

門型標識柱の力学的特性評価に関して

○中央大学 学生員 三木孝則

中央大学 正会員 平野廣和

中央大学 学生員 松井謙典

中央大学 正会員 佐藤尚次

1. はじめに

門型標識柱は付属構造物として標準設計¹⁾されており本体構造物とは無関係に設置されている。標準仕様書には路線長約500mを基準に路線形状や分岐のつど、通行車両への視認性を基準に設置位置を定めている。施工上は一般に標識柱の維持管理の面からも主構造の変形量の大きな特定の場所は回避して設置されている。しかし標識柱が桁の固有振動数との共振現象や強制振動によって引き起こされる起振に関しては、通行車両の量、種類や主構造の固有値など種々の要素から影響を受けることから、標識柱の設計段階では考慮するのが困難である。このような環境下にある標識柱は、確率的に繰り返し荷重によって損傷を受ける可能性が高く、維持管理面での重要な構造物として認識され、倒壊等の事故を未然に防ぐべく定期的な点検を実施されている。ここでの点検は目視による構造物異常の発見が目的であり、将来の損傷を予測する位置付けとされていないことも事実である。

そこで本研究では、門型標識柱の力学的特性を把握するために、実際に都市高速道路4車線部で用いられている門型標識柱についての固有値解析ならびにそれから得られたモード形状に対応する静的応力解析を3DFEM汎用構造解析ソフトで行い、最も損傷が発生する可能性の高い場所を特定することを目的とする。

2. 固有値解析

選択した門型標識柱の構造諸元を表-1に示す。一般に固有値解析には簡略化のため梁要素が用いられるが、次のステップとして部材の応力解析をおこなうので本研究では3Dシェル要素を用いた。その有限要素分割図を図-1に示す。現実には即して斜部材、梁、ブラケットなど全ての部材に応力が伝達するように、実際の構造物を忠実に分割した。ここでの総節点数は、110793である。

解析結果を図-2に示す。橋軸直角方向揺れである1次モードが3.03Hz、橋軸方向揺れである2次モードが3.62Hz、ねじれである3次モードが4.55Hzと近い範囲にあることがわかる。

表-1 門型標識柱の構造諸元

項目	単位	
標識柱諸元	ポール高さ	mm 7650
	鋼管の外径	mm 355.6
	板厚	mm 6.4
	梁の横幅	mm 16800
	梁の外径	mm 101.6
	看板重量	N 7000
	基部リブ高さ	mm 150
	基部のリブ幅	mm 115
	基部のリブ厚	mm 19
Steel材料特性	単位質量	kg/mm ³ 8.02*10 ⁻¹⁰
	弾性率	GPa 210
	ポアソン比	0.3

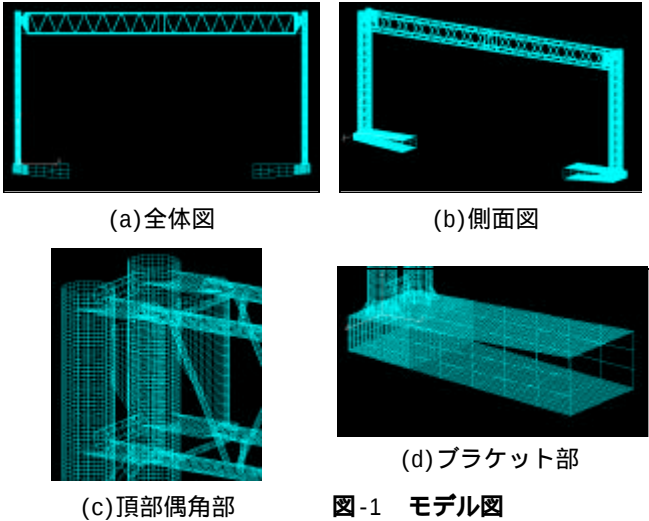


図-1 モデル図

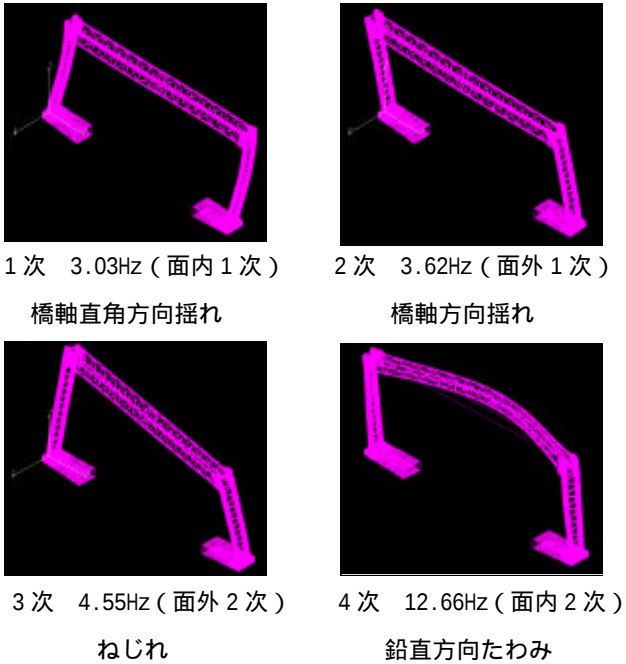


図-2 振動モード形状

一方、加速度計を用いて現場で大型トラック通過時の簡易計測を行なった。観測によると橋軸直角方向では2.9Hzと3.7Hzが、橋軸方向は3.4Hzが卓越している。解析では前者が3.03Hz、後者が3.62Hzであるので良い一致を示していると考えられる。ところで、大型トラックのバネ下振動数はおよそ3Hz前後と言われている。このことから大型トラックの走行により、ここで取り上げた標識柱が加振される可能性もあることを示唆している。また、現場観測でも大型トラック通過時には、標識柱頂部で常時片振幅約5～10mm程度の揺れも計測されている。

3. 応力解析

固有値解析から、1次～3次の固有値に近い範囲にあることがわかった。また、現場での簡易計測で約5～10mm程度の揺れを観測していることから、これらの条件を加味して門型標識柱の応力解析を行い、この構造物の弱点を掴むこととする。応力解析は、固有値解析から得られた1, 2, 3次の3種類とし、それぞれ頂部にそれぞれのモードに対応した強制変位を与えることとする。強制変位は現場で観測された値である10mmとする。モードごとの応力分布図を図-3に示す。なお図中の応力値の配色は比較のためにすべてのケースで同一に表示している。1次モードである橋軸直角方向強制変位時は、基部のリブ上端部に32.1MPa、及び頂部隅角部や上部水平材を支える三角形ガセットプレート頂点に最大で32.0MPaの応力集中が生じている。2次モードである橋軸方向強制変位時は、基部のリブ上端部に54.1MPa、及びポール部斜部材接続部に47.9MPaの応力集中が生じている。3次モードであるねじれ方向強制変位時は、2次モード時と同様の傾向で、基部のリブ上端部に55.0MPa、及びポール部斜部材接続部に50.8MPaの応力集中が生じている。以上の結果より前述の個所が門型標識柱の構造上の弱点であると推察される。特に1次、2次、3次モードのすべてのケースに共通で応力集中が生じている基部のリブ上端部に最も繰り返し荷重による負荷がかかりやすく、疲労亀裂等の構造破壊が発生するものと考えられる。

4. まとめ

門型標識柱基部とガセットの疲労等級がFであり、ポール部及び斜部材の疲労等級がEであることを考慮し、本研究の解析結果をJSSCの疲労設計指針²⁾の基本許容応力範囲と比較すると、前述の個所に疲労亀裂等の構造破壊が発生する可能性が十分に考えられる。現実的にはブラケットの有無など設置場所の構造系によっては、より高い応力の発生も考えられる。そのため、今後門型標識柱の補修・補強が必要であり、補強材料及び補強方法等の検討が求められる。さらに本手法により求めた応力値を現在指針となっている「疲労損傷の評価システム」で照査することによって適切な予防策を講じることが出来る。今後は繰り返し荷重試験を行い、そこで得られるデータの解析と汎用構造解析ソフトでの解析結果の照査等を行い、門型標識柱を含めた橋梁付属構造物の補修・補強方法の検討を行う予定である。

参考文献 1)佐藤武司、平野廣和、連重俊、佐藤尚次：標識柱等の橋梁付属物の振動特性、第29回関東支部技術研究発表会、平成14年3月

2)[社]日本鋼構造協会：鋼構造物の疲労設計指針・同解説

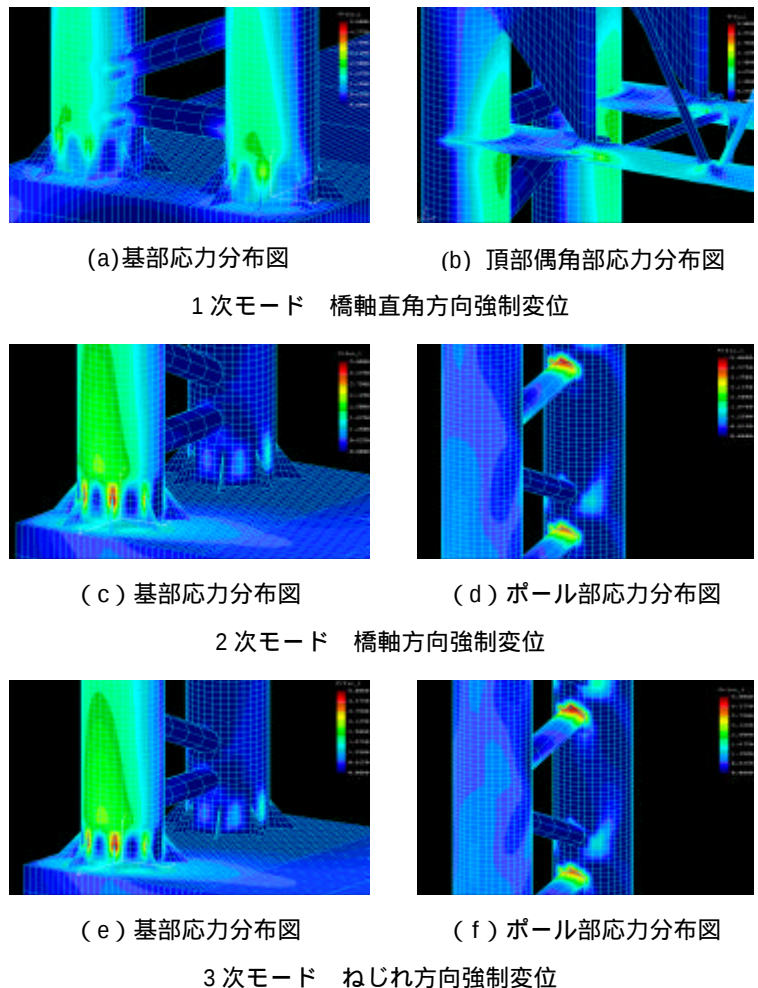


図-3 応力分布図