

LED 情報板が設置された角型支柱の振動減衰特性の検討

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
日本ロード・メンテナンス（株） 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

近年、高速道路付属物が、振動により疲労損傷する事例が報告されるに至っている¹⁾。このような付属物の内、情報板支柱には、片持ち構造ではF型の丸型支柱を使うのが一般的である。しかし一部の路線では、デザイン性など景観面や視認性を重視してF型や逆L型の角型支柱が採用されている。この内土工部に設置された逆L型の支柱の一部には、CCTVが設置されているが、その映像から情報板支柱の振動が観察されている。橋梁上での情報板支柱の振動は従来の研究で示されているが²⁾、土工部での振動はこれまで指摘されてこなかった。さらに揺れは長時間続いており、構造減衰の小ささも予想される。

以上のことから本報では、土工部に設置された支柱の形式の違いが減衰に与える影響について検討する。対象は、土工部に設置されているLED情報板が設置された角型支柱とし、逆L型の支柱とF型の支柱を比較する。

2. 対象とする角型支柱の情報板

現地計測の対象とするLED情報板が設置された角型支柱は、写真-1に示す逆L型柱（以下、逆L型柱）と写真-2に示すF型支柱（以下、F型柱）である。

逆L型柱の諸元は図-1に示す通りであり、情報板部の質量は1,500kgである。支柱は350mm×350mmの正方形断面、板厚は9mmである。F型柱の諸元は図-2に示す通りであり、情報板部の質量は2,000kgである。支柱の断面は、基部は550mm×400mm、上部は400mm×400mmであり、幅が徐々に小さくなるテーパード断面となっており、板厚は12mmである。

3. 現地計測

3.1 計測概要

対象とする支柱の動的挙動を把握するために、加速度計を設置して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で、座標軸は車両進行方向をX、横断方向をY、鉛直方向をZとしている。応答加速度計測をする際のデータのサンプリング周波数は100Hzとし、1回の計測時間を100秒とする。

計測するケースは、以下の2種類である。

- ① 車両通行による外力のみのケース（以下、交通振動）
- ② X、Y、Z方向それぞれに人力で加振するケース（以下、人力加振）

なお、人力加振は成人男性2名が情報板内部に入っていく。振動が最も増幅しやすい周期で重心移動によって加振し、計20回程度繰り返す。加速度の計測開始は10回の加振後とする。これにより簡易的に自由減衰時の加速度を計測する。

3.2 固有振動数の算出

交通振動時の応答加速度を高速フーリエ変換（FFT）することでパワースペクトルを算出し、卓越振動数を確認する。この際、ノイズを除去するために1Hz～10Hzの範

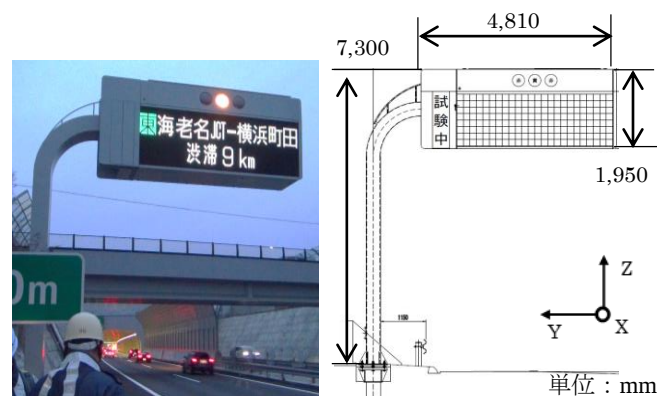


図-1 逆L型柱の諸元

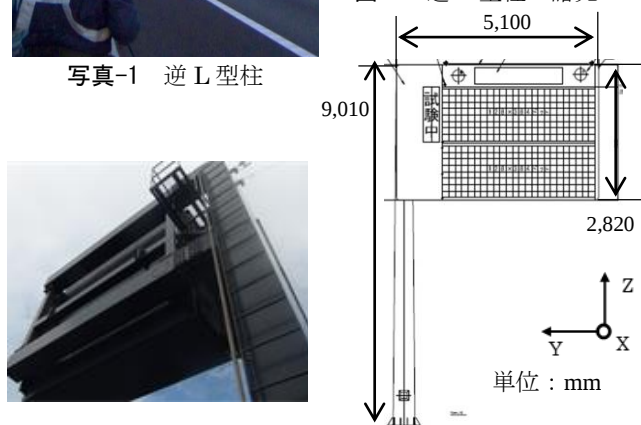
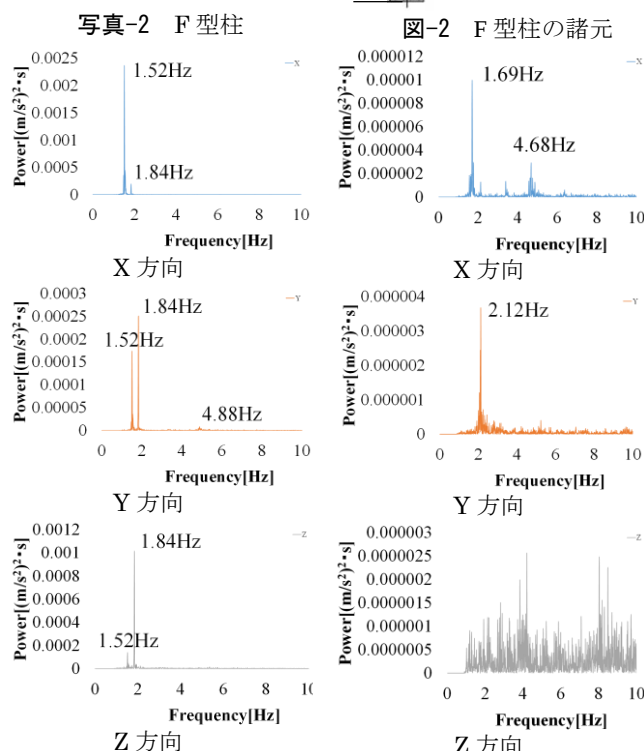
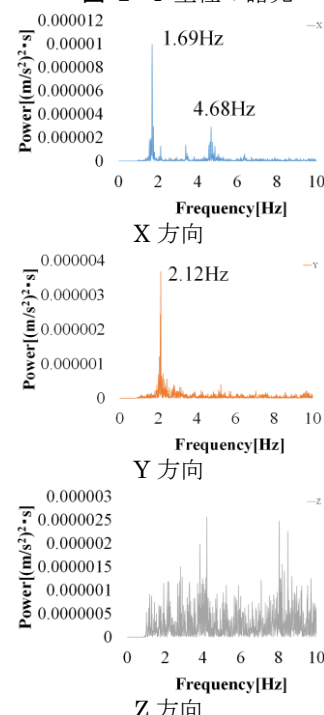


図-2 F型柱の諸元

図-3 逆L型柱加速度
パワースペクトル図-4 F型柱加速度
パワースペクトル

キーワード LED 情報板支柱、現地計測、振動減衰

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

囲でバンドパスフィルターをかける。ここで窓関数は、ハンニングを使用する。

図-3 に逆 L 型柱の加速度パワースペクトルを示す。X 方向は 1.52Hz, Y 方向は 1.84Hz, さらに 4.8Hz 付近に小さなピークがある。Z 方向は 1.84Hz が卓越している。1.52Hz は、X 方向の変位が大きいモード (1 次モード) であり、1.84Hz は Y 方向, Z 方向の変位が大きいモード (2 次モード) である。Y 方向の 4.8Hz 付近の小さなピークは、3 次モードに相当するといえる。

図-4 に F 型柱の加速度パワースペクトルを示す。X 方向は、1.69Hz と 4.68Hz の 2 つが卓越し、Y 方向は 2.12Hz が卓越している。Z 方向には、明確な卓越を見ることが出来ない。ここで、1.69Hz は X 方向変位が大きいモード (1 次モード)、2.12Hz は Y 方向変位が大きいモード (2 次モード)、4.68Hz は 3 次モードに相当するといえる。

3.3 減衰定数

人力加振時加速度を二重積分して求めた相対変位から、(1)式に示す指数関数を近似して減衰定数を推定する。

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

ここで、 y は減衰曲線、 A は初期変位、 ω は角振動数、 t は時間をそれぞれ表す。なお角振動数 ω は、自由減衰が始まってから 10 波発生するのに要する時間から振動数 f を算出し、 $2\pi f$ から求める。ここで、(1)式を相対変位に擦りつけるために、変位波形の極大値を結ぶ包絡線に近似する減衰定数の値を、最小二乗法により算出する²⁾。

表-3 は逆 L 型柱の相対変位に近似した減衰曲線の値、図-5 は減衰曲線を図示したものである。図-3 に示す交通振動時の卓越振動数や卓越が見られる方向より、X 方向加振は 1 次モード、Y、Z 方向加振は 2 次モードを再現していると考えられる。減衰定数は X 加振時 0.9%, Y、Z 加振時 0.8%であり、減衰に顕著な方向性は見られない。

表-4 は F 型柱の相対変位に近似した減衰曲線の値、図-6 は減衰曲線を図示したものである。図-4 に示す交通振動時の卓越振動数や卓越が見られる方向より、逆 L 型柱と同様に X 方向加振は 1 次モード、Y、Z 方向加振は 2 次モードを再現していると考えられる。減衰定数は X 加振時 1.1%, Y 加振時 1.8%, Z 加振時 2.0%であり、1 次モード振動と比較して 2 次モード振動の減衰定数が小さい結果である。

4. 考察

逆 L 型柱の減衰定数が 3 方向で 0.8%程度であるのに対し、F 型柱の減衰定数は X 方向 1.1%, Y 方向 1.8%, Z 方向 2.0%である。特に Y、Z 方向では 2 倍以上の差がある。これより、F 型柱は 2 次モードの減衰が大きくかつ 1 次モードが支配的であるが、逆 L 型柱は 2 次モードに対しても減衰しにくく、固有振動数が近い 1 次モードと 2 次モードが同時に現れて振動していると考えられる。減衰が異なる理由は、情報板の取付け方があると推定する。F 型柱は Y 方向に伸びた 2 本の片持ち梁の側面に情報板を取付けているのに対し、逆 L 型柱は支柱の先端に情報板を取付けていることから、2 本で支えている F 型柱と比べて鉛直方向への抵抗が小さいと考えられる。

5. おわりに

本報では、土工部に設置された逆 L 型支柱および F 型支柱の情報板の減衰特性を比較した。その結果逆 L 型支

表-3 逆 L 型柱減衰曲線諸元

加振方向	A[mm]	ω [Hz]	h
X	28.63	9.418	0.009
Y	12.64	11.40	0.008
Z	28.39	11.32	0.008

表-4 F 型柱減衰曲線諸元

加振方向	A[mm]	ω [Hz]	h
X	9.868	10.40	0.011
Y	13.35	12.72	0.018
Z	2.142	12.72	0.020

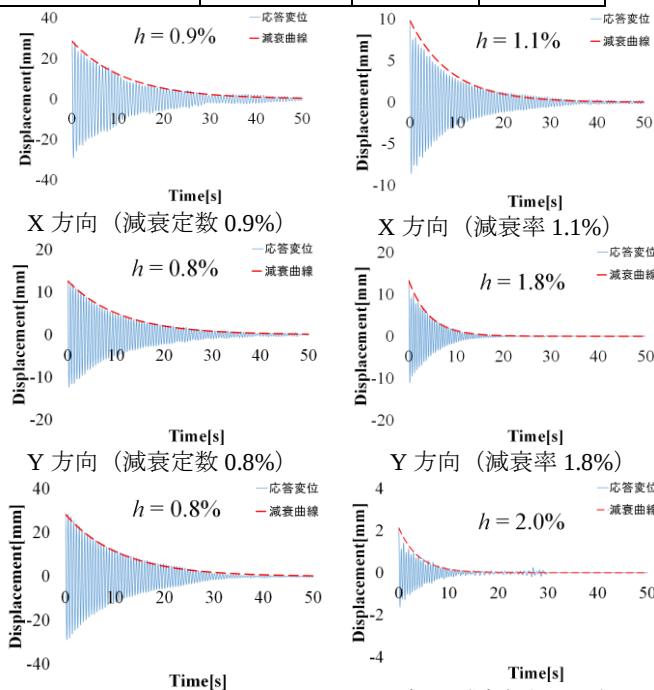


図-5 逆 L 型柱先端部変位と減衰曲線 (人力加振時)

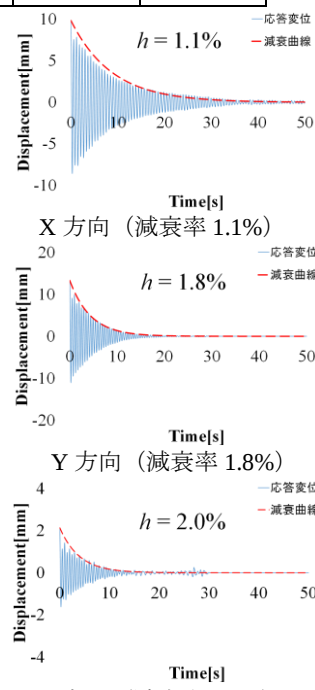


図-6 F 型柱先端部変位と減衰曲線 (人力加振時)

柱は F 型支柱と比べて減衰定数が小さく、特に Y、Z 方向の揺れに対して顕著な差があることを示した。

この結果に加え、著者らの既往の研究³⁾では逆 L 型柱の振動特性について現地計測と構造解析を行い、上部構造と基礎が連動して振動する可能性を示唆している。これより周辺地盤の性質や基礎の構造が上部構造の振動に影響を与える可能性があるため、減衰の違いの原因として、N 値や杭の形状の考慮も必要である。

次の段階として、構造解析モデルで上部構造と基礎構造を作成し、地盤の性質を地盤ばねにより再現する。また、同様の構造を持つ情報板支柱についても減衰特性を検討し、同様の傾向が見られるかを確認する。

謝 辞

本研究を行うに際し、中日本ハイウェイエンジニアリング東京 (株) の協力を得たので、ここに謝意を表す。参考文献

- 1) 小塩達也, 李相勲, 山田健太郎, 森成顕, 森下宣明: 交通荷重による標識柱の振動と疲労耐久性, 構造工学論文集, Vol. 47A, pp. 1009-1017, 2001.3
- 2) 田村幸雄, 佐々木淳, 塚越治夫: 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, pp.29-38, 1993.12
- 3) 瀬戸大輔, 平野廣和, 佐藤尚次, 連重俊, 山本浩司: 土工部に設置された角型支柱の情報板の振動特性に関して, 土木学会関東支部第 43 回技術研究発表, I-88, 2016.3