

土工部に設置された曲線を有する角型情報板支柱の振動特性の検討

中央大学大学院 学生会員 ○瀬戸大輔 中央大学 正会員 平野廣和 中央大学 正会員 佐藤尚次
(株) むらじ 正会員 連重俊 中日本高速道路 (株) 正会員 山本浩司

1. はじめに

道路情報板は、利用者に道路情報を伝える重要な高速道路付属物である。情報板には、張出し構造の支柱を持つ物があり、中日本高速道路管内でも6,000本余りが設置されている。これらの支柱は、交通振動、風荷重等が要因となる疲労問題を考慮し、数々の形式が採用されている。その中から道路会社の日常点検で指摘されている揺れやすい支柱で、曲線形状を有する角型溶接構造支柱（以下、逆L型柱）に着目し、筆者らは現地計測と固有値解析を行ってきた¹⁾²⁾。この結果から計測値に比べ、解析値の固有振動数が高い傾向を掴んでいる。

以上から本研究では、構造減衰に着目して計測データを再確認する。次に有限要素法による構造解析で、地盤ばねを適用し、固有値の比較を行う。これらにより土工部設置逆L型柱の動的な問題を明らかにする。

2. 対象とする情報板支柱

図-1は、本報で検討する逆L型のB型情報板である。支柱の構造は、高さ7,300mm、断面350mm×350mm、板厚9mm、角型溶接構造である。情報板は、高さ1,950mm、幅4,810mm、奥行き1,000mm、質量は1,500kgである。また、基礎は土工部に設置されており、バイプロハンマ工法による打込み杭が採用されている。図-2に示す通り、幅400mm、板厚12.7mmのH型钢で根入れ深さは5,500mmである。杭上部1,600mmには進行方向に幅838mmの抵抗板が付いている。また、根巻コンクリートは高さ350mm、幅850mmであり、地中に全体が埋まっている。

3. 現地計測による検討

(1) 計測概要

動的挙動を把握するために、加速度計により応答加速度を計測する。設置箇所は、情報板内部の先端部分とし、座標軸は車両進行方向X、横断方向Y、鉛直方向Zとする。ここでのサンプリング周波数は100Hz、1回の計測時間を100秒とし、以下の2種類の計測を行う。

- ①車両通行による外力（以下、交通振動）
 - ②X、Y、Z各々の方向に人力で加振（以下、人力加振）
- ここで人力加振は、成人男性2名が情報板内部に入り、最も揺れが増幅する周期で重心移動によって加振し、計20回程度繰返す。また加速度の計測開始は10回加振後とし、最大振幅到達後の自由減衰時加速度を二重積して求めた変位より減衰定数を推定する。

(2) 固有振動数

交通振動時の応答加速度を高速フーリエ変換することでパワースペクトルを算出し、卓越振動数を算出する。ここで1Hz～10Hzの範囲でバンドパスフィルターをかけ、窓関数はハンニングを使用する。

図-3にパワースペクトルを示す。1.52Hzは、X方向が卓

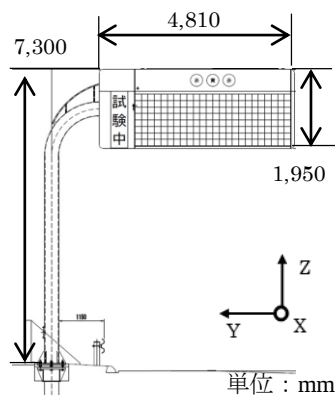


図-1 逆L型柱の諸元

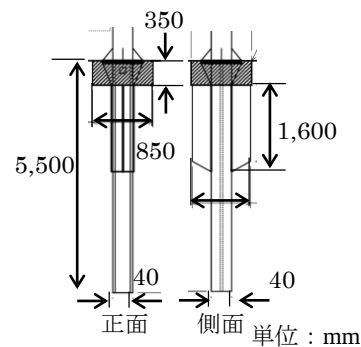


図-2 鋼製杭基礎構造

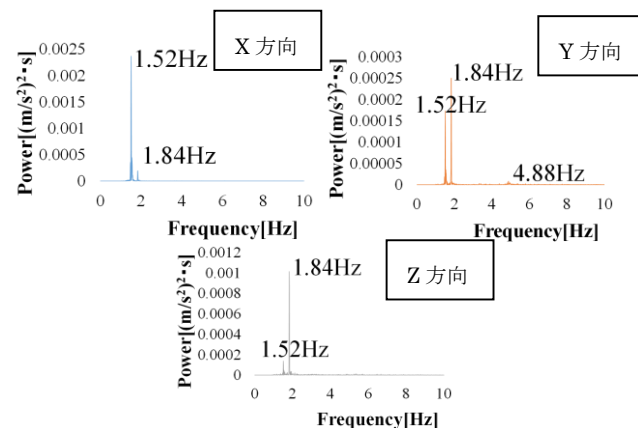


図-3 加速度パワースペクトル図

表-1 減衰定数一覧

加振方向	逆L型柱[%]	F型柱[%]
X	0.9	1.2
Y	0.8	1.5
Z	0.8	1.6

越する面外1次モード、1.84HzはY方向、Z方向が卓越する面内1次モード、Y方向の4.88Hz付近の小さなピークは、面内2次モードであると考えられる。

(3) 減衰定数

式(1)を用い、人力加振時時刻歴変位波形の極大値を結ぶ包絡線に近似する減衰定数 h を、最小二乗法により算出する³⁾。

$$y = A \times e^{-\omega h t} \quad (1)$$

ここで、 y は減衰曲線、 A は初期変位、 ω は角振数、 t は時間をそれぞれ表す。

表-1に得られた減衰定数と著者らの既往の研究²⁾で得られたF型柱の減衰定数を併せて示す。逆L型柱の減衰定数は小さく、特にY、Z方向加振時はF型柱の半分程度で

キーワード 情報板支柱、現地計測、振動減衰、地盤ばね

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 TEL:03-3817-1816 FAX:03-3817-1803

ある。これより、逆L型柱は揺れが収まりにくい構造であることがわかる。

4. 構造解析による検討

汎用構造解析ソフトADINAを用いて固有値解析を行う。境界条件は、ベースプレートを全方向固定とし、他に拘束点は設けない。また、支柱と情報板の接合は、接触面全体を接合部として簡略化を施している。

(1) 固有値解析

図-4に基部完全固定でモデル化した固有値解析結果を示す。面外1次モードは1.60Hzで、X方向に対して支柱を軸にねじる挙動、面内1次モードは2.08Hz、面内2次モードは5.80Hzで、情報板と支柱の位相が逆転する。

解析結果は、図-3に示す計測結果と比べて大きい値となっており、特に面内1次、2次モードでは（計測値／解析値）の値が88.5%、84.3%と大きく乖離する結果となっている。一方で、比較対象のF型柱は全モードにおいて95%～105%の間であり、実現象を再現できている。

(2) 地盤ばねを適用した解析

前述のように現地計測で求めた卓越振動数と固有値解析結果の差異が見られるが、この原因が基部完全固定としている境界条件にあるという仮説の下、ベースプレート面に地盤ばねを均等割り付けすることで地盤状況を再現する。地盤ばねは図-5のように設定する。またその値を表-2に示す。この値は道路橋示方書⁴⁾より、杭の軸方向ばね定数 K_v [kN/m]を式(2)で定義している。

$$K_v = a \frac{A_p E_p}{L} \quad (2)$$

A:工法による係数, A_p : 杭の純断面積[mm²],

E_p :杭のヤング係数[kN/mm²], L : 杭長[m]

また、杭軸直角方向について、ばね定数 K_{1i} [kN/m]を式(3)、回転ばね定数 K_{2i} [kN/rad]を式(4)で定義する。

$$K_{1i} = 4EI\beta^3 \quad (i=X,Y) \quad (3)$$

$$K_{2i} = 2EI\beta^2 \quad (i=X,Y) \quad (4)$$

EI :杭の曲げ剛性[kN・m²], β :杭の特性値[m⁻¹]

なお、周辺地盤のN値は設計計算書より $N=15$ とする。

表-3に解析値と計測値の比較を示す。地盤ばねを適用することで実際の現象を精度良く再現できた。また、図-6に面内1次モードの基部付近の挙動を示す。X方向を軸にベースプレートが回転挙動しており、基部の拘束度を低下させたことにより地盤との相互作用が再現されたと考えられる。

5. 終わりに

逆L型柱は、従来のF型柱と比較して減衰定数が小さく、特に面内振動時はF型柱の半分程度であることから、揺れが収まりにくい構造であることがわかった。

次に固有値解析において地盤ばねの適用により計測値に近い固有振動数になることから、支柱の挙動が地盤と相互的に影響していることがわかった。なお、写真-1は、基部の土間コンクリートを撮影したものでクラックが発生している。さらに人力加振時にY方向に1～2mm程度開閉していることから、上部構造の挙動による影響が考えられる。このことから逆L型柱の振動による周辺盛土

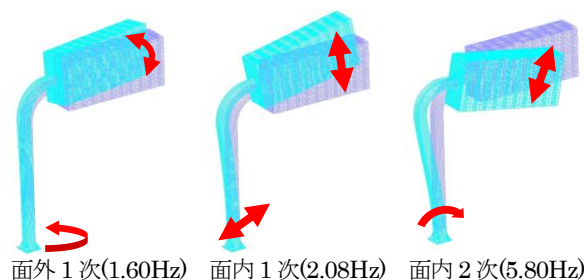


図-4 固有値解析結果

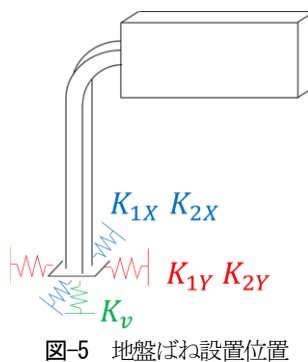


図-5 地盤ばね設置位置

表-2 ばね定数一覧

K_v [kN/m]	178,294
K_{1X} [kN/m]	43,078
K_{2X} [kN/rad]	34,644
K_{1Y} [kN/m]	51,811
K_{2Y} [kN/rad]	55,983

表-3 固有振動数の比較

モード	解析値 (地盤ばね設定前) [Hz]	計測値[Hz]
面外 1 次	1.46 (1.60)	1.52
面内 1 次	1.75 (2.08)	1.84
面内 2 次	4.94 (5.80)	4.89

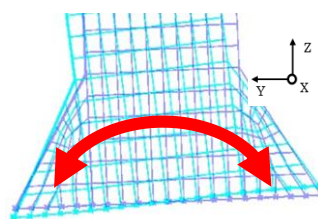


図-6 基部付近の挙動



写真-1 土間コンクリートのクラック

の緩みが懸念される。そのため、周辺土壌や杭基礎を含めた総合的な評価が必要である。また、支柱部分を対象に詳細な疲労照査を行うことにより、長期的な振動の影響を評価するべきである。

参考文献

- 1) 瀬戸他：土工部に設置された鋼製杭基礎を有する角型支柱情報板の振動特性に関して，土木学会第 71 回年次学術講演会，I-087, 2016.
- 2) 瀬戸他：LED 情報板が設置された角型支柱の振動減衰特性の検討，土木学会関東支部第 44 回技術研究発表，I-05, 2017
- 3) 田村他：RD 法による構造物のランダム振動時の減衰評価，日本建築学会構造系論文報告集，第 454 号，1993
- 4) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編，pp.406-410, 2012