

九州大学 正員 橋 東一郎

〃 〃 平野 栄夫

〃 学生員 〇田中 耕一

1. 結 言

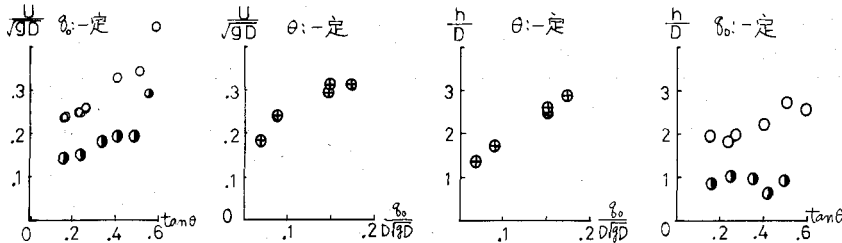
前報⁽¹⁾では土石流に関する研究の第一歩として渓流に発生する堆積土砂の崩壊の機構について述べたが、本文では、堆積砂れきが波状にもり上りながら流下する現象について若干の実験を行い、その移動機構について考察した。

2. 実験装置と方法

実験に用いた水路は巾20cm、深さ30cm、長さ4m、の亚克力製でメサライトを敷き底面に同じ資料をはりつけた。上流端より非定常の流量を流入し砂堆を形成させその移動の様子を16mmカメラに収め、フィルムアナライザーで砂堆の形状、移動速度などを測定した。

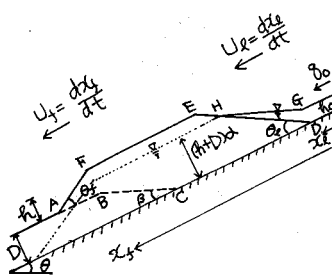
3. 実験結果

非定常流で上流端の堆積砂れきは波状にもり上り砂堆を形成する。形成された砂堆は高さ、移動速度、ともに発達しながら移動するがその砂堆はある程度発達すると移動速度が殆んど一定となり高さもほぼ一定で流下してゆく。その時の進行速度～水路勾配、進行速度～流量、砂堆高～流量、砂堆高～水路勾配等の関係は次図の如くなる。



記号	実験条件		
	堆積の厚さ	流量	水路勾配
●	10cm	一定	変化
○	5cm	一定	変化
⊕	5cm	変化	一定

4. 理論的考察



砂堆は左図の様な形状を仮定する。EF//CD,

x_1 : 原点から砂堆頂までの距離。 x_2 : 砂堆尾までの距離。

D: 堆砂れきの厚さ。 R: 砂堆の高さ。 φ : 安息角

θ : 河床勾配。 α : 水深の割合。 q : 単位巾流量

ABCをすべり面とする。 U_1 : 頂の進行速度。 U_2 : 尾の進行速度

なお $\theta_f = \varphi - \theta$, $\theta_r = \theta$, $\beta = 45^\circ - \frac{\varphi}{2}$ とする。

$$\text{連続式は } Dx_f = \frac{R+D}{2} \{ 2(x_f - x_r) - (R+D) \cot \theta_r \} + \frac{R^2}{2} \cot \theta_f \quad (1) \text{ となる。}$$

次に検査面をABCDEHとしてx方向の運動量方程式を考える。

[出てゆく運動量]

$$AH: \rho_s (1-\lambda) R U_f^2$$

$$BC: \rho' D U_f^2$$

[入ってくる運動量]

$$ED: \{ \rho_s (1-\lambda) (1-\alpha) + \rho' \alpha \} (R+D) U_r^2$$

ここで λ : 空隙率, β_s : メサライトの単位質量, ρ : 水の単位質量, $\rho' = \beta_s(1-\lambda) + \rho\lambda$

[検査面に働く力]

BC: 土圧 $\frac{D}{2} \cot \beta (2R+D)(1-\lambda)(\gamma_s - \alpha' \gamma_w)(\sin \theta + K_p)$, ここで $\gamma_s = \beta_s g$, $\gamma_w = \rho g$, α' : 氷の割合

静水圧 $\frac{D}{2} \gamma_w \{2(R+D)\alpha - D\} \cos \theta$

$$K_p = \frac{\cos \theta + \sqrt{\cos^2 \theta - \cos^2 \varphi}}{\cos \theta - \sqrt{\cos^2 \theta - \cos^2 \varphi}}: \text{土圧係数}$$

HD: 検査面に HGD をとり x 方向の運動量式より HD 面に働く力を計算すると,

$$\frac{\gamma_w R_0^2 \cos \theta}{2} + \frac{\gamma_w R_0 (R+D) \alpha \cos \theta}{2} + \rho R_0 \left\{1 - \frac{R_0}{(R+D)\alpha}\right\} \left(\frac{q_0}{R_0} - U_L\right)^2$$

底面: 乱流の剪断力は一般に $\tau = \rho l^2 \left| \frac{du}{dy} \right| \frac{du}{dy}$ であるので, ここでは $\tau = \beta_s K U_f^2$ とする. K: 定数

底面に働く剪断力は $\beta_s K U_f^2 \{x_f - x_L - (R+D) \cot \theta_L\}$ となる.

[検査面内の質量力]

$$D \left\{ x_f - \frac{D}{2} \cot \beta \right\} \{ \gamma_s (1-\lambda) + \gamma_w \lambda \alpha' \} \sin \theta$$

以上より運動量方程式は無次元表示して

$$\begin{aligned} & \frac{\beta_s}{\rho} (1-\lambda) \frac{R}{D} \left(\frac{U_f^2}{gD} \right) - \frac{\rho'}{\rho} \frac{U_L^2}{gD} - \left\{ \frac{\beta_s}{\rho} (1-\lambda) \alpha + \frac{\rho'}{\rho} \alpha' \right\} \left(\frac{R}{D} + 1 \right) \left(\frac{U_L^2}{gD} \right) - \frac{1}{2} \cot \beta (2 \frac{R}{D} + 1) (1-\lambda) \left(\frac{\beta_s}{\rho} - \alpha \right) (\sin \theta + K_p) \\ & - \frac{1}{2} \left\{ 2 \left(\frac{R}{D} + 1 \right) \alpha - 1 \right\} \cos \theta - \frac{\beta_s}{\rho} K \frac{U_f^2}{gD} \left\{ \frac{x_f}{D} - \frac{x_L}{D} - \left(1 + \frac{R}{D} \right) \cot \theta_L \right\} + \frac{1}{2} \left(\frac{R_0}{D} \right) \cos \theta + \frac{1}{2} \frac{R_0}{D} \left(1 - \frac{R}{D} \right) \alpha \cos \theta \\ & - \frac{R_0}{D} \left\{ 1 - \frac{R_0/D}{(1+R/D)\alpha} \right\} \left(\frac{q_0}{R_0 gD} - \frac{U_L}{\sqrt{gD}} \right)^2 + \left(\frac{x_f}{D} - \frac{1}{2} \cot \beta \right) \left\{ \frac{\beta_s}{\rho} (1-\lambda) + \lambda \alpha' \right\} \sin \theta \dots (2) \text{ となる.} \end{aligned}$$

又(1)式を時間について微分すると

$$\frac{dx_L}{dt} = \frac{R}{R+D} \frac{dx_f}{dt} + \left\{ \frac{Dx_f}{(R+D)^2} + \frac{RD \cot \theta_f}{2(R+D)^2} - \frac{\cot \theta_L}{2} \right\} \frac{dR}{dt}$$

とよく, また $\frac{dx_L}{dt}, \frac{dx_f}{dt} \gg \frac{dR}{dt}$ だから $\frac{dR}{dt}$ を無視すると上式は $U_L = \frac{R}{R+D} U_f \dots (3)$ となる.

(1)(2)(3)式より $U_f/\sqrt{gD} \sim R/D$ の関係が求まり, $\alpha = \alpha' = 0.95$, $K = 14.0$ 及び実験より得られる R/D を代入すると $U_f/\sqrt{gD}$ が計算出来る.

$\frac{R}{D} = 2.4$ ここで, $D = 5 \text{ cm}$ のとき $R/D = 2 \sim 2.4$

$D = 10 \text{ cm}$ のとき $R/D \div 1$ である.

左図を見ると θ が大きい範囲では比較的よく合っているが限界勾配附近になるとはずれてくる.

5. おわりに

今後の研究課題として, 限界勾配近くのはずれの原因, 並びに R/D が何に規定されるかを究明しようと思う.

参考文献

(1) 橋, 平野, 田中, 北畠 溪谷堆積土砂の崩壊について 昭和44年度西部学会論文集

