第 I 部門

表面形状に着目した平行ケーブルのウェイク振動発生機構に関する研究

京都大学工学部	学生員	〇下田	拓也
京都大学大学院工学研究科	学生員	袁	移∐
京都大学大学院工学研究科	正会員	野口	恭平

1.はじめに

斜張橋のケーブルのように,複数の円柱が並列に配 置された構造物ではウェイク振動が生じる.ウェイク 振動は発生機構によって,1自由度鉛直フラッターと2 自由度連成フラッターに分類される.本研究では,制振 効果が期待されている,スパイラル突起を装着したケ ーブル模型(スパイラル突起付き円柱)を並列円柱に用 いた際の振動の安定化や不安定化に何が影響するのか を,下流側模型に作用する非定常空気力及び並列円柱 間の流れ場から調べ,その結果から逆説的に並列2円 柱におけるウェイク振動発生機構の解明を試みた.

2. 自由振動応答特性

袁ら¹⁾が行った並列 2 円柱模型の自由振動応答実験 について,無次元風速 *U/fD*=177.8(風速 *U*=12m/s,円柱 の固有振動数 *f*=1.35Hz,円柱の直径 *D*=50mm)における 下流側模型の応答軌跡を図-1 に示す.下流側模型の中 心位置は,有風時の静的変位を考慮し水平方向に*W*, 鉛直方向に*S*で,また下流側模型の時間平均位置から の振動応答を水平方向*ξ*,鉛直方向ηで表す.2円柱の 配置によって鉛直卓越振動または2自由度連成振動が 見られ,(*W*/D,*S*/*D*)=(3,0.5),(7,0),(7,0.5)を代表ケースとし て本研究の検討対象とした.





京都大学大学院工学研究科	正会員	八木	知己
神鋼鋼線工業株式会社	正会員	榊	一平

1.5mm,幅は 2.4mm とした.突起の有無による応答特 性及び空気力特性の差異について検討するため,2円柱 共にスパイラル突起付き円柱にした場合だけでなく, 片側のみスパイラル突起付き円柱としたケースも検討 した.無風時の下流側模型中心位置を水平方向 X,鉛直 方向 Y で表す.1 自由度鉛直フラッターの発生する X/D=7,Y/D=0における振動応答結果を図-2に示す.この ケースでは上流側のみにスパイラル突起付き円柱を用 いると,下流側模型の振動応答は不安定化し,下流側に スパイラル突起付き円柱を用いると振動が抑制された が,配置によって様々な応答が見られた.これらの理由 を以降の実験から考察する.



3. 非定常空気力測定実験

下流側模型に作用する非定常空気力を1自由度強制 加振実験から求めた.非定常空気力は,8つの非定常空 気力係数を用いて次のように表される.

$$Lift = \frac{1}{2}\rho DU^{2} \left(kH_{1}^{*} \frac{\dot{\eta}}{U} + k^{2}H_{4}^{*} \frac{\eta}{D/2} + kH_{5}^{*} \frac{\dot{\zeta}}{U} + k^{2}H_{6}^{*} \frac{\dot{\zeta}}{D/2} \right)$$
(1)

$$Drag = \frac{1}{2}\rho DU^{2} \left(kP_{1}^{*} \frac{\dot{\eta}}{U} + k^{2}P_{4}^{*} \frac{\eta}{D/2} + kP_{5}^{*} \frac{\dot{\xi}}{U} + k^{2}P_{6}^{*} \frac{\xi}{D/2} \right)$$
(2)

Takuya SHIMODA, Tomomi YAGI, Yishan YUAN, Ippei SAKAKI, Kyohei NOGUCHI shimoda.takuya.47a@st.kyoto-u.ac.jp

2自由度連成フラッターの発生する W/D=7, S/D=2では, 非定常揚力の水平速度比例成分である H₅*が正の大き な値になることでフラッターが発生することが既往の 研究¹⁾より明らかになっている.このケースにおける H₅*の値を図-3に,加振1周期ごとに求めた H₅*の標準 偏差を図-4 に示す.スパイラル突起付き円柱を用いる と,H₅*の値と加振1周期ごとに求めた H₅*の標準偏差 が小さくなり振動が安定化した.スパイラル突起付き 円柱はカルマン渦を抑制することが既往の研究²⁾から 判明している.ゆえに,カルマン渦によって下流側模型 に作用する連成空気力が変動することが,図-1 で見ら れた非定常な2自由度連成フラッターが発生する要因 であると推測される.



4. 乱れ強度測定実験

単独で存在する円柱模型とスパイラル突起付き円柱 模型の後流域の乱れ強度を測定した結果を図-5 と図-6 に示す.1自由度鉛直フラッターの発生する W/D=7, S/D=0と W/D=3, S/D=0.5 では、上流側のみスパイラル 突起付き円柱にすると振動が不安定化するが、このと き下流側模型位置での乱れ強度が減少することから、 乱れが1自由度鉛直フラッターに対して振動抑制効果 があると考えられる.

5.スパイラル突起による2円柱間流れの変化

既往の研究³では,1自由度鉛直フラッターの原因 となる2円柱間を流れる速い流れ(Gap-Flow)の発生時,



図-6 スパイラル突起付き円柱後流域の乱れ強度分布

下流側模型に作用するカルマン渦の周波数が,下流側 模型が単独で存在する時に放出する渦の周波数より大 きいことが指摘されている.1自由度鉛直フラッターの 発生する W/D=3, S/D=0.5 で,下流側模型に作用する静 的空気力から下流側模型に作用するカルマン渦の周波 数を調べたところ,下流側模型がスパイラル突起付き 円柱の時は Gap-Flow が発生しないことが明らかとなっ た.そのためスパイラル突起は Gap-Flow を抑制する可 能性があり,これによって1自由度鉛直フラッターの 発生が抑制されることが示唆された.

5. 結論

- ウェイク振動の制振対策として、ケーブルにスパ イラル突起を装着することの有効性が示された.
- 2) 非定常な2自由度連成フラッターは下流側模型に 作用する連成空気力が上流側模型から放出される カルマン渦によって変動することで発生すること が示唆された.
- 1) 上流側模型からの乱れが1自由度鉛直フラッター
 への振動抑制効果を発揮することが分かった.

参考文献

1) 袁ら:平成 29 年度日本風工学年次研究発表会梗概集, 175-176, 2017
 2) 八木ら:第 21 回風工学シンポジウム論文集, 263-268, 2010
 3) Sumner et al.: J. Fluid Mech., 411, 263-303, 2000