

釧路川における軟岩洗堀を考慮した河床変動再現計算

River-bed variation analysis considering bedrock river channel erosion for Kushiro river

水工事業本部 水工第1部 戸村 翔
水工事業本部 水工第1部 濱木 道大
共通事業本部 地質部 新妻 重明

近年、我が国では河床低下が進行する河川が数多く存在する。一般に、河床低下は河積増大によって流下能力を確保することができるものの、護岸等の河川管理施設への影響等、様々な問題を引き起こす恐れがある。特に、軟岩洗堀を伴う河床低下においては、進行が急激なため、早急な対策実施が必要となる。

釧路川上流部に位置する南弟子屈地区では、昭和52年以降軟岩洗堀を伴う河床低下が進行しており、対策検討が喫緊の課題である。とりわけ、縦横断的にシルト岩等の軟岩が露出している KP68.4-68.8 においては、局所的な軟岩洗堀によって根固工が露出している。本稿は、河床低下対策の検討を見据え、釧路川南弟子屈地区 KP68.4-68.8 を対象とした河床変動再現計算を実施し、現地へのモデルの適用性を検証したものである。

1 はじめに

我が国では、昭和40年代の砂利採取や捷水路工事による人為的改変等が発端となって河床低下が進行している河川が数多く存在する。

一般に、河床低下が進行すると、流下能力を確保できる反面、護岸等の河川管理施設への影響や橋梁等の許可工作物への影響等、河床材料の粗粒化による魚類等の生息・産卵環境への影響等、様々な問題を引き起こす恐れがあり、早急な対策実施が必要となる。

特に、火山灰層等の軟岩洗堀を伴う河床低下は、進行が急激なため、より一層緊急性が高まる。常呂川水系無加川の朝日橋では、平成28年出水によって河床砂礫が一掃されたことで、急激に軟岩

洗堀が進行した(図1.1)¹⁾²⁾。結果として、橋梁の安全性が著しく低下し、架け替え工事が進行中である³⁾。このような事例を踏まえると、早急な対策実施に向け、軟岩洗堀を考慮した河床変動計算に対する現場のニーズは近年増加しつつある。

2 釧路川南弟子屈地区の概要

釧路川は、屈斜路湖を水源に弟子屈市街地・標茶市街地・釧路湿原・釧路市街地を流下する一級河川である。比較的河床勾配が緩やかな河川であり、人工的なダム・堰が存在しないため、全川的にカヌー利用がなされている。

釧路川上流部の南弟子屈地区では、昭和52年以降経年的に河床低下が進行している。特に、KP68.4-68.8(以降、根固工露出区間)では、昭和52-60年から比較して最深河床高が最大7m程度

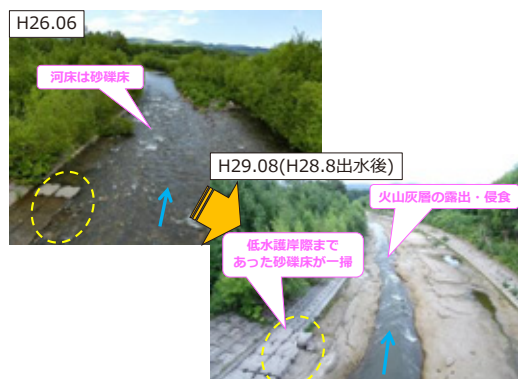


図 1.1 常呂川水系無加川上流域の軟岩洗堀状況

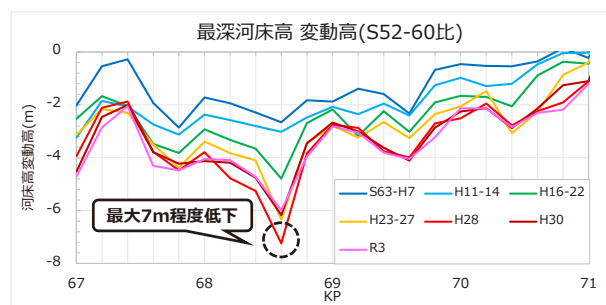


図 2.1 南弟子屈地区における最深河床高の変動高



図 2.3 南弟子屈地区における露岩・根固工露出状況、根固工露出区間の現地状況（背景：R4.7 撮影）

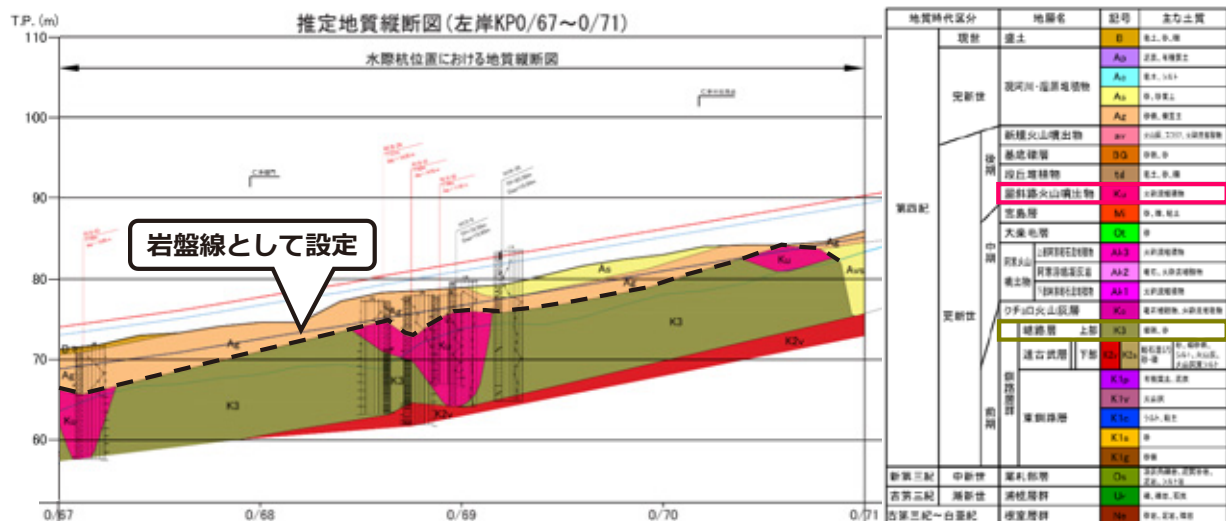


図 2.2 南弟子屈地区における推定地質縦断面図（KP67.0~71.0 左岸、R3 年度業務内で作成）

低下し（図 2.1）、昭和 56~57 年及び平成 10 年に設置された護岸の根固工が露出している（図 2.2）。また、根固工露出区間だけでなく、KP66.8~67.4 や KP70.4~71.0 においても河床及び河岸部で縦断的なシルト岩・凝灰岩等の軟岩の露出を確認している（図 2.2）。これらの軟岩露出箇所では今後急激な河床低下が予想される。このため、河床低下対策の検討が必要であるが、効果的・効率的な対策案の検討にあたっては、将来の河床低下量を精度よく定量評価することが重要となる。

本稿では、現地状況等を踏まえ、軟岩洗堀を考慮した平面二次元河床変動計算モデル（以降、計算モデル）を構築した上で、根固工露出区間を対象に再現計算を実施、モデルの再現性を把握した。

3 軟岩洗堀を考慮した河床変動計算

3.1 計算モデルの構築

計算モデルは、iRIC⁴⁾に含まれるソルバーから構築した。iRIC は、iRIC プロジェクト（北海道大学、京都大学等）が協力して開発し、河川の流れ・河床変動解析ソフトウェア群である。同ソルバーのうち、軟岩洗堀を考慮した河床変動ソルバー Nays2DH bedrock⁵⁾⁶⁾⁷⁾を混合粒径に拡張して使用した。Nays2DH bedrock は、軟岩洗堀と軟岩床上を移動する砂礫層厚の変動の両方を考慮した河床変動ソルバーである。

表 3.1 南弟子屈地区における軟岩の岩盤強度

岩種	換算一軸 圧縮強度(MPa)	換算圧裂 引張強度(MPa)
シルト岩類	5.1	0.36
細粒砂岩類	4.9	0.35
中粒・ 粗粒砂岩類	2.0	0.15
軽石・ 凝灰岩類	1.5	0.11
全箇所平均	3.2	0.23

3.2 岩盤条件の設定

軟岩洗堀の予測で重要となる軟岩の「高さ」と「強度」は、現地調査結果を踏まえ設定した。

(1) 軟岩の縦断的な高さ

軟岩の縦断的な高さについては、令和3年度ボーリング調査結果及び航空写真等から作成した地質縦断図（図 3.1）に基づき、設定した。南弟子屈地区においては、最深河床付近で第四紀後期更新世の屈斜路火山噴出物（Ku）及び第四紀前期更新世の塘路層（K3）が分布している。

(2) 軟岩の強度

軟岩の強度については、現地の河床部及び河岸部で露出する岩盤強度を表現する必要がある。本稿では、根固工露出区間を含む南弟子屈地区の露岩箇所において、針貫入試験⁸⁾を実施し、「岩盤河床における河床低下危険度評価の手引き（案）」⁹⁾に基づき、岩種ごとの換算圧裂引張強度を推定した。

試験の結果、換算圧裂引張強度の全体の平均値は 0.23MPa、Ku（火砕流堆積物）相当の固結度の低い軽石・凝灰岩では 0.11MPa、K₃（細礫・砂）相当のやや固結度の高いシルト岩類は 0.36MPa となった（表 3.1）。現地では相対的に強度が高いシルト岩と強度の弱い軽石・凝灰岩のような互層箇所あるいは乱堆積構造箇所を多数確認した（図 2.2）。このため、平均的な岩盤強度を有しているものと仮定し、計算モデルに対しては全体平均の換算引張強度 0.23MPa を設定した。

4 再現計算

前述の現地状況等を踏まえ、計算モデルのパラメータを設定し、軟岩洗堀を考慮した河床変動再現計算（以降、再現計算）を実施、モデルの再現性を把握した。

表 3.2 計算条件 一覧表

項目	設定内容
計算区間	KP67.0-70.2
河床形状	H16-22測量横断
粗度係数	計画粗度係数 低水路0.027、高水敷0.040
流量	標茶観測所のH22-H27観測流量うち 移動限界流量80m ³ /s以上の流量 ピーク流量Q _{max} =320m ³ /s (流量配分比900/1200換算)
下流端水位	等流水深 i=1/230
河床材料	H21年度河床材料調査結果 平均粒度分布（混合粒径）
岩盤強度	0.23MPa(全箇所平均)
岩盤面の凹凸高さ	0.5m(筋状の侵食高さ+交換層厚)
土砂供給	動的平衡×50%

4.1 計算対象期間の決定

再現計算実施にあたっては、護岸工・河道掘削等の人為的な影響の少なく、かつ露岩箇所河床が低下する平成 22 年から平成 27 年までの期間を対象とした。同期間の最大流量（標茶観測所）は 320 m³/s であり、近 10 か年平均年最大流量を超える比較的大規模な出水が発生している。

4.2 計算条件

前述の計算期間を対象とした再現計算の計算条件を表 3.2 に示す。

計算格子については、低水路が横断方向 4m 間隔、縦断方向 10m となるように設定し、岩盤強度等の計算条件については、前述の現地状況を踏まえ設定した。計算外力については、平成 22 年から平成 27 年までの期間の時刻流量から南弟子屈地区の流量を推定し、モデルに適用した。

4.3 計算結果、考察

計算結果として、平均河床高・最深河床高・最低河床高縦断図及び最深河床高変動高縦断図を図 4.1 に示す。ここで、最低河床高とは、計算期間中の最深河床高の最低値である。平均河床高及び最深河床高については、根固工露出区間を中心に実測値と同様の傾向を示しており、良好な再現性を有していることを確認した。また、最深河床高と最低河床高の比較から、洗堀・堆積過程を捉えているため、今後河床変動予測計算（以降、予測計算）に向けて、現地へのモデルの適用性を確

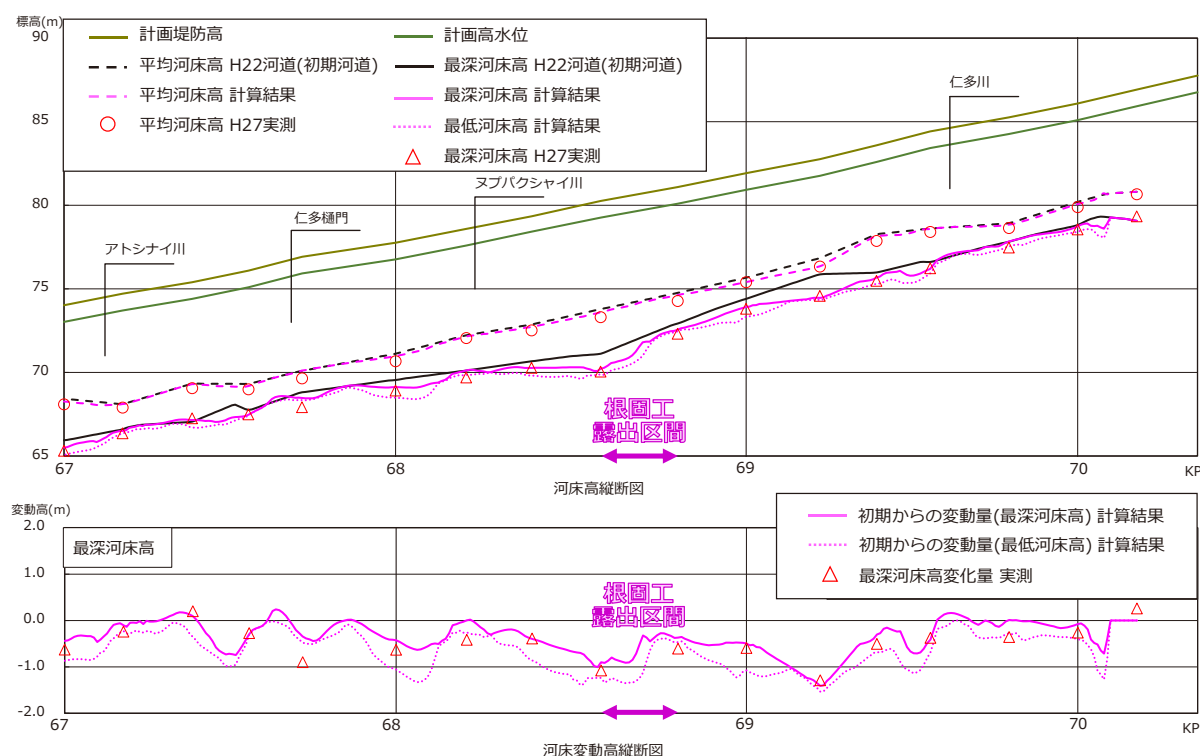


図 4.1 軟岩洗堀を考慮した河床変動 再現計算結果

認することができた。

今後、予測計算実施にあたり、整備計画流量相当の大規模な出水時においては、側方侵食の発生も懸念されるため、側方侵食過程を考慮する必要がある。

5 まとめ

本稿では、現地状況等を踏まえ、軟岩洗堀を表現できる平面二次元河床変動計算モデルを構築した上で、根固工露出区間を対象に平成 22 年から平成 27 年の再現計算を実施した。計算結果は、実測の最深河床高の変動傾向をよく再現しており、現地への適用性を確認することができた。

今後、軟岩露出を伴う河床低下が問題となっている多くの河川への活用が期待される。

〔謝辞〕

本稿を進めるにあたり、北海道開発局釧路開発建設部及び広島大学井上准教授に多大なご支援・ご指導を頂いた。ここに記して謝意を表する。

〔参考文献〕

- 1) 濱木道大, 森田大詞, 佐藤貴亮, 新妻重明, 川尻峻三, 渡邊康玄: 露岩河川における表層砂礫層厚の把握に関する調査手法の検討, 水工学論文集, 第 66 巻, I_1015-1020, 2021.
- 2) 佐藤貴亮, 小笠原明信, 新妻重明, 濱木道大, 川尻峻三, 渡邊康玄: 非破壊探査と画像解析

による露岩河川の簡易な砂礫層厚把握手法の検討, 河川技術論文集, 第 28 巻, I_319-324, 2022.

- 3) 齋藤直之, 石田時代, 中南力: 気候変動を踏まえた河床低下対策について-軟岩河床を有する常呂川水系無加川の場合-, 第 65 回(2021 年度)北海道開発技術研究発表会論文, 2021.
- 4) <https://i-ric.org/ja/>
- 5) Takuya Inoue, Norihiro Izumi, Yasuyuki Shimizu and Gary Parker: Interaction among alluvial cover, bed roughness, and incision rate in purely bedrock and alluvial-bedrock channel, Journal of Geophysical Research: Earth Surface, pp.2123-2146, 2014.
- 6) Takuya Inoue, Toshiki Iwasaki, Gary Parker, Norihiro Izumi, Yasuyuki Shimizu, Colin P. Stark and Jungo Funaki: Numerical Simulation of Effects of Sediment Supply on Bedrock Channel Morphology, Journal of Hydraulic Engineering, 2016.3.
- 7) Takuya Inoue, Satomi Yamaguchi, Jonathan M. Nelson: The effect of wet-dry weathering on the rate of bedrock river channel erosion by saltating gravel, Geomorphology, pp.152-161, 2017.
- 8) 地盤工学会: 地盤工学会基準 針貫入試験方法, JGS3432.
- 9) 国土交通省 北海道開発局, 国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所, 岩盤河床における河床低下危険度評価の手引き (案), pp.28, 2017.2.