

# 急流河川における「巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工」の効果検証

徳島美幸<sup>1</sup>・丸山和基<sup>2</sup>・今井克治<sup>3</sup>

<sup>1</sup>国土交通省北陸地方整備局 富山河川国道事務所 調査第一課 (〒930-8537 富山県奥田新町2-1)

<sup>2</sup>国土交通省北陸地方整備局 富山河川国道事務所 調査第一課長 (〒930-8537 富山県奥田新町2-1)

<sup>3</sup>国土交通省北陸地方整備局 富山河川国道事務所 調査第一課 河川調査係長  
(〒930-8537 富山県奥田新町2-1)

常願寺川では、既設護岸沿いに流れが集中するために下流砂州が侵食され、流路が河岸際に固定されたまま下流へ延伸することが確認されている。その対策として、巨礫により砂州上流部分を保護する“巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工”を設置したところ、洪水の主流を河岸際から離し滑らかに河道中央へと導くことが確認された。また、環境モニタリング調査結果から、自然環境にも配慮された工法であることが確認された。

キーワード 急流石礫河川，河床洗掘，砂州，河岸防護工

## 1. はじめに

常願寺川は、我が国有数の急流石礫河川であり、洪水時は、その大きなエネルギーにより、河床変動や河岸洗掘量が大きく、また、不規則な河道線形や河床状態の影響を受けて偏流しやすいため、河岸侵食、河床洗掘による破堤氾濫の危険性の高い河川である。これまでは、被災河岸に対し、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ており、護岸により河岸侵食に対する安全性を向上させてきた。しかしながら、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た。さらには、護岸下流の砂州が侵食・縮小化し、洪水の主流が堤防から離れず、流路が河岸際に固定されたまま、下流側河岸沿いに進行することになるため、護岸の下流への延伸が必要となる場合が多い<sup>1)</sup> (図-1)。このような状況から、これまで急流河川対策として実施してきた護岸対策は、側方侵食には強いという利点はあるが、この対策のみでは十分な対策であるとは言い難いことが分かってきた。そこで、富山河川国道事務所は中央大学研究開発機構と共同で平成16年度より常願寺川現地実験を実施し<sup>2),3)</sup>、「巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工」を開発した。平成23年度には、現地に常願寺川の実際の湍筋と見立てた実験水路を造成し、「巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工」の効果を検証した<sup>3)</sup>。

本論文では、「巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工」の河道計画における位置付けを紹介し、平成24年度に常願寺川で施工した巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の施工状況について報告を行うとともに、河岸防護工設置後発生した出水におけるモニタリング結果及び平成25年度に実施した環境モニタリング結果から、本工法の治水・環境双方の観点からみた効果検証を行った。



図-1 航空写真による湍筋の変遷 (常願寺川 6.0k~7.1k)

## 2. 巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の河道計画における位置付けと施工箇所の選定

### (1) 河道計画における位置づけ

急流河川の望ましい河道づくりとは、河岸沿いに縦断的、連続的に形成された自然砂州によって洪水の主流が堤防から離れ、河岸の洗掘・侵食が軽減するように洪水流が流下する河道構造を維持できることである。

巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の考え方は、次のとおりである。図-2のように護岸のみの場合には、護岸際に流れが集中する結果、護岸沿いに流路が下流に延伸し、下流部の砂州を広い範囲で消失させることになり、河岸を守るためには、下流に延々と護岸を延長しなければならない。しかし、図-3のように、河岸沿いに存在する砂州を保全または回復させ、砂州上流端の水衝部となる部分に河道内の巨石を配置した場合には、砂州が連続した水制のように作用し、洪水流を滑らかに河道中央に寄せることによって、堤防は洗掘・侵食から守られると考えられる。

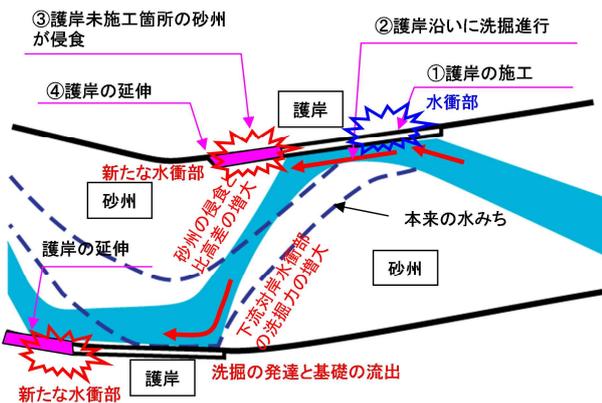


図-2 護岸施工による砂州の侵食による流路の延伸

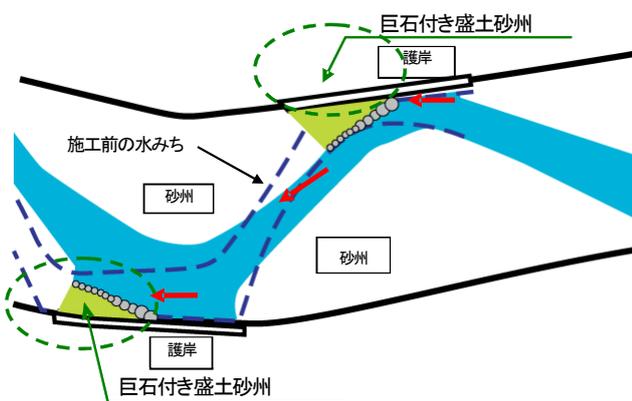


図-3 巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工による水衝部対策

常願寺川では巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工を河道計画に位置づけるにあたって、流量規模によって河岸防護の考え方を変えている。中小洪水（高水敷が冠水

する程度の流量規模）では、流れは川底の形状に支配され、蛇行を伴うため、河岸際には洗掘・侵食の力が最も強く作用する。この場合には、巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工により流路を河岸から離すことで、河岸を防護する。それ以上の規模の洪水については、洪水流は堤防の法線で決定されるため、常願寺川では直進性をもった流れとなることから、堤防と護岸により河岸を防護することで考えている。

### (2) 全体計画の策定と施工箇所の選定

巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の計画は、航空写真や横断データから経年的な河道の変化を把握し、滞筋の滑らかさや適切な川幅が確保されている年代を目指すべき河道形状として設定する。常願寺川では、過去の航空写真などから、平成3年頃の河道を目指すべき河道として設定した。

対策必要箇所は、現況の滞筋や砂州の分析、平面二次元河床変動計算等を用いた予測結果から抽出し、河川全体の流れに着目して適正な位置を決定する。図-4に常願寺川での必要箇所を抽出した全体計画を示す<sup>4)</sup>。これらは、次に示す着目点から選定している。

#### ■必要箇所抽出の着目点

- 河岸沿いに砂州の侵食が進行している箇所
- 滞筋が急激に湾曲しており、是正が必要な箇所
- 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

上記の着目点により、平成24年度には、右岸9.2k、右岸11.7k及び右岸13.5kの3箇所で本施工を実施した。

### (3) 施工目的別の分類

巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工は、実施の目的により大きく次の3つのタイプに分類される。

#### a) 滞筋の改善

現状で、滞筋が河岸際に固定されており、砂州が大きく侵食されている箇所については、砂州の造成を行い、滞筋を改善する。なお、常願寺川では右岸9.2k、右岸11.7kにおいて本タイプの考え方で施工しており、盛土砂州の高さは、平均年最大流量規模相当としている。

#### b) 現況砂州の保全

砂州が存在しているが、流路が河岸際を走り始めている箇所については、現況の砂州を活かす形での施工を行う。

なお、常願寺川で本タイプの考え方で施工された右岸13.5kの盛土砂州の高さは平均年最大流量相当より少し低い現況砂州と同等の高さとしており、砂州の天端が適度に冠水することによって、より自然に近い景観が創出されることも期待している。

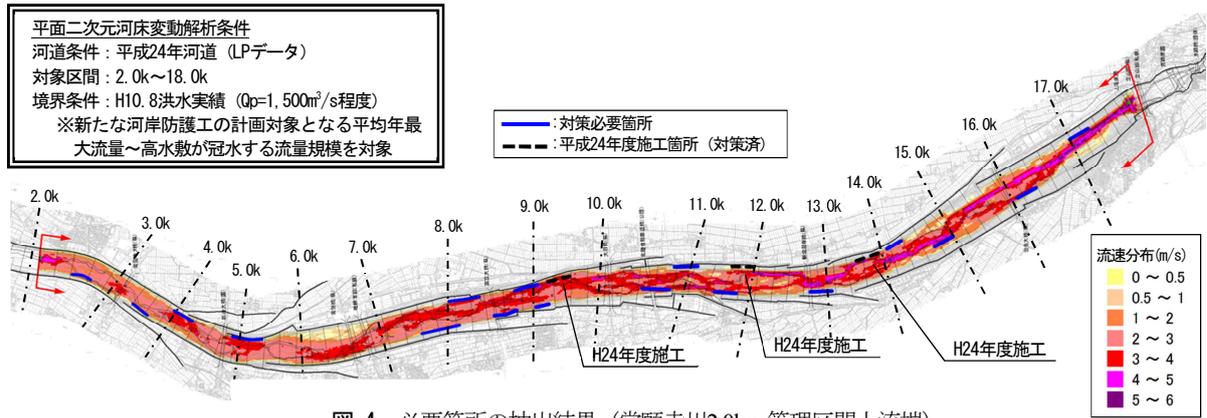


図-4 必要箇所の抽出結果（常願寺川2.0k～管理区間上流端）

c) 護岸沿いの流路発達を未然防止

護岸がない箇所については、新たな護岸を施工する際、併せて本工法を施工することにより、護岸沿いに流路が発達することを未然に防ぐ。

3. 巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の設計

(1) 基本構造

以下に新たな河岸防護工の設計時の考え方を示す。また、図-5に新たな河岸防護工の概要を示した。

a) 平面形

水はね効果が機能し主流を滑らかに河道中央に導くことができる法線となるよう設計する。法線は、目指すべき河道の姿を参考に曲率をできるだけ大きく確保する。常願寺川では、河岸際の砂州により滑らかな滞筋線形が形成されている平成3年の河道を目指すべき姿と定めている。この時の滞筋の曲率がR500～800mであることから、R800mを法線の曲率とした。

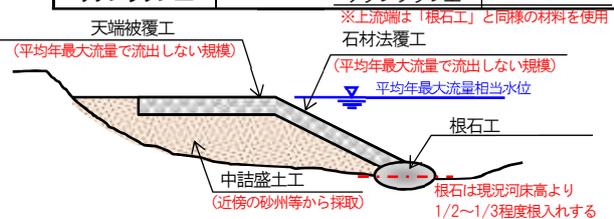
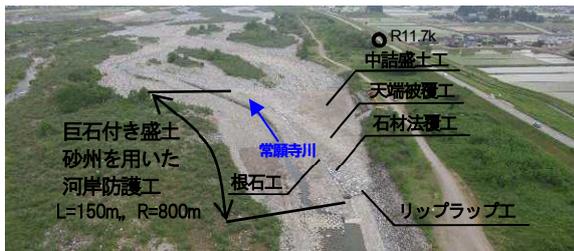


図-5 新たな河岸防護工の概要（常願寺川右岸11.7k付近）

b) 縦断形

縦断形状は滑らかに水を流下できるように凹凸を少なくして、水衝部とならないようにする。常願寺川では、新たな河岸防護工を設置する区間の計画高水勾配と同じ縦断勾配としており、1/70～1/100の勾配で設計した。

c) 横断形

横断形は、図-5に示した通りである。天端幅は、10m確保することで、自然河岸のように変形に追随できるようにしている。また、法面勾配は3割以上で極力緩く設定するものとした。なお、天端高は、対象流量である平均年最大流量相当水位程度としている。

d) 使用材料

使用材料は、工種に応じて適切な粒径の材料を選択し、盛土砂州全体の安定化を図らなければならない。表-1に各部材の役割と推奨材料を示す。

表-1 各部材の役割と推奨材料

名称	目的	部材の大きさ
根石工	河岸防護工を安定させる	計画高水流量で安定する粒径
中詰盛土工	直接流水にさらされないが、背後からの供給土砂となる	近傍の砂州や発生土とする
石材法覆工	水際部の法面保護	平均年最大流量で流出しない粒径
天端被覆工	洪水流の乗り上げに対する防護	
リップラップ工	上流端の保護	根石工と同様

e) 設置延長

設置延長は、水理解析により効果を検証して設定することが望ましい。常願寺川では、石礫河川の二次元河床変動解析により河床状況の変化を予測した上で、安全率

1.5を見込んだ延長150mで施工した。

#### 4. 治水上の観点から見た巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の効果検証

##### (1) 平成24年～平成25年の出水概要

本施工が実施された平成24年6月以降発生した出水は、表-2に示す7出水である。このうち、天端が冠水した出水は平成24年7月7日、平成25年6月19日、8月23日、9月16日となっている。また、平成25年は繰り返し出水が発生したことが特徴的である。

表-2 河岸防護工設置以降の出水（H25年出水の流量は速報値）

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

##### (2) 治水上の観点から見た巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の効果検証（右岸11.7kを例として）

###### a) 出水時モニタリング調査結果による効果検証

図-6に平成24年7月出水と平成25年6月出水の状況を示す。いずれの出水も、平均年最大流量よりも小さい流量であったが、巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の天端を洪水が流下した。

平成24年7月出水時の状況を見ると、主流は根石ラインに沿って滑らかに河岸を離れ、河道中央に寄せられている。このことから、巨石付き盛土砂州を用いた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。

また、平成24年7月出水と平成25年6月出水の写真を比較すると、平成25年6月出水の写真の方が、水面の乱れが小さいことが確認出来る。これは、川底の形状に支配された蛇行を伴った流れから直進性の高い流れに移行した状況と考えられ、最も水衝作用の強い、低水路満杯流量からそれをやや超える規模であったことが想定される。

この条件下においても、主流を滑らかに河道中央部に導き、出水後にも群体としての安定が確認できたことから、巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の効果は、最も水衝作用が強い段階でも発揮されることが、本施工でも検証されたと考えられる。

###### b) 滞筋の是正効果

図-7に、施工前、施工直後、平成25年6月出水後の垂直写真を示す。施工直後の写真では、滞筋はまだ急な角度で蛇行していることが確認できるが、平成25年6月出水後の写真では、滞筋は滑らかに是正され、河道中央に導かれているのが分かる。巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工は、中小洪水の侵食作用を受けて滞筋を滑らかなものに是正するという特徴も持っているが、これらの



図-6 平成24年7月出水(写真上)と平成25年6月出水(写真下)の状況(常願寺川右岸11.7k付近)



図-7 施工前～施工直後～出水後の河道の変遷(常願寺川右岸11.7k付近)

写真からも、その効果については確認出来たと考えられる。

## 5. 環境上の観点から見た巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の効果検証

### (1) 常願寺川の自然環境の特徴

常願寺川の礫河原では、洪水による攪乱と再生が繰り返されており、そのような河原を生息地とするアキグミが数多く分布している。魚類では礫底を好むカジカやアジメドジョウ、アユ、ウグイなどが生息している。外来種の植物としては、ハリエンジュが上流域に広く分布しているが、魚類は特定外来生物に指定されているブラックバス・ブルーギルが確認されない貴重な河川となっている。

上記の常願寺川の特徴を踏まえ、本工法の環境上の観点から見た目標としては、植物に関しては河原指標種であるアキグミの植生状況が工事を実施していない他地点（比較対象区）と同様であること、外来種に関しては過去の河川水辺の国勢調査（植物調査）で確認された種以外の新たな外来種の侵入が見られないこと、魚類に関しては常願寺川の礫河床に生息する魚種が多く確認できることとする。

### (2) 環境モニタリング調査の概要

#### a) 植物調査

巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工における植生の生育状況を把握することを目的として平成25年7月30日～31日に植生調査を行った。また、植生調査を補完し、植生の生育するプロセスを映像記録として残すことを目的として定点写真撮影も併せて行っている。

#### b) 魚類調査

巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工によって形成される河床状況の環境効果を把握することを目的として平成25年10月2日～4日に魚類調査を行った。調査においては、調査環境と既往調査結果の確認種を踏まえ、「投網」「タモ網」「サデ網」「はえなわ」を採用した。また、比較対象区として、コンクリート護岸前面を設定した。

### (3) 環境上の観点から見た巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の効果検証（右岸13.5kを例として）

#### a) 植物調査

現地調査の結果、アキグミをはじめとする河原指標種 3 種を確認した。同様の植物が比較対象区でも確認されていることから、現地材を用いて形成されている巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工では、その河川の特徴を反映した植生の繁茂が期待できると考えられる。その傾向は外来種に関しても同様であるが、今回の調査では、常願寺川で新たに確認された外来種はなかった。

また、河床材料調査の結果として、巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の天端が冠水した出水により、天端には細かい粒径の土砂が貯まることが確認された。今後はこれらの土砂から植物が生えることにより、細

かい粒径の土砂が捕捉され、植生が繁茂することが考えられる。

#### b) 魚類調査

図-8に右岸13.5kの魚類調査結果と横断重ね合わせを示す。この図より巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工は、傾向として、リップラップ側面には淵が形成されやすく、下流側には瀬が形成されやすいことが分かる。湾曲部外岸側の淵（St.2）では小型魚が多く見られ、ステッププール（St.3）のプール部では大型魚、その他には、礫底を好むアジメドジョウも確認された。

巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工においては、対象区（St.5,6,7）と比較して確認種数が多く、河川の流れとの関係から瀬・淵・ステッププール・礫段といった多様性のある環境が創出されていたことが分かった。

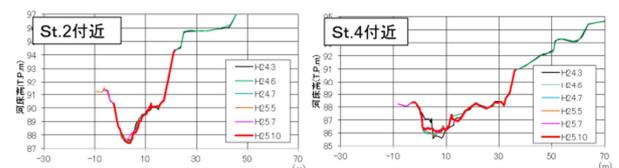
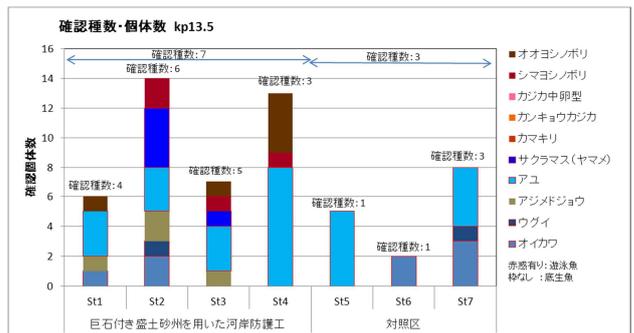
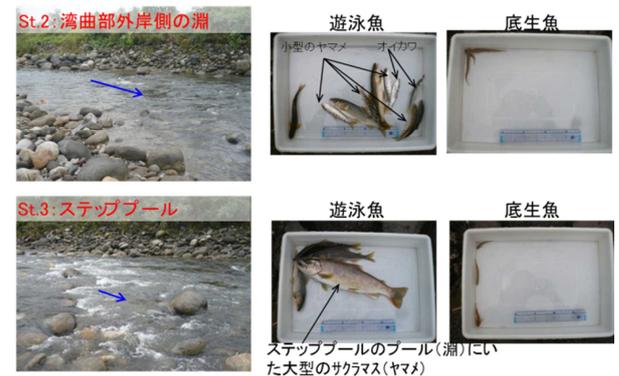
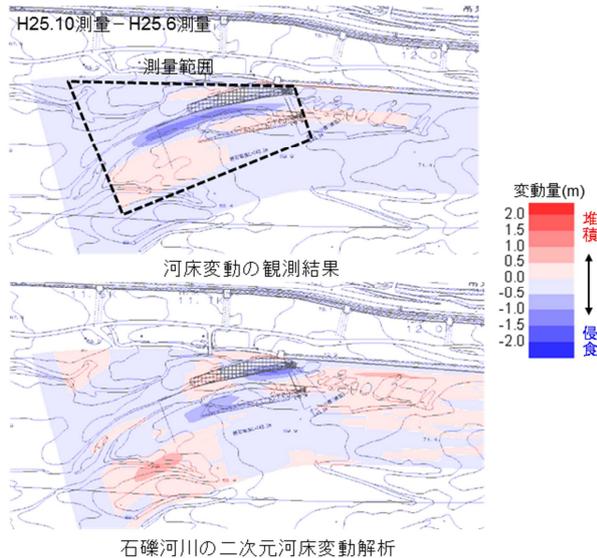


図-8 右岸13.5k河岸防護工地点での魚類調査結果と横断重ね合わせ

## 6. 石礫河川の二次元河床変動解析による考察

### (1) 石礫河川の二次元河床変動解析

常願寺川では、新たな施工箇所や河床変動等を反映した全体計画の見直しや、巨石付き盛土砂州周辺での土砂の挙動を把握するために、河床変動解析のモデルを構築して検討を行っている。検討にあたっては、礫径が大きい常願寺川の土砂移動・河床変動を精度良く再現できる長田・福岡<sup>5)</sup>の石礫河川の二次元河床変動解析法を用いたモデルとしている。



石礫河川の二次元河床変動解析

図-9 河床変動の観測結果と  
石礫河川の二次元河床変動解析結果

図-9に河床変動の観測結果と石礫河川の二次元河床変動解析結果の比較を示す。対象出水は、繰り返し出水があり、かつ出水前後の横断測量成果が得られている平成25年7月～9月の出水(表-2参照)とした。また対象区間は、右岸11.7kの河岸防護工を含めた11.3k～12.2kとしている。解析による河床変動量は、観測結果と比較すると、水路全体の変動傾向は捉えられている。特に、リップラップ工前面の洗掘深とその周辺の堆積は、観測結果を良く表現していると考えられる。

### (2) 瀬・淵の形成要因の推定

図-9に示されたように、巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工では、リップラップ側面には淵が形成されやすく、下流側には瀬が形成されやすい。コンクリート護岸では、流れも直線的で、河岸からの土砂供給も無いことから淵のみが形成されやすい傾向があるのに対し、巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工では、出水期間中の滞筋の湾曲に伴う二次流の影響を受けていると想定されること及び巨石付き盛土砂州からの適度な土砂供給が行わ

れることによって土砂の堆積が促され、淵のみではなく瀬も形成されやすくなる傾向がある。魚類調査においては、こうして生み出される、変化に富んだそれぞれの環境に適した魚が生息していたために、対象区よりも多くの魚種が確認できたと考えられる。

## 7. おわりに

治水の観点から見た効果として、平成25年度には、巨石付き盛土砂州を用いた天端が冠水する出水を3度経験し、これらは複断面蛇行流れにおいて、河岸際に洗掘、侵食の力が最も強く作用する厳しい水理条件であるにも係わらず<sup>6)</sup>、いずれの出水においても洪水の主流は滑らかに河道中央部に導かれており、期待した機能が発揮されていることが確認された。また、本工法前面の滞筋だけでなく、本工法下流の滞筋も滑らかに改善されたことも垂直写真等で確認された。

一方、環境の観点から見た効果として、本工法が現地材を使用して施工していることにより、天端に常願寺川らしい植生が繁茂しつつあることが植生調査によって確認された。また、出水を繰り返し経験することで、本工法の前面の低水路区間では、連続した瀬・淵が形成され、小型魚から大型魚まで様々な種類の魚類の生息が可能となる多様性のある環境が創出されていることが確認された。これらのことから本工法は、治水機能だけでなく、自然環境にも配慮された工法であることが確認された。

## 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, pp109-114, 2008.
- 3)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, pp.233-238, 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, pp.227-232, 2012.
- 5)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B1(水工学), vol.68, No.1, pp.1-20, 2012.
- 6)福岡捷二: 洪水の水理と河道の設計法, 森北出版, 2005.