湾曲部の既設砂防堰堤の三次元流体解析を用いた前庭保護工の機能検討事例について

八千代エンジニヤリング株式会社　○小林泰士，池田誠，矢野孝樹
国土交通省北陸地方整備局立山砂防事務所　谷川健一，川合康之，中川雅允※
※現　国土交通省北陸地方整備局富山河川国道事務所

１．はじめに

国土交通省北陸地方整備局立山砂防事務所管内に整備された鬼ヶ城砂防堰堤は，大規模な砂防堰堤であり管内においても重要度が高い．鬼ヶ城砂防堰堤は竣工から65年（昭和32年完成）経過し，老朽化が進行している．鬼ヶ城砂防堰堤は**図１**に示すように本堰堤，第1副堰堤，第2副堰堤の3段落差であり，湾曲部に設置されている．

過去3回の被災は，鬼ヶ城砂防堰堤の前庭保護工下流端付近で発生しており，現状においても下流河道の局所的な洗堀が生じている．これは，既設の前庭保護工の本副間距離・重複高が現行基準を満足していないことに加えて，鬼ヶ城砂防堰堤が湾曲部に設置されていることにより前庭部で十分に減勢されない状況で流下していることが要因として考えられる．現行基準の重複高・本副間距離は未満砂の直線水路を想定されているため，複雑な地形条件を有する砂防堰堤の改築にあたっては落水・偏流・跳水等の流況を把握することが求められる．

本検討においては，三次元流体解析を用いて水面形・流速・流向等を把握し，現況の課題点を明らかにするとともに，鬼ヶ城砂防堰堤の改築計画を立案し，改築後の流況の改善状況について検討した．

図１　現況の地形条件

２．解析条件

（１）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．

（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0.625m），空中は粗く設定している．境界条件は，構造物及び地形はNoslip，領域側部はslip，上部は開放，上流端は水を一定流入（計画流量1,960m³/s），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．

本検討においては，現況及び改築後の2ケースについて，LPデータ及び構造図を用いて三次元モデルを作成した．

３．現況の流況評価

現況の解析結果を**図２**，**図５**に示す．現況の鬼ヶ城砂防堰堤の流況の特徴を，偏流と流速・流向に着目して整理した．現況の解析結果より，本堰堤上流で偏流した流れは，十分な減勢ができないまま前庭保護工下流へ流下することが明らかとなった．

これは，前庭保護工の水褥池の深さ・長さが十分に確保されていないことが課題であると考えられる．

（１）偏流について

①本堰堤上流の湾曲部により，右岸側に速い流れが集中し，偏流が発生している．

②本堰堤で発生した速い流れは前庭部の右岸に衝突することで流向が変化し，第2副堰堤付近で左岸側偏流している．

（２）流速・流向について

③偏流により本堰堤で発生した速い流れが，第1副堰堤及び第2副堰堤で堤体に衝突し，跳ね上がるような流れが発生している．

④第2副堰堤で跳ね上がった流れは，速い流れの下向きの流向で下流河道に流下している．

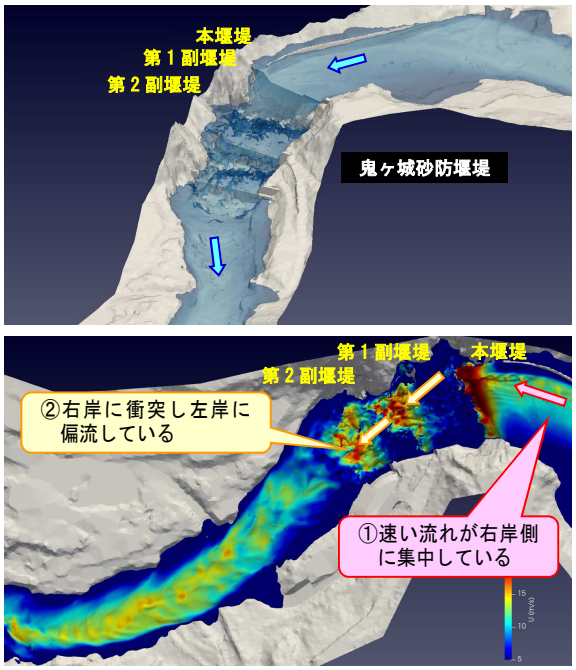

図２　現況の流況（偏流について）

４．改築計画の概要

現況の鬼ヶ城砂防堰堤における課題を解消するため，第2副堰堤下流の河床洗堀の防止を目的とした改築計画を立案した。鬼ヶ城砂防堰堤の下流に新設砂防堰堤（堰堤高14.5m）を計画することで，第2副堰堤の下流に十分な深さ・長さを有する水褥池を設けるものとした．

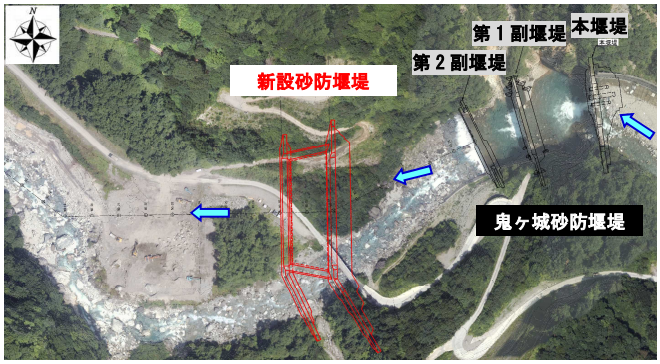

図３　改築計画平面図

５．改築計画の流況評価

改築計画の解析結果を図４，図６に示す．現況と同様に，改築計画の流況の特徴を偏流と流速・流向に着目して整理した．改築計画の解析結果より，新設砂防堰堤により，第2副堰堤の下流に水褥池が形成され，底面付近の流速が小さくなることを確認した．

また，新設砂防堰堤は現行基準を満足した構造であり，十分に広い水通し幅を確保している．流況・流速の評価結果からも下流河道に安全に流下されていることを確認した．

（１）偏流について

①本堰堤上流の湾曲部により，右岸側に速い流れが集中し，偏流が発生している．(変化なし)

②新設砂防堰堤により，第1副堰堤～第2副堰堤間で水褥池が形成され，第2副堰堤より下流においては，偏流は概ね解消されている．

（２）流速・流向について

③新設砂防堰堤により，第1副堰堤～第2副堰堤間で水褥池が形成され，第2副堰堤における跳ね上がるような流れは概ね解消されている．

④第2副堰堤からの落水は新設砂防堰堤の水褥池により底面まで到達していない．

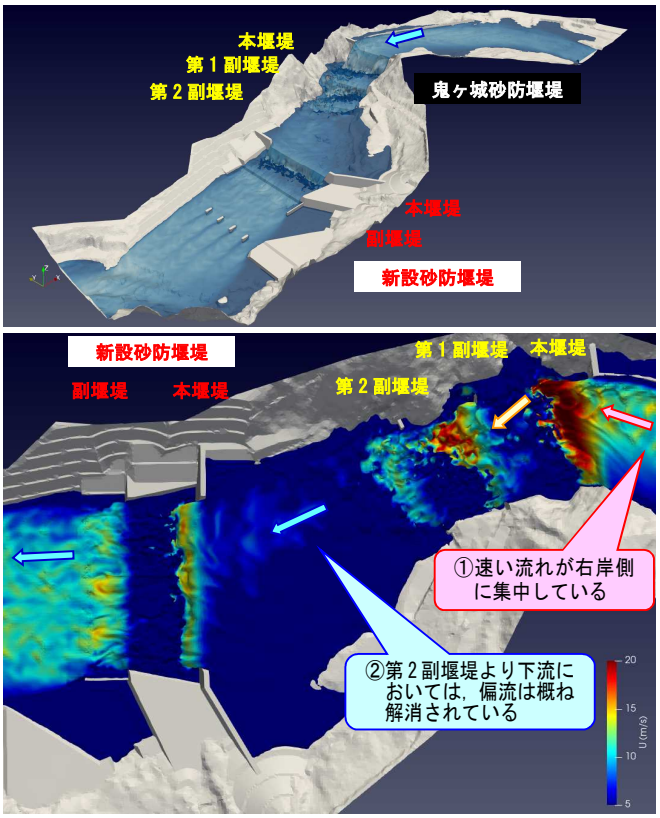

図４　改築計画の流況（偏流について）

６．おわりに

現行基準を満足していない複雑な地形条件を有する砂防堰堤において，三次元流体解析を用いることで現況の課題点を明らかにすることができた．また，改築計画の流況を評価し，改築目的を満足する流況となっていることを確認することができた．

今後は，現行基準を満足しない既設砂防堰堤に対して改築を計画する場合に，現行基準との乖離の度合いによって流況がどのように変化し，安全性が確保できなくなるか検討したい．

図５　現況の流況（流速・流向について）

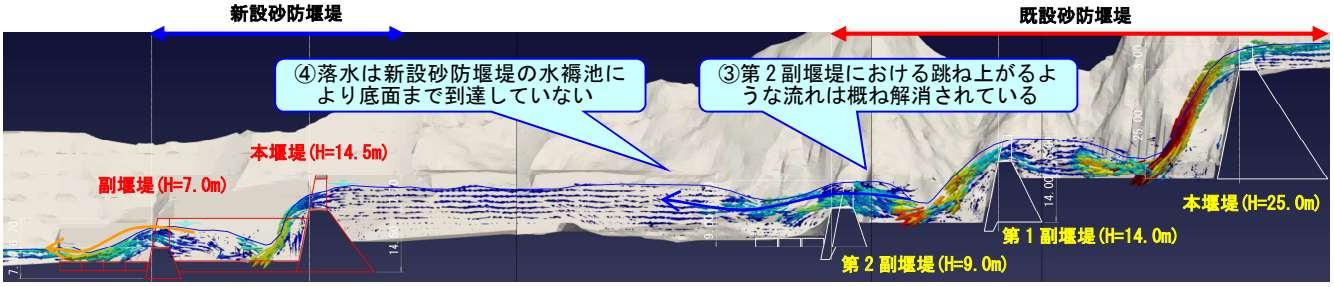

図６　改築計画の流況（流速・流向について）