

六甲山系における遊砂地の施設配置及び設計検討事例

国土交通省近畿地方整備局六甲砂防事務所

光永健男, 辻田英幸, 紅粉昭一, 橋本広稔, 長尾壮治, 山下牧子
株式会社建設技術研究所

○速見智, 川崎巧, 川瀬樹一, 福島和彦, 西島健二

1. はじめに

六甲山系では遊砂地を配置できる箇所が限られているため、限られたスペースの中で効率的な堆砂スペースの活用が必要となる。遊砂地は施工事例や施設効果を発揮した実績が少ないため、土砂・流木捕捉機能を発揮する最適な河道拡大幅や延長、河床勾配等、遊砂地形状の定量的な基準が定められていない。

六甲山系有野川水系に属する土石流危険渓流2溪流（ショウブケ谷遊砂地、山原遊砂地）の遊砂地予備設計では最適案の土砂・流木捕捉効果を数値シミュレーションや水理模型実験を用いて確認した。また施設形状に課題がある場合は改良案を検討し、最適な施設形状を決定した。

2. 既往事例の収集

遊砂地に関する文献^{1) 2)}などの収集整理より、遊砂地配置に際し、土砂・流木捕捉に適した施設形状の目安として以下の値を設定した。

施設幅 B : $3 \leq B/B_0 \leq 5$ 程度

施設延長 L : $L/B_0 \geq 4$

※ B_0 : 施設上流水路幅

3. 数値シミュレーションによる遊砂地最適案の選定

予備設計で立案した3案の遊砂地形状について、土砂捕捉効果の比較のために2次元氾濫シミュレーションを実施した。2次元氾濫シミュレーションは汎用土石流シミュレーターであるHyper kanakoを用いた。流入流量は対象清水流量に土砂混入率50%とした量をピーク流量として、三角形のヒドログラフを設定した。土砂流入条件は供給土砂量を各施設の計画堆砂量と同量として平衡土砂濃度による給砂とした。

(1) ショウブケ谷遊砂地

ショウブケ谷遊砂地では現況河床勾配 ($I=1/26$) の流路勾配緩和と流路幅の拡幅 (5倍程度) により、以下の配置設計3案を比較した。計画流出土砂・流木量は 1127m^3 として、100%を捕捉できる施設容量とした。

第1案: 現況溪床勾配 $I=1/26$ を遊砂地の底面河床勾配として流路幅を拡幅した場合

⇒計画堆砂量 $1,490\text{m}^3$

第2案: 現況溪床勾配の $1/2$ 勾配 ($I=1/52$) を遊砂地の底面河床勾配として流路勾配の緩和し、流路幅の拡幅した場合 ⇒計画堆砂量 $1,668\text{m}^3$

第3案: 計画河床勾配を $1/52$ として中間部に落差工を設置し、流路幅の拡幅および流路勾配の緩和した場合 ⇒計画堆砂量 $1,441\text{m}^3$

2次元氾濫計算の結果、すべての案で流入土砂量の80%以上を捕捉可能であることが判った。第1案においては、横断的な堆砂の偏りが他案と比較して抑えられ、上下流を通して平均的に堆砂することが確認できた。遊砂地スペースを効率的に用いることができ、堆砂の偏りによる溢水の発生や土砂の氾濫等の安全面からも有利であることから最適案とした。

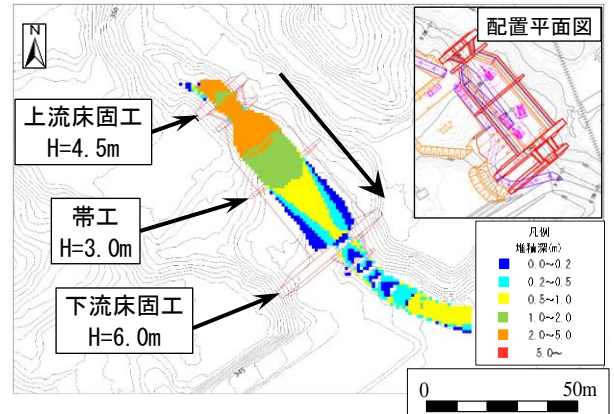


図-1 ショウブケ谷遊砂地氾濫計算結果 (第1案)

(2) 山原遊砂地

山原遊砂地では遊砂地底面河床勾配を現況河床勾配として、堆砂幅を現況河床幅から拡幅し土砂を捕捉する形状として、以下の3案の比較をした。計画流出土砂・流木量は施設の効果量に応じて設定した。

第1案: 堆砂幅を現況溪床幅の3.0倍とした場合
⇒計画堆砂量 $3,146\text{m}^3$

第2案: 堆砂幅を現況溪床幅の4.5倍とした場合
⇒計画堆砂量 $4,840\text{m}^3$

第3案: 堆砂幅を現況溪床幅の6.0倍とした場合
⇒計画堆砂量 $6,162\text{m}^3$

2次元氾濫計算の結果、すべての案で流出土砂量に対して85%以上を捕捉可能であることが判った。第3案の堆砂幅を流入幅の6倍に拡幅した場合においても、堆砂の縦横断的な偏りは発生せず満遍なく堆砂することが判った。既往事例の収集では流入幅に対して5倍程度を遊砂地の堆砂幅の目安としていたが、数値シミュレーションにより流入幅の5倍を超える施設幅を設定することができた。計画流出土砂量に対してより多くの捕捉量の向上を見込むため第3案を最適案とした。

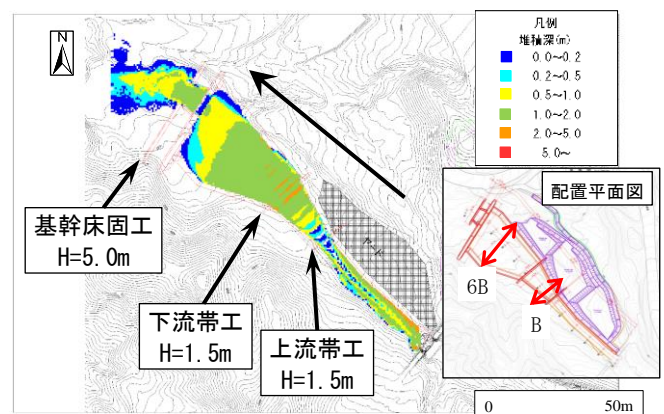


図-2 山原遊砂地氾濫計算結果 (第3案)

4. 水理模型実験による施設改良案の検討

予備設計最適案の土砂・流木捕捉効果や施設内の水位、流れを確認するため、実験用直線水路（二次元水路）を用いて水理模型実験を実施した。

(1) ショウブヶ谷遊砂地

遊砂地予備設計最適案（第1案）の施設形状のうち、下流床固工から上流床固工までを模型の取入れ範囲とした。実験条件は以下の通りある。

【実験条件】

- ・縮尺：1/30
- ・供給土砂、流木量：施設効果量の1.2倍
- ・土砂、流木の割合：計画流出土砂量、流木量の割合と同様
- ・対象流量：定流 12.7m³/s（土砂含有を考慮した流量）
- ・実験砂粒度分布：河床材料調査結果を基に設定

水理模型実験の結果より、供給土砂量 1,734m³のうち、81.7%が遊砂地内に堆積し、十分な捕捉効果があることが確認できた。一方で以下の3点の施設形状の課題が判った。

- ・下流床固工による堰上げ湛水効果の影響が大きいため、遊砂地の下流部に土砂が堆積せずに、縦断的に堆積の偏りが生じる
 - ・上流床固工及び帯工上流の護岸高が水位に対して不足する
 - ・供給流木量の20%程度が下流に流出する
- 施設形状の課題を受けて形状の改良を行った。改良点は以下の2点である。
- ・堰上げ湛水効果を小さくするために、下流床固工の水通し部を1.5m切り下げ、流木捕捉のため高さ2.0mの鋼製スリットを設置する
 - ・上流床固工の0.5m高上げし、上流床固工垂直壁や護岸高を嵩上げる

改良案について水理模型実験を実施し、流入した土砂が遊砂地内に広く堆積し、縦断的な堆砂の偏りが解消されることを確認した。また、部分透過型にすることにより、流木捕捉効果が向上し、最適な施設形状であることを確認した。

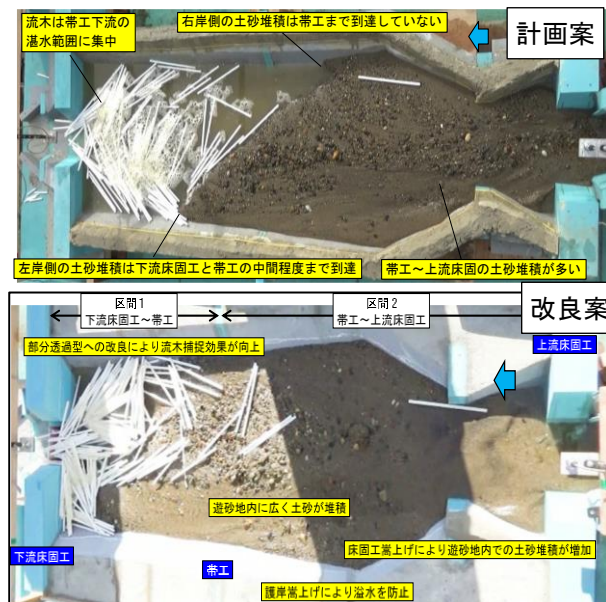


写真-1 計画案と改良案の実験結果の比較

(2) 山原遊砂地

遊砂地予備設計最適案（第3案）の施設形状のうち、下流基幹床固工から上流の帯工までを模型の取入れ範囲とした。実験条件は以下の通りある。

【実験条件】

- ・縮尺：1/60
- ・供給土砂、流木量：施設効果量の1.2倍
- ・土砂、流木量の割合：予備実験により決定（流木塊による流況への影響を考慮）
- ・対象流量：定流 41.0m³/s（土砂含有を考慮した流量）
- ・実験砂粒度分布：河床材料調査結果を基に設定

水理模型実験の結果より、供給土砂量 7,867m³のうち 99.7%が遊砂地内に堆積し、十分な捕捉効果があることを確認できた。計画案では堆砂幅の目安を超える流入幅の6倍としても縦横断に偏りなく堆積した。一方で流木に対しては、供給流木量の72%程度が下流に流出し、課題であることが判った。

改良案では流木捕捉のため基幹床固工の水通し部を2.0m切り下げ、鋼製スリット（H=2.0m）を設置した。改良案について水理模型実験を実施し、流木捕捉が十分に可能であり、最適な施設形状であることを確認した。

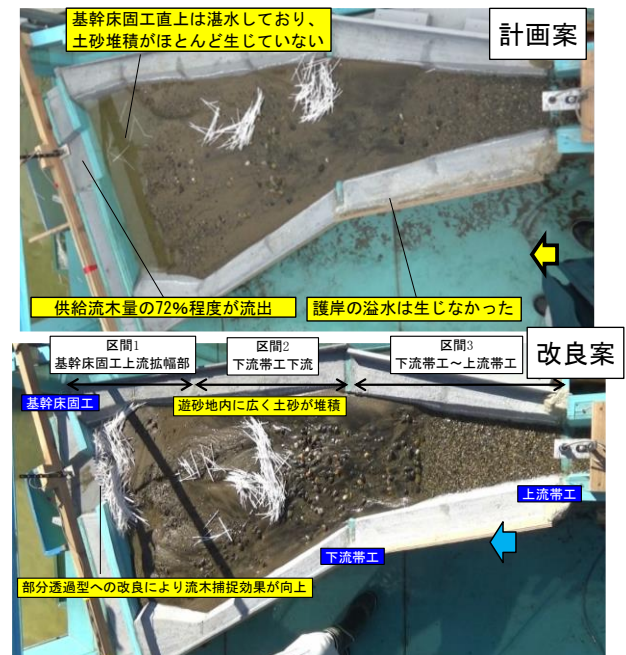


写真-2 計画案と改良案の実験結果の比較

5. おわりに

定量的な設計基準が確立していない遊砂地設計において、数値シミュレーションにより形状の異なる比較案の土砂捕捉効果を確認した。山原遊砂地においては施設形状の目安とした堆砂幅が流入幅の5倍よりも大きい形状の遊砂地を検討することができた。

また、水理模型実験により流木を含む流れや、堰上げ湛水効果により堆砂させる構造で、遊砂地の土砂・流木捕捉効果や水位、流れを確認した。実験結果から施設形状の課題を確認し、改良案を立案することにより最適な遊砂地の形状を検討することができた。

参考文献

- 1) 松村恭一ら(2001)：遊砂地における土砂の堆積過程に関する実験的研究, 砂防学会誌
- 2) 国土技術政策総合研究所(2016)：土石流・流木対策設計技術指針 解説