

ヘリカルワイヤによるウェークギャロッピングの制振

株式会社 栗本鐵工所 正会員 ○田中佑典
高知工科大学 フェロー 藤澤伸光

1. はじめに 昨年、ヘリカルワイヤを下上流パイプにピッチ 9D、上下流間の位相 0°で設置すると高い制振効果が得られることを報告した¹⁾。また、後流中には軸方向流が存在することも確認した。さらに、ヘリカルワイヤの特性は断面形状だけに依存すると考え、ヘリカルワイヤの代表断面(図1の A、B)を交互に並べた断続平行ワイヤでヘリカルワイヤの特性を調べることを試みた。断続平行ワイヤを上下流パイプに設置して振動実験を行った結果、断続平行ワイヤ設置した場合、位相=0°, 60°における応答がヘリカルワイヤ設置時とは逆転した(図3, 4, 5)。本研究では、振動応答および揚力の面からこれらの特性を調べ、ヘリカルワイヤの空気力学的特性に考察を加えた。

2. 振動実験 上流側円柱は固定とし下流側円柱のみをバネにより弾性支持した2次元模型による1自由度振動実験を実施した。当初、断続平行ワイヤ設置時には軸方向流は発生しないと予想したが、軸方向流の発生が確認されたためワイヤの不連続部分に端板を設置し、軸方向流を完全に除去することとした(図2)。

表1 実験条件

円柱径D(mm)	32
円柱長(mm)	800
固有振動数(Hz)	2.88
円柱間隔	3D, 4D, 5D
ワイヤ径	4
円周上ワイヤ数	3
実験風速	1~11.5
位相	0°, 60°
端板	有り、無し

設置し、軸方向流を完全に除去することとした(図2)。実験では、静止状態から空気力だけによって発生する振動、および手動で振幅2Dまで加振した後に観測される定常振動の両方を計測した。便宜上、以下では前者を自発応答、後者を加振時応答ということにする。

3. 実験結果 図6に、端板を設けた場合の応答を示す。図5と比較すれば明らかなように、端板を設けた場合、応答の定性的な特徴はほとんど変わらないが、応答振幅はほぼ倍増している。端板付きモデルはストリップ理論的な考え方を具現化したものであるから、図6が断続平行ワイヤの本質を示しており、端板なしで軸方向流が発生する場合はこの特徴が和らげられると考えることもできよう。また、断続平行ワイヤでは、軸方向流は応答特性に本質的な影響を与えないとも言える。断続平行ワイヤはヘリカルワイヤの代表断面で構成されており、ヘリカルワイヤに近い特性を持つと想定したものであるが、空気力学的特性は全く別のものであると推定される。

4. 揚力測定 ヘリカルワイヤの制振メカニズム解明に繋がることを期待して断続平行ワイヤの応答を調べたが、予想外の結果となったため、ここでは視点を変えて、ワイヤ付きバ

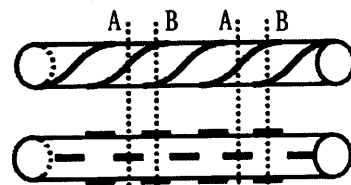


図1 断続平行ワイヤによる近似

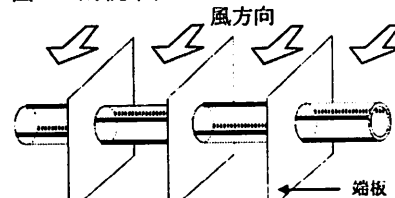


図2 端板の設置状況

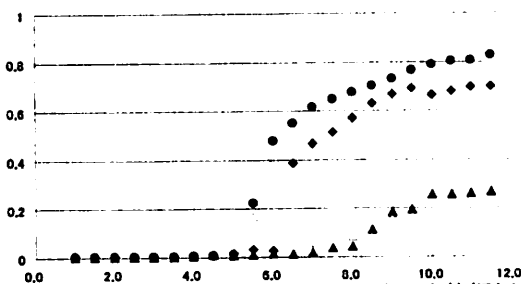


図3 ヘリカルワイヤ設置時の風速と応答振幅 (位相 60°ピッチ 9D)

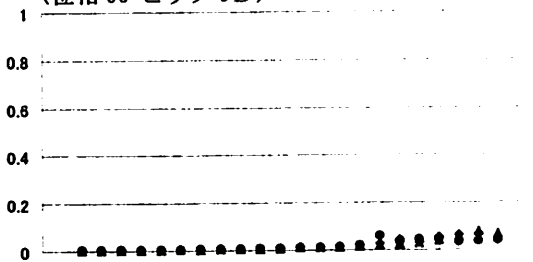


図4 ヘリカルワイヤ設置時の風速と応答振幅 (位相 0°ピッチ 9D)

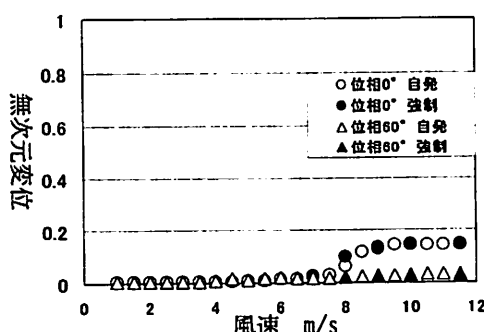
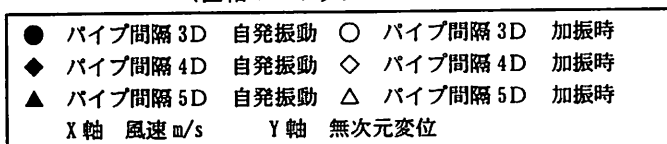


図5 断続平行ワイヤ時の振動応答 端板無し 間隔 3D

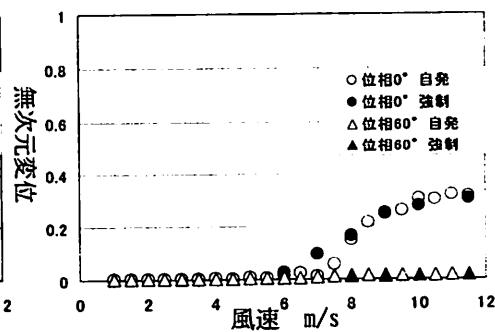


図6 断続平行ワイヤ時の振動応答 端板有り 間隔 3D

イブの揚力を調べることにした。上流側パイプの位置を変えることによって両パイプの鉛直方向の相対位置を変化させながら、下流側パイプに働く定常揚力を測定した。

5. 測定結果 図 7 にヘリカルワイヤを設置した場合の結果を示す。図の縦軸はパイプ径 D で無次元化した両パイプの鉛直方向相対変位で下流側が上方に移動した時が正、横軸は揚力係数で上向き正である。位相 0° 、 60° の揚力はほとんど同じとなっており、位相は揚力に影響しないことが分かる。無次元変位 0.75 付近に顕著な揚力のピークが現れている。変位が極めて大きくなった場合は、当然ながら揚力は 0 に漸近している。

図 8, 9 に断続平行ワイヤ設置時（端板無し、有り）の揚力を示す。揚力変化の傾向はヘリカルワイヤ設置時と大きくは変わらないが、細部においては興味深い変化が現れている。ヘリカルワイヤとの差が顕著に現れている端板有りの場合、無次元変位 2 付近では位相 0° と 60° で揚力がかなり異なる。位相 60° の場合、揚力が急増して正側のピークが発生し、その後、0 に漸近しているように見えるのに対して、位相 0° では無次元変位 2 強で負側に第二のピークが発生した後、0 に漸近しているようである。どのような流れによって、このような揚力特性が現れるのかは明らかでないが、少なくともヘリカルワイヤに比べて上流側パイプの後流が下流側パイプの空気力に影響を及ぼす範囲が広がっていることは間違いないと言える。

ヘリカルワイヤ設置時の揚力（図 7）は、無次元変位 0.75 付近に揚力のピークが顕著に現れているが、この揚力曲線はワイヤを設置していないパイプの揚力と酷似している。ワイヤなしの場合については、この揚力ピークがギャップフローによる負圧と、上流側からの剥離流が下流側パイプに当たる点に生じる正圧によることが知られている。このことから、ヘリカルワイヤ設置時にはワイヤなしの場合と同様に、ギャップフローが発生している可能性を否定できないようにも思われる。

ヘリカルワイヤ設置時の揚力ピーク頂点は非常に鋭いのにに対し、断続平行ワイヤ設置時には頂点が鈍い曲線となっている。ギャップフローへのスイッチングの強弱が影響しているようにも思われ、今後、詳細な気流の調査が必要と考えられる。

ヘリカルワイヤでは、ワイヤからの剥離流がワイヤに直角となって、軸方向流が発生する。したがって、仮にギャップフローが発生するとしても、それは 2 次元的なものではなく、斜流が 3 次元的にパイプ間に流れ込むという複雑な現象であると想像される。当然ながら、上流側と下流側のワイヤの相対的な位置関係によってギャップフローの強弱、あるいは発生の有無が左右されるであろう。昨年、報告した通り、ヘリカルワイヤをある特定の条件で設置すると高い制振効果を示し、そうでない場合には振動が発生するという現象も、ギャップフローとヘリカルワイヤの 3 次元的な位置関係が大きく関係していると考えれば、合理的に説明できる可能性があるように思われる。

6. 結論 断続平行ワイヤとヘリカルワイヤの挙動は空力学的に全く別のものであり、断続平行ワイヤからヘリカルワイヤの制振メカニズムを考えることはできない。ヘリカルワイヤの揚力は、ワイヤなしのパイプの揚力と酷似しており、ワイヤなしの場合と同様にギャップフローが発生している可能性を否定できない。ヘリカルワイヤでは軸方向流が発生しており、軸方向流が制振効果と関係している可能性がある。今後は、これらを考慮して流れを 3 次元的に扱う研究が必要と思われる。

参考文献

1) 岡本道雄、藤澤伸光：ヘリカルワイヤの形状パラメータがウェークギャロッピング制振効果に及ぼす影響、土木学会四国支部 第 13 回技術研究発表会講演概要集 2006 年

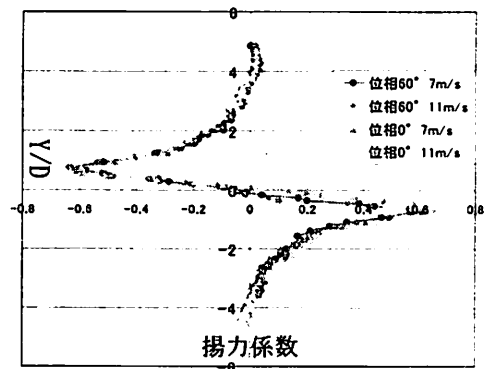


図 7 ヘリカルワイヤ設置時揚力

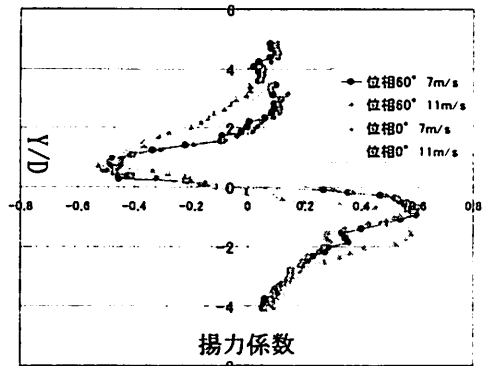


図 8 断続平行ワイヤ端板無時揚力

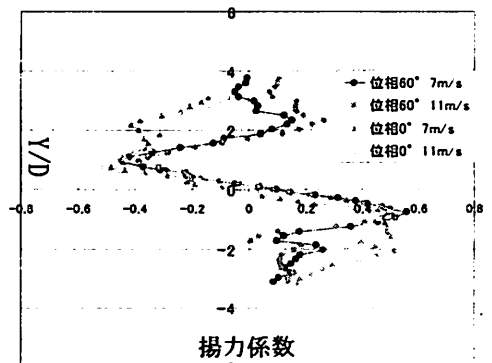


図 9 断続平行ワイヤ端板有時揚力