

面形と河床勾配が与えられたときに、断面平均流速や流量と水位とを、水路壁面の粗度にかかわるパラメータ（相当粗度  $k_s$  や Manning (マニング) の粗度係数  $n$  など）と径深  $R$  を介して関係づける式である。平均流速  $U$  は、流れの抵抗則あるいは摩擦損失水頭を表わす公式ということもできる。

### (a) 対数分布則

粗面水路にたいして

$$\frac{u}{u_*} = 8.5 + \frac{1}{\kappa} \ln \frac{z}{k_s} \quad (2-2.1)$$

ここに、 $u$ ：ある点の時間平均流速、 $u_*$ ：摩擦速度、 $\kappa$ ：Kármán (カルマン) 定数（清水では通常 0.4 をとる）、 $z$ ：水路壁面からの距離、 $k_s$ ：相当粗度。

【解 説】 管路や側壁の影響を無視できる広長方形断面水路において、壁面が粗面の場合に成立する流速分布式であり、(b) に示す平均流速式の理論的根拠となる。

### (b) 平均流速公式

#### ① Manning の平均流速公式

$$U = \frac{1}{n} R^{2/3} I_b^{1/2} \quad (2-2.2)$$

#### ② Chézy (シェジー) の平均流速公式

$$U = C \cdot R^{1/2} \cdot I_b^{1/2} \quad (2-2.3)$$

#### ③ 対数分布式に基づく平均流速公式（粗面水路に対して）

$$\varphi = \frac{U}{u_*} = 6.0 + 5.75 \log_{10} \frac{R}{k_s} \quad (2-2.4)$$

#### ④ 摩擦損失係数 $f'$ による平均流速公式

$$U = \sqrt{\frac{2g}{f'}} \cdot R^{1/2} \cdot I_b^{1/2} \quad (2-2.5)$$

ここに、 $U$ ：断面平均流速、 $n$ ：Manning の粗度係数、 $C$ ：Chézy の係数、 $f'$ ：開水路を対象にした摩擦損失係数、 $R$ ：径深、 $I_b$ ：水路縦断勾配、 $\varphi$ ：流速係数、 $g$ ：重力加速度、 $k_s$ ：相当粗度。また  $R=A/S$  である。ここに、 $A$ ：流れの断面積、 $S$ ：潤辺長。各係数のうち  $f'$  は無次元であるが、 $n$  と  $C$  は次元をもっているため、それらの値を扱う際には採用する単位系を統一しなければならない。通常は  $\text{m} \cdot \text{s}$  の単位が用いられる。

【解 説】 いずれの公式も、単純な断面すなわち断面形状が単一で、潤辺内の粗度が一般的な状況を想定したものである。

③の公式は、広長方形断面の場合を対象に式 (2-2.1) を  $z$  について水路底から水面まで積分し、水深  $h$  を径深  $R$  と置き換えることにより得られるものであり、広長方形断面を対象にする場合には  $k_s = k_{s0}$  となり対数分布則と同義となる。①②④の公式の物理的意味も、 $R=h$  となる広長方形断面を対象にする場合には、対数分布則との対応関係から次のように考えることができる。 $f'$  は  $k_s$  の一意の関数となり、 $C$  も同様である。したがって  $f'$ 、 $C$  と、相当粗度だけでなく水深によっても変化する。一方  $n$  は、 $f'$ 、 $C$ 、 $\varphi$  と  $R^{1/6}$  を介して次のように結びつけられる。

$$n = \frac{R^{1/6}}{C}, \quad n = R^{1/6} \sqrt{\frac{f'}{2g}}, \quad n = \frac{R^{1/6}}{\sqrt{g} \cdot \varphi} \quad (2-2.6)$$

洪水解析の実用的な範囲においては、 $f'$  や  $C$  が水深  $h$  から受ける影響がこの  $R^{1/6}$  により相当程度吸収される

表 2-2.1 Manning の粗度係数  $n$  の概略値

	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05
平滑な鋼表面	→	→	→	→	→
波形表面	→	→	→	→	→
セメント	→	→	→	→	→
木材	→	→	→	→	→
コンクリート	→	→	→	→	→
れんが工	→	→	→	→	→
石工	→	→	→	→	→
化粧切石	→	→	→	→	→
アスファルト	→	→	→	→	→
こて仕上げコンクリート	→	→	→	→	→
砂利底面、側壁	→	→	→	→	→
植物被覆	→	→	→	→	→

  

	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05
真ちゅう	→	→	→	→	→
鋼	→	→	→	→	→
鋳鉄	→	→	→	→	→
鍛鉄	→	→	→	→	→
波形金属	→	→	→	→	→
ガラス	→	→	→	→	→
セメント	→	→	→	→	→
コンクリート	→	→	→	→	→
木材	→	→	→	→	→
粘土	→	→	→	→	→
れんが工	→	→	→	→	→
下水管	→	→	→	→	→
下水きよ、舗装インバート	→	→	→	→	→
粗石積り積み	→	→	→	→	→

(a) 自由表面をもって流れる暗渠

(b) ライニングするか、あるいは組み立てた水路

	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06
土、直線で	→	→	→	→	→	→
土、湾曲し	→	→	→	→	→	→
ドラグライン掘削または浚渫	→	→	→	→	→	→
岩場掘削	→	→	→	→	→	→

  

	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07
平野の小水路	→	→	→	→	→	→
山地水路	→	→	→	→	→	→
大水路	→	→	→	→	→	→

(c) 掘削または浚渫水路（築堤による水路改修河川を含む）

(d) 自然流路（人工のまったくない流路）

	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18
牧草地（数なし）	→	→	→	→	→	→	→	→
耕作地	→	→	→	→	→	→	→	→
藪	→	→	→	→	→	→	→	→
樹木	→	→	→	→	→	→	→	→

(e) 高水敷