

## 68 山地流域における斜面表層土層の分布と水分変動

アジア航測株式会社

○小川紀一朗

建設省天竜川上流工事事務所

花岡正明

建設省土木研究所

石川芳治

### 1. はじめに

山地流域における土砂生産現象を予測する上で、豪雨時に発生する斜面表層崩壊を把握することは重要な課題である。表層崩壊は、降雨に伴い斜面表層土層中の地下水位が上昇し、土塊の安定性が失われて表層土が滑落する物理現象である。このうち、表層土層中の水分変動状況を把握するために、筆者らはこれまでモデル流域を設定し、集中的に観測機器を設置して連続的な水文観測を行ってきた。そこで、筆者らは次のステップとして斜面表層土層に注目し、ボーリング調査ならびに簡易貫入試験を行うことにより表層土層の分布とその性状について把握し、調査の成果をもとに土層中の水分変動状況について試算を行った。

### 2. 調査方法

#### 2. 1 調査地概況

本調査の対象地は天竜川水系の藤沢川流域における野笛地区である(図-1)。調査流域は標高840~976mに位置し、流域面積は0.1km<sup>2</sup>、主流路長は320m、平均河床勾配は1/2.1である。斜面傾斜は平均で30°~40°程度であり、渓床勾配は20°程度である。植生は、樹高8m~10mのスギ、アカマツ、クヌギ、コナラが優先し、林床植生は少なく、このため林内は比較的明るい。本流域では昭和36年に大量の土砂が流出して、流域の家屋に被害を与えていた。このため、現在では砂防ダム1基、谷止工2基が設置されている。

本流域の基盤地質は花崗岩である。流域内の標高900m付近にある谷頭部斜面には、比高で約9mの急崖斜面が形成されていて、パイプフロー跡の小孔が多数見られる。一方渓床については、堆積物が少なく岩盤が露出している。本流域では、降雨時の山腹斜面の土壤水分張力、間隙水圧、地下水位や表面流、流域流出等を観測するために、各種観測機器が設置され、継続的に観測が行われている。

#### 2. 2 調査方法

本流域においてボーリング調査ならびに簡易貫入試験を行った位置を図-2に示す。ここで、ボーリング調査は凹型斜面の凹地を対象として縦断直線的に行った。また、深度については、表層土

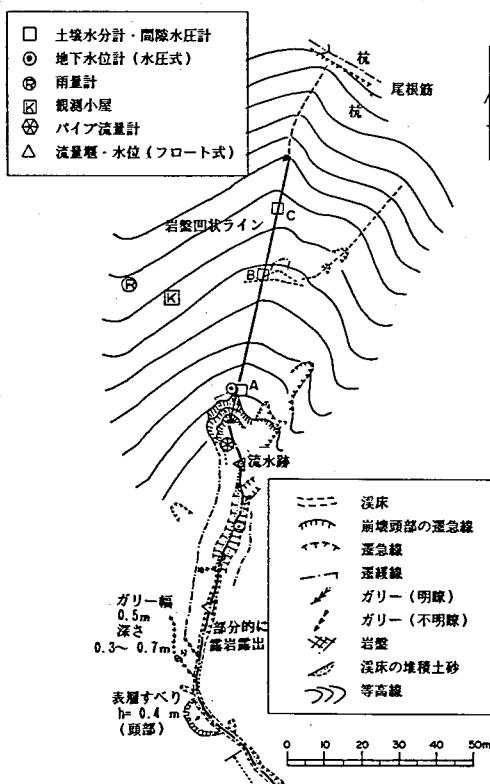


図-1 調査対象地状況と観測機器の配置

層ならびに推定される基盤の性質の把握を考慮して決定した。一方、簡易貫入試験は斜面表層土層の構造を面的に把握するために、調査対象斜面を 20m のメッシュで区切り、各メッシュの節点を対象に 66カ所試験を行った。

従来、山岳地での地盤調査は地形が険しく、調査機械の搬入、施工場所の確保等が非常に難しいため十分な調査工事はできなかった。本調査では、このような場所でも十分な調査のできるように開発されたコンパクトなボーリングマシンを使用することにより、孔径Φ66mm、鉛直下方オールコアボーリングを行った。また、本調査では斜面における表層土層の構造を把握することを目的として開発された土研式簡易貫入試験機を使用することとした。

### 3. 表層土層の分布状況とその性状

#### 3. 1 表層土層の分布と性状

ボーリング調査ならびに簡易貫入試験の結果を縦断図で示すと図-3 のようになる。ここで、ボーリングコアの判定にあたっては、本流域の場合花崗岩のみしか見られないことから、マサ状であるが固結度の高いもの（コアが棒状であるもの）を強風化花崗岩（基盤の強風化帯）と判断した。また、表層物質については、原位置風化の結果生成されたものと二次堆積したものとに区別されるが、本流域

の場合粘性土分の含有が高く、礫がふぞろいで淘汰が悪いことから、二次的な堆積物が卓越していると判断される。一方、原位置風化の場合は、微細鉱物が水に運ばれ砂分（マサ）が残存するため、砂分が卓越するのが通例である。なお、D 地点の深度 1.4m～1.5m には含水率の高い層が

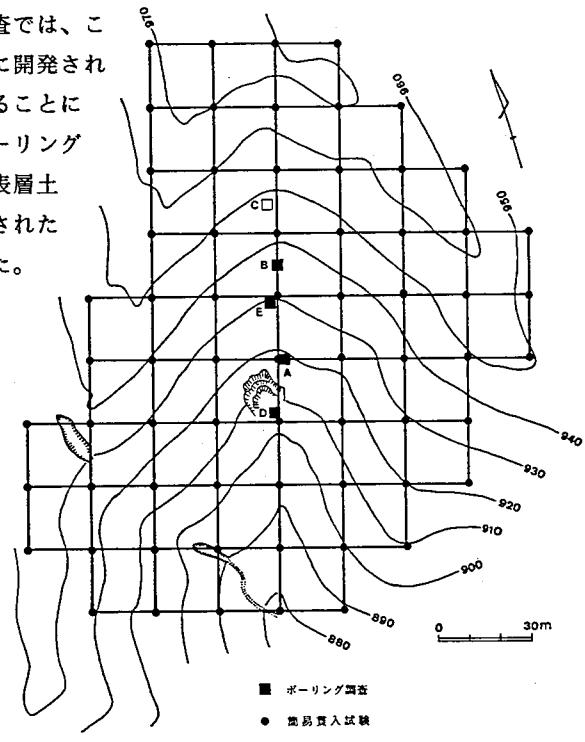


図-2 調査位置図

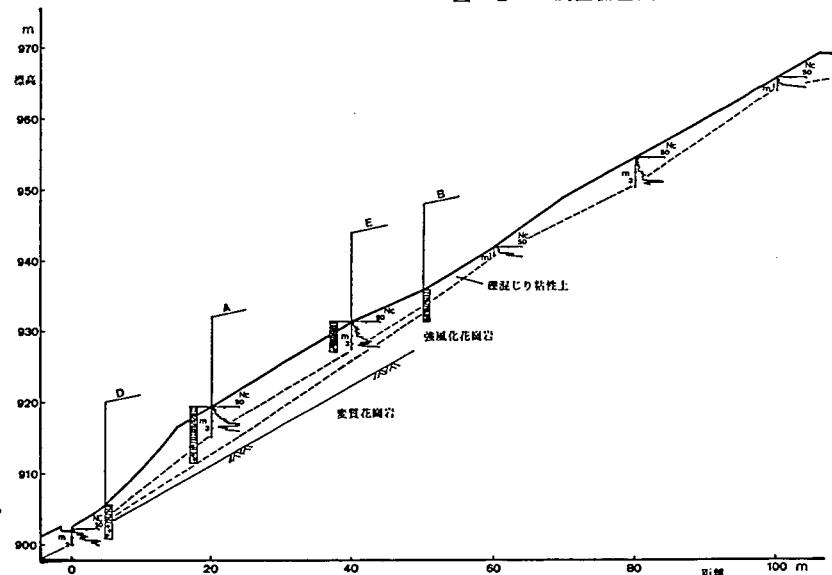


図-3 表層土層の分布とその性状

存在する。この位置ではこれまでパイプフローの出たこともあり、関連性については興味深い。

### 3. 2 表層土層の分布状況

本流域の表層土層の分布状況を示すと図-4のようになる。ここで、表層土層とは簡易貫入試験の結果得られたN<sub>c</sub>値が50以下の土層と定義している。

これによれば、斜面の中腹から上部の谷部において表層土の厚く堆積しているところが見られる。また、周辺の尾根部の表層土層も厚い。これに対して谷頭部より下流の渓流部については1.5m以下と表層土は薄くなっている。このような特徴は本流域における斜面形成過程との関係が深く、侵食活動の活発なところほど表層土層は薄い。これに対して尾根部のようなところでは侵食活動も緩やかなため、花崗岩の原位置風化により厚く表層土が存在する。ここで、斜面の谷地形部において波状に表層土が存在するようなところでは、ボーリング調査の結果粘性土の含有が多く見られたことからも斜面上部より移動してきた土砂の二次堆積物で形成されている可能性が高い。

### 3. 3 地表と基盤の地形状況

本流域の基盤形状を等高線図で示すと図-5のようになる。これによれば、平均的には本地区的表層土層厚は1.0m～2.0mであるため、基盤等高線は現況表面の等高線分布とほとんど変わらない位置にある。したがって、斜面表面の地形と基盤地形とは大きな違いは見られない。しかし、谷頭部ならびに斜面中腹部について一部表層土層の厚い部分が存在するため、この部分については基盤地形と表面地形との間には違いが見られている。また、本斜面の基盤については、一部谷地形が比較的明瞭な部分も存在する。

### 4. 表層土層中の水分変動

これまでの水文観測と表層土層調査の成果をもとに、2次元有限要素法を用いた土

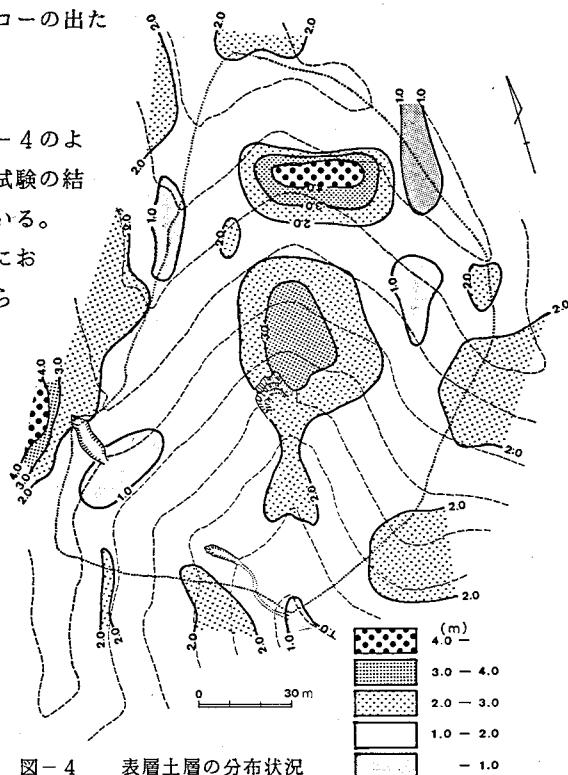


図-4 表層土層の分布状況

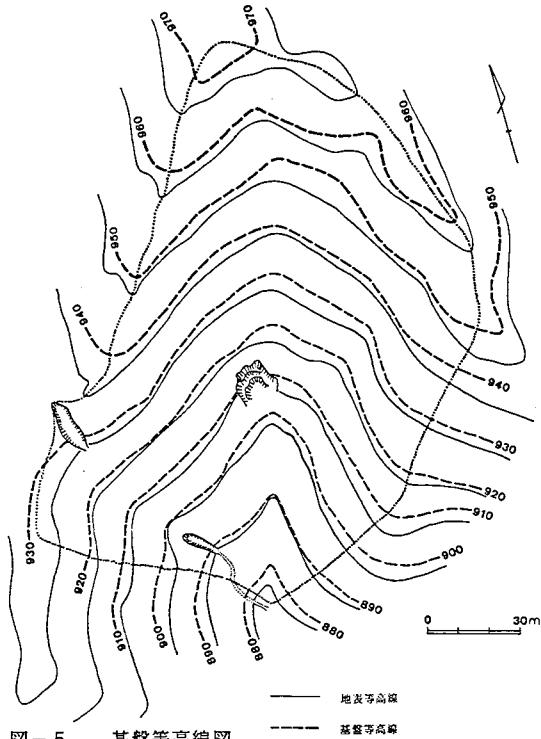


図-5 基盤等高線図

層中の水分変動解析を行った。なお、一般的に山地自然斜面の表層土には動物や植物の活動の影響により形成された地中パイプが存在する。このようなパイプを含めた平均的な透水係数を求めるためには大口径のサンプラーを用いる必要があるため、本調査では大型透水試験器を用いて表層土の飽和透水係数を測定した。その結果、飽和透水係

数は深度0.5mと1.5mにおいて $10^{-2}$  (cm/sec) 程度となった。また、斜面の鉛直方向と水平方向との飽和透水係数の差は見られなかった。

解析の結果の1例として、現地に埋設してある土壤水分計より得られた表層土層中の水分の変動状況と計算結果との関係を示すと図-6のようになる。これによれば、A地点については深度200cmの計算による変動状況が深度150cmの実測値と比較的よく一致しているのに対し、深度100cmについては実測の水分張力の低下時期より12時間程度早く低下はじめ、最終的な水分量も実測値より高い結果が得られている。

自然斜面の土層構造や土壤の持つ物理的性質が必ずしも正確に把握することができず、調査方法についてもいまだ確立されていないような現状では、土層中の地下水の移動や水分変動を正確に再現することは困難な場合が多い。しかし、今後とも水分変動に対して最も影響を与える因子の把握を行い、より精密なデータを多数蓄積することによって、このような問題は解決されると考えられるため、このようなモデル的考察を行うことにより自然斜面における表層土層中の水分変動を覚えることは基本的な課題である。

##### 5. おわりに

山地斜面における土層中の地下水の移動現象は斜面を構成する土層構造に大きく影響を受ける。とくに重要な因子は土層の持つ透水性であるが、土層に粘性土の含まれる比率が高くなれば透水性も低くなるため、豪雨の際には表層土層中における含水率が上がり、かつ地表水も発生しやすくなる。とくに本流域では母岩が花崗岩であるため、原位置で風化した表層物質のうち微細鉱物は浸透水によって下方に移動する。したがって、斜面上に存在する表層土は移動してきた微細鉱物を含み、粘土分が多くかつ急崖斜面に不安定な形で存在するため、土塊の移動頻度も高いと考えられる。

以上より、今後山地斜面の崩壊発生に関するポテンシャルを考える場合、各斜面の透水性を把握することにより相対的に危険度を評価することが可能となることを示唆している。このことは、斜面には各斜面の持つ浸透水の排水能力があり、その能力の低い斜面ほど崩壊発生のポテンシャルが高いと言い換えることができる。したがって、今後は表層土層のもつ透水性等の物理的性質を把握し、比較考察することが重要な課題である。

最後に、本調査を行うにあたって大型透水試験器を快く御貸しいただいた東京農工大学農学部森林保全学研究室関係各位ならびに調査に御協力をいただいた長野県高遠町ならびに野坂地区の関係各位に対し、深謝の意を表します。

