B06

砂州河道における河床強度と間隙率の時空間分布特性
Spatiotemporal Characteristic of Bed Strength and Porosity on Bed with Bars

○西浦潤・竹林洋史・藤田正治
○Jun NISHIURA, Hiroshi TAKEBAYASHI, Masaharu Fujita

In this study, horizontal two dimensional bed deformation analysis model which reproduces the spatiotemporal change of porosity below bed surface is developed and the effects of spatiotemporal change of the porosity on the geometric characteristics of bars are discussed. The results show that the temporal change of the porosity decrease in the wave height of bars and makes the irregularity of bar geometry increase. (64word)

１．はじめに

一般に，河床面以下の間隙率は時空間的に変化しているが，河床変動解析では間隙率として0.4程度の一定値を与えることが多い．しかし，間隙率の値は, 河床位の評価に直接影響を与えるため，砂州の形状特性値に大きく影響を与えていると考えられる．また，間隙率などの河床面以下の土砂の物理・力学特性は，河道内のハビタットの物理環境を評価する上で重要な情報となる．しかし，河床の間隙率の時空間的な変化が河床変動特性に与える影響に関する知見が不足しているのが現状である．本研究では，間隙率の時空間的な変化を考慮した平面二次元の河床変動解析モデルを構築し，数種の間隙率の時間的な変化の条件で解析を行い，間隙率の時空間的な変化が砂州を有する河道の動態に与える影響について検討した．

２．計算結果及び考察

（1）数値解析法

砂州を有する河道の河床変動特性と間隙率の時間変化の関係を調べるため，イタリア・タリアメント川の河道条件を参考にした直線河道を対象に，間隙率の時空間的な変化を考慮した平面二次元河床変動解析を行った．流れの計算は浸透流を考慮した平面二次元流れの支配方程式を用いる．流砂量は芦田・道上式 [1]に河床の局所的な勾配の流砂への影響を考慮した芦田・江頭・劉 [2]の方法によって求める．粒度の計算は，Loc　L. X.・Egashira S.・Takebayashi H.[3]による掃流砂層モデルを用いた．また，河道内の間隙率は，堆積したばかりの土砂は高い間隙率を有し，圧密や間隙への細粒土砂の流入などにより時間とともに間隙率が低下していく．そのため，土砂は間隙率 0.4 で堆積し，時間の経過とともに線形的に最密状態まで低下していくと仮定した．なお，藤田らのパッキングモデル [4]によって得られる値を最密状態の間隙率とした．掃流層内の土砂の質量保存則（河床位方程式），掃流層内の粒径階ごとの土砂の質量保存則，間隙率の時間変化の式は以下の通りである．

$$\frac{\partial c_b E_b f_{bk}}{\partial t} + F_{bk}\frac{\partial (1-\lambda) z_b}{\partial t} + \frac{\partial q_{bxk}}{\partial x} + \frac{\partial q_{byk}}{\partial y} = 0$$

$$\lambda = \begin{cases} 0.4 & , \ \partial z_b / \partial t \geq 0 \\ \lambda_t & , \ \partial z_b / \partial t < 0 \end{cases}$$

$$F_{bk} = \begin{cases} f_{tk} & , \ \partial z_b / \partial t \geq 0 \\ f_{bk} & , \ \partial z_b / \partial t < 0 \end{cases} \qquad (1)$$

$$\frac{\partial \lambda_t}{\partial t} = -\frac{0.4 - \lambda_{\min}}{T_a} \qquad (2)$$

ここに，c_b は鉛直平均の掃流砂の濃度，E_b は掃流砂層厚さ，z_b は河床位，q_{bxi} は x 方向の i 粒径階の掃流砂量，q_{byi} は y 方向の i 粒径階の掃流砂量，f_{bi} は掃流砂層内の i 粒径階の土砂の存在率，λ_t は堆積層の間隙率，f_{ti} は堆積層の i 粒径階の土砂の存在率，λ_{min} は最密状態の間隙率，T_a は堆積してから λ_{min} まで圧密されるのにかかる時間である．

(2)結果と考察

表-1 に水理条件を示す．堆積してから λ_{min} まで圧密されるのにかかる時間 T_a を**表**-1 に示す．本解析では，河床変動特性と間隙率の時間変化の関係を調べるため，T_a の値をいくつか変化させて解析を行った．Case1 は，λ_t を最密間隙率の λ_{min} の一定

値として計算を行う．Case5 は，λ_t を河床変動解析で一般に用いられる 0.4 の一定値を与えて計算を行う．

図-1 は Case1~Case5 の動的平衡状態に達したとき(通水から 80h 後)の河床位のコンター図である．図より，間隙率を 0.4 の一定値とした Case5 に比べて，Case1~Case4 では砂州の波高が小さくなることがわかる．これは，流砂量の空間変化率が同じでも間隙率が小さくなると河床変動量が小さくなるためである．さらに，間隙率を 0.4 の一定値にした Case5 では複列砂州のモード減少により，周期性の高い交互砂州が形成されているが，Case1~Case4 では波高や波長が空間的に変化しており，砂州形状の不規則性が強くなっていることがわかる．また，Case2 や Case3 では，Case1 に比べて河床の間隙率の値が大きいにも関わらず，Case1 よりも波高は小さい砂州が存在する．これは，本解析では間隙率を時間的に変化する関数として扱っているため，間隙率と河床位，さらには粒度（平均粒径）の各時間変化スケールが近くなるとお互いに干渉して振幅の増加及び減少を発生させると考えられる．つまり，Case1 では，粒度の変化による間隙率の時間変化は発生するが，間隙率は小さいながら時間的にほぼ一定であるため，河床位や粒度の空間分布の発達に干渉しないが，Case2 と Case3 については，間隙率と河床位，さらには粒度（平均粒径）の時間変化のスケールが近くなり，それらが干渉しているものと考えられる．

表-1　数値解析に用いた水理条件

	流量(m^3/s)	T_a(h)
Case1	360	($\lambda_t=\lambda_{min}$)
Case2	360	1
Case3	360	12
Case4	360	48
Case5	360	(λ_t=0.4)

参考文献

1) 芦田和男，道上正規：移動床流れの抵抗と掃流砂量に関する 基礎的研究，土木学会論文報告集，第 206 号, pp. 59-69, 1972.
2) 芦田和男，江頭進治，劉炳義：蛇行流路における流砂の分級 および河床変動に関する数値解析，水工学論文集，第 35 巻，pp.383-390, 1991.
3) Loc X. L., Egashira S. and Takebay ashi H. : Investigation of Tan Chau Reach in Lower Mekong Usng Field Data and Numerical Simulation, 水工学論文集, 第 48 巻, No.2, pp. 1057-1062, 2004.
4) 藤田正治，Muhammad SULAIMAN，Jasual IKHSAN，堤大三：河床材料の間隙率の変化を考慮した河床変動モデルとその適用,，河川技術論文集，第 14 巻，pp.13-18，2008.

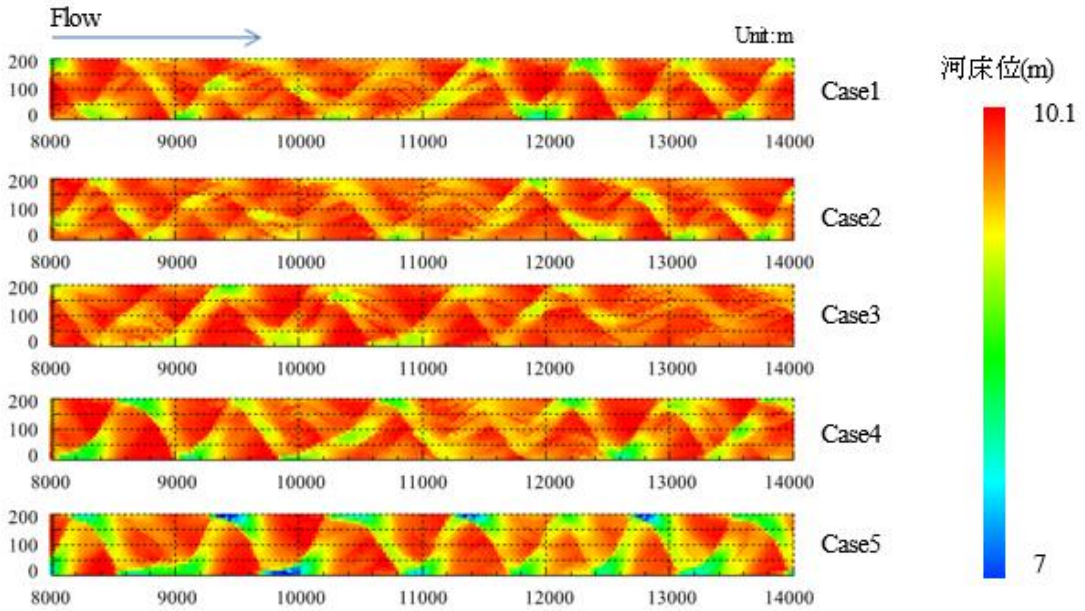

図 1　河床位