

II-136

混合砂礫河床高変化の伝播と河床表層砂の分級

愛媛大学工学部 正 員 ○鈴木 幸一
(株) 日水コン 正 員 加藤 幸一
愛媛大学大学院 学生員 羽野 敦之

1. はじめに

混合砂礫河床において粗砂も活発に移動するような掃流力の状態から、掃流力が小さくなり粗砂の限界掃流力に近付くにつれて粗細砂の選択輸送が生じてくる。このような粗細砂の選択輸送が生じるような場での河床高変化の伝播に伴う河床表層砂の分級現象に関する実験的検討を行った。

2. 実験の概要

実験は、断面 $40\text{cm} \times 40\text{cm}$ 、全長 10m の可変勾配水路で行ったが、この水路には上流端に設けられた給砂装置により連続的な給砂が可能である。この水路に平均粒径 $d_{50}=1.90\text{mm}$ 、最大粒径 5mm 、分散 $\sigma(=\sqrt{d_{84}/d_{16}})$ が 2.06 の混合砂を敷き詰め、水路縦断方向の一定区間(上流端から約 $2 \sim 4\text{m}$ の区間)に図-1に示すような頂部高さ $\Delta z=2\text{cm}$ で底辺が 2m の三角

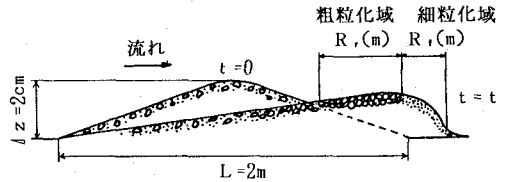


図-1

形の微小な河床高の変化(マウント)を与えて通水した。水路条件は、水路勾配 $1/500$ 、単位幅流量 $0.05\text{m}^2/\text{s}$ 、断面平均流速 $u_0=46.7\text{cm/s}$ 、平均水深 $h_0=10.7\text{cm}$ 、 $u_* = 4.58\text{cm/s}$ 、平均粒径の無次元掃流力 $\tau_{*m}=0.068$

であった。通水後、所定の時間間隔で河床縦断形状を

測定すると同時に通水を一時停止し、河床形状の伝播に伴う河床表層砂の粒度の変化を調べるために河床表層砂をマウント前縁部から上流側へ 10cm ピッチ、厚さ約 5mm (最大粒径)で採取した。

3. 河床高変化の伝播特性

図-2 に河床形状の時間的变化を示している。流水は $Fr=0.456 < 1$ の常流であってマウントは平たく変形しながら下流へ伝播している。また、マウントの最大高さ Δz は通水初期には比較的急激に減少するが減少速度は徐々に小さくなっている。ただ、マウント前縁部(下流側)の勾配は急になり砂の水中安息角に

近い状態になったまま下流側に伝播している。 $\tau_{*m}=0.068$ であって、粒径別限界掃流力が $\tau_{*ci}/\tau_{*cm}=(d_i/d_m)^{-0.93}$ で表されとした場合、最大粒径砂については $\tau_{*ci} \approx 0.020$ であり $\tau_{*ci} \approx 0.037$ であるので最大粒径が移動限界に近い状態であって、河床の凹凸は最大粒径以下で河床波は形成されていない。このような河床形状の擾乱の伝播速度は、擾乱を微小であると仮定すれば、水の連続式・運動方程式、砂の連続式および流砂量式から導出され、 δ : 移動層厚、 λ : 空隙率、 h : 水深、 Fr : フル

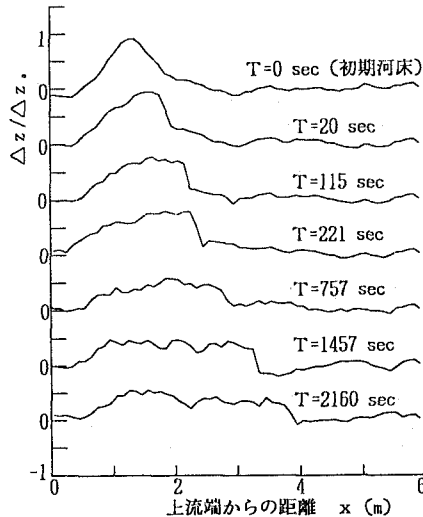


図-2

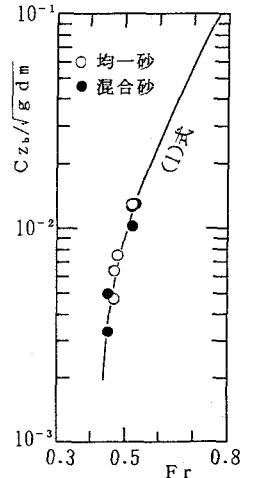


図-3

ード数, q_s : 平均粒径 d_m で考えた全流砂量とすると次式で表される。

$$Cz_b = -1/\{(1-\lambda)(1-Fr^2)\} \cdot \partial q_s / \partial h \quad (1)$$

(1)式において q_s として最も簡単な Meyer-Peter・Müller 式を用いて計算した河床高変化の伝播速度 Cz_b と実測値を図-3 に Fr の関数として表している。なお、図中のデータは図-2(本実験)のマウントの頂部の実測伝播速度の他に同一平均粒径の均一砂で行った実験データ等も加えている。実測値が理論線とよく適合していることがわかる。

4. 河床高変化の伝播に伴う河床表層砂の分級

図-4 は図-2 に対応した時間における河床表層砂の平均粒径 d_m の流下方向変化を示している。マウントのない部分では河床表層砂は使用砂の平均粒径 d_{m0} よりかなり大きくなっており、動的平衡状態での河床表層砂の粗粒化(pavement, 平均粒径 $d_{m'}$)が認められる。図-5 に $d_m/d_{m'}$ と $(x-x_i)/L$ (x_i はマウント頂部の位置)の関係を示しており、図-1 にはマウント上の砂粒径の模式図も示している。マウント頂部付近から前縁部にかけての斜面の砂の平均粒径は徐々に小さくなり、前縁部では $d_m/d_{m'}$ が 0.75 程度まで減少している。一方、マウント頂部付近から上流側に粗粒化域があり、またその上流側は元の粒径 $d_{m'}$ となっている。図-6 は図-1 の細粒化域と粗粒化域の長さの時間的変化を示したもので、粗粒

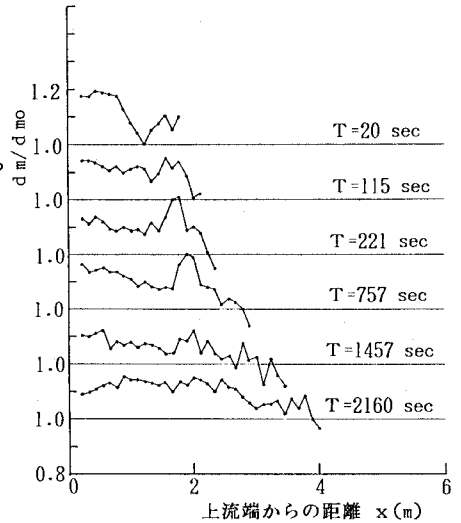


図-4

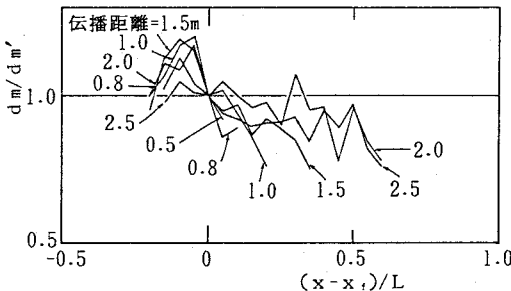


図-5

化域は時間的にはほとんど変化しないが細粒化域は次第に大きくなって行く。粒径 d_i 砂の河床表層に占める割合 i_b の変動の伝播速度 Ci_b は粒径 d_i 砂の流砂量 f_i を用いて次式で表される。

$$Ci_b = f_i / \delta(1-\lambda) \quad (2)$$

図-7 には分級現象により生じた粗粒化域と細粒化域の伝播距離と時間の関係を示している。図中の実線は(2)式で $\delta = d_{s0}$, $\lambda = 0.4$ とし、 f_i として粒径別粒径限界掃流力を考慮した Meyer-Peter・Müller 式を用いて計算した理論線である。

5. おわりに

河床変動が伝播する場合粗細砂の分級が著しいことがわかったが、上昇・低下を繰り返すような河床の変動計算においては河床砂の粒度の変化履歴を考慮した解析が必要であろう。

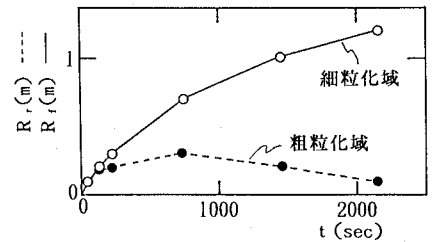


図-6

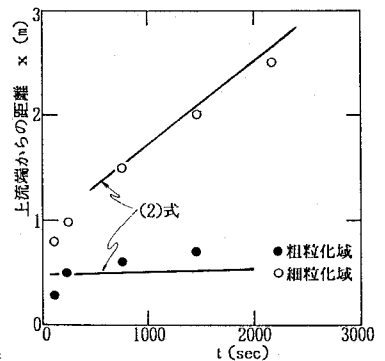


図-7