

1. はじめに

近年、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きた。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って金属疲労等の問題を引き起こす可能性がある。橋梁上に設置された照明柱や標識柱などの付属構造物においても、この交通振動の影響を受け、振動による寿命低下や金属疲労による損傷の発生が問題となっている。

この問題の簡易的な対策方法の 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¹⁾。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。文献 1) では、実験的検討を通して振動抑制効果を定性的に明らかにしている。本研究では、これまでの実施されてきたワイヤーロープの自由振動実験結果¹⁾を元に、FEM解析を行い、実験結果との比較・検討を行うことで振動抑制効果の検証を行うことを目的とする。

2. 検討方法

2.1 解析モデル

実験柱を模擬した解析モデルを図-1 に示す。(a)はワイヤーロープなし(以下、対策なし)、(b)はワイヤーロープあり(以下、対策あり)を表している。ワイヤーロープは引張力のみに抵抗し、圧縮力は受け持たない要素としてモデル化している。

また、各部材の構造諸元をそれぞれ表-1、表-2、および表-3 に示す。使用した要素は柱、上部アーム、および下部アームは梁要素、ワイヤーロープはトラス(引張専用)要素とする。ワイヤーロープには、実験と同様に 18N~900Nの 12 パターンの初期張力を導入するものとする。モデルの柱頂部に制振装置の重量として

$P_1=81.68\text{N}$ 、柱と上部アームの結合部に取付装置の重量 $P_2=21.01\text{N}$ 、上部アーム先端に灯具および取付装置の重量 $P_3=151.8\text{N}$ を荷重としてZ軸負方向に載荷する。

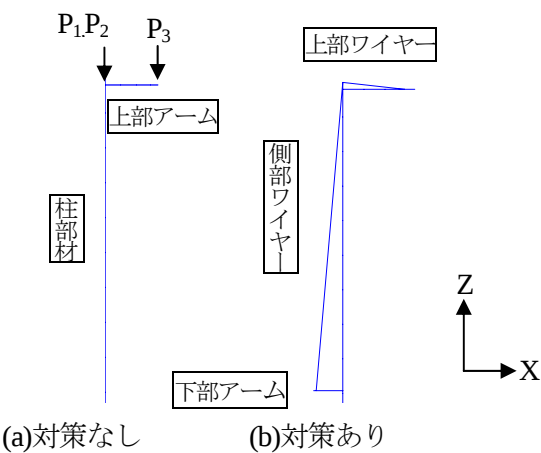


図-1 解析モデルと載荷状況

表-1 対策なしモデルの構造諸元

	柱	上部アーム
長さ(mm)	5000	1361
外径(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 下部アームの諸元

長さ(mm)	550
鋼材	STKR400
弾性係数(N/mm ²)	2.05×10 ⁵
ポアソン比	0.3

表-3 ワイヤーロープの諸元

	上部ワイヤー	側部ワイヤー
長さ(mm)	1171	4488
弾性係数(N/mm ²)	1.93×10 ⁵	
ポアソン比	0.3	
比重(kg/cm ³)	7.93×10 ⁻³	

2.2 解析方法

汎用骨組み解析ソフトを用いて静的解析、固有値解析、および自由振動解析を行う。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、ワイヤーロープの軸力 - 変位関係および構造全体系の荷重 - 変位関係から等価減衰を検討する。

つぎに、固有値解析を実施し解析モデルの振動特性の妥当性を確認する。最後に、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する。

3. 解析結果と考察

ワイヤー初期張力 0N~900Nおよびワイヤー無しのケースに関して、構造全体系の荷重-変位関係を図-2 に示す。この図より、各部材は弾性状態であるにもかかわらず、非線形の関係を示すことがわかる。この荷重-変位の非線形性によりエネルギー吸収が生じることで振動抑制がされると考えられる。

つぎに、自由振動解析によるワイヤーケーブルの時刻歴軸力波形を図-3 に、対数減衰率と張力の関係を図-4 に示す。図-3 より、ワイヤーケーブルは引張側に振動した際のみ軸力が生じていることが確認できる。図-4 より、対数減衰率は対策なしでは 0.13, 対策ありでは 0.15~0.2 程度となり減衰効果が向上することが確認できた。この際、ワイヤーロープの初期張力が増加すると対数減衰率は小さくなることもわかる。

4. まとめ

照明柱を模擬した実験柱と同様の解析モデルを作成し、静解析と自由振動解析を行った結果、以下のような結論を得た。

- (1) 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り減衰効果が生じることがわかった。
- (2) 自由振動解析により対数減衰率を評価することで、ワイヤーロープによる対策を実施することで、対策無しに対して 1.2~1.7 倍程度の対数減衰率となることもわかった。
- (3) ワイヤーロープの初期張力が小さいほど、減衰効果が大きくなることがわかった。

今後は、強制振動実験との比較を追加、解析ケースの充実を図ることにより、ワイヤーロープによる振動抑制効果のメカニズム解明を行っていきたい。

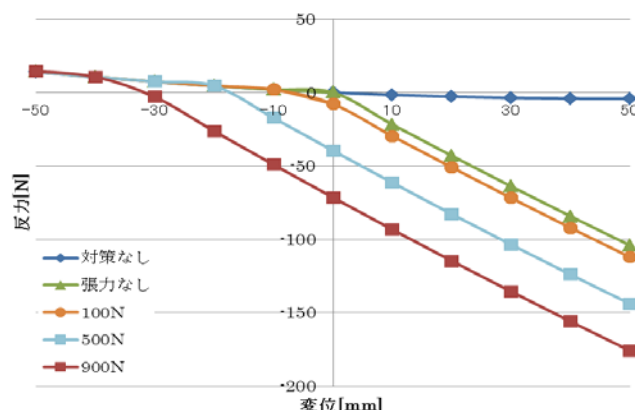


図-2 構造全体系の荷重-変位関係

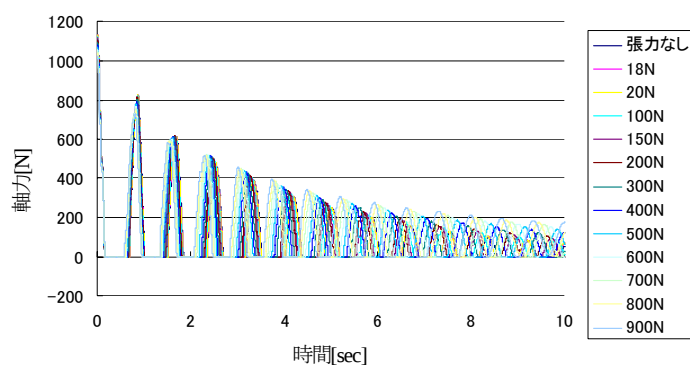


図-3 ワイヤーケーブル軸力の時刻歴波形

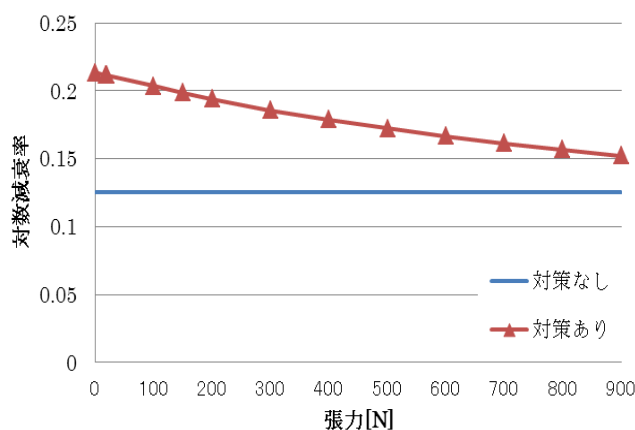


図-4 対数減衰率と初期張力の関係

参考文献

- 1) 石橋知彦, 山口隆司, 岡崎大輔: 橋梁上柱状鋼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.