

九州工業大学 学生員 幡手信司
九州工業大学 正 員 久保喜延
鴻池組 弓山 肇

1. まえがき 非流線形断面を有する複数の Bluff Body の Wake 内における空力弾性振動のメカニズムを解明するため、本報告では種々の断面の Bluff Body の空力弾性振動応答を観察することにより、現象の共通点および相違点を探ることを目的として、上流側模型を固定し、下流側模型を上下1自由度振動系とした応答実験を行ない、加えて並列円柱においては、流れの可視化実験も若干行なった。以下実験方法および実験結果を報告する。

2. 実験 実験に使用した模型は、円柱の場合が直径 50mm のアルミパイプ、正方形角柱の場合が一辺 15mm のアルミ角パイプ 4 本を結合し、その表面に厚さ 10mm のウツドラックを接着した一辺 50mm の正方形角柱である。平板は板厚 12mm 幅 50mm のベニヤ板である。(Fig.1) 実験条件は、円柱の場合が固有振動数 $f_n = 8.95 \text{ Hz}$ 、構造減衰率 $\delta_s = 0.0011$ 、重量 $W = 2.3 \text{ kg}$ 重、角柱の場合がそれぞれ $f_n = 7.86 \text{ Hz}$ 、 $\delta_s = 0.002$ 、 $W = 3.0 \text{ kg}$ 重であった。実験項目としては、単独円柱、並列円柱、平板-円柱、並列角柱とし、並列の場合は上下流面模型の水平間隔を変化させ、応答の変化をペンレコーダーに記録した。

3. 実験結果および考察 (a) 単独円柱: Fig.2 は単独円柱の応答を示したものである。円柱のストローハル数は 0.2 であるから、この場合の渦励振開始は限界風速の $V_r = 5$ となっており、 $V_r = 6.1$ で 1 次のピークが現われる。次に $V_r = 15.4$ で 2 次のピークが現われている。このピークの部分を Durgin は低次モードの渦励振であるとして、渦の発生振動数が 1 次のピークに対し 3 倍になった状態で同期が生ずるため発生する現象であるとしているが、1 次のピークに対応する風速 $V_r = 6.1$ の 2.52 倍の風速 $V_r = 15.4$ で 2 次のピークが生じており、Durgin が指摘しているメカニズムによるものとは考え難く、更に詳しく検討を重ねる予定である。

(b) 並列円柱: Fig.3 は並列円柱において、水平間隔を $3d$ 、 $6d$ 、 $8d$ 、 $12d$ 、 $36d$ と変化させた場合の応答を比較したものである。渦励振開始はいずれも $V_r = 5$ 付近であり、これは円柱のストローハル数が 0.2 であることに対応していると思われる。水平間隔 S_H が $3.5d$ 以下の近接状態では、フラッターの発生には不安定なりミットサイクルを伴っているが、 S_H が $4d$ 以上になると不安定なりミットサイクルは見られなくなる。さらに S_H を大きくしていくと、高風速域からフラッターの振幅が急速に減少して、 S_H が $12d$ 以上ではフラッターは発生しなくなるが、渦励振は $S_H = 38d$ まで現れ続ける。

(c) 平板-円柱および並列角柱: Fig.4 は上流側を平板とした場合の円柱の応答を示したものである。渦励振域の応答は、平板のストローハル数に対応する風速で生じており、また、並列角

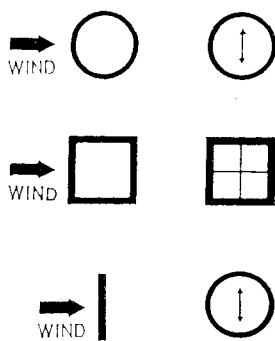


Fig.1 実験ケース

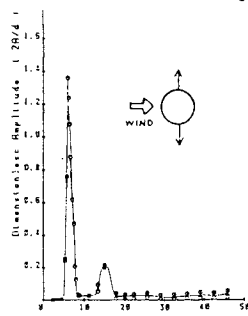


Fig.2 単独円柱の応答

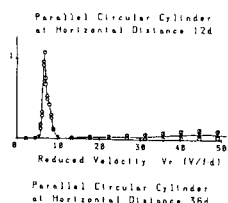
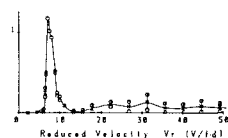
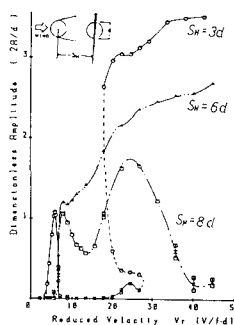


Fig.3 並列円柱の応答

柱の応答実験においても正方形角柱のストローハル数に対応しており、このことと並列円柱の結果より渦励振域の応答は、上流側断面から放出される渦のストローハル成分で加振されているものと考えられる。平板-円柱のフラッター領域は、並列

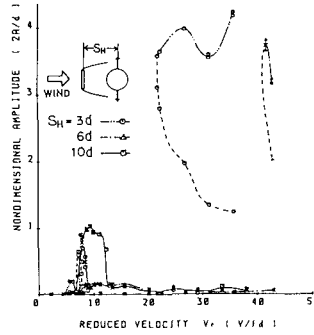


Fig.4 平板-円柱の応答

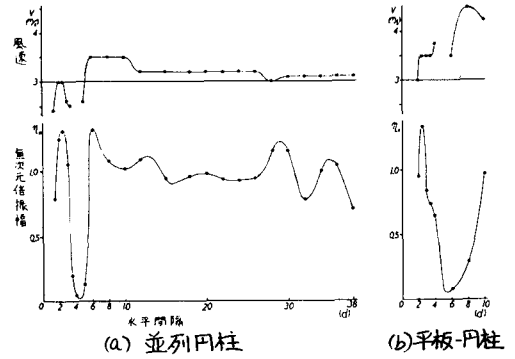
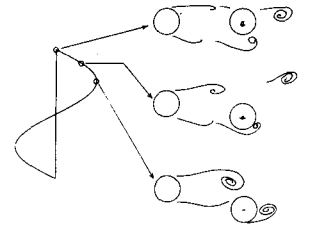
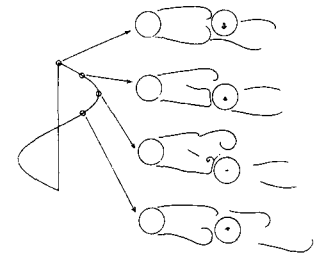


Fig.5 各水平間隔における渦励振域最大振幅

円柱に比べ高風速側にあり、両者の後流域の大きさの違いに関係するものと思われる。(d)渦励振域最大振幅の水平間隔に対する変化: Fig.5(a)は並列円柱の渦励振域における最大振幅と、最大振幅に対応する風速を調べたもので、水平間隔は1.5d~38dである。水平間隔1.5d~8dの比較的近い場合、振幅は水平間隔に敏感かつ急激な変化を見せている。また、最大振幅に対応する風速の変化は振幅の変化によく対応していることや、木谷の並列円柱における上流側円柱のストローハル数の水平間隔に対する変化の報告にも対応していることから、周辺流れの位相特性が変化しているものと考えている。一方、カルマンの渦列理論による渦列間隔が3.6dであることより、3dまでは下流側円柱は上流側円柱の最初の渦の形成域内にあるとも考えられる。特に $S_H = 4d$ 付近で渦励振が顕現しないのは、流れに位相のずれを生じ励起力とならないからではないかと考えている。 $S_H = 6d$ になると再び $\eta_0 = 1.3$ 程度の振幅が出るが、それに対応する風速は $S_H = 3d$ 以下の場合に比べ0.5%以上高くなっており、流れの状況が変化したものと思われる。水平間隔12d~26dでは、水平間隔の変化に対する最大振幅の変化は小さくなっているが、水平間隔28d~38dではその変化が再び顕著に現れており、後流中における渦の再生があるとも考えられる。平板円柱においてもFig.5(b)で見るように、水平間隔が10d以下の場合、並列円柱と同様な傾向を示すことがわかった。(e)可視化: Fig.6は並列円柱



(a) $V_r = 5.9$



(b) $V_r = 10$

Fig.6 可視化実験結果

水平間隔3dの場合で、直径30mmの円柱を用い、風速を0.32m/sとし、下流側円柱を強制加振して行なったものである。渦励振域に相当する(a) [$V_r = 5.9$] の場合、下流側円柱の動きは上流側円柱の剥離渦に同調し、後流内には明確な渦列が発生している。それに対し(b) [$V_r = 10$] の場合、上流側円柱からの剥離渦と下流側円柱の動きは位相のずれをみせており、渦は破壊され、後流内にはほとんど渦列は見られない。このことから、並列 Bluff Body の周辺流れを考える上で、上流側円柱からの剥離渦が巻き込みを始める位置、およびその渦と下流側円柱との位相を考えることが重要であると思われる。

4. まとめ 以上のことより、1)並列配置における渦励振は、いずれの断面においても上流側断面からの渦のストローハル成分で加振されていると考えられる。2)渦励振は上流側断面から放出される渦が作る後流域の流れの位相と水平間隔とが一致する場合に顕著な応答振幅が生ずると考えられる。3)水平間隔28d以上で見られた水平間隔の変化に伴う渦励振域最大振幅の変動の再発により、この領域での渦の再発が考えられる。

5. 謝辞 本研究に対し貴重な助言を賜りました九大応力研岡島厚助教に厚く感謝致します。

参考文献 ① H.W.Dunin, "Lower-Mode Response of Cylinders in Cross Flow", J.F.E. Vol.102, 1980

② M.Kiyama, M.Arie, "Vortex Shedding from Two Circular Cylinders in Staggered Arrangement", ASME, Vol.102, 1980