

突起付きケーブルのギャロッピング

高知工科大学 学生会員 ○田中千喬

高知工科大学 フェロー 藤澤伸光

1.はじめに：ヘリカルワイヤ付きケーブルでは、ワイヤからの剥離流はワイヤに垂直となるため軸方向流が発生する。この軸方向流はヘリカルワイヤの制振効果に影響しないと仮定して断続並行ワイヤの応答を調べたところ、予想外の結果となった¹⁾。断続並行ワイヤでもヘリカルワイヤの場合とは異なるものの、軸方向流が存在することが分かったため、ワイヤは付いているが軸方向流が存在しないモデルとして、写真1に示した連続並行ワイヤを設けた円柱の特性を調べた。このモデルを突起付ケーブルと呼ぶことにする。突起付ケーブルでは上下流ケーブルが同一水平面内にある場合、ウェークギャロッピングが発生しない。しかし、突起付ケーブルは上下非対称で空気力学的に望ましくない形状であり、上下流ケーブルの相対位置によっては振動が発生することも懸念された。本研究では、上下流ケーブルの相対位置を変化させて、突起付ケーブルの振動特性を調べた。

2.振動実験：上流側ケーブルは固定とし下流側ケーブルのみをバネ支持した2次元模型による鉛直方向の1自由度振動実験

を実施した。両円柱間隔は3D, 4Dとした（D：ケーブル径）。また、上流側ケーブルを軸まわりに回転させて位相を変化させた。両パイプのワイヤの位置が同一の時をPhase=0°、60°回転した時をPhase=60°と呼ぶ。

上流側ケーブルの位置（高さ）を下流側パイプと同じとした時をPosition=0Dとし、そこから上下方向に0.5D、1.0D、1.5D、2.0D、3.0D、4.0Dにずらした時を各々Position=±0.5D、±1.0D、±1.5D、±2.0D、±3.0D、±4.0Dとした。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、および手で振幅2Dまで加振した後に観測される振動の両方を計測した。以下、前者を自発応答、後者を加振時応答という。

振動実験の結果を図1に示す。間隔3D、4Dともに、Position=+1.5D以上では大振幅の振動が発生した。Position=+1.0D以下では一部の例外を除いて振動は殆ど発生しない。Position=+4.0Dのように相対変位が大きい場合、上流側ケーブルの後流の影響は少ないものと考えられる。そこで、単独ケーブルの実験を行った結果、大振幅の振動が見られた。したがってPosition=+4.0D付近の振動はウェークギャロッピングではなく、突起付ケーブルの揚力負勾配に起因するギャロッピングではないかと考えられる。Position=+1.5Dの場合、間隔3Dでは振動が発生し、間隔4Dでは発生しない。4Dの方が上流側ケーブルからの後流幅が広がるため、Positionが小さい場合と同様に下流側ケーブルが上流側ケーブルの後流内に入って振動が発生しなくなるのではないと思われる。Position=+1.0D以下で例外的に振動が発生するPosition=±0.5D、Phase60°での応答は、風速に対する振幅の変化などの特徴がPosition=±4.0D付近の振動とは異なり、単独ケーブルに見られたギャロッピングではない可能性が高い。

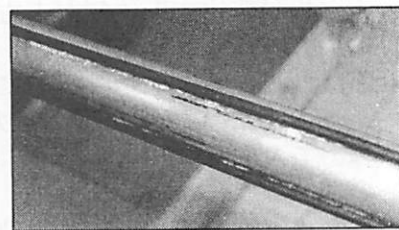


写真1 突起付けケーブル

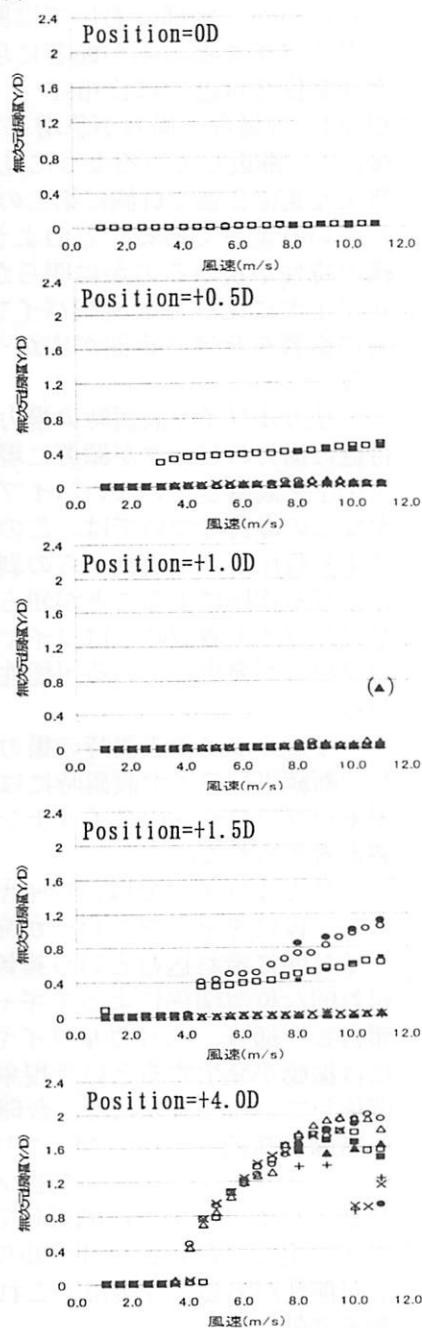


図1 各ケースの応答

3. 油膜法による風の可視化実験

油膜法によって振動が発生するPositionと発生しないPositionでの気流を調べた。風洞床に置いたアクリル板に煤とオリーブオイルを混ぜた油膜を塗り、直径32mm、長さ200mmのケーブル模型を鉛直に置いて、送風による油膜パターンの変化を観察した。実験風速は、9m/sである。

振動が発生したPosition=0.5D、Phase60°では、写真2に示すように上流側パイプからの剥離流が両ケーブル間の間に流れ込んでいるように見える。ウェークギャロッピングがギャップフローへのスイッチングと密接に関連していることは良く知られている通りであり、この流れの様子からPosition=0.5D、Phase60°での振動はウェークギャロッピングである可能性が高いのではないかと考えられる。振動が発生しなかったPosition=1.0D、Phase0°の流れは（写真3）、Position=0.5D、Phase60°と似ているが、上流側ケーブルの剥離流がケーブル間に流れ込まず、下流側ケーブルに当たって外側に流れているように見える。この配置ではギャロッピング、ウェークギャロッピングともに発生しないが、可視化では、その原因を示唆するような手がかりは得られなかった。Position=4.0D、Phase0°では（写真4）、上流側ケーブルの影響が少なく、上下流共に剥離した気流はほぼ対称な形となっている。この結果は、振動が単独パイプのギャロッピングであるという推測を裏付けるものと言える。

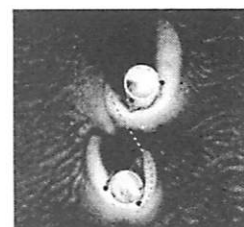


写真2 Position-0.5D

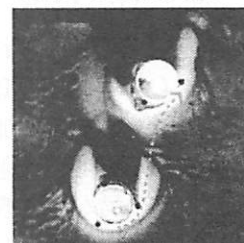


写真3 Position-1.0D



写真4 Position-4.0D

4. 突起付ケーブルの揚力

単独ケーブルに発生した振動がギャロッピングであることを実証するために揚力を測定した。揚力は、迎え角-60°～60°の範囲を5°ピッチで測定した。測定風速は8.5m/sである。

揚力測定結果を図2に示す。0°を境にほぼ対象な揚力曲線となっている。単独ケーブルのギャロッピングが観測された迎え角0°では、揚力勾配はほぼ0であり、準定常理論によればギャロッピングは発生しないことになる。迎え角が負の範囲では揚力勾配は負であり、この範囲であればギャロッピングが発生、正の迎え角では発生しないことになるが、この結果は応答実験の結果と整合しない。模型製作精度の問題のために、負迎え角側の影響が強く現れたためかとも思われるが、詳細は今後の課題である。

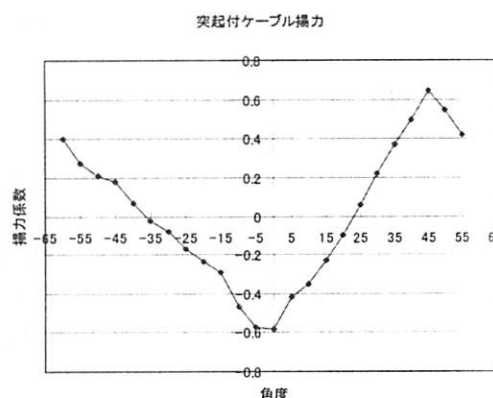


図2 単独突起付ケーブルの揚力曲線

5. 結論

- ① 下流側ケーブルが上流側ケーブルの後流内に入るPosition=1.0D 以下では、一部の例外を除きギャロッピングもウェークギャロッピングも発生しない。
- ② Position=1.0D～1.5Dを越えると大振幅の振動が発生する。この振動は単独ケーブルに発生する振動と同じものと思われ、ギャロッピングである可能性が高い。
- ③ Position が小さいにもかかわらず例外的に振動が発生するPosition=±0.5D、Phase60°での振動はウェークギャロッピングのように思われる。

<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 2007年 P106-107