

河道内土砂の流下促進を目的としたクリーク掘削及び導流堤の試験施工とその効果検証

ちよい ちえ
崔 ミ芝¹・佐藤 拓也¹・加藤 千恵¹

¹株式会社 建設技術研究所 東京本社 河川部（〒330-6030 埼玉県さいたま市中央区新都心11-2）

黒部川は土砂生産量が多く、出し平ダムと宇奈月ダムにおいて全国でも先駆けて連携排砂を実施している。その下流の音沢地区は川幅が広く土砂が堆積しやすい区間である。そのため、上流からの供給土砂の流下促進を図ることを目的に、平成29年度よりクリーク掘削及び導流堤の試験施工を実施している。本検討では、連携排砂が実施された平成30年7月洪水を対象にモニタリング調査や平面二次元河床変動解析を用いて、試験施工による流況変化及び土砂の流下促進効果を明らかにした。さらに、この結果に基づき導流堤の延伸を提案し、延伸後の出水で、土砂流下促進効果の機能維持及び機能向上の観点から導流堤延伸による有効性を示した。

Key Words：導流堤、クリーク掘削、土砂流下促進効果、土砂管理

1. はじめに

土砂生産量の多い黒部川では、透過型砂防堰堤の整備や出し平ダムと宇奈月ダム（21k付近）による連携排砂¹⁾等、土砂の流下促進に向けた取組を進めている。これらの取組は、施設の機能維持や海岸への土砂供給だけではなく、河床低下が進行する愛本堰堤（13.55k地点）下流の河道において、河床低下の抑制や構造物の被災防止への効果も期待される。一方で、愛本堰堤の上流区間に位置する音沢地区（16k付近）下流では、広い川幅により上流から流下する土砂が堆積しやすくなっている。そこで、下流河道への土砂流下の促進を目的に、クリーク掘削や導流堤を現地に試験的に施工し、平成29年度よりモニタリング調査を実施している。

本検討では、クリーク掘削及び導流堤について平成30年7月洪水（愛本地点ピーク流量908m³/s）を対象とした洪水前後のモニタリング調査及び平面二次元河床変動解析から、試験施工による土砂流下促進効果を評価した。次に、さらなる効果発揮に向け導流堤延伸による改良案を提案し、その結果をもとに令和元年度に導流堤の延伸が施工された。施工後に発生した令和元年度の6月出水を対象にモニタリング調査結果より導流堤改良による効果を検証した。

2. クリーク掘削及び導流堤の試験施工

本検討で対象とする区間を図-1に示す。当該区間

では、狭窄部である16.0k付近の川幅に対して、最大で約5倍に急拡しており、掃流力の急激な低下により土砂が堆積しやすい特徴を有している。当該区間で川幅が最も広い箇所から愛本堰堤に向けて急縮する区間において、平成29年度に図-1、表-1に示すクリーク掘削及び導流堤が施工されている。クリーク掘削は、将来的に愛本堰堤までつなげることを目指し、その一部区間を試験施工したものであり、その掘削土を活用し導流堤が設置された。表-1の諸元は、土砂の流下促進効果を平面二次元河床変動解析等により確認し設定されたものである^{2), 3)}。

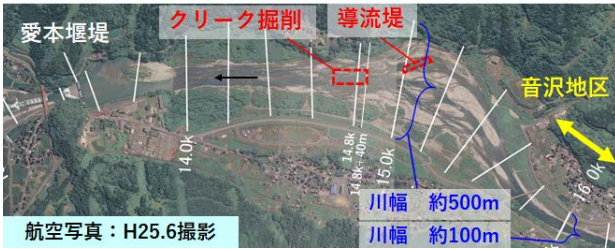


図-1 愛本堰堤上流区間の河道状況

表-1 クリーク掘削及び導流堤の施設諸元

クリーク掘削		導流堤	
掘削幅	30m	天端高	T. P. 144m
横断形状	船底型	延長	120m
掘削位置	現況の最深河床高位置	設置角度	流向に対し45°

3. 平成30年7月洪水における効果検証

平成30年7月洪水は、7月5日から7月7日にかけて発生し、愛本地点ピーク流量が908 m^3/s となり、7月6日21時から連携排砂を実施している。

黒部川では、全国でも先駆けて実施されている出し平ダムと宇奈月ダムによる連携排砂によって、流下土砂量のピーク生起時刻は流量のピーク時刻と一致しない。図-2に示すように、流量ピーク後にダムの貯水位低下と排砂ゲートの操作により、自然に近い流れを作り出す自然流下時において、ダムからの排砂により多量の土砂が流下される。よって、試験施工による流況変化や土砂流下促進効果では、洪水の流量ピーク時だけではなく、流下土砂量のピークも含めた連携排砂期間中にも着目し検証した。

(1) モニタリング調査による効果検証

クリーク掘削及び導流堤の試験施工による洪水初期から自然流下時に至るまでの流況や土砂移動状況を把握するため、表-2に示すモニタリング調査を実施した。図-3に示す平成30年7月洪水前後のクリーク掘削箇所の横断形状変化より、クリーク掘削形状は洪水後も維持されていることが確認できる。また、図-4に示す導流堤周辺のUAV空撮画像より、洪水前後とも主流位置が導流堤に沿って形成されており、洪水時は導流堤により流れを河道中央へ誘導させ、土砂流下促進効果が発揮されていたと推察される。一方で、導流堤は洪水により一部流失が見られ、洪水前から形成されている導流堤前面で直進する流れと導流堤背後の流れの影響により、流失したと考えられる。

(2) 解析モデルによる対策効果検証

表-3に示す平成30年7月洪水を対象とした平面二次元河床変動解析により、クリーク掘削、導流堤が発揮した効果を検証した。図-5にはピーク流量時（908 m^3/s ）と流下土砂量のピークとなる自然流下時（507 m^3/s ）の流速ベクトルを示す。以下にクリーク掘削及び導流堤の有無を考慮した解析結果をもとに試験施工による効果及び課題を考察した。

a) 洪水ピーク流量流下時（908 m^3/s 流下時）

ピーク流量時には、Case1の対策なしの場合、急縮部の上流14.9k付近で上下流に比べ流速が低減する様子が見られる。Case2では流速が増加しており、クリーク掘削箇所にスムーズに向かう流れが発生しており、導流堤やクリーク掘削により、洪水流が河道中央に誘導されていることが確認できる。

b) 自然流下時（507 m^3/s 流下時）

自然流下時においてもCase2で導流堤により河道中央へ流れが誘導され、クリーク掘削区間に流下している。導流堤前面からクリーク掘削の間で4.0 m/s 以上の流速が発生している。これより、流量が低減した状況でも流れを河道中央に誘導する効果が発揮されたことを示している。

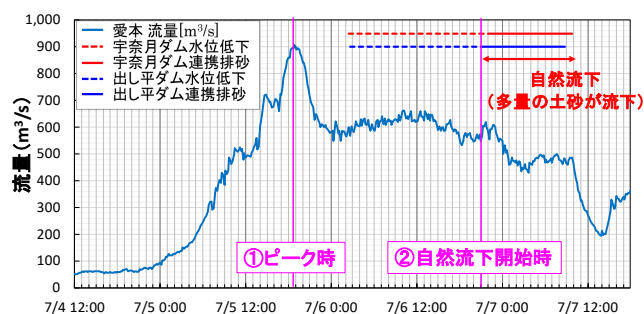


図-2 平成30年7月洪水の愛本観測所の流量

表-2 モニタリング調査

モニタリング項目	方法
出水前後の河道変化(滞筋や砂州形状)の把握	UAV撮影
出水前後の河床形状の把握	横断測量
出水前後の粒度分布(河床材料)の把握	面格子法
出水中の水面形の把握	簡易水位計
出水中の流況(流速)の把握	ビデオ撮影

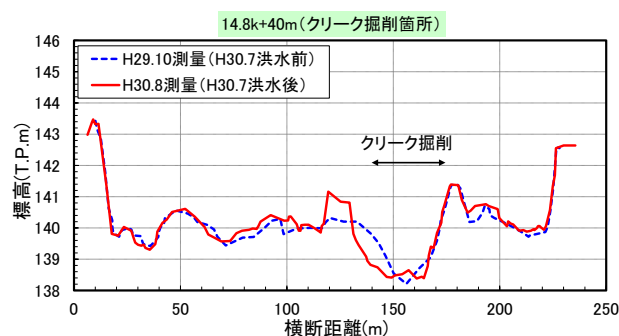
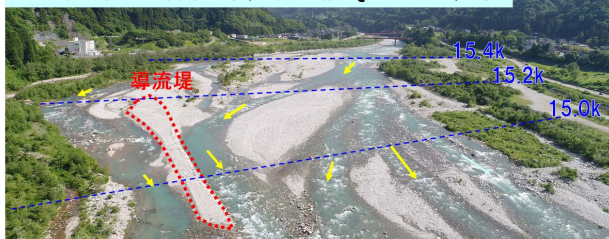


図-3 クリーク掘削箇所の横断変化

H30年5月25日撮影 (7/5出水前 $Q=139\text{m}^3/\text{s}$)



H30年11月5日撮影 (7/5出水後 $Q=35\text{m}^3/\text{s}$)



図-4 UAVによる導流堤周辺の河道変化

表-3 平面二次元河床変動解析条件（一般座標系）

項目	設定概要
河道形状	Case1:対策なし(クリーク掘削・導流堤なし) Case2:クリーク掘削+導流堤(現況)
上流端流量	H30.7洪水(愛本地点ピーク流量908 m^3/s)
下流端水位	愛本地点H-Q式より設定
供給土砂量	16.0k地点通過土砂量(一次元河床変動解析結果)

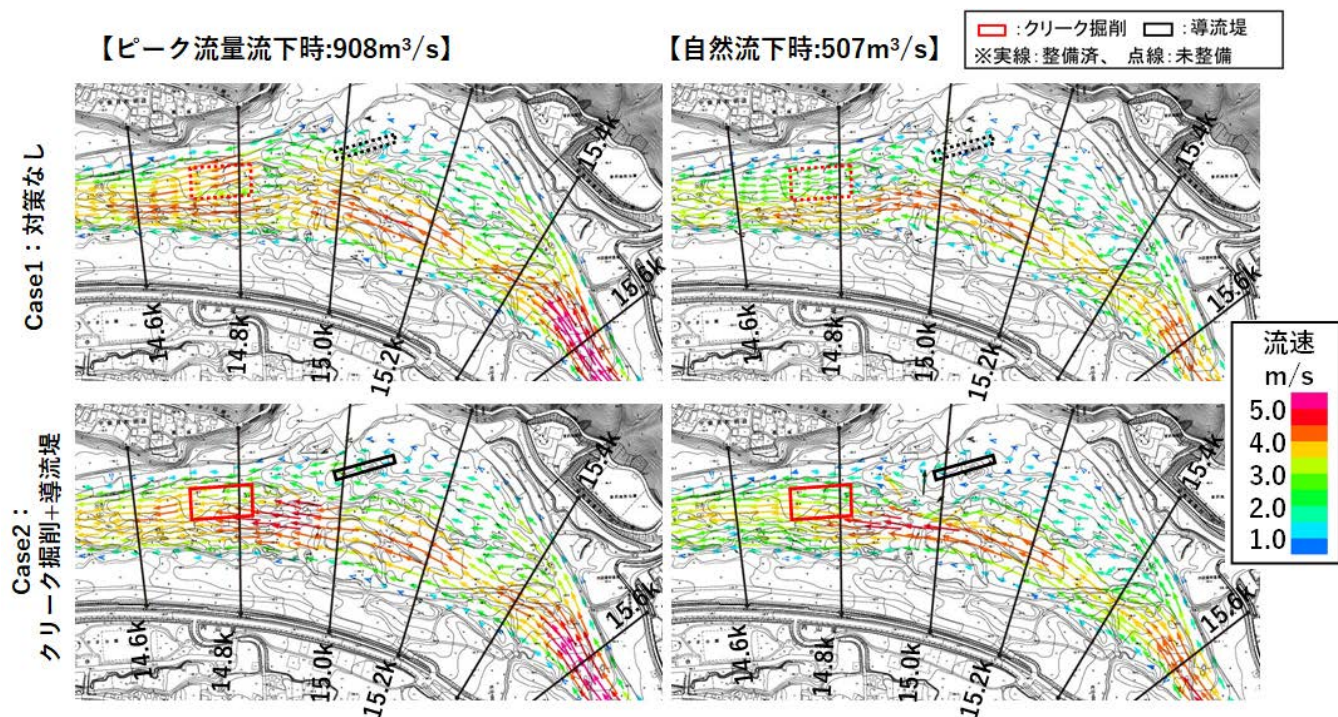
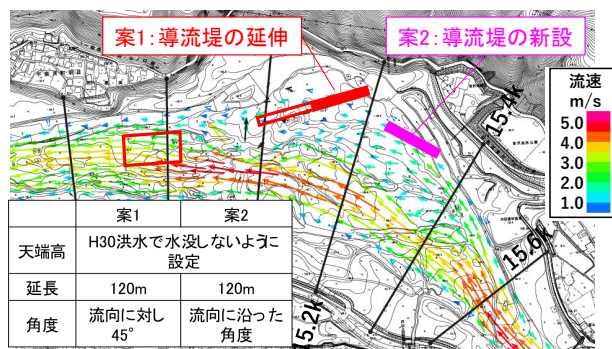


図-5 流速ベクトル図 (H30.7洪水)

c) 導流堤の流失要因

以上のことから、導流堤及びクリーク掘削により流れを河道中央に誘導させ、土砂を流下させる機能が发挥されていると言える。ただし、ピーク流量流下時の導流堤周辺の流速ベクトルに着目すると、導流堤中央付近に鋭角に当たる流れが発生し、導流堤を乗り越えている様子が確認できる。さらに、川幅が広がり始める15.4k付近(図-5左下)で右岸側に広がる流れが生じ、導流堤背後に回り込む流れが発生していることから、これらの複合的な要因により洪水中に導流堤が一部流失したと推察される。



※流速ベクトル図は現況施設での結果(図-5右下)

図-6 導流堤改良案

4. 導流堤の改良検討及び効果の検証

(1) 導流堤の改良方針

平成30年7月洪水により、導流堤の一部が流失したことを踏まえ、導流堤の機能確保及び強化に向けた改良案を検討し、改良後の土砂流下促進効果を評価した。導流堤流失の要因の一つである導流堤背後への回り込む流れを軽減し、主流を河道中央に寄せることを目指し、図-6に示す2つの改良案を設定した。改良案1は、試験施工時の導流堤の背後に回り込む流れを防ぐ範囲まで延伸する案である。一方、改良案2は、右岸側に広がる流れを上流で是正する案である。これら2つの改良案について、平面二次元河床変動解析モデルを用いて、流況変化及び土砂の流下促進効果を検証した。導流堤の形状以外は、表-3に示す条件と同様である。

平面二次元河床変動解析結果を図-7に示す。図-7は、自然流下の開始時から終了までの断面毎の河床変動量を縦断的に整理したものである。改良案1及び改良案2では、現況に比べクリーク掘削下流の14.4k~14.6kで堆積が軽減され、土砂の流下をより

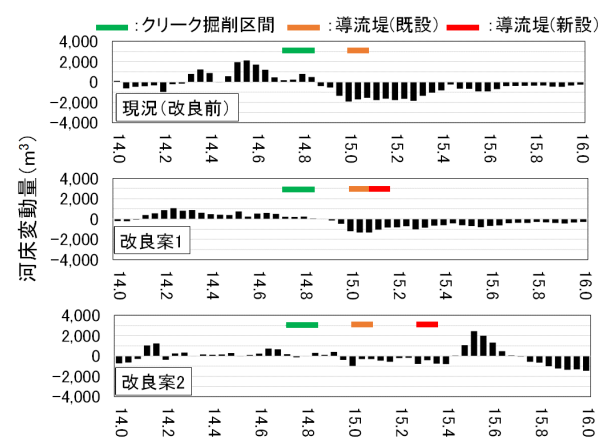


図-7 改良案別の自然流下時における河床変動量

促進させる効果があることを確認した。また、現況では堆積区間及び洗堀区間が交互に発生しているのに対し、改良案1では縦断的な変動量が小さく、局所的な堆積の発生は軽減し、土砂はスムーズに流下していることが推察される。ただし、改良案2は新

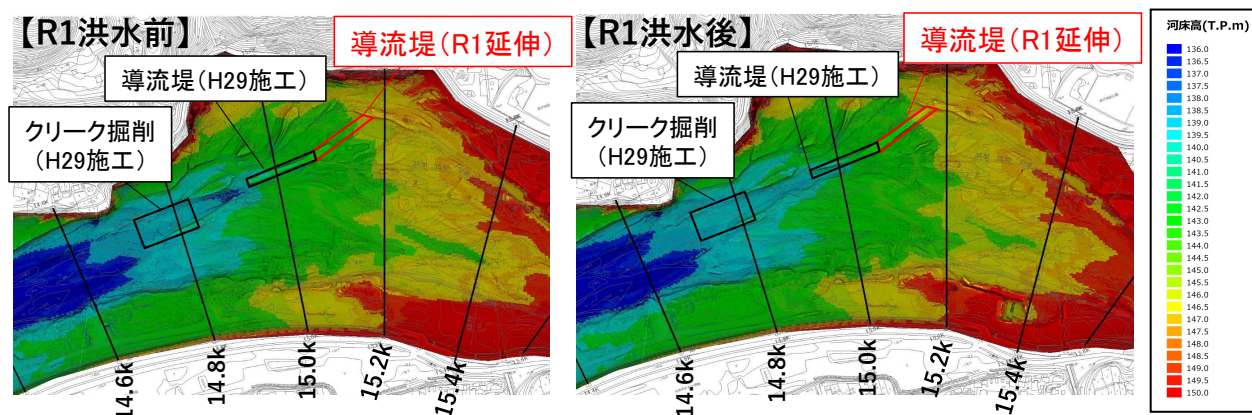


図-8 河床高コンター図 (R1.6洪水前後)



図-9 導流堤付近のUAV空撮画像 (R1.6洪水中)

設した導流堤上流での堆積が発生しており、土砂を流下させる効果は改良案1より低下している。これより、土砂の流下を促進させる機能がより発揮できる改良案1を採用することとした。

(2) 導流堤改良による効果の検証

導流堤の改良検討結果をもとに、令和元年度に導流堤の延伸が施工された。その後発生した令和元年6月洪水を対象にモニタリング調査結果より導流堤改良による効果を検証した。

令和元年6月洪水は、6月16日から6月17日にかけて発生し、愛本地点ピーク流量が約567m³/sとなり、6月17日12時50分から連携排砂が実施された。

令和元年6月洪水前後では、水中を透過するグリーンレーザを用いた航空レーザ測深が実施されており、これをもとに洪水前後の河道変化を確認した結果を図-8に示す。図-8より、洪水後においても導流堤の形状に変化がないことが確認できる。また、導流堤からクリーク掘削までの区間には滞筋が形成されていることから、洪水流を集中させ、クリーク掘削箇所に流れを誘導させる効果が期待できる。

令和元年6月洪水における自然流下時の導流堤付近のUAV空撮画像を図-9に示す。導流堤の延伸により、右岸側の背後に回り込む流れが軽減されており、主流が導流堤前面の形状に沿って流下していることが確認できる。平成29年度に施工した下流区間の導流堤の中央部は一部水没しているが、図-8の洪水後の導流堤形状をみると、形状は保持されていることが確認できる。これらのことから、導流堤の延伸より、洪水時の導流堤形状が保持され、自然流下時に

において流れを河道中央へ集める効果を発揮し、土砂の流下促進に寄与したと言える。

5. 結論

本研究では、土砂の下流への流下促進のため、試験施工されたクリーク掘削と導流堤について、施工後に経験した平成30年7月洪水に対して、その効果と機能維持のための導流堤改良案について検討した。さらに、改良案施工後の出水で、改良による効果を評価した。本検討の主な結論を以下に示す。

- 1) 現地の試験施工後のモニタリング調査結果と洪水流河床変動解析から、クリーク掘削および導流堤を設置して洪水時の流れをクリーク水路に集中させることにより、土砂の流下をより促進させる効果があることを確認した。
- 2) 導流堤の流失を防ぐためには、導流堤を延伸し背後に回り込む流れを抑制することが有効であることを解析で確認した。
- 3) 導流堤の改良案検討結果をもとに、令和元年度に導流堤の延伸が施工され、その後発生した令和元年洪水でも導流堤の形状が維持され、流れを河道中央に寄せる効果があることをモニタリング調査等により確認した。
- 4) 試験施工によって確認できた土砂の流下促進効果を対象区間全域に展開し、ダムから排砂された土砂を極力留めることなく愛本堰堤の下流河道に供給していく必要がある。

謝辞：本検討は、黒部河川事務所のご協力を受けて実施したものである。

参考文献

- 1) 北陸地方整備局河川部黒部河川事務所：黒部川出し平ダム宇奈月ダム連携排砂のガイドライン（案），2014。
- 2) 北陸地方整備局河川部黒部河川事務所：第3回黒部川河道検討会資料，2017。
- 3) 多東慶太郎，内堀伸吾ら：河道内のクリーク掘削及び導流堤による土砂流下促進効果の実証実験，河川技術論文集，第26巻，pp.633-638，2020。