

まえがき。開水路や管路の流れの中に障害物の有る場合の流れの一つとして、群杭間隙内の流れを考えることができる。杭本数を多くし杭密度を大きくし、間隙を小さくした場合の流れは透水の一種と考えることができる。前報までにおいて、我々は球形粒子層をはじめ砂利層、砂層などの透水について報告してきた。しかし、これらの粒子をきちんと予期した間隙に詰めることや、間隙比を大幅に変えて語ることは困難である。したがって、従来より透水係数に対する間隙の影響は、まだ明確にされていない。この間隙の透水係数に及ぼす影響を調べるのも、本研究に着手した一つの理由である。

第15回日本大学工学部学術研究報告会において、安田は群杭間隙内の平均流速式を、透水や管路の場合と同様に、レイノルズ数 Re と抵抗係数 ζ との間に Re^{-m} なる関係が成立するものと仮定し、理論的に誘導した。本報においては、これらの理論の概略を述べ、前記誘導仮定の正しいことを実証し、理論式が成立することを示す。

S-1 潤道および径深

潤道 S および径深 R は、群杭間隙内の流れにおいても、普通の水路の場合に準じて定義し、平均的取扱いとし、杭配列は碁盤目打ちI、IIおよび千鳥打ちの三種とする。

e : 間隙比 d_m : 代表杭径 N : 杭本数 $N = (m-1)(n-1)$

V_s : 杭の全体積 $V_s = (m-1)(n-1)\pi d_m^2 h / 4$

V_v : 間隙体積 $V_v = (m-1)(n-1)(4\lambda\lambda' - \pi d_m^2) / 4h$

A_v : 平均間隙断面積 $\bar{A}_s$: 杭表面積の合計 $\bar{A}_s'$: 側壁面積

とおけば $e = \frac{4\lambda\lambda' - \pi d_m^2}{\pi d_m^2}$ となり、また

$$\bar{A}_s = (m-1)(n-1)\pi d_m h$$

$$\bar{A}_s' = (m-1)(n-1)(2\lambda\lambda' - \pi d_m^2 / 2) + (n-1)(2\lambda h - h d_m \{0.1, 2\})$$

上式中の $\{0.1, 2\}$ は、群杭配列により、碁盤目打ちI又はIIの場合は $\{ \} = 0$ 又は 2 、千鳥打ちの場合は $\{ \} = 1$ となる。したがって

$$S = (m-1)(2\pi d_m h + 4\lambda\lambda' - \pi d_m^2) / 2\lambda + 2h - h d_m \{0.1, 2\} / \lambda$$

$$A_v = V_v / L = (m-1)(4\lambda\lambda' - \pi d_m^2) h / 4\lambda$$

$$\text{ゆえに } R = \frac{1}{4\alpha} e d_m, \quad \alpha = 1 + \frac{d_m}{2h} e + \frac{d_m}{2B} (1+e) - \frac{\lambda'}{\pi B} \{0.1, 2\}$$

N が大きく、壁面の影響を無視できる場合には $\alpha = 1$ となる。

S-2 抵抗係数 群杭間隙内の抵抗 ζ を一般の水路の場合と同様に、 $\zeta = C_p v^2 / 2$ と仮定し、流れ方向 l 区間の釣合の条件より、抵抗係数 ζ の一般式が決まる

$$C_p = R \frac{2g}{v} I = \frac{e}{4} \frac{1}{\alpha} \frac{2g d_m}{v^2} I = \frac{e}{2} \frac{1}{\alpha} \frac{1}{F^2} I \quad \text{----- (1)}$$

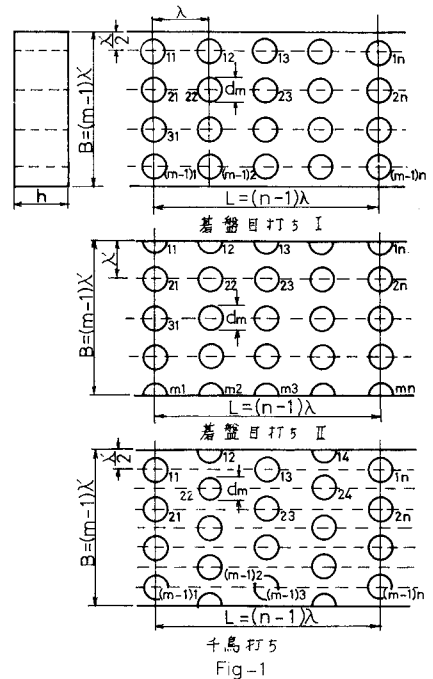
S-3 理論的考察 群杭間隙内の流れを規定するものとしては、つぎのようなものが考えられる。

v : 流速 e : 間隙比 l : 水路長 μ : 水の粘性係数 λ : 杭の混合係数 C_h : 杭の形状係数

t : 水温 ΔP : 圧力差 ρ : 水の密度 g : 重力の加速度 d_m : 杭の代表直径 C_p : 杭の配列係数

これらの要素の関係を

$$f(v, \Delta P, l, d_m, \mu, g, \rho, (e, \lambda, C_h, C_p)) = 0$$



とあき、Buckingham の π 定理により次式を得る、

$$C_d = \frac{C_{dm}}{2\alpha} \phi'(Re, Fr, \frac{b}{dm}, e, \eta, C_k, C_p)$$

ただし、 $Re = \frac{Vdm}{\nu}$, $Fr = \frac{V}{\sqrt{gdm}}$

Fig-2 は、群杭間隙内の流れにおける Re と C_d の測定値であり、
両対数方眼紙上で直線分布している。したがって、 Re と C_d の関係
は、 K を定数として、 $C_d = K Re^{-m}$ となる。この関係と上式とより

$$C_d = Re^{-m} \frac{C_{dm}}{2\alpha} \phi'(Fr, \frac{b}{dm}, e, \eta, C_k, C_p)$$

ここで $K = \frac{C_{dm}}{2\alpha} \phi'$

は、 e や dm に左右されず、 e , η , C_k および C_p のみに関係するので
 K は次式で表わせる。

$$K = \frac{e}{2\alpha} \phi''(e, \eta, C_k, C_p)$$

$$\therefore C_d = Re^{-m} \frac{e}{2\alpha} \phi'' \quad \text{----- (2)}$$

(1), (2) 式より V を求めると次式となる。

$$V = \phi \frac{g^{m'}}{\nu^{1/(m'-1)}} dm^{n'} I^{m'}$$

ここで $\phi = (2-m) \sqrt{\frac{1}{\phi''}}$, $m' = \frac{1}{2-m}$, $n' = \frac{1+m}{2-m}$

ϕ は e, η, C_k, C_p の関数であるが、 η, C_k, C_p の明確な
定義はまだ行なっていない。これらの三つの要素
の値は、杭の配列や形状、混合状態を定めれば、
或定まった係数と考えられる。したがって ϕ 関数は、
次式のようにおくことができる。

$$\phi = \eta C_k C_p f(e)$$

ゆえに平均流速 V は次式となる。

$$V = \eta C_k C_p \frac{g^{m'}}{\nu^{1/(m'-1)}} f(e) dm^{n'} I^{m'} \quad \text{----- (3)}$$

$$n' = 3m' - 1$$

§-4 実験結果と考察

実験に使用した群杭装置は、 $\lambda = 1cm$, $\lambda' = 2cm$

$m = 8$, $n = 61$, $d = 1.00, 1.24cm$, $B = 14cm$, $h = 9cm$, $L = 120cm$ であり、かつ Fig-1 に示した千鳥打ちの側壁の二つ
割り杭のない杭配列であるから、計算式は §-1 に示した諸式を補正し、

$$N = (m-1.5)(n-1), \quad A_v = hB + \pi dm^2 h(3-2m)/8\lambda, \quad e = \frac{4\lambda\lambda' - (1-\beta)\pi dm^2}{(1-\beta)\pi dm^2}, \quad \beta = 1/2(m-1)$$

$$S' = S + \pi dm(dm-2h)/4\lambda + hdm/\lambda, \quad R = A_v/S' \quad \text{を使用した。}$$

Fig-3 は、 $135 < Re < 2920$, $dm = 1.00cm$ および $340 < Re < 4180$, $dm = 1.24cm$ の場合の V と I の実験値であり、
直線分布している。したがって V と I の関係は、 $V = \phi' I^{m'}$ で示され、 m' の平均値として $m' = 0.589$ を得た。

ϕ' と dm の関係は、実験の種類が少ないため測定値より直接求められなかったが、(3) 式 $n' = 3m' - 1$ より n' を計算し

$$dm = 1.00cm, \quad 135 < Re < 2920, \quad e = 1.742 \quad \text{に対して}$$

$$V = 62.76 dm^{0.741} I^{0.589}$$

$$dm = 1.24cm, \quad 340 < Re < 4180 \quad e = 0.783 \quad \text{に対して}$$

$$V = 39.61 dm^{0.774} I^{0.589}$$

を得た。Fig-3 に、これらの実験式によるグラフを実線で示した。

<参考文献>

安田補輔：群杭間隙内の流れに関する研究(I) 第15回日大工学部学術講演会予稿集，昭和47年12月

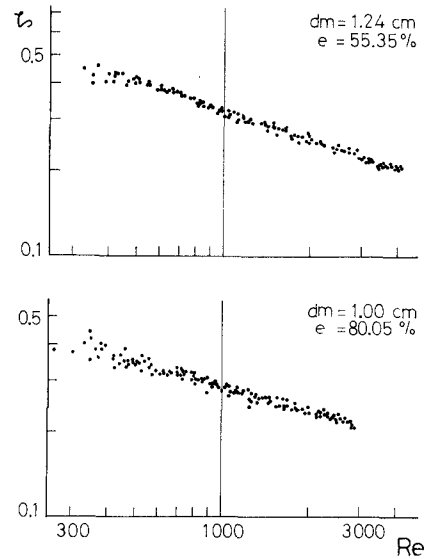


Fig-2 千鳥配列 $Re-C_d$

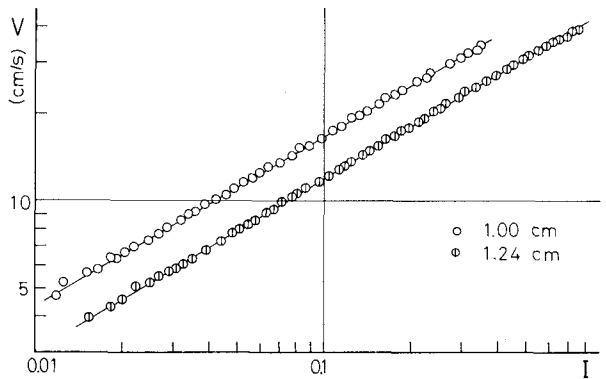


Fig-3 千鳥配列 $I-V$