

横侵食を伴う河床変動過程

鳥取大学工学部 正 員 道上正規
鳥取大学工学部 正 員 藤田正治
鳥取大学大学院 学生員 ○喜田雅紀

1. はじめに 流路の拡幅現象は、側岸侵食の激しい山地河川や砂州の形成される河口部における流路変動などを予測する上で重要な問題である。本研究では、山地河川を対象とし、水が水みちをオーバーフローした時の水みち部の横侵食を伴った河床変動過程を、急勾配直線水路において一様砂を用いて実験および理論的に検討する。

2. 実験の概要と結果 実験は長さ 7m、幅40cmの水路を用いて行った。実験には粒径0.6mmの一様砂を用いた。初期河床は、水路中央に幅 9cm、深さ4cmの溝のある凹形とした。実験は、流量2.0ℓ/sのもとに、河床勾配をCase 1で1/300、Case 2で1/100として行った。また実験水路下流端には、それぞれ初期河床横断形状と同じ形の砂止め堰を設けた。なお、実験途中の給砂はどのケースにおいても行っていない。

表1 Case 1、2の実験結果

Case	勾配	水みち 幅×深さ(cm)	時間 (分)	侵食状況	平均河床位の 増加量(cm)	最深河床位の 増加量(cm)	侵食断面積 (cm ²)
1	1/300	9×4	0～60	横侵食>縦侵食	-0.3	+1.4	+12.6
			60～120	横侵食≒縦侵食≒0	-0.1	+0.0	+3.2
2	1/100	9×4	0～10	横侵食>縦侵食	+0.0	+0.9	-0.6
			10～120	横侵食≒0<縦侵食	-1.2	-1.9	+46.7

図1、2の指点は下流から3、5mにおける河床横断形状の時間変化を示したもので、両ケースとも側岸が侵食され河床横断形が平坦に近づく様子がみられる。表1は、下流端から2.5m～5mの間の50cmおきの各測点における平均河床位の増加量、最深河床位の増加量、侵食断面積の実験値の平均値を示したものである。Case 1とCase 2では掃流力が異なるため、河床変動特性に差異が見られた。掃流力の小さいCase 1では0～60分の間は、水みち側壁が侵食され、侵食土砂は水みちに堆積し、河床最深部が上昇した。しかし侵食断面積の値は河床が侵食傾向にあることを示しており、このことから縦侵食もあるものの横侵食が支配的であることがわかる。60～120分の間は、横侵食と縦侵食があるが侵食量が少ないためほとんど河床変動がない。全体的には、最深河床位が増加し平均河床は少ししか減少していないことから、Case 1では水みち側壁が侵食され、侵食土砂のほとんどが水みちに堆積している。掃流力の大きいCase 2では0～10分の間は、Case 1と同様、縦侵食があるものの横侵食が支配的である。10～120分の間は、河床最深部、平均河床位ともに減少しており、横侵食がほぼ終了し縦侵食が支配的となっている。

3. 二次元河床変動数値シミュレーション Case 1、2について二次元河床変動数値シミュレーションを行う。計算に必要な基礎式は次のようである。①水面形計算は井田の方法¹⁾による。②河床せん断力の分布は法線水深法¹⁾を用い $\tau_* = \rho g I_* h / \cos \theta$ で計算した。ここに g :重力加速度、 I_* :エネルギー勾配、 h :局所水深、 θ :河床横断勾配角である。③流下方向の流砂量については芦田、道上の流砂量式を、横断方向の流砂量については池田らによる次式²⁾を用いた。

$$\text{流下方向: } \frac{q_x}{u_* d} = 1.7 \tau_* \left(1 - \frac{\tau_{*c}}{\tau_*} \right) \left(1 - \sqrt{\frac{\tau_{*c}}{\tau_*}} \right), \quad \text{横断方向: } q_y = \frac{\tau_{*c}}{\tau_*} (\tan \theta) q_x$$

ここに τ_{*c} :移動限界時の時の τ_* 、 u_* :摩擦速度、 d :粒径である。

④二次元河床変動に関しては、次に示す流砂の連続式を用いた。

$$\frac{\partial z}{\partial t} + \frac{1}{1-\lambda} \left(\frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} \right) = 0 \quad \text{ここに } t: \text{時間}, \lambda: \text{砂の空隙率である。}$$

4. 実験と理論の比較 Case 1と2の計算結果と実験結果を図1および図2に示す。計算の初期河床形状には、通水後17秒における河床形状を用いた。図1、2における水位は初期水位の実験値（実線）と計算値（点線）を示している。図1によると、河床最深部は通水初期に急激に上昇し、その後は徐々に上昇を続け通水後60分でピークをむかえその後ほとんど河床変動がないという実験結果を計算値はよく再現している。また河床横断形状の計算値も実験結果とほぼ一致している。水面形についてもほぼ計算値は理論値と一致している。このように、通水後60分までは横侵食が支配的であり、その後は河床変動がほぼ停止する様子がよく再現されている。ついで、図2によると、通水後10分まで、横侵食が縦侵食より支配的で、その後縦侵食が支配的になる過程が計算で再現できている。横断形状も大体適合しているが、下流から500cmの箇所では実験と理論に相違がみられる。通水30分から上流部左岸に砂州が形成され、右岸側が少し局所洗掘されたためである。全体的にみると、Case 1、2とも計算結果は、横侵食が支配的な場合に対しても、横侵食完了後の縦侵食が支配的な場合に対しても比較的实验結果を再現しており、法線分割法、池田らの式による横方向流砂量を使って、横侵食量を伴う河床変動過程が計算できるものと考えられる。

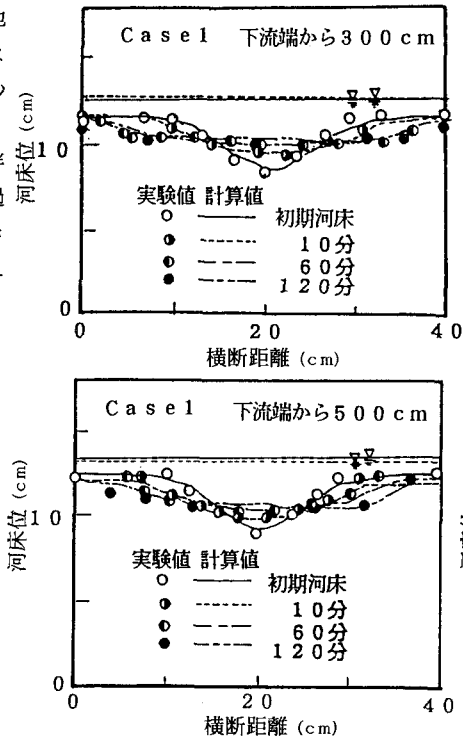


図1 河床横断形状の時間的变化
(Case 1)

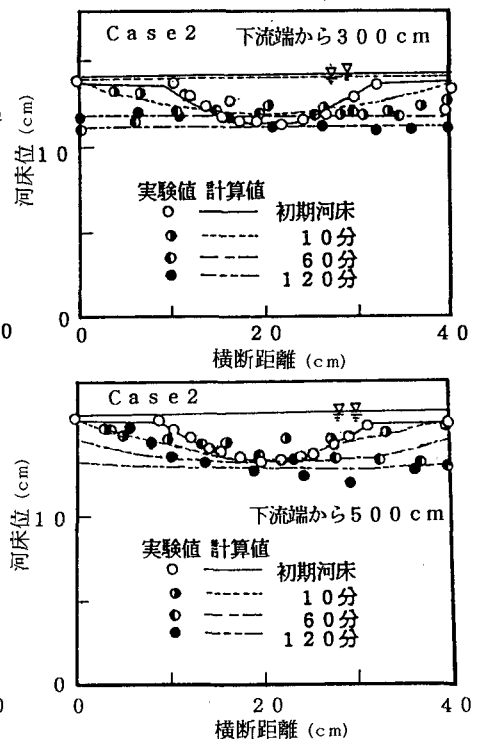


図2 河床横断形状の時間的变化
(Case 2)

5. おわりに 本研究では、一様砂を用いて水が水みちをオーバーフローした時の横侵食を伴った河床変動過程について実験的、理論的に検討した。今後は、混合砂河道における河床変動過程を明らかにするとともに、水みちの形成過程についても明らかにする必要があると思われる。

参考文献 1) 江頭進治、黒木幹男、澤井健二、山坂昌成: 開水路における河床せん断力の推定法、第32回水理講演会論文集、PP. 503~521、1988. 2) 山坂昌成、池田駿介、木崎茂: 混合粒径砂の横断方向流砂量、土木学会論文集、第387号/II-8 PP. 105~114、1987. 11.