

## トッピング崩壊が発生した長大切土のり面の安定対策と動態観測

矢作建設工業(株) 正会員 ○山田 誠 鈴木 洋右 永田 拓也 正会員 桐山 和也  
中日本高速道路(株) 正会員 高橋 康朗 内山 洸 大成エンジニアリング(株) 北友 一寿

### 1. はじめに

平成30年7月豪雨で被災した東海北陸自動車道の上小鳥地区の長大切土のり面に変状が確認されたのは、西日本を中心として重大な豪雨災害が発生した平成30年7月豪雨の降雨直後であった。のり面の変状機構はトッピング崩壊と、それに起因する二次的な地すべり崩壊と推定され、災害復旧工事が実施された。

本文では、当該長大のり面に発生した変状の原因と対策について概説すると共に、災害復旧工事に伴って実施された動態観測について報告する。

### 2. のり面の変状

本のり面は20年前に施工された最大8段の長大切土のり面であり、冬季には $-20^{\circ}\text{C}$ 以下を多数記録する本州有数の低温地帯に位置する。

当時、近傍の気象庁観測所では観測史上最大の雨量を記録し、累積雨量は758mmに達していた。現地では、のり面や小段に開口亀裂や段差などの変状が複数確認された。なお、吹付のり枠が施工されている1~3段目のり面は比較的変状が少なく、変位量も小さい傾向にあった。豪雨後の地下水位観測では、地下水が降雨に対して比較的鋭敏な変動を示していた。

### 3. 変状の素因と誘因

変状地の西側背後には牧ヶ洞断層が通過し、ケルンコル地形が随所に見られる。現地は、六厩溶結凝灰岩と花崗閃緑斑岩との境界付近に位置する。

地質調査と動態観測結果、既往資料により、のり面変状の素因と誘因を整理した(表-1)。変状機構は、岩盤が不連続面を境界面として側方に倒れ込むトッピング崩壊と、それに起因する二次的な地すべり崩壊と推定された。

### 4. 変状対策

対策工の概略を図-1と図-2に示す。トッピング発生後の斜面やのり面の安定対策<sup>1)</sup>を踏まえ、本のり面の変状対策には、排土工、水抜ボーリング工、グラウンドアンカー工を選定した。対策の概略を以下に示す。

キーワード トッピング, 長大のり面, 動態観測, 災害復旧, 豪雨災害

連絡先 〒461-0004 愛知県名古屋市中区葵3-19-7 矢作建設工業(株) 土木施工部 TEL052-935-2352

表-1 変状の素因と誘因

|    |  |
|----|--|
| 素因 | (1) 高角度の受け盤構造 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 不連続面とのり面が傾斜角<math>90^{\circ}</math>以上で交差</li> <li>・ <math>75^{\circ}</math>~<math>82^{\circ}</math>度を呈する高角度な不連続面が発達した受け盤構造</li> </ul> |
|    | (2) のり面方向と地質構造がほぼ平行 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ のり面の延長方向と不連続面の走向は、交角<math>30^{\circ}</math>度以内</li> </ul>   |
|    | (3) 風化・脆弱化した地質 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ のり面内に多数の断層が存在して深部まで風化と脆弱化が進行</li> <li>・ 岩脈や断層などの地質的弱線に沿った熱水変質が認められた</li> </ul>   |
|    | (4) 切土のり面形状 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 側面の拘束がなく解放された状態</li> </ul>  |
| 誘因 | (1) 降雨等による地下水位の上昇 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 記録的豪雨で地下水が著しく上昇して高い間隙水圧が作用した</li> </ul>   |
|    | (2) 切土により応力解放された地盤の風化や脆弱化 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 応力解放で強度低下した地盤に20年間継続的に降雨による地下水位上昇や凍結融解が作用した</li> </ul>  |
|    | (3) 凍結 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 融雪時期に地下水位が上昇して浸出し、厳冬期に凍結するサイクルを繰返し、岩盤の亀裂を徐々に成長させた</li> </ul>   |

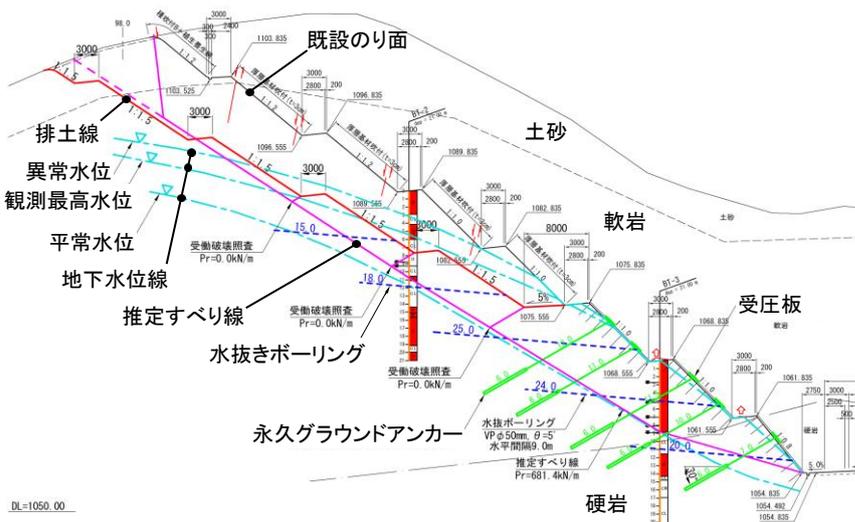


図-1 対策工の概要

表-2 動態観測の概要

| 観測項目    | 測定方法  | 数量 | 主な観測目的        | 観測結果概略                     |
|---------|-------|----|---------------|----------------------------|
| 地中内変位   | 孔内傾斜計 | 20 | 変状範囲内4孔の地中内変位 | BT-2,4:変位なし, BT-3,5:若干の変位  |
| 地表面変位   | 光波測距  | 3  | 小段下部3段の法肩変位   | 山側に0.3~2mm, 鉛直変位-0.5~1.3mm |
|         | 地盤伸縮計 | 2  | 切土法面頂部の表面変位   | SS-1:圧縮変位2mm, SS-2:引張変位1mm |
| 地下水変動   | 孔内水位計 | 4  | 変状範囲の孔内水位変動   | 水位が降雨を反映した変動を示す            |
| アンカー荷重  | 荷重計   | 12 | 法面の変動         | 排土完了まで低下傾向, 再緊張後は健全        |
| 排水量(流量) | 自記水位計 | 2  | 地下水排除工の排水量を観測 | 1-2:1L/分で安定, 降雨時20L/分まで増加  |

排土するのり面は4~8段目を対象とし, 1~3段目ののり面は残置した. のり面の勾配は1:1.5とした. のり面の保護工は, 水の浸入を遮断することと積雪寒冷地であることを考慮し, 厚さ15cmのコンクリート吹付を施工した. 1~3段目の既設のり面には, 既設の吹付のり枠と同厚の20cmのコンクリート吹付を施工した.

グラウンドアンカーは1~3段目ののり面全体に均等になるよう, 水平方向3mの間隔で5段配置した. アンカー体の支持方式は摩擦圧縮型とし, 周面摩擦抵抗は風化岩の最低値 $0.6\text{MN}/\text{m}^2$ を採用した. トップリング対策では,

緊張力の作用方向を水平に近い角度とすることが望ましいので, アンカー傾角を30度に設定した. アンカー体長は3m~10mとし, すべり面からの余裕長を2mとした. 受圧板は鋼製を選定し, コンクリート吹付した上に設置した. 1~5段目の各のり面下方には, 安定性向上の目的で水抜きボーリングを実施した.

## 5. 動態観測

実施した動態観測の概要を表-2に, 観測位置を図-2に示す. 図表より, 地中内変位観測点BT-2, 4は, 6段目ののり面の排土時に傾斜計が撤去されるまで変位はなかった. 一方, BT-3, 5では, 5段目排土時に山側へ傾く変位を示し, 4段目の施工時まで変位が累積した. 最大変位は深度6mで現れ, その累積値はBT-3で1.7mm, BT-5で1.8mmとなった. その後, 4段目の排土の進捗に伴い変位は収束した.

光波測量で測定したのり面表面変位は, 日変動等を反映した微小な振れが激しかった. ちなみに, 排土工完了時の値は山側に0.3~2mm, 名古屋側に0.3~3.2mmとなり, 鉛直変位は-0.5~1.3mmとなった. 排土のり面頂部の地表面変位をみると, SS-1は5段目の排土時に圧縮変位が現れ始め, 4段目着手時には約2mmとなった. SS-2は, 4段目排土初期1ヶ月間で引張変位が約1mmとなった. SS-1, 2とも, これ以降変位していない.

アンカー荷重は緊張力導入直後から排土完了まで低下傾向が続き, A列が設計荷重の80%程度, C列が90%前後, E列が90~95%となった. 再緊張後には, 概ね設計アンカー力を満たし健全な状態を維持した.

地下水変動観測点WBT-2~4は, 雨量が多いと水位上昇量も大きい傾向を示した. WBT-3, 5は3段目~5段目の地下水排除工が施工されて水位低下が進み, 前年の梅雨時期と比べると降雨時の水位上昇がWBT-3で約2m, WBT-5で約3m抑制された. 地下水排除孔の排水量は, 1-2では全期間を通して1L/分程度で安定し, 降雨量が多いと最大20L/分まで増加した. 一方, 2-7は1-2に比べて排水量がかなり少なく, 降雨量と排水量の相関も認められなかった. 両測点とも季節間での水温の変動は, 2~3°Cと小さかった.

## 6. まとめ

動態観測の結果, 地下水排除工の影響は孔内水位計に, 排土工の影響は孔内傾斜計と荷重計によく反映されていた. 排土工が完了して観測値は収束し, 対策工が完了した現在, のり面は安定している.

**参考文献** 1) 上野将司: トップリングタイプ斜面変動の調査と対策, 応用地質技術年報 No. 31, p. 39, 2012

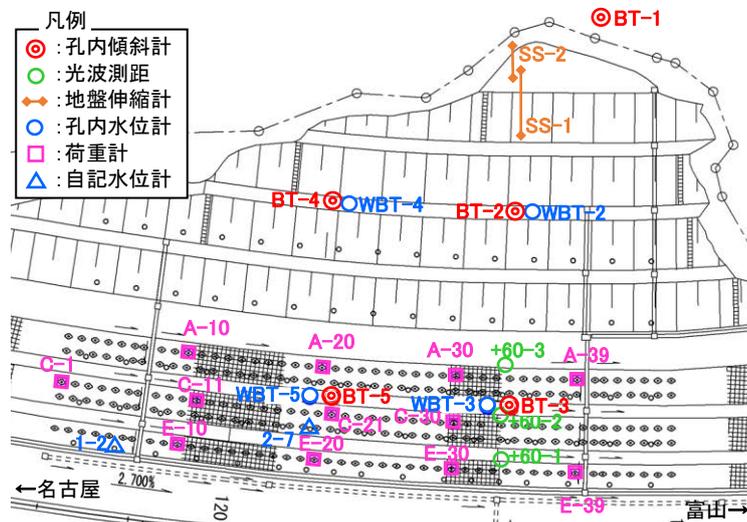


図-2 対策工と動態観測位置平面図