

二次元不定流解析を活用した 河床低下対策効果の一考察

株式会社三栄コンサルタント WITHANA VETHMA¹

¹ GCCA 正会員 設計第2部 〒500-8223 岐阜県岐阜市水海道 4-22-12
E-mail: w-vethma@sanei-consul.co.jp

岐阜県では、自然共生の川づくりを目指す取り組みがあり、長良川大和地区では、自然石を使用した方法が採用されているが、洪水により施設が流出したり、土砂の異常堆積により水制工等の効果が低下しているケースもみられる。本論文では、グリーンレーザ計測の点群データを活用し、平常時の流況を面的に再現するため二次元不定流解析を行い、現状の堆積土砂の浚渫により河床低下対策が実施された場合の効果予測を行った。

1. はじめに

長良川大和地区、白鳥地区においては、自然工法管理士や河川に係わる団体、地域住民等で構成する長良川ベストラバー検討会（以下、「検討会」）が設立されている。

特に、大和地区では、平成20年代初頃に縦断是正を目的とした巨石を使用した落差工や流況改変を目的とした寄石工による水制工等に取り組んできた。現在でも、土砂の堆積箇所と河床洗掘する箇所（護岸基礎が露出など）の両局化が進行していることから、継続的にモニタリングを実施するとともに既設の補修工事等の河床低下対策を実施している。¹⁾

本業務では、「検討会」にて示された河床低下対策が実施された場合の効果予測を科学的手法にて見える化を図り、河床低下対策の有効性を検証した。

2. 流況解析

本業務において、平常時における流況解析を面的に評価する必要があり、時間変化を考慮しない計算手法である不等流計算（一次元、準二次元等）では、水深、流速等を面的に把握することは困難である。そのため、時系列の流体変化（流速、水深等）を面的に把握する場合の手法として用いられることが多く、また、高精度の河床モデルが存在する場合には有効な解析手法である「二次元不定流解析」を採用した。複雑な形状で

ある河川の水深や流速、流向を近似的ではあるが、面的に表現できる二次元不定流計算モデルにて解析を行い、流況等の変化を工事实施前に検証することが可能となる。

(1) 解析手法

解析には、「流出解析モデル利活用マニュアル、2017年3月、(財)日本下水道新技術機構」、「都市域氾濫解析モデル活用ガイドライン(案)2004年11月 国土交通省 国土技術政策総合研究所 P.10」にて推奨されているソフトウェアの一つであるXPSWMMを使用した。

国交省等で推奨されている各ソフトウェアでは、河川の形状や地形、堆積物の分布などの要素を反映した地盤モデル構築により、解析結果を面的にメッシュ図にて表示できる。図-1はXPSWMMでの解析結果のソフトウェア上での画面表示であり、上段の黄色の数字は流速(m/s)、下段の赤色の数字は水深(m)、青色の矢印は流速ベクトルの方向を示す。

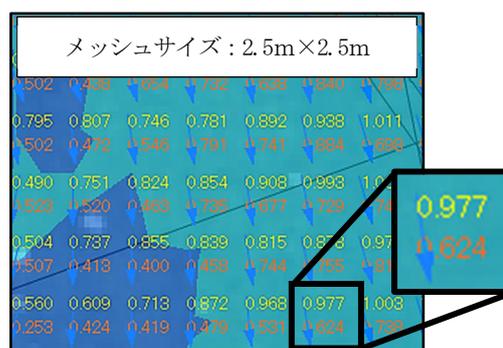


図-1 (参考)解析メッシュ表示

(2) 解析の基本条件

a) 対象流量

対象箇所における平常時の水位や流量に関するデータが存在しないことから、ここでは一定の流量にて解析を行った。平常時の流量として、「検討会」にて示されている写真（河川水位）を参考に、現況地盤モデルにて様々な流量による流況解析を行い、参考写真の平常時に近い水位状況を再現した $35\text{m}^3/\text{s}$ を対象流量として設定した。

b) 解析区間

本業務で流況解析の対象範囲となるのは、大和地区の距離標 118.0k~119.0k までであるが、解析モデル範囲として、流出域周辺の水面形の乱れを取り除くため、検討対象の上流端より 100m 程度上流に設定した。同様に、下流域の末端境界においても下流側からの水面の影響を排除するために検討対象の下流端より 100m 程度下流に設定した。（解析モデル範囲、117.0k~120.0k 区間に設定：図-2）

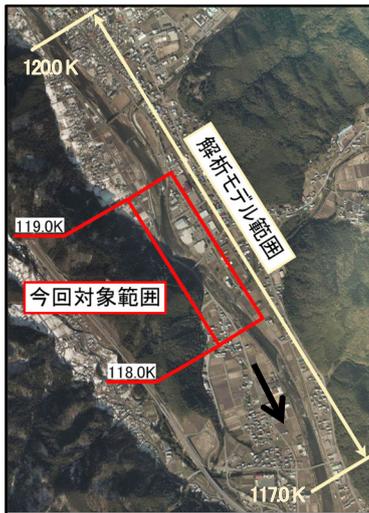


図-2 解析モデル範囲と今回対象範囲

c) 解析条件

河道内における現況と対策後の流況の変化を確認することが目的であることから、解析メッシュサイズを設定した。

- ・地盤メッシュ：既存グリーンレーザ(ALB)測量データ²⁾を使用した $0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ メッシュ
- ・解析時間ピッチ：0.01s
- ・解析メッシュ： $2.5\text{m} \times 2.5\text{m}$ メッシュ

d) 粗度係数

過年度の平成 17 年度県単河川局部改良・県単河川調査（全体計画書作成業務）における付近（120.0k 付近）の粗度係数（0.035）との整合を図ることから、河床平均粗度係数を 0.035 と設定した。

3. 浚渫計画とモデル化

河床低下対策の一環として行われる土砂浚渫計画による効果を評価するための浚渫箇所は図-3 に示す箇所 1, 2, 及び 3 となっている。浚渫後の効果として、①当該区間における水深の変化、②水制工側（右岸側）への流向の改変について確認した。浚渫後の流向が、図-3 の河道内の濃い青色のラインに近くなれば、理想に近いと想定される流れ（平成 20 年代初頃の流況）に近づくことになる。¹⁾

上流水制工部の付近（図-4）と下流落差工部の付近（図-5）の 2 箇所で浚渫計画を実施した。計画地盤高は、上流部では、水制工の計画時の縦断図より、水制工部河床高さを +264.32m と推測して設定し、下流部では落差工②が大きく洗堀されていると推測されるので、落差工①上流部の浚渫高さを落差工の計画より下げて +258.00m と設定した。その他上流部、下流部は現況周辺高より河床高を推定し、モデルを構築した。

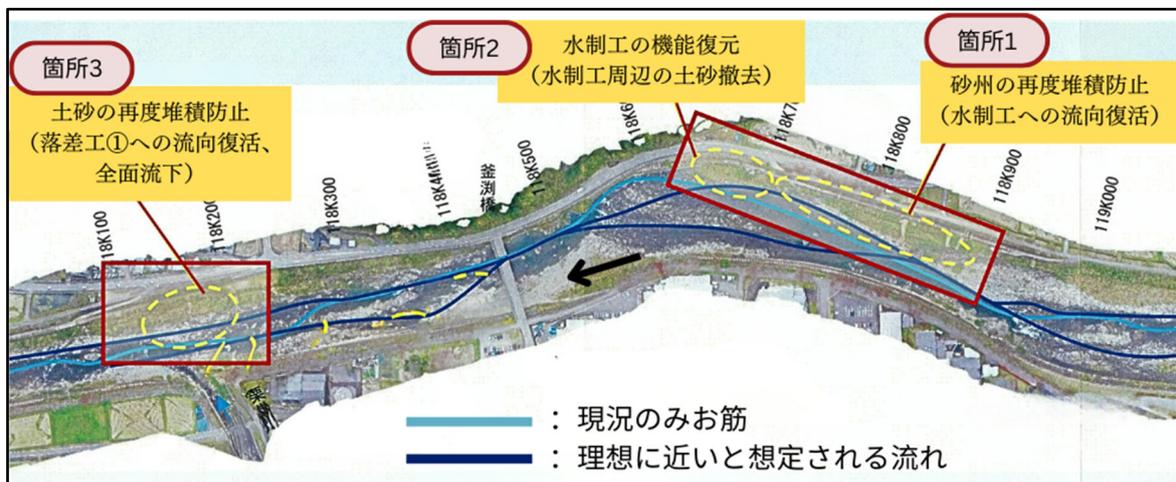


図-3 「検討会」における河床低下対策の箇所

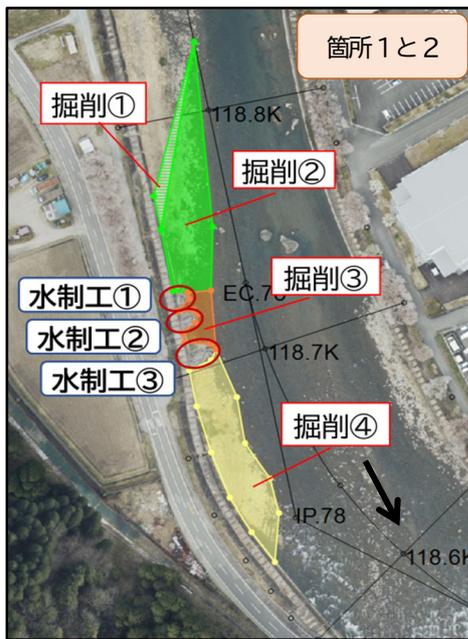


図-4 上流水制工部の付近の浚渫計画

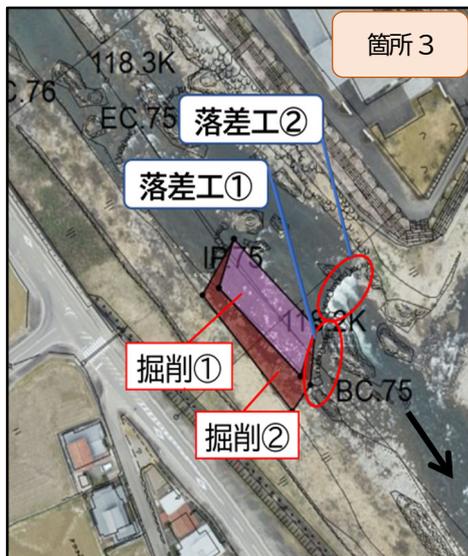


図-5 下流落差工部の付近の浚渫計画

4. 解析結果と考察

二次元不定流解析により、平常時の流量 $35\text{m}^3/\text{s}$ における河川の流速と水深を算出し、面的に浚渫前後の流況の変化を定量的に数値として予測した結果を示す。

(1) 水深図

本解析にて、土砂浚渫により、図-6 と図-7 のように浚渫範囲周辺の水深に変化が生じることが確認できた。

水制工下流付近では河道部が広がり、浚渫前に比べて水深が深くなることが確認され、落差工付近でも水深が深くなることが確認された。

(図-6 と図-7 の赤枠は浚渫範囲を示す。)

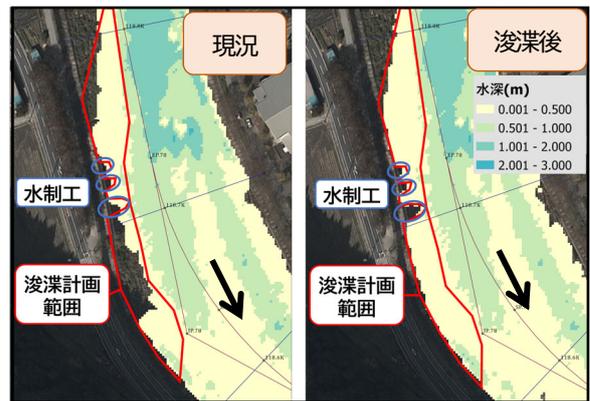


図-6 水深図 (水制工付近)

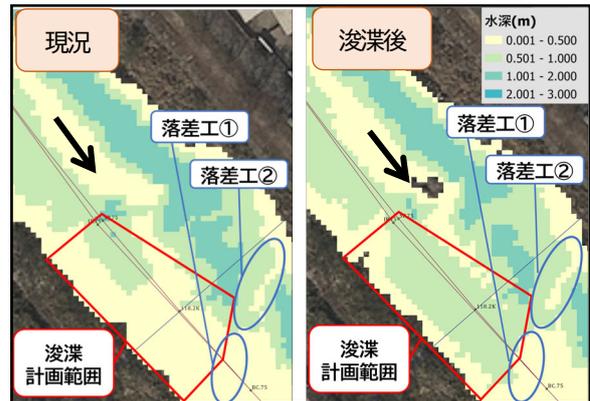


図-7 水深図 (落差工付近)

(2) 流速図

対象区間全体での流速の変化を図-8 に示す。浚渫後、みお筋が2つに分かれる傾向が見られる。これは、図-3 で示す「理想に近いと想定される水の流れ」に近似したものであることから、浚渫により河川の流れは改善することが確認できた。

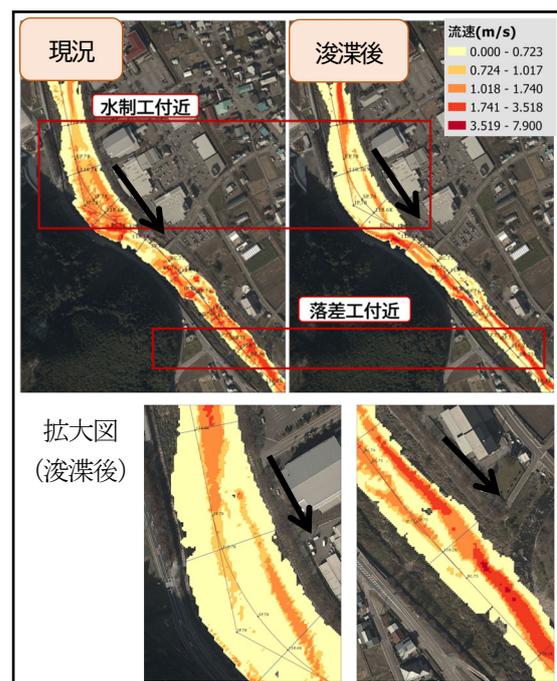


図-8 流速図

(3) 流速ベクトル図

右に示す図-9と図-10は、水制工と落差工付近における浚渫前後の流速ベクトル図を示す。浚渫後の流向の傾向として、水制工へ向かう水流が大きくなるとともに、水流が右岸部へ分散すると確認できる。さらに、水制工下流部において、護岸に向かう水流が幅広く分散されると推測される(図-9の黄色枠)。落差工付近では、現状の水流が下流落差工②の方向に向いており、落差工①へ流れる水流が少ないと推測されるのに対し、浚渫後の水流が落差工①に向かって大きくなり、落差工①の機能が復元されると推測される。この結果から、今回の浚渫により、水制工と落差工の機能が果たされることが確認できる。

5. おわりに

本業務では、河床低下対策として浚渫計画が、水深や流速に及ぼす影響を二次元不定流解析により定量的に検証した。浚渫後の水深図や流速図、流速ベクトル図の解析結果から、河道内に存在する水制工や落差工の機能が復元され、左岸側に集中している流況を右岸側に分散させる効果があることを推測することができた。

従来の解析手法である一次元不等流解析に対して、二次元不定流解析は河川の水深・流速の変化を河川断面に対して二次元的に解析し、協議資料として浚渫後の解析結果の可視化(水深図や流速図、流速ベクトル図)を図ることが可能であると確認された。特に、流速ベクトル図は河川内の流れをわかりやすく示すことが可能であることから、河川事業の効果検証の理解度を高めるには有効な解析手法である。

高度な流況解析を実施するためには、河床部の高精度の点群データが必要である。しかしながら、河床部の高さは日々変化(特に洪水後)していることから、流況解析の精度は、あくまでも傾向を示すものであり、解析の精度を高めるには、工事完了後の河川の流況をモニタリングし、解析モデルのキャリブレーションにより、解析精度の向上を目指す必要がある。

参考文献

- 1) 一級河川長良川(郡上大和地区)における河川環境に配慮した河川整備について。岐阜県 郡上土木事務所 河川砂防課: 長良川(郡上大和地区)ベストラバー検討会, 令和4年3月17日。
- 2) ALB計測データ, 県単 河川局部改良事業 河川横断測量業務, 長良川85.8km~101.2km

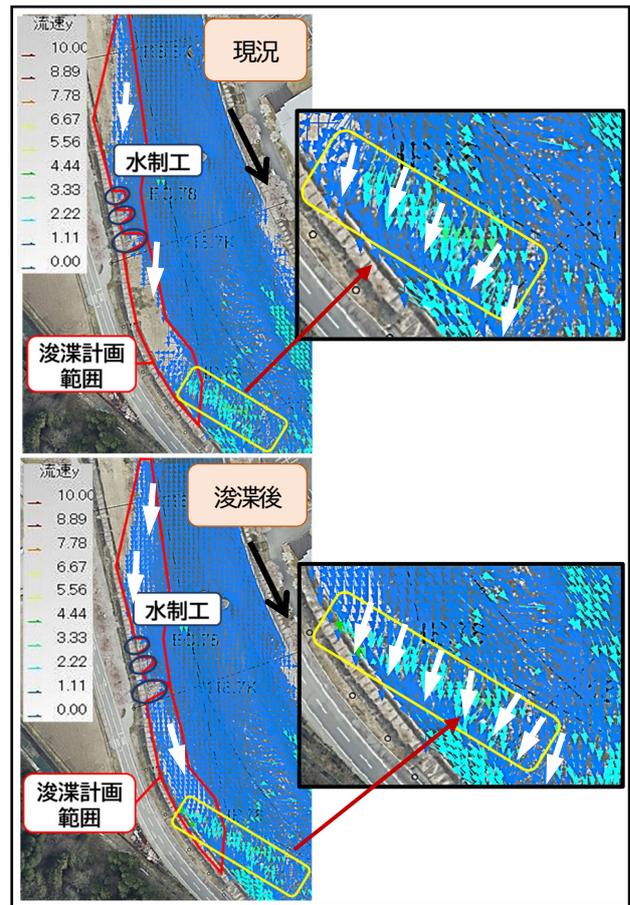


図-9 流速ベクトル図(水制工付近)

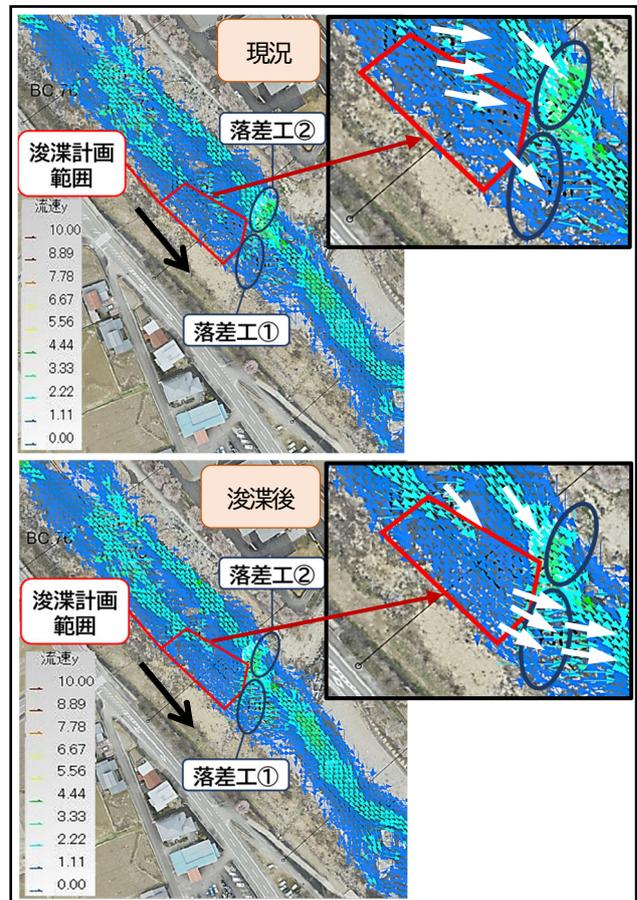


図-10 流速ベクトル図(落差工付近)