

熊野川流域における深層崩壊の発生を伴う土砂洪水氾濫の再現計算

(株) 建設技術研究所 ○日名純也, 片嶋啓介

国土交通省 近畿地方整備局 紀伊山系砂防事務所 小竹利明, 山田拓, 山下大雅, 柴田俊
筑波大学 内田太郎

1. はじめに

近年の豪雨で土砂・洪水氾濫による被害が多発している。また、短期の土砂・洪水氾濫対策について、河床変動計算を用いた合理的な計画策定が進められてきている。

熊野川流域では、明治 22 年十津川大水害や平成 23 年紀伊半島大水害 (H23 災害) によって、深層崩壊・天然ダム等の異常土砂災害や短期の土砂・洪水氾濫現象による甚大な被害が発生しており、これらの土砂災害対策に関する計画を立案する必要がある。

H23 災害では多くの深層崩壊が発生し、流域の土砂動態に多大な影響を与えた。また、H23 災害は近年の当該地域の豪雨としては降水量が卓越しているとともに土砂動態に関するデータが揃っている。

しかし、深層崩壊の発生を伴う土砂移動現象の分析においては、1 つの深層崩壊の影響が大きく、他の現象を正しく評価できているか判断することが難しい。よって、短期の土砂・洪水氾濫対策に用いる河床変動計算では、深層崩壊の影響を極力排除し、当該地域で将来生じるおそれのある土砂・洪水氾濫に適した手法を再現計算により設定する必要がある。

そこで本研究では、深層崩壊が多発した事例を対象に、短期の土砂・洪水氾濫対策に資する計算手法の検証方法について検討した。

2. 深層崩壊の再現計算上の取扱い手法

2.1 深層崩壊の分類と土砂供給方法の検討

H23 災害では 52 箇所の深層崩壊が発生したが、深層崩壊の発生が土砂洪水氾濫現象に及ぼす影響については、崩壊箇所・規模、河道閉塞・越流決壊の有無などにより様々であると考えられる。

本研究では、深層崩壊を対象とした既往調査結果¹⁾をもとに、計算モデルにおける土砂供給の観点から河道閉塞と越流決壊の有無に着目し、深層崩壊を現象別に A～C の 3 パターンに分類した。これらの現象に対し、それぞれ計算上の合理的な深層崩壊の取扱い手法について検討した (表 1)。

深層崩壊の分類結果および深層崩壊の影響を考慮して再現計算区間を設定した結果を図 1 に示す。全体の崩壊生産土砂量 (35.1 百万 m^3) のうち再現計算を行わない区間の崩壊生産土砂量 (6.1 百万 m^3) は約 18.3%を占めるが、流域全体の 80%以上の土砂生産を考慮できることから、再現性の検証上問題ないと判断した。

2.2 深層崩壊の影響を考慮した再現計算

前節で検討した深層崩壊の取扱い手法の有効性を検証するために、国総研資料²⁾³⁾に準拠した一次元河

床変動計算モデルを構築し、再現計算を実施した。

(1) 深層崩壊からの土砂供給条件

土砂供給のタイミングは、深層崩壊が発生した時刻が判明しているものは実績の発生時刻とし、不明な場合には既往研究¹⁾より累積雨量が 600mm～1,100mm に達した時刻に発生していることから、累積雨量 1,000mm に達した時刻とした。

供給土砂の粒度分布は、崩壊地調査結果によると深層崩壊の粒度分布は調査地点によりバラつきが大きいが、ここでは深層崩壊からは通常の崩壊地よりも大きな礫が多く含まれると仮定し、崩壊地調査結果のうち最も粗い粒度分布を採用した。

供給土砂濃度は、計算河道に直接流入する場合には土塊がそのまま流入し土石流化すると想定して 0.54 とし、計算河道外より流入する場合には供給地点の溪床勾配により決まる平衡濃度とした。

(2) 再現計算の実施と再現性の検証

本検討で設定した計算条件により再現計算を実施した結果、実績の河床変動状況および流出土砂量を概ね再現できたことから、本研究で検討した深層崩壊の再現計算上の取扱い手法は有効であると考えられる。

しかし、深層崩壊の土砂生産に起因すると推測される土砂堆積区間の一部では、実績と整合しない区

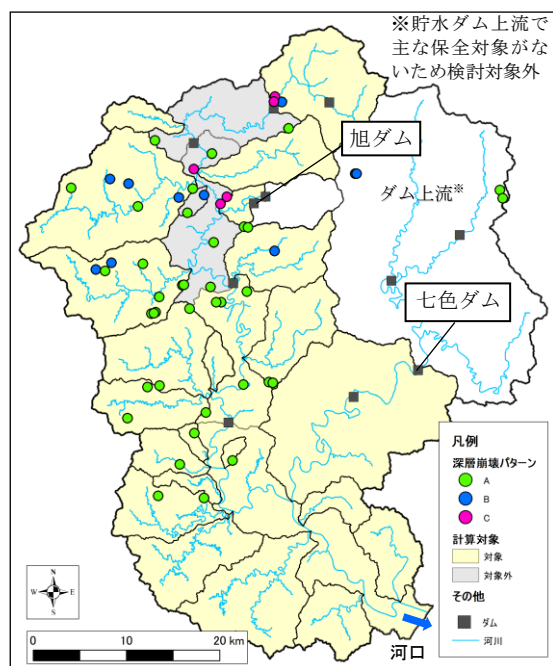


図 1 深層崩壊の分類と再現計算区間の設定結果

表 1 深層崩壊の分類と土砂供給方法の検討

パターン	河道閉塞	越流決壊	概要	計算上の取扱い	箇所数(例)
A	非発生 (発生)	非発生 (短時間で決壊)	河道閉塞を生じていない、またはすぐに決壊した深層崩壊	崩壊地から河道へ流出した土砂量分を土砂供給する	37 箇所 (川原樋)
B	発生	非発生	河道閉塞が生じたが、越流決壊が生じていない深層崩壊	崩壊発生時刻から水・土砂の供給を行わない	10 箇所 (赤谷, 栗平)
C	発生	発生 (非発生)	異常土砂災害が各流域の土砂動態へ著しい影響を及ぼした深層崩壊	異常土砂災害の影響範囲では再現計算を行わない	5 箇所 (清水(宇井))

間がみられた。これは、深層崩壊の発生時刻や粒度分布は崩壊地ごとに相違があるにもかかわらず、熊野川流域全体で一律の土砂供給条件を設定したことが原因であると考えられる。

3. 深層崩壊の土砂供給条件に関する感度分析

3.1 対象流域および深層崩壊の概要

感度分析の対象は、熊野川支川の川原樋川流域（流域面積 154.1km²、平均河床勾配 1/80）で発生した深層崩壊（北股C）とした（図2）。川原樋川本川の2km～12km 区間では、主に北股Cの土砂生産に起因すると推測される広範囲の堆積が認められる（図3）。

北股Cは崩壊面積 5.3ha、崩壊生産土砂量 554 千 m³ の比較的大規模な深層崩壊で、合流点付近で発生した深層崩壊（川原樋）を除くと、川原樋川の計算河道に流入する上流域・支川等からの供給土砂量の54%を占めている。北股Cを対象とした粒径調査は実施されておらず、崩壊発生時刻は不明である。

3.2 感度分析対象の土砂供給条件

感度分析の対象とする土砂供給条件は、深層崩壊の実態に関する情報が十分に得られなかった粒度分布および崩壊発生時刻（供給タイミング）とした。

(1) 深層崩壊の粒度分布

熊野川流域の深層崩壊を対象とした既往の粒径調査結果を参考に、最も粗い粒度分布①から平均的な粒度分布⑤、最も細かい粒度分布⑥まで6条件設定した（図4）。

(2) 深層崩壊の供給タイミング

北股Cの崩壊発生時刻は不明であることから、既往研究¹⁾を参考に、累積雨量が600mm～1,100mmに達した時刻の間で100mm ずつの6条件設定した。

3.3 感度分析結果

感度分析の対象とした2項目6条件の計算条件で36 ケースの再現計算を実施した。

供給タイミングを累積雨量 1,000mm に達した時刻とし、粒度分布を粒径①～粒径⑥に変化させた感度分析結果を図5に示す。粒度分布が細かいほど、10km～11kmの過剰な堆積が改善され、下流へ流下した土砂が2km～6km に堆積することで再現性が向上している。ただし、最も細かい粒径⑥では3km～6kmにおいて土砂堆積せずに実績よりも過剰に流下している。

次に、粒度分布を再現性が良好であった粒径⑤とし、供給タイミングを累積雨量 600mm～1,100mm に変化した感度分析結果を図6に示す。累積雨量が小さいほど、すなわち供給タイミングが早いほど後続流による土砂移動の時間が長いので土砂が下流へ流下する傾向がみられた。累積雨量が600mm～700mmの場合に2km～11kmの広範囲において再現性が良好であった。

再現計算において1kmおよび12km付近における局所的な堆積が表現できていないが、河道内の一部に残存した深層崩壊の残土であることから、再現性の評価を損なうものではない。また感度分析結果から、北股Cは累積雨量が600mm～700mmに達した時刻に崩壊し、崩壊土砂の粒度分布は平均的な粒度分布であったと推測される。

4. おわりに

本研究では、深層崩壊を現象別に分類した上で計算上の合理的な取扱い手法を検討し、深層崩壊の発生を伴う土砂洪水氾濫の再現計算の手法を示した。さらに、流域全体で一律の条件設定とすることで再現性が不十分となる場合には、深層崩壊の粒度分布

および供給タイミングを適切に設定することで再現性が得られることが明らかになった。

今後は、本研究で構築した計算モデルを用いて、土砂洪水氾濫被害の軽減のために効果的な対策の検討を進めていく。

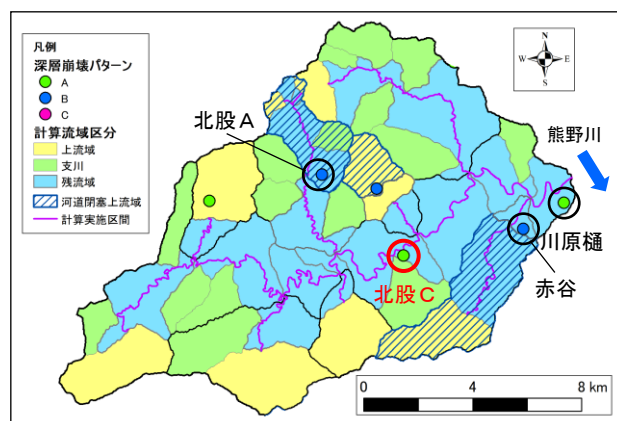


図2 川原樋川の流域概要図

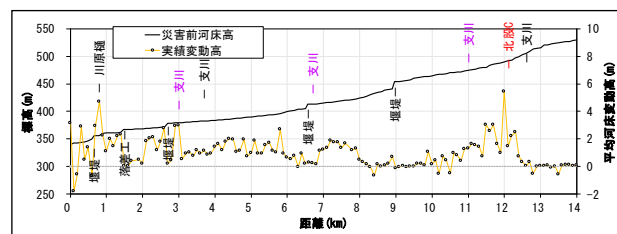


図3 川原樋川本川における河床変動状況

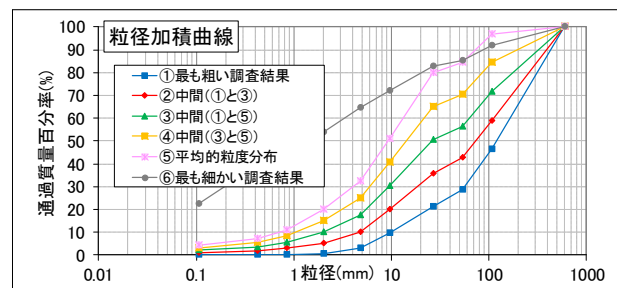


図4 深層崩壊の粒度分布の設定

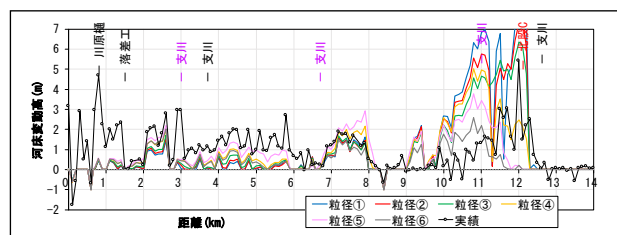


図5 粒度分布の感度分析結果（累積雨量 1,000mm）

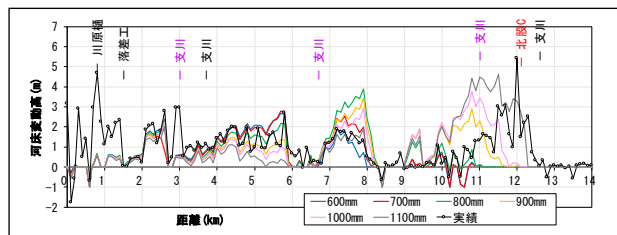


図6 供給タイミングの感度分析結果（粒径⑤）

参考文献 1) 奈良県：平成 23 年紀伊半島大水害 大規模土砂災害に関する調査・研究報告，2015，2) 国総研資料 第 874 号，3) 国総研資料 第 1048 号