

彦山川を対象にした河岸・護岸の被災リスクポテンシャルの推定

九州工業大学大学院 学生会員 伊藤 翔吾・正会員 重枝 未玲・九州工業大学工学部・学生会員 山本 絃太

1. はじめに

河道の維持管理を進めるには、リスクの高い区間を事前に予測し、適切な対応を講じる必要がある。河道の河床位、川幅、代表粒径等の縦・横断特性や河道線形などの平面特性は、河道を管理するためのデータとして整備されている。重枝ら¹⁾は、これらの情報から安定河道横断面形状を求め、この横断面形状を基準に護岸の被災リスクポテンシャルの推定可能性を示した。本研究では、以上の背景を踏まえ、重枝ら²⁾の河道特性と安定河道縦・横断面形状に基づく

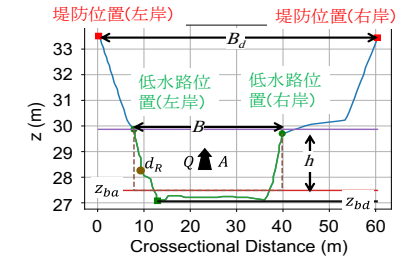


図-1 川幅と低水路満杯水位等の設定

2. 河岸・護岸の被災リスクポテンシャルの1次元推定法の概要

本手法では、①現況河道データ、②河道平面・縦横断形状に基づく最深河床高、③安定河道式による安定河床位と川幅、④動的平衡河床位を用いて、⑤被災リスクポテンシャル評価を行う。なお、対象とする区間は、掃流が河道形成に支配的なセグメント1と2-1とする。

はじめに、①の現況河道データの河道横断面形状から、図-1のように川幅 B 、流積 A 、水深 $h(= A/B)$ 、平均河床高 z_{ba} 、最深河床高 z_{bd} とその位置を求め、これらと平均年最大流量 Q 、代表粒径 d_R を距離標位置で整理した。また、これらから、平均河床高の経年変化 Δz_{ba} 、最深河床高の経年変化 Δz_{bd} 、河道の曲率半径 r と川幅 B との比、無次元掃流力 τ_* 、川幅水深比 B/h 、中規模河床形態を整理した。ただし、中規模河床形態は黒木・岸の中規模河床形態の領域区分図³⁾を用いた。次に、②の現況河道の平面形状及び縦・横断面形状に基づく砂州や湾曲による深掘れは、河道平面形状から直線河道($r/B > 20$)と蛇曲河道($r/B \leq 20$)に分類し、護岸の力学設計法⁴⁾と同様な方法で砂州や湾曲による最深河床高で評価した(以下、推定最深河床高)。また、現況河道が安定状態にあるかどうかを、図-2の自然安定河道の τ_{*s} と川幅水深比 B/h との関係と、この関係を規定する K 値と河床勾配 I の関係に基づき判断した。なお、図中の茶色の枠で示す中規模河床形態に応じた「安定河道の条件」であり、同一中規模河床形態の領域にプロットが含まれれば河道は自然安定河道となる。縦断的な安定河道の条件には、流砂量が縦断的に一定となる動的平衡条件の式(3)を用いた¹⁾。③の安定河道横断面形状は、式(1)、式(2)の安定河道の式に基づき、現況の河道の I 、 Q 、 d_R 、流速係数 ϕ と水中比重 s を用いて評価した。④の護岸等により川幅に変動がない場合の動的平衡河床位(以下、動的平衡河床高)については、流れの連続の式、運動方程式に式(3)の縦断的な動的平衡条件を与えることで得られる川幅 B と河床高 z_b との関係から評価した。

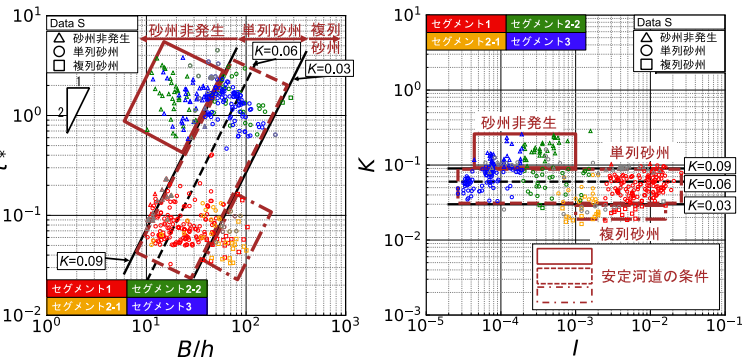


図-2 τ_{*s} と B/h との関係と K 値と I との関係

なお、図中の茶色の枠で示す中規模河床形態に応じた「安定河道の条件」であり、同一中規模河床形態の領域にプロットが含まれれば河道は自然安定河道となる。縦断的な安定河道の条件には、流砂量が縦断的に一定となる動的平衡条件の式(3)を用いた¹⁾。③の安定河道横断面形状は、式(1)、式(2)の安定河道の式に基づき、現況の河道の I 、 Q 、 d_R 、流速係数 ϕ と水中比重 s を用いて評価した。④の護岸等により川幅に変動がない場合の動的平衡河床位(以下、動的平衡河床高)については、流れの連続の式、運動方程式に式(3)の縦断的な動的平衡条件を与えることで得られる川幅 B と河床高 z_b との関係から評価した。

$$h/d_R = K^{1/2} \cdot \left\{ (I/s)^{-1/2} \cdot \phi^{-1} \left(Q/\sqrt{gI d_R^3} \right) \right\}^{1/3} \dots (1)$$

$$B/d_R = K^{-3/4} \cdot \left\{ (I/s)^{1/2} \cdot \phi^{-1} \left(Q/\sqrt{gI d_R^3} \right) \right\}^{1/2} \dots (2)$$

$$\phi B^{2/3} h = \text{const.} \dots (3)$$

表-1 被災リスクポテンシャル評価

評価項目	評価方法 (以下の場合1点を追加)
【項目1】 K 値	K 値が安定河道の条件を満たさない場合
【項目2】摩擦速度 u_*	$u_* > 0.3(\text{m/s})$
【項目3】 ΔB	$\Delta B > 0$ (安定河道川幅>現況低水路幅)
【項目4】 ΔB_d	$\Delta B_d > 0$ (安定河道川幅>現況堤防川幅)
【項目5】 Δz_{bdE}	$\Delta z_{bdE} < 0$ (現況最深河床高<推定最深河床高)
【項目6】 Δz_{baE}	$\Delta z_{baE} > 0$ (動的平衡平均河床高>現況平均河床高)
【項目7】 $\phi B^{2/3} h$	$\Delta \phi R B^{2/3} h_R / \phi B^{2/3} h < 0$ (下流-上流)

なお、式中の下添え字Rは基準点の諸量を表し、ここでは経年変化で平均河床が変化していない地点の諸量とした。最後に、⑤の被災リスクポテンシャルは、護岸等の被災と関連が高いと考えられる表-1のような【項目1~7】から評価した。なお、【項目1】と【2】は河道の変動のしやすさ、【項目3】と【4】は川幅拡大による、【項目5~7】は河床低下による被災リスクポテンシャルを表す指標である。該当区間を1点とし、計7点で評価した。

3. 遠賀川水系彦山川への河岸・護岸の被災リスクポテンシャル推定法の適用

平成24年7月豪雨で計6か所、令和2年7月豪雨で計17か所の護岸や堤防の被災が発生した彦山川に、本手法を適用した。平成23年の横断面図に基づく被災リスクポテンシャル評価と平成24年豪雨による被災箇所との比較を実施したところ、(1)図中の紫線で示す護岸被災が発生した区間は、リスクポテンシャル評価が高い区間であること、

(2)被災リスクポテンシャルの高い区間は、距離標 11.8km~16.8km, 22.4km~34.4kmであったことが確認された。

図-3に、平成24年の横断面図に基づく被災リスクポテンシャル評価結果と令和2年豪雨による被災箇所との比較を示す。図中のシアンハッチは安定河道領域を、K値中の点線は単列砂州の平均的な値を示している。また、図中の青・緑線は令和2年の被災箇所を示しており、青線は護岸崩壊、緑線は護岸洗堀、桃線は両方の被災形態を示している。ただし、護床工の被害と被災区間が10m以下のものは点線で示している。これらから、彦山川で被災リスクポテンシャルの高い区間は、平成23年と同様に距離標11.8km~16.8km, 22.4km~34.4kmであり、この区間で多くの被災が発生していることが確認できる。また、(1)【項目1】が1点で安定条件を満たしていない区間で、被災の多くが発生していること、(2)一方で【項目1】が0点で安定条件を満たしているものの被災が発生している区間は、【項目5】が1点となり②の現況河道の平面形状及び縦・横断面形状に基づく砂州や湾曲による深掘れが発生しやすい区間であること、などが確認できる。さらに、上記の(1)の被災区間では川幅が拡幅する方向にตอบสนองしようとする【項目3】あるいは【項目4】のいずれか、下流の流砂量が大きくなる傾向を持つ【項目6】あるいは【項目7】のいずれかが1点であり、河道の特性により被災リスクポテンシャルが高くなる区間であること、上記の(2)の被災区間では、その多くは、他の諸量に規則性がなく、局所的な深掘れにより被災リスクポテンシャルが高くなる区間であることが確認できる。一方で、(3)距離標34.2kmでは護岸崩壊と洗堀が発生しており、河道は川幅が拡幅する方向にตอบสนองしているが、河床は低下傾向になく洗堀による被災リスクポテンシャルは確認できない。これは、この区間が堰直下流であり、今回用いた大局的な指標では危険度を適切に評価できないためと考えられる。

このように、本評価手法は、被災リスクポテンシャルが高い河道の一連区間を評価可能であり、河道特性により、河道全体の応答特性による被災と局所的な深掘れによる被災のリスクポテンシャル評価が可能であると考えられる。一方で、被災リスクポテンシャルが大きな区間で被災が発生していない区間もあり、護岸の設置状況や状態・局所的な弱点箇所の評価を含めて検討する必要があると考えられる。

4. おわりに

彦山川を対象に河岸・護岸の被災リスクポテンシャル評価を実施した結果、(1)護岸被災が発生した区間は、本評価法で被災リスクポテンシャルが高い区間に含まれていること、(2)被災リスクポテンシャル評価の項目により河道特性による被災や局所的な被災リスクポテンシャルを評価できること、などが確認された。

参考文献：1)安定河道条件に基づく河道変動特性の評価と護岸被災リスク評価のためのパラメータの検討，土木学会論文集B1(水工学)，Vol.77, No.2, p.1_397-402, 2021. 2)重枝ら：河道特性と安定河道横断面形状に基づく河岸・護岸の被災リスクポテンシャル推定法，土木学会論文集B1(水工学)，Vol.78, No.2, pl_187-l_192, 2022. 3)黒木・岸：中規模河床形態の領域区分に関する理論的研究，土木学会論文集，第342号, p.87-96, 1984. 4)国土技術研究センター：護岸の力学設計法，山海堂，1999.

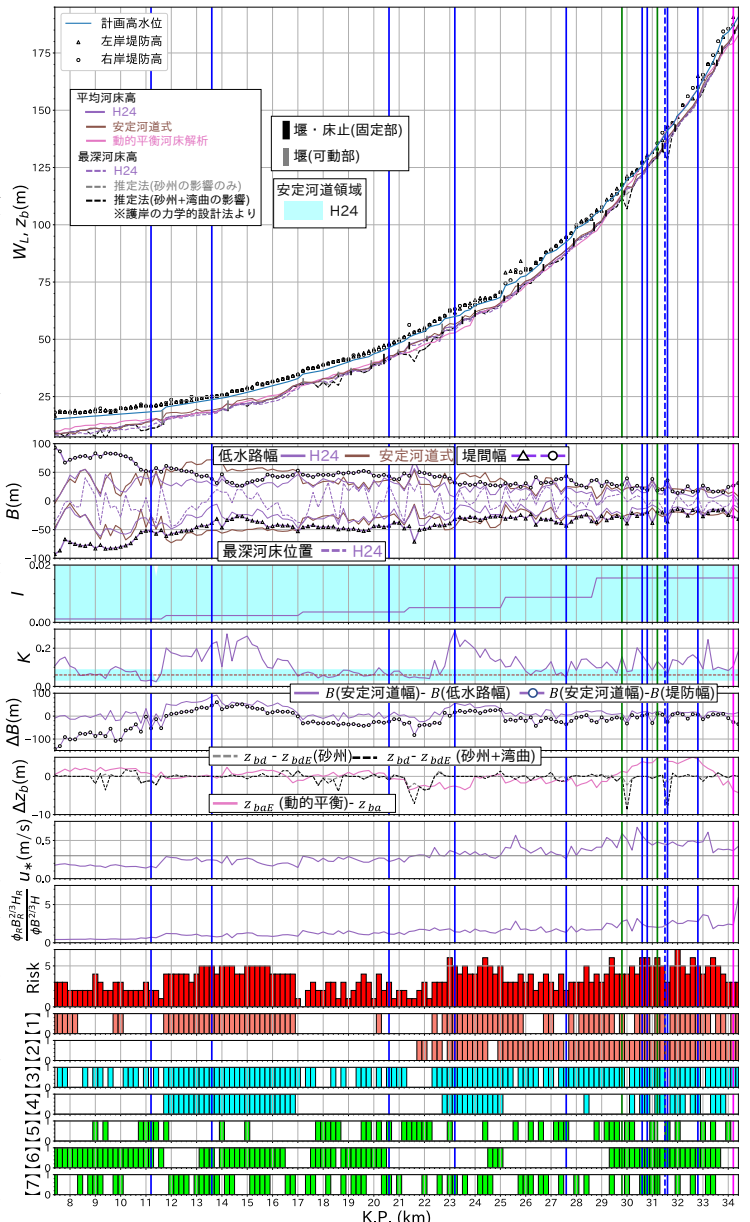


図-3 被災リスクポテンシャル評価(H24年)と被災箇所(R2年)

このように、本評価手法は、被災リスクポテンシャルが高い河道の一連区間を評価可能であり、河道特性により、河道全体の応答特性による被災と局所的な深掘れによる被災のリスクポテンシャル評価が可能であると考えられる。一方で、被災リスクポテンシャルが大きな区間で被災が発生していない区間もあり、護岸の設置状況や状態・局所的な弱点箇所の評価を含めて検討する必要があると考えられる。