

多摩川の特性を踏まえた 帯工袖部の侵食対策について ～袋詰め根固めの構造や施工手法の工夫～

佐久間 清和

関東地方整備局 京浜河川事務所 調査課 (〒230-0051 神奈川県横浜市鶴見区鶴見中央2-18-1)

多摩川の中流部に位置する多摩大橋周辺では、滯筋（低水路）が固定され、それに伴い河床低下、河岸侵食、局所洗掘が生じるとともに、高水敷の樹林化が進む河道の二極化が進行しているため、治水面及び環境面において、様々な課題が生じている。河床低下対策として、帯工を設置し河床材料の流出防止を図り、河床高の回復・維持に取り組んできている。

洪水時に発生する高速流に対し、弱部となる帯工袖部の侵食対策として、設置した袋詰玉石工が流出したため、本稿では、「流出しにくい袋詰玉石工の構造や施工手法」について報告する。

キーワード 袋詰玉石工，土丹保護，河岸侵食，施工性向上，治水と環境の調和

1. 多摩大橋周辺における課題

多摩川は、笠取山（標高1953m）に源を發し東京都の西部から南部を流下し東京湾に注ぐ、延長138km、流域面積1240km²の一級河川である。

多摩川の中流部では、河床勾配が約1/220～1/720と急なため、洪水時には高速流が発生し、河岸洗掘、河岸崩落、護岸等の被害が生じている。また、橋梁や堰などの多くの河川横断工作物が設置され、橋梁護床工や護岸基礎周辺等の河床低下は、施設の安定性の低下が危惧される。多摩大橋周辺では、滯筋（低水路）が固定され、それに伴い河床低下や局所的な洗掘が生じるとともに、高水敷の樹林化が進み河道の二極化が発生している。

(1) 治水上の課題

- ①滯筋の固定化により、土丹が露出（図-1）し、その侵食が進行したため、堤防際（水衝部）に洪水流が集中し、堤防・河岸の不安定化が懸念される。
- ②土丹層の侵食が進行したため、橋梁等の横断工作物の安定性が低下している。（図-2）
- ③滯筋の固定化及び砂州の樹林化により、洪水の流下能力が低下している。

(2) 環境上の課題

- ①滯筋の固定化により、多摩川中流域の特性である礫河原環境が減少している。
- ②高水敷の陸化の進行により、ハリエンジュ等外来種の樹木群が繁茂し、植物の多様性が減少している。
- ③陸化の進行により、湿潤環境を創出する湧出池の減少により、水生生物や水生植物群落の生息・生育場が減少している。



図-1 土丹層の露出状況



図-2 護床工の沈下状況

(3) 治水と環境の調和した河川整備

多磨大橋周辺における課題として、河道の二極化が過度に進んでいるため、自然の営力による河床高の回復や河川環境の改善は期待できず(図-3)、このまま放置すれば堤防や横断工作物の安全性は低下し続け、生態環境(礫河原、植生、湿地)の多様性も減少し続けることが危惧される。このため、治水・環境の共通課題である滞筋の固定化と深掘れを解消し、「治水と環境の調和」した川づくりに取り組んでいる。

2. 多磨大橋周辺における目標

(1) 治水上の目標

- ①滞筋の深掘箇所は是正と砂州の切り下げにより河道の二極化を解消し、堤防や護岸、横断工作物の安全性を確保する。(図-4)
- ②安定した河道の形成を図り、災害の発生を未然に防ぎ、維持管理に優れた河道を目指す。
- ③巨大樹林化した樹木を伐採、抜根することにより洪水の安全な流下を図る。(図-4)

(2) 環境上の目標

- ①滞筋の固定化を解消し、冠水頻度を上げ、礫河原の拡大を図る。(図-4、5)
- ②拡大したハリエンジュ等の樹林を伐採し、オギなどの植生が生育しやすい環境を創出する。
- ③湧出池を保全・再生し、水生生物や水生植物群落の生息・生育場となる湿潤環境を創出する。

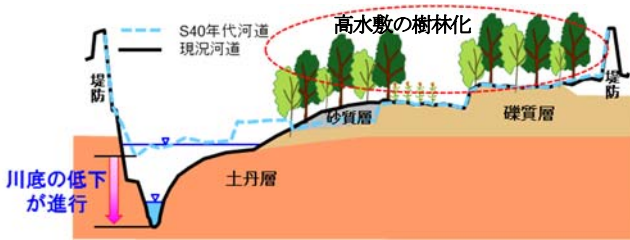


図-3 二極化した河道横断イメージ図

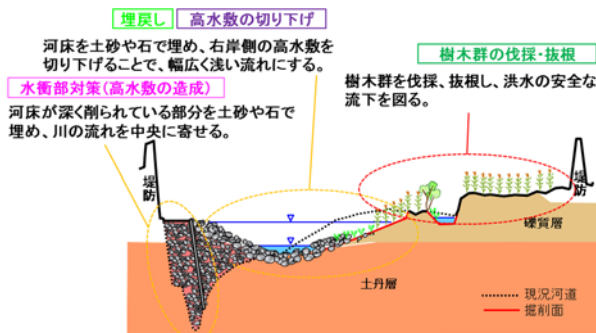


図-4 対策後の河道イメージ図

3. 河床高の維持・回復について

多磨大橋周辺において、治水・環境面への課題へ取り組んでいるが、治水上の課題である河床低下対策として適正な高さ・河床勾配となるように、河床低下により流出してしまった箇所について、礫等で埋めるとともに、帯工を設置し、礫等の移動を抑制し、河床高の回復・安定化に取り組んでいる。(図-6)

4. 袋詰玉石工について

(1) 帯工袖部の侵食対策

帯工の袖部において、侵食による迂回流が発生(図-7)したため、袋詰玉石工(4t)を用いた侵食対策を実施した。

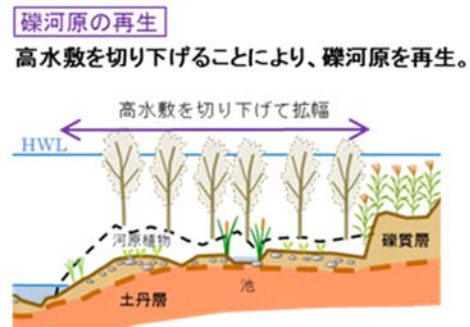


図-5 礫河原再生イメージ図

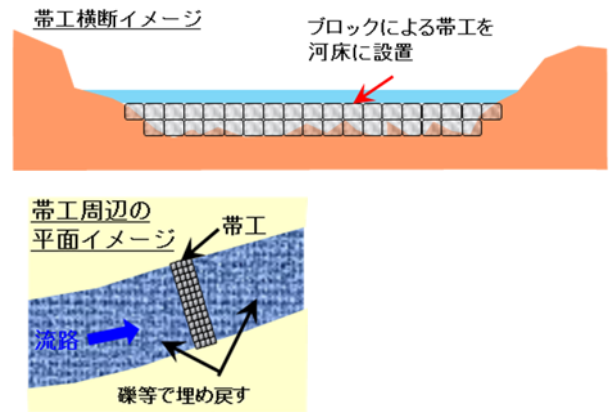


図-6 河床高の維持・回復イメージ図



図-7 帯工袖部の侵食状況

(2) 袋詰玉石工の流出状況

多摩川44.7k付近に設置した帯工袖部保護として設置した袋詰玉石工が、2017年10月出水により流出した。

洪水時に流出した袋詰玉石工の流出状況把握を、実施した結果、帯工上流側での流出は無く、特に帯工下流側の多くが20m近く流出し、現地確認として最大35mの流出が確認された。(図-8)

また、袋詰玉石工の形状として、設置時に比べ平面的に丸い形状から、流水の抵抗を受けやすい形状となっている。(図-9, 10)

このため、構造上の課題、流出要因について分析を実施した。

(3) 袋詰玉石工の流出要因分析

a) 袋内の中詰め材移動

屈撓性を有する袋詰玉石工は、地形の変化に応じた形状変異が可能であり、河岸侵食対策等として、非常に有効な工法である。

しかし、袋内部の中詰め材(石)を蜜に詰めることが難しく袋内部に大きな空隙が生じている場合には、洪水時に袋内部の中詰め材(石)が動き、その結果、流れの抵抗をより受けやすい形状となっていた。(図-11)

なお、学識者による2017年10月出水時の外力における袋内の中詰め材(石)が動きについて、安定解析を実施した結果も、同様に袋内を移動する結果が得られた¹⁾。

b) 想定流速以上の外力

2017年10月出水の近傍地点における痕跡水位調査結果は、概ね低水路満杯水位となっており、設置した袋詰玉石工の上面約1.0~2.0mまでの水位上昇となっている。

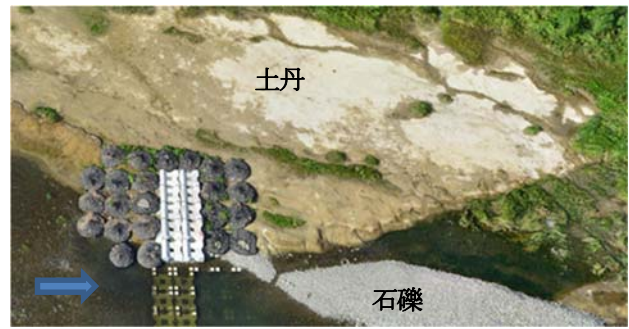
設置した袋詰玉石工(4t)の移動限界流速は、単体では約3.5m/s以下の流速であれば安定性が確保可能として設置したが、学識者による2017年10月出水の再現計算結果にて、帯工を越流する付近では、6m/s近い高速流が発生する結果が得られた¹⁾。

c) その他

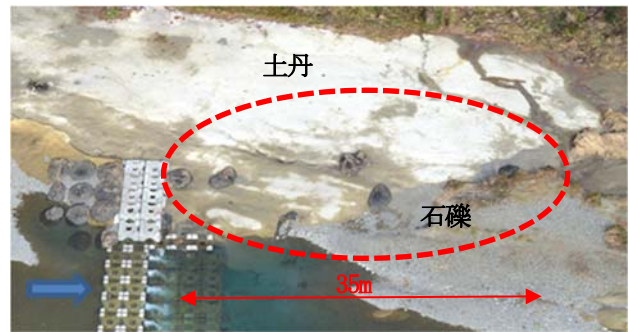
土丹面の設置となっているため、摩擦抵抗が小さいといった事も要因と考えられる。また、流出していない帯工上流側については、帯工が流出を抑える役目を果たしたこと等と思われる。以上を踏まえ、袋詰玉石工の流出防止について、袋内部の中詰め材(石)が大きな移動しない構造・移動抑制することで、袋詰玉石工の形状変異も最小限にすることが可能と考えた。



図-11 袋内の空隙



2015年8月27日撮影



2017年11月22日撮影

図-8 袋詰玉石工の流出状況比較
(上段：流出前、下段：流出後)



図-9 袋詰玉石工の変異状況

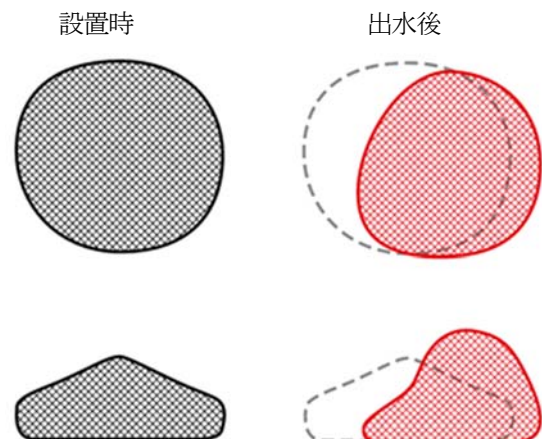


図-10 袋詰玉石工の変異イメージ図

5. 袋詰玉石工の工夫について

洪水による流出を防止するためには、袋内の中詰め材(石)移動を抑制することで、袋全体の形状変異を最小限に抑えることが最も重要であると考え、学識者の助言等を踏まえ、従来施工(4t)との比較し、中詰め材(石)を1tの小分けした場合の下記3ケースについて、試験施工を実施した。

ケース1, ケース2については、従来工法と比較して形状が立体的に丸くなり、流水の抵抗を受けやすい形状となった。そのため、箱型袋による対策を採用した。

従来工法との大きな相違点としては、中詰め材(石)を1tの小規模な袋詰玉石工4つを大袋で包み構造とすることで、中詰め材(石)の移動を小袋内で制限するため形状変異の減少・抑制される。(図-12)

(1) ケース1(案②)について

4t 円形袋+中詰めを小分け1t×4体

(2) ケース2(案③)について

6t 円形袋+中詰めを小分け1t×4体

(3) ケース3(案④)について

4t 箱型袋+中詰めを小分け1t×4体
(改良袋詰玉石工)

6. 袋詰玉石工設置について

(1) 袋詰玉石工の設置範囲

袋詰玉石工の設置範囲については、学識者による2017年10月出水の再現計算結果より、帯工から20m下流では帯工を越流する付近と比較し、流速が大きく減小し、3m/s程度まで落ち込んでいる結果が得られた¹⁾。

帯工下流側20m付近には、流出した袋詰玉石工の多く、河床には石礫が確認できることから、帯工から20m程度下流では、流速が低くなっている。(図-8)

(2) 袋詰玉石工設置の考え方

設置にあたり、土丹層については、掘削した箇所から剥離、侵食進行が危惧されるため、一切、掘削を実施しない。

また、陸上施工が可能であるため、直接、設置箇所にて、「小分けした袋詰玉石工(4t)」を設置した。

(図-13)

なお、小規模な袋詰玉石工(1t)については、中詰め材(石)の採取等が伴うため、他箇所で作成・運搬を実施した。

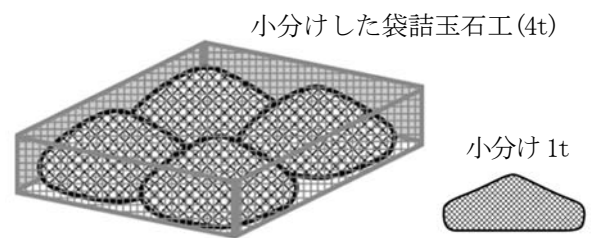


図-13 小分けした袋詰玉石工(4t)イメージ図

項目	案①		案②		案③		案④			
	4t型袋詰め玉石		4t型袋詰め玉石+1t型袋詰め玉石(4)		6t型袋詰め玉石+1t型袋詰め玉石(4)		箱型袋詰め玉石+1t型袋詰め玉石(4)			
写真	出来形									
	出来形 アングル変更									
小袋数(袋)		0		4		4		4		
出来形	測点箇所	最大高さ	最大長さ方向	最小長さ方向	最大長さ方向	最小長さ方向	中心	最大高さ	対角線	
	直径(mm)	2840	2900	2260	2960	2750	3100	3200	3960	
	高さ(mm)	790	850	850	900	950	400	510	510	

図-12 袋詰玉石工の工法比較

7. 袋詰玉石工の現地施工について

多摩川44.7k付近に設置した帯工袖部の侵食対策として実施した、「小分けした袋詰根固工」の施工状況を紹介します。(図-14)

- ①小規模な袋詰玉石工(1t)の製作・運搬
- ②袋詰玉石工(4t)の袋を設置
- ③小規模な袋詰玉石工(1t)の設置
- ④袋詰玉石工(4t)の袋の上蓋を閉じる



袋詰玉石工(4t)の袋を設置



小規模な袋詰玉石工(1t)の設置



袋詰玉石工(4t)の袋の上蓋を閉じる

図-14 現地施工状況

8. 小分けした袋詰玉石工の現地施工を終えて

施工実施後、施工者及び監督職員を対象にアンケート

調査を依頼し、施工性、望まれる工夫等について自由様式にて調査を実施した。主要意見を紹介する。

(1)良かった点について

- ・従来の袋詰玉石工(4t)の場合には、大型重機が必要となるが、小分けした1t袋の吊り上げ作業のみであった。そのため、バックホウ(クレーン機能付)での据付が可能なので施工性が良い。狭隘な作業ヤードにおいても、施工が可能となる。
- ・設置地盤にある程度の不陸があっても、繊維製品であるため設置が容易にできる。

(2)改善点について

- ・今後、設置箇所が水中部となる場合には、設置が難しいため、小分けした袋詰玉石工の完成後(4t)における吊り卸ろし等の改良が必要と思われる。

9. 今後の課題

2019年3月に現地施工を実施しているため、設置後、洪水を経験していない。今後、2017年10月出水規模相当の洪水後において、袋詰玉石工の形状変異等の状況把握及び、近傍地点において簡易水位計を用いるなど十分なモニタリングを実施し、得られた知見を踏まえ、より合理的な構造等の施工手法検討を進め、「流出しにくい袋詰玉石工」の施工手法を確立して行きたい。

また、袋詰玉石工の利点として、中詰材(石)の隙間へ土砂等が堆積することで植生の回復が図られることから、河岸侵食防止等の治水面のみでは無く、環境面においても優れた対策・施工となる。「治水と環境の調和」した川づくり、河川管理において重要な対策工法と考える。(図-15)



図-15 袋詰玉石工と植生状況

参考文献

- 1) 土木学会：堤防前面河岸に土丹が露出する帯工袖部に設置された袋詰玉石工による侵食対策の効果検討(2018.12)