

耐震性能の向上が必要な照明柱の抽出方法

横浜国立大学大学院 学生会員 ○長崎 亜弥美

横浜国立大学 フェロー 藤野 陽三

横浜国立大学 正会員 SIRINGORINGO, Dionysius Manly

1. はじめに

1995年兵庫県南部地震以来、道路橋の耐震設計基準が改訂され、既存構造物の耐震補強も進み、最近の地震では橋梁本体の大きな被害は減少しているといえる。一方で、構造物本体に被害がなくても、付属構造物である照明柱や標識柱の被災が懸念される。高架橋上の照明柱は、地動が高架橋で増幅し、高架橋と固有振動数が一致すると共振現象が起こりうる。倒壊等の被害が発生すれば、人的・物的被害の恐れや、交通遮断、物資輸送の障害に繋がることが予想される。こうしたことから道路橋付属物の耐震性への懸念は高まっているが、地震に対する考慮がされておらず、対策も全く実施されていないのが現状である。

首都高速道路は1日に100万台に近い車両が利用しており、都市内の交通網として非常に高い割合を占めている。そこで本研究では、首都高上の付属構造物のうち、数の多い照明柱を対象に、地震時に高架橋と共振するなど被害を受ける危険性のある照明柱を抽出する方法を検討する。

まず、照明柱の動特性を明らかにするため、振動計測実験を行った。次に、照明柱をモデル化して解析を行い、地上の照明柱と高架橋上の照明柱について、地震時に降伏の危険性があるものを明らかにする。さらに、実際の高架橋モデルの節点加速度を用いて、高架橋上の照明柱の応答を考察する。

2. 振動計測実験

解析対象は、首都高で平成27年から標準型式とされている図1に示す照明柱である¹⁾。固有振動数と減衰比を明らかにするため、照明柱の振動計測実験を行った。柱頂部にロープをくくりつけ、引っ張ることで加振した。得られた加速度波形とフーリエスペクトルを図2に示す。これより、固有振動数は1.24Hzと、設計値1.26Hz

と大きな差はなく、高い精度で予測できることが分かった。減衰比は橋軸方向0.11%、橋軸直角方向0.16%と非常に低いことが明らかになった。

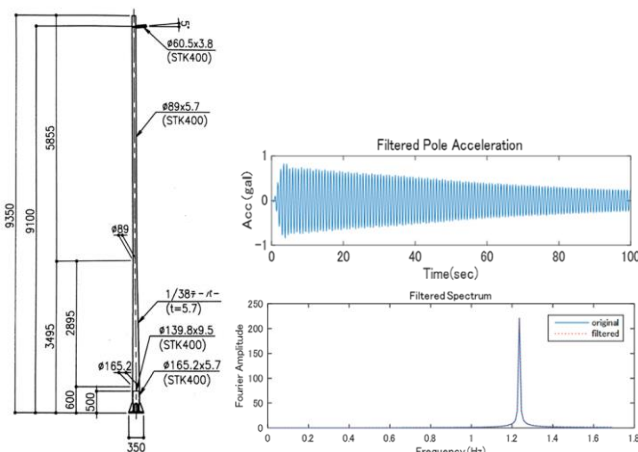


図1 解析対象

図2 加速度波形とフーリエスペクトル

3. 地上の照明柱の地震時安全性

有限要素法解析ソフトウェア Abaqus を用いて照明柱をモデル化し、応答解析を行った。基部は完全固定、灯具は集中質量、減衰比は実験結果より0.1%とした。固有値解析の結果、固有振動数は1.24Hzとなり、実測値1.24Hzと一致することを確認した。モデル下端に加速度を入力し、照明柱に生じる最大応力を材料の降伏応力と比較した。材料は一般構造用炭素鋼鋼管 STK400で、その降伏応力は235MPaである²⁾。

照明柱モデルに直接地震加速度を入力し、地上の照明柱に生じる最大応力を求めた結果が図3である。これより、応力が最大になるのは照明柱のテーパーストレートポールの切り替わり部分であり、この部分が一番弱いことが分かる。また、どの地震波を入力した場合も降伏応力を超えていないことから、地上の照明柱はL2地震時も弾性範囲内の応答に留まり、安全であるといえる。

キーワード 高速道路、高架橋、照明柱、地震応答解析、共振

連絡先 〒240-8501 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台79-5 横浜国立大学 TEL:045-339-4041 Email:nagasaki-ayami-vt@ynu.jp

4. 高架橋上の照明柱の地震時安全性

高架橋を 1 自由度系としてモデル化し，ばね剛性を変化させることで，固有振動数を変化させた．地震加速度を高架橋モデルに入力し，得られた加速度を照明柱モデルに入力することで，高架橋上の照明柱の応答をシミュレーションした．入力加速度は，耐震設計上の L2 地震動タイプ I 地震動の I 種，II 種，III 種地盤の標準加速度波形である．固有振動数比と最大応力の関係を図 4 に示す．固有振動数比 β =高架橋の固有振動数/照明柱の固有振動数とし， $\beta=1$ のとき両者は完全に共振する．図 4 より，降伏応力を超える応力が生じる危険性がある固有振動数比の範囲は，0.4～1.3 程度であることが分かる．つまり，固有振動数が 0.5～1.6Hz の高架橋上の照明柱は降伏の危険性があることが明らかになった．

次に，実際の高架橋モデルを用いて解析を行った．中央環状線モデルに L2 設計地震動を作用させた場合の，高架橋上の照明柱に生じる最大応力を図 6 に示す．これより，どの地震波を入力した場合も降伏応力を超える応力が生じる．中央環状線の 1 次固有振動数は 1.43Hz と，上述の危険な固有振動数範囲に入っており，L2 地震では降伏応力を大きく超えることが実際の高架橋で起こりうることを示された．

5. 耐震性能向上策の検討

耐震性能向上策として減衰の付加を検討した．照明柱の減衰比を 0.1～10%に変化させると図 5 のようになる．入力波は兵庫県南部地震の鷹取波である．1.0%までは応答に大きな差はなく，5.0%を超えると共振時の最大応力は小さくなる．しかし，照明柱の減衰比を 10%まで上げてても，降伏の危険性があることが分かる．よって，減衰を付加するだけでは安全を確保することはできないことが明らかになった．

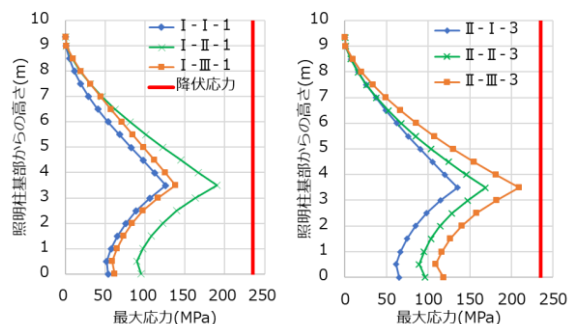


図 3 L2 設計地震動入力時に地上の照明柱に生じる最大応力

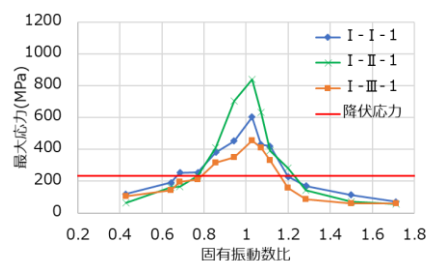


図 4 L2 設計地震動入力時高架橋上の照明柱の最大応力

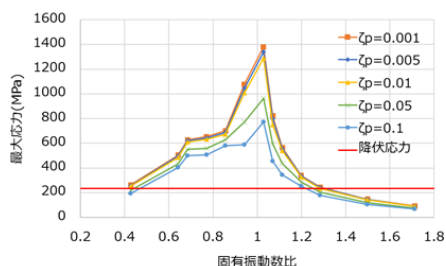


図 5 照明柱の減衰比を変化させた場合の最大応力

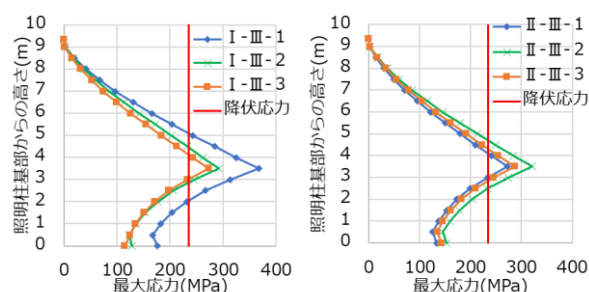


図 6 中央環状線上の照明柱に生じる最大応力

6. 結論

L2 相当の地震発生時に降伏の危険性がある照明柱は，0.5～1.6Hz の固有振動数の高架橋上のものであると明らかになった．これより，高架橋の固有振動数の把握が重要になってくる．また，減衰比を上げて耐震性能向上策として有効ではないことが明らかになった．これより，照明柱の強度を上げる構造的な対策が必要であるといえる．また，降伏後にどの程度の変形までを許容できるかについては，実際の照明柱での载荷試験等を行うことが今後必要となる．

謝辞

首都高速道路株式会社技術部の方々に，実験の実施，諸元データの供与等で大変お世話になりました．また，首都高速道路技術センターの矢部正明様にも色々ご教示いただきました．ここに記して感謝いたします．

参考文献

- 1)首都高速道路株式会社 電気通信機器設計資料（平成 27 年 7 月版対応）標準計算書
- 2)日本建築学会 鋼構造設計規準・許容応力度設計法，2005 年