

第 37 回研修会 「深層崩壊、天然ダムを巡る最近の状況」報告

講師：土木研究所土砂管理研究グループ上席研究員

(火山・土石流チーム) 石塚 忠範先生

主催：NPO 法人都市災害に備える技術者の会講演会

日時：2012 年 6 月 2 日 (土) 14:00～17:00

場所：読売新聞大阪本社「ギャラリーよみうり」

参加者：33名



石塚先生の御紹介が、廣野会員よりあった。

1985 年鳥取大学農学部卒業、2005 年高知県土木部砂防課長、2007 年四国山地砂防事務所長、2009 年内閣府沖縄総合事務局開発建設部技術管理官、2010 年から現職。

====ご講演開始 (14:05) =====

本日の講演内容は以下の通り。

1. 深層崩壊の特徴と概要
2. 最近の発生状況 (台風 12 号災害を中心として)
3. 歴史的な災害の事例：明治十津川災害、昭和 28 年の有田川災害など
4. 深層崩壊の発生危険箇所の評価 (全国マップ、危険箇所評価の考え方)
5. 天然ダムに対する緊急的な対応
6. 深層崩壊対策に向けた今後の取り組み



講演開始を告げる廣野氏と会場風景

1. 深層崩壊の特徴と概要

「深層崩壊」とは、「山崩れ・崖崩れなどの斜面崩壊のうち、すべり面が表層崩壊よりも深部で発生し、表土層だけでなく深層の地盤までもが崩壊土塊となる比較的規模の大きな崩壊現象」のことで、これに対して「表層崩壊」は、2～3m 程度の深さの表土層が滑る現象。深層崩壊は岩盤まで滑るため土塊はバラバラになって移動する。

深層崩壊の定義が、砂防学会からなされている。砂防学会では、平成 22 年から検討委員会が発足し深層崩壊について検討してきた。「深層崩壊」は用語としては、昭和 45～46 年ごろから学会誌等で見られるようであるが、これまで定義は必ずしも明確ではなかった。

地滑りは長い年月をかけて起きるため、地形的な特徴が残る。それに対し、深層崩壊は急斜面で起き、動きは突発的で移動速度が速い。移動土塊の構造は乱される。ただし、自然現象なので、その境界領域のものもある。例えば、初動地すべりと、深層崩壊は区分が難しい。

深層崩壊に起因する土砂災害には、大別して 2 種類ある。ひとつは直接土石流となる災害、もうひとつはいったん天然ダムを形成しそれが決壊することで発生する災害である。直接土石流となる災害の例としては、宮崎県鰐塚山 (2005 年) があり、天然ダムを形成する事例は、奈良県栗平 (2011 年) などである。これらは豪雨による深層崩壊の事例であるが、地震で発生する場合もある。地震による事例としては、岩手宮城内陸地震 (2008 年) のドゾウ沢深層崩壊、沼倉裏沢天然ダムなどがある。

過去の深層崩壊の分布をマップにまとめている。これは、豪雨・融雪に起因する明治期以降の崩壊土砂量 10 万 m³ 以上の崩壊のうち、発生時期が特定できるもののみを対象としたものである。地震によるものは含まれていない。全部で 122 事例がプロットされている。多いのは、北陸・長野北部、紀伊半島・四国・九州中部の中央構造線の南側（西南日本外帯）などである。

深層崩壊発生を経年的変化をみると、明治十津川災害（明治 22 年；1889 年）、有田川災害（昭和 28 年；1953 年）、台風 12 号紀伊半島災害（平成 23 年；2011 年）の 3 箇所にはピークがある。50 年周期くらいで大規模なものがあるようだ。有田川災害以前のデータが少ないが、古いものは記録が十分でない可能性がある。

深層崩壊の発生状況をこの 30 年くらいの発生傾向としてまとめてみると、雨の増加傾向と、深層崩壊の発生傾向が一致しているように見える。そして、全体として土砂災害発生件数も増えているが、土砂災害発生件数の増加傾向より、深層崩壊発生の増加傾向の方が、勾配が急であり、深層崩壊の発生頻度が多くなっているように見える。

深層崩壊の発生と降雨の関係図を見ると、累積雨量 500mm 以上で発生しており、発生時に雨が止んでいた時に崩壊しているものも多く見られる。深層崩壊は、雨の強さだけではなく、雨の総量に支配されているようである。400mm 未満で深層崩壊が起きた事例は収集した事例ではなかった。

2. 最近の発生状況（台風 12 号災害を中心として）

台風 12 号の特徴は、台風が遅かったため、長期間の雨を降らせたことである。30mm 前後の雨が長く降り続いた。このため台風の進路の右側に当たる近畿地方は記録的な豪雨に見舞われた。上北山観測所（気象庁）で累積雨量 1800mm を超えた（年間平均降水量の 2/3 に相当）。

土砂災害発生分布図は、台風 12 号災害で発生した崩壊を空中写真判読し、作成したものである。3000 箇所以上の崩壊が発生した。崩壊面積と崩壊土量の相関式から推定すると約 1 億 m³ の崩壊土量となる。明治期以降に約 200 箇所の深層崩壊があったが、台風 12 号で 60 箇所以上の崩壊が発生している。

和歌山県田辺市本宮町三越（みこし）地区については、先日開催された砂防学会の基調講演で田辺市長がその話をされた。高台のお祖母さんを下流側にすむ住民が助けに行き、まさにその時に下側に住む人たちの家が流された。お祖母さんが村人を助けた形になった、とのこと。その他、写真で紹介された事例の説明があった。

（事例説明の一部）和歌山県那智勝浦町 金山谷川は、周辺と異なり花崗岩の地質であった。天然ダム 赤谷（あかだに）の天然ダムは、900 万 m³ 程度の土量。栗平（くりだいら）は、1500 万 m³。

これとは別に台風 6 号時、高知県北川村では、3 箇所で深層崩壊が発生した。長さ 300m、最大深さ 40m。岩盤クリープが起きていた。

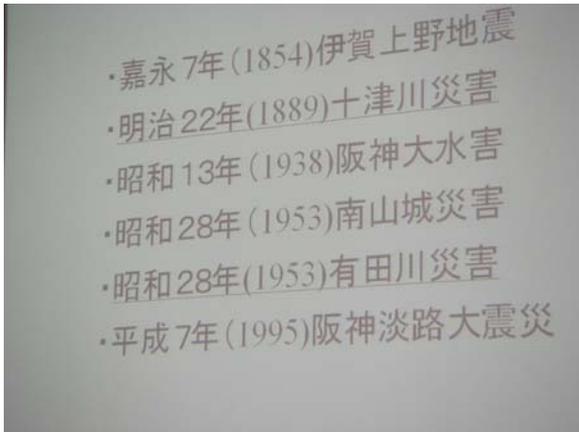
3. 歴史的な災害の事例

近畿地方の歴史的な大規模土砂災害について説明があった。これは配布資料に入っていない（借用資料のため；井上公夫氏資料）。近畿地方では、嘉永 7 年（1854）伊賀上野地震、明治 22 年（1889）十津川災害、昭和 13 年（1938）阪神大水害、昭和 28 年（1953）南山城災害、昭和 28 年（1953）有田川災害、平成 7 年（1995）阪神淡路大震災などがある。

明治十津川災害（明治 22 年；1889 年）については、『宇智吉野郡水災誌』に記録があり、崩壊箇所の絵図が残されている。死者数は、奈良県 245 人、和歌山県 1247 人。北海道に十津川村から移住した人で新十津川村ができたが、これは十津川郷土が幕末に勤皇の志士として働きをしたことにより、明治天皇の配慮で実現したらしい。

台風 12 号の崩壊箇所を、明治の災害箇所と比較する研究も行われている。また災害による石碑が各地に残されている。四国の事例となるが、高知県仁淀川沿いの越知と言う町が湛水する災害が 200 年ほど前に起きており、湛水したところの境界に石碑が残されている。石碑には「これより下に家を建てるな」などの言葉が書かれており、その教訓は現在まで語り継がれている。当時水につかったところは、現在でも住宅地としては使われていない。

有田川災害（昭和 28 年；1953 年）も死者 1000 人を超える大災害。8 箇所天然ダムが形成された。



歴史的な災害の事例

熱心に講演を聴く参加者

4. 深層崩壊の発生危険箇所の評価（全国マップ、危険箇所評価の考え方）

マップを見ると第四紀の隆起量大きいところで深層崩壊が発生している。それと同時に、付加体の地質の箇所で多く発生しており、付加体であるかどうかが大きく影響している。付加体で隆起量大きいところが、深層崩壊の発生密度が高くなる。付加体形成と地質構造の説明があった。

第四紀隆起量、地質と深層崩壊発生密度の関係でわかることは、(1) 第四紀隆起量大きいほど崩壊密度は大きい、(2) 第四系の地域では、それ以外の地域に比べて崩壊密度が小さい、(3) 付加体では、付加体以外の地域に比べて崩壊密度が大きい、ということである。

また、深層崩壊は、①過去の深層崩壊地の周辺、②深層崩壊の前兆と考えられる地盤の緩みを表す微地形（二重山稜、線状凹地）や地質構造の周辺、③斜面勾配が大きく集水面積が大きい斜面で生じやすい、ということがわかってきている。①～③の条件から深層崩壊の危険度を一定の精度で評価することができると思われる。

そのような定性的な方法とは別に、物理過程に基づく発生要因の解明も今後必要である。

5. 天然ダムに対する緊急的な対応

土砂災害防止法は広島災害を契機に作られた法律であり、土地利用の面から規制する法律である。これが改正され、大規模な土砂災害（天然ダム）が切迫している時に、国等が緊急調査を実施することになった。この改正法により 2011 年紀伊半島災害に対して国が緊急対応した。

天然ダム破壊形態は 3 種類ある。①越流侵食による決壊、②すべり崩壊による決壊（堤体の滑り破壊）、③進行性破壊（パイニング）による決壊である。天然ダム決壊災害を避けるため、決壊した場合に土砂がどのように流下するかを予測しなければならない。

そのために土石流・土砂流を含む一次元河床変動計算、二次元氾濫計算を用いるが、物理モデルなので、計算に必要ないろいろな定数（パラメータ）を決めなければならない。天然ダムができたような緊急時に、詳細な調査をする時間的余裕はないため、比較的簡便に得られる重要なデータだ

てよいか？

回答：全国マップで、「特に危険」とされる区域が和歌山県内で見られないのは、第四紀の隆起量が関係しているようである。今回の災害で深層崩壊が多く発生したのは、やはり雨の影響が考えられる。連続雨量で評価すると100年～200年に一度の雨量となる。

3. (A氏) 対策工について。実際実施されているものは？

回答：現位置での対策（杭工・アンカー工）は、ピンポイントで崩壊場所がわからなければならぬので、現時点では極めて困難である。今考えられる対策工としては、待ち受け的に砂防堰堤で流出土砂を捕捉・軽減するなどである。

4. (A氏) 空からの電磁波探索について（香川大学の方法）

回答：有効だと思われる。ボーリング調査は点の情報だが、空中電磁探査法は面的な方法で有効と考えている。

5. (B氏) 深層崩壊の予測が難しいとのことだが、自治体などはどう備えれば良いか？

回答：人命被害を回避するのが最優先になる。自治体の人にもお願いしたいのは、避難勧告や自主防災組織の充実など。それらは一般の土砂災害についても同じだが、その延長線上にあると考えればよいと思う。

6. (B氏) 深層崩壊に対しては、地すべりで行われる事後対策のように地下水を抜く方法で良いのか？

回答：課題は多いものの、事後対策だけで良い訳ではなく、被害を予防するための対策も必要。ただ、研究途上の課題も多くあるため、並行的にソフト対策をして行くのが当面の方法ではないかと思う。

7. (B氏) 過去に起きたところでは深層崩壊が起きやすい、ということであれば、和歌山では有田川水害などで起きているが、そういう場所で起きやすいと考えれば良いか？

回答：深層崩壊が発生した斜面の周辺は、同じ過程を経て形成されてきた地質からなっていると思われるため、やはり深層崩壊が発生しやすいと考えておく必要がある。

8. (C氏) 地滑りなどでは地すべり面のせん断強度が低下する、と理解しているが、深層崩壊ではどういう理由でせん断強度が突然低下するのか？

回答：深層崩壊の場合には、地滑りと異なり地すべり粘土が事前に形成されていることはないと考えている。地下水の作用や風化などによりせん断強度が徐々に低下しており、豪雨に伴い大量の地下水が供給されるなどが原因で、一気に崩壊するのではないか。

9. (D氏) 自主防災研究会を創って活動している。地元の住民の立場として、あらかじめ注意しておくことは何か？雨が降ったら、まず洪水、次に土石流、何日も続いたら深層崩壊。ということで良いか？

回答：相手は自然現象なので、こちらが想像している以上のことも起こり得るが、雨量との関係で言えば、いま言われたことは十分起こり得ることである。

10. (E氏) 深層崩壊対策の考え方のスライドに関して、深層崩壊では天然ダムができるのが一番大きな問題と思えるがそれで良いか？いまの天然ダムはどう対策するか？特定斜面の危険性はどの程度評価できるか？事前対策は困難なので事後対策にならざるを得ないか？固有比で岩盤クリープを評価する方法は？

回答：天然ダムだけではなく、直接土石流になるものも深刻な問題なので両方考える必要がある。紀伊半島における天然ダムの対策としては、オーバーフローしたときにでも安全に排水で

きるように仮排水路が作られている。最終的には安全な排水路を作るということになるのではないか。

危険度の評価について；天然ダムだけが対象であれば直後の緊急対策が主なものとなる。直接土石流となる場合については、事前に危険度を評価し砂防ダムで待ち受けることが必要である。固有値比の評価の仕方；クリープ斜面に特徴的な固有値比の分布があることが分かってきている。抽出するためのアルゴリズムを作り、それに基づいてある程度の絞り込みを行い、技術者が判断するような手法を考えている。

10-1 関連質問（F氏）：固有値比だと20mメッシュが一番良いか。

回答：図に示した例では、20mの場合に、クリープ斜面の特徴がよく表れている。いくつかのウインドウサイズを組み合わせて評価することを考えている。

11.（G氏）深層崩壊の規模についてわかっている範囲で教えてほしい。深層崩壊の発生と降雨の関係の図の中の、個別に雨量・規模の関係はまとめられたものがあるか？深層崩壊の背面（崩壊しなかった場所）と移動土塊は、何らかの違いがあるか？

回答：個別の崩壊に関して定量的にきちんと整理はできていない。降雨強度とよく相関しているものは比較的規模が小さく、総雨量との相関が高いものは規模が大きい、というのは言えそうな気がする。

崩壊地盤と不動地盤；基盤岩での崩壊ではあるが、移動しているものは、より風化が進んでいるのではないか。十津川の例では、流れ盤が多かったと言われている。何らかの不連続面があったことも考えられる。

12.（H氏）地形の把握が必要だと思われるが、全国的にどの程度できているのか？25000分の1レベルで予測されているのか？

回答：天然ダムの氾濫計算では、国土地理院の基盤図を使っている。10mメッシュのDEMをダウンロードして地形を再現している。

13（I氏）マップで示された「付加帯」の意味は、砂岩・頁岩互層の単純な構造と考えて良いか？内帯にも付加帯もあり、地質的な付加体の分布とマップの付加体の分布は違うようだ。また、大雑把にとらえれば、単純な地質構造（砂岩・頁岩有律互層の単斜構造）で隆起速度が大きいと、岩盤クリープが発生しやすく、そこに深層崩壊が起きやすいということのように思うが、そういう理解で良いか？

回答：それで良いと思う。

14.（J氏）地震計を使った研究は土木研究所ではやったか？緊急地震速報的に使えるか？

回答：いくつかの事例を使って検討はしている。発生時刻の推定は出来るほか、条件によっては位置もわかる。規模の推定は地震計と震源の位置などに影響されるので、推定できるものは限定されるかもしれない。予報的には使えない。発生時刻が分かれば、深層崩壊の発生量と雨量との関係が把握できる。

15.（F氏；質問ではなくコメント）前職で越美山系砂防で事後対策の仕事をしていた。揖斐川町で実際にあった崩壊では予測ができた。伸縮計をつけて予測に成功した。事後対策はオーバーフロー対策と、土砂の固定化を実施した。崩壊土砂の除去は困難。崩壊が起きると、その周辺域でレーザー測量をして事前対策をしていた。



質問者



質問者



質問者



質問者

=====講演会終了 (17:00) =====