

## ヘリカルワイヤ付き並列円柱まわりの流れ場

社会システム工学コース

1115099 岡本道雄

### 1.背景

斜張橋ケーブルが風によって複雑な振動を起こすことをウェークギャロッピングといい、現在まで有効な制振対策は開発されていない。明石海峡大橋のハンガーロープ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、斜張橋への適用例は少ない。そこで筆者らは斜張橋ケーブルの新たな制振対策としてヘリカルワイヤの適用性について検討している。

筆者は、ヘリカルワイヤを設置した場合、ワイヤピッチ $9D$ ( $D$ :パイプ径) パイプ間隔 $3D$  位相(Phase) $0^\circ$ で自発加振双方高い制振効果があると報告した。また、ヘリカルワイヤ設置時に発生した軸方向流は制振効果に影響しない仮説のもと、断続平行ワイヤを設置し振動応答を調べた結果、応答が逆転したということを報告している。田中は並列パイプの下流側パイプの揚力を測定し、ヘリカルワイヤ設置時の無次元変位 $0.75$ 程度で揚力ピークが見られ、パイプ周囲の流れが高速でパイプ間に流れ込む流れ(ギャップフロー)が原因であると推定されるという報告している。またこのギャップフロー発生について、ヘリカルワイヤを設置した場合、軸方向流が斜流として下流側パイプのヘリカルワイヤが存在しない部分へ流れ込みギャップフローを引き起こしているという仮説を示して、従ってヘリカルワイヤのピッチや上下流間の相対位置及び上下流パイプ間隔等が、制振効果に密接に関わりあっているものと推測された。

### 2.目的

上記で推測されたパイプ間の流れ測定を行い、位相(Phase)によるパイプ間の流れ場の変化を検証することで最終的にヘリカルワイヤによる制振メカニズム解明に寄与する知見を得ることを目的とする。

### 3.実験結果

位相(Phase)によるパイプ間の流れ場の検証を行うためタフトを用いて可視化した。ここでパイプ間の流れ場の可視化する前に、既往の研究で確認された軸方向流及びワイヤ周辺の流れの可視化を行った。その結果、軸方向流の存在は確認できたが、ワイヤ全体に対して垂直ではなく、垂直に流れている部分とワイヤに沿って平行に流れている部分が存在していることが分かった。

Phase $0^\circ$ と $60^\circ$ のパイプ間の流れ場の可視化の結果、両方の位相の水平方向の流れを見ると、上流側パイプに設置されたワイヤがパイプの剥離点付近に設置された部分より下流域では流れてくる風に対して逆向きの流れが発生し、それ以外のワイヤの下流域では順向きに流れているということが分かった。また、斜流の流れは確認できず、ヘリカルワイヤによる軸方向流の影響は少ないと思われる。よってヘリカルワイヤによる流れ場は、パイプに対して水平方向ではなく垂直方向の流れが卓越していると考え、垂直方向の流れの可視化及び流速計を用いた風向風速測定を行った。

パイプ軸に対して垂直方向の流れの可視化及び風向風速測定の結果、無次元変位 $0$ の時ではヘリカルワイヤによってパイプ間に巻き込む流れが存在しており、水平方向の時に見られた逆向きの流れはこの巻き込む流れによるものであると思われる。この巻き込む流れは、上流側パイプの剥離点付近上に設置されたワイヤにより引き起こされる流れであるが、下流側パイプに設置されたワイヤによって巻きこま

れた流れと合流し、渦の流れとなる断面が存在する。(写真 1、図 1,2)

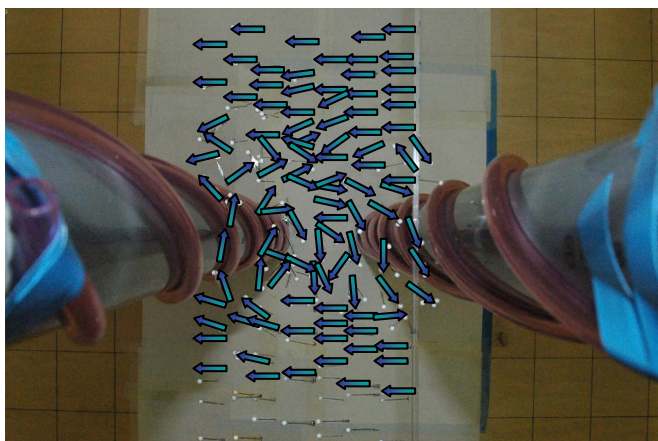


写真 1 可視化結果 Phase0° Y/D 0

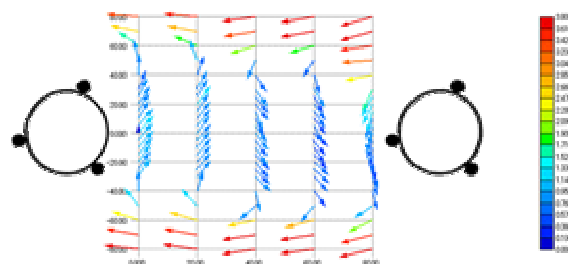


図 1 流速測定結果 Phase0° Y/D 0

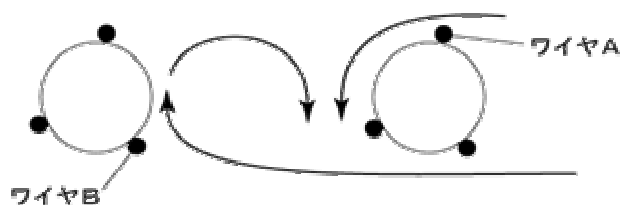


図 2 流線のイメージ

両パイプ無次元変位 0.75 にして可視化及び風向風速測定の実験結果では、揚力測定実験の結果で見られたギャップフローの確認が出来た。よって、ヘリカルワイヤを設置した場合でもワイヤを設置しない場合と同様に一定のパイプの相対変位が生じた場合ではギャップフローが発生するということが明らかになった。このギャップフローの流線はワイヤを設置しない場合に起こるギャップフローと同じ流線であることから、既往の研究で推測された斜流とは異なるものであるということが分かった。

#### 4.結論

- 軸方向流は上流側パイプに設置されたワイヤの一部に発生しており、パイプ間の流れへの影響は少ない。
- パイプ間の流れはパイプ軸に対して垂直方向の流れが大きく影響している。
- 上流側パイプの剥離点上にあるワイヤと反対側にある下流側パイプのワイヤによって起こる渦の流れがウェークギャロッピングの制振効果に大きく影響していると思われる。
- ヘリカルワイヤ設置の時、ワイヤの位置によって流れ場は異なる。
- パイプの相対変位が生じた場合では、ワイヤの有無に関わらずギャップフローが発生する。

< abstract >

# Flow field around tandem circular cylinders equipped with helical wires

Michio Okamoto

## 1. Background

The parallel cable of stayed-bridge suffers from a wind induced complex vibration called wake-galloping. The effective counter measures to suppress this vibration are not developed yet. The hanger ropes of Akashi Kaikyo Bridge are equipped with the helical for the suppression of the vibration. However, the helical wire is not used in the case of the cable of stay-bridges. In this research, the applicability of helical wire, as the new counter measure for the wake-galloping is studied.

The author reported that the helical wire with the pitch of  $9D$  ( $D$  is the diameter of the cylinder) can suppress self-starting vibration and the vibration with large amplitude after external excitation when the spacing of two cylinders is  $3D$  and  $0^\circ$  in the phase. Based on the assumption that the longitudinal flow doesn't concern the effect of control of vibration, the vibratory response was examined using the model equipped with the intermissive parallel wire. The result of the test shows the adverse response to that of the model with helical wire. Tanaka measured lift force on the leeward cylinder with the helical wire, and reported that a peak of lift appeared at the dimensionless displacement of 0.75. It is supposed to be caused by the gap flow attack of the separation flow from the windward cylinder. Furthermore, in a helical wire, he suggests a hypothesis of causes of the gap flow that the skewed separated flow due to the effect of the longitudinal flow rushes into the part where a helical wire of the leeward cylinder doesn't exist. Therefore, he presumed that a relative position of the wire and the windward and leeward cylinders interval influence the effect of vibration control.

## 2. Aim

It aims to measure the flow around tandem circular cylinders and to examine the variation in the flow field around tandem circular due to phase, and to obtain the new findings that finally will contribute to the clarification of the control mechanism of the helical wire.

## 3. Experimental result

To investigate the flow field around tandem circular cylinders, visualization by taft was carried out. Before visualizing the flow field around tandem circular cylinders, the longitudinal flow and the flow around the helical wire, were visualized, which was confirmed in the past research. The result shows the existence of the flow normal to wires, but it doesn't exist on all over the helical wires. The flow normal to wires exists in part of the helical wires and the flow parallel to wires occur in other part of wires.

The visualization of the flow direction in horizontal plane reveals that the reverse flow was observed just after the windward wires if the wires are located near the separation point of windward cylinder.

Otherwise, the flow has the same direction as the approaching flow. In addition, the skewed flow was not observed. The longitudinal flow caused by helical wire is small. Therefore, the flow visualization in the normal plane to cylinder axis has superiority to understand the flow field around the cylinders with helical wires. Then the visualization of the flow in the normal plane measurement wind direction and wind speed using by hot film anemometer are conducted.

The result of the flow visualizing and measurement of wind direction and wind speed reveal that the flow rolling between cylinders by helical wire exists at the dimensionless displacement of 0. This maybe the cause of the reverse flow observed in horizontal plane. The rolling flow maybe caused the wire set near separation point on windward cylinder. The rolling down flow due to the separation from the wire on windward cylinder and the rolling up flow due to the wire on leeward cylinder generate the flow something like vortex.

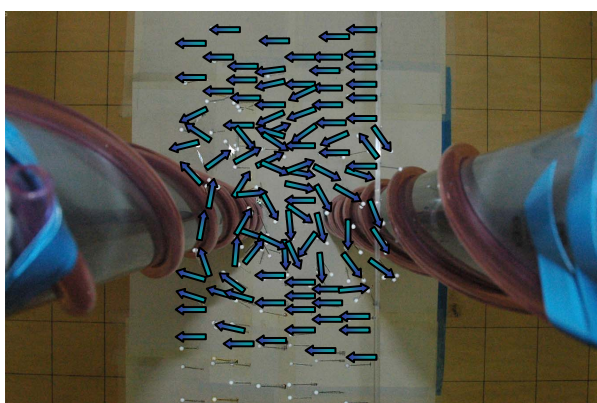


Photo.1 Result of visualization Phase $0^\circ$   
Dimensionless displacement 0

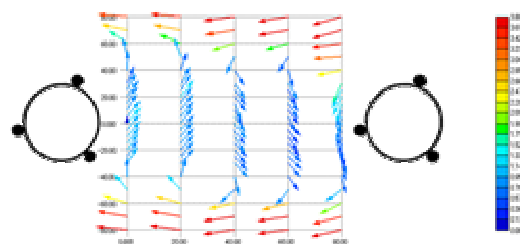


Figure.1 Result of experiment of wind direction and wind speed

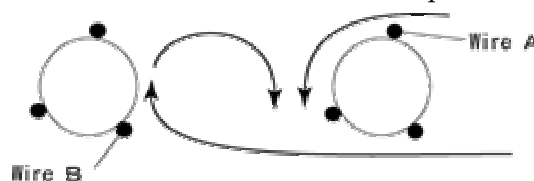


Figure.2 Image of wind flow

From the result of the wind flow visualizing and measurement of wind direction and wind speed at the dimensionless displacement of 0.75, it is confirmed the existence of the gap flow, which was reported in measurement of lift force. Therefore, it is transpired that occurrence of the gap flow in a certain amount of relative displacement cylinders with helical wire as well as with no wire. It is understood that this line of the gap flow is not skew flow presumed in the past research. Because , observed flow is similar to the gap flow of the pipe with no wire.

#### 4. Conclusion

- The longitudinal flow generate in part of wire on the windward cylinder, it is small influence the flow field around tandem circular cylinders.
- The flow field around tandem circular cylinders is large influenced on the normal flow to cylinder axis.
- The rolling down flow due to the separation from the wire on windward cylinder and the rolling up flow due to the wire on leeward cylinder influence to control of the wake galloping.
- The flow field is different by position of wire when cylinder with helical wire.
- The gap flow generate in a certain amount of relative displacement cylinders with helical wire as well as with no wire.