

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

¹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)

²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)

³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)

⁴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)

⁵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)

⁶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.

Key Words : The Muka River, riverbed degradation, widening of the low-water channel, covering the riverbed with gravel

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



図-1 常呂川流域図

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

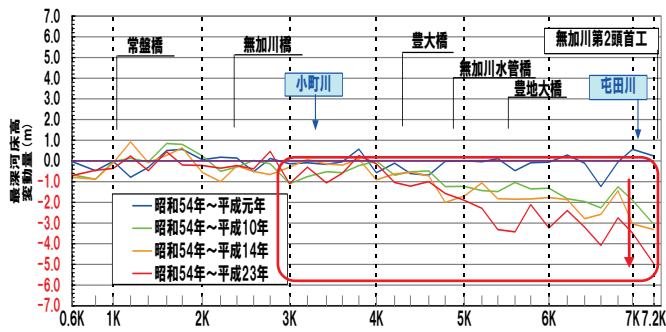


図-2 最深河床高変動量



写真-1 KP6.2付近の護岸被災状況



写真-2 KP5.5付近の橋脚被災状況

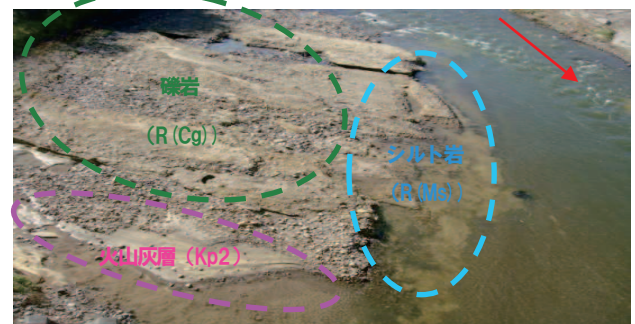


写真-3 KP5.5付近の軟岩・火山灰層

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536.1km²、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、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

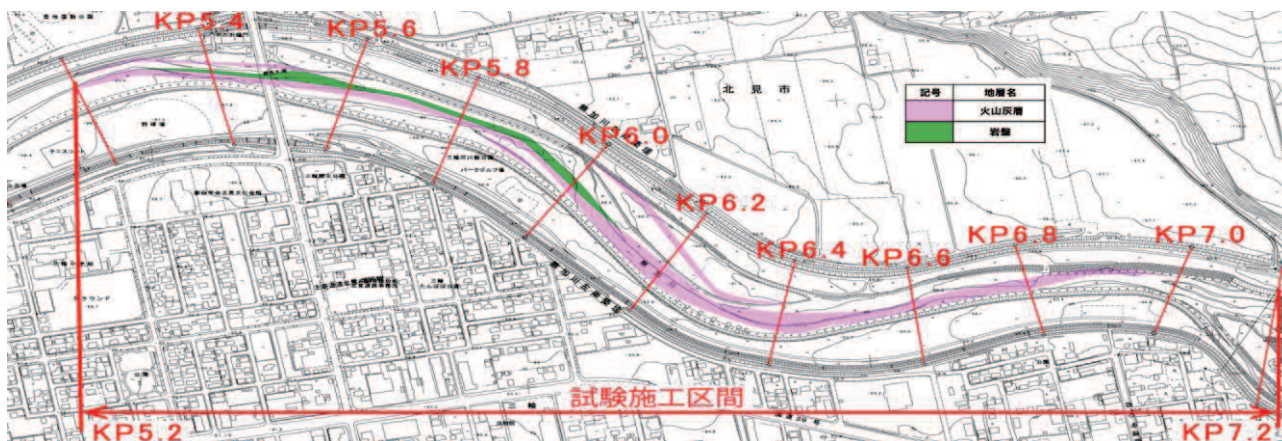


図-3 試験施工 平面図 (KP5.2からKP7.2)

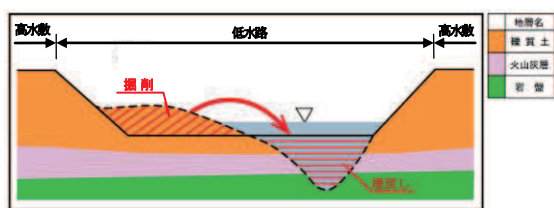


図-4 試験施工 イメージ図

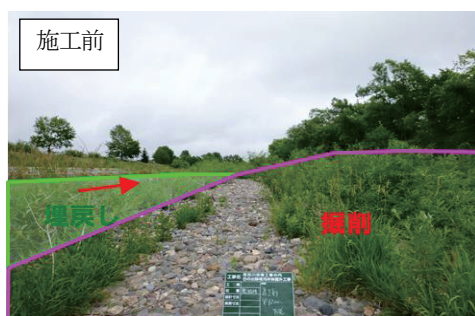


写真-4 試験施工前後の状況 (KP6.7付近)

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として露出している軟岩

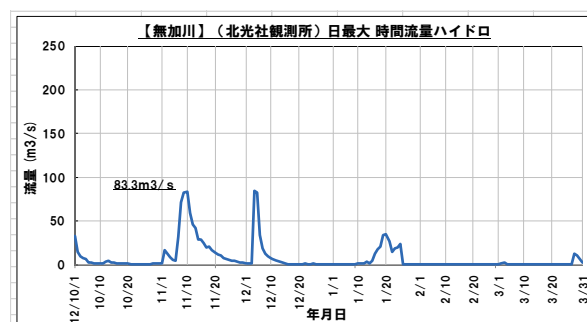


図-5 流量ハイドログラフ (H24.10→H25.3)

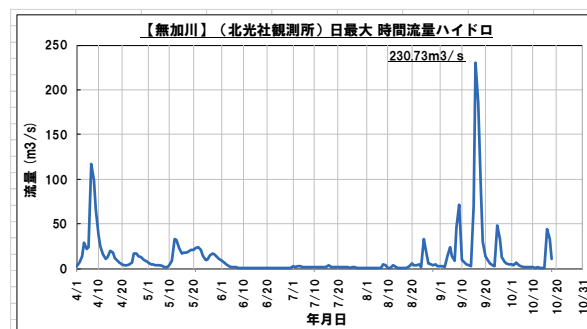


図-6 流量ハイドログラフ (H25.3→H25.10)

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¹⁾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

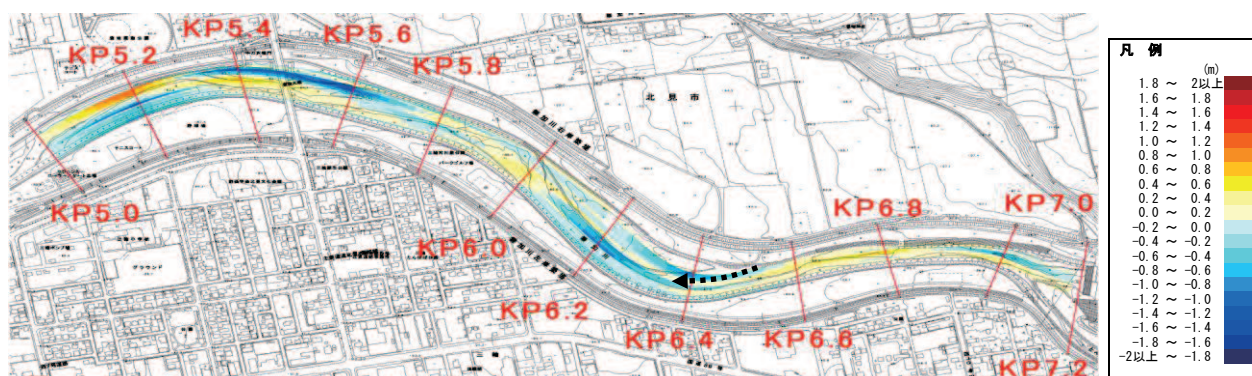


図-7 実測河床高変動量コンター図 (H24.10→H25.3)

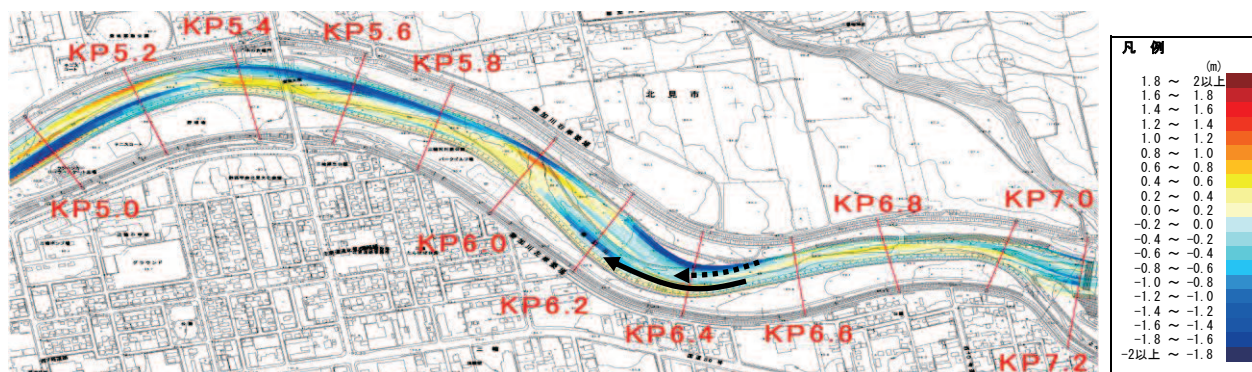


図-8 実測河床高変動量コンター図 (H24.10→H25.10)

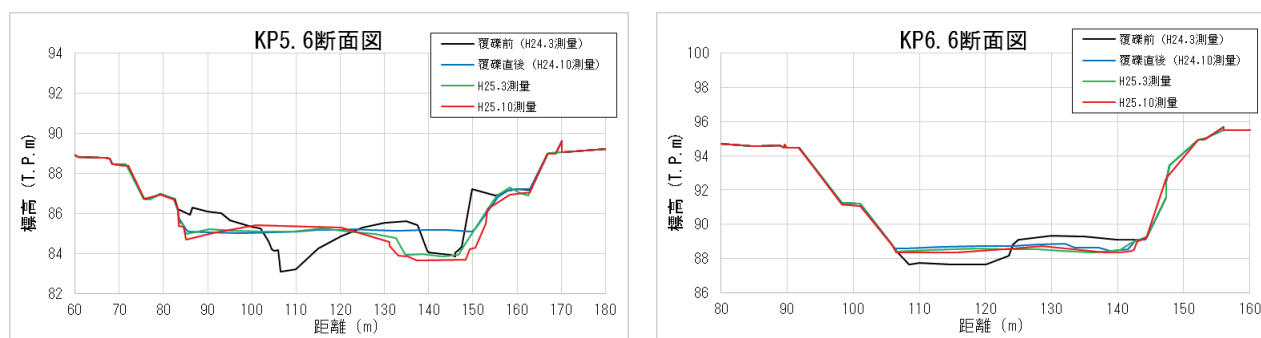


図-9 試験施工前後 横断重ね図 (KP5.6・KP6.6)

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 $83\text{m}^3/\text{s}$ 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 $231\text{m}^3/\text{s}$ の出水が生じている。これは平均年最大流量の $146\text{m}^3/\text{s}$ 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滞筋が形成され、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 ($Q=146\text{m}^3/\text{s}$) 及び平均平水流量 ($Q=6\text{m}^3/\text{s}$) 流下時の水面幅を示す。どちらの流量においても、施工直

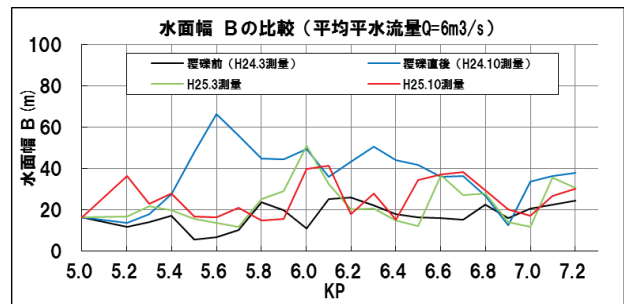
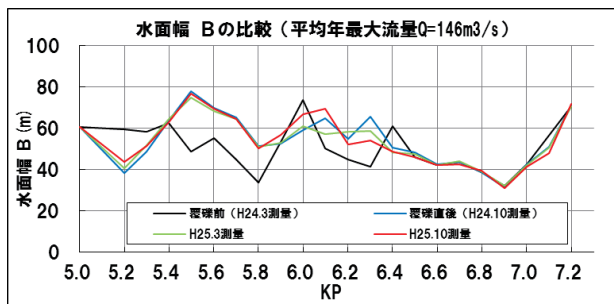


図-10 水面幅比較グラフ

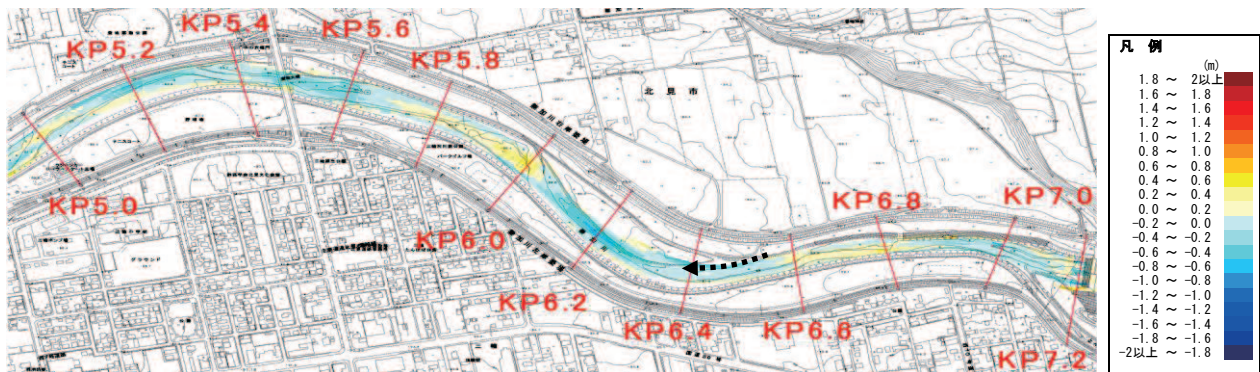


図-11 二次元河床変動計算による河床高変動量コンター図 (H24.10→H25.3)

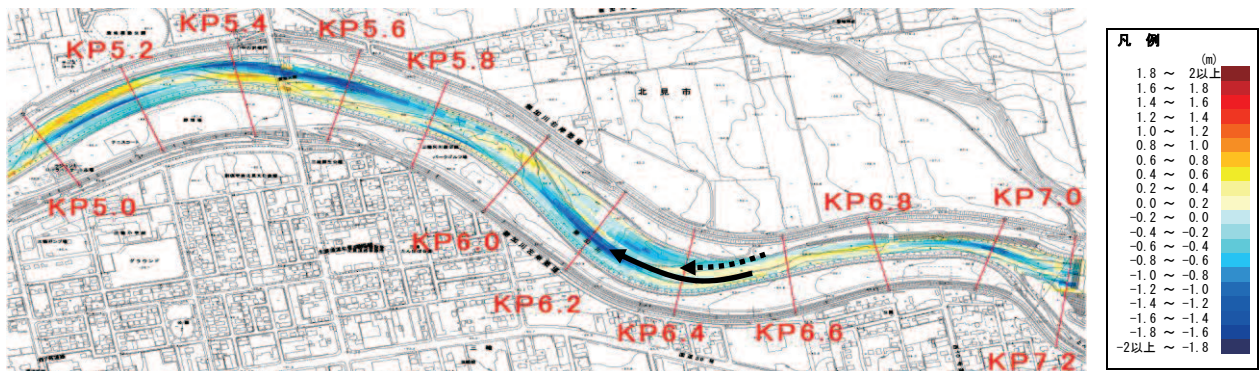


図-12 二次元河床変動計算による河床高変動量コンター図 (H24.10→H25.3)

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、この時点で滞筋が形成され、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滞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、そこが滞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、滞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²⁾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侵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、侵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、その侵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^{3) 4) 5)}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、小流量時に滞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侵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・火山灰層の侵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

- 1) 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)