

比較的高濃度に流砂を含む流れの勾配急減による堆積過程

九州大学工学部 学生員 高岡 広樹
 九州大学大学院工学研究科 学生員 Kichan Park
 九州大学大学院工学研究科 正 員 橋本 晴行
 九州大学大学院工学研究科 正 員 高畑 洋

1. はじめに

急勾配の溪流が平地に達する溪流出口においては、扇状地が発達する。扇状地上を流れる河川は 5° 前後の勾配を示すことが多いが、扇状地から平地に至る所では勾配は急減し、より緩やかな勾配へと変化していく。このような河道では比較的高濃度の流砂が生起し、勾配の変化に起因して河床変動を引き起している。このような観点から著者らは従来より、勾配 6° の上流河道が勾配 2° の下流河道に接続する水路において、河床変動機構を明らかにするための実験を行ってきた¹⁾。本研究はさらに条件をかえて同様な実験を行い、勾配急減による河床変動機構を明らかにしたものである。

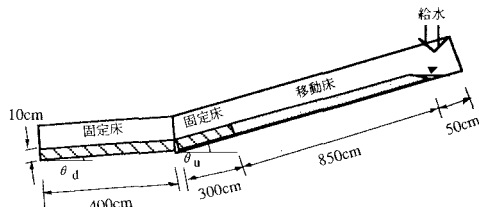


図-1 実験水路

2. 実験方法

実験に使用した水路は、長さ12m、幅15cmの急勾配水路の下流端に、長さ4m、幅15cmの緩勾配水路を接続した水路を用いた(図-1)。水路勾配はCaseA、CaseB₀の場合、上流側水路を $\theta_u=6^\circ$ 、CaseC、CaseDの場合、上流側水路を $\theta_u=4^\circ$ とし、全ケースとも下流側水路を $\theta_d=2^\circ$ とした。水路は、勾配の急減点より下流側に長さ4m、上流側に長さ3m、合計長さ7mの固定床部とその上流の長さ8.5mの移動床部とで構成されている。移動床の河床材料にはCaseA、CaseCの場合、ほぼ均一な粒度分布を持つ平均粒径 $d=0.84\text{mm}$ 、比重 $\sigma/\rho=2.62$ の粗砂を用い、CaseB₀、CaseDの場合、平均粒径 $d=0.17\text{mm}$ 、比重 $\sigma/\rho=2.61$ の細砂を用いた。敷厚は全ケースとも10cmとした。上流端からの単位幅当りの供給流量 q_{w0} は $q_{w0}=117\sim120(\text{cm}^2/\text{s})$ とした。 $d=0.84\text{mm}$ の実験では固定床部に同じ粒径の粗砂を一樣に貼り付け、粗度とした。実験は4ケース行ったが、従来行った実験¹⁾条件も合わせて表-1に示す。

表-1 実験条件

	CaseA	CaseB ₀	CaseB ₁ 1)	CaseB ₂ 1)	CaseC	CaseD	CaseE1)
河床砂の平均粒径 $d(\text{mm})$	0.84	0.17	0.17	0.17	0.84	0.17	0.08
単位幅供給流量 $q_{w0}(\text{cm}^2/\text{s})$	117.1	117.7	40.0	70.0	119.0	120.1	70.0
単位幅供給砂量 $q_{\text{sin}}(\text{cm}^2/\text{s})$	0	0	3	3	0	0	6
河床砂の比重 σ/ρ	2.62	2.61	2.62	2.62	2.62	2.61	2.63
上流側水路の勾配 θ_u	6°	6°	6°	6°	4°	4°	6°
下流側水路の勾配 θ_d	1.89°	1.92°	2°	2°	2.00°	2.08°	2°

固定床における土砂の堆積過程を調べるため、7台のVideo Cameraを用いて水路の側面から撮影した。撮影範囲は粗砂の場合 $x=90\sim570\text{cm}$ 、細砂の場合 $x=250\sim660\text{cm}$ とした。ここに x 軸は水路床に沿って設定し、固定床上流端を原点とした。

3. 実験結果

図-2～7は、水位あるいは河床高の時間変化をあらわしたものである。時間は、流れの先端が固定床上流端に到達したときを0secとした。

図-2はCaseAの60秒後、180秒後、300秒後の河床高である。勾配の急減点で堆積厚さが最大となり、時間の経過とともにその堆積厚は増加するとともに、堆砂が上流、下流側に進行していく。

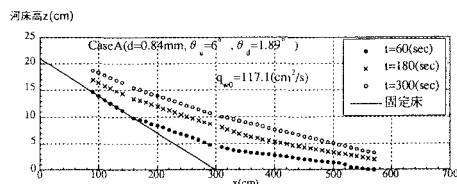
図-2 上流側水路勾配 $\theta_u=6^\circ$ において粗砂を用いた場合の河床高の時間変化

図-3はCaseCの60秒後、180秒後、300秒後の河床高である。図-2のCaseAと同様、勾配の急減点で堆積厚さが最大となり、さらに時間の経過とともにその堆積厚が増加するとともに、堆砂が上流、下流側に進行していく。図-2と比較すると、上流側水路勾配が小さくなると、堆積厚は小さくなっていることが分かる。

図-4はCaseDの30秒後の河床高である。勾配の急減点から下流の $x \approx 600\text{cm}$ あたりで堆積厚さが最大となった。勾配の急減点付近には堆積しなかった。

図-5(a)はCaseB₀の河床高の時間変化である。堆積厚が最大となるのは、勾配急減点より下流の $x=600\sim 650\text{cm}$ であった。時間の経過とともに堆積厚が増加するが、堆砂は上流側にはあまり進行しない。勾配の急減点付近にはほとんど堆積しなかった。

図-5(b)はCaseB₂で流れの先端が勾配急減点を通過後 $t_0=30$ 秒後の河床高である。この場合、勾配急減点より下流の $x \approx 500$ で堆積厚さが最大となり、 $z=4.1\text{cm}$ であった。水面形は河床高とほぼ同様であった。このケースは図-5(a)のCaseB₀より供給流量 q_{w0} が小さくなっている。図-5(a)と比較すると、堆積厚の最大値はあまり変化はないが、堆積厚のピークは勾配急減点に近付いていることが分かる。

図-6はCaseB₃で流れの先端が勾配急減点を通過後 $t_0=30$ 秒後の水面形である。勾配急減点より下流の $x=330\sim 350\text{cm}$ の場所で水位のピーク $H=4.0\text{cm}$ となっている。

図-7はCaseEで流れの先端が勾配急減点を通過後 $t_0=30$ 秒後の水面形である。水位は約 1cm 程度であり、下流側固定床には堆砂はなかった。

これらの実験結果により、粗砂の場合、勾配の急減点で最も堆積し、細砂の場合、勾配の急減点より下流で最も堆積している。流量が大きくなると、堆積厚のピークは、勾配の急減点より離れていく。

4. おわりに

以上の実験から粗砂の場合、上流側水路勾配が 6° 、 4° のどちらとも勾配の急減点で最も多く堆積し、時間の経過とともに上流、下流に堆砂が進行していく。上流側水路勾配が 6° の場合の方が水位、河床高の両方とも勾配 4° にくらべ大きな値となっている。一方細砂の場合、勾配の急減点で堆積するのではなく、それより下流側で最も堆積し、流量が少なくなると堆積高のピークが、勾配の急減点に近付き、堆積は下流側에만進行することが分かった。また微細砂の場合堆砂しなかった。

参考文献

1) Park・橋本・帯山・平野：勾配急減による高濃度浮流砂流の堆積過程に関する実験、第54回年次学術講演会講演概要集、第2部、1999。

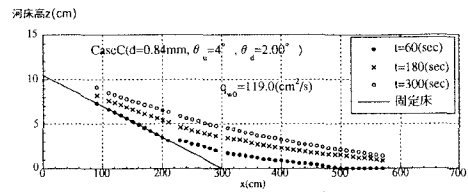


図-3 上流側水路勾配 $\theta_U=4^\circ$ において粗砂を用いた場合の河床高の時間変化

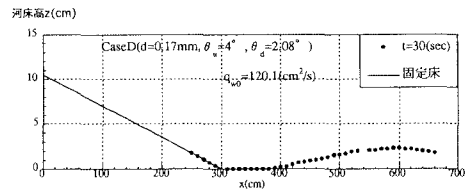


図-4 上流側水路勾配 $\theta_U=4^\circ$ において細砂を用いた場合の河床高の縦断面

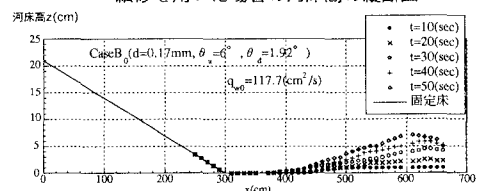


図-5(a) 上流側水路勾配 $\theta_U=6^\circ$ において細砂を用いた場合の河床高の時間変化

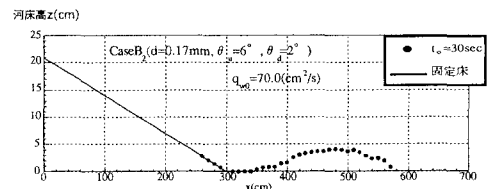


図-5(b) 上流側水路勾配 $\theta_U=6^\circ$ において細砂を用いた場合の河床高の縦断面

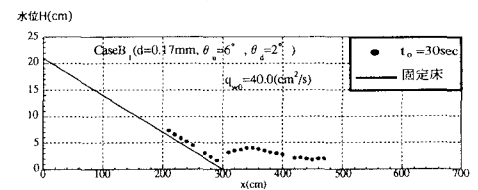


図-6 上流側水路勾配 $\theta_U=6^\circ$ において細砂を用いた場合の水位の縦断面

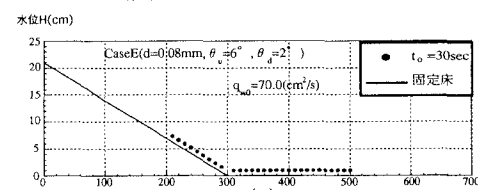


図-7 上流側水路勾配 $\theta_U=6^\circ$ において微細砂を用いた場合の水位の縦断面