

# 「巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工」の 巨石に代わる二次製品の開発

THE DEVELOPMENT OF SECONDARY PRODUCTS AS A SUBSTITUTION FOR  
BOULDERS OF "SANDBARS WITH BOULDERS" IN STONY RIVERS

工藤裕之<sup>1</sup>・石井陽<sup>2</sup>・松井渉<sup>3</sup>・丸山和基<sup>4</sup>・福岡捷二<sup>5</sup>

Hiroyuki KUDOU, Akira ISII, Wataru MATUI, Kazuki MARUYAMA and Shoji FUKUOKA

<sup>1</sup>非会員 国土交通省北陸地方整備局 河川部 河川計画課 河川環境係長  
(〒950-8801 新潟県新潟市中央区美咲町1-1-1)

<sup>2</sup>非会員 下関市 都市整備部 次長  
(元 国土交通省北陸地方整備局 河川部 河川計画課長) (〒750-8521 山口県下関市南部町1-1)

<sup>3</sup>非会員 国土交通省北陸地方整備局 企画部 技術管理課 技術検査官  
(元 北陸技術事務所 技術情報管理官) (〒950-8801 新潟県新潟市中央区美咲町1-1-1)

<sup>4</sup>非会員 国土交通省北陸地方整備局 河川部 河川計画課長  
(元 富山河川国道事務所 調査第一課長) (〒950-8801 新潟県新潟市中央区美咲町1-1-1)

<sup>5</sup>フェロー Ph. D 工博 中央大学研究開発機構教授 (〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27)

The new technology using sandbars with boulders for bank protection have been developed and applied in the Jyoganji river. These protection works have been found to contribute significantly to the stabilization of riverbed and banks against floods and river environments. On the other hand, it is difficult to use sandbars with boulders in some rivers where there are no boulders. Therefore, we need to develop secondary products useful for a substitution of boulders

This paper presents different kinds of secondary products developed for the bank protection in place of boulders and the results of field investigations monitoring their functional advantages and disadvantages in the Jyoganji river .

**Key Words :** sandbars with boulders ,secondary product, bank erosion, monitoring, stony river, Jyoganji river

## 1. はじめに

洪水流を滑らかに河道中央に導き、それにより河岸を洗掘・侵食から防護する新たな急流河川工法として「巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工」<sup>1)~4)</sup>が開発され、常願寺川をはじめとする各河川で、今後の治水対策としての期待がもたれている(図-1)。しかしながら、本工法は巨石と砂州が一体となった構造(図-2)であり、この工法を巨石の確保が困難な河川でも大きく展開していくには、巨石に代わる「二次製品」の開発・活用が必要である。



図-1 「巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工」全景

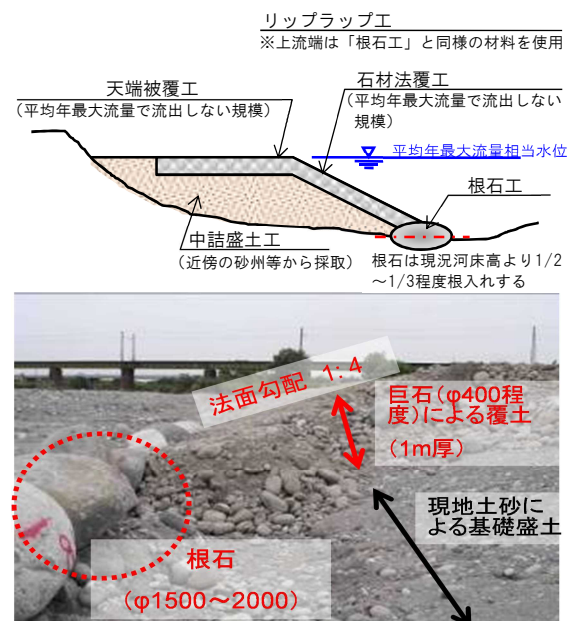


図-2 「巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工」構造

本報告では巨石に代わる「二次製品」の検討、開発、現地試験施工を行い、モニタリング結果の状況報告を行うとともに、「巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工」として必要な機能が確保されるかその効果検証を行った。

## 2. 二次製品に求められる性能

「巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工」は巨石の重量とかみ合わせ効果で洗掘を抑え砂州の形状を維持する柔軟で変形を許容する工法である。現地河床材料を使用することを基本とするため自然性が高く、洪水流を滑らかに河道の中央に導き、河岸を洗掘・侵食から防護する工法であることから、本工法の巨石の代替えとして製作する製品（以下 二次製品）に求められる性能は次に示すとおりである。

### ■二次製品に求められる性能

- ・かみ合わせ効果が期待できる形状や施工性、流水に対する安定性が高い
- ・現地の比較的大きな自然石と一体的な構造として利用できる
- ・摩耗や転石の衝撃荷重や、流れの揚圧力など急流河川の外力条件に対応可能で更に重量を持ち合わせている



## 3. 二次製品の開発・試験施工

二次製品の開発にあたっては、現地の自然石を用いることを基本として、「自然石+袋詰めネット」と「自然石+コンクリート」の2タイプ（表-1）を考案し、試作した。また、試作品については盛土付き砂州を用いた河岸防護工の施工現場の一部において試験施工することとした（図-3）。

### （1）自然石+袋詰めネット

網状の袋（ネット）に、現地の自然石を詰め込んで製作するため、屈撓性やかみ合わせ効果が期待で

表-1 考案した二次製品（案）

案1: 自然石+袋詰めネット	案2: 自然石+コンクリート
	 現地発生材（玉石） 高流動セメント
●袋形状に現地材を中詰材として投入する工法 →耐摩耗性（洪水時の転石による袋の破断と中詰材の流出）が課題	●現地材を袋に詰めた後、流動性の高いコンクリートを充填し、一体化させることで強度の高い改良材を構築する工法 →洗掘に対する追従性、コンクリートの耐摩耗性・強度が課題
※急流河川では玉石が入手しやすいことから、現地材として適用	

きるものであるが、袋（ネット）が洪水時の転石により破断し中詰め石が流出する恐れがあることから、①袋（ネット）を2枚重ねにした2重構造、②線径を2倍にした太径構造、③更に線径を2倍にした極太径構造、という線径の太さを変えた3タイプにて砂州盛土部の側面に設置（図-4）し、洪水時の安定性の経過観察のモニタリングを行った。

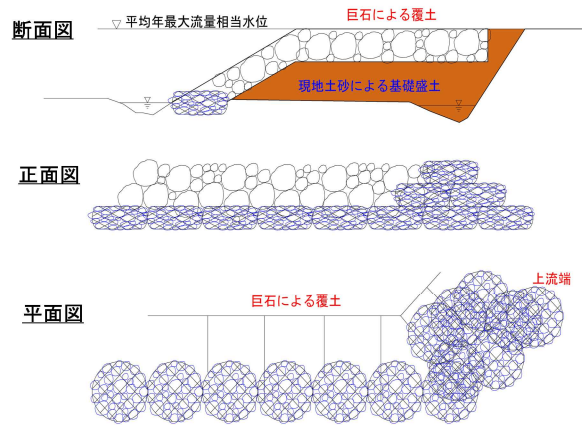


図-3 巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工における二次製品の配置イメージ

- 【摩耗および衝撃による袋材の強度向上】  
①袋材の2重構造（既存製品の2枚重ね）  
②袋材の太径構造（大型袋詰根固め用）  
③極太タイプ（特殊製品として、極太径を採用）

	二重タイプ	太径タイプ	極太径タイプ
袋材使用	3t型×2重	8t型	8t型
線の径	2mm	4mm	8mm
網目	25mm	75mm	50mm
材質	再生ポリエステルラッセル網		
編地仕様	1670dtex×15本 (1重当たり)	1670dtex×72本	1670dtex×128本
編地強度	650N/本以上	2500N/本以上	4000N/本以上

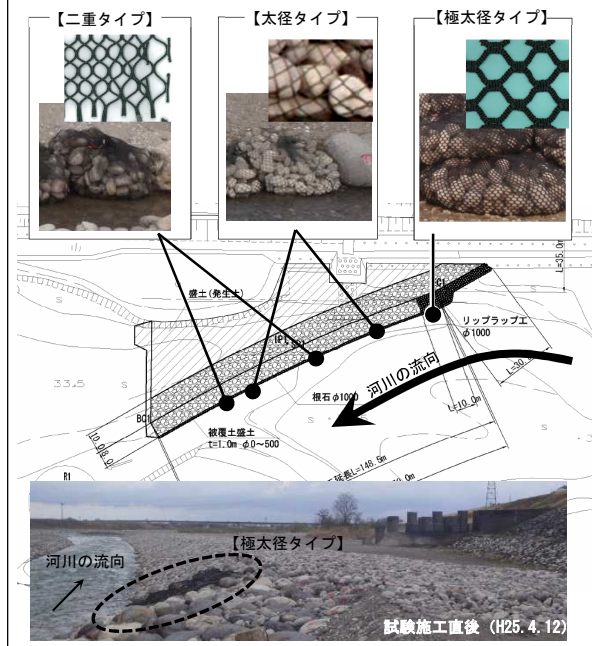


図-4 自然石+袋詰めネットの製作・試験施工





**袋詰め玉石**  
 (現地発生材篩い分け、単一粒径)  
 重量(空中) $W_{1a}$ :2,974kg  
 重量(水中) $W_{1aw}$ :1,798kg  
 体積 $V_{1a}$ :2.90m<sup>3</sup>  
 密度(空中) $W_{1a}/V_{1a}$ :1.03t/m<sup>3</sup>  
 比重(水中) $W_{1aw}/V_{1a}$ :0.62



**袋詰め玉石**  
 (現地発生材、混合粒径)  
 重量(空中) $W_{1b}$ :3,698kg  
 重量(水中) $W_{1bw}$ :2,210kg  
 体積 $V_{1a}$ :2.90m<sup>3</sup>  
 密度(空中) $W_{1b}/V_{1a}$ :1.28t/m<sup>3</sup>  
 比重(水中) $W_{1bw}/V_{1a}$ :0.76



**巨石**  
 重量(空中) $W_2$ :1,884kg  
 重量(水中) $W_{2w}$ :1,176kg  
 体積 $V_{2A}$ :0.594m<sup>3</sup>  
 密度(空中) $W_2/V_{2A}$ :3.17 t/m<sup>3</sup>  
 比重(水中) $W_{2w}/V_{2w}$ :1.98

図-5 自然石+袋詰めネットの比重測定

また、水中での安定性を保つためには水流に対する耐性として水中での見かけの比重が重要となるが、自然石+袋詰めネットのタイプは空隙が多いため、比重が巨石と比較してどれくらいの差となるのか測定した(図-5)。

その結果、水中比重は巨石の1/2~1/3程度であった。よって、自然石+袋詰めネットは巨石に対して耐力に劣り、出水時に流出してしまう可能性がある。そのため、モニタリングは主に袋(ネット)の耐久性の他、自然石+袋詰めネットそのものが流出しないかも注目しながら実施することとした。

## (2) 自然石+コンクリート

巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工では、大きめの巨石を用いたリップラップ部及び砂州盛土部の側面の根石を設置することから、大型土のう袋に現地の自然石と高流動コンクリートを充填して製作したものを現地に設置し、モニタリングを行った。

自然石+コンクリートの二次製品の製作にあたっては、①根石等で用いている巨石と同規模の大きさのもの、②根石等で用いている巨石と同規模の重量のもの、③試験施工用として根石等で用いている巨石の1.5倍程度の重量のもの、の3タイプ(表-2)を用いて、①はリップラップ部、②と③を砂州盛土部の側面の根石部に設置した(図-6)。

また、製作した二次製品のコンクリートの充填状況を確認するため、試験体をカットして内面の確認を行った(図-7)。その結果、すべてのタイプにおいて内部に空洞が確認された。これは、自然石を型枠に先に投入してから高流動コンクリートを充填し製作したが、自然石が中詰めされている状況ではバイブレーターが試験体中に入らず使用できなかったことや、自然石間の空隙が多様で、高流動コンクリートが空隙全てには流れ込めなかったことが原因

表-2 自然石+コンクリートの二次製品諸元

製品寸法	重量	設計根拠
内径1.5m×高0.51m	2.3t	リップラップ部に設置。高さを抑え、段積みで施工
内径1.2m×高1.04m	3.0t	既に設置されている(右岸11.7k)内径1.3m相当の巨石重量。9.1kの防護工根石と同重量
内径1.5m×高0.99m	4.5t	二次製品の試験施工用として、必要重量の1.5倍を採用

上段半分  
下段半分

■ 施工は高流動コンクリートの充填を図るため、上下段の2段階に分けて実施

■ 施工手順は中詰め石投入 → 高流動コンクリート打設

①鋼製型枠・袋材設置

②中詰め石投入(H=0.5m程度、約半分)

③高流動コンクリート打設(約半分)

④中詰め石再投入(天端まで)

⑤高流動コンクリート打設(天端まで)

⑥天端仕上げ(石を表面に露出させる)

H26.7.9撮影

3t(φ1200×H1040)タイプ  
N=6個

4.5t(φ1500×H990)タイプ  
N=6個

2.3t(φ1500×H510)タイプ  
N=20個(段積み)

二次製品使用 φ1200(3t): 半6個  
二次製品使用 φ1500(4.5t): N=6個  
二次製品使用 φ1500(2.3t): 半6個

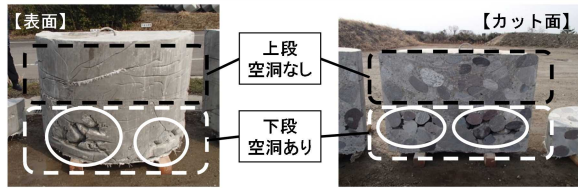
※根入れは、製品高さの1/2根入れした。ただし、リップラップ部で用いた製品は高さが低いため、最下段は全高根入れさせた。

図-6 自然石+コンクリートの製作・試験施工

と考えられる。よって、コンクリートを隅々まで充填化するための改善点としては、先にコンクリートを型枠内に必要量打設した後に自然石を投入する方法や、コンクリート打設後に型枠の外側からバイブレーターを使用する方法をとることがあげられる。

【カット試験の結果】

- ・すべての製品において、空洞を確認
- ・空洞はほぼすべて下側(1回目打設時)に発生
- ・上側(2回目打設時)は空洞は見られない



【強度試験結果】

- ・充填されたコンクリート強度は約45N/mm<sup>2</sup>
- ・通常のブロック強度(24N/mm<sup>2</sup>)より大きく、石材(硬石49N/mm<sup>2</sup>以上)と同程度

【重量試験結果】

- ・石材(比重2.65)60%、コンクリート40%(比重2.30)の配合とし、製品比重は2.50と計画
- ・一部空洞はあるが、比重は設計どおりであり、ネット+玉石タイプ(比重1.3)に比べても十分大きい

製品寸法	設計重量	計測重量	比重
内径1.5m×高0.51m	2.3t	2.24t	2.49
内径1.2m×高1.04m	3.0t	2.92t	2.49
内径1.5m×高0.99m	4.5t	4.36t	2.49

図-7 自然石+コンクリートの強度試験結果

4. 経過観察・モニタリング結果

(1) 自然石+袋詰めネット

設置後発生した規模の異なる洪水に対し、一番太い線径(極太)のものは特段の損傷や移動は認められず、群体として機能を発揮していた。2重構造のもの及び太径のものは破断が見られ、急流河川での製品としての耐久性は乏しいことが分かった(図-8)。

(2) 自然石+コンクリート

設置後発生した洪水に対し、本工法は群体として機能は発揮していたものの、一部移動が見られた。一方、同一箇所の根石に使用した自然の巨石は移動しておらず安定していた(図-9)。これより、自然石+コンクリートについては、より自然石に近い安定性やかみ合わせ効果が期待できるとし、安定性の面から楕円体に近い形状が望ましいことが分かった。

5. おわりに

二次製品の開発のため、自然石+袋詰めネットについては今後も引き続き素材の長期的な耐用性、群体としての安定性を観察し、有用性を評価する。自然石+コンクリートについては、規模の異なる洪水に対し楕円体群体としての安定性を観察し、評価する。更に、前面の水衝部にも適用可能な、より重い自然石+コンクリートの開発を行うことで、二次製品の開発による巨石付き河岸防護工の展開を図る。



図-8 自然石+袋詰めネットのモニタリング結果

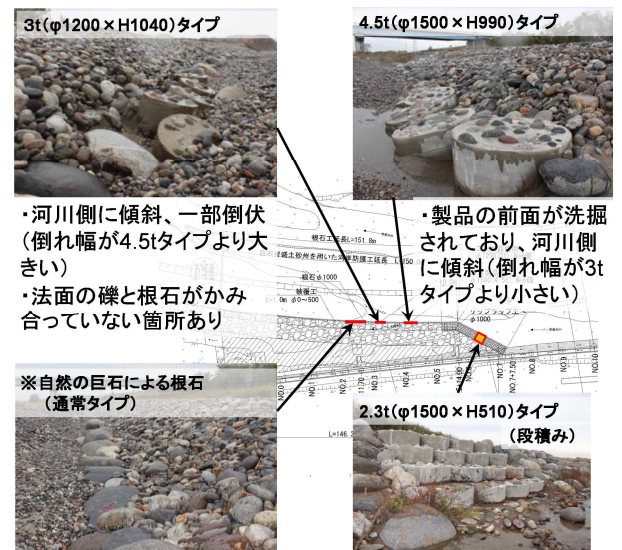


図-9 自然石+コンクリートのモニタリング結果

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)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.

(2015. 4. 3受付)