

浮遊砂が袋型根固め材周辺の河床洗堀に及ぼす影響について

株式会社不動テトラ 正会員 ○萩原照通
 東北大学大学院工学研究科 正会員 会田俊介
 東北大学大学院工学研究科 正会員 風間 聡

1. はじめに

根固め材は河川護岸の基礎を保護する構造物であるが、設置後周囲に土砂が堆積する例が見られる。著者ら¹⁾は、根固めブロックを対象として、浮遊砂の堆積を促すために、一定の間隔を空けてブロックを設置する方法を提案した。この方法は、土砂堆積による動植物の生息場所提供や景観の改善に加え、工費の縮減といったメリットを有している。一方で、根固め材の安定性や洗堀への影響は明らかになっていない。著者ら²⁾は根固めブロックと袋型根固め材を対象として、水理実験と数値計算による解析を行い、連続配置した根固め材の上流端付近で河床洗堀が大きく、間隔を空けることで洗堀箇所が拡大することを明らかにした。これらの検討は、堆積現象と洗堀現象のいずれかを考慮したものであり、実際の河川では、堆積と洗堀が同時に作用すると考えられる。

根固め工周辺の洗堀については、従来から調査研究がなされているが³⁾、洗堀と堆積を同時に扱った研究例は見当たらない。本研究では、袋型根固め材（以降、FU）を対象として、浮遊砂が周辺の河床洗堀に及ぼす影響について、数値計算による解析を行った。

2. 計算方法

河床変動計算には河川シミュレーションソフト iRIC-Nays2DH⁴⁾ を使用した。式(1)に示す連続式より河床変動量を計算する。

$$(1 - \lambda) \frac{\partial z}{\partial x} + \left[\frac{\partial q_{bx}}{\partial x} + \frac{\partial q_{by}}{\partial y} + q_{su} - w_f c_b \right] = 0 \quad (1)$$

ここで、 λ は河床材料の空隙率、 z は河床高、 q_{bx} 、 q_{by} は x 、 y 方向の単位幅掃流砂量、 q_{su} は浮遊砂の単位面積当たりの河床からの浮上量、 w_f は浮遊砂の沈降速度、 c_b は河床近傍の浮遊砂濃度である。掃流砂量は芦田・道上式より、浮遊砂の浮上量は板倉の式より算定した。

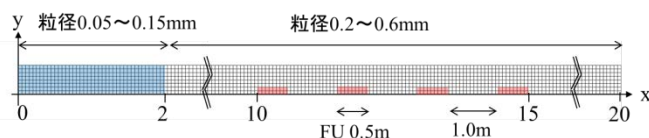


図-1 計算格子

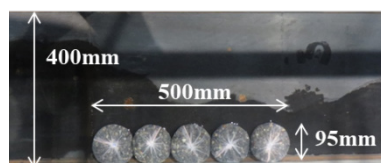


写真-1 配置イメージ

計算格子を図-1に示す。延長20m、幅0.4m、河床勾配1/500の直線矩形水路を想定した。上流側の河床材を粒径の細かい砂として、浮遊砂が流下する条件とした。下流側は粒径の粗い河床材として、洗堀が生じる条件とした。FUの寸法は直径95mm×高さ20mmで、0.5m（5個分）配置毎に1mの間隔を設けた（写真-1）。これら水路の寸法、FUの配置や河床材の諸元は、既往の水理実験¹⁾²⁾における条件を基にしている。FU設置箇所は固定床条件として、FU表面の高さを水路床とした。またFUの抵抗力が作用するように、抗力に関わる係数を入力した。格子サイズは0.05m、格子数は $400 \times 8 = 3200$ 格子、時間ステップは0.01sである。粗度係数は平坦な砂地盤であるため0.015とした。境界条件は、上流端に流量 $0.005 \text{ m}^3/\text{s}$ を与え、下流端は等流水深とした。比較のため、浮遊砂が流下しないケースと流下するケースにて計算を行った。

3. 計算結果

計算開始から900秒後の計算結果を図-2に示す。浮遊砂が流下しないケースでは、FUの上流端で河床が洗堀している様子が分かる。浮遊砂が流下するケースでも、FU上流端で河床洗堀が見られたが、上流側では洗

キーワード：根固め工、河床洗堀、浮遊砂堆積、数値計算

連絡先：〒980-0803 仙台市青葉区国分町 1-6-9 株式会社不動テトラ

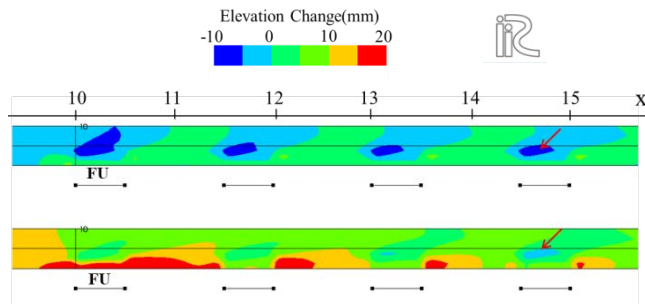


図-2 河床変動計算（上：浮遊砂なし，下：浮遊砂あり）

堀が少なく、浮遊砂が流下しないケースと比較して、全体的に洗堀量は少ない結果であった。FU の間隔を空けた部分には浮遊砂が堆積するが、上流側程堆積量は多く、浮遊砂の堆積が河床洗堀に影響を及ぼしていることが推察される。

最も下流側の FU 周辺（図-2 の矢印箇所）の河床変動量について、図-3 に時系列を比較した。浮遊砂が流下しないケースでは、計算開始から連続して河床が低下している。一方、浮遊砂が流下するケースでは、計算開始から 400 秒程度で低下量が極小となり、その後は河床が上昇する様子が見られた。浮遊砂が堆積して河床が上昇した可能性があるが、粒径の粗い砂が洗堀する箇所に、より細かい粒径の浮遊砂が堆積するとは考え難い。河床洗堀が軽減される理由について考察した。

4. 考察

河床変動の連続式(1)は、ある領域内の流砂の収支を表しており、簡易的に示すと図-4 の通りである⁵⁾。領域より流出する流砂量が、流入する量を上回ると河床が低下する。流砂量の大小は、粒径や河床高が同じであれば、概ね流速の大小で決定される。流速が流下方向に急増する区間では、河床低下が著しい。

計算領域の流速分布を図-5 に示す。計算開始直後の $t=60s$ では、FU 設置区間で流速が増加している様子が分かる。FU 設置区間は水路の通水断面積が減少するため、流速が増加すると考えられる。流速の増加区間は、図-2 における河床洗堀領域と一致している。一方、河床洗堀が極小となる $t=400s$ では、FU 区間における流速増加が見られない。FU の間隔を空けた区間に浮遊砂が堆積したために、FU 区間前後の通水断面積に差がなくなったことが要因と考えられる。流下方向に流速の差が無ければ、流砂の収支が釣り合うため、河床洗堀が進行しなくなるものと予想される。

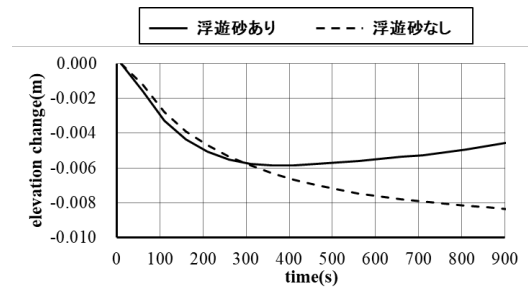


図-3 河床変動量の時系列（図-2 の矢印箇所と比較）

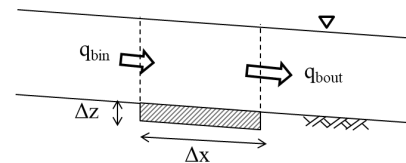


図-4 河床変動のイメージ

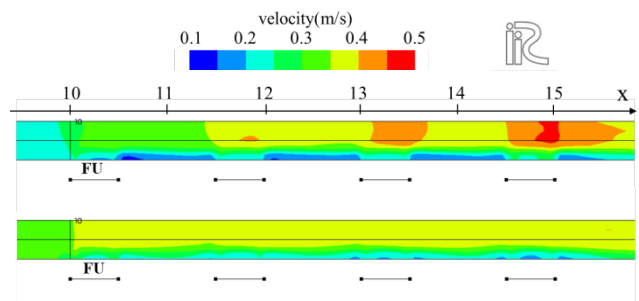


図-5 流速分布（上： $t=60s$ ，下： $t=400s$ ）

5. おわりに

袋型根固め材周辺の河床洗堀について、浮遊砂の堆積を考慮した条件で、数値計算による解析を行った。その結果、浮遊砂の影響で、根固め材周辺の河床洗堀は軽減され、洗堀した箇所が次第に回復するケースもあることが分かった。流速が遅い領域に浮遊砂が堆積したことによって、全体の流れの場が変化したことが原因と考えられる。実際の河川では粒径や流量は様々であり、河床の線形も一様ではない。今後は、現地条件を想定した検討が必要である。

参考文献

- 1) 萩原,会田,風間：根固めブロック周辺の浮遊砂堆積を促す効果的な配置方法の提案,土木学会論文集 B1（水工学）Vol76,No.2,pp1189-1194,2020
- 2) 萩原,会田,風間：根固め材の配置と周辺の河床洗堀傾向に関する研究,土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集,2021
- 3) 内田,福岡,福島：河床の洗堀による根固め工の変形特性に関する研究,河川技術論文集,第8巻,pp237-242,2002
- 4) iRIC-Nays2DH ソルバーマニュアル,<https://i-ric.org/>
- 5) 現場のための水理学,北海道開発局土木試験所