

令和5年6月豪雨による地すべりの発生機構と対策事例

株式会社エイト日本技術開発 ○遠藤 雅宏, 種平 一成

1. はじめに

令和5年7月上旬、道路山側の法面において地すべりが発生した。当地すべりは、8月の伸縮計変動量が約800mm/月を記録するなど非常に活発であり、道路沿いでは地すべりの押し出しに起因すると考えられる小崩壊や落石が続き、7月下旬、大規模な末端崩壊により道路が閉塞し、通行止めとなった。早急な道路復旧を図るべく、調査・観測を実施した事例を紹介する。

2. 地形・地質概要

当被災箇所は、標高240~270mの尾根先端の東側斜面に位置し、道路との比高は約60mである。斜面の傾斜は40度前後と比較的急峻で、道路沿いは1:0.5~0.6程度の切土法面であった。

地質は、四万十帯の泥岩優勢層が分布し、地層の走向傾斜は変化に富み一定ではない。当地の泥質岩は、岩質は硬いが、潜在亀裂が多く、砕けやすい特徴がある。

3. 調査結果

(1) 踏査による地すべり範囲の推定

道路から水平距離約65m地点において、延長26mの滑落崖が確認され、頭部とした(図-1)。発見時の滑落崖は、最大高2mであったが、2週間後には6mに拡大した(写真-1)。西側(左側)は、段差約3m、幅1~2mの開口亀裂が続き、東側(右側)は、亀裂や谷沿いに移動土塊による押し出しが確認され、これらを側部とした。また、道路沿いの切土法面では、岩盤の破碎、地下水の滲み出し、押し出しによる崩壊が確認され、末端部とした。なお、道路面には変状は認められなかった。

(2) LP 差分解析結果による地すべり範囲の推定

当地では被災前のLPデータが存在したため、被災後に再度計測を実施し、差分解析を行った(図-2)。図-2より、頭部や右側部では約5mの大きな沈下が認められ、左側部の下方から末端においては、約2mの隆起が確認された。本解析結果より、地すべり範囲が明確化されると共に、全体の変動状況を把握することができた。

(3) ボーリング調査結果

① 地すべりブロック内

地すべりブロック内で実施したBor-1及びBor-2では、深度10m程度まで砂岩・泥岩が破碎した土砂状コア(D級)が確認された。これ以深は、亀裂や礫状部を挟むが、概ね新鮮な岩盤(CL級主体)が確認された。

② 地すべりブロック背後

滑落崖の背後で実施したBor-3では、深度7mまで強化岩(DH級)分布し、深度7~12mは、地すべりブロック内では確認されなかった強強化泥岩が確認された。これ以深は、概ね新鮮な泥岩(CL級主体)が確認された。

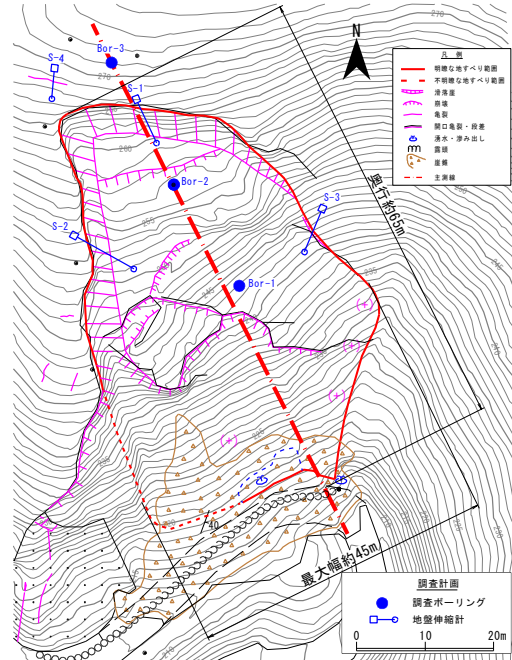


図-1 踏査平面図



写真-1 頭部滑落崖の状況
(左:発見当初, 右:2週間後)

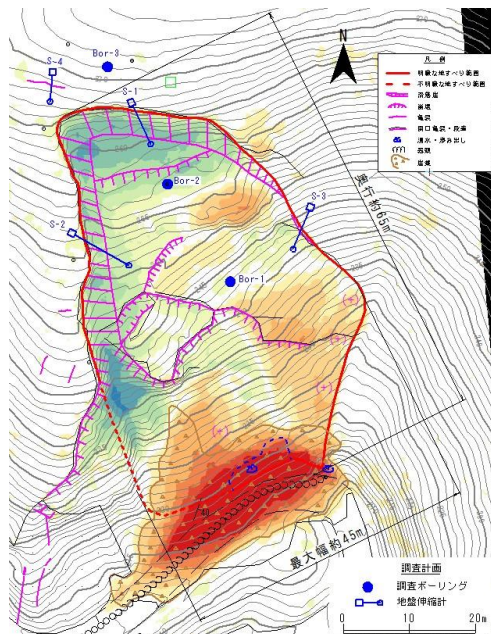


図-2 差分解析図(R5.4.11~R5.7.26)

4. 観測結果

(1)伸縮計観測結果

地すべり頭部と右側部に設置した S-1 及び S-2 では、8 月中旬の豪雨（143mm/日）により、約 240mm/日の大規模な変動が記録された（図-3）。それ以降も、降雨に伴い顕著な変動が認められた。左側部に設置した S-3 では、S-1 や S-2 と比較すると、総移動量がやや小さい傾向が見られた。また、滑落崖背後の小亀裂に設置した S-4 では、目立った変動は認められなかった。

(2)パイプ歪計観測結果

地すべりブロックで実施した Bor-1 及び Bor-2 では、3 月の降雨（247 mm/月）により、約 2,000 μ /月の顕著な変動が確認された。また、背後斜面の Bor-3 では目立った変動は確認されなかった。

(3)水位観測結果

孔内水位は、3 月の降雨により、Bor-1 で約 2.5m の水位変動が確認された。また、尾根付近の Bor-3 では、約 5m の顕著な水位上昇が確認された。これにより、背後（東側に続く山地）から地下水が供給され、地すべり地に流入していると推察された。

5. 解析結果

(1)解析測線の設定

当地すべりは、右側部において引張りによる変状が認められる一方、左側部は圧縮やずれの傾向を示している。この違いは、S-3（左側部）より S-2（右側部）のほうが月変動量が 1.3~1.7 倍大きいなど、伸縮計の変動量からも確認できる。他にも、地すべりが大きく変動した際に、伸縮計 S-3 の塩ビ管が左側に屈曲し、移動杭が左側に移動していた事や、左側部において押し出し崩壊や岩盤の破碎が顕著であったことから、当地すべりは上から下の移動に加えて、上から見て右から左に向かって移動していると考えられた。以上より、図-1 のように解析側線を設定した。

(2)すべり面の設定

ボーリングコアの土砂部と岩盤の境界及びパイプ歪計で顕著な変動が確認された深度より図-4 のようにすべり面を設定した。

6. 地すべりの発生機構

元来地下水の供給が豊富であった当該斜面において、台風に伴う記録的豪雨（日雨量が観測史上2位）があり、過剰な地下水が供給され、地すべりが発生したと考えられる。そして、その後の降雨により、地すべりが活発化し、移動土塊の攪乱が進行したと考えられる。

現況安全率は、降雨に伴って地すべりが滑動する状況であるため、 $F_s=0.98$ と設定した。

7. 対策工検討

当地すべりの対策工としては、地すべりの原因となった過剰な地下水上昇を抑制するため、地下水排除工（横ボーリング工）を計画した。また、頭部荷重を軽減する

ため、排土工を計画し、計画安全率（ $P.F_s=1.12$ ）に対する不足をアンカー工で補うこととした。さらに、残置する地すべり土塊は、表層が攪乱され脆弱となっているため、鉄筋挿入工により補強する計画とした（図-5）。

8. おわりに

地すべり災害時においては、踏査やボーリング調査、観測を行い、地すべりの発生機構を速やかに把握することが重要と考えられる。当現場では、地すべりの活発化によってボーリング調査が実施できない期間が生じたため、踏査や LP 差分解析により、地すべり範囲と変動状況を明らかにし、その後の調査・観測を速やかに進めることができた。今後も様々な現場で経験を積み、状況に応じて適切な判断が行えるように研鑽を積んでいきたい。

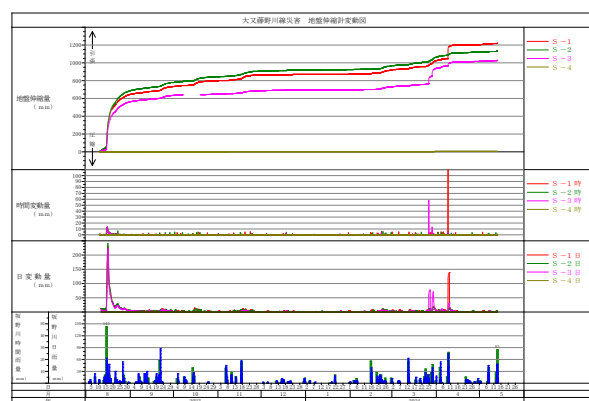


図-3 地盤伸縮計変動図

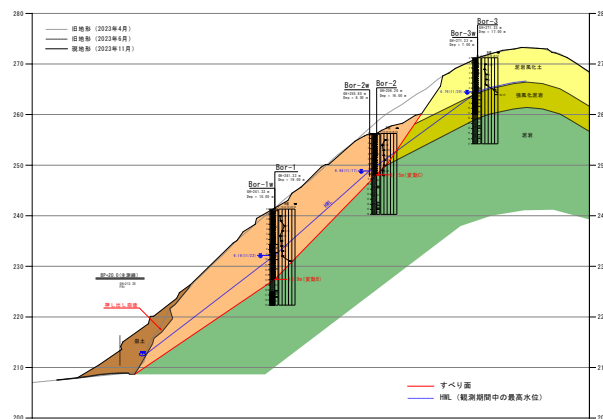


図-4 地質断面図

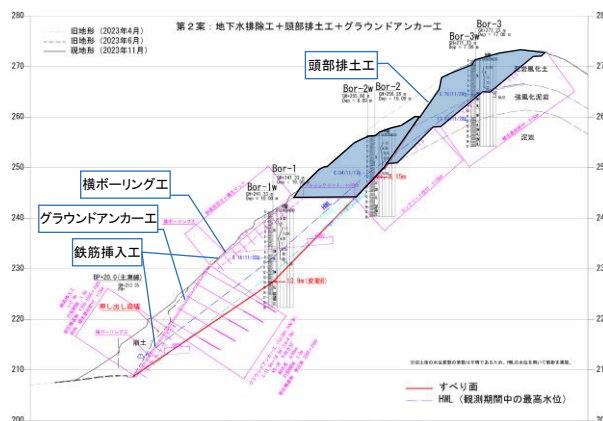


図-5 対策工断面図