

落差を有する合流点の三次元流況解析

八千代エンジニアリング株式会社 ○小林泰士, 池田誠, 矢野孝樹, 保坂幸一

1. はじめに

B川との合流点に落差を有する土砂流出の多い河川において、合流点周辺の損傷・河床低下が生じている。この原因を水理的に推定することを目的に三次元流体解析を行った結果を報告する。

2. 合流点の概況

支川 (B川) は、本川 (A川) にほぼ直角に合流しており、合流地点に高さ約5mの落差工を有している。

B川は河道幅約35mで、合流点の上流で大きく左岸側に湾曲しており、内湾の左岸側には土砂が堆積している。落差工の水通し断面は幅約30mの低水路から6段の階段状の複断面形状となっている (複断面を含めた水通し幅は約60m)。落差工の下流 (A川の河道内) には水叩き工が設置されている。これらのコンクリート構造物は摩耗により大きく損傷を受けている。

A川は河道幅40mの直線の河道であり、B川合流点付近から下流域では右岸側の河床低下が生じており、等間隔で設置されている帯工も右岸側のみ摩耗・流出の損傷を受けている。

このA川右岸側の河床低下原因について三次元流体解析を用いて流況評価を行った。

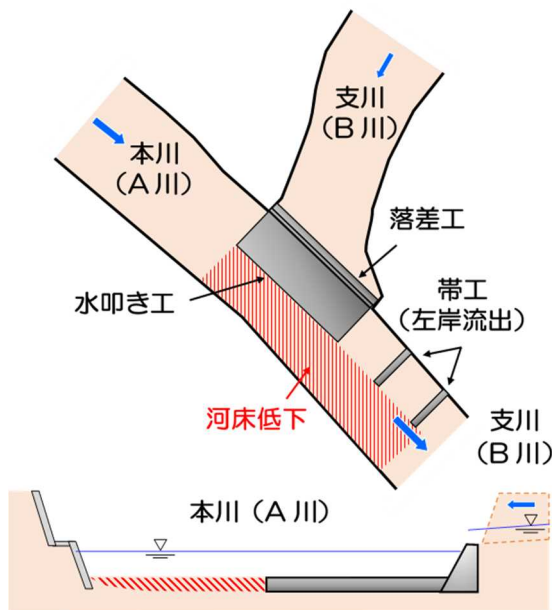


図 1 合流点の概況図

3. 水理解析条件

3.1 三次元流体解析手法

本検討で用いた三次元流体解析には等温・非圧縮・不混和流体の2相流 (水・空気) モデルを用いた。このモデルの基礎方程式は、連続式とNavier-Stokes方程式であり、離散化手法には有限体積法、自由水面の解析にはVOF法を用いている。

3.2 解析モデル

計算格子サイズは、水が存在する範囲は細かくし (最小メッシュサイズ0.25m)、上部は粗く設定している。境界条件は、落差工及び地形はNoslip、領域側部はslip、上部は開放、上流端は水を一定流入、下流端は自由流出させた。計算時間は各ケースで流況が定常状態となる秒数、計算時間間隔は自動制御 (最大クーラン数0.5) とした。乱流モデルは、LES (Large Eddy Simulation) の標準Smagorinskyモデルを採用した。

3.3 地形条件・流量条件

現地で発生しているA川右岸側の河床低下が発生した原因を把握するため、A川の河床低下前後の現地地形を再現し三次元流体解析に用いる三次元モデルを作成した。

流量は年最大流量の平均値程度とし、B川からは150m<sup>3</sup>/s、A川からは620m<sup>3</sup>/sとした。合流後の流量は770m<sup>3</sup>/sである。

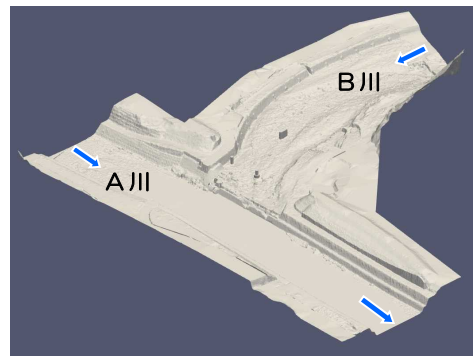


図 2 A川の河床低下前の三次元モデル

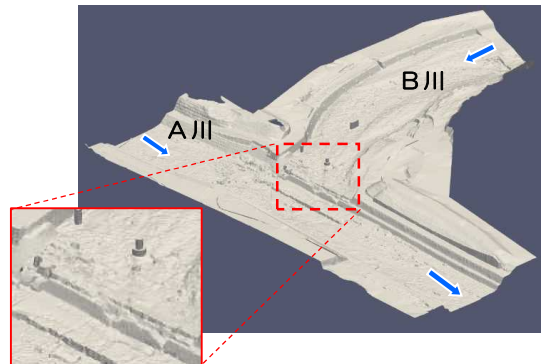


図 3 A川の河床低下後の三次元モデル

4. 三次元流体解析結果

流況の解析は様々な要因を明らかとするため、次の3段階のステップで検討を行った。

- STEP-1: 河床低下前のA川のみ (B川からの流入無し)
- STEP-2: 河床低下前のA川・B川の流況
- STEP-3: 河床低下後のA川・B川の流況

#### 4.1 STEP-1：河床低下前のA川のみ流況

B川からの影響を確認するため、A川の河床低下前のモデルを用いてA川のみ流下した場合の解析を行った。解析結果より、断面全体で同等程度の流速で流下していることが明らかになった。

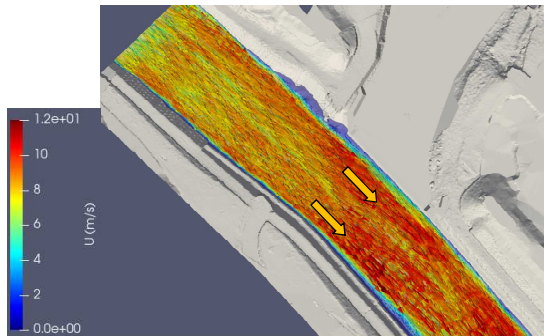


図 4 STEP-1 の流況（河床低下前：A川のみ）

#### 4.2 STEP-2：河床低下前のA川・B川の流況

STEP-1に対してB川から流入によるA川への影響の特徴としては下記の流況が確認された。

- ①：B川の流向が右岸側に偏流している。
- ②：落差工越流部で流水が集中している。
- ③：A川左岸に死水域が生じている。
- ④：A川右岸に主流が集中している。

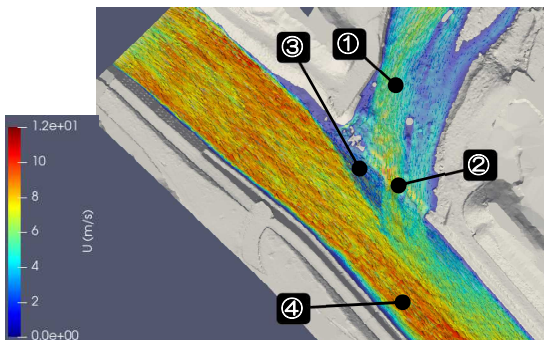


図 5 STEP-2 の流況（河床低下前）

#### 4.3 STEP-3：河床低下後のA川・B川の流況

A川の河床低下による流況への影響を確認するため、A川の河床低下後のモデルを用いて解析を行った。STEP-2と比較してA川の主流の集中が顕著化している。

- ②：河床低下により水面差が大きくなり、落差工越流部における流水の集中が顕著になった。
- ④：A川右岸への主流の集中が顕著化している。

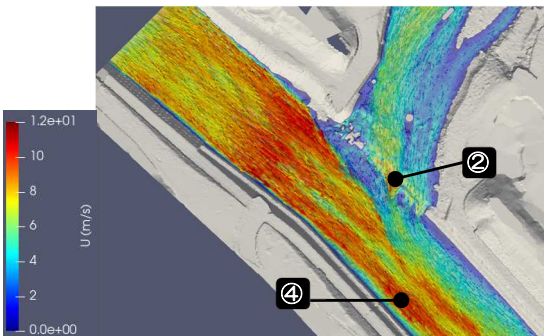


図 6 STEP-3 の流況（河床低下後）

#### 5. 河床低下原因の推定

A川の河床低下の原因としては、下記の2つの地形条件により、A川の流れが右岸に押し寄せられ右岸側に高速流が集中したと推測した。

- ①落差工が複断面であるため、B川の流水は低水側に集中していること。
- ②B川の左岸側に土砂が堆積していること。

#### 6. 河床低下原因がなかった場合の流況解析

##### 6.1 地形条件

5章で推定した河床低下原因がなかった場合の三次元流体解析を行った。地形条件を次の通りとした。

- ①B川の落差工の複断面を除去
- ②B川の河道内の土砂堆積を除去

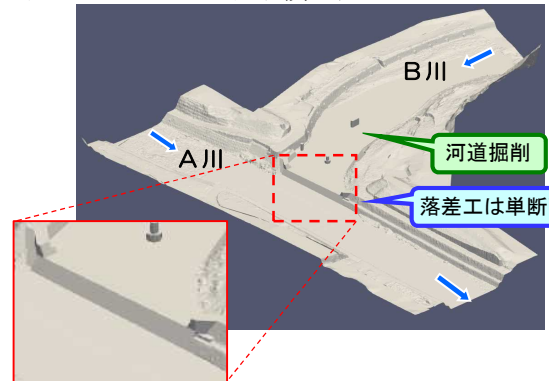


図 7 河床低下原因がなかった場合の三次元モデル

##### 6.2 解析結果

B川からの流入による影響の特徴としては下記の流況が確認された。4.2章の流況と比べて流況は大きく改善されており、河床低下原因の推定は妥当であると評価できた。

- ①：B川の偏流はほとんど見られない。
- ②：越流部の流速は横断方向に概ね同等である。
- ③：A川左岸に死水域がほとんど見られない。
- ④：A川は横断方向で流速の変化は小さい。

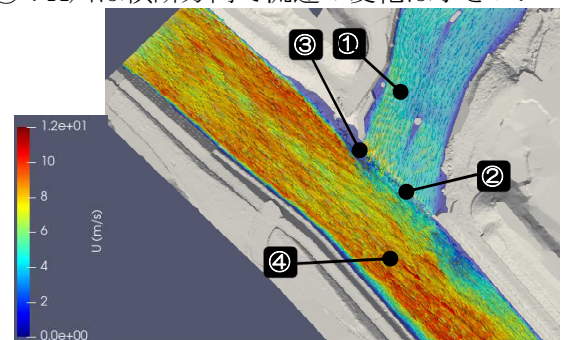


図 8 河床低下原因がなかった場合の流況

#### 7. おわりに

三次元流体解析を用いて合流点の流況の課題点と河床低下原因を推定した。推定した河床低下原因がなかった場合の解析を行うことで、推定の妥当性を確認することができた。

水理模型実験の実施にはコストがかかるため、小規模な施設の解析や、水理模型実験のプレ解析として三次元流体解析を用いることで、実験計画の精度向上が可能になると考えられる。