

LS-FLOW モデルを用いた天然ダムの形状予測手法の適用事例について

(一財)砂防フロンティア整備推進機構 ○花岡正明・森俊勇・亀江幸二・中村浩之・佐光洋一・千葉幹
国土防災技術株式会社 寺田秀樹・大野亮一・遊佐直樹

1 はじめに

昨年度から深層崩壊により形成された天然ダム(河道閉塞)の堆積形状・規模を予測するため、崩壊土砂の運動シミュレーション手法(土木研究所¹⁾によるLS-FLOW 準三次元解析プログラム)の適用に着手し、平成 23 年台風 12 号時に紀伊半島で多発した天然ダムを事例に、郎・中村²⁾(1998)によるLS-FLOWモデル関係式から天然ダム形状を再現できた。今年度は発生誘因、地形・地質的条件の異なる多様な天然ダムに対処するため、特徴的な深層崩壊に伴う大規模な土砂移動事例における、本予測手法による再現計算の適用性を検討した。

2 研究手法

2.1 過年度までに得られた成果

LS-FLOW モデルにおける、すべり面の静的摩擦係数($\tan \phi_c$)と、すべり面および崩土の動的摩擦係数(ϕ_s と ϕ_m)の関係式における

$$\tan \phi_s + \tan \phi_m = 0.41 \tan \phi_c + 0.10(\pm \tan 4^\circ)$$

を用い、解析手順(図 1 参照)に従い再現計算を試行し、 $\phi_s = \phi_m$ とすると天然ダムの最大高さとその下流の勾配が推定され、天然ダムの越流・決壊時の氾濫想定に適用できる。また、 ϕ_s が最少となるよう設定すると、一気に流下した崩壊土砂の直接的な流出範囲が推定可能となり、防災対策上、非常に重要な手法と考えられた。

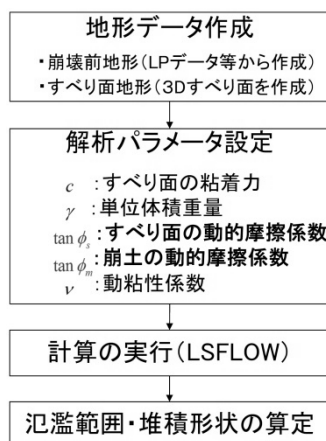


図 1 再現性検討手段

2.2 今年度の研究手法

今年度の調査対象として、発生時のすべり面が把握されており、発生前後の地形電子数値データが入手できる地区を選定した。具体的には中越地震により地震地すべりが発生した芋川流域東竹沢地区及び、豪雪による融雪に伴い深層崩壊が発生し、その崩土が1.4km流下した最上川水系濁沢川流域池ノ台地区とした。対象事例の規模・地質条件等

を表 1 にまとめた。

表 1 LS-FLOW の再現性を検証した対象事例の概要

対象地区名		斜面条件		崩壊規模			崩壊土砂 挙動		
		見通し 角度	地質条件	地形条件	崩壊土砂体積(×10 ⁶)	崩壊土砂体積(×10 ⁶)	最大 堆積厚	堆積幅 (m)	最大 流下距離(km)
赤谷地区	2011.08.26 豪雨	35°	砂岩頁 岩互層	赤谷川沿 長大斜面	10.4			4.2	
					崩壊長 (m)	崩壊幅 (m)	最大 崩壊深 (m)	最大 堆積厚	最大 流下距離(km)
熊野地区	2011.08.26 豪雨	25°	砂岩・ 泥岩互層	熊野川沿 斜面	4.1			—	
					810	300	70	60数m	430 1.1
湯沢地区	2008.06.14 岩手宮城 内陸地震	37°	凝灰角礫岩	追川支川沿 斜面	2.16			—	
					320	300	65	40数m	400 0.5
東竹沢地区	2004.10.23 中越地震	18°	風化泥岩 ややシルト	芋川・ 小松倉川 合流地点	1.29			0.64	
					370	250	25	40数m	260 —
濁沢川池ノ台地区	2011.05.20 豪雪の融雪	21°	風化凝灰岩 風化安山岩	すべり面下部 は河床より 100m上部	2.02			1.1	
					250	300	70	30数m	— 1.5

斜面勾配は 20° 前後で昨年の事例に比べ緩傾斜の斜面で、前者は地すべりに地山が滑動し天然ダムを形成、後者は流動化が著しく、天然ダムを形成せずに一気に流下した代表的な事例として解析した。

3 今年度の研究成果

3.1 過年度検討の精度の確認

過年度実施した再現計算は対象現象は調査・解析中で、崩壊前地形は 1/25,000 地形図データから、また崩壊すべり面は崩壊状況の写真等から推定した。そのため、赤谷地区等の最新の詳細な地質構造の現地調査、ボーリング調査、地形解析等の報告書を収集し、深層崩壊のすべり面等の昨年使用した解析条件等の妥当性をまず確認したところ、大きな差異は見られず既存成果の修正は行わなかった。

3.2 東竹沢地区の事例解析

芋川左岸の東竹沢地区は対岸が段丘状を呈し、上流側斜面は支川小松倉川に接しており、地質条件は第三紀の風化の進んだ泥岩層が主体となっている。安定解析で採用された内部摩擦角の値($\phi_c = 14.6^\circ$)を用いて、すべり面および崩土の動的摩擦係数の関係式から求めた再現計算の評価には、①堆積範囲(河道における堆積分布と堆積厚等)と②残留土砂(崩壊斜面における崩壊土砂の残留形状)に着目した。その結果、実際現象では崩壊斜面内に土塊が厚く残留し、また崩壊地の直下の河道でも対岸に乗り上げるほどの堆積形態が、再現計算では対岸への乗り上げが再現できず、また上流側の小松倉川に流れ上がる(図 2)。また河道内の堆積厚を再現しようすると、斜面にほと

んど残留しなくなり(図3参照)、①堆積範囲と②残留土砂双方を同時の再現は難しかった。

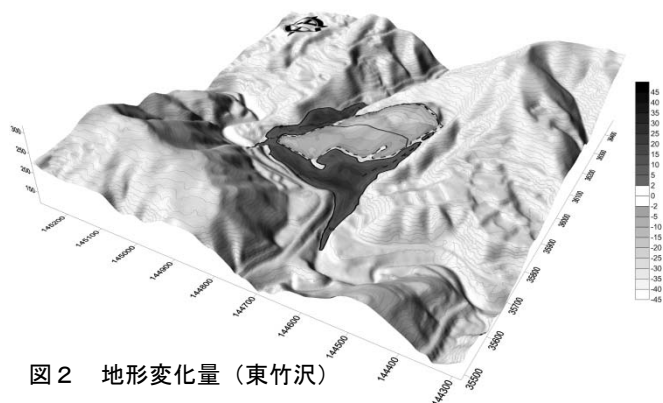


図2 地形変化量(東竹沢)

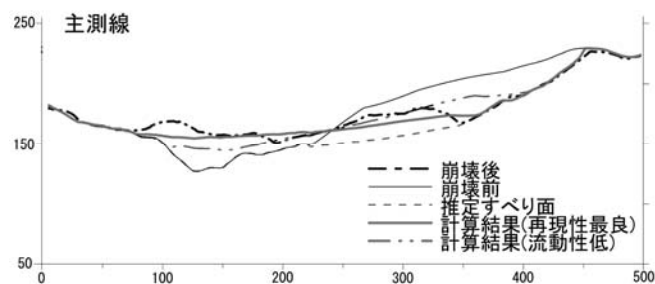


図3 再現計算結果(東竹沢断面図)

3.3 濁沢川池ノ台地区の事例解析

池ノ台地区は奥行 600m 程度の平坦な後背地を有し、約 70° 程度の斜角をもって濁沢川に流入している。また、すべり面の末端が濁沢川河床から 100m 以上の比高があり、地質条件は風化が進み細粒化した凝灰岩層が主体となっている。崩壊土砂が流動化した要因は、①2010-11 年冬期は積雪深が 7m を超える大豪雪に見舞われ融雪期には崩壊土砂内部は多量の融雪水で飽和、②土砂は 1 mm 以下の粒径が 50% を超え細粒分が主体、③濁沢川に対し斜角で流入し、崩壊地が逆三角形の絞り込まれる形状、④すべり面末端と濁沢川河床までの区間で崩壊土砂が攪乱された等が想定されている。

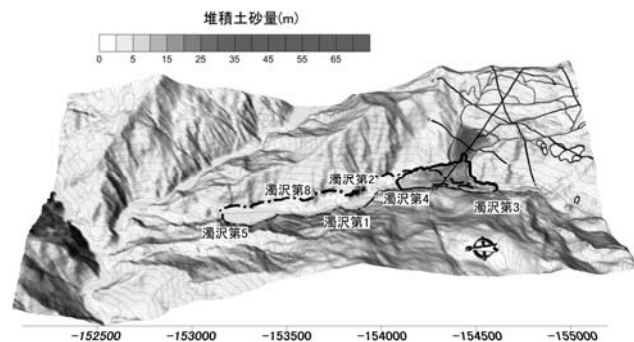


図4 地形変化量(濁沢川)

内部摩擦角の値($\phi_c = 18.6^\circ$)を用い再現計算を行い、①

崩壊地直下と崩壊斜面内の堆積・残留形状、②移動土砂量、③濁沢川での到達範囲に着目し、評価した。その結果、①堆積・残留形状および、②移動土砂量と、③到達範囲を同時に再現することは難しかった(図4)。

4 総合検討

今年度実施したケースは、過年度と比べ斜面勾配が緩く、また流動性が極端な 2 例について実施し、天然ダム形状及び土砂移動範囲として評価し、最も再現性の高いものを一応、抽出できた。しかし天然ダムの形状と、斜面への残存状況・下流への到達範囲など相反する結果が得られた。

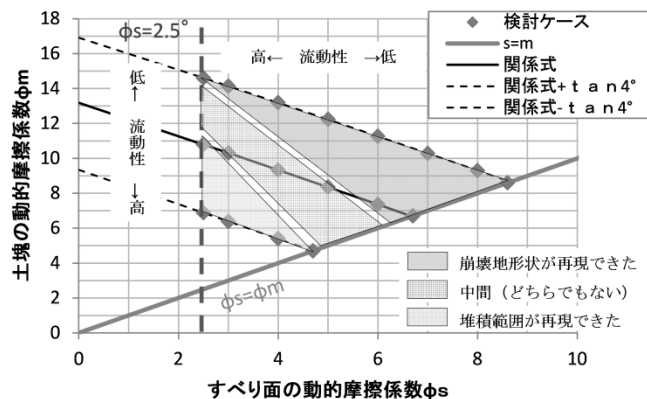


図5 動的摩擦係数計算ケースの評価(濁沢川)

本シミュレーションの使用目的が、天然ダムの形成及び決壊に伴う災害への対応であることから、河道部への流出・堆積形状の相似性を優先することになるが、今回のような事例を蓄積し地形的・地質的な流動性に関する設定を考慮すれば、再現計算が適用できる(図5参照)と考える。

5 おわりに

過年度と比べ斜面及び河道の地形的・地質的な条件が特徴的な事例における再現性を検証し、多様な再現計算の結果を得た。

今後も地形特性や地質条件の異なる検証事例を蓄積・対象事例の諸条件を分析・整理して、それぞれの特性を考慮した LS-FLOW モデルの運用手法の確立を目指したい。

調査報告書及び計測データをご提供いただいた国土交通省新庄河川事務所、湯沢砂防事務所及び紀伊山地砂防事務所の関係各位にお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 吉松弘行・近藤観慈・石濱茂・綱木亮介・小嶋伸一・中村浩之: 準三次元地すべり運動解析プログラムによる地すべり性崩壊の被害範囲の予測、土木研究所資料第 3057 号、1992
- 2) 朗焜華・中村浩之: 黄土地すべりのすべり面形状の特性と崩土の拡散範囲の予測、地すべり、34 巻 4 号、p9-18、1998