

II-293 連続的に配置されたベン工による流れの構造

東京工業大学大学院 学生員 三宮 武
 東京工業大学工学部 正員 福岡 捷二
 建設省土木研究所 正員 萱場 祐一
 東京工業大学工学部 正員 渡辺 明英

本研究の目的 河道湾局部にベン工を連続的に設置したときの流れ場と河床形状については、実験、解析、現地観測が行われてきた¹⁾²⁾³⁾。本研究では、ベン工を連続設置した場合の河床形状と流速分布を実験水路で詳細に測定し、流れの構造について検討した。また、これにもとづき、理論解析¹⁾²⁾で用いた流速分布との対応を調べ、その妥当性の検討を行った。

実験方法 実験は、水路長24m、水路幅1m、中心半径4.5mの一樣湾曲水路を用いて行った。ベン工を設置しない場合(Run1)とベン工を連続的に設置した場合(Run2)（図1）について、縦断勾配1/500、流量18 l/s、平均水深4.8cm、河床材料の粒径0.82mmの条件で実験を行った。通水中は、河床が低下しないように給砂を行い、河床形状が十分平衡に達した時点で通水を終了した。この河床形状を速乾性の接着剤で固定し、流速分布の測定を行った。流速分布は、ピトー管と電磁流速計を用いて、 u 、 v 、 w 成分を測定した。

ベン工を連続設置したときの流れの構造 図2は、Run2における代表断面の横断面内の流れと主流の鉛直プロファイルを示す。ベン工連続設置では、ベン工を境に内岸側では大きな深掘れ、外岸側では河床の

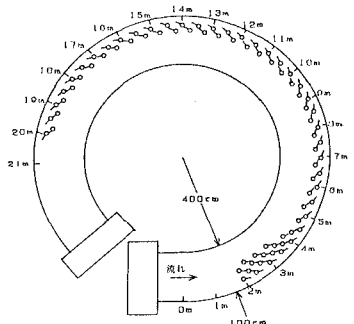


図1 ベン工の連続配置

高まりが生じ、これが縦断的に連続したみお筋となっている。これに伴い、ベン工の外岸側で上昇流が、内岸側では下降流が生じており、ベン工のまわりに安定した二次流れが形成されている。これは、ベン工から発生する、遠心力による二次流と逆の回転を持つ強い二次流に起因するものである。主流の鉛直プロファイルについては、内岸から6割（ベン工の近傍）のところでは、水面での流速は河床付近の流速より小さくなっており、ベン工なしの場合に比して流速の逆転が見られる。また、内岸から4割、9割の断面での主流の鉛直プロファイルは水面と河床付近で、一様な分布に近づいている。これらは、ベン工により発生する二次流によって、水面付近の大きい運動量と河床付近の小さい運動量が混合されるためである。この結果、遠心力の鉛直差が小さくなるため遠心力に起因する二次流は小さくなる。このように、ベン工によって生じた二次流は、主流の分布形を極端に変形し、その強い変形の範囲はベン工の設置位置を中心に水路幅の2～3割離れた位置まで及んでいることが明かとなった。

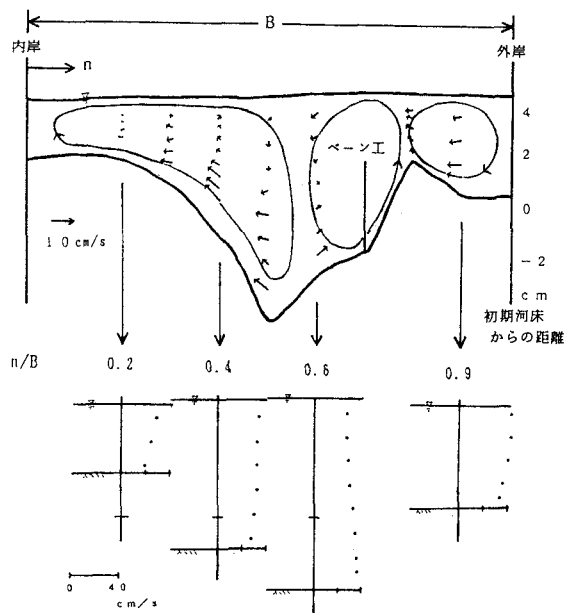


図2 横断面内の流れと主流の鉛直プロファイル (Run 2)

次に、二次流強度を $\int_{z_b}^z \hat{v} dz / (U_s h)$ で定義する⁴⁾。 $\hat{v}$ は、測定した流速ベクトルを鉛直方向に平均化して求めた主流ベクトルに対して、各測定高さでのベクトルの直角方向の成分の絶対値である。 h はその地点での水深を用いる。また、その正負は底面近傍での流速 v_b と水面近傍での流速 v_s の差 $v_b - v_s$ によって決める。遠心力による二次流が卓越していれば符号は負に、ベーン工による二次流が卓越していれば符号は正になる。図3に二次流強度横断分布の縦断変化を示す。Run1では二次流強度の符号はすべて負で、外岸側の洗掘域で大きな値をとる。Run2では、ベーン工付近(ベーン工の位置は内岸から7割と8割)の二次流強度が正の大きな値をとる断面が、縦断的に連なっている。このことから、ベーン工を縦断的に連続に設置した場合、ベーン工自らが作り出す二次流によって、流れ場と河床横断形が縦断的に安定することがわかる。図4は、図3に示した二次流強度の横断分布を縦断的に平均化したものである。これより、内岸から4割までは、ベーン工の有無にかかわらず二次流強度はほぼ同一となり、この範囲にはベーン工の影響はほとんど及んでいない。一方、内岸から4割～9割の範囲では、Run2の二次流強度の値はRun1の値より明かに大きく符号も逆である。従って、二次流強度からみてもベーン工の影響範囲は横断的にベーン工の設置位置から両方向に水路幅の2割～3割のところまで及んでいることがわかる。

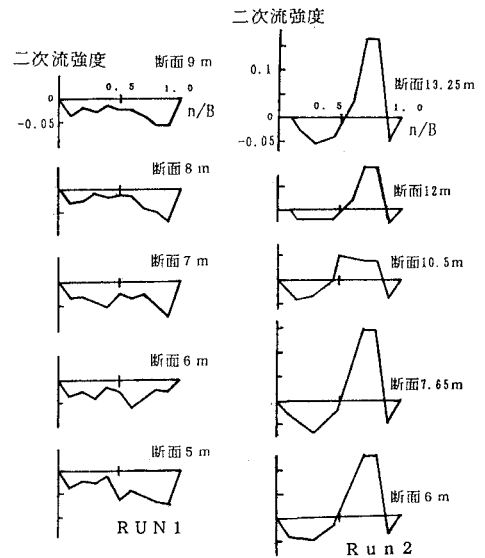


図3 二次流強度の縦断変化

とんど及んでいない。一方、内岸から4割～9割の範囲では、Run2の二次流強度の値はRun1の値より明かに大きく符号も逆である。従って、二次流強度からみてもベーン工の影響範囲は横断的にベーン工の設置位置から両方向に水路幅の2割～3割のところまで及んでいることがわかる。

解析値と実測値の対応 解析では、流れ場は縦断方向に平均化をされ、横断面内の流れと河床形状の変化を扱っている。これは、先に述べたようにベーン工が連続設置されたときに流れ場が安定し、縦断的にほとんど変化しないため、妥当な仮定である。福岡らの解析では、

$$u = (u_a/u_s + 1/\kappa) u_s - 3/\kappa u_s (1 - z/h)^2,$$

$$v = -v_b \cos(\pi z/h)$$

と置き、解析的に u_s 、 v_b を決定し、分布形を求めている。図5は、平均横断河床高に対して得られた縦断平均の u 成分、 v 成分の計算値と実測値との対応を示す。ベーン工設置位置付近($n/B=0.7$)では、 u 成分の実測値は河床付近と水面付近で逆転した分布形になるため実測値と計算値でややずれが生ずる。 v 成分は、ほぼ合っているとみることができる。以上から、解析で与えた流速分布形が妥当であり、それが横断面内河床形状を適切に説明できた大きな理由の一つである。

参考文献 1) 福岡、渡辺、黒川：土木研究所資料

2644号、1988 2) 福岡、渡辺、萱場：水工学論文集第

34巻、1990 3) 福岡、渡辺、浜田：第45回年次講演会概要集、1990 4) 石川、金：土木学会論文集、375号、1986

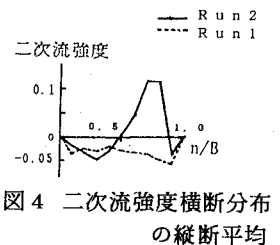


図4 二次流強度横断分布の縦断平均

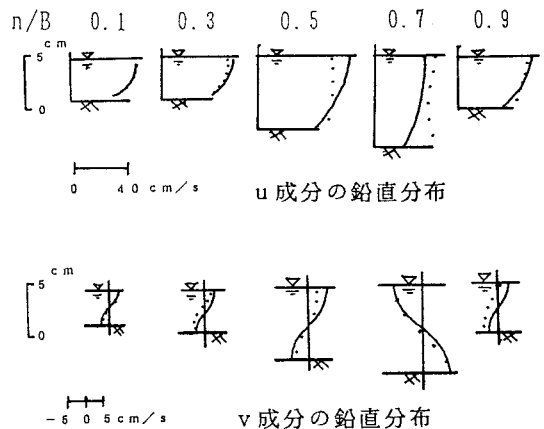


図5 流速分布の計算値と実測値の対応