

第 I 部門

有限要素解析に基づく門型標識柱の損傷検知手法の検討

京都大学工学部	学生員	○市川 凌大
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	正会員	北根 安雄
京都大学大学院工学研究科	学生員	大城 雄希
京都大学大学院工学研究科	正会員	杉浦 邦征

1. はじめに

道路標識柱では過去に疲労損傷の事例が報告されており、倒壊などを防止するために適切に管理することが必要である。定期的に近距離での目視や打音、双眼鏡を用いた検査、高所作業車を用いた検査が行われているが、門型標識柱が設置されている道路は常時車両交通を伴う幹線道路の場合も多く点検に車線規制が必要となる。その一方で、門型標識柱には電光掲示板が設置されている場合など電力が供給されている場合も多く、センサ類を設置するには好都合である。一般に剛性が変化することで固有振動数が変化することが知られており、本研究では門型標識柱を対象にして、損傷の有無での固有振動数の変化を確認し、振動特性の変化から効率的に損傷を検知できる手法を提案することを目的としている。

過去に実際の門型標識柱を対象として有限要素解析で損傷のメカニズムを究明する研究が行われており、応力集中に加えて、溶接の初期不正に伴う初期応力が疲労損傷の発生に影響を与えているということがわかっている。

2. 解析概要

対象構造物は先行研究と同じ門型標識柱で支柱高さ約 6.84m、梁は軸スパン 9.03m×2 の線対称の構造である。対象構造物の有限要素モデルを Abaqus6.14 を用いて作成し、静的解析と固有値解析を行った (図-1)。柱ならびに梁部材は STK400 鋼管が使用されている。静的解析時には、湾岸での観測最大風速を基準にして設定した設計風速である 55[m/s]を設定し、標識板と梁、支柱の表面に風荷重が作用する条件で行った。

本研究では損傷検知手法を検討するために、部材の損傷を再現したモデルを作成し、応力状態を比較する。支柱基部に腐食が起きた条件で支柱 I, II の下端から 50mm までの板厚を 9mm から 5mm に変更した。溶接部分の損傷が起きた条件で梁部材では斜材と水平材の接合を図-2 に示した一か所で切断した。1辺 5mm の四辺形メッシュで解析

を行い、各支柱基部は完全固定とした。弾性率 2.00E+05、降伏応力 2.35E+02、ポアソン比 0.3、部材密度 7.85[g/cm³]適用した。重力加速度は 9.81[m/s²]とした。

風荷重計算式

$$P = P_o \cdot A \quad (1)$$

$$P_o = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot C \quad (2)$$

P : 風荷重(kN)

P_o : 単位面積あたり風荷重(kN/m²)

V : 風速(m/s)

A : 有効投影面積(m²)

C : 抗力係数

ρ : 空気密度(kN・s²/m⁴)

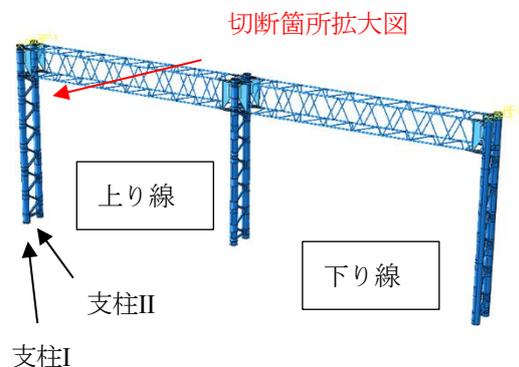


図-1 対象構造物の有限要素モデル

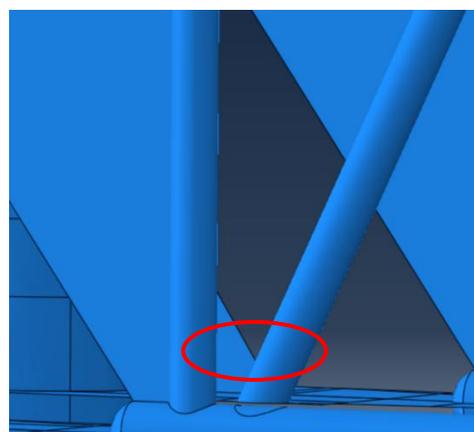


図-2 部材切断箇所

Ryota Ichikawa, Yoshinao Goi, Yasuo Kitane, Yuki Oshiro, Kunitomo Sugiura
ichikawa.ryouta.65x@st.kyoto-u.ac.jp

3. 解析結果・考察

応力は面内最大応力を出力し比較した。風荷重を考慮した静的解析の結果、梁水平材と斜材の接合部周辺で応力の集中が確認できた。板厚が減少した支柱Ⅰ、Ⅱの基部付近の応力は約20[MPa]増加し約40[MPa]を示した。

固有値解析では固有振動数の範囲を20[Hz]までとして結果を確認したところ、いずれも4つの振動モードが確認できた。損傷なしの場合での各振動モードにおける変形図を図-3に示す(変形倍率はモード1~3で1832倍、モード4で1830倍)。表-1に示すように損傷が生じることで固有振動数に1%以下ではあるが、減少が確認できた。門型標識柱において、面積の大きな標識板に作用する風荷重の影響が大きいいため、4つの振動モードの中ではモード2が顕著に表れると想定される。また、実際の構造物は橋梁上にあり、風荷重の作用に加えて車両交通の影響でも振動が起るため、損傷に起因する振動形態の変化を計測する際に精度が確保できるか検討を進めていく必要がある。今後は車両の交通振動の影響を考慮した動的解析を行い、損傷を再現したモデルで振動形態の変化を比較していく。

静的解析の結果からは確実性が高く効率的な損傷検知手法を断定するには至らなかった。固有値解析の結果から、損傷の発生によって生じた振動特性の変化が確認できたため、検知できる計測機器の選定とコスト面等を考慮した上で定期的な点検に適用可能な手法を今後検討していく。

4. まとめ

基部腐食が生じて板厚が減少した部分では応力の増加が確認できた。静的解析の結果からは損傷検知手法の提案につながる有効な手がかりは得られなかった。損傷を再現したモデルにおいて、損傷が生じることで固有振動数に減少が確認できた。今後、損傷の状態や場所の条件を増やし振動形態の変化の比較を続けていきたい。今回は標識板を含めずに固有値解析を行ったため、今後は標識板の重量を考慮したモデルで固有値解析を行う必要がある。また、詳細な振動応答解析や動的解析を行い、計測機器の決定、定期的な点検での実現可能性の検討を今後の目標としたい。

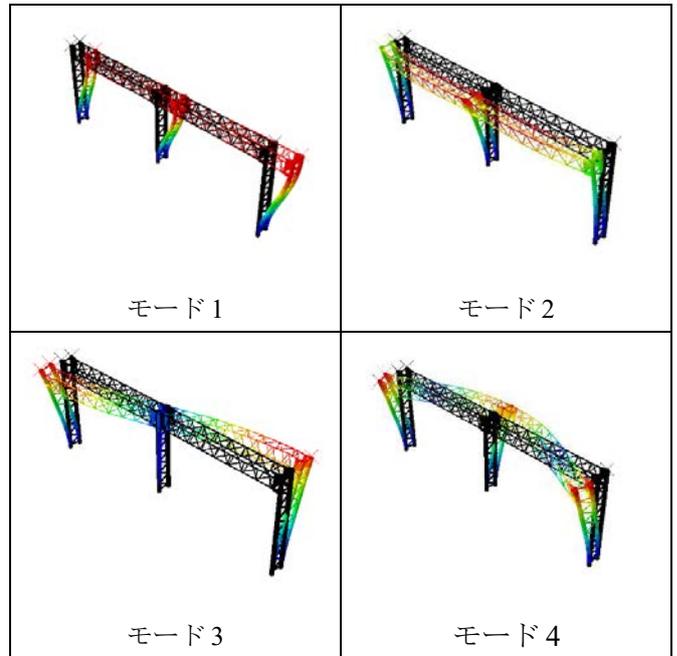


図-3 振動モード変形図

表-1 固有振動数

振動モード	固有振動数 (Hz)		
	損傷なし	基部腐食	溶接部分損傷
1	7.24	7.23	7.22
2	13.13	13.11	13.13
3	13.89	13.84	13.88
4	17.15	17.11	17.11

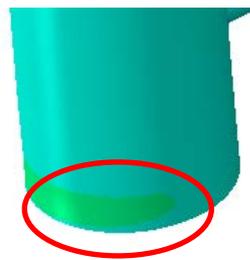


図-4 支柱基部：基部腐食

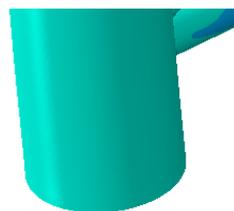


図-5 支柱基部：損傷なし

参考文献

- 1) 京都大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻 “門型標識柱の構造特性が耐荷能・耐久能に及ぼす影響に関する共同研究” (2018)