

II-272

直線水路における斜め棧型粗度の効果

立命館大学 理工学部 正 員 大同 淳之

1. はしがき 傾斜棧型粗度を直線水路に傾斜棧型粗度を側壁に適用したとき、二次流が護岸に沿って上昇し、河床に沿う流れは外岸側に向かうことから、河床は中央が洗掘され、護岸足元は土砂が堆積すること、および側岸を受け持つ深さが増加して、底面隅角部に作用するせん断力の減少の2つの効果がある。これを確かめるために実験を行った。

2. 実験

(2-1) 実験の規模 実験は幅0.3m、有効長さ6mの移動床水路で、Fr数は0.3~1.2、 $B/h=2.3\sim4.0$ の範囲で実験を行った。用いた砂の粒径は0.8mmである。傾斜粗度は0.5cm角で、下流側に45°傾け、粗度の間隔は、流向に沿って、間隔/高さを10にした。

(2-2) 壁面に生じる上昇流 著者の研究により、壁面が垂直のとき、単位面積あたりに生じる上昇流速 w は底面近くの粗度について次式で表される。

$$w/u_1 = \sqrt{\cos \alpha k_1 \sin \alpha / (1 - (f/8) \sin \alpha)} \quad (1)$$

ここに α は棧の傾斜、 k_1 :比例係数、 f は棧表面のまさつ係数である。 $f=0.02$ とすると、実験によって、 k_1 を定めた結果によると、図1のように、 k_1 は0.07で、 w/u は0.2となる。式(1)は底面近くの流れを対象にしたものであるが、どの部分についてもそれほど違いがないので、この式で求められる値が代表的速度とみなしてよい。さらに、粗度が傾斜しているため、粗度の間でもほぼ同じ流速の上昇がある。この実験の棧の大きさは0.5cmのため、単位面積に直したとき w/u 深=1/10となる。

(2-3) 移動床における傾斜粗度の影響 図2は傾斜粗度がない砂粒粗での流向と河床の形態である。電磁流速計で測定した流向は高さ2cm、波形こう配0.02位の弱いduneが生じるが、横断河床はほぼ水平または図1(b)に示すように護岸の足元が深くなって、水路中央部が高くなっている。これは一般の河道において護岸沿いに水道ができ河川の中央部に砂の堆積が生じている現象と一致する。水路中央が高くなる。水路規模と流速計の大きさがバランスしていないため測点を多くすることができないので、詳細なことをこの測定から推定することはできないが、側岸に沿って下降し、底面を中央に向かう二次流の存在が確認できる。主流の流速は水路の中央では対数則にしたがい、かつ隅角部では流速が大きい層が入り込んでいることは従来いわれていることと一致している。したがって、隅角部から45°に近い角度で引かれる線を対称として、二次流が生じているとして考えられる。

これに対して、傾斜粗度をつけたときの二次流の流向と河床形を図3に示す。いずれのケースについても護岸に沿って上昇流が生じており、たまたま B/h が2に近いこともあって、断面を2分する形の循環を

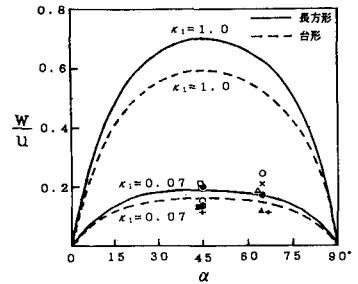
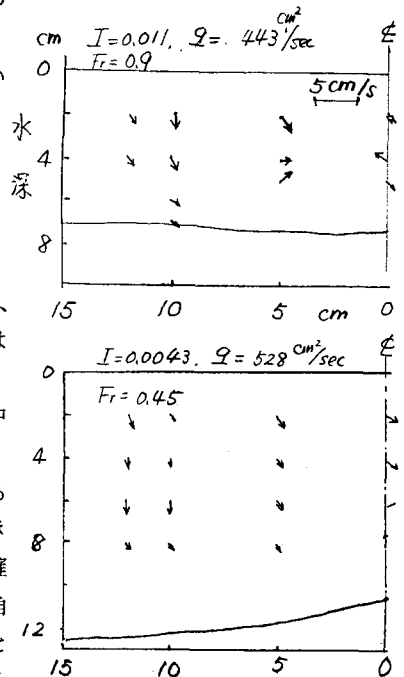
図1 $\frac{w}{u}$ の関係

図2 傾斜粗度がないときの二次流の流向と大きさ

示す二次流が観測された。流速計の寸法から壁のごく近傍が測れないため、式(1)とよく一致するかどうかは検証できないが、壁から少し離れた場所での自流の大きさは、式(1)出予測できるものとほぼ等しい。護岸面に沿う上昇流によって、河道の中央が洗掘されている。横断方向に砂を動かすに必要な横断方向の限界流速 v は、砂が掃流で動くとき、次式で表される。

$$\left(\frac{v}{u}\right)^2 = \frac{4}{3} \frac{\mu (\sigma/\rho - 1) g d}{(C_D + \mu C_L)} \frac{1}{(A_r u_r)^2} \quad (2)$$

ここに、 μ は粒子の摩擦係数、 σ/ρ はそれぞれ砂および水の密度、 g は重力加速度、 C_D 、 C_L はそれぞれ抗力および揚力係数、 A_r は流速係数で一般に8.5、 u_r は摩擦速度である。砂が x 方向に転動ときには跳躍しているとみなして、 r 方向の摩擦係数 μ は、 x 方向の摩擦係数の1/10とすると、 v/u は約0.1となる。図3の二次流を半径一定の循環とみなすと、底面ではほぼ $w \approx v$ とみなせるので中央の砂はこの流れによって、護岸足元に移動しているとみなすことができよう。図3に示めすように、二次流によって生じる循環は、 B/h が2に近いこともあるが、水路の中央にまで及んでいる。 B/h が4程度まで実験を行ったがいずれも二次流の循環は水路中央まで及んでいる。このことは、従来水路隅角部からほぼ 45° の線を境に流況が独立と見られていた現象が消えるほど大きい循環を傾斜粗度が生じさせているといえる。これについては、水路の規模を大きくして検討する必要があると考えている。

3. むすび

- 1) 水路の両側岸に傾斜粗度を付けて、河底の洗掘に及ぼす効果を調べた。
- 2) 実験の範囲($B/h=2.3 \sim 4.0$)では、壁面に沿って生じる上昇流によって水路を二分する形の二次流の循環が生じる。
- 3) 河底の横断形は、傾斜粗度を付けていないときは、水路中央に明かな低下が示され、壁面に沿って生じる河底の洗掘を防ぐ効果があることが示された。

1) 大同ら；二次流の制御による河川曲線外縁部の局所洗掘防止，水工論文集，第37巻，1993

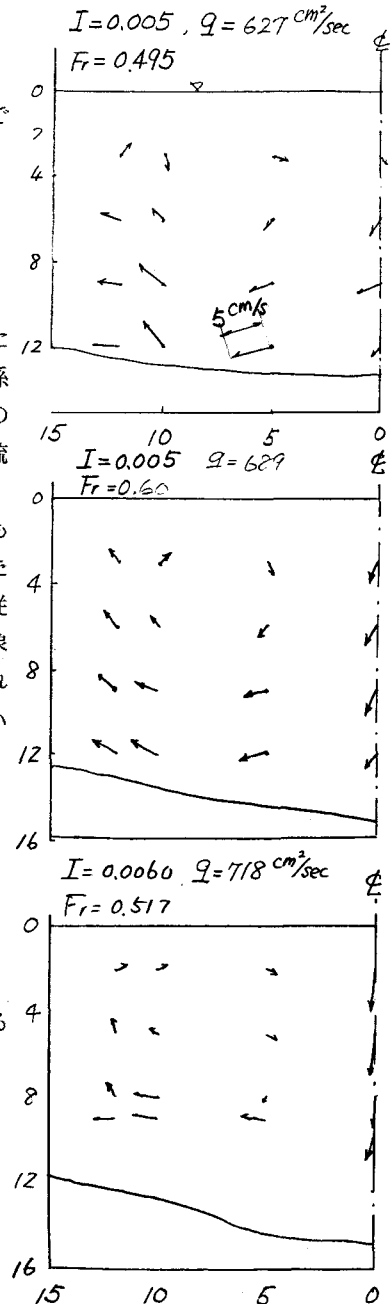


図3 傾斜粗度があるときの二次流の流向と大きさ