

「巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工」の機能維持確保のための技術検討

国土交通省 北陸地方整備局 富山河川国道事務所

まんぎょう やすふみ
調査第一課長 万行 康文

1. はじめに

急流石礫河川である常願寺川は、洪水時の河床変動が大きく、河岸侵食、河床洗掘による破堤氾濫の危険性が高い河川である。このため、急流河川の河岸侵食対策として、根継護岸などコンクリート護岸を主体とした対策を実施してきたが、護岸を主体とした対策工は、流路が護岸際に固定化し、結果として、護岸前面で流速増大による河床洗掘をもたらし、さらには、護岸下流にある砂州の侵食・縮小化により河岸侵食が堤防まで到達する危険性が高まることが示された¹⁾(写真—1)。

この問題に対し、富山河川国道事務所と中央大学研究開発機構は共同で巨石や中小礫など現地河床材料を利用した新たな河岸防護技術である「巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工」^{1)~7)}(以下、本工法)を開発し、平成19年度より現地施工を行っている。

本工法は、現地河床材料を利用した構造のため、補修などの維持管理が容易なこと、また従来の護岸と併せて予防保全的に配置することで、河川管理施設の長寿命化を図ることが期待されている。

そこで、施工後4年間にわたり、継続してモニタリングが実施されている右岸11.7k付近の施工

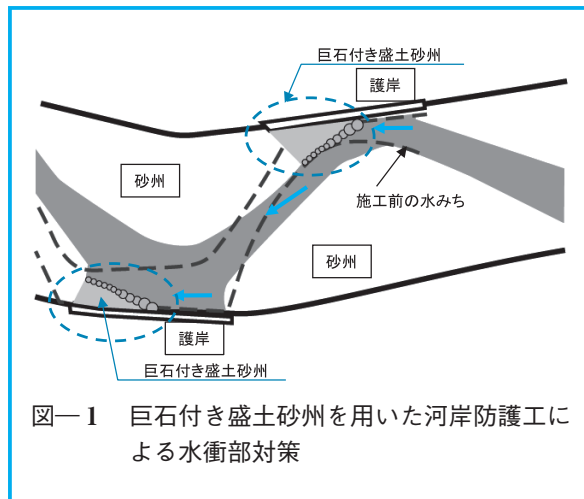


写真—1 航空写真による滞筋の変遷
(常願寺川6.0k~7.1k)

箇所を対象に、モニタリング調査を行い、本工法の機能維持確保のための技術的検討を行ったものである。

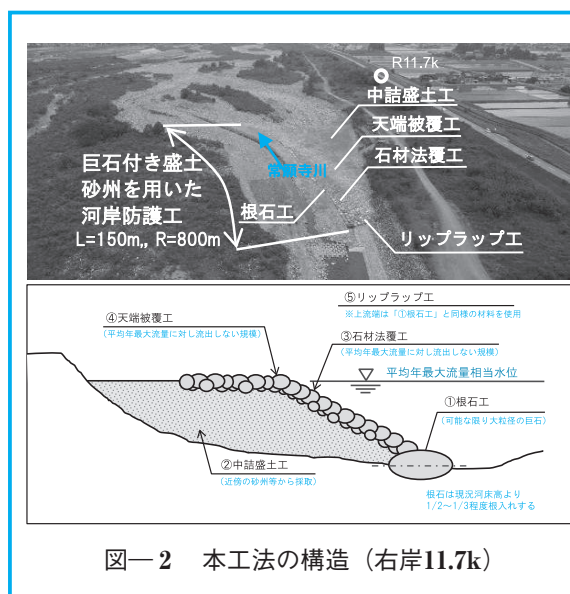
2. 本工法を用いた河川管理の考え方

急流河川では、写真—1のように護岸際に流れが集中し、下流部の砂州が消失することにより、護岸沿いに下流に流路が伸び、そのため下流への護岸の延伸が必要となる。このことに対し、図—1のように、河岸沿いに存在する砂州を保全・回復させ、その砂州の上流端水衝部となる部分に巨



石を配置することで、盛土砂州が「密な間隔で設置する多数の柔らかな水制群」の役割を持ち、護岸沿いに進んできた流れが砂州中に侵入するのを防ぎ、中小洪水に対して安定で自然性の高い河岸が形成される。これはまた、既設護岸の長寿命化を図ることを可能にする。

図一 2 に本工法の構造を示す。本工法は、根石工、中詰め盛土工、石材法覆工、及びリップラップ工から構成されている。本工法は、現地発生の土砂や石を使うこと、自然の砂州を活かすことにより、治水面、環境面から水際の有する機能を保全し、施工や補修も容易にできることから、治水と環境の調和したコストパフォーマンスの高い工法である。



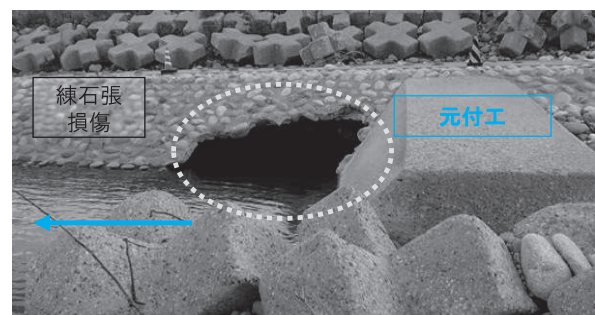
本工法は、①河岸沿いの砂州の侵食が進行している箇所、②滯筋が急激に湾曲しており、是正が

必要な箇所、③平面二次元河床変動解析結果から、河岸際で高速流の発生、洗掘が予測される箇所に着目し、更に河川全体を見通した流れにも考慮して適切な位置を選定し、施工するものとする。常願寺川においては右岸9.2k、右岸11.7k、右岸13.5k、及び左岸8.2kの計4箇所で本施工が行われている。

施工後4年が経過し、継続して本工法の詳細なモニタリングが実施されている右岸11.7k付近の施工箇所を対象に、①維持管理上の効果・メリット、②補修基準の明確化の2点についてモニタリング結果及び水理解析で得られた知見から技術的評価を行った。

3. 本工法の維持管理上の効果

上述したように、常願寺川のような急流河川では、洪水時の河床変動が大きく、河岸際の洗掘や侵食が破堤氾濫を引き起こす危険性が高い。平成24年には元付工（法覆工と根固工間の河岸保護工）の下流側で練石張護岸の損傷が確認された。その時の状況を写真一 2 に示す。損傷は、河岸際に滯筋が固定化した箇所で確認され、繰り返し発生する中小出水時に護岸背面の土砂が吸出しを受け、洪水中に転石が練石張護岸に衝突を繰り返したことが要因と推察される。このことから洪水時における護岸へのダメージを軽減させることが重要である。



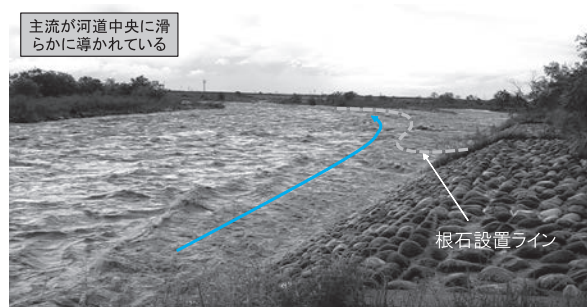
本施工が実施された平成24年以降発生した出水は、表一 1 に示す8出水である。このうち、天端

表一 1 本工法設置以降の出水

NO	発生日	瓶岩 ピーク流量	天端冠水の 有無
1	H24.7.7	440.0m ³ /s	有り
2	H25.6.19	438.9m ³ /s	有り
3	H25.7.27	316.6m ³ /s	無し
4	H25.7.29	413.2m ³ /s	無し
5	H25.8.1	344.0m ³ /s	有り
6	H25.8.23	444.3m ³ /s	有り
7	H25.9.16	432.9m ³ /s	有り
8	H26.10.14	367.9m ³ /s	無し

冠水は平成24年7月7日、平成25年6月19日、8月1日、8月23日、9月16日と5回である。また、平成25年は繰り返し出水が発生している。

河岸防護工の天端を洪水が流下した平成25年6月出水の状況を写真一3に示す。これより、主流は根石ラインに沿って滑らかに河岸を離れ、河道中央に向けられており、河岸防護工の機能である主流の制御効果が発揮されていることが確認できる。



写真一3 平成25年6月出水の状況
(常願寺川右岸11.7k付近)

写真一4は、本工法設置直後と平成25年6月出水後の航空写真である。これより、出水後は中小出水の侵食・洗掘作用を受けて、滞筋は滑らかに河岸を離れ河道中央に導かれている。

以上のことから、本工法は、繰り返し発生する中小出水に対して洪水の主流が滑らかに河道中央部に導かれることで河岸の損傷や護岸下流砂州の侵食・縮小を防ぎ、大規模出水に対抗する河川管理施設の長寿命化に大きな効果があることが分かった。

さらに、本工法は変形に対して屈撓性を持つことから群体として安定している限り、補修の必要がなく長期にわたり機能が維持できる。また、現



写真一4 施工後～出水後の河道の変遷
(常願寺川右岸11.7k施工箇所)

地河床材料を使用しているため補修を行う場合にも材料の入手が容易なことや、護岸補修のように一連区間の補修が必要なく、締切などの仮設備を必ずしも必要としないこと等から補修の容易さ、コストや工期短縮の観点等、多くのメリットを有している。

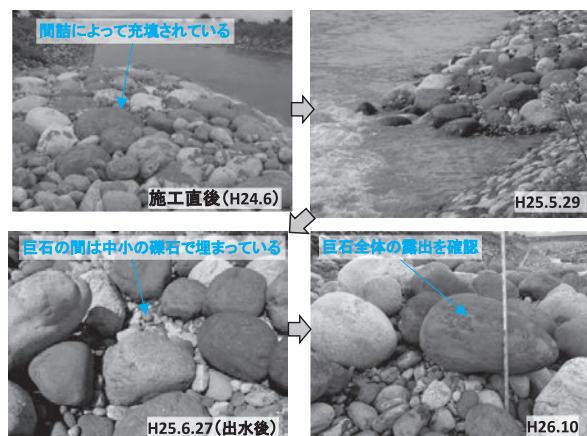
4. 本工法の補修基準の明確化

(1) リップラップ工背後の補修基準

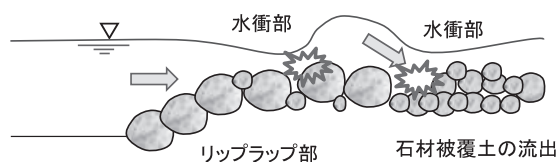
本工法は、巨石群の自重と中小礫の噛み合わせ効果により安定し、侵食等に伴う若干の変形を許容した構造で、治水と環境の調和した工法としての効果が期待される。特に水衝部保護のために設置されている上流端のリップラップ工は、本工法の中でも最も重要な箇所である。

写真一5は、施工直後から平成26年10月時点のリップラップ工の定点観測結果を示したものである。これより、リップラップ部は根石の移動は生じていないものの、中小礫の間詰めが流出することもあり、その時には背面部は巨石が移動しており、噛み合わせ効果が弱くなっている。

これは、図一3に示すように、洪水中にリップラップ部に衝突した水流が鉛直方向に跳ね上が



写真一5 リップラップ背面部の巨石の移動状況

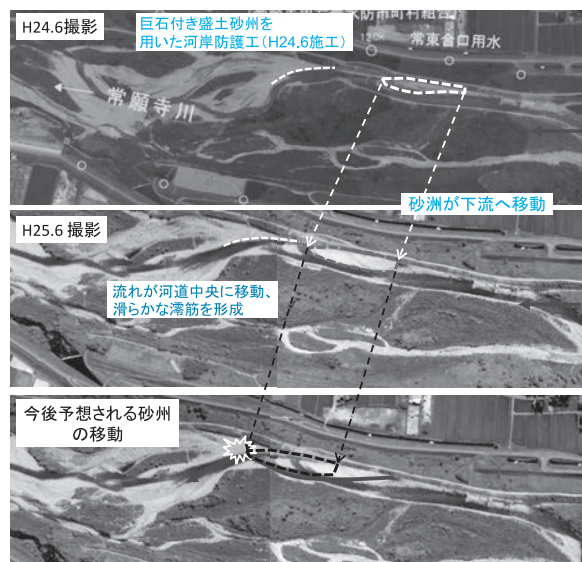


図一3 リップラップ工背面の侵食メカニズム

り、勢いを有したまま背後の巨石群への強い落ち込み流が発生したため、写真一5に示す中小礫が流出し、隣接する巨石間に隙間ができたと考えられる。このことから最も重要なことは、水衝部に当たった水流の盛り上がりからの落ち込みが小さくなるようにリップラップの高さと背後域の高さを面一となるように盛土砂州の構造を維持すること、また、補修基準は、隣接する巨石間の間隔が間詰め工の粒径程度（約0.2m～0.3m）開いた場合、巨石の積み直し及び間詰め工の充填を行うこととした。

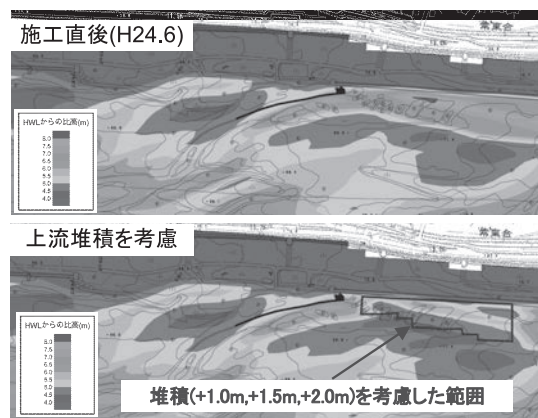
(2) リップラップ部直上流の堆積土砂の撤去基準

本工法により、主流路が滑らかに是正されていることが分かった。一方で、写真一6に示すように本工法上流に位置していた交互砂州が徐々に下流側へ移動し、現在では防護工直上流の砂州の前縁が到達している。また、水はね時の二次的流れによって上流に土砂が堆積する傾向にある。これら砂礫の堆積が進行することにより、リップラップ部に当たる洪水流速・流向の変化による防護工の変形や背後の侵食等に問題が懸念される。

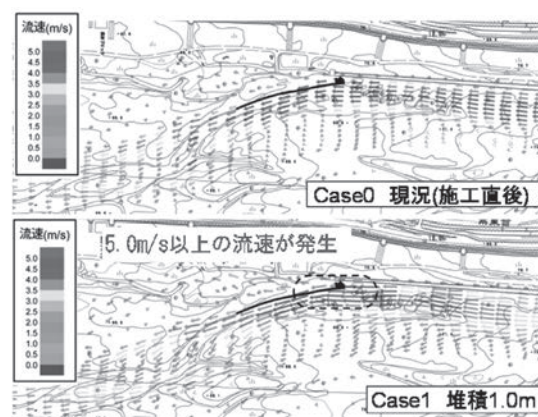


写真一6 本工法設置以降の砂州の移動状況

このことから、長田・福岡³⁾の石礫河川の二次元河床変動解析法を用いて、現状の土砂堆積が進行した場合の河岸防護工への影響について分析・



図一4 河床高の設定 (HWLからの標高差)



図一5 流速ベクトル図 (流量ピーク時)

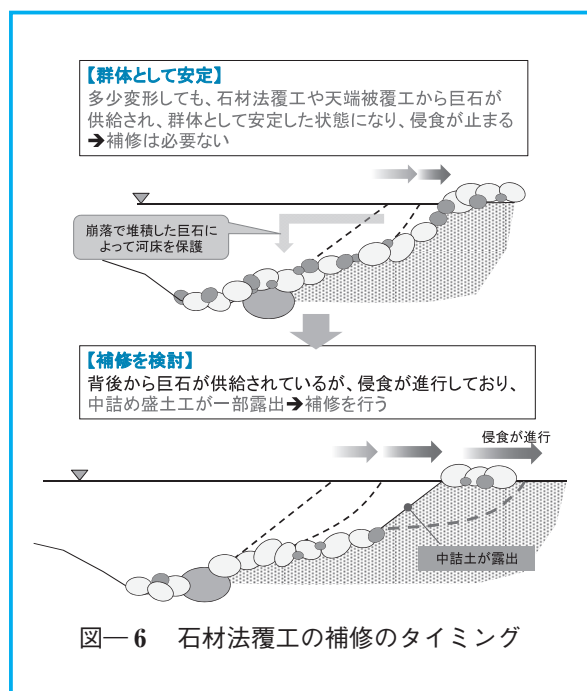
評価した。

図—4に対象とした土砂堆積部を、図—5に+1.0m堆積した場合の流速ベクトル図を示す。これより、砂州高が現況より1.0m以上高くなると、リップラップ前面の標高差が小さくなり防護工天端に流れが乗り上げやすくなり、防護工上流では砂州の侵食が始まる5.0m/s以上の高流速が生じている。このことから、土砂堆積による撤去基準としては、防護工上流部に1.0m以上土砂が堆積した場合にこの土砂を撤去することとした。

(3) 石材法覆工の補修基準

河岸防護工の側面は、石材法覆工や天端被覆工から構成されており、洪水流の侵食を受けやすい水際部では、現地発生材よりも大きな粒径の石材を利用している。

図—6に示すように、繰り返し出水を受けた場合に天端被覆工や法覆工が流出し、現地発生土を使用している中詰盛土工が露出すると、本工法の特徴の一つである巨石が移動した場合でも背後もしくは上部から巨石が供給され、従来機能を維持し続けるという利点が損なわれる心配がある。これまで経験していないが、この事態が生じた場合、巨石付き盛土砂州の侵食が進行する可能性があることから、補修を行うこととしている。



5. おわりに～維持管理基準の設定～

現地施工後のモニタリング調査及び石礫河川の特性を踏まえた水理解析により、巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の機能維持確保のための技術的検討を行ったが、本工法は繰り返し発生した中小洪水に対しても、洪水の主流を滑らかに河道中央部に導くことで、河岸の損傷や護岸下流砂州の侵食・縮小を防ぎ、大規模出水に対抗する河川管理施設の長寿命化を図る利点が明らかになった。

一方、本工法上流端のリップラップでは、洪水流が鉛直方向に跳ね上がり、その落ち込み流により変状が見られた箇所もあること、リップラップの高さと背後域の高さが面一となるように維持し、乗上げ流が滑らかに流れる工夫が必要なが分かった。また、砂州の移動に伴いリップラップ上流に土砂が堆積し、堆積が進むことで水衝部への水の当たり方に影響することから、常に前面の堆積土の高さに注意することなどが必要なが分かった。



写真—7 リップラップ工の補修状況

これらの検討を踏まえ、平成27年5月にはリップラップ部において、現地の中小礫を間詰め材として補充する補修を実施している。補修ではバックホウ1台、ダンプトラック1台、クレーン1台を使用し、2日間程度の短期間、低コストで対応することができた（写真—7）。

以上より、本工法の必要な機能を持続的に確保するための基準を表—2にまとめている。本工法は、治水と環境の両面から多くの利点を有している。従って、この利点を活かすことが大切で、そのために必要な維持管理は、それほど労力やコストがかかるものではない。

比較的簡単な維持管理を適切に行うことによって、本工法の機能維持を図り、確かな技術を高めていくことが重要である。

今後は、さらにモニタリングにより知見を蓄積し、基準の妥当性や精度向上を行う予定である。

表—2 維持管理基準（右岸11.7kの事例）

リップラップ工	・隣接する巨石間の間詰め工が流出し、巨石間の間隔の大きさが間詰め工の粒径程度開いた場合
土砂堆積の撤去	・1 m以上土砂が堆積した場合
石材法覆工	・石材法覆工が流出し中詰盛土工が露出した場合

また、全国の急流河川に本工法を普及していくための手引き⁶⁾を更新していく予定である。

【参考文献】

- 1) 長田健吾，安部友則，福岡捷二：急流礫床河川における低水路護岸沿いの深掘れ流路形成とその特性，河川技術論文集，第13巻，pp.321-326，2007。
- 2) 澤原和哉，須賀正志，安部友則，福岡捷二：急流河川における巨石を用いた新たな河岸侵食対策の立案と検証，河川技術論文集，第15巻，pp.109-114，2008。
- 3) 長田健吾，福岡捷二：石礫河川の河床高移動機構と表層石礫の凸凹分布に着目した二次元河床変動解析法，土木学会論文集B 1（水工学），vol.68，No.1，pp.1-20，2012。
- 4) 長田健吾，福岡捷二，氏家清彦：急流河川における砂州を活かした治水と環境の調和した河道計画，河川技術論文集，第18巻，2012。
- 5) 小池田真介，石井陽，岩井久，石川俊之，福岡捷二：水衝部対策を施工した砂州による自然性の高い河岸防護工の創出，河川技術論文集，第18巻，2012。
- 6) 国土交通省北陸地方整備局河川部・急流河川研究会：治水と環境の調和した新たな河岸防護技術の手引き～巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工～，2013。
- 7) 丸山和基，二俣秀，今井克治，徳島美幸，福岡捷二：巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の機能維持確保のための技術検討，河川技術論文集，第21巻，2015。