

混合砂礫河床に加えられた微小擾乱の伝播特性

愛媛大学工学部
(株) 日水コン
建設省

正員
正員
正員

鈴木幸一
○加藤幸一
柴田治信

1.はじめに 実河川に見られるような混合砂礫河床の変動現象は、河床表層の粗粒化などの混合砂河床特有の現象を含んでおり、また、その河床高変化や河床表層砂粒度組成の伝播特性は非常に複雑なものとなっている。したがって本研究では、河床高および表層砂粒度の変化を河床に加えられた微小擾乱として取り扱うことによって、擾乱の伝播速度を表す理論式を導出し、実験的に検証を行うとともにそれらの現象を観察した。

2.実験概要 実験に用いた水路は、全長10m、幅40cmの鋼製水路であり、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。実験ではこの水路に均一砂または混合砂を敷き詰め、水路縦断方向の一定区間(上流端から約2~4mの区間)に

河床高の変化を与え、通水後の河床縦断形状の時間的場所的変動を計測するとともに、河床形状の伝播に伴う河床表層砂の粒度分布の変化を実測した。実験条件と結果を表-1に示している。各実験中流量・勾配は一定とし計9通りの実験Runを行った。Run1~Run4は均一砂、Run5~Run9は混合砂を使用し、またRun9では途中一時通水を止め河床表層砂の粒度分布の場所的・時間的変化を計測している。河床に加えた初期河床高変化の縦断形状は図-1に示すような底辺長L=2m、高さΔz₀=2cmの二等辺三角形である。

表-1 実験条件と結果

Run	流量 q (m ³ /s)	河床勾配 I s	擾乱の 初期高	擾乱の 初期長	使用砂 均一砂 混合砂	Fr	無次元 掃流力 τ*mo
			ΔZ ₀ (cm)	L (m)			
1	0.050	0.0020	2.0	2.0	均一砂 d=0.185cm	0.448	0.0710
2	0.063	0.0020	"	"		0.490	0.0775
3	0.070	0.0017	"	"		0.504	0.0698
4	0.088	0.0020	"	"		0.534	0.0911
5	0.050	0.0020	2.0	2.0	混合砂 d=0.190cm	0.518	0.0627
6	0.063	0.0020	"	"		0.523	0.0723
7	0.070	0.0017	"	"		0.454	0.0728
8	0.075	0.0020	"	"		0.523	0.0817
9	0.050	0.0020	"	"		0.453	0.0686

め河床表層砂の粒度分布の場所的・時間的変化を計測している。河床に加えた初期河床高変化の縦断形状は図-1に示すような底辺長L=2m、高さΔz₀=2cmの二等辺三角形である。

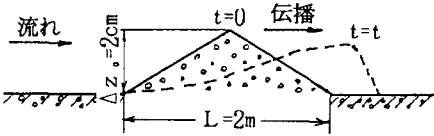


図-1 河床高に加えられた微小擾乱

3.実験結果と考察 河床縦断形状の時間的変化を図-2に示している。ここに、Δz:河床の平坦部分からの高さ、Δz₀:擾乱の初期高である。時間の経過とともに擾乱はその高さ(Δz/Δz₀)を減じながら下流方向に伝播し進行方向に前縁が形成されている。

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次式で表される^{1) 2)}。

$$C_{zb} = - \frac{1}{(1-\lambda)(1-Fr^2)} \frac{\partial q_s}{\partial h} \tag{1}$$

また、同様にして粒径d_i砂の河床表層に占める割合i_bの変動の伝播速度C_{ib}は次式で表される³⁾。

$$C_{ib} = \frac{f_i}{\delta(1-\lambda)} \tag{2}$$

ここに、δ:移動層厚、λ:空隙率、h:水深、q_s:平均粒径d_m

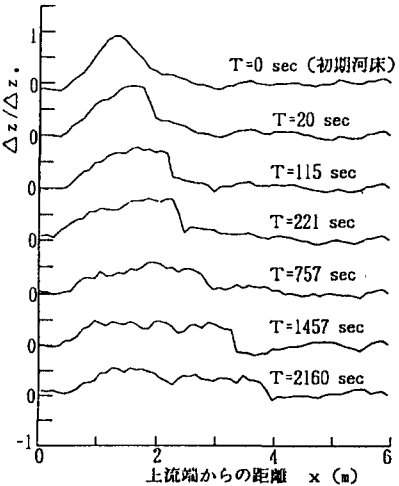


図-2 河床縦断形状の時間変化

で考えた全流砂量, f , 粒径 d の砂の均一河床の流砂量, Fr : フルード数である。

次に、(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 C_z と実測値を図-3 に Fr の関数としてプロットしている。また、河床表層では図-4 の模式図に示すような流下方向への分級現象が見られた。河床表層砂の平均粒径の実測値を図-5 に示している。河床高変化頂上部には粗粒化のピークが、前縁部で細粒化域が形成されている。図-6 はこの粗粒化域・細粒化域それぞれの伝播距離と時間の関係をプロットしたもので、粗粒化域の伝播速度は前縁部分の細粒化域の伝播速度に比べ小さい実験結果を得た。図中実線は(2)式で $\delta = d_{90}$, $\lambda = 0.4$ とし、 f として粒径別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。

4. おわりに 本研究では、実験を流れが常流の領域でしか行っておらず、(1)式は射流領域で擾乱が上流へ伝播することを示しており、さらに射流領域での検討が必要である。

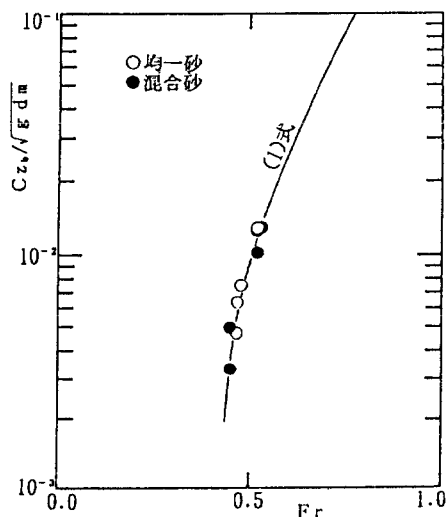


図-3 河床高変化の伝播速度

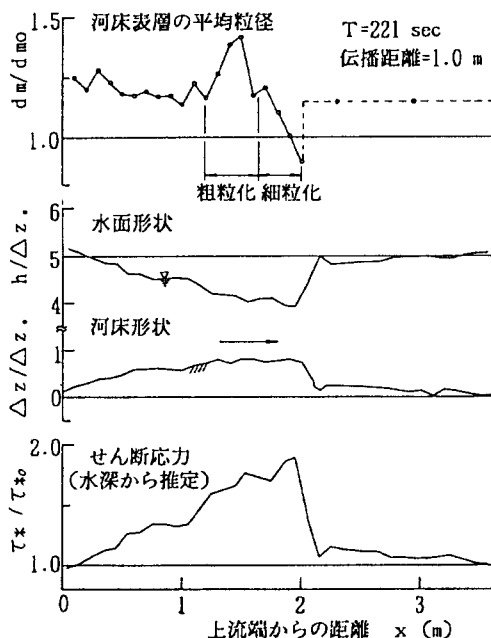


図-5 河床表層砂粒度と各諸量

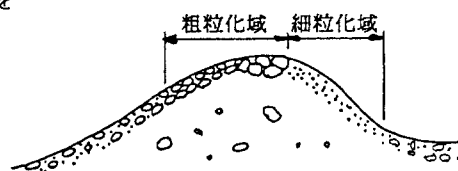


図-4 模式図

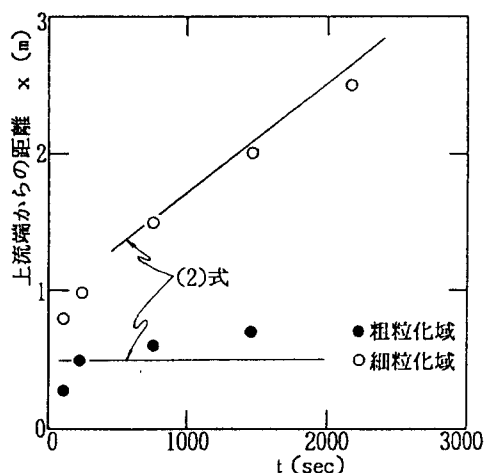


図-6 表層砂粒度分布変動の伝播速度

参考文献

- 1) Iwagaki, Y.: Memories of the Faculty of Eng., Kyoto Univ., Vol.18, No.3, pp.163-171, 1956.
- 2) de Vries, M.: Consideration about non-steady bedload transport in open channels, IAHR, 1965.
- 3) Suzuki, K.: Technical Report, Dept. of Civil Eng., Delft Univ. 1976