

開水路におけるトレンチ内の水流の挙動と流砂の堆積過程

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
 (株) 大 本 組 正 員 安井 秀則
 日本建設コンサルタント(株) 正 員 ○太田 知章

1. はじめに 河川高水敷には現在多くの人工施設が建設され、人々に利用されている。そこでは、洪水時の施設への土砂堆積を効率的に処理することが必要とされる。その様な方法の一つに、高水敷にトレンチを設けそこに集中的に土砂を堆積させ、それを排除することが考えられる。しかし、そのためにはトレンチ内の流れと流砂の堆積機構を明確にすることが重要となる。本研究では、開水路にトレンチを設け、その内部での流れの構造、および流砂の堆積過程について実験的に検討を加える。

2. 実験の概要 実験水路は、長さ 9m、幅 0.3m、深さ 0.3m、の矩形断面の開水路を使用し、トレンチは上流より約 5m の位置

表 1 実験条件							
水路勾配	流量 (g/s)	水深 (cm)	平均流速 (cm/s)	摩擦速度 (cm/s)	Re 数	Fr 数	給砂量 (g/s)
1/1000	0.78	1.45	17.93	1.17	2600	0.48	0.178

に、流れ方向に直角に設置した。流れはトレンチ外で等流となるようにした。実験は、表 1 に示す一定条件のもとで、表 2 に示す 3 種類のトレンチ形状について行った。トレンチ内の流速の測定にはレーザー・ドップラー流速計およびプロベラ流速計を使用し、流下方向と鉛直方向の流速を計測した。水路上流より給砂を行い、トレンチ内の流砂の堆積形状の変化をビデオ撮影により求め、また浮遊砂濃度の測定も行った。ここで、実験用砂は、粒径 $145\mu\text{m}$ 、比重 1.18 の塩化ビニール製の粒子である。

表 2 トレンチ形状			
Case-No	D (cm)	L (cm)	L/D
Case-1	0.9	20.0	22.2
Case-2	1.9	20.0	10.5
Case-3	3.0	20.0	6.7

3. 流れの特性 トレンチ内の平均流速分布をベクトル表示したものを、図 1-a、b、c に示す。段落ち直下流では流速が小さく、底面付近に逆流が存在している。L/D が小さくなるほど、トレンチ底面での逆流領域が流下方向に広がり、再付着点距離 X_r も長くなる。また、逆流の流速も L/D が小さくなるほど、大きくなる。L/D=6.7 の場合には再付着点は存在せず、トレンチ底面全体が逆流領域となる。

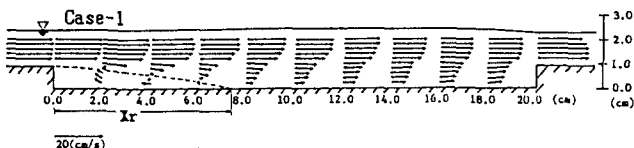


図 1-a ベクトル図

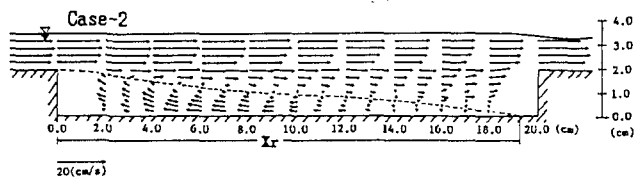


図 1-b ベクトル図

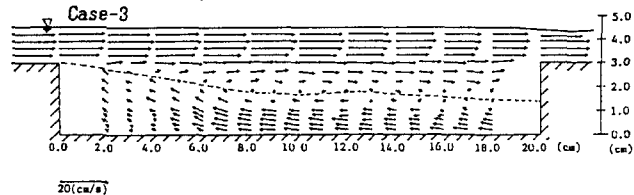


図 1-c ベクトル図

図 2 に Case-2 における流下方向および鉛直方向の乱れ強度分布を示す。値は、等流区間の摩擦速度で無次元化している。乱れ強度は、トレンチの上流部のステップの高さ付近で、大きな値を示し、底面において小さな値を示す。しかし、底面付近の値は下流へ行くに従い大きくなり、乱れ強度は、鉛直方向に一樣な分布に近づく。この特徴は、Case-1 および 3 においても同様である。

4. 流砂の堆積過程 トレンチ内の流砂の堆積形状の時間的变化を図 3-a、b に示す。ただし、浮遊砂量と掃流砂量の比は 3 : 7 である。この図より堆積過程は図 4 に示すような 2 つの段階 (Step-1、Step-2) に分け

られる。Step-1は、掃流砂としてトレンチに到った流砂が、段落ち後の小流速領域での沈降と、底面の逆流による輸送により、段落ち直下流において一定の堆積範囲で鉛直方向にトレンチ上流の河床位まで堆積する過程である。図5にCase-2における流下方向の流れ関数の分布を示

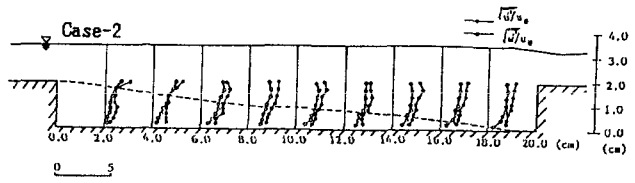


図2 流れ関数

すが、この堆積範囲は、この図よりわかるように逆流の流量の最大点とトレンチ上流端の間であることがわかる。逆流の流量が最大となる点はトレンチの形状によって異なるため、Step-1の堆積範囲はトレンチ形状により変化する。Step-2は、トレンチの上流の河床とつながった堆砂面上を流送される掃流砂が、堆砂前面に堆積することにより、堆砂の高さをトレンチの上流の河床位として堆砂前面が流下方向へ前進する過程である。トレンチ内部の流砂の、空隙を含めた堆積量の時間的変化を図6に示す。Case-1でトレンチが流砂によって埋められたことにより80分以後の堆砂量は少ないが、3つのケースの堆砂率は、トレンチ形状によらず、Step-1およびStep-2のそれぞれでほぼ一定であることがわかる。また、 L/D が小さいほどStep-2への移行が遅くなっている。間隙率を0.4と仮定すると堆砂率は、Step-1で1~2g/min、Step-2で約6g/minとなり、給砂量に対するトレンチ内の流砂の堆積量の割合は、Step-1では10%程度であるが、Step-2では50%に達する。したがって、Step-1ではほとんどの土砂が浮遊砂として流出しており、Step-2では掃流砂として流入した土砂の約30%は浮遊砂として流出している。このように、Case-3のようにStep-1が長く継続する場合堆砂効率が悪い。

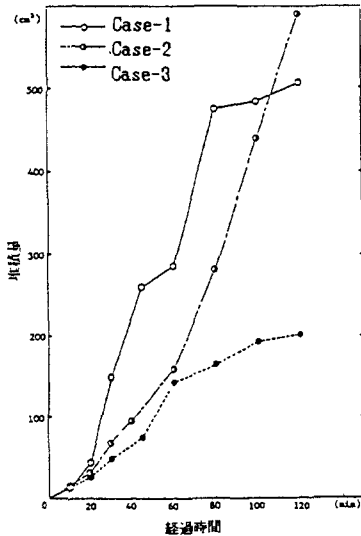


図6 堆積量の時間的変化

5. おわりに 以上より、容積が大きく、速やかに堆積過程をStep-2へ移行できる形状のトレンチにより、多くの流砂の堆積量が期待できることがわかる。今後は、このことを考慮したトレンチ形状について、トレンチ底面の粗度の変化によるそこの流砂の捕捉について、また水理条件の変化に伴う流砂の堆積割合への影響についての研究が必要である。

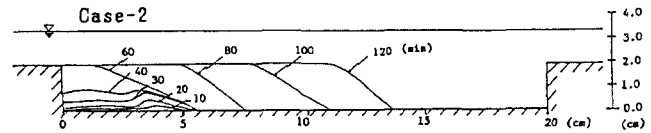


図3-a 堆積形状

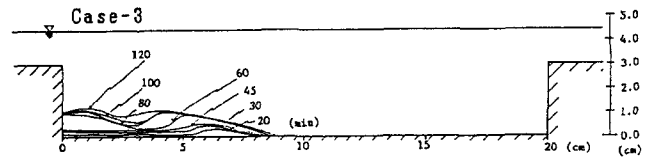


図3-b 堆積形状

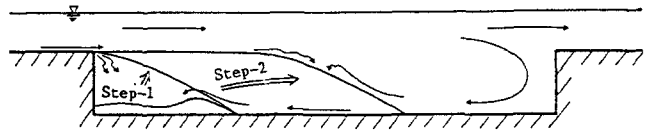


図4 堆積過程

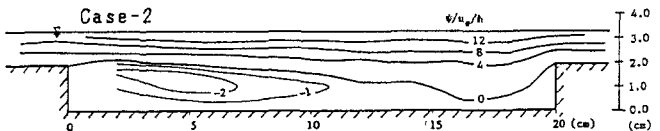


図5 流線