

紀伊半島大水害後の土砂流出活発期間を対象とした検証計算

株式会社建設技術研究所 ○石川莉紗子, 松原智生, 西口幸希, 日名純也, 村井臣成, 伊藤巧, 西尾潤太
近畿地方整備局紀伊山系砂防事務所 岸本優輝, 山本洋

1. はじめに

紀伊半島の熊野川流域では、2011年9月台風12号により紀伊半島大水害が発生した。山間部では推定1億 m^3 とされる大規模な土砂生産が生じた。

紀伊半島大水害後も、その後の中小出水により上流域で残存した土砂が下流へ流出し、数年間土砂流出が活発な期間(中期土砂流出活発期)が続いていた。この期間には、ダム堆砂測量、LP測量や調査が実施され、紀伊半島大水害後の中期土砂流出を検証するためのデータ及び計算条件に用いるデータが蓄積されていた。特にダム堆砂測量は各年で実施されているため、各年のダムへの流出土砂量の検証が可能となる。

本研究では、中期土砂流出現象を一次元河床変動計算で再現することを目的に、上記の調査結果を用いて計算条件等を検討した。

2. 紀伊半島大水害後の中期土砂流出状況

熊野川流域の中腹に位置する風屋ダムの災害前後の雨量データとダム堆砂量のデータ(図1)を見ると、雨の規模は災害前後で同程度であるにも関わらず、堆砂量は災害前の平均を上回る期間が災害後に5～6年間程度続いていたことが分かる。また、LP差分解析結果(図2)から、紀伊半島大水害に堆積した土砂が、その後の5年間で流出している様子が分かる。

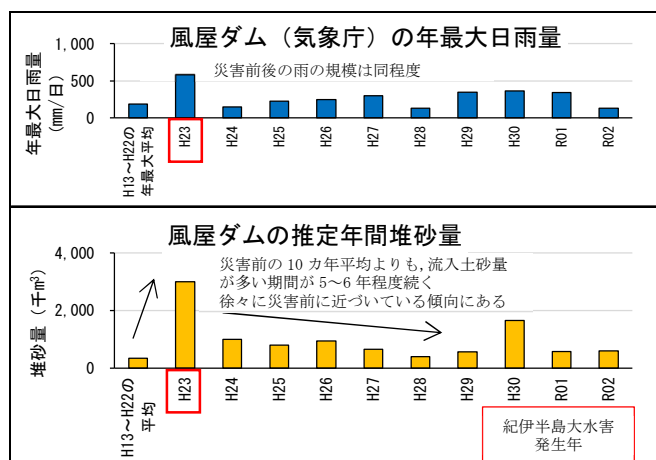


図1. 風屋ダムの災害前後の年最大日雨量とダム堆砂量

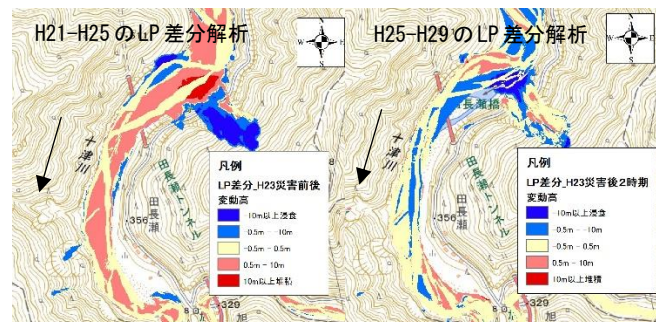


図2. LP差分解析結果による中期土砂流出状況の確認

3. 再現対象範囲と再現対象期間

3.1 再現対象範囲

再現対象範囲は、災害後に中期土砂流出が生じており、中期土砂流出に関するデータが複数存在する熊野川流域の風屋ダム～猿谷ダムまでの範囲(図3)とし、計算実施区間は熊野川本川とした。本川に流入する支川は供給点として取り扱った。

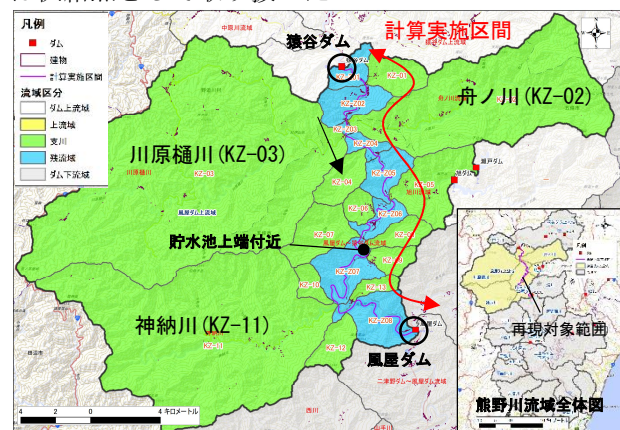


図3. 再現対象範囲と計算流域区分

3.2 再現対象期間の設定

土砂流出が活発な期間かつ、検証データが取得可能な期間であるH25～H29までの5年間で再現対象期間とした。

4. 再現計算

4.1 検証データ

検証データとして、以下の①～③を整理した。整理結果は再現計算結果と合わせて図示する。

- ①災害後2時期(H25-H29)の河床変動高：2時期のLP差分を基に風屋ダム貯水池上端～猿谷ダムまでの100mピッチの平均変動高を取得
- ②5年間(H25～H29)の通過土砂量：2時期のLP差分を基に土砂収支を作成し、風屋ダム貯水池上端～猿谷ダムまでの通過土砂量を取得
- ③ダムへの流入土砂量：H25～H29までの各年の堆砂量の結果に加え、濁度の観測データから推定した各年の流出量を合計

4.2 再現計算条件の設定

再現計算条件の一覧を表1に示す。計算条件は災害直後の状況を想定し、設定を行った。設定したハイドログラフは図4に、土砂供給条件は表2と図5に示す。図4の各年の総流量を見ると5年目が最大となり、ピーク流量は1～3年目と5年目で大きく変わらない。4年目は他の年と比べ総流量並びにピーク流量は小さい。

中期土砂流出では、全土石流区間の土砂の流下形態が土石流であることは想定されないため、平衡モデルで計算を行った。



図4. ハイドログラフの設定結果 (H25～H29)

表 1. 再現計算条件の一覧

条件	項目	内容
河床	河道形状	災害後(H25LP)の河道断面(100mp)
	侵食可能深	災害後に堆積した土砂の高さまたは、中期土砂流出期間の最大侵食深
	粒度分布	災害後に実施された河床材料調査結果(H24)を基に設定*
ハイドログラフ		風屋ダムの実績の流量観測データのうち移動限界を超過した流量を設定(図 4)
土砂供給	土砂量	中期期間中に支川から流出した土砂量(表 2)
	粒度分布	支川内の災害後(H27)の河床材料調査結果
	タイミング	中期期間開始時点から供給開始
	土砂濃度	地形・水供給条件で決まる平衡濃度で設定(図 5), 地形は支川の最緩勾配地点で取得

※風屋ダム～猿谷ダムの熊野川本川では河床材料調査が実施されていなかったため、災害後に風屋ダム下流の熊野川本川で調査された結果を基に設定した。また、大規模な深層崩壊が発生した区間は河床の粒度が粗くなっていたことを想定し、一部深層崩壊地の粒度調査結果を用いている。

表 2. 供給土砂量の設定結果

流域ID	生産土砂量(m ³)	供給土砂量(m ³)	供給率	水・土砂供給開始時間(hr)	土砂供給終了時間(hr)	水供給終了時間(hr)
KZ-01	4,785	4,785	100%	1	3	267
KZ-02	142,594	142,594	100%	1	29	267
KZ-03	1,691,492	1,691,492	100%	1	94	267
KZ-04	50,011	50,011	100%	1	26	267
KZ-05	82,214	82,214	100%	1	26	267
KZ-06	0	0	0%	0	0	0
KZ-07	38,928	38,928	100%	1	31	267
KZ-08	6,842	6,842	100%	1	6	267
KZ-09	0	0	0%	0	0	0
KZ-10	2,690	2,690	100%	1	3	267
KZ-11	1,779,347	1,765,620	99%	1	267	267
KZ-12	19,658	19,658	100%	1	5	267
KZ-13	0	0	0%	0	0	0

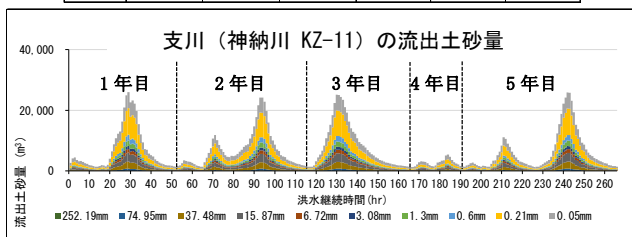


図 5. 支川(神納川 KZ-11)における粒径別の流出土砂量

4.3 再現計算結果

再現計算結果と検証データを比較した結果を図 6 と図 7 に示す。検証データ①～③と計算結果の整合性を確認した。

検証データ①(河床変動高): 一部の区間(23km～27km)で実績との乖離が見られるものの、全体的に堆積・侵食の傾向が一致した。

検証データ②(通過土砂量): ダム貯水池上端 14.5km 地点の通過土砂量は実績と概ね一致した。(通過土砂量 実績 246 万 m³, 計算 204 万 m³) 14.5km～32km の通過土砂量は縦断的な傾向が実績と概ね一致した。

検証データ③(ダムへの流入土砂量): ダムへの流入土砂量の総量は実績と概ね一致している。(流入土砂量 実績 380 万 m³, 計算 370 万 m³) 時系列で見ると、5 年間で比較的規模の大きい出水が生じた 1～3 年目と 5 年目の期間で実績と整合している。

5. まとめ

5.1 再現性の評価

再現計算結果は、検証データ①～③と概ね整合する結果となった。検証データ③に着目すると、実績の各年

の総流量は、5 年目が最大となるにも関わらず、5 年目より総流量が少ない 1・2 年目の年流出土砂量の方が 1.3～1.5 倍多い。これは、年々河床が粗粒化し、土砂が運搬されにくくなり、土砂濃度が低下していることが関係していると考えられる。計算結果(図 8, 図 9)を見ると、3 年目から粒径が粗粒化し、土砂が運搬されにくくなり土砂濃度が低下している様子が見られ、実績の傾向を再現できた。

5.2 再現性確保の工夫

中期土砂流出は短期土砂流出と比べ流出が継続する期間が長く、実際の河床条件や土砂供給条件は中期期間中に徐々に変化していく。計算条件は災害直後の状況を表現することが望ましいが、設定に必要な調査結果や観測データが全て災害直後に行われているわけではない。そこで、災害直後の状況を想定し、入手可能なデータの中から、可能な限り災害直後に近いデータを計算条件に採用することによって、再現性の向上が図れたと考える。例えば、深層崩壊が発生した区間とそうでない区間で河床材料の粒度分布を区別した。

6. 謝辞

本研究にあたってご意見を頂いた紀伊山系砂防事務所、国土技術政策総合研究所、国土交通省砂防部各位には心より御礼申し上げます。

参考文献 1) 国土交通省国土技術政策総合研究所、国総研資料第 1115 号、2020 (題目省略)

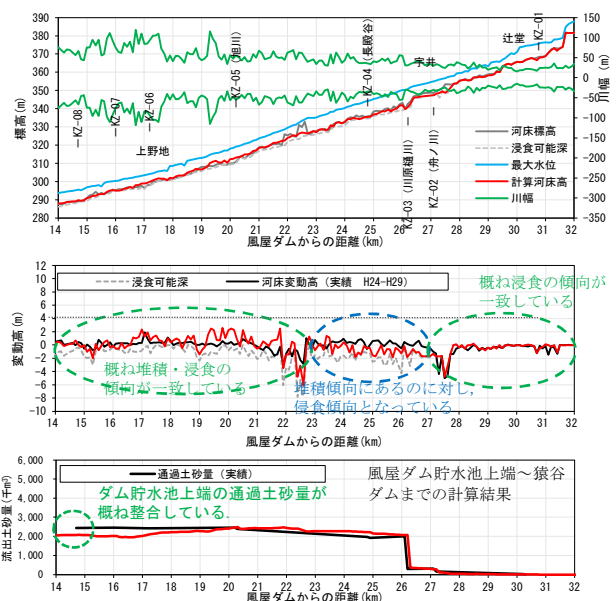


図 6. 検証データ①・②と計算結果の比較

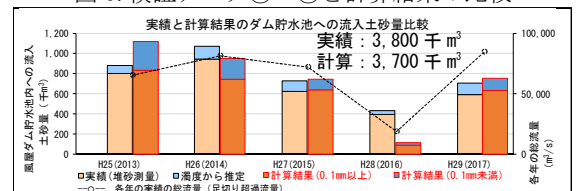


図 7. 検証データ③と計算結果の比較

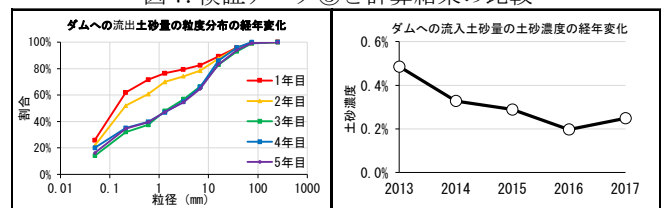


図 8. ダムへの流出土砂量の粒度分布の経年変化

図 9. ダムへの流出土砂量の土砂濃度の経年変化