

II - 199

微細軽量材料の侵食・堆砂特性に関する研究

（採） ニュージェック 正員 増田 寛
建設省土木研究所 正員 柏井条助
建設省土木研究所 正員 本田敏也

1. はじめに： 近年排砂操作等を含めたダム貯水池内の土砂管理が検討されるようになってきているが、貯水池の堆・排砂問題では掃流砂だけでなく、微細粒子の堆砂・侵食特性の評価も併せて問題となる。貯水池の三次元性を考慮した堆・排砂の検討を行う手法として、模型実験による方法が有効と考えられ、本研究では縮尺模型でその特性を再現できる河床材料を見出すべく、その第一歩として微細軽量材料の一種（ケイソウ土）についての侵食・堆砂特性について基礎実験的に検討した。

2. 実験条件： 実験に用いた河床材料は、微細ケイソウ土の焼成物で形状はほぼ球形であり、比重 $\gamma_s=2.2$ 、平均粒径 $d_m=42\mu m$ である。実験には幅30cm、深さ50cm、長さ10.8mの2次元水路（片面透明アクリル製）を用い、上流端に整流槽、下流端に水位調整ゲートを設置した。実験条件を表-1に示す。なお堆砂実験時には整流槽内に給砂装置及び攪拌用のエアーコンプレッサーを設置し、侵食実験時には予め10cm厚の堆積層を設置した。堆積層は空隙率を一定にするため、水路内に材料と水を混合し、10時間放置した。

表-1 実験条件

ケース No.	実験の種類	河床材料	流量 Q (L/s)	給砂量 Q _s (L/s)	水深 h (m)	堆積層の空隙率 e	初期河床勾配	備考
E-R10 E-R11 E-R12 E-R20 E-R21 E-R22	侵食実験	ケイソウ土 $\gamma_s=2.20$	4.05		h_c $2/3 h_c$ $1/2 h_c$ h_c $2/3 h_c$ $1/2 h_c$	0.85	水平	$h_c=0.105m$ $h_c=0.183m$
D-R1	堆砂実験	ケイソウ土 $\gamma_s=2.20$	0.81	1.1×10^{-3}	0.380	実験終了時に測定	水平	

測定項目は水位、流速、河床高、浮遊土砂濃度等でであり、このうち土砂濃度は濁度計を用い、60秒間の平均値を濃度換算した。

3. 侵食実験： ①移動限界について - 移動限界時の形態は、静止⇌掃流⇌浮遊と遷移し、静止状態から直接浮遊することはない。また掃流限界は岩垣の式¹⁾に比べ、やや小さい（図-1）。

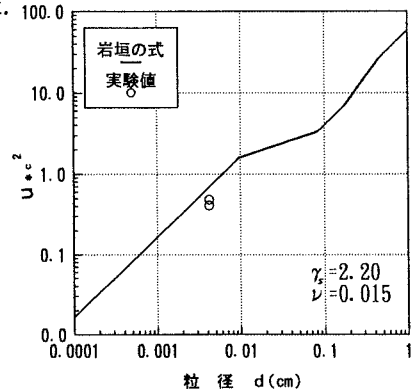


図-1 限界掃流力と粒径の関係

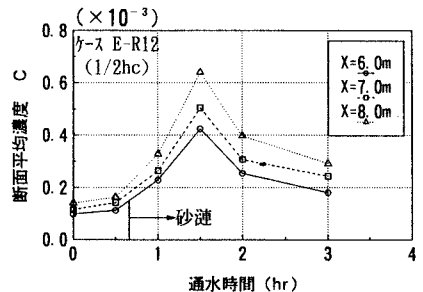


図-2 土砂濃度の経時変化

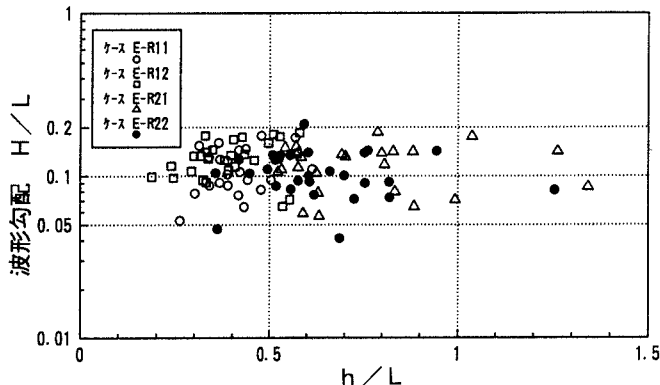
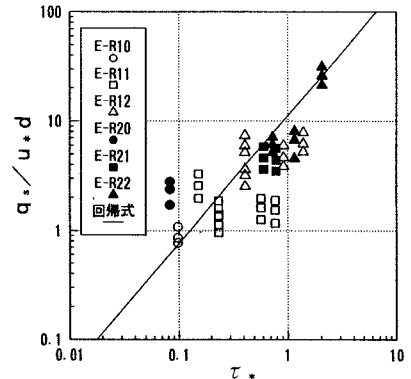
図-3 砂漣の波形勾配 H/L と h/L の関係

図-4 無次元流砂量と無次元掃流力の関係

②侵食特性について — 河床の侵食が進むといずれのケースも砂漣が発生し、砂漣が発生すると急激に土砂濃度が増大し、著しく侵食されていることがわかる(図-2)。砂漣の形態は、水理量との間に明確な関係はみられず、その波形勾配は $H/L=1/5 \sim 1/20$ の範囲に分布し、平均的には $1/10$ である(図-3)。これは通常の河床材料の砂漣で見られる特徴に一致する²⁾が、粒径が非常に微細なため波長と粒径の比は一致しない。

砂漣が発生すると底面粗度に加えて、砂漣による形状抵抗が発生するため、これを粗度換算して摩擦速度 u_* を算定したうえで、無次元流砂量 q_s/u_*d と無次元掃流力 τ_* の関係をみた(図-4)。図-4に示した直線は実験値の回帰式であり、(1)式で与えられる。

$$\frac{q_s}{u_*d} = N \cdot \tau_*^m, \quad N=11.2, \quad m=1.17 \quad \dots\dots\dots (1)$$

4. 堆砂実験： 堆砂実験では初期の擾乱を除けばほぼ定常状態で、流下方向に一樣に堆砂が進行していく。

次に、①水面計算(不等流)、②濃度分布計算(2次元定常拡散方程式)、③河床変動計算(流砂の連続式)からなる簡易解析モデルを作成し、実験値との比較を行った(図-5、図-6)。これらの図より解析モデルは概ね現象を再現しているが、水面付近の濃度はやや異なる。これは、モデルでは差分解析の安定性を保つため図-7に示すような流速分布を用いたが、実験では水面付近に負の流速が生じていることによる差が生じていると推察される。また水路上方付近で堆砂形状が異なるのは、実験で攪拌に用いたエア・コンプレッサの影響で局部的に拡散係数が大きくなっているためと推察される。なお解析に用いた沈降速度はStokesの式で計算される値よりもかなり小さい。この理由は明確でないが、土砂濃度がある程度以上になると、粒子間相互に影響し合っって単一粒子沈降時より遅くなること等が考えられる。

5. おわりに： 今後は、同一材料で空隙率の変化(侵食実験)、給砂濃度の変化(堆砂実験)について、また他の軽量材料(石炭粉等)についても同様に検討する一方、現地堆積物の侵食・堆砂特性についても実験により把握し、諸材料の結果と比較してその再現性について検討していく予定である。

参考文献 1)岩垣雄一：限界掃流力に関する基礎的研究，土木学会論文集第41号，昭31.2. 2)水理委員会移動床流れの抵抗と河床形状研究小委員会：移動床流れにおける河床形態と粗度，土木学会論文報告集第210号。

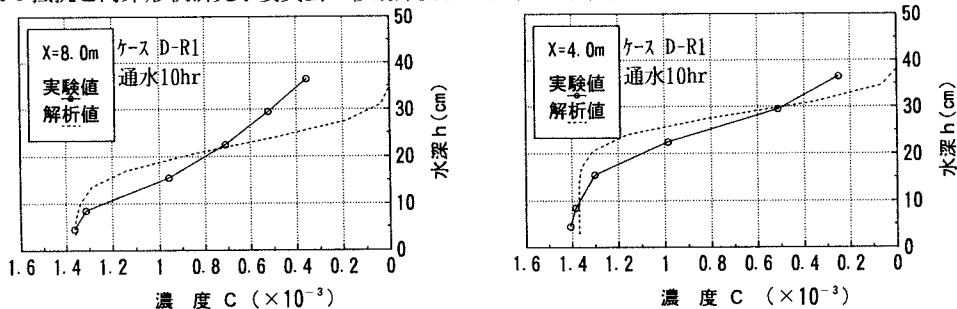


図-5 水深方向の濃度分布の一例

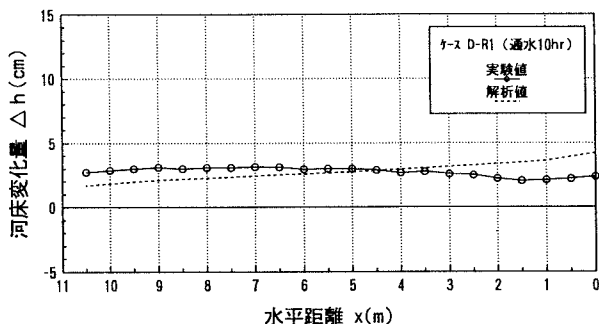


図-6 通水後の河床形状

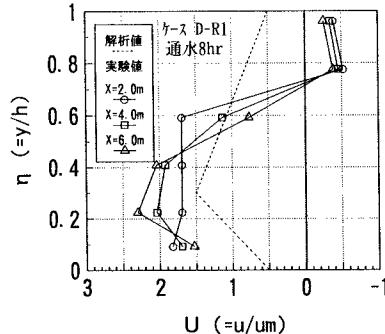


図-7 通水中の流速分布の一例