

傾斜速度と変位速度の比較に基づく変形プロセスの推定と、地震前後の挙動 - 塩の川地すべり・土肥地すべりを例として -

Estimation of landslide deformation process based on comparison of inclination rate and displacement rate

宇都 忠和^{1*}, 千田容嗣¹, 武士俊也¹, 高梨俊行², 西條敦志³

UTO, Tadakazu^{1*}, Yoji Chida¹, Toshiya Takeshi¹, Toshiyuki Takanashi², Atushi Nishijyo³

¹ 独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループ地すべりチーム, ² 川崎地質株式会社, ³ 曙ブレーキ工業株式会社

¹Landslide Research Team, Erosion and Sediment Control Research Group, Public Works Research Institute, ²Kawasaki Geological Engineering Co. Ltd., ³Akebono Brake Industry Co. Ltd.

地盤傾斜計による地すべりの移動観測は、これまで数多く実施されてきたが、得られた回転運動の速度を、変位速度と併せて定量的に比較した事例は少ない。土木研究所では、曙ブレーキ工業株式会社、川崎地質株式会社との共同研究により開発され（土木研究所ほか、2009）、「特殊な地すべり環境下で使用する観測装置の開発研究会」（共同研究の改名）での活動を通じて設置された、IT地盤傾斜計の観測結果の分析から、地すべりにおける地盤傾斜の観測データを活用する方法を検討している。その一事例として、宇都ほか（2011）では、塩の川地すべりにおいて、IT地盤傾斜計から得られた傾斜速度と、変位速度を比較することにより、回転運動を伴う新鮮な再活動地すべりの変形プロセスを推定した。初生時には急激な変位は顕著ではなく、並進すべりと回転すべりを複合して内部構造を残したまま、徐々に変形してきたと推定された。しかし、（1）より長い時間スケールでの地すべりの変形プロセスを推定するには、地震時の挙動を含めた分析が必要となること。（2）回転運動の卓越する、複数の地すべり事例での比較から検証が必要であること。といった課題が明らかになった。

そこで、本研究では、（1）塩の川地すべりにおける東北地方太平洋沖地震での地すべりの変形を分析すること、（2）土木研究所ほか（2009）で観測を実施した土肥地すべりのデータを塩の川地すべりと併せて再度分析し、幅広く使える活用方法を提案すること、の2点を実施した。

まず、東北地方太平洋沖地震前後の挙動については、地震時には明瞭な傾動が認められるものの、平常時の速度（塩の川地すべりの回転運動を代表していると推定されるIT-4において、年間 0.87° （3117秒））と比較して、1年前前後ないしはそれ以下の傾斜量にとどまった。また、主滑落崖背後に設置した1基を除いて、後方回転運動と前方回転運動の両方の挙動をする計器が認められているが、そのいずれについても、傾斜速度は小さくなっている。移動杭観測結果でも、同様の傾向が認められており（上図）塩の川地すべりは地震によって加速するよりも、むしろ一時的に鎮静化した可能性がある。今後融雪期の挙動を確認する必要があるが、現時点でこのメカニズムは不明であるが、粘質土で構成される沖見地すべりでも、中越地震において同様の挙動が指摘されており（中村、2011）再滑動型地すべりに共通する傾向である可能性がある。また、地震時の動きは、移動杭観測結果の分析からは、塩の川地すべりは概ね一体で変形したと考えられる。塩の川地すべりが発生したと推定されている1911年～1945年ごろ以降に起こった地震は、東北地方太平洋沖地震、宮城県沖地震等の数回にとどまっており、今回の2011年が最大の地震加速度と考えられる。したがって、地すべりの初生時を除いては、地震動が塩の川地すべりの変形を加速させた可能性は低いと推定された。

次に、幅約250mの風化岩地すべりである塩の川地すべりに加えて、幅約40mの崩積土地すべりで、傾斜速度も一桁前後速い、土肥地すべりにおいて、IT地盤傾斜計で得られた傾斜速度（土木研究所ほか、2009）と、滑落崖に設置した地盤伸縮計等による変位速度と比較解析し、評価を行った。地すべり地内での地盤傾斜計の後方回転運動による傾斜速度 x (rad/day) と、地すべり頭部に設置した地盤伸縮計ないしは移動杭の変位速度 y (m/day) との関係は、 $y=kx$ の相関関係が得られた。上記の相関関係が地表面での回転運動の半径 r_2 (m) により生じると仮定すると、土肥地すべりでは $r_2'=k=14.2\sim 18.0$ 、塩の川地すべりでは $r_2'=k=35.4\sim 42.2$ となる。地すべり形状から推定した回転運動の半径がそれぞれ $r_2=16$ 前後、 $r_2=36$ であり、 r_2' と概ね一致する結果が得られた。回転運動が卓越する地すべりでは、変位速度/傾斜速度の比較解析が、地すべりの変形機構説明に寄与することが示唆された。このような分析や、移動杭観測で得られるすべり面推定手法（石田ほか、2011など）を通じて、円弧状のすべり面を持つ地すべりの変形プロセスや、すべり面形状の推定精度の向上が期待される。

謝辞： 国土交通省東北地方整備局福島河川国道事務所には、移動杭観測等のデータのご提供をいただきました。

参考文献

（独）土木研究所、川崎地質（株）、曙ブレーキ工業（株）、坂田電機（株）、（株）共和電業：厳しい条件下での使用に耐える地すべり観測装置の開発 共同研究報告書、独立行政法人土木研究所、共同研究報告書 第393号、2009。

石田孝司、藤澤和範、藤平大、浅井健一、M.Constantin：地表の変位からすべり線形状を推定する手法と適用事例。土木技術資料、Vol.53, No.4, 2011.4。

キーワード: 地すべり, IT 地盤傾斜計測システム, 回転すべり, 変位ベクトル, 変形プロセス, 東北地方太平洋沖地震
 Keywords: landslide, IT Ground Tiltmeter System, rotational slide, displacement vector, deformation process, Great East Japan Earthquake

