

河床低下に伴う armor coat の形成特性

愛媛大学工学部 正 員 鈴木 幸一

愛媛大学大学院 学生員○岩月 章浩

1. はじめに

流砂のある河川にダムが築造された場合、下流側では上流からの流砂の遮断による河床低下により河川構造物の根入れ不足の問題等が起きている。本研究は、ダム下流部における河床低下特性と河床低下に伴う混合砂礫河床表層砂の粗粒化 (armoring 現象) について実験的検討を行い、その内部機構を解明することを目的としている。

2. 実験の概要

実験は長さ 7m, 幅 15cm の矩形断面水路に重信川の自然砂を 2cm メッシュのふるいでふるった砂(平均粒径 $d_{50}=4.10\text{mm}$, 標準偏差 $\sigma(=\sqrt{d_{84}/d_{16}})=2.75$)を 5cm 厚で 5m に亘り平坦に敷き詰め移動床とし、解析区間を上流端で発生する支配断面の影響を除くため下流端より 3m として行った。水路上流端から給砂しない状態で表-1に示す水理条件で通水を行い、所定の時間後 ($t=0.5, 1, 2, 4, 6, 12$ 時間後) に一時止水し、河床縦断形状の測定および河床表層砂を下流端より 50cm 間隔で 6ヶ所から約 2cm 厚 (最大粒径程度) 採取しその粒度組成を測定する。

表-1 水理条件

Run No.	勾配 I	流量 Q (l/sec)
1	1/100	6.0
2	1/100	7.5
3	1/80	7.5

3. 河床低下特性

図-1 は Run3 における下流端を $x=0\text{m}$ として上流側へ $x=3\text{m}$ の区間の河床縦断形状の時間的変化を示したものである。なお Run1・Run2 についても以下の特性は同様であった。最大砂粒径は 2cm であり河床表面には、粗砂の突出による凹凸が見られるが河床波は形成されていなかった。経過時間が 2 時間後 ($t=2\text{h}$) までは、粗砂・細砂ともに流送されていて、河床は全体で大きく低下するが、下流側に比べ上流側の低下割合の方が大きいようである。それ以降は上流端では粗砂の移動は見られず河床の低下が停止し、下流側では低下率を減じながらも低下し続けており、流出量も減少していく。このため、河床勾配は初め小さくなるが上流端での低下が終了した後再びやや大きくなっている。

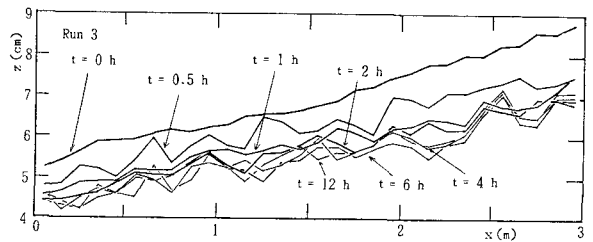


図-1 河床縦断形状の時間的変化

4. 河床表層砂の粗粒化特性

図-2 に河床表層砂の平均粒径 d_{50} の各時間における場所的变化を示す。 d_{50} は通水後 4 時間後 ($t=4\text{h}$) までは大きくなっているが、それ以降はほとんど変化していない。また、流下方向の平均的な変化はほとんど認められない。そこで d_{50} を流下方向に平均して $\bar{d}_{50}$ とし、その時間的変化を上流部 ($x=3\text{m}$), 中流部 ($x=1.5\text{m}$) および下流部 ($x=0.5\text{m}$) の各地点における河床低下量 ($-\Delta z$) の時間的変化とともに示したのが図-3 である。河床表層砂は河床低下中も大きく粗粒化しており、上流側での低下が停

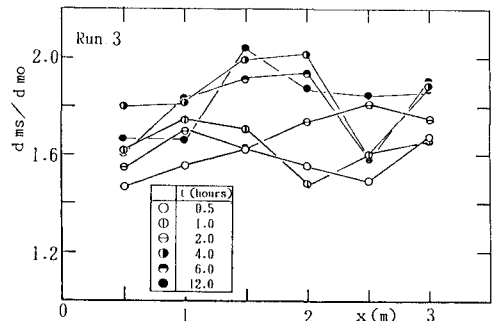


図-2 河床表層砂の場所的・時間的変化

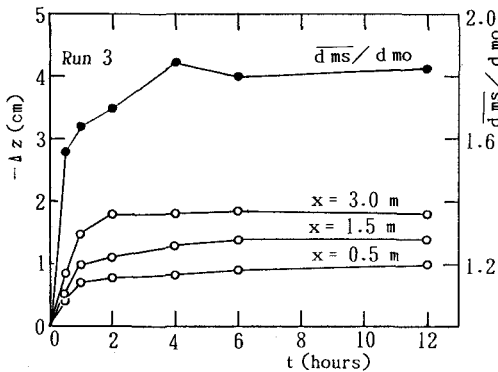


図-3 河床低下と表層平均粒径の時間的变化

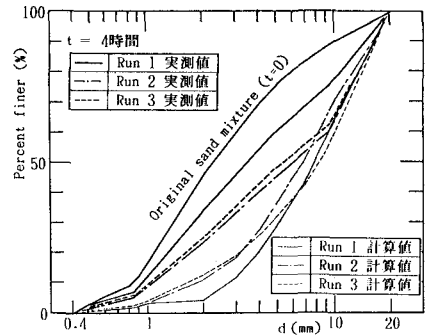


図-4 表層砂粒度分布と Gessler の方法による計算値

止しても粗粒化は続いている。しかし、河床全体の低下がほぼ停止した状態では、安定した armor coat が形成されているようである。河床低下も粗粒化もほぼ終了した 4 時間後における摩擦速度 (Run1: 6.8 cm/s, Run2: 6.3 cm/s, Run3: 8.2 cm/s) と元河床の粒度分布を用いて、Gessler¹⁾ の方法によって算出した粒度分布と実測値による粒度分布を加積曲線として示したのが図-4 である。粗粒化が終了した状態では、流量の小さい Run1 が Run2・Run3 に比べあまり粗粒化していないことがわかる。また、流量が同じで初期河床勾配の違う Run2 と Run3 では最終的な粗粒化の程度はほとんど同じであることがわかるが、最終的な河床勾配もほぼ同じであった。また、計算値による粒度分布は実測値に追従しているとはいいがたく、各 Run 間の差異も見られない。したがって、計算による最終的な河床表層砂の粒度分布は摩擦速度というよりは元河床の粒度分布に強く支配されていると考えられ、Gessler の理論では実測の粗粒化現象は十分説明しきれない。観察によれば、armor coat の形成には 2 つの形態があり、1 つは Run2 および Run3 のように流量が大きく河床表層が大きく乱されて移動層厚が大きい場合には細砂が抜け出して (図-5(a)) 空隙率の大きい armor coat が形成される。一方、Run1 のように流量が小さく河床表層があまり乱されない場合は細砂が粗砂底部空間へ沈み込み (図-5(b)) 細砂の層を底部に持つ armor coat が形成される。すなわち、armor coat の形成されたときの粒度分布は河床表層がどの程度乱されたかにより変動することがわかった。

5. あとがき

図-6 の記号図を用いると粒径 d_i の砂に関する連続式は

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_0^{\eta} (1-\lambda) i d z = - \frac{\partial q_i}{\partial x} \quad (1)$$

ただし、 $i, \lambda = \begin{cases} i_o, \lambda_o: z < \eta - \delta \\ i_s, \lambda_s: \eta - \delta < z < \eta \end{cases}$

であり、この式を用いて河床低下および armoring 現象の解析を行う場合、空隙率 λ_s 、移動層厚 δ および粒径別流量 q_i を精度よく推定できる方法をまず検討しなければならない。

参考文献

- 1) Gessler, J.: Proc. ASCE, Vol. 96, No. WW2, 1970, pp. 235-249.

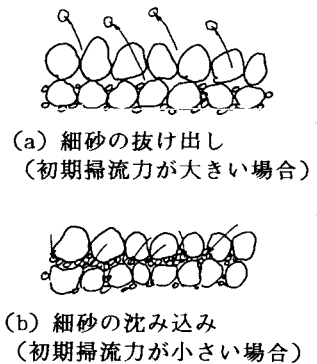


図-5 粗粒化の概念図

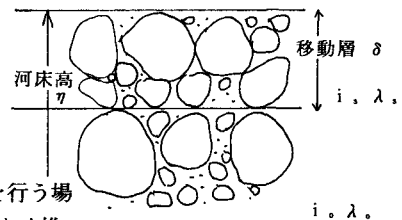


図-6 記号図