

# 矩形断面照明柱の揚力係数

九州大学工学部 学○大 森 勝 徳

九州大学工学部 正 鳥 野 清 正 北 川 正 一

九州大学工学部 正 堤 一

1. はじめに 橋梁上に設置された道路用照明柱は車両走行に起因する路面振動や自然風によるカルマン渦によって、過酷な振動を起こす場合もみられる。これらの振動の制振装置として衝撃ダンパーを設計する場合、照明柱の動特性が明確でなければならない。今回、矩形断面照明柱に対して振動試験および風による振動を測定し、動特性を把握すると共に、揚力係数等について検討したので報告する。

2. 試験概要 今回対象とした照明柱と測点を図-1に示す。①～⑤の測点において④のみ面内、面外の2方向、その他は鉛直方向を加えた3方向の加速度を測定した。交通振動の影響も併せて調べるため橋梁付近の路上(ポールA)、橋台上(ポールB)、橋梁上(ポールC)の3本の照明柱についてそれぞれ試験を行った。振動試験としては(1)支柱頂部または灯具根元を人力で引っ張り自由振動させてポールの対数減衰率および固有振動数を把握する、(2)ポールの常時微動を計測し固有振動数を把握すると共に、風速および風向を観測しながら風によるポールの動的応答波形を求めることを目的として実施した。また、ステイの影響を明かにするため各照明柱に対してステイの有る場合と無い場合の両方で試験を行った。

3. 固有振動数 本照明柱を多質点系に置換し有限要素法を用いて固有値解析を行った。表-1は交通振動の影響が小さいAポールと多少影響のあると考えられるBポールにおける実験値と解析値の固有振動数の比較を示している。自由振動と常時微動から得られた固有振動数はほぼ一致していたことから主に自由振動の値を示した。表をみるとBポールはAポールより固有振動数が低くなっている。これは照明柱下端の拘束状態が橋梁上で低下するためと思われる。また、ステイがある場合には面内2次の固有振動数が高くなっている。実験値と解析値はほぼ対応がとれていると考えられる。図-2に解析値の変位モードを示しているが、ステイ有は無い場合と異なるモードのみ示した。

4. 揚力係数( $C_L$ )の算定 円形、八角形の一樣断面等に対する揚力係数( $C_L$ )は風洞実験結果等により提案されているが、著者等の研究ではその値を用いた照明柱の応答解析結果と実際の応答値との間に誤差が生じていた。これは照明柱の断面寸法が一樣でないこと、各次数で振動するモードが異なることなどに起因しているものと思われる。そこで、 $C_L$ については実測値から試算することにした。まず、ポールの動的応答の出力波形から交通振動の影響が小さく、カルマン渦による渦励振振動と思われる振動波形およびその時の平均風速を抽出した。出力波形からは面内2次、3次、面外3次の応答波形が得られ、面内および面外1次振動は風速が小さいために発生していない。図-3にその代表波形を示しているが、自然風の風速は時間と共に随時変化しているため、風応答は完全に成長する前に減衰している。そこで、成長過程の波形の形状に着目し、出力波形の傾きが応答解析波形に一致するように $C_L$ を決定した。解析

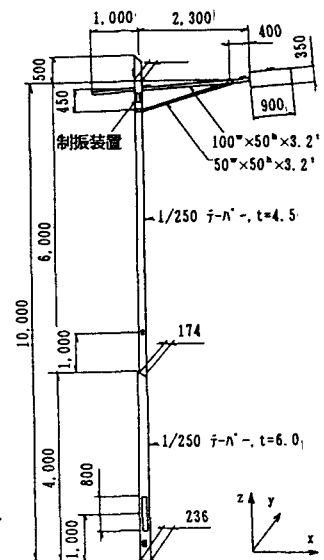


図-1 照明柱の概要

表-1 固有振動数の比較 (Hz)

| ステイ | ポール | 無     |       |        | 有     |        |       |
|-----|-----|-------|-------|--------|-------|--------|-------|
|     |     | A     | A     | B      | A     | A      | B     |
| 方向  | 次数  | 解析値   | 自由振動  |        | 解析値   | 自由振動   |       |
|     | 1   | 1.64  | 1.57  | 1.43   | 1.59  | 1.53   | 1.38  |
|     | 2   | 3.63  | 3.12  | 3.06   | 3.77  | 3.08   | 3.02  |
| 面外  | 3   | 10.31 | 10.76 | (10.2) | 10.27 | 10.77  | 10.02 |
|     | 1   | 1.69  | 1.59  | 1.48   | 1.65  | 1.55   | 1.45  |
|     | 2   | 3.29  | 2.72  | 2.69   | 6.61  | (5.7)  | (5.4) |
| 面内  | 3   | 10.09 | 10.03 | (9.2)  | 13.86 | (10.4) | 9.19  |

( )内は常時微動値

そこで、 $C_L$ については実測値から試算することにした。まず、ポールの動的応答の出力波形から交通振動の影響が小さく、カルマン渦による渦励振振動と思われる振動波形およびその時の平均風速を抽出した。出力波形からは面内2次、3次、面外3次の応答波形が得られ、面内および面外1次振動は風速が小さいために発生していない。図-3にその代表波形を示しているが、自然風の風速は時間と共に随時変化しているため、風応答は完全に成長する前に減衰している。そこで、成長過程の波形の形状に着目し、出力波形の傾きが応答解析波形に一致するように $C_L$ を決定した。解析

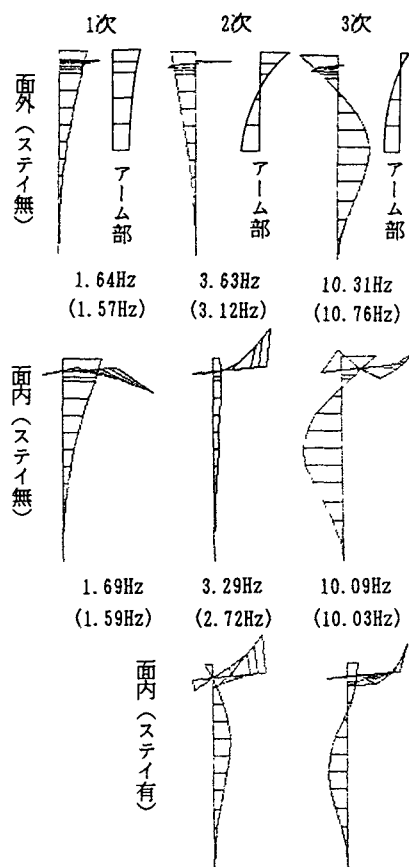


図-2 変位モード ( )内は実験値

にばらつきがみられるのは①モードの形が異なること、②ポールと照明取付部の断面が大きく異なり、代表径 $d$ の取り方に問題がある③、出力データでは共振風速にばらつきがあり、風速度に誤差がある、④共振風速付近においても風速度が一定でないため波形の成長過程が安定してなく波形の傾きに誤差がある、等が考えられる。八角柱の照明柱の $C_L$ は1次で0.20、2次で0.24、円柱の場合は2次で0.04、3次で0.19という値が著者等の研究により得られており、矩形断面においても一部を除いてほぼ妥当と思われる値が得られた。

## 5. おわりに

今回の動的試験により次のことが明らかになった。

- (1)揚力係数は方向、次数により値にばらつきがある。
- (2)矩形断面の揚力係数としては0.3~0.5の値となり八角柱、円柱に比べて大きい。
- (3)矩形断面照明柱のストローハル数として0.2程度の値が得られた。

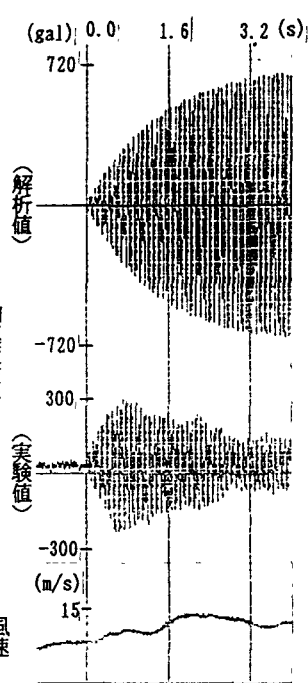


図-3 加速度と速度 (ステイ有 面外3次)

には風外力( $P$ )の算定式として、 $P=0.5\rho\cdot V^2\cdot h\cdot d\cdot C_L\sin 2\pi ft$  ( $\rho$ :空気密度  $V$ :風速度  $h$ :部材の高さ  $d$ :代表径  $f$ :照明柱の固有振動数)を用いた。表-2はステイ有、無の場合の対数減衰率、風速、ストローハル数( $S_L$ )、 $C_L$ と抽出した波形の実験値と解析値の最大加速度を示している。 $S_L$ は次式  $S_L=f\cdot D/V$  ( $D$ :代表径( $=19.3\text{cm}$ ))を用いて求めている。表より $S_L$ は面内2次の値が小さいが、その他の次数ではステイ有、無に関係なく0.2程度の値が得られた。実験値と解析値の最大加速度より照明柱の応答波形は完全に成長する前に減衰していることが確認できる。また、方向、次数により $C_L$

表-2  $C_L$ 等の値と応答加速度

| ステイ | 次数   | 対数減衰率 | 風速 (m/s) | $S_L$ | $C_L$ | 応答加速度(gal) |     |
|-----|------|-------|----------|-------|-------|------------|-----|
|     |      |       |          |       |       | 実験値        | 解析値 |
| 無   | 面外3次 | 0.048 | 11.0     | 0.19  | 0.25  | 190        | 549 |
|     | 面内2次 | 0.024 | 5.5      | 0.10  | 0.32  | 174        | 732 |
|     | 面内3次 | 0.054 | 9.5      | 0.21  | 0.43  | 253        | 773 |
| 有   | 面外3次 | 0.068 | 10.0     | 0.21  | 0.49  | 299        | 715 |
|     | 面内2次 | 0.024 | 11.0     | 0.11  | 0.10  | 225        | 972 |
|     | 面内3次 | 0.054 | 10.0     | 0.20  | 0.67  | 281        | 756 |

- 参考文献 1) 鳥野, 北川, 堤, 城; 衝撃ダンパーによる照明柱の制振効果, 構造工学論文集, Vol. 36A, 1990, 3  
2) 小坪清真; 土木振動学, 森北, 1973