

2本直列柱体の空力応答特性に関する2、3の考察

京都大学工学部 正 員 白石 成人 京都大学工学部 正 員 松本 勝
 京都大学工学部 正 員 白土 博通 日本道路公団 正 員 佐川 信之
 京都大学大学院 学生員 〇 畑谷 康弘

1 王えがき 流体中に複数の構造物が配置され上流側物体の後流域内に他物体が存在する場合、この後流側物体が不安定振動を引き起こすことがある。これらの不安定振動のうち本研究では、特に流れに直角に2本円柱が近接して置かれた状態で後流側円柱が渦励振より高風速側で流れ直角方向に振動する現象、いわゆる Wake Galloping (Wake Galloping に関しては最近さまざまな研究が行なわれている。) に関して静的空気力特性、静的圧力分布特性、非定常圧力分布特性を調べ考察を加えた。

2 実験概要および実験結果、考察

(i) 応答特性 Fig. 1 に後流側円柱(直径58mm、長さ930mm、ジュラルミン製)の風向直角方向の応答図を示す。無次元風速 $V/V_D = 22$ 付近より Wake Galloping が発生している。この応答特性は X/D の値により、また模型質量および構造減衰により大きく変化することが実験結果より明らかになったが本研究でけとくに $(L, \theta) = (3D, 0^\circ)$ に注目し以下の実験を行なった。

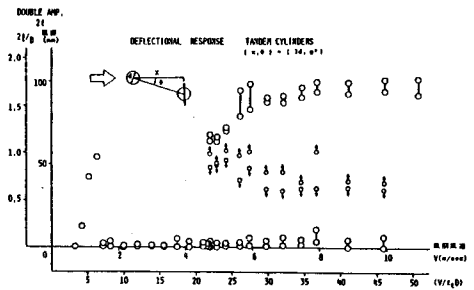


Fig. 1

(ii) 静的圧力特性 (i) と同一の模型とを用い円柱間距離を3Dに固定し流れ直角方向の位置 (X) を変え、それぞれの位置で各圧力孔における圧力を測定した。測定結果を Fig. 2 に示す。これより静的圧力分布特性は X/D の値により3つに分類される。Fig. 3 には各々のタイプの代表例として (I) $X/D = 0$, (II) $X/D = 0.35$, (III) $X/D = 0.86$ のパターンを示す。(I) では円柱の全領域で負圧となっており後柱が完全に後流内にあると思われる。一方(II) では 45° , (III) では 90° 付近で極小値となる。これは Fig. 4 に示すように2円柱間に流速の大きな流れ (Gap Flow) が存在しその方向が X/D により変化するためと思われる。Fig. 5 には各 X/D についで円柱まわりの圧力を積分し静的揚力係数に換算したものを示す。これより C_L 値はすべての X/D にわたり正の値を示し揚力は常に中心方向に作用するもの

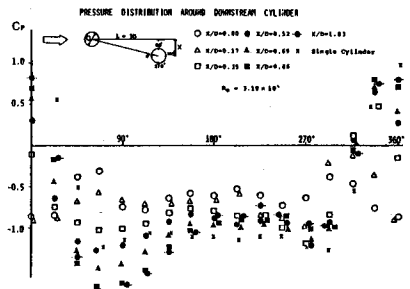


Fig. 2

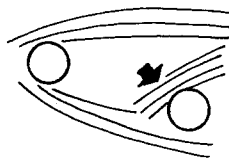


Fig. 4

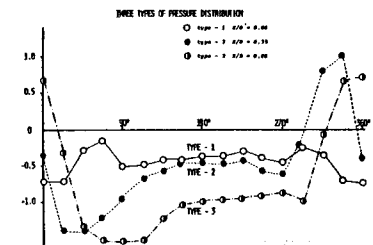


Fig. 3

と判断される。また $X/D=0.3$ および $X/D=0.8$ 付近に C_L 値のピークが認められるがこれらは図3に示した典型的な静的圧力分布特性と示す X/D 値と対応すると考えられる。

(iii) 動的圧力特性 Fig.6, Fig.7 は2本円柱と $(L/D)=(3D)$ の状態で Wake Galloping 発生時に変動圧力と揚力方向、抗力方向に分離し横分することにより、揚力係数、抗力係数と求め横軸に振動変位 X ととり振動一周期に渡り、て示したものである。同時に破線で静的圧力係数から得られ

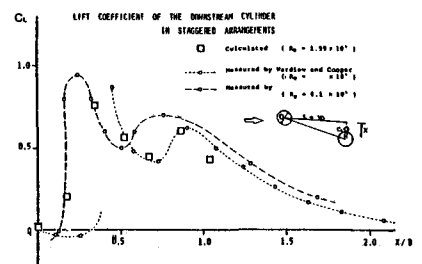


Fig.5

た静的圧力係数と示した。いき振動中の円柱に作用する揚力と $F(t)$ とすれば円柱の運動方程式は $\ddot{X} + 2\gamma\dot{X} + \omega^2 X = \frac{F(t)}{m}$ と表わされる。簡単のため $X(t) = X_0 \sin \omega t$, $F(t) = F_0 \sin \omega t$ とすれば振動一周期当り外力 $F(t)$ の仕事は $W = \int F(t) dx = \int_0^T F(t) \dot{X} dt = \pi F_0 X_0 \sin \phi$ とする。Fig.5 より $X_0 > 0$ のとき $F < 0$ となるから $W > 0$ となるためには $\phi < 0$ となり空気力が変位に対して位相遅れとなる必要である。Fig.7 より空

気力と変位との間にはある位相差 ϕ が存在し位相遅れであることが明らかとなった。また最大変位付近での変動揚力は静的揚力と比べ大きく異なり中心方向へ力は準定常揚力と比べかなり大きいことが知られる。このような特性はFig.8に示す流れ可視化実験結果から2円柱間を流れるGap Flowと密接な関係にあるものと考えられる。

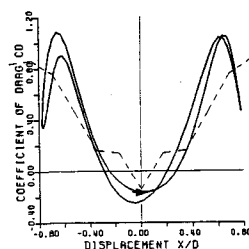


Fig.6

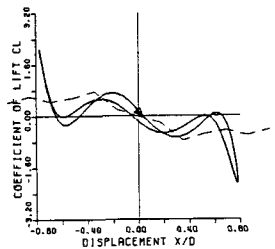


Fig.7

3 結論 本研究は2本円柱の Wake Galloping に注目し、その発生機構について主として圧力特性から考察を加えた。得られた結果は次のようである。

(i) 後流側円柱の静的圧力分布特性はその分布形状により (I) $X/D=0$ (II) $X/D=0.35$ (III) $X/D=0.86$ の3つのパターンに分類することができる。

(ii) 後流側円柱の静的揚力は常に Wake の中心方向へ作用し $X/D=0.3$ および $X/D=0.8$ 付近でピーク値をとる。これらは(i)で述べた(II)および(III)の圧力分布特性に対応するものであると考えられる。

(iii) 振動中の非定常圧力測定結果より後流側円柱に作用する変動揚力は円柱変位に対してある位相の遅れとあり、かつ最大振幅付近では静的揚力と比べかなり大きな値を示すことからその非定常性は強いものと判断される。

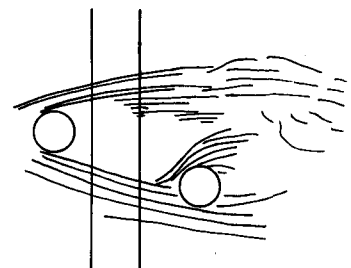
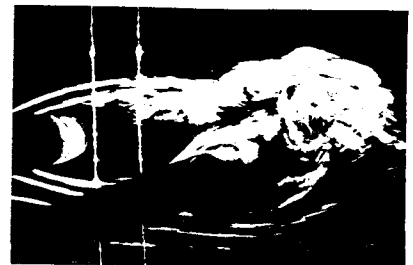


Fig.8

- 参考文献 1) 宇野宮英孝他：近接する並列円柱木の空気力学的挙動。土木学会論文報告集 536号 1983年
2) 白石成人 松本勝 自土達彦 松川清之：並列柱状物体間に関する基礎的研究。第7回風工学シンポジウム