

多雪地域の大規模地すべり地における地下水挙動の解明

森林環境部 浅野志徳・松浦純生
岡本 隆・朴 三奎

1. はじめに

地すべりは斜面の一部が分離して滑り落ちる現象で、その分離面となるすべり面に高い圧力の地下水が作用することにより動き出すことが多い。従って、地すべりに対して効果的な対策を行うには、すべり面に作用する地下水の分布や流れなどを明らかにすることが極めて重要となる。ところが地すべり地の地下水の分布や流れは複雑なことが多く、しかも地中深いところで起きる現象であるため、その挙動を正確にとらえることは非常に困難である。

そこで、近年技術革新が著しい電気探査技術を用いて、地すべり地の地下水の分布状況を明らかにするとともに、ボーリングによる地質調査の成果なども参考にして地すべりモデルを作成し、地すべりの発生原因となる地下水の挙動特性について調査・研究を行った。なお、本研究は東北森林管理局と共同で林野庁地すべり対策協議会の調査課題の一部として実施し、その成果は大規模岩盤地すべりの防止対策に活用されている。

2. 調査地

対象地は平成8年の融雪期に山形県北部で発生した銅山川地すべり（写真）、面積が130haにも達する日本でも有数の大規模岩盤地すべりである。この地すべりによって地すべり斜面の上部にある国道が寸断されたり下部の銅山川に多量の土砂が流入するなど、大きな災害がもたらされた。地すべり地の地質は、300～1700万年前に堆積した凝灰質の砂岩や泥岩などの柔らかい岩の上に、約1万年前に発生した火砕流の堆積物（シラス）が厚く堆積している。すべり面は下部の泥岩層中において、最大深度は120mにも達する。

3. 地すべり地の地下水分布調査

地すべり地の地下水分布の特徴を明らかにするため、側線（写真）に沿って観測井戸を設け、地下水の圧力を定期的に観測するとともに、地盤の電気の流れやすさを示す電気比抵抗を測定した。電気比抵抗は地盤の性質や地下水の分布状態などによって変化するため、地すべり地の地下水調査に有効な手法であると考えられている。電気比抵抗の測定には、地表から電流を流し、そこから10m毎に離れた地点で電気の流れやすさを計測する方法を用い、地すべり地周辺を含め全長1.5kmにわたって測定した。しかし、得られた比抵抗の値は地形などの影響を受けた見かけの値であるため、真の比抵抗値を求めるための補正計算を行った。さらに、求めた比抵抗の分布図から地すべり地の地下水面を推定するため、まず地下水で満たされた土塊の比抵抗の値を室内実験から求め、この値と現地の観測井戸での測定結果を比較して地下水面の形状を明らかにした（図1）。これら一連の調査結果から、地すべり地の末端部や頭部付近に地下水位が比較的高い箇所が出現するなど、地下水分布の特徴を明らかにすることができた。



写真. 銅山川地すべりと調査測線測線

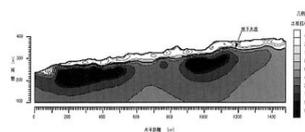


図1. 比抵抗分布図と地下水面
(拡大図：22KB)

(右側下へ)

4. 地すべり地の地下水挙動

地下水の流動方向や速度など、地すべり地全体の地下水挙動を明らかにするため、ボーリングなどによる地質構造や地下水調査結果などを基に地すべりのモデルを作成し、地すべり発生危険度が高くなる融雪期の地下水挙動を数値的に解析した。作成したモデルは、水平距離約1800mで底面の標高が0mとなる二次元モデルで、711の要素に分割し、さらに現地と同様なシラス層、凝灰質砂岩層、砂質泥岩層、地下水流動層の4層に対応するように区分した（図2）。計算に必要な各地質の透水係数などについては、現地や実験室で試験を行って決定した。

解析に当たっては、地下水位の初期状態を比抵抗探査により求めた実際の地下水分布とした。さらに、現地で得られた融雪水量の観測値をモデルに入力し、1999年3月1日から1999年4月30日までの2か月間の融雪水による地下水圧と流動方向の変化を数値計算によって求めた。計算による解析結果と現地観測データを対比し、本手法により現地での地下水挙動を比較的良好に再現できることを確認した後、銅山川地すべり地における地下水挙動の特徴について検討を加えた（図3）。

検討の結果、地すべり地内における融雪水は地表から浸透した後、地下水となって主にシラス層を経由して銅山川方向に向かって流れていた。一方上部に広がる台地に浸透した大量の地下水は地形の影響とともにシラス層の堆積構造の影響を受け、地すべり地に流れ込んでいることが分かった。その結果、地すべり頭部と台地の境界部にある陥没帯では地下水が集中し地下水圧が高い状態に保たれることが推定された。大規模岩盤地すべりにおいて、すべり面に作用する地下水は、頭部陥没帯の地下水と関連性が高いと考えられていることから、地すべり頭部の陥没帯で地下水圧の高い状態が維持されることは、融雪期に地すべりが発生する大きな原因になっていると考えられる。これら地すべり地における地下水の挙動を検討する際に、周辺地域から流入する地下水の影響まで深く考慮した例は少ない。しかし、これらの結果から、地すべり発生に関係する周辺地域における地下水の挙動についても十分に検討する必要があることが明らかになった。更に、地形的要因が地下水の挙動に及ぼす影響に加えて、本地域では厚いシラス層が多量の地下水の供給源となっていることから、シラス層の地下水流動に影響を与える地質構造も地下水の挙動に大きく関係していることなどが明らかになった。

5. おわりに

大規模な地すべり地を対象として、現地観測や室内実験の結果をもとに地すべりモデルを作成し、融雪期における地下水の挙動を明らかにした。今後、更に調査や観測を重ねて地すべりモデルの精度を向上させるとともに、三次元的な検討も加えることによって、地すべり対策の重要な工法である地下水排除工の工種選定、適正配置、数量決定などに役立つものと考えている。

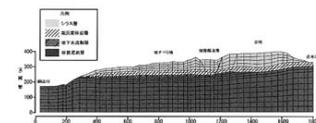


図2. 地質区分図と解析モデル
(拡大図：24KB)

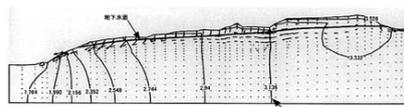


図3. 融雪終了時の地下水面と地下水流動ベクトル
(拡大図：34KB)