

安定河道の条件を基準とした流量変化時の河道の応答と被災リスクポテンシャルの高い条件の検討

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

1. はじめに

近年、河道の維持管理を行う上で、河道の被災リスクを把握する技術が求められている<sup>1)</sup>。流下能力<sup>2)</sup>や堤防の浸透破壊<sup>3)</sup>等の被災リスク評価はあるが、侵食による被災リスクの評価方法は経験的<sup>4)</sup>なものが多い。重枝ら<sup>5)</sup>は、安定河道が形成される条件を基準(以下、安定河道の条件)に河道の被災リスクポテンシャル評価を行い、その有用性を示した。本研究は、これまでの研究<sup>6)</sup>を発展させ、室内実験に基づき、「安定河道の条件」を基準に、流量変化時の河道の応答を把握し、被災リスクポテンシャルの高い条件を検討したものである。

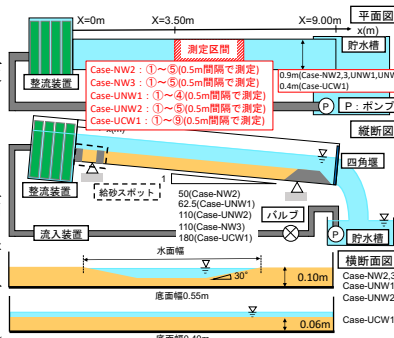


図-1 実験装置の概要

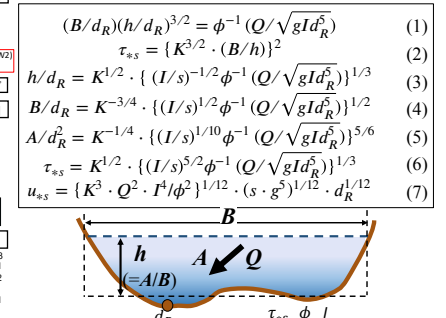


図-2 重要な諸量と定義図

2. 実験データの概要

本研究では、定常および非定常流下の河床変動実験データを用いた。非定常流下のデータには、Case-USW1のようにCase番号の頭にUを付している。定常流の実験結果には、福岡・山坂<sup>7)</sup>(Case-SW1, 2), 平野<sup>8)</sup>(Case-SW3), 重枝ら<sup>6)</sup>(Case-CW1~3, Case-NW1, Case-CB1, 2)を用いた。Case-SWは自然河道を想定した川幅・水深に制約がなく川幅が拡幅する条件で、Case-NW1は川幅・水深に制約がなく川幅が縮小する条件で、Case-CBは護床等で河床位に制約がある条件で、Case-CWは護岸等の影響で川幅の拡幅に制約がある条件で実施した実験である。これらに加え、本研究では自然河道を想定した川幅・水深に制約がなく川幅が縮小する条件での実験(Case-NW2, 3)を実施した。非定常流の実験には、川幅・水深に制約がないCase-USW1の実験結果<sup>6)</sup>に加え、川幅・水深に制約がなく縮小過程にある条件(Case-UNW1, 2), 護岸により川幅に制約がある条件(Case-UCW1)で実験を実施した。実験に用いた実験装置を図-1に、各Caseの実験条件を表-1に示す。なお、測定方法は重枝ら<sup>6)</sup>と同様である。

表-1 実験条件

実験条件	水路床勾配	流量 (m <sup>3</sup> /s)	水路幅 (m)	平均粒径 (mm)	底面幅 (m)	初期側岸高 (cm)
Case-SW1	1/400	0.002	0.4	0.67	-	6
Case-SW2					-	8
Case-SW	0.0168(約1/60)	0.0048	1.2	0.83	-	-
Case-CW1		0.003805			-	-
Case-CW2	1/230	0.003805	0.4	0.89	-	-
Case-CW3	1/214	0.001545			-	-
Case-CB1	1/143	0.0014	1.0	1.01	0.15	-
Case-CB2	1/162	0.0022	1.0	1.01	0.50	-
Case-NW1	1/62.5	0.0020	1.0	1.01	-	-
Case-NW2	1/50	0.0014	0.9	1.01	0.55	10.0
Case-NW3	1/110	0.0033	0.9	1.01	-	-
Case-USW1	1/148	①0.0022 ②0.0036 ③0.0022	1.0	1.01	0.15	9.0
Case-UNW1	1/62.5	①0.0007 ②0.0012 ③0.0007	0.9	1.01	0.55	10.0
Case-UNW2	1/110	①0.0033 ②0.0023	0.9	1.01	-	-
Case-UCW1	1/180	①0.0011 ②0.0035 ③0.0011	0.4	1.01	-	-

3. 安定河道の発生条件と河道の応答との関係と被災リスクポテンシャルの高い条件の検討

図-2に、結果の整理に用いた重要な諸量と定義図を示す。ここに、安定河道の断面平均スケール(h/d<sub>R</sub>, B/d<sub>R</sub>), 動的平衡状態にある無次元掃流力τ<sub>\*s</sub>, 平均水深h, 河積A, 水面幅B, 河床材料の代表粒径d<sub>R</sub>, 無次元河道形成流量Q/(gId<sub>R</sub><sup>5</sup>)<sup>1/2</sup>, 河道形成流量Q, 河床勾配I, 流速係数φ, 断面平均流速U, 摩擦速度u<sub>\*s</sub>, 自然安定河道のτ<sub>\*s</sub>と川幅水深比B/hとの関係を規定する係数Kである。

図-3に、定常流量での実験結果と「安定河道の条件」である無次元掃流力τ<sub>\*s</sub>と川幅水深比B/hとの関係とK値と勾配Iとの関係の比較を示す。図中の矢印は、平衡状態に至るまでの河道の応答方向を表している。また、図中の茶枠の範囲は、既存の安定河道に関するデータ<sup>9)</sup>に基づき定められた

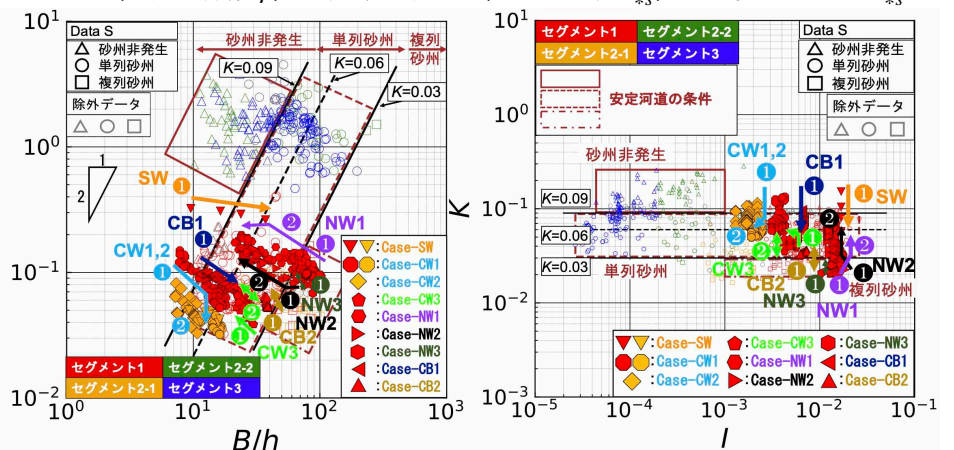


図-3 定常流量での実験結果と「安定河道の条件」との比較

「安定河道の条件」であり、この範囲内にあるデータは「安定河道の条件」を満たす。これらより、(1)Case-SW1~3

とCase-NW1~3では、いずれも平均的な安定河道の $K$ 値へ近づくこと、(2)Case-CW1と2では、現況河道の川幅は、安定河道幅より狭いが、護岸の影響で川幅が拡幅できないため、安定河道の $K$ 値より大きな値で安定した後、勾配が変化すると平均的な安定河道の $K$ 値で安定すること、(3)Case-CW3では、現況河道の川幅より安定河道幅が狭いが、護岸の影響を受け全幅で流れが生じ川幅が縮小できず、安定河道の $K$ 値より小さな値で安定すること、(4)Case-CB1では護床の影響が小さくCase-SW1~3と同様な傾向を示すこと、(5)護床の影響を受けるCase-CB2では、河床が低下できず、安定河道の $K$ 値より小さな値で安定すること、などが確認できる。Case-NWの結果に着目すると、初期河道が安定河道条件の複列砂州領域の境界付近にあるCase-NW1では、勾配の変化により複列砂州領域の安定河道領域外へ遷移すると、単列砂州の安定河道領域の平均的な $K$ 値の河道に応答すること、初期河道が安定河道の条件外にあるCase-NW2ではCase-NW1と同様に単列砂州の安定河道領域の平均的な $K$ 値の河道に応答すること、一方で、安定河道条件の複列砂州領域境界内にあるCase-NW3では、複列の安定河道領域の平均的な $K$ 値の河道に応答することが確認できる。これらを踏まえると、以下の状況で河岸や護岸の被災リスクポテンシャルの高くなると考えられる。(1)Case-CW1と2のような条件では河道が拡幅しようとする応答を河岸や護岸が押さえるため、河岸や護岸の負荷が大きくなる。(2)Case-NW1, 2の条件では河床低下が促進されるように河道が応答するため、河岸や護岸の基礎より河床が低下する可能性が高くなる。

4. 流量変化時の河道の応答

図-4に、非常流量での実験結果と「安定河道の条件」である無次元掃流力 $\tau_{*s}$ と川幅水深比 $B/h$ との関係と $K$ 値と勾配 $I$ との関係の比較を示す。図-4中の矢印は、表-1中の流量変化による河道の応答方向を表している。これらから、川幅・河床に制約のないCase-USW1は、増・減水時のいずれも $K$ 値は、安定河道範囲内に留まっており、その応答は図中の橙色の矢印①~③となる。この応答は河床が上昇する応答であるため、流下能力の低下が懸念される。 $K$ 値が複列砂州の安定領域の境界付近にあるCase-UNW1では、初期流量時は図中の紫色の矢印①のように安定河道範囲内に留まっているものの、増水時には②のように複列砂州の安定河道領域外に遷移し、減水時には③のように単列砂州の安定河道領域に向かって応答する。この応答は上述のように河床が低下する応答であるため、護岸付近の河床低下が懸念される。 $K$ 値が複列砂州の安定領域内にあるCase-UNW2では、Case-UNW1とは異なり、減水時にも複列砂州の安定河道領域の境界付近に止まり比較的安定している。護岸により川幅に制約があるCase-UCW1では、流量の増減とともに、 $K$ 値は増減する。今回の実験ではピーク流量を超えると $K$ 値はCase-CW1と2のような状況となり、河道が拡幅する応答を河岸や護岸が押さえ、河岸や護岸の負荷が大きくなると考えられる。このように、「安定河道の条件」を基準とすれば、流量ハイドログラフ中のどの波形で被災リスクポテンシャルが高くなるかを把握できると考えられる。

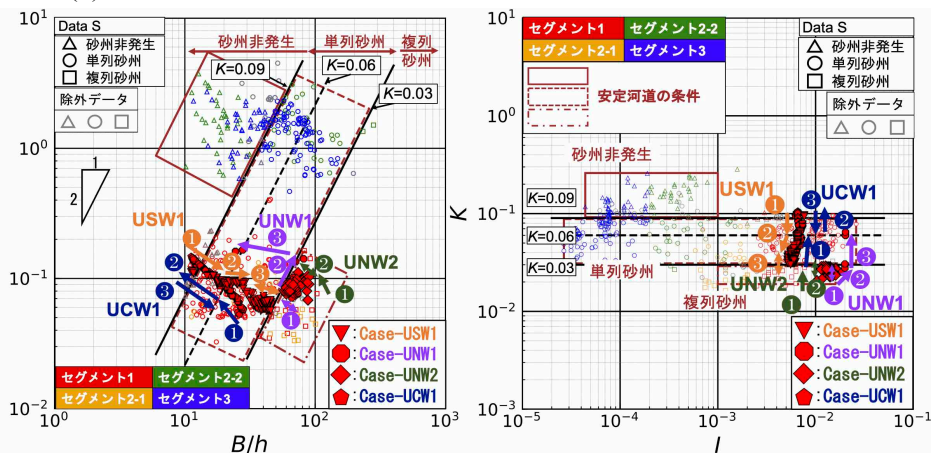


図-4 非常流量での実験結果と「安定河道の条件」との比較

5. おわりに

本研究から、「安定河道の条件」を基準として、(1) $K$ 値が流量増加により「安定河道の条件」より大きくなる場合、河道が拡幅する応答を河岸や護岸が押さえるため、(2) $K$ 値が複列砂州の安定河道領域境界付近にある場合、河道は単列砂州領域へと遷移し河床が低下する応答のため、河岸や護岸の被災リスクポテンシャルが高まることが確認された。

参考文献：1)国土交通省：河川砂防技術基準維持管理編，2011。2)国土技術研究センター：河道計画検討の手引き，2002。3)澤村ら：土木学会論文集B1(水工学)，Vol.78，No.2，pp.I\_661-I\_666，2022。4)高松ら：河川技術論文集，第27巻，pp.253-258，2021。5)重枝ら：土木学会論文集B1(水工学)，Vol.78，No.2，I\_187-I\_192，2022。6)重枝ら：土木学会論文集B1(水工学)，Vol.78，No.2，I\_1105-I\_1110，2022。7)福岡・山坂：土木学会論文集，第351巻/II-2，pp.87-96，1984。8)平野：土木学会論文報告集，第210号，pp.13-20，1973。9)秋山ら：土木学会論文集 B1(水工学)，Vol.74，No.5，pp.I\_985-I\_990，2018。