

黒部川愛本堰堤からの排砂を促進する石畳排砂水路とその設置効果

中央大学研究開発機構 正会員 ○後藤 岳久
中央大学研究開発機構 フェロー 福岡 捷二

国土交通省 黒部河川事務所 桶川 勝功
中央大学研究開発機構 正会員 福田 朝生

1. 研究背景・目的

黒部川の扇頂部には愛本床止がやや右岸に向けて設置され、その河岸への流れの攻撃角により、下流河道に交互砂州が形成されている(図-1)。しかし、平成7年7月洪水(ピーク流量:約2,600m³/s)を契機として、洪水流が床止直下流の右岸護岸沿いを走るようになり、交互砂州の澇筋の直線化と河床低下が生じた。さらに、愛本床止上流に位置する愛本堰堤は石礫土砂の流下を妨げているため、澇筋の直線化と河床低下をさらに進行させている。澇筋の直線化は交互砂州の水衝部位置を変化させたため、水衝部に設置された既設縦工群が有効に機能しなくなり、新たな水衝部で被災の危険性が高まっている。これまで著者らは、愛本床止下流に2基の巨石付き盛土砂州を設置することで、既設縦工群を活用し得る交互砂州河道の低水路蛇行線形が回復可能なことを示してきた¹⁾。しかし、交互砂州河道を安定的に維持するためには、愛本堰堤から石礫土砂を下流河道に排砂する必要があり、特に、黒部川では出し平ダム(27.6km)と宇奈月ダム(20.6km)の連携排砂を実施しているため、ダム下流に排砂された土砂を愛本堰堤下流に適切に流送することが求められる。本研究では、愛本堰堤下流に石礫土砂を排砂するため、現地の玉石を敷き並べて造る石畳排砂水路を提案し、下流河道の河床低下の抑制効果を検証する。

2. 愛本堰堤と石畳排砂水路の目的

まず、河幅が漸拡する15km付近は土砂が堆積し易いため、図-1に示すように、クリーク(幅:約40m, 勾配:1/100)を石畳排砂水路の上流端(14km)まで掘削し、上流からの流送土砂を石畳排砂水路まで輸送する。石畳排砂水路は、クリークから流送されてきた石礫土砂を土砂吐ゲートに誘導し下流河道に排砂する(図-2)。石畳排砂水路の水路表面は、凹凸がなるべく小さくなるように玉石を組んで造り、流れに対する抵抗を小さくする。これにより、現況河道において石礫土砂が流れにくくなっている土砂吐ゲート直上流の深掘れを是正し、石礫床よりも抵抗の小さい石畳床上に流れと土砂を集め、土砂吐ゲートから石礫土砂を排砂する(図-3)。

図-4は、平均年最大流量程度の洪水(H25.9洪水)における連携排砂時の宇奈月ダム操作状況を示す。宇奈月ダムでは、洪水調節操作実施後の洪水減水期にダム貯水位を低下させ、ダム貯水池を自然流下状態とすることにより、上流の出し平ダム等から流送される土砂をダム下流に排砂している。宇奈月ダムの水位低下操作から自然流下状態の間は、500~250m³/s程度の流量が下流河道で長時間続いたため(H25.9洪水:約29時間)、石畳排砂水路は500m³/s程度の流量に対して愛本堰堤から石礫土砂を排砂し得るように設計する。

3. 数値移動床実験²⁾による石畳床上の土砂輸送機構と石礫河川の河床変動解析法³⁾への反映

本章では、まず、石畳床上での流れと土砂輸送機構を把握するため、石畳床と石礫床の数値移動床実験²⁾を行い、これらを比較検討した。そして、数値実験から得られた石畳床上の流れの抵抗や流砂量が一致するように、石礫河川の河床変動解析法³⁾のパラメータを調整し、石礫河床と石畳排砂水路を一体的に計算出来るようにする。図-5は数値実験状況を示す。実験は、石畳床上の初期の土砂堆積層厚が薄い石畳床の場合(層厚0.15m)と厚い石礫床場合(層厚0.65m)の2ケース行った。図-6は流砂量の時間変化を示す。土砂層厚が薄い石畳床の場合では、表-1に示すように、土砂層厚が厚い石礫床の場合と比べて流れの抵抗が小さくなり、それに応じて流速が大きくなり、大粒径(20~30cm径)の流砂量も多くなり、石畳床は石礫床に比べて土砂輸送能力が高いことが分かる。次に、数値実験と同条件で石礫河川の河床変動解析を行い、数値実験結果の20~30cm径の流砂量とほぼ一致するように、石礫粒子の跳躍解析³⁾に用いる



図-1 黒部川で検討している一連の交互砂州河道の回復技術



図-2 愛本堰堤の土砂吐位置と石畳排砂水路

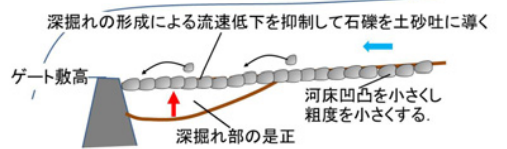


図-3 石畳排砂水路の狙い



図-4 平均年最大流量程度の洪水(H25.9洪水)での連携排砂時の宇奈月ダム操作状況

キーワード 堰堤, 排砂, 石畳排砂水路, 土砂吐ゲート

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学研究開発機構 31214 TEL 03-3817-1615

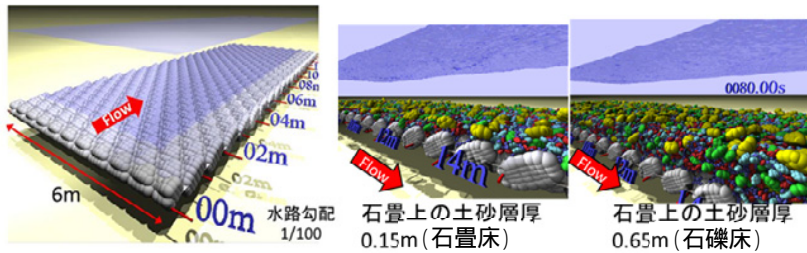


図-5 石畳床と石礫床での数値移動床実験状況

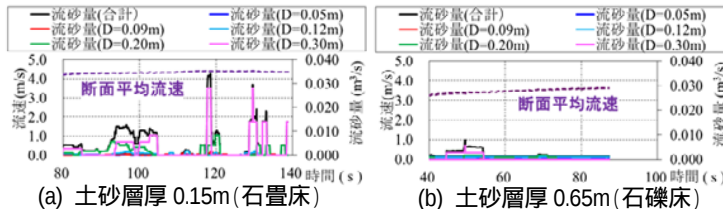


図-6 数値実験における流砂量の時間変化

反発係数を表-1 のように設定した。石畳床上の流れの抵抗は粗度係数で評価し、石畳上に土砂が 0.5m 以上堆積すると石礫河床と同様³⁾に D90 粒径による形状抵抗で評価した。

4. 石畳排砂水路の設置効果

図-7 は、現況河道の平均河床高と最深河床高に石畳排砂水路およびクリークの設置高縦断分布を示す。クリークの勾配は黒部川の平均的な河床勾配である 1/100 とし、石畳排砂水路の勾配は平均年最大流量に対して縦断的な水深の増加、流速の減少が生じないよう試行錯誤的に図のように設定した。これを初期条件とし、3 章で構築した石礫床と石畳床を一体的に計算出来る洪水流・河床変動解析により、石畳排砂水路の設置効果を検証する。流量条件は、宇奈月ダムの水位低下操作から自然流下状態の時間帯を想定して 500(m³/s)を定常で 50 時間通水(洪水 2 波形分の時間に相当)した。図-8 は流速コンターを示す。図より、石畳排砂水路を設置すると、土砂吐ゲートに向かって流れが加速し、そこに流れが集中していることが分かる。図-9 は両ケースの流砂量の縦断分布を示す。現況河道では 10~30cm 径の石礫材料が愛本堰堤を殆ど通過出来ていないのに対し(図-9(a)), 石畳排砂水路とクリーク設置することにより、上流から流送されてきた石礫土砂が愛本堰堤を通過し、愛本床止下流に排砂していることが分かる(図-9(b))。これにより、図-10 に示すように、愛本床止下流河道の河床低下を抑制出来ていることを示した。また、図-7 より、通水後に石畳上に顕著な土砂堆積が生じておらず、石畳排砂水路の機能が維持されていることが分かる。

5. まとめ

黒部川では、ダムや取水堰堤による土砂供給量の減少が下流河道の滞筋の河床低下や固定化、海岸線の後退を引き起こしており、流域全体で適正な土砂管理が求められる。このため、上流域では出し平ダムと宇奈月ダムで連携排砂が実施され、下流河道では 2 基の巨石付き盛土砂州の設置により、既設縦工群を活用した交互砂州の蛇行線形の回復が行われている。しかし、愛本堰堤はダムから排砂された石礫土砂の流下を妨げるため、ダムの連携排砂の効果と巨石付き盛土砂州の設置効果を低減させている。本研究が提案する石畳排砂水路は、流域土砂管理上のネック部となっている愛本堰堤での土砂移動の不連続性を緩和する技術として重要であり、今後、試験施工に向けた具体的設計法を確立する必要がある。

謝辞：本研究は、国土交通省河川砂防技術研究開発制度地域課題分野(河川)の助成を受けた。記して謝意を表します。

参考文献 1)加藤, 石川, 後藤, 福岡: 黒部川の既設縦工群を活かした~, 河川技術論文集, 2015. 2)福田, 福岡: 土石流の流下時の分級と構造物に作用する~, 土木学会論文集 B1, 2017. 3)長田, 福岡: 石礫河川の河床変動機構と表層石礫の凹凸分布に着目した二次元河床変動解析法, 土木学会論文集 B1, 2012.

表-1 数値実験結果の水利諸量と石礫河川の河床変動解析法で用いるパラメータ

数値実験結果の水利諸量		
	石畳床 (厚層0.15m)	石礫床 (厚層0.65m)
水深	1.95m	1.85m
流速	4.6(m/s)	3.7(m/s)
逆算粗度係数	0.033m ^{-1/3} s	0.040m ^{-1/3} s
石礫河川の河床変動解析法のパラメータ		
	石畳床	石礫床
流れの抵抗	粗度係数(0.033m ^{-1/3} s)	D90による形状抵抗
反発係数	0.75	0.65
石畳床と見なす土砂堆積厚層		0.5m

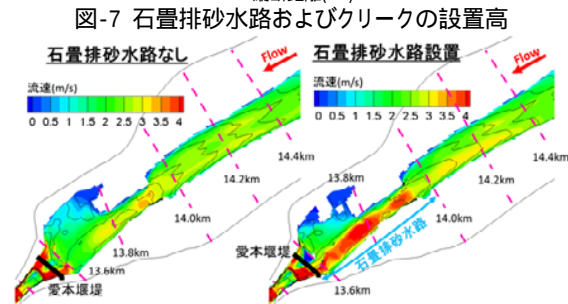
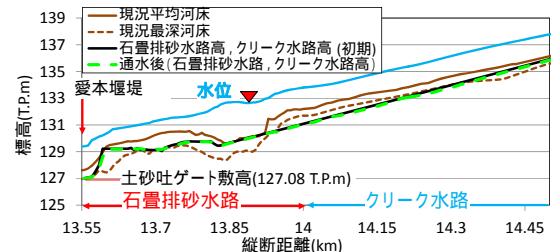


図-8 両ケースにおける流速コンター(500m³/s 通水時)

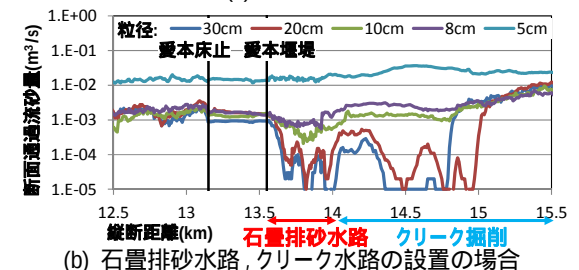
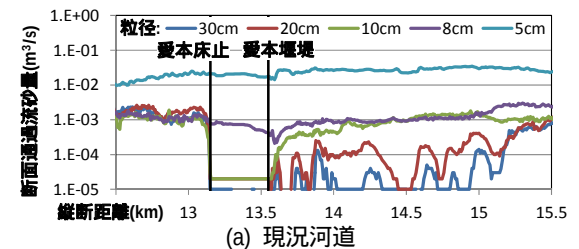


図-9 通水 30 時間目の各粒径の流砂量縦断分布

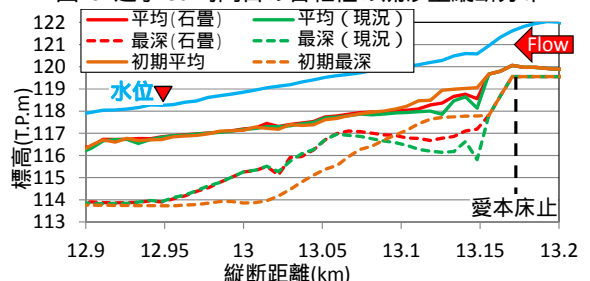


図-10 愛本床止下流の河床高縦断分布(通水 50 時間後)