

神戸大学大学院 学生員 勝兼敏彦
神戸大学工学部 正員 笹 源亮
日本国土開発K.K. 正員 渋谷 陽

1. まえがき

わが国には、洪水調節・水資源開発・水力発電などの目的の下に数多くのダムが建設され長い年月を経て来ている。これらのダムにおいて現在問題となつてゐるのは、堆砂による貯水能力の減少と下流河川における河道変化等があげられる。これらの問題を解決するためには、まず貯水池の堆砂の機構と知る必要がある。本研究はこの堆砂の形状測定及び粒径分析を行つてみた。

2. 実験装置及び実験方法

実験に使用した装置は、幅144cm、高さ1.3m、長さ22mの矩形循環式水路の一部に、図1に示すような給砂箇所、水路、貯水池、せきと設け、貯水池底面夕配は1/10とした。砂の供給は連続的に行なふことが望ましいが、給砂装置を製作できなかつたため、一定時間おきに一定量給砂するという方法をとつた。砂堆形状及び水位の測定は、水路のほぼ中央の横断面で、流下方向に20cm間隔で行なつた。実験の推移は表1、実験に使用した砂は図2に示す。

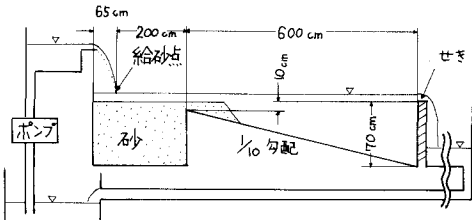


図1 実験装置

3. 実験結果

砂堆形状 図3に実験1の砂堆形状を示し、砂堆の各部を図3に示す名称で呼ぶことにする。実験2,3でも、同じような砂堆形状を示した。つまり、砂堆水路河床高はせきの Crest 面にほぼ一致する。砂堆の段丘角度βは36°位でほぼ一定である。段丘斜面はわずかに上に凸の形状となつてゐる。砂堆水路部の水深は下流に向つて小さくなり、砂堆段丘斜面最上点で最小となる。給砂点の下流側1.6mの地点より上流の河床は、時間的変動が非常に小さい。段丘斜面上の水面に波が見られ、ここには渦が発生していると思われる。実験1における給砂時間と段丘斜面最上点の位置との関係は図4のようになる。

表1 実験の種類

実験番号	記号	流量	1回の給砂量	給砂間隔	実験時間
1	○	45ℓ/s	20 kg	10 分	450 分
2	△	6.9	20	10	180
3	□	6.9	20	5	90

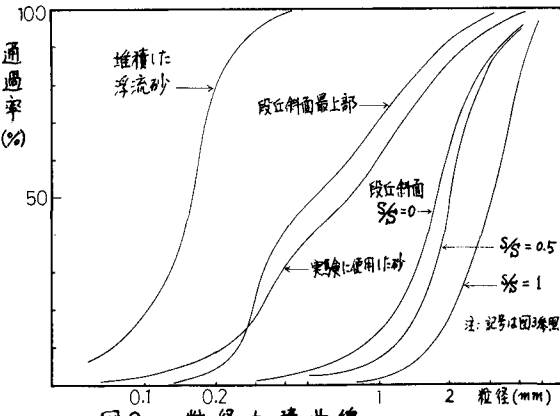


図2 粒径加積曲線

粒径分布 図5に段丘斜面及び段丘斜面最上点の上流側10cmの砂堆水路部深さ方向の平均粒径の変化を示す。全体的に底に向つて粒径が、図5に示すように大きくなつてゐる。大流量の実験1では、流れの乱れのため、粒径が底に向つて一様にならなかつた。実験1の砂堆水路部表面粒子の粒径は、他の実験に比べて大きく、これは掃流力が大きいためである。段丘斜面の粒径が砂堆水路部河床以下の深さ方向の粒径に比べて大きいのは、段丘斜面に大粒径の粒子が粘り着き堆積した後、一部の小粒径の粒子が、砂堆段丘斜面最上点付近から徐々に下へはいり込むためと思われる。図2に示すように、砂堆段丘斜面最上点付近には非常に細

かい粒子が存在している。流量または給砂量が大きくなると、上流の大粒径の粒子が流され、下流の砂堆全体にわたって粒径が大きくなる。実験1の段丘斜面上の粒子の粒径加積曲線と、図2に示す。

次に浮流形式による堆積領域の状況を図6に示す。上流側の堆積厚は下流に比べて厚いが、全体的にはほぼ元河床に平行に堆積している。この粒径について調べた結果を表2に示す。これより流下方向への粒径の変化はほとんどないことがわかる。流量による変化を見ると、下流量の実験1の最大粒径のものが大きい。堆積した浮流砂の

粒径加積曲線(実験2)と図2に示す。

流水中の浮流砂の粒径は砂堆段丘より下流において流下方向、水深方向とともにほとんど変化がなく、約20μ以下の粒径で、中央粒径は2~3μである。

4. 考察

段丘斜面において、底に近づくほど粒径が大きくなり、ている。これは斜面を転がり落ちる粒子の粒径と斜面の摩擦係数との間に関係があることを意味するものと思われる。そこで次のように仮定する。仮定：①同一粒径の粒子に対し、段丘斜面全体にわたって一定の摩擦係数をもつ。②粒子は粒径の大小にかかわらず、段丘斜面最上部上を水平方向に流水と同速度 $U_b = U_{*}(8.5 + 5.75 \log_{10} d)$ (U_b は河床からの距離 $y = \alpha d$ における流速で $\alpha = 0.63$) で通過し斜面を飛びずに $U_b \cos \beta$ の速度で転がるものとする。③水の浮力考慮する。④粒子の形状の違いによる影響は無視する。⑤衝突等の粒子間のかの影響は存在しない。以上の仮定のもとで、水中の斜面において転がり、ていく粒子に打撃する力の釣合条件から摩擦係数 f_r を求めると図7のようになる。この図より、 f_r の範囲は $0.73 \leq f_r \leq 1.0$ で、小粒径の粒子に対し、 f_r は少し大きい値を示すことがわかる。 $\tan \beta = 0.73$ と f_r の差は 水の抵抗と粒子の形状によると思われる。

実際の粒子の一部は 個々に転がるのではなくて、少量ずつまとまり、てくずれ落ちていく。また少し飛んでから転がり落ちる粒子もある。今求めたのは平均粒径の粒子に対してであるが、それ以外の粒子も考えなければならぬ。

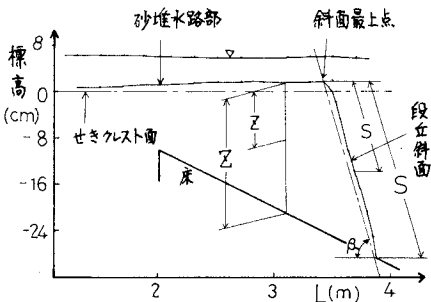


図3 砂堆形状(実験1)と名称及び記号

表2 底部堆積層の粒径

給砂点からの距離 L (m)	最大粒径 (μ)	
	実験1	実験3
3	200	
4	130	100~120
5	150	80~100
6	170	80
7	160	80~100

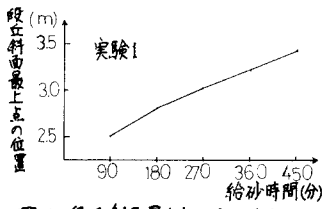


図4 段丘斜面最上点の水平移動

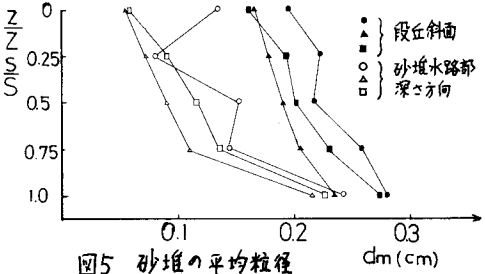


図5 砂堆の平均粒径

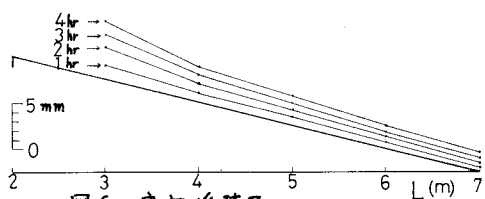


図6 底部堆積層

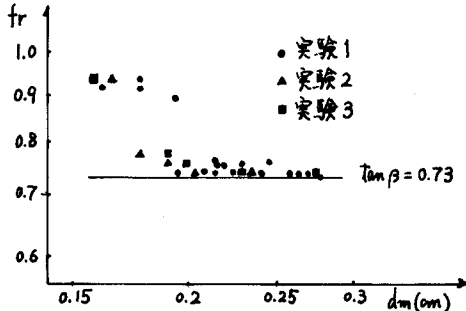


図7 f_r - d_m 図