

並列ケーブル中心間隔を変化させたウェイク振動特性の検討

川田工業 (元横浜国立大学大学院) 正会員 ○五十嵐 正信 横浜国立大学 正会員 勝地 弘
 横浜国立大学 フェロー 山田 均 横浜国立大学 正会員 西尾真由子

1. はじめに

物体まわりに風が流れているとき、それにより生成される後流の範囲内に物体が配置されている場合、その後流によって下流側物体が振動することがある。これは上流側物体からはく離れた流れまたはカルマン渦が下流側物体表面に再付着することで、下流側物体の表面圧力分布が変化し、それにより発生する揚力と変位に位相差が生じることで振動すると考えられている。このような後流により生じる振動はウェイク振動と呼ばれている。後流の影響を受けるようなものとしては、斜張橋ケーブル、送電線、煙突・換気塔、化学プラントなど様々な対象構造物が想定されることから、発生メカニズムの解明は重要な課題である。ウェイク振動に関する研究は、実験的・解析的に数多くの研究がなされてきているが^{1), 2), 3)}、いまだ厳密な振動発生メカニズムは明らかになっていない。

このようなウェイク振動は上流側物体と下流側物体の配置間隔により異なる振動が起こることが知られており、風向直角方向の振動が卓越するウェイクギャロッピング(WG)と風向方向の振動が卓越し楕円を描くように振動するウェイクインデューストフラッター(WIF)の2種類がある。物体配置間隔により異なる振動がなぜ発生するのか、またどのような流れパターンで振動現象が遷移していくのかは明らかになっていない。

そこで本研究では、一様流中に水平、上下の相対位置を変えた2つの円柱を配置した2自由度のばね支持風洞試験を行うことで、振動がどのように変化していくのかを考察した。また、この時の物体まわりの流れがどのように変化していくのかを確認する目的でPIV(Particle Image Velocimetry)試験を行った。

2. ばね支持風洞試験

ばね支持風洞試験は、エッフェル型風洞を使用する。一様流中に2つの円柱を配置させ、上流側を固定支持、下流側を水平・鉛直2自由度の弾性支持とする。円柱模型の直径は48.6mm、下流側円柱の振動数は1.7Hz、スクリーン数は80程度であり、その変位はレーザ変位計により測定する。測定風速は0~15m/s程度である。円柱の中心間隔は円柱直径Dに対する水平距離L、鉛直距離eをL/D、e/Dとして定義する。実験はL/D: 4~10、e/D: 0.0~2.5の配置で行い、それぞれ鉛直方向、水平方向に強制加振することで減衰波形を取得し、それにより対数減衰率を計算する。また、L/D=4, 8, 10については振動振幅も計測する。

各風速で計算した鉛直方向対数減衰率と風速の関係の例を図1に示す。L/D: 4~8では風速によらずほぼ一定であるのに対して、L/D: 9, 10では高風速域で大きくなっていることから、L/Dが8と9の間で振動特性が変化すると考えられる。図2,3に風速10m/sでの鉛直・水平の対数減衰率のコンターをそれぞれ示す。図3により、図1で例として示した境界が確認できる。そしてその境界は全体としてはL/D: 8~9、e/D: 1.0~1.5に存在するといえる。

3. PIV試験

ばね支持実験と同じ条件でPIV試験を行う。ここでは風速5.8m/sにおいて2000fpsで撮影した結果を示す。下流側円柱中心軸に沿う鉛直平均風速分布を図4に示す。e/D: 1.0の場合、他の配置よりも鉛直上向き速度が大きくなっている。これは2円柱間を吹き抜けるような流れ場の存在を示唆していると考えられ、実際にこの

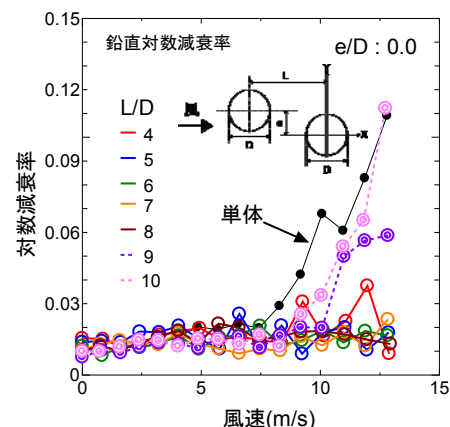


図1 対数減衰率と風速の関係(例)

キーワード 並列ケーブル, ウェイク振動, 風洞実験

連絡先 〒240-8501 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5 TEL045-339-4243

ような流れは流線からも確認することができた. このように $e/D: 1.0$ 付近では流れ場が変化していると考えられる.

次に, 下流側円柱前縁の鉛直平均風速分布について図5に示す. $L/D: 8$ を境に円柱上下のピークが逆転していることから, $L/D: 8$ で流れ場が変化していると考えられる. これらの境界はバネ支持実験により判断した境界とほぼ一致する. また, $L/D: 4.0$ の WG が発生した条件では, ピークの大きさが上下で等しくない. このことは下流側円柱周りの速度分布が上下対称にならず, 圧力分布も非対称になると考えられ, 励振力が発生しているといえる.

4. ウェイク振動に関する考察

本研究では $L/D: 4, e/D: 0.0$ の条件で図6に示すように WG が発生した. そしてその振動軌跡は風速により異なる特性を示した. 振動軌跡の例を図6下図内に示す. WG は鉛直1自由度の振動と考えられてきたが, ヒステリシスを描くような2自由度の振動軌跡となっており, さらにその軌跡は傾斜軌道になっている. 楕円長軸の主軸と鉛直座標のなす角を振動角度と呼ぶことにし, 反時計回りを正として定義する. WG 発現から鉛直最大振幅直前までは正の振動角度, 鉛直最大振幅時で0, 鉛直最大振幅後以降は負の振動角度になった.

5. 結論

並列ケーブル中心間隔を変化させたウェイク振動特性の検討を行った. その結果, 2つの円柱の水平間隔が直径の8倍, 鉛直間隔が直径の1.0~1.5倍の配置のときに遷移状態になることを確認した. また, 実験では2自由度の WG が発生し, 風速によりその振動軌跡が変化していく様子を捉えた.

参考文献

- 1) 白石成人, 松本勝, 白土博通 : 2本直列柱の空力応答特性とその発生機構に関する基礎的研究, 風工学シンポジウム論文集, 7巻, pp.277~284, 1982.
- 2) 藤澤伸光 : 並列ケーブルのウェイクギャロッピングに関する一実験, 風工学シンポジウム論文集, 13巻, pp.239~244, 1994.
- 3) 宮田利雄, 山田均, 勝地弘, 篠原健太郎 : 並列ケーブルのウェイク振動に関する風洞実験, 風工学シンポジウム論文集, 16巻, pp.489~494, 2000.

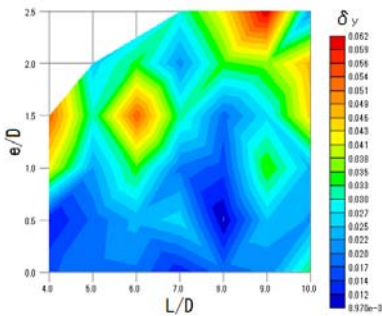


図2 鉛直方向対数減衰率

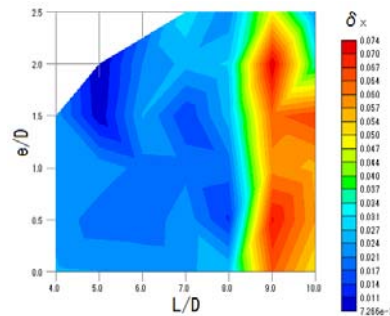


図3 水平方向対数減衰率

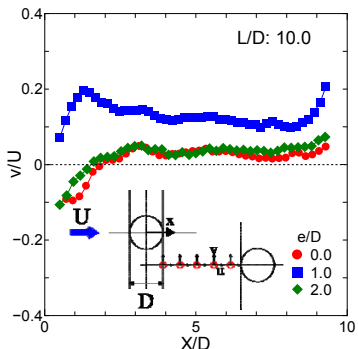


図4 下流側円柱中心軸に沿う鉛直平均風速分布

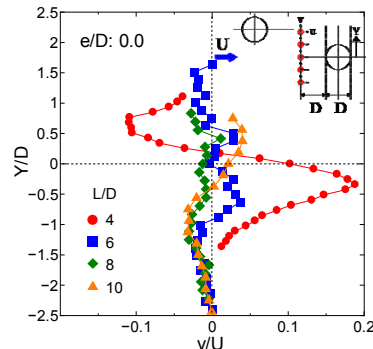


図5 下流側円柱前縁の鉛直平均風速分布

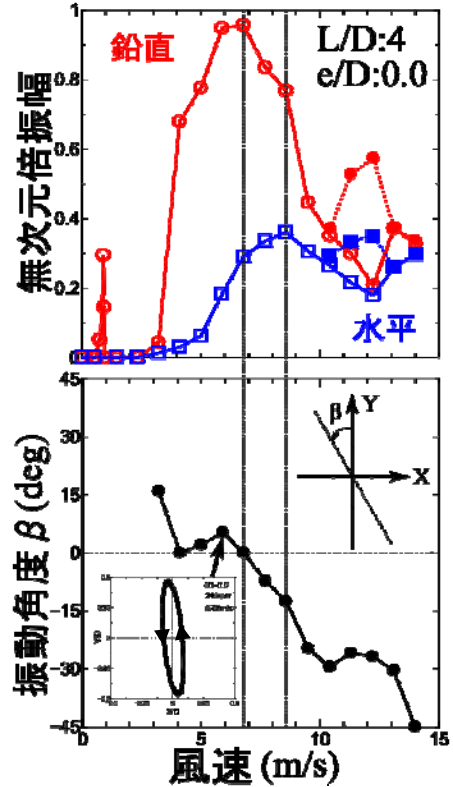


図6 振動振幅と振動角度