

道央自動車道 有珠山麓切土のり面地すべり対策の報告

The Piedmont Usu landslide on Hokkaido Expressway

東日本高速道路株式会社 ○正 員 小山良生 (Ryosei Koyama)

1. はじめに

道央自動車道 虻田洞爺湖 IC～伊達 IC 間（暫定2車線、平成6年3月30日開通）は、活火山である有珠山麓の虻田地区を通過する高速道路である（図-1）。



図-1 位置図

この虻田地区では、有珠山を切り開いてできたのり面を有しており、道央自動車道建設時に地すべり対策工として集水井工とグラウンドアンカー工を行った。その後平成12年3月31日有珠山噴火の地殻変動によるのり面変状に伴う地すべり対策工として排土工と集水井工を行ってきた。

有珠山噴火から10年後の平成22年6月下旬、当該地区切土のり面付近の路面において、隆起による滞水異常が発見された。この滞水要因把握のため滞水箇所周辺部の調査を始めたところ、損傷状況が次々と明らかになった。主な損傷として、リフトオフ試験からグラウンドアンカーの破断、ボーリング調査からは、地中のすべり面が確認された。これらの調査結果からグラウンドアンカーの破断等の変状の原因は地すべりであることが判明した。

本報告は、のり面変状発生から緊急対策工、応急対策工から本対策工へと段階的に対策を進め、平成25年5月地すべり対策工事が無事完了したので報告するものである。

2. 有珠山噴火の歴史と特徴

有珠山の噴火は、1663年以来9回知られており今まで数十年に一度の割合で活発に噴火を繰り返してきた記録がある¹⁾。近年の噴火は、粘り気の高いマグマが

活動しているため爆発的な噴火が多く、噴火のたびに溶岩ドーム・潜在ドームが形成され、山の形が変わってきているという特徴がある。

3. 地すべり対策の経緯

当該のり面は、活火山である有珠山の山麓に位置し、長年の火山活動の影響を受けた複雑な地層構成を有する地形である。建設当初から当該切土のり面で地すべりが発生し、数々の対策工を行ってきた。以下にのり面変状時の損傷状況とその時点で行った地すべり対策を紹介する。

1) 建設時（平成4年）の変状と対策

高速道路建設時の当該切土のり面工事開始直後に地すべりが発生した。この時高速道路に隣接するA、Bの頭部の異なる二つの地すべりブロックと、この2つを包括する大ブロックが推定された。この時の対策工は、集水井（3基）とグラウンドアンカー工を行った（図-2）。開通後も動態観測を継続し、ひずみ計、傾斜計、水位計およびアンカー荷重計の計測を行い平成8年顕著な変化がなく安定状態を確認し、地すべりは安定したと判断した。

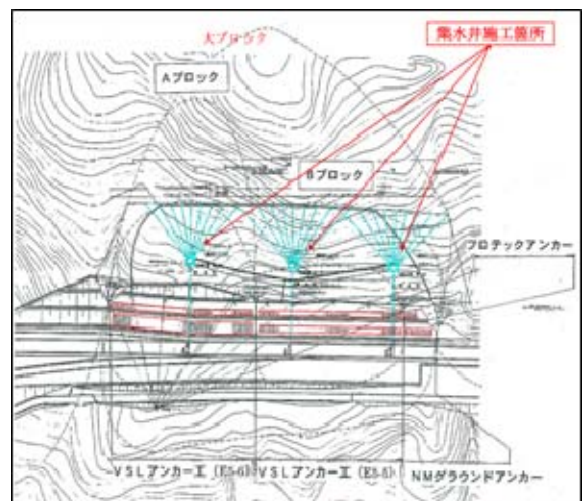


図-2 地すべりブロックと対策工

2) 平成12年有珠山噴火後の変状と対策

平成12年3月31日有珠山が噴火した。この時、有珠山噴火に伴う地殻変動により、当該切土のり面区間で水平方向に約6m移動し、鉛直方向に約6.1m隆起した。のり面変状は、後背斜面に開口亀裂の発生、グラウンドアンカーのクサビの外れおよび受圧板コンクリートのはく離等の破損を確認した。

対策工は、大ブロック部の排土（約10万m³）と集水井（1基）を追加施工した（写真-1）。

その後、火山活動の収束とともに地すべり活動も収束に向かい、噴火以降通行止めとなっていた当該区間は平成13年6月30日に供用を再開した。

のり面の動態観測としての定期観測は、平成19年3月に変位が収束したため終了し、自動監視システムによるデータの収集解析は平成21年まで行い、以後はのり面全体の概観目視を主体とした変状確認を定期的に継続していた。

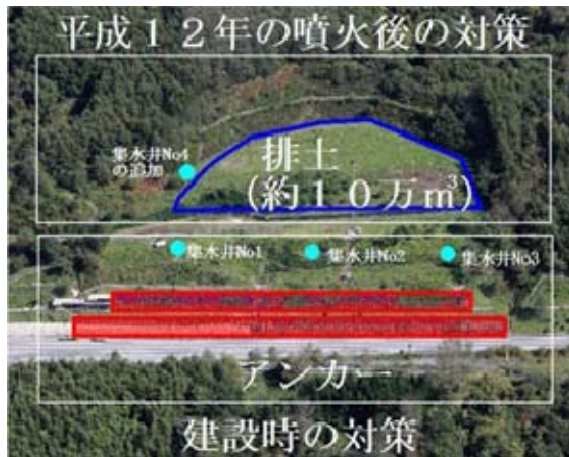


写真-1 有珠山噴火後の対策工

4. 新たな地すべりの発生

平成22年6月下旬有珠山山麓切土のり面に滞水異常に伴う路面変状を確認した(写真-2)。この変状の原因及び影響範囲を把握するため、周辺の地表や地中の変状と過去に実施した地すべり対策工による動態観測の変位状況を調査した。

1) 地表部の変状

路面の滞水箇所を中心とした不陸、ガードレール支柱傾斜、保護路肩アスファルト舗装部の縦断方向のクラック、のり尻排水溝の倒壊し、路面の変状は最大84mmの隆起を確認した。



写真-2 滞水状況

2) 地中部の変状

調査ボーリング孔で出現した凝灰岩に粘性が比較的大きく膨潤性に富み鏡肌を有した地質がすべり面となっている地層であることを確認した(写真-3)。



写真-3 鏡肌を有したすべり面層



写真-4 アンカーキャップの突出状況

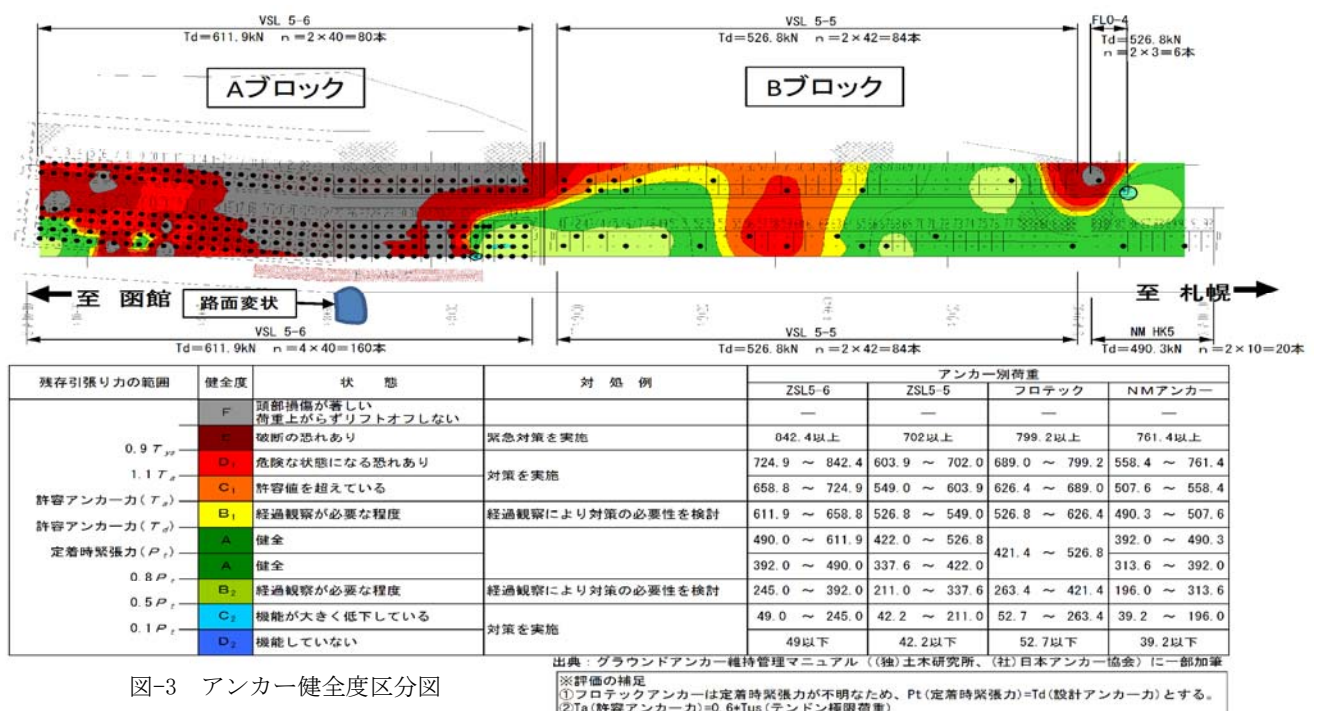


図-3 アンカー健全度区分図

3) 集水井の変状

4 基の集水井の集水孔（水抜きボーリング孔）と排水管についてファイバースコープ観察の結果、破断や変形および孔内の土砂体積による排水機能の低下が見られたことを確認した。

4) のり面グラウンドアンカーの変状

Aブロック前面路面の不陸発生箇所付近を中心として、アンカーキャップの突出やクサビの落下等の頭部の変状の点在が240本の内、約2割に見られた（写真-4）。また、リフトオフ試験では、破断や過緊張の点在が約5割に見られた（図-3）。

5. 緊急対策工

緊急対策工は、路面変状に伴う滞水状況を発見後、調査と並行して変状の進行を抑えるために行った。緊急対策工は、大型土のうによる押え盛土を切土のり尻に設置し、地下水を下げるための水抜きボーリングの施工と既設集水井の集水孔や排水管の洗浄を行った（図-4①、②）。

6. 応急対策工

応急対策工として、破断が確認された既設のり面のグラウンドアンカーを補完するために、のり面アンカー工と集水井1基の追加施工を行った（図-4③、④）。

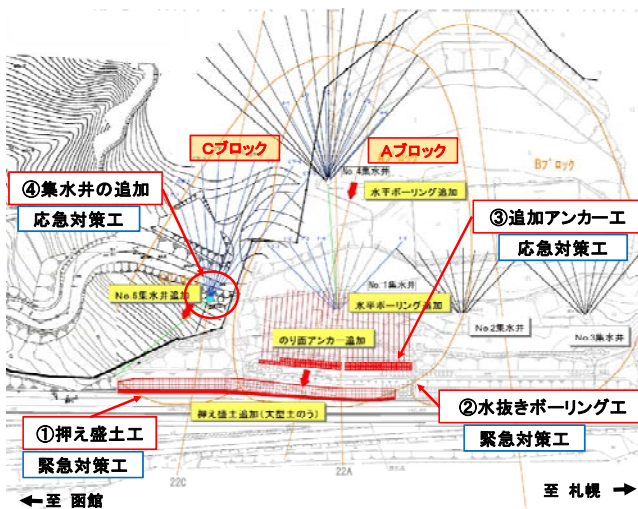


図-4 緊急対策工および応急対策工

7. 本対策工

本対策工では、新たに着色部の複数の地すべりブロック（図-5）が確認され、地すべりブロックごとに挙動が異なることから、観測期間中に変状が見られた図-6のA、Cブロックを地すべり対策対象ブロックとした。

また、先に行った応急対策工の対策効果を精査した結果、必要抑止力（計画安全率 $P \cdot F_s : 1.2$ ）を得るためには、応急対策工ののり面アンカーに加え、押え盛土工（押え盛土+大型かご枠工）と抑止杭工（深礎杭）の併用が必要であることが判明した。そこで本対策工は、抑止杭工として深礎杭をAブロックでは、直径4.0m、杭長25~30m、杭芯間隔7.0mを14基、Cブロックでは、直径3.5m、杭長21~30m、杭芯間隔7.0mを8基の施工を行った（図-6、写真-5）。

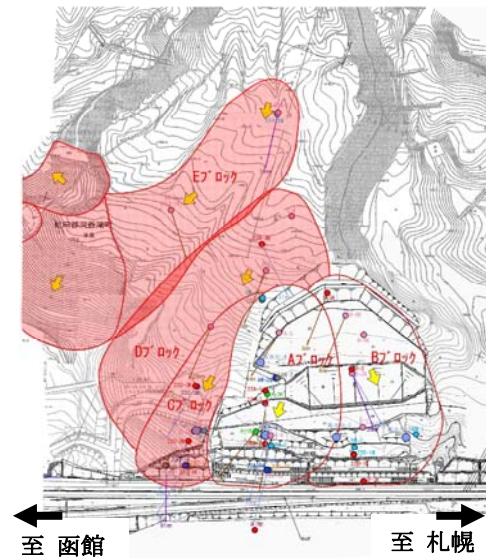


図-5 新たな地すべりブロック

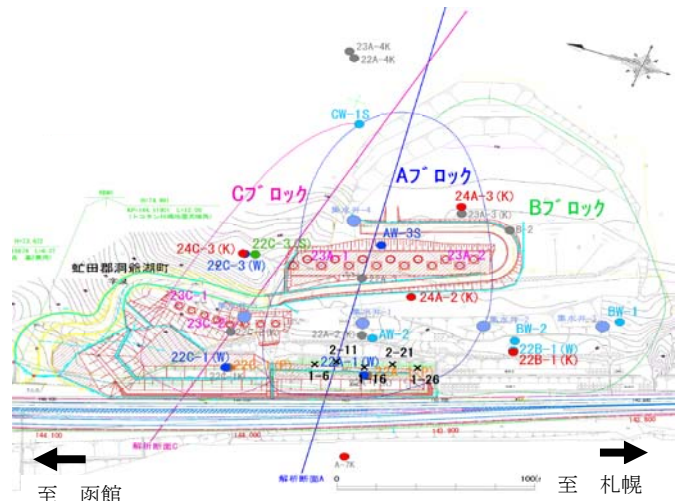


図-6 地すべり対策工および動態観測位置図



写真-5 本対策工

この時施工上問題となったのは、供用している高速道路に地すべりのり面が隣接していることであった。

このため、対策工法の選定の検討は次のとおり進められた。

1) 本対策工選定の経緯

地すべり面末端部の位置が、既設の高速道路車線区域に確認されたため、車線区域からはずすため供用車線を

将来車線区域側にシフトするものとした。

2) 工種選定理由

- 車線をシフトして地すべり面末端部に押え盛土が施工できるので地すべり対策効果が大きい。
 - 押え盛土により抑止力が低減されるので抑止杭の本数を減らせる。
 - 高速道路の車線シフトが生じるが、シフトしない場合と経済的に大差がない試算結果が確認出来た。
- など、地すべり対策に対して施工上の問題および経済性等を総合的に判断した結果、高速道路の一部を将来車線側に車線シフトして対策することとした（写真-6）。

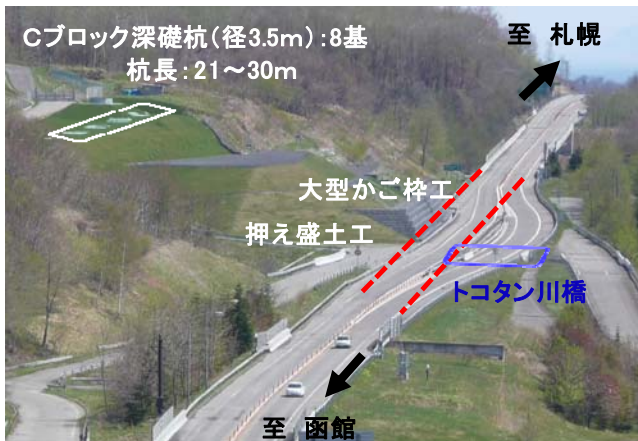


写真-6 車線シフト後の状況

8. 対策後の効果検証

- 本対策後 1 年目の孔内傾斜計による観測は、1 回/月行い、管理基準は、a) 警戒レベル I（点検および観測強化基準）で 0.1mm 以上/日（1 mm 以上/10 日）、b) 警戒レベル II（対策工検討基準）で 1~10mm 以上/日（5~50 mm 以上/5 日）として観測を行ってきた。
- 孔内傾斜計によって観測された変位（図-7）は、平成 26 年 5 月時点まで僅かな変異が認められる時期もあったが誤差範囲に収束していた。グラウンドアンカーの緊張力（図-8）は、設計荷重の許容範囲内にあることからグラウンドアンカーの効果は継続し、地山全体として安定している結果が得られた。
- 上記の結果を踏まえて、2 年目以降は、四半期ごとの観測で継続観測を行うこととした。ちなみに、平成 26 年 11 月時点においても図-7、8 のとおり安定した結果が得られている。

なお、図-7、8 の観測点の凡例は、図-6 参照。

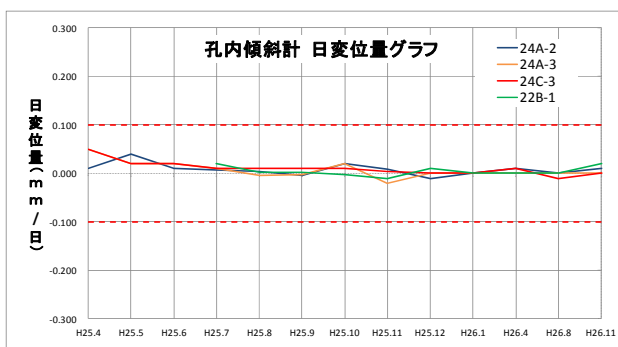


図-7 孔内傾斜計変位量測定結果

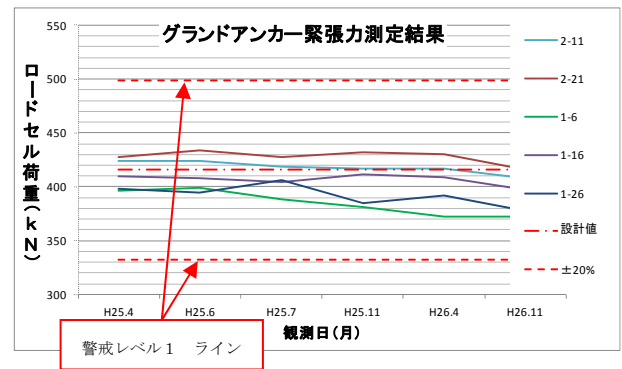


図-8 グラウンドアンカー緊張力測定結果

9. おわりに

噴火を繰り返す有珠山は、噴火のたびに地殻変動や噴火堆積物により山の形が変わってきており、これからも噴火を繰り返すことが十分に予想される。

この有珠山の山麓を通過する道央自動車道の切土のり面は、建設時からのり面の変状が発生し、変状の原因である地すべりもいくつかのブロックに区分されてきていることが確認された。

今回対策を行った A、C ブロックののり面変状の再発や今回変状が確認されなかった B ブロックや新たなブロックののり面変状の発生が今後考えられる。

有珠山山麓の切土のり面の変状は、これからも再発することを意識し、継続的な観測・外観目視等の変状確認を怠ることなく管理していかなければならないものと考ええる。今回は、初期の僅かな変状・異常の発見から現状把握を行い、適切な対策工を行うことによって、大きな災害を防ぐことができた。この事例が、斜面・土工構造物をはじめとする土木構造物における維持・管理の一助となれば幸いである。

<参考文献>

- 独立行政法人 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 歴史時代の噴火と噴出物
<https://gbank.gsj.jp/volcano-AV/vr/usu/doc/010.html>
- 小山良生：道央自動車道 虻田地区の変状を繰り返す切土のり面对策の報告 公益社団法人 地盤工学会 北海道支部 技術報告集第 54 号, PP. 153-158, 平成 26 年 1 月
- 小山良生：道央自動車道 有珠山山麓切土のり面の初期変状発見から地すべり対策の報告 公益社団法人 土木工学会 平成 26 年度土木学会全国大会第 69 回 III-282