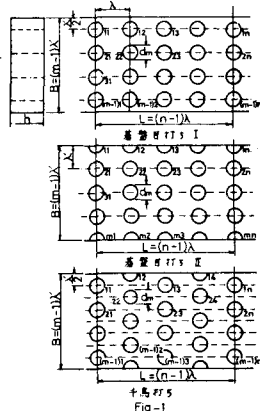


まえがき 開水路や管路の流れの中に障害物の有る場合の流れの一つとして、群杭間隙内の流れを考えることができる。杭本数を多くし杭密度を大きくし、間隙を小さくした場合の流れは透水の一種と考えることができる。土木学会第26～29回年講において、我々は球形粒子層をはじめ砂利層、砂層などの透水について報告してきた。しかし、これらの粒子をあらかじめ予期した間隙に詰めることや、間隙比を大幅に変えて詰めることは困難である。したがって、従来より透水係数に対する間隙の影響は、まだ明確にされていない。この間隙が透水係数に及ぼす影響を調べるのも、本研究に着手した一つの理由である。

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。

§-1 間迎および径深

間迎 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、平均的取扱いとす。杭配列は碁盤目打ちⅠ、Ⅱおよび千鳥打の三種とする。



e : 間隙比 d_m : 代表杭径 N : 杭本数 $N=(m-1)(n-1)$ $\bar{A}_s$: 側壁面積

$\bar{A}_s$: 杭表面積の合計 V_s : 杭の全体積 $V_s=(m-1)(n-1)\pi d_m^2 h/4$

A_v : 平均間隙断面面積 V_0 : 間隙体積 $V_0=(m-1)(n-1)(4\lambda\lambda'-\pi d_m^2)h/4$

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

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

$A_v = V_0/L = (m-1)(4\lambda\lambda' - \pi d_m^2)h/4\lambda$

ゆえに $R = \frac{1}{2\alpha} e d_m$, $\alpha = 1 + \frac{d_m}{2R} e + \frac{d_m}{2B} (1+e) - \frac{\lambda'}{\pi B} \{0, 1, 2\}$

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。

§-2 抵抗係数

群杭間隙内の抵抗 τ を一般の水路の場合と同様に、 $\tau = C_p v^2/2$ 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。

$$\zeta = R \frac{2g}{v^2} I = \frac{C}{4} \frac{1}{\alpha} \frac{2g d_m}{v^2} I = \frac{C}{2} \frac{1}{\alpha} \frac{I}{Fr^2} \quad \text{--- (1)}$$

§-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、次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 ν : 杭の混合係数 C_k : 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は $f(v, \Delta p, l, d_m, \mu, g, \rho, C_k, e, C_p) = 0$ とおき Buckingham の π 定理より、

$$\zeta = \frac{C d_m}{2\ell \alpha} \phi'(Re, Fr, l/d_m, e, \nu, C_k, C_p), \quad Re = v d_m / \nu, \quad Fr = v / \sqrt{g d_m}$$

Fig-2 は、群杭間隙内の流れにおける Re と ζ と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 ζ の関係は、 K を定数として、 $\zeta = K Re^m$ となる。この関係と上式とより、

$$\zeta = Re^m \frac{C d_m}{2\ell \alpha} \phi''(Fr, l/d_m, e, \nu, C_k, C_p) \quad \text{ここで} \quad K = \frac{C d_m}{2\ell \alpha} \phi''$$

は、 e や dm に左右されず、 e, h, 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。

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

$$\therefore \zeta = Re^{-m} \frac{e}{2\alpha} \phi'' \quad \dots\dots (12)$$

(1), (2) 式より ψ を求めると次式となる。

$$\psi = \phi \frac{g m'}{\sqrt{2m'-1}} dm'^{\frac{\pi'}{2}} I^{m'}$$

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

ϕ は e, h, C_k, C_p の関数であるが、 h, C_k, C_p の明確な定義はまだ行っていない。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。したがって中関係は、次式のようにおくことができる。

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

ゆえに平均流速 v は次式となる。

$$\boxed{v = h C_k C_p \frac{g m'}{\sqrt{2m'-1}} f(e) dm'^{\frac{\pi'}{2}} I^{m'} \quad \dots\dots (13)}$$

$$\pi' = 3m' - 1$$

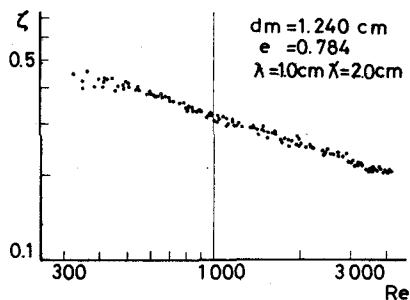


Fig-2 $Re - \zeta$

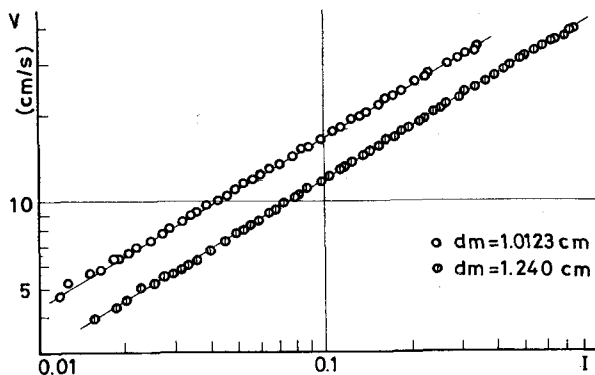


Fig-3 $I - v$

§-4 実験結果と考察

実験に使用した群杭装置は、 $B=14cm, h=9cm, L=160cm$ 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

$$N = (m-1.5)(n-1), \quad A_v = hB + \pi dm^2 h(3-2m)/8\lambda$$

$$e = \frac{4\alpha X(1-\beta)\pi dm'}{(1-\beta)\pi dm} \quad \beta = 1/2(m-1)$$

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

Fig-3 は、 $135 < Re < 2920, dm=1.012cm$ および $340 < Re < 4180, dm=1.240cm$ の場合の v と I の実測値であり、直線分布している。したがって v と I の関係は、 $v = h' I^{m'}$ で 0.55

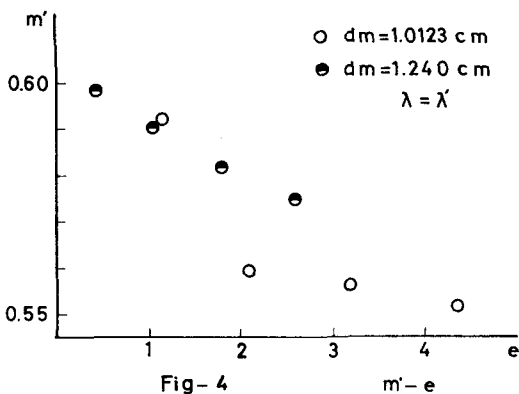


Fig-4 $m' - e$

管路および透水において、 m' は領域によって固有の値と

とすることは、すでに土木学会年講等で報告してきた。しかし群杭透水においては前記の法則に従わず、 m' は Fig-4 で示されるように間隙比 e の関数となり、普通層流と云われている領域以外では、間隙比 e が一定のとき m' も一定の値をとる。

終りに、本研究の実験協力者の本学部卒業研究生水理班、大隅英夫、金山辰美、古河幸雄、向山淳、山田功、又木博英の諸君に感謝します。

参考文献

安田頼輔；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

安田、藤田他；粗粒層の透水に関する研究（第9報）・群杭間隙内の流れ・土木学会年講 昭和49年10月