

❖ 研究の背景・目的

- 交互砂州は波動現象として見做されているが、交互砂州の伝播性について不明
 - 既往の研究では、底面位 z に関する双曲形偏微分方程式および伝播速度を定式化
 - 伝播速度式の適用性は未確認かつ、伝播速度の支配物理量は未解明
- 交互砂州の発生・発達過程における伝播速度式の適用性と支配物理量について検討

❖ 底面位の伝播速度の理論式

※紙面の都合上、式は一次元の物を記載

- 流砂の連続式、流砂関数、水面形方程式から底面位の双曲形偏微分方程式を導出
- 流砂関数はM.P.M式、水面形方程式は流れの非定常性を考慮した水面形方程式を使用

双曲形偏微分方程式

$$\frac{\partial z}{\partial t} + M \frac{\partial z}{\partial x} + M I_e = 0$$

z : 河床高[m]

t : 時間[s]

x : 縦断方向の距離[m]

s : 土粒子の水中比重

g : 重力加速度[m/s²]

d : 河床材料の粒径[m]

底面位の伝播速度式

$$M = \frac{(\tau_* - \tau_{*c})^{1/2} \sqrt{sgd^3 I_e}}{sd(1 - \lambda) \left\{ 1 - \frac{4}{9} (F_r^2) \right\}}$$

M : 伝播速度[m/s]

I_e : エネルギー勾配

τ_* : 無次元掃流力

τ_{*c} : 限界無次元掃流力

λ : 空隙率

$F_r = u / \sqrt{gh}$: フルード数

非定常の水面形方程式

$$\frac{\partial h}{\partial x} = \frac{-\frac{\partial z}{\partial x} - I_e}{1 - \frac{4}{9} F_r^2}$$

h : 水深[m]

u : 縦断方向の流速[m/s]

❖ 底面位の伝播速度式の適用性の検証方法

- 交互砂州の発生条件で模型実験を実施
- 通水中に底面を時空間で高分解に計測
- 計測した底面の河床変動量と理論式による算定値の比較によって適用性を検証

実測値の河床変動量

$$\frac{\Delta z}{\Delta t} = \frac{z_{t+1} - z_t}{1 \text{ min}}$$

理論式による河床変動量

$$\frac{\partial z}{\partial t} = -M \frac{\partial z}{\partial x} - M I_e$$

比較

❖ 伝播速度式の適用性の検証

適用性の検証結果とその低下要因

- 伝播速度式の十分な有効性を確認
 - 交互砂州の発生後(60分)と発達後(240分)の Δz_* が領域全体でほぼ100%以内
 - 粒径と同じ精度で河床変動量を予測
- $Fr > 1$ になる箇所では適用性が急激に低下
 - 要因は $Fr = 1.5$ で伝播速度が無限に発散

伝播速度とその支配物理量

- 伝播速度は時間と空間で広く分布を持つ
 - 平坦床時の伝播速度の空間分布は少ない
 - 交互砂州の発達にかけて空間分布が増大
- 式形から支配物理量は I_e , τ_* , F_r の三つ

