

ワイヤーロープによる橋梁付属照明柱の振動抑制に関する解析的検討

関東学院大学大学院 学生員 ○佐藤伸哉 関東学院大学 正会員 北原武嗣
 関東学院大学 正会員 岸 祐介 那須電機鉄工（株） 正会員 石橋知彦
 大阪市立大学大学院 正会員 山口隆司

1. はじめに

自動車社会といわれる日本において、近年では交通量の増加と車両の大型化・重量化が橋梁に及ぼす動的な影響が問題となっている。特に、車両通過が原因で発生する交通振動による繰り返し変位により、照明柱や標識柱などの付属構造物においてもその影響を受け、寿命低下や金属疲労による損傷が発生している。

この問題の簡易かつ効果的な対策方法の1つとして、ワイヤーロープを用いた振動対策が提案されている。柱にワイヤーロープを張り、振動による張力変化を利用して構造系の減衰力向上を期待したものである。この手法に関して、著者らは実験的検討により振動抑制効果を明らかにし¹⁾、簡易的なモデルによる解析的検討で実験結果の検証を試みている²⁾。

本研究では、文献2)で用いた解析モデルを、実験により忠実に表現できる詳細なモデルに修正し、自由振動解析によって振動抑制効果のメカニズムを検討することを目的とする。

2. 検討方法

2.1 解析モデル

図-1に対象とした照明柱の解析モデルを示す。また各部材の構造諸元は表-1、表-2に示す。柱と上下部アームは梁要素で、ワイヤーロープはケーブル要素を用いた。ケーブル要素は非抗圧の材料特性を持ち、ワイヤー自重による初期たわみ(サグ)を考慮できる要素である。後に述べる静解析と自由振動解析において、初期張力が0の場合にはサグの影響を考慮した解析を行った。

また、側部ワイヤーと上部ワイヤーの軸力が同じになるようにローラー部分の節点を二重化している。二重化した節点を剛性の弱いバネ要素でつなぎ、図-1(b)に示すX'方向のみ拘束を解放している。

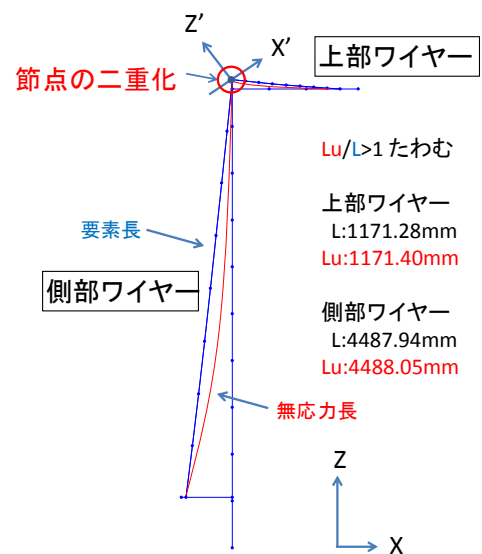
文献2)で実施したモデルに対して、本研究ではサグの考慮とワイヤーロープ節点の二重化を計ったことが改良点である。

表-1 柱，上部アーム構造諸元

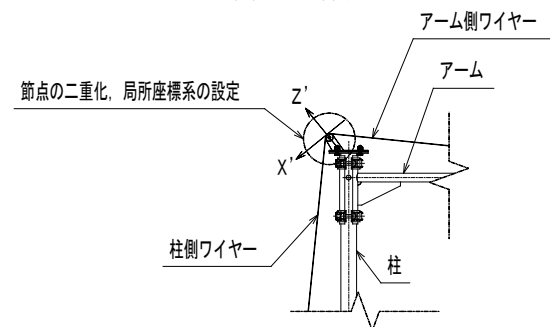
	柱	上部アーム
長さ(mm)	5000	1361
径(mm)	60.5	34
板厚(mm)	3.8	2.3
鋼材	STK400	
弾性係数(N/mm ²)	2.0×10 ⁵	
ポアソン比	0.3	

表-2 ワイヤーロープ，下部アーム構造諸元

	ワイヤーロープ	下部アーム
長さ(mm)	1171.4(上部) 4488.5(側部)	550
鋼材	ステンレス	STKR400
弾性係数(N/mm ²)	2.0×10 ⁵	
ポアソン比	0.3	



(a) 全体図



(b) 柱頂部拡大図

図-1 解析モデル

2.2 解析方法

静解析，自由振動解析には汎用骨組み解析ソフト Midas Civilを用いた。柱基部は完全固定し，モデルの柱頂部に制振装置の重量として $P_1=32.65\text{N}$ ，柱と上部アームの結合部に取り付装置の重量 $P_2=21.01\text{N}$ ，上部アーム先端に灯具および取付装置の重量 $P_3=151.08\text{N}$ を荷重としてZ軸方向に载荷する。

キーワード：照明柱，ワイヤーロープ，振動抑制，自由振動解析

連絡先 〒236-8501 横浜市金沢区六浦東 1-50-1 関東学院大学大学院 耐震構造システム研究室 TEL 045-786-7857

まず、柱頂部に強制変位 $\pm 50\text{mm}$ をX軸方向に与えた静解析を行い、構造全体系としての荷重-変位関係を検討した。その結果を踏まえ、10秒間(1ステップ:0.001秒)の自由振動解析を行い、変位波形から対数減衰率を算出し振動抑制効果を検討した。その際、初期張力として0N, 20N, 100N, 150N, 200N, 300N, 400N, 500N, 600N, 700N, 800N, 900Nの12パターンの初期張力を導入して比較した。

3. 解析結果と考察

静解析による構造全体系の荷重-変位関係を図-2に示す。図-2より、各部材は弾性状態であるにもかかわらず、ワイヤーロープが圧縮に抵抗しないため、構造全体系としては非線形の関係を示すことがわかる。荷重-変位の非線形性によりエネルギー吸収が生じると考えられる。

自由振動解析によって得られた柱頂部のX方向変形の時刻歴波形を図-3に、ワイヤーロープ張力の時刻歴波形を図-4に示す。図-3から、初期張力を大きくすると見かけの剛性が大きくなり、徐々に高振動数の振動となっていることがわかる。また、図-4より引張のみワイヤーロープに張力が働き、圧縮では張力が作用していないことが確認できる。

図-3の変位波形から対数減衰率を求め、ワイヤーロープ初期張力との関係として表したものを図-5に示す。この図より、初期張力が100~150N程度で最も大きな対数減衰率を示すことがわかる。また、それ以上の初期張力の場合、徐々に対数減衰率が小さくなる傾向が認められる。実験結果と比較すると数値的には差異があるが、全体的な傾向は一致している。

4. まとめ

本研究の結論を以下にまとめる。

- (1) 解析的検討による結果は、実験結果と定性的にはほぼ同等の結果となり、実験結果の妥当性の補完ができたといえる。
- (2) 静解析により、各部材は材料的に弾性であるにもかかわらず、構造物全体系の荷重-変位関係が非線形となることを確認した。このことが減衰効果の一因であると考えられる。
- (3) 自由振動解析から、ワイヤーロープに与える初期張力により照明柱の固有振動数が変化することが確認できた。
- (4) ワイヤーロープに導入する初期張力が100~150N程度で対数減衰率は最大となる。これより張力が小さくても大きくても対数減衰率は小さくなることがわかった。

謝辞：本研究を実施するに際し、平成21~23年度科学研究補助金（基盤研究（B））、課題番号：21360218、代表：山口隆司）および平成23年度関東学院大学工学会研究補助費の補助を得た。記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 石橋知彦, 山口隆司, 岡崎大輔：橋梁上柱状構造物のワイヤーロープによる振動制御に関する実験的研究, 鋼構造論文集, Vol.17, pp.35-44, 2009.

- 2) 石橋智彦, 大谷薫, 北原武嗣, 山口隆司, 田中賢太郎：道路付属照明柱のワイヤーロープによる振動抑制に関する解析的検討, 平成23年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集(CD-ROM)。

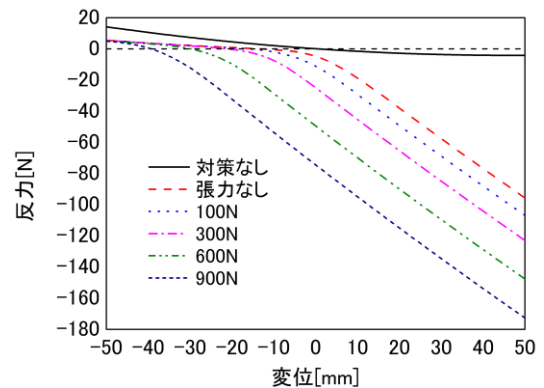


図-2 構造全体系の荷重-変位関係

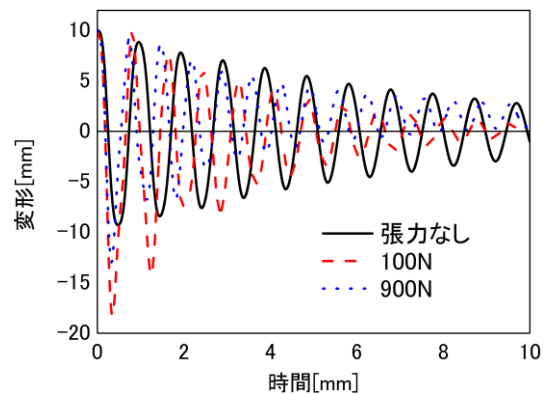


図-3 柱頂部の時刻歴波形

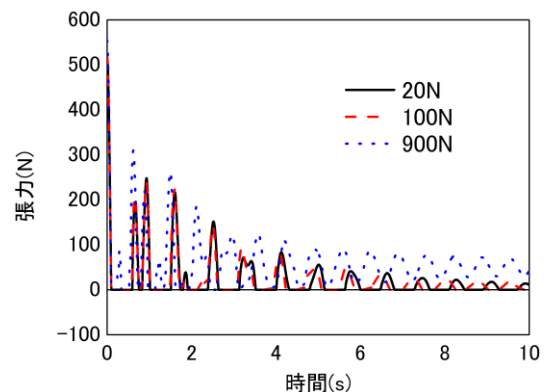


図-4 ワイヤーロープ張力の時刻歴波形

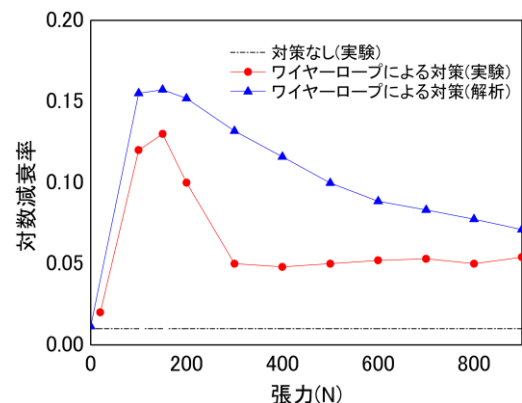


図-5 対数減衰率と初期張力の関係