

排水トンネル工事中に確認された破断面について

～ 現場から学んだ一考察 ～

東北森林管理局 山形森林管理署最上支署 佐々木 尚
山田 悠貴

1 はじめに

東北森林管理局では、平成4年度より山形県最上郡大蔵村において銅山川地区民有林直轄地すべり防止事業を実施しています。当事業地は、地域一帯に火山堆積物であるシラスが厚く覆い、加えて豪雪地帯という特性からシラス層が地下水帯水層となり地下水位が上昇しやすいため、平成8年の融雪期に約130haにも及ぶ日本最大級の大規模地すべり災害が発生しました。その滑動方向は南西から北東に向かって移動し、国道付近ですべり方向が変わり西の銅山川方向に移動する複雑な地すべりでした（図1）。

大規模地すべり災害を受けて、当事業では排水トンネル、集水井及び落とし込みボーリングを組み合わせた立体排水工を実施しています。排水トンネルは全7路線【実線・点線】（総延長：約5.8km）あり、現在は平成26年度より第7期工事として3路線【点線：No.3, 5, 6路線】（延長：約1km）の排水トンネル工事を実施しています（図2）。

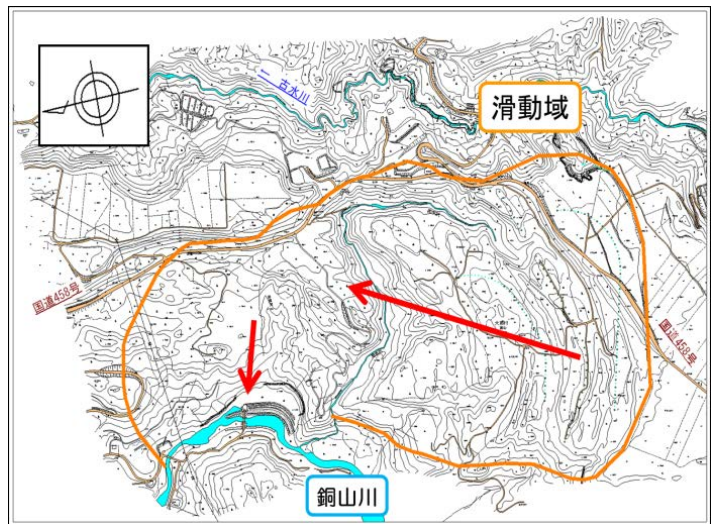


図1．大規模地すべり災害 滑動図



図2．排水トンネル計画図

2 破断面の確認とその検証

(1) 破断面の確認

第7期工事において排水トンネル掘削作業を実施していたところ、平成27年12月にNo.5排水トンネルの掘削断面に破断面が確認されました。

(2) 破断面の検証

破断面は、掘削断面に向かって右上から左下の方向に走り（写真1）、押し出された部分は黒っぽく上下の面は凹凸がない滑らかな鏡肌が確認できた（写真2）ことから、すべり面である可能性が考えられました。そこで、当事業の実施にあたり地すべり発生機構や移動特性を明らかにするため、過去に実施した地すべり機構解析における排水トンネル付近のボーリング調査結果を用いて2つの検証を実施しました。



写真1. 破断面写真



写真2. 破断面接写写真

① すべり面の深さ

地すべり機構解析に基づき作成した当事業の計画当時のすべり面等高線図（図3）によると、想定すべり面は深さ140～145mと推定されました。

また、平成16年に実施したボーリング調査（CW-3）で深さ143.5m地点に平滑面が確認されたことから、今回確認された破断面は深さ153mと、すべり面等高線図により想定されたすべり面には10m程度の差がありました。

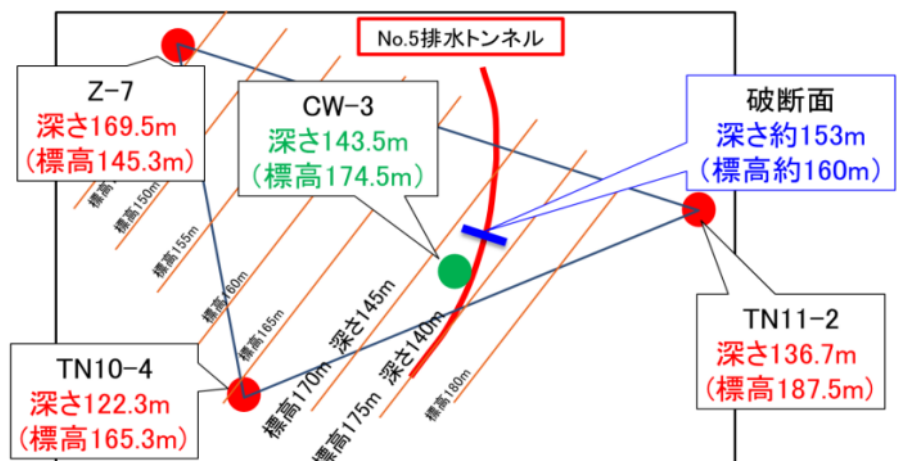


図3. 機構解析に基づく
すべり面等高線図（模式図）

② 傾斜方向

同様に地すべり機構解析結果より、銅山川地区一帯をボーリング調査した結果から判明したすべり面の傾斜方向は”北東方向”となっていました。今回確認された破断面の傾斜方向は”北方向”を示し、異なるものでした（図4）。

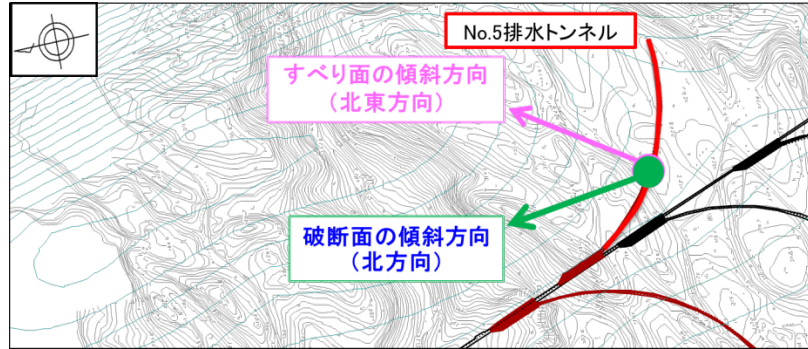


図4．破断面傾斜方向図

以上のことから、今回確認された破断面は「すべり面ではない」可能性が高いと考えられました。

3 追加調査による検証

しかし、工事の安全確保の観点から破断面確認箇所の地質状況をより詳細に把握することが必要であると考え2種類の追加調査を実施し、更なる検証を行いました。

(1) 追加ボーリング調査の実施

破断面確認箇所やその付近の地質状況の確認を目的として、破断面が確認された付近（a地点）、No. 5排水トンネル中間部（b地点）、終点部（c地点）の計3箇所（図5）で新たに追加のボーリング調査を実施しました。

ここでは、平成24年度に実施した深さ109m集水井（以下、「集水井」という。）のボーリング調査にて確認されたすべり面の痕跡等を比較対象として検証を行いました。

集水井のボーリング調査結果（図6、写真3）では、凹凸がなく滑らかな鏡肌を呈したすべり面の痕跡が確認されたのは、中硬質コアと硬質コアの境目で深さ103mの位置でした。

破断面が確認された付近(a地点)

のボーリング調査結果は、深さ153mで地質状況が中硬質コアから硬質コアに変化し、すべり面と思われる痕跡が確認されました（図7、写真4）。

そのほか、b地点、c地点の2地点でも同様にすべり面と思われる痕跡が深さ150～160m地点で確認されました。これらの結果は、比較対象で確認されたすべり面の痕跡及びコアの配置状況とも相似するものでした。

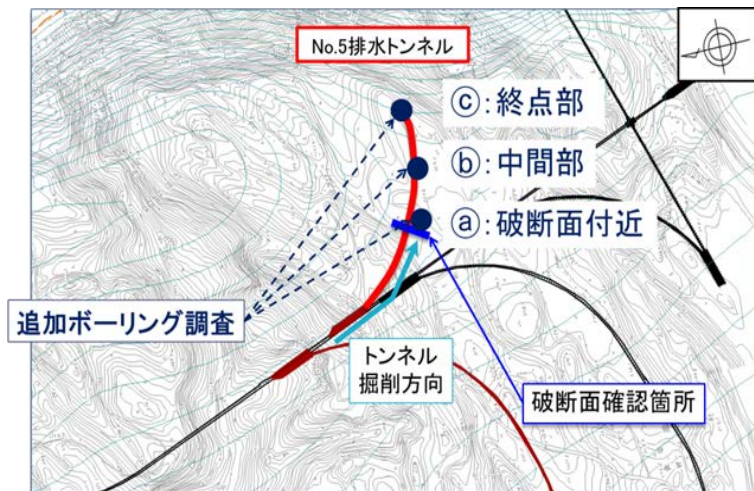


図5．追加ボーリング調査位置図

深さ

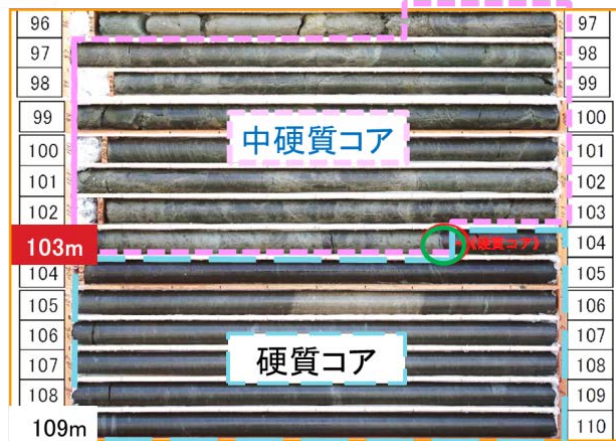


図 6. 109m 集水井 コア写真



図 7. a 地点（破断面付近） コア写真



写真 3. 109m 集水井 すべり面の痕跡



写真 4. a 地点（破断面付近）
すべり面の痕跡

(2) 超音波調査(BHTV 調査)の実施

超音波調査(BHTV 調査)は、超音波を用いて、通常カメラでは確認できない地質の強度や亀裂の傾斜方向を確認することができます。今回は、上記追加ボーリング調査に加えて実施しました。

破断面が確認された付近（a 地点）における地質の強度は、深さ 145m 付近と 153m で強度が変化し、深さ 153m では上記追加ボーリング調査で確認されたすべり面の深さとも合致しました（図 8）。

また、亀裂の傾斜方向については深さ 153m で地質が硬質に変化し、その周囲ですべり面の付近に見られる亀裂が多く

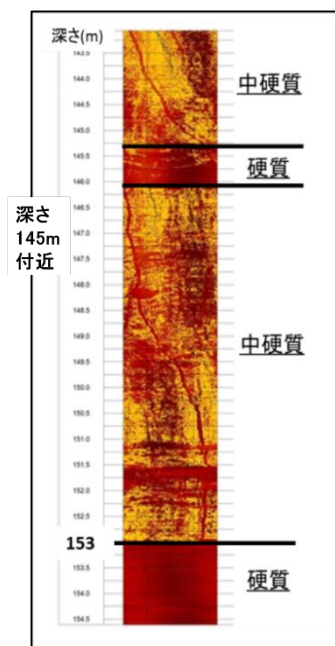


図 8. 強度分布

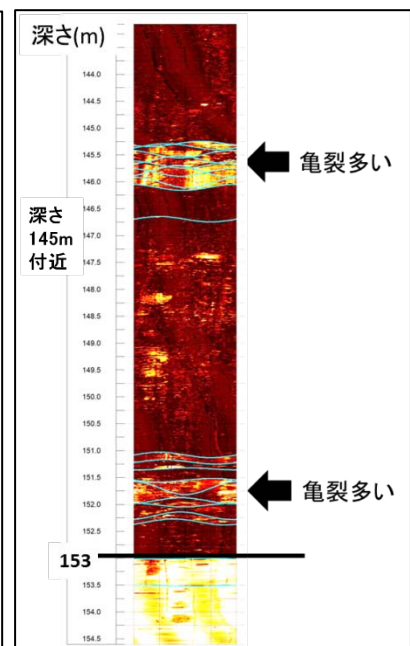


図 9. 亀裂分布

Figure 10: Comparison of crack direction and depth. The left image shows a photograph of a tunnel interior with a large crack and a red dashed line indicating its direction. The right image shows a schematic diagram of a tunnel cross-section with a red arc and a red line indicating the crack's depth and direction. A yellow double-headed arrow connects the two images.

4 まとめとその後の工事について

以上より、今回排水トンネル工事中に確認された破断面を「すべり面」と判断しました。

5 今後に向けて

追加ボーリング調査

想定すべり面

● 想定したすべり面: 深さ143.5m
● 追加調査結果: 深さ153.0m

すべり面(追加調査結果)

No5排水トンネル

破断面=すべり面

図 11. 排水トンネル模式図

このように想定外の事象を経験したことで、工事の安全確保と事業の効率的・円滑な進行管理という観点から、チェックボーリング調査の重要性を再認識しました。

昨今、ボーリング調査の精度及び技術向上が図られる中で、地すべり機構解析時の調査だけでなく、設計計画時に排水トンネル計画路線上でチェックボーリング調査を行うことが重要です。この調査により、すべり面位置の再確認と周辺地質状況を的確に把握することが、工事の安全確保と事業の効率的・円滑な進行管理に繋がるものであると考えます。

最後に今回、本研究を行うにあたり、調査データや写真を提供いただいた大成建設株式会社、国土防災技術株式会社に感謝の意を表します。