

14 土砂災害危険度予測のための斜面水文現象の現地観測

アジア航測株式会社 ○小川紀一郎 鈴木隆司
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

砂防計画等の土砂災害防止計画を立案する上で、斜面崩壊や土石流等の土砂生産現象を予測することは基本的な課題である。近年、自然災害の中で土砂災害による被害が顕著になっているが、これは我が国における土砂災害危険箇所数の膨大さ、および生活生産活動域の拡大に起因している。毎年繰り返される土砂災害に対処し人命の安全を守るためには、災害発生に係わる防災情報の適切な提供により、避難等応急体制を確保することが重要かつ緊急な課題となっている。

したがって、上流からの地表水、地下水の流下を考慮した山腹崩壊および土石流発生を予測する上で、基礎となる地盤の透水性、表面流による侵食特性を整理し、地盤強度の低下を考慮した地盤の動的特性を把握することは重要である。そして、このような地盤特性を総合的に評価する手法を開発して、土砂災害に関する防災情報の高度化をはかることが必要である。このため筆者らは、モデル流域を設定して集中的に観測機器を設置し、雨量、地下水位、間隙水圧等の連続観測を行ってきた。本報告では、これらの観測成果の一部を報告するものである。

2. 観測地と観測方法

本調査の観測地は天竜川水系の藤沢川流域における野笹地区である(図-1)。本流域を選定するにあたっては、表-1に示すような条件を考慮した。

2.1 観測地概況

観測流域は標高 840～976m に位置し、流域面積は 0.1km²、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、溪床勾配は 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、下流部家屋に被害を与えている。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り、斜面の表層風化物質は、弾性波探査、簡易貫入試験、オーガーボーリングによる調査から、流域内平均で約 2m の厚さがあると推定されている。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。一方溪床については、上部には堆積物が存在し、かなり湿った状態で、堆積物の厚さは 1.0m～2.0m 程度と考えられる。また、中下流部には堆積物が少なく岩盤が露出している。

2.2 観測方法と観測機器

本検討では、降雨時の山腹斜面の土壌水分張力、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、表-2に示すような観測機器を設置した。

◎土壌水分張力：土壌水分張力の測定は、土壌中の水分と平衡した張力を測定する土壌水分計を 3ヶ所

に合計10台設置した。ポーラスカップの埋設深度は、B、C地点については地表面から50cm、100cm、150cmの3深度、A地点についてはさらに200cmを加えた4深度である。

◎**間隙水圧**：間隙水圧の測定には、水分量をひずみゲージ式水圧計により検出する間隙水圧計を土壌水分計と同じ地点に合計10台設置した。間隙水圧計は土壌水分計埋設地点と同じ地点、同じ深度に設置した。

◎**雨量**：斜面内への水分の供給源となる雨量の計測は、観測流域の尾根部と住居地域（小学校跡地、現養老ホーム）の2ヶ所で行なった。観測流域の尾根部にはデジタル式転倒ます雨量計を設置した。また、住居地域にはアナログ式長期自記雨量計を設置した。

◎**地下水位**：降雨によって生じる斜面内の地下水位の変動を把握するために、A地点と溪流に地下水位観測孔を設置した。谷頭部斜面直上部のA地点では地表下約8.0m、下流の溪流部では地表下約2.1mの埋設孔を掘削し、水圧式水位計で測定した。

◎**パイプフロー流量**：パイプフローの発生と山崩れの関連性に注目し、観測流域内の谷頭部斜面において、パイプフロー流量の測定を行った。斜面に存在する主要なパイプ孔において集水したものを、転倒ます型流量計で測定した。

◎**流量計の水位**：観測流域における表面流出量および降雨-流出の関係を調べるために、谷頭部斜面直下地点および溪流の湧水点直下流に、パーシャルフリューム堰を設置した。流量は堰における水位変化をフロート式水位計により測定した。

観測は昭和62年7月から開始され、毎年6月から11月までを観測期間とした。

3. 観測結果

観測結果の一例として、昭和63年6月2日～5日のデータを図-2に示した。

◎**降雨状況**：6月2日の10:00より降り始めた降雨は4日までに連続雨量80.5mm、最大時間雨量7.0mmとなった。

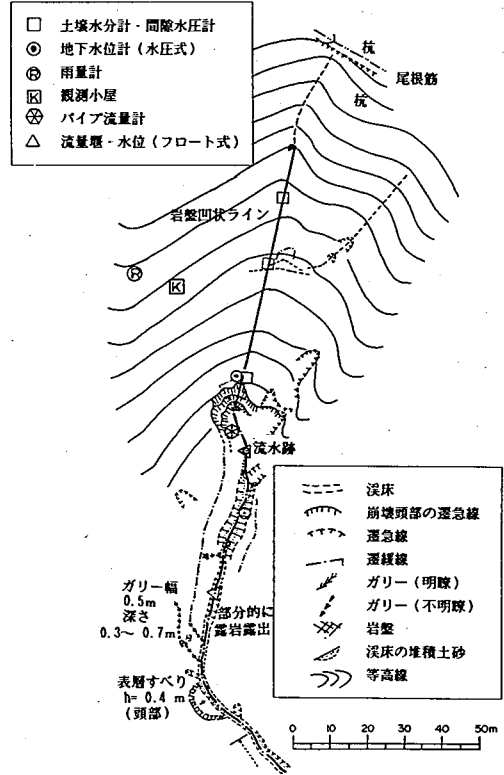


図-1 観測地状況と観測機器の配置

表-1 観測地の選定条件

①	流域面積は0.1km ² 程度とする。
②	観測対象斜面の面積は0.1ha程度とする。
③	対象斜面の傾斜は30°以上であることが望ましく、表層土層は1～2m程度存在すること
④	基盤地質が花崗岩であること。（他文献資料との比較検討が行いやすい）
⑤	下流に砂防ダムが存在すること。
⑥	植生は観測体制を考慮して、林床にブッシュ状の低木林の繁茂がないことが望ましい。
⑦	観測機器の搬入ならびに今後の観測を行うための進路がある程度整備されていること。
⑧	観測機器に対する電力を容易に供給できること。

表-2 観測機器一覧表

地点名	データ			装置	施設	記録装置	備考
	項目	種別	測定時間 測定単位 (※範囲)				
野	土壌水分 吸引圧(10ch)	自記	10分 pf0.03 (Pfo-pf3)	テンシオメータ (SNC-1000型)		3.SFD データログ	0.5m, 1m, 1.5m 及び2m
	間隙水圧 (10ch)	自記	10分 0.05kg/cm ² (Skg/cm ²)	間隙水圧計 (RP-5&8型)		3.SFD データログ	0.5m, 1m, 1.5m 及び2m
庄	雨量 (1ch-1)	自記	10分 0.5mm/パルス	転倒ます雨量計 (RF-5型)		3.SFD データログ	斜面尾根部
				転倒ます雨量計 (SK1-1型)		一体型 雨量計	養老ホーム 約1ヶ月置き
沢	渓流流量計 の水位(2ch)	自記	10分 1m (3cm以上)	フロート式水位計 (HW-500型)	パーシャル フリューム堰	3.SFD データログ	
	パイプフロー 流量(1ch)	自記	10分 500cc/パルス (3000cc/パルス)	転倒ます流量計 (TK-500型)		3.SFD データログ	
	地下水位 (2ch)	自記	10分 1cm (0～5m)	水圧式水位計 (SK1-4&5型)	井戸2m 井戸8m	3.SFD データログ	

◎土壌水分張力の変動：上記のような降雨に伴い、A地点では3日2時頃に50cm深の土壌水分張力が低下し始めている。また、その後の降雨により3日5時頃から100cm深が、さらに3日11時より150cm深が低下している。このように、降雨とともに表層から深層にかけて浸潤線が低下している様子が表れている。

◎間隙水圧の変動：間隙圧の変動状況については、降雨の開始とともにしばらくして間隙圧の低下が見られ、降雨の終了とともに値が上昇する傾向が見られている。なお、値としては小さく、本観測機器の精度範囲外となっている。

◎地下水位の変動：A地点における地下水位の発生時の特徴として、水位の立ち上がりがシャープなこと、そして発生が降雨のピークから13時間のタイムラグが見られることである。そして、その他の降雨については影響が見られず、漸次水位が低下している様子が明確である。一方、溪流における地下水位の発生は、多少タイムラグが見られるものの、ほぼ降雨に対応した形で発生している。

◎流出量の変動：溪流の上流部と下流部に設置した流量堰のうち、下流部について水位の変動が観測された。得られたハイドログラフはピークのつぶれたものになっており、ピーク流量は0.07l/sである。また、ピークの発生時期は降雨のピークに対して13時間も遅れている。

4. バイプフローの発生

平成元年度7月13日にはバイプフローの発生跡が見られた。これは、観測機器の設置時に発見されたものである。このバイプフローの様子を示すと図-3のようになる。パイプ穴の直径は約20cm、パイプより流出したと思われる土砂は、長さ5m、幅1.5m、深さ0.2mの大きさに堆積していた。そして、このバイプフロー跡は、とくに降雨による侵食は受けておらず、きわめて新しいものと判断された。本地区では6月8日より7月上旬にかけて断続的に降雨がみられ、かなり土中は湿った状態になっていた時に、7月9日～10日にかけてには連続雨量120mm、ピーク時間雨量強度24mmの降雨が見られたため、バイプフローが発生したものである。

図-4は谷頭部付近の縦断面図である。この図の推定岩盤

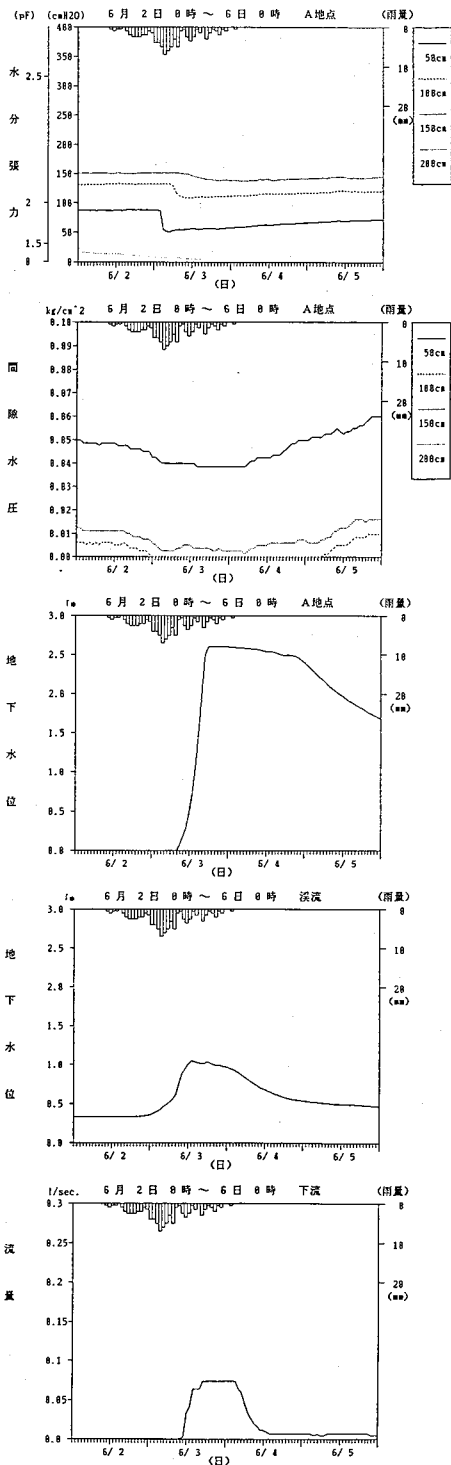


図-2 観測結果(昭和63年6月2日～5日)

線は、現地観測、地下水位計埋設時のボーリング資料、弾性波探査の成果をもとに記入したものである。これらをもとに推定される地下水面を描くと同図ようになる。このような地下水面が谷頭部に発生し、パイプフローが発生したものと考えられる。

5. 降雨と飽和域の発生

土砂災害発生メカニズムとしては、豪雨に伴い斜面風化土層中の水分が変動し、間隙圧の上昇によって土層の強度が低下して、斜面上の土塊が移動するものと考えられる。したがって、土砂災害の発生予測を行うためには、斜面風化土層中の水分変化、間隙圧変化、斜面安定状況の変化等を把握することにより判定することが本質的であるとされる。

そこで、本検討では土塊の移動までのデータは得られていないが、降雨に伴う風化土層中の水分変化と地下水位の発生に注目し、地中に形成された飽和域の状況と降雨の関係について整理するものとした。ここでは、溪流あるいはA地点において地下水位が観測された時点で飽和域が形成されたものとしている。

飽和域の発生が観測された降雨と、観測はされなかったが程度まとまった量のみられた降雨を抽出し（日雨量20mm以上）、連続雨量と飽和域の発生との関係について整理した（図-5）。ここで、水分状況はA地点の地表下50cmの値で、降雨開始時のものである。これによれば、初期含水率の低いものでも雨量が多ければ地下水位の発生が見られる。すなわち、降雨指標のみを用いて飽和域の発生とともに明確に説明することはできず、初期含水率との関連を考えなければこれらの関係は不明瞭なものとなっている。

6. おわりに

以上のように、限られたデータだけでも飽和域の発生の有無について斜面風化土層中の水分状況の変化が重要な因子であることが明らかにされた。飽和域の発生は土砂災害発生メカニズムに関する重要な現象であることから、土砂災害の発生予測を行なうためには、土層中の水分状況についても十分に検討する必要がある。このため、今後も継続的な観測が重要であり、さらには解析的な検討が必要である。

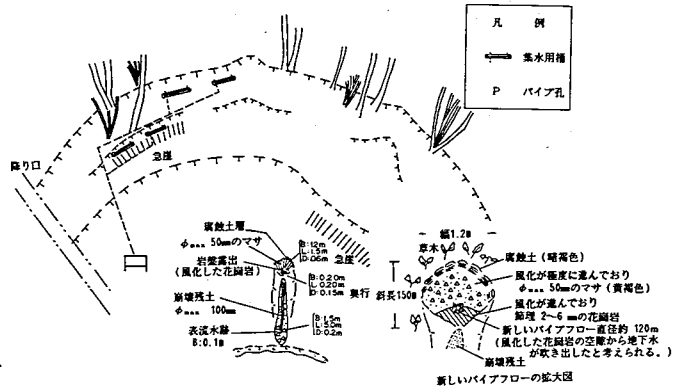


図-3 パイプフロー発生状況図

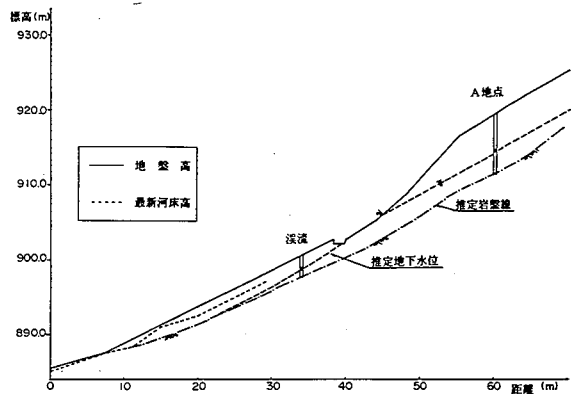


図-4 パイプフロー発生時における地下水位状況

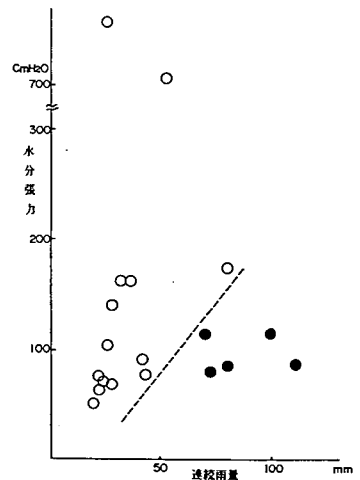


図-5 連続雨量および初期水分状況と飽和域の形成