

I-25 ヘリカルワイヤによるウェークギャロッピングの制振

高知工科大学 学生会員 ○田中佑典
高知工科大学 フェロー 藤澤伸光

1. はじめに 斜張橋ケーブル、吊橋ハンガーロープ等の並列ケーブルでウェークギャロッピングやウェークフラッタの発生が報告されている。明石海峡大橋のハンガーでは制振対策としてヘリカルワイヤが設置されているが、斜張橋ケーブルでは実施例が少ない。本稿では、斜張橋ケーブルの制振対策を想定して、ヘリカルワイヤの適用性について検討した結果を報告する。

2. 実験方法 供試模型としては直径 $D=32\text{mm}$ のアルミパイプを用い、図1に示すように、上流側を固定し、下流側のみ弾性支持した2次元の1自由度振動実験を行った。表1に主な実験条件を示す。ヘリカルワイヤとしては $\phi 4\text{mm}$ の円形断面を持つゴムスポンジを用いた。図2に示すように、ワイヤは3本使用し、ピッチを $3D$ 、 $5D$ 、 $7D$ に変化させた。さらに上流側と下流側の巻き方が同方向の場合（以下、normal）、逆方向の場合（以下、reverse）について実験した。補足実験として、上流側のみ、下流側のみにワイヤを巻いた実験も行った。実験には加振器等は用いず、風速設定後に自然に発生する自発応答を測定し、さらに手動で約 $1/2D$ 、 $3/4D$ 、 D の振幅で加振してその後の応答を測定した。

3. 応答測定結果 ワイヤの制振効果を調べる実験に先立って、ワイヤなしの場合の応答を計測した。結果を図3に示す。図から、風速約 7m/s 付近からウェークギャロッピングが発生していることが分かる。振動振幅は風速の増加とともに単調に増加する。実験最大風速 11m/s における振幅は約 $1D$ であり、既往文献¹⁾に報告されているものと整合する結果となっている。この振動は、外乱を与えない限り、これ以上には成長しない。一方、手動で加振した場合、風速 5m/s 以上では $2\sim 2.5D$ の極めて大きな振幅の振動が発生した。円柱間隔 $2D$ では、これに似た現象が報告されているが、同じ現象であるかどうかについては、今後の検討課題である。

図4にヘリカルワイヤを巻いた場合の結果をまとめて示す。ピッチ $3D$ の場合、自発応答は抑制されているが、風速 $5\sim 6\text{m/s}$ 以上では、手動で加振すると振幅 $2.5D$ 程度の大振幅の振動が発生する。おそらく、ワイヤなしの場合に観測された振動と同一の現象ではないかと推定される。ワイヤを巻く方向について見ると、normalの方が若干低い風速から振動が発生しているようにも見えるが、 6m/s 以上での振幅には差が認められないことから、normalの方が不安定とは言えないであろう。実験誤差の範囲内と考えるのが妥当のように思われる。ピッチ $5D$ の場合も同様に自発応答は抑制されているが、加振後には大振幅振動が発生している。 $5D$ の場合は、 $3D$ とは逆に、reverseの方が発振風速が若干低い、ピッチ $3D$ の場合と同様、巻き方による有意な差はないと見るべきであろう。

ピッチ $7D$ の場合、reverseの場合はピッチ $3D$ 、 $5D$ の場合と同じく加振後に大きな振動応答が認めら

表1 実験条件

円柱径 D (mm)	32
円柱長 (mm)	800
固有振動数 (Hz)	2.95
円柱間隔	$3D$
ケーブル模型	アルミ製 2.6kg/m
実験風速 (m/s)	1~11

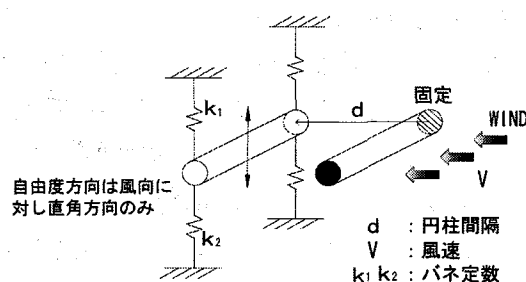


図1 2次元実験の概要

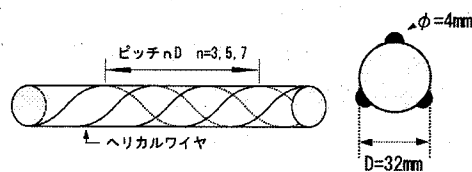


図2 ヘリカルワイヤ

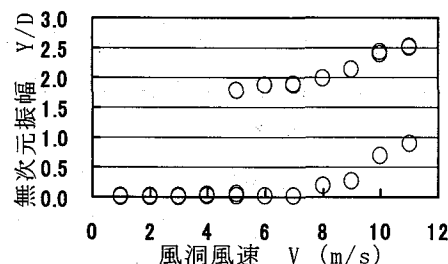


図3 ケーブル間隔 $3D$ での応答

れるが、ピッチ 3D、5D に比べると発振風速は明らかに上昇している。したがって、ピッチ 7D では一定の制振効果があると言えよう。ピッチ 7D の normal では、自発応答、加振後の応答のいずれも完全に抑制されており、高い制振効果を発揮している。

実際の斜張橋ケーブルでは、実験と同じような大きな強制外力が作用することは稀であろう。従って、自発応答だけ制振できれば十分と考えることもできる。図 4 の中の自発応答だけを取り出してまとめた結果を図 5 に示す。強制外力がないという条件の下であれば、図に示した通り、今回実験した範囲ではどのような巻き方をしてもヘリカルワイヤは十分な制振効果があると言える。

ヘリカルワイヤの制振メカニズムを考えるための一助として、上流側、あるいは下流側の片方だけにワイヤを巻いた実験を実施した。結果を図 6 に示す。上流、下流のどちらに巻いても、完全には振動を抑制できていない。従って、ピッチ

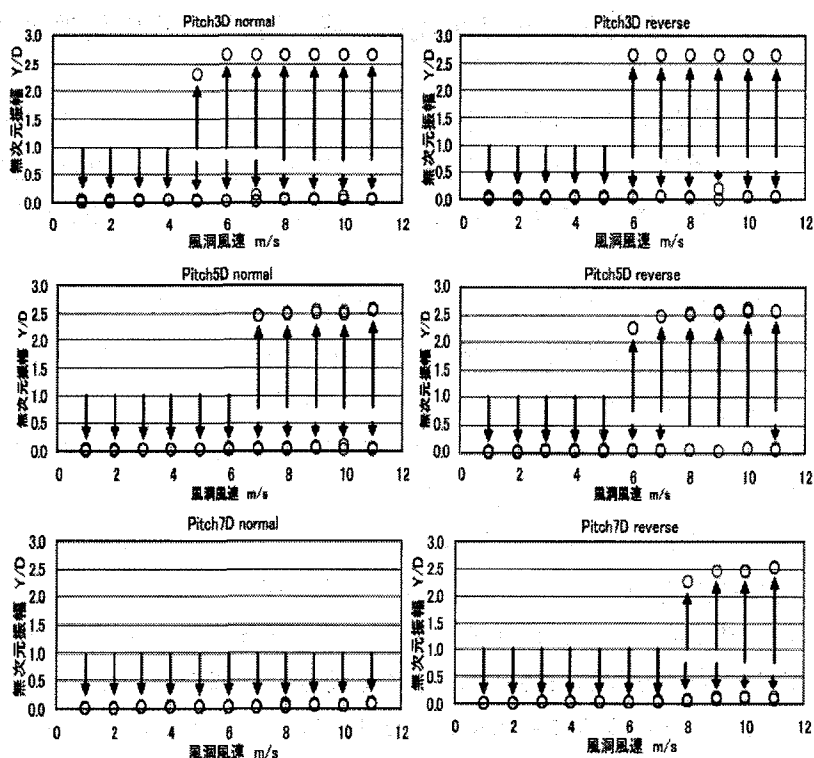


図 4 各ケースでの風速と応答の関係

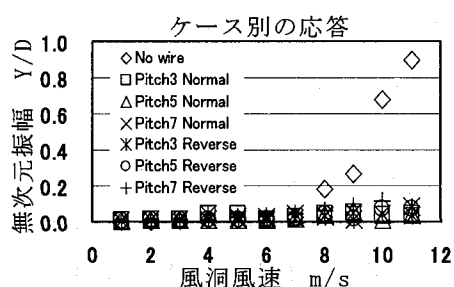


図 5 ケース別の自発応答

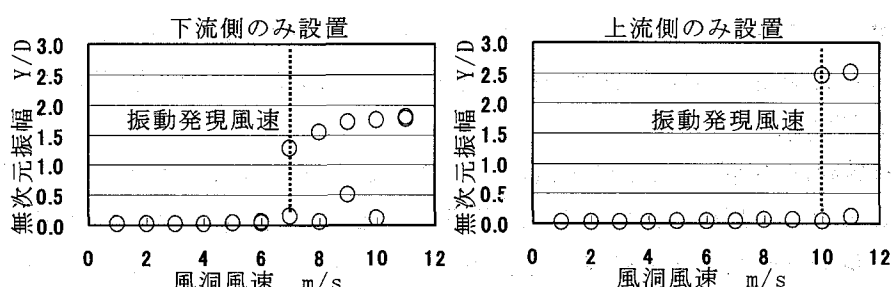


図 6 下流、上流側一方のみにワイヤを設置した場合の応答

7D の normal の場合の制振効果は、厳密には上下流のワイヤの連成効果によると言える。しかしながら、下流側だけに巻いた場合の発振風速 7m/s に対して上流側だけに巻いた場合は 10m/s となっていること、下流側だけに巻いた場合、風速 9m/s で自発応答が観測されていることから、上流側ワイヤの制振効果の方が大きいと推定される。上流側のワイヤによってウェークの形状が 3 次的に変化し、下流側円柱の励振力を弱めたのではないかとと思われるが、その詳細は今後の検討課題である。

4. 結論

今回の実験から得られた主な結論は以下の通りである。

- ①自発応答の制振だけであれば、巻き方によらずヘリカルワイヤで制振できる。
- ②ピッチ 7D で両円柱に同方向にワイヤを巻けば、ウェークギャロッピングを完全に制振できる。
- ③制振効果は上流側のワイヤによるところが大きいように思われる。

参考文献 1) 八木悟、藤澤伸光：並列円柱のウェークギャロッピングと非定常圧力、第 58 回土木学会年次学術講演会講演概要集、2003