

平成 23 年台風 12 号で発生した深層崩壊の発生メカニズムについて

国土交通省近畿地方整備局六甲砂防事務所 木下篤彦・神野忠広
 国土防災技術株式会社 ○小川内良人・眞弓孝之・柴崎達也

1. はじめに

平成 23 年台風 12 号災害では、紀伊半島の白亜系四万十帯が分布する地区で深層崩壊が多数発生した。深層崩壊は、山腹斜面の北面で発生していることが多く、地層が北傾斜で斜面に対して流れ盤構造となっていることが素因である。四万十帯の地層は構造的変形を強く受けていて、泥質岩にはせん断面が多数形成され、砂岩や塩基性岩類には節理が発達する特徴がある。そのため、地層全体が深部まで緩んでいる場合がある。

今回、台風 12 号で発生した栗平、長殿、赤谷の深層崩壊 3 箇所について、地表踏査や土質試験を実施した（図-1）。

調査ボーリング等の詳細な調査はこれからであるが、深層崩壊の発生メカニズムについて考察した。

2. 対象箇所崩壊現況および土質試験結果

2.1 栗平地区の状況

地質は、白亜系四万十帯美山層（my4 ユニット）が分布する。左側壁の斜面中部から対岸にかけては砂岩層、斜面中部に頁岩優勢互層、尾根部に凝灰質頁岩が分布する。層理面は、斜面に対して流れ盤構造となっている。側壁方向と冠頭部滑落崖方向の 2 方向の節理が発達する（図-2）。今回の崩壊発生前には尾根部で泥質岩がクリープ変形し、尾根部には緩みゾーンが形成されていた。また右側壁の節理面に沿って風化部が滑落し、滑落部最上部の凹地に成層した水中堆積物があることから、古くから土塊が移動していたと考えられる。

崩壊は、①下部ブロック：崩壊の中央に位置し溪流の下流方向に崩落、②上部ブロック：尾根部から崩壊池中央に崩落、③拡大ブロックに区分される。

2.2 長殿地区の状況

地質は、白亜系四万十帯美山層（my2, my3 ユニット）が分布する。斜面中部から溪流沿いは砂岩優勢層が分布し、斜面上部は頁岩優勢層が分布する。層理面が斜面に対して流れ盤構造となっていて、側壁方向と冠頭部滑落崖方向の 2 方向の節理が発達する（図-3）。今回の崩壊発生前には尾根に二重稜線があり、緩斜面部が地すべり地形として判読され、緩斜面の縁辺部には崩壊地形が発達していた。斜面下部では、岩盤の滑落崖があり、側壁方向と冠頭部滑落崖の方向の 2 方向の節理が発達し、節理がクサビ状に交差している。崩壊は、①下部ブロック：斜面下部の凹部で岩盤の滑落崖からなる、②上部ブロック：尾根部の強風化層を移動層、③拡大ブロックに区分される。

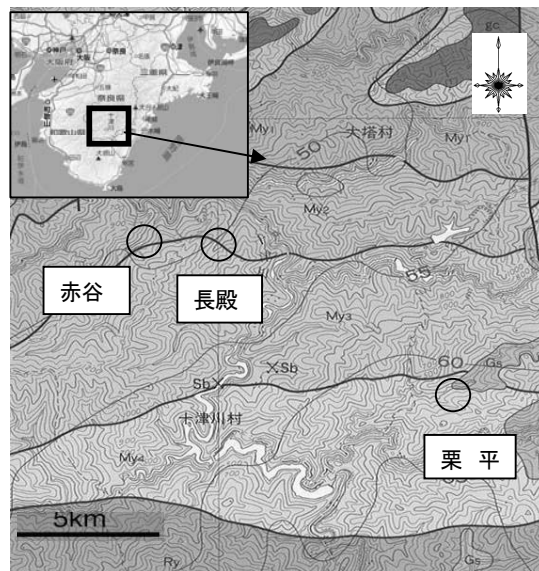


図-1 調査位置図

（旧通産省工業技術院地質調査所，平成 10 年）

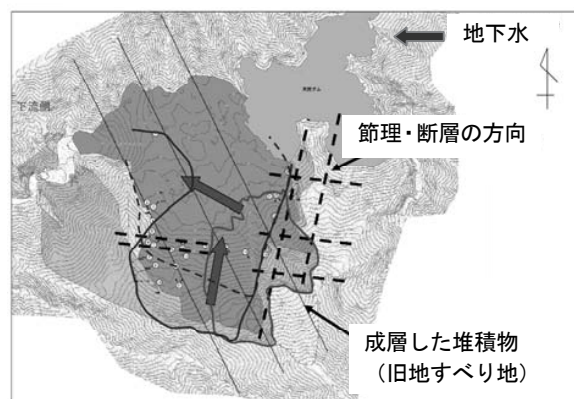


図-2 栗平地質概要図

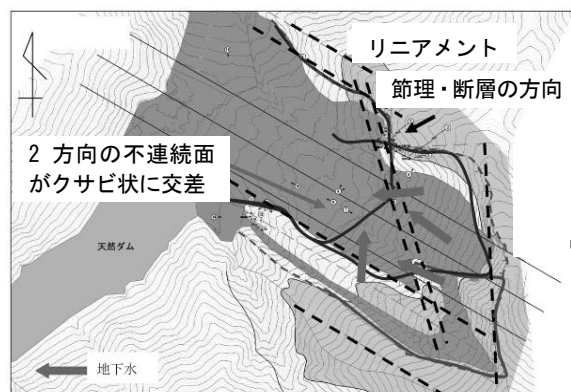


図-3 長殿地質概要図

2.3 赤谷地区の状況

地質は、白亜系四万十帯美山層（my2, my3 ユニット）が分布する。崩壊地の周辺には砂岩優勢互層が分布し、崩壊地内は頁岩優勢互層が分布する。地層が斜面に対して流れ盤構造となっていて、側壁方向と滑落崖方向の2方向の節理が発達する（図-4）。今回の崩壊発生前にも尾根部には二重稜線や緩斜面が形成されていた。尾根部は、凝灰質頁岩が構造的な変形を受けて厚い強風化帯が形成されている。崩壊は、①下部ブロック：斜面下部の凹地形部で岩盤の滑落崖からなる、②上部ブロック：尾根部の強風化層を移動層、③拡大ブロックに区分される。

2.4 土質試験結果

深層崩壊の発生に粘土鉱物やスレーキングが影響していないか分析した。また、下部ブロック滑落崖の擦痕について、電子スピン共鳴法（ESR 法）により擦痕の形成年代を測定した。

①粘土鉱物：イライト（雲母粘土鉱物）、緑泥石を主体とし、石英、長石の割合が多く、膨張性の粘土鉱物は検出されていない。

②泥質岩のスレーキング試験：スレーキング区分1～2で、凝灰質頁岩はスレーキングしやすいので尾根部の凝灰質頁岩は風化を受けやすい。一方、斜面下部の砂岩頁岩互層に発達した節理や破断面にはスレーキングの痕跡はない。

③岩盤擦痕の年代測定：22 万年前～100 万年前に形成され、崩壊前に破断面が形成されていたと判明した。

3. 深層崩壊の発生メカニズムの考察

①栗平、長殿、赤谷の深層崩壊は、上部斜面と下部斜面に大きく区分できる（図-5）。

②上部斜面：強風化層が厚く形成され、崩壊前に活動履歴がある。亀裂の発達した砂岩やクリープ変形した泥質岩により斜面全体に緩みゾーンが形成され、地下水が浸透しやすい。

③下部斜面：側壁や滑落崖と同じ方向の不連続面が発達し、2 方向の不連続面がクサビ状に交差している。また、崩壊前に下部斜面が凹地形となっている（長殿、赤谷）。基盤の泥質岩には、低角度のせん断面が発達している。

これらの特徴から、以下の深層崩壊の発生メカニズムが考察される。

- 1) 上部斜面には岩盤の緩みゾーンが形成され、地表水が浸透しやすく自由地下水となってパイピングが発達する。通常の降雨では、表層崩壊や深さ数 m 程度の崩壊が発生する。
- 2) 豪雨が3、4 日以上連続すると、上部斜面から浸透した地下水が下部斜面の縦方向の節理や破断面（崩壊前から形成されていた）に沿って深部まで地下水が到達する。更に、周辺からも地下水が供給される。下部斜面には2 方向の不連続面がクサビ状に交差し、凹地形となっているため、このクサビ部分に地下水が賦存され、高い水圧が形成される。
- 3) 深層まで到達した地下水により、岩盤の低角度の不連続面に所々、高い間隙水圧が生じ、ある水圧に達すると不連続面が横方向に連続して崩壊面が形成され、深層崩壊が発生するメカニズムが考えられる。

4. まとめ

栗平、長殿、赤谷の3箇所の深層崩壊について、地表踏査を中心とした調査を実施した。斜面上部では過去に土塊の移動があり、今回の災害で再活動している。斜面下部では、不連続面が側壁方向と滑落崖方向の2 方向に発達し、両者がクサビ状に交差している現象が認められた。これらの現象から深層崩壊の発生メカニズムを考察した。今後、誘因となる地下水の分布や岩盤に発達する低角度の破断面のせん断強度の把握等の詳細調査を進める予定である。

【参考文献】

- 1) 内田太郎・岡本敦・佐藤匠・水野正樹・倉本和正：深層崩壊発生降雨の特徴，京都大学防災研究所研究集会「深層崩壊」，2012，p56-60

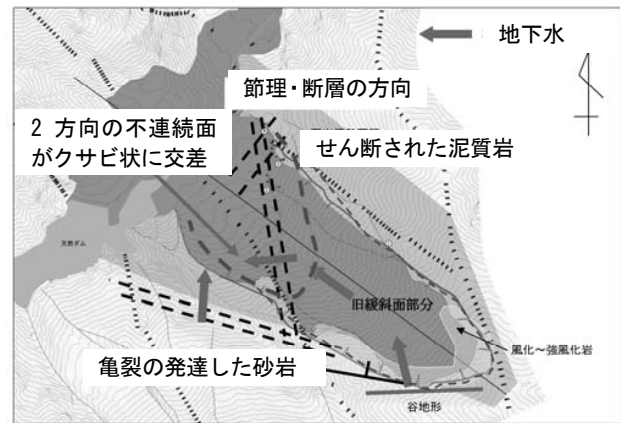


図-4 赤谷地質概要図

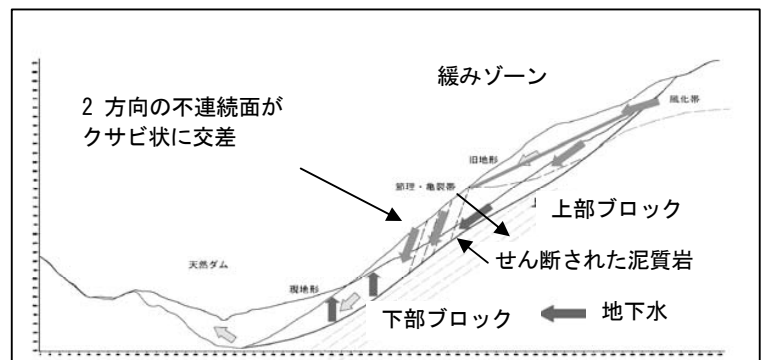


図-5 深層崩壊発生メカニズム概念図