

側岸侵食による河道拡幅を考慮した一次元河床変動計算の適用性に関する検討 ～2016年北海道十勝地方における土砂・洪水氾濫河川(小林川)を事例として～

明治コンサルタント株式会社 ○西田凌吾、重田浩司、有賀誠
北海道建設部土木局河川砂防課 佐々木卓、Office.bit 宮崎知与

1. はじめに

近年、頻発する土砂・洪水氾濫への対策として、一次元河床変動計算等を実施し、氾濫被害の推定や施設の効果的な配置等を目的とした検討が進められている。一次元河床変動計算においては、国土技術政策総合研究所の資料第824号及び第1024号（以下、国総研資料）を基本とし、山地河川の地形・地質の条件や土砂移動の実態を把握し、それらを反映した計算条件やパラメータの設定が重要とされている。

ここで、北海道は山麓部に広大な扇状地を有する河川が多い地形的特徴を有し¹⁾、扇状地区間における土砂移動現象に起因して、下流の市街地等に土砂・洪水氾濫被害が発生する事例が多くみられる。本検討の対象河川である十勝川水系小林川（流域面積38km²、流路延長17km）においても、平成28年8月北海道豪雨（以下、H28豪雨）により、扇状地区間における流路の蛇行に伴う側岸侵食や河床堆積地の形成による河道拡幅など山地区間とは異なった土砂移動現象がみられ、下流域で土砂・洪水氾濫が発生した（図-1、図-2）。このような現象を一次元河床変動計算により再現することは技術的な難しさを伴うが、砂防施設配置計画に役立てるには再現性を一定程度確保することが重要となる。

そこで本検討では、H28豪雨後に土砂動態調査を実施している小林川を事例として、一次元河床変動計算結果の再現性を検証することにより、扇状地区間における計算条件の設定方法を提案することを目的とする。

2. 一次元河床変動計算による再現計算

2.1 対象とする土砂移動現象

H28豪雨では、源頭部付近から崩壊した土砂が土石流となり、山地斜面表層や谷筋には厚く堆積している周氷河性堆積物を巻き込みながら発達し流下した。扇状地区間（sp4,000～10,500）には二次堆積物が分布しており、この区間において蛇行による側岸侵食が発生し、土石流の土砂量が増大したと報告されている²⁾。また、扇状地区間下流側のsp5,000から7,500（以下、土砂堆積区間）では、土砂堆積により旧河道が埋没し、比高差が2～4m以下の低位段丘面まで河道が拡幅した。さらにこの区間では、側岸侵食や河道拡幅の影響により河床幅が出水前は20m程度であったが、出水後は100m程度まで拡幅した箇所も確認された。このような拡幅箇所では、レジーム則による経験幅（ $B = \alpha \sqrt{Q_p}$ ）を超える河床幅（ $B = 60\text{m}$ ：ピーク流量 $Q_p = 145\text{m}^3/\text{s}$ 、係数 $\alpha = 5$ （一般値））となる箇所も確認された（図-3）。

2.2 計算条件

河床幅の設定として山地区間では、土石流の流下痕跡等を参考に流下幅見合いに矩形断面化することが可能である。しかし、本検討のような扇状地区間においては、流路変動や低位段丘面への河道拡幅などが生じたため、河床地形が複雑で矩形断面化が困難であった。そこで、航空写真やカラー標高傾斜図（ELSAMAP：国際航業㈱特許4771459号）を用いて、洪水ピーク時に主な河床変動を伴ったと想定される流下幅を河床幅として設定した。また、残流域の土砂供給条件は、国総研資料に準じ、水のみ（供給土砂量0m³）とする。以上の設定条件による



図-1 流域概要及び地形的特徴



図-2 土砂移動現象の代表地点（sp9000付近）

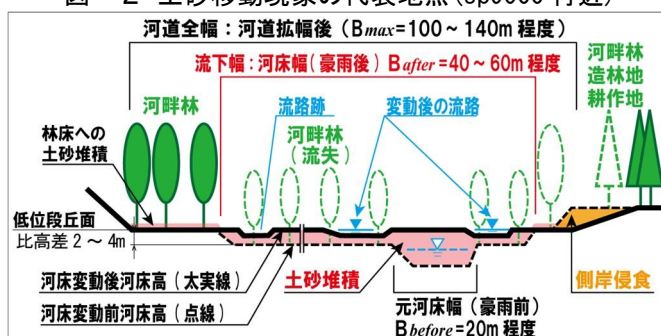


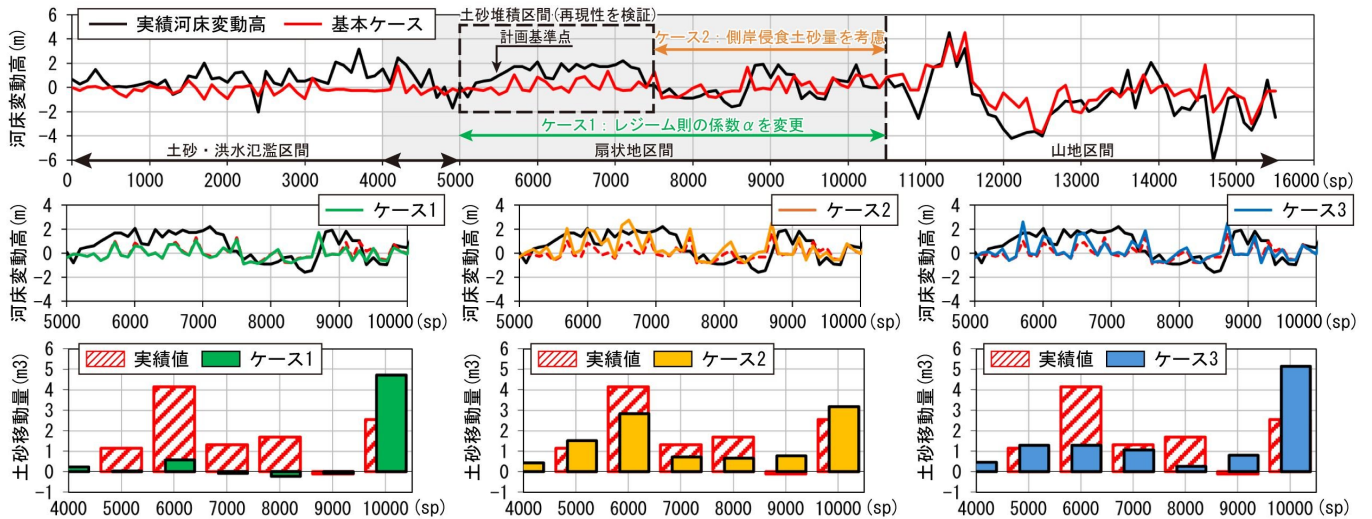
図-3 堆積区間における横断模式図

表-1 扇状地区間の計算条件

検討ケース	河床幅の設定		残流域の供給条件	
	河床幅[m]	係数 α , α_{cs}	供給土砂量[m ³]	流入タイミング
基本ケース	40～60（流下幅）	5.0	0（水のみ）	洪水ピーク時より前後5時間
ケース1	100～140（河道全幅）	10.0	0（水のみ）	
ケース2	40～60（流下幅）	5.0	67,760	
ケース3	100～140（河道全幅）	10.0	67,760	

計算を基本ケースとする。しかし、基本ケースでは土砂堆積区間の再現性が低かった（図-4上段）。そこで、計算条件として河床幅及び残流域の供給土砂量に着目し、以下のケースより再現性を検証する（表-1）。

ケース1では、H28豪雨直後の航空写真から複数の流路跡が確認でき複列砂州のようにみられた。ここで、丹羽ら（2018）によれば、大規模土砂移動後の土砂堆積面に複列砂州が形成された場合、流れの分岐を考慮した河床幅を設定することにより、一次元河床変動計算の再現性が向上されると報告している³⁾。よって、この方法を適用し、土砂堆積区間の再現を試みる。河床幅は河道全幅（ $B_{\max}$ ）とし、河床幅を評価するレジーム則の係数 α



※土砂移動量とは、一定の範囲における堆積土砂量から侵食土砂量を差し引いた土砂変動量のことを指す。

図－4 再現性の検証結果

は式(1)より α_{cs} (流れの分岐本数 $n_{ave}=4$) とし評価した。

$$\alpha_{cs} = \frac{\alpha \sqrt{Q/n_{ave} \times n_{ave}}}{\sqrt{Q}} \quad \dots\dots\dots (1)$$

ケース 2 では、扇状地区間上流からの流出土砂と河床侵食からの供給土砂のみでは不足と考え、側岸侵食土砂量を残流域から流入させる。よって、供給条件として通常、水のみを考慮する残流域に対し、側岸侵食を考慮し流入土砂量として評価した。ケース 3 では、ケース 1 及びケース 2 の両方の条件を設定した。

2.3 計算結果

図－4 に各ケースの河床変動計算結果を示す。

ケース 1 は、河床変動高が土砂堆積区間で実績値と比べ過小評価している。また、土砂堆積区間の土砂移動量（堆積土砂量－侵食土砂量）は、扇状地区間上流端付近で上流からの流出土砂の堆積が卓越し、土砂堆積区間においては少なくなる結果となった。ケース 2 は、土砂堆積区間直前の侵食から堆積傾向へと変化する sp7,000 から 7,500 の区間の堆積傾向が概ね一致している。また、土砂移動量についても実績値より少ないが、概ね一致している結果となった。ケース 3 は、河床変動高はケース 2 と同様、sp7,000 から 7,500 の区間を除き概ね一致している。また、ケース 1 と同様、扇状地区間上流端付近で上流からの流出土砂の堆積が卓越したことにより、土砂堆積区間において少なくなる結果となった。

3. 考察

レジーム則の係数 α を変更したケース 1 は、基本ケースと比べ河床変動高の変化は小さい。これは一次元河床変動計算における侵食及び堆積は、設定した河床幅における河床材料と掃流砂の交換によって表現される。しかし、前述したとおり小林川では、河床の侵食だけでなく、側岸の侵食土砂量が多かったことが確認されている。そのため、 α_{cs} により河床幅の評価をしても侵食及び堆積に対する影響は少なかったためと考えられる。また、小林川の流路跡は、出水期間中の流路変動によって残ったものであり、複列砂州とはその成因が異なる。よって α_{cs} を大きくすることによる河床幅の拡大は、流下方向の土砂移動量の低下に影響するので、河床幅の評価としては基本ケースの設定方法が適切であったと考えられる。

次に、側岸侵食を考慮したケース 2 をみると、供給条件として、通常、水のみを考慮する残流域に対し、実現象と同様に側岸侵食により流出した土砂を評価したため、

土砂堆積区間の再現性が向上している。これは、土砂移動量の評価を河床材料と掃流砂の交換のみとせず、評価が困難とされている横断方向からの流入土砂量を考慮したためと考えられる。よって、供給条件として残流域の土砂を評価することは、再現性を向上させるため考慮すべきと考えられる。

最後に両方の条件を設定したケース 3 をみると、土砂堆積区間の再現性が若干向上しているものの再現できていないと言いはし難い。ここで、側岸侵食を考慮したことにより残流域の供給条件は、実績に近い条件である。一方、河床幅の設定はケース 1 と同様、出水期間中は河道全幅まで広がり堆積したのではなく、右左岸のどちらかで河床堆積により河道が埋没し、それに起因し流路変動が生じ、さらに対岸で同様の土砂移動現象を繰り返したと考えられる。つまり、河床幅は基本ケースのように洪水ピーク時における流下幅を設定することが適切であったためと考えられる。

4. おわりに

検討結果より、扇状地区間における再現計算においては、流路変動や側岸侵食等の土砂移動現象を把握し、適切な計算条件の設定が必要であると考えられる。つまりは、①計算における河床幅は出水後の河道全幅にこだわらず、痕跡として残された流路跡やレジーム則（係数 $\alpha=5$ 程度）を勘案し、河床幅として設定すること、②残流域における供給条件は、水のみとせず横断方向からの流入土砂量を考慮すべきと考える。このことにより、一次元河床変動計算において一定程度の再現性の向上が期待でき、砂防計画の立案に適用可能と思われる。

ただし、供給土砂量の決定や流入タイミングについては、未解明な部分が多いので、今後検討を要する。

謝辞

本成果の解析にあたり国土防災技術株式会社より解析プログラムを借用した。ここに謝意を表します。

引用・参考文献

- 1) 北海道開発局、北海道（1988）：北海道砂防計画論、砂防・地すべり技術センター発行
- 2) 国土交通省北海道開発局・北海道（2017）：十勝川流域砂防技術検討会
- 3) 丹羽ら（2018）：大規模土砂生産後の土砂流出を対象とした河床変動計算における流れ幅の設定の影響、砂防学会誌、Vol.70、No.6、p.34-45