

直線状散水管の水理について

第一復建(株) 正○田 中 清
 第一復建(株) 正 笠 村 幸 一
 山口大学工学部 正 羽田野 袈裟義
 山口大学工学部 学 駒 田 憲 司

1. 序

鳥栖市では、都市のアメニティの一環として、橋梁欄干の外側に設置した多孔散水管から放水することを計画している。この場合、散水量の分布が一様であることが望ましいが、このような散水管の水理についてはあまり検討がなされていないようである。本研究では、散水管の模型を作成し、基礎的な実験を行なうとともに、簡単な1次元解析解析を試みた。

2. 基礎式

図-1に示すように、散水主管の直径を D 、散水孔の面積を a 、穴あき区間長を L 、穴の個数を N とする。散水孔は離散的に存在するが、簡単のため、これと等価な連続的な穴で置き換えて考える。すなわち、散水主管の管軸に沿って単位長さ当たり N/L 個の穴が存在すると考える。任意の位置 x ($0 < x < L$)での散水主管の管内流量を $Q(x)$ 、管内断面平均流速を $V(x)$ 、散水主管中心軸高さを基準とするピエゾ水頭を $H(x)$ 、主管の単位長さ当たりの放水流量を $q(x)$ 、平均散水速度 $v(x)$ とする。

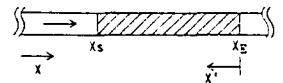


図-1 模式図

このとき連続式は、散水速度が $v(x)$ が $\sqrt{2gH(x)}$ で評価されるから次式で表わされる；

$$\frac{dQ}{dx} = q(x) = -C_a a v(x) \frac{N}{L} = -a C \sqrt{2gH(x)} \frac{N}{L} \quad (1)$$

ここに C は流量係数でオリフィスでは0.6程度の値であるといわれている。運動量の収支式は、

$$\frac{d}{dx} (\rho Q v) = -\rho g A \frac{dH}{dx} - f \frac{1}{D} \rho \frac{V^2}{2} A \quad (2)$$

ここに、 f は摩擦損失係数、 ρ は水の密度、 g は重力加速度、 A は散水主管の断面積である。式(2)を dH/dx について解けば、

$$\frac{dH}{dx} = \frac{2Qq}{gA^2} - f \frac{1}{D} \frac{v^2}{2g} \cdot (Q/A)^2 \quad (3)$$

式(1)と(3)は $Q(x)$ と $H(x)$ に関する連立方程式である。これはたとえばルンゲ・クッタ法などにより解くことが出来る。

3. 室内実験

室内実験では、散水主管に長さ5メートルの直線部をもつ直径(内径)2.5cmの塩化ビニルパイプを用いた。散水主管の上流端はヘッドタンクに導かれており、穴あき区間(長さ2m)の上流には2mの直線部を設けた。そして、穴あき区間には10cm間隔に長さ3.5cm、直径(内径)4mmの散水チューブを取り付けた。また、穴あき区間の下流にはバルブを取り付け、これを用いて流量の調節を行なった。実験では、穴あき区間におけるピエゾ水頭の分布と、個々の散水チューブからの流出流量を測定した。ピエゾ水頭は散水主管軸に沿って20cm間隔、流量は10cm間隔で測定した。

連立方程式(1)、(3)を実験値に適用し、摩擦損失係数 f と流量係数 C を求めた。まず、管の摩擦損

失係数 f と流量係数 C の種々の値について、穴あき区間末端での測定値 H_{EM} 、 Q_{EN} を境界条件として、連立方程式 (1)、(3) を解き、この区間内の H と Q の分布を算定する。穴あき区間内の測定点の個数を M 、測定点 K ($K=1 \sim M$) に対する流量と水頭値の実測値と計算値の差を ΔQ_K 、 ΔH_K とするとき、次式 (4) で与えられる H_{ER} と Q_{ER} を最小とするものが実際に近い流れを与えると考え、その時の f と C を求めた。

$$H_{ER} = \frac{1}{M} \sum_K \Delta H_K$$

$$Q_{ER} = \frac{1}{M} \sum_K \Delta Q_K$$

(4)

4. 検討結果

以上のようにして求めた f と C 値を図-2に示す。図中 Q_S 、 Q_E は各々穴あき区間始端、終端での流量である。単純管路の場合、 $f = 124.5n^2 / D^{1.3}$ により f を評価すると、本実験で用いた管では $0.04 \sim 0.05$ となる。図より Q_E / Q_S が小さい場合、 f は $0.07 \sim 0.08$ 程度となり上記の単純管路の値よりかなり大きい。 Q_E / Q_S が大きくなるにつれて、 f はこれに近い値を示すようになる。この原因として、 Q_E / Q_S が小さいと管壁に向かう速度成分が相対的に大きくなり、このため見かけ上 f が大きくなることが考えられる。一方 C は本実験の範囲では、 0.71 から 0.74 程度となるが、 Q_E / Q_S による C の変化は明瞭でない。

図-3は流量とピエゾ水頭の実験値と計算値の比較である。図中 x' は穴あき区間末端から上流に向かってとった距離である。図には上で求めた f と C を用いた計算の他、 C をその近くのラウンドナンバーで与えて計算したケースも示している。図-2に示した C と f を用いた計算は実験値と割合良い一致を示している。なお、穴あき区間始端での流量が $400 \sim 450 \text{ cm}^3/\text{s}$ (管内流速 $80 \sim 90 \text{ cm/s}$) であるが、ピエゾ水頭値の変化は相対差 1.0% 以下と小さく、このため散水流量は相対差 5% 以下となりかなり均等であることがわかる。

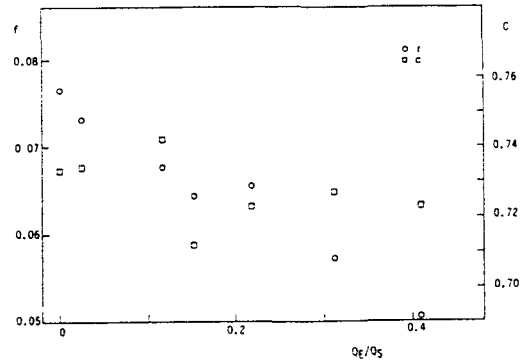


図-2 f 、 $C \sim Q_E / Q_S$ の関係

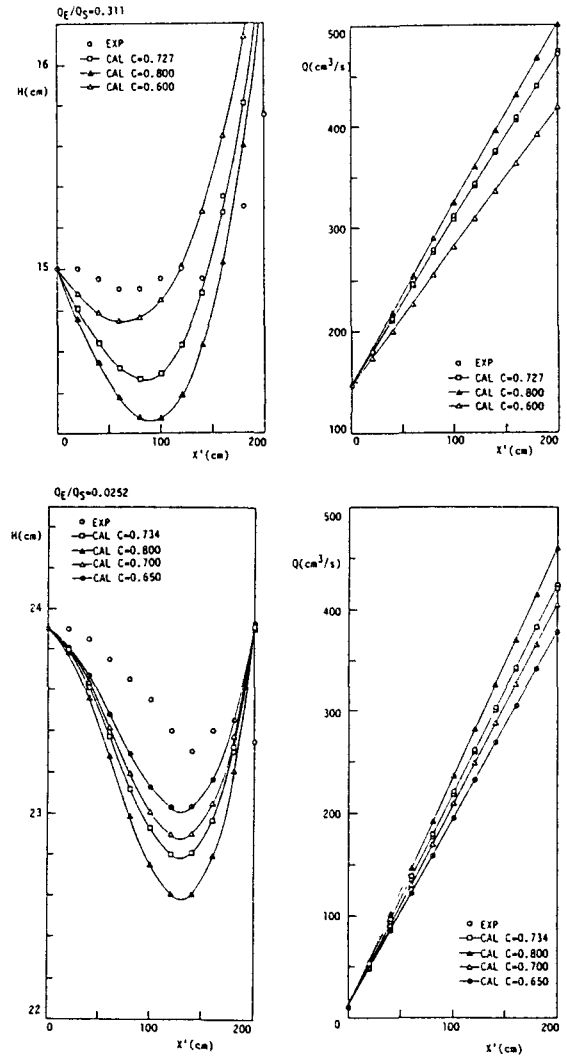


図-3 流量とピエゾ水頭の実験値と計算値