

洪水減衰期における細粒土砂の堆積可能時間による河床掘削形状の評価

(独)土木研究所 河川生態チーム 交流研究員 藤原 正季

1. はじめに

河川特有の自然景観である河原（植物の疎な状態）は、多くの河川で減少している。河原の減少は、砂礫州上への植物の侵入がきっかけとなっている。砂礫州上へ植物が侵入すると、植物の影響により、流速が低減される。そのため、洪水に伴い流下してきた細粒土砂は、捕捉され堆積する。植物は、自ら堆積した細粒土砂へ生育範囲を広げる。その結果、河原は減少する。

砂礫州上への植物の最初の侵入は、堆積した細粒土砂が水分を保持することにより、植物の生育場としての水分条件を満たすことにより生じる。

河原の減少は、河原環境に依存する生物の減少という問題を引き起こしている。この問題を解決するため、各地で、河原再生事業が実施されている。河原再生の手法は、主に砂礫州の掘削である。掘削形状は、洪水により発生する掃流力や、冠水頻度等の検討に基づき、決定されている。

これらの検討に加え、洪水減衰期に発生する細粒土砂の堆積を予測できれば、河床掘削後における植物の侵入の予測が可能となり、掘削形状の選定に反映できる。

本研究は、実際の横断形状に基づいて作成した仮想の掘削形状を用いて、数値計算を実施し、細粒土砂が堆積するかどうかを判定する。その後、実際の洪水の減衰特性を用いて細粒土砂が堆積可能である時間を算出する。得られた結果を用いて、掘削形状の評価を行う。

2. 方法

(1) モデル断面

モデルとした断面は、茨城県に位置する一級河川那珂川の河口から 45.75km の断面である。

現地で測量した結果に基づき作成した 3 種類の掘削形状について検討を行った。3 種類の内訳は、実際に河原再生事業で使用されている形状（斜めタイプ、小段タイプ、水平タイプ）に基づき設定した。

検討を行った掘削形状を図-1に示す。

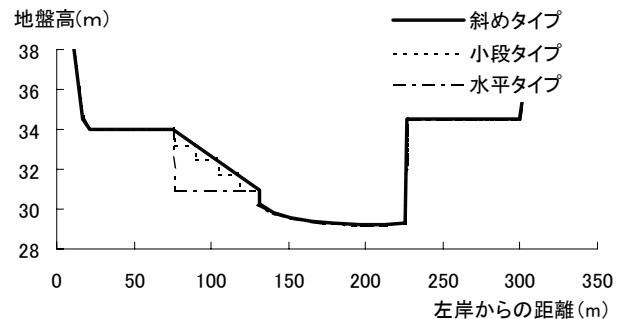


図-1 掘削形状の設定

(2) 計算方法

モデル断面と定期横断測量結果を用いて断面形状を考慮した一次元不等流計算を実施した。計算流量は、200m³/s から 2000m³/s まで 100 m³/s 区切りで設定した。計算範囲は、モデル断面から 3km 下流までとした。

モデル断面を 7 分割（ただし、水平タイプは 4 分割）し、それぞれの断面において中砂（粒径 0.5mm）を対象に、浮遊するかどうか、掃流するかどうかの判定を行った。浮遊判定は、式（1）に従い行った。

$$\left. \begin{array}{l} \text{掃流砂卓越領域} \cdots \cdots \cdots U_* / w_f < 1.08 \\ \text{掃流・浮遊の混在領域} \cdots 1.08 < U_* / w_f < 1.67 \\ \text{浮遊砂卓越領域} \cdots \cdots \cdots 1.67 < U_* / w_f \end{array} \right\} \quad (1)$$

ここで、 U_* ：摩擦速度（cm/s）、 w_f ：rubey の式より求めた中砂の沈降速度（cm/s）である。また、掃流判定は、岩垣の式に従い行った。

(3) 堆積判定

細粒土砂の堆積は、洪水により移動していた細粒土砂が、流速の遅い断面に移動し、停止する現象と考えられる。そのため、細粒土砂の堆積は、次の 3 パターンの細粒土砂の移動により生じるとした。

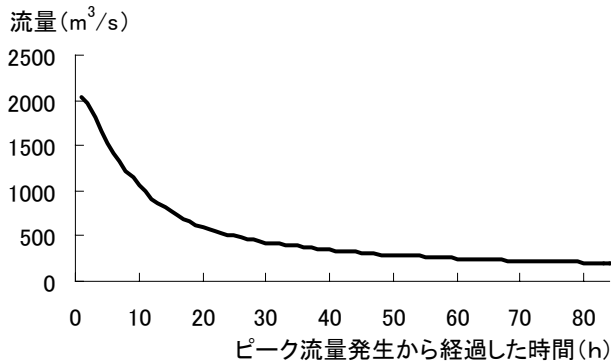
- A：浮遊状態から、隣接した停止状態の断面へ
- B：掃流状態から、隣接した停止状態の断面へ
- C：浮遊状態から、隣接した掃流状態の断面へ

各分割断面に、各計算流量において、細粒土砂の堆積が発生するかどうか、上記の 3 パターンに基づき判定を行った。なお、堆積量に関しては、検討を行っていない。

(4) 堆積時間の算出

細粒土砂の堆積が発生した流量の継続した時間を、洪水の減衰特性（図-2）から求めた。求めた時間を各分割断面別に集計した。

図-2 洪水の減衰特性



3. 結果

図-3に各掘削形状別の堆積可能時間を示す。

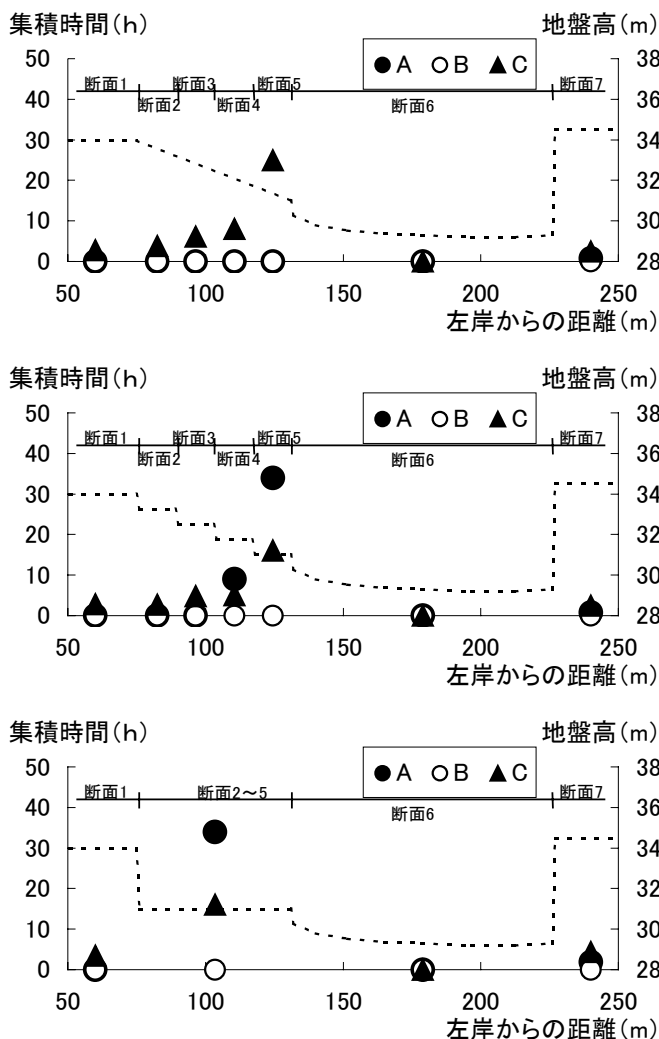


図-3 掘削形状別の堆積可能時間（中砂）

斜めタイプでは、砂州頂上部（断面 1）の堆積時間が少なく、滞筋付近（断面 5）に向かって徐々に増加する結果となった。堆積パターンは C であり、掃流—浮遊パターンであった。小段タイプでは、斜めタイプと同様に、滞筋部に近づくにつれて、堆積時間が長くなった。斜めタイプと異なり、A パターンの堆積が断面 4 と 5 で確認された。水平タイプでは、斜めタイプや小段タイプと同様に、断面 1 の堆積可能時間は短かった。断面 2～5 に関しては、堆積時間が長い結果となった。

4. 考察

堆積可能時間と範囲から判断すると、細粒土砂を堆積させにくい掘削形状は、斜めタイプである。

斜めタイプの砂礫州頂部（断面 1）における堆積可能時間は、他の掘削形状と同様である。しかし、掘削部（断面 2～5）における細粒土砂の堆積時間が、他の掘削形状に比べ少ない。加えて、パターン C の堆積のみであり、細粒土砂の堆積量自体も少ないと推測される。

砂礫州頂部（断面 1）では、どの掘削形状においても、堆積時間は短い。断面 1 は標高が高いため、ピーク流量付近のみ冠水する。ピーク流量発生時付近では、流量が短時間で減少する（図-2）。そのため、冠水時間が短くなると同時に、細粒土砂の堆積時間も短くなると考えられる。

掘削部（断面 2～5）では、斜めタイプ、小段タイプ共に、滞筋付近の断面 5 において、堆積時間が長かった。斜めタイプは、堆積パターン A、B ともなく、堆積する量も少ないと考えられる。一方、小段タイプでは、断面 4 と 5 においてパターン A の堆積条件が長時間続いている。これは、小段がわずかに冠水するような状況が、長く続いたためである。同様に、水平タイプでは、掘削部（断面 2～5）全体がわずかに冠水するような状態が長時間続き、細粒土砂の堆積時間が長時間続く。水平切り下げは、最も河積が大きい。しかし、洪水末期の水位は、下流断面の影響などにより、大きくは下がらない。結果、わずかに、冠水した状態が長く続くことになる。

以上を鑑みると、細粒土砂を堆積させにくい掘削形状は、斜めタイプである。