

走行荷重による高架橋照明柱の振動挙動の計測と動的応答解析

名古屋工業大学大学院 正会員 ○海老澤健正

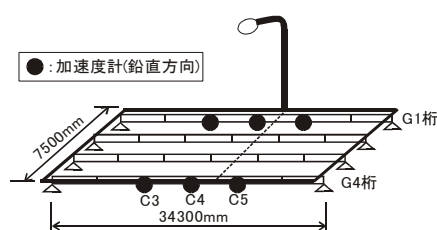
名古屋工業大学大学院 正会員 後藤 芳顕

住友金属建材(株)

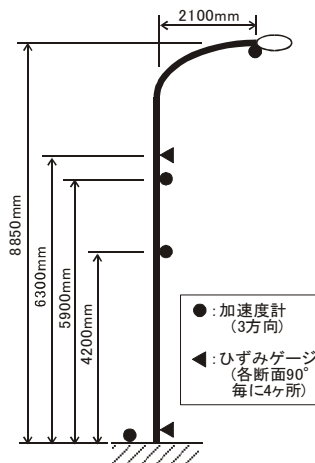
岡部 健

1. はじめに： 近年，都市内高速道路等の高架橋においては，走行荷重による路面振動に起因する照明柱の振動が問題となっている．特に，照明柱灯具部における過大な加速度による電球寿命の低下や基部における疲労破壊が懸念されている．しかし，現状では照明柱に関する研究は固有振動解析が主流であり，路面振動から照明柱の振動振幅を予測するには至っていない^{1,2)}．そこで本研究では第1段階として，路面振動を入力波とする時刻歴応答解析を行い，計測結果と比較することにより照明柱の振動挙動予測の妥当性を検討した．

2. 振動計測： 4主桁I桁橋の既設高架橋にて照明柱とその設置位置前後の橋桁の振動計測を行った．計測項目は図-1に示すように照明柱では加速度(3方向)と直ひずみ，桁部については鉛直方向加速度としている．



(a) I桁部



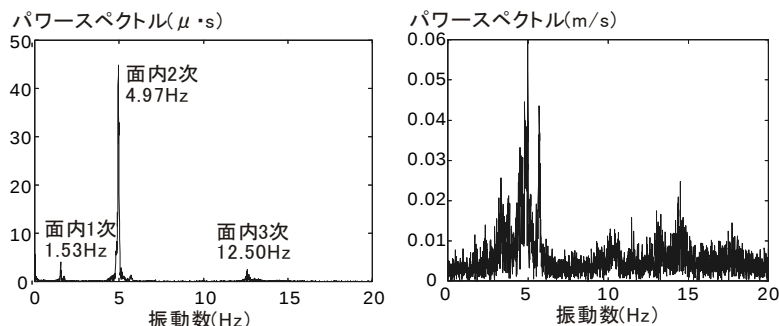
(b) 照明柱

図-1 計測項目

時刻歴応答解析に必要とされる入力加速度は，並進成分については基礎部(コンクリート)にて直接計測可能なものの，回転成分については基礎部が狭く計測することが困難なため，後述の方法により桁部の加速度より近似的な推定を行った．

計測結果を表-1に示す．本照明柱では灯具部での鉛直方向，柱部で橋軸直角方向の振動が顕著であり，照明柱面内振動が卓越しており，照明柱基部の直ひずみについても面内側に貼付したものに大きな値が表れている．また，基部での直ひずみのパワースペクトル(図-2)を見ると，多少1次，3次モードが見られるもののほぼ2次モード(4.97Hz)による振動であることがわかる．基礎部の加速度については橋軸直角方向および鉛直方向の振動が大きい，パワースペクトルは3～6Hz付近にいくつかのピークを持っている．これは桁部においても同様の傾向である．

3. 固有振動解析： 解析モデルは図-3に示すように照明柱本体部をはり要素とし，灯具質量として照明柱先端に集中質量を与えている．境界条件は基部を完全固定としている．表-2の面内固有振動数を比較すると計測結果と比べて大きな値をとっており，特に2次，3次振動数については10%以上のずれが生じている．この原因としてはまず基部固定条件の理想化や実構造での寸法の誤差等による影響が考えられるが，これらの影



(a) 照明柱基部直ひずみ

(b) 基礎部鉛直加速度

図-2 パワースペクトル

表-1 計測加速度・ひずみ最大値

方向	基礎部 加速度 (m/s ²)	灯具部 加速度 (m/s ²)	基部 ひずみ (μ)
面外(橋軸)	0.147	0.980	28.13
面内(橋軸直角)	0.318	1.495	89.38
鉛直	0.417	16.460	—

表-2 面内固有振動数

	1次	2次	3次
計測値	1.53	4.97	12.50
解析(灯具位置移動なし)	1.59	5.82	14.18
解析(灯具位置移動あり)	1.56	4.97	12.94

単位: Hz

キーワード： 照明柱，振動解析，時刻歴応答解析，走行荷重，高架橋

連絡先： 〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学 Tel: 052-732-2111

響を考慮した場合には1次振動数を含めたすべての固有振動数についてほぼ比例的に変化してしまい計測との差を説明することは難しい。そこで固有振動数の差異は、灯具質量が実際の重心ではなく照明柱先端にあることに起因すると考え、集中質量の位置による固有振動数の変化について検討を行った。その結果、水平方向に0.57m移動した場合に面内2次の固有振動数においてほぼ一致する値が得られた。

4. 時刻歴応答解析： 灯具部鉛直加速度の最大値を含む120秒間を対象に、前述の灯具質量の位置を移動した解析モデルを用いて時刻歴応答解析を行った。慣性加速度としては並進加速度のみを与えるのが通常であるが、実際の照明柱においては橋梁のねじり振動による基礎部の回転の影響が考えられるため、回転加速度の有無による差異について検討した。

並進加速度としては基礎部での計測加速度を用いることが可能であるが、回転加速度は直接計測していないため桁の鉛直加速度より近似的に算出した。具体的には、図-1に示すG1桁、G4桁のたわみ形状を、支承を節とする1～3次の正弦波の重ね合わせであると仮定しC3、C4、C5での鉛直加速度より算出する。たわみ形状より得られる照明柱位置(図中点線)でのG1桁とG4桁の鉛直加速度を求め、その差を桁間距離で除することにより回転加速度とする。本解析での慣性加速度を図-4に示す。

灯具部の鉛直加速度について解析結果を計測値と比較したものを図-5に示す。これを見ると、波形の振動数はどちらの解析とも計測値とほぼ等しく面内2次モードが卓越することが表されている。しかし、30秒付近での振幅最大値においては、回転慣性加速度を考慮した場合には良好に一致している反面、考慮しない場合には振幅が7割程度にとどまっている。したがって、回転加速度を考慮しない場合には照明柱の振動挙動をかなり過小評価する可能性があると考えられる。また、両者の解析結果とも、計測では存在しない35秒付近での振幅の減少が存在する。この時間付近での入力加速度波形には目立った変化は見られないことから、前述の灯具質量位置の修正のみで固有振動数させたため、他の要因については考慮できていないことが影響しているものと考えられる。さらに、本解析では減衰を標準的な値として0.5%を用いているが、今後検討が必要と思われる。

5. まとめ： 1) 照明柱の固有振動数は、解析において灯具部の質量位置の修正することにより良好に計測結果と一致する。

2) 時刻歴応答解析においては照明柱基部に加わる並進加速度のみだけでは振動を過小評価する恐れがあり、桁のねじれによる回転加速度を考慮する必要がある。

謝辞 照明柱振動計測に際しては、名古屋高速道路公社前野裕文氏、片桐英喜氏に多大なご協力を賜りました。ここに記して厚く御礼申し上げます。

参考文献 1) 井舎ら、構造工学論文集、Vol.51A, pp.43-50, 2005

2) 小塩ら、構造工学論文集、Vol.47A, pp.1009-1017, 2001

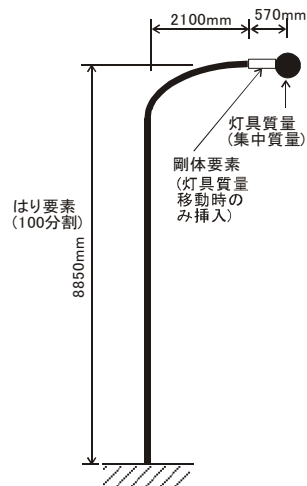
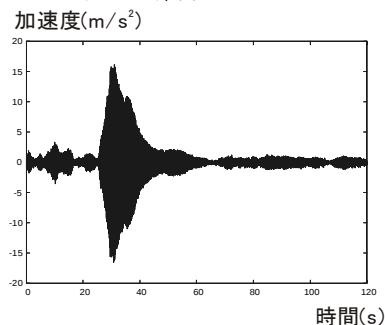
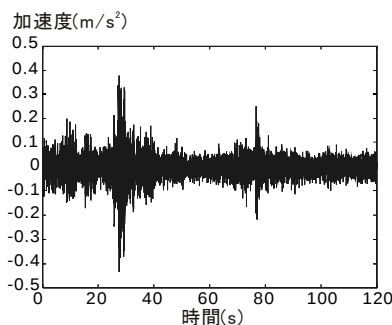


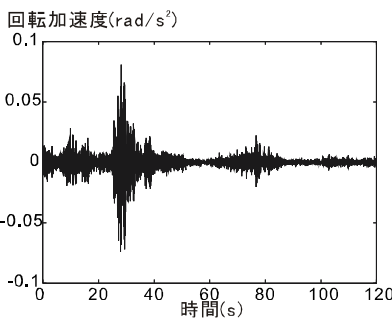
図-3 解析モデル



(a) 計測結果

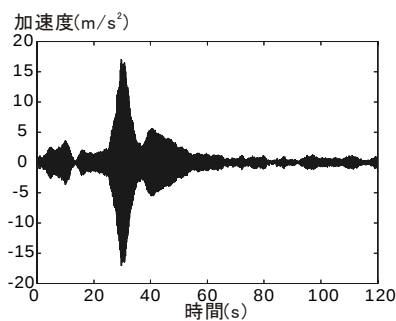


(a) 鉛直方向加速度

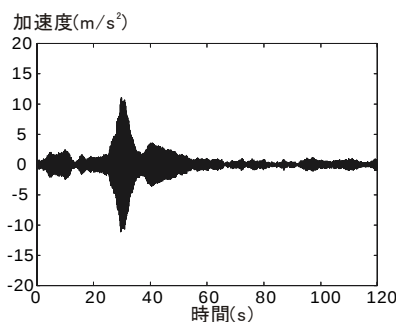


(b) 面内回転加速度

図-4 入力慣性加速度



(b) 解析(回転加速度あり)



(c) 解析(並進加速度のみ)

図-5 灯具部鉛直加速度