

地すべりの変位速度と安全率の変化に関する検討事例について

独立行政法人土木研究所 ○石田孝司・宇都忠和・本間宏樹・武士俊也
株式会社エオネックス 細川謙一・南澤正幸

1. 背景

地すべり頭部付近において発生する亀裂や段差など、地すべりの徴候が生じた場合には、地すべりのその後の動きを鑑みて警戒避難体制の構築や応急緊急対策の検討がなされる。その際、地すべりは加速し滑落に向かうのか、あるいは収束に向かうのかを的確に評価することができれば、その後の適切な対応に資することができる。中村ら[1]は73件の地すべりデータを基にした解析結果より、地すべり速さが10mm/hを越えるとほぼ滑落することを示した。しかし、地形や地すべりタイプ等により臨界速さが異なることから、速度以外の他の要因を含めて滑落予測を行うことの必要性を指摘している。このような背景の中、地すべりの動きと安全率の関係を明らかにすることで、地すべりの滑動に寄与する要因を導けるものと考えた。そこで、大きな変位が記録された5事例を選定し、すべり面間隙水圧の変動により時々刻々と変化する安全率を算出し、ひずみ速度との関係について考察を行った。

2. 対象事例の抽出

解析に先立ち、2001年～2010年の間に、災害関連緊急地すべり対策事業が採択された事例を中心として、約190の地すべり事例に関する資料を収集した。しかし、滑落し大きく変位した後に調査・観測が開始された事例も多く、また地下水位観測孔が設置されていてもすべり面以深で漏水している等により有意な観測データが得られていない場合も多く、解析可能と判断したのは5地区にとどまった。本稿では長野県相道寺地区の検討結果について報告する。なお、他の1地区については宇都ら[2]で報告する予定である。

3. 地すべりの概要および検討手法

対象とした地すべりは、比高約200mの山地の山裾付近の斜面で発生した。調査ボーリングの結果、第三紀の堆積岩（砂岩、礫岩等）を基盤とし、その上部に強風化凝灰岩や凝灰質砂岩などを起源とする崩積土が載っており、地すべりはこの崩積土層の中にすべり層を形成して滑動したものである。なお、地すべり発生後の現地調査時に、地すべり末端部付近の複数箇所湧水が確認されており、地下水が誘因であったと考えられる。地盤伸縮計および降水量の観測データを時系列に整理し図-1に示す。地盤伸縮計S-1とS-2は4月28日に地すべり頭部の亀裂を挟み並列的に設置された。またS-3は5月2日に地すべり末端部を挟んで設置された。S-3の観測結果は圧縮変位を観測したものである。

4月28日からの地すべり活動は5月中旬にはほぼ収束した。しかし5月23からの累計104mmの降雨により再び活動が活発化し、S-1では最大で9.9mm/hの変位速度を、また6月3日までの11日間で累計約640mmの変位を観測した。

5月23日からの動きはいわゆる第2次クリープから第3次クリープへ移行したものと考えている。この第3次クリープにおける地すべり頭部と末端部の変位速度の比較を行った。また、計7箇所観測された地下水位観測孔のうち、移動土塊内の2箇所（BV-1,2）、および移動土塊より山側の1箇所（BV-3）の地下水位データを用い、実測地下水位のある期間は時間単位で二次元安定計算を行い、変位速度と安全率の関係について検討を行った。

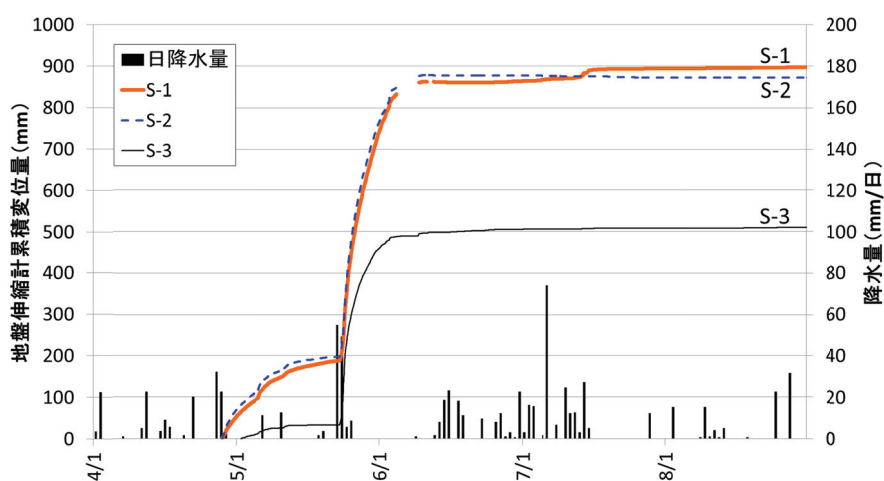


図-1 動態観測結果（長野県提供データを基に作成）

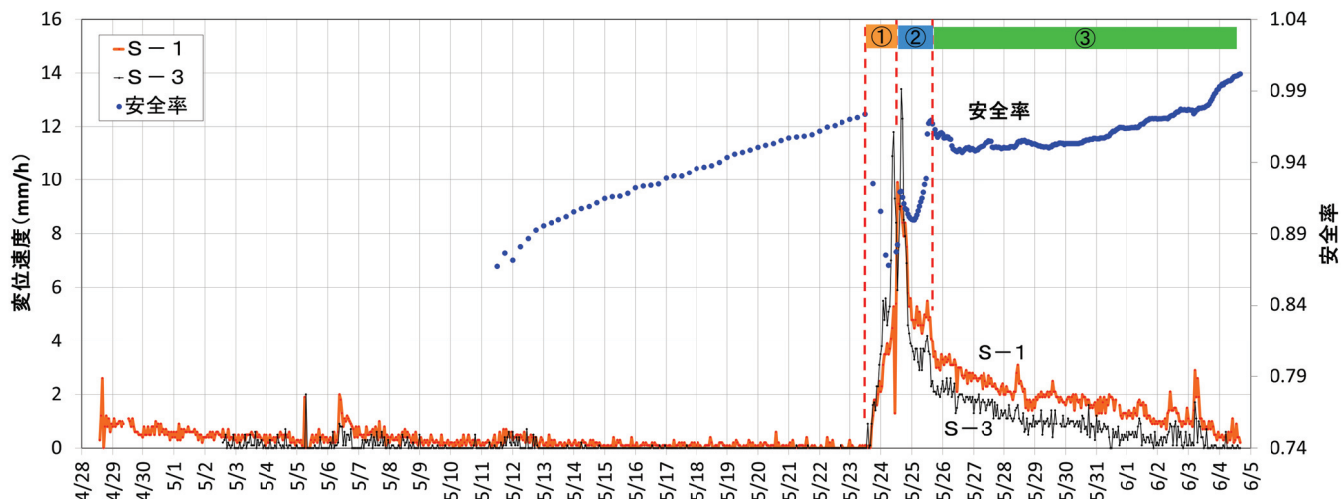


図-2 地すべりの変位速度と安全率推移

4. 検討結果

4.1 地すべり頭部と末端部の変位の比較

S-1、S-3 それぞれの変位速度を図-2 に折れ線で示す。S-1 は引張変位、S-3 は圧縮変位である。S-3 の設置時期が S-1 よりも約 4 日遅かったことから動きの初期段階における頭部と末端部の動き出しタイミングや速度変化を比較できないが、S-3 設置後の 5 月 2 日以降の速度と変位量は S-1 に及ばない。次に、5 月 23 日正午以降のいわゆる第 3 次クリープに移行したと考えられる段階では、頭部よりもむしろ末端部において変位が大きな傾向が見て取れる。これは、頭部の変位が先行し、遅れて末端部が変位するという当初想定していた動きとは逆の結果となった。また減速期には頭部よりも末端部の速度が遅い状態が続き、先に収束している。

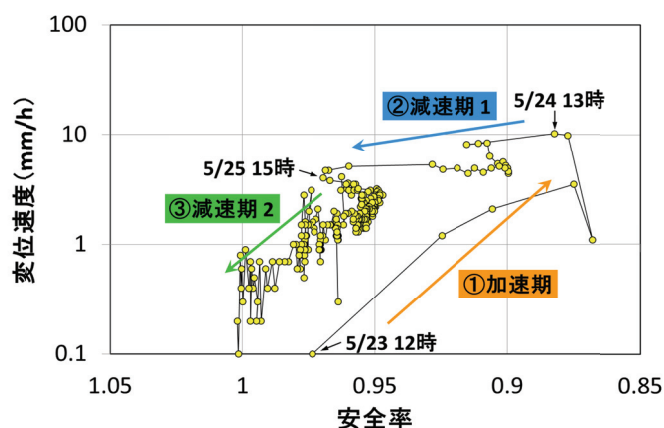


図-3 安全率と変位速度の関係

4.2 地すべり変位速度と安全率の関係

図-2 において安全率を●印で示した。なおここで、計算にあたり $c(=8.5\text{kN/m}^3)$ と $\phi(=23.5^\circ)$ は対策工設計時に用いた値をそのまま採用した。また BV-3 の地下水位計測開始前となる 5 月 24 日 14 時以前は BV-2 孔の水位変化を参考とし一律としてある他、計算タイミングを 4 回/日とした。4 月 24 日正午以降は、変位速度が速い時には安全率は低く、動きが収束に向かうに従い上昇する傾向を見ることができる。この関係を詳細に見るために、安全率と変位速度の関係に再整理して図-3 に示す。この図からは、①加速期 [23 日 12 時～24 日 13 時]、②減速期 1 [24 日 13～25 日 15 時] および③減速期 2 [25 日 15 時以降] に分けられる。ただし詳細に見るとその両者の関係に一律でない部分もあるため、他事例との比較も含めて詳細な検討が必要である。

5. おわりに

地すべりによってすべり層（せん断ゾーン）の厚さ、地すべり層厚、すべり層の粘性率が異なることにより挙動が異なることが予想される。本稿で示した結果はあくまでも当地すべりでの結果であるが、今後他の事例との比較を含めて、滑落予測を左右するパラメータとしての安全率の寄与について考察を進めていく予定である。
謝辞：長野県砂防課および犀川砂防事務所の皆様からは地すべり調査・観測資料を提供いただきました。ここに記して謝意を表します。

【参考文献】 [1]中村浩之・小林玲子：地すべりの滑落臨界速さ，第 32 回地すべり学会研究発表会講演集，p.377-378，1993。 [2]宇都忠和・石田孝司・本間宏樹・武士俊也：急速な変位を示す地すべりのひずみ速度と安全率との相関を検討した事例について，第 46 回地盤工学会研究発表会講演予稿集，2011（投稿中）