

Ⅱ－23

津波来襲時の高シールズ数における浮遊砂に関する水理実験

秋田大学 学生員 ○高橋純平 正員 高橋智幸 松富英夫
 関西大学 島田広昭 井上雅夫
 京都大学 河田恵昭

1. 背景と目的

津波や高潮、洪水などでは大きな流速が発生し、高シールズ数の流れが生じるため、大量の土砂が運ばれ、侵食や堆積による被害が引き起こされている。このような土砂輸送では浮遊砂が卓越していると考えられるが、既往の浮遊砂濃度分布モデルでは、河川など定常流を想定しており、乱れによる砂粒の巻き上げと沈降の平衡状態を仮定している。しかし、津波や洪水などでは非定常性が強く、非平衡の浮遊砂濃度分布が発生していると考えられる。そこで本研究では水理実験によって高シールズ数の流れを発生させ、非平衡浮遊砂濃度を求めて、理論的に導かれる平衡浮遊砂濃度との相違を確認することを目的とする。

2. 研究方法

本実験では大きな外力を発生させて高シールズ数の流れを再現させる必要がある。そこで図-1に示すように大容量のヘッドタンクを高所に設置し、管路に接続した。実験は固定床実験と移動床実験を行ない、固定床実験では外力（ヘッドタンクの水位）とシールズ数の関係を求め、移動床実験ではシールズ数と浮遊砂濃度の関係を求める。

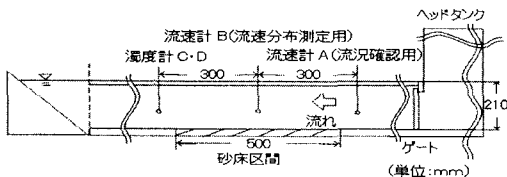


図-1 実験水路側面図

固定床実験では流速計Aを砂床区間から5cm上流側に、流速計Bを砂床区間中央に設置する。流速計Aは底面からの高さを50mmに固定し、流速計Bは底面からの高さを3, 6, 10, 30, 50, 100, 150mmと変化させて測定する。流速計Aは移動床実験でも同様に測定し、固定床実験での結果を移動床実験に適用するために用い、流速計Bは流速の鉛直分布を求めるために用いる。

この流速分布に対数則を適用して摩擦速度を求め、最終的にシールズ数に変換する。これをヘッドタンクの各水位について行なう。

移動床実験では流速計Aに加えて、砂床区間から5cm下流側に濁度計CとDを設置する。濁度計Cの測定高さは底面から5mm、濁度計Dは15mmである。各外力において流速と濁度を測定し、固定床実験結果を用いてシールズ数と浮遊砂濃度の関係を求める。

3. 実験結果

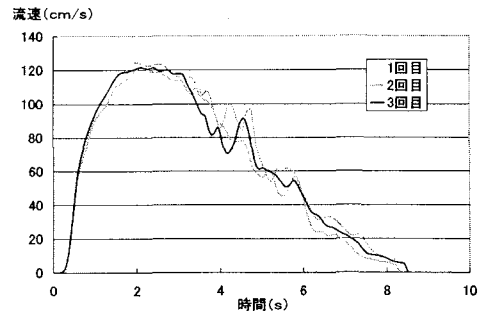


図-2 同外力による実験の再現性の確認

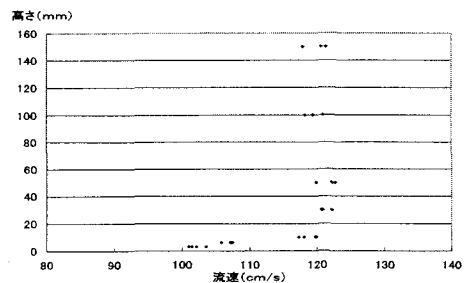


図-3 各外力による流速分布

固定床実験を実施して各外力条件による再現性を確認し、流速分布を得ることができた。図2に同じ外力条件（ヘッドタンクの水位）における流速計Aでの測定値を示す。浮遊砂の発生は流速の立ち上がりおよび最大流速に支配されているが、同条件で行なった複数の実験において極めて高い再現性が得られている。

図-3に流速計Bで測定した流速分布を示す。底面から離れた高さでのばらつきは大きい、底面近傍では対数則に従っていると考えられる。またヘッドタンクの水位を最大にして実験を行なうと最大160 cm/sの流速を発生させることができるという事がわかった。

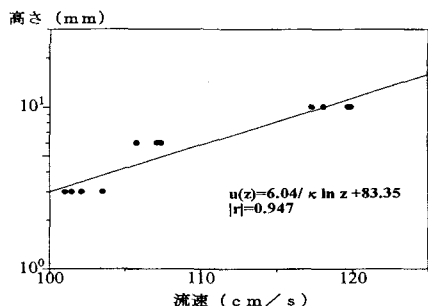


図-4 流速の対数則分布

図3で示した流速分布の底面付近に対数則を適用したものが上の図4である。ここで得られた回帰式(1)によって摩擦速度 $u_* = 6.04$ を得ることができる。

$$u(z) = \frac{6.04}{\kappa} \ln z + 83.35 \quad (1)$$

次に摩擦速度 u_* を式(2)に代入し、シールズ数 τ^* を求める。

$$\tau_* = \frac{u_*^2}{sgd} \quad (2)$$

s: 砂の比重 g: 重力加速度 d: 砂の粒径

表-1 各外力における摩擦速度およびシールズ数

水位(cm)	摩擦速度(cm/s)	シールズ数
95	5.637	0.6118
105	6.04	0.7024
115	6.341	0.7741
125	7.063	0.9605
135	7.931	1.211

以上により流速とシールズ数の関係(図-5)を求め、移動床実験に適用する。

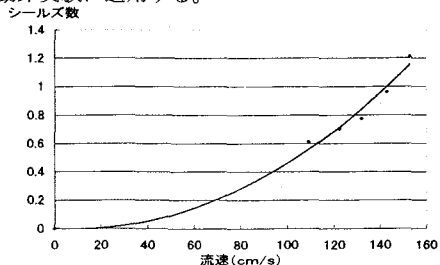


図-5 流速とシールズ数の関係

次に移動床実験で測定した流速を図-5によって得られた近似式によって変換したシールズ数と、濁度計で測定した底面から5mmの高さの浮遊砂濃度をグラフに

とったものが下の図-6である。

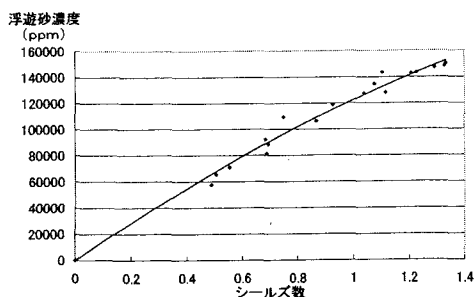


図-6 シールズ数と浮遊砂濃度の関係

移動床実験で測定した底面から5mmの高さの浮遊砂濃度を用いて、Rouseの濃度分布式により底面から15mmの浮遊砂濃度を算出することができる。ここで求められた定常状態の浮遊砂濃度と実験によって測定した非定常状態の浮遊砂濃度を比較したグラフが次の図-7である。

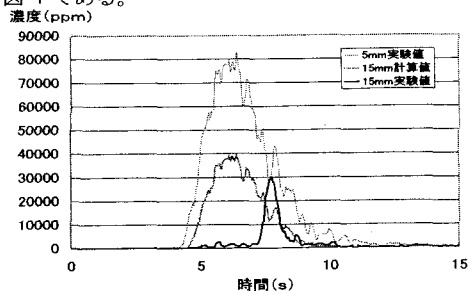


図-7 浮遊砂濃度の比較

4. 考察とまとめ

図-7に示すように底面からの高さ5mmに浮遊砂が測定された後、遅れて高さ15mmの位置で測定されるという結果が見られた。これは底面付近での浮遊砂濃度が上方に伝達するまでの時間差であり、この期間では浮遊砂濃度が平衡に達していないことを示している。同図には平衡濃度分布モデルによる高さ15mmでの計算値も示している。この計算値と実験値の比較から、シールズ数が時間的に増加する期間(津波の場合は押し波に相当)において計算値は過大評価、減少する期間(同引き波)において過小評価になることが分かった。また、流速が大きくなるほど浮遊砂の立ち上がり時間が早く、濃度の単位時間当たりの増加が大きいう特徴が見られた。

本研究の一部は、平成14年度関西大学学術研究助成基金共同研究によって行った。