

京都大学 防災研究所 正 員 高橋 保
立命館大学 理工学部 正 員 江頭 進治
京都大学 防災研究所 正 員 里深 好文
三 和 銀 行 正 員 〇竹内 淳郎

1. はじめに 上流域からの有害な流出土砂を調節することを目的として、現在砂防ダムに代表されるような各種砂防構造物が流域に設置されている。短期間に大量の土砂が生産されると、調節が必要となる土砂量に対して砂防ダムを設置する谷の規模が十分でない場合が考えられる。このような場合には、河幅を部分的に拡大し、その内部に土砂を氾濫堆積させる遊砂地が有利であると考えられる。しかし、その土砂調節機能については未だ不明な点が多く残されている。本研究は、この遊砂地を対象として水路実験及び数値シミュレーションを行い、その土砂調節機能に関して水理学的考察を行っている。

2. 水路実験 実験には長さ 12m、幅 1m、勾配可変の長方形断面開水路を用い、その中央部に遊砂地を設置した。本研究は、土砂の輸送形態として掃流砂を考えている。給砂及び河床に用いた砂は中央粒径 $d=0.19\text{cm}$ 、比重 $\sigma/\rho=2.65$ のほぼ一様なものである。遊砂地の河床の初期条件としては、河道幅の拡大のみによる土砂調節機能を明らかにするため、下流端の堰の天端と同じ高さまで土砂が堆積している状態を設定した。実験は、まず水路の上流端から給水 ($Q=1000\text{cm}^3/\text{s}$) を行い、上流河道部の給砂地点に流れが到達したときに給砂 ($Q_{B,m}=17.13\text{cm}^3/\text{s}$) を開始した。河床位は、適当な時間間隔で通水を中断して、ローラー型の連続式砂面計を用いて計測し、水位は、通水中適当な時間間隔で、サーボ式水位計を用いて主流に沿って計測した。流出土砂は、水路下流端において土嚢袋で捕捉し、その量を測定した。実験は遊砂地の長さや初期河床勾配を変化させて 3 ケース行っている。その条件を表-1 に示している表中の記号は、 B_0 : 遊砂地幅、 L_0 : 遊砂地長さ、 B_1 : 上流河道および遊砂地下端の水通し幅、 L_1 : 上流河道長さ、 i_0 : 水路勾配、 i_m : 上流河道部の平衡勾配である。

	L_0	B_0	L_1	B_1	i_0	i_m
	cm	cm	cm	cm		
実験 1	300	100	140	10	0.0483	0.0551
実験 2	150	100	140	10	0.0483	0.0622
実験 3	300	100	140	10	0.0181	0.0500

表 - 1

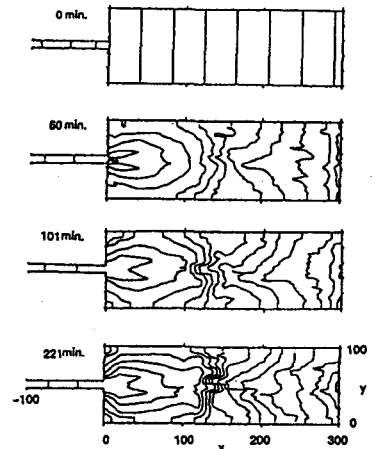


図 - 1

3. 実験結果と考察 実験 1 では、通水開始から 45 分後に遊砂地下流端からの土砂流出が始まり、その後緩やかに流出量が増加し、221 分後には給砂量の 3/4 倍程度の値となった。しかし、遊砂地の長さを半分に設定した実験 2 では、20 分時点で流出が始まると、その後急激に流出量は増加し、40 分後には給砂量とほぼ等しい状態になった。また、上流河道部の勾配よりも遊砂地の勾配を緩やかに設定した実験 3 では、113 分まで土砂流出は見られず、流出開始時には上流河道部の河床が 12.5cm 上昇していた。実験 1 と 2 を単純に比較すると、遊砂地は長さを長くすればそれだけ貯砂能力が高まるといえよう。図-1 は、実験 1 における河床位の等高線の時間変化である。上流河道部から進入してきた流れは遊砂地内で一本の水みちを形成した。その水みちは流下方向に拡幅し、 $x=150\text{cm}$ あたりから分裂を起こした。その地点における急激な掃流力の低下により、その地点から上流側では時間経過とともに段丘状に土砂が堆積し、上流河道部の河床もそれに伴って堰上げられた。貯砂の大半はこの領域においてなされ、 $x=150\text{cm}$ から下流側では水みちが再び合流し、顕著な堆砂はみられなかった。このことから考察すると、これ以上に遊砂地を長くすることによる顕著な土砂調節機能の向上は期待しにくいと思われる。

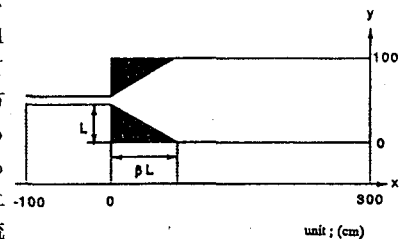


図 - 2

次に、実験1と3を比較すると、遊砂地は流域において勾配が緩やかになる地点に設置された場合に、より大きい貯砂能力が期待できるといえよう。しかしこのような場合は、上流河道部の河床上昇が著しいので、河道部の側岸が低いような場合には流路が溢れることも考えられる。本研究では、遊砂地の幅の影響に関する実験的な検討は行っていないが、図-2に示すような三角形形状の領域内に水みちが存在することはほとんどなかった。したがって、長さを変えずに幅だけを増大させると水みちが存在しにくい領域の割合が高くなると考えられ、土砂調節機能の向上は期待しにくいと思われる。また、今回の実験では、比較的粒径の大きい一様な砂を河床に用いたため、現地では考えにくい浸透流の影響が生じた。現地モデルを考えるためには、その点に関する留意も必要であろう。

4. 水路実験の数値解析 一次元河床変動モデル¹⁾を用いて、実験における遊砂地の河床変動と流砂量の変動の再現を試みた。流れの連続式及び運動方程式はそれぞれ以下のように表わされる。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{1}{B_w} \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} - \frac{\tau}{\rho h} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\epsilon \frac{\partial u}{\partial x} \right) \quad (2)$$

ここに、 h は水深、 B_w は水みち幅、 Q は流量、 u は水深平均流速、 P は圧力、 ρ は水の密度、 τ は河床せん断力、 ϵ は渦動粘性係数である。また、河床の連続式は次のようである。

$$\frac{\partial z}{\partial t} + \frac{1}{1-\lambda} \frac{1}{B_0} \frac{\partial (q_b B_w)}{\partial x} = 0 \quad (3)$$

ここに、 z は河床位、 B_0 は水路幅、 λ は砂の間隙率、 q_b は単位幅流砂量である。図-3は実験1にほぼ相当する条件での計算結果である。遊砂地内で水みち幅を仮定し、その範囲内に流水がすべて集中するとしたため、実験で顕著であった上流河道部の河床上昇は現われていない。実験においては、浸透流の発生による水みち内流量の減少や流路拡幅のため、急激に掃流力が低下し、顕著な土砂堆積が起こった。現時点では流路の拡幅・分裂の影響を計算に組み込むことができなかったため、浸透流による影響についてのみ検討してみた。前記の支配方程式(1)、(2)は式(4)、(5)のように書き換えられる。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{1}{B_w} \frac{\partial Q}{\partial x} + q_{out} = 0 \quad (4)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} - \frac{\tau}{\rho h} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\epsilon \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{u q_{out}}{h} \quad (5)$$

ここに、 q_{out} は単位面積当りの浸透流量であり、速度の次元をもっている。本来ならば q_{out} に関する式が必要であるが、ここでは簡単のため一定値とした。図-4は計算結果である。実験値により近い値が得られている。

5. おわりに 今回の研究によると、遊砂地は、勾配が緩やかになる地点に十分な長さをもたせることによって、より高い貯砂能力をもつことが分かった。今後、遊砂地の幅の影響についても検討し、流路の拡幅・分裂による影響を考慮したモデルを開発することが課題である。

参考文献 1)高橋保・江頭進治・里深好文・河田俊樹・山口昌弘：河口砂州上の開削流路の侵食過程に関する研究，土木学会第48回年次学術講演会講演概要集，第2部，1993，pp.396-397

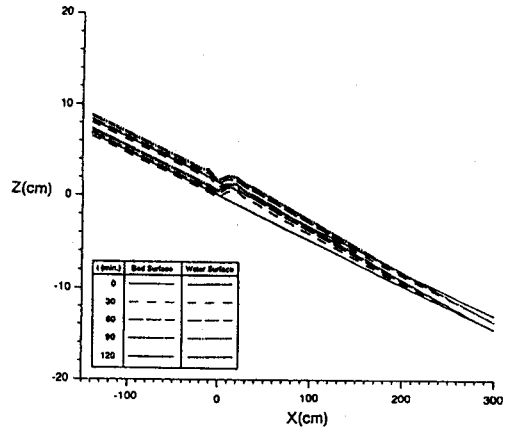


図 - 3

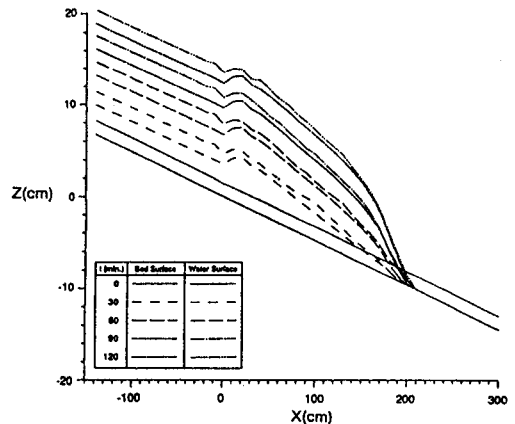


図 - 4