

ISSN 1346-7328

国総研資料 第983号

平成29年 8月

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.983

August 2017

深層崩壊に起因する大規模土砂災害被害想定手法

内田 太郎・桜井 亘・鈴木清敬・萬徳昌昭

Assessing method for sediment disaster damages
due to deep-seated catastrophic (rapid) landslide

Taro UCHIDA, Wataru SAKURAI, Kiyotaka SUZUKI, Masaaki MANTOKU

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

深層崩壊に起因する大規模土砂災害被害想定手法

内田太郎* 桜井 亘** 鈴木清敬* 萬徳昌昭***

Assessing method for sediment disaster damages due to deep-seated catastrophic (rapid) landslide

Taro UCHIDA* Wataru SAKURAI** Kiyotaka SUZUKI* Masaaki MANTOKU***

概要

本資料は、今後の深層崩壊対策に資するよう、深層崩壊による土砂災害の被害を推定する手法について、現状の知見・技術を踏まえ、整理したものである。本資料では、当該地域において過去に発生した深層崩壊現象と同様な現象は将来も発生する可能性が高いと考え、過去の深層崩壊現象を整理分析し、将来の深層崩壊の発生箇所・規模・頻度等を推定する手法を示した。一方、近年、土砂の流下過程においては数値計算手法の有効性が検証されてきたことを踏まえ、土砂の流下過程の想定においては、数値計算による手法を示した。

キーワード 深層崩壊, 被害推定, 天然ダム, 土石流

Synopsis

This report shows assessing method for sediment disaster damages due to deep-seated catastrophic (rapid) landslide. Thus, this report indicates assessing method for locations, volumes, frequency etc. of deep-seated catastrophic (rapid) landslide based on the landslides occurred in the past at the same area. Since the applicability of numerical simulation to describe sediment movement processes has been tested in recent years, this report also shows the numerical simulations as the method to describe extension of hazard area.

Key Words; deep-seated catastrophic (rapid) landslide, assessing sediment disaster damages, landslide dam, debris flow

*土砂災害研究部 砂防研究室 SABO Planning Division, SABO Department

**土砂災害研究部 砂防研究室長 Head, SABO Planning Division, SABO Department

***土砂災害研究部 深層崩壊対策研究官 Research Coordinator for Sediment Disaster Prevention, SABO Department

深層崩壊に起因する大規模土砂災害 被害想定手法

国土技術政策総合研究所
土砂災害研究部

平成 29 年 8 月

深層崩壊に起因する大規模土砂災害被害想定手法

目 次

はじめに	1
1. 基本事項	
1.1 対象とする現象	2
1.2 対象とする現象の分類	3
1.2.1 深層崩壊で生じた土石等の流下形態による分類	3
1.2.2 深層崩壊の発生要因による分類	3
1.3 手法の概要	4
1.4 収集すべき資料	5
2. 深層崩壊発生条件が等質と見なせる領域への分割	6
3. 蓋然性の高い深層崩壊現象の検討	
3.1 基本的考え方	8
3.2 深層崩壊規模・形状の調査	10
3.3 深層崩壊に起因する土石等の流下形態の調査	14
3.4 深層崩壊発生箇所の地形・地質的特徴の調査	16
3.5 深層崩壊の発生頻度の調査	
3.5.1 深層崩壊発生時期の調査	17
3.5.2 深層崩壊発生頻度の検討	18
3.6 過去に発生した深層崩壊を伴う災害概要の調査	22
3.7 蓋然性の高い深層崩壊現象の抽出	23
4. 大規模土砂災害被害想定実施箇所の絞り込み	
4.1 基本的な考え方	26
4.2 蓋然性の観点からの想定する現象の見た絞り込み	
4.2.1 深層崩壊の発生場所の絞り込み	27
4.2.2 深層崩壊規模の絞り込み	29
4.3 被害発生の可能性の観点からの想定する深層崩壊の発生場所の絞り込み	30

4.4	地形条件の観点からの想定する現象の絞り込み	
4.4.1	深層崩壊規模の絞り込み	32
4.4.2	天然ダムタイプの絞り込み	33
4.4.3	土石流の発生区間・規模の絞り込み	40
5.	数値計算による深層崩壊に起因する大規模土砂災害の被害想定	
5.1	基本的な考え方	42
5.2	深層崩壊に起因する土石等の流下形態の設定	45
5.3	天然ダムタイプの被害範囲の検討	
5.3.1	手法の概要	46
5.3.2	天然ダム形状の設定	47
5.3.3	天然ダム湛水規模の検討	50
5.3.4	天然ダム直下におけるハイドログラフの検討	53
5.3.5	天然ダム下流河道における洪水の追跡検討	55
5.3.6	天然ダムタイプの氾濫範囲の検討	57
5.4	土石流タイプの被害範囲の検討	
5.4.1	手法の概要	58
5.4.2	土石流ハイドログラフの検討	59
5.4.3	土石流タイプの氾濫範囲の検討	62
5.5	崩土の直撃タイプの被害範囲の検討	63
6.	被害想定の詳細検討	65

はじめに

深層崩壊は、発生頻度は通常の土砂災害に比べて小さいものの、非常に規模が大きく、被害も甚大になる場合がある。また、深層崩壊に起因する被害を軽減するためには、従前の土砂災害対策では、不十分な可能性が考えられる。そのため、近年、深層崩壊に起因する土砂災害による被害が激化してきたことを受け、今後は対策技術の確立と深層崩壊による被害が懸念される流域における事前の対策が必要である。

このような流れを受け、国土交通省では平成 22 年に「深層崩壊推定頻度マップ」及び平成 24 年に「深層崩壊のおそれのある溪流の抽出：溪流（小流域）レベル評価」を作成・実施し、公表するとともに、国土技術政策総合研究所土砂災害研究部、土木研究所土砂管理研究グループとともに対策技術の向上を図ってきた。このような中、国土技術政策総合研究所土砂災害研究部では、平成 26 年に「深層崩壊対策技術に関する基本的事項」として、①施設整備によるハード対策、②深層崩壊発生の切迫性に関する情報に基づく避難、③深層崩壊による被害に関する土地の危険性に関する情報（ハザードマップ）に基づく防災計画（避難所や防災拠点の場所の適正化など）に関する技術的な基本事項についてとりまとめてきた。「深層崩壊対策技術に関する基本的事項」においては、「対策の基本方針の策定」にあたり、「災害シナリオ」を想定した上で、対策の基本方針について検討することとしてきた。ここでいう「災害シナリオ」は「深層崩壊発生の危険度が高いと考えられる箇所において、深層崩壊が発生した場合に生じると想定される現象・被害」のことである。

しかし、「深層崩壊対策技術に関する基本的事項」においては、「災害シナリオ」の想定手法については十分な記載ができていない。一方、「深層崩壊対策技術に関する基本的事項」策定後、地方整備局でも、災害シナリオの検討が進められてきた。さらに、深層崩壊による被害予測に関して、新たな研究が進められてきている。

そこで、本稿は、これら近年の取り組みを踏まえながら深層崩壊に起因する大規模土砂災害被害想定に関する手法をとりまとめたものである。

1 基本事項

1.1 対象とする現象

本資料は、深層崩壊に起因する大規模土砂災害を対象とし、深層崩壊とは、土層のみならず、風化した岩盤も同時に崩れ落ちる崩壊現象のことをさす。ただし、土層のみならず、岩盤が同時に崩壊する深層崩壊に分類される現象であっても、規模が小さいものも含まれる。一方、従来、深層崩壊に関する調査は崩壊面積が 1ha 以上、崩壊土砂量が 10 万 m³ 以上の崩壊を対象に行われ^{1), 2)}、深層崩壊として取り扱うべき現象として、崩壊土砂量が概ね 10 万 m³ 以上の崩壊と定義されてきた³⁾。そこで、本資料でも対象とする現象は、深層崩壊のうち、比較的規模の大きい崩壊土砂量が概ね 10 万 m³ 以上の現象を対象とする。

【参考文献】

- 1) 内田太郎・鈴木隆司・田村圭司：地質及び隆起量に基づく深層崩壊発生危険地域の抽出，土木技術資料，Vol.49，No.9，p.32-37，2007
- 2) 土木研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム：「深層崩壊の発生の恐れのある溪流抽出マニュアル（案）」に関するよくある質問と答え，https://www.pwri.go.jp/team/volcano/tech_info/manual/h20_fy2008/dosi4115qa.pdf，参照 2017-3-24，2009
- 3) 南哲行・小山内信智編著：現代砂防学概論，古今書院，192pp.，2014

1.2 対象とする現象の分類

1.2.1 深層崩壊で生じた土石等の流下形態による分類

深層崩壊に起因する土砂災害は、「深層崩壊対策技術に関する基本的事項」に従い、深層崩壊で生じた土石等の流下形態により以下の通りに分類する。

① 天然ダムタイプ

深層崩壊で生じた崩壊土砂により、いったん、天然ダムが生じ、その天然ダムの決壊にともない急激な水・土砂の流出が生じることにより被害が生じるタイプ。なお、天然ダムタイプにおいては、天然ダム上流域の湛水による被害が生じる場合もある。

② 土石流タイプ

深層崩壊で生じた崩壊土砂が土石流化し、土石流により直接的な被害が生じるタイプ。

③ 崩土の直撃タイプ

深層崩壊で生じた崩壊土砂が流下し、崩壊土砂により直接的な被害が生じるタイプ。

また、天然ダムタイプは、天然ダム形成から決壊までの時間により、大きく 2 つに分けることが可能である。1 つは、天然ダムを引き起こした降雨期間中またはその直後に決壊するタイプであり、もう一方は、天然ダムを引き起こした降雨後、しばらく越流までに時間を要するなど、河道閉塞状態が長期間継続するタイプである。ここでは、前者を「短時間決壊型の天然ダム」、後者を「長期間継続型の天然ダム」と呼ぶ。また、地震によって生じる天然ダムの多くも「長期間継続型の天然ダム」に分類できる。

また、川沿いで発生した深層崩壊による土砂は、場合によっては対岸にまで達するおそれがある。さらに、増水した河川等に崩壊土砂が流入した場合は、川の流れを阻害することや、段波が上流側に伝搬することが起こるなど、対岸や上下流等においても被害が生じる場合がある。

1.2.2 深層崩壊の発生要因による分類

深層崩壊に起因する土砂災害は、「深層崩壊対策技術に関する基本的事項」に従い、深層崩壊の発生要因の観点から、以下の通りに分類できる。

① 急激な地下水位上昇による深層崩壊

② 地盤の揺れによる深層崩壊

③ 重力性の変形の進行による深層崩壊

なお、1 つの深層崩壊が複数の要因の影響を受けている場合も考えられる。

1.3 手法の概要

ここでは、図-1.1のフローに従い検討する。

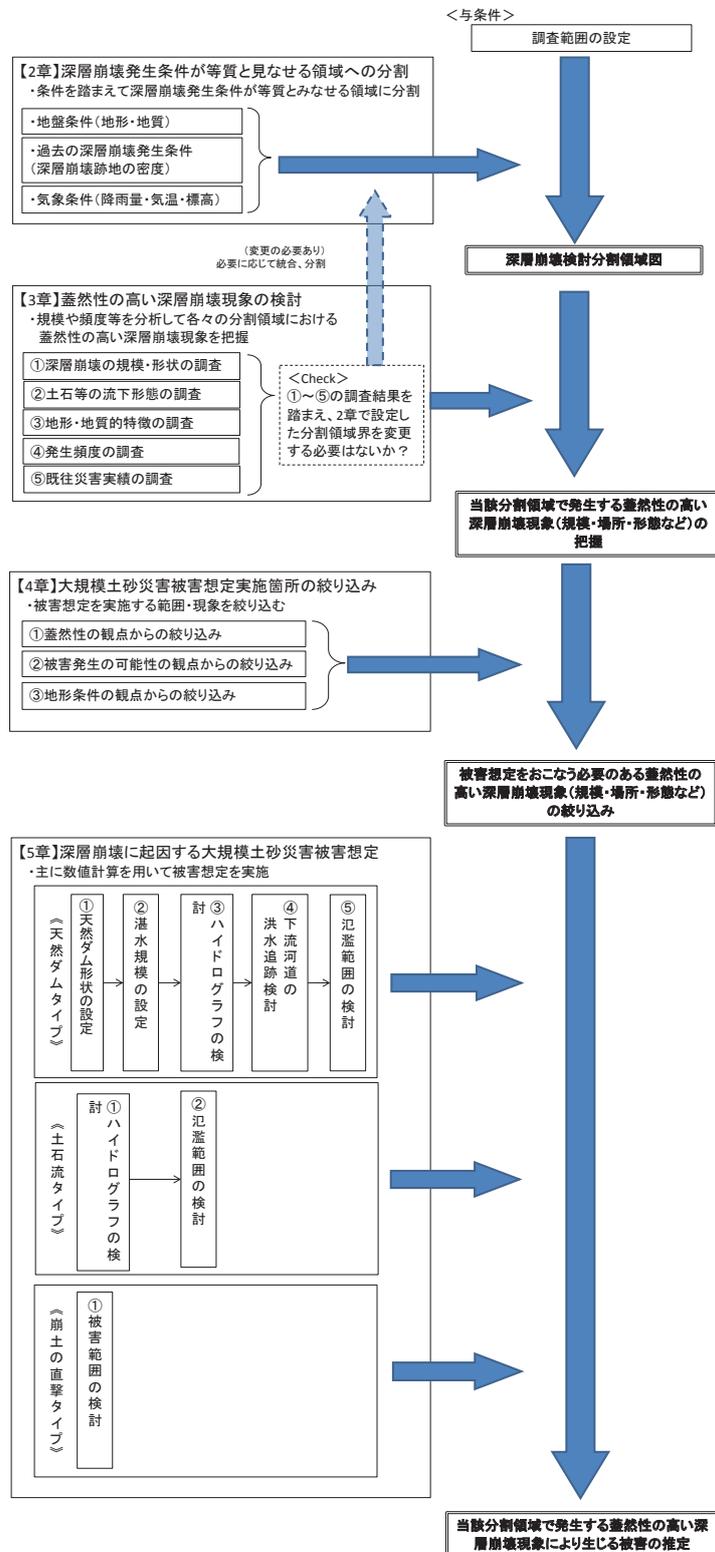


図-1.1 検討フロー

1.4 収集すべき資料

深層崩壊に起因する大規模土砂災害被害想定にあたっては、以下の資料を収集することを標準とする。

- ・地形図
- ・レーザープロファイラ地形図
- ・深層崩壊推定頻度マップ
- ・深層崩壊跡地密度マップ
- ・深層崩壊溪流（小流域）レベル評価マップ
- ・過去の深層崩壊に関する文献
- ・深層崩壊跡地等の空中写真判読結果
- ・深層崩壊発生状況の整理結果
- ・深層崩壊の発生する降雨特性等の評価結果
- ・降雨観測資料
- ・土砂災害警戒情報の発表状況
- ・地震の記録
- ・災害の記録
- ・保全対象位置図
- ・地質図
- ・深層崩壊地の土砂の粒度分布

2. 深層崩壊発生条件が等質と見なせる領域への分割

<考え方>

深層崩壊は地質，気候条件が異なる場合には発生機構や規模が異なる可能性があるため，地質，気候条件が概ね等しいと考えられる「深層崩壊発生条件が等質であると見なせる領域」に対象地域を分割する。

その上で，分割された深層崩壊発生条件が等質と見なせる領域のことを本手法では「深層崩壊検討分割領域」と呼び，深層崩壊検討分割領域ごとに過去に発生した深層崩壊の特徴を分析する。

<標準>

<手段>

深層崩壊発生条件が等質と見なせる領域への分割は，以下の観点によって行うことを標準とする。

- ・地盤条件（地形・地質）
- ・過去の深層崩壊発生条件（深層崩壊跡地の密度）
- ・気候条件（降雨量・気温・標高）

また，本章で設定した深層崩壊検討分割領域に対して，次章の「3章 蓋然性の高い深層崩壊現象の検討」を行った結果，更に細分割すべき領域・統合すべき領域が認められた場合，深層崩壊検討分割領域を適宜見直すものとする。

なお，「深層崩壊の恐れのある溪流抽出マニュアル（案）」に基づき調査がされている地域においては，既に地形，地質，気候により領域分割が行われている場合がある。このような場合，「深層崩壊の恐れのある溪流抽出マニュアル（案）」に基づく調査で用いられた領域分割も参考にする。

<アウトプット>

深層崩壊発生条件が等質と見なせる領域への分割は，以下の項目を作成することを標準とする。

- ・流域内の深層崩壊検討分割領域図

【解説】

深層崩壊検討分割領域が小さくなると，深層崩壊の実績が少なくなり，十分な情報が得られないおそれがあるため，深層崩壊検討分割領域を詳細に分割することが必ずしも有効ではないことに留意する。

また，「深層崩壊対策技術に関する基本的事項」にもあるように，既往実績に基づき災害シナリオを想定する場合，空中写真の撮影された時期や文献が書かれた時期にた

また大きな降雨・地震が生じておらず、今後、大きな降雨・地震が生じた場合に、深層崩壊の発生が想定される場合がある。また、深層崩壊が発生しているものの、何からの理由で文献等に記録も残っていない場合も考えられる。そこで、既往実績を基に、被害の概略推定を行う場合、検討対象とする流域・地域を狭い範囲に限定せずに、地形・地質・過去の深層崩壊の発生条件・気候条件などの条件が概ね類似していると考えられる地域に検討対象地域を拡大することが必要となる場合があることに留意する。特に、深層崩壊検討分割領域が小さくなった場合であって、地形・地質・過去の深層崩壊の発生条件・気候条件などの条件が概ね類似していると考えられる地域が周辺に存在している場合は検討に加えることも有効である。

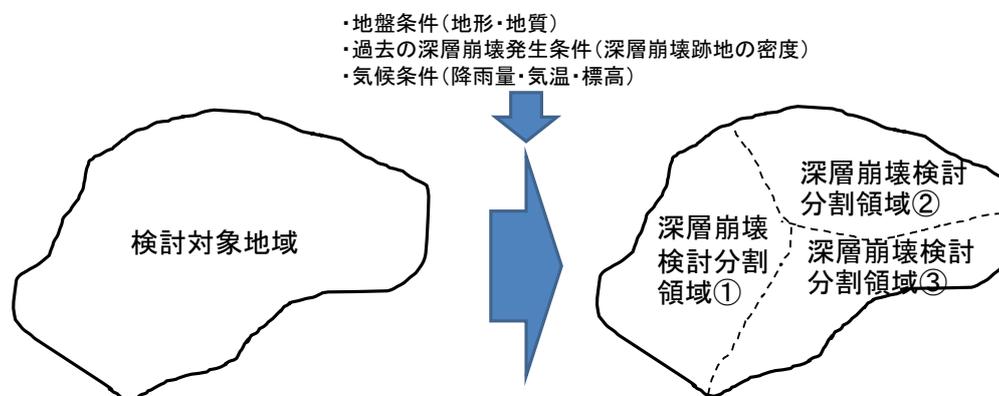


図-2.1 深層崩壊検討分割領域のイメージ

3 蓋然性の高い深層崩壊現象の検討

3.1 基本的考え方

<考え方>

蓋然性の高い深層崩壊現象の検討は、対象地域で今後、発生する可能性のある深層崩壊現象を把握するために実施する。

蓋然性の高い深層崩壊現象の検討は、過去に発生した深層崩壊の発生実績をもとに

- (1) 深層崩壊規模と形状
- (2) 土石等の流下形態
- (3) 深層崩壊発生箇所の地形・地質的特徴
- (4) 深層崩壊発生頻度（発生時期）
- (5) 災害概要

に着目して分析することによって、今後発生するおそれのある蓋然性の高い深層崩壊現象を抽出する。蓋然性の高い深層崩壊現象の検討は、対象地域内の深層崩壊検討分割領域ごとに行う。なお、蓋然性の高い深層崩壊現象とは過去に発生した深層崩壊の発生実績を踏まえ、今後発生する可能性の高い深層崩壊現象のことをいう。

【解説】

「深層崩壊対策技術に関する基本的事項」にも示されているように、現時点では、深層崩壊が発生した場合に生じる現象・被害を想定するにあたり、将来の深層崩壊発生箇所、規模等を予測する十分な手法がないため、過去に発生した深層崩壊と同規模の深層崩壊が同程度の頻度で今後も発生すると想定することとする。ただし、「深層崩壊対策技術に関する基本的事項」にも示されているように、既往実績によらず、詳細な調査・斜面の危険度評価に基づき、深層崩壊のおそれのある斜面の位置・規模などを想定することが可能な場合、これを用いることが望ましい。

また、「深層崩壊対策技術に関する基本的事項」では、深層崩壊による災害シナリオを検討する対象として、以下のように示されている。

深層崩壊が発生した場合に

- ① 生じる可能性が高い現象・被害
- ② 生じる可能性が考えられる現象・被害

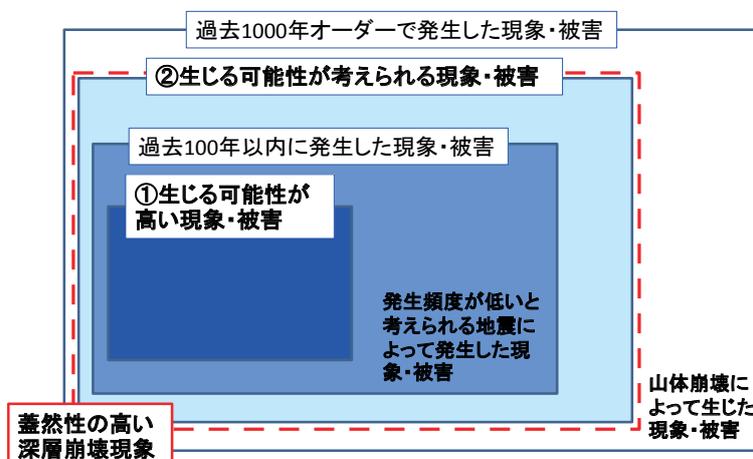
を想定する。②は、①より発生頻度は低いものの、①より甚大な被害現象を想定する。具体的には、①は、当該地域において、過去概ね 100 年以内に発生した災害と同等規模程度を想定し、②は、当該地域およびその周辺において発生した既往最大規模を想定する。文献等の情報に基づき、②の想定を行う場合、過去概ね 1000 年オーダーの期間に発生した現象と同等規模程度の現象を対象とすることとし、地質年

代（数万年オーダー及びそれ以上以前）等で起きた現象までは対象としない。

そこで、本資料で言う「蓋然性の高い深層崩壊現象」は「深層崩壊対策技術に関する基本的事項」でいう①，②の両方を包含する（図－3.1）。また，次節以降の深層崩壊の規模・形状（3.2節），深層崩壊に起因する土石等の流下形態（3.3節），深層崩壊発生箇所の地形・地質的特徴（3.4節），深層崩壊の発生頻度（3.5節）に関する調査のうち，規模・形状，流下形態，地形・地質的特徴は対象領域の場の条件によって決まっていると考え，②を対象に調査を行い，当該地域で発生する蓋然性の高い深層崩壊の規模・形状，流下形態，地形・地質的特徴について調査する。ただし，深層崩壊の規模については，②について調査した上で，①についても区分して調査する（3.2節の解説参照）。一方，発生頻度は②を対象とした調査は困難である場合が考えられることから，①を対象とすることを基本とする。ただし，②を対象とした調査が可能な場合については調査を実施する。

「①生じる可能性が高い現象・被害」は，過去100年以内に発生した現象を想定することとするが，過去100年以内に生じた現象であっても明らかに地震によって発生した現象・被害の場合は，その地震の発生頻度等を考慮し，①に含めるか否かを判断する必要がある（図－3.1）。例えば，概ね1000年に1度発生すると考えられる活断層による地震によって発生する深層崩壊については，①に含めない。ただし，①に含めない場合であっても，②には含めることとする。

一方で，「②生じる可能性が考えられる現象・被害」については，発生の誘因に関わらず，深層崩壊事例を検討対象とする。ただし，磐梯山崩壊（1888）や眉山崩壊（1792）などのないいわゆる山体崩壊は検討から除外する。また，「深層崩壊対策技術に関する基本的事項」にもあるように，地質年代（数万年オーダー及びそれ以上以前）等で起きた現象については，発生頻度が極めて低い上に，崩壊規模等の情報の精度も担保されているとは言いがたいため，検討対象には含めない。



図－3.1 各現象の関係

3.2 深層崩壊規模・形状の調査

<標準>

<手段>

深層崩壊規模・形状の調査は、深層崩壊検討分割領域ごとに、過去の深層崩壊を対象に以下の手法によって行うことを標準とする。

- ・深層崩壊跡地に関する過去の調査結果を用いた調査
- ・深層崩壊跡地の空中写真やLP等での判読，地形図判読
- ・文献（都道府県や市町村の災害史，気象庁の気象災害報告等）による調査

<アウトプット>

深層崩壊規模の調査は、深層崩壊検討分割領域ごとに、以下の項目について設定することを標準とする。

- ・深層崩壊地の崩壊斜面長
- ・深層崩壊地の崩壊幅
- ・深層崩壊地の崩壊面積
- ・深層崩壊地の崩壊土砂量
- ・上記の中央値，平均値，75%値，90%値，最大値
- ・標準的な規模，想定される最大規模の深層崩壊地の崩壊土砂量

【解説】

深層崩壊跡地に関する過去の調査結果を活用する場合には、「<例示>深層崩壊規模を空中写真判読から推定する手法の留意事項」に示すとおり，判読した結果を検証することが望ましい。また，深層崩壊跡地の判読にあたっては，滑落崖や小崖地形などの微地形要素の分布状況や崩壊土砂の流下・堆積痕跡も勘案する^{例えば1)}。

深層崩壊規模は地質構造の影響を強く受ける場合がある。このため，1つの深層崩壊検討分割領域であっても，地質構造（例えば，受け盤と流れ盤）によって，深層崩壊規模・形状が異なる場合も考えられる。このような場合，1つの深層崩壊検討分割領域であっても，地質構造によって細分類を行い，蓋然性の高い深層崩壊規模・形状の整理を行うことは有効である。

各領域で蓋然性の高い深層崩壊規模は，「A.標準的な規模」と「B.想定される最大規模」の2つについて検討することを基本とする。ここで，深層崩壊規模を過去の実績に基づき設定する場合においては，ある程度事例数が多いことが望ましい。しかし，概ね過去100年以内に発生した事例のみを対象とした場合，十分な事例数が確保されない可能性が高い。そこで，ここでは，過去概ね1000年オーダーの期間に発生したと考えられる深層崩壊を対象に，「A.標準的な規模」および「B. 想定される最大規模」

の2つについて検討することが有効であると考えられる。その上で、「C.概ね過去100年以内に発生した事例のみを対象とした場合の最大規模」も併せて把握する。

また、「A.標準的な規模」の設定にあたっては、過去概ね1000年オーダーの期間に発生したと考えられる深層崩壊の平均的な規模を対象とし、過去に発生した深層崩壊規模を一定程度以上カバーできるように設定することが望ましい。

「B.想定される最大規模」を空中写真判読による跡地の大きさから推定する場合、空中写真判読においては、複数時期に発生した崩壊・侵食を1回の崩壊現象として扱ってしまうおそれがあることなどに十分に注意することとし、文献等の記録やLPデータを活用して精査することが望ましい。

【参考文献】

- 1) 土木研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム：深層崩壊の発生する恐れのある斜面抽出技術手法及びリスク評価手法に関する研究，土木研究所資料，第4333号，2016

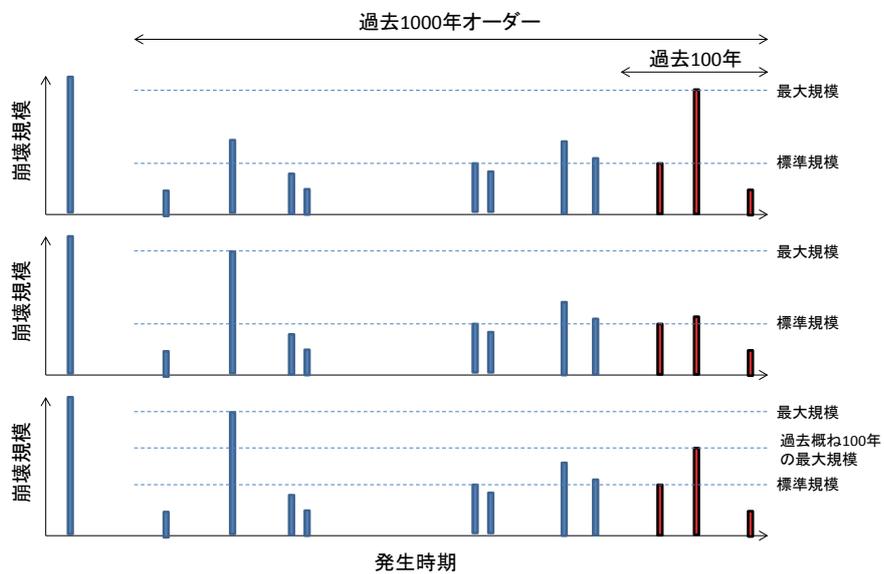


図-3.2 規模の設定方法のイメージ

＜例示＞崩壊面積から崩壊土砂量を推定する手法

崩壊規模の調査においては、崩壊面積は、空中写真や地形図の判読で概ね推定できるものの、崩壊土砂量に関する情報は取得が難しい場合がある。一方、崩壊面積と崩壊土砂量には一定の関係があることが知られており、崩壊面積と崩壊土砂量の関係はいくつかの関係式が提案されている(例えば、1)、2)。例えば、Guzzetti et al. (2009)は以下の経験式を提案している。

$$V=0.074 \times A^{1.45}$$

ここで、 V は崩壊土砂量(m^3)、 A は崩壊地面積(m^2)である。参考に、過去の国内の深層崩壊を対象に崩壊面積と崩壊土砂量の関係を整理した結果に、Guzzettiの経験式の関係を重ねた結果を以下に示す。図-3.3に示すように、一定程度の精度で、Guzzettiの経験式で過去の深層崩壊の土砂量が崩壊面積から推定できることが確認できる。ただし、同じ崩壊面積であっても、崩壊土砂量のばらつきは大きい。そこで、当該地域における崩壊土砂量の調査結果があれば、活用することが望ましい。

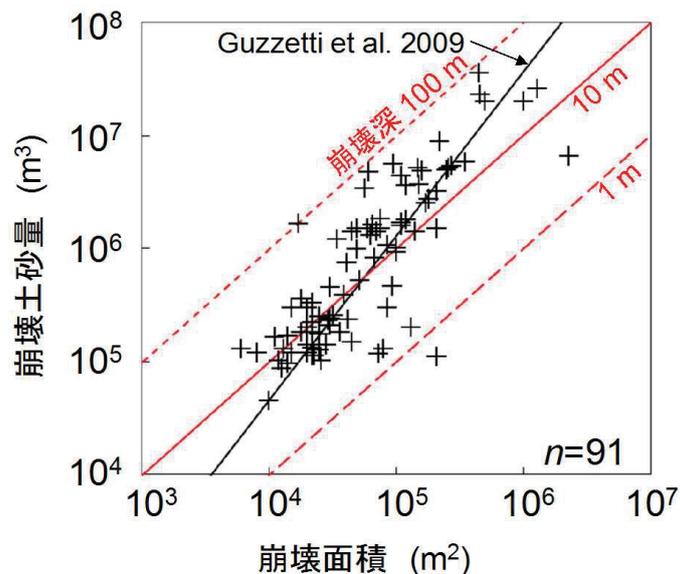


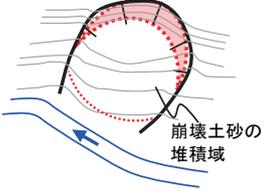
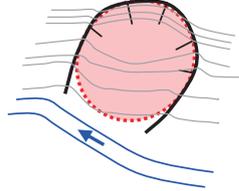
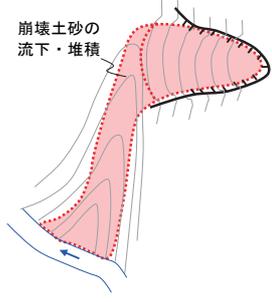
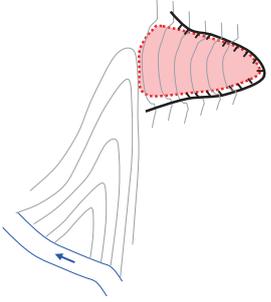
図-3.3 崩壊土砂量と崩壊面積とGuzzettiの経験式の関係. 過去の深層崩壊事例について (~平成22年度) (https://www.pwri.go.jp/team/volcano/tech_info/study/h23_fy2011/past_dscl-list20120117.pdf) を基に作成

【参考文献】

- 1) Guzzetti F., Ardizzone F., Cardinali M., Rossi M. and Valigi D.:Landslide volumes and landslide mobilization rates in Umbria, central Italy. Earth Planet. Sci. Lett., Vol.1279, p.222-229, 2009
- 2) Larsen, I.J., Montgomery, D.R. and Korup, O. : Landslide erosion controlled by hillslope material, Nature Geoscience, Vol.3, p.247-251., 2010

＜例示＞深層崩壊規模を空中写真判読から推定する際の留意事項

深層崩壊規模を空中写真判読から推定する際には、以下の点に留意する。

		不適切な判読	適切な判読
三日月状の滑落崖	模式図	 <p>崩壊土砂の堆積域</p> <p>滑落崖のみを深層崩壊跡地として判読した例</p>	 <p>崩壊主部（崩壊範囲）を適切に深層崩壊跡地として判読した例</p>
	事例		
崩壊土砂の移動痕がある場合	模式図	 <p>崩壊土砂の流下・堆積</p> <p>崩壊土砂の移動痕を含め深層崩壊跡地として判読した例</p>	 <p>崩壊主部（崩壊範囲）を適切に深層崩壊跡地として判読した例</p>
	事例		

3.3 深層崩壊に起因する土石等の流下形態の調査

<標準>

<手段>

深層崩壊に起因する土石等の流下形態の調査は、過去の深層崩壊を対象に1章に示した以下の分類ごとの発生数について整理し、蓋然性の高い深層崩壊に起因する土石等の流下形態を把握することを標準とする。以下の分類以外にも、また、増水した河川等に崩壊土砂が流入した場合は、対岸や上下流等においても被害が生じる場合があることにも留意する。

- (1) 天然ダムタイプ
- (2) 土石流タイプ
- (3) 崩土の直撃タイプ

土石等の流下形態の分類は、深層崩壊検討分割領域ごとに行うことを標準とする。また、土石等の流下形態の分類は、以下の手法によって行うことを標準とする。

- ・深層崩壊跡地に関する過去の調査結果を用いた調査
- ・深層崩壊跡地周辺の空中写真やLP等での判読、地形図判読
- ・文献（都道府県や市町村の災害史、気象庁の気象災害報告等）による調査

<アウトプット>

深層崩壊に起因する土石等の流下形態の調査は、深層崩壊検討分割領域ごとに、以下の項目について設定することを標準とする。

整理にあたっては、「不明」な現象は含めない。また、深層崩壊土砂量は「図-3.1 各現象の関係、3.2 深層崩壊規模・形状の調査」の土砂量を用いてもよい。

- ・深層崩壊に起因する土石等の流下形態の分類
- ・天然ダム形成数、天然ダムを形成した深層崩壊の土砂量、天然ダム形成確率（深層崩壊発生数のうち、天然ダムが生じた確率）
- ・土石流発生数、土石流を発生させた深層崩壊の土砂量、土石流発生確率（深層崩壊発生数のうち、土石流が生じた確率）

【解説】

深層崩壊に起因する土石等の流下形態は深層崩壊規模によって異なることが明らかにされてきた¹⁾。また、深層崩壊に起因する土石等の流下形態は発生・流下場所の地形の影響も受ける^{2) 3)}。そこで、1つの深層崩壊検討分割領域であっても、崩壊規模や地形条件によって分類した上で、蓋然性の高い深層崩壊に起因する土石等の流下形態の整理を行うことは有効である。

【参考文献】

- 1) 西口幸希・内田太郎・田中健貴・蒲原潤一・奥山遼佑・日名純也・松原智生・桜井亘：
深層崩壊の発生に伴う土砂移動現象と被害発生位置の実態, 砂防学会誌, Vol.68, No.6,
p.31-41, 2016
- 2) 内田太郎・岡本敦：崩壊土砂の流動化量に関する一考察, 土木技術資料, Vol.55, No.7,
p.32-35, 2013
- 3) Kharismalatri1, H.S., Ishikawa, Y., Gomi, T., Shiraki, K., Wakahara, T. : Collapsed material
movement of deep-seated landslides caused by Typhoon Talas 2011 on the Kii Peninsula,
Japan, International Journal of Erosion Control Engineering, 2017

3.4 深層崩壊発生箇所の地形・地質的特徴の調査

<標準>

<手段>

深層崩壊発生箇所の地形・地質的特徴の調査は、深層崩壊検討分割領域ごとに、過去の深層崩壊を対象に以下の手法によって行うことを標準とする。

- ・深層崩壊跡地に関する過去の調査結果を用いた調査
- ・地形図，地質図による調査

<アウトプット>

深層崩壊発生箇所の地形・地質的特徴の調査は、深層崩壊検討分割領域ごとに、以下の項目について設定することを標準とする。

- ・深層崩壊跡地の地形，地質等の特徴

【解説】

深層崩壊発生箇所の地形・地質的特徴は、1つの深層崩壊検討分割領域であっても、発生箇所の地形・地質的特徴は1つに決まらず、複数の特徴を有する箇所で発生している可能性がある。そこで、1つの深層崩壊検討分割領域であっても、領域を地質・地形条件によって細分類した上で、蓋然性の高い深層崩壊に起因する地形・地質的特徴の整理を行うことは有効である。

3.5 深層崩壊の発生頻度の調査

3.5.1 深層崩壊発生時期の調査

<標準>

<手段>

深層崩壊発生時期の調査は、過去の深層崩壊を対象に深層崩壊検討分割領域ごとに、以下の手法によって行うことを標準とする。

- ・ 深層崩壊跡地に関する過去の調査結果を用いた調査
- ・ 深層崩壊跡地の複数時期の空中写真，レーザー測量結果，地形図の判読による時期の調査
- ・ 文献（都道府県や市町村の災害史，気象庁の気象災害報告等）による調査，聞き取りによる調査
- ・ 詳細な現地調査

<アウトプット>

深層崩壊発生時期の調査は、深層崩壊検討分割領域ごとに、以下の項目について設定することを標準とする。

- ・ 深層崩壊の発生時期・非発生期間

<例示> 深層崩壊発生時期に関する詳細な現地調査

深層崩壊発生時期に関する詳細な現地調査としては、以下の例がある。

1) テフロクロロジーによる方法

崩壊の発生・非発生に関する時空間情報をテフロクロロジー（火山灰編年）の手段で調査する事例がある。

2) 木片の炭素 14 (^{14}C) 年代測定法による方法

深層崩壊堆積物もしくは河岸段丘堆積物中の木片を用いて深層崩壊の年代特定を調査する事例がある。

【参考文献】

- 1) 清水収・畑中健志：深層崩壊発生危険地におけるテフロクロロジーによる斜面変動履歴の解明—宮崎県鰐塚山の 2005 年崩壊地周辺—，砂防学会誌, Vol.63, No.2, p.12-19, 2010
- 2) 五味高志・平岡真合乃・横山修・山越隆雄・石塚忠範・内田太郎・南光一樹：深層崩壊の発生頻度の推定方法検討：鰐塚山の事例，平成 24 年度砂防学会研究発表会概要集, p.328-329, 2012

3.5.2 深層崩壊発生頻度の検討

<標準>

<手段>

深層崩壊発生頻度の検討は、深層崩壊検討分割領域ごとに、3.5.1項で把握した深層崩壊発生時期の情報を元に、以下の手法によって行うことを標準とする。

- ・ 深層崩壊発生実績に基づく方法
過去の当該領域の深層崩壊発生実績を踏まえ、過去の当該領域の深層崩壊の発生頻度を把握する方法。
- ・ 降雨特性に基づく方法
深層崩壊発生時の降雨の特性を把握し、当該特性の降雨の発生確率から当該領域の深層崩壊の発生頻度を類推する方法。

<アウトプット>

深層崩壊発生頻度の検討は、深層崩壊検討分割領域ごとに、以下の項目について設定することを標準とする。

- ・ 年平均深層崩壊発生個数
- ・ 平均深層崩壊発生間隔

【解説】

ここでは、過去概ね100年程度の発生頻度を推定することを主たる対象とし、それより長期間の発生頻度については、発生時期の推定が可能であった場合に限り推定することとする。また、発生頻度が低いと考えられる誘因により発生した深層崩壊が対象期間に含まれる場合は、推定した発生頻度は将来の発生頻度とは必ずしも一致しないと考えられる。そこで、発生頻度の検討にあたっては、降雨等による深層崩壊と地震等による深層崩壊とに分類して検討する。なお、当該地域の地震の発生状況については、地震調査研究推進本部事務局のホームページ¹⁾にて、各県ごとに過去に被害を及ぼした地震の発生年、規模、主な被害状況や、主要な断層帯の平均活動間隔等が整理されているほか、気象庁震度データベース検索ホームページ²⁾にて、最大震度等を検索することができるため、これらを参考にすることができる。

また、「年平均深層崩壊発生個数」および「平均深層崩壊発生間隔」はいずれも発生頻度を算出する領域の面積に依存することに留意する。

(1) 深層崩壊発生実績に基づく方法

深層崩壊発生実績に基づく方法については、深層崩壊発生時期の情報を用いることで、年平均深層崩壊発生個数と平均深層崩壊発生間隔を下記の通り求めることができる。

る。ただし、3.5.1項で示したうち、複数時期の空中写真判読等によって深層崩壊発生時期に関する情報を得る場合、深層崩壊発生時期の詳細に関する情報を得ることは困難であり、ある空中写真の撮影時期から次の空中写真の撮影時期までの期間に深層崩壊が発生したという情報が得られるのみである。このような、期間のみ特定可能な場合は、その期間の中間の年で発生したと仮定してもよい。

- ・年平均深層崩壊発生個数：当該領域において、検討対象期間内に発生した深層崩壊の数を検討対象期間で除した数として算出
- ・平均深層崩壊発生間隔：当該領域において、1度深層崩壊が発生してから次の深層崩壊が発生するまでの平均の年数として算出

(2) 降雨特性に基づく方法³⁾

深層崩壊発生箇所の近隣の主要観測所の雨量データを収集する。そのデータから代表雨量（例えば、流域平均雨量）を整理し、各種の降雨指標の中から深層崩壊の発生・非発生をよく分離できる降雨指標を抽出する。なお、既往の研究においては、深層崩壊の発生は48時間雨量などの長期雨量がコントロールしていることが示されてきた⁴⁾。

その上で、深層崩壊の発生・非発生をよく分離できる降雨指標について確率計算を行い、深層崩壊の発生した降雨の発生頻度を算出する。なお、深層崩壊の発生年が特定できず、期間（ある空中写真撮影時期から次の撮影時期の間）でのみ特定可能な場合は、当該期間内において、降雨指標値が最大値となる年に発生したものと仮定し、整理してもよい。

【参考文献】

- 1) 地震調査研究推進本部事務局：地震本部，<http://www.jishin.go.jp/>，参照2017-3-24
- 2) 気象庁：震度データベース検索，<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqdb/data/shindo/index.php>，参照2017-3-24
- 3) 内田太郎・泉山寛明・林真一郎・丹羽論・井戸清雄・佐藤敏明・若林栄一・蒲原潤一：深層崩壊の発生確率評価手法に関する検討，砂防学会誌，Vol.67，No.3，p.3-13，2014
- 4) 内田太郎・岡本敦：深層崩壊を引き起こした降雨の特徴，土木技術資料，Vol.54，No.11，p.32-35，2012

＜参考＞天然ダムの形成に結びつく深層崩壊の発生誘因

天然ダムの形成に結びつく深層崩壊の発生誘因は、降雨が最も多く、次に多いのが地震である¹⁾。

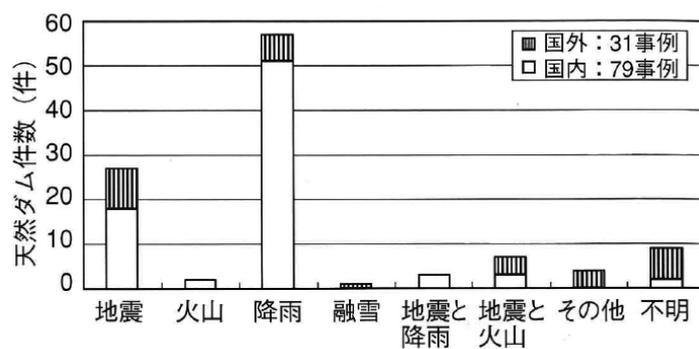


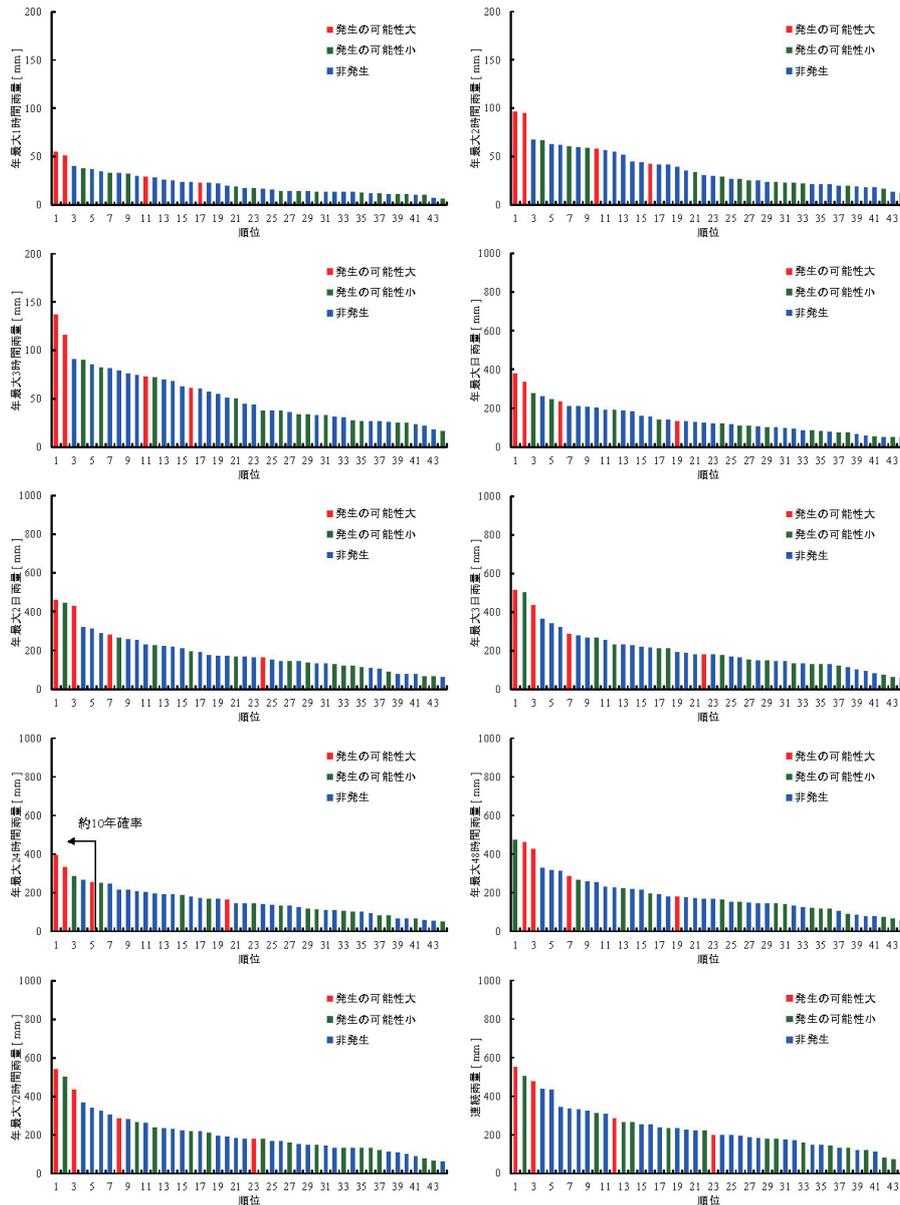
図-3.4 天然ダムを形成した山腹崩壊の発生誘因¹⁾

【参考文献】

- 1) 田畑茂清・水山高久・井上公夫：天然ダムと災害，古今書院，228pp.，2002

＜例示＞ 降雨特性に基づく方法の例

次図の場合、崩壊の発生・非発生が比較的明瞭に分類できる降雨指標は最大24時間雨量であり、確率規模の計算結果から約10年確率より低い確率の豪雨で5回中3回、深層崩壊が発生したと評価され、 $10[\text{年}] \times 5[\text{回}] / 3[\text{回}] = 16.7$ 年に1回深層崩壊が発生すると評価される。



非発生：深層崩壊非発生期間の降雨

発生の可能性小：各深層崩壊発生期間のうち最大値未満のもの

発生の可能性大：各深層崩壊発生期間の降雨のうち、指標値が最大となる値、および発生年月が特定された場合の指標値

図-3.5 降雨の発生・非発生との関係整理（例）

3.6 過去に発生した深層崩壊を伴う災害概要の調査

<考え方>

過去に発生した深層崩壊を伴う災害概要の調査は、検討対象地域で発生した代表的な過去の深層崩壊およびその他関連する事象の発生状況を把握するために行う。

<標準>

<手段>

過去に発生した深層崩壊を伴う災害概要の調査は、過去の代表的な災害について、以下の手法によって行うことを標準とする。

- ・ 深層崩壊跡地に関する過去の調査結果を用いた調査結果
- ・ 文献（都道府県や市町村の災害史，気象庁の気象災害報告等）による調査
- ・ 聞き取りによる調査

<アウトプット>

過去に発生した深層崩壊を伴う災害概要の調査は、以下の項目について設定することを標準とする。

- ・ 深層崩壊に関連する事象および被害の発生状況

【解説】

過去に発生した深層崩壊を伴う災害概要の調査に関する、深層崩壊およびその他に関連する事象とは、以下のような項目が挙げられる。

- ・ 深層崩壊の発生要因
1.2.2項の分類参照
- ・ 深層崩壊の発生年
- ・ 深層崩壊の発生状況
[同時多発的かどうか，天然ダムの形成・決壊の有無，土石流の発生の有無，その他現象（例えば，河川における段波，2次的な土砂流出）の発生の有無等]
- ・ 深層崩壊以外の土砂災害発生状況
[土石流，がけ崩れ，地すべり等]
- ・ 被害状況
[死者数，行方不明者数，負傷者数，家屋被害（全壊・半壊戸数），田畑，森林，道路，鉄道，水道，学校等]
- ・ その他関連する事象
[河川の増水，道路の通行止めの状況等]

3.7 蓋然性の高い深層崩壊現象の抽出

<考え方>

蓋然性の高い深層崩壊現象の抽出は、調査結果を踏まえ当該地域で発生する可能性がある深層崩壊の特徴を分析し、深層崩壊検討分割領域ごとの今後想定される深層崩壊現象を設定するために行う。

<標準>

<手段>

蓋然性の高い深層崩壊現象の抽出は、深層崩壊検討分割領域ごとに、以下の調査結果に基づいて行うことを標準とする。

- ・過去に発生した深層崩壊規模・形状の調査
- ・過去に発生した深層崩壊に起因する土石等の流下形態の調査
- ・過去に発生した深層崩壊発生箇所の地形・地質的特徴の調査
- ・過去に発生した深層崩壊の発生頻度の調査
- ・過去に発生した深層崩壊を伴う災害概要の調査

蓋然性の高い深層崩壊現象の抽出にあたっては、「深層崩壊対策技術に関する基本的事項」に従い、①生じる可能性が高い現象・被害、②生じる可能性が考えられる現象・被害のそれぞれについて、深層崩壊検討分割領域ごとに把握する。具体的には、「深層崩壊対策技術に関する基本的事項」に従い、①は当該地域において、過去概ね100年以内に発生した災害と同等規模程度を想定し、②は当該地域およびその周辺において発生した既往最大規模を想定する。文献等の情報に基づき、②の想定を行う場合、過去概ね1000年オーダーの期間に発生した現象と同等規模程度の現象を対象とすることとし、地質年代（数万年オーダー及びそれ以上以前）等で起きた現象までは対象としない。

<アウトプット>

蓋然性の高い深層崩壊現象の抽出としては、深層崩壊検討分割領域ごとに、以下の項目について設定することを標準とする。

- ・当該領域で今後発生する蓋然性の高い深層崩壊規模・形状
- ・当該領域で今後発生する蓋然性の高い深層崩壊に起因する土石等の流下形態
- ・当該領域で今後発生する蓋然性の高い深層崩壊発生箇所の地形・地質的特徴
- ・蓋然性の高い深層崩壊現象の発生頻度
- ・当該領域で過去に発生した代表的な深層崩壊を伴う災害概要

【解説】

1つの深層崩壊検討分割領域であっても、地質構造（例えば、受け盤と流れ盤の違い）

や発生場所（例えば、標高の違い、河道側岸斜面か谷頭斜面の違い）により、過去に生じた現象（規模、流下形態、頻度等）が明確に異なる場合は蓋然性の高い深層崩壊現象は複数あると考え、整理する。1つの深層崩壊検討分割領域において、複数の蓋然性の高い深層崩壊現象を設定する場合は、地質構造や発生場所ごとに深層崩壊現象（規模、流下形態、頻度等）を整理することが考えられる（表-3.1 参照）。

＜例示＞ 蓋然性の高い深層崩壊現象の抽出結果の整理

以下に蓋然性の高い深層崩壊現象の抽出結果の整理イメージを示す。

表-3.1 蓋然性の高い深層崩壊現象の抽出（例）

蓋然性の高い深層崩壊現象	A-I	A-II	B	
深層崩壊検討分割領域	分割領域 A		B	...
領域の面積	100km ²			
領域の地形的特徴	流路沿いに比高 200~400m の斜面が連続する。流れ盤と受け盤構造による明瞭なケスタ地形を呈する。			
領域の地質	第三紀の堆積岩			
0. 地形・地質的特徴				
地形	本川沿いの斜面	標高 1,500m 付近の遷急線付近	...	...
地質	頁岩流れ盤の斜面	頁岩受け盤の斜面	...	...
1. 深層崩壊規模				
標準的な規模	40 万 m ³ 程度	20 万 m ³ 程度	...	...
想定される最大規模	200 万 m ³ 程度	80 万 m ³ 程度	...	...
概ね過去 100 年以内に発生した最大規模	100 万 m ³ 程度	80 万 m ³ 程度	...	...
2. 深層崩壊に起因する土石等の流下形態				
土石等の流下機構・形態	天然ダムの発生確率が高い。	土石流化する可能性が高い	...	...
天然ダム発生確率	53%	5%	...	...
土石流発生確率	15%	65%	...	...
3. 深層崩壊の発生頻度				
年平均深層崩壊発生個数	0.03 個/年程度	0.1 個/年程度	...	...
平均深層崩壊発生間隔	50 年程度	20 年程度	...	...
4. 代表的な深層崩壊を伴う災害概要				
事例	1990 年 7 月の台風○号による土砂災害		...	...
深層崩壊の発生状況	1 降雨で 3 箇所発生		...	...
発生要因	急激な地下水位上昇（豪雨）		...	...
深層崩壊による被害状況	土石流化により家屋 3 戸全壊.		...	...
深層崩壊以外の土砂災害発生状況	深層崩壊発生前に土石流が複数発生		...	...
その他関連する事象	河川の増水により国道○号が通行止め		...	...

4. 大規模土砂災害被害想定実施箇所の絞り込み

4.1 基本的な考え方

<考え方>

深層崩壊に起因する土砂現象は数値計算により、ある程度記述できることが示されてきたことから、5章では数値計算により深層崩壊に起因する大規模土砂災害被害の想定を実施する。しかし、蓋然性の高い深層崩壊現象のすべてを対象に数値計算を行うことは、非常に数多くのケースを対象に計算を実施する必要がある。数多くのケースの数値計算の実施には相当程度時間・労力が必要となる場合がある。そこで、本章では、蓋然性の高い深層崩壊現象のうち、大規模土砂災害被害の想定を行うケースの絞り込み、優先順位の検討を行う際の留意点を示す。

<標準>

<手段>

大規模土砂災害被害の想定を行うケースの絞り込みは、以下の点を考慮し、実施する。

- ・ 蓋然性の観点からの想定する現象・発生場所の絞り込み
- ・ 被害発生の可能性の観点からの想定する発生場所の絞り込み
- ・ 地形条件の観点からの想定する現象の絞り込み

4.2 蓋然性の観点からの想定する現象の絞り込み

4.2.1 深層崩壊の発生場所の絞り込み

<標準>

<手段>

蓋然性の高い深層崩壊現象の検討に基づき想定する深層崩壊の発生場所の絞り込みは、以下の手法の組合せによって行うことを標準とする。

- ・ 蓋然性の高い深層崩壊現象の検討に基づく設定（3章参照）
- ・ 深層崩壊溪流（小流域）レベル評価マップによる設定
- ・ 深層崩壊跡地の分布状況に基づく設定
- ・ 詳細な現地調査に基づく設定

ただし、詳細な現地調査については、精度の確認、汎用性の検証など更なる検証を必要とする部分がある場合があるため適宜活用することとする。

<アウトプット>

蓋然性の高い深層崩壊現象の検討に基づき想定する深層崩壊の発生場所の抽出は、以下の項目について設定することを標準とする。

- ・ 蓋然性の高い深層崩壊発生のおそれのある範囲

【解説】

蓋然性の高い深層崩壊現象の検討に基づき想定する深層崩壊の発生場所の絞り込みにおいては、3章で整理した深層崩壊発生場所の地形・地質的特徴の合致する範囲を蓋然性の高い深層崩壊発生のおそれのある範囲として想定する。

また、深層崩壊は過去の深層崩壊の跡地周辺で発生しやすいことが確認されてきた¹⁾。そこで、過去の深層崩壊跡地周辺も蓋然性の高い深層崩壊発生のおそれのある範囲として想定する。

【参考文献】

- 1) 横山修・内田太郎・田村圭司・鈴木隆司・井上亨郁：宮崎県鰐塚山地における深層崩壊と微地形・地質的特徴の関係. 砂防学会誌, Vol.63, No.5, p.3-13, 2011

<例示> 詳細な現地調査に基づく深層崩壊発生のおそれのある範囲の設定

深層崩壊のおそれのある範囲の設定に関する詳細な現地調査として、以下の例がある。

- ・ 空中写真・レーザープロファイラ等による小規模な斜面変形に関する調査
- ・ ボーリング調査, 空中電磁探査等による地盤構造調査
- ・ 水質水文調査による地下水理構造, 地下水流動に関する調査
- ・ 上記を組み合わせた手法

【参考文献】

- 1) 横山修・内田太郎・中野陽子・石塚忠範・笠井美青・鈴木隆司：レーザー測量データを用いた岩盤クリーブ斜面の表面形状把握, 砂防学会誌, Vol.64, No.6, p.13-24, 2012
- 2) 鈴木隆司・内田太郎・田村圭司：深層崩壊発生斜面の特定に向けた地盤構造調査法, 土木技術資料, Vol.51, No.7, p.8-13, 2009
- 3) 地頭菌隆：渓流水の電気伝導度を用いた深層崩壊発生場の予測, 砂防学会誌, Vol.66, No.6, p.56-59, 2014
- 4) 土木研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム：深層崩壊の発生する恐れのある斜面抽出技術手法及びリスク評価手法に関する研究, 土木研究所資料, 第4333号, 2016

4.2.2 深層崩壊規模の絞り込み

<標準>

<手段>

蓋然性の高い深層崩壊現象の検討に基づき想定する深層崩壊規模の絞り込みにおいては、深層崩壊に起因する被害想定を行うため、深層崩壊の土砂量を設定する。深層崩壊の規模の設定は、以下の手法によって標準的な規模と想定される最大規模の2ケースについて設定を行うことを標準とする。

- ・ 蓋然性の高い深層崩壊現象の検討に基づき設定
- ・ 詳細な現地調査等に基づく設定

<アウトプット>

蓋然性の高い深層崩壊現象の検討に基づき想定する深層崩壊規模の絞り込みは、以下の項目について設定することを標準とする。

- ・ 蓋然性の高い深層崩壊の崩壊土砂量

【解説】

蓋然性の高い深層崩壊現象の検討に基づき想定する深層崩壊規模の絞り込みにおいては、3章で整理した標準的な規模と想定される最大規模を用いることを基本とする。ただし、過去概ね100年以内に発生した最大規模が、3章で整理した標準的な規模と想定される最大規模と大きく異なる場合は、過去概ね100年以内に発生した最大規模についても検討することを基本とする（図-4.1下図）。

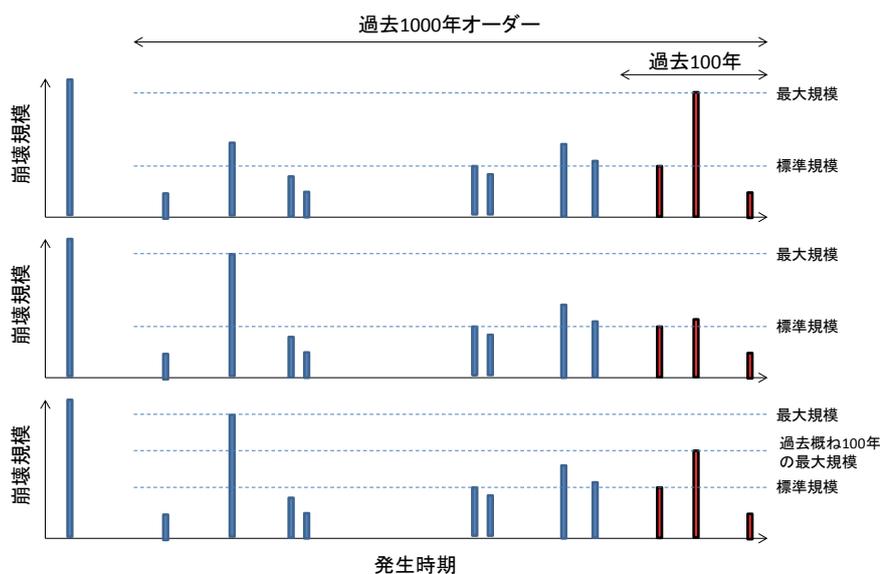


図-4.1 過去概ね100年以内に発生した最大規模がと3章で整理した標準的な規模と想定される最大規模の関係に関するイメージ【再掲】

4.3 被害発生の可能性の観点からの想定する深層崩壊の発生場所の絞り込み

<標準>

<手段>

被害発生の可能性の観点から想定する深層崩壊の発生場所の絞り込みは、以下の手法により実施することを標準とする。

- ・ 深層崩壊規模，深層崩壊に起因する土石の流下形態，深層崩壊地から集落までの距離の関係の分析

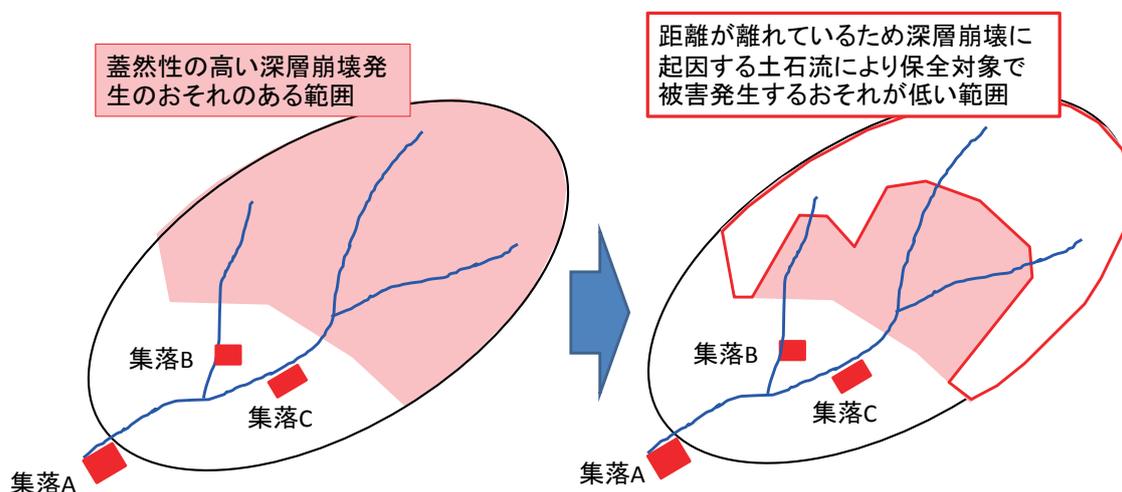
<アウトプット>

被害発生の可能性の観点から想定する深層崩壊の発生場所の絞り込みは、以下の項目について設定することを標準とする。

- ・ 大規模土砂災害被害想定において深層崩壊の発生を想定すべき箇所・区間

【解説】

蓋然性が高いと考えられる規模の深層崩壊が発生した場合であっても，下流の保全対象までの距離が十分に長いなど深層崩壊による被害が発生するおそれの低い箇所・区間が存在する。このため，被害が発生するおそれの低い箇所・区間については，大規模土砂災害被害想定において深層崩壊の発生を想定すべき箇所・区間から除外する（図－4.2）。



図－4.2 蓋然性が高いと考えられる規模の深層崩壊が発生した場合であっても，深層崩壊による被害が発生するおそれの低い箇所・区間を抽出するイメージ（土石流の場合）

<例示> 深層崩壊による被害のおそれの評価する手法

国内で発生した過去の深層崩壊事例を対象として、深層崩壊規模（面積）、深層崩壊に起因する土石の流下形態（天然ダムタイプ・土石流タイプ・直撃タイプ）、深層崩壊地から集落までの距離と深層崩壊に起因する土砂移動現象で被害が生じた割合が整理されてきた¹⁾（図-4.3）。これを用いることにより、当該箇所において、蓋然性が高いと考えられる規模の深層崩壊が発生した場合であっても、深層崩壊による被害が発生するおそれの低い箇所・区間が抽出できる。

さらに、図-4.3の関係を用いて、集落単位で簡便に深層崩壊による被害のおそれの評価する手法が提案されてきた²⁾。この手法を用いることにより、集落単位で深層崩壊による被害の発生リスクを比較的簡単に算出することができるため、大規模土砂災害被害想定を実施すべき箇所・区間の抽出、優先順位の設定に重要な参考となる情報が得られる。

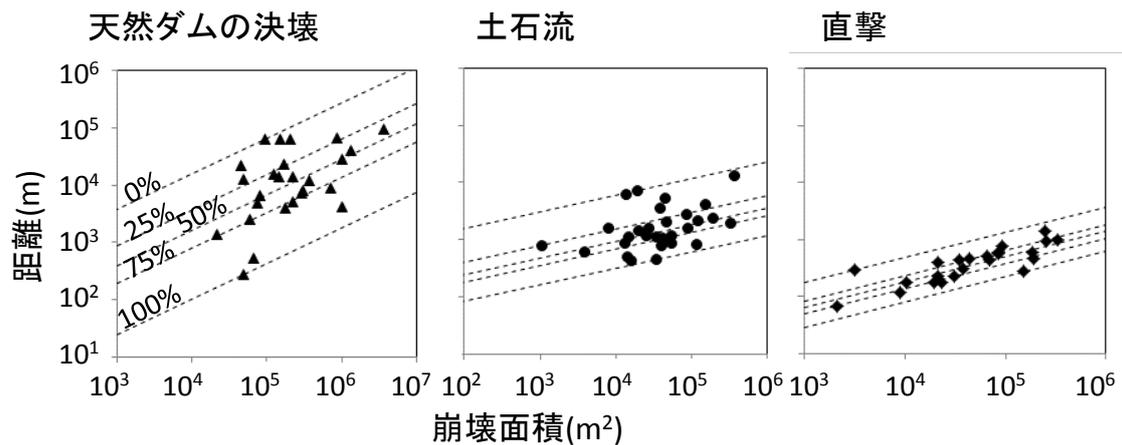


図-4.3 深層崩壊規模（面積）と深層崩壊地から集落までの距離による被害が生じた割合の関係（深層崩壊に起因する土砂の流下形態別）¹⁾

【参考文献】

- 1) 西口幸希・内田太郎・田中健貴・蒲原潤一・奥山遼佑・日名純也・松原智生・桜井亘：深層崩壊の発生に伴う土砂移動現象と被害発生位置の実態. 砂防学会誌, Vol.68, No.6, p.31-41, 2016
- 2) 内田太郎・西口幸希・田中健貴・蒲原潤一・桜井亘：集落単位で簡便に深層崩壊による被害のおそれの評価する手法の提案. 砂防学会誌, Vol.69, No.6, p.31-41, 2017

4.4 地形条件の観点からの想定する現象の絞り込み

4.4.1 深層崩壊規模の絞り込み

<標準>

<手段>

地形条件の観点から想定する崩壊規模の絞り込みは、以下の手法により実施することを標準とする。

- ・斜面の比高に基づく崩壊規模の絞り込み

<アウトプット>

地形条件の観点から想定する崩壊規模・天然ダムの高さの絞り込みは、以下の項目について設定することを標準とする。

- ・大規模土砂災害被害想定において想定すべき箇所・区間ごとの最大の崩壊規模

【解説】

斜面の高さより大きい崩壊高さの斜面崩壊は発生しないことから、各箇所想定する深層崩壊の最大規模は各箇所の斜面の比高に基づき、上限を設定する。

4.4.2 天然ダムタイプの絞り込み

(1) 想定する天然ダム形成箇所の絞り込み

<標準>

<手段>

地形条件の観点からの想定する天然ダム形成箇所・高さの絞り込みは、以下の手法により実施することを標準とする。

- ・河床勾配に基づく天然ダム形成箇所の絞り込み
- ・斜面の比高に基づく天然ダムの高さの絞り込み

<アウトプット>

地形条件の観点からの想定する天然ダム形成箇所・高さの絞り込みは、以下の項目について設定することを標準とする。

- ・大規模土砂災害被害想定において天然ダムの形成を想定すべき箇所・区間
- ・大規模土砂災害被害想定において想定すべき箇所・区間ごとの最大の天然ダムの高さ

【解説】

斜面で発生した深層崩壊に起因する土砂が直下の溪流で天然ダムを形成するか否かについては河床勾配など地形条件等の影響を受ける。そのため、蓋然性が高いと考えられる規模の深層崩壊が発生した場合であっても、地形条件から見て天然ダムの形成のおそれが低い箇所・区間が抽出できる。このような箇所については、大規模土砂災害被害想定において天然ダムの形成を想定すべき箇所・区間から除外する。

また、当該区間に隣接する斜面の比高より高い天然ダムは想定されないため、斜面の比高を上限とし、想定される箇所・区間ごとの最大の天然ダムの高さを設定する。

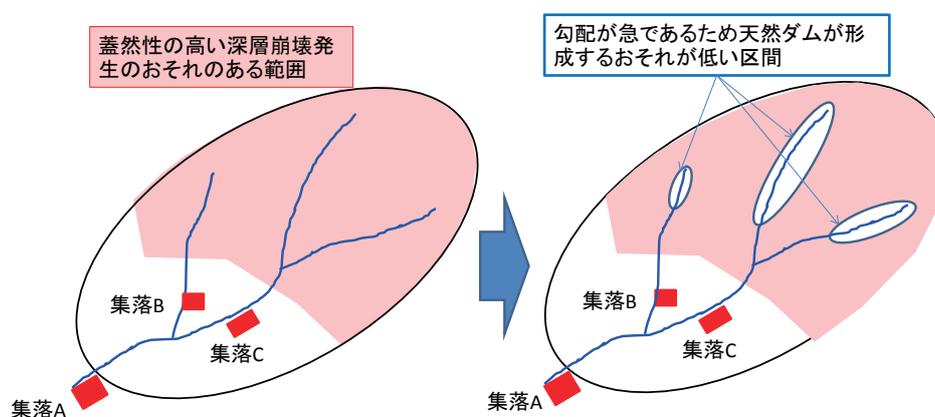


図-4.4 蓋然性が高いと考えられる規模の深層崩壊が発生した場合であっても、天然ダムの形成するおそれが低い箇所・区間を抽出するイメージ

<例示>過去の天然ダム形成箇所の勾配

過去の実績に基づくと、天然ダムを構成する土砂の供給源によらず、河床勾配が1/6 (10°) より急な区間で形成された天然ダムは5%以下であった。ただし、この整理は全国的なデータを対象に行ったものであり、対象地域に実績の情報がある場合、これを活用することが望ましい。

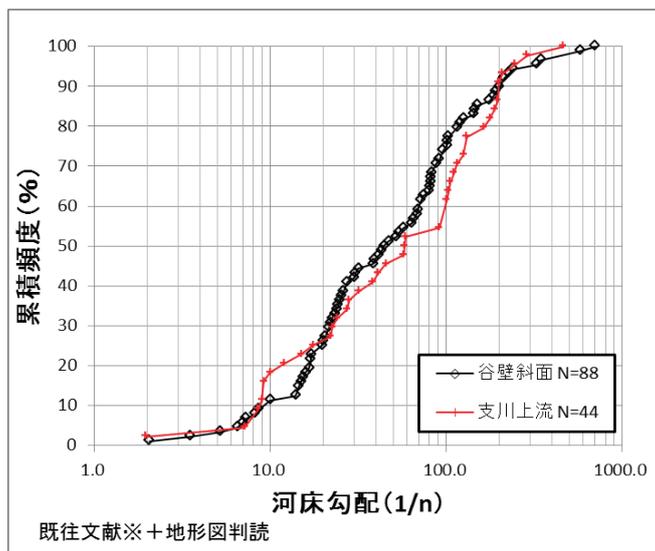


図-4.5 天然ダム形成箇所の河床勾配¹⁾

また、2011年の紀伊半島大水害を対象に、深層崩壊土砂の流入地点の流域面積と合流角度と流下形態の関係が整理された¹⁾。この結果においては、概ね流入地点の河床勾配が10度以下の場合、天然ダムの形成する可能性があったことがわかる。

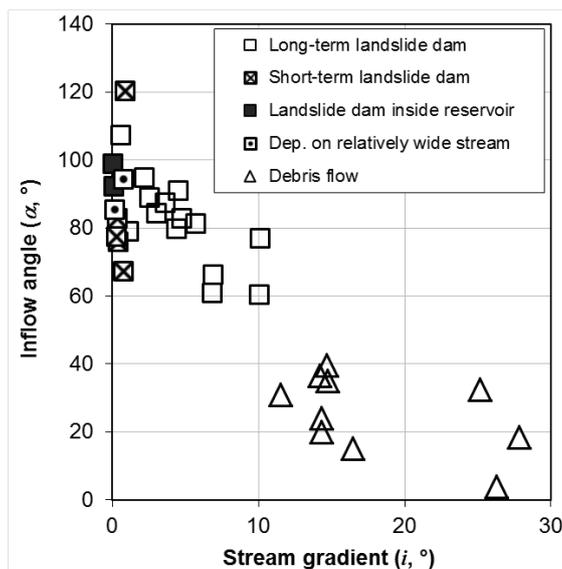


図-4.6 深層崩壊土砂の流入地点の河床勾配と合流角度と流下形態の関係²⁾

なお、天然ダムは形成する土砂の供給源により分類できる（図-4.7, 4.8）。図-4.5はこの分類に従い、天然ダムを分類した。過去の深層崩壊においては、谷壁（河岸）斜面からの土砂移動によるものが最も多く、次いで支川からの土砂流入によるものが多い²⁾。さらに、支川上流の谷壁斜面で崩壊した土塊が本川に流入して天然ダムを形成した事例もいくつか認められる。

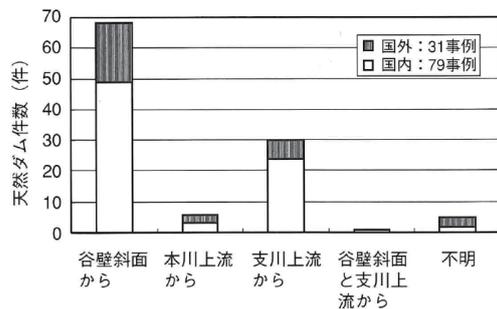
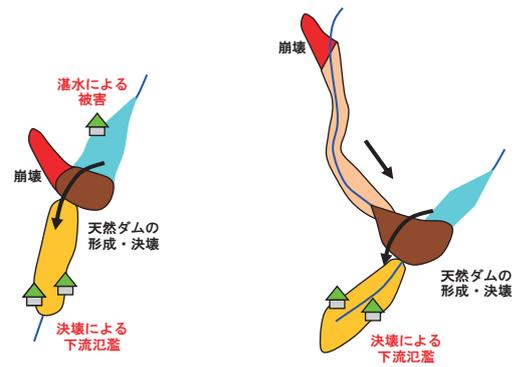


図-4.7 天然ダム形成のタイプ³⁾



【①谷壁斜面からの土砂移動】

【②支川からの土砂流入】

図-4.8 形成実績の多い天然ダムのタイプ

【参考文献】

- 1) 鈴木清敬・内田太郎・桜井亘：深層崩壊に起因する天然ダムタイプの被害想定手法に関する一考察，平成 29 年度砂防学会研究発表会概要集，p.748-749，2017
- 2) Kharismalatri1, H.S., Ishikawa, Y., Gomi, T., Shiraki, K., Wakahara, T. : Collapsed material movement of deep-seated landslides caused by Typhoon Talas 2011 on the Kii Peninsula, Japan, International Journal of Erosion Control Engineering, 2017
- 3) 田畑茂清・水山高久・井上公夫：天然ダムと災害，古今書院，2002

(2)天然ダムの継続時間に基づく天然ダム形成箇所・高さの絞り込み

<標準>

<手段>

地形条件の観点からの天然ダムの継続時間に基づく想定する天然ダム形成箇所・高さの絞り込みは、以下の手法により実施することを標準とする。

- ・流域面積と湛水容量の関係に基づく天然ダム形成箇所・高さの絞り込み

<アウトプット>

地形条件の観点からの天然ダムの継続時間に基づく想定する天然ダム形成箇所・高さの絞り込みは、以下の項目について設定することを標準とする。

- ・大規模土砂災害被害想定において天然ダム形成を想定すべき箇所・区間および天然ダムの規模

【解説】

天然ダムは継続時間の観点から、「短時間決壊型の天然ダム」、「長期間継続型の天然ダム」に大別される(1.2.1項参照)。このうち、「長期間継続型の天然ダム」は形成後、一定の対策が実施できる可能性が考えられる。そこで、大規模土砂災害被害想定においては、「短時間決壊型の天然ダム」による被害想定を優先的に実施すべきであると考えられる。そこで、「長期間継続型の天然ダム」となることが考えられる箇所・区間を除外する。さらに、各区間において「短時間決壊型の天然ダム」となると考えられる天然ダム湛水容量の上限値について把握し、大規模土砂災害被害想定を実施することもケースの絞り込みにおいて有効である。

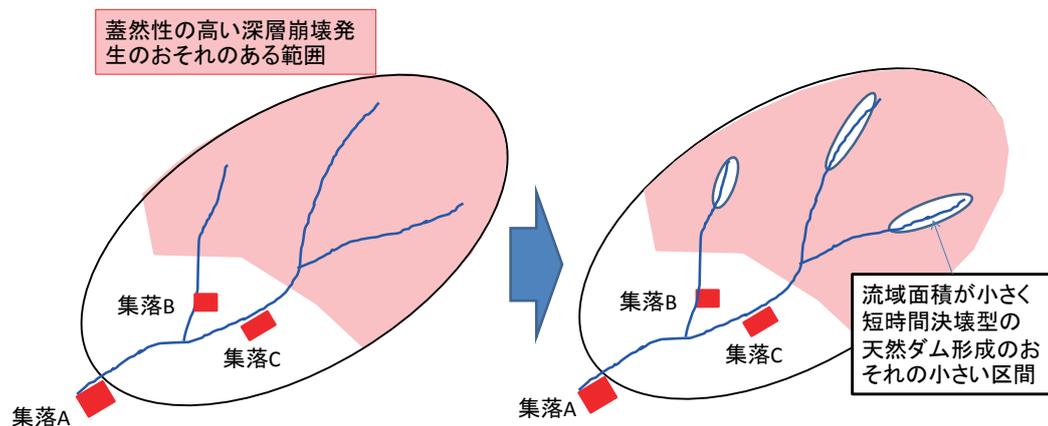


図-4.9 蓋然性が高いと考えられる規模の深層崩壊が発生した場合であっても、短時間決壊型の天然ダムの形成するおそれの低い区間を抽出するイメージ

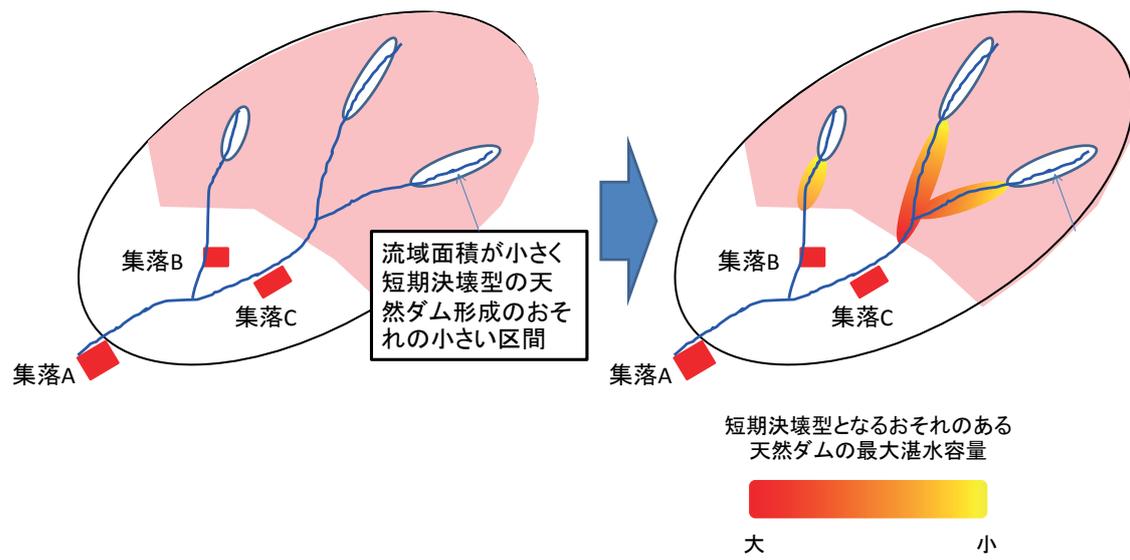


図-4.10 短時間決壊型の天然ダムが形成するおそれのある区間における短時間決壊型となる最大の天然ダムの湛水容量を設定するイメージ

＜例示＞過去の天然ダムの継続時間と流域面積，湛水容量の関係

過去の実績に基づくと，天然ダムの決壊までの継続時間は図-4.11に示すように流域面積，湛水容量で整理できることが示されてきた¹⁾。この図より，流域面積が小さい範囲で形成される天然ダムや極めて湛水容量の大きい天然ダムは「長期間継続型の天然ダム」となる可能性が高いことから，大規模土砂災害被害想定における蓋然性の高い現象から除外できる。

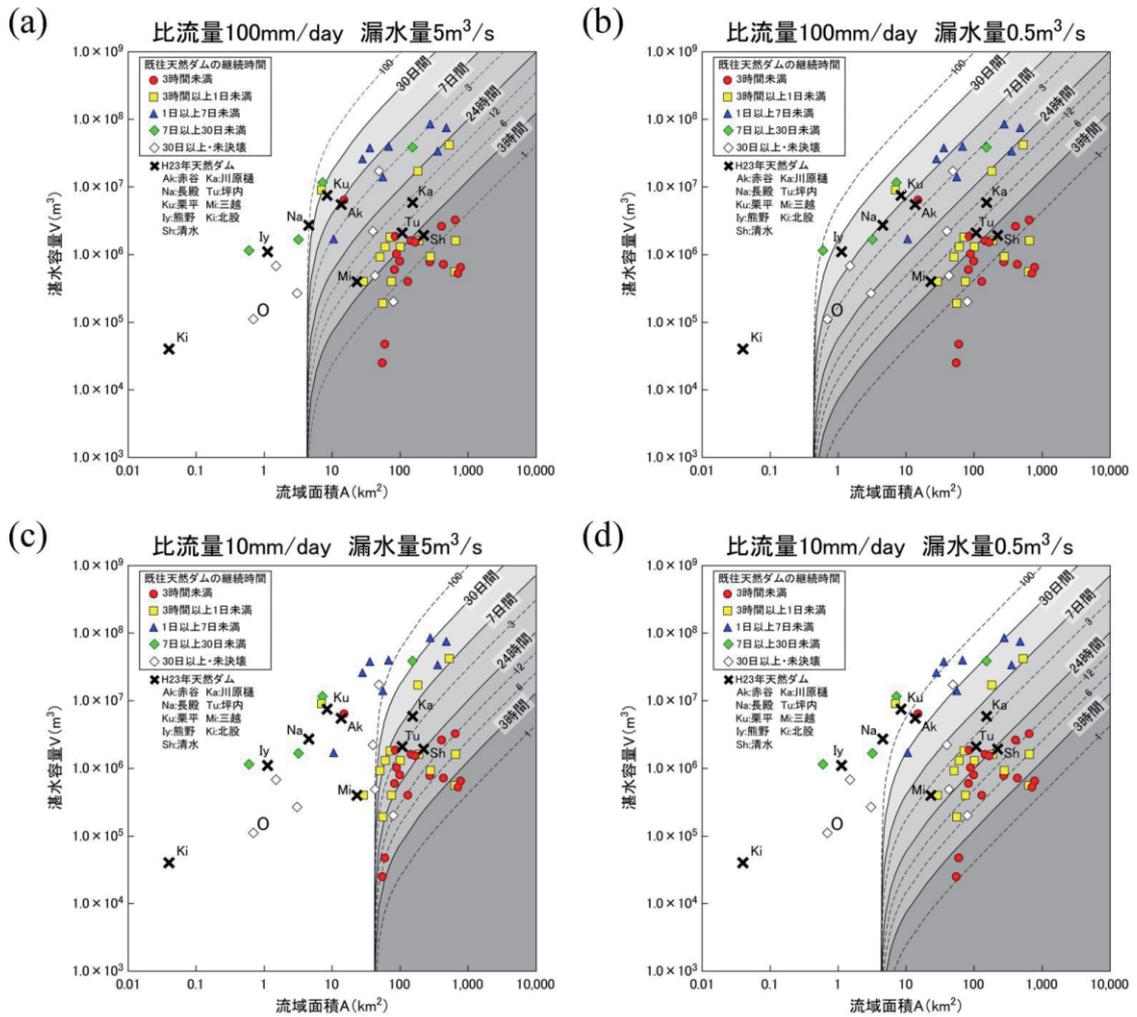


図-4.11 豪雨による天然ダムの継続時間と流域面積と湛水量の関係¹⁾

図のプロットは実績を示し，グレイスケールの領域区分は理論式による評価結果を示す。

また，2011年の紀伊半島大水害を対象に，図-4.12に示すように，深層崩壊面積と流入地点の流域面積と天然ダムの継続時間の関係が整理された²⁾。

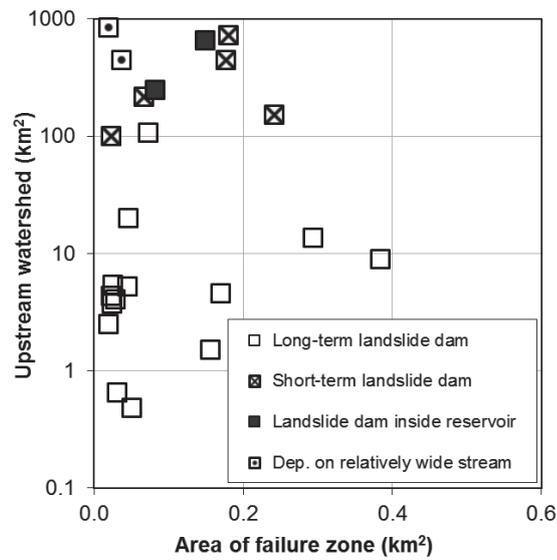


図-4.12 豪雨による天然ダムの継続時間と流域面積と湛水量の関係²⁾

【参考文献】

- 1) 横山修・内田太郎・木下篤彦：決壊までの継続時間からみた天然ダムの分類，砂防学会誌，Vol.68，No.6，p.14-23，2016
- 2) Kharismalatri1, H.S., Ishikawa, Y., Gomi, T., Shiraki, K., Wakahara, T. : Collapsed material movement of deep-seated landslides caused by Typhoon Talas 2011 on the Kii Peninsula, Japan, International Journal of Erosion Control Engineering, 2017

4.4.3 土石流の発生区間・規模の絞り込み

<標準>

<手段>

地形条件の観点からの想定する土石流の発生区間・規模の絞り込みは、以下の手法により実施することを標準とする。

- ・河床勾配・流入角度等に基づく土石流の発生区間・規模の絞り込み

<アウトプット>

地形条件の観点からの想定する土石流の発生区間・規模の絞り込みは、以下の項目について設定することを標準とする。

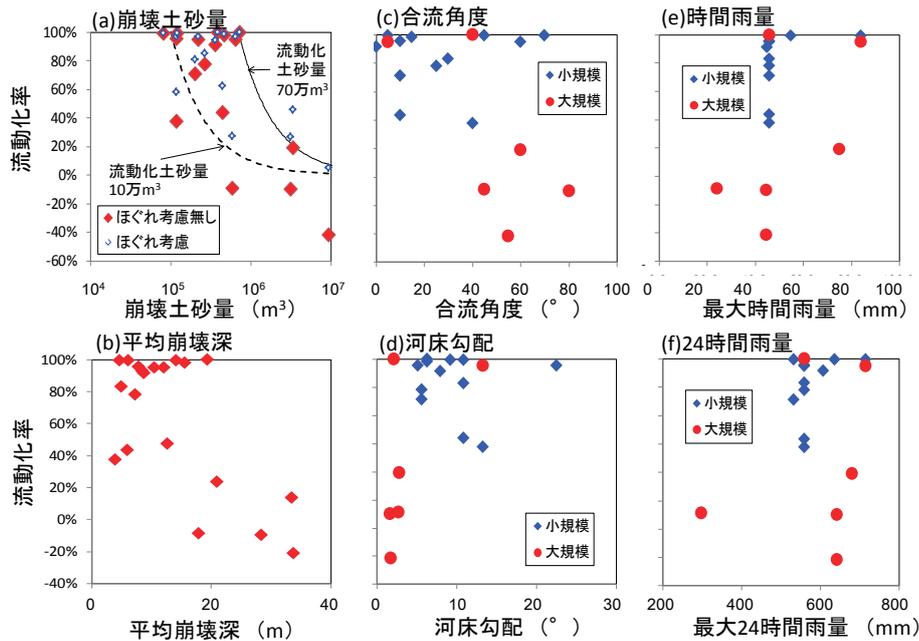
- ・大規模土砂災害被害想定において深層崩壊土砂の土石流化を想定すべき区間および土石流の規模

【解説】

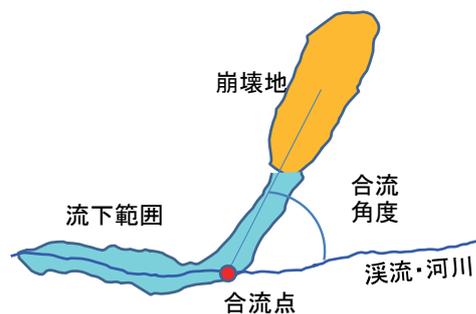
斜面で発生した深層崩壊に起因する土砂が土石流化するか否かについては流入角度、河床勾配など地形条件等に依存する。そのため、蓋然性が高いと考えられる規模の深層崩壊が発生した場合であっても、地形条件から見て土石流化のおそれが低い区間や土石流化する可能性の低い土砂量が抽出できる。このような区間・規模については、大規模土砂災害被害想定において深層崩壊に起因する土砂の土石流化を想定する区間・規模から除外する。

＜例示＞過去の深層崩壊に起因する土砂の流動化の実態

過去の実績に基づくと、深層崩壊で生じた土砂の流動化の有無，流動化する土砂の割合（流動化率）・量は，崩壊土砂量，合流角度（図－4.14参照），河床勾配に依存する（図－4.13）。例えば，限られた事例ではあるが，流動化率は崩壊土砂量が大きくなるに従い小さくなり，流動化土砂量は崩壊土砂量によらず，最大70万 m^3 であることがわかる（図－4.13a）。



図－4.13 (a)崩壊土砂量，(b)平均崩壊深，(c)合流角度，(d)河床勾配，(e)最大時間雨量，(f)最大24時間雨量と崩壊土砂の流動化率の関係¹⁾。図中の大規模は崩壊土砂量が50万 m^3 以上の崩壊，小規模は崩壊土砂量が50万 m^3 以下の崩壊，(a)の中には崩壊後，見かけの土砂量が1.5倍になるケースを「ほぐれ考慮」として示した。



図－4.14 合流角度のイメージ

【参考文献】

- 1) 内田太郎・岡本敦：崩壊土砂の流動化量に関する一考察，土木技術資料，Vol.55，No.7，p.6-9，2013

5. 数値計算による深層崩壊に起因する大規模土砂災害の被害想定

5.1 基本的な考え方

<考え方>

深層崩壊に起因する大規模土砂災害被害想定は、蓋然性の高い深層崩壊現象に対して、深層崩壊に起因する被害を想定するために行う。深層崩壊に起因する土砂移動現象は、数値計算により、ある程度記述できることが示されてきたことから、深層崩壊に起因する大規模土砂災害の被害想定は数値計算により実施することを標準とする。

一方、前章までの検討において、深層崩壊に起因する大規模土砂災害の被害を想定すべき条件が数多くある場合がある。その場合、被害の規模の大小や類似性を考慮し、効率的に進めることが望ましい。

【解説】

深層崩壊に起因する大規模土砂災害の被害想定は、蓋然性の高い深層崩壊現象のうち、前章で除外したケースを除き全ケースについて実施することが望ましい。しかし、全ケースを短時間で実施することが難しい場合、保全対象の分布状況を踏まえて、領域を細分（図-5.1）した上で、分割した単位ごとに想定すべき現象を網羅するように被害想定を実施することが有効である。ただし、被害想定を実施するにあたっては被害の規模の大小や類似性を考慮し、効率的に進めることが望ましい。また、被害想定は全ての細分した単位に対して行うことを基本とするが、深層崩壊の頻度や過去の被害の有無、保全対象の重要性等を踏まえて、必要に応じて優先順位を設定する。

なお、保全対象と蓋然性の高い深層崩壊の発生のおそれのある範囲が、入り乱れて存在している場合は、領域分割に留意する。

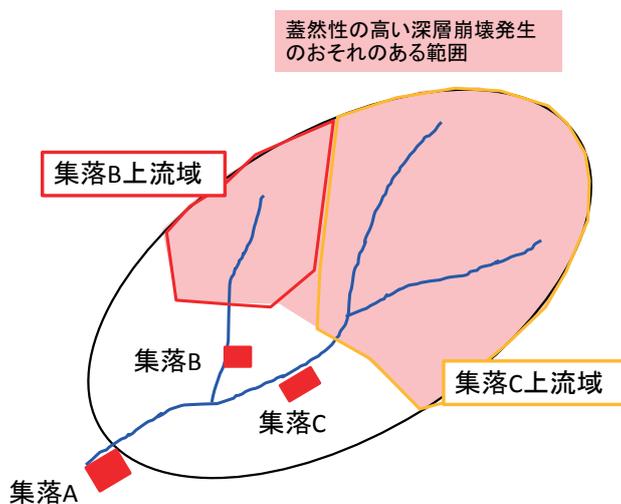
想定すべき現象を網羅するように被害想定をするにあたっては、実施箇所を以下のような観点に留意して抽出することが考えられる。また、大規模土砂災害の被害を想定すべき区間を等間隔で分割して、各地点で深層崩壊が発生した場合について被害推定を行う手法も考えられる（図-5.2）。

【天然ダムの場合】

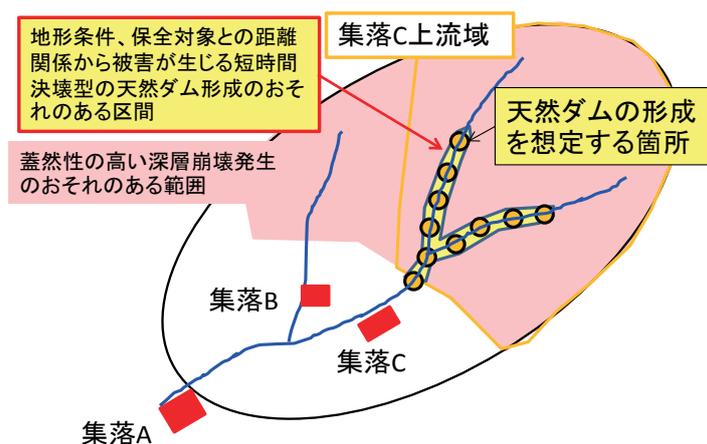
- ・短時間決壊型の天然ダム形成の蓋然性が高い区間が比較的長距離ある場合、蓋然性の高い区間のうち、保全対象に近い箇所、保全対象との距離が平均的な箇所、天然ダムによる湛水容量が最大になる箇所、平均的な湛水容量となる箇所など複数の天然ダム形成地点を想定し、被害推定を行うことにより、被害の有無の確認、被害規模の把握を行う（図-5.3）。

【土石流の場合】

- ・ほぼ同程度の規模の深層崩壊が発生する蓋然性が高い区間において、最も保全対象に近い箇所や平均的な距離の箇所などにおいて、被害推定を行うことにより、被害の有無の確認、被害規模の把握を行う（図－5.4）。
- ・蓋然性が高い深層崩壊規模が空間的に異なる場合、最大規模の深層崩壊が発生する蓋然性が高い区間などにおいて、被害推定を行うことにより、被害の有無の確認、被害規模の把握を行う（図－5.4）。



図－5.1 領域分割のイメージ



図－5.2 大規模土砂災害の被害を想定すべき区間を等間隔で分割して、各地点で深層崩壊が発生した場合について被害推定を行う手法のイメージ（天然ダムの場合）

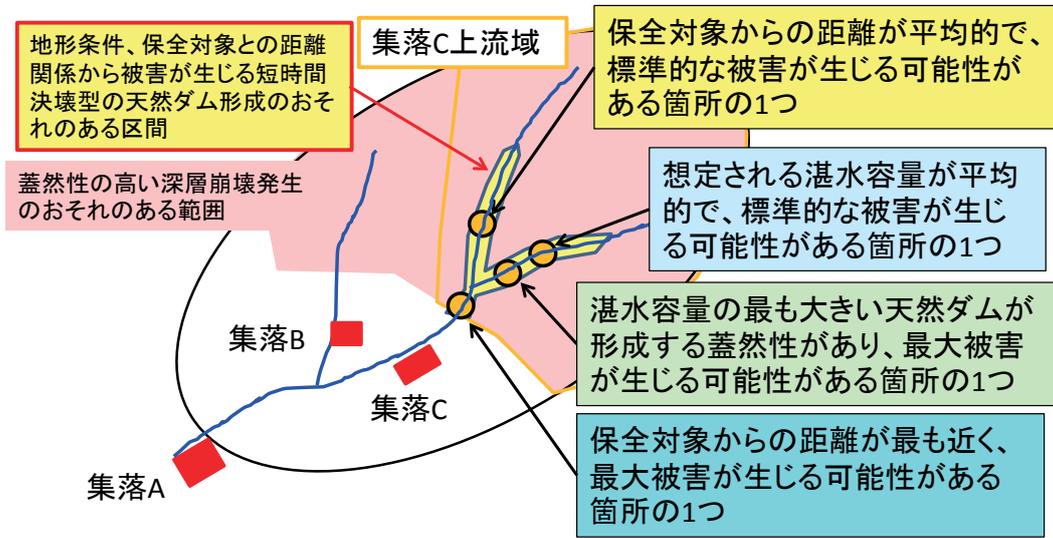


図-5.3 天然ダム決壊に関する被害想定実施箇所を抽出するイメージ

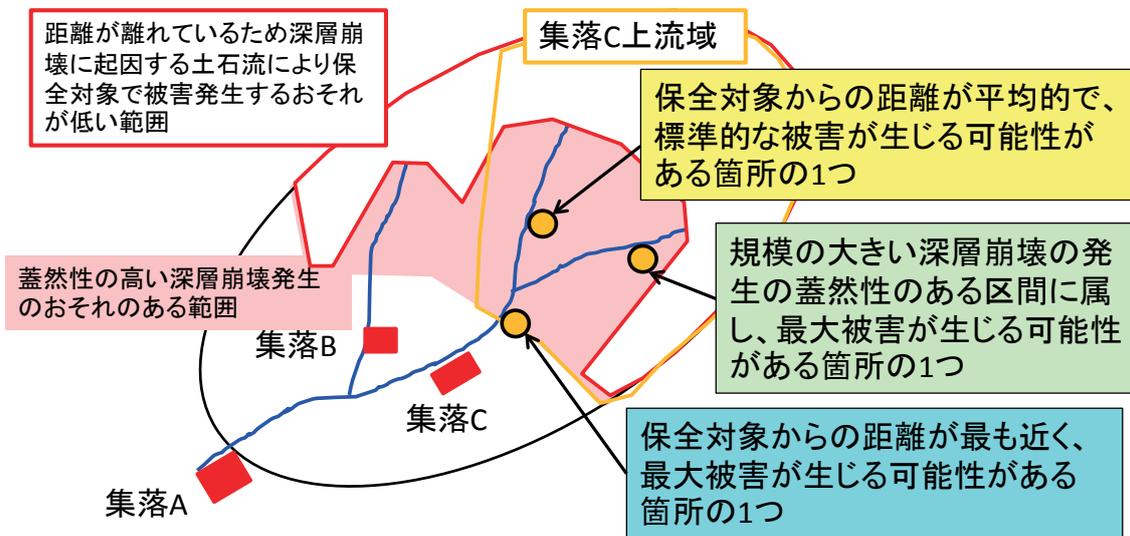


図-5.4 土石流に関する被害想定実施箇所を抽出するイメージ

5.2 深層崩壊に起因する土石等の流下形態の設定

<標準>

<手段>

深層崩壊に起因する土石等の流下形態の設定は、以下の手法によって行うことを標準とする。

- ・ 蓋然性の高い深層崩壊現象による設定

<アウトプット>

深層崩壊に起因する土石等の流下形態の設定は、以下の項目について設定することを標準とする。

- ・ 蓋然性の高い深層崩壊に起因する土石等の流下形態

【解説】

1つの斜面であっても、複数の深層崩壊に起因する土石等の流下形態が生じるおそれがある場合は、それらすべてを蓋然性の高い深層崩壊に起因する土石等の流下形態とすることが望ましい。

5.3 天然ダムタイプの被害範囲の検討

5.3.1 手法の概要

<考え方>

天然ダムタイプの被害範囲の検討は、天然ダムに起因する湛水被害範囲と天然ダム決壊にともなう氾濫被害範囲を設定するために行う。

<標準>

<手段>

天然ダムタイプの被害範囲の検討は、蓋然性の高い深層崩壊現象のうち、4章および5.1項で抽出した現象について検討することを標準とする。

天然ダムの形成箇所・天然ダムの形状・天然ダム湛水池上流の流入ハイドログラフについては、実績に基づき条件を設定することを標準とする。地形条件、土石の粒径等については、現地調査に基づき条件を設定することを標準とする。なお、既往調査結果を用いて条件設定を行ってもよい。

これら条件を用いて、数値シミュレーションにより被害範囲を算出することを標準とする。

<アウトプット>

天然ダムタイプの被害範囲の検討は、以下の項目について設定することを標準とする。

- ・天然ダム湛水による被害範囲
- ・天然ダム決壊による被害範囲

5.3.2 天然ダム形状の設定

<標準>

<手段>

天然ダム形状の検討は、以下の手法により行うことを標準とする。

- ・当該深層崩壊検討分割領域内の過去の天然ダム発生実績に基づく方法
- ・深層崩壊の形状や土砂量から天然ダム形状を想定する方法
- ・数値計算により天然ダム形状を想定する方法

<アウトプット>

天然ダム形状の検討は、以下の項目について設定することを標準とする。

- ・天然ダム高さなどの形状に関する情報

＜例示＞深層崩壊の土砂量から天然ダム形状を想定する方法

天然ダムの形状の想定に関する研究事例は必ずしも多くはないが、深層崩壊土砂量等から天然ダム形状を想定する方法としては、以下に示すオベリスクの式による方法や原田らの方法²⁾が考えられる。

天然ダム形状は、四角錐台型やくさび型の形状が知られている。これらの形状を形成する勾配や長さを、天然ダム形成地周辺地形情報、過去の実績を参考に算定し、深層崩壊土砂量と同等となる天然ダム形状をオベリスク式で体積を算定することによって推定することができる。

$$h = \frac{6 \times V}{L_2 \times B_1 + L_1 \times B_2 + 2(L_1 \times B_1 + L_2 \times B_2)}$$

ここで、

h : 天然ダム高 (m)

V : 天然ダムの体積 (m³)

B₁ : 左右岸方向の天然ダム堤長 (m)

B₂ : 河床幅 (m)

m : 河道の側岸勾配 (1 : m)

L₁ : 天然ダム天端幅 (m)

L₂ : 堰き止め長 (m)

θ₁ : 下流側のり勾配 (°)

θ₂ : 上流側のり勾配 (°)

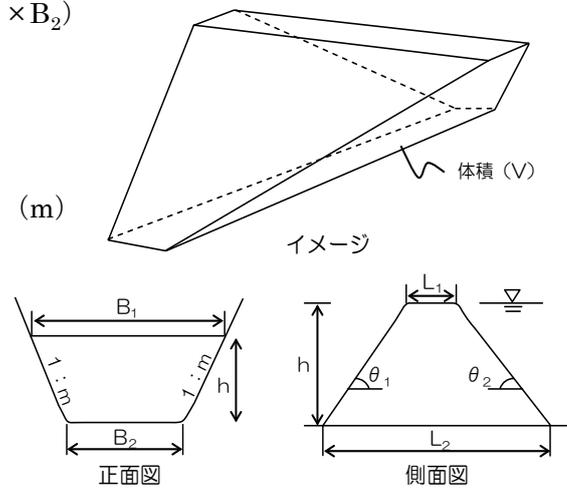


図-5.5 天然ダムの体積の計算

本式を用いるにあたっては、上流側のり勾配・下流側のり勾配 (θ₁, θ₂) を設定する必要がある。当該深層崩壊検討分割領域内の天然ダム発生実績があればその勾配を採用する。当該深層崩壊検討分割領域内での実績がない場合には、全国的な実績を参考とすることができる。下流側のり勾配等については下記の事例がある²⁾。

例) 下流側のり勾配 (θ₂)

- ・平成16年中越地震 (6事例), 平成20年岩手宮城内陸地震 (5事例), 平成23年台風12号 (14事例) の平均勾配の実績: 分布範囲6° ~31°, 平均値18.4°, 最大値31°, 75%値23°, 90%値26°
- ・天然ダム高さが40mを超える4事例では最大値17°

上流側のり勾配 (θ₁)

- ・湛水によって計測ができず、実績がない。

また、これを参考とする場合、安全側を見て、天然ダムは三角形形状 (L₁=0) として想定することが考えられる。

また、堰止め長の設定にあたっては、全国的な崩壊土砂量と堰止め長の実績を参考とすることで天然ダムの形状が設定できる（図-5.6）

天然ダム高さは深層崩壊土砂量から周辺地形を基に計算によって決定することを基本とするが、全国的な崩壊土砂量と天然ダムの高さの実績を整理した事例がある（図-5.7）。

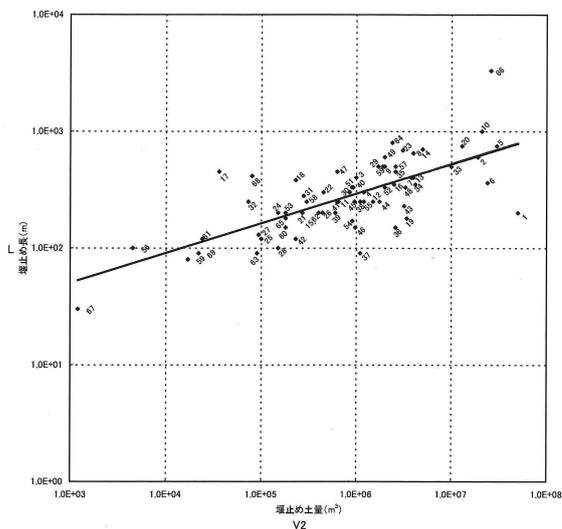


図-5.6 堰止め土量（崩壊土砂量）と堰止め長³⁾

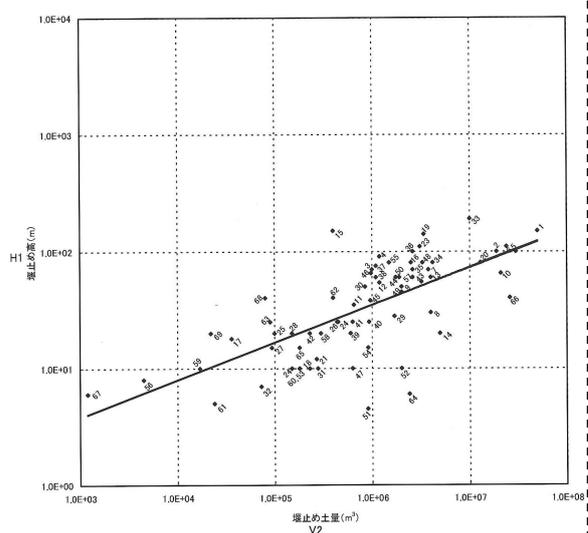


図-5.7 堰止め土量と堰止め高³⁾

【参考文献】

- 1) 原田紹臣・小杉賢一郎・里深好文・水山高久：天然ダムの堆積高及び堆積長に関する簡易的な予測手法とその適用性，砂防学会誌，Vol.68，No.6，p.47-50，2016
- 2) 鈴木清敬・内田太郎・桜井亘：深層崩壊に起因する天然ダムタイプの被害想定手法に関する一考察，平成29年度砂防学会研究発表会概要集，p.748-749，2017
- 3) 田畑茂清・水山高久・井上公夫：天然ダムと災害，古今書院，228pp.，2002

5.3.3 天然ダム湛水規模の検討

<標準>

<手段>

天然ダム湛水規模の検討において、天然ダム湛水容量は天然ダムの高さから設定することを標準とする。その上で、天然ダム湛水容量・天然ダム形成後の河川流流入量から、短時間決壊型の天然ダムと長期間継続型の天然ダムに分類し、短時間決壊型の天然ダムを対象とすることを標準とする。なお、天然ダム湛水容量は天然ダムにおいて越流開始時点の湛水量とする。

<アウトプット>

天然ダム湛水規模の検討は、以下の項目について設定することを標準とする。

- ・天然ダムの水位容量曲線
- ・短時間決壊型と長期間継続型の分類

【解説】

天然ダムの高さを基に、天然ダムから越流開始が想定される天然ダム天端標高を設定する。天然ダム上流側地形図を基に平均断面法などにより、湛水容量を算定する。

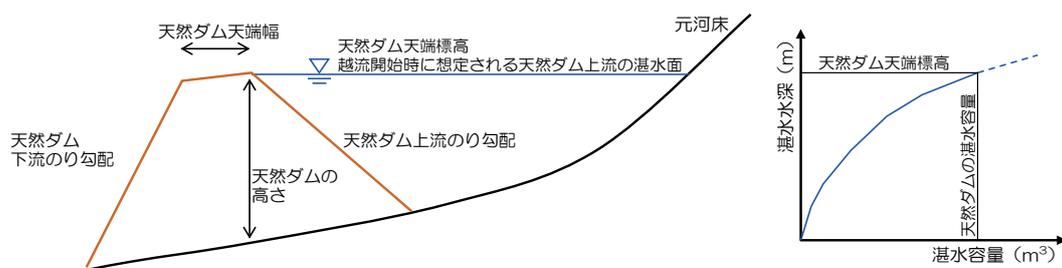


図-5.8 天然ダム湛水容量算定 (例)

＜例示＞天然ダム（短期決壊型）継続時間の想定方法

天然ダムの湛水容量と天然ダム形成後の河川流水流入量から天然ダムの継続時間を想定するには、天然ダム形成後のハイドログラフを想定する必要がある。一般に天然ダムは豪雨時に形成されることから、豪雨時のハイドログラフを想定する。

当該地域で天然ダム形成の実績がある場合、実績の比流量の時系列データ（ないしは実績の降雨波形から推定された比流量の時系列データ）を用いることができる。一方、天然ダム形成時の情報が十分に得られない場合は、既往の砂防計画等で用いられているハイドログラフの活用や豪雨時のハイドログラフの実績の利用、豪雨時の降雨波形から洪水ハイドログラフの推定などが考えられる。この際、「3.5.2 深層崩壊発生頻度の検討」の結果に基づき、当該地域で深層崩壊を発生させる降雨特性・規模に応じて洪水ハイドログラフを想定することが望ましい。

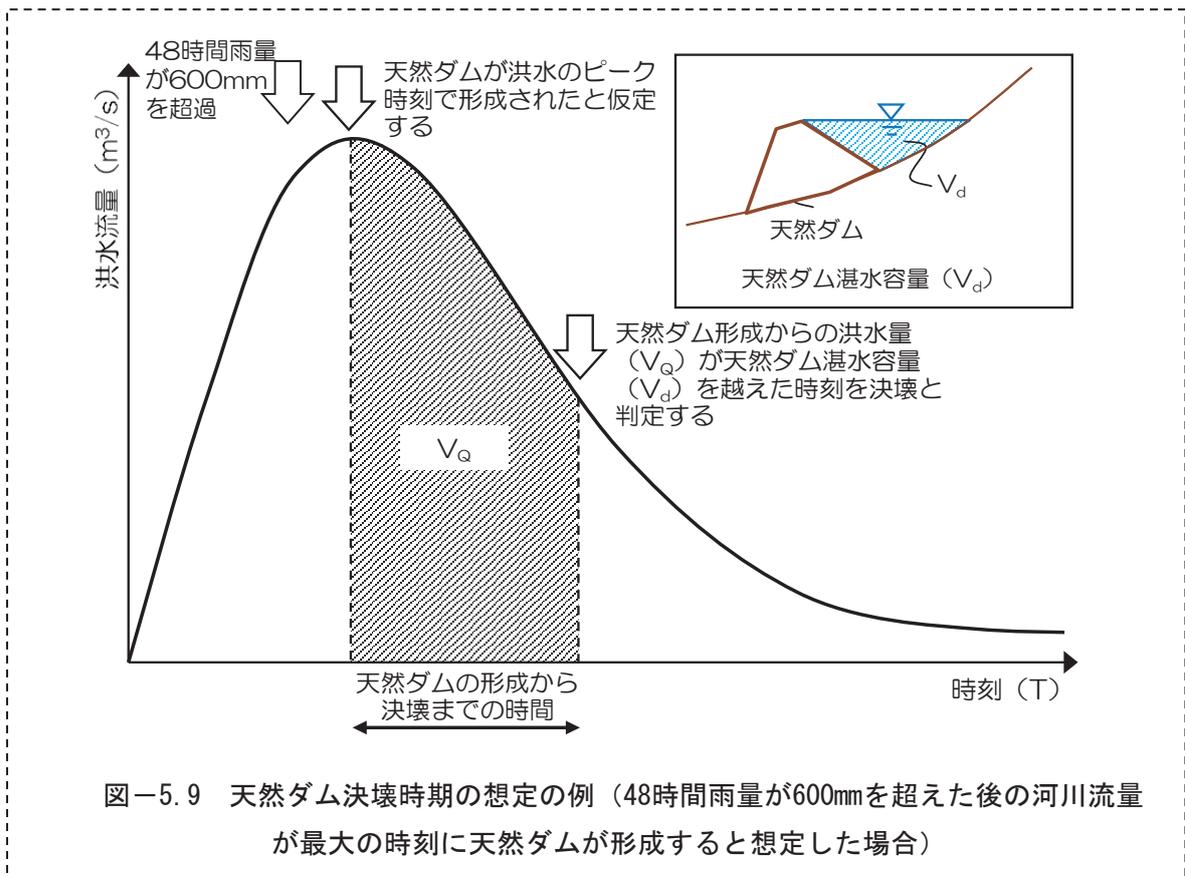
次に、天然ダムの継続時間の推定にあたっては、天然ダムの形成時刻を想定する必要がある。当該地域で天然ダム形成の実績があり、天然ダム形成時刻の情報が得られる場合、これを参考にし、天然ダム形成時刻を想定することができる。また、天然ダムの形成時刻の想定にあたっては、以下の知見が参考になる。

- 1) 既往の国内事例の分析から、深層崩壊の発生は48時間雨量などの長期雨量指数の影響を強く受けており、48時間雨量が600mmを超えると深層崩壊の発生事例が急増することが明らかにされてきた¹⁾。
- 2) 既往の国内事例の分析から、深層崩壊は河川流量が最大に近い時刻に発生することが明らかにされてきた²⁾。

これを基にすると、例えば48時間雨量が600mmを超えた時点や、600mmを超えた後の河川流量が最大の時刻に天然ダムが形成すると想定するなどが考えられる（図-5.9）。また、同規模の降雨であっても、降雨波形の違いにより、天然ダムの継続時間が異なる可能性も考えられる点にも留意し、複数の降雨波形、流量波形について検討することも考えられる。

【参考文献】

- 1) 内田太郎・岡本敦：深層崩壊を引き起こした降雨の特徴，土木技術資料，Vol.54，No.11，p.32-35，2012
- 2) 坂野弘太郎・杉本宏之・武士俊也：流量指標を用いた大規模土砂災害発生ポテンシャル評価の試み—平成23年台風12号の分析事例—，平成25年度砂防学会研究発表会概要集，A.152-A.153，2013



5.3.4 天然ダム直下におけるハイドログラフの検討

<標準>

<手段>

天然ダム直下におけるハイドログラフの検討は、1次元河床変動計算を用いることを標準とする。

<アウトプット>

天然ダム直下におけるハイドログラフの検討は、以下の項目について設定することを標準とする。

- ・天然ダム直下におけるハイドログラフ

【解説】

天然ダム湛水位が満水状態となった時点から、天然ダムの越流決壊現象を追跡可能なモデルによって決壊ハイドログラフを作成する。

その際、数値計算プログラムには以下の機能が求められる。

- ・土石流状態から掃流状態まで連続的な土砂輸送を解析できること。
- ・河床の侵食・堆積現象を解析できること。
- ・水の不定流計算が可能であること。

なお、これらは「土砂災害防止法に基づく緊急調査の手引き」（河道閉塞による土砂災害対策編）における標準的な手法と概ね同じ手法である。なお、緊急調査時には速やかに結果を得る必要があり、目的、時間的制約、ハイドログラフの条件など条件が異なることから、事前検討として1次元河床変動計算を行う場合は緊急調査時とは異なる数値計算プログラムを用いることを標準とする。

【参考文献】

- 1) 森俊勇・坂口哲夫・井上公夫編著：日本の天然ダムと対応策，古今書院，p.113-116，2011

＜例示＞天然ダム決壊時の湛水池への流入流量の推定

天然ダム決壊時の湛水池への流入流量の推定について、「5.3.3天然ダムの継続時間の検討」に用いたハイドログラフ・条件を基に、天然ダム決壊時の比流量を算出することができる。

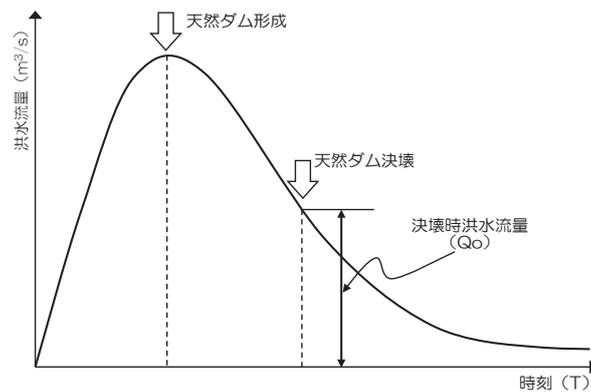


図-5.10 決壊時洪水流量の算定 (例)

＜参考＞簡易的な推定手法

天然ダム直下におけるハイドログラフの検討は、数値シミュレーションを用いて想定する手法により行うことを標準とするが、簡易的なピーク流量の推定手法も提案されてきている¹⁾。

【参考文献】

- 1) 田畑茂清・水山高久・井上公夫：天然ダムと災害，古今書院，p.144-149，2002

5.3.5天然ダム下流河道における洪水の追跡検討

<標準>

<手段>

天然ダム下流河道における洪水の追跡検討は、1次元河床変動計算を用いることを標準とする。

短時間決壊型天然ダムの場合、天然ダム下流域で比較的大きな常時流水を有する本川と合流する場合、本川洪水流量を天然ダム決壊に起因するハイドログラフに加えて算定することを標準とする。

<アウトプット>

天然ダム下流河道における洪水の追跡検討は、以下の項目について設定することを標準とする。

- ・ 氾濫開始点または保全対象付近における流況（ハイドログラフ，土砂濃度）

【解説】

「5.3.4天然ダム直下におけるハイドログラフの検討」と同様な方法を用いる。

＜例示＞天然ダム下流河道における洪水の追跡検討方法

「5.3.3＜例示＞天然ダム（短期決壊型）継続時間の設定方法」を基に，天然ダム決壊時の比流量を算出することができる。すなわち，天然ダム決壊時の合流する河川の洪水流の比流量は天然ダムに流入する河川の比流量と等しいと仮定し，合流する河川の洪水流を算定することができる。

$$\text{本川洪水流量 (m}^3\text{/s)} = \frac{A_2(\text{km}^2)}{A_1(\text{km}^2)} \times \text{決壊時の天然ダムに流入する流量 (m}^3\text{/s)}$$

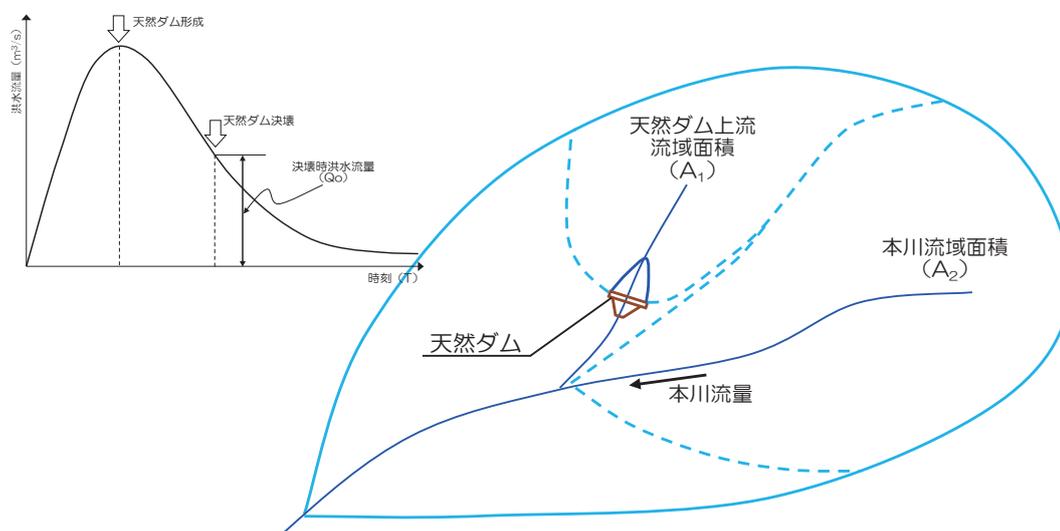


図-5.11 合流する河川の洪水流量の設定（例）

5.3.6 天然ダムタイプの氾濫範囲の検討

<標準>

<手段>

天然ダムタイプの氾濫範囲の検討のうち、天然ダム上流側の湛水による氾濫範囲は、天然ダム湛水池周辺の地形図を用いる手法により行うことを標準とする。

天然ダムタイプの氾濫範囲の検討のうち、天然ダム決壊による洪水の氾濫範囲は、2次元の数値計算を用いる手法により行うことを標準とする

<アウトプット>

天然ダムタイプの氾濫範囲の検討は、以下の項目について設定することを標準とする。

- ・天然ダム上流側の湛水による氾濫範囲
- ・天然ダム決壊による洪水の氾濫範囲

【解説】

天然ダムタイプの氾濫範囲の検討の内、天然ダム決壊による洪水の氾濫範囲の検討は、氾濫開始点（流域内に保全対象が分布し、かつ、流下能力が不足している場合、保全対象の直上流）から下流側は、氾濫現象を追跡可能な2次元の数値計算によって氾濫範囲を設定する。

また、ある氾濫開始点上流において、複数の天然ダムの形成箇所、規模を想定した場合は、氾濫開始点のハイドログラフが概ね類似したケースが複数存在することが考えられる。このような場合は、氾濫開始点のハイドログラフが概ね類似したケースごとに代表ケースを設定し、氾濫計算を行うことも考えられる。

5.4 土石流タイプの被害範囲の検討

5.4.1 手法の概要

<考え方>

土石流タイプの被害範囲の検討は、深層崩壊が土石流化して流下した場合の氾濫被害範囲を設定するために行う。

<標準>

<手段>

土石流タイプの被害範囲の検討は、蓋然性の高い深層崩壊現象のうち、4章および5.1項で抽出した現象について検討することを標準とする。

地形条件、土石の粒径等については、現地調査に基づき条件を設定することを標準とする。なお、既往調査結果を用いて条件設定を行ってもよい。

これら条件を用いて、数値シミュレーションにより被害範囲を算出することを標準とする。

<アウトプット>

土石流タイプの被害範囲の検討は、以下の項目について設定することを標準とする。

- ・土石流タイプの被害範囲

5.4.2 土石流ハイドログラフの検討

<標準>

<手段>

土石流ハイドログラフの検討は、1次元河床変動計算を用いることを標準とする。土石流が比較的大きな常時流水を有する本川と合流する場合、深層崩壊に起因する土石流のみではなく、溪流の本川洪水流量と重なる場合があることにも留意する。

<アウトプット>

土石流ハイドログラフの検討は、以下の項目について設定することを標準とする。

- ・下流谷出口または保全対象付近における流況（ハイドログラフ，土砂濃度）

【解説】

深層崩壊に起因する土石流の1次元河床変動計算手法は、「深層崩壊に起因する土石流の流下・氾濫計算手法（案）」（土木研究所資料，第4240号）に詳しい。「深層崩壊に起因する土石流の流下・氾濫計算手法（案）」では、深層崩壊に起因する土石流では、土石流中に含まれる土石のうち、細粒土砂は土石流中の間隙流体と一体となって移動する可能性を考慮した数値計算手法が示されている。崩壊土砂が土石流化したのちの流下・堆積過程（下図の②～④）を数値計算により想定するものである。

また、用いる計算プログラムの留意点については、参考文献¹⁾が参考になる。また、「深層崩壊に起因する土石流の流下・氾濫計算手法（案）」には、深層崩壊に起因する土石流の粒度分布、深層崩壊が発生した岩盤の間隙率に関する情報も整理されており、参考にできる。

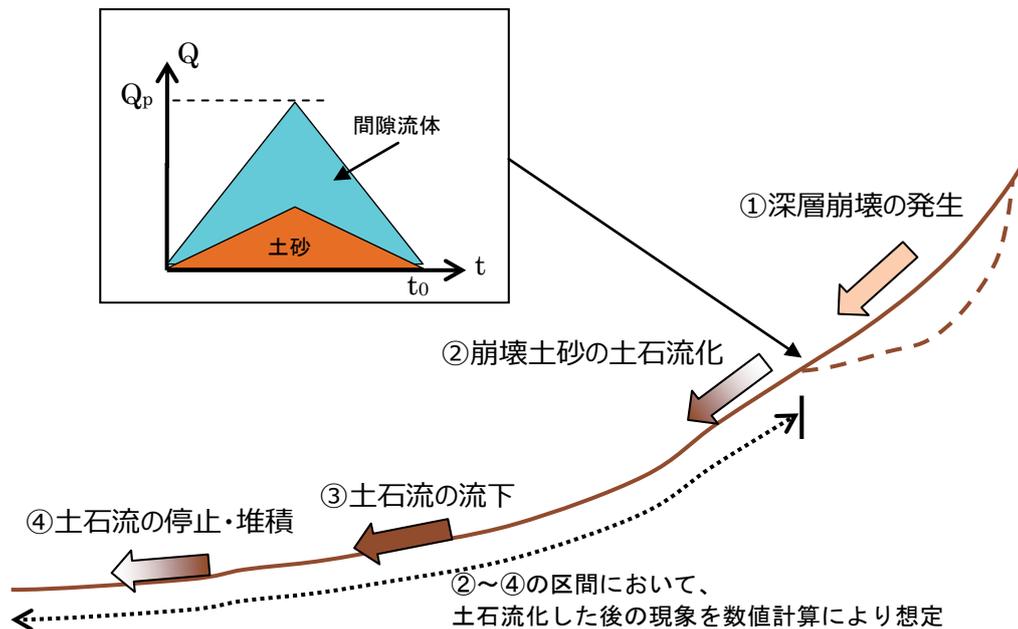


図-5.12 土石流の流下検討（例）

【参考文献】

- 1) 内田太郎・丹羽諭・西口幸希・村上正人・蒲原潤一・岡本敦：大規模な土石流の流下・堆積に関する数値計算プログラム作成の留意点，土木技術資料，Vol.56，No.9，p.22-25，2014

＜例示＞計算上流端のハイドログラフの設定方法

「深層崩壊に起因する土石流の流下・氾濫計算手法（案）」においては，参考に1次元計算区間の上流端においては，流れ（流量と流速の関係）は，土石流の抵抗則に従っていると仮定してハイドログラフを設定する手法が示されている。土石流の抵抗則は高橋の抵抗則を用い，ハイドログラフは継続時間の中間の時刻でピーク流量となる三角形形状を仮定する。また，崩壊土砂が一様な速度で移動していると仮定して算定する。なお，本設定方法は，ピーク流量は最大で，継続時間は最短な現象に近いと考えられることに留意する必要がある。すなわち，条件によっては，非常に速い流速を想定してしまう場合がある。

＜例示＞土石流化する土砂量の設定方法

深層崩壊の崩壊ハイドログラフの検討において、流下する土砂量の上限值を以下の様に設定する場合がある。

崩壊土砂量が100万 m^3 を超えるような深層崩壊地については、全量が土石流として流下しない可能性が高い。このため、当該地域の過去の災害事例を参照し、土石流の最大規模を決めても良い。また、当該地域の過去の災害事例を参照しがたい場合、崩壊土砂のうち70万 m^3 程度が土石流化する上限と想定する方法(図-4.13を参照)もある。

【参考文献】

- 1) 内田太郎・岡本敦：崩壊土砂の流動化量に関する一考察，土木技術資料，Vol.55，No.7，p.6-9，2013

5.4.3 土石流タイプの氾濫範囲の検討

<標準>

<手段>

土石流タイプの氾濫範囲の検討は、2次元の数値計算を用いる手法により行うことを標準とする。

また、増水した河川等に崩壊土砂が流入した場合は、対岸等においても被害が生じる場合があることにも留意する。

<アウトプット>

土石流タイプの氾濫範囲の検討は、以下の項目について設定することを標準とする。

- ・土石流による氾濫範囲

【解説】

谷出口から下流側は、土石流の氾濫現象を追跡可能な2次元の数値計算によって氾濫範囲を設定する。

また、ある氾濫開始点上流において、複数の深層崩壊の発生箇所、規模を想定した場合は、氾濫開始点のハイドログラフが概ね類似したケースが複数存在することが考えられる。このような場合は、氾濫開始点のハイドログラフが概ね類似したケースごとに代表ケースを設定し、氾濫計算を行うことも考えられる。

5.5 崩土の直撃タイプの被害範囲の検討

<考え方>

崩土の直撃タイプの被害範囲の検討は、深層崩壊に起因する崩土の直撃による被害範囲を設定するために行う。

<標準>

<手段>

崩土の直撃タイプの被害範囲の検討は、蓋然性の高い深層崩壊現象のうち、4章および5.1節で抽出した現象について検討することを標準とする。

地形条件、土石の粒径等については、現地調査に基づき条件を設定することを標準とする。なお、既往調査結果を用いて条件設定を行ってもよい。

これら条件を用いて、以下の手法によって行うことを標準とする。

- ・運動方程式に基づく方法
- ・数値シミュレーションに基づく方法
- ・過去の崩土の到達実績に基づく方法

また、増水した河川等に崩壊土砂が流入した場合は、対岸や上下流等においても被害が生じる場合があることにも留意する。

<アウトプット>

崩土の直撃タイプの被害範囲の検討は、以下の項目について設定することを標準とする。

- ・崩土の直撃タイプの被害範囲

＜例示＞崩土の直撃タイプの被害範囲検討方法

1) 運動方程式に基づく方法¹⁾

移動速度と抵抗力の運動方程式として到達距離を算定する方法がある。

2) 数値シミュレーションに基づく方法

崩土の直撃タイプにより被害のおそれのある区域は、深層崩壊の発生場所及び規模が想定できれば、崩壊土砂の挙動を表現可能な数値計算手法で設定できる。崩壊土砂の挙動を表現可能な数値計算手法としては、①崩壊土砂を連続体として扱う手法²⁾、³⁾、②崩壊土砂を個別要素法により表現する手法⁴⁾などが提案されている。

3) 過去の崩土の到達実績による検討方法

深層崩壊に起因する崩土の到達距離については、過去の実績を取りまとめた事例⁵⁾が参考となる。

4) 段波の検討

川沿いで発生した深層崩壊による土砂は、場合によっては対岸にまで達するおそれがあるので留意する。さらに、増水した河川等に崩壊土砂が流入した場合は、対岸や上下流等においても被害が生じる場合があることにも留意する。深層崩壊に起因する段波の到達距離については、平成23年台風12号の実績⁶⁾が参考となる。

【参考文献】

- 1) 土木学会水理委員会：水理公式集 [平成11年度版]，社団法人 土木学会，p.144，1999
- 2) 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
- 3) 宮本邦明：土塊の運動の2次元数値シミュレーション，砂防学会誌，Vol.55，No.2，p.5-13，2002
- 4) 武藏由育・山崎美穂・水山高久・小杉賢一朗：崩壊土砂の運動のシミュレーション手法に関する研究，砂防学会誌，Vol.64，No.3，p.37-45，2011
- 5) 西口幸希・内田太郎・田中健貴・蒲原潤一・奥山遼佑・日名純也・松原智生・桜井亘：深層崩壊の発生に伴う土砂移動現象と被害発生位置の実態．砂防学会誌，Vol.68，No.6，p.31-41，2016
- 6) 奈良県：土砂災害地域防災マップづくりガイドライン，http://www3.pref.nara.jp/doshasaigai/data/GUID_guidline.pdf，p.18，参照2017-3-24，2015

6 被害想定の詳細検討

<考え方>

被害の詳細把握は、深層崩壊に起因する氾濫範囲内の資産・重要施設等の分布状況、地形の詳細などを設定・把握するためを行う。

<標準>

<手段>

被害の詳細把握は、以下の手法によって行うことを標準とする。
氾濫範囲の評価を行う二次元計算はメッシュ標高を使用しているため、河川の比高・保全対象と氾濫範囲の位置関係について、現地で照査を行う。

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of NILIM

No. 983 August 2017

編集・発行 国土技術政策総合研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは

〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地

企画部研究評価・推進課 TEL 029-864-2675