

II-134 円柱群による堆砂効果と平衡断面形状

東京大学工学部 正員 玉井信行

宇都宮大学工学部 正員 池田裕一

○ 建設省 正員 小平 卓

東京大学工学部 正員 廣沢佑晴

東京大学工学部 正員 浅枝 隆

1. はじめに

河川においては護岸や流路固定のため、河岸付近に種々の水制工法を施す場合が多い。水制の存在する領域では、流れが水制から付加抵抗を受けるので、流速が減少し、また底面剪断力が軽減されるために、そこに土砂が堆積することになる。さらに、水制の存在しない領域との境界では、流速・水深・浮遊砂濃度が大きく変化するので、運動量・浮遊砂・掃流砂の横断方向輸送が活発に行なわれると予想される。本研究では、水制設置後に平衡状態に達した際の、流れ場および河床形状の予測を目的として、以上2点に着目した実験および解析を行なったものである。

2. 実験装置及び方法

実験には幅50cm・長さ20mの循環式水路を使用した。この水路の片側全域に、水制を模擬するための単純な円柱群(直径 $d=1\text{cm}$)を千鳥配置($L_x = L_y = 5\text{cm}$)した。実験は、平坦固定床と移動床の双方について行い、等流(平衡)状態において流速分布・河床形状を測定した。

3. 解析方法

Parker¹⁾・Ikeda²⁾に倣い、問題を次のように定式化する。ただし、今回は水制による底面剪断力の軽減効果のみを取り入れ、他の影響(乱流構造の変化など)は考慮しないことにする。

(領域1)

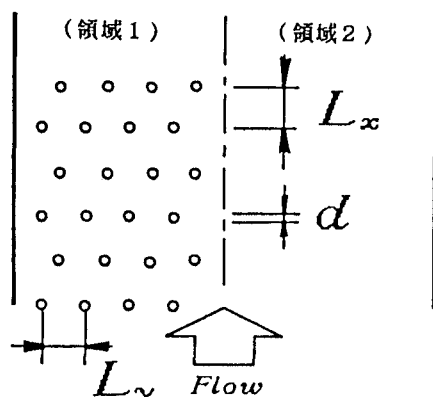
$$gh_1i - \frac{1}{2}(f_1 + \beta C_D)u_1^2 + \nu_T \frac{d}{dy} \left(h_1 \frac{du_1}{dy} \right)$$

$$\varepsilon_y \frac{d\zeta_1}{dy} + q_{BL1} = 0$$

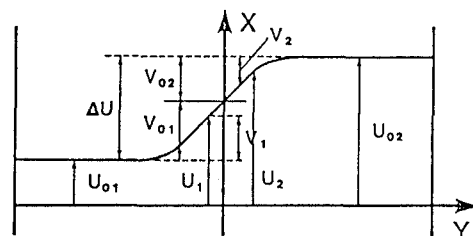
(領域2)

$$gh_2i - \frac{1}{2}f_2u_2^2 + \nu_T \frac{d}{dy} \left(h_2 \frac{du_2}{dy} \right)$$

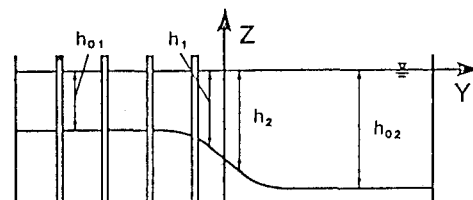
$$\varepsilon_y \frac{d\zeta_2}{dy} + q_{BL2} = 0$$



(a) 千鳥配置



(b) 流速分布



(c) 河床形状

図1 水制の配置とその効果

2領域ともに第1式は運動方程式である。ここに、 C_D は円柱杭の抗力係数、 β は杭の密度に関わる係数で、

$$\beta = \frac{dh}{L_x L_y - \frac{\pi d^2}{4}}$$

と表される。 f_i は抵抗係数、 ν_T は横断方向の渦動粘性係数³⁾である。第2式は横断方向の流量量の釣合を示すものである。 ϵ は鉛直方向に積分した浮遊砂濃度、 q_{BL} は横断方向の掃流砂量で、底面剪断力と水深勾配の関数となる^{1), 2)}。 ϵ_y は横断方向の渦動拡散係数であり、今回は単純に $\epsilon_y = \nu_T$ とした。

計算に際しては、まず h_{02} を与えて h_{01} を仮定し、

$$h_i = h_{oi} + k_i$$

とおき、 k_i が微小であるとしたときの第一次近似方程式を解く。それによって求められる全流量が測定流量と等しくなるように計算を繰り返すことにした。

4. 実験結果との比較

図2に今回の実験から求められた抗力係数を示す。これは堆砂域の一樣水深部の流速と水深から求めたものである。この図を見ると、秋草らが水路幅全体に杭を設置した際のものより大きい値が得られていることがわかる。これは遷移領域の自由剪断層において大規模な渦動が生じ、平均流速に比べて変動成分が無視できない大きさになっている（図3）のために、抗力係数が見かけ上大きくなるものと考えられる。

図4に、流速分布・河床形状の測定値および計算値の一例を示す。抗力係数は実験により求められたものを用いた。両者ともよい適合性を示しており、特に河床形状に関しては、堆砂領域の開始と勾配など遷移領域の様子が明瞭に再現されている。図5は、堆砂領域の一樣水深部の水深の測定値・計算値を比較したものである。ばらつきはあるものの、その値・傾向をよく説明しており、基本的なメカニズムは表現されていると言える。

本研究を進めるに当たっては、とうきゅう環境浄化財団より研究費の援助を受けた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) Parker, G., J. Fluid. Mech., vol. 89, 1978
- 2) Ikeda, S., ASCE, J. Hydr. Div., vol. 108, 1982
- 3) 田中・石川・木村、第41回年講、1986
- 4) 秋草ら、土木研究所報告 第107号、1961

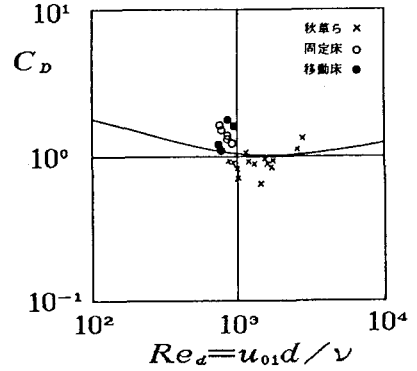


図2 抗力係数

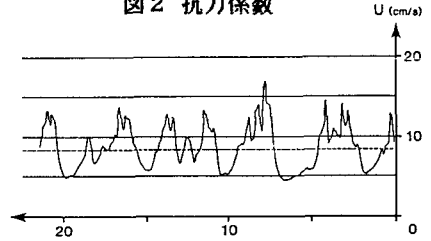


図3 水深一樣部の流速変動

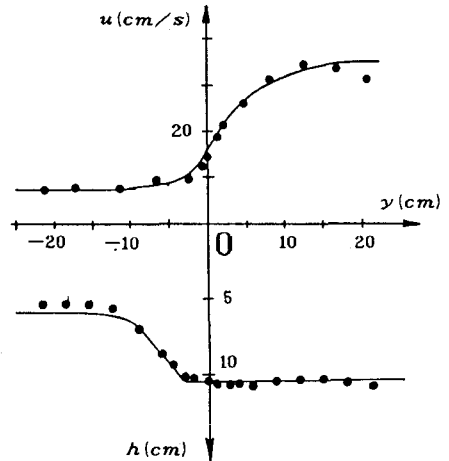


図4 流速分布と河床形状の例

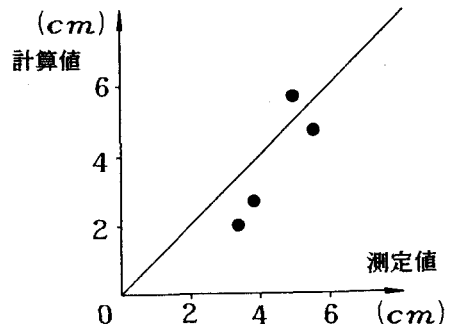


図5 堆砂域の水深(h_{01})