

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

A FIELD STUDY ON THE EFFECTS OF SEDIMENT FLUSHING CHANNEL
AND TRAINING LEVEE IN THE KUROBE RIVER

多東 慶太郎¹・内堀 伸吾²・加藤 千恵³・後藤 岳久⁴
Keitaro TATO, Shingo Uchihori, Chie KATO and Takahisa GOTOH

¹非会員 国土交通省 北陸地方整備局 黒部河川事務所 工務課 海岸係長
(〒938-0042 富山県黒部市天神新173)

²非会員 国土交通省 北陸地方整備局 黒部河川事務所 建設専門官 (同上)

³正会員 工修 (株) 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)

⁴正会員 博士 (工学) 中央大学研究開発機構 機構准教授 (〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27)

The Kurobe river has large amount of sediment supply , therefore it is difficult to maintain excavated cross sectional shape. For the purpose of maintaining excavated cross sectional shape, installing sediment flushing channel and training levee has been executed in Otozawa area, since 2017.

This paper indicated the effects of the sediment flushing channel and training levee on promotion of sediment flow based on the results of monitoring and simulations by using a depth-averaged flow and bed variation analysis of 2018's flood. These results demonstrated that extending the training levee was more effective, and the improved design method was proposed.

Key Words : *sediment flushing channel, training levee, sediment transport, monitoring*

1. はじめに

土砂生産量の多い黒部川では、平成13年から上流の出し平ダムと宇奈月ダム (21k付近) が連携排砂を実施している。連携排砂では流量のピークと流下土砂量のピーク時刻が異なり、自然流下時と言われる500m³/s程度の流量時にダムから多量の土砂が排砂されている。宇奈月ダム下流5km付近に位置する音沢地区 (16k付近) では、流下能力確保のための河道掘削を予定しているが、当該区間は愛本堰堤 (13.55k地点) の存在と15k付近の広い川幅により、土砂が堆積しやすい区間の上流に位置し (図-1)、河道掘削後の再堆積が懸念されている。また、愛本堰堤の下流河道では、経年的な滞筋の河床低下の進行と滞筋の直線化¹⁾により、愛本床止(13.35k地点)などの構造物が過去に被災を受けており、黒部河川事務所では、巨石付き盛土砂州を用いた河道是正を実施²⁾し、その効果が現れてきている。しかし、是正河道を長期的に安定

に維持するためには、ダムから排砂された土砂を愛本堰堤の上流河道になるべく留めることなく下流河道に流下させる必要がある。

これらのことから黒部河川事務所では、音沢地区における流下能力の長期的な確保のための河道内再堆積の抑制、下流河道への土砂流下の促進を目的とし、クリーク掘削³⁾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。

本論文では、クリーク掘削、導流堤について平成30年



図-1 愛本堰堤上流の河道状況

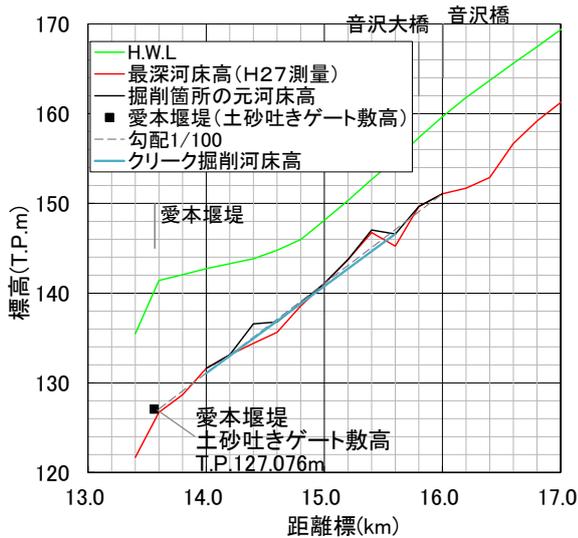


図-2 愛本堰堤上流の河床縦断形状

表-1 検討条件

項目	設定概要
河道形状	a) 現況河道 b) クリーク掘削(全区間掘削):延長約1,600m c) クリーク掘削(下流掘削):延長約1,000m
上流端流量	H25.6出水(宇奈月ダムピーク流量1,200m ³ /s)(図-3)
下流端水位	愛本地点H-Q式より設定
供給土砂量	16.0k地点の通過土砂量(一次元河床変動解析結果)

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および平面二次元河床変動解析法を用いた洪水流・河床変動結果から、本工法が発揮した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た改良案について考察する。

2. クリーク掘削, 導流堤の諸元

クリーク掘削の形状は、宇奈月ダムから排出される土砂が、川幅の広い14.0~16.0k区間でなるべく堆積することなく愛本堰堤を通過させることを目指して設定した。

対象とする流量規模は平均年最大流量程度である1,000~1,200m³/sとし、洪水のピーク流量流下時にクリーク掘削の形状が維持され、その後の自然流下時に宇奈月ダムから排出される土砂を流送することを目指した。

(1) 河床変動解析を活用した効果的な掘削区間

・形状の検討

クリーク掘削の縦断、横断、平面形状を現況河道形状から設定した。現況河道の縦断図を図-2に示す。河床勾配は約1/100であり、河床が高くなっている14.4k, 15.4k付近を掘削し、14.0~16.0k区間をスムーズにつなげた。掘削幅は川幅が広がり始める直前の16.0k地点の1,200m³/s流下時の水面幅程度の30mとし、流量に応じて水面幅が変化する船底型の形状を採用した。平面位置は、

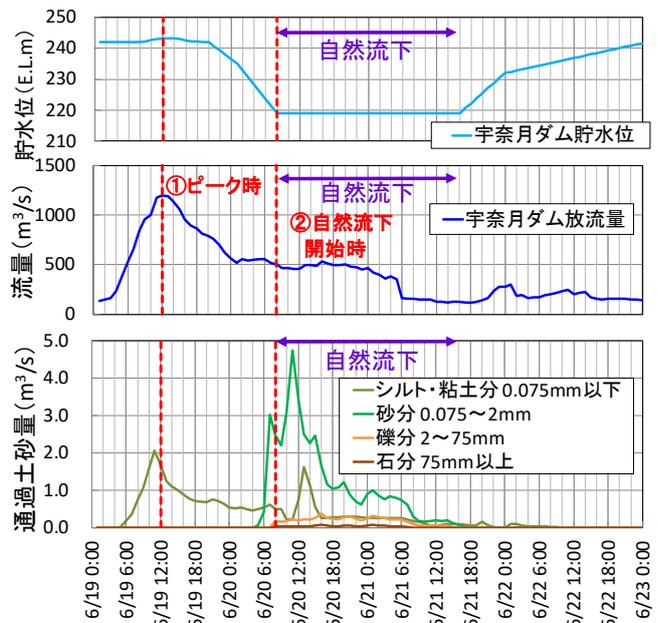


図-3 平成25年6月洪水での貯水位, 放流量及び通過土砂量

掘削量の抑制の点から、現在の最深河床高位置とした。

クリーク掘削による土砂の流送に着目し、効果的な掘削区間について、平面二次元河床変動解析モデル³⁾により検討した。表-1, 図-3に検討条件を示す。上流端の供給土砂量は宇奈月ダムから排出される土砂量を考慮し、16.0k地点での一次元河床変動解析結果を与えた。

図-4にピーク流量流下時(1,200m³/s流下時)、自然流下時(500m³/s流下時)のa)現況河道, b)全区間掘削, c)下流掘削における河床変動高コンター図を示す。a)はピーク流量流下時に14.8~15.4kで0.4~0.8m程度堆積が見られ、その後、自然流下時にもその傾向に変化は見られなかった。クリーク掘削を実施した場合、b)はピーク流量流下時に15.0~15.6kのクリーク内は堆積し、自然流下時には最大2.4mの堆積となり、現況河道と同程度まで河床高が埋め戻された。理由として、クリーク掘削の平面形状が屈曲した形状となり、土砂が堆積しやすいことも要因と考えられる。一方、c)は15.0~15.4kでピーク流量流下時、自然流下時ともに現況河道より河床が低下した。

次に、a)とc)における14.0k地点の通過土砂量を図-5に示す。c)の通過土砂量はピーク流量流下時、自然流下時のいずれも現況河道より増加しており、石礫成分の通過量も増加した。

これより、土砂の流下促進が図られ、かつ掘削土量が少ない、c)下流掘削を採用した。

(2) 導流堤の設置箇所の検討

図-6に示すように、クリーク上流端の15.0k付近では、水面幅が広がり、その上下流に比べ流速が低減する。そのため、15.0k付近の流れをクリーク付近に集めることにより、15.0k付近の堆積を緩和し、クリークの効果をより高める方策として、クリーク掘削時に発生する掘削土を活用した導流堤の設置を検討した。

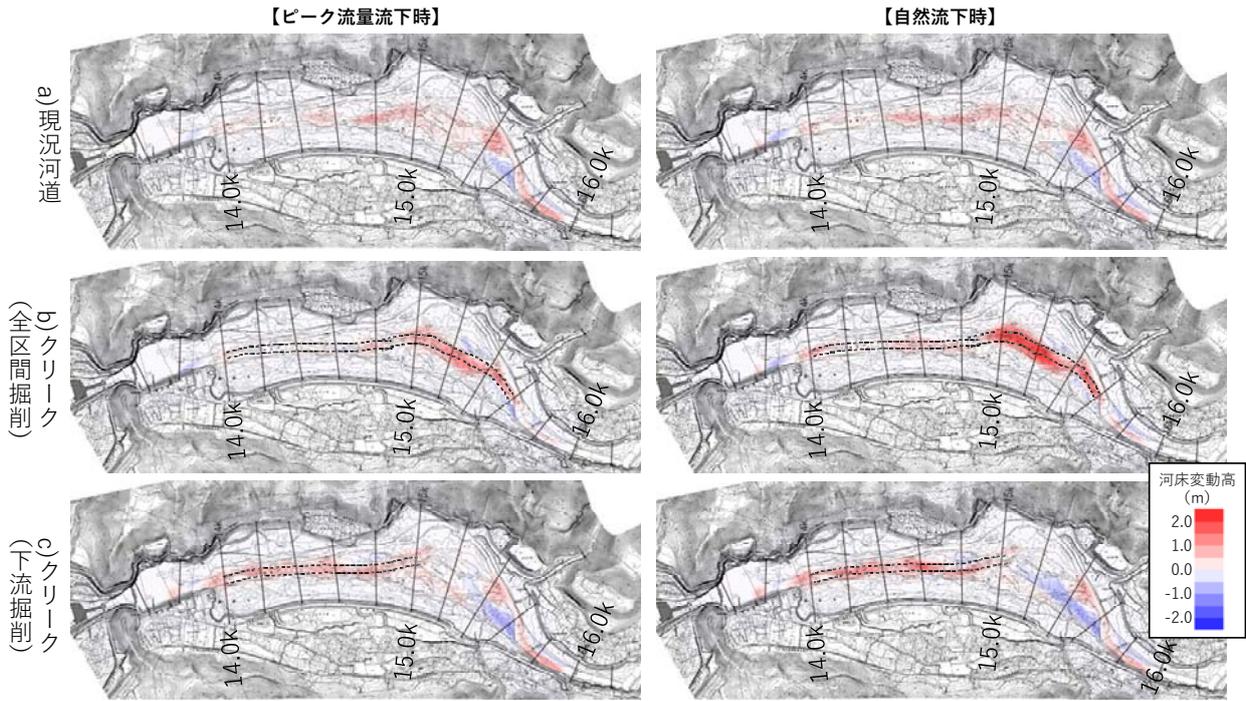


図-4 初期河床からの河床変動高コンター図

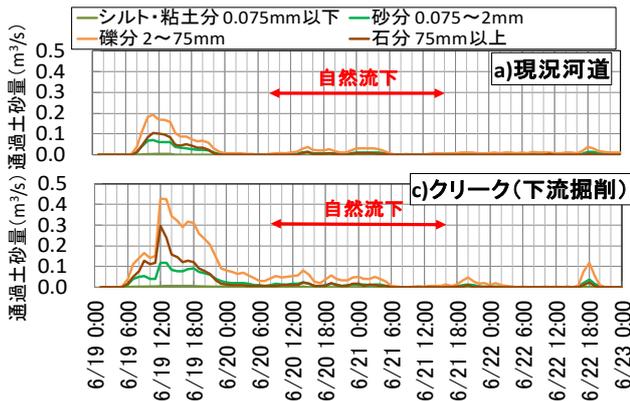


図-5 14.0k地点通過土砂量 (掃流砂)

導流堤は湾曲外岸で水面が広がっている右岸側に設置し、平均年最大流量流下時の水位が天端高相当となるよう、現河床高に対して1mの比高とした。導流堤は主流向きに対して45°とし、平均年最大流量(1,200m³/s)流下時の水面範囲から、延長は120mとした。

(3) 現地での試験施工とモニタリングの実施

連携排砂時の土砂移動状況を現地で把握するため、平成29年度には試験的に(2)で検討したクリークの upstream 一部の掘削(延長100m)及び導流堤(図-7)を設置した。合わせてクリーク掘削及び導流堤の有効性の実証を目的に、出水前後の河道の変化、出水中の流況把握等のモニタリングを実施した。

3. 平成30年7月洪水における対策効果検証

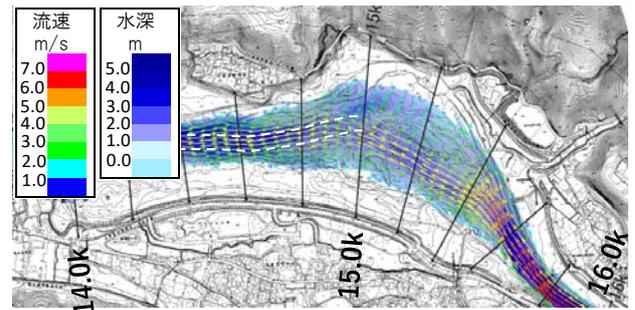


図-6 水深コンター・流速ベクトル図 (1,200m³/s流下時)

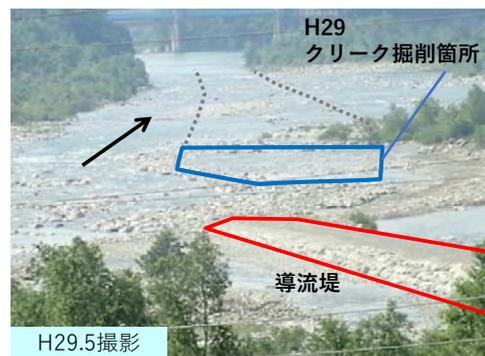


図-7 試験施工後の現地状況

(1) 平成30年7月洪水での河道変化の把握

UAVによる平成30年7月洪水発生前後のクリーク掘削、導流堤周辺の河道変化の写真を図-8、図-9に示す。

クリーク掘削箇所は洪水後も形状が維持されており、図-10に示す横断面図からも確認できる。上流からの流れがクリーク掘削箇所に集まって流下していることから、流量が低減する自然流下時においても主流部はクリーク掘削箇所に位置していたことが推察される。

導流堤は洪水により一部流失が見られ、洪水前から形

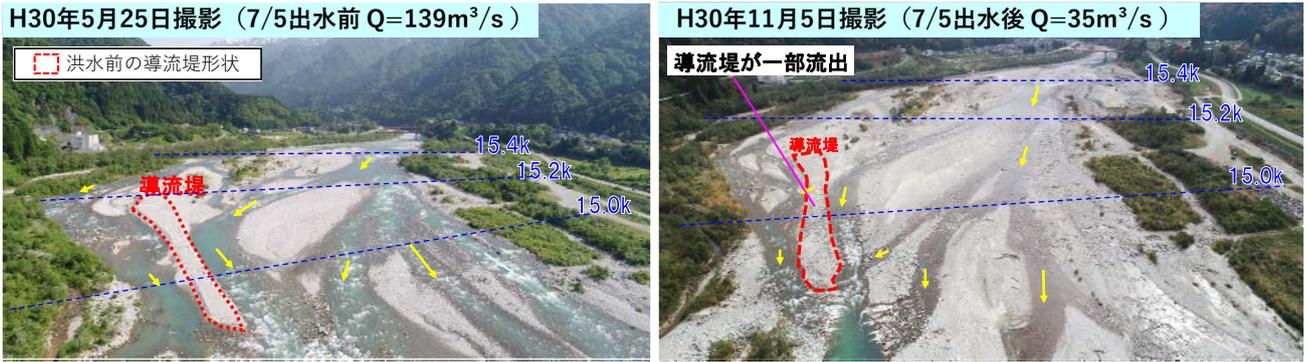


図-8 平成30年7月洪水前後の導流堤周辺の河道の変化

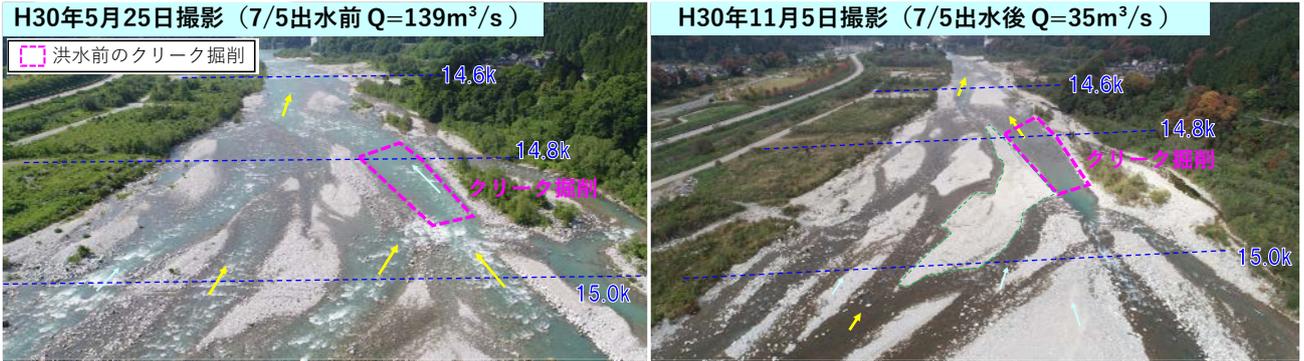


図-9 平成30年7月洪水前後のクリーク掘削周辺の河道の変化

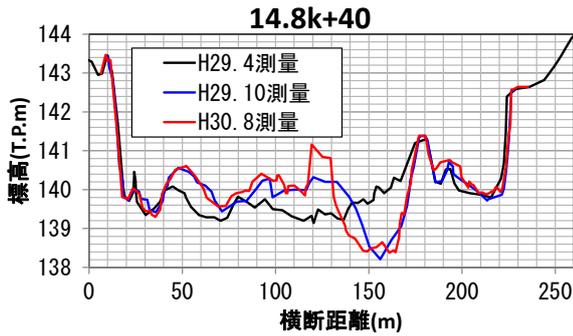


図-10 クリーク掘削箇所 (14.8k+40地点) の横断変化

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、流失が発生したと考えられる。一部流失が見られたものの、洪水前後とも主流位置は導流堤に沿って形成されており、洪水中は導流堤により流れを河道中央へ誘導する効果が発揮されていたと考えられる。

(2) 解析モデルによる対策効果検証

平成30年7月洪水において、クリーク掘削、導流堤が発揮した効果について、平面二次元河床変動解析モデルを用い検証した。表-2に示す3ケースの検討条件でのピーク流量流下時 (908m³/s)、自然流下時 (570m³/s) の流速ベクトル図を図-11に示す。

いずれのケースもピーク流量流下時に流速4m/s以上の流れは川幅の狭い15.8kから流下し、15.2k付近までの間で水面幅を広げながら、河道中央付近を流下している。15.0kの導流堤付近の流れを見ると、Case3では導流堤により右岸側へ向かう流れが河道中央へ誘導され、導流堤

表-2 検討条件

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: クリーク掘削のみ Case3: クリーク掘削+導流堤(現況)
上流端流量	H30.7出水(愛本地点ピーク流量908m³/s)
下流端水位	愛本地点H-Q式より設定
供給土砂量	16.0k地点の通過土砂量(一次元河床変動解析結果)

前面の流速は3.0m/s程度に低減している。導流堤を設置していないCase1, 2では河道中央から右岸側へ直進する4.0m/s程度の流れが確認できる。次に導流堤直下流に着目すると、Case1, 2の導流堤なしの場合、14.9k付近でその上下流に比べ流速が低減する様子が見られるが、Case3では流速増となっており、導流堤により流れが河道中央に誘導する機能が発揮されたことを示している。

自然流下時においても、Case3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は4.0m/s以上の流速が発生しており、流量が低減した状況でも河道中央に流れを集め、土砂流下が促進されたことを示している。一方、Case1, 2は14.8~15.0kの間で流況の明瞭な差が確認できなかったものの、Case2では14.8kより下流にクリークがあるため、河道中央部の流速を速める効果が見られた。このことから、流れを誘導する導流堤と土砂を流下させるためのクリーク掘削を組み合わせることが効果的であると言える。

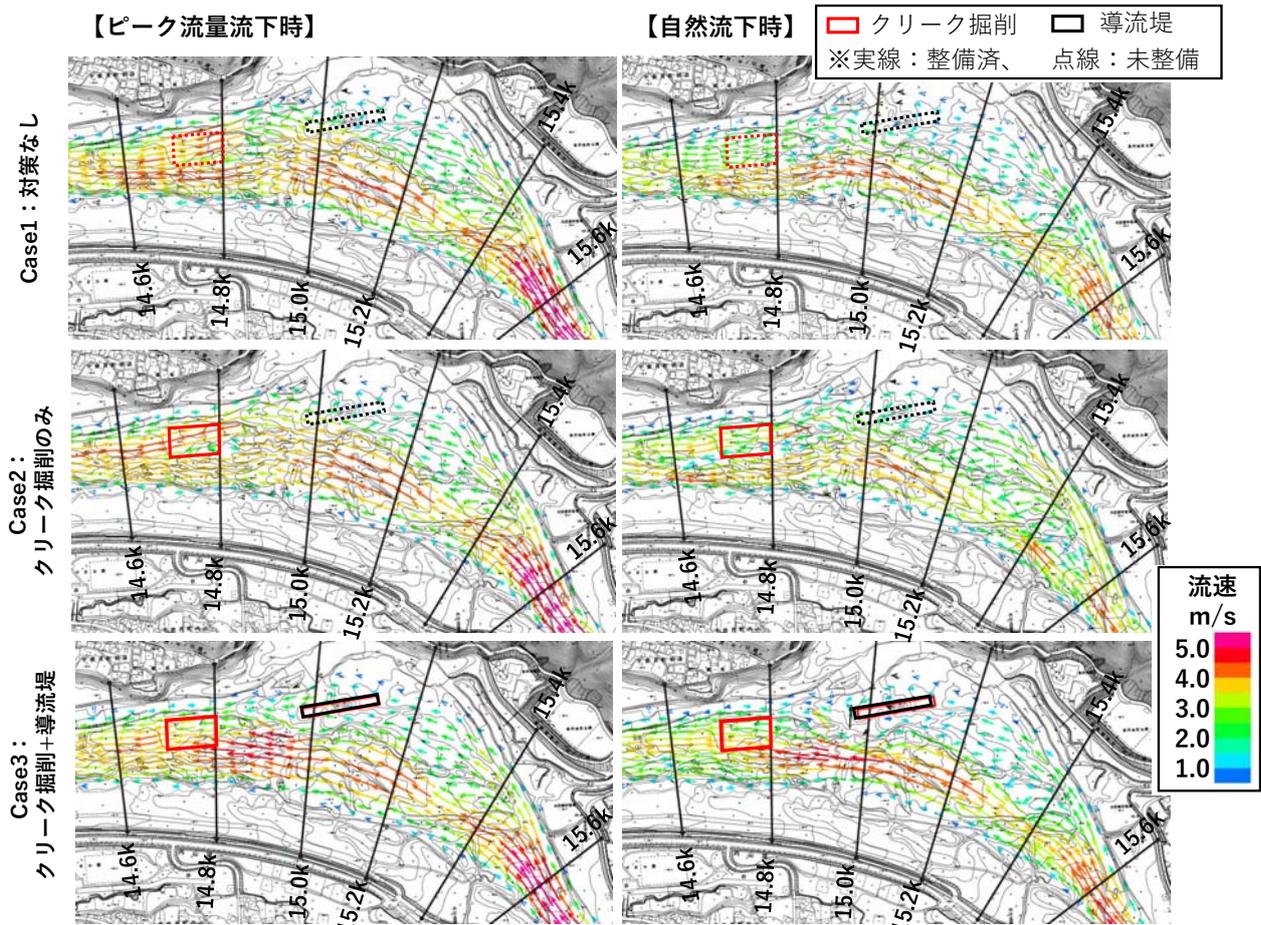


図-11 流速ベクトル図 (H30.7洪水)

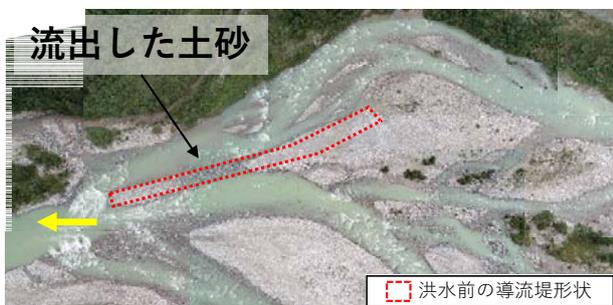


図-12 出水後の導流堤の状況

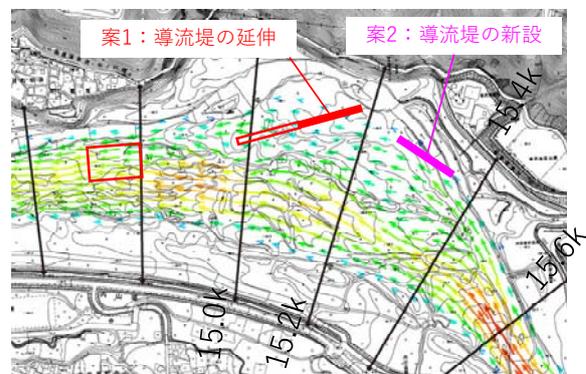


図-13 導流堤改良案

4. 導流堤の改良の検討

(1) 試験施工した導流堤の欠損原因の把握

図-11の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。また、川幅が広がり始める15.6k付近(図-11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。図-12に示す出水後の垂直写真からも、背後には導流堤から流出した土砂が見られ、形状が崩れている様子が確認できる。

(2) 導流堤の改良の検討

今回の試験施工でも導流堤の一部が欠損したことに加え、流量規模が今回洪水を上回る洪水が発生した場合、導流堤全体の流失の可能性も考えられることから、導流堤の機能確保に向けた改良案を検討し、改良後の土砂流下促進効果について評価した。

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、河道中央へ誘導することを目指し、図-13に示す2つの改良案について、解析モデルを用いて土砂流下促進効果を把握した。河道形状以外の条件は表-2と同様である。

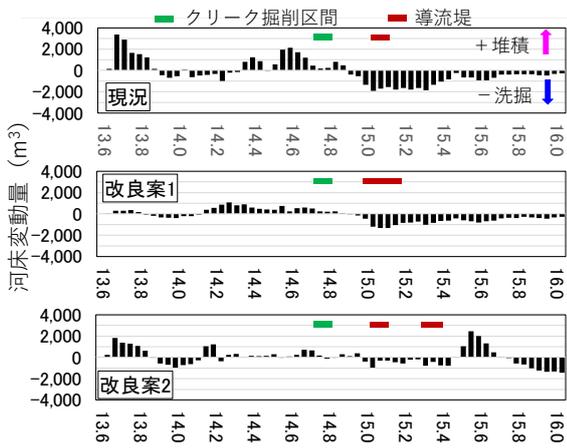


図-14 改良案における河床変動量

表-3 改良案における河床変動量

期間		現況	改良案1	改良案2
初期河床～ 自然流下開始	堆積	3.2	3.3	4.1
	洗掘	1.7	1.6	1.7
	収支	+1.5	+1.7	+2.4
自然流下開始～ 自然流下終了	堆積	2.4	1.1	2.0
	洗掘	3.1	2.0	1.8
	収支	-0.7	-0.9	+0.2

(単位：万m³)

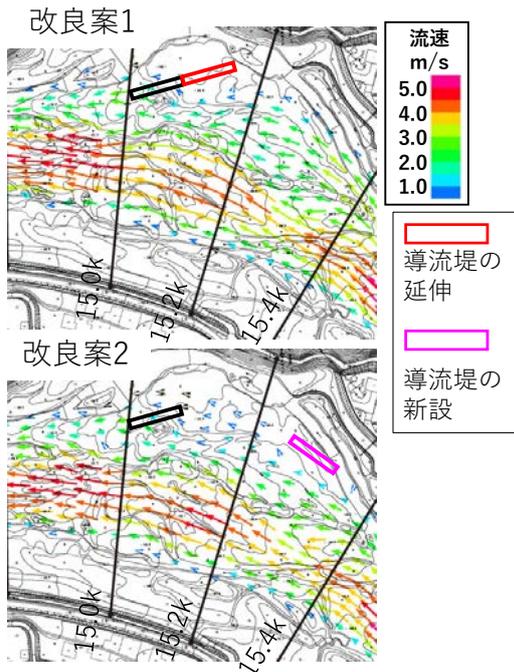


図-15 流速ベクトル図 (908m³/s流下時)

図-14に自然流下時の河床変動縦断面図を、表-3に自然流下前と自然流下時の河床変動量を示す。自然流下前では、現況及び改良案1は土砂収支に大きな差異は見られず、いずれも堆積傾向にあることがわかる。堆積区間は導流堤上流の15.4～16.0k、クリーク掘削下流の13.6～14.6kであり、クリーク掘削、導流堤の区間は洗掘傾向にある。改良案2は現況に比べ約1.2倍の堆積量であり、上流に新設した導流堤により主流が左岸に向けられ、右岸側の流速が低減することで(図-15)、堆積が生じた

と考えられる。次に、自然流下時の河床変動を見ると、縦断的な変動状況は、現況では堆積、洗掘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は小さく、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。改良案2は新設した導流堤上流での堆積が引き続き発生しており、土砂を流下させる効果は低下する。

以上より、現況施設と同等の機能を有し、導流堤背後への回り込む流れを防ぐことが可能な改良案1を採用することとした。

5. 結論

本研究では、河道掘削後の再堆積抑制と土砂の下流への流下促進のため、クリーク掘削と導流堤を試験施工し、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対策について検討した。以下に本研究の主な結論を示す。

- (1) 検討対象区間における土砂流下を促進するためには、洪水流河床変動解析結果より、河道の縦断形状を踏まえて14.0～15km付近でクリーク掘削を行うことが効果的であることを示した。
- (2) 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、クリーク掘削に加えて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。
- (3) 導流堤の欠損を防ぐためには、導流堤背後に回り込む流れを抑制するように、導流堤を延伸することが有効であることを解析で確認した。

謝辞：本研究を進めるにあたり、中央大学の福岡捷二教授のご助言を頂いた。ここに深甚なる謝意を表します。

参考文献

- 1) 建設省土木研究所：黒部川の河道特性と河道計画，土木研究所資料第3139号，1993。
- 2) 後藤岳久，桶川勝功，福岡捷二，福田朝生：黒部川愛本堰堤から排砂を促進するための技術開発と交互砂州河道の回復，土木学会論文集B1，Vol.74，No.5，pp865-870，2018。
- 3) 長田信寿，細田尚，村本嘉雄：河岸侵食を伴う河道変動特性とその数値解析法に関する研究，土木学会論文集No.621/ II-47,pp.23-39，1999。
- 4) 芦田和男，道上正規：移動床流れの抵抗と掃流砂量に関する基礎的研究，土木学会論文報告集，第206号，pp.55-63，1977。

(2020. 4. 2受付)