

建設省 土木研究所 正員 復賀 亮三
建設省 土木研究所 正員 高橋 隆

1. はじめに

わん曲流に関する研究は依然として盛んに行なわれている。それだけ多種多量の研究素材を提供し、多くの興味をひいているからであろう。今回の報告は複わん曲水路の河床変動ととりあげ、流況との関連において考察する。すでに多くの研究により、単わん曲水路の場合は定量的には不十分ながらも定性的には大略の見当がつくまでに至っていると思われる。自然河道に多くみられる複わん曲水路の場合は、とくに下流側のオスわん曲において、上流側のオイわん曲の影響を受け、一般にオイわん曲とは異った特性を示す。そこで、複わん曲水路におけるオイわん曲と単わん曲水路の流況特性を比較した後、複わん曲水路におけるオイわん曲とオスわん曲の流況特性と河床変動特性の相異点について検討する。ついで、わん曲水路における流況特性は水深/川幅比やフルード数のほか、水路の横断形状により著しく異なり、特定断面形状に近づくと、らせん状流れが減衰していくという興味ある実験結果について考察する。

2. 流況特性および河床変動特性のオイわん曲とオスわん曲における相異点

複わん曲水路のオイわん曲と単わん曲水路における流況と河床変動上の相異点は、一般に極くわずかであり、わん曲末端部の特性が、複わん曲水路の場合に顕著でないことのみに留意してあげればよいように思われる。すなわち、単わん曲の場合はわん曲角や、比曲率半径および比水深などとも関係するが、末端部において横断水位勾配が急激にゼロになり、強制渦の発生とともに末端部外岸側に特有の局所洗掘がみられることが多い。いっぽう複わん曲水路の変曲点付近では横断水位勾配が逆転し、オスわん曲外側の水位上昇のために内岸側から外岸側に向う二次流が抑制され、そこに単わん曲の場合のような顕著な局所洗掘がみられないことが多い。これに対してオスわん曲ではオイわん曲末端部の横断水位勾配のほか、流速分布やらせん流の影響を受け、移動河床水路では補給砂分布をも考慮する必要があるのが非常に複雑になる。一般にオスわん曲の方が条件がきびしくなり、河川の計画には、法線形の緩相や中間の直線区間をとるなどの必要性についてすでに報告⁽¹⁾している。

図-1は水路中 $B=1.5\text{m}$ 、水路中心曲率半径 $R_0=3.75\text{m}$ の90°わん曲が2基連続した長方形断面複わん曲水路における実験結果の一例で、それぞれフルード数 Fr と水深/川中比 h/B を固定した場合の、流線変化による各要素の影響と比較したものである。このような条件を得るために河床勾配を変化させ、かつ粗度調整を行なっている。図-1よりみると上層および下層流線ともにオイわん曲よりオスわん曲の方がやや下流側に集約している。これは横断水位勾配のほか、オスわん曲では流入するオイわん曲のらせん流と反転させ

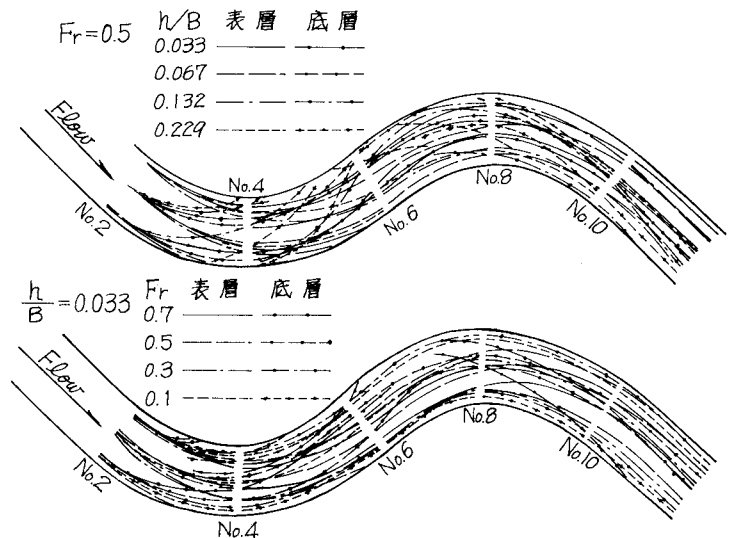


図-1 長方形断面複わん曲水路における流線比較図 0 Scale(m) 3

く自身のうせん流を発達させるにめ
と思われる。また、上層流線の集斂
する位置は下層流線の集斂する位置
の対岸側になる傾向を有している。
このような特性は F_r と h/B は同様の
効果を有するが、実験範囲のよう
に h/B の大きいときには h/B の影響が卓
越する。このことは、河床横断形状
の影響が効いてくることを示唆する
であろう。河床洗掘は掃流力のほか
に補給砂量が関係するので、わん曲
部ではうせん流の影響が重要である。
図-2 にオ1わん曲とオ2わん曲の
洗掘位置の比較を行った一例を示す。

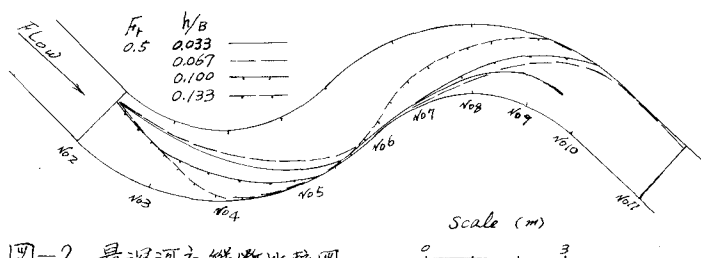


図-2 最深河床縦断比較図

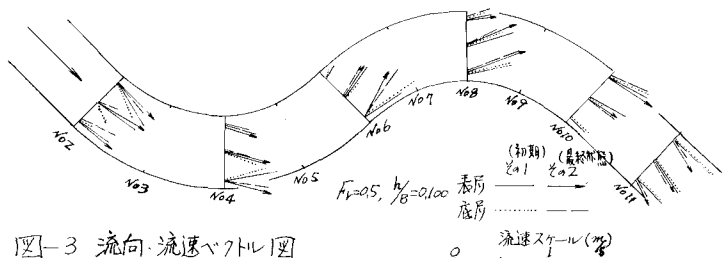


図-3 流向・流速ベクトル図

つぎに、 F_r 一定の条件下でハイドログラフと通水した場合に、河床形
は流量の増加に伴って洗掘が促進する各段階での安定断面と形づくるが
減水過程では全般的に深掘部は埋め戻される傾向を有するも、わずかに
あるのに対し、No9断面付近では著しく埋め戻しが促進したことは、オ
2わん曲の特性の一つに数えることができよう。

3. 横断形状の変化に伴う流況特性の変化

多くの理論的解析では河床横断形状の影響を考慮していない。しかし
時に二次流は著しく変化することが実験によって容易に明らかにされる。
図-1の長方形断面における流線形は移動河床では異なったものとなる。
図-3は $F_r = 0.5$ (一定) の条件下、 $h/B = 0.133$ の安定河床に $h/B = 0.100$ の
通水を行って得られた平衡河床における初期と最終状態の流速ベクトル
の変化の様子を示したものである。

わん曲部における河床変化は、初期の水平河床の条件下で急激に進行す
る場所と対岸のやや上流部に成長する堆積によって洗掘が促進する場所
とがある。しかし、いずれの場合もうせん流が減衰して上層と下層の流
向が一致する方向に河床形は落着いていく。河床の限界掃流力に達する
以前は、流砂型式にもよるが河床変動は掃流力と補給砂に支配されるか
うである。図-4は上層と下層の流線の交角と長方形断面の場合と安定
に近い場合とを比較したものである。図-3 からも同様の傾向が見え出される。

4. おわりに

復わん曲水路は単わん曲とは異った特性を有し、特にオ2わん曲は重要である。自然には復わん曲が多いので
わん曲の一般特性は復わん曲の研究によるべきものと思われる。ここで得た安定断面ではうせん流が減衰すると
の仮説は、平衡河床形に対する二次元解析の妥当性を示唆し、複雑のような簡単な方法による適合の可能性の一
つの根拠を与えるともいえよう。わん曲部の局所洗掘対策としては、限界掃流力以上の材料で保護することの他
に、うせん流の発生・発達を抑えることが効果的であり、法線形の改善や杭出し水制、小段、護岸勾配など種々の
方法が考えられる。〔参考文献〕(1)須賀・馬場：年講、46年。(2)(3)須賀：永講、40、41年

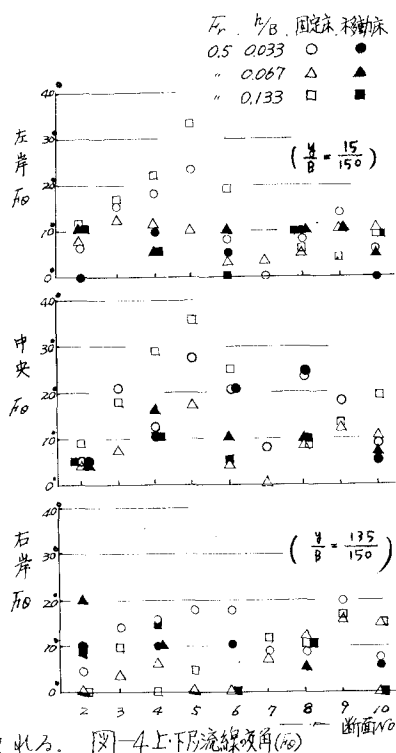


図-4 上下流線交角(度)