が変化するのに伴い、固有振動数の近接している 2 つのモードが健全時は一つにまとめられて同定されていたが、支持条件の変化により 2 つに分離して同定されるのが確認された。

参考文献

[1] Xuejun Li, Timothy Whalen, and Mark Bowman. Fatigue strength and evaluation of double-mast arm cantilevered sign structures. *Transportation Research Record*, Vol. 1928, pp. 64–72, 01 2005.

[2] Peter Van Overschee and Bart De Moor. *Stochastic Identification*, pp. 57–93. Springer US, Boston, MA, 1996.