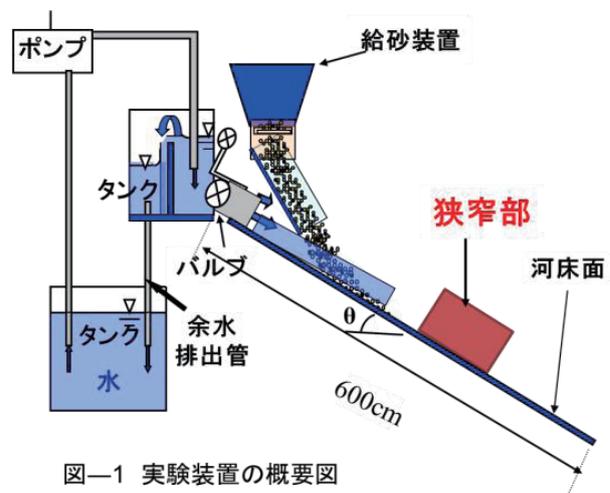


## 狭窄部を通過する土石流の挙動に関する実験的研究

京都府立大学大学院 ○小野義紘  
京都府立大学大学院 高濱淳一郎

〔1.はじめに〕本研究は地形が急激に変化する場所での土石流の挙動を解明することを目的としている。まず、狭窄部を通過する土石流の不等流状態を実験的に生起させることでその挙動を調べる。次いで、狭窄部を通過する際に想定される圧力勾配（流れ方向の圧力変化）を考慮した平衡勾配を計算し、実験値との比較を行う。

〔2.実験方法〕実験は図一1に示す全長6m、幅20cm、水路勾配 $\theta$ （ $\theta = 15.9^\circ$ ）の矩形断面水路を使用し、側壁にはアクリル板を使用しており砂礫の移動が観察できるようになっている。河床状態について固定床と飽和移動床の二種類である。一様砂（ $d_{50} = 2.49\text{mm}$ ）を高さ10cm敷き詰め、一定量の水を上流から供給することで飽和移動床を形成する。狭窄部について図一2のような漸縮区間、狭窄区間、漸拡区間からなる狭窄部を用いる。移動床の実験においては狭窄区間長16cm、32cm、48cm、64cmの4つの条件で行う。ここに一定量の河床と同様の一様砂（ $d_{50} = 2.49\text{mm}$ ）と水を定常状態になるまで供給する。この時の狭窄部周辺における自由表面（free surface）、砂礫移動層と水流層の境界面（interface）、河床（bed）の縦断形状を計測する。



図一1 実験装置の概要図

〔3.計算方法〕織田(2009)と同じように平衡勾配を定義する河床面における外力と降伏応力との力の釣り合い式に、運動方程式の非定常項である圧力項を導入して平衡勾配を計算する。次式示す河床面における外力と降伏応力との力の釣り合い式

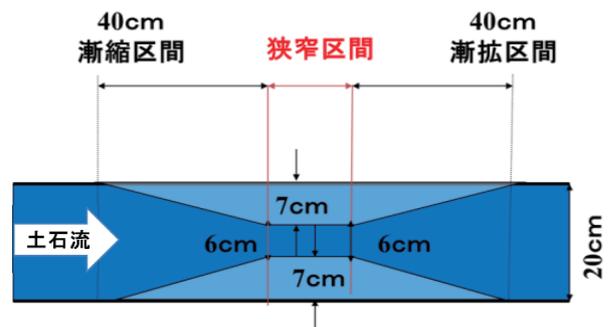
$$\{(\sigma - \rho)c + \rho\}gh \sin \theta_{e0} - (\sigma - \rho)cgh \cos \theta_{e0} \tan \phi = 0$$

から

$$\tan \theta_{e0} = \frac{(\sigma/\rho - 1)c}{(\sigma/\rho - 1)c + 1} \tan \phi$$

が与えられる。この場合の平衡勾配を $\theta_{e0}$ と表す。ここで $\sigma$ ：砂粒子の密度、 $\rho$ ：水の密度、 $g$ ：重力加速度、 $h$ ：流動層厚、 $\theta_{e0}$ ：平衡勾配、 $c$ ：全層平均濃度、 $\phi$ ：砂粒子の安息角である。次に運動方程式の圧力項を付加し、このときの平衡勾配を $\theta_{ep}$ とすると次式のようなになる。

$$\{(\sigma - \rho)c + \rho\}gh \sin \theta_{ep} - \cos \theta_{ep} \frac{\partial (P_{w0} + P_{s0})}{\partial x} - (\sigma - \rho)cgh \cos \theta_{ep} \tan \phi = 0$$



図一2 狭窄部の平面図

ここに  $P_{w0} = P_w / \cos \theta_{ep}$ ,  $P_{s0} = P_s / \cos \theta_{ep}$  である.  $P$  は圧力をあらわす. 圧力勾配を考慮した平衡勾配  $\theta_{ep}$  は  $\theta_{e0}$  を用いて次式のように表される.

$$\tan \theta_{ep} = \tan \theta_{e0} + \frac{1}{\{(\sigma/\rho - 1)c + 1\}} \frac{\partial(P_{w0} + P_{s0})}{\rho gh \frac{\partial x}$$

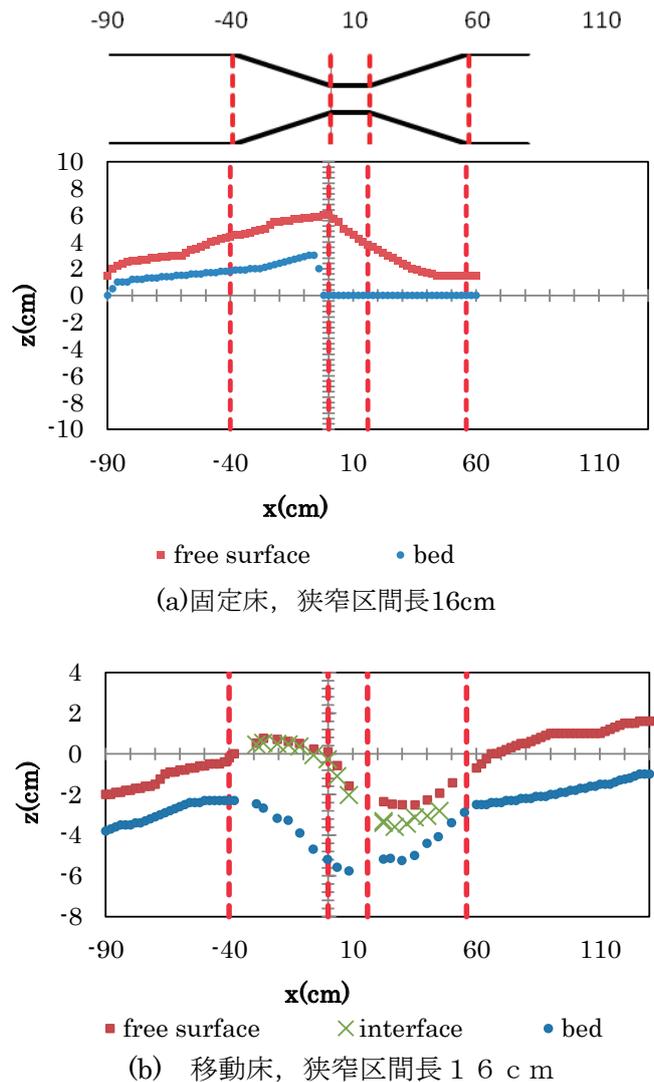
以上の平衡勾配  $\theta_{e0}$  と圧力勾配を考慮した平衡勾配  $\theta_{ep}$  を実験値で計測した河床の縦断形状から得られる河床の勾配と比較を行うことで, 土石流に作用する圧力勾配の影響を明らかにする.

〔4.結果と考察〕まず, 実験の結果について代表的なものを図—3 に示す. 一番上の図は水路幅の縦断変化を表した図である. 狭窄部の

周辺のうち狭窄区間の上流端を原点とし, 初期河床に沿って流下方向に  $x$  軸をとり,  $x$  軸に対し鉛直上向きに  $z$  軸をとる. 縦の点線は図—2 にあるような狭窄部のうちの左から漸縮区間, 狭窄区間, 漸拡区間の各区間の境界線を表している. 固定床では(a)のように狭窄区間より上流にて堆積が生じた. 移動床では(b)のように狭窄部で狭窄区間を中心に河床の侵食が生じた. 次に計算結果と実験値の比較について代表的なものとして河床の勾配がほぼ一様に見える漸縮区間  $-30\text{cm} \leq x \leq 0\text{cm}$  と漸拡区間  $35\text{cm} \leq x \leq 55\text{cm}$  の地点にて比較する. まず漸縮区間  $-30\text{cm} \leq x \leq 0\text{cm}$  において, 実験値では  $21.4^\circ$  に対し平衡勾配  $\theta_{e0} = 15.8^\circ$ , 圧力勾配を考慮した平衡勾配  $\theta_{ep} = 19.4^\circ$  であった. 次に漸拡区間  $35\text{cm} \leq x \leq 55\text{cm}$  において, 実験値では  $9.9^\circ$  に対し平衡勾配  $\theta_{e0} = 15.8^\circ$ , 圧力勾配を考慮した平衡勾配  $\theta_{ep} = 12.7^\circ$  であった. したがって, 圧力勾配を考慮した方が実験値に近いという結果が出た.

〔5.おわりに〕狭窄部を土石流が通過する際に作用する圧力勾配の影響を示すことができた. したがって今後, 圧力勾配を導入して数値シミュレーションを行いたいと考えている.

〔参考文献〕織田哲暢(2009): 狭窄拡幅部を通過する掃流状集合流動に関する実験的研究, 京都府立大学卒業論文



図—3 実験結果