

東京工業大学工学部 正員 渡辺明英
同 上 正員 福岡捷二

1. はじめに

河道湾曲部の外岸河床の洗掘と河岸侵食を防止するベーン工法について、ベーン工を設置した場合の流れと河床形状の研究が行われてきた^{1) 2) 3) 4)}。これらの成果に基づいて、ベーン工の配置方法を求めることができる。しかしながら、ベーン工の設置に伴い、設置域の下流で流れと河床形状は変化する。したがって、新たな洗掘が生じないようにベーン工の設置域、設置方法を決める必要がある。本文では、著者らが開発した数値解析モデル^{3) 4)}を用いて、ベーン工の設置区間とその下流部の流れと河床形状の関係について検討し、ベーン工の設置範囲の決め方を明らかにする。

2. 解析方法

ベーン工設置域では流れと河床形状は一樣湾曲流れの状態ではほぼ近似できることから⁴⁾、その結果を境界条件として与え、ベーン工終端の下流部について流れと河床形状を解く。ベーン工を設置した水路での流れと河床形状は、ベーン工による影響を考慮した二次流に関する方程式、運動方程式、連続式及び流砂の連続式から求められる^{3) 4)}。下流部の河道形状には、水路の曲率 r を湾曲部と同一の曲率 r_0 からほぼ直線まで変化した形状を与え、ベーン工の終端位置からの流れと河床形状の変化を調べた。ただし、湾曲部とその下流の接続部では曲率を連続的に変化した。計算条件及びベーン工の形状には、一樣湾曲水路での実験によって検証の得られている条件³⁾を用いた。水理条件は表-1に示す通りである。

表-1 解析に用いた条件

流 量 $Q(l/s)$	水 深 $h(cm)$	流 速 $u(cm/s)$	勾 配 l	水路幅 $B(cm)$	半 径 $r_0(cm)$	粒 径 $d_m(mm)$
18.0	4.85	37.2	1/500	100	450	0.82

3. 解析結果及び考察

図-1は、ベーン工の終端が湾曲部($r=4.5m$)の途中である場合の河床形状を実験値とともに示している⁴⁾。下流に従って、流水が集中し、遠心力による二次流の再生されるために、外岸で洗掘が生じている。図-2は、下流部の曲率がほぼ直線の場合のベーン工の終端位置とその下流の河床高の関係を示す。図-2(b)の様にベーン工の設置域が湾曲区間内に入る場合には、曲率の変化する箇所では洗掘が生じている。

これは、以下の理由による。図-3は、下流部をほぼ直線とした場合の底面近傍の二次流の横断分布及びゴントリーを示す。ベーン工設置位置が湾曲部終端の場合(図-3(a))には、ベーン工によって作られた逆向きの二次流が、図-3(b)の場合と比べてかなり長い距離にわたって維持されている。この逆向きの二次流が、流れと河床形状を支配するため、下流部では湾曲部で発生していた二次流が内岸側に残っていても洗掘は生じない。一方、ベーン工設置区間が湾曲部に入る場合には、湾曲区間内で二次流が再生され、ベーン工による二次流は比較的短い流下距離で小さくなる。ただし、ベーン工による二次流が小さくても二次流分布は影響を受けている。流れの曲率が緩やかに変化し、ベーン工による二次流が弱まる間に、遠心力による二次流もベーン工のない湾曲区間の値の $1/3 \sim 1/2$ に減少するので、洗掘深は小さくなる。

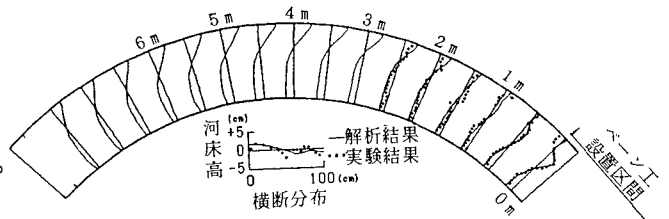


図-1 河床高分布（下流部の曲率 $r_0/r=1$ ）

下流部の曲率、ベーン工の設置区間下流の外岸の洗掘深の関係を図-4に示す。これより、ベーン工終端から下流域の洗掘深は、本数値実験の範囲では最大でも、ベーン工を設置しない湾曲部で生じる洗掘の約 $1/2$

である。これより、洗掘深は流量によってあまり変化していない。図-5に下流部の曲率、べん工の設置範囲と洗掘部までの湾曲下流端から距離 s との関係を示す。洗掘位置は、下流部の曲率が上流部の湾曲の曲率と比べて小さい場合にはほとんど変化していない。以上のことから、べん工の設置域を十分下流まで延ばせない場合には、湾曲部の1/2程度の洗掘が設置域の下流部で生じる可能性がある。この洗掘位置はべん工による二次流が減衰する距離で決まる⁴⁾。湾曲部でのべん工による二次流の減衰距離 L はこれまでの研究から、流速係数 ψ 、水深 h 、べん工の縦断間隔 Δs を用いて $L < (0.8 \sim 1.6) \psi h \Delta s / 2$ (約10~20 h)で与えられ、この範囲では河床の規模は小さい。この位置より下流の河道の曲率を求め、曲率が $B/r < 0.1$ の場合には先に示した程度の洗掘が生じる。洗掘深は小さいが、根固め工などの対策を行うことが望ましい。

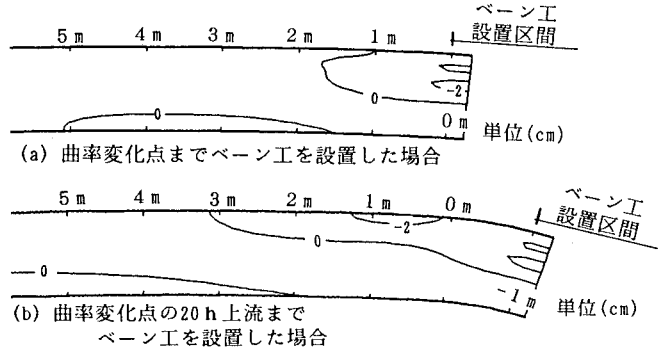


図-2 河床高分布(下流部の曲率 $r_o/r=1/16$)

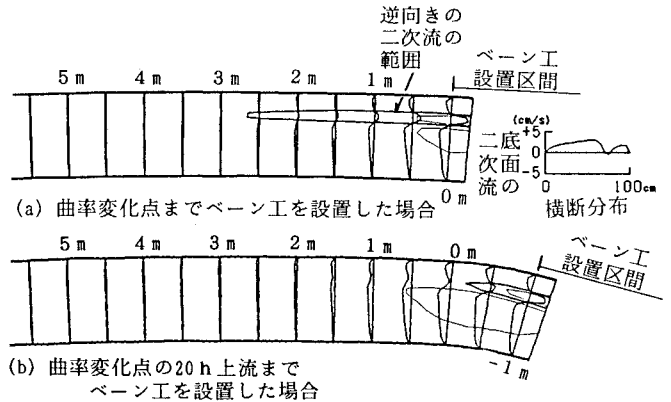


図-3 二次流分布(下流部の曲率 $r_o/r=1/16$)

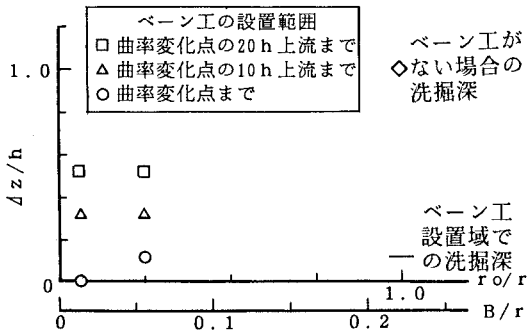


図-4 ベん工の設置区間下流の外岸の洗掘深

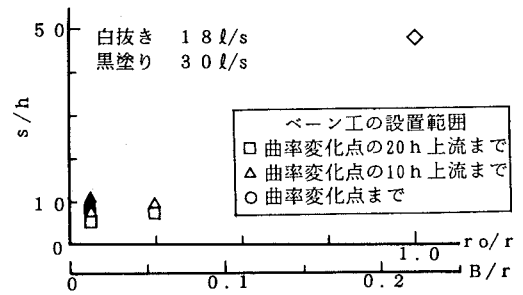


図-5 ベん工の設置範囲と洗掘位置

4. おわりに

べん工終端から下流の河床洗掘を小さくする設置範囲を河道線形との関係で解析的に求めた。これより、べん工の設置が十分でない場合にはべん工終端から下流で洗掘が生じるので、べん工を十分下流まで設置するか、洗掘域に根固め工などの対策を行う必要がある。

(参考文献)

- 1) 福岡, 渡辺, 黒川: "べん工の洗掘軽減効果と設計法に関する研究" 土木研究所資料 第2644号, 1988
- 2) 福岡, 渡辺, 萱場: "べん工による河道湾曲部の埋め戻し過程" 水工学論文集Vol. 34, 1990.
- 3) 福岡, 渡辺: "べん工が設置された湾曲部の流れと河床形状の解析" 土木学会論文集No. 447/II-19, 1992
- 4) 福岡, 渡辺, 萱場, 曾田: "べん工が断続的に配置された河道湾曲部の流れと河床形状" 学会論文集(投稿中)