

東京工業大学 正会員 石川忠晴
三井建設 正会員 吉岡建一

1. はじめに

河床低下が河道砂州の特性に顕著な影響を及ぼしている、という報告がある⁽¹⁾。確かに近年の砂州形状の変化、及び移動特性の変化と河床低下との相関は高いように見える。しかし変化の過程における互いの関係についてはほとんど明らかにされていない。空間的にも時間的にもスケールの大きなこの現象を一挙に把握するのにはかなり困難であり、基礎的知見の収集・整理の上に慎重に考察を進めることが肝要である。

ところで、基礎実験水路の上流端部では河床低下と砂州の変形過程が常に共存している。基礎実験においてはこの現象はむしろ邪魔者として扱われる。しかしこれ自体がひとつの自然現象であって、その中に砂州の本性を示す情報が含まれていると考えることもできる。

そこで本研究では、基礎実験水路の上流部の河床低下と砂州特性の変化を観察し、若干の考察を試みた。

2. 実験方法

幅13cm、有効長4.5m、勾配1/20のアクリル製水路を用いた。河床材料は碎石を1.2mmと2.0mmのふるいでふるって間に残留したものをを用いた。河床形状測定には湯城ら⁽²⁾の斜め投影法を用いた。

実験条件を表1に示す。通水開始後6分間は上流端より給砂を行い、自然状態の砂州を発達させる。給砂方法、給砂間隔及び給砂量は、長時間通水の予備実験結果に基づき、自然状態の定常・一様な砂州を発達させるに適正な方法を選択している。通水開始後6分で給砂を打ち切り、河床低下を発生させ、砂州の走時曲線及び河床形状の変化を測定した。

表1 実験条件

水路幅: 13cm, 流量: 0.3ℓ/s,
河床材料粒径: 1.2mm ~ 2.0mm,
元河床勾配: 1/20
給砂方法 ($t = 0 \sim 6 \text{ min}$)
上流端において1分30秒ごとに0.36ℓを左右交互に投入する。 ($t = 6 \text{ min}$ 以降は給砂しない。)

3. 実験結果

給砂を止めてからの変化の状況を写真1に示す。給砂停止とともに上流端の砂州の移動が不活発になり、下流側の砂州波長が増大するとともにみお筋が固定化する。このため砂州前縁部の水深が次第に小さくなり、ついには砂州の一部が水面に出てくる。

図1-bは砂州の走時曲線を示している。給砂停止後も水路下流部では自然状態の定常的な砂州がしばらくの間存続している。しかし砂州波長の増大と移動停止の現象は、砂州移動速度の約2倍の速度で伝播し、ついには水路全域の砂州が停止してしまう。

図1-aは通水後20分の平均河床変動量である。これから、河床低下自体はまだ水路全域に及んでいないことがわかる。すなわち河床低下の伝播速度に比べて砂州の移動停止現象の伝播速度は遥かに大きく、前者は後者に先行する。このようにして、みお筋が固定化した所へ河床低下が進行してゆくために、局所洗掘が生じ砂州の比高は高くなる。

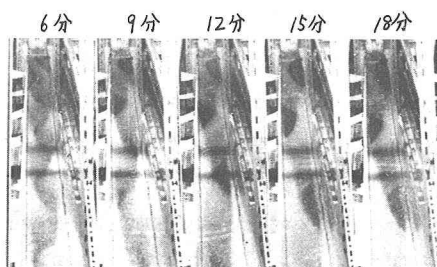


写真1 砂州の変形過程

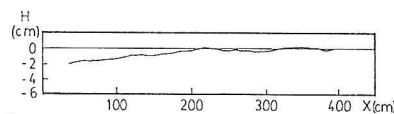


図1-a 時間20分における平均河床縦断面図

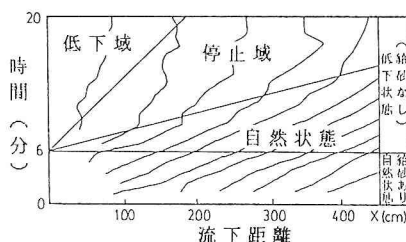


図1-b 砂州の走時曲線

4. 考察

本実験では、河床低下に先行して砂州の移動が停止し、このため固定化したみお筋だけに河床低下が進行している。したがってこのような形で生じる局所洗掘(あるいは砂州の変形)を考える場合、砂州の移動・停止特性を知ることが重要となる。この点について以下に考察する。

観察するところ、砂州の移動・停止は砂州先端への土砂補給の如何による。図2-aに示すように砂州上で土砂が放射状に移動するとすれば、砂州先端に運する単位幅流砂量 q_B は次のように書ける。

$$q_B \sim \frac{Q_B}{L \cdot \theta} \quad (L: \text{砂州長}, \theta: \text{扇角}, Q_B: \text{扇形内流砂量}) \quad \dots (1)$$

しかし実際には図2-bのように水流が蛇行するので、扇形内の流砂量 Q_B は砂州長 L の増加につれて減少するであろう。最も単純な仮定として、この減少量が砂州長 L に比例するとすれば、

$$q_B \sim \frac{1}{L \cdot \theta} (Q_B - \alpha L) \quad (\alpha: \text{比例定数}) \quad \dots (2)$$

ここで砂州先端での流砂の連続条件式から q_B を消去すると(3)式を得る。さて、砂州移動の停止は河床低下に先行し、その間は砂州波高がほとんど変化していないことから、近似的に(4)式を得る。ここに、 C =移動速度、 L =砂州長、 C_0 =定常一様砂州の移動速度、 L_0 =定常一様砂州の長さ、 C_1 =定数($\propto 1/\theta$)。

$$(C + C_1)L = \frac{Q_B}{H\theta} \quad \dots (3)$$

$$(C + C_1)L = (C_0 + C_1)L_0 \quad \dots (4)$$

時刻 t における砂州先端位置を $x = f(x_0, t)$ と書く。ここに x_0 は基準時刻 t_0 における同じ砂州の先端位置である。次の幾何学的関係がある。
 $\partial f / \partial t = C$, $\partial f / \partial x_0 = L / L_0$ 。ゆえに、(4)式は

$$\left(\frac{\partial f}{\partial t} + C_1 \right) \frac{\partial f}{\partial x_0} = C_0 + C_1 \quad \dots (5)$$

上式は「砂州の分散特性式」である。

図3は実験された走時曲線と、(5)式で $C_1 = C_0$ とした場合の解を比較したものであり、かなり粗い解析ではあるが、実際と比較的良く一致していることがわかる。

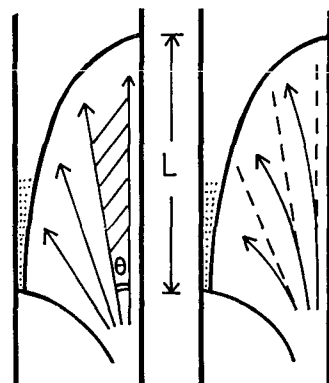


図2 砂州上の砂の移動

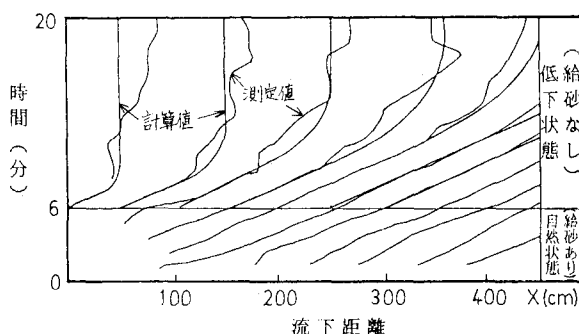


図3 砂州の走時曲線

5. まとめ

本研究では上流端で給砂をカットした時に生じる河床低下と砂州の変形を調べ、以下の知見を得た。

- ① 河床低下に先行して砂州の移動が停止する。この停止現象の伝播速度は砂州移動速度より大きい。
- ② 砂州の移動・停止は砂州上の流砂の軌跡と密接に関係しているようで、流砂軌跡に関する仮定に基づいて導いた砂州の分散特性式は砂州の走時曲線を良く説明する。
- ③ 砂州が停止してみお筋が固定化した後に河床低下が進行してくる。このため局所洗掘が生じ、砂州の比高は増大する。

6. 引用文献

- (1) 須賀：河川における蛇行モードの変化，第37回年講，1982
- (2) 湯城，早川，石川：狭窄部，わん曲部における砂礫堆の性状，深掘れに関する考察，第37回年講，1982