

節腹連続河道における床固工群の設置間隔が河道に与える影響

NUMERICAL STUDY ON THE INFLUENCE OF GROUNDILLS INTERVAL ON THE RIVER CHANNEL PROCESSES AT GOURD SHAPED CHANNEL

北見工業大学博士前期課程 ○学生員 伊藤朱花 (Ayaka Ito)

北見工業大学教授 正 員 渡邊康玄 (Yasuharu Watanabe)

1. はじめに

増加傾向にある集中豪雨の影響により、中上流域では河道の移動を伴う洪水災害が増加している。2016年8月に生じた北海道豪雨時にも、十勝川支川の扇状地区間では河道の移動等により甚大な被害が生じている^{1),2)}。十勝川の2次支川である戸蔭別川では、不安定土砂が多く存在し扇状地区間においては激しい流路変動が繰り返されてきたが、2016年豪雨時には扇状地区間の下流部で土砂流出に伴う氾濫が生じたものの、扇状地区間上中流部では甚大な被害は生じなかった^{1),2)}。これは、この区間に敷設されている床固工群と緑の砂防ゾーンの効果が大きいと考察されている^{1),2)}。

本研究では、この床固工群による減災効果をより詳細に把握することを目的として、数値シミュレーションにより床固工群の設置間隔による影響について検討を行ったものである。

2. 床固工群の概要

十勝川水系札内川の支川である札内川の上流域は、不安定土砂が極端に多く存在することから、土砂移動が著しく、流路変動が激しいため治水上の課題となっていた。北海道開発局帯広開発建設部では、戸蔭別川周辺の土地利用の推進を目的とした、床固工群と樹林帯を組み合わせ土砂輸送と流路変動を制御するための計画を策定した³⁾。この計画を策定するに当たり、戸蔭別川の流路変動を詳細に調査した結果、横断方向に変化しない節と呼ばれる部分と横断方向に大きく変化する腹と呼ばれる部分が周期的に存在することが明らかとなった³⁾。図-1は床固工群施工区間における河道の平面形状を時系列で示しており、実線部分は基幹的な床固工、点線部分は補助的な床固工の位置を示している。基幹的な床固工は節の部分に設けられており縦断方向の浸食を抑制し、補助的な床固工は腹の部分に設けられ、平面的な流路変動を抑制する。戸蔭別川床固工群の施工期間は、1988年から2010年までで図-1の点線部は施工期間中の河道変遷を示している。床固工の設置以降、河道の移動が抑えられていることが分かる。

3. 単純河道形状を用いた数値計算

(1) 河道形状と水理条件緒元

床固工群の機能を評価するにあたり、戸蔭別川の床固工群が設置されている区間の河道形状と水理諸元を参考に、計算条件を設定した。河道形状は、図-2に示した計画標準断面図³⁾をもとに、河道幅90mとしてその中央に30mの低水路を設けている。また、河道の移動特性を把握する目的で河岸浸食の状況を見るために、その左右岸にそれぞれ300mの氾濫原を付した。低水路床から氾濫原の高さまでは4.5mであり、低水路床から高水敷までの高さは3.5mである。初期河道勾配は、戸蔭別川床固工群の施設配置計画³⁾をもとに1/100に設定した。水路は直線とし、水路長は試算計算により後述する節腹形状の波長に大きな影響を与えない4,800mとして、下流端の水理量が上流に繰り返される周期境界条件として計算を行うこととした。河床材料には、戸蔭別川の現地河床材料の粒度分布⁴⁾をもとに予備計算を行い50mmと設定した。また、氾濫原も同一の材料としている。床固工は、その部分のみ固定床とすることで表現し、河床が床固工より洗掘せず堆積のみするように設定した。流量は、戸蔭別川の床固工群が設置されている区間の河道変化が再現できている600m³/s⁵⁾を使用し、安定した節腹連続河道の形成が確認できる時間として

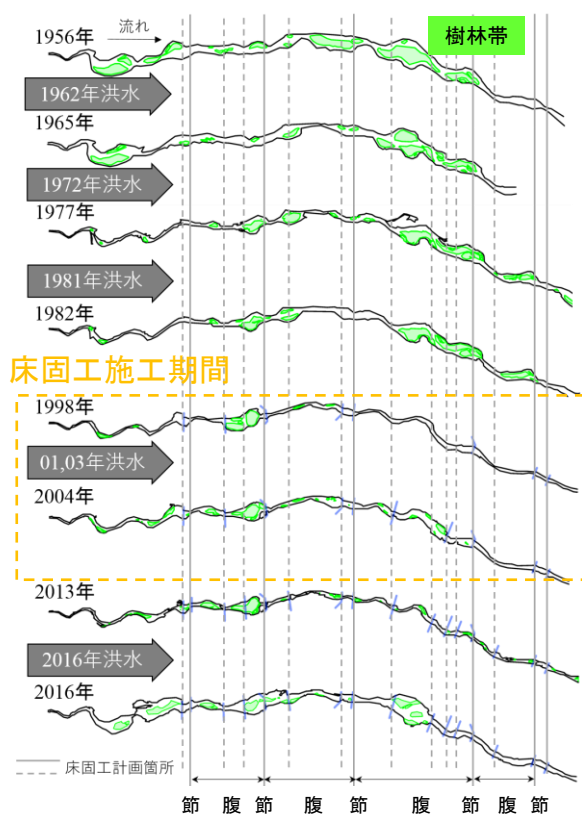


図-1 戸蔭別川の床固工群が建設された区間の河道平面形状の時系列

96 時間通水した。

(2) 計算条件

計算格子サイズは縦断方向 20 m × 横断方向 10 m のメッシュとし、計算時間ステップは、0.1 秒とした。床固工群の設置に関しては、戸蔭別川の床固工群が節腹連続河道区間に設置されていることを踏まえて、節腹の波長を考慮して設置することとした。また、この床固工群の配置間隔の違いによる床固工群の河道変化への影響の変化を把握する目的であることから、上記条件で形成される節腹連続河道の波長と同一の間隔としたものを基準に、その 0.5 倍、1.5 倍および 2 倍の間隔で床固工を配置するケースを設定した。また、比較のため床固工群を設置しないケースも設定し、あわせて計 5 ケースを設定した。

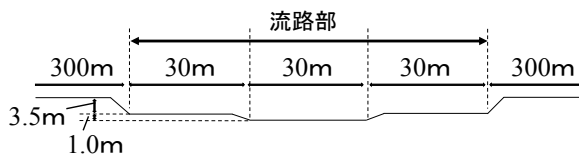


図-2 計画標準断面図

4. 計算結果

図-3 は初期河道形状の河床位コンターであり、図-4 は最終的な水深のコンターに流速ベクトルを重ねたものである。図-5 は土砂移動の傾向を知るために各設置間隔での最終的な地盤高を示した。また、床固工の設置間隔による土砂捕捉効果の変化を比較するために、設置間隔を変化させた各ケースで 24 時間ごとに洗掘深および堆積高を調査した。洗掘深および堆積高は設定時間における河床変動後の河床位と初期河床位との差としている。図-6 には初期河床からの堆積高、洗掘深および河道内土砂量を区間ごとに高さで表した値の時間変化をケースごとに示したものである。なお、洗掘深および堆積高は各ケースで設定時間ごとの平均値を示し、洗掘深および堆積高の合計を河道内土砂としている。

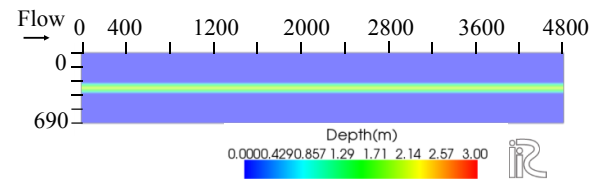


図-3 初期水深

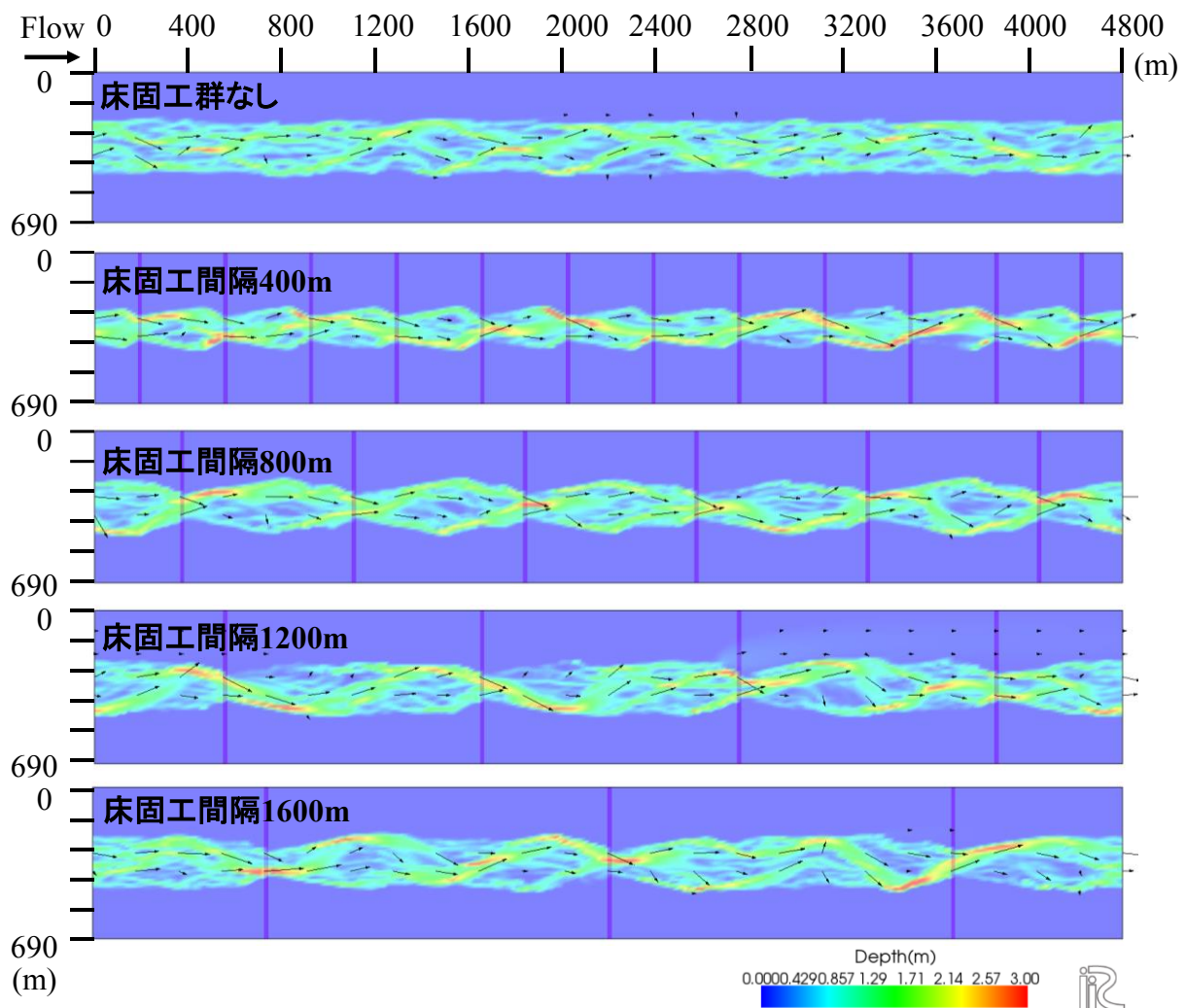


図-4 最終的な水深

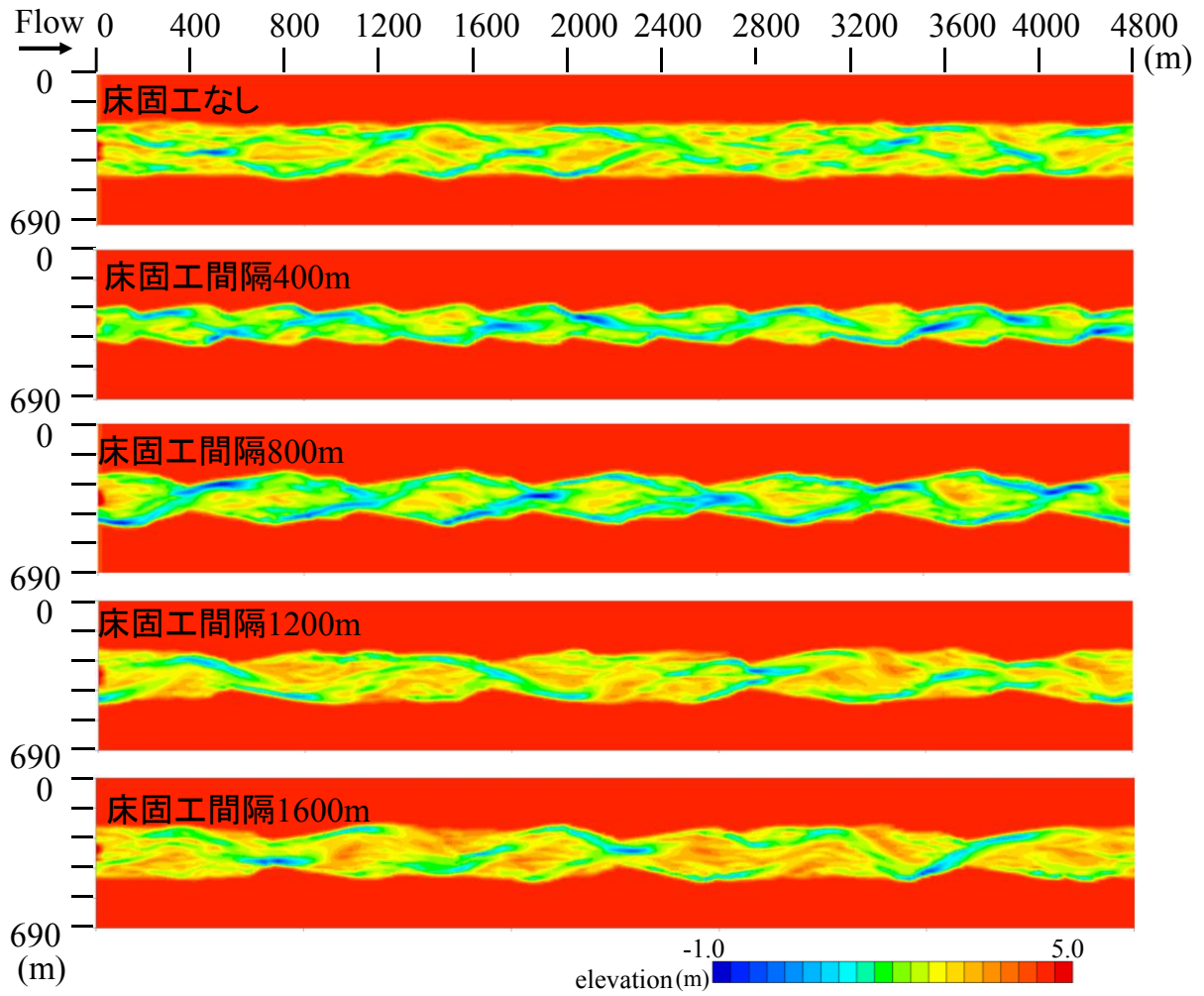


図-5 最終的な地盤高

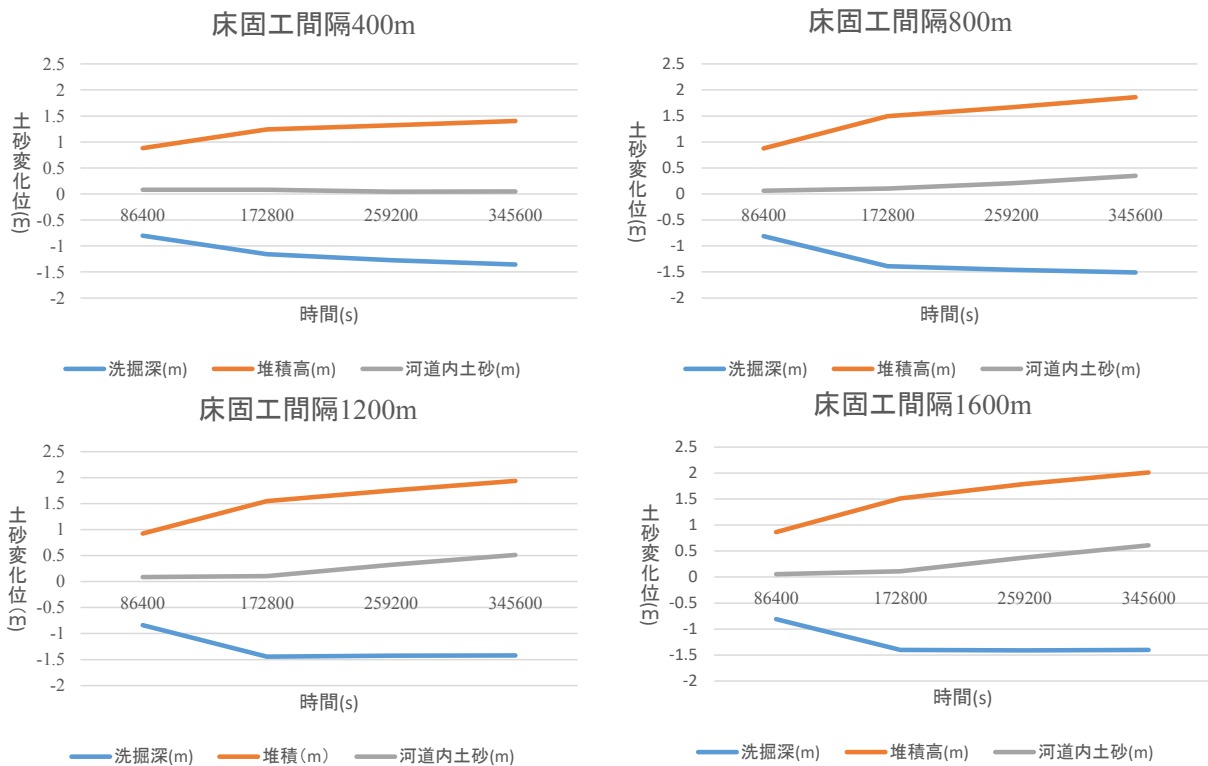


図-6 土砂量の時間変化

(1) 床固工群がない場合の河道変化

床固工群がない場合には、節腹連続河道の形成はみられたものの河道は大きく変動し、主流路の位置が安定しなかった。節は概ね一定間隔(約 800 m)で形成されている。局所洗掘は顕著でないものの、節となる箇所が生じている。

(2) 床固工群の間隔を変化させた場合の河道変化

床固工を 400 m および 800 m 間隔で設置した場合には、節腹連続河道が形成されている。設置間隔が 800 m の場合には局所洗掘の場所が概ね節の位置に存在しているが、設置間隔を 400 m とした場合には床固工の上下流でも局所洗掘が生じている。床固工の設置間隔が 1200 m の場合には、節腹の出現はみられるものの明確でなく河道は安定せず、大きく変動を繰り返した。また、床固工の設置間隔が 1600 m の場合にも、節腹連続河道の形成がみられ、設定間隔を 1200 m とした場合に比べ明瞭に形成されている。しかしながら、節の位置は約 800 m 間隔で出現しており、床固工の設置間隔とは異なっている。

5. 設置間隔による流れの変化と節腹連続河道の形成**(1) 床固工群がない場合**

床固工群がない場合には、ある場合に比べ分散する力が弱いことから、節腹連続河道が安定せず、流路が固定されなかったと考えられる。

(2) 床固工群の間隔を変化させた場合

床固工群がある場合には、ない場合と比較すると床固工の設置位置に流路が収束し、その中でも 800 m 間隔で設定した場合が最も収束と拡散の流れが安定している。400 m 間隔で設定した場合には、流れが収束する位置よりも前に床固工が設定されているため、床固工に合わせて収束しており流れが集中することから局所洗掘が起きていると考えられる。1200 m 間隔で設定した場合には流れに偏りがあり、節腹連続河道の形成には至らなかった。1600 m 間隔で設定した場合には、800 m 間隔で拡散と収束が繰り返されている。

6. 設置間隔による床固工群の機能変化に関する考察**(1) 土砂移動**

床固工がある場合とない場合では、ない場合に最も近い 1600 m 間隔のときの地盤高と比較するとある場合には地盤高が高い範囲が広がっている。これは床固工群の土砂捕捉効果によるものと考えられる。

床固工が多いほど洗掘範囲が広くなり河道内の土砂量は小さくなった。床固工を 400m 間隔に設置した場合には、堆積高、洗掘高はともに少なかったが、そのほかの 3 ケースではほとんど違いは見られなかった。

(2) 流路変動

400 m 間隔で設定した場合には、時間経過に関係なく床固工を設置した位置で節が形成されているが、800 m 間隔で設定した場合のほうがより明確な節腹連続河道が形成され、河道は安定していた。また、床固工を

1200 m 間隔で設定した場合には、節腹の形成がみられたものの明瞭ではなく、床固工を 800 m 間隔で設定した場合と比較すると河道は移動を繰り返し不安定であった。床固工を 1600 m 間隔で設定した場合にも節腹の形成はみられたが、およそ 800 m 間隔で節の形成がみられ、局所洗掘深の位置も節以外の箇所でも形成される結果となった。また、床固工を設置しない場合に形成された節腹の波長である 800 m の 2 倍の間隔で床固工を設置した 1600 m のケースでは、節腹の波長が 800 m で現れる結果となるとともに、節腹の形状も床固工の設置間隔が 1200 m の場合よりも明確に形成された。

このことから、床固工が存在する場合の河道変動は、床固工がない場合に形成される節腹形状の波長に強い影響を受けることが明らかになった。流路の安定性を考える場合には、床固工の設置間隔と床固工が存在しない場合に形成される節腹形状の波長と関係を確認することが極めて重要な視点であることが判明した。

(3) 最適な床固工の設置間隔

床固工は、節の位置を固定させ流路変動を抑制する機能を有するものの、間隔が短すぎると局所洗掘の範囲が広くなるとともに土砂の捕捉効果が小さくなり、間隔が長すぎると流路変動の抑制効果が小さくなる。流路変動の安定性および土砂捕捉効果の面から床固工の設置間隔を考えた場合、床固工の最適な設置間隔は、床固工が存在しない場合に形成される節腹形状の波長と同一であることが望ましいと考えられる。

7. おわりに

本研究では、床固工の設置間隔による流路変動と土砂捕捉効果について明らかにすることを目的としたシミュレーションを行った。床固工群を設置しないケースと床固工の設置間隔を変化させた計 5 ケースの検討を行い、適正な床固工を設置することによって局所洗掘や河道の移動を抑制することが可能であることが判明した。

謝辞：本研究は、国土交通省河川砂防技術研究開発公募地域課題分野(河川生態)「気候変動化下における河川生態系のレジエンス-河川構造、生物多様性、生態系機能に着目して-(中村太)」の助成を受けて実施した。ここに感謝の意を記す。

参考文献

- 1) 北海道開発局帯広開発建設部：札内川技術検討会資料，2016。
- 2) 北海道開発局帯広開発建設部：十勝川流域砂防検討会資料，2017。
- 3) 佐川弘明，吉井厚志，大石松夫：戸蔭別川床固工群計画検討業務，流出解析検討，中間報告，1962。
- 4) 日本工営株式会社：平成 29 年度戸蔭別川砂防施設検討業務資料，2018。
- 5) 伊藤朱花，渡邊康玄，池島剛，松岡暁，伊藤隆郭，谷昭彦：戸蔭別川における床固工群と樹林帯の出水時の効果，河川技術論文集，第 24 巻，2018。