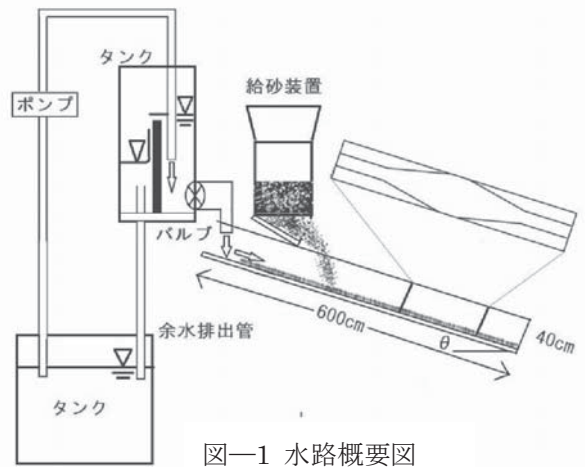


水路内拡幅部における土石流通過時の河床変化に関する実験的研究

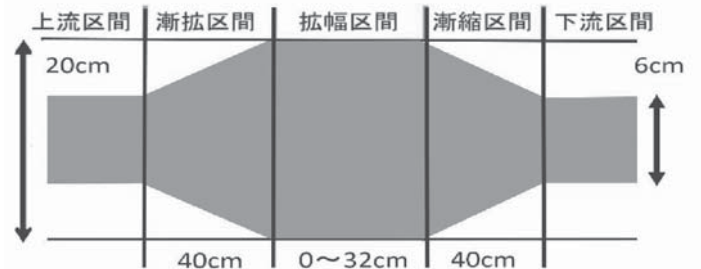
京都府立大学大学院砂防学研究室 ○増本幸秀, 高濱淳一郎

1.はじめに 近年の豪雨により土石流をはじめとした土砂災害が危険視されており人命や資産を守るため土石流のメカニズムを解明しシミュレートしようとする研究が進められており, そのためには現実河川を模擬した実験を行い土石流の基礎的な挙動から解明する必要がある。そこで本研究では流路が途中拡幅する水路を用いて実験を行い河床と自由表面の縦断形状の変化を計測することで流路拡幅部を通過する土石流がどのような挙動を示すかさらなる解明につなげることを目的とした。

2.実験方法 実験は図一1 に示す全長 6m, 幅 20cm, 水路勾配 θ ($\theta=16.0^\circ$) 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外部から観察できるようになっている。河床状態については固定床と飽和移動床の二種類である。一様砂 ($d_{50}=2.59\text{mm}$) を高さ 6cm に敷き詰め, 上流から水を一定供給することで飽和移動床を形成する。この水路は水路内部に図一2 のような漸拡区間, 拡幅区間, 漸縮区間からなる拡幅部をもつ。移動床の実験においては拡幅区間長さ 0cm, 16cm, 32cm の条件で実験を行う。ここに河床を形成している一様砂と同様の砂と水を定常状態になるまで一定量供給し, このときの拡幅部周辺における自由表面と河床の縦断形状を計測する。



図一1 水路概要図



図一2 拡幅部図

3.計算方法 小野(2010)と同様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つり合い式に, 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。次式に示す河床面における外力と降伏応力との力のつり合い式

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

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 θ_{e0} と表す。ここで σ : 砂粒子の密度, ρ : 水の密度, g : 重力加速度, h : 流動層厚, c : 全層平均濃度, ϕ : 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 θ_{ep} とすると

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

となる。

P_{w0} , P_{s0} はそれぞれ水流層による圧力を P_w , 砂礫移動層における圧力を P_s としたときに $P_{w0} = P_w / \cos \theta_{ep}$,

$P_{s0} = P_s / \cos \theta_{ep}$ で表されるもので, $P_{w0} + P_{s0} = P_{t0}$ とし, さらにこの式を変形すると平衡勾配 θ_{ep} は

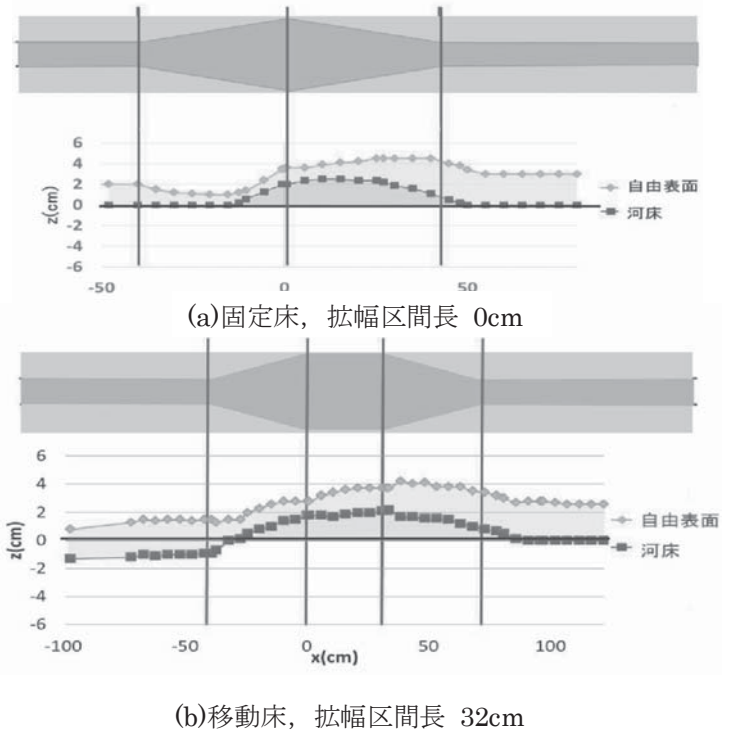
$$\tan \theta_{ep} = \tan \theta_{e0} + \frac{\frac{1}{\rho gh} \frac{\partial P_{t0}}{\partial x}}{\left\{ \frac{\sigma}{\rho} - 1 \right\} \zeta + 1}$$

と表せる。以上の平衡勾配 θ_o と圧力勾配を考慮した θ_{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。

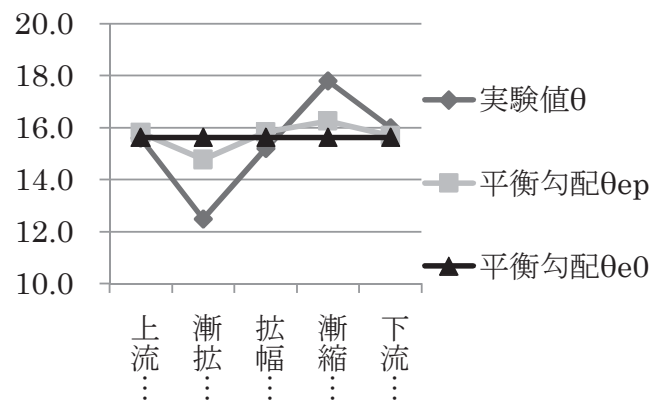
4. 結果と考察 実験の結果について結果の一部を図一3に示す。拡幅区間の拡幅が終了した位置を原点とし流下方向にx軸をとり、x軸に対して鉛直上向きにz軸をとる。固定床実験では拡幅部の中部から終端にかけ、移動床実験では拡幅部全体で堆積が起り上向きに凸の地形が生じた。また実験結果から得られた勾配と上述の式から得られた勾配を比較すると図一4のようになる。実験値 θ と平衡勾配 θ_o 圧力項を考慮した平衡勾配 θ_{ep} をそれぞれ比較すると θ_o では圧力項を考慮していないため常に同じ値となり拡幅部の堆積を表すことができないが、 θ_{ep} では水路内の各部分について実験値と同じような増減の傾向が示せている。このことから圧力項を計算式に組み込むことで水路の拡幅が水路底面に与える影響を確認できたと言える。

5. おわりに 水路の拡幅部分について圧力勾配の効果により堆積が発生することを明らかにできた。今後はさらに実験条件を増やし土石流シミュレートに組み込むことで実験結果を土石流の発生や被害予測の予期に役立てていきたい。

参考文献 小野義紘(2010): 狭窄部を通過する土石流の挙動に関する実験的研究, 京都府立大学卒業論文



図一3 実験結果



図一4 実験値と計算値の比較