

地すべり地における地下水排除工検討事例

大日本ダイヤコンサルタント株式会社 ○伊東 陽希
 兵庫県 西播磨振興局 光都農林振興事務所 名畑 昌昭・松下 和敬
 大日本ダイヤコンサルタント株式会社 鏡原 聖史・山口 奨之
 岡崎 敬祐・池田 智博
 塩谷 嘉宏
 有限会社太田ジオリサーチ 川浪 聖志

1. はじめに

地すべりの不安定化には地下水が大きく影響しており、地すべり対策工として地下水排除工は一般的な対策である。地下水排除工にはボーリング暗渠工（横ボーリング工）や集水井工などがあるが、地形や地下水の分布などの条件によっては、それらの採用が難しい場合がある。

本発表では、一般的な地下水排除工が適用できない地すべり地に対して、ディープウェル工（深井戸を工事に改良した地下水を水中ポンプで汲み上げる重力排水工法）による事例を紹介する。

2. 地すべり箇所の概要

当該地すべり地は、既往調査によると過去に発生した大規模な地すべり地での二次すべりであり、平成30年7月の西日本豪雨災害（以降、平成30年豪雨）によって再滑動し、それ以降断続的に地すべり滑動が確認されている。

地すべり地周辺の地質はペルム紀に形成されたとされる舞鶴層群（緑色岩類や粘板岩）と夜久野岩類（変斑レイ岩や変花崗岩）が分布している。

溪流沿いに地すべり地が2箇所（溪流を挟んで南側がAブロック、北側がBブロック）確認され、地すべり地より上流部では不自然な緩斜面が広がり、谷筋が不明瞭となる。集水面積は27ha程度で集水地形が明瞭であり、溪流沿いの地すべり土塊末端部は常に浸食され崖面を形成し不安定化している。

本稿ではAブロックの検討事例を紹介する。

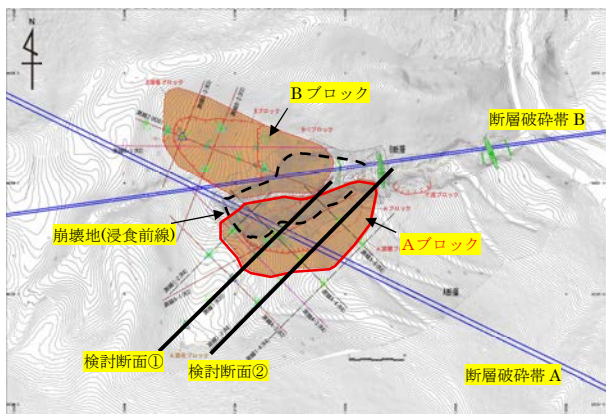


図-1 調査地平面図

3. 地下水構造の検討

当該地すべり地では、比抵抗2次元探査やボーリ

ング調査の結果から、それぞれのブロックで地質条件がAブロックとBブロックで異なり、断層とみられる破砕帯が認められるため、地下水構造は複雑かつAブロックBブロックで異なると推察された。Aブロックは、ブロック中央部付近の地下水位が高い傾向にあり、頭部と末端部の水位が低い構造となっている（図-2）。多点温度検層の結果からすべり面付近に地下水流動層が認められた。さらに、流向・流速調査やトレーサー試験の結果から斜面上方から崩壊地へ流れる地下水構造を推定した（図-2）。

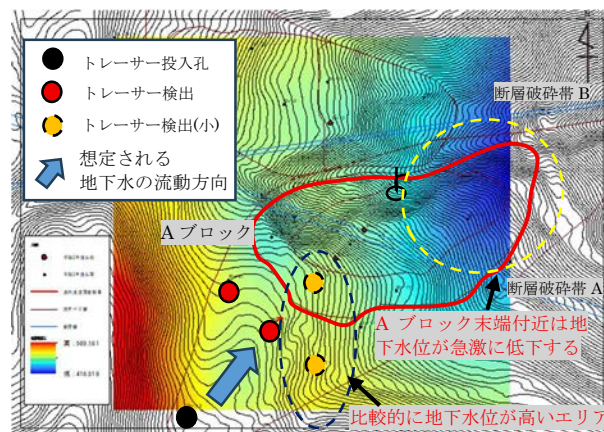


図-2 観測最高水位標高図

4. 地下水排除工の工法検討

Aブロックは変動C（潜在変位）程度の緩慢な地すべり変位が確認されており、本格的な地すべり対策工事のためには、地すべりを安定化させる必要があった。したがって第一段階の対策工として地下水排除工で地すべりを安定化させた後、本格的な地すべり対策工を進めることとした。

Aブロックにおける一次対策工について一般的な工法を含めた3案から比較し、安全かつ最も効果的に地下水位を低下させる工法として「ディープウェル工（以下、DW工とする）」を採用した。各工法の比較について以下に示す。

第1案は崩壊地内の崖面での施工となることから施工時の安全が確保できないことから不採用とした。第2案はAブロックの末端付近の地下水位が想定すべり面よりも低い位置に分布するため、ボーリング暗渠工による排水効果は期待できないことが考えられた。以上のことから、経済性では劣るが、地下水位の高い箇所確実に地下水位低下が可能な第3案の「地すべり地内（崖上）でDW工」を採用し、地す

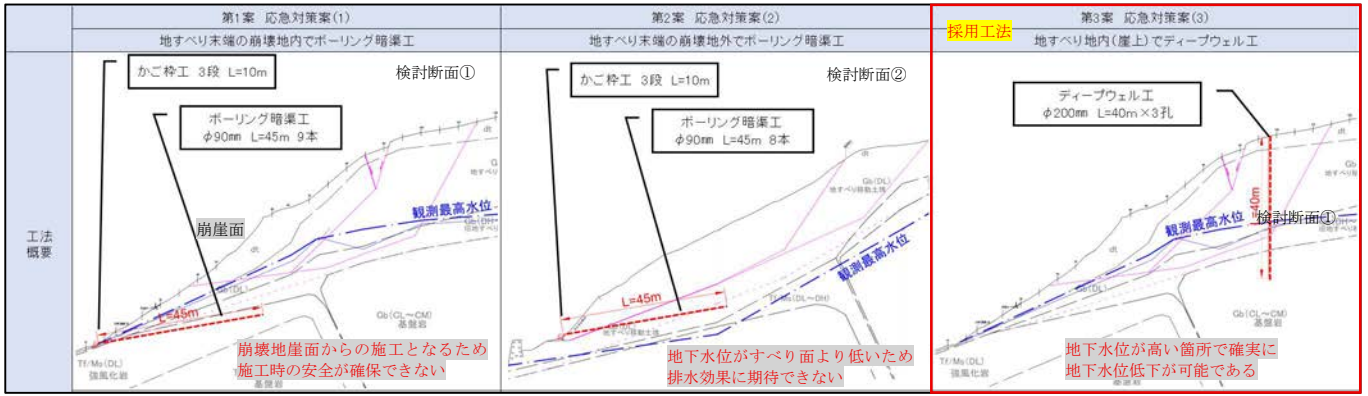


図-3 一次対策工比較検討結果 (A ブロック)

ベリブロック内の水位が高まる付近を狙い排水する計画とした(図-3)。

また、第3案は地すべりブロック頭部の滑落崖より背後での施工となることから比較的安全に工事ができることと評価した²⁾。

5. DW工の諸条件検討

DW工の配置は、Sichardtの式($R=3000 \times (h) \times \sqrt{k}$)によって算出した影響範囲(60m)から20m間隔で計画した。また、地下水流動方向などの地下水条件や地形条件等の施工性を鑑みてDW工の配置位置を決定した(図-4)。

なお、目標水位低下量(h)はDW工計画位置で観測最高水位($F_{s0}=0.98$)から一定量低下させた場合、 $F_s \geq 1.0$ となる低下量を求めた。また、透水係数(k)は累積降水量150mmの降雨イベントを対象としてDW工計画位置付近の観測孔の地下水位上昇量から回復法(オーガー法・Bouwer and Jacksonの式及びErnstの式)を用いて算出した²⁾。

DW工の掘削深度はポンプの稼働開始水位ならびに稼働停止水位を決定後、ポンプの設置深度や砂溜め区間を鑑みて井戸ごとに決定した。

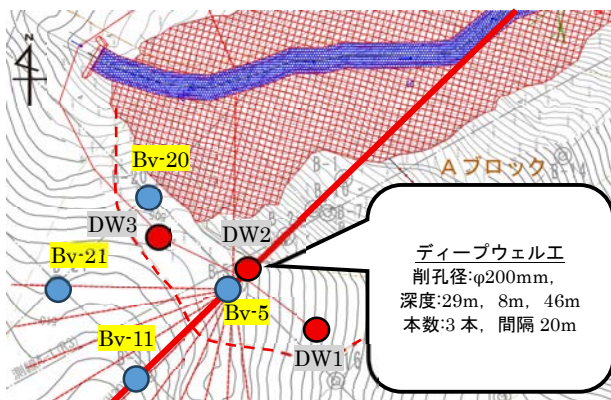


図-4 DW工配置計画図²⁾

6. DW工の効果

DW工設置後の観測期間(2024年12月~2026年3月)において記録的な豪雨(150mm/日以上)が観測されなかったことから、DW工の効果確認のため、DW工設置前後の地下水位と実行雨量から回帰分析

を行い、DW工施工の効果を評価した。

回帰分析の結果、DW工付近の観測孔においてDW工後に地下水位の低下が認められることからDW工は地下水位低下の効果を発揮していると評価した。特にBv-5においては、DW設置以降の降雨においてDW工設置以前の降雨データの解析値から1.0m程の地下水位の低下効果を確認した(図-5)。

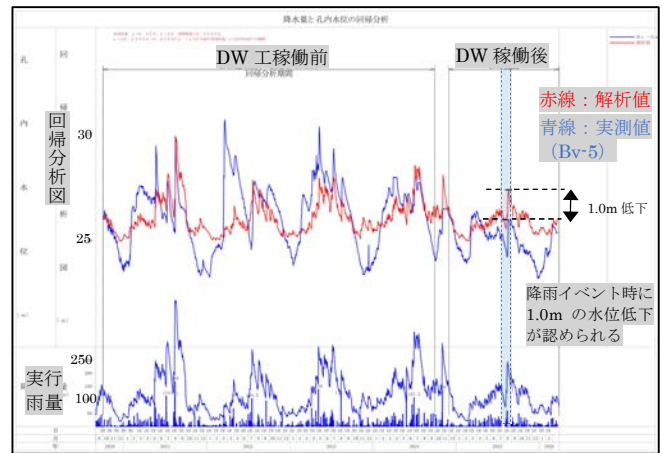


図-5 Bv-5回帰分析結果

7. まとめ

軟弱地盤改良などの都市型土木工事で採用されるDW工を山間部での地すべり対策工事で検討し計画を実施した。

一般的な地下水排除工法と比較して、水中ポンプの常時運転時に経費が増し、山間部設置での条件検討が複雑であるが、緩慢な地すべり変動がある中で、地形条件や地下水分布条件から一般的な地下水排除が難しい場合、本格的な集水井工や斜面对策工事に先行する工法として、一定の地下水位の低下効果が得られた。今後は豪雨時の地下水位や地表・地中内変位を観測し、DW工の効果の評価、適切な運用を検証していきたい。

参考文献

- 1) 伊東ら：大規模山体崩壊地内で発生した斜面変形，日本応用地質学会研究発表会論文，2022。
- 2) 伊東ら：地すべり地におけるディープウェル工検討事例，日本応用地質学会研究発表会論文，2025。