

岩盤河川の河床低下対策に関する大型模型実験による検討

株式会社 水工リサーチ 正会員 ○加藤 一夫
 一般財団法人 北海道河川財団 正会員 旭 一 岳
 北海道開発局 旭川開発建設部 正会員 米元 光明
 寒地土木研究所 寒地河川チーム 正会員 井上 卓也
 株式会社 水工リサーチ 正会員 牛山 智夫

1. はじめに

北海道では石狩川上流などの複数の河川において、河床砂礫の流出に伴い、軟岩河床が露出する河川が増加している。¹⁾ 旭川市街地を貫流する石狩川上流のKP157～KP166区間では、岩盤侵食を伴う河床低下の進行により、既設護岸の機能喪失や橋脚の安定性が低下し、さらに、河床砂礫の流失により河床に岩盤が露出している箇所が多数確認されている。写真-1に示す現地の岩盤は、ある程度の固結度を有しているが、強い流れに対して脆く、一旦侵食を受けるとそこに流砂が集中し、局所的な深掘れを形成しやすい特徴を有している。

そのため、当該区間では河床低下を抑制し砂礫床河川を復元することが課題となっており、これまでに軟岩の洗掘を考慮した河床変動計算²⁾ ならびに大型模型実験³⁾ によって、効果的かつ適切な河床低下対策の実施に向けて検討を行っているところである。本研究の目的は、河床低下対策案の一つである岩盤被覆条件および流量条件の異なる3ケースの実験結果より①対策後の河床形態、②岩盤露出面積に着目し、河床低下対策による効果と影響を評価するものである。



写真-1 河床に岩盤が露出している様子(KP160左岸付近) 写真-2 実験の露岩状況(KP160) (水色が露岩箇所)

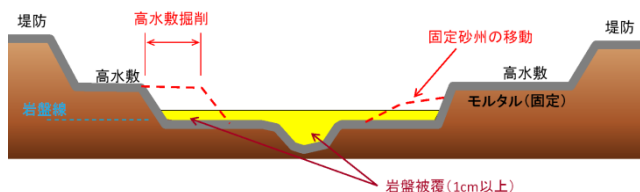


図-1 河床低下対策案の横断イメージ

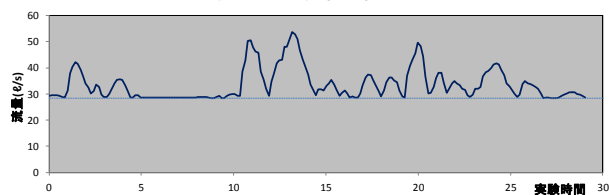


図-2 非定常流実験の流量ハイドログラフ (ケース3)

2. 水理模型実験の概要

(1) 実験模型と対策工の概要

水理実験用の模型は、寒地土木研究所が所有する石狩水理実験場(石狩市生振)に現地縮尺50分の1で製作した模型延長200m (KP157～KP167)、堤間約8mの大型模型である(写真-2)。

この実験用模型は、平成23年9月洪水後の最新の横断測量と平面測量資料に基づき河道と岩盤を非侵食性のモルタルで製作し、その上に代表粒径1.18mm(現地で59mm)の河床材料で河川地形を整形する構造である(図-1)。

これまで検討している河床低下対策案は、掃流力を低下させるための「低水路拡幅」、低水路拡幅や砂州掘削により発生する土砂を露岩箇所の覆礫材料に流用する「岩盤被覆」である。本研究では対策区間の低水路幅を目標としている上流区間と同程度の3.2mに拡幅し、岩盤被覆高が平均河床高程度となるように厚さ1cmと2cm(現地で50cm、100cm)で覆礫する2つの対策で実験を行った。

(2) 実験条件

流量条件は、定常流実験と非定常流実験とした。定常流実験は、発生頻度の高い平均年最大流量 $Q=35.6\text{ l/s}$ (旭橋観測所現地流量 $630\text{ m}^3/\text{s}$)を一定で30時間通水し、非定常流実験は、粒径1.18mmの河床材料が活発に移動し始める 28 l/s (現地流量 $500\text{ m}^3/\text{s}$)以上の過去20年間の実績流量を抽出し29.5時間通水した(図-2)。実験条件を表-1に示す。また、移動床実験では上流端からの土砂供給量の多寡が河床変動を左右する重要なパラメータであるため、動的平衡状態の流砂量を芦田・道上の掃流砂量式から求め、単位時間当たりの給砂量を計量カップで計量し模型の上流端(KP167)より供給することとした。

(3) 観測項目と方法

実験開始前と通水後の河床高の変化を把握するためにレーザー砂面計でKP159～KP165区間を縦断方向100m間隔で河床計測を行った。通水後の露岩範囲を把握するためにトータルステーションでKP159～KP165区間の露岩範囲の座標計測を行った。

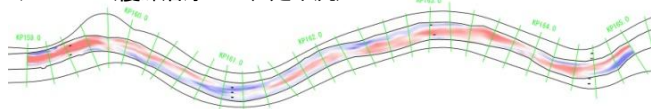
表-1 実験条件

ケース	覆礫層厚	流量条件	通水時間
ケース1	1cm	平均年最大流量(定常流)	30.0時間
ケース2	2cm	平均年最大流量(定常流)	30.0時間
ケース3	2cm	過去20年間実績流量(非定常流)	29.5時間

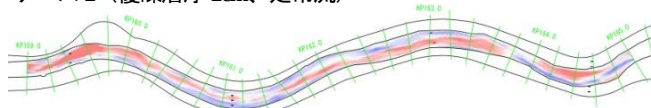
キーワード 大型模型実験, 河床低下対策, 軟岩, 岩盤洗掘, 河床変動, 河床形態

連絡先 〒062-0933 札幌市豊平区平岸3条3丁目2番7号, Tel 011-812-7724, Fax 011-812-2825

ケース 1 (覆礫層厚 1cm、定常流)



ケース 2 (覆礫層厚 2cm、定常流)



ケース 3 (覆礫層厚 2cm、非定常流)

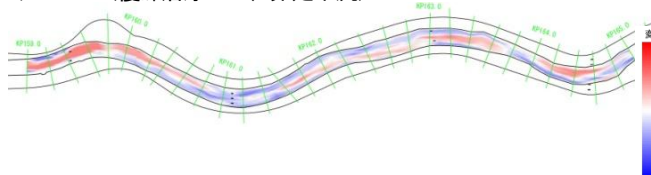


図-3 初期河床からの変化高のコンター図

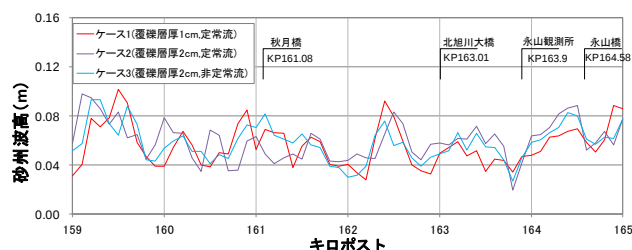


図-4 砂州波高の縦断変化図

表-2 実験結果と目標とする区間の砂州波高

ケース	最大波高(m)	最小波高(m)	平均波高(m)
ケース1	0.102	0.028	0.056
ケース2	0.098	0.019	0.060
ケース3	0.093	0.027	0.058
目標とする区間※	0.105	0.033	0.060

※目標とする区間の砂州波高は、現地スケールの50分の1とした

3. 実験結果

(1) 対策後の河床形態

図-3は、初期河床からの変化高のコンター図である。いずれのケースも当初平坦であった河床に通水後には低水路中央部に波長の長い砂州が形成され、河岸際が洗掘する傾向であった。

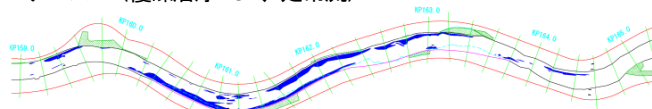
図-4、表-2には、通水後の砂州波高を整理した。ここで、砂州波高は、低水路内の最高標高と最低標高の差分と定義した。図-4より砂州波高は縦断的なバラツキが見られるが3ケースとも同様な変動傾向を示した。また表-2より砂州波高は初期の覆礫層厚が厚い方が若干高くなった。平均的に見ると砂州波高0.058m(現地2.9m)、波長28m(現地1,400m)であり、目標としている上流区間の砂州形状(平均波高0.060m、波長28m)と類似する結果であった。

(2) 岩盤露出面積

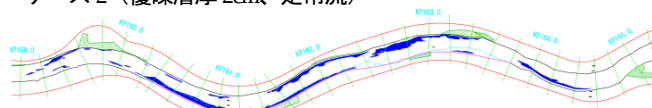
図-5は、通水後の岩盤露出箇所の平面図である。いずれも河岸際の露岩箇所が縦断的に連続する結果となった。

岩盤河川では、岩盤床の粗度が砂礫床の粗度よりも低く、一旦岩盤が露出すると粗度が低く再堆積しづらいことや長い波長の砂州が発達したことにより露岩面積が拡大したものと推測される⁴⁾。また、被覆層厚が厚い方が5%程度岩盤の露出を抑制できた(図-6)。

ケース 1 (覆礫層厚 1cm、定常流)



ケース 2 (覆礫層厚 2cm、定常流)



ケース 3 (覆礫層厚 2cm、非定常流)

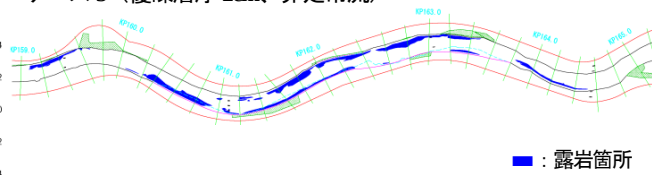


図-5 通水後の岩盤露出箇所の平面図

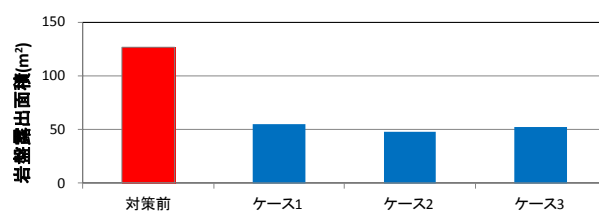


図-6 通水後の岩盤露出面積の比較

4. まとめ

本研究では、3ケースの実験結果から、①対策後の河床形態、②岩盤露出面積に着目して、河床低下対策案の効果と影響を評価した。

- (1) 河床低下対策後の河床には交互砂州が形成され、その波高や波長は、目指している区間で形成されているものと類似していた。
- (2) 初期の覆礫層厚を厚くしても、通水後に河岸際が縦断的に露岩する傾向と露岩面積は大きく変わらなかった。このことから、覆礫層厚が砂州高以下の場合、初期の覆礫厚や覆礫形状を変えても大きな効果は期待できないことが確認された。今後は、覆礫層厚を砂州高以上とした場合の分析が必要と考えられる。
- (3) 本研究では、岩盤床部分を非侵食性のモルタルで製作し実験を行っている。そのため実験で露岩した箇所は、岩盤洗掘により河床低下が進行する可能性がある、という課題が残っている。今後は、これら現象に対する対応策を検討して行く予定である。

参考文献

- (1) (独)寒地土木研所寒地水圏研究グループ寒地河川チーム：軟岩河川の侵食特性調査マニュアル(案)第1報、平成25年3月
- (2) 井上卓也、渡邊康玄、齋藤大作、根本深、松本勝治、江崎國夫、濱木道大：軟岩の洗掘を考慮した河床変動計算手法の開発、河川技術論文集、第15巻、pp.321-326、2009。
- (3) 田中雅基、米元光明、佐藤貴弘：石狩川上流の河床低下対策に関する大型模型実験による検証について、第56回(平成24年度)北海道開発技術研究発表会
- (4) 井上卓也、清水康行、Gary Parker、山口里実、伊藤丹：給砂量と岩床侵食地形の関係、土木学会論文集 B1(水工学)、Vol.70, No.4, I_1039-I_1044、2014。