

大阪市立大学工学部 学生員 ○尾崎 友樹 那須電機鉄工所株式会社 正会員 石橋 知彦
大阪市立大学院工学研究科 正会員 北田 俊行 大阪市立大学院工学研究科 正会員 山口 隆司
大阪市立大学院工学研究科 正会員 松村 政秀

1. 研究背景と研究目的

毎日何万台という数の車両が通過する橋梁において、交通量の増加と車両の大型化に伴う、橋梁の交通振動は無視できない。照明柱や標識柱などに代表される橋梁上の付属構造物では、その振動に起因すると考えられる疲労損傷が多数発生している。そこで本研究では、橋梁の規模、交通状況を考慮し、橋梁上に配置された照明柱の振動性状を把握および、照明柱の疲労寿命予測のためのプログラム VFLLP の開発と疲労損傷に関する検討を行う。

2. VFLLP の解析手法の概要

本研究で開発したプログラム VFLLP の流れを以下に示す。

- 1) 対象とした橋梁を2次元梁モデルにモデル化し、橋梁上を走行する車両の重量を入力することで、橋梁の振動波形を算出する。
- 2) 照明柱を1質点系にモデル化し、振動方程式を作成する。橋梁の振動により発生する橋梁の振動加速度・振動角加速度によって照明柱に作用する慣性力を算出し、照明柱に強制振動を発生させる。
- 3) 照明柱の1次振動モードに、2)で算出した照明柱の振動挙動を強制変位としてその先端に作用させ、照明柱の振動波形を算出する。
- 4) 得られた波形から照明柱基部に発生する応力を算出し、レインフロー法により、照明柱の疲労寿命を検討する。

なお、本研究では、橋梁および照明柱の振動を、モーダルアナリシス法によって算出している。

3. 対象橋梁と車両走行条件

橋梁は照明柱が設置された側の一車線のための単純梁として扱い、照明柱はスパン中央部と支点部に設置する。対象とする橋梁の概要を表-1に示す。固有振動数や減衰定数については、文献1)に示されている提案式を参照した。照明柱は先端にアームと照明灯の質量に相当する質点が連結された橋梁上の片持ち梁としてモデル化する。モデル化の際、柱断面は一定にモデル化して扱い、その寸法は、面内固有振動数が変断面のものと一致するように設定した。また、ねじれは発生しないものとする。表-2にモデル化後の照明柱の構造諸元を示す。車両は移動する1点集中荷重とし、表-3に示された車種別等価荷重を用いた。車両速度は等速とし、基準速度の上下20%の範囲で乱数を発生させ、これにより速度を決定した。車間距離は前車が通過してから2.5秒～3.5秒の間で乱数を発生させた。表-3に示される車種構成率に従い、100台の車両を通過させる。簡素化のため車両の減衰作用、バネ作用は考慮せず、慣性力のみ作用するものとしている。

4. 車両1台の走行が照明柱の振動に及ぼす影響

図-1および図-2に、スパン30mの橋梁上を20tfの車両が80km/hで通過する際のスパン中央部および支点部に配置された照明柱先端の応答変位の時刻歴をそれぞれ示す。同図より、照明柱は橋軸直角方向には橋桁からの強制振動により、橋軸方向には照明柱自身の自由振動

表-1 対象橋梁の寸法

スパン: L (m)	13.5	25	37.5	50	60
固有振動数: f (Hz)	12.80	7.68	5.49	4.33	3.72
減衰定数: h	0.0327	0.0240	0.0196	0.0170	0.0155
曲げ剛度: EI (GN・m ²)	6.01	10.72	15.59	25.38	35.99

表-2 対象照明柱の寸法

高さ(m)	12	アーム長(m)	0.8
外径(mm)	182	板厚(mm)	4.5
固有振動数(Hz)	1.06		

表-3 対象とした交通荷重

車種	車両台数 N (台)	車種別等価荷重 W_D (t)	最大値 (t)	車種構成率 (%)
乗用車	57,738	2.15	4.8	62.22
小型トラック	4,122	3.38	8.6	4.44
中型トラック	14,688	8.06	18.9	15.83
大型トラック	14,160	21.33	37.1	15.26
ダンプカー	210	27.02	42.9	0.23
タンクローリー	744	19.24	35.5	0.80
トレーラー	552	39.72	72.7	0.60
バス	576	14.04	20.0	0.62

により振動していることが分かる。

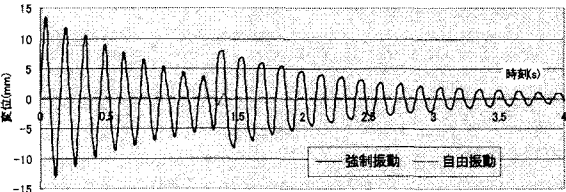


図-1 スパン中央照明柱の応答変位の時刻歴

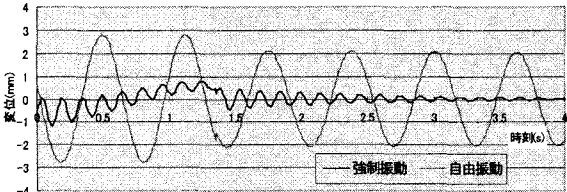


図-2 支点部照明柱の応答変位の時刻歴

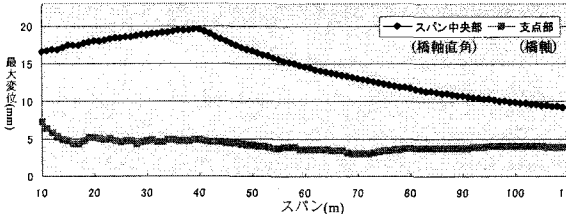


図-3 スパン変化時の照明柱の最大変位

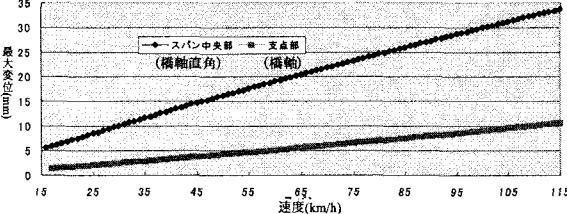


図-4 速度変化時の照明柱の最大変位

図-3 には、トレーラー(約 40tf)が速度 60km/h でスパンの異なる橋梁を通過した時、および図-4 には、トレーラーがスパン 30m の橋梁を異なる速度で通過した時の照明柱先端部の最大変位を示す。これらの図より、橋軸方向変位ではスパン 15~40m でほとんど変化せず、スパンの変化による影響は少ない。これに対し、速度の変化に比例して照明柱の最大変位は増加していることがわかる。

5. 載荷荷重を 100 台と設定した場合の疲労寿命の予測

載荷する際の基準速度は 30、45、60、75 および 90km/h の 5 パターンとし、前節で設定した橋梁条件 5 パターンとの計 25 パターンに関し、解析を行った。表-4 には、結果として得られた照明柱基部に作用する最大応力範囲を示す。表中の左項はスパン中央配置の照明柱で、右項は支点部配置のものである。

ここで、照明柱の疲労強度は等級 G に分類され、一定振幅応力に対する打ち切り限界の値は 32MPa である。これを超えるものはスパン 37.5m、基準速度 90km/h のとき、スパン中央に配置された照明柱であり、この時の疲労寿命を計算すると 4.357 年、4583.5 万台となる。その他の解析パターンでは疲労は発生しない。ただし、今回設定した載荷条件は実際の交通条件と比較するとかなり厳しいものである。重量の重い車両がこれほど高速で走行している場合は少ないと考えられ、実際の疲労寿命はこれよりも長いと考えられる。

6. まとめと課題

本研究より得られた結論を以下に示す。

- 1) 照明柱に発生する振動は、橋梁の上下振動によりもたらされる橋軸直角方向の振動が大きい。
- 2) 車両の速度、車両の重量が大きいほど照明柱の振幅が大きくなる。
- 3) トレーラーやタンクローリーなどの超大型車のみが疲労損傷の主要因と考えられるが、本研究では照明柱の 1 次振動モードのみを対象としたため、疲労が問題となることは少ない。

今後の課題としては、

- 1) 車種構成率や車両速度の設定など実測データをより反映させた場合の検討
 - 2) より現実的な橋梁のモデル化
 - 3) 実際の照明柱の振動特性を、より忠実に再現できる照明柱のモデル化
 - 4) 2 次モードなど対象振動範囲の拡張
- などが挙げられる。

参考文献 1) 橋梁振動計測会：橋梁振動の計測と解析、技報堂出版、1993 年 10 月