

(II-49) 流体中に設置された円柱群に作用する流体力について

東洋大学大学院 学生員 本溜博理
東洋大学 森川竜士 清水洋孝
東洋大学 正会員 福井吉孝

1 はじめに

『河川環境の整備と保全』のためには、河道内にある樹木に作用する流体力の特性を把握することは重要である。本研究では矩形開水路内に、円柱群を設置し、円柱の配置方法の違いによって円柱群に作用する抗力がどのように変化するかを明らかにすることを目的として、実験による検討をおこなった。

2 実験方法

実験は全長8m、幅10cmの亚克力製可変勾配開水路を使用した。流量約3.2(l/s)、勾配1/500、植生にはステンレス製円柱直径 $d=0.5\text{cm}$ で、円柱なしの状態等で流になるように下流には堰上げが施してある。図1に水路図の概要を示す。横断1列、縦断1列に円柱を水路床に設置し、水温を測定、ポイントゲージによって水深を測定、2次元電磁流速計により流速(u, v, w)を測定した。また、3分力計により円柱群の中の各円柱に直接かかる流体力をサンプリング周波数10hz、測定時間約1分間として測定をおこなった。

実験は円柱の設置を横断方向1列に1本、以後等間隔に2本($s=2d, 4d, 6d, 8d$)、3本($s=2d, 4d, 6d$)、5本($s=4d$)、9本($s=2d$)、水路中央部縦断方向1列5本を等間隔に $l=2d, 4d, 6d, 8d, 10d$ のケースにおける測定をおこなった。ここでは円柱の中心間距離を s (横断方向)、 l (流下方向)としている。なお、円柱は水没しない。

実験値から求めた水理量は、等流水深 $h_0=10.63\text{cm}$ 、限界水深 $h_c=4.71\text{cm}$ 、粗度係数 $n=0.015$ 、フルード数 $Fr=v/\sqrt{gh}=0.29$ で常流、アスペクト比 $B/h=0.94$ 、レイノルズ数 $Re=vR/\nu=1.0\times 10^4$ で乱流である。

3 実験結果および考察

i) 水位差

図2に各ケースの円柱群前後2cmの水位差 Δh を示す。横断の本数が増えると水位差が大きくなる。円柱の本数と間隔に比例していることがわかる。また、縦断の間隔が広がると水位差は小さくなる。

ii) 分力計による測定結果

横断1列円柱群

図4に横断円柱群の本数の違いによる各抗力を示す。単独円柱は分力計を移動してその度に測定をおこなった。単独円柱の抗力の平均は0.0292N、抗力係数1.053である。特徴として、本数が増えれば1本に作用する抗力は上がり、その横断分布形状は流速分布の形に比較的近くなる。1例として図3に9本の流速分布を示す。水が円柱に当たる面積が広くなり、後流の影響を受け円柱後の流速は下がり、水位差も大きくなり、そして圧力差も大きくなり抗力は増加する。

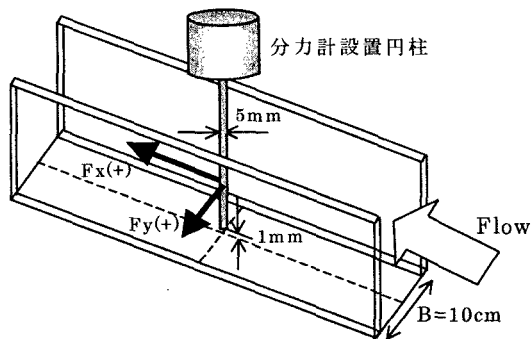


図1 水路概要図

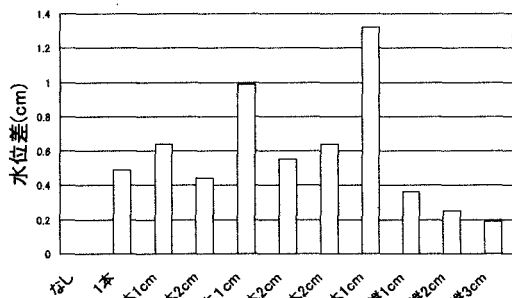


図2 円柱群間2cm水位変化

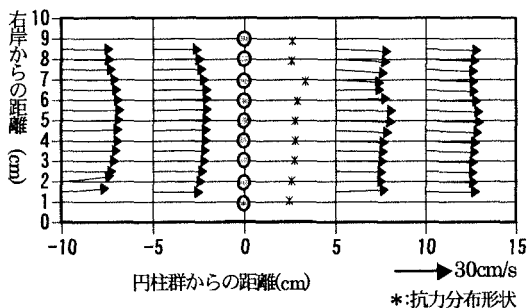


図3 横断1列9本円柱群($s=2d$)における水路床から5cmのuvベクトル図

Key Word 円柱群 抗力

連絡先: 埼玉県川越市鯨井2100 TEL 0492-39-1404 FAX 0492-31-4482

縦断1列円柱群

図5に水路中央(5cm)に縦断円柱群1列5本 $l=2d, 4d, 6d, 8d, 10d$ の抗力の実測値との比較のために、水路中央に2本の円柱を設置し、そのうち上流側を固定し下流側に分力計を設置し、間隔を変化させた図を示す。上流側1本目の円柱は後の円柱の間隔により値が異なり、2dは単独円柱の抗力より小さい。6dで最大値になり、8d、10dと抗力は徐々に減少していく。2本目以降は2dでは0に近い値から徐々に増えていくことがわかる。2本目の抗力の大きさは1本目に比較して2d:94%、4d:57%、6d:41%、8d:33%、10d:32%の減少となり間隔の広がりにより減少率は低くなる。4dより間隔が広がると抗力は0.02N付近の値になる。等間隔に円柱があると抗力は単独1本の値より小さい値に落ち着いていく。2本のケースでは10d以上で1本の抗力値に近づく。

図6は縦断1列の断面平均流速により求めた円柱群後の距離5cmの位置での流速を円柱群前10cmで無次元化したグラフである。円柱群後の速度欠損は円柱設置間隔が広がると大きくなり、水路壁側の流速が速くなる。群後5cmの後流の幅は2dで3.02cm、4dで3.32cm、6dで3.34cmとなる。2dが一番小さくなるのは群としての後流が現れているからである。

iii) 運動量の式による抗力の算出

流れは不等流であるので、断面平均した流速を用いて、検査面にかかる力を計算し(1)式に代入することにより群全体にかかる抗力を算出する。

運動量の変化

=作用する力 {せん断力、圧力、水の自重、抗力}

— (1)

図7に横断1列円柱群の実測値と計算値による全抗力の結果を示す。実測値は図4の各横断円柱の抗力を合計した値であり、計算から求めた値と両方の結果を一点鎖線で示したがほぼ一致した。なお、実線は1本にかかった測定値を基にして、その値をN(本数)倍にした結果を連ねたものである。複数の円柱にかかる抗力は1本の円柱にかかる抗力の単純倍ではないことがわかる。

4 おわりに

横断の群では本数が増えれば全抗力は上がり、縦断の群になると間隔の違いにより、6dまでは抗力は増加するが8d以降は減少していくことがわかった。

以上より、ある密度をなした群の抵抗係数を考える際、横断間隔、縦断間隔、後流の幅、前後の水位差、を適確に把握できれば、群としての抵抗係数を評価できるであろう。

参考文献

- 1) 藤井 林 他：開水路中の円柱群に作用する流体力に関する実験、第55回年次学術講演会
- 2) 長林：河道内樹木の洪水時における抵抗評価について、流体力の評価とその応用に関するシンポジウム
- 3) 宮川 福岡 他：近接した円柱橋脚まわりの河床変動と流体力、水工学論文集第44巻

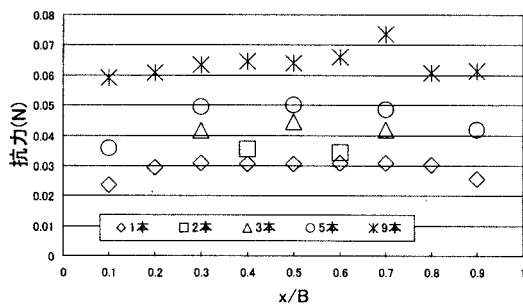


図4 横断1列円柱の抗力

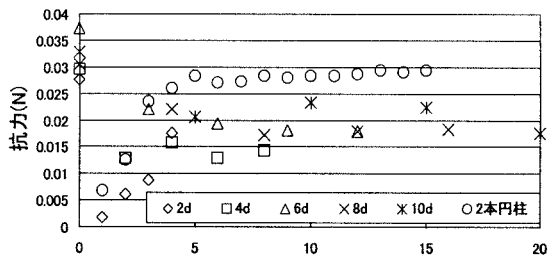


図5 縦断1列5本円柱の抗力

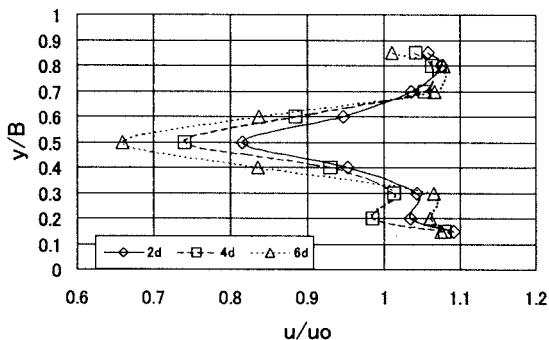


図6 縦断1列円柱群による速度欠損 (・10cm~5cm)

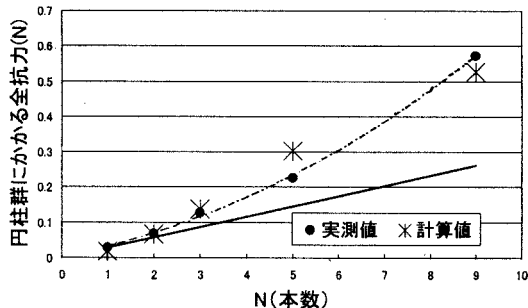


図7 横断1列円柱群の全抗力 (実測値と計算値)