

◆ 建設省技術研究会報告特集 ◆

地すべり地における地下水位観測手法の現地試験

建設省河川局砂防部傾斜地保全課
建設省土木研究所砂防部地すべり研究室

建設省東北地方建設局河川部河川計画課、建設省関東地方建設局河川部河川計画課
建設省北陸地方建設局河川部河川計画課、建設省中部地方建設局河川部河川計画課
建設省近畿地方建設局河川部河川計画課、建設省四国地方建設局河川部河川計画課

1. はじめに

地すべり地における地下水の問題は、地すべりの安定に密接にかかわり、地すべり対策事業の実施にあたり重要な検討課題になっている。

地下水の挙動を詳細に調査するには地下水の分布・地下水の状態・流動経路の把握が必要になる。一般的に用いられる地下水観測の手法は、調査ボーリングにより地下水位観測孔を設置し、水位を観測したり水圧計によって得られた計測値を地下水位に換算・評価している。しかし、土塊内部には不透水層や逸水層が存在することから、調査目的に応じた地下水位の観測方法が必要になる。

本研究は地すべり土塊の安定に最も関係するとと思われるすべり面の周辺に分布する地下水位の観測手法を検討し、適切な調査方法を提案するものであり、平成9年度、10年度にわたって建設省技術研究会が実施したものである。

2. 研究方法

本研究では6箇所の直轄地すべり地を試験地として、それぞれの試験地に対し図-1に示すように、既



図-2 各地すべり地の位置図

設の全孔長ストレーナー観測孔（塩ビ管に直径5mmの穴をおよそ125mm間隔で全孔長にわたってあけたもの）の近傍に、すべり面付近のみにストレーナー加工し、地下水の導入部を限定した地下水位観測孔が新設されている。本研究では、部分ストレーナーおよび全孔長ストレーナー観測孔の結果を踏まえ、局所的な地質構造および地下脈の連続性を考慮し、地下水位の観測法を検討する。

対象とする地すべり地は、図-2に示す6箇所であるが、紙面の都合により豊牧、此田、怒田・八畝地すべり地における調査結果は割愛した。

3. 直轄地すべり地の地下水位観測の特徴

3.1 譲原地すべり

譲原地すべりは、群馬県高崎市南方約20kmの鬼石町大字譲原、1級河川利根川水系神流川の左岸に位置し、下久保ダムの放水路に隣接する長さ約600m、幅約1,700m、面積約100ha、深さ40~50m、移動土塊量1,960万m³の地すべりである。

(1) 地下水の集水機構・水脈の経路

当該地の地質は、三波川帯に属する結晶片岩地帯であり、大規模な地質構造線が存在することか

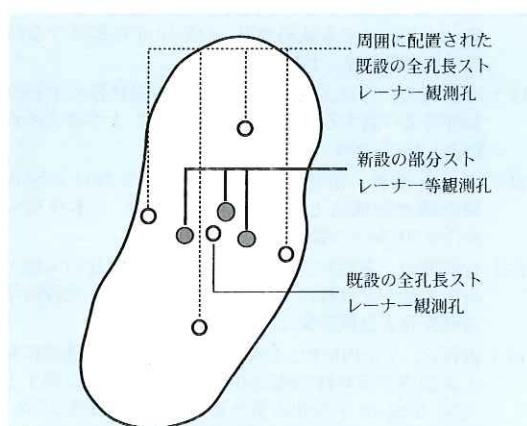


図-1 新設孔と既設孔の平面配置模式図

ら深部まで脆弱化し、粘土化した層を含んでいる。地質構造は約30度の流れ盤構造で、脆弱な地質構造線等が地表面より供給される雨水の浸透および地下水の流動経路となっていると考えられる。

(2) ボーリングコアによる水文地質と新設孔の構造

新設された観測孔は、図-3に示すI測線の既設孔4BV-2の近傍に4BV2-2、4BV2-1、4BV2-3が1.6~2.1mの間隔で設置されている。地質は、いずれも上部約6mが礫混じりの崩積土で、その

下部30m程度が風化緑色片岩であり、すべり面は33.6~34mの軟質粘土部に観察される。既設孔の地質も、新設孔と同様の地層構成となっている。

新設された観測孔の構造は、図-4に示すように4BV2-1および4BV2-2がすべり面部に間隙水圧計を設置したもので、その上部はそれぞれ吸水膨張性止水材や布パッカーによる止水が施されている。また、4BV2-3はすべり面部のみの部分ストレーナー加工管で上部は布パッカー止水の構造である。ボーリング口径 ϕ 86mmと他の2孔よりも大きい理由は、塩ビパイプ周囲の布パッカーの施工性によるものである。なお、既設孔の4BV-2は、65mの全孔長ストレーナー管である。

(3) 既設孔と新設孔の水位変動の関係

既設孔と新設孔は、近傍に設置され地盤条件が同様であるにもかかわらず既設孔(4BV-2)の水位が、降雨の影響を受けてGL-21~28mと大きく変動しているのに対し、新設孔4B V2-3の水位はGL-28m前後でほとんど水位変動が認められず、4BV2-2の水位は、GL-29~31m付近で2m程度の変動幅となっている(図-5)。また、水位変動パターンは、4BV2-3を除いて降雨時のピークが明瞭に反映されている。なお、地下水位が降雨

時に上昇する性質は、当該地と同様の三波川
帯に属する結晶片岩地帯の此田地すべり地の
観測結果でも確認された。

(4) 新設孔間の水位変動の関係

4BV2-1と4BV2-3はGL-28~29m付近で小さく変動し、降雨に対する反応は4BV2-1が比較的鋭敏であるのに対し、4BV2-3は水位変動があまり認められない。4BV2-2は降雨の影響による変動幅が大きく、変動パターンは4BV2-1と類似している。

水位計測方式および止水方式による違いを見ると、降雨に対して間隙水圧計は地中水位計と比較してより鋭敏に反応し、風化岩の亀裂を流動する地下水からすべり面の周辺に水が供給される形態が示唆される。

(5) 地下水位形成機構

観測結果によると、既設孔の水位は GL-21~28m 程度であり、変動幅は最大 7m と新設孔の水位変動幅の約 4~10 倍程度となっている。このことは、既設孔が全孔長ストレーナーであり新設孔はすべり面付近の部分スト

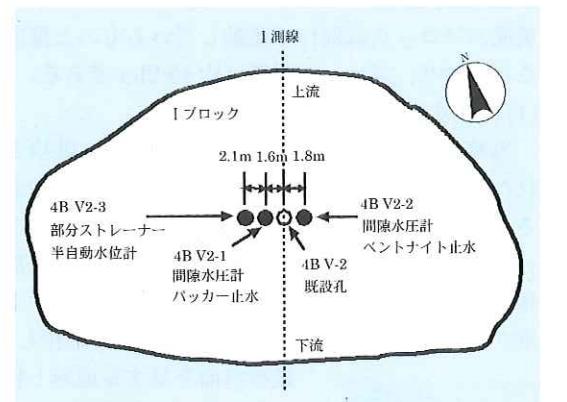


図-3 観測孔配置模式図(譲原)

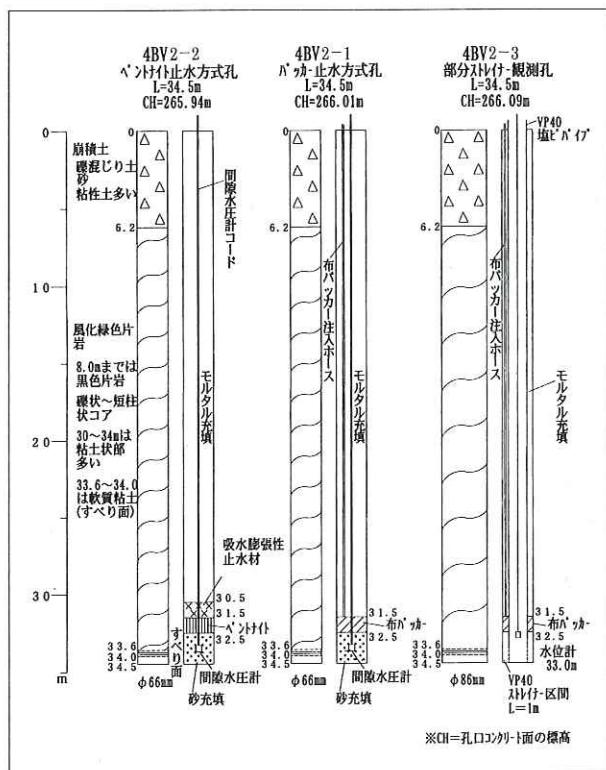


図-4 地質状況と観測孔構造(譲原)

レーナーであることを考慮して、上部崩積土と風化綠色片岩等に位置する帶水層とすべり面付近の軟質粘性土層における帶水層とそれぞれ分離された帶水層が存在すると考えられる。

(6) 地下水位観測手法の評価

複数の帶水層が存在する場合に全孔長ストレーナー方式による地下水位を観測すると、複数の帶水層の水位が合成されたものを計測することになる。一方、部分ストレーナー方式は、すべり面付近の帶水層の水位が比較的正確に計測できる(図-6)。当該地のような風化岩が卓越した地盤における地すべり地において、すべり面付近の水位を観測するにあたっては、部分ストレーナー孔による水位観測が適切な観測手法と考えられる。

降雨に対する地下水位の反応は、ペントナイトによる止水方式が布パッカーより敏感であり、また観測された水位も低い。これが止水の状態を反映したものであるか、他の要因によるものかは不明である。

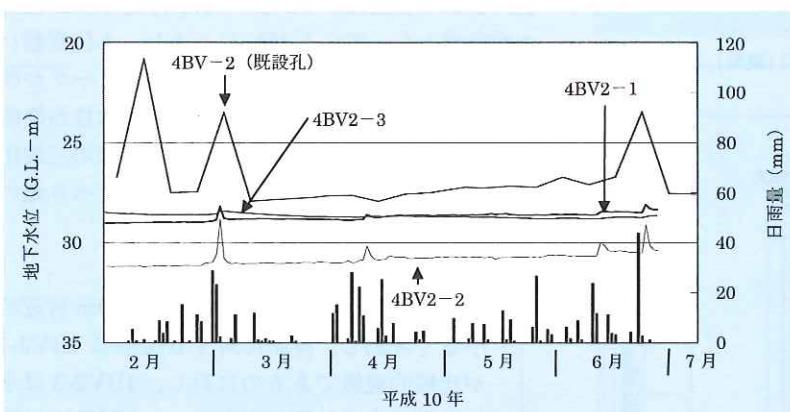


図-5 水位変動状況図(譲原)

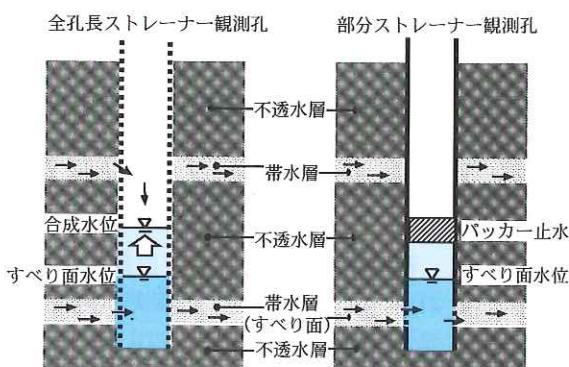


図-6 観測孔内の水位

3.2 赤崎地すべり

赤崎地すべりは、1級河川阿賀野川の河口より約45km上流の右岸、新潟県東蒲原郡鹿瀬町に位置している。当地すべり地は、上下2つのブロックに分割されており、上部ブロックは崩積土底面(基岩の第三系津川層上面)に沿った緩勾配のすべり面が形成され、すべり面までの深度は20~25mでその面積は約7.3haである。下部ブロックは第三系津川層内に形成された浅層すべり面(深度10m前後)が確認されている。この浅層すべりは中・小規模のブロックに別れて運動しているものと推定されており、ブロック面積は約19.2haである。

(1) 地下水の集水機構・水脈の経路

当該地は上流側に位置する赤崎山から供給された流紋岩の転石・礫を多く含む崩積土から構成され、新第三紀層の砂岩・凝灰岩を基盤に持っている。帶水層は基盤と崩積土の境界に存在し、崩積土の間隙には豊富な地下水が賦存している。上部ブロックは崩積土層が約20mの厚さで堆積し、

集水斜面を呈する地形と相まって地下水が滞留しやすい地形・地質条件となっている。上部ブロックの地下水は、崩積土層内を流下し下部ブロックへの給水源となっている。

(2) ポーリングコアによる水文地質と新設孔の構造

新設された地下水位観測孔は、図-7に示すように既設孔BV6-1から2m間隔でBV9-1、BV9-2、BV9-3

と一列に設置されている。ポーリングによって確認された新設孔の地質は、地表から28.5m~28.9mまでが崩積土層であり、BV9-3では、28.9m以深に軟質の暗緑灰色を呈する凝灰岩が確認されている。崩積土層は、流紋岩の角~亜角礫混じり(一部砂質)の粘性土からなっている。ポーリングの結果、BV9-3は既設のBV6-1と同様な水文地質構造が確認されており、各孔とも同様な水文地質構造にあるものと推定される。

新設された観測孔の構造は、図-8に示

すように、BV9-1はセンサー埋設部の上部ベントナイト止水方式、BV9-2はセンサー埋設部上部布パッカ止水方式、BV9-3はすべり面部の部分ストレーナー管でその上部は布パッカにより止水

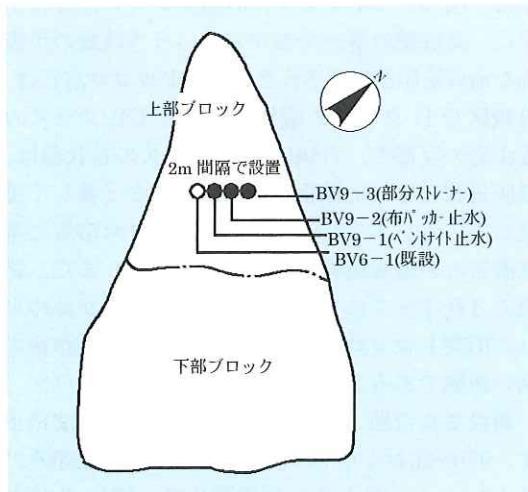


図-7 観測孔配置模式図(赤崎)

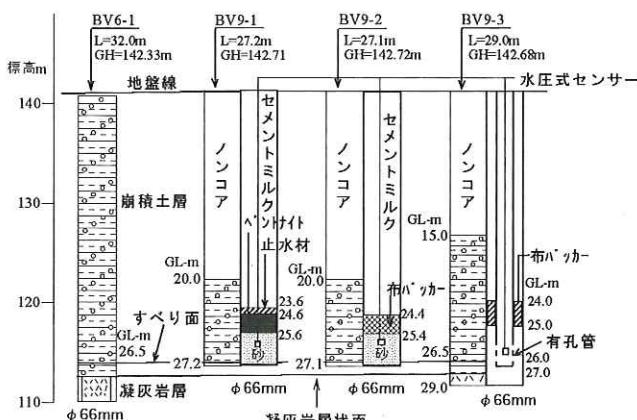


図-8 地質状況と観測孔構造(赤崎)

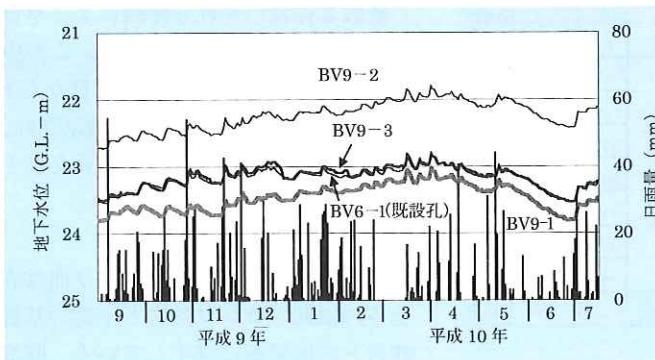


図-9 水位変動状況図(赤崎)

されている。なお既設孔BV6-1は全孔長ストレーナー孔である。

(3) 既設孔と新設孔の水位変動の関係

図-9に既設孔と新設孔の水位変動状況を示す。既設孔、新設孔ともに降雨に対し小刻みに反応を示し、水位高については多少の差が認められるものの、4孔ともに同様な変動パターンを示している。既設孔BV6-1は新設孔BV9-3とほぼ同程度の水位を示し、既設孔・新設孔で計測水位に明確な差が現れていない。なお、当該地同様の新第三紀層に分類される豊牧地すべり地における観測結果でも、既設・新設孔ともに同様の水位変動パターンを示し、観測孔の構造変化による観測結果に大きな違いは認められない。

(4) 新設孔間の水位変動の関係

新設孔の水位変動は、観測期間を通して3孔とも同様の変動パターンを示しており、その水位高は、高い方からBV9-2、BV9-3、BV9-1となって

いる。各新設孔の止水方式は、(3)で述べたようにそれぞれ異なるが、水位変動パターンは類似しており、止水方式による相違は、あまり無いものと考えられる。しかし、BV9-2はBV9-3と同様、布パッカ止水方式による水位観測孔であるが、両脇の観測孔より相対的に約1mほど高い水位が観測されている。

(5) 地下水位観測手法の評価

地下水位の観測結果から、既設孔と新設孔で水位高については多少の差があるが、変動パターンの相違は明瞭でなかった。このことは、すべり面より上部の崩積土層中を全層にわたって地下水が流動することから、全孔長ストレーナー孔による観測結果と部分ストレーナー孔等による観測結果に差異が現れなかつたものと考えられる。また、当該地と同様に第三紀層地すべり地である豊牧地すべりにおいても同様な観測結果を示していることも考慮すると、第三紀層の地すべり地に見られる基盤が不透水層を形成しその直上に透水層が分布するような地質を有する場合、全孔長ストレーナーと部分スト

レーナーでは、ほぼ同様な地下水位が観測される可能性が示唆される。

3.3 亀の瀬地すべり

亀の瀬地すべりは、大阪府と奈良県境の柏原市街の東方約10kmに位置する。当地すべり地は、西側の清水谷地区と東側の峠地区に分けられ、清水谷地区ではトメショ山南側に大規模な滑落崖があり、明瞭な地すべり地形を示している。

(1) 地下水の集水機構・水脈の経路

当該地の地質は、下位より領家花崗岩類、原川累層(第三紀層：固結礫岩、砂岩層)、旧期ドロコロ溶岩、新期ドロコロ溶岩、大阪層群(洪積層：未固結粘土、砂等)などから構成される。原川累層およびその下位層は透水性が非常に低い地盤で構成され、不透水基盤となっているのに対し、旧期ドロコロ溶岩は、板状節理や地すべりによる劣化の発達により透水性が高い。

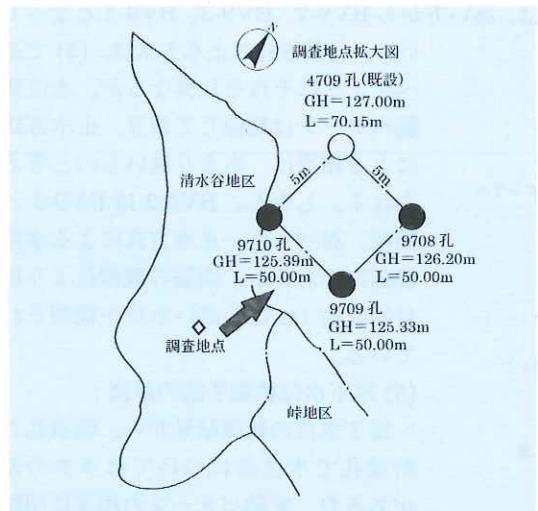


図-10 観測孔配置模式図(亀の瀬)

9708孔			9709孔			9710孔					
地質名	深度(GL-m)	岩石名	岩級区分	地質名	深度(GL-m)	岩石名	岩級区分	地質名	深度(GL-m)	岩石名	岩級区分
旧期ドロコロ溶岩	表土	1.30	礫・粘土 混じり砂	旧期ドロコロ溶岩	表土	0.05	礫・粘土 混じり砂	旧期ドロコロ溶岩	表土	0.15	礫・粘土 混じり砂
	4.40	凝灰角礫岩	D		2.70	安山岩	CL		1.00	凝灰角礫岩	D
	7.15	安山岩	CL		6.00	安山岩	CL		6.10	安山岩	CL
	8.00	凝灰角礫岩	D		18.00	凝灰角礫岩	D		17.80	凝灰角礫岩	D
	11.60	安山岩	CL		45.55	安山岩	CL		20.00	安山岩	CL
	15.40	凝灰角礫岩	D		49.55	凝灰角礫岩	D		21.25	凝灰角礫岩	D
	36.00	安山岩	CL		50.00	礫岩	CL		48.45	安山岩	CL
	36.40	凝灰岩	D						49.15	凝灰角礫岩	D
	50.00	安山岩	CL						50.00	礫岩	D
基底 礫岩		礫岩	D								

図-11 地質状況

(2) ポーリングコアによる水文地質と新設孔の構造

図-10に示すように新設孔は、清水谷地区の既設孔4709孔を頂点とした一辺5mの正方形となる形で配置されている。新設3孔のポーリング結果は、図-11に示すように旧期ドロコロ溶岩の下位に、基底礫岩層が分布するという当該地の代表的な地質層序が確認された。旧期ドロコロ溶岩は、岩級区分Dクラスの凝灰角礫岩とCLクラスの安山岩の互層で、岩級区分Dクラスの岩状態は、凝灰角礫岩で粘土鉱物が認められるなど著しく風化している。すべり面は、旧期ドロコロ溶岩と基底礫岩との地層境界付近と判断された。また、新設の3孔すべてにおいて、掘削中の逸水が認められ、旧期ドロコロ溶岩が亀裂の発達した透水性の高い地盤であることを示唆している。

新設された地下水位観測孔の構造を図-12に示す。9708孔および9709孔はすべり面付近のみにストレーナー加工された観測孔で、9710孔はセンサー埋設部の上部にペントナイト止水された構造である。センサーは、9708孔が圧力式水位計で、9709孔および9710孔は間隙水圧計となっている。なお、既設の4709孔は地表からすべり面深度の53.0mまでの全孔長ストレーナー管の中に、圧力式水位計が設置されている。

(3) 既設孔と新設孔の水位変動の関係

図-13に既設孔4709孔と新設孔3孔の水位変動状況図を示す。既設の4709孔は、水位低下時でGL-20m付近で、また降雨に対し大きな変動幅を示しているのに対し、新設の3孔はほとんど変動が見られず、水位もGL-47m前後でほぼ一定値を示し、既設・新設孔間で変動パターンに大きな相違が見られた。

(4) 新設孔間の水位変動の関係

新設3孔はいずれも降雨による水位変動はわずかしか見られない。この中では、9708孔は平成10年5月から6月に1m程度の水位上昇が観測され、他の2孔とより変動幅が若干大きくなっている。

(5) 地下水位形成機構

清水谷地区において、すべり面は表土下の旧期ドロコロ溶岩と下部の基底礫岩との境界面に発生している。既設孔の観測結果から推定すると、地下水

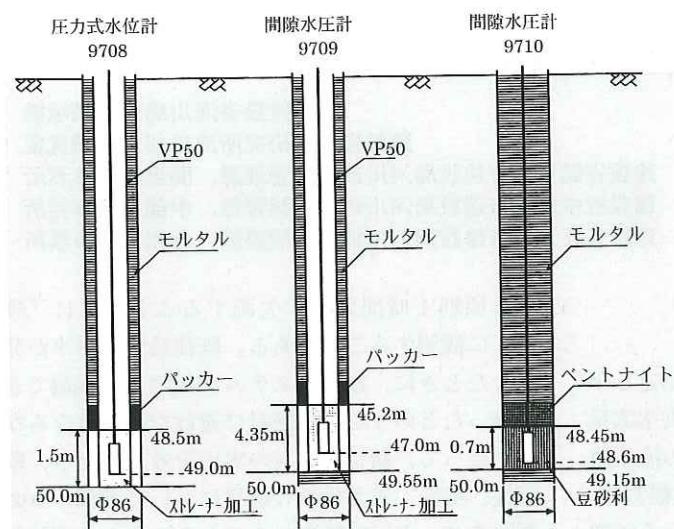


図-12 観測孔構造図

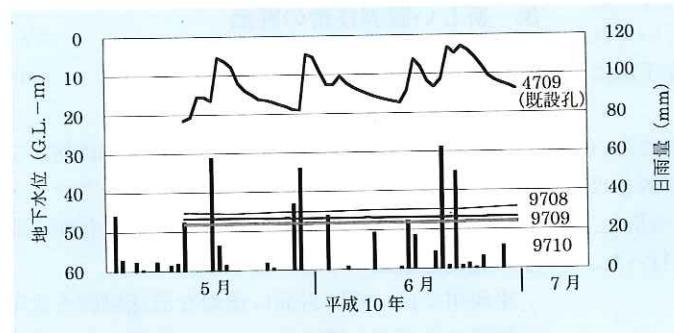


図-13 水位変動状況図(亀の瀬)

は、すべり面に沿った帶水層を形成するとともに上部の旧期ドロコロ溶岩内の脆弱な部分にも帶水層を形成していると思われる。

(6) 地下水位観測手法の評価

新設孔と既設孔の観測結果からは、変動パターンに類似性が認められず、また新設3孔の観測水位は低い水位を示している。当該地では地下水排除工が進んでいることから、すべり面付近の地下水位は低下し、新設孔の観測値が妥当であることも考えられるが、今後の継続調査により詳細を明らかにする必要がある。

4. まとめ

本研究は、すべり面の周辺に分布する地下水位の調査方法の提案を目的として実施された。試験地を6地区設けて1年程度の観測を行ったところ以下の知見が得られた。

(1) 破碎帯で発生する地すべり地(譲原、此田地すべり地)については、部分ストレーナー方式を用いた地下水位の観測手法が望ましい。

(2) 第三紀層地すべり(赤崎、豊牧地すべり地)では、全孔長ストレーナー孔と部分ストレーナー孔による明瞭な差が認められない。その理由は基盤上の地すべり土塊の全層にわたって流動する地下水の存在が予想される。今後、調査個所を増やして検討することが望まれる。

(3) ベントナイト等を用いた止水方式で観測された地下水位は、布パッカーによるものよりも低い値が観測された。これが止水の状態を反映したものであるか確認はできていない。今後、止水状態の確認が望まれる。

(4) 亀の瀬地すべり地の観測結果では、既設孔と新設孔で水位変動パターンに大きな相違が見られた。この原因を明らかにする必要がある。

本研究の実施・検討に当たって以下の留意点が指摘された。

- ・すべり面の周辺に分布する地下水位を計測するためには、あらかじめすべり面の位置を確認する必要がある。したがって本手法は比較的大規模な地すべり地に限定した適用が考えられる。
- ・削孔時の孔内に形成される地下水位等の状況を記録して地下水の貯留状況の把握に努めること。
- ・地下水排除工には目つまりによる排水不良が観察され、地下水位観測孔についても時間の経過とともに目つまりの発生による地下水位データの不良の発生が危惧されること。
- ・部分ストレーナー観測孔の設置に当たって止水部の施工性から、一般に使用される $\phi 66\text{mm}$ のボーリングよりも大きい口径の使用を検討する必要がある。

<文責>

建設省土木研究所砂防部地すべり研究室長、学術博
士 綱木亮介
同 地すべり研究室主任研究員 藤澤和範