【 −11】

円柱周りの流れ場がウェイクエクサイテイションに及ぼす影響

| 徳島大学大学院 | 学生会員 | 井上 真尋 | 徳島大学 | 正会員 | 野田 稔 |
|------------|------|-------|------|------|-------|
| コーナン建設株式会社 | 非会員 | 谷 義彰 | 徳島大学 | フェロー | 長尾 文明 |

1. はじめに

並列円柱の空力振動現象の1つとしてウェイクエクサイテイションが知られており,今も研究が進められて いるが,ウェイクエクサイテイションの振動メカニズムは未だに不明瞭な点が多く,明確にされていないのが 現状である.そこで本研究では,ウェイクエクサイテイションの発生の主要因と考えられる円柱後流に焦点を 置き実験を行った.並列円柱の下流側円柱を2自由度ばね支持による応答実験に加えて,円柱周りの風速の測 定を行い,並列円柱の下流側円柱の応答に対する円柱の後流性状の影響を検討した.

2. 実験概要

(1) 2自由度応答実験

模型の配置状況を図-1 に示す.並列円柱の直径 D=42mm とし,2円 柱の中心間距離が無風時に L=3D(126mm) となる位置に配置して応答 実験を行う.このとき,応答は鉛直変位 Y,水平変位 X,吹流し距離 l(静的な空気力を受けることで下流側円柱の中立軸が移動した距離)を測定する.下流側円柱は図-2の様に上下左右8本のばねで支持した.振動数 f を鉛直,水平方向共に2.2Hz とし,両下端に設置したオイルダン $パーを調節することで対数減衰率 <math>\delta$ を 0.007($Sc:Sc = 2m\delta/\rho D^2 = 16.4$) に設定して応答実験を行う.



図-1 模型配置

(2) 円柱後流の測定

I型熱線プローブによって,基準風速が U₀=1,2,3,4,5,6,9m/s の時の 単独静止円柱後流の風速測定を行う.測定は円柱の中心点からの水平 間隔 x=1D~5D の各断面において,y=3D の位置から 0.25D ずつ鉛直 方向に下ろしていき,3D~-3D までの 25 点,計 125 点で行う.なお, 風速データのサンプリング周波数は 1kHz,サンプリング数は 20000 個 (評価時間:20s)である.

実験結果及び考察

(1) 下流側円柱の応答

下流側円柱の鉛直倍振幅を図-3 に, 吹流し距離を図-4 に示す.並列 円柱の下流側円柱は2段階の不安定なリミットサイクル (UnstableLC) が伴うハードフラッター型の応答を示した.1段階目の安定なリミッ トサイクル (1st-StableLC) は倍振幅で1D程度の振幅が発生するが, 風 速が増加しても振幅はわずかにしか発達せず, 吹流し距離もほぼ0で あった.この原因としては,自励振動が発生しているが,上流側円柱



図-2 下流側円柱の支持状況

の死水域内での振動であったためと推測される.2段階目の安定なリミットサイクル (2nd-StableLC) は風速が増加するに連れて振幅が大きくなり,吹流し距離も急激に増加する.これは風速の増加によってギャップフローが発生し,下流側円柱に働く揚力と抗力が増加し,この揚力の増加により円柱の振動方向に空気力が生まれて励振力がさらに増幅され鉛直振幅が大きくなり,外部流によって生じる抗力によって吹流し距離が大きくなったものと考えられる.

(2) 円柱周りの流れ場

応答実験での下流側円柱中心まで距離 x=3D における円柱後流の風速分布と乱れの強さの測定結果を図-5, 図-6 に示す.図-5 の結果から風速比が1以下の範囲となる幅は, y=2D~3D 程度となっている.ここで図-3 を 見ると倍振幅 2Y=2D~3D というと2 段階目の安定なリミットサイクルの倍振幅とほぼ一致する.つまり2 段階目の安定なリミットサイクルは,風速比1をまたぐ剥離流の層において,正圧と負圧の差によって励振力を受けて発生する大振幅であると考えられる.

また図-6を見ると,乱れの強さがピークを示す y/D はおおよそ+0.5,-0.5 の2点であり,倍振幅で1D 程度と なっている.これを図-3と比較すると,1段階目の安定なリミットサイクルの振幅とほぼ一致する.乱れの強 さが最大となる位置にはカルマン渦の中心が通っていることが予想され,加えて,1段階目の安定なリミット サイクルは風速の増加に伴う振幅の増加が見受けられないことから,1段階目の安定したリミットサイクルは, 剥離流が形成するカルマン渦によって振幅を拘束されている振動であると考えられる.

次に,実験で得られた風速の時系列データをフーリエ変換することで変動風速のパワースペクトルを算出した.図-7 は各 y/D で得られたパワースペクトルを周波数と風速の2 乗で無次元化した値をプロットしており,本論文では紙面の都合上 X=3D,U=6m/s の場合のデータのみ掲載する.これを見ると高周波成分を含む部分と含まない部分が y/D によってはっきり分かれていることが分かる.ここで,高周波数を含む範囲を後流内,含まない範囲を後流外と考え,その境界になる y/D の値を各 x/D,各風速でも読み取りその各値から最小二乗法によって次のような近似式が得られた.

 $y/D = \alpha(x/D)^{\beta}$ $\alpha = 0.586071U^{0.302852}$ $\beta = 0.751736U^{-0.150329}$

近似式より図-8の様な推定値が得られる.図-8を見ると風速が増加するほど後流の幅が拡大していることが 読み取れる.ここで図-3を見ると,剥離流の影響を大きく受けていると考えられる2段階目の安定なリミット サイクルが,風速が増加するごとに振幅が増加しており,後流の幅が拡大が振幅の増加に寄与していると推測 される.



4. おわりに

今回の研究で以上の結果が得られたが,振動のメカニズムと後流の性状の関連性については,推測の域を出 ず,さらに詳しい検証が必要である.詳細な後流の性状を把握するために,流れの可視化の実験を行い,その 結果を含めた上でさらに詳しく検討する必要がある.

参考文献

1) 宇都宮英彦他, "角柱後流の作用による円柱の空力振動特性に関する研究", 第17回風工学シンポジウム論文集, pp.309-314, 2002.