

柳川流域における土砂・洪水氾濫対策としての砂防施設配置計画の検討

滋賀県 橋本幸久

(株) 日建技術コンサルタント ○高橋 憧, 関口定男, 徳間達也, 高橋麻里

1. はじめに

近年、2018年（平成30年）7月豪雨を始めとする土砂・洪水氾濫の被害が全国各地で顕在化している。2019年（平成31年）3月には「河川砂防技術基準 基本計画編」¹⁾が改訂され、土砂・洪水氾濫対策計画における土砂処理計画は、生産土砂量の調査、流出解析、河床変動計算、氾濫解析に基づき策定することが基本となった。従来の砂防計画においては、流域上流での土砂生産抑制が中心であったが、実際の災害では、上流域からの土砂や細砂の供給によって下流域で土砂堆積・河道閉塞が起き氾濫現象が発生するなど課題がある。

本稿は、河床変動計算を用いた土砂流出および洪水氾濫の数値解析再現、施設配置計画の検討結果に対して、今後の課題を含めて報告することで、今後の事業促進の一助とすることを目的とするものである。

2. 柳川流域の概要

今回対象とする柳川は滋賀県大津市を流下し琵琶湖に注ぐ流域面積3.1km²の一般河川である。上流域は急峻な山地で花崗岩類が分布し、下流域は扇状地堆積物からなる緩勾配地形を呈する。このため上流では土石流、下流では河床上昇による氾濫が発生しやすい特性を有する。

2021年（令和3年）8月12日から18日にかけて発生した秋雨前線に伴う集中豪雨では、土砂・洪水氾濫相当の土砂流出現象が発生し、柳川下流に大量の土砂が堆積した。



図-1 位置図²⁾

写真-1 柳川

(上：平常時 下：2021年（令和3年）秋雨前線豪雨時)

3. 再現計算の実施

施設配置計画の検討に必要な計算条件、解析手法を決定するため、山間地域で斜面崩壊等の土砂生産の記録が残っている2021年（令和3年）8月秋雨前線豪雨を対象に再現計算を実施した。なお、この豪雨では河道内の土砂堆積は生

じたものの氾濫現象は生じていない。

本検討では、次表に示す1次元河床変動計算モデルと水や土砂などの入力条件により実績と同様の結果を再現できることから、計算モデルの妥当性を確認した。

表-1 一次元河床変動計算モデル 内容一覧

| モデル | 内容 | |
|------------|--------------|----------------------------------|
| 断面 | 一般断面を使用 | |
| 支川の考慮 | 複数支川の流入の考慮可能 | |
| 流れ | 不等流 | |
| 河床変動及び粒度分布 | 流砂量式 | 土石流～掃流を考慮できる流砂量式（江頭・宮本・伊藤の式） |
| | 浮遊砂量式 | 芦田・道上の浮上量式と移流拡散方程式 |
| | 粒径 | 混合粒径 |
| | 河床 | 侵食・堆積に応じて鉛直方向に粒度分布の変化を考慮できる多層モデル |

4. 施設配置計画の検討

(1) 現況計算と氾濫発生箇所の検討

再現計算で構築したモデルを基に計画規模（1/100）現況施設として実施した一次元河床変動計算では、氾濫発生箇所は下図のとおり9地点であった。

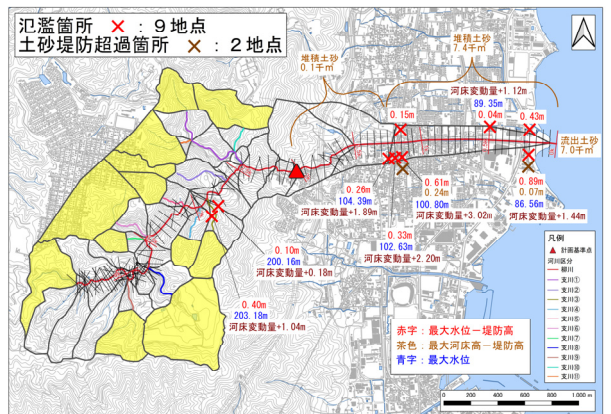


図-2 氾濫発生箇所（現況計算 計画規模100年確率）³⁾

(2) 土砂・洪水氾濫対策の施設配置検討

(1)を解消するための施設配置案は次のとおりとした。

表-2 施設配置計画案比較表

| | 施設配置案 | 整備内容 |
|-----|-----------------------------|----------------------------|
| 第1案 | 砂防堰堤工整備案 合計1基 | 透過型H=14.5m (有効高12.0m) |
| 第2案 | 砂防堰堤工整備案 合計3基 | 透過型H=8.0m (有効高5.5m) |
| | | 透過型H=14.5m (有効高12.0m) |
| | | 透過型H=12.5m (有効高10.0m) |
| 第3案 | 砂防堰堤工整備 +遊砂地工設置案 合計4基 | 透過型H=8.0m (有効高5.5m) |
| | | 透過型H=12.5m (有効高10.0m) |
| | | 透過型H=11.5m (有効高9.0m) |
| | | 遊砂地：透過型H=5.0m (有効高2.5m) |

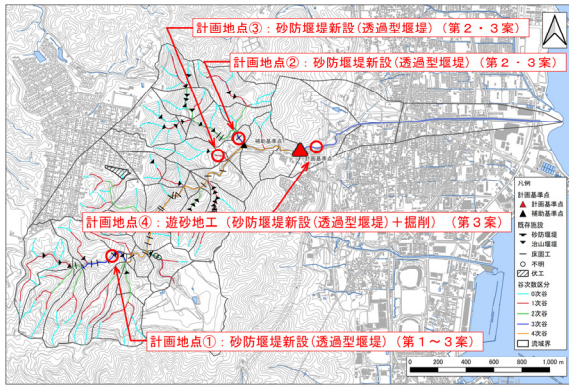


図-3 施設配置計画案³⁾

(2) 施設配置計画最適案の選定

下表に示すとおり、氾濫抑制の効果および効果発現までの効率性の観点から、第2案を最適案として選定した。

表-3 施設配置計画案比較表

| 条件 | 第1案 砂防堰堤整備案 | 第2案 砂防堰堤整備案 | 第3案 砂防堰堤整備案・遊砂地案 |
|----------|---|---|--|
| 概要 | 新規堰堤の配置(合計1基)により、土砂の流送抑制効果を向上させ氾濫抑制を図る案 | 新規堰堤の配置(合計3基)により、土砂の流送抑制効果を向上させ氾濫抑制を図る案 | 新規堰堤及び遊砂地の配置(合計3基)により、土砂の流送抑制効果を向上させ氾濫抑制を図る案 |
| 計画施設 | 【本川】計画D-1 | 【本川】計画D-2 【支川①】計画D-3 【支川②】計画D-4 | 【本川】計画D-2 【支川①】計画D-5 【支川②】計画D-6 |
| 氾濫箇所数 | 7地点 | 5地点 | 4地点 |
| 土砂堤防超過箇所 | 2地点 | 1地点 | 0地点 |
| 氾濫範囲 | 0.23k, 1.15k~1.23k, 2.90k~2.95k | 0.23k, 1.15k, 2.90k~2.95k | 0.23k, 1.90k, 2.90k~2.95k |
| 氾濫抑制 | 土砂流出を抑制することで氾濫の規模は多少小さくなるが、施設の配置不足により氾濫が生じる。 | 土砂流出を抑制することで氾濫の規模は多少小さくなるが、施設の配置不足により氾濫が生じる。 | 土砂流出を抑制することで最も氾濫抑制効果は高いが、氾濫が生じる。 |
| 効率性 | 通常の砂防事業と同様に、林野部局、大津市との協議を経て整備するため、第3案より迅速な効果発現が期待される。 | 通常の砂防事業と同様に、林野部局、大津市との協議を経て整備するため、第3案より迅速な効果発現が期待される。 | 一級河川区間内の施設配置を含むため、中長期的な河川整備計画を踏まえた関係機関と協議が必要となる。 |
| 施工性 | 堰堤地点まで車両の侵入が容易であるほか、配置基数が少なく整備内容も一般的な砂防堰堤の設置と同程度である。 | 整備内容は一般的な砂防堰堤の設置と同程度であるが、D-3は民地、河川を横断し施工が必要がある。 | 第2案の内容に加えて、遊砂地設置位置の大規模改修が必要となる。 |
| 総合評価 | 当整備では施設の配置が不足し氾濫は生じるが、氾濫抑制効果が多量あり、砂防事業で完了するため効果発現が最も早い。 | 当整備では施設の配置が不足し氾濫は生じるが、氾濫抑制効果があり、砂防事業で完了するため効果発現が最も早い。 | 流域全体として氾濫の解消を目指すことから抑制効果は最も高いものの、効果発現は後期となり、氾濫抑制効果も十分ではない。 |

優位度：○>△>▲

5. 氾濫想定区域の設定

水の不定流計算および掃流砂の平衡計算が可能な「HyperKANAKO」を用いて氾濫解析を実施した。柳川は河道幅が狭く蛇行も見られるため、氾濫原の特徴を正確に反映するよう5mメッシュとした。

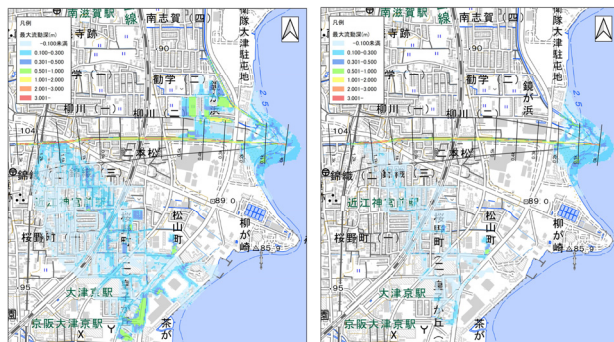


図-4 二次元氾濫計算結果 降雨確率規模1/100²⁾
(左：現況施設条件 右：計画施設条件(第2案))

6. まとめ・今後の課題

(1) まとめ

本検討の最適案である砂防堰堤3基の整備により、氾濫時における浸水深が小さくなったほか、計画基準点より下流域での氾濫発生箇所は無対策時の9地点から5地点と約半数とすることができた。

当該流域には、治山施設がすでに数多く点在しており新規構造物を設置するスペースが少ない。そのため、第2案では支川における下流端にスペースがある、もしくは既存施設がない箇所を選定しており、費用対効果を考慮した砂防事業で対応できる最大限の施設整備として妥当であったといえる。費用対効果は(B/C:32.9)であった。

土砂・洪水氾濫を検討するための河床変動計算においては、モデル作成時の再現が最も重要となる。その再現については、どのような雨でどのような被害があったかを手掛かりにモデルを構築するものとなっている。そのため、同種業務を今後検討する場合には、どこで氾濫しどのような被害があったか、当時の被害状況、メカニズムを把握できるよう災害直後の記録を残しておくよう心掛けられたい。

(2) 今後の課題

a) 第1案から第2案にかけて砂防堰堤を2基追加したが、下流域へ到達した土砂量は12.5千m³から9.7千m³の削減効果に留まった。単純計算では残りの土砂を砂防堰堤のみで対処しようとした場合、概ね7基の堰堤の追加が必要と言え効率的とは言えない。また、砂防堰堤等を追加で整備しても、細砂や浮遊砂の供給を0とすることは現実的ではない。そのため、さらなる整備については第3案のような遊砂地工が考えられる。遊砂地工の配置は河川区間での設置となるため、砂防関係者だけでなく河川管理者や地域住民とも協力し検討していく必要がある。

b) 本検討では砂防堰堤の高さは通常砂防事業のように0.5m単位での検討とはなっていない。加えて今後予定する砂防堰堤設計業務では通常、現溪床勾配から計画堆砂勾配等を設定して捕捉量等を算出するものであるため、算出結果は本検討内容と整合しない可能性がある。そのため都道府県だけでなく国とも協議の上、今後の設計の進め方、高さの精度を決定していく必要がある。

c) 本検討では通常砂防堰堤設計業務で実施するような礫径調査は実施できていない。また砂防堰堤における土石流の捕捉、堆積に関する数値計算は現在も研究段階であり、本検討でも実現象との完全なすり合わせはできていない。これらを踏まえて、今後も実態に即した構造物の配置・構造検討が必要である。

謝辞：本稿の執筆にあたり、滋賀県橋本氏並びに小杉氏にご協力いただきました。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省 水管理・国土保全局 河川砂防技術基準 基本計画編
- 2) 国土地理院地図
- 3) 基盤地図情報