# 55. 3次元地形モデルを活用した斜面崩壊地のトンネル調査事例

A Case of Surveying a Tunnel in the Slope Failure Area, Utilizing Three Dimensions Terrain Models.

○地主 卓弥 (ジェイアール東海コンサルタンツ), 佐野 淳 (東海旅客鉄道),林 勇次 (国際航業) Takuya Jinushi, Shun Sano, Yuji Hayashi

## 1. はじめに

ひび割れ等の変状が発生していた鉄道トンネル区 間の表層部において,斜面崩壊が発生した。この変状 は,土被りの薄い直線トンネルの坑口付近に分布し崩 壊地斜面との斜交した位置関係による「偏圧」か,崩 壊地頭部の段差や亀裂,滑落崖等の地すべり性地形の 分布から推察される「地すべり滑動」のいずれかによ って発生した可能性があり,それらの因果関係を把握 する必要があった。

現場作業の安全性確保と地すべり調査に資する高 精度な地形図データを取得するため,航空レーザー測 量により取得した地形図データをもとに3次元地形モ デルを作成し,斜面崩壊地を調査・考察した事例を報 告する。

#### 2. 調査地の変状概要

本調査地は標高 600m 程度の山地地帯に位置し,河 川が数度蛇行しそれに挟まれた尾根地形の付け根状部 分で,河川の攻撃斜面にあたる。地質は三波川変成岩 類(砂質片岩,泥質片岩,緑色片岩)からなり,河川 沿いには岩級区分 CM 級の砂質片岩,崩壊面には CL 級 主体の砂質~泥質岩盤が分布する。

崩壊地の規模は,頭部で幅 50m,中腹部で最大幅 60m, 末端で幅 50m,崩壊鉛直深さは 1~2m 程度,崩壊面の 傾斜は 45~50 度であり,崩壊地頭部には段差や亀裂, 滑落崖等の地すべり性地形が認められ,古い岩盤すべ りの痕跡の可能性があった(図-1,図-2)。



図-2 頭部滑落崖

昭和 30 年頃に完成した全長 193mのトンネルには, トンネル起点から 135~193m の崩壊地直下付近の特 に山側のアーチに延長方向のひび割れや圧ざが認めら れたが,地すべり変動に特徴的な雁行状亀裂は認めら れない。対策が必要なトンネルの変状箇所には補修対 策が行われ,内空変位やひび割れ開口幅のゲージによ る動態観測が行われているが,崩壊前後に急激な変化 は認められない。

## 3. 調查方法

# 3.1 航空レーザー測量・現地補足測量

狭い調査範囲において, 微地形を高密度に把握でき るように回転翼によるレーザー測量を行った。樹木に より地表部が遮蔽された箇所では, グラウンドデータ の精度向上のため, トータルステーションにより現地 補足測量を 900 点程度補完し微地形座標を取得した (図-3)。



図-3 補完前後の地形データの比較

## 3.2 3 次元地形モデル化

トンネルと変状範囲の位置関係と,現況(崩壊後) の土被り厚さを把握できるように,3次元地形モデル を作成した。土被り厚さを正確に表現出来るようにす るため,任意の地点における断面図作成機能を持たせ た解析用の断面図を作成した。

さらに、オルソフォト画像やトンネル内部の変状画 像情報を組合せて、地形表層部からトンネル内部まで を確認できるようにした。トンネル内部形状は、両坑 口部をトータルステーションにより計測し3次元でト ンネル形状を再現し、そのモデルに配置する内部の変 状を図示した写真画像を、コンピュータグラフィック スを用いて坑口からの距離数値の配置、色調及び画像 位置補正等の処理を行い表現させた。そして地表面と トンネルの両3次元モデルのレンダリングにより、簡 易的なバーチャルリアリティを作成し、表示や視点の 移動を可能にした。

#### 3.3 地表踏査・ボーリング調査

想定される地すべり範囲を把握するため、レーザー 測量による高精度地形図を用いて地表踏査を行った。 地山状況及びすべり面の検出を目的としたボーリング 調査は、崩壊斜面内は落石等の危険があり調査不可能 であったため、鉄道への影響を確認できるようにトン・ ネル坑口を挟む位置で河川深度まで実施した。

また、トンネル内の地山状況の把握のため、変状区間を対象にコアカッターにより数m程度のボーリングを実施した。

#### 4. 調査結果

#### 4.1 航空レーザ測量・3次元地形モデル化

作成した3次元地形モデル(図-4~6)から,崩 壊地とトンネルの立体的な位置関係やトンネル内部の 変状位置と土被りの関係を可視化させてトンネル・地 質解析を行った。



図-4 3次元地形モデル (立体的表示, 左:TIN モデル, 右:オルソ画像モデル)



図-5 トンネル内外部の画像





## 4.2 地表踏査・ボーリング調査

地表踏査では地すべり地形とそれが滑動的なもの かどうかを調査し、亀裂面が新しいものは崩壊により 発生した引張り亀裂,植生等があり古いものは過去に 発生した地形と判定した。

坑口付近で実施したボーリングの結果,一部山側の 深部に破砕帯が分布したが,川側のボーリングではそ れに整合する軟質部はなく地すべりの範囲外であるこ とが判明した。トンネル内部のコアカッターによるボ ーリングの結果,部分的には割れ目が入っている箇所 も認められたが,概ね良好な中硬岩〜硬岩コアが主体 であり,地すべり滑動による軟質部や劣化部は認めら れない。

# 4.3 崩壊とトンネル影響の関係

3 次元モデルを活用し,地すべり性微地形や崩壊範 囲をもとに地すべり平面範囲を推定した(図-7)。末 端部は,幅狭となる側壁の地形の特徴や河川沿いから 連続する堅岩部の位置から推定した。また,一般的に 地すべりはその深さと幅に力学的な相関関係があり, 地すべりの平面範囲からすべり面の深さを推定した結 果,トンネルへの地すべりの影響はなかった。



図-7 平面図(左:地形図,右:陰影図)



## 5. おわりに

トンネル区間と斜交した斜面崩壊の関係を把握する ために3次元地形モデルを作成した。トンネル調査や 地質解析の精度が向上でき,「見える化」したことで結 果が判定しやすい資料になった。

また,崩壊拡大や地すべり滑動により,今後土被り が変化した場合には,地上型レーザー等により地形デ ータを再取得し変化量の差分を比較することにより, トンネルと斜面変状の維持管理ツールとして活用して いくことが期待できる。