

## 深層崩壊による被害に関する簡易リスク評価手法の提案

(株)建設技術研究所 ○西口幸希

国土交通省 国土技術政策総合研究所 内田太郎, 田中健貴, 蒲原潤一(現, 長野県), 長井義樹  
(株)建設技術研究所 奥山遼佑, 中野真帆, 松原智生, 水野直弥

### 1. はじめに

深層崩壊が発生すると下流に甚大な被害を及ぼす可能性がある。このため、近年、深層崩壊の発生危険度に関する検討およびその推定手法が提示された<sup>1)</sup>。さらに、深層崩壊発生に伴う土石流や天然ダム決壊時の被害を、数値計算を用いて推定する手法(「計算による手法」と呼ぶ)が検討されてきている<sup>2),3)</sup>など。計算による手法の多くは、深層崩壊の発生位置を想定し、下流での被害範囲を推定するものである。しかし、想定する深層崩壊の位置が多い場合には、膨大な数値計算の実施が必要になるなど、多大な労力を要することが懸念される。

一方、地域の防災計画などを検討するにあたっては、集落や施設(避難所等)の深層崩壊による被害のリスクを評価する必要がある。そこで、本研究では、集落の深層崩壊による被害のリスクを比較的簡便に評価する手法を提案することを目的とした。

### 2. 提案手法の考え方

災害リスクは一般に、「被害発生確率」と「被害規模」の掛け合わせで表される<sup>4)</sup>など。この考えに従い、本検討では、深層崩壊発生による集落の被害リスク( $R$ )は、以下の式で表せると考えた。

$$R = P_L \times P_d \times M$$

ここで、 $P_L$ は集落上流域における深層崩壊の発生確率、 $P_d$ は深層崩壊による土石等が到達する確率、 $M$ は土石等が達したときの被害規模である。

$P_L$ の絶対値を求めることは困難であるが、深層崩壊は深層崩壊跡地周辺でおきることが示されていること<sup>5)</sup>などから、深層崩壊跡地の数が $P_L$ の相対的な指標となると考え、ここでは、上流域において過去に数多くの深層崩壊が発生したと考えられる(跡地が多く存在する)場合に $P_L$ が高いと評価する。

土石流の到達範囲は土石流等の規模と見通し角等で概略想定できることが知られている<sup>6)</sup>など。そこで、本研究もこの考えに従い、想定される崩壊の規模と地形条件から、 $P_d$ を求めることとした。また、深層崩壊による土石等が集落到到達する確率が高いような場所では被害規模も大きくなると考え、 $M$ は $P_d$ である程度評価できていると考えた。以上の検討を踏まえ、本研究では、

$$R = P_L \times P_d$$

とし、 $P_d$ の算出手法を検討した。

### 3. 集落到深層崩壊による土石等が到達する確率評価手法の検討

土石流等の到達範囲は土砂移動現象の規模の影響を受けることが考えられる。そこで、本研究では、①深層崩壊規模の推定手法、②ある規模の深層崩壊に伴う土砂移動により影響を受ける範囲の推定手法を検討した。

#### 3.1 深層崩壊の規模の推定手法

深層崩壊発生は地形、地質の影響を強く受けるため、深層崩壊規模も地域の地形や地質の影響を受けている可能性が高い。そこで本研究では、ある地域で将来発生する深層崩壊の規模は過去の同地域の深層崩壊規模と同等程度の可能性が高いと考え、これを検証した。

対象は、富士川流域(約300km<sup>2</sup>)および十津川流域(約500km<sup>2</sup>)とした。災害記録や空中写真、LPデータを用いて、崩壊主部の位置・形状を判読するとともに、複数時期の空中写真を照合させ、発生時期を特定した。

富士川流域は、昭和57年の崩壊地は他の時期に比べてやや小さい崩壊が多いものの、全ての時期で比較的類似した頻度分布を示した。十津川流域では、災害記録に基づくと、明治22年災害では小規模な深層崩壊が少ない傾向にあった。しかし、明治44年時点の旧版地形図による全崩壊地と平成23年災害を比較すると、頻度分布は概ね同様の傾向であった。以上より、本研究では、今後発生する深層崩壊規模は、同一流域で過去に発生した崩壊規模と同等と想定できると考えた。

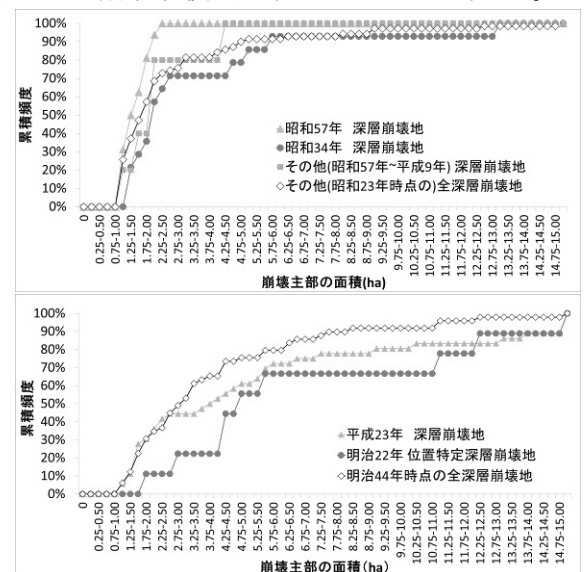


図-1 発生時期毎の深層崩壊地の面積-累積頻度  
(上図:富士川上流域, 下図:十津川流域)

### 3.2 ある規模の深層崩壊に伴う土砂移動によって影響を受ける範囲の推定手法

本研究では、ある規模の深層崩壊に伴う土砂移動で影響を受ける範囲を推定する経験的手法の提案を目指した。そこで、土砂移動形態ごとに既往文献における記録を収集・整理した。天然ダムについては、「歴史的な大規模崩壊の実態(土木研究所資料 No.4169)」の129事例、土石流・直撃については、「過去の深層崩壊事例について(土木研究所)」のうちの1912年以降および2011年以降の計50事例を対象とした。

その結果、概ね100万m<sup>3</sup>以上の深層崩壊が発生した123事例のうち80%の93事例で天然ダムが形成し、その中で被害の有無が分かっている57事例のうち53%の30事例で急激な決壊などにより被害が生じていた。崩壊土砂の流下または土石流化は、深層崩壊発生に伴い、範囲の大小はあるものの常に発生すると考えた。対象事例50事例のうち46%の23事例は土石流による被害が発生し、54%の27事例は直撃による被害が発生していた。

次に、崩壊規模と被害発生箇所が既往文献で推定されている、天然ダムの27事例、土石流の23事例、直撃の27事例のデータを用いて、深層崩壊の面積と崩壊地点から被害発生地点までの距離や、等価摩擦係数、比高の関係を分析した。相関係数を比較すると、崩壊面積と距離の相関が最も高かった。ただし、実績データにばらつきがみられるため、近似式の傾きを用い、実績データ数の累積頻度に応じた到達確率(0%, 25%, 50%, 75%, 100%)の推定線(以下、到達確率線)を設定した(図-2の実線)。例えば、到達確率25%の線を上回る範囲には、対象事例数の1/4が含まれている。

### 4. 集落の簡易リスク評価手法の提案と適用例

前章までの検討を踏まえ、①深層崩壊の発生位置・規模は、過去の深層崩壊跡地の位置・規模と概ね同じ、②深層崩壊による土砂等の到達確率は、土砂移動形態ごとに深層崩壊面積と深層崩壊地までの距離で決まると考え、本研究では、深層崩壊発生による集落の被害リスク( $R$ )は、以下の式で表せるとした。

$$R = \sum_{i=1}^n P_{db}(A_i, L_i) P_b + \sum_{i=1}^n P_{df}(A_i, L_i) P_f + \sum_{i=1}^n P_{dh}(A_i, L_i) P_h$$

ここで、 $n$ は当該集落より上流にある深層崩壊跡地の数、 $A$ は深層崩壊跡地の面積、 $L$ は深層崩壊跡地から当該集落までの距離、 $P_{db}$ 、 $P_{df}$ 、 $P_{dh}$ はそれぞれ天然ダム、土石流、直撃が集落に到達する確率であり、図-2に示した関係を用いる。 $P_b$ 、 $P_f$ 、 $P_h$ はそれぞれ天然

ダム、土石流、直撃による被害の発生確率であり、前項に示した被害発生事例の整理結果を用いた。

図-3に適用した集落と結果を示す。集落Bの場合、天然ダム、土石流、直撃のリスクはそれぞれ1.74、0.46、0.00で合計2.20である。3集落で比較すると、集落Cで最も被害リスクが高いことが分かる(図-3)。なお、B集落上流の崩壊跡地に対し計算による手法も適用したが、図-2による結果と概ね一致した。

### 5. まとめ

本研究では、過去の深層崩壊による被害の実績を分析することで、深層崩壊発生に伴う簡易的な集落の被害リスク評価手法を提案した。本手法を同一地域内の複数集落に適用することで、リスクの高い集落を抽出できる可能性がある。さらに、集落の立地条件(集落周辺の河道の流下能力や集落と河床の比高)の違いによる深層崩壊に対する脆弱性を考慮することによって、より精度良くリスク評価ができると考えられる。

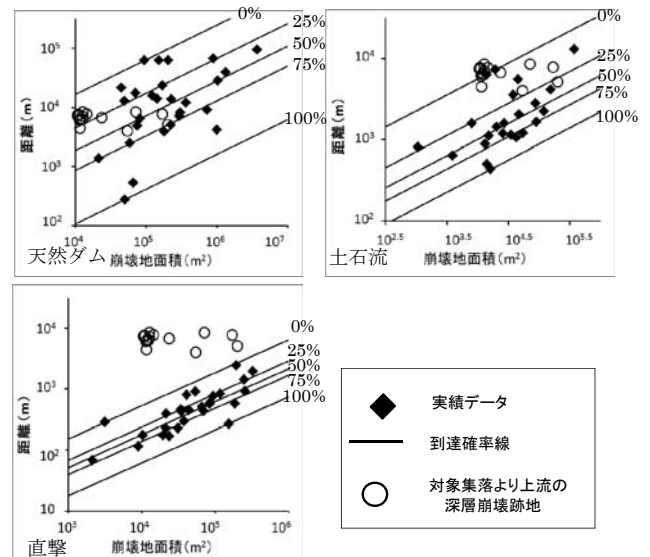


図-2 各現象の到達確率の推定線と集落B上流域の深層崩壊跡地のプロット

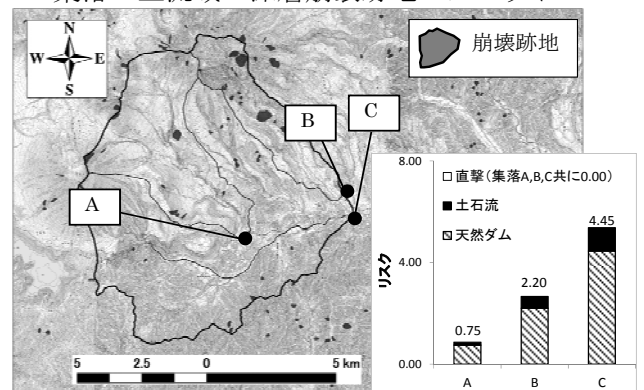


図-3 集落のリスク算定結果

【参考文献】1) Uchida et al.(2012), Proc. 12th INTERPRAEVENT, 1, 609-618, 2)里深ら(2007)水工学論文集, 51, 901-906, 3) 内田ら(2014), 土木技術資料, 56, 9,22-25, 4)国土交通省 水管理・国土保全局(2014), 河川砂防技術基準 調査編, 第9章第1節-1.5)横山ら(2011), 砂防学会誌, 65, 3,3-13, 6) Nishiguchi et al.(2012), Int. J. Erosion Control Eng., 5, 16-26, 7) Uchida et al.(2011),Int. J. Erosion Control Eng., 4, 32-42