# 常呂川水系無加川における軟岩河床の 低下対策に関する試験施工とその有効性 FIELD TRIAL AGAINST SCOURING OF SOFT ROCK RIVERBED IN THE MUKA RIVER OF THE TOKORO RIVER SYSTEM AND ITS EFFICACY

# 高橋 紳吾<sup>1</sup>・木下 誠一<sup>2</sup>・鈴木 利幸<sup>3</sup>・小泉 和久<sup>4</sup>・渡邊 康玄<sup>5</sup>・中村 哲<sup>6</sup> Shingo TAKAHASHI, Seiichi KINOSHITA, Toshiyuki SUZUKI, Kazuhisa KOIZUMI, Yasuharu WATANABE and Satoru NAKAMURA

 <sup>1</sup>非会員 前国土交通省 北海道開発局 網走開発建設部 治水課(〒093-8544 北海道網走市新町2丁目6番1号)
<sup>2</sup>非会員 国土交通省 北海道開発局 網走開発建設部 治水課(〒093-8544 北海道網走市新町2丁目6番1号)
<sup>3</sup>非会員 国土交通省 北海道開発局 網走開発建設部 治水課(〒093-8544 北海道網走市新町2丁目6番1号)
<sup>4</sup>非会員 国土交通省 北海道開発局 網走開発建設部 北見河川事務所 (〒090-0802 北海道北見市田端町71番地)
<sup>5</sup>正会員 工博 北見工業大学 社会環境工学科 教授(〒090-8507 北海道北見市公園町165番地)
<sup>6</sup>正会員 パシフィックコンサルタンツ株式会社(〒060-0807 北海道札幌市北区北7条西1丁目2番地6)

In the Muka River of the Tokoro River system, riverbed scouring has been progressing, influenced by reduction in the river width as a result of river channel improvements, reduction in sediment supply from the upper reaches and increases in discharge in recent years. As the result of riverbed scouring, soft rock and volcanic ash layers have been exposed. The progressive riverbed scouring has caused the banks to lose their ability to protect against flooding and has caused the bridge piers to have inadequate embedment depth. These have resulted in a loss of flood safety. To explore effective measures against riverbed scouring, the characteristics of river bed scouring were investigated. To retard the presently progressing riverbed degradation and to plan for a fundamental countermeasure, field trial was done in which the low-water channel was widened and the exposed soft rock was covered by gravel. This paper reports the results of investigation and field trial, and examines the efficacy of such construction.



## 1. はじめに

常呂川水系無加川では、河道改修による低水路幅の縮 小や上流からの土砂供給量の減少、近年流量規模の大き な洪水の発生などの影響により河床低下が進行した.そ の結果、無加川中上流区間では河床に軟岩や火山灰層が 露出するようになった.軟岩や火山灰層は上流から輸送 されてくる砂礫の衝突等に対して侵食抵抗が小さいため、 現在急速に河床の低下が進行している.

河床低下の進行により護岸機能の喪失や橋脚の根入れ 不足が生じる等,洪水に対する安全性が損なわれている ことから,早急な河床低下対策が求められている.河床 低下対策を検討するにあたって河床変動の特性を明らか



にし,現在進行している河床低下を遅らせるとともに抜 本的な河床低下対策立案のため,無加川において試験的



図-2 最深河床高変動量



写真-2 KP5.5付近の橋脚被災状況



写真-1 KP6.2付近の護岸被災状況

に低水路拡幅及び覆礫を実施した.

本報告は、この結果について報告するとともに軟岩河 床に対する覆礫の効果について検討したものである.

## 2. 無加川の概要と河道状況

## (1) 無加川の概要

無加川は図-1に示すように、北海道北東部を流れる常 呂川に北見市街地で合流する、流域面積536.1km,幹川 流路延長74.6kmの常呂川の主要な支川である. 直轄管理 区間は、常呂川合流点より7.2kmの区間であり、同区間 の河床勾配は1/300と急勾配で、セグメント区分1に分 類される.

#### (2) 無加川の河道状況

無加川では、昭和40年代から多くの箇所で、護岸工事 とそれに伴う河道整正が行われ、複断面河道となってい る.また、KP3.0から上流では昭和50年代から昭和60年 代にかけて、高水敷造成によって低水路幅を縮小してい る.図-2に示すように、低水路幅を縮小した上流区間で は、平成元年以降河床低下が進行し、昭和54年と平成23 年の最深河床高を比較すると最大で5.0m程度低下してい る.この結果、水衝部では写真-1に見られる低水護岸や 根固めブロックが倒壊しているほか、写真-2に示される 橋脚のフーチングが露出するなど、洪水に対する安全性 が損なわれている.さらに、河床低下が進行した結果、



写真-3 KP5.5付近の軟岩・火山灰層

写真-3のような状態で礫層の下に存在していた軟岩や火山灰層が河床に露出している.軟岩や火山灰層は上流から輸送されてくる砂礫の衝突等に対して侵食抵抗が小さいため,一度河床表面に露出すると急速に河床低下が進行する.

直轄管理区間においては、高水敷幅が狭く低水路が堤防に接近している区間が多いため、出水により堤防が被災する危険性があり、左右岸に北見市街地が広がっていることからも早急な河床低下対策が求められる.

また、上流の北海道管理区間においても昭和40年代から河道掘削が行われ、洗掘されやすい軟岩が露出している。河道掘削と併せて多くの横断工作物(帯工・落差工)が設置されたことにより、その下流で河床低下が進行し、軟岩の露出範囲が拡大している。そのため、低水 護岸の倒壊・流出などが生じている。上流の北海道管理 区間において露岩範囲が拡大することによって、下流の 直轄管理区間への土砂供給量が減少していると考えられる。

#### 3. 試験施工の概要

無加川における河床変動の特性を明らかにし,現在進行している河床低下を遅らせるとともに抜本的な河床低 下対策を立案するため,試験的に低水路拡幅及び覆礫を 実施した.

施工区間は、護岸機能の喪失や橋脚の根入れ不足など



図-3 試験施工 平面図 (KP5.2からKP7.2)



図-4 試験施工 イメージ図





写真-4 試験施工前後の状況(KP6.7付近)

洪水に対する安全性が損なわれ,さらに近年軟岩や火山 灰層が露出し河床低下が著しいKP5.2からKP7.2の約2.0 kmの区間であり,平成24年8月から10月の間に実施され た.図-3に全体的な施工範囲を示す.緑色の箇所は軟岩, ピンク色の箇所は火山灰層が露出している範囲である.

図-4に示すように,流路の固定化の原因となっている 低水路内の砂州上に堆積している砂礫土を掘削し低水路 幅を広げ,その掘削土を横断流用して露出している軟岩



図-5 流量ハイドログラフ(H24.10→H25.3)



図-6 流量ハイドログラフ (H25.3→H25.10)

や火山灰層を被覆して深掘れ部を埋め戻した. 覆礫の厚 さは、融雪出水程度で形成される砂州波高及び湾曲に伴 う外岸部の局所洗掘深から<sup>1)</sup>は1m程度必要と判断された が、横断流用できる土砂量を勘案して50cm程度とした.

**写真-4**にKP6.7付近の施工前後の写真を示す.施工前 は左岸よりとなっていた流路が,施工後には低水路幅が 拡幅されたことにより,低水路内一面が流路となってい るのが確認できる.

# 4. 試験施工の結果

## (1) 測量による河道の変化の把握

平成24年8月から10月に試験施工が実施された後、6ヶ 月後の平成25年3月(融雪出水前)と1年後の平成25年10



図-7 実測河床高変動量コンター図(H24.10→H25.3)



図-8 実測河床高変動量コンター図(H24.10→H25.10)



図-9 試験施工前後 横断重ね図 (KP5.6・KP6.6)

月(夏期出水後)に縦横断測量を実施した.その間の流 量ハイドログラフを図-5,図-6に示す.平成25年3月ま では、最大流量83m<sup>3</sup>/sと小規模な出水のみとなっている のに対し、その後平成25年10月までは、平成25年9月に 台風18号による最大流量231m<sup>3</sup>/sの出水が生じている.

これは平均年最大流量の146m<sup>3</sup>/sに対して1.5倍程度の出水となっている.

図-7及び図-8に、それぞれ、覆礫直後の平成24年10月 から小規模出水期の平成25年3月まで及び中規模出水を 含む期間である平成25年10月までの河床の変化高に関す るコンター図を示した. KP6.6からKP7.0の区間は比較的 大きな出水を経ても大きな洗掘や堆積は起こっておらず、 覆礫が維持されている.しかし、KP5.4からKP5.6の区間 やKP6.2からKP6.4の区間では、6ヶ月後には右岸側が洗 掘され河床が低下し、1年後にはさらに河床低下が進行 しているのが確認できる.洗掘を受けていない断面とし てKP6.6,洗掘を受けている断面としてKP5.6の横断図を 図-9に示す.砂州の発達が十分でない上流部では、覆礫 が維持されているものの、湾曲による流れの偏倚が生じ る箇所においては、覆礫厚が不足し、外岸部となってい る右岸側で洗掘されていることが横断図から伺える.す なわち、湾曲の影響を受ける下流部では流量が少ない時 期に流水が集中したことにより澪筋が形成され、その後 の出水によりさらに河床低下が進行したものと示唆され る.

図-10に準二次元不等流計算により算出した,平均年 最大流量(Q=146m<sup>3</sup>/s)及び平均平水流量(Q=6m<sup>3</sup>/s)流 下時の水面幅を示す. どちらの流量においても,施工直



図-10 水面幅比較グラフ



図-11 二次元河床変動計算による河床高変動量コンター図(H24.10→H25.3)



図-12 二次元河床変動計算による河床高変動量コンター図(H24.10→H25.3)

後に水面幅が拡大している.施工後の変化を見ると、平 均年最大流量時の水面幅は1年後においても大きな変化 はなく、施工直後の状況を維持している.しかし、平均 平水流量時は、KP5.6及びKP6.3付近において6ヶ月後に は、施工前程度まで水面幅が縮小している.これは、こ の時点で澪筋が形成され、流路が固定化したことを表し ている.

流量が少ない時期に澪筋が形成された理由として、低水路の拡幅において一様に敷均したものの、一部不陸や 微少な河床高の変化、湾曲による流れの偏倚など流れが 集中する箇所が存在したため、そこに流路が形成されて いったと考えられる.一度流れが集中し流路を形成する と、そこが澪筋となり流水が集中することでさらに河床 低下を進行させているものと考えられる. KP6.2からKP6.4の区間では、施工から6ヶ月後にわん 曲上流側の内岸で洗掘が先行し、1年後には内岸の洗掘 が進行するとともに下流側の外岸が洗掘している.

試験施工後の通水初期は図-7に示すコンター図の点線 矢印が主流となり内岸の洗掘が進行し、澪筋が形成され るに従い、図-8に示す実線矢印へと主流が変化している と考えられる.

試験施工実施から現時点までの現象は、芦田ら<sup>2</sup>の報告のとおり、低水路拡幅及び覆礫により低水路内の河床高が一様化されたことに対し、流量規模に応じて河床が応答している過程と判断される.

## (2) 二次元河床変動計算解析

覆礫後の河床変動状況の検証のため、平面二次元河床

変動計算により試験施工後の河床高の予測を行った. 試 験施工実施から6ヶ月後(平成25年3月)の予測河床高変 動量を図-11,1年後(平成25年10月)の予測河床高変動 量を図-12にコンター図で示す.

実測同様に施工から6ヶ月後には,KP5.4からKP5.6の 区間やKP6.2からKP6.4の区間では右岸側が洗掘されてい る.しかし,実測より河床の変動量が少ない結果となっ た.その原因は,平面二次元河床変動計算上では河床が 締まった状態(通常の河床材料の空隙率0.4)を想定し ているが,実際現地は掘削・埋め戻し後のため河床が締 まりきっていない状態であり,予測より実測の変動量が 大きくなっていると考えられる.

1年後においては、施工後の影響は少なくなり実測の 変動傾向及び変動量ともに概ね一致する結果となった. これは、低水路満杯程度の洪水により低水路河床に一様 な掃流力が作用し、それに河床が応答した結果であると 判断される.

現状は低水路拡幅及び覆礫によって軟岩や火山灰層が 被覆されているため、平面二次元河床変動計算による予 測の結果はほぼ現況での河床変動を再現できている.し かし、KP5.5付近では河床に軟岩や火山灰層が再露出し 始めており、現在の計算モデルには軟岩や火山灰層の侵 食特性が考慮されていないため、今後河床低下が進行し 再度軟岩や火山灰層が露出した状態では浸食予測の精度 が低くなってくると考えられる.

軟岩や火山灰層などが河床下部に存在する無加川の特 異な河床状況に対し,抜本的な河床低下対策を立案する ためには,軟岩や火山灰層の分布状況の把握とともに, 浸食特性が反映された河床変動予測モデルが必要である. 本年度,軟岩層を現地採取し寒地土木研究所において, その浸食特性を明らかにする試験が実地されている. 今 後,井上ら<sup>3) 4) 5)</sup>による無加川の軟岩侵食速度の研究成 果等を参考にし,計算モデルに反映することで河床変動 の予測精度の向上を図ることが必要である.

## 5. まとめ

本報告では、無加川において河床低下対策を検討する にあたって河床変動の特性を明らかにし、現在進行して いる河床低下を遅らせるとともに抜本的な河床低下対策 立案のため、試験的に実施した低水路拡幅及び覆礫の効 果について検討を行った.

今回の観測において、下記の事項が明らかになった.

- ・今回実施した試験施工によって、上流区間の一部では、覆礫が維持された状態が確認され軟岩の露出に対しては、応急的ではあるものの効果が確認された.しかしながら、現時点の現象は試験施工に対して河床が応答している過程であると判断され、今後の現象の経過をモニタリングしていく必要がある.
- ・一部区間では早い段階で河床低下が進行しているこ とが確認された.河床低下が進行する要因として, 小流量時に澪筋が形成され流路が固定化されるとそ れを起因として河床低下が進行することが把握でき た.
- ・低水路満杯程度の流量規模による河床変動状態に対し、二次元河床変動モデルにより再現検証は概ね再現された。しかし、無加川特有の軟岩や火山灰層の浸食特性について考慮されていないため、今後の河床洗掘現象の予測には、軟岩・火山灰層の浸食特性を反映したモデルでの検討が必要である。
- ・今後の出水等によって更に河床が変化していくと考えられる。そのため、今後もモニタリングを引き続き実施し、河床変動の特性を明らかにしたうえで、抜本的な河床低下対策を検討する必要があると考えられる。

謝辞:本報告を取りまとめるにあたり,無加川河床低下 対策勉強会から助言を多くいただいた.ここに記して謝 意を表す.

### 参考文献

- 渡邊康玄,長谷川和義,北條紘次:河川データによる河床洗掘の水理要因に関する検討,土木学会水工学論文集第34巻, pp.313-318,1990
- 2) 芦田和男, 江頭進治, 足立幸郎:蛇行水路における河床変動 に関する研究, 京都大学防災研究所年報, 第31号 B-2, 1988
- 3) 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
- 4) 井上卓也,村上泰啓,数馬田貢:軟岩河川における侵食耐性の簡易調査手法,第56回北海道開発局技術研究発表会,2013
- 5) 井上卓也, 伊藤丹: 軟岩侵食と砂礫被覆を考慮した数値解析 モデルの構築, 第57回北海道開発局技術研究発表会, 2014

(2014.4.3受付)