

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～

平成 25 年 3 月

北陸地方整備局 河川部
北陸急流河川研究会

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～

目 次

1. はじめに.....	1
2. 急流河川の現状と課題.....	5
2.1 急流河川の特徴.....	5
2.2 急流河川対策の現状と課題.....	8
3. 新たな河岸防護工を活用した急流河川対策.....	12
3.1 巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工.....	12
3.1.1 新たな河岸防護工の考え方.....	13
3.1.2 新たな河岸防護工の持つ機能.....	15
3.2 計画編.....	22
3.2.1 新たな河岸防護工の計画から設計までの流れ.....	22
3.2.2 目指すべき姿の設定.....	23
3.2.3 全体計画の検討.....	29
3.3 設計・施工編.....	34
3.3.1 巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の設計.....	34
3.3.2 巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の施工.....	55
3.4 維持管理編.....	61
3.4.1 維持管理の考え方.....	61
3.4.2 モニタリング.....	62
3.4.3 計画・設計の評価・見直し.....	64

1. はじめに

北陸地方には常願寺川・黒部川・姫川・手取川など全国有数の急流河川が多く存在する。これらの河川は、洪水時のエネルギーや土砂の流量が一般的な河川に比べてはるかに大きいため、滞筋が不安定であり河岸の被災侵食が予想もつかない場所で急激に進行し、堤防決壊の恐れをもたらすという深刻な課題を抱えている。

そのため、これまで護岸を主体とした対策工を実施してきたが、流路が護岸際に固定化し、護岸下流の砂州が侵食・縮小するという課題が徐々に深刻化している。場所によっては護岸を整備したことによりかつて存在していた砂州が消失し、洪水の主流が堤防から離れず、河岸侵食が堤防まで到達する危険性を高めてしまった事例も確認されている。

急流河川の望ましい姿は、蛇行する滞筋を適正にコントロールすることによって洪水の主流を堤防から離し、河岸の侵食によって堤防が決壊することのない安定した河道を効率的に維持していくことであり、護岸整備により失われた砂州を回復させることは、治水と環境の調和した河道を再生させるためにも重要な課題である。

北陸地方整備局は中央大学研究開発機構福岡捷二教授の指導の下、常願寺川をフィールドとして急流河川の自然特性や河床材料を最大限活かした河岸防護工の技術開発を行ってきた。本技術は河道掘削等により近傍で発生した砂礫や巨石を基本素材とするため、インシヤルコストも安価であり、部分的に欠損した場合にも修復が容易であるという大きな利点を持つ。このため、従来の護岸等だけでは十分な安全性が見込めない箇所に併せて配置したり、侵食傾向の強い天然河岸に予防保全的に配置することにより、河川管理施設の長寿命化やライフサイクルコストの低下に貢献するものと思われる。

今後本技術が各地で施工され、新たな知見を加えて本手引きが改良を重ねながら、将来的には全国の類似する河川に役立って行くことを期待したい。



図 1.1.1 昭和 44 年 8 月洪水の常願寺川の破堤状況

常願寺川では、洪水時のエネルギーが大きいため、洗掘・侵食の作用によって、計画高水位以下でも破堤しうる（越水なき破堤）。



図 1.1.2 平成 7 年 7 月洪水の姫川の護岸工の被災状況

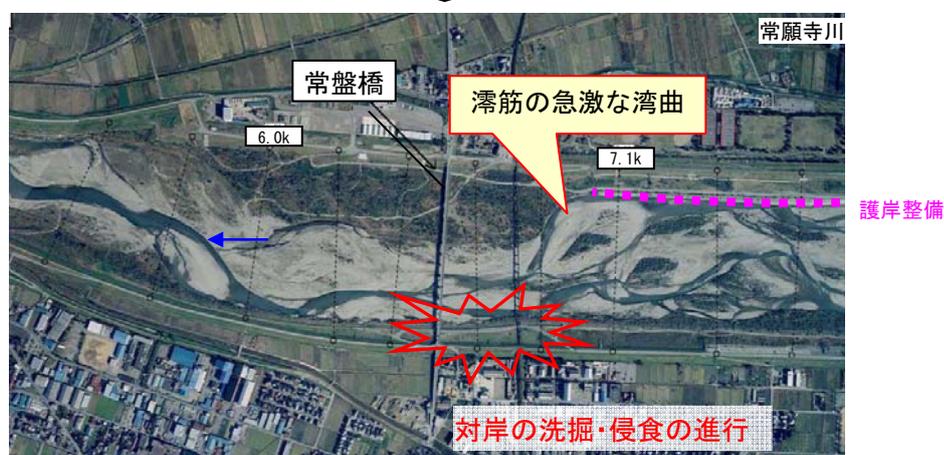
護岸法留工基礎高及び根固工敷高より深い河床洗掘と、これに起因した吸い出しにより護岸が破損した。

<護岸付近の滞筋線形の変化>

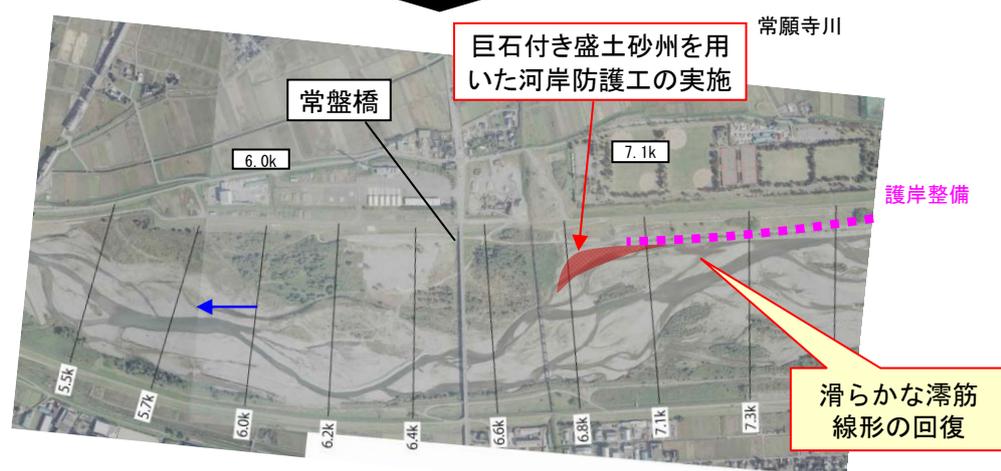
平成 3 年



平成 16 年



平成 20 年



平成 3 年：滞筋は滑らかな線形で流下している。

平成 16 年：右岸の護岸沿いに流路が固定化し、急激な湾曲が生じることで左岸側が水衝部となっている。

平成 20 年：巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の実施によって、平成 3 年当時の滑らかな滞筋線形が回復した。

図 1.1.3 護岸付近の滞筋線形の変化（平成 3 年、平成 16 年、平成 20 年の比較）

<R6.8k~R7.1k 巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工>



施工後の様子



洪水の主流を河岸
際から離している



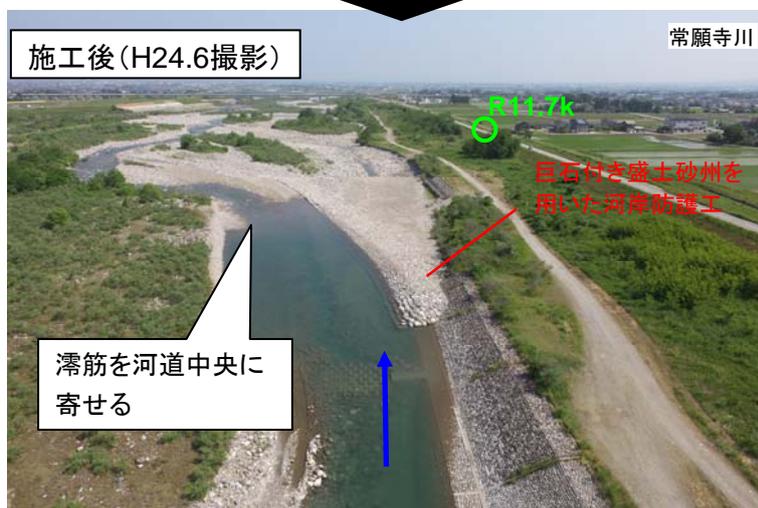
施工後 5 年経過
し、植生の繁茂が
確認された

図 1.1.4 巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工 (H19.2 完成)

<R11.7k 巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工>



主流が河岸沿いを直線的に流下しており、河岸の侵食が進行している



滞筋を河道中央に寄せ、滑らかな線形になるように、巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工を実施



流れの主流を河岸際から離している



図 1.1.5 巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工 (H24.6 施工)

2. 急流河川の現状と課題

2.1 急流河川の特徴

急流河川では、洪水時の流れが速く、転石や土砂を多く含んだ洪水流の強大なエネルギーにより、平均年最大流量程度の中小洪水でも、河岸侵食や護岸の被災が生じる。また、滯筋の変化が激しく流路が固定していないため、どの地点においても被災を受ける恐れがある。

【解説】

急流河川の堤防被災は、まず低水護岸や堤防護岸の基礎が洗掘され、その後、高水敷または堤防が横方向に侵食される形態が主である（図 2.1.1）。

常願寺川で発生した昭和 44 年 8 月洪水（基準地点瓶岩：約 4,000m³/s）では、全川にわたり護岸根固めが沈下流出し、水制の破損や倒壊等の被害が発生したほか、右岸 18.0k 付近において堤防を越水する前に約 150m にわたって「越水なき破堤」が生じている。

また、常願寺川では、平均年最大流量相当程度の中小洪水でも、洪水時の強大な流水のエネルギーによって、河岸侵食や護岸の被災が生じている（図 2.1.2～図 2.1.5）。

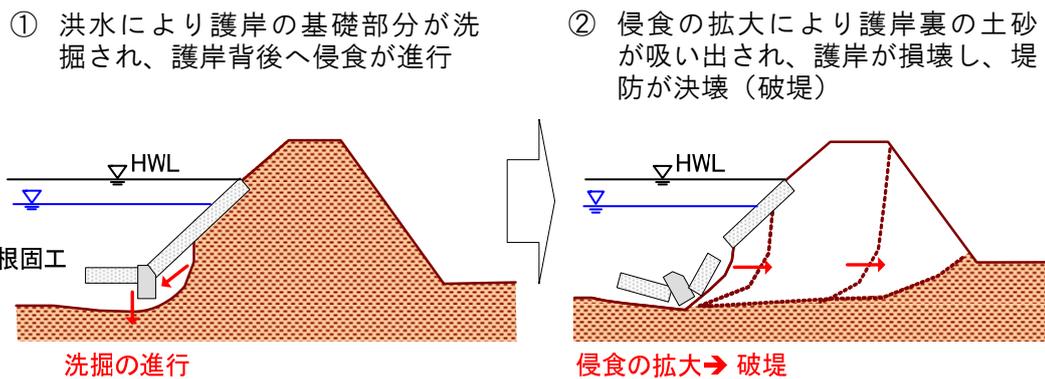
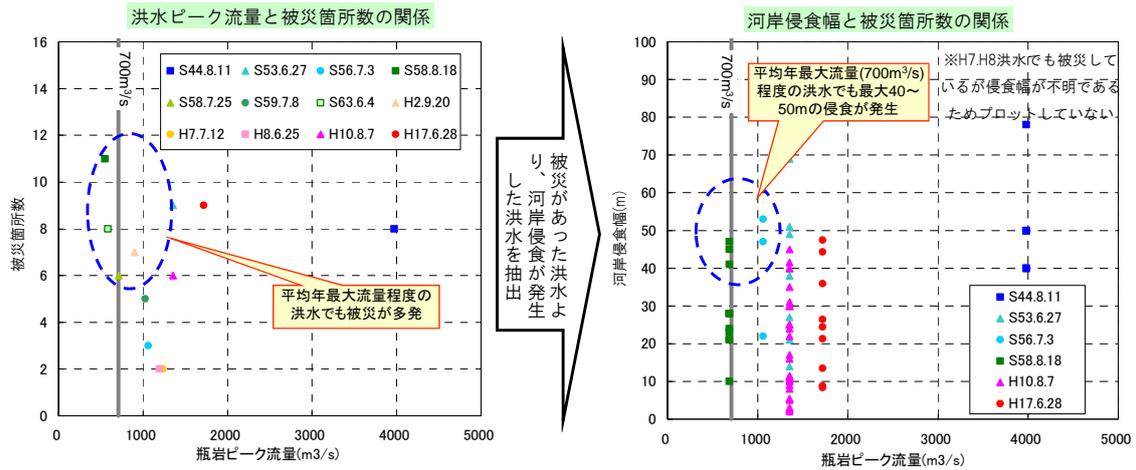


図 2.1.1 急流河川の堤防被災のメカニズム



護岸の元付工直下流において護岸の損傷が見られた
(位置を図 2.1.5 に記載)

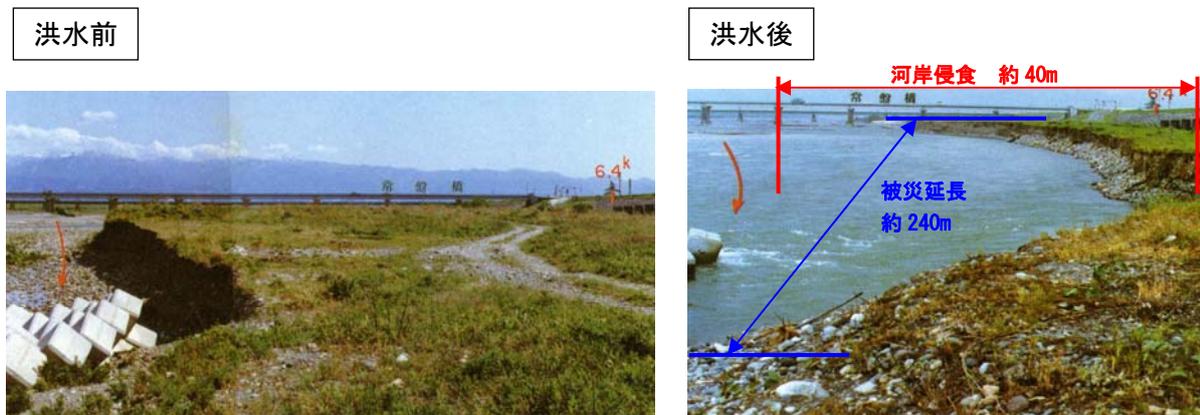
図 2.1.2 元付工直下流の護岸の損傷状況（右岸 9.3k 付近：平成 24 年 9 月撮影）



整理の対象とした洪水のピーク流量

年月日	瓶岩ピーク流量 (m ³ /s)	確率規模	年月日	瓶岩ピーク流量 (m ³ /s)	確率規模
S44.8.11	3,975	W=約1/80	H2.9.20	899	W=約1/2
S53.6.27	1,353	W=約1/3	H5.7.14	558	W=約1/1
S56.7.3	1,060	W=約1/2	H7.7.12	1,237	W=約1/2
S58.8.18	550	W=約1/1	H8.6.25	1,193	W=約1/2
S58.7.25	711	W=約1/1	H10.8.4	1,354	W=約1/3
S59.7.8	1,025	W=約1/2	H17.6.28	1,720	W=約1/5
S63.6.4	582	W=約1/1			

図 2.1.3 常願寺川の主要な洪水における被災箇所数と河岸侵食幅の関係



S58.7洪水では、横断方向に約40m、縦断方向に約240mの河岸侵食が発生

図 2.1.4 昭和58年7月洪水における河岸侵食の状況（左岸6.4k付近）

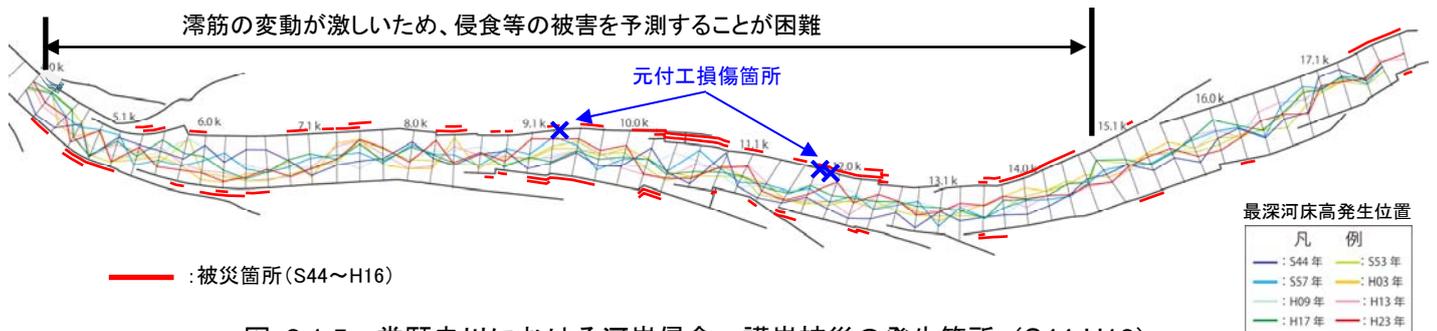
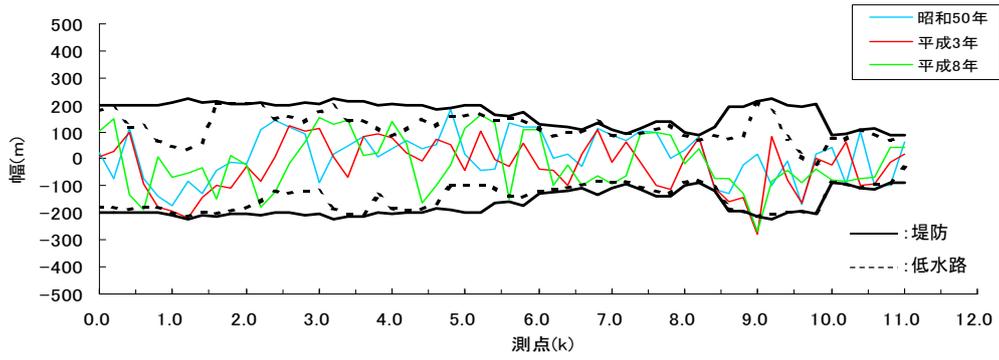
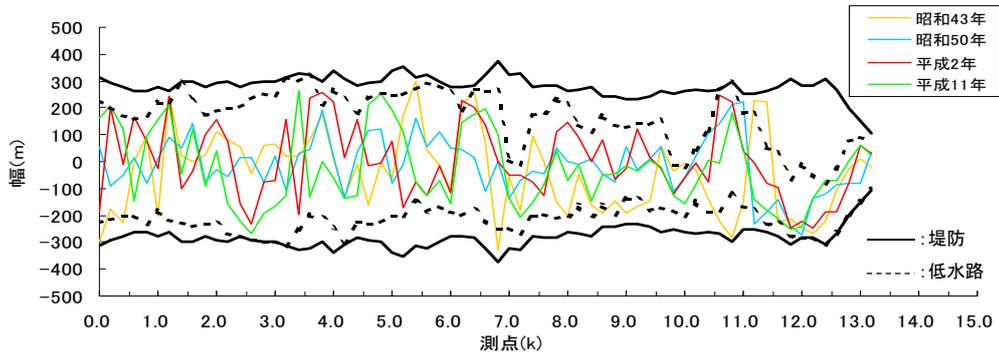


図 2.1.5 常願寺川における河岸侵食・護岸被災の発生箇所（S44-H16）

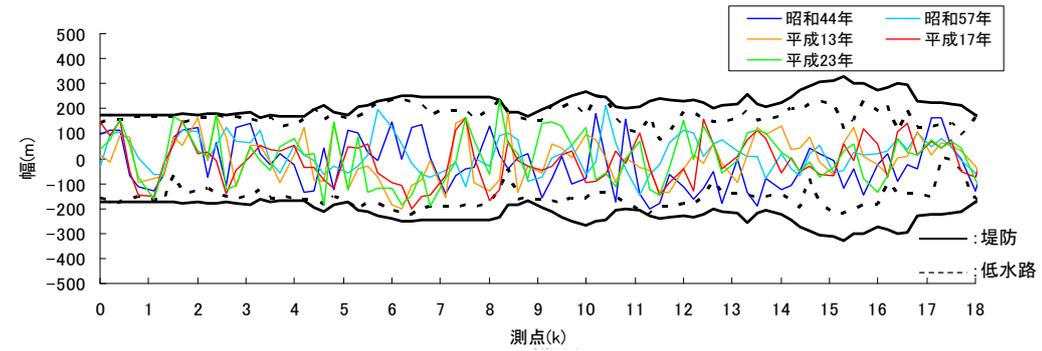
姫川



黒部川



常願寺川



手取川

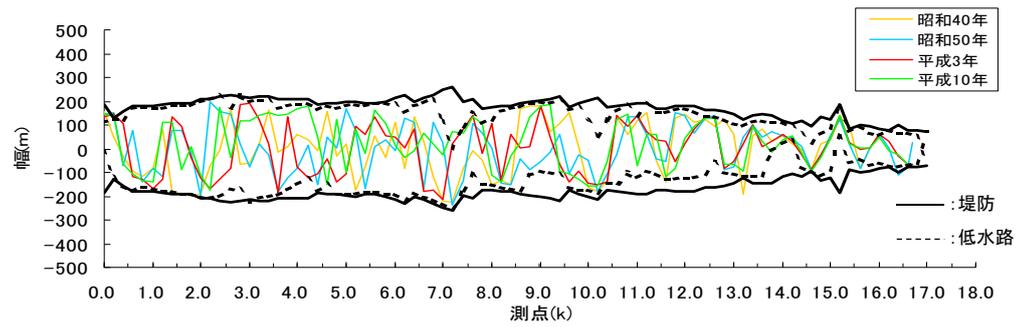


図 2.1.6 北陸地方整備局管内の急流4河川の滞筋経年変化

2.2 急流河川対策の現状と課題

急流河川対策として進められている護岸の新設や根継護岸工は、河岸侵食の抑制に効果を発揮するが、護岸前面の河床洗掘が進行し、流路が護岸から離れず固定化する傾向があり、これにより下流側河岸沿いの砂州の洗掘・縮小が進行する恐れがある。

【解説】

①根継護岸工の概要

想定される洗掘深に対して、護岸の根入れが不十分な箇所については、根継護岸工を実施してきた。

根継護岸工の概要は、図 2.2.1 のとおりである。

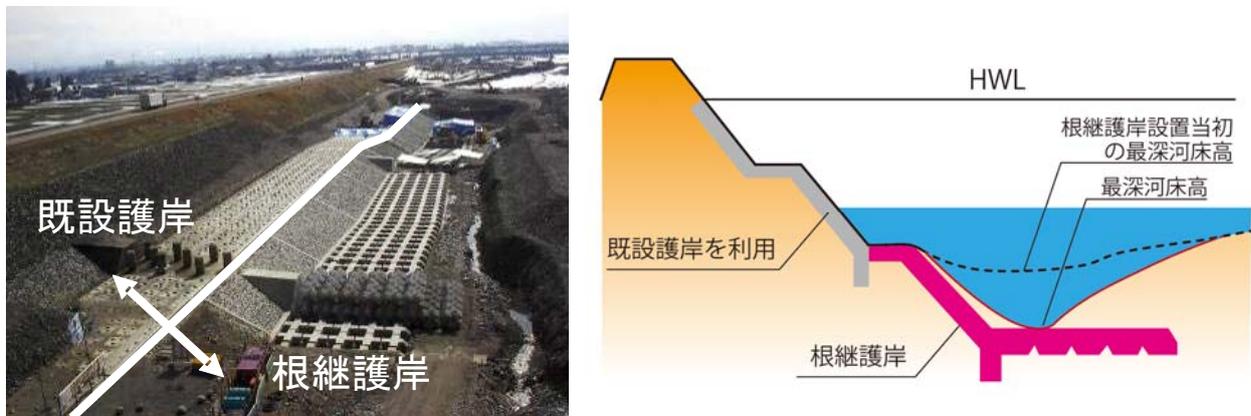


図 2.2.1 根継護岸工

根継護岸は急流河川の侵食対策として利用され有効ではあるが、護岸前面が洗掘され、根固工が露出し、摩耗すると再び根継護岸を施工することになる。このことは、護岸前面の洗掘深を増大させ、次ページの②に示すように洪水流を一層護岸に集中させ、危険性を増大させることにつながる。

②護岸設置による河岸沿いの流路延長の増大

常願寺川の4.0k~16.8kの低水護岸位置と河岸際の流路変化をみると、図2.2.2に示すように、低水路護岸を設置した区間は河岸沿いの流路が経年的に伸びている。

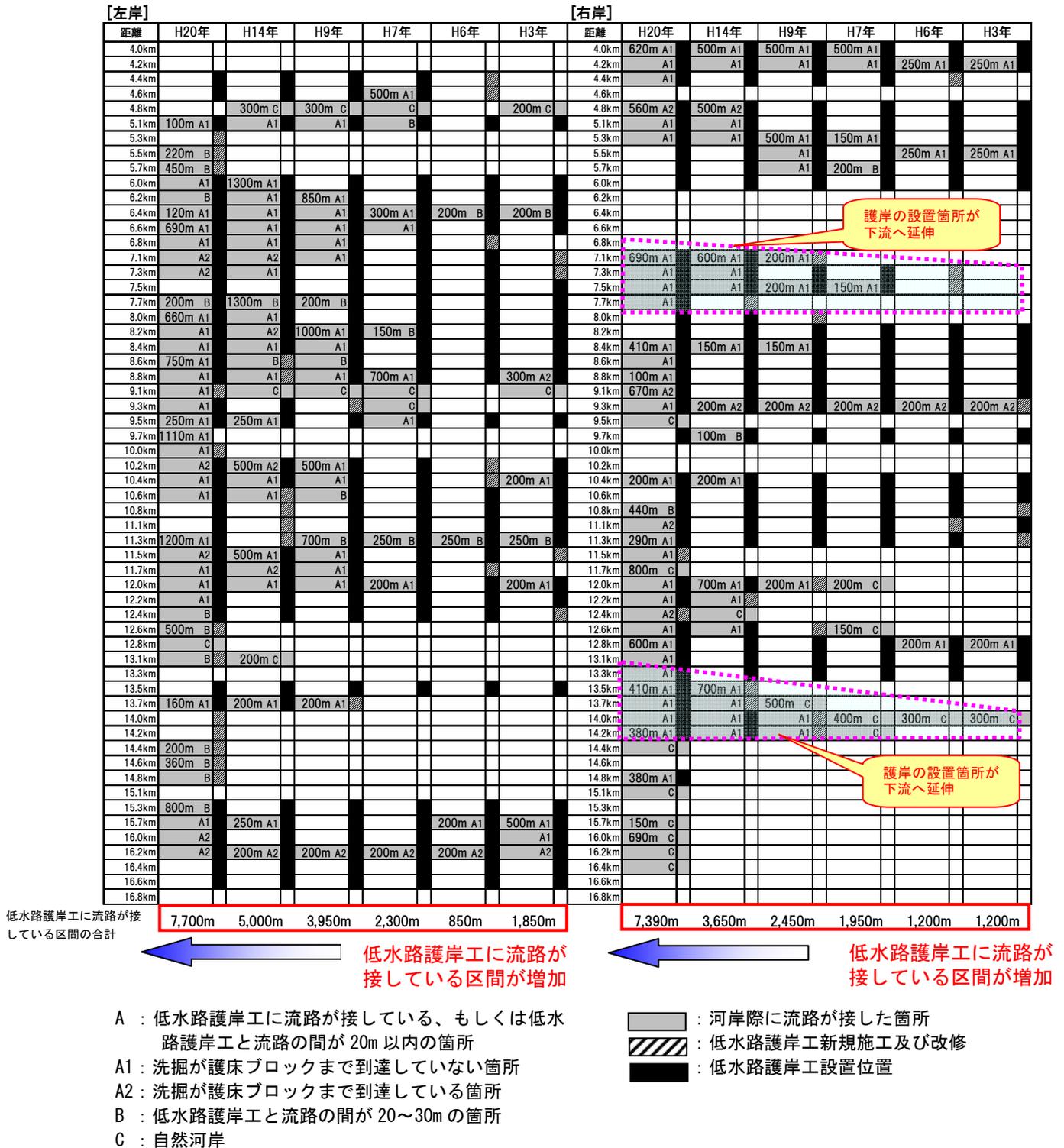


図 2.2.2 低水護岸位置と河岸沿い流路延長の経年変化

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、2007年6月）に平成20年時点を加筆

次に、常願寺川右岸 13.3k~14.2k 区間の流路変遷を図 2.2.3 に、13.5k 地点の横断重ね合わせ図を図 2.2.4 に示す。この区間では、平成 7 年洪水及び平成 10 年洪水による被災を受けて護岸を設置した。これにより、河岸侵食の抑制効果が見られるが、護岸前面の洗掘が進行し、河岸際に接している流路が下流側へ移動している。

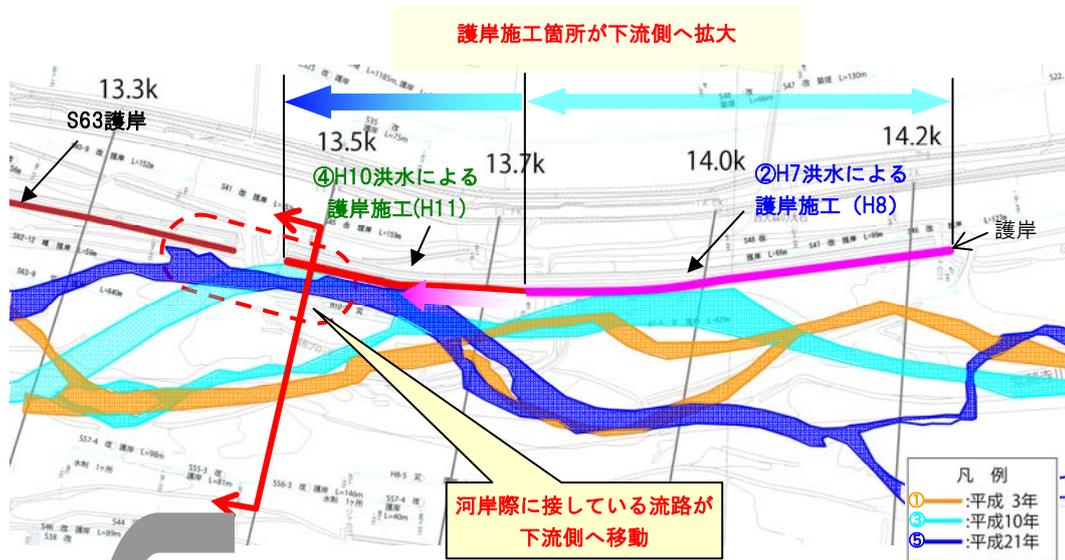


図 2.2.3 13.3k~14.2k 右岸の流路変遷

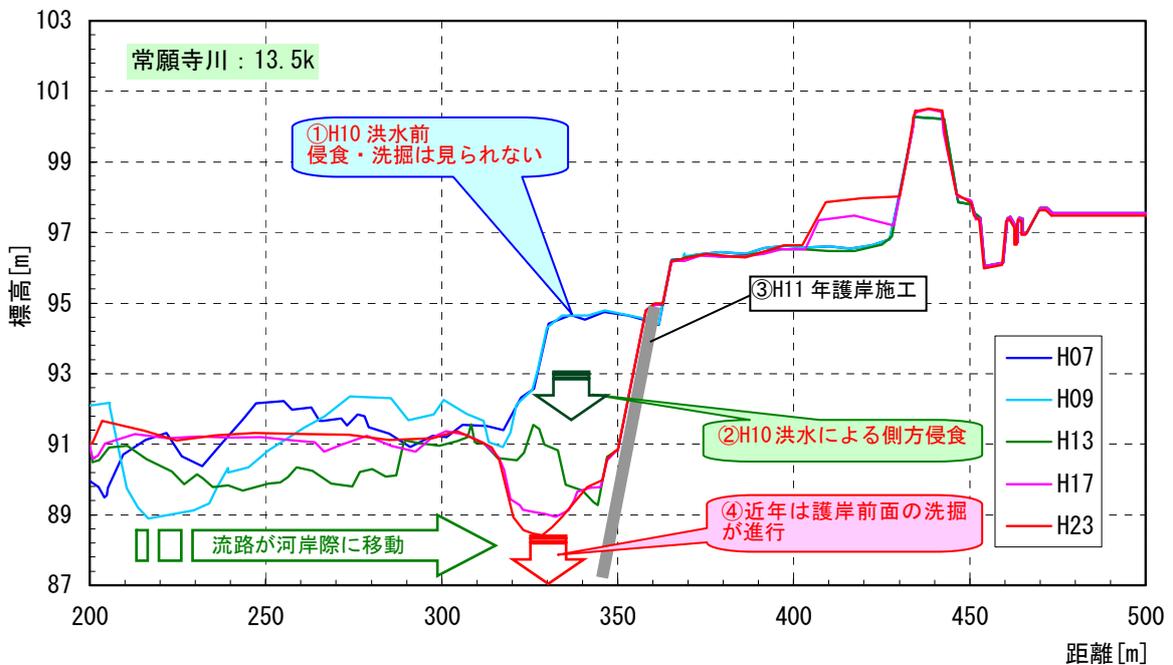


図 2.2.4 13.5k 右岸の横断重ね合わせ (H7~H23)

③ 滞筋の下流への延伸と背後砂州の縮小

常願寺川の 6.0k～7.1k の河道の変遷 (図 2.2.5) をみると、右岸 7.1k 上流の護岸整備に伴い、平成 3 年の滑らかな滞筋線形が変化し、護岸沿いに流路が固定化し、護岸に沿って侵食が進行している。平成 16 年の航空写真をみると、滞筋の蛇行角度が急になり、対岸の洗掘・侵食を助長している。また、右岸護岸沿いの流れにより、右岸側の砂州の縮小が見られる。

平成 3 年



平成 16 年



図 2.2.5 航空写真による滞筋の変遷

3. 新たな河岸防護工を活用した急流河川対策

3.1 巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工

新たな河岸防護工は、根継護岸工で課題となった護岸前面の洗掘、砂州の侵食・流失を抑制し保全するとともに滑らかな低水路河道線形の維持に効果がある。

また、現地の河床材料を使用し、かみ合わせ効果で自立する構造から自然性に優れ、護岸工等の既存の急流河川対策と併せて、又は単独で設置することにより、安価で治水と環境の調和した新たな河岸防護技術である。

【解説】

本手引きで紹介する「巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工」は、「2. 2 急流河川対策の現状と課題」で明らかとなった砂州の侵食・流失による治水上・環境上の課題に対し、北陸地方整備局が中央大学研究開発機構と共同で実施した、常願寺川での現地実験及び現地試験施工により開発された治水と環境が調和したコストパフォーマンスの高い河岸防護技術である。

この新たな河岸防護工は単独での設置だけでなく、従来の急流河川対策が設置済みの箇所、あるいは新たに設置する箇所に併用することで、一連区間の治水、環境面での機能向上を図ることができる。

本手引きを参考とする河川は、前章「2.急流河川の現状と課題」にある護岸前面の河床洗掘抑制、堤防を守っている砂州の侵食・縮小の進行抑制及び滲筋の制御等を課題とする河川を想定している。

本節では、現地実験及び現地試験施工により得られた知見を踏まえ、この技術の考え方、機能について述べる。

3.1.1 新たな河岸防護工の考え方

急流河川の望ましい河道づくりは、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。

このため、新たな河岸防護工の検討にあたっては、対策箇所のみ視点ではなく、滯筋の線形を是正し、これを維持するという河道管理を行うために河川全体を俯瞰する視点をもつことが重要である。

また、急流河川における河岸防護の考え方は、流量規模によって異なる。新たな河岸防護工は、川底の形状に支配され蛇行を伴った流れとなり、河岸際に洗掘・侵食の力が最も強く作用する発生頻度の高い中小洪水（平均年最大流量相当の洪水）に対して、河岸際に走る流れを河道中央に寄せる事で河岸を防護するものである。

【解説】

治水と環境の調和した急流河川対策とは、自然性の高い河岸際の砂州を活かし、洪水の主流を堤防から滑らかに離すものである。その基本的な考え方は、以下のとおりである。

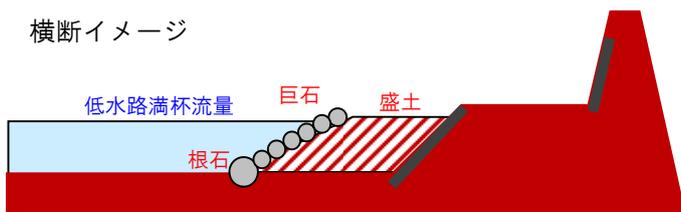
- ・ 河道変遷整理や水理解析による侵食危険箇所の予測を活用した効率的、効果的な対策の実施（予防的要素を含む河道管理）
- ・ 護岸工設置により失われた滑らかな滯筋の再生と、失われた河岸際の砂州の有していた河岸防護機能、環境機能の復元
- ・ 護岸整備により砂州の消失が懸念される場合には、護岸整備とともに河岸防護工を設置
- ・ 施工、維持管理（修復の容易さも含む）の観点から、安価かつ効果的な対策工法の採用

また、急流河川における河岸防護の考え方は、図 3.1.1 に示すとおり中小規模洪水と大洪水で異なる。

① 平常時～低水路満杯流量程度

■この時点では川底の形状に支配され、蛇行を伴った流れとなるため、河岸際に洗掘・侵食の力が強く作用するが、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ができる。

横断イメージ



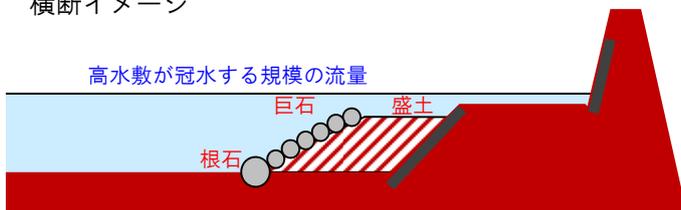
流れのイメージ



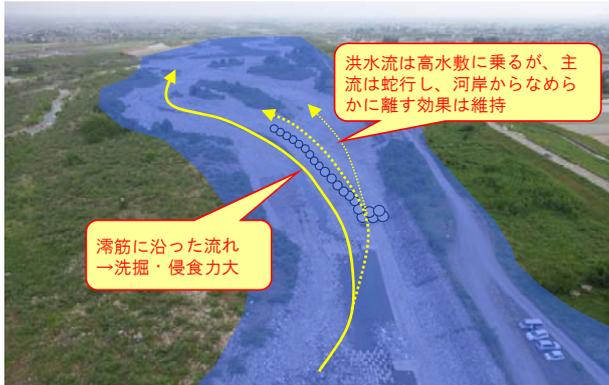
② 低水路満杯流量程度～高水敷が冠水する規模の流量

■この時点でも川底の形状に支配された、蛇行を伴った流れとなり、河岸際に働く洗掘・侵食の力が最も大きく作用するが、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ができる。

横断イメージ



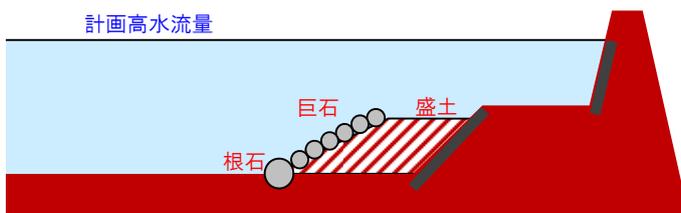
流れのイメージ



③ 高水敷が冠水する規模の流量～計画高水流量

■この時点では洪水流は川底の形状にほとんど支配されず、堤防の法線で決定される。この流量規模では、堤防と護岸で防護する。

横断イメージ



流れのイメージ



図 3.1.1 急流河川の河岸防護の考え方

3.1.2 新たな河岸防護工の持つ機能

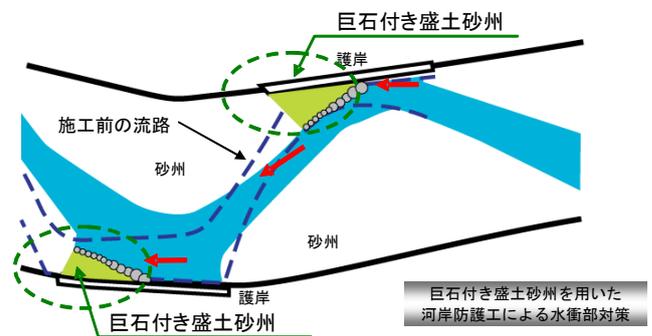
巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工は、河岸沿いに縦断的、連続的に形成された自然砂州を活かし、洪水の主流を河岸際から離し、河岸の洗掘・侵食を軽減させる機能を持つ。

【解説】

巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工とは、河岸沿いに存在する砂州を保全または回復させ、砂州上流端の水衝箇所には河道内にある巨石を配置し、砂州の侵食や河岸前面の洗掘を防ぎつつ、砂州沿いに流れる中小洪水時の流向を改善するものである。さらに、繰り返し発生する中小洪水での洗掘・侵食の力の作用に対し、洪水流を河岸から離すことで構造物（護岸）の機能の確保、構造物の弱体化軽減を図ることができる。詳しくは、「3.3 設計・施工編」を参照されたい。

○平面形状

滑らかな滯筋線形を有していた年代を参考に、流路の蛇行を緩和し、主流を滑らかに河道中央に導く。



○横断形状・構造

現地の土砂や石を使用して、自然砂州の持つ治水面・環境面の機能を復元する。また、砂州は群体として連続する低い水制のような機能を有しており、堅い水制群に比して、やわらかに、滑らかに流れを制御し、洪水時にある程度の変形を許容する。

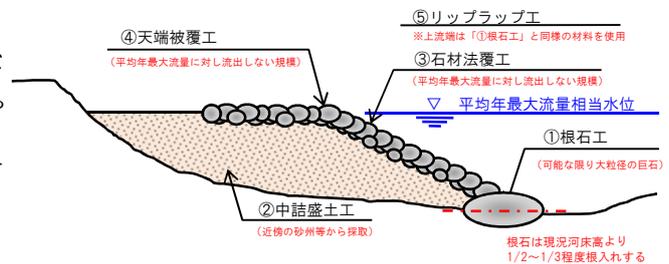


図 3.1.2 巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工

【現地実験・現地試験施工で得られた知見】

I. 現地実験・現地試験施工で開発された河岸防護工の特徴と効果

2004年（平成16年）から2011年（平成23年）まで常願寺川で実施した実験水路による大規模現地実験の結果、巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工は、砂州前面の洗掘・侵食を抑制し、流路線形を改善する効果があること、また、その後の現地試験施工の経過から、滑らかな滯筋線形の回復と河岸の保護効果があることが確認された。

また、巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工は、現地の土砂や石を使用し、自然砂州を活かしており、盛土砂州部分には樹木が成育し、治水面、環境面から河岸際の有する重要性を確保でき、さらにコストパフォーマンスの面からも有効な工法である。

以下に、現地実験及び現地試験施工による河岸防護工の効果の概要を示す。

II. 現地実験による石礫河川の河床変動機構

2004年（平成16年）～2006年（平成18年）の現地実験では、石礫河川の河床変動機構の解明を目的に、常願寺川の高水敷に一本の滯筋規模の実験水路を設け、流れの様子、河床断面形状、河床表層の状況等を計測した。

図 3.1.3 は、通水開始直後と通水開始から数時間後の実験水路の流れの様子を示している。通水開始直後は、その流れに見合った河床断面形状になっておらず、安定した流路が形成されるまで河床洗掘や河岸侵食が起これ、石や礫の活発な移動が見られた。一方、時間が経つと、石や砂礫の移動が停止し、水が澄み、一定流量の下でのほぼ静的な平衡状態が出現した。



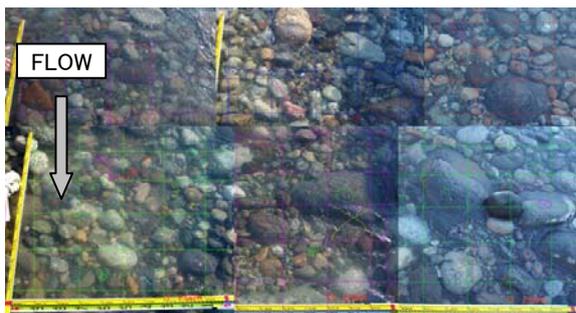
(a) 通水開始直後の流れの様子



(b) 静的平衡状態での流れの様子

図 3.1.3 通水開始直後と静的平衡状態での流れの様子

次に、安定した河道での河床表層の状態について図 3.1.4 に示す。写真は緩勾配部で掃流力が低い地点と急勾配部で高い掃流力が働いた地点を比較したものである。これより、緩勾配地点の河床表層はほとんどが粗石（7.5cm～30cm）や礫で構成されており、巨石は少し露出している程度である。また、河床面の凹凸も少ない。一方、急勾配地点の河床表層は、巨石が大きく露出し、河床の凹凸も大きくなっている。また、砂礫は巨石や粗石の周囲の凹凸部やそれらの後流域に留まっている。このように、広い粒度で構成されている石礫河川では、大きな掃流力が働けば、河床洗掘の段階で巨石が現れ、それが核となって、周囲の河床を安定させることを明らかにした。



(a) 緩勾配地点の河床表層画像



(b) 急勾配地点の河床表層画像

図 3.1.4 安定した河道の河床表層状態

図 3.1.5 は、2005 年（平成 17 年）実験の流量 $9\text{m}^3/\text{s}$ 及び $16\text{m}^3/\text{s}$ での流量観測断面における断面形状を示している。流量が大きくなると、河床が洗掘されるよりも河岸を侵食することにより、河岸からの砂礫が河床に留まり、浅い状態で河道が安定化することが分かった。

このように、河床に巨石のような大きな抵抗を及ぼす材料がある割合で存在し、その他の粒径の礫や砂が適切な割合で存在すれば、流量が変化しない限り、河床面が安定（静的平衡状態）することを明らかにした。更に巨石間の空隙や周囲に留まった中小礫とかみ合い、より強固に安定することも判明した。

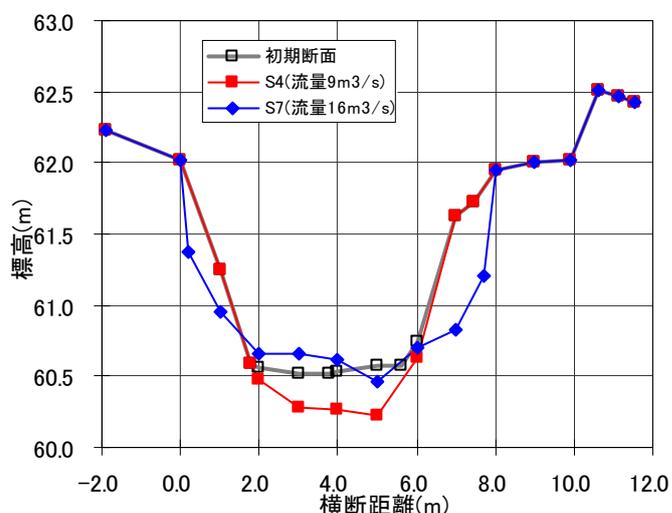
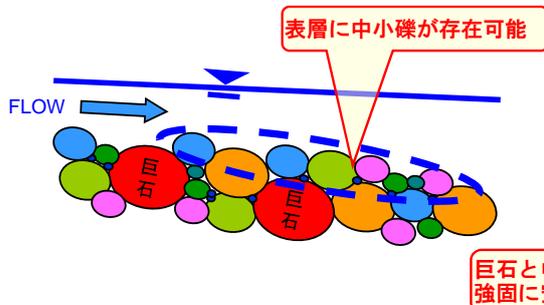


図 3.1.5 2005 年実験での各流量規模における断面変化

掃流力が小さい場合

表層材料は主に中小礫で構成され、巨石は表面が露出する程度。



掃流力が大きい場合

表層の中小礫が流出し、掃流力に耐える巨石が表層に露出して、河床面が安定（静的平衡状態）する。更に周囲に留まった中小礫とかみあい、より強固に安定する。

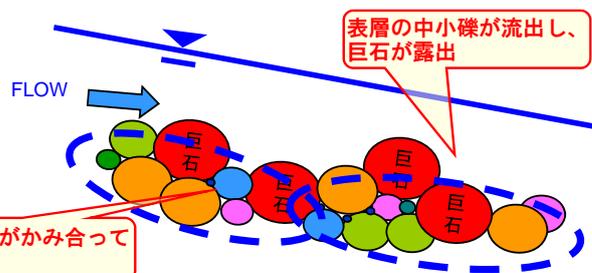


図 3.1.6 石礫河川の河床変動機構

Ⅲ. 石礫河川の河道形成機構（巨石による侵食軽減効果）

2006年（平成18年）実験での自然河岸と護岸工を設置した河岸における流れの安定状態に達した河床を下図に示す。自然河岸では流水の作用により砂礫が流され、河岸を構成する巨石は安定を失い崩れ落ちる。これが繰り返り起こることで、水路幅は徐々に広がり、水中の河岸の傾斜は図 3.1.7 に示すように安定な勾配を形成する。一方、護岸工の設置された区間では、図 3.1.8 に示すように河岸からの土砂供給がないため、河床が洗掘され、巨石が河床から現れることで安定河道を形成する。結果として、自然河岸の河道に比べて、河岸際の深掘れが大きくなった。

このことから、石礫河川は巨石が存在することで静的平衡状態を形成しており、特に蛇行部や護岸工が設置されている場合は、河岸から土砂が供給されるか、供給されないかの土砂移動の違いが河床形状や河床材料粒度分布に影響を及ぼしていることがわかった。

【自然河岸】

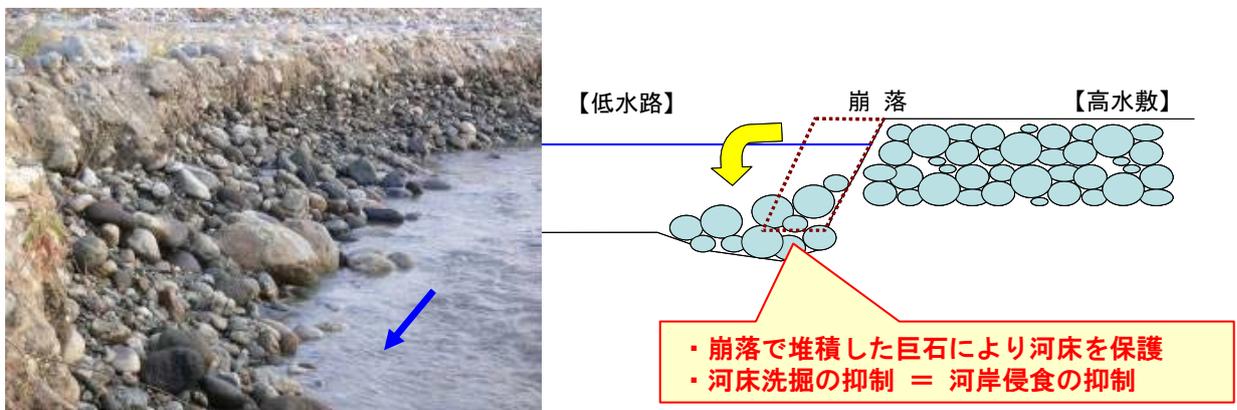


図 3.1.7 自然河岸の河床・河岸安定過程

【従来の護岸】

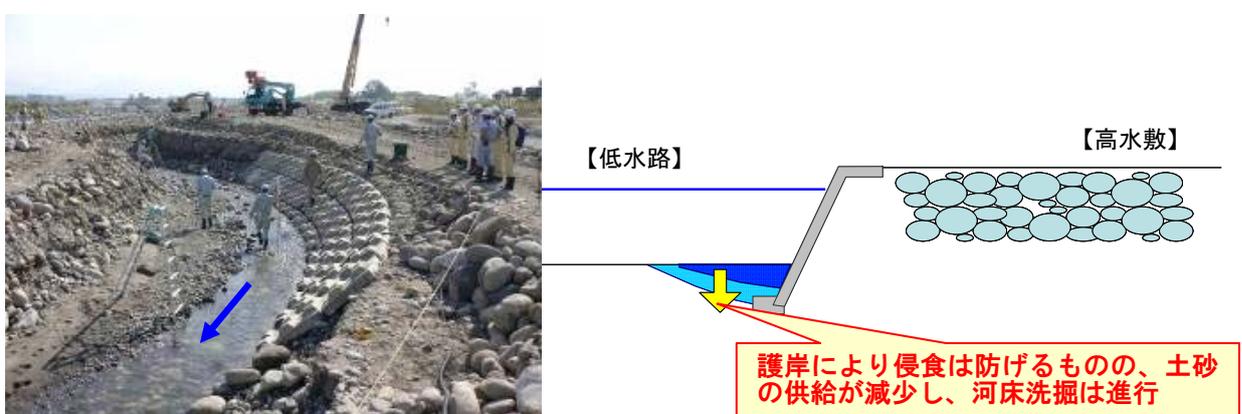


図 3.1.8 護岸箇所の河床・河岸安定過程

IV. 現地試験施工における巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の効果

2007年（平成19年）に行った右岸7.1kの現地試験施工の経過を図3.1.9に示す。かつて現地河道内にあった砂州を盛土により再生し、砂州上流端に巨石を配置することで強い水あたりによる砂州の侵食を防ぎ、滑らかな流路線形を再現し、かつ河岸を保護できることを現地試験施工から明らかにした。また、巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の上に植生が繁茂し、望ましい河川環境が創出された。

施工にかかった費用は、根継護岸工の約1/10であり、コストパフォーマンスの面からも有効であることが分かった。

H19.8 撮影



H23.5 撮影



H23.10 撮影



図 3.1.9 右岸7.1kの巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の経年変化

V. 現地実験における河岸防護工の機能の確認

これからの急流河川の河道管理を適切に行っていくためには、河岸沿いに連続的に砂州を回復することが望ましい。このような砂州を活かした自然性の高い河道を実現するために、2011年（平成23年）の常願寺川左岸6.1kでの現地実験水路において、巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の機能確認を行った。

実験水路は、図3.1.10に示す2つの水衝部をもつ蛇行水路であり、低水路断面は幅4.0m、底幅1.0m、深さ1.0mである。常願寺川6.1k地点の平均年最大流量（720m³/s）時の単位幅流量は2.52m²/s、流速は約2.2m/sであり、これに対し現地実験での単位幅流量は約2～3.5m²/s、最大流速は2.3m/s～2.6m/sであったことから、ほぼ現地の実河川の水利諸量に相当する。しかも現地の河床材料を用いていることから、この実験水路は常願寺川の一つの滯筋そのものであると言え、流量、流速は平均年最大流量規模の洪水に相当する実験であった。



図 3.1.10 実験水路（2011年（平成23年））

現地複断面蛇行水路に巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工を配置し、複断面蛇行流路で最も洗掘作用が強い低水路満杯水位からそれを超える程度の水位条件¹⁾（図3.1.11参照）について、河岸防護工の効果及び低水路河道線形の変化を観察した。その結果、流量を増大しても巨石付き盛土砂州の侵食・洗掘はほとんど生じなかった。また、巨石配置により滑らかな水はね（滯筋を対岸に寄せる）効果も確認された。

このことから、巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の水はね効果により、砂州形状の保持、低水路線形の改善、結果としての河岸侵食の軽減が確認された。

図3.1.12に、現地実験による河岸防護工の効果を示す。

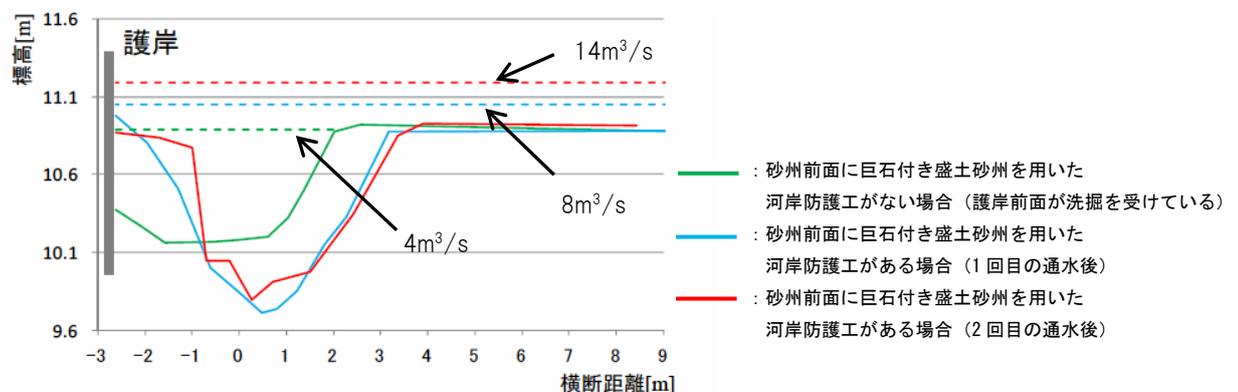
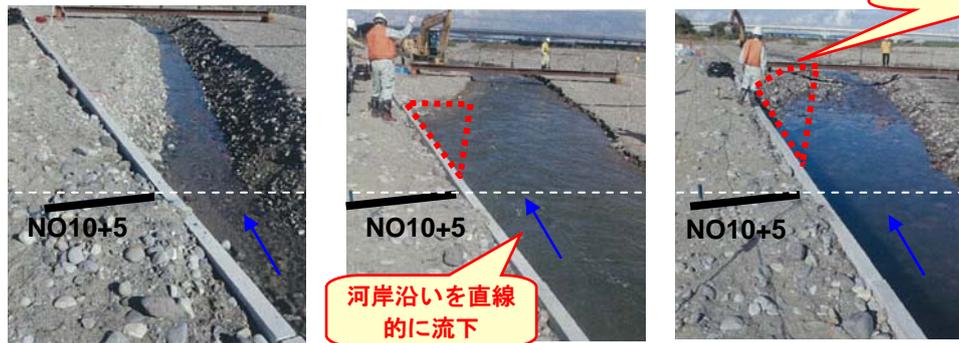


図 3.1.11 実験水路の横断形状と水位の状況

参考文献

1)福岡捷二、2005：洪水の水利と河道の設計法、森北出版

■砂州前面に巨石付き盛土砂州を用いた河岸護岸工がない場合



通水前 → 通水中 (4m³/s) → 通水後

■砂州前面に巨石付き盛土砂州を用いた河岸護岸工がある場合



通水前 → 通水中 (14m³/s) → 通水後

図 3.1.12 巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の効果



図 3.1.13 常願寺川の実際の滞筋に見立てた実験水路（2011年（平成23年）実験）

3.2 計画編

3.2.1 新たな河岸防護工の計画から設計までの流れ

巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の計画は、図 3.2.1 に示すフローに従い検討する。まず、「目指すべき姿（目標）の設定」では、治水・維持管理・環境上の課題を解決する川づくりの目標を設定する。次のステップである「全体計画の検討」では、全川の滞筋や砂州の現況、データ分析や予測等を用いた必要箇所の抽出や優先順位の検討を行う。さらに、全体計画を検討する際の具体的な考え方に従い、概略の位置、諸元等を設定する。

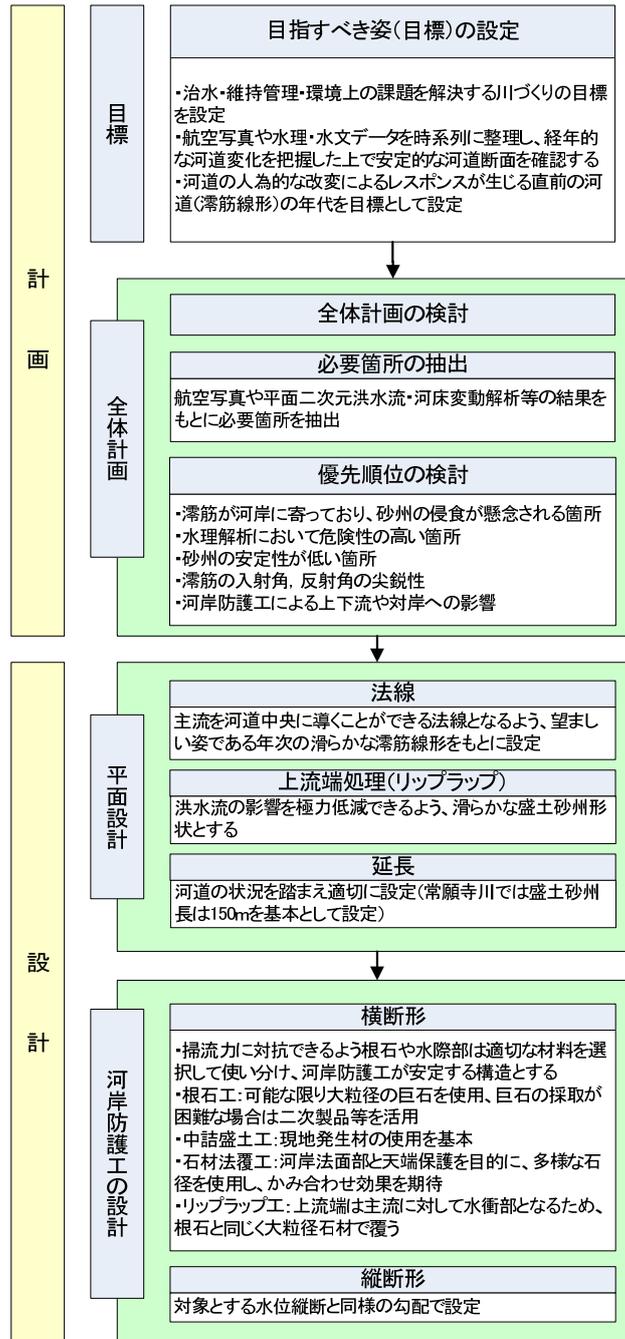


図 3.2.1 治水と環境の調和した巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の計画から設計までの流れ

3.2.2 目指すべき姿の設定

急流河川の川づくりの目標設定にあたっては、経年的な河道変化を整理し、河道の人為的な改変（インパクト）によるレスポンスが加速し始める直前の河道（滯筋線形）を航空写真等により確認し、目標年代を設定する。

【解説】

急流河川の特徴は、粒度分布の広い河床材料から成る石礫を中心とした砂州が連続して発達し、その間を水が流れ、特に河岸沿いには砂州の発達による豊かな自然性が見られることである。

まず、水理諸量・河床変動・河道の変遷等、河道状況に関するデータを時系列的に整理し、河道の安定性を読み解き、治水・環境及び維持管理上の課題・問題点を整理する。

整理された課題・問題点を解決する川づくりの目標の設定にあたっては、滯筋の滑らかさと適切な河道幅が確保され、砂州が連続する自然豊かな川づくり（河道形状の設定）を基本とする。

(1) 水理諸元等データの時系列整理の方法

1) 河道データ、水理・水文データ等の整理

河道データ、水理・水文データ等を経年的に整理し、後述する変化要因分析に使用する。なお、整理データは、「データ集」として別途取りまとめ、定期的に更新する。

【解説】

データ整理項目は、洪水等の自然的インパクトやこれまでの河川改修（上流のダム・砂防施設も含む）や砂利採取等の人為的インパクトと河道応答の関係を把握するために必要となる項目として、表 3.2.1 に示すとおりとする。

表 3.2.1 河道データ等取りまとめ項目

項目	取りまとめ内容	目的
流量・水位	年最大流量、水位	自然的インパクトの状況を把握
改修履歴	堤防、護岸の改修履歴を整理	河川改修による河道の変化状況を把握
砂防施設	流域の土砂環境の変化を把握	砂防施設による土砂供給の減少、河床低下との関係を把握
ダム堆砂量	同上	ダムによる土砂供給の減少を把握、河床低下との関係を把握
砂利採取量	河川の土砂環境の変化を把握	砂利採取による土砂供給の減少、河床低下との関係を把握
河道の変遷	航空写真・平面図により、滯筋、砂州、植生の経年的変化を整理	滯筋線形、砂州の固定化、植生繁茂（樹林化）の状況を把握
河床高	平均河床高、最深河床高を経年的、縦断的に整理	河床低下・上昇傾向の把握、局所洗掘箇所を把握
河床材料	河床材料調査の粒径加積曲線、粒度組成を経年的に整理	流域の土砂環境の変化による河床材料の変化を把握
横断形	横断測量成果を経年的に重ね合わせる。（併せて樹木の位置・種類も表示）	経年的な河床、川幅、水深の変化状況、樹木の繁茂状況（冠水頻度との関係）等を把握

2) 経年的な河道変化把握

現在の河川がどのような経緯を経て形成されているのかを把握するため、水理諸量・河床変動・河道の変遷等、河道状況に関するデータを時系列的に整理する。

【解説】

経年的な河道変化の把握にあたり、まず全川のな変化状況を俯瞰する目的で、航空写真・平面図の経年的な比較が有効である。これにより、滯筋線形、砂州の形成・消失、植生の繁茂状況等が確認できる。

一方、福岡²⁾は、安定な河道形成の力学関係を図 3.2.2 のように示している。これより、河道断面形は、流れと河道の平面形・縦横断面形と流砂の相互作用の中で安定した河道が形成される。その際の重要な指標として、無次元流量に対する無次元川幅・無次元水深が挙げられている。

この無次元川幅・無次元水深が経年的にどのように変化しているか、また、外的因子としての流量、河床勾配や砂利採取、改修といった項目を合わせて比較することにより、現在の河道がどのような状態にあるのかを評価することができる。図 3.2.3 は、常願寺川のセグメント 2-2 (0k~2.0k)、セグメント 2-1 (2.2k~4.8k) の作成事例である。

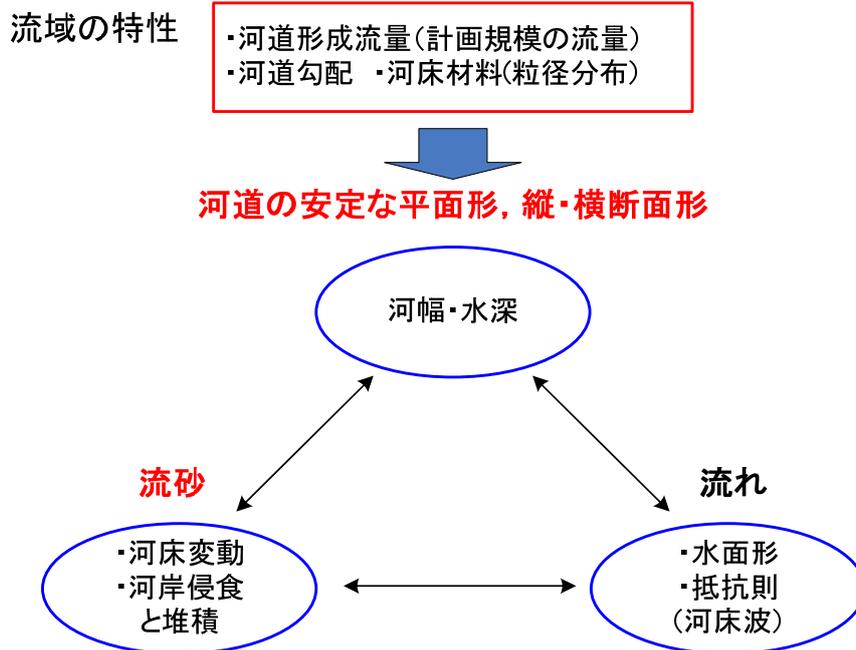


図 3.2.2 自然性の高い完成河道形成の力学関係²⁾

参考文献

2)福岡捷二、2010、これからの河川管理を考える－自然河川に学ぶ、河川 2010年3月号

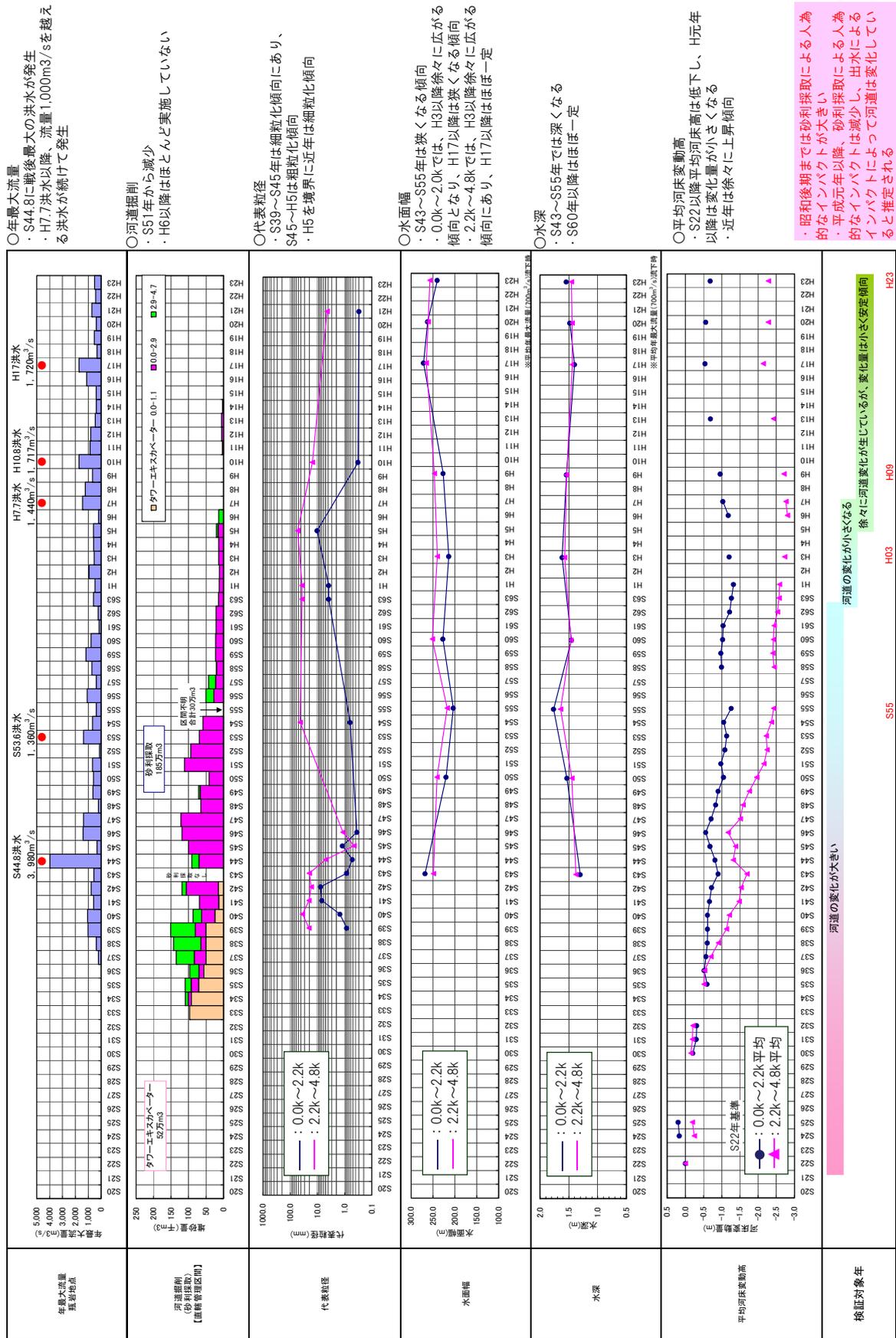


図 3.2.3 代表的な指標による河道変化整理事例

(2) 安定的な河道断面の確認

沖積地河川の安定的な河道形成の指標として重要と考えられる無次元川幅・無次元水深と無次元流量の関係式（福岡式）より、改修の効果や経年的な河道変化の傾向を評価する。

【解説】

図 3.2.2 に示す力学関係における安定的な断面形が成立すると、川幅、水深で代表される安定的な断面形は、以下に示す 5 個の無次元量で表現できる。

$$\phi \left(\frac{Q}{\sqrt{gId_r^5}}, \frac{B}{d_r}, \frac{h}{d_r}, I, \frac{\sigma}{\rho} \right) = 0$$

ここで、 Q ：流量、 B ：水面幅、 h ：水深、 I ：勾配、 σ ：河床材料の密度

g ：重力加速度、 d_r ：代表粒径、 ρ ：水の密度

福岡は、世界の自然河川及び日本の一級河川 109 水系の基準地点の無次元計画流量に対する無次元川幅、無次元水深の平均的な関係式として、以下の式（福岡式）を示している。

$$\frac{B}{d_r} = 4.25 \left(\frac{Q}{\sqrt{gId_r^5}} \right)^{0.40} \quad (1)$$

$$\frac{h}{d_r} = 0.13 \left(\frac{Q}{\sqrt{gId_r^5}} \right)^{0.38} \quad (2)$$

ここで、 B ：水面幅、 d_r ：代表粒径、 Q ：流量（計画高水流量、整備計画流量）、 h ：水深

g ：重力加速度、 I ：勾配

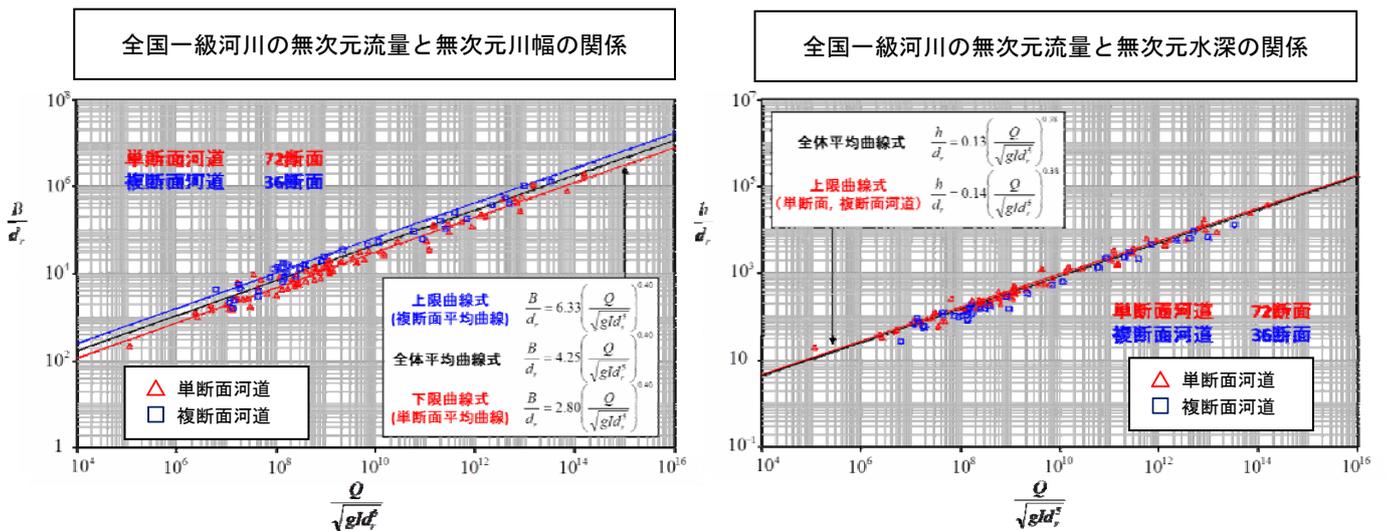


図 3.2.4 無次元流量と無次元川幅、無次元水深との関係（福岡式）²⁾

(1)式、(2)式で表現される安定な河道断面形は、自然に近い河道（治水と環境の調和の取れた河道）と考えられる。

計画高水流量や整備計画流量に対してプロットが望ましい無次元川幅の下限線より下に外れる場合や、望ましい無次元水深の上限線より上に外れる場合は、十分な川幅を有していないと考えられ、断面形の検討が望まれる。船底形河道は、自然河道断面形に近く、治水と環境の調和した河道形状であり、改修に際し参考にするるとよい。

福岡式を用いて、以下の評価を行うことができる。

- これまで当該河川で実施されてきた改修（河道掘削、拡幅）による効果
- 経年的な河道変化の傾向と現状の評価（河川管理、河道改修に向けた方向性の検討）

図 3.2.5 は、常願寺川での経年的な河道改修等により変化した各年代の河道断面に対して、計画高水流量で無次元川幅及び無次元水深を検討した事例である。図より、各区分での無次元川幅及び無次元水深は、いずれの年代においても概ね式の範囲内であることから、常願寺川では計画高水流量に対して望ましい川幅と水深が維持されていると考えられる。

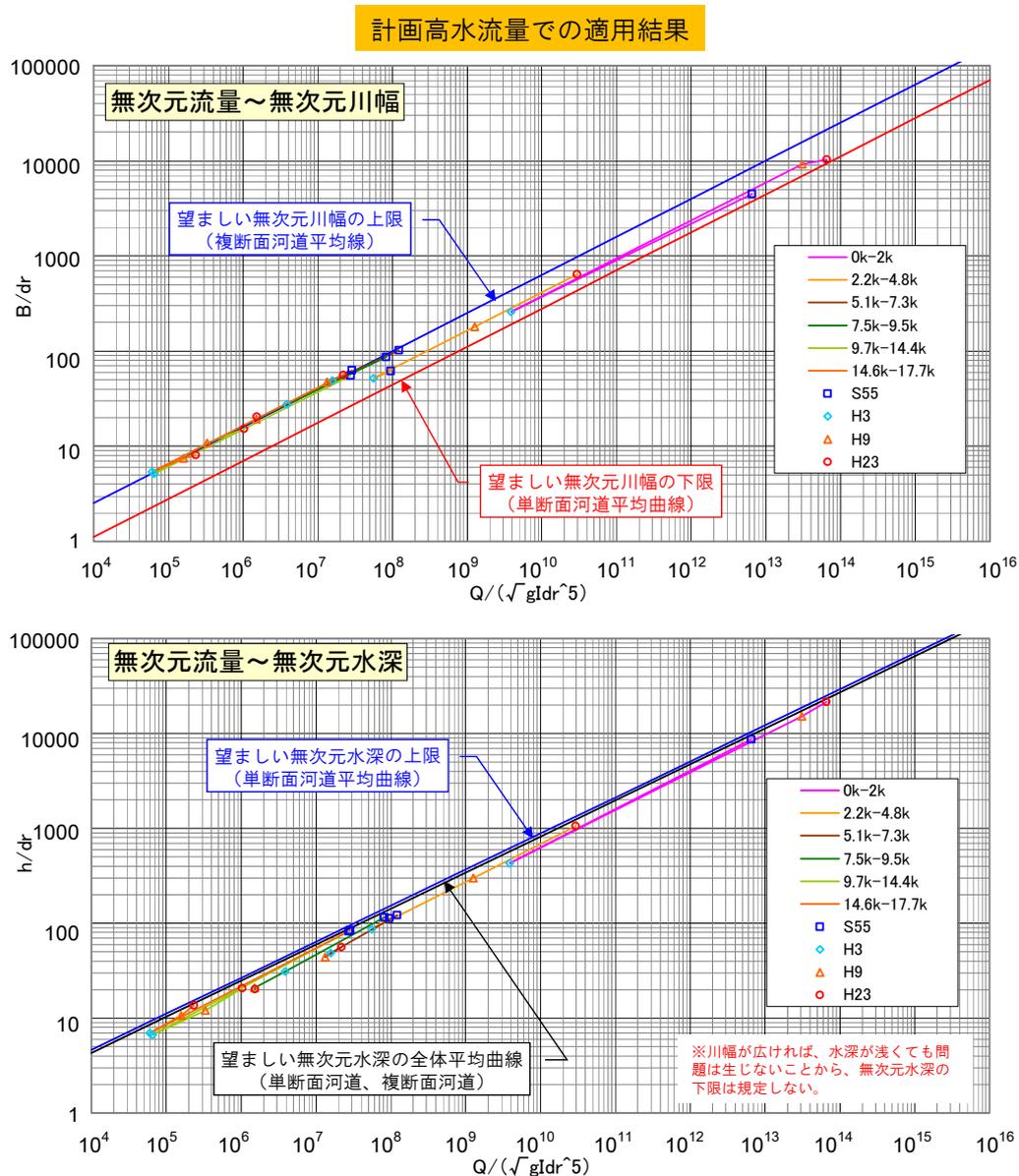


図 3.2.5 福岡式の適用事例（常願寺川）

(3) 目標年代の設定

整理された課題・問題点を解決する川づくりの目標は、滯筋の滑らかさと適切な河道幅が確保され、砂州が連続する自然豊かな川づくり（河道形状の設定）を基本とする。

【解説】

航空写真等で各年代の滯筋の線形を比較し、滑らかな滯筋が形成されている年代を抽出する。ただし、その年代が現在取り巻く環境から勘案して実現不可能な場合も考えられるため、現実的な目標を設定する。

図 3.2.6は、常願寺川 5.1k～7.5k の平成 3 年と平成 16 年の航空写真を比較したものである。平成 3 年の流路は、河岸沿いの砂州によって、滑らかな蛇行線形が生ずるのに対して、平成 16 年は、河岸際の砂州が縮小し、流路が護岸に接する距離が長くなり蛇行振幅が大きくなっている。これは、護岸際の洗掘深が増大することにより、河岸際に流路が固定化され、より多くの洪水流を集めることで下流側へ水衝部が移動し、その対策として護岸工の下流側への延伸を行っていることによる。このことから、常願寺川では、河岸沿いに流れが集中していない平成 3 年当時の滯筋線形の回復を目指すことを目標としている。

- 平成 3 年撮影
- ・護岸整備前
 - ・滑らかな滯筋線形



- 平成 16 年撮影
- ・護岸整備 (H3～H7) 後
 - ・滯筋が河岸沿いに形成



図 3.2.6 常願寺川 5.1k～7.5k の平成 3 年と平成 16 年の航空写真の比較

3.2.3 全体計画の検討

全体計画では、河岸沿いの砂州の維持・保全や滯筋線形の回復に留意し、対策必要箇所及び優先箇所を検討する。

【解説】

全体計画の検討では、全川の滯筋や砂州の変遷、水理データ分析や予測等を踏まえ、必要箇所の抽出及び優先順位の検討を行う。また、河川全体の流れに着目して、概略の位置、形状等を設定する。

巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の全体計画は、以下の考え方に従う。

①河道変遷や水理解析を活用して、必要箇所を抽出する。

必要箇所は、滯筋線形・河岸際の自然砂州の現況、水理解析結果（平面二次元洪水流・河床変動解析）等をもとに抽出する。（詳細は(1)参照）

②適切な形状、位置に施設を配置して、滯筋の是正を行い、滑らかな滯筋の再生を行う水衝部対策を実施する。

河岸防護工の配置（形状、位置）検討は、以下の点に留意して実施する。

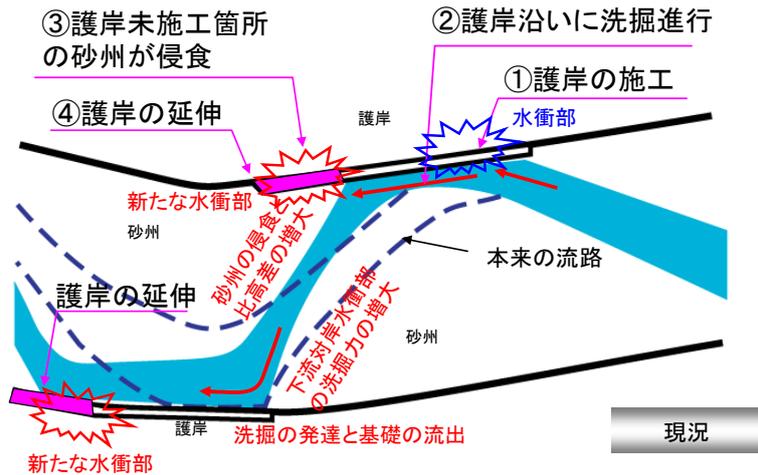
河川全体の流れに着目して、危険箇所の要因を分析する。

- ・ 危険箇所の課題を解決するために、どのような河道を形成させるか目標を明確にして、設置位置、形状を決定する。
- ・ 巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工設置により、対岸が危険箇所とならないように実施する。
- ・ 対岸への影響が懸念される場合には、対岸にも巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工を実施する。
- ・ 護岸の整備により、河岸沿いの砂州の消失が懸念される場合には、護岸整備とともに巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工を実施する。（図 3.2.7 参照）

③優先順位は、必要箇所の現状、水理解析による危険性及び河道形状の経年的な変化等を踏まえ、総合的に評価する。

■護岸の整備により河岸沿いの砂州の消失が懸念される例

護岸際に流れが集中する結果、護岸沿いに流路が固定化し、新たな水衝部の発生と護岸下流側の砂州の侵食、対岸側の洗掘力の増大が見られる。



■護岸の整備と併用する
対策としての河岸防護工
を施工する例

滑らかな護岸沿い流路を形成するように設置した盛土砂州の上流面に巨石を設置し、自然の砂州を活かした河岸防護工を実施。これにより、洪水流を護岸際から離すことによって中小洪水による河岸際の侵食・洗掘を軽減させる。

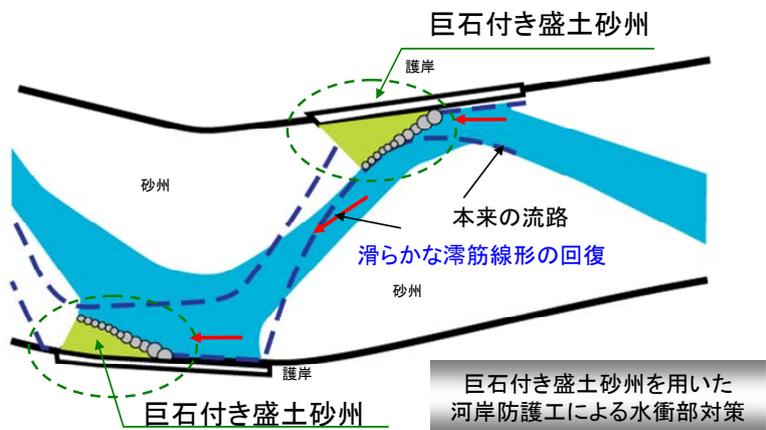


図 3.2.7 護岸整備に伴う砂州の消失による流路の延伸と巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の効果模式図

(1) 必要箇所の抽出

必要箇所は、滯筋線形・河岸際の自然砂州の現況、水理解析結果（平面二次元洪水流・河床変動解析）等をもとに抽出する。

【解説】

必要箇所の抽出は、航空写真の経年変化や、平面二次元洪水流・河床変動解析等から抽出する。抽出にあたっては、以下の方法が考えられる。

①航空写真による抽出

- ・ 河岸沿いに砂州の侵食が進行している、あるいは、水衝部となっており砂州の侵食が懸念される箇所
- ・ 滯筋が急激に湾曲しており、滯筋の是正が必要な箇所

②水理解析結果による抽出

- ・ 平面二次元洪水流・河床変動解析による高速流の発生・洗掘が予想される箇所

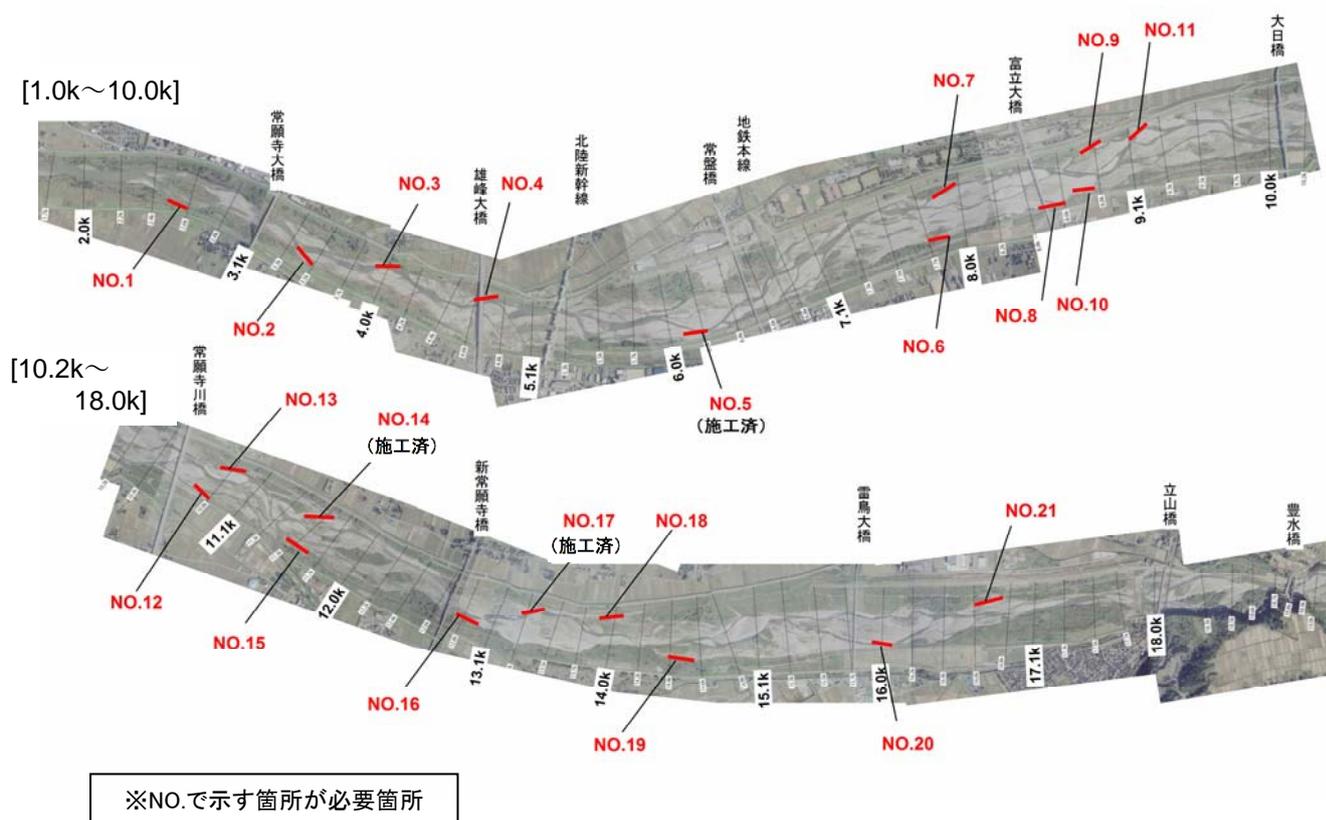


図 3.2.8 必要箇所の抽出結果（常願寺川）

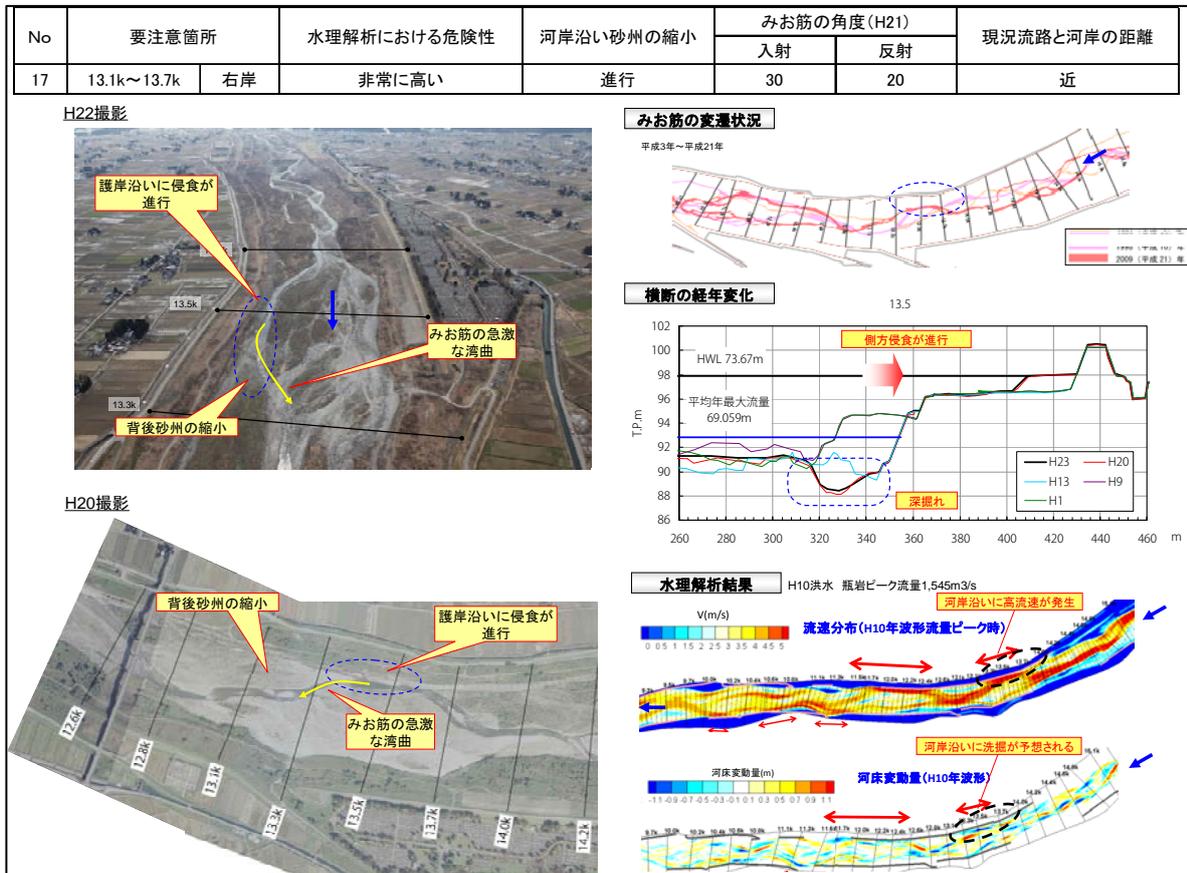
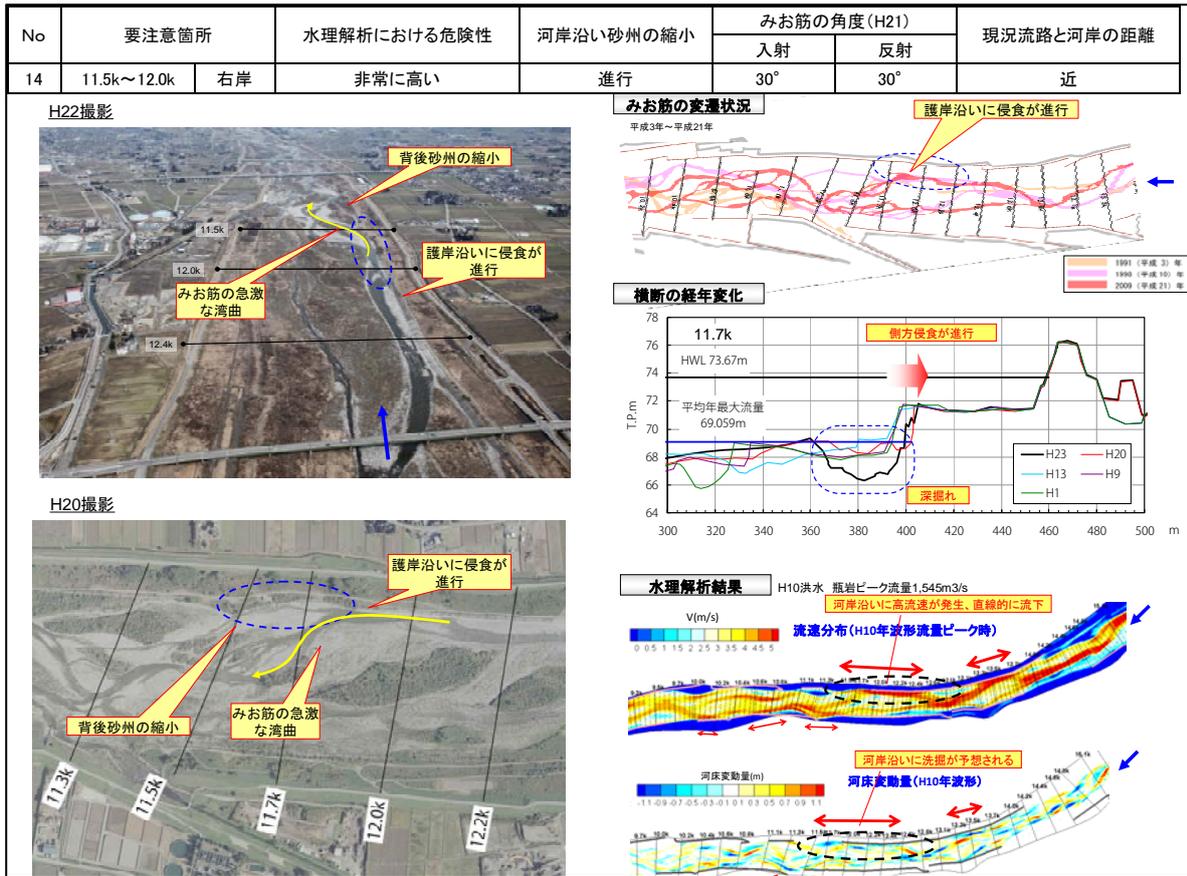


図 3.2.9 必要箇所の抽出例 (常願寺川)

(2) 優先順位の検討

優先順位は、抽出された必要箇所をもとに、以下のステップに基づき、総合的に評価する。

<p>Step1.現状の把握</p> <p>流れが河岸際に沿っている箇所を優先的に施工する。なお、現状において河岸前面に流れがなくても、出水時に洪水流が流下すると想定される場合※1を含む。</p>	<p>Step2.水理解析による危険性の把握</p> <p>流れが河岸に近接している場合で、水理解析※2における危険性が高い箇所を優先的に施工する。</p>	<p>Step3.河道形状の経年的な変化の把握</p> <p>流れが河岸に近接している場合で、河岸沿い砂州が縮小している、又は滞筋の入射角・反射角が尖鋭化※3している場合は、優先的に施工する。</p> <p>なお、上流側・対岸側で施工する場合は、流向に留意する。</p>
---	---	--

※1: 現地調査より、河岸前面の砂州に植生が繁茂しているかどうかで判断する。

※2: 平面二次元流況解析・河床変動解析結果より抽出

※3: 入射角・反射角が30°程度を目安とする。

図 3.2.10 優先順位の考え方

常願寺川では、必要箇所として 21 箇所が抽出され、上記の考え方に従い、表 3.2.2 に示すように優先順位を設定している。

表 3.2.2 優先順位設定一覧表

No	要注意箇所		水理解析における危険性	河岸沿い砂州の縮小	みお筋の角度		Step1		Step2		Step3		優先度 ◎:高 ○:中 △:低
					H21		現況流路が河岸に近い	水理解析危険箇所	河岸沿い砂州の縮小	滞筋角度の大きさ			
					入射	反射							
1	2.4k~2.8k	左岸	未実施	中位	22	40	近	◎	-		◎	○	
2	3.3k~3.7k	左岸	未実施	進行無し	-	-	近	◎	-			○	
3	4.0k~4.4k	右岸	未実施	中位	25	31	近	◎	-		◎	○	
4	4.8k~5.1k	右岸	未実施	中位	-	-	近	◎	-			○	
5	6.0k~7.1k	左岸	高い	中位								対策済(H19試験施工箇所)	
6	7.5k~8.0k	左岸	低い	進行無し	-	-	遠		◎			△	
7	8.0k~8.4k	右岸	低い	進行	-	30	近	◎		◎	◎	○	
8	8.2k~8.6k	左岸	高い	進行無し	-	-	遠		◎			○	
9	8.6k~9.1k	右岸	高い	進行	28	27	近	◎	◎	◎		○	
10	8.6k~9.1k	左岸	低い	進行無し	-	-	遠					△	
11	9.1k~9.5k	右岸	高い	進行	30	35	近	◎	◎	◎	◎	○	
12	10.4k~10.8k	左岸	高い	中位	20	-	近	◎	◎			○	
13	10.6k~11.1k	右岸	高い	中位	30	-	近	◎	◎		◎	○	
14	11.5k~12.0k	右岸	非常に高い	進行	30	30	近	◎	◎	◎	◎	◎	
15	11.5k~11.7k	左岸	高い	進行	16	11	近	◎	◎	◎		○	
16	12.6k~13.3k	左岸	低い	中位	-	-	近	◎				○	
17	13.1k~13.7k	右岸	非常に高い	進行	30	20	近	◎	◎	◎	◎	◎	
18	13.7k~14.2k	右岸	高い	進行無し	-	-	遠		◎			○	
19	14.4k~15.1k	左岸	低い	進行無し	-	-	遠					△	
20	15.7k~16.2k	左岸	低い	進行	-	-	近	◎		◎		○	
21	16.6k~17.1k	右岸	低い	進行無し	-	-	遠					△	

3.3 設計・施工編

3.3.1 巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の設計

(1) 設計の基本的な考え方・ポイント

巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の設計における基本的な考え方は以下のとおりである。

- ・ 巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工は、主流を滑らかに河道中央に寄せることで、河岸沿いに形成された自然砂州の保護または砂州の復元を目的とする。
- ・ 群体として連続した低い水制のように、滑らかに水をはねる機能を有する構造とする。
- ・ フレキシブルな構造とし、洪水時にある程度の変形を許容した構造とする。
- ・ 現地発生材等現地の資源を有効活用し、補修が容易な構造とする。

【解説】

巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工は、目指すべき滞筋に対して滑らかに主流を河道中央に導くことを目的とした工法である。この工法は、護岸沿いに変遷した滞筋の是正に加え、自然砂州の保護・復元を可能としている。

また、巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工は、石同士のかみ合わせ効果を活かして群体として機能することで、洪水時の掃流力に耐える構造としている。加えて、連続した低い水制のように滑らかに水をはねることができる巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工群を形成しなければならない。これらの着目点を重視し、設計に際しては、かみ合わせ効果の期待できる材料や延長を適切に設定する必要がある。

また、巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工は、現地発生材を有効活用することでコスト削減を実現することも目的としている。設計や施工に際しては、本手引きに示す数値や目安に過度にとらわれることなく、現地の各種条件に沿った合理的な構造・施工方法を選択することが重要である。

図 3.3.1 から図 3.3.3 に巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の常願寺川施工例を示した。



図 3.3.1 巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工（常願寺川 右岸 11.7k）



図 3.3.2 巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工（常願寺川右岸 11.7k）



図 3.3.3 巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工（常願寺川右岸 11.7k）

(2) 設計対象流量

巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の設計対象流量は、平均年最大流量相当の洪水を対象とする。

【解説】

急流河川における河岸防護の考え方は、流量規模の違いによる流れの直進性や洗掘・侵食の力の作用状況等により変化する。本手引きで取り扱う巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工は、低水路に設置することを想定している。低水路は、中小洪水時に洪水流が集中して流れ、平均年最大流量程度の洪水流によって河床形状が形成されていることが知られている。

巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工は、低水路河岸際に洗掘・侵食をもたらす洪水流を制御し、目指すべき滞筋の形成と砂州の防護を目的としていることから、低水路の形成に支配的となる平均年最大流量程度の流量規模を対象流量とした。

なお、平均年最大流量は、概ね2～3年に1回程度発生する規模の流量であり、概ね低水路満杯流量規模である。巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工は、これら低水路満杯流量～高水敷に乗る規模の洪水（概ね平均年最大流量相当と表現）に対して河岸を防護する。



図 3.3.4 出水状況（巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の天端高以下の水位）
（常願寺川右岸 11.7k 平成 24 年 6 月 17 日）



図 3.3.5 出水状況（巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の天端高以上の水位）
（常願寺川右岸 11.7k 平成 24 年 7 月 7 日）

(3) 平面形

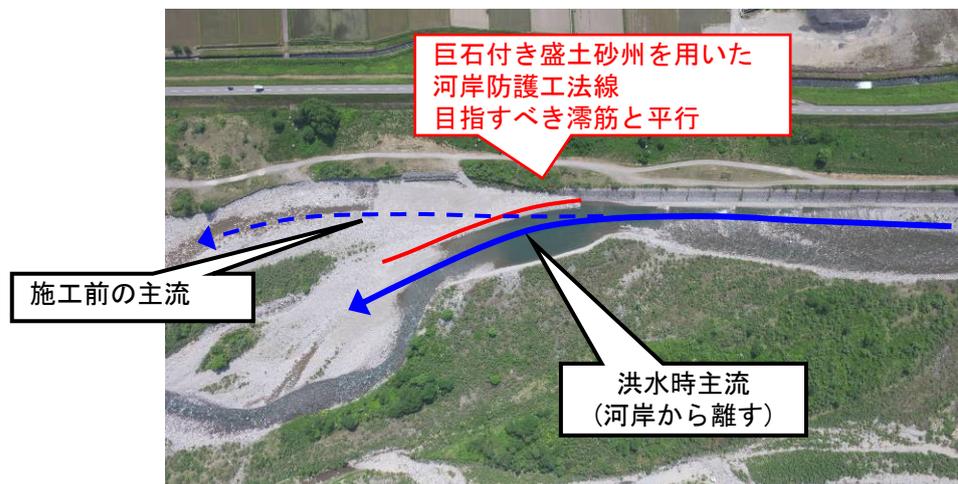
巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の平面形は、主流を滑らかに河道中央に導くことができる法線となるよう設定するものとする。

【解説】

巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の平面形は、巨石付き盛土砂州の水はね効果に着目し、主流を滑らかに河道中央に導く法線を形成するように配置する。法線については、目標とすべき滞筋に合わせ、流向に対してできるだけ滑らかな線形とする。

平面形状の設定に対しては「3.2.3 全体計画の検討」を合わせて確認の上、経年変化図や現地状況、平面二次元洪水流・河床変動解析によるシミュレーション等を参考に、侵食の軽減効果や対岸への影響を確認しておくことが望ましい。以下に常願寺川における施工実績(右岸 11.7k、13.5k)を示す。

常願寺川 右岸 11.7k : 滞筋の是正, 砂州の復元を行う箇所



常願寺川 右岸 13.5k : 現況砂州の保全を行う箇所

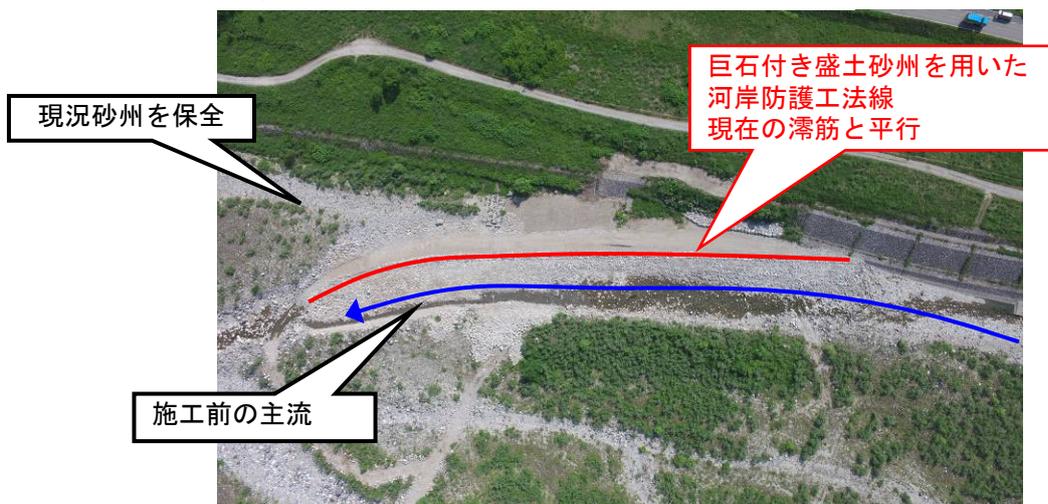


図 3.3.6 法線設定の考え方 (常願寺川の事例)

(4) 縦断形

巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工は、洪水の流れを阻害しないように、計画高水勾配に合わせた縦断形となるよう設計する。

【解説】

巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工は、河川縦断方向に対して抵抗する構造物ではないため、計画高水勾配に配慮しつつ主流を河岸際から離すことが求められる。したがって、縦断形状については、滑らかに水を流下できるように凹凸を少なくすることが望ましい。

具体的には、巨石付き盛土砂州を用いた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で設定することがよい。図 3.3.7 に常願寺川右岸 13.5k での設定事例を示した。



図 3.3.7 巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の縦断勾配の設定例（常願寺川右岸 13.5k）

(5) 横断形

洪水時の掃流力に抵抗できるよう根石や水際部は適切な材料を選択して使い分け、巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工が安定する構造とする。

【解説】

横断形については、根石および盛土砂州の水際部の安定性が重要である。したがって、法面勾配や使用材料を適切に設定し、盛土砂州の安定化を図らなければならない。

以下に巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の横断形を形成する部材の役割と推奨する主要材料を示した。各部材の設計は、次頁以降に解説する。

①根石工

巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工を安定させる要となる部材であり、盛土の流出を抑制する。したがって、使用する材料は可能な限り大粒径の巨石を用いることが望ましい。

②中詰盛土工

根石・被覆以外の部分は、現地発生材により盛土する。なお、盛土材は、中詰め材として使用し流水にさらされないことから、現地近傍の砂州（滲筋改善を考慮）等から採取すればよい。

③石材法覆工

水際部となる河岸法面の保護を目的とし、平均年最大流量時に流出しない程度の材料を含む現地材料で覆土する。

④天端被覆工

主流の乗り上げ流に対する防護を目的とし、石材法覆工と同様の材料で覆土する。

⑤リップラップ工

水衝部となる上流端の防護を担う箇所であり、根石工と同様に重要な部分である。よって、根石工と同様に可能な限り大きな粒径の巨石を使用することが望ましい。

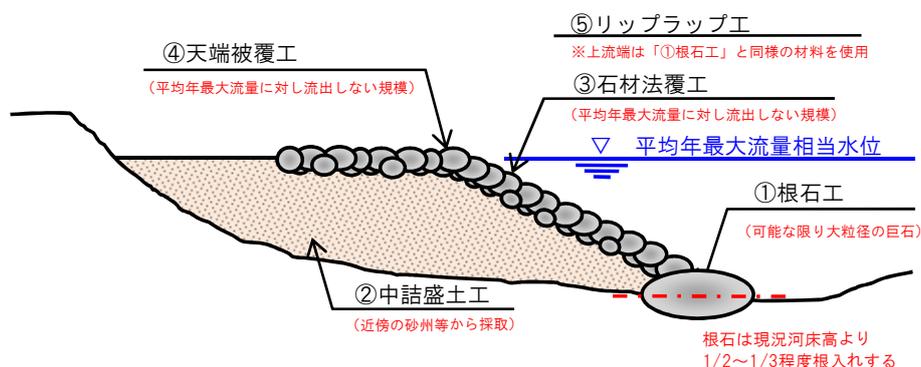


図 3.3.8 横断形状

(6) 根石工

1) 使用材料

根石工に使用する巨石の大きさは、可能な限り大粒径の巨石を使用することが望ましい。
また、巨石の採取が困難な場合は、巨石の代替となる二次製品を活用してもよい。

【解説】

根石は巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の要となる部分であるので、安定した構造であることが求められる。そのため、根石工に使用する材料の大きさは、適用河川ごとに採取できる範囲で可能な限り大粒径の巨石を用いることが望ましい。

従来の護岸設計で用いられる「改訂 護岸の力学設計法」³⁾の考え方に基づくと、実際に試験施工や現地実験で得た知見に比べ、根石工の必要粒径を過大に見込む傾向になる。これは、「改訂 護岸の力学設計法」の適用範囲が計画高水流量を対象とした護岸設計であることや、現場への適用にあたり、かみ合わせ効果を適正に評価することができないためである。よって、実際の設計に際しては、既往の設計手法にとられることなく、現地にある巨石の粒径やコスト等から総合的に判断し、可能な限り粒径が大きくかつ現地での確保が容易な使用材料を選択する必要がある。

常願寺川を例とすれば、「改訂 護岸の力学設計法」に示された「掃流—一体性が弱い」モデルで照査すると、常願寺川右岸 11.7k 地点では $\phi 1,600\text{mm}$ 以上の粒径が必要となる。しかしながら、この粒径での材料の確保は実際には困難であり、用意できたとしてもコスト増大によってメリットを損なう恐れがあった。そこで、現地で採取可能であり、まとまった個数を確保することが可能であった $1,000\text{mm}$ 程度の巨石を使用した(図 3.3.9 参照)。この結果、洪水時に流失しないことが確認できたため、根石工の使用材料は $\phi 1,000\text{mm}$ 程度の巨石を使用している。

また、試験的に粒径が $\phi 1,000\text{mm}$ よりも小さな巨石を利用して同等の工法を実施している事例もある。こちらは、設計時に想定した $\phi 1,000\text{mm}$ から $\phi 800\text{mm}$ に粒径を小さく変更して施工しており(図 3.3.10 参照)、出水後に流失していない。これは、粒径が小さくても、かみ合わせがしっかりしており、数層の巨石が重なり合って単体に比して鉛直荷重が十分大きくなるので、根石工の設計には問題が生じないことを確認している。

上述のとおり、これらの挙動および妥当性は、これまでの洪水により有効性が確認されているが、今後も引き続きモニタリングを行うことで、巨石工法に使用する巨石の大きさに関する知見を蓄積していく必要がある。

参考文献

3) 財団法人 国土技術研究センター、2007：改訂 護岸の力学設計法、P61-85

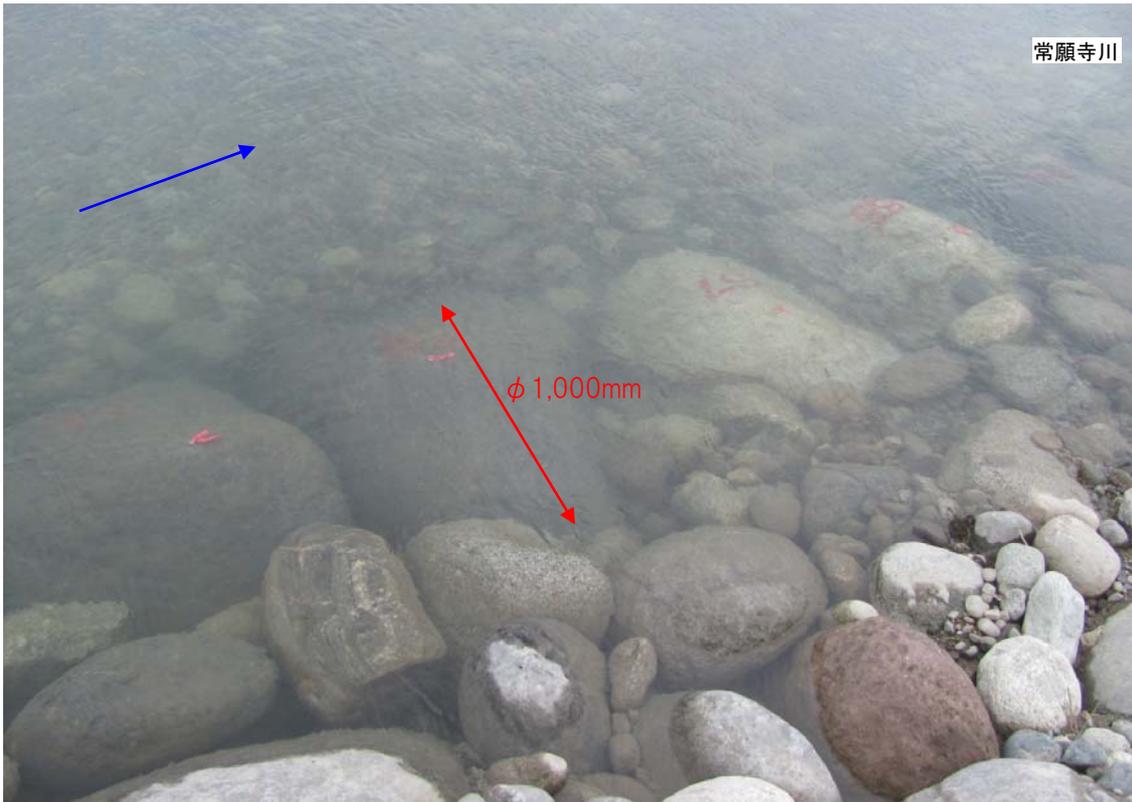


図 3.3.9 使用する巨石の大きさの事例（常願寺川右岸 11.7k）

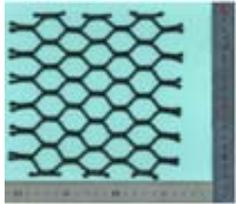
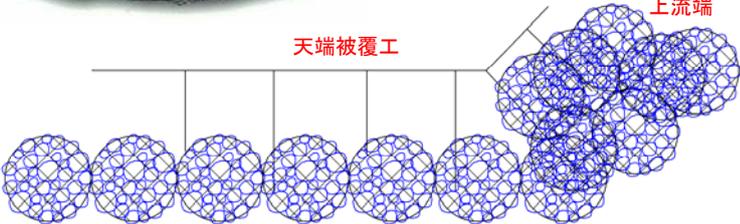
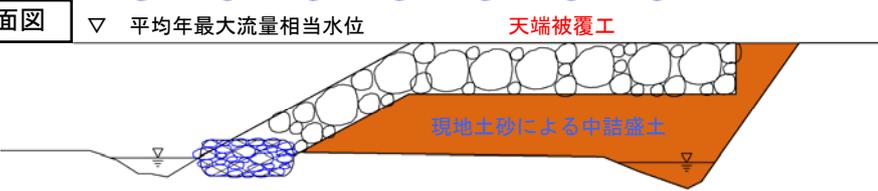
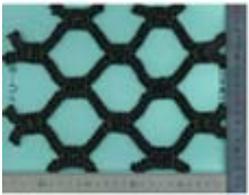
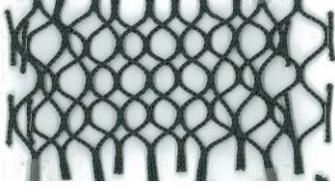


図 3.3.10 試験的に粒径を抑えて施工した事例（常願寺川右岸 13.5k）

(参考) 二次製品活用 (案)

常願寺川では、現在、巨石の代替となる二次製品の活用を検討している。今後は、かみ合わせの効果や屈撓性の有無の観点から試験施工とモニタリングを行い、効果を検証していくこととしている。

以下に現在、検討を行っている3案の概要を示す。

自然石+袋詰玉石案	
概要図	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>製品図</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>袋体 (4t 用)</p>  </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> <p>平面図</p>  </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> <p>断面図</p>  </div>
概要	<ul style="list-style-type: none"> ● 袋形状に現地材やコンクリート殻等を中詰材として投入する工法である。 ● 重量は 0.5t～8t まで多様な製品がある。
メリット	<ul style="list-style-type: none"> ● 屈撓性があり、重ね合せて設置できるため、かみ合わせ効果が期待できる。 ● 中詰石は現地材を有効活用できる。 ● 網は後から補修することができるので、維持管理は容易。
課題	<ul style="list-style-type: none"> ● 耐摩耗性 ● 洪水時の転石による袋の破断と中詰材の流出
二次製品 (案)	<ul style="list-style-type: none"> ● 高重量用の網材の採用(使用重量に対して1ランクアップの網材) ● 網材の2枚重ね ● 起毛処理による緩衝機能 <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  <p>高重量網材(8t 用)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>2枚重ね</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>起毛処理</p> </div> </div>

自然石+コンクリート案	
概要図	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="margin-bottom: 10px;"> <p>断面図</p> </div> <div style="margin-bottom: 10px;"> <p>正面図</p> </div> <div> <p>平面図</p> </div> </div>
概要	<ul style="list-style-type: none"> ● 現地材（礫材主体）を袋に詰めた後、流動性の高いコンクリートを充填し、現地材と一体化させることで強度の高い改良材を構築する工法である。
メリット	<ul style="list-style-type: none"> ● 転石による摩耗でコンクリートが削られても、現地材が表面に現れることで転石に対する強度が期待できる。 ● 中詰石は現地材を有効活用できる。
課題	<ul style="list-style-type: none"> ● 洗掘に対する追随性 ● コンクリートの耐摩耗性、強度
二次製品 (案)	<ul style="list-style-type: none"> ● 流動性の高いコンクリートの採用 ● 既存袋の型枠利用（固まり始めた段階で袋を取り外す） <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-left: 20px;"> <p>袋材</p> </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin-top: 10px;"> <div style="margin-left: 20px;"> <p>拡大</p> <p>現地材（玉石） + 流動性の高いコンクリート</p> <p>現地材</p> <p>流動性の高い コンクリート</p> </div> </div>

鉄鋼スラグ固化体案	
概要図	<div style="text-align: center;"> </div>
概要	<ul style="list-style-type: none"> ● コンクリートに比べ耐摩耗性の高い鉄鋼スラグ固化体を使用する工法である。 ● 鉄鋼スラグ固化体は、準硬石相当の石材と同等の強度を得ることが可能である。 <p>※鋼鉄スラグ固化体：金属製造工程時に発生する鉄鋼スラグ（高炉スラグ、製鋼スラグ）を、水と練り混ぜ作成する固化材料</p>
メリット	<ul style="list-style-type: none"> ● コンクリートに比べ、すり減り抵抗が小さい。 ● 石と同程度の単位重量（2.6t/m³）が製作可能。
課題	<ul style="list-style-type: none"> ● 耐摩耗性 ● 施工直後のアルカリ分溶出
二次製品 (案)	<ul style="list-style-type: none"> ● アルカリ溶出を抑えた配合方法（フライアッシュの採用） ● 準硬石レベルの配合（$\sigma_{ck}=30\text{N/mm}^2$）による摩耗対策 <div style="text-align: center;"> </div>

2) 根入れ

根石工を設置する際には、設置面に根入れを確保し、下面の隙間を充填することでかみ合わせ効果を高めるものとする。

【解説】

根石工の設置面は現況河床高を基本とするが、現況河床に直接根石を設置すると、使用する石材の形状によっては河床との間に間隙が発生する。根石が大きく移動してしまうと巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工は安定性を失うことがあるため、設置時にあらかじめ根入れを確保しておくことが重要である。

なお、施工事例では、設置面（現況河床高）に対しての根入れ長を、巨石径の $1/2 \sim 1/3$ としており、十分な効果が確認されている。



図 3.3.11 現況河床高に沿って施工された根石工（常願寺川）



図 3.3.12 根石工の根入れ状況

(7) 中詰盛土工

1) 使用材料

中詰盛土工に使用する材料は、現地近傍から調達できる土砂を使用することが望ましい。

【解説】

中詰盛土工は、巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の盛土部分を構成する箇所であり、石材法覆工や天端被覆工によって防護されているので、洪水流を直接受けることはない。また、中詰盛土工は施工量が多く、使用材料選別のためにふるい分けや石材採取を行うと、巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の利点であるコストパフォーマンスを低減させることとなる。

そのため、根石設置時の床掘りや瀬替工時の現地発生材を使用して中詰盛土工を形成すればよい。また、洪水時に巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工が変形した際には、適宜現地材を用いて再形成することがコスト上有利である。



図 3.3.13 根石工床掘り時の現地発生材を使用した中詰盛土工の施工状況

(8) 石材法覆工

1) 使用材料

石材法覆工に使用する材料は、平均年最大流量でも安定を図ることができる粒径を含む材料とする。また、石材法覆工の表面は、多様な石径を使用し、かみ合わせ効果が期待できるよう配慮する。なお、コスト縮減、かみ合わせ効果に配慮して材料のふるい分けは実施しない。

【解説】

石材法覆工を設置する水際部では、流水が集中して流れるため大きな掃流力の発生が想定される。したがって、石材法覆工に使用する材料は、平均年最大流量時の掃流力が作用しても流出しない粒径の材料を基本にして使用する。また、石同士の『かみ合わせ効果』を期待することで流れに対して安定化を図り、巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の構造的な安定を得るものとした。かみ合わせ効果を期待するためには、多様な石径を用いることにより空隙を小さくさせることができればよい。なお、常願寺川の事例では、平均年最大流量時に発生する掃流力を対象に粒径を設定し、 $\phi 400\text{mm}$ ～ 800mm 程度の多様な粒径の石径を混ぜ合わせて用い、間隙が少なくなるよう工夫している。

なお、上流端の法面は水衝部となり、標準部と要求される性能が異なるので、根石工と同様の強固な材料を使用するものとする。詳細は「3.3.1 (10) リップラップ工」を参考とする。



図 3.3.14 かみ合わせ効果を期待する使用材料

2) 被覆厚

中詰盛土工を洪水流による侵食から防護するために、石材法覆工は適切な覆土厚を設定して法面保護を行うものとする。

【解説】

洪水流による侵食を受けやすい水際部では、巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の盛土中心部分となる中詰盛土工を防護するために一定の範囲を現地発生材よりも大きな粒径の石材を使用して被覆して防護している。この中詰盛土工を防護する機能を確実に発揮できるようにするため、石材法覆工はある程度の厚みを持たせる必要がある。

被覆厚の目安としては、根石工で使用した材料と同規模となるように厚みを設定するとよい。常願寺川の事例では、使用した根石工と同規模の 1.0m を被覆厚として設定している。

3) 法面勾配

石材法覆工の法面勾配は、緩勾配とする。

【解説】

石材法覆工は通常の護岸法覆工のように、材料の連結等で安定を確保する構造物ではない。そのため、水中の土砂が自然に安定する安息角程度を目安とした法面勾配を形成することが望ましい。

常願寺川の事例では、法面勾配を 1:3～1:4 の緩勾配で施工し、巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工法面の安定を確保している。



図 3.3.15 法面勾配 (常願寺川 右岸 7.1k)

(9) 天端被覆工

1) 使用材料

天端被覆工に使用する材料は、石材法覆工と同じく河岸防護工天端での安定を図ることができる粒径を含む材料とする。また、天端被覆工の表面についても石材法覆工と同様に、多様な石径を使用し、かみ合わせ効果が期待できるよう配慮する。

【解説】

巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の天端は、洪水が乗り上がることもあるため、石材法覆工と同様の材料を使用するものとする。

また、石同士のかみ合わせ効果を期待できる材料を使用し、石材法覆工と同様に、巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の構造的な安定を得るものとした。設計に際しては「3.3.1 (8) 石材法覆工」を参考とする。



図 3.3.16 巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工施工地点の洪水時の様子
(常願寺川右岸 11.7k、平成 24 年 7 月 7 日)

2) 天端高

天端高は、平均年最大流量時の水位を基準として設定する。

【解説】

巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工は、低水路河岸際に洗掘・侵食をもたらす洪水流を制御し、目指すべき滞筋の形成と砂州の防護を目的としていることから、天端高は、低水路の形成に支配的となる平均年最大流量程度の水位を基準として設定する。



図 3.3.17 平均年最大流量相当の出水における
巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工周辺の洪水流の状況
(常願寺川右岸 7.1k 平成 23 年 5 月)

(10) リップラップ工

1) 使用材料

リップラップ工に使用する巨石の大きさは、根石工と同じく可能な限り大きな粒径の巨石を使用することが望ましい。

また、巨石の採取が困難である場合は、巨石の代替となる二次製品を活用してもよい。

【解説】

リップラップ工に使用する材料は、強固かつ安定した根石と同規模の可能な限り大きな巨石とし、強固な構造を形成するものとする。

常願寺川の事例では、リップラップ工として使用する巨石を根石工と同様の大きさであるφ1,000mm程度としている。



図 3.3.18 リップラップ工の事例(常願寺川 右岸 11.7k)

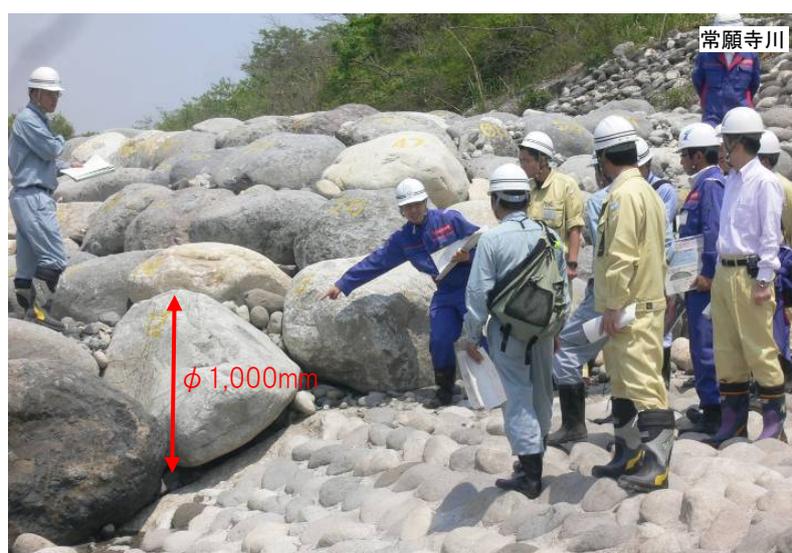


図 3.3.19 使用する巨石の大きさ(常願寺川 右岸 11.7k)

2) 適用範囲

巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の上流端は洪水時の主流に対して水衝部となるため、上流端部をリップラップ工として強固な構造を形成する。

【解説】

巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の上流端は、洪水時の主流による影響を特に受ける水衝部となる。そのため、水衝部となる上流端を一般部に比べて特に強固な構造であるリップラップ工としておかなければならない。

なお、常願寺川の事例では、リップラップ工の延長は 20m程度としている。

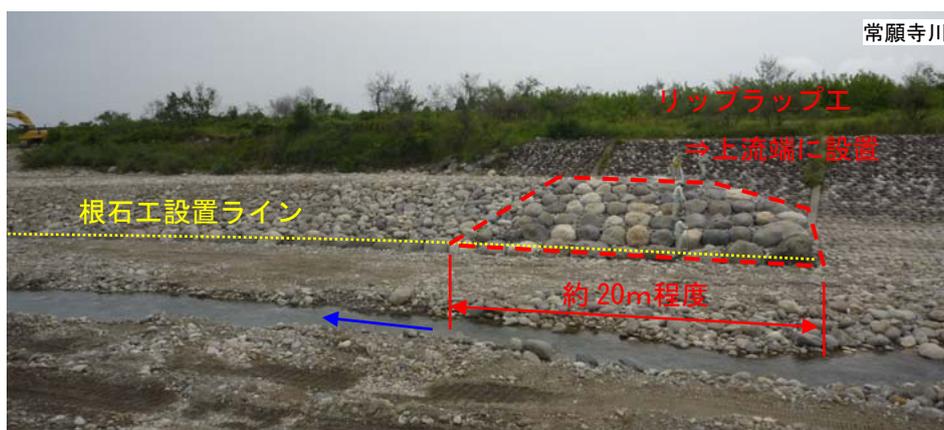


図 3.3.20 リップラップ工の事例（常願寺川 右岸 11.7k）

3) 先端部形状

リップラップ工は、洪水時に受ける流水の影響を極力低減できるように、滑らかな形状となるようにする。

【解説】

リップラップ工は洪水時の主流を直接受ける箇所となるため、先端部の形状に配慮することで洪水時の流水によるエネルギーを極力低減させることが望ましい。したがって、施工場所における河道状況や既設構造物を勘案し、可能な限り滑らかな流れを生み出す形状となるようにする。



図 3.3.21 リップラップ先端部の形状

(11) 延長

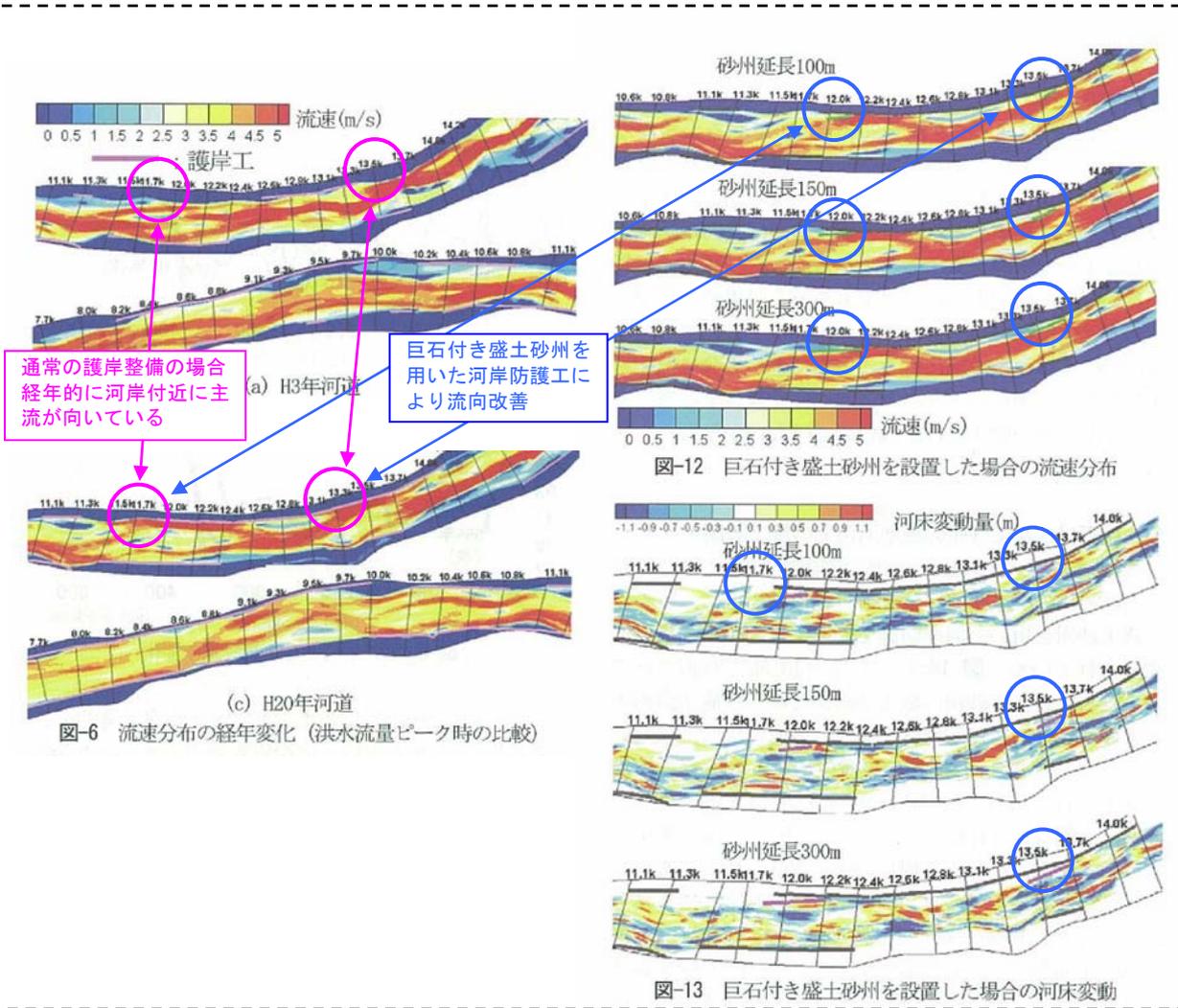
巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の延長は、水はね効果を確実に発揮できる範囲とする。

【解説】

巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工は、連続した低い水制としてふるまい、主流を滑らかに河道中央へ導く水はね効果を確保しなければならない。よって、設計延長の設定に際しては、平面二次元洪水流・河床変動解析を実施し、水はね効果を検証して設定することが望ましい。

常願寺川では、平面二次元洪水流・河床変動解析により、砂州の移動を解析にて予想している。この結果を基に、巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の延長を設定した。

常願寺川 12.0k および 13.5k 付近に砂州を設けた平面二次元洪水流・河床変動解析の事例では、100m あれば十分効果が発揮できる結果を得ている(河川技術論文集 第 18 巻、p227-232、2012)。ただし、不確定要素もあるため、150m を基本として設定している。



(河川技術論文集 第 18 巻、p227-232、2012)

平面二次元洪水流・河床変動解析の実施が困難である場合は、「3.2.3 全体計画の検討」や「(3) 平面形」から設定した法線と設計区間近傍における既設水制の諸元（水制長）を参考に設置延長を目安として算出してもよい。以下に、法線と既設水制長に基づいた巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の設定手順を示す。

- ① 巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の法線を設定する
（「3.2.3 全体計画の検討」、「(3) 平面形」にて実施）
↓
- ② 近傍での既設水制の水制長を調査する
↓
- ③ 河岸防護工の法線と既設水制の水制長の交点までを巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の設置延長とする（図 3.3.22 参考）

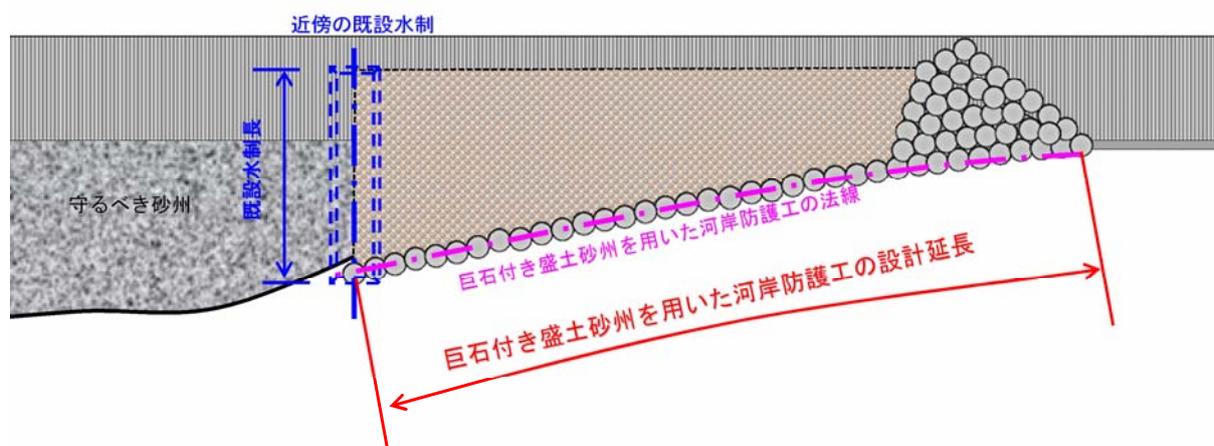


図 3.3.22 法線と既設水制長から設定する延長の考え方

3.3.2 巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の施工

(1) 施工方法

1) 施工手順

巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の標準的な施工手順は、以下の手順となる。

- ① 瀬替工
- ② 水替工
- ③ 巨石採取
- ④ 根石工
- ⑤ 中詰盛土工、石材法覆工
- ⑥ 天端被覆工
- ⑦ リップラップ工
- ⑧ 法面整形

【解説】

巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の標準的な施工手順を示した。この施工手順を図 3.3.23 に示す。なお、実際の施工に際しては、設置個所の現場条件を考慮し、各設置場所で施工可能な手順で実施すればよい。

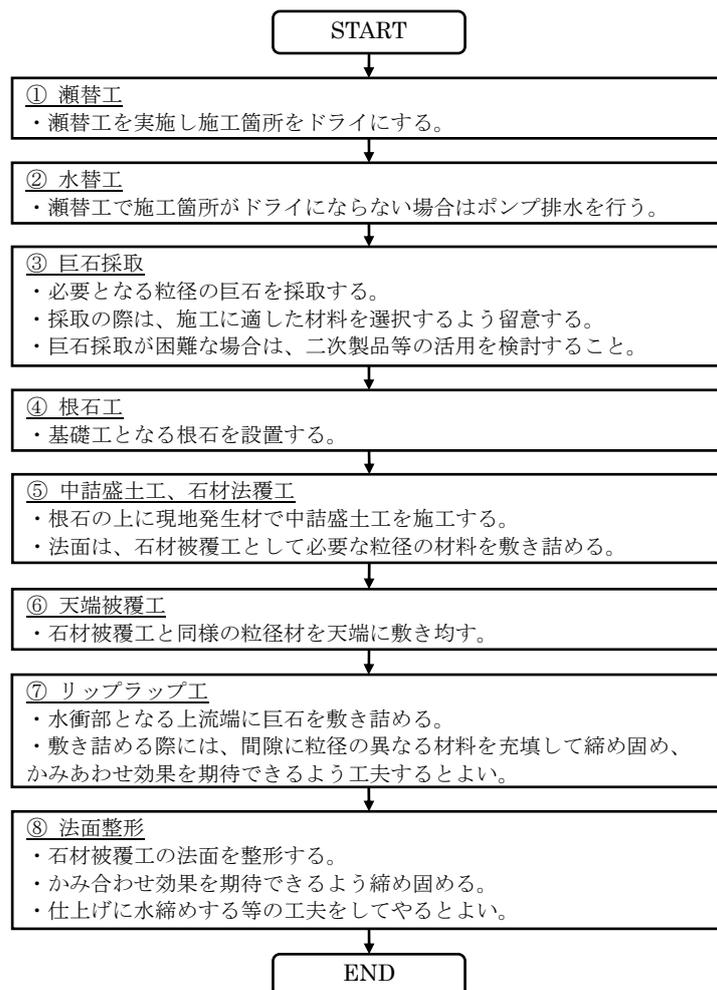


図 3.3.23 巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の施工手順

2) 使用重機

使用重機は、使用材料や現場条件を勘案し、適宜設定する。

【解説】

巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の施工は、盛土や掘削、法面整形といった一般的な工種で施工することができる。そのため、特殊な施工方法や重機を使用する必要はない。図 3.3.24 から図 3.3.28 に実際の施工状況を示した。

常願寺川で実際に施工した例をとると、バックホウとダンプトラックにて一連の工事を実施している。以下に施工した際の機械編成例を示した。これに限らず、使用する施工機械は現場条件に即して、適切な機械を使用する。

表 3.3.1 使用機械の一覧（常願寺川での例）

施工機械	諸元
バックホウ	排気ガス対策型（第2次基準値） クローラ型（法面バケット込） 山積 1.2m ³ （平積 1.0m ³ ）
ダンプトラック	4t 積

【施工手順④根石工】



図 3.3.24 根石工施工状況

【施工手順⑤中詰盛土工、石材法覆工】



図 3.3.25 法面施工状況（中詰盛土工の法面形成時）

【施工手順⑦リップラップ工】

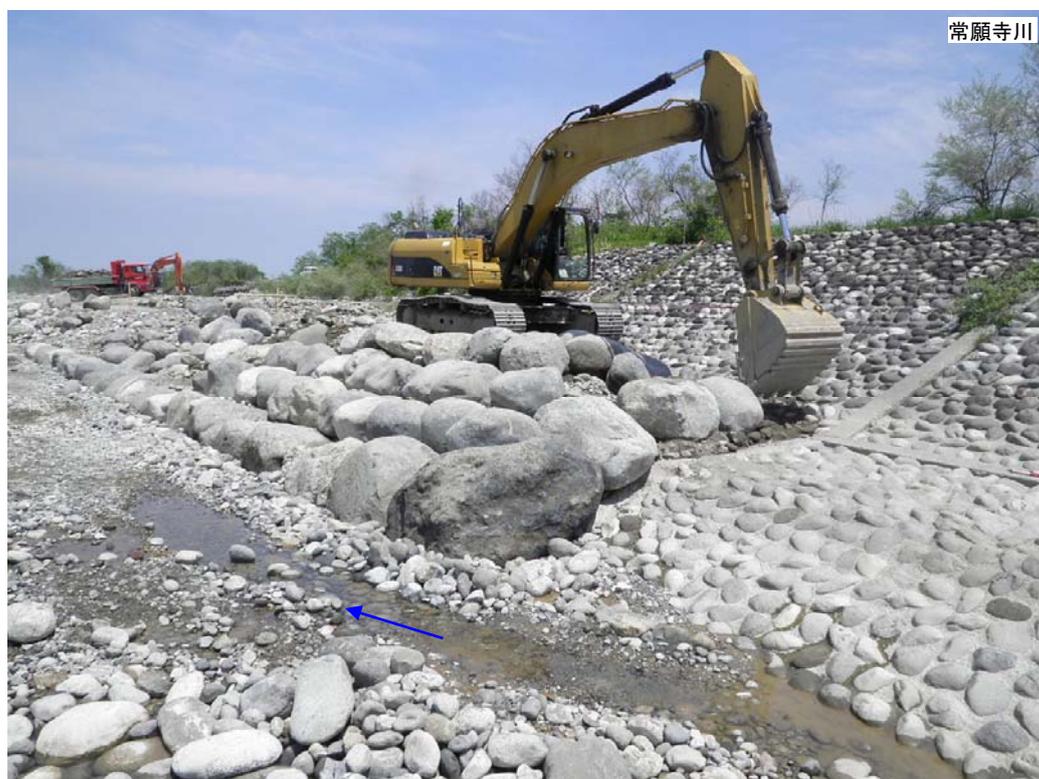


図 3.3.26 リップラップ工施工状況

【施工手順⑧法面整形】



図 3.3.27 法面整形状況

【完成後（通水後）】



図 3.3.28 通水後の巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工設置状況

(2) 施工における留意点

1) かみ合わせ効果の確保

根石や石材法覆工および天端被覆工の施工時には、空隙を充填できるように配慮し、かみ合わせ効果が得られるよう配慮するものとする。

【解説】

根石は粒径が大きく、根入れを十分に確保しても隣接する根石同士の形状の差から空隙が発生する。多様な粒径の材料を使用している被覆でも石同士の間には空隙が発生するので、かみ合わせ効果を期待するためには空隙を減少させるように配慮する必要がある。

空隙を減少させるためには、現地発生土を根石および被覆施工後に充填させる、施工後に水締めを行う等の方法がある。また、根石工やリップラップ工などの巨石同士の隙間にも、粒径が異なる石材を間詰めすることでかみ合わせ効果を発揮できるように工夫するとよい。



図 3.3.29 石材法覆工の間詰め施工状況



図 3.3.30 リップラップ工の間詰め状況

2) 下流端処理

巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の下流端は、洪水流により侵食されても上流部へ影響しないように可能な限り緩やかな勾配にてすりつけることが望ましい。

【解説】

巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工は、主流を滑らかに河道中央へ導くことが目的であるため、下流端で主流による影響を強く受けることはない。しかしながら、平均年最大流量相当水位以上に達した流量が流下した場合には、落込み流が発生して下流端を侵食する恐れがある。

したがって、下流端はできる限り緩やかな勾配にて現地盤とすりつけるよう配慮するものとする。この際、下流側への法面勾配は、極力緩勾配とするほうがよいと考えられるが、実際の出水後の形状を確認して反映することが望ましい。

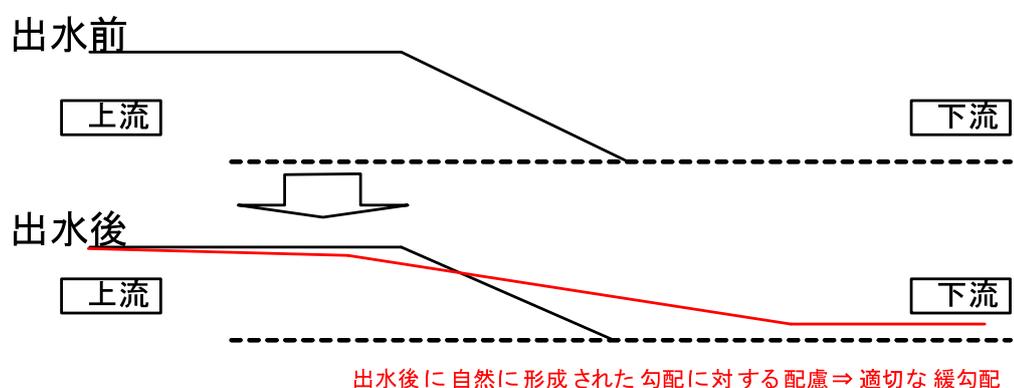


図 3.3.31 下流端の法面勾配に対する配慮

3.4 維持管理編

3.4.1 維持管理の考え方

巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の維持管理は、従来の河岸防護工と同様に河道や施設の状態把握を行い、その結果に応じて対策を実施することを基本とする。なお、本工法はある程度の変形を許容するという大きな長所をもっており、変形したとしても、単に原型復旧するという方法ではなく、残存する素材（群体）の機能を最大限活かしながら、自然石を積み増し補強するような対応が望まれる。

また、新たな河岸防護工単体の維持管理という視点に加え、是正された滞筋が河道内の砂利採取や工事等で大きく変化させることがないように河道全体をみた維持管理の視点が重要である。

【解説】

維持管理の考え方は、河川砂防技術基準（維持管理編）でも示されているように、時期に応じた点検（モニタリング）により、施設に求められる機能が維持されているか把握し、変状の状態が明らかに所要の機能に重大な支障が生じると判断する場合には、必要な対策を実施するものとする。

機能に支障を及ぼす変状の度合いについては、現時点で定量的に定めることは困難であり、今後のモニタリング等によって得られる知見を蓄積し検討していくものとするが、巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工は、フレキシブルな構造であり、洪水時にある程度の変形を許容した構造であることから、群体として機能が維持できていれば、河岸防護工としての機能は確保される点に留意する必要がある。

なお、常願寺川で施工済みの巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の施工後に発生した洪水による変形状況を図 3.4.1 に示す。洪水により細粒分が流出したが巨石自体の流出はなく、若干の変形はみられるものの、群体として維持されており、所要の機能は確保されている。

また、環境面の配慮について、本工法は現地材料を用いた構造であり、もともと自然性は高いが、設置される水際部は生物の多様な生息環境であること等に鑑み、補修を行う際には可能な限り自然環境に配慮するものとする。

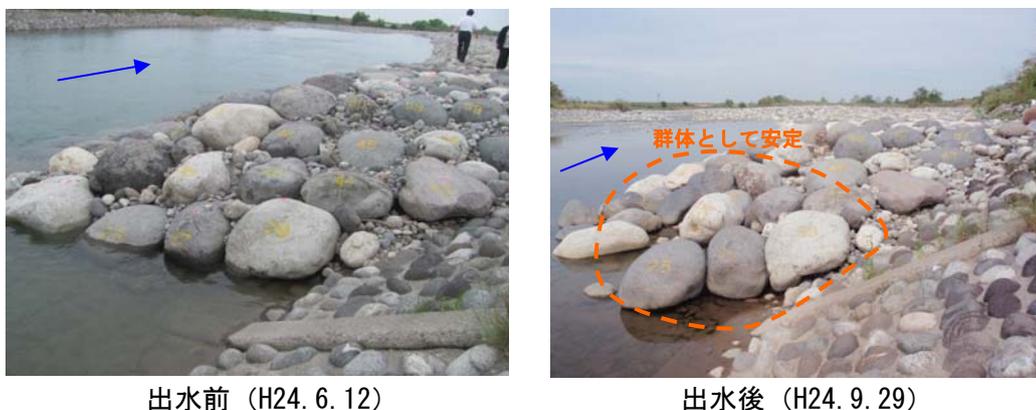


図 3.4.1 巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の変形状況（リップラップ工）

3.4.2 モニタリング

巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の完成後は、モニタリングを実施し河岸防護工の効果を評価し、必要に応じて設計・計画にフィードバックするものとする。

【解説】

モニタリングにより対策工が目的の効果を発揮したか、また、機能を維持しているかどうかの監視、評価を行うものとし、必要に応じて設計・計画にフィードバックするものとする。

河岸防護工が目的の機能を発揮しているかどうかについては、定点撮影や測量、計測機器等に基づく監視を十分に行い、この結果を基に対策工の機能の評価を行うことが重要となる。

対策工の主な機能とは、表 3.4.1 に示す、①洪水時に主流を河道中央に寄せる機能、②河岸の侵食、洗掘の軽減機能であり、①については施工箇所だけでなく、施工に伴う対岸への影響や河川全体として目標とした滑らかな滯筋の形成状況についても確認する。

モニタリングは、その目的によって実施の時期や項目が異なってくるため、以下を基本とし、適切なモニタリング計画を立案する。なお、モニタリング計画は、適宜見直し、更新を図るものとする。

表 3.4.1 モニタリングの目的、実施時期、実施項目

目的		調査内容	調査時期	実施項目 (案)
効果の把握	①洪水時に主流を河道中央に寄せる機能	主流の位置、水衝部の位置の把握	出水時	定点監視 (目視、カメラ、ビデオ)
		砂州の変化、滯筋の変化の把握	出水後	測量、航空写真
	②河岸の侵食、洗掘の軽減機能	河岸の侵食、洗掘状況 (出水後) の把握	出水時	定点監視 (目視、カメラ、ビデオ)
			出水後	測量
解析、計画見直しのためのデータ蓄積	流速、流量、水位、粒径の変化の把握	出水時	定点監視 (目視、カメラ、ビデオ)、水位計による縦断的な水面形、ビデオ分析による流速推定等	
		出水後	河床材料、河道縦横断面形	

以下、常願寺川右岸 11.7k、及び右岸 13.5k の巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工施工箇所における出水時及び出水後のモニタリング調査結果の事例を示す。

モニタリングの目的

- ① 出水時の流向把握：主流は河岸から滑らかに離す効果が発揮されているか。
- ② 出水後の変動状況：巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の機能は維持されているか。

モニタリング結果

【出水時の状況】

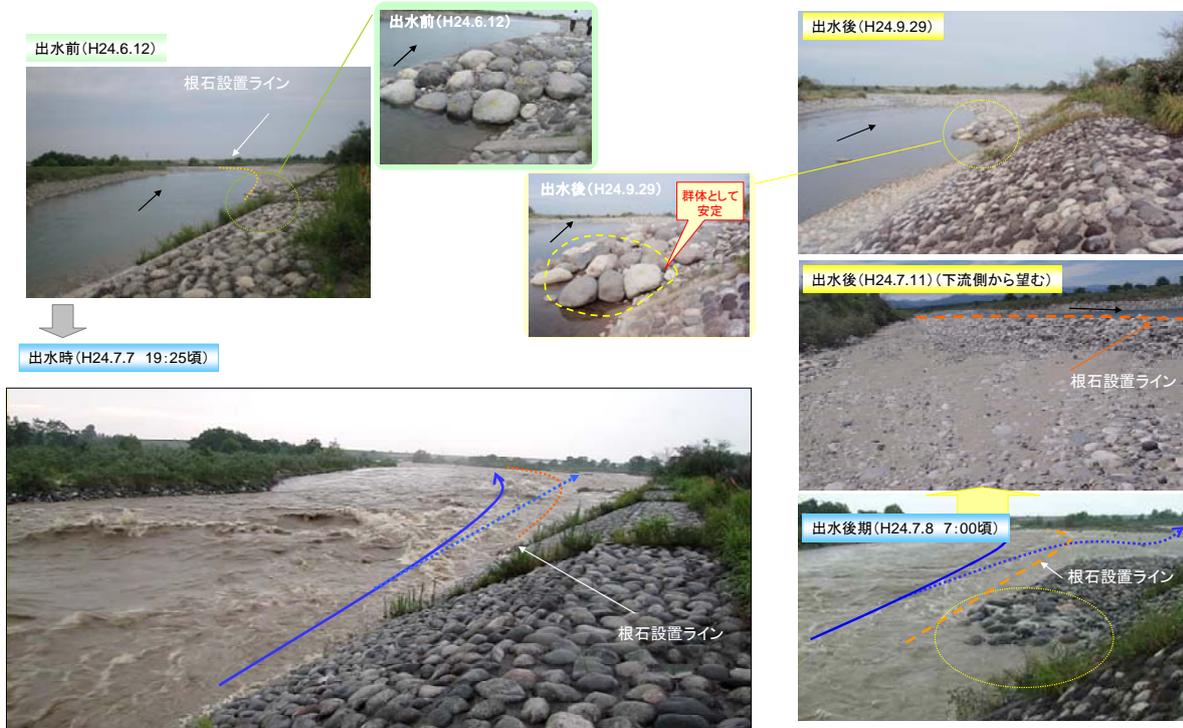
- ① 巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工天端の上を洪水が流下したが、流れの主流は河道中央に発生している事が確認された。

→ 主流を河岸から離す効果は発揮されている。

【出水後の状況】

- ② 天端被覆工の流出がみられたが、根石設置ラインに大きな変状は見られず、群体としては安定していた。

→ 巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の機能は維持されている。



H24.7.7出水前後の状況(瓶岩440m³/s)

図 3.4.2 出水前・出水時・出水後のモニタリング結果

モニタリングの目的

- ・ 出水時の水位変化の把握

モニタリング結果

- ・ 先端部で約19時間、中央部で約38時間冠水していた。下流端は冠水していない。
- ・ 最大水深は、先端部で1.03m、中央部で0.99m。

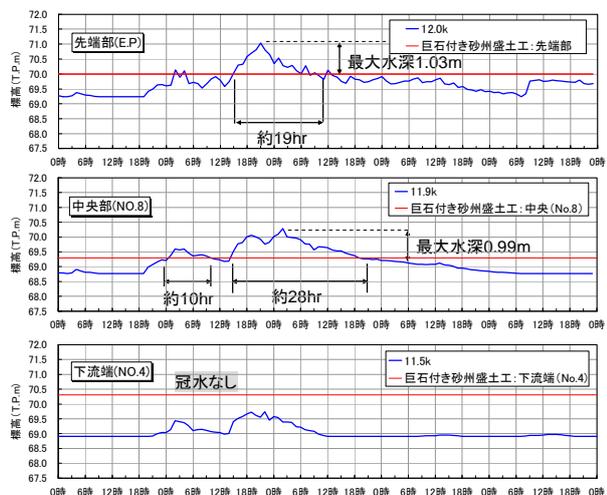
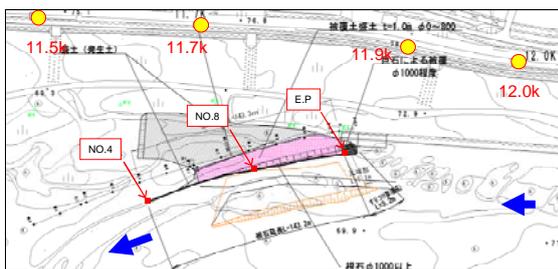


図 3.4.3 簡易水位計による出水時の水位変化

3.4.3 計画・設計の評価・見直し

モニタリング結果に基づく分析・解析により河岸防護工の計画・設計条件を評価し、必要に応じて配置計画、適用条件、構造、材質等の見直しを行う。

【解説】

計画・設計段階において予測できる事象には限界があるため、対策工実施後のモニタリングにより明らかとなった事象を踏まえ計画・設計の安定性、見直し等について検討・評価を行うことが重要である。

経年的に発生した洪水流に対して、河岸防護工がどのように応答し、どのような効果があったのかをデータと解析を通じて解明し、河道の評価や河道の変化予測に活かしていく。

なお、本手引きについては、今後のモニタリング結果等によって得られる新たな知見を加えるとともに、北陸急流河川研究会という体制の中で継続的に技術研鑽を図り、改定していくものである。

○手引きの基礎となる文献一覧
 (基礎研究、試験施工等に携わったメンバー)

1	黒田 勇一、福岡 捷二、 山本 輝、吉田 和弘、 井内 拓馬	礫床河川の滞筋形成機構と河床粒度分布特性	河川技術論文集 第11巻	2005
2	福岡 捷二、山崎 憲人、 黒田 勇一、井内 拓馬、 渡邊 明英	急流河川の河床変動機構と破堤による氾濫流量算定法の調査研究	河川技術論文集 第12巻	2006
3	山崎 憲人、寺沢 直樹、 福岡 捷二	巨石を含む広い礫径分布を有する礫床河川における粒度分布調査手法	河川技術論文集 第13巻	2007
4	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	2007
5	福岡 捷二、寺沢 直樹、 山崎 憲人、塚本 洋祐	巨石を有する礫床河川の水理	河川技術論文集 第13巻	2007
6	塚本 洋祐、福岡 捷二、 須賀 正志、澤原 和哉、 長田 健吾	石礫河川の粒度分布特性と安定河道形状	河川技術論文集 第14巻	2008
7	長田 健吾、福岡 捷二	石礫河川の土砂移動機構に着目した1次元河床変動解析法の開発	水工学論文集 第52巻	2008
8	福岡 捷二、長田 健吾、 安部 友則	石礫河川の河床安定に果たす石の役割	水工学論文集 第52巻	2008
9	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14巻	2008
10	須賀 正志、前嶋 達也、 藤本 昌利、長田 健吾、 福岡 捷二	滞筋化・低下した石礫河川の河床高回復技術の開発研究	河川技術論文集 第15巻	2009
11	長田 健吾、福岡 捷二	石礫蛇行河川の二次元河床変動解析法に関する研究	河川技術論文集 第15巻	2009
12	藤本 昌利、大熊 義史、 畠中 泰彦、福岡 捷二	急流河川における高水敷上の自然段差を利用した堤防侵食対策工法の検討	河川技術論文集 第16巻	2010
13	曾山 和宏、大熊 義史、 畠中 泰彦、浅野 文典、 福岡 捷二	河川の掃流砂量の測定と掃流砂量観測技術・評価技術に関する研究	河川技術論文集 第17巻	2011
14	小池田 真介、石井 陽、 岩井 久、石川 俊之、 福岡 捷二	水衝部対策工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
15	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
16	長田 健吾、福岡 捷二	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B 1	2012
17	輿石 大、内田 龍彦、 長谷川 賢市、内藤 ゆう子、 福岡 捷二	ADCPを用いた局所流計測法の開発と堤防際の水衝部流れへの適用	河川技術論文集 第18巻	2012
18	輿石 大、内田 龍彦、 福岡 捷二	護岸水衝部における三次元流れと河床形状の観測法と解析法の開発	水工学論文集 第57巻	2013

○新たな河岸防護技術を含めた急流河川全般に係わる指導

中央大学研究開発機構

福岡 捷二 教授

○本手引き作成に携わった職員

北陸地方整備局

河川部	田所 正	河川部長
	中平 善伸	河川調査官
河川計画課	村山 英俊	河川計画課長
	森田 賢治	課長補佐
	澤原 和哉	河川環境係長
河川管理課	長谷川 賢市	課長補佐

富山河川国道事務所

	氏家 清彦	事務所長
	石川 俊之	副所長
調査第一課	石井 陽	調査第一課長
	今井 克治	河川調査係長
	岩井 久	国土交通技官

○「巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工」の現地施工に携わった職員

富山河川国道事務所

上滝出張所	内堀 伸吾	出張所長
	桶谷 優	技術係長
三郷出張所	大島 真理	技術係長

○北陸急流河川研究会（平成21年2月設立）

中央大学研究開発機構

福岡 捷二 教授（座長）

北陸地方整備局 河川部

阿賀川河川事務所

高田河川国道事務所

黒部河川事務所

富山河川国道事務所

金沢河川国道事務所

■本手引きに関するお問い合わせやご要望は下記まで
北陸急流河川研究会 事務局
北陸地方整備局 河川部 河川計画課
直通 025-280-8958 FAX 025-370-6796

■本手引きは、下記アドレスからもダウンロードできます
<http://www.hrr.mlit.go.jp/river/gsiryo/index.html>