

土砂・洪水氾濫対策における遊砂地の調節機能に関する一考察

○原田 紹臣(三井共同建設コンサルタント株式会社)
里深 好文(立 命 館 大 学 理 工 学 部)
水山 高久(京 都 大 学 名 誉 教 授)

1. はじめに

近年，新たに定義された細粒土砂や流木等の流出に伴って下流域で発生する土砂・洪水氾濫を受けて，新たに遊砂地等の基幹施設の整備による対策の推進が示された¹⁾．なお，遊砂地の施設効果や形状に関しては，実験や解析により議論されてきた．しかしながら，現場の設計実務者が必携する設計マニュアル²⁾においては，遊砂地の設計に関する詳細な形状や処理機能について不十分であり，遊砂地の細部構造に関する更なる知見の整理が望まれている．

一方，河川砂防技術基準 計画編³⁾の改訂に伴って，土砂・洪水氾濫対策における土砂処理計画は，流出解析や河床変動計算，氾濫解析により検討することとされている．そのため，土砂の輸送調節等を考慮した遊砂地の土砂処理機能に関する数値解析モデルの開発が望まれている．

そこで，本稿では，土砂・洪水氾濫対策や火山砂防における対策工として期待されている遊砂地の期待される効果や必要な条件（形状や配置など）について，水路実験や数値解析の結果を踏まえて考察する．

2. 遊砂地の土砂処理機能に関する実験

筆者ら⁴⁾が実験に使用した遊砂地を有する水路を図-1 に示す．図-1 に示すとおり，実規模に対して約 1/100 程度の縮尺を想定して，遊砂地（図-2）を配置させた平面氾濫台（ただし，傾斜角 $\theta_p = 2$ 度）に接続させた直線水路（傾斜角 $\theta_w = 10 \sim 15$ 度，幅 $W_w = 10\text{cm}$ ）の上流から，水（ q_m ），土砂（ V_{s_in} ，珪砂：1～5 号を単独投入）を供給し，遊砂地（長さ $L_p = 45\text{cm}$ ，幅 $W_p = 10 \sim 30\text{cm}$ ）を通過して，下流へ流出した土砂の量（ V_{s_out} ）を計測している．なお，各条件の違いが遊砂地における土砂処理機能や堆砂形状に与える影響を把握するため，上部からの供給水量 q_m や遊砂地幅 W_p に加えて，これまで経験的に設けられてきた隅角部²⁾の設置有無（図-2）や遊砂地（下流）開口幅 W_{p_out} 等を変化（52 ケース）させて，各条件での土砂処理効果を比較している．ここで，遊砂地における土砂処理効果に関する実験結果に関して，遊砂地内における土砂の捕捉率 f_s は，

$$f_s = (V_{s_in} - V_{s_out}) / V_{s_in} \tag{1}$$

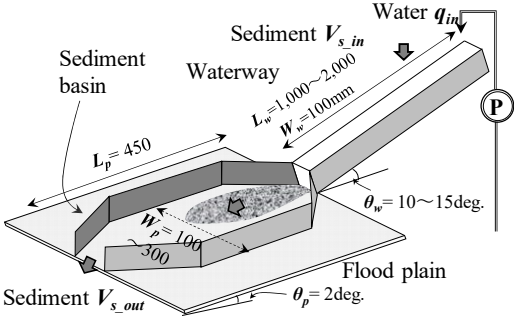


図-1 実験概要（遊砂地を有した実験水路の概要）

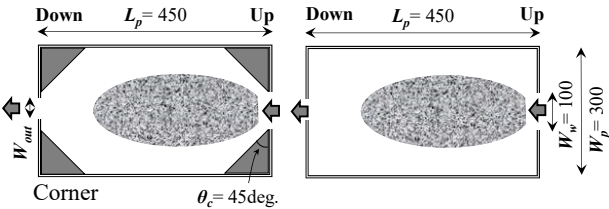


図-2 遊砂地平面図（左：隅角部有，右：隅角部無）

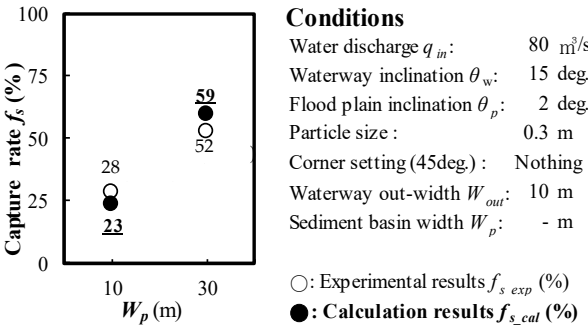


図-3 遊砂地幅（拡幅有無）の違いによる土砂捕捉率の変化
における実験結果と数値解析結果との比較

と表される（図-1）．

2. 遊砂地の処理機能に関する数値解析

遊砂地の土砂処理機能（土砂捕捉）に対して一次元河床変動解析モデル⁵⁾を用いて，前述の実験結果を対象に再現計算し，それらの比較により提案する解析モデルの適用性について検証する．

直線水路幅 W_w に対する遊砂地幅 W_p （図-1：拡幅有無）の変化が土砂捕捉 f_s に与える影響に関する実験結果に対して，解析モデル⁵⁾での再現計算により比較した結果を図-3 に示す．図-3 に示すとおり，概ね，再現できることが分かった．なお，実験結果と比較して，解析結果の方が拡幅有

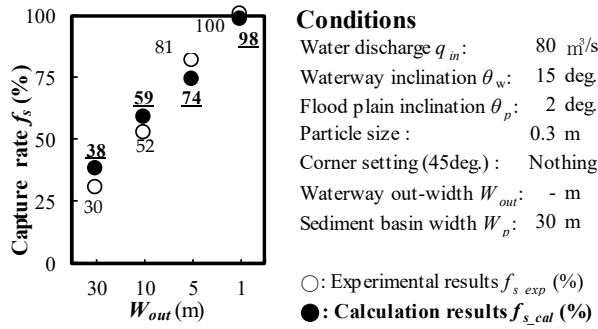


図-4 遊砂地（下流）開口幅の違いによる土砂捕捉率の変化における実験結果と数値解析結果との比較

無の影響を受けやすい傾向であった。この要因の一つとして、一般的に、一次元的モデルでの解析において、拡幅に伴う流速変化の影響を顕著に受けたものと考えられる。

一方、遊砂地（最下流出口）の開口幅 W_{out} （図-2）の変化が土砂捕捉 f_s に与える影響に対する比較を図-4 に示す。

図-4 に示すとおり、同様に、概ねの再現性について確認された（相関係数:0.98）。なお、下流側の開口幅の変化に伴う土砂捕捉への影響は、図-3 に示される傾向とはやや異なり、実験結果に比べてやや小さい傾向であった。

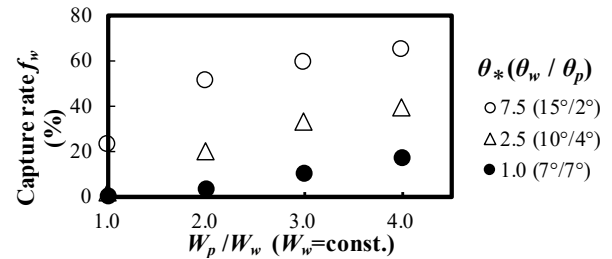
これらの結果より、概ね再現できていることを確認できているが、開口幅の縮小に伴う上流部への影響（背水効果）とそれに伴う土砂捕捉機能に与える局所的な影響等の一部について、更なる工夫が望まれる。

3. 形状や勾配変化の違いが土砂処理機能に与える影響

実験結果との比較により再現性について検証した一次元解析モデル⁹⁾を用いて、遊砂地幅 W_p の変化（図-1：上流直線水路幅 W_w との関係）、遊砂地平面形状（図-2：遊砂地長 L_p と遊砂地幅 W_p との関係、ただし、遊砂地設置面積 $L_p \cdot W_p = A_p$ は一定）の変化、遊砂地直上流における勾配変化（図-1：上流直線水路勾配 θ_w と遊砂地勾配 θ_p との関係）等の要因が、遊砂地の土砂処理機能（土砂捕捉）に与える影響について、それぞれ検討する。なお、以降に、主な検討結果を示す。

数値解析⁹⁾による遊砂地幅 (W_p/W_w : 図-1) の変化と遊砂地直上流における縦断勾配変化 (θ_w/θ_p) が土砂捕捉 f_s に与える影響を図-5 に示す。図-5 に示すとおり、遊砂地の拡幅及び上下流勾配の変化に伴って、土砂捕捉が顕著に影響を受けていることが分かった。この要因については、拡幅や勾配変化に伴う水深及び流速の変化とそれに伴う流砂量の変化（河床変動）によるものと考えられる。

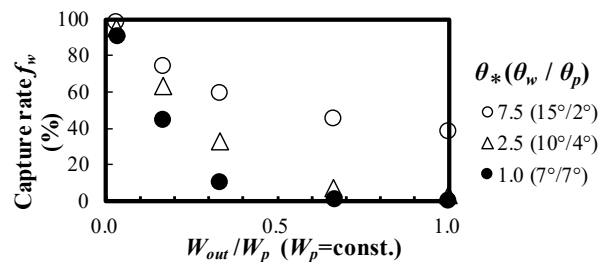
次に、遊砂地（下流）開口幅 (W_{out}/W_p) 変化と遊砂地直上流における勾配変化 (θ_w/θ_p) が土砂捕捉 f_s に与える



Conditions

Water discharge q_{in} : 80 m³/s
 Waterway inclination θ_w : -deg.
 Flood plain inclination θ_p : -deg.
 Particle size: 3m
 Sediment basin length L_p : 45m
 Corner setting (45deg.): Nothing
 Waterway out-width W_{out} : 10m
 Sediment basin width W_p : -m
 Waterway width W_w : 10m
 ○△●: Capture rate f_w (%)

図-5 遊砂地幅と勾配の変化が土砂捕捉に与える影響



Conditions

Water discharge q_{in} : 80 m³/s
 Waterway inclination θ_w : -deg.
 Flood plain inclination θ_p : -deg.
 Particle size: 3m
 Sediment basin length L_p : 45m
 Corner setting (45deg.): Nothing
 Waterway out-width W_{out} : -m
 Sediment basin width W_p : 30m
 Waterway width W_w : 10m
 ○△●: Capture rate f_w (%)

図-6 遊砂地（下流）開口幅と勾配の変化が土砂捕捉に与える影響

影響を図-6 に示す。図-6 に示すとおり、遊砂地の開口幅及び上下流勾配の変化に伴って、土砂捕捉が顕著に影響を受けていることが分かった。この要因については、遊砂地下流での開口幅の漸縮による上流域への背水効果や勾配変化に伴う水深及び流速の変化とそれらに伴う流砂量の変化（河床変動）によるものと考えられる。なお、勾配変化が小さく遊砂地開口幅の漸縮がない場合、殆どの土砂が遊砂地より下流へ流出する結果であった。

参考文献

- 1) 国土交通省：砂防事業概要，2023.
- 2) 国土交通省：土石流・流木対策設計技術指針解説，2016.
- 3) 国土交通省：河川砂防技術基準 計画編（改訂），2019.
- 4) 原田紹臣，中谷加奈，木村一郎，里深好文，水山高久：遊砂地における土砂及び流木捕捉機能の高度化に関する基礎的な実験，河川技術論文集，Vol. 27, pp. 667-672, 2021.
- 5) 里深好文・水山高久：砂防ダムが設置された領域における土石流の流動・堆積に関する数値計算，砂防学会誌，Vol. 58, No.1, 2005.