

○友利方彦(JR 東日本 防災研究所)
 外狩麻子(JR 東日本 防災研究所)
 島村 誠(JR 東日本 防災研究所)
 高山陶子(アジア航測株式会社)

1. はじめに

鉄道防災において、降雨時の列車運行の安全性を確保するために、土構造物及び線路沿線斜面の安定性を把握することは不可欠である。現在、降雨時の列車運行に関しては、沿線での雨量観測を活用して列車の運転規制を行い、降雨時の安全性を確保している。運転規制に関わる判断基準については、沿線の斜面・のり面に対して、降雨履歴や過去の災害事象を基に定めている。このような状況を背景に、より精度の高い安全性の確保と列車の安定輸送との適切なバランスを考慮して、降雨時の斜面・のり面安定性の評価方法について検討を行っている。

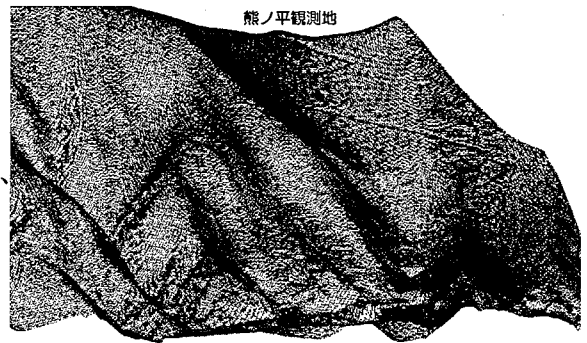


図1 旧熊ノ平駅周辺斜面

ここでは、実降雨に対する自然斜面の土中水挙動観測¹⁾と合わせて、土砂移動に関わる計測及び測量結果について報告する。2種類の独立した手法にて計測を実施した各々の結果とそれから推測される土砂生産プロセスや微小地形変動について考察する。

2. 対象地の概要

対象地は、1950年に大崩壊(熊ノ平災害;旧信越本線熊ノ平駅付近,死者50名)を起こした崩壊跡地を含む流域を熊ノ平観測地である。この流域は、旧熊ノ平駅に近接し、1950年の大崩壊の後も小規模ながら複数の崩壊履歴を有する、流域面積約29,800m²の流域である。図1に当該斜面付近の鳥瞰図を示す。

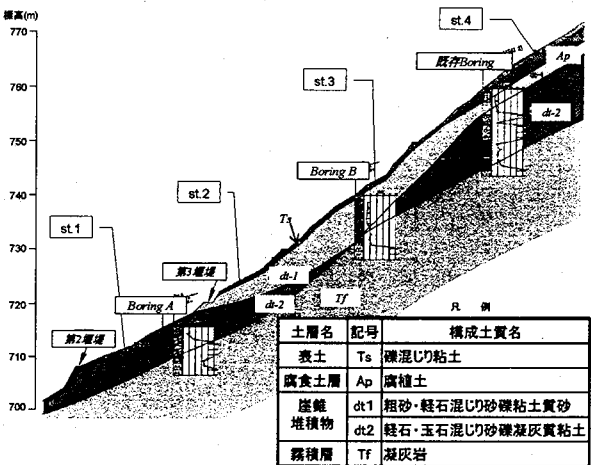


図2 想定断面図

また、これまで実施したボーリング調査結果から想定した断面図を図2に示す。おおよそ8~12m深まで分布する土層には、浅間山由来と想定される火山性軽石のレキ分が多く含まれ、これらの一部が物理的風化を受けて粘性土分が構成されている。基岩は凝灰岩層からなり、硬質で不透水層を形成している。

3. 計測実施の経緯と計測手法の選択

本観測地では、地下水位・土中水・気象観測等を2000年度から実施している。これまでに、目視ではあるが、微小地形変化や表層土の下方移動が繰り返し認められ、特に、本流域の下方西側部は著しい。この西側では2000年9月当初はボーリング掘削用モノレール軌道を敷設出来るほどであったが、湧水が常時認められ、数回に渡る小崩壊や表層移動により外相が変化している。また、埋設型のセンサー類にも湾曲・破断などの破損が生じた。これらの状況から、他の観測サイトでは想定できない速度での土砂移動や微小変動が計測できる可能性があると考え、2つの手法で計測を試みた。

1つは、観測地開設時に現況把握のために詳細な地形情報を取得するため航空レーザー計測(LP)を実施した。その時点の値との比較のため、2005年度に同一箇所を新たにLP計測した。もう1つの方法は、地表面にターゲット・マーカーを打設し、GPSから取得したポジショニング情報からターゲット・マーカーの絶対座標をモニタリングする方法である。この方法では、移動量をベクトルとして獲得することができる。

4. 地上測量による土砂移動計測

2003年10月に2種類のターゲット・マーカーを設置した。1つは簡易なもので、ピンポン球に100mm未満のピンを付け、観測地内に50以上設置した。もう1種類はプラスチック製測量用杭を加工したもので、400mm以上埋め込み、端部をモルタルで周辺土塊と一体化させ、30点設置した。前者は経年1年未満でほとんどが消失したため、後者のみの地上測量となった。

旧熊ノ平駅構内の平地及び砂防堰堤上に仮想不動点を設け、スタティック測位にて位置情報を取得した。これら仮想不動点から測量(TS測量)を行い、各杭の位置を特定した。計測は、2003年10月、2004年1月、2005年1月、2006年1月の全4回実施した。3次元のベクトルで表現した移動量を図3~図5に示す。図3は3ヶ月間の変化量、図4及び5は年間単位の杭の位置変化量となる。

5. 航空レーザーによる微地形計測

対象地の微地形形状を把握し、土砂移動の状況を面的に検討するため、2004、2005年度の2回、LPによる1mメッシュの詳細なDEM(Digital Elevation Model、数値標高モデル)を取得した。2時期の1m等高線とDEMの差分を重ね合わせ図6に示す。この結果、標高の変化はほとんどなく、概ね±50cm内であった。変化の見られた場所として、崩壊箇所の滑落崖付近(図6中の○印)などで侵食傾向(マイナスの差分)が目立つ。なお、2005年度のほうが全体に標高が若干低めに出ており、計測時期の違い(2004年度：夏季、2005年度：融雪直後)によるものである可能性がある。

図6には地上測量結果(初回と直近)を合わせて示したが、杭のZ方向移動量が10~20cmであることなどから比較検証は困難であった。地上測量でZ方向の移動量が約1m弱と最も大きかった箇所(図6中の矢印)でも標高的には変化がなかったが、土砂が全体的に移動しているために標高としては土砂移動が表現されなかったことが考えられる。

6. 今後の課題

今回、2種類の手法での計測を試みたが、計測数値を単純に比較し、どちらが優れているというものではない。それぞれの機械精度・計測精度を理解することは勿論、時系列上に変化する自然条件(例えば降雨量、気温等)や自然斜面内の植生・林況の変化など合わせて把握し、微小変動量や移動量として取得できるデータが、こういった現象を経た結果を示しているのか、こういった現象をキャッチしているのかといった適切な洞察が不可欠である。

今後も定期的に計測を行い、短期間での局所的な移動量把握は地上測量、長期での変化傾向や移動範囲の把握はLPなど、計測手法を適切に使い分けて総括的なメカニズムの把握を目指す。なおLPは今回1年での比較であるため、より長期での検証とともに現地に基準点を設ける等高精度化を図っていく予定である。

[参考文献] 1)外狩・島村：自然斜面における土中水分観測と鉄道防災への適用試案、第38回地盤工学会年次講演会概要集、2003。

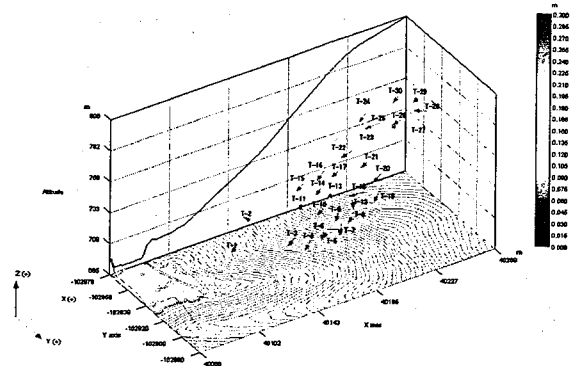


図3 算定移動量 (2004 Jan-2003 Oct)

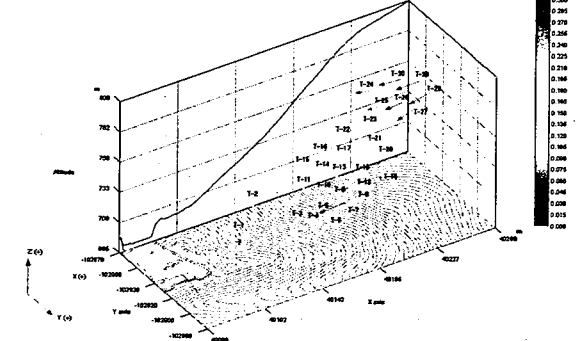


図4 算定移動量 (2005 Jan-2004 Jan)

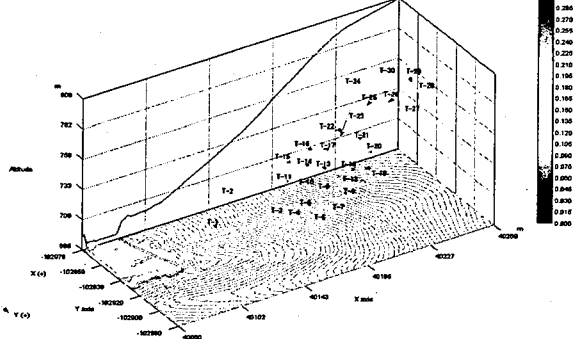


図5 算定移動量 (2006 Jan-2005 Jan)

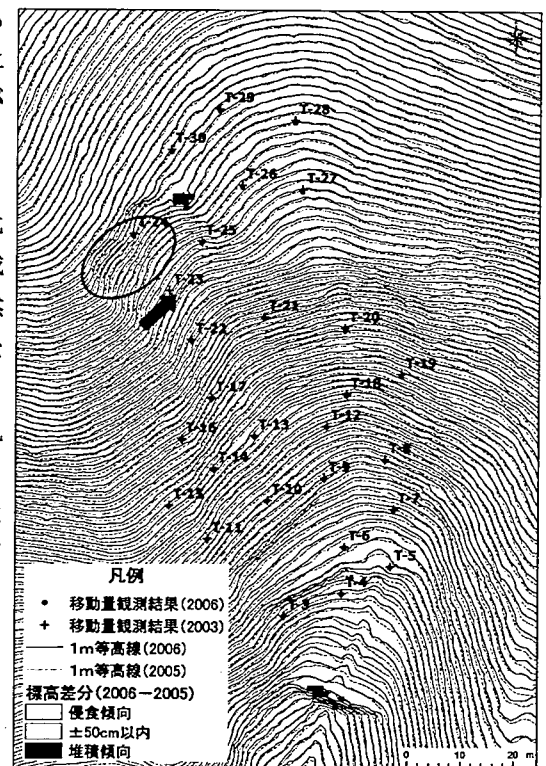


図6 LPによる2時期の差分と等高線図