

II-241

現地河川の河岸渦のスケール

東京工業大学工学部 正員 渡辺明英
建設省 土木研究所 正員 山本晃一

1. はじめに

現在、河川高水敷の高度利用化が求められている。しかし、高水敷上に高速流が生じると、高水敷及び高水敷上の設置された施設や構造物などは被災する。この高速流が生じる範囲を知ることができれば、保護工を必要とする範囲が特定でき、高水敷計画などに役立てられる。本調査では、設計外力となる高水敷上の流速を求める手法や精度について検討を行っている。その結果、高水敷の粗度係数さえ的確に与えられれば、局所的に等流近似して求めた流速で高水敷上の流速をほぼ表すことができ、これが適用できないのは、流水の乗り上げ位置、粗度急変部、死水域及び河岸近傍の混合領域であることが分かっている。¹⁾この内、乗り上げ位置や死水域については平面流計算などから推定することが可能である。しかし、河岸近傍の混合領域は、流れの拡散によって定まり、これを評価するには拡散係数を正確に見積もる必要がある。河岸渦の混合領域について、従来より、多くの実験や解析が行われている。²⁾しかしながら、実河川で実際に起きている渦のスケールについて具体的に調べられていた例は少ない。本調査では、実態重視という観点から、河岸の近傍の流体の混合によって高速流が高水敷上に乗り上げる範囲について現地データの収集を行い、従来理論との比較検討を行った。

2. 調査方法

1) データ収集の方法

まず、洪水時の航測写真を収集し、河岸渦の見られるものを選別した。次に低水路の水は、高水敷上の水に比べて土砂の巻上げによって濁度が濃く、この色の違いが流速の違いを現すものとみなし流水の色の濃さの違いから、渦領域を見定めた。また、低水路の高速流体が侵入する可能性がある渦の境界線の包らう線を混合領域と定めた。なお、調査は主に石狩川、利根川、阿賀野川、信濃川、淀川、江の川の6河川を対象に行った。写真-1は、洪水航測写真の1例である。これより、高水敷と低水路の色の違いが顕著であり、河岸付近で波の様な模様が見られる。この模様をトレースし、平面図にプロットすると図-1のようになる。これより、渦の大きさ、位置を読み取りデータの数値化を行った。

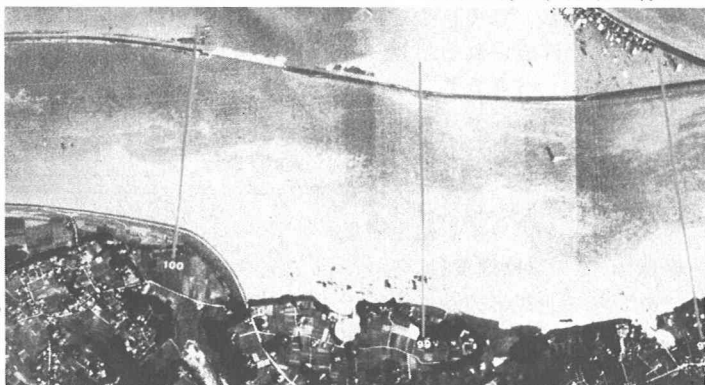


写真-1 現地の河岸渦の状況

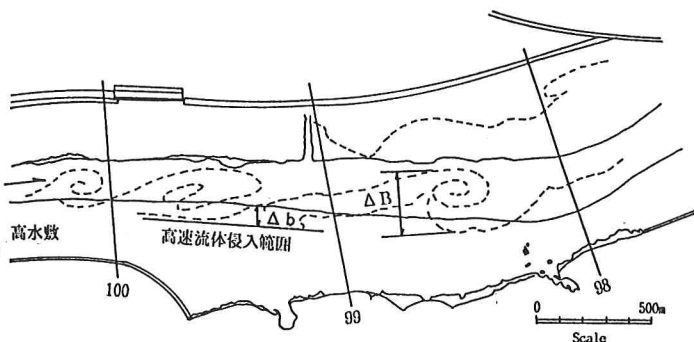


図-1 河岸渦の読み取り

2) 従来理論との比較方法

従来の河岸渦の理論では、二次元せん断流に関する理論が応用されている。²⁾流速分布が図-2に示す定義に従っているとする。この場合の拡散係数は $(\Delta u \Delta y_i)$ に比例する形で表される。この場合、時間平均流速の横断的な流速分布は

$$u_i - u_o = (u_{io} - u_o) \exp(-y - y_o / \Delta y_i)$$

の形で表される。また、 Δy_i は高速及び低速領域の排除厚さとなっており、これは混合の特性距離を表し、

次式から与えられる。

$$\Delta y = \Delta y_1 + \Delta y_2 \quad (1: \text{低水路}, 2: \text{高水敷 での値を表す})$$

$$\Delta y_1 = \frac{h_1 \varepsilon}{F_1 u_1} = \frac{h_1}{F_1 u_1} f \Delta u \left(\frac{h_1}{F_1 u_1} + \frac{h_2}{F_2 u_2} \right)$$

ここで、

h : 水深, u : 流速, f : 混合係数(0.03と仮定した), ε : 拡散係数

$$F = \frac{2g n^2}{h^{1/3}}, \quad g: \text{重力加速度}, \quad n: \text{Manningの粗度係数}$$

であり、これらは河道条件から与えられる。ただし、航測流速データがある場合には、これを用いた。これより Δy を求め、 Δy と流速分布形から与えられる境界層厚さと1)で求めた見かけの混合幅と比較を行った。

3. 調査結果

図-3は、高速写真から求めた渦の幅と河道の水利特性量から求めた混合特性を表す距離 Δy との関係を示す。図-3から判るように写真での見かけの渦の大きさは理論と比較すると90~95%境界層厚さに対応しており、これは Δy の2~3倍となっている。事例数は少ないが、高水敷への侵入幅 Δb は、みかけの幅 ΔB の約1/3 程度の場合が多かった。すなわち、この幅までは低水路内の流体が高水敷内に入り込む可能性があり、その流速が大きい場合には対策が必要である。また、侵入幅 Δb は水深、粗度、流速または勾配などの水理量から Δy を計算し、図-3から Δy に対応する ΔB を読み取り、さらに ΔB と Δb の関係から推定が可能である。なお、 Δb は Δy_2 から求められる混合幅とほぼ一致するはずであるが、実際には混合の中心位置がずれるので、このような方法で求める。ただし、この侵入幅は、河道の平面形状や河道内の偏流の状況などによって多少異なる。今回の調査では、低水路内の流速が 2~3.5m/s、水深が9~12m、高水敷上の流速が0.5~1.0m/s、水深が3~6m程度である場合がほとんどで、それほど幅広いデータは集ってはいない。しかし、高水敷のある河道という条件では河道の特性がある程度限られるので、データは充分であると思われ、特異な場合を除いてはこの結果の適用に大きな支障はないものと考えられる。

4. おわりに

低水路内の高速流体と高水敷上の低速流体の混合領域の大きさと高水敷への侵入幅について、現地データを収集し、従来の解析結果と比較検討を行った。その結果、混合域の幅は理論解と明確な対応が見られ、河道の水利特性量を用いて混合幅や侵入幅を推定できる事が分かった。また、河岸渦の大きさは場合によっては非常に大きく、写真-1で示したように河道の中心を越えて広がっており、河道全体が混合している場合もある。ここまで大きな渦が顕著に見れる事例は少なかったが、このような場合には河岸渦が河道の流下能力に与える影響が非常に大きいことが予想される。したがって、河道の特性量と水理量から求めた河岸渦の大きさ ΔB が大きい場合には、高水敷への侵入範囲が大きくなるばかりでなく、これが河道の流下能力の減少に供する可能性があることに注意する必要がある。なお、本調査は建設省技術研究会「河道特性に関する研究-その2-」の一環として行われたものであり、調査に当たっては、建設省本省治水課、各地方建設局、北海道開発局、各工事事務所の御協力を頂いた。ここに、記して感謝の意を表したい。

（参考文献）

1) 治水課、土木研究所 第43回建設省技術研究会 2) 福岡、藤田 土木研究所報第180号, 1990

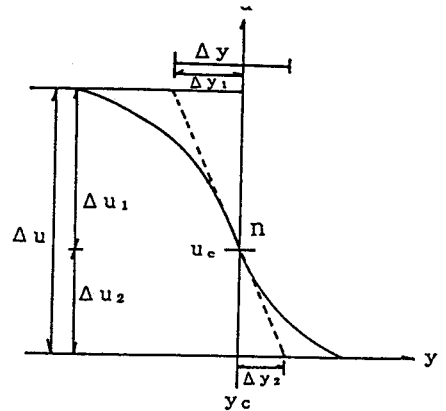


図-2 流速分布と記号の定義

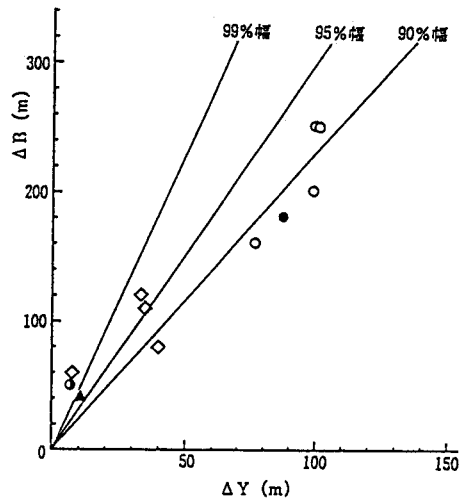


図-3 河岸渦の大きさと Δy の関係