

# 道路標識柱に付与すべき性能を 評価する手法に関する研究

野村 文彦<sup>1</sup>・石尾 真理<sup>1</sup>・氏本 敦<sup>1</sup>・玉越 隆史<sup>1</sup>

<sup>1</sup>国土技術政策総合研究所 道路研究部 道路構造物管理研究室（〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地）

道路標識柱における上部構造の設計は、「道路標識設置基準・同解説」（昭和62年1月、（社）日本道路協会）の設計計算例や地方整備局の設計要領等により行われている。

一方、標識の形式には様々な種類のもが存在し、将来の疲労損傷発生リスクの観点から、既往の設計方法の妥当性や適用範囲について見直しの余地がある可能性があると考えられる。

本研究は、道路標識柱に付与すべき性能を評価するための方法を確立するために、代表的な標識柱を対象に、振動特性や疲労耐久性の評価にあたって不可欠となる溶接部など局部の応力状態を簡便かつ正確に推定できる方法の検討を実験と解析の両面から行うものである。

キーワード 道路標識、疲労耐久性、振動特性、FEM解析

## 1. はじめに

道路標識柱における上部構造の設計は、「道路標識設置基準・同解説」<sup>1)</sup>（昭和62年1月、（社）日本道路協会）の設計計算例やそれに基づき作成された地方整備局の設計要領等により行われている。これらの技術基準において、道路標識柱は許容応力度法思想に基づいて耐荷力設計がなされているにとどまり、風等に起因する繰り返し応力によって溶接等の局部に発生する疲労損傷に対する検討は考慮されていないのが現状である。

一方、近年著名地点の道路標識に表示する文字数の増加による道路標識の横長化等、道路標識については、様々な種類や形状のものが用いられており、将来の疲労損傷発生リスクの観点から、既往の道路標識柱における設計方法の妥当性や適用範囲についての見直しを検討する余地がある可能性があると考えられる。

そこで本研究では、特に疲労耐久性の観点から、道路標識柱に付与すべき性能を評価するための方法を確立するために、代表的な道路標識柱を対象に、振動特性や疲労耐久性の評価にあたって不可欠となる溶接部等の局部の応力状態を、簡便かつ正確に推定できる方法の検討を実験と解析の両面から行う。

## 2. 研究の流れ

本稿では、多様な種類・形式の道路標識柱のFEMモデルを作成し、その解析モデルの妥当性検証を行うために、実物振動実験を実施した。実物振動実験においては、自由振動計測及び常時微動計測を実施した。自由振動計測

は、道路標識柱の振動特性及び局部の応力状態を実験結果と比較検討することによる解析モデルの妥当性検証を行うために実施した。また常時微動計測は、道路標識柱の振動特性を把握し、解析モデルの妥当性検証を行うために実施した。

図-1に本研究のフローを示す。

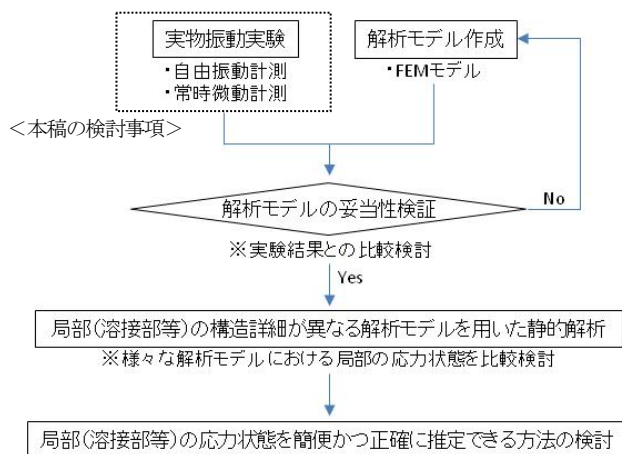


図-1 研究のフロー

## 3. 実物振動実験

### (1) 実験の概要

将来の疲労損傷発生リスクの観点から、疲労耐久性の評価にあたって不可欠となる溶接部等の局部の応力状態を簡便かつ正確に推定できる方法を構築する上で、構造詳細の異なる多様な道路標識柱のモデルを作成する必要

があり、その基となる対象道路標識柱のモデルの妥当性検証を行うために、実物振動実験を実施した。

計測対象に用いた実物道路標識柱は、解析モデルの妥当性検証を行う上で、実験結果と解析結果の比較を行う際、本実験で設定する外力以外の影響（交通振動等）を極力抑える必要があることから、公道に比べ比較的交通量の少ない国土技術政策総合研究所構内に設置されているF型道路標識柱（F型標準タイプ）を使用した。図-2にその写真を示す。

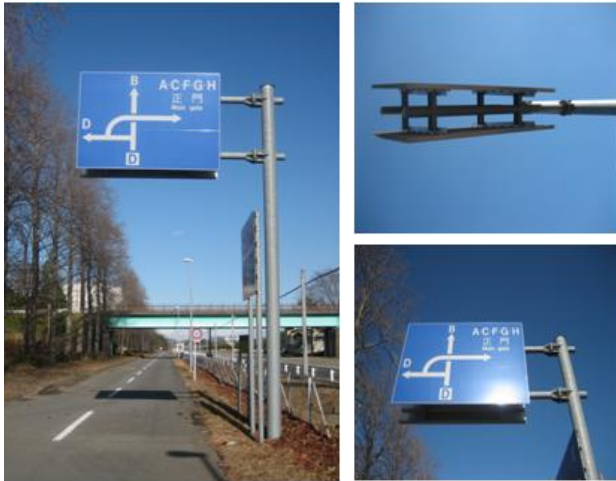


図-2 対象道路標識柱

（左：全景、右上：標識板下から、右下：標識柱上部）

計測内容については、下梁におもり（600N）を鉛直方向下向きに作用させ、おもりの静止を確認した後、載荷荷重を解放することで道路標識柱を振動させる計測（自由振動計測：図-3参照）を行う。また、道路標識柱の通常時の風等による振動特性を把握できる常時微動計測を各々2回ずつ行い、各計測の振動特性を比較検討した。

また、計測機器は、加速計（サーボ型加速度計）及びひずみゲージ（1軸ゲージ及び3軸ゲージ）を使用し、図-4のとおり設置した。加速計は、道路標識柱の振動により生じる変位が大きく計測されやすい箇所である上梁先端部の2箇所（図-4のA1（道路進行方向）及びA2（鉛直方向））及び柱と上梁の接合部に2箇所（図-4のA3（道路進行方向）、A4（道路幅員方向））、また解析モデルにおける境界条件の設定として必要な入力情報である柱基部の固定状況を把握するため、柱基部に2箇所（図-4のA5（道路進行方向）及びA6（道路幅員方向））設置した。ひずみゲージは、特に疲労耐久性の評価にあたって不可欠となる局部（溶接部等）の一つである梁継ぎ手部の応力状態を正確に把握するために、梁継ぎ手

部（上梁継ぎ手：図-4のS1～S8（S6及びS8は梁軸方向に対してそれぞれ+45°方向、-45°方向、その他は梁軸方向のひずみを計測）、下梁継ぎ手：図-4のS9～S16（S14及びS16は梁軸方向に対してそれぞれ+45°方向、-45°方向、その他は梁軸方向のひずみを計測））に設置した。

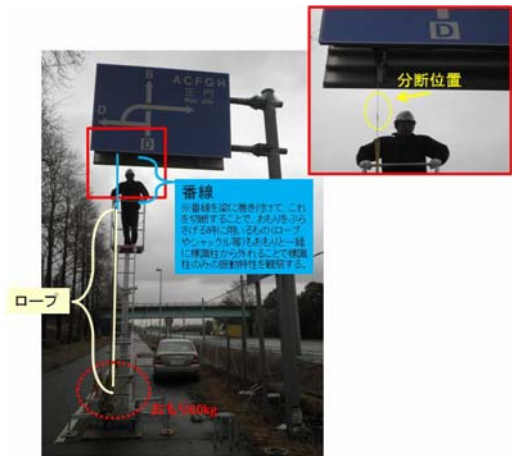


図-3 自由振動計測の様子

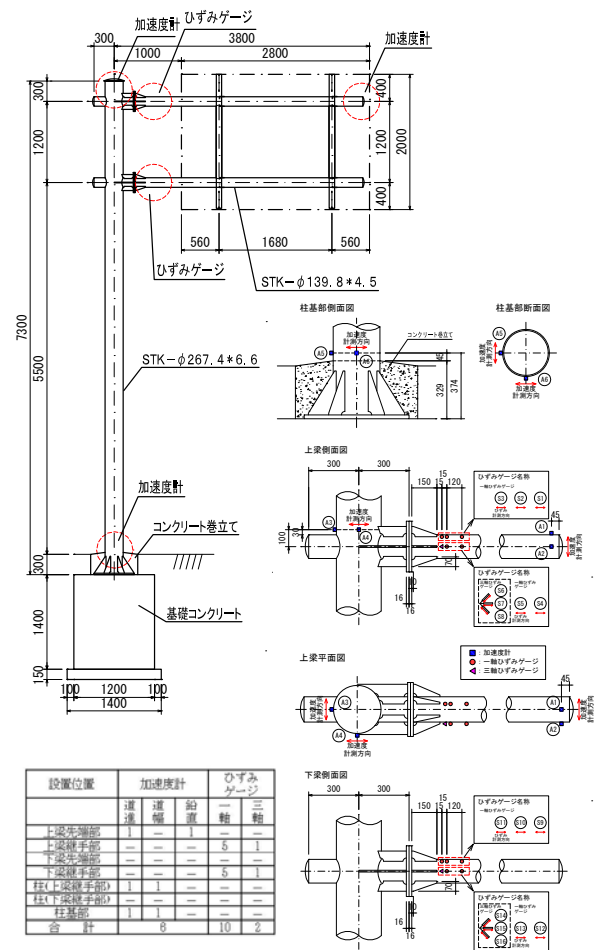


図-4 計測機器設置状況

## (2) 実験結果

### ①自由振動計測

道路標識柱の振動特性及び局部の応力状態を実験結果と比較検討することによる解析モデルの妥当性検証を行うために、下梁先端付近におもりを鉛直方向下向きに作用させた状態（図-3参照）を設定し、おもりを静止させた状態から、載荷荷重を解放させた際の自由振動の計測を2回実施した。本計測によって得られた実験データ

(加速度の時刻歴波形、ひずみの時刻歴波形)、及びこれらの実験データから算出したフーリエスペクトル(FFT処理)の結果(1回目の実験結果(0~200s))をそれぞれ図-5及び図-6に示す。

図-5及び図-6に示すように、計測開始直後の数十秒間は、下梁に作用させたおもりがおよそ静止するまでを確認するまでに要した時間であり、静止したことが確認できた段階で荷重を解放させ、自由振動させた。

加速度の時刻歴波形(図-5左)に示すとおり、鉛直方向の加速度計(上梁:A2、下梁:A4)においては、時間とともに減衰しており、またうなりが生じている。一方、道路進行方向の加速度計(上梁:A1、下梁:A3)においては、本計測における荷重解放時は、鉛直方向の振動が道路進行方向の振動に比べ卓越している。

また、ひずみの時刻歴波形(図-6左)に示すとおり、F型道路標識柱の上梁と下梁のひずみに違いが生じている。これについては、下梁自体におもりを直接載荷している等の理由から、荷重解放直後においては、下梁に生じるひずみ値のほうが、上梁のそれらに比べやや大きい値となることが理由の一つとして考えられる。

以上整理結果を踏まえた上で、道路標識柱の振動特性及び局部の応力状態を実験結果と比較検討することによる解析モデルの妥当性検証を行うために、加速度及びひずみの時刻歴波形を用いてFFT解析を各々実施し、卓越振動数を算出した結果を図-5右及び図-6右に示す。また局部の応力状態を実験結果と比較検討することによる解

析モデルの妥当性検証を行うために、ひずみの時刻歴データを図-6左に示す。

加速度波形のFFT処理結果(図-5右)に示すように、梁が鉛直方向に振動し、かつ柱が道路幅員方向に振動するモードが考えられる道路標識柱の卓越振動数は2.18Hz、8.56Hzであった。一方、道路進行方向に振動するモードが考えられる道路標識柱の卓越振動数は、2.07Hz、5.54Hz、8.54Hz、15.44Hzであった。

また、ひずみ波形のFFT処理結果(図-6右)に示すように、いずれの卓越振動数においても、2.18Hz、8.57Hz、25.0Hzであった。

また、ひずみの時刻歴データを比較すると、上記で述べたように、荷重解放時については、上梁のひずみ(S1及びS2)と下梁のひずみ(S9及びS10)に違いが生じている(例えば、上梁の溶接止端から30mmの位置の荷重解放時のひずみ(図-6左のS2)は20 $\mu$ 程度であるのに対し、下梁の同位置のひずみ(図-6左のS2)は40 $\mu$ 程度で2倍程度大きい)。一方、現行基準においては、梁応力を算定する際、上梁と下梁に同じ割合で荷重を分担させて計算している。以上より、疲労耐久性の照査を行う上では、上梁と下梁のひずみの差異を適切に評価する必要があるため、この影響も含めた解析モデルを検討する余地があると考えられる。

## ②常時微動計測

通常時の風等による道路標識柱の振動特性を把握し、

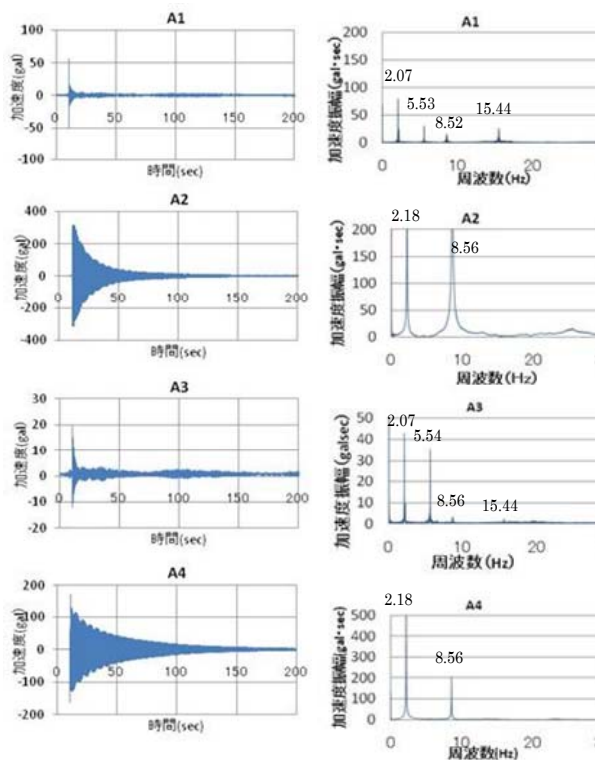


図-5 加速度の時刻歴波形(左)とフーリエスペクトル(右)

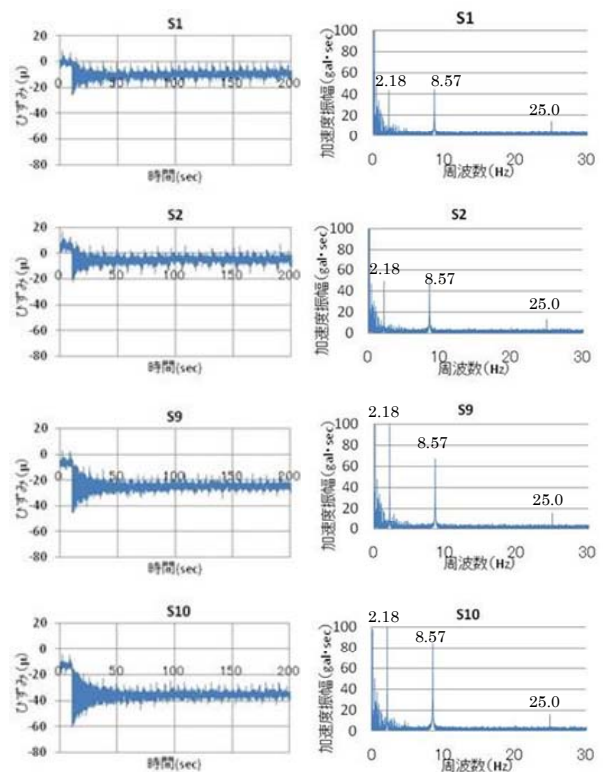


図-6 ひずみの時刻歴波形(左)とフーリエスペクトル(右)

解析モデルとの妥当性検証を行うために常時微動計測を実施した。計測時間は10～15分程度であり、計測日は、様々な振動モードが得られることを想定して、比較的風の強いと考えられる日及び風の弱いと考えられる日の2パターンの場合における日を選定した。①と同様に本計測によって得られた実験データ（加速度の時刻歴波形、ひずみの時刻歴波形）、及びそれらの実験データから算出したフーリエスペクトル（FFT処理）の結果（1回目の実験結果（0～200s））をそれぞれ図-7及び図-8に示す。

加速度の時刻歴波形（図-7左）に示されるとおり、計測直後から200 s 間においては、道路進行方向の加速度（上梁が道路進行方向に振動する際の加速度（図-7左のA3）かつ柱が道路進行方向に振動する際の加速度（図-7左のA4））が、上梁が鉛直方向に振動する際の加速度（図-7左のA2）及び柱が道路幅員方向に振動する際の加速度（図-7左のA4）に比べ相対的に大きな加速度を生じている。この原因の一つには、風が標識板に作用することにより生じる振動が卓越している可能性があると考えられる。

以上整理結果を踏まえた上で、道路標識柱の振動特性を把握し、解析モデルの妥当性検証を行うために、加速度及びひずみの時刻歴波形を用いて、それぞれフーリエスペクトルを算出した（図-7右及び図-8参照）。

加速度波形のFFT処理結果（図-7右）に示すように、梁が鉛直方向に振動し、かつ柱が道路幅員方向に振動す

るモードが考えられる道路標識柱の卓越振動数は2.19Hz、5.53Hz、8.57Hz、15.45Hzであった。また、道路進行方向に振動するモードが考えられる道路標識柱の卓越振動数は、2.06Hz、5.53Hz、15.45Hzであった。

また、ひずみ波形のFFT処理結果（図-6右）に示すように、いずれの卓越振動数においても、2.18Hz、8.57Hz、25.0Hzであった。

#### 4. まとめ

以上のように、本研究では、特に疲労耐久性の観点から、道路標識柱に付与すべき性能を評価するための方法を確立するために、代表的な道路標識柱を対象に、振動特性や疲労耐久性の評価にあたって不可欠となる溶接部等の局所の応力状態を、簡便かつ正確に推定できる方法の検討を実験と解析の両面から行うものである。その検討の一部として、本稿では、多様な種類・形式の道路標識柱のFEMモデルを作成し、その解析モデルの妥当性検証を行うために、実物振動実験を実施した。その結果、解析モデルの妥当性検証を行う上で、自由振動計測及び常時微動計測におけるFFT解析結果より卓越振動数を算出し、対象道路標識柱の振動特性を概ね把握した。また、自由振動計測において、ひずみの時刻歴データから上梁と下梁に作用する応力に違いが見られたため、疲労耐久性の照査を行う上では、それらの影響も含めた解析モデルを検討する余地があると考えられる。

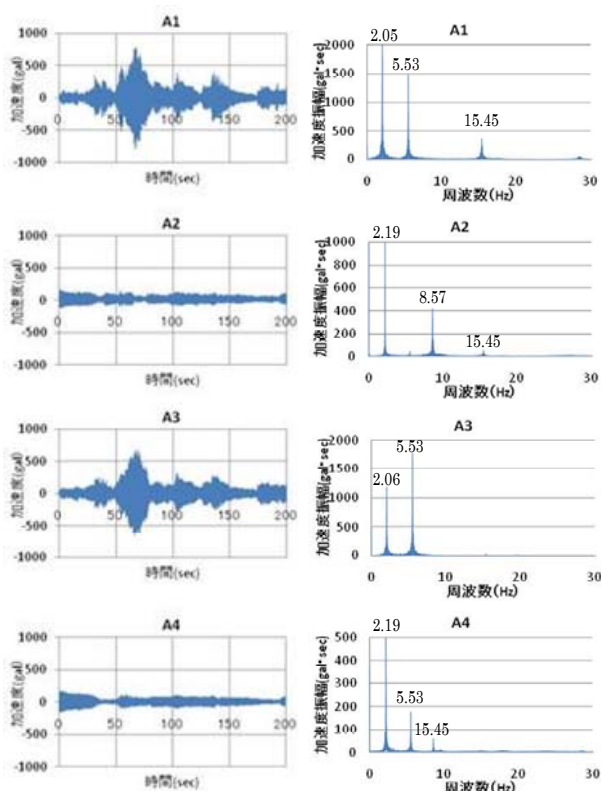


図-7 加速度の時刻歴波形（左）とフーリエスペクトル（右）

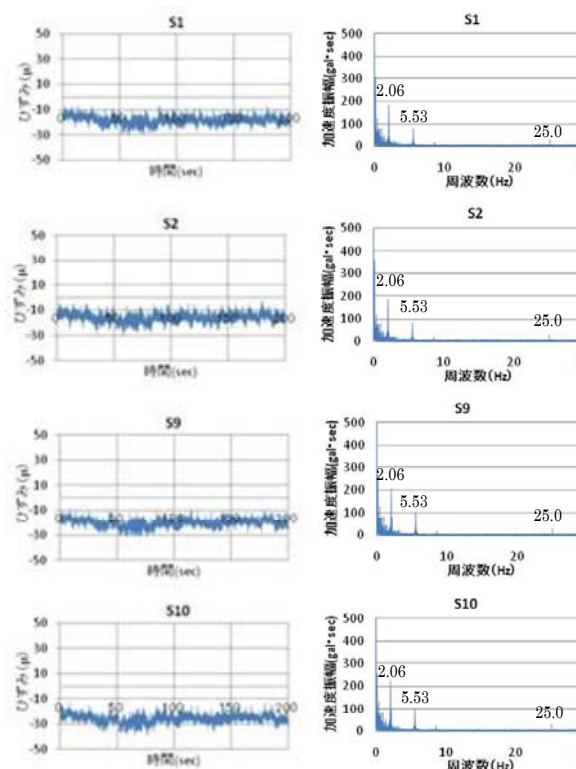


図-8 ひずみの時刻歴波形（左）とフーリエスペクトル（右）

今後は、対象道路標識柱のFEMモデルを作成し、以上に述べた実験結果を用いて、解析モデルの妥当性検証を行う。対象道路標識柱の解析モデルの妥当性検証後においては、そのモデルに基づき、様々な構造詳細等の異なるFEMモデルを作成し、局部（溶接部等）の応力状態を簡便かつ正確に推定できる解析方法の検討を行う予定である。

#### 参考文献

- 1) (社)日本道路協会：道路標識設置基準・同解説、昭和 62 年 1 月