

II-156 複断面水路の抵抗に関する従来の式の特性と考察

日本大学工学部 正員 ○ 藤 田 豊
日本大学工学部 正員 安 田 禎 輔
(株)東設コンサルタント 正員 中 川 桂 一

まえがき 底面と側壁の粗度が異なる単断面水路や複断面水路に対する抵抗推定法に関して数多くの研究がある。しかし、複断面水路においては、摩擦抵抗の他に、低水路と高水敷での流れの相互作用、断面形状などの影響により水理現象が極めて複雑となり、まだ未解決の問題が山積している。わが国における河川の多くは複断面河川であり、これらの抵抗計算法を確立することは、河川工学上重要な課題である。これらに関する研究には、古くは Einstein(1934) , Horton(1933)およびLotter(1933)などの研究があり、またわが国では井田法が広く利用されている。筆者らはすでに複断面水路の抵抗に関する研究に着手し、従来の断面分割法や合成粗度係数法について検討し、従来の合成粗度係数を補正する方法を提案した。^{1) 2) 3)}本研究の目的はさらに多くの実験を行い、全断面法で計算できる場合、断面分割法でよい場合、および従来の合成粗度係数 n を補正しなければならない場合など、断面形状などの条件を基に分類し明確にしていくことである。本報では、複断面水路の抵抗に関する従来の主な式の特性について考察する。

従来の合成抵抗法の特性と考察

複断面水路の流量計算は、通常断面分割法によって行われている。筆者らはこれまでの研究で、計算流量が実測流量よりも若干大きいという結果を得ている。このことについては、他にも同様な実験結果が報告されている。したがって、従来の方法によって設計を行うことは危険側の設計を行うことになる。ここで、従来の主な粗度係数評価法を挙げ、その特性について考察する。

EinsteinとHortonは、各分割断面の平均流速がそれぞれ等しく、且つ全断面の平均流速と等しいと仮定し、等流条件の基でManning 式を用いて(1)式を導いている。

$$n = \left\{ \frac{\sum (S_i n_i^{1.5})}{S} \right\}^{2/3} \quad (1)$$

Strickler(1933) は、ただ単に、潤辺の重さ平均によって最も簡単な表現の(2)式を示している。

$$n = \frac{\sum S_i n_i}{S} \quad (2)$$

安田の提案した合成抵抗係数の一般式による理論的展開から、両者とも断面分割法とは計算結果が完全には一致しない。また前者は断面形状や流れの規模にもよるが、一般に高水敷上の流速より低水路の流速の方が大きく、流速差が大きければ大きいほど誤差が大きくなり、計算結果と実測値とは差異が生じることは明かで、本方法は実用的な方法とはいえない。後者は、Manning の粗度係数に関する式といいながらManning の条件は満たしていない。Lotterは、全流量が各分割断面の流量の総和に等しいと仮定して、次の(3)式を合成粗度係数式として提案している。この方法は式の表現が異なるが、断面分割法と同じである。

$$n = \frac{SR^{5/3}}{\sum (S_i R_i^{5/3} / n_i)} \quad (3)$$

断面分割法は、流量を全断面法で計算すると、水位が低水位から高水敷に達した際、潤辺の急増に伴って径深が急減し、流量が見かけ上急減する。この矛盾を解決するために便宜的に考えられた方法で、(4)式で示される。これ

$$n = \frac{AR^{2/3}}{\sum (A_i R_i^{2/3} / n_i)} \quad (4)$$

は表現は異なるがLotter法と全く同じである。このように、複断面水路の流れは、単断面水路とは異なり、摩擦抵抗の他、高水敷と低水路の境界面付近の二次流、流速差による流れの相互作用、それに断面形状も影響して、この現象は、実験観察では

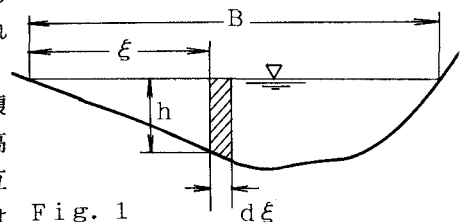


Fig. 1

推察できないくらい複雑な様相を呈している。現在、この断面分割法が河川計画における複断面水路の水位

流量予測の基本であることは否めない。井田(1960)は、図-1に示す広幅員水路における微小幅員柱状要素の流れが、互いに影響を及ぼし合わないと仮定できる場合に、さらに多くの仮定を設け、合成粗度係数と修正径深を求めた。(5)、(6)式をそれぞれ井田法の修正径深、井田法の合成粗度係数という。図-2に示す複断面水路に、(5)、(6)式を適用すると(7)、(8)式となる。

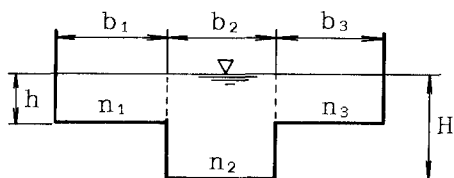


Fig. 2

$$\text{○一般式} \quad R_1 = \left\{ \frac{1}{A} \sum h_i^{5/3} b_i \right\}^{3/2} \quad (5), \quad n = \frac{\sum h_i^{5/3} b_i}{\sum h_i^{5/3} b_i / n_i} \quad (6)$$

$$\text{○複断面} \quad R_1 = \left\{ \frac{\sum A_i h_i^{2/3}}{A} \right\}^{3/2} \quad (7), \quad n = \frac{\sum A_i h_i^{2/3}}{\sum A_i h_i^{2/3} / n_i} \quad (8)$$

図-3は、各分割断面の n が等しい場合であり、井田法の N_c は、一定である。測定値と比べると断面分割法 n_c より多少修正されているが、井田は、高水敷と低水路の粗度係数が等しい場合に、合成粗度係数が、水深によって変化しないように、通常の径深を修正しているが、元来、粗度係数は水路全体の流れ難さの程度を表し、壁面の粗さのみで一義的に定まる性質のものではないと考えられる。

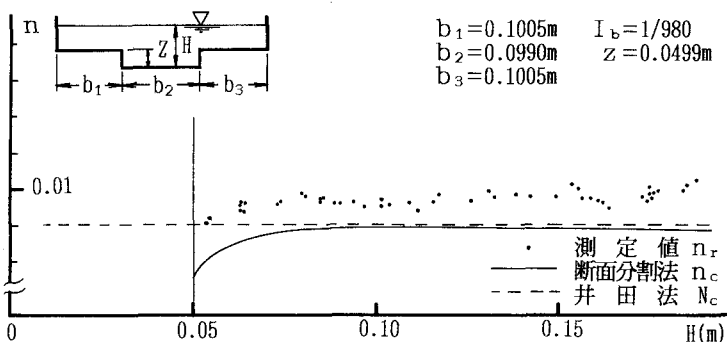


Fig. 3

図-4は、高水敷と低水路の n が異なる場合であり、これも井田法の N_c が、図-3と同様、断面分割法の n_c よりは、いくらか修正されている。また、水位が高水敷高を越えるところから N_c は徐々にではあるが、増加傾向もある。このように、井田法の合成粗度係数 N_c はいくらか修正されているが、河川計画に

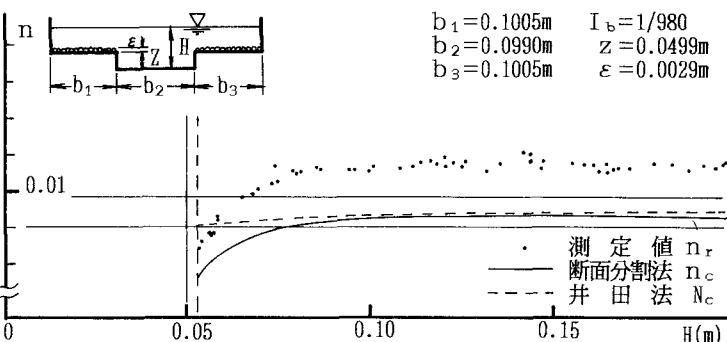


Fig. 4

において、断面分割法による計算流量と一致するようになってきていることから、何ら実測値を充分には表現できないと考えられる。ここで、井田法の特徴を述べれば、以下になる。① 広幅員水路にのみ適用可。② 側壁および横断河床勾配が鉛直に近い場合には、これらは潤辺に加えない。③ 合成断面法と断面分割による流量の計算値が近似である。④ ③とするために、修正径深を用いる。⑤ 潤辺粗度が一樣ならば、断面形状に関係なく合成粗度は一定となる。以上、複断面水路の合成粗度係数の従来の主な式について考察した。今後これを参考にして、断面分割法の n_c を補正する方法を広範囲の実験から検討し断面形状などで分類し平均的取扱いによる複断面水路の抵抗則を明らかにしていく予定である。

- [参考文献] 1. 安田：壁面抵抗に関する2, 3の提案と考察，土木学会第43回年講，1988
2. 藤田，安田：複断面水路の抵抗に関する考察，土木学会第44回年講，1989
3. 中川，安田，藤田：複断面水路の抵抗に関する実験的研究，土木学会第44回年講，1989
4. CHOW: OPEN-CHANNEL HYDRAULICS
5. 福岡ら：複断面河道における洪水流の抵抗特性，第30回水講演文集，1986.2
6. 建設省河川局：改訂建設省河川砂防技術基準（案），山海堂