

(Ⅱ - 22) 開水路中における直円柱群に作用する流体力特性について

防衛大学校土木工学教室 学 生○中森圭一
 " " 正 員 林建二郎
 " " 正 員 藤間功司
 " " 正 員 重村利幸

1. はじめに

本研究は、河道内に存在する樹木群に作用する流体力特性に関する基礎的な実験として、開水路中の横断方向に1列および2列配置されたそれぞれ直円柱群に作用する流体力の計測およびおおよそエネルギー損失特性を調べたものである。河道内の樹木群にかかる力を知ることは、河道の抵抗や種々の水理量を知る上で重要である^{1), 2)}。

2. 実験装置および方法

実験には、長さ16m、幅0.5m、高さ0.5mの両面ガラス張り可変勾配開水路を使用した。直径 $D=1\text{cm}$ 、高さ25cmの亚克力製円柱を厚さ2mmのアルミ板(長さ1m、幅0.5m)に鉛直接着した直円柱群を、図1に示すように水路下流端より2.55mの位置に設置した。水路横断方向に1列および2列に整列された直円柱群の円柱間隔は横断方向に $t=1\text{cm}$ 、流れ方向に $t'=1\text{cm}$ である。

実験は、流量 $Q=0.028\text{m}^3/\text{s}$ の一種類で行った。三種類の水路勾配($i=0, 1/488, 1/163$)において、水路下流端の堰高(0cm, 6cm, 8cm, 10cm, 12cm, 14cm, 16cm)によって調整されたそれぞれの水位における直円柱群の上、下流側近傍の水位変化、および円柱群を構成する水路中央位置における一本の円柱に作用する抗力 F_x を測定した。抗力 F_x の測定は、三分力計に亚克力円柱を片持梁形式で鉛直設置して行った。円柱下端とアルミ底板との間隙は1mm以下とした。

3. 実験結果および考察

円柱群の上流側 5cmの位置における水深を代表上流水深 h_1 とする。円柱群下流部において、水面変動がほぼ安定した位置における水深を代表下流水深 h_2 とする(図-1参照)。 h_1 と h_2 との水位差を Δh とする。

限界水深 $h_c=(Q^2/(gB^2))^{1/3}=6.8\text{cm}$ を用いた無次元値 $\Delta h/h_c$ と h_1/h_c の関係を水路勾配 i をパラメーターとして図-2 a), b)に示す。a)は一列配置の場合、b)は二列配置の場合である。a)には、水路中に格子を一列に設けた時の損失水頭 Δh_g に対するKirschmerの式³⁾((1)式参照)を用いた水位差の算定値 Δh_g も示している。

$$\Delta h_g = \beta (D/t)^{4/3} (V^2/2g) \sin \theta \quad \cdots (1)$$

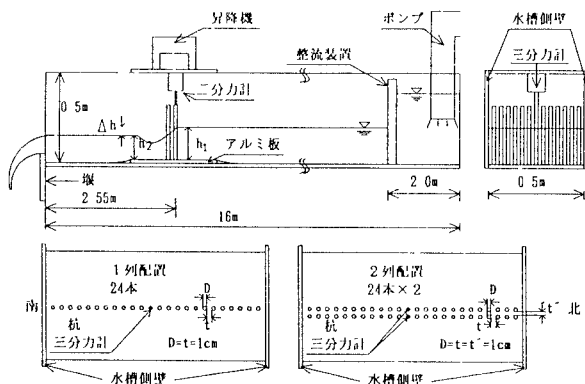


図 - 1 実験装置の概略

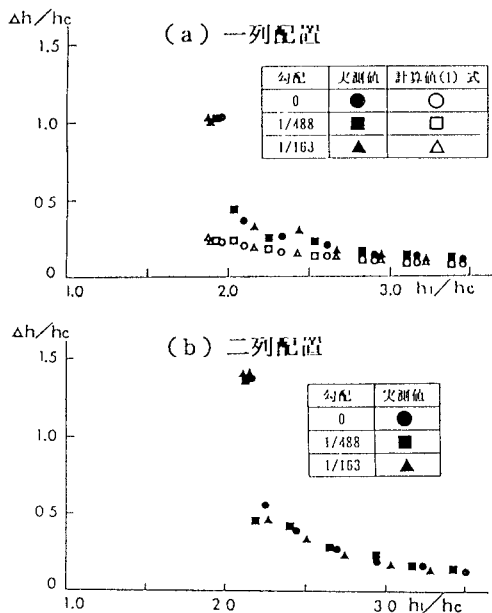


図-2 水位差 $\Delta h/h_c$ と h_1/h_c の関係

但し、 β ：断面係数（円柱の場合 $\beta=1.73$ ）

V：杭より上流側の平均流速、D：杭の直径

t：杭の間隔、 θ ：杭と底面との角度($=90^\circ$)

Δh は h_1 の増加につれて減少すること、および二列配置の場合が一行配置の場合より大きいことが認められる。一行配置の場合には、 h_1/h_c が大きな領域 ($h_1/h_c > 2.8$) つまりフルード数Frの小さな領域 ($Fr = (hc/h_1)^{3/2} < 0.21$) ではKirschmer式との一致は良好である。

F_x と h_1/h_c の関係を水路勾配iをパラメーターとして図-3 a), b)に示す。a)は一行配置の場合、b)は二列配置の場合である。 F_x は h_1/h_c の増加（フルード数Frの減少）とともに減少することが認められる。二列配置の場合、上流側円柱に作用する F_{x_1} の値は、下流側円柱に作用する F_{x_2} よりも大きく一行配置の場合の F_x とほぼ同じである。また、 F_{x_1} と F_{x_2} の差は h_1 に依存しないことも認められる。

(2)式で定義される抗力係数 C_D と h_1/h_c の関係を水路勾配iをパラメーターとして図-4 a), b)に示す。a)は一行配置の場合、b)は二列配置の場合である。

$$C_D = F_x / (0.5 \cdot \rho \cdot D \cdot h_1 \cdot V^2) \quad \dots (2)$$

式中、V：杭より上流側の平均流速、 ρ ：水の密度
一行配置円柱の C_D と二列配置上流側円柱の C_D は、ほぼ同じ大きさを示し、 h_1 に対する変化は認められない。しかし、二列配置下流側円柱の C_D は、 h_1 が増加するにつれて減少することが認められる。

円柱群によるエネルギー損失率を h_1, h_2 より算定した。損失率は、 h_1/h_c の増加（フルード数Frの減少）とともに減少することが認められた。

4. おわりに

開水路中におけるスクリーンの抵抗係数⁴⁾や、開水路全幅、全長に杭型粗度の抵抗係数に関する既往の実験結果^{1), 2), 5)}との比較・検討を現在行っている。

参考文献

- 1) 福岡、藤田：洪水流に及ぼす河道内樹木群の水利的影響、土木研究所報告、vol.180-3、(1990)。
- 2) 池田、中原、須賀：平坦床から柱状粗度床への急変部における流れの遷移、関東支部講演概要集、(1991)。
- 3) O.Kirschmer, J.Spangler, Hydr.Inst.T.H.Munich, (1),21,(1926), (2),46,(1928)。
- 4) 吉元、若井、福井：開水路中のスクリーンを通る流について、関東支部講演概要集、pp.92~93、(1990)。
- 5) 秋草、吉川等：水制に関する研究、土木研究所報告第107号、pp.61~153、(1961)。

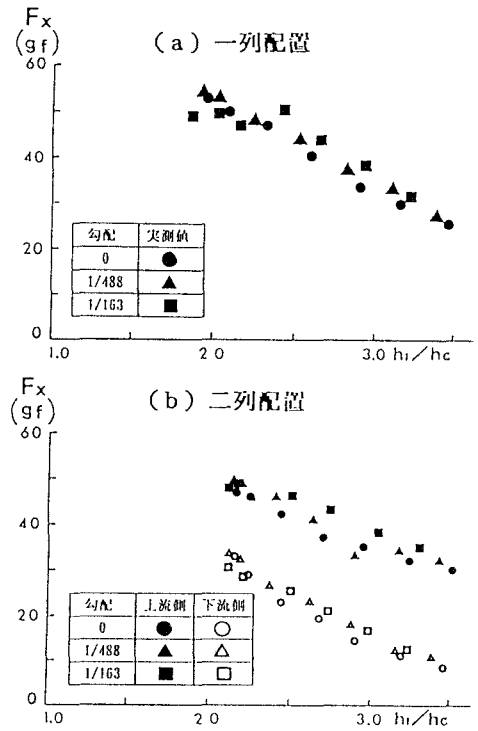


図-3 F_x と h_1/h_c の関係

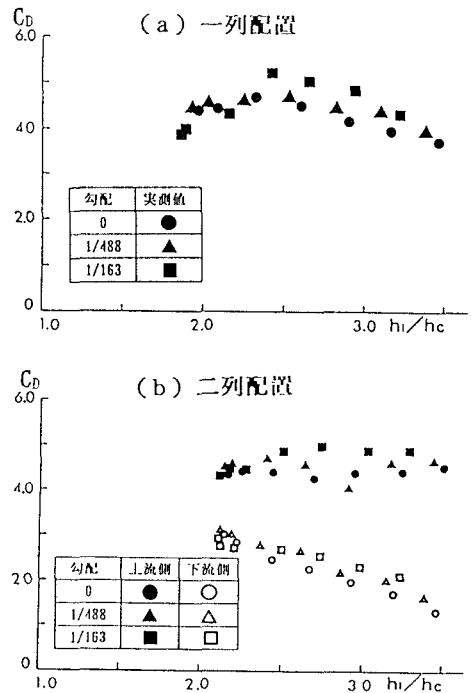


図-4 抵抗係数 C_D と h_1/h_c の関係