

1m 格子を用いた河道内大規模堆積土砂の下流への輸送シミュレーション

東京工業大学・学術国際情報センター 青木尊之 Marlon Arce Acuna
 ○ (一財) 砂防・地すべり技術センター 嶋 大尚

1. はじめに

2017年7月の九州北部豪雨での赤谷川や平成30年7月豪雨での大屋大川など各地で土砂・洪水氾濫が発生している。

これらの土砂・洪水氾濫ではいずれも上流域で生産された土砂が下流の河道区間にまで達して堆積することにより、民家の多い場所で土砂・洪水の氾濫が発生している。

そのため土砂・洪水氾濫の検討において土砂が下流の緩勾配区間まで到達し、堆積するメカニズムを再現することが重要になる。

土砂・洪水氾濫の特徴の一つは河道内での現象に収まらず、土砂の堆積や氾濫を繰り返しながら土砂と水が流下する二次元性の高い現象である。

二つ目の特徴は、土砂・洪水氾濫における土砂供給源が流水による河床の侵食だけではなく、溪岸崩壊等により河道区間に直接供給される土砂や土石流によって本川河道まで達して堆積することにより供給される土砂もある。

このように溪岸崩壊や土石流によって支川から本川供給される土砂は流量とは無関係に供給されるため、本川に河道内に大規模に堆積する場合がある。

本検討では、二次元河床変動計算(掃流砂・浮遊砂)を用いた河道内大規模堆積土砂の下流への輸送についての検討と1m格子での広範囲二次元河床変動計算に関する現状について報告する。

2. 二次元河床変動計算の計算条件

河道内に大規模に土砂が堆積する現象といえば河道閉塞が挙げられるが、本検討では河道閉塞に至らない規模の土砂が河床に堆積した場合の堆積土砂の移動について検討を行った。

二次元水路と堆積土砂の形状を図1、図2、図3に示す。堆積土砂の粒径は単一粒径1cm、水路長512m、水路は固定床とした。水路勾配は0.5°とし水深は堆積土砂よりも1m高い5mとなるように設定した。(流量一定：約300m³/s)

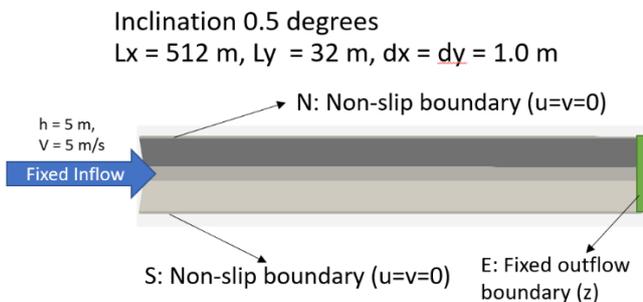


図1 計算水路と計算条件

Cross-section

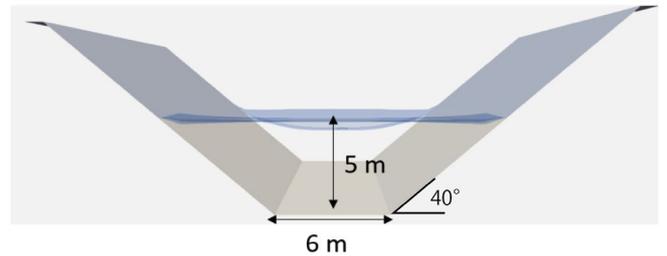


図2 計算水路横断面図

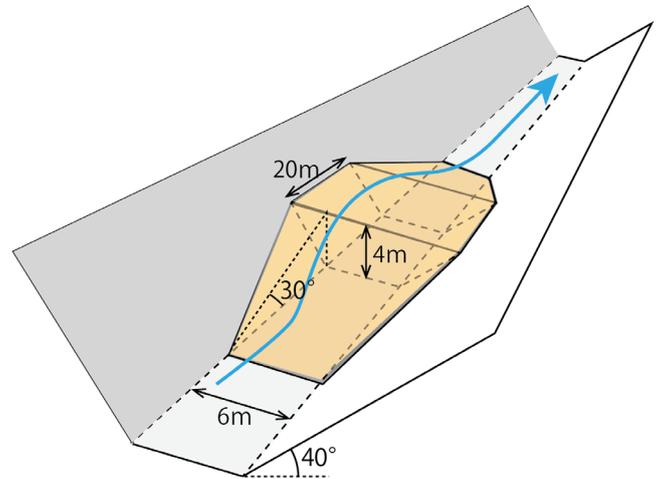


図3 堆積土砂の形状

3. 河道内大規模堆積土砂輸送シミュレーション

河道内の堆積土砂は水面計が安定した時点で水路床を上昇させる形で土砂を投入し、河道内に堆積した土砂の輸送を計算した。時系列的な計算結果を図4に示す。

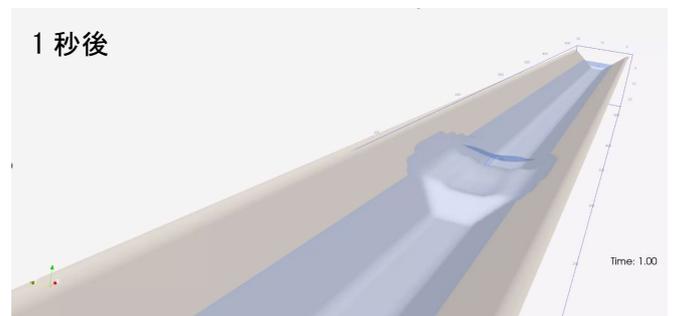


図4 河道内堆積土砂の輸送状況 (計算結果)

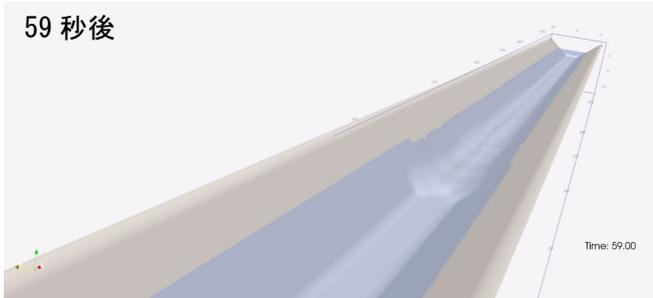
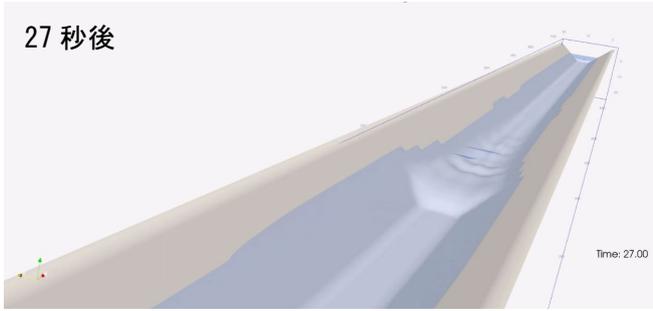


図 4 河道内堆積土砂の輸送状況（計算結果）

河道内土砂の輸送状況をよく観察すると初期は堆積土砂の下流側から侵食され、堆積土砂の形状が小さくなっていくが、堆積土砂の高さがある程度まで低くなると、残りの堆積土砂が塊として下流へ輸送されていく様子が分かる。

今回の計算条件では、堆積土砂の高さがかなり低くならなければ、堆積土砂が塊として下流へ移動しなかったため、堆積土砂の塊の移動に伴う顕著な水位上昇などは見られなかった。

次に流砂量の観点から堆積土砂が下流へ輸送されるときの影響を評価した。堆積土砂は水路上流端から 200m~220m の位置に設置しているため、図 5 に示すような水路上流端から 250m 地点、350m 地点、450m 地点での土砂の通過量を図 6 に示す。

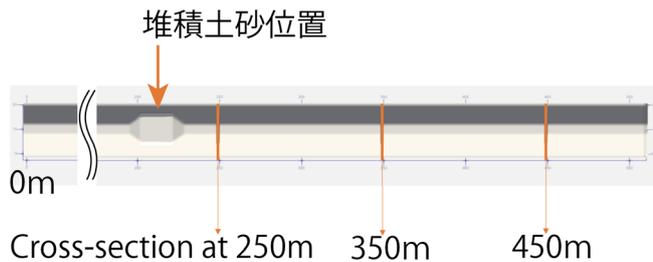


図 5 通過土砂量観測断面

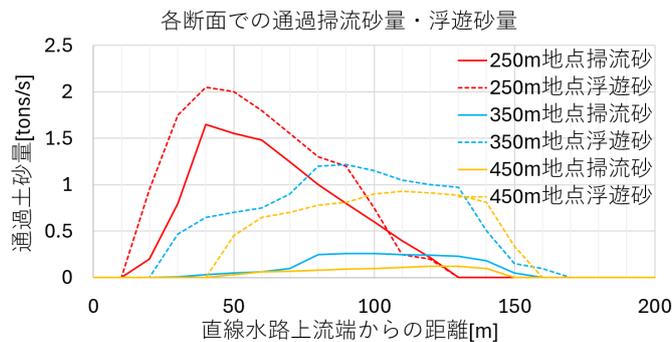


図 6 各断面の通過土砂量

この結果から、河道内に堆積した土砂の影響は堆積位置から近ければ堆積土砂の変形の影響で流砂量は大きくなるが、450m地点では土砂堆積形状がほぼつぶれているため掃流砂量への影響が小さくなっている。本検討では土砂の堆積厚が 4m、堆積長が 20m 程度であったが、土砂堆積量が増加すれば影響区間は長くなると考えられる。

4. 実河川での 1m 格子での広範囲河床変動計算の現状

3. で用いた計算スキーム (1m 格子) で実際の河川で実用的な検討が可能かを検証するために河道内に堆積させた土砂の輸送に伴う河床変動計算に要した時間を取りまとめた。

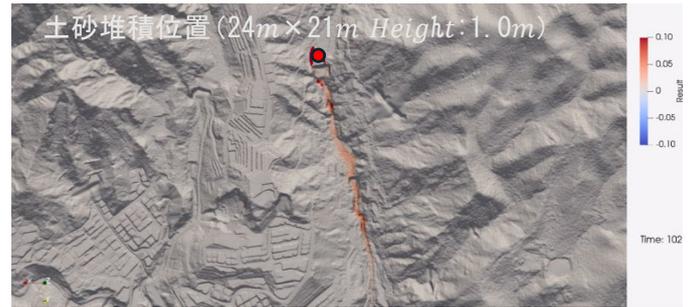


図 7 実河川での河床変動計算範囲の一部

住吉川の河床変動計算は RTX3090 GPU を 1 個使って、流域面積約 3.5km² の流域を 1m 格子で実時間 500 秒の河床変動計算に 582 秒を要した。現時点では単粒径の掃流砂と浮遊砂の計算であるため、複数粒径の計算になれば粒径階が増える分だけ計算時間が増加する。

スーパーコンピュータを利用すればより高速な計算が可能となる。東京工業大学の TSUBAME4.0 は 96 コアの CPU が 2 基、NVIDIA H100 GPU が 4 基搭載されている 1 ノードが 240 ある。利用料金は 1 ノードを 1 時間使用する場合、成果公開なら 275 円、成果非公開でも 1100 円とリーズナブルに設定されている。

(http://www.somuka.titech.ac.jp/reiki_int/reiki_honbun/x385RG00001339.html)

5. まとめと今後の展望

今回の検討では河道内堆積土砂の下流への影響はそれほど大きくなかったが、今後は堆積土砂の粒径の違いや堆積土砂の高さや量が違った場合、河床勾配がより急であった場合の下流への影響区間等について検討したい。

また、このプログラムの高速化を行うためのチューニングを行い、現時点の計算速度の 10~50 倍を目指す。

6. 謝辞

本研究を進めるにあたり、国土交通省近畿地方整備局六甲砂防事務所小竹所長、山下係長には流量観測・堰堤等のデータをご提供いただき御礼申し上げます。謝辞にかえさせていただきます。