

建設省土木研究所 正員 藤田光一

建設省土木研究所 正員 福岡捷二

建設省土木研究所 正員 平林 桂

1. はじめに

複断面河道は、単断面河道とは異なる水理特性を示すことから、水理計算を行うにあたっては、複断面河道固有の特徴を理解した上で、それを的確に表現できる計算方法を用いなければならない。本研究では、複断面河道の水理特性を把握するための簡単な指標を提示し、それに基づいて、河道計画において最も重要な水位予測に用いられる合成粗度係数の予測手法を適切に選択するための考え方を示す。

2. 複断面河道の水理特性を表わす指標

複断面河道の粗度係数は、井田法による合成径深に基づき計算され、一般に合成粗度係数と呼ばれる。河道計画に必要な計画規模洪水に対応する合成粗度係数を予測する最も簡便な方法は、洪水観測データから逆算された粗度係数をそのまま予測値とするものである。これを以後手法1と呼ぶ。粗度係数逆算対象洪水の水位は計画規模洪水の水位よりも通常小さいので、手法1では、合成粗度係数の水深による変化が小さいと仮定していることになる。しかし合成粗度係数は、断面形の複雑さと一潤辺内の粗度の違いが原因となって、水位とともに変化するのが一般的である¹⁾。合成粗度係数と水位との関係を予測するためによく用いられる手法が断面分割法である。断面分割法では、高水敷と低水路に別々に粗度係数を与え、高水敷と低水路の流れの間に干渉がないとして各断面で単断面の抵抗則を用いる。この計算手法を以後手法2と呼び、予測値を N_2 とする。さらに、断面分割法に高水敷と低水路の流れの干渉効果を考慮して合成粗度係数を予測する手法がある。これを以後手法3と呼び、予測値を N_3 とする。手法3では、(1)式で表される干渉による低水路と高水敷の流れの境界に作用するせん断力を考慮する^{1), 2)}。

せん断力 $\tau = \rho \cdot f \cdot (\Delta u)^2$ (1) ここで、 ρ :水の密度、 f :混合係数、 Δu :高水敷と低水路の流速差である。干渉効果が卓越する複断面河道では、手法3による予測値が実験値に最も良く適合し、手法2の予測値は、上述の干渉効果を考慮していないため合成粗度係数を過小評価する¹⁾。

N_3 , $N_2 \sim h$ (水深) 関係の中で、特に次の2つの水量が河道計画上で重要である。

① dN_3/dh : 水深の増大に伴う N_3 の増加率 ② $N_3 - N_2$: N_3 と N_2 との差

計画規模洪水の水深と逆算洪水の水深との差を Δh とすると、手法1には近似的に $\Delta h \cdot dN_3/dh$ だけ誤差が生じる。したがって dN_3/dh の大きさにより、手法1を採用することの妥当性を判断できる。 $N_3 - N_2$ は、干渉に起因する付加的なロスによる粗度係数増加量の大きさを表わす。この量が大いことは、干渉による付加的なロスを生じやすい河道であることを意味する。また、 $N_3 - N_2$ が小さい時には、手法3より簡便な手法2を用いることが可能であると判断できる。以上の考察から、複断面河道の水理特性を把握するための指標を dN_3/dh , $N_3 - N_2$ と考える。

3. dN_3/dh , $N_3 - N_2$ と河道特性量との関係

左右の高水敷の高さと粗度係数が等しい単純な複断面形を対象とし、干渉による高水敷流速の増加量が合成粗度係数に与える影響が小さいと考えて、高水敷流速が干渉により変化しないとの近似を用いると、 N_3 , N_2 を解析的に求めることができる。その結果から、 dN_3/dh , $(N_3 - N_2)/N_2$ を計算すると、それぞれ下式で表わされる C_1 , C_2 を得ることができる。

$$C_1 = n_m / (x y z^{5/3} + A)^2 \cdot \{5/3 x z^{2/3} z' (A - y) - B(1 + x z^{5/3})\} \quad [m, s \text{ 単位}] \quad (2)$$

$$C_2 = (1 - A) / (x y z^{5/3} + A) \quad (3)$$

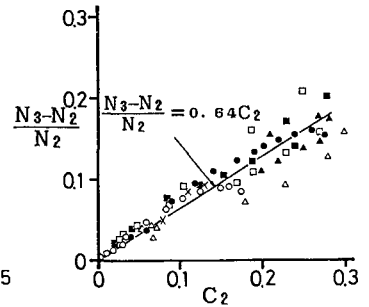
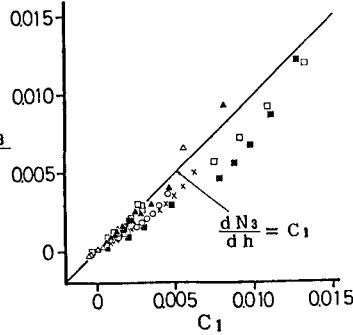
ここで、 $x = b_f/b_m$, $y = n_m/n_f$, $z = h_f/h_m$, $A = \theta / (1 + \theta) \cdot y z^{2/3} + 1 / (1 + \theta) \cdot \sqrt{1 + \theta - \theta y^2 z^{4/3}}$,

$$B = \theta' / (1 + \theta)^2 \cdot yz^{2/3} + 2/3 \cdot \theta / (1 + \theta) \cdot yz^{-1/3} z' - \theta' / (1 + \theta)^2 \cdot \sqrt{1 + \theta - \theta y^2 z^{4/3}} + 1 / (1 + \theta) \cdot (\theta' - \theta y^2 z^{4/3} - 4/3 \cdot \theta y^2 z^{1/3} z') / 2 \sqrt{1 + \theta - \theta y^2 z^{4/3}},$$

$$\theta = S r f h_m^{1/3} / g b_m n_m^2, \theta' = 2 f / g b_m n_m^2 \cdot (4/3 \cdot h_m^{1/3} - 1/3 \cdot D h_m^{-2/3}), z' = D / h_m^2$$

また、 b_m :低水路幅、 b_f :高水敷の全幅、 n_m :低水路粗度係数、 n_f :高水敷の粗度係数の平均、 h_m :低水路水深、 h_f :高水敷の平均水深、 Sr :

干渉によるせん断力が作用する部分の潤辺長（ $=2 h_f$ ）、 D :低水路深さ、である。図1、2は、全国の代表的な複断面河道について、上記の近似、単純化を行わず数値計算により求めた $d N_3 / d h$ 、 $(N_3 - N_2) / N_2$ と C_1 、 C_2 との関係を示したものである。図より、 C_1 、 C_2 を導くにあたって近似や単純化を行っている



るため、それらと $d N_3 / d h$ 、 $(N_3 - N_2) / N_2$ とは一致しないが、両者の間には次に示すほぼ一意の関係があることがわかる。

$$d N_3 / d h \approx C_1 \quad (4), \quad (N_3 - N_2) / N_2 \approx 0.64 C_2 \quad (5)$$

以上のように、複断面河道の水理特性を代表する特性量 $d N_3 / d h$ と $N_3 - N_2$ は、河道横断面形、高水敷・低水路の粗度係数から簡単に求められる河道特性量 C_1 、 C_2 によって表わすことができる。

4. 複断面河道の水理特性把握手法

図3は、縦軸に $(N_3 - N_2) / N_2$ を表わす $[0.64 C_2]$ をとり、横軸に $d N_3 / d h$ を表わす $[C_1]$ をとった複断面河道水理特性分類図である。対象とする河道の C_1 、 C_2 を計算し、それが分類図上で左方に位置すれば、合成粗度係数予測手法1の適用が可能となる。一方、分類図上の右方では、手法1の適用は不適切となる。この時、その位置が右下にある場合には手法2の適用が可能となるが、右上に位置する場合には、手法3を用いる必要が出てくる。図4は、分類図上の位置に応じた代表的な河道断面図を概念的に示したものである。高水敷水深が大きい、あるいは低水路巾の広い河道では手法1の適用が可能となり、逆に、こうした形状を持たない河道では手法1の適用は不適切となる。この場合低水路が深い、あるいは高水敷粗度係数が大きい場合には手法3の適用が必要となり、そうでない場合では手法2の適用が可能となる。以上のように、複断面特性分類図を用いることによって、複断面河道の水理特性把握や合成粗度係数予測手法選定の合理的な判断を行うことができる。

1)福岡ら：第30回水講，pp.499～504，1986. 2)石川ら：第39回年講Ⅱ-237,1984.

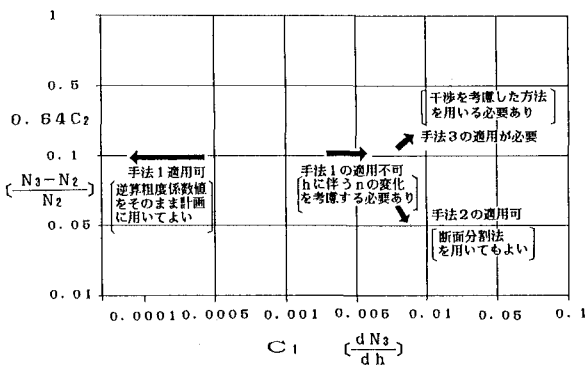


図3 複断面河道の水理特性分類図と合成粗度係数予測手法選択の考え方

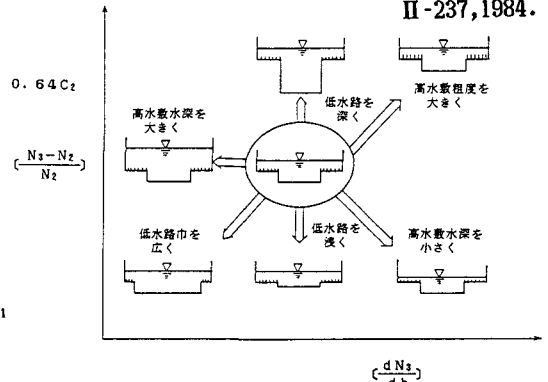


図4 河道特性と分類図上の位置との関係（概念図）