

地すべり地域のトンネル施工における地表面変動およびその地質学的考察

中日本高速道路株式会社 東京支社 南アルプス工事事務所
 正会員 佐藤 淳, 田丸 浩行
 鹿島建設株式会社 関東支店
 正会員 ○戸邊 勇人, 内藤圭一郎

1. はじめに

地すべりは、傾斜地に多く存在し、しばしばトンネルの掘削予定位置と交差する。そのため、山岳トンネルの施工では、地すべりの挙動の把握が重要なものに位置づけられやすい。地すべりの挙動は、事前の地質調査により得た土質定数をもとに、FEM等の解析により管理基準値を設定し、この基準値に基づいて判断される。しかしながら、地すべりを起こす層の中には、事前調査では確認できない力学的な弱部を内在するものがある。このような地質の掘削では、事前調査に基づく予測を上回る変状が発生しうるため、坑内だけでなくトンネル上方の地表面挙動を高精度かつ迅速に評価し、施工に反映することが重要である。

2. 地質的特徴

中部横断自動車道 原トンネルの周辺には、新第三紀に地殻変動を受けた西八代層群の泥岩・凝灰岩（凝灰質泥岩）と、これを原岩とする地すべり崩積土が分布している（図-1）。事前の地質調査によると、泥岩・凝灰岩は、一軸圧縮強度 $4\sim 16\text{MN/m}^2$ であり、膨張性も高くないと推定されていた。これに対し、施工時に測定した結果によると、一軸圧縮強度が $1\sim 8\text{MN/m}^2$ 程度であり、また、膨張性を示す要素の一部が発生限界を超えていた（図-2）。また、切羽観察においても、多数の小亀裂、乱れた層理、およびスリッケンサイド（せん断により磨かれた面）が確認された。これらの観察結果は、泥岩・凝灰岩だけでなく、それを起源とする地すべり崩積土でも認められた。

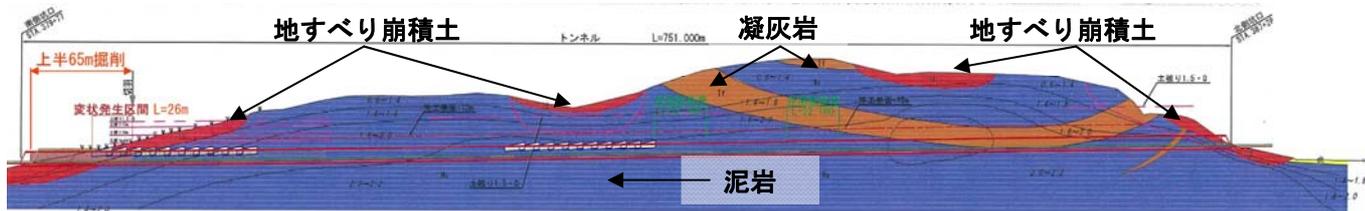


図-1 トンネルの概略地質縦断面図

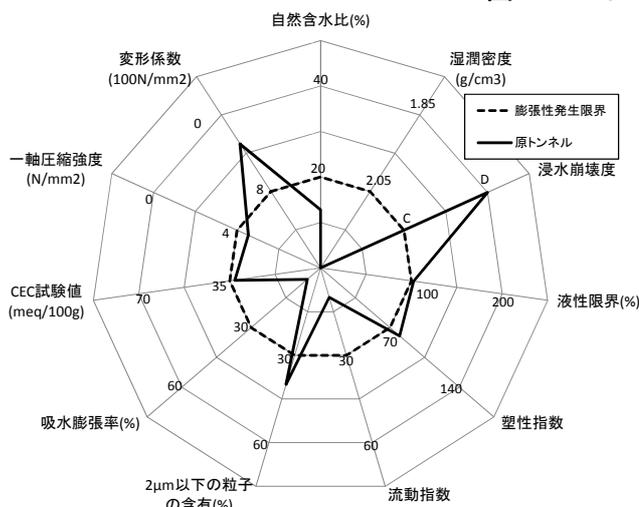


図-2 地山の膨張性

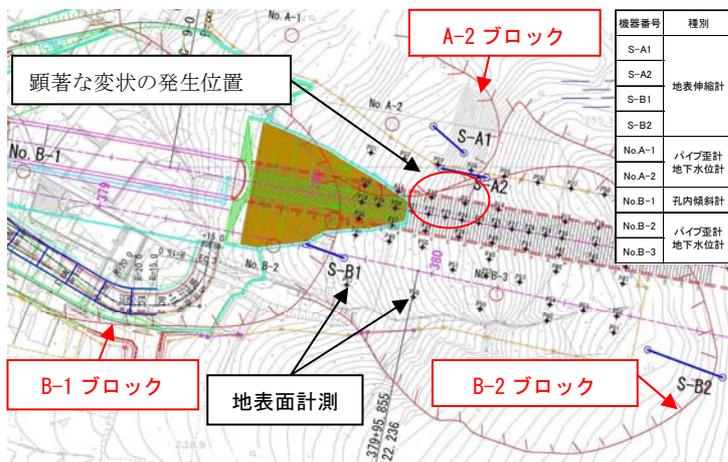


図-3 起点側坑口の計測機器配置図

キーワード トンネル, 地すべり, 地表面計測, 地質観察

連絡先 〒409-3244 山梨県西八代郡市川三郷町岩間 1606 中部横断自動車道原トンネル工事事務所 TEL0556-32-3617

3. 計測機器の配置と変状発生

本トンネルの起点側斜面には、A-2, B-1, B-2 の地すべりブロックが分布している (図-3). そのため、計測機器を設置してこれらの変状を自動計測した. その結果、上半を 65m 掘削した時点 (STA380+47) において、STA380+40 のトンネル中央～左側の位置に、-217mm の地表面沈下が確認された (図-3, 4). また、中央～左側に比較すると、右側 (東側) の沈下量は小さかった. トンネルの内空でも、STA. 380+29～40 間で 300mm～150mm の左上半脚部沈下と、100mm 以上の天端沈下が確認された. このように、地表面・坑内ともに、同様の沈下傾向が確認されたため、この変状は、トンネル左側の地質的特徴に起因するものと考えた.

4. 変状の地質学的考察

上述の変状について、以下のアプローチで地質学的考察を行った：(1) STA380+40 付近の変状が地すべりに起因するか否かの判定 (2) その変状を誘因とする地すべり発生の有無 (3) 今後の掘削における変状への対策.

(1) については、地表に現れた亀裂の配列から、地すべりに起因して生じた変状である可能性は低いと判断された. すなわち、地すべりであれば、地盤にかかる力の方向は、起点側 (写真手前) になるが、実際には逆であった (図-5). また、地表伸縮計やパイプ歪計にも、地すべりを示す結果が認められなかった. これらのことから、この変状は、事前調査で確認されなかった地質の弱部で発生した、部分的な沈下と考えられた.

変状の発生箇所では、図-3 に示すように、A-2・B-2 両地すべりブロックの滑落崖が重なっている. 滑落崖の周辺には、擾乱帯 (古い地すべりによって粉碎された軟弱部) が、不規則に分布しやすい. また、リングせん断試験の結果から、本トンネルの泥岩は、擾乱を受けると極めて脆弱になる ($C=0.02\text{MN/m}^2$, $\phi=8^\circ$ 程度). これらのことから、上述の変状は、擾乱帯の影響により生じた可能性が高いと考えた.

(2) は、変状の発生位置が B-2 地すべりブロックの末端付近にあたることから生じた懸念である. すなわち、これまで停止していた B-2 ブロックが、末端の強度低下により、再滑動に至ると考えられた. 事前の解析によると、B-2 ブロックは、安全率 1 程度であるため、わずかな不安定要素の増加により、地すべりに至ると考えられる. これを防ぐため、変状箇所周辺で地盤改良を行い、B-2 ブロック末端を補強した.

(3) については、本トンネル周辺の泥岩が、ある程度の膨張性を示すことから懸念された (図-2). また、本トンネルの泥岩は、開口したスリッケンサイドや、古い地すべりの擾乱帯から派生した弱部を伴っている. これらのことから、トンネル周辺の泥岩は、振動によるダイレイタンスーを受けると、坑内への押し出し (スクイージング) を発生させると予想された. 切羽観察によると、スリッケンサイドや擾乱帯の分布には、規則性が認められず、そのため、これらの出現位置の予測は極めて困難であると考えられた. これらのことから、泥岩の掘削では、インバートの早期閉合によりダイレイタンスーの発生を押えることが有効と考えた.

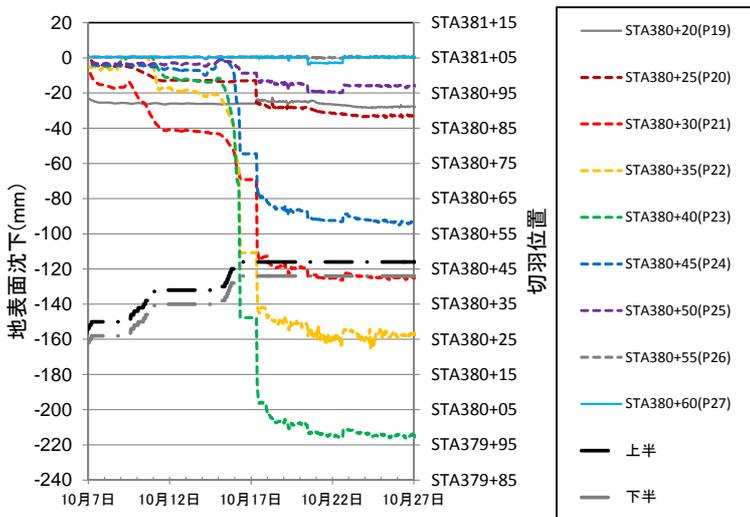


図-4 地表面沈下の経時変化図 (抜粋)

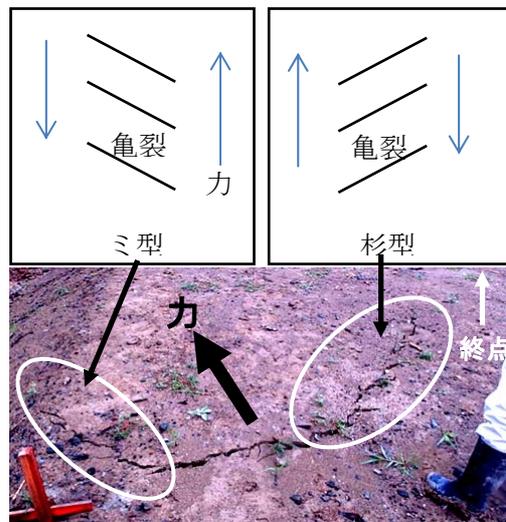


図-5 地表面の亀裂の配置と分類¹⁾

【参考文献】 1) 狩野謙一, 村田明広 (1998) : 構造地質学, 朝倉書店, 308 p