揖斐川流域における大規模崩壊に伴う天然ダムの形成に関する解析的検討

株式会社建設技術研究所　○西尾潤太, 日名純也, 清水万莉子, 草野恭真, 飯田弘和, 松原智生
国土交通省中部地方整備局越美山系砂防事務所　樫野誠, 川地淳司※1, 中村英利※2, 篠田修司, 小栗奨也※3
※1 現 国土交通省中部地方整備局中部技術事務所　※2 現 国土交通省中部地方整備局 天竜川上流河川事務所
※現 3 国土交通省中部地方整備局河川部

1. はじめに

揖斐川流域では, 過去に複数の大規模崩壊が発生し, 天然ダムが形成された. 形成された天然ダムは, 決壊による下流域での氾濫被害や, 中長期的な土砂流出によるダムの異常堆砂等を引き起こした.

当該流域では, これまでに複数の大規模崩壊が発生しており, 将来的にも発生する可能性が想定されることから, 天然ダムの形成やその後の決壊, 中長期的な土砂流出による被害を想定することが重要である.

本研究では, 大規模崩壊による崩壊土砂が河道に堆積し天然ダムを形成する現象を対象として, 数値解析を実施し数値解析手法の適用性を確認した.

2. 大規模崩壊の概要

本研究では, 明治 28 年ナンノ谷大崩壊と昭和 40 年徳山白谷大崩壊を対象とした. 崩壊及び天然ダムの諸元は文献（例えば中部地方建設局 [1]）より整理した.

2.1 ナンノ谷大崩壊

ナンノ谷大崩壊は, 明治 28 年豪雨により発生した大規模崩壊である. 崩壊土砂（約 153 万 m^3）は流動化しながら揖斐川支川坂内川に流出・堆積したことで天然ダムを形成した. 形成した天然ダムは高さ約 38m であった（**図 1**）.

2.2 徳山白谷大崩壊

徳山白谷大崩壊は, 昭和 40 年奥越豪雨により発生した大規模崩壊であり, 崩壊土砂（約 183 万 m^3）が揖斐川支川白谷に流出・堆積したことで天然ダムを形成した. 形成した天然ダムは高さ約 65m であった. 崩壊土砂は, 土塊を保ったまま流出し, 本川でブロック状に堆積した（**図 2**）.

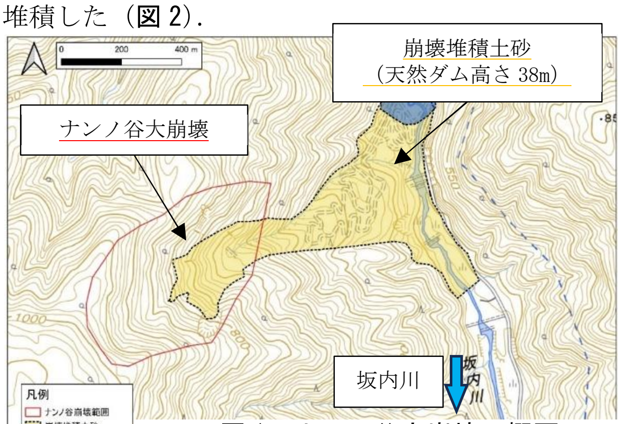

図 1　ナンノ谷大崩壊　概要

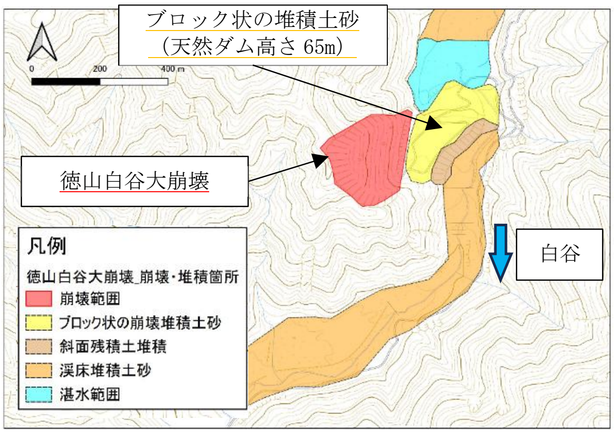

図 2　徳山白谷大崩壊　概要

3. 解析手法

本研究では, 崩壊土砂が河道に流出し天然ダムを形成する過程を対象に数値解析を実施した. 数値解析モデルは, 崩壊土砂が斜面・河道を流出する過程を一連で解析可能なモデルとして Morpho2DH[2]を選定した. Morpho2DH は, 斜面崩壊によって発生する土石流の流動過程を表現可能な平面二次元数値解析モデルである.

計算条件は, **表 1** の通り設定した.

計算メッシュは, 実績崩壊範囲および土砂移動範囲を網羅できるよう 10m×10m の格子を設定した（**図 3**）.

4. 解析結果

4.1 ナンノ谷大崩壊の解析結果

ナンノ谷大崩壊の解析堆積深の平面図を**図 4**, 堆積深の縦断図を**図 5** に示す. ここに, 縦断図における形状推定結果は, 文献から得られた天然ダム形状を基に推定した天然ダム形状である.

河道内で土砂堆積が生じた区間は, 実績が約 750m に対し, 解析では約 950m と概ね同程度となった. また, 天然ダムの高さは, 実績 38m に対し, 解析では 27m であり, 実績に対して 3 割程度小さいものの, 大量の崩壊土砂が河道に流出し, 河道内で堆積する傾向は同等であった.

4.2 徳山白谷大崩壊の解析結果

徳山白谷大崩壊の解析堆積深の平面図を**図 6**, 堆積深の縦断図を**図 7** に示す. ここに, 縦断図における形状推定結果は, 文献から得られた天然ダム形状を基に推定した天然ダム形状である.

天然ダムの高さは, 実績 65m に対し, 解析では 17～45m 程度であり, 実績より小さいものの崩壊地直下に多量の土砂が堆積する傾向は同様となった. また, 堆積範囲は, 実績に比べ解析ではより下流に広がる結果となった. 実績ではブロック状の土塊が形状を保ったまま斜面を滑落したが, 解析上は崩壊土砂の流動化を想定していることから, 崩壊土砂が広範囲に広がり堆積深が小さく, 堆積範囲が大きくなったと考えられる.

表 1　計算条件　一覧

項目	設定値		備考
	ナンノ谷	徳山白谷	
地形データ	最新LPを基に災害前地形を推定		
崩壊地点	実績崩壊範囲		
崩壊深	6.6m	36.6m	崩壊土砂量が実績と整合する深さ
最大侵食深	0.5m		
静止堆積濃度	0.6		
液体として振る舞う土砂の割合	0.2		
層流層厚さの比	0.4		

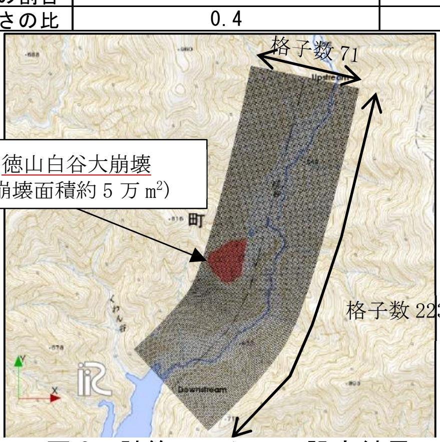

図 3　計算メッシュの設定結果

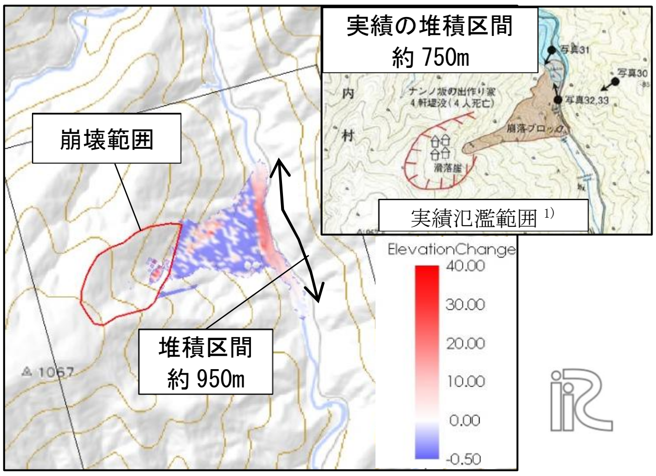

図 4　解析堆積深　平面図（ナンノ谷大崩壊）

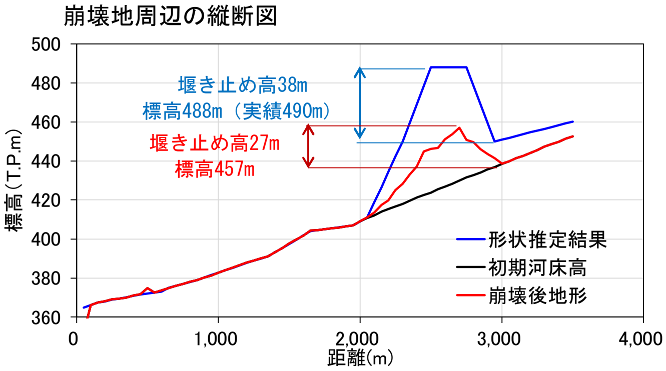

図 5　河道中心線の縦断図（ナンノ谷大崩壊）

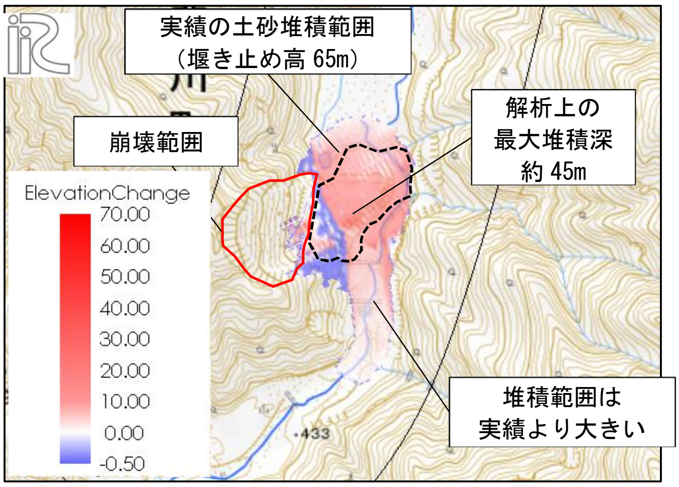

図 6　解析堆積深　平面図（徳山白谷大崩壊）

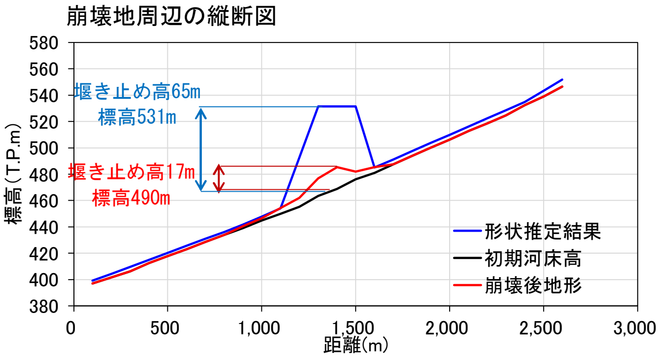

図 7　河道中心線の縦断図（徳山白谷大崩壊）

6. 感度分析の実施（徳山白谷）

6.1 感度分析の項目

徳山白谷大崩壊を対象として，計算パラメータの感度分析を実施した．徳山白谷大崩壊では，崩壊土砂がブロック状を保ったまま斜面を滑落したとされることから，土砂流出時の土塊の乱れは限定的であることが考えられる．このため液体として振る舞う土砂の割合は小さく，土塊は層流状に流出したと考えられる．

以上を踏まえ，感度分析の項目は，①層流層厚さの比と②液体として振る舞う土砂の割合の 2 項目として表 2 に示す 3 ケースを実施し，5 章の結果と比較した．

6.2 感度分析結果

各ケースの崩壊地直下における堆積深横断図を図 8 に示す．基本ケースは，大規模崩壊が発生した右岸側で堆積深が 28.7m と大きく，崩壊土砂は左岸まで到達し平均堆積深 16.5m で河道閉塞する結果となった．層流層厚さの比を 1.0（全層が層流層）とした Case1 では，土石流の平衡勾配が大きくなることで，土砂が流動しにくくなり崩壊土砂が斜面内に残存するため，河道に流出する土砂量が減少した．これにより，平均堆積深は基本ケースより 4.0m 低下した．

液体として振る舞う土砂の割合を 0.0 とした Case2 は，基本ケースと比較して最大堆積深が 8.3m 小さくなったが，河道内の平均的な堆積深は概ね同等となった．

項目①と②をどちらも変更した Case3 では，崩壊土砂は左岸には到達せず，河道閉塞を形成しない結果となった．これは，層流層を全層かつ液体として振る舞う土砂の割合を 0.0 としたことで掃流力成分が小さくなり，斜面内や斜面直下で堆積しやすい条件となったことが要因と考えられる．

7. まとめ

本研究では，大規模崩壊後の天然ダム形成を対象とした数値解析を実施し，数値解析手法の適用性を確認した．その結果，崩壊土砂が斜面直下で，河道の流れを堰き止める形状で堆積する結果が得られた．このことから，天然ダムの形成について数値解析手法により表現できる可能性が示された．また，ブロック状の土塊が滑落した徳山白谷大崩壊は，土砂が流動化し流出したと推定されるナンノ谷大崩壊に比べ堆積深や堆積範囲の実績との差異が大きい結果となった．これは，2 つの事象で土砂移動メカニズムが異なる影響であると考えられる．天然ダム形成を予測する際には，想定される土砂移動メカニズムを分析し，これに応じた解析手法，パラメータ設定を行うことが重要である．

謝辞　京都大学竹林特定教授には，本研究の成果についてご助言をいただきました．心より感謝いたします．

参考文献　1) 中部地方建設局：越美山系の地震と土砂災害（平成 11 年 3 月），2)Takebayashi, and Fujita : Geosciences, 10, 45, 2020

表 2　感度分析ケース一覧（徳山白谷）

ケース	項目①層流層厚さの比	項目②液体として振舞う土砂の割合	最大堆積深（m）	平均堆積深（m）
基本	0.4	0.2	28.7	16.5
Case1	1.0(全層層流層)	0.2	34.3	12.5
Case2	0.4	0.0	20.4	15.5
Case3	1.0(全層層流層)	0.0	28.1	5.4

※最大・平均堆積深は河道内（図 8 の 330～460m）の堆積深を整理した

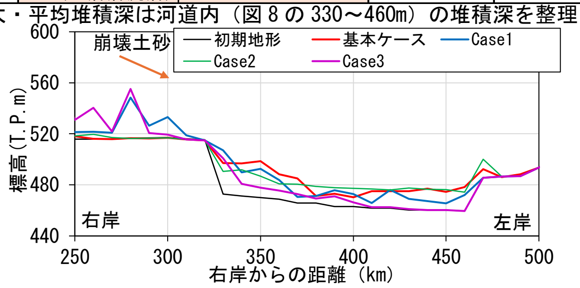

図 8　感度分析結果（崩壊直下の堆積深横断図）