

高架橋上における照明柱の地震時挙動解析

横浜国立大学 学生会員 ○三浦 正樹 横浜国立大学 フェロー 山田 均
 横浜国立大学 正会員 勝地 弘 横浜国立大学 正会員 西尾 真由子

1. はじめに

照明柱は死荷重と風荷重のみを考慮した設計が行われてきたが、兵庫県南部地震において高架橋上の照明柱は被害地区全体の2割近くが座屈に至った^[1]。

照明柱と橋梁本体の固有振動数が一致する共振時に橋上照明柱は被災する可能性が高く、伊津野ら^[2]により、橋梁部を線形1自由度系の剛体としたモデルで共振時に橋上照明柱の地震応答が数倍ほど増幅されることが示されている。

本研究では、一般的な高架橋を想定したモデルで橋上照明柱の地震応答が増幅するような共振現象が起こり得るか確認した上で、東北地方太平洋沖地震時に照明柱の被害が極めて軽微であったため、複数の入力地震波を用いて高架橋上における照明柱の地震時挙動の解析を行った。

2. 解析モデル

解析には汎用有限要素法ソフトウェアの midas Civil 2015(Ver.845)を使用した。解析対象として支間長 30m, 50m, 80m の鋼製支承鋼製橋脚高架橋を想定し、橋梁形式は往復2車線4主桁RC合成床版単純鈹桁道路橋とした。解析モデルを図1に示す。照明柱は高架橋地覆中央上に完全固定の条件で接続している。

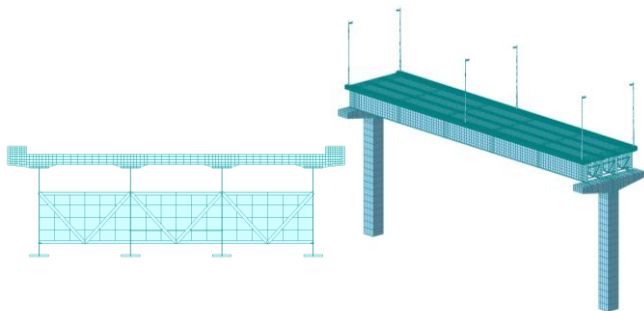


図1 解析モデル(支間長 50m)の断面図(左)と全体(右)

3. 固有値解析

照明柱モデルの柱の1次固有振動数は約 1.22Hz、柱の2次固有振動数は約 7.08Hz、高架橋モデルの鉛直たわみ1次固有振動数は支間長 30m, 50m, 80m の順に

3.62Hz, 2.44Hz, 1.53Hz であった。本研究のモデルにおいては、有効質量比が大きい固有振動モードの固有振動数が照明柱と高架橋とで一致することはなく共振していない。

4. 地震応答解析

高架橋モデルの橋軸及び橋軸直角方向の水平2方向に地震波を同時入力し、Newmark β ($\beta=1/4$)法を用いて線形時刻歴応答解析を行った。兵庫県南部地震時の神戸海洋気象台波^[3]T2-I-1(NS成分)及びT2-II-2(EW成分)を順に橋軸方向、橋軸直角方向に入力した場合と東北地方太平洋沖地震時の宮城県塩竈波^[4]EW成分及びNS成分を順に橋軸方向、橋軸直角方向に入力した場合を解析対象とした。また、橋梁本体は5%、照明柱は1%の減衰比を与えてRayleigh減衰とした。

各地震波入力時の照明柱に生ずる曲げと軸力による最大合成応力度を図2及び図3に示す。凡例は照明柱の橋軸(固定支承を原点とするX軸)上の設置位置(m)を表す。本研究の照明柱は地上3m付近にテーパ断面を有し、その部分上方で応力度は最大となっている。兵庫県南部地震(図2)のほうが東北地方太平洋沖地震(図3)よりも照明柱の応答が大きく、支間長30m及び50mでは約2.5倍、80mでは約2倍大きい。同じ入力地震波では支間長が異なっても最大応力度はほとんど変わらない。また、支間中央の照明柱のほうが桁端部に近い照明柱よりも応答が大きく、支間長が大きくなるほどその差は大きくなるが、支間長30mでは差がなく、50mでは1.3倍、80mでは1.5倍程度である。

図4は地上に完全固定された照明柱と50m高架橋モデルの支間中央上照明柱の最大合成応力度を示しており、地上の照明柱に地震波を直接入力した際の応答値は非共振時の橋上の応答値よりも大きいことが分かる。

図5は先の各地震波を入力した時の、(a)及び(c)が照明柱基部、(b)及び(d)が照明柱灯具中心での加速度応答波形のフーリエスペクトルである。凡例の“橋上”と

キーワード： 照明柱、高架橋、耐震、地震応答解析

連絡先： 〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5 TEL 045-339-4041

“地上”は順に支間長 50m 高架橋支間中央上並びに地上に設置された照明柱を示す。(a), (c)における凡例“地上”の加速度波形は入力地震波形でもあり、その周波数特性が高架橋を介することで水平方向の高架橋固有振動モード系の固有振動数(このモデルでは約 0.4Hz)のみが卓越する周波数特性に変化している。そして、(b)と(d)は照明柱基部から各波が入力されて固有振動数 1.2Hz の照明柱を介した上で灯具にて観測された出力であり、橋上並びに地上ともにその 1.2Hz 付近でスペクトルはピークとなるが、そのスペクトルの大きさは地上よりも橋上のほうが小さくなっている。

このように、共振しない高架橋上照明柱の地震応答は、橋梁の支間長や橋軸方向における照明柱の設置位置よりも地震波の周波数特性の影響のほうがはるかに大きい。また、共振しなければ橋桁がフィルターとなって橋上の照明柱がよく揺れる周波数帯をカットしていることを解析によって確認した。

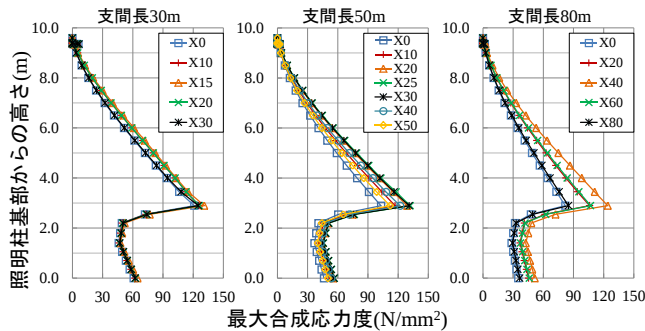


図 2 神戸海洋気象台波による地震応答 (兵庫地震)

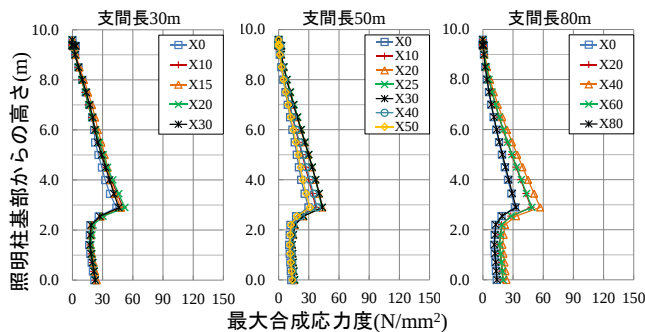


図 3 宮城県塩竈波による地震応答 (東北地震)

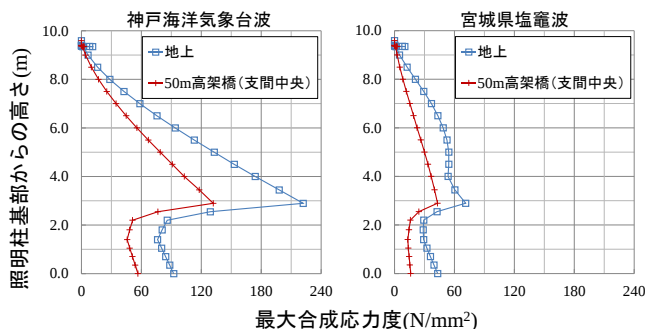


図 4 地上照明柱と橋上照明柱の地震応答

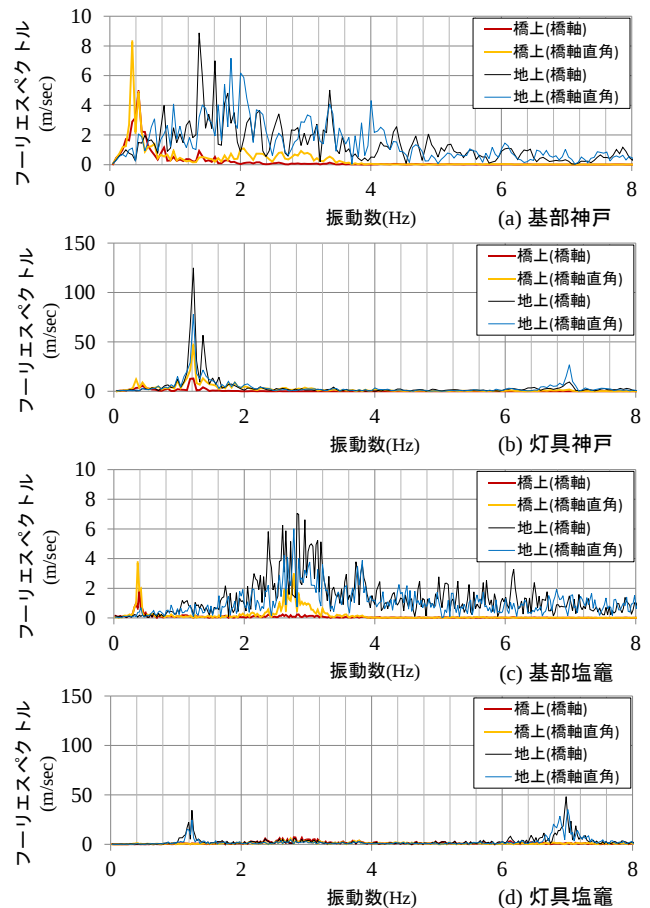


図 5 加速度応答波形のフーリエスペクトル

5. 結論

共振しないような照明柱の規格であれば、構造特性の影響による応答の差異は小さいので任意の橋上の照明柱は照明柱単体のみに注目しただけの設計によって十分な耐震性が確保できる。また、橋上照明柱の応答は高架橋を介することによるフィルタリングにより安全側となり許容応力度を大きく超えることはないので、橋上照明柱の設計では共振を避けることができれば耐震上は問題ないといえる。

参考文献

- [1] 田中亀一郎, 金田誠, 池田隆政, 佐藤光治: 阪神高速道路 3 号神戸線の道路照明設備, 照明学会誌, Vol.82 (3), pp211-217, 1998.
- [2] 伊津野和行, 津島佑一郎, 飯田毅, 河野健二: 道路橋一付属構造物系のレベル 1 地震動に対する応答評価, 応用力学論文集, Vol.11, pp.1039-1046, 2008.
- [3] 道路協会ホームページ: 道路橋の耐震設計における動的解析に用いる加速度波形 (H24 年版対応), <https://www.road.or.jp/dl/tech.html>
- [4] 防災科学技術研究所ホームページ: 全国強震観測網 K-NET, <http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/>