

善徳地すべりにおける高密度ステップ孔内試験結果と地下水観測結果との比較について

独立行政法人土木研究所 ○宇都忠和、石田孝司、杉本宏之、本間宏樹、武士俊也
四国地方整備局四国山地砂防事務所 桜井亘、鷲尾洋一、高川智、内田拓治
株式会社エイト日本技術開発 二木重博

1. はじめに

地すべりの安定解析に用いる間隙水圧は間隙水圧計等によって直接測定することが望ましいが、地下水位で代用されることが多い。地すべり斜面では複数の帯水層や逸水層が存在するケースも多く、全孔ストレーナではすべり面の間隙水圧と連動する地下水位を計測できていない事例も少なくない。すべり面付近に部分ストレーナを設置するのが望ましいが、そのためには精度よく帯水層や逸水層を把握する必要がある。

帯水層や逸水層を把握するための試みとして、徳島県の善徳地すべり地区において地質ボーリング掘削時に、高密度ステップ孔内試験による地下水調査を実施した。その結果に基づいて部分ストレーナによる観測孔を設置し地下水観測を実施した。今回、高密度ステップ孔内試験とその後の地下水観測結果を比較したので、その結果を報告する。

2. 調査地概要

善徳地すべりは、吉野川右支川祖谷川の右岸に位置し、基盤層は三波川帯の泥質片岩を主体とし、南向き斜面では緩やかな流れ盤構造を呈している。このうち、Z-3-4ブロックの中部で、高密度ステップ孔内試験を実施した。

3. 調査方法

3.1 高密度ステップ孔内試験

掘進速度を1日1m以下に制限したボーリング調査

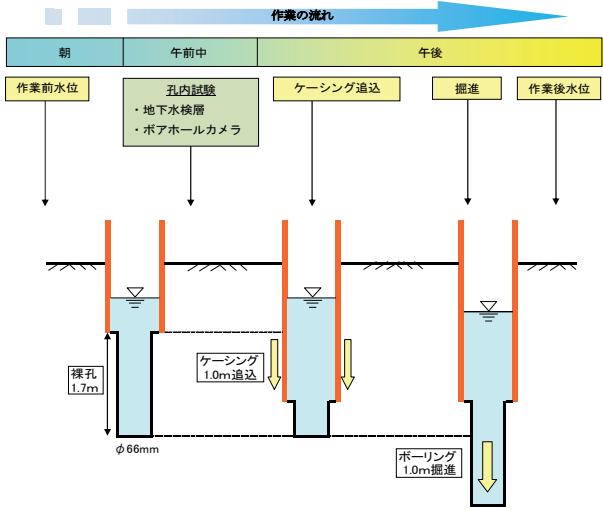


図2 作業日の掘進と地下水調査実施サイクル

を実施し、掘進時水位変動を記録した(図1)。また、併せて孔内試験(ポアホールカメラ、ステップ式地下水検層、など)を、図2のようなサイクルを標準として実施した。この間、ケーシングを追いついで裸孔区間を短く保つと共に、上位層からの地下水流入を極力抑えて掘進した。

3.2 地下水観測

高密度ステップ孔内試験の結果をもとに帯水層・逸水層を推定し、全区間ストレーナの地下水観測孔BV14-4'と、部分ストレーナ孔2孔(すべり面直上の帯水層(3)を対象とするBV14-4"と、自由地下水の帯水層

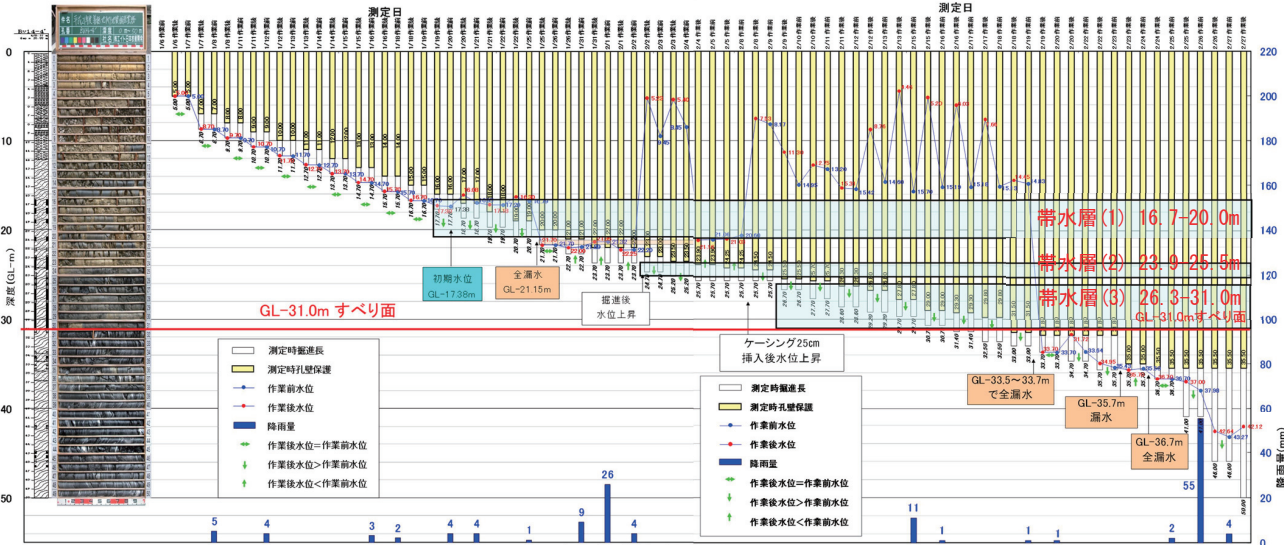


図1 掘進時水位変動図

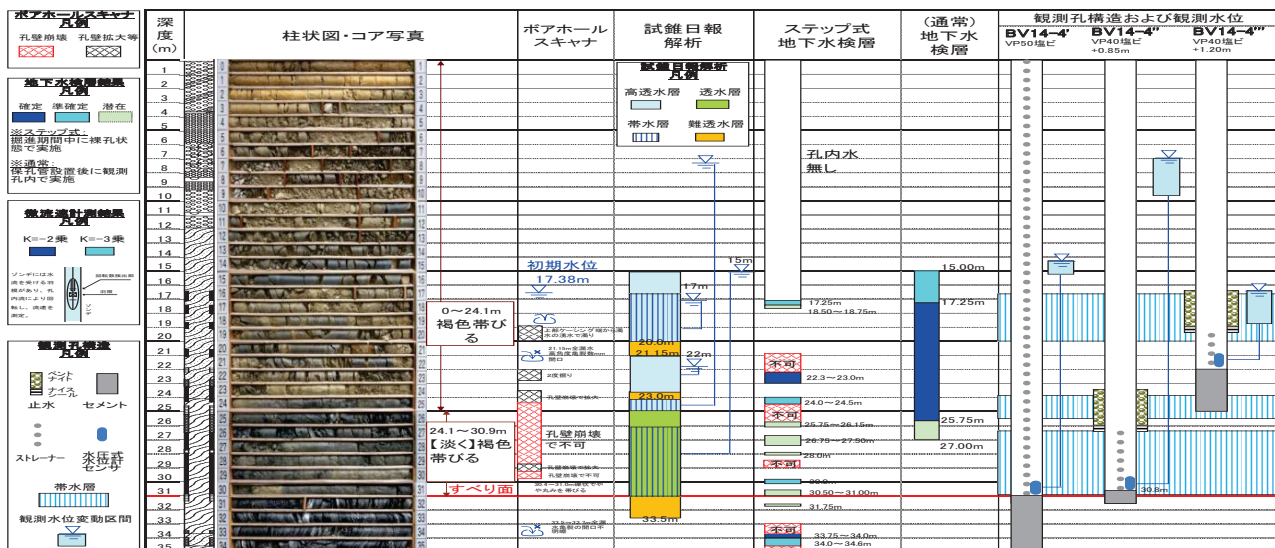


図 3 地下水調査および観測孔設置図

(1)を対象とする BV14-4''')を設置した(図3)。BV14-4''は、帯水層(2)の影響を受けないよう、GL-23.5~26.5mの区間で遮水した。各観測孔で、水圧式自記水位計による、平成23年度までの2年間の地下水観測結果を整理した。

4. 調査結果

4.1 掘進時水位変動

図1に掘進時水位変動図を示す。掘進速度を制限し、50mを1月6日~2月27日の53日間かけて掘進した。掘進時の水位変動から、自由地下水が存在すると推定される帯水層(1)、そのさらに深部で、異なった被圧地下水頭を持つ帯水層(2)、(3)の、計3層の帯水層が確認された。帯水層(3)は、すべり面直上のGL-26.3~31.0mに分布する。すべり面を抜け、基盤岩に入ると急激に地下水位が低下した。

4.2 孔内試験結果

各種の孔内試験結果を図3に対比してまとめた。ステップ式地下水検層では、すべり面直上付近において、全区間ストレーナ孔での通常の地下水検層では検出されなかった、GL-30.0m付近の準確定流動面、GL-30.5~31.0m区間の潜在流動面を検出した。

4.3 地下水観測結果

地下水観測結果を図4に示し、観測水位変動区間を

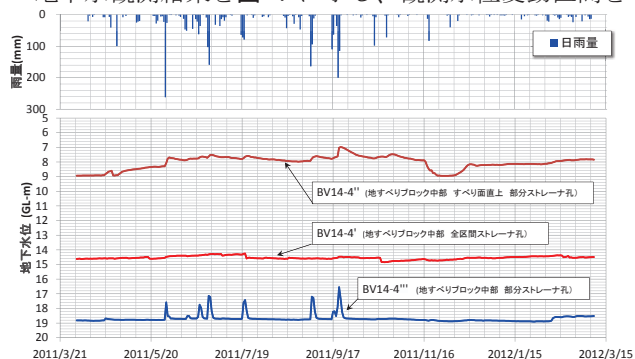


図 4 地下水位変動図 (H22~H23)

図3にまとめた。全区間ストレーナ孔 BV14-4'では、掘進時の初期水位(GL-17.38m)より 1m 前後上に水位があり、変動幅がごく小さい。自由地下水帯の把握を目的とした BV14-4''は、日雨量が 150mm を超える豪雨時に、降雨に敏感に反応して水圧上昇を生じた。一方、すべり面を含む帯水層の把握を目的とした BV14-4'''は、掘進時水位とほぼ同等の被圧地下水頭が確認され、豊水期に上昇する緩やかな地下水変動が見られると共に、台風12号・15号の豪雨後に水位上昇を記録した。

5. 考察

5.1 帯水層の判定

帯水層(2)、(3)は、GL-25.5~26.3m間に逸水層を挟んで近接するが、掘進速度を 1m/日に制限したことで、判別することができた。掘進速度を抑制して裸孔区間幅を小さくし、高密度で掘進時水位変動を解析するとともにステップ式地下水検層を行えば、帯水層や流入区間の検出が高い分解能で可能になると考えられる。

5.2 ストレナ区間の決定

高密度ステップ孔内試験等による帯水層判定に基づき、すべり面に影響する帯水層(3)の間隙水圧を観測できるように、掘進直後に BV14-4'' の部分ストレーナ区間を決定可能であった。部分ストレーナ孔 BV14-4'' の観測結果では、被圧地下水頭を捉え、豊水期に水頭が上昇する緩やかな変動を描いており、深層の間隙水圧の挙動を捉えていると推定できる。このように、高密度孔内ステップ試験によって、別孔を掘進せずに部分ストレーナ区間を決定できれば、事業の迅速化・効率化が期待できる。ただし、掘進速度制限は工費面では不利となる。すべり面付近の調査に焦点を絞れば、より効果的にストレーナ区間決定に資すると考えられる。

5.3 今後の課題

引き続き適用性に関する検討を進めるとともに、効率的な実施方法についても検討していきたい。