

三次元解析による想定地滑り土塊の挙動予測

(株)大林組 正会員 ○下村哲雄, 保科孝雄, 松本暢史, 西浦秀明

1. はじめに

氷見第11トンネルは、高岡と七尾を結ぶ能越自動車道の一部となる全長778mのトンネルである。高岡側坑口部は地滑り地形となっているため、坑口切土時およびトンネル掘削時の地滑りの再活動が懸念された。本工事では、地滑り土塊の挙動を的確に把握し、安全に施工するため、三次元解析により管理基準値を設定するとともに、高精度な計測管理を採用した。本報では、三次元解析および計測結果について報告する。

2. 地形・地質

本トンネルは富山県氷見市に位置し、掘削対象地山は中新世中期～後期新第三系の姿泥岩層である。坑口部の地質構成は表-1のとおりであり、第1層(表土層)は第四系の崖錐堆積物、第2層以深は堆積年度に応じて風化が進展した強度の小さい泥岩層である。地下水位は地表面下4～14mである。

表-1 地質構成

地層	岩種区分	層厚(m)	N値	岩級区分	弾性波速度 (km/s)	一軸圧縮強度 (kN/m ²)	変形係数 (MN/m ²)
1	土砂 (粘性土)	0.5～5.0	4	—	0.25～0.3	—	2.8
2	強風化泥岩	1.0～9.0	10	D	0.5～0.6	104	2.6
3	風化泥岩	1.0～25.0	10～30	C L	1.0～1.2	143	11.6
4	弱風化泥岩	—	30	C M	1.6～1.9	406	111.0

高岡側坑口部には、図-1のようにトンネル軸線にやや斜交して地滑り地形が認められた。活発な動きを示す変状は認められないものの、坑口部の掘削時には想定地滑り土塊の末端を施工することになるため、地滑りの再活動が懸念された。また、想定ブロック後背にも滑落崖地形が認められ、地滑りが再活動した場合には範囲の拡大や進行性破壊などの可能性も考えられた。

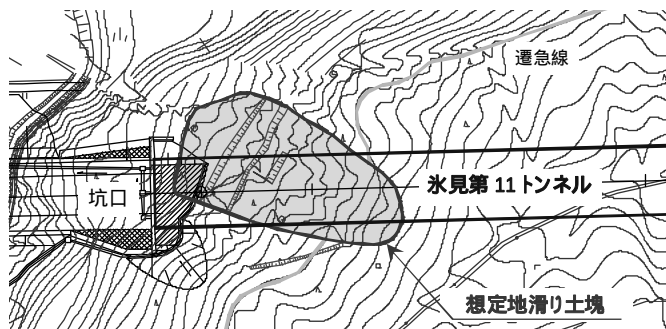


図-1 高岡側坑口部平面図

3. 三次元解析による管理基準値の設定

前述のような特徴を有する坑口部において安全に施工するため、三次元解析により地滑りに対する計測管理基準値を事前に設定するとともに、種々の計測により地滑り土塊の挙動を把握した。三次元解析には、HCl tasca社の有限差分法解析プログラム(FLAC3D)を用いた。地山は弾性体としてモデル化し、地滑り面は不連続面を表現する方法として一般的に用いられるCoulombのすべりモデルを適用した。

既存の地質情報に基づいて実施した三次元解析結果を図-2(坑口切土時)図-3(トンネル掘削時)に示す。この結果に基づき、動態観測の計測位置および工事着手時点での管理基準値を設定した。

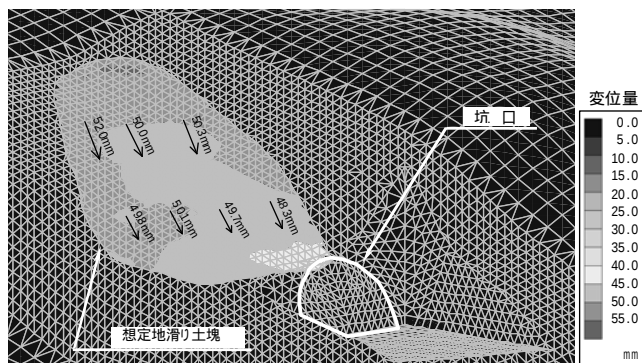


図-2 坑口付け切土時の三次元解析結果

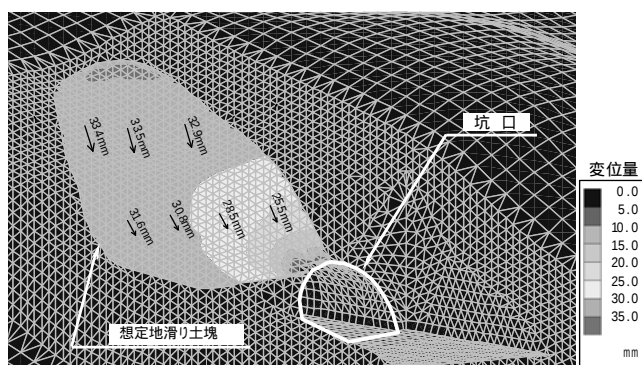


図-3 トンネル掘削時の三次元解析結果

(トンネル掘削時の変位増加量のみ表示)

管理基準値の精度を上げるためには、現場の計測結果を迅速に数値解析にフィードバックすることが重要である。また、既存の地質情報では、地滑り面の物性

キーワード トンネル坑口、地すべり、三次元解析

連絡先 〒935-0422 富山県氷見市宇波234 (株)大林組 氷見第11トンネル工事事務所 TEL 0766-78-8001

を示す粘着力(c)と内部摩擦角(ϕ)に関するデータがなかったため、近接する氷見第9トンネルでの地滑り面の c と ϕ を採用して解析を行っていた¹⁾。そこで図-4のフローに従って、坑口切土時の計測結果から $c \cdot \phi$ に関するパラメータスタディを行い、 $c \cdot \phi$ を決定した。決定した $c \cdot \phi$ を用いた解析の結果、トンネル上半切羽TD=32mの時点で図-5に示すように滑り土塊上部での相対せん断変位量が急激に増大する(=地滑り発生)結果が得られた。よって、この解析結果を用いて管理基準値の再設定を行った。

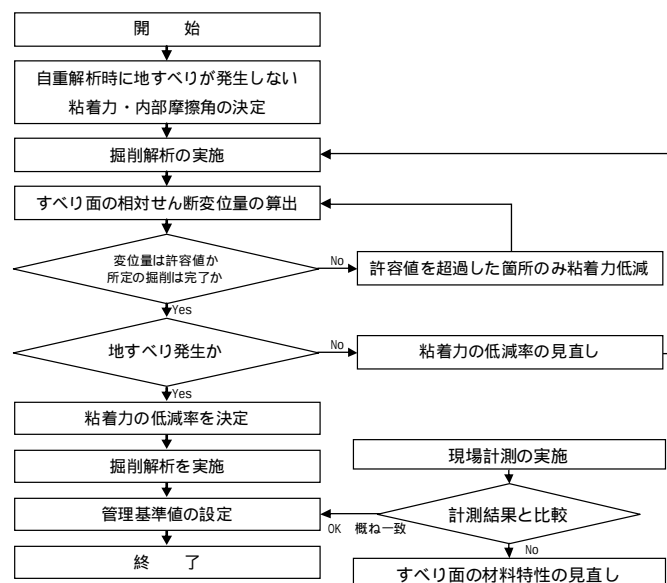


図-4 すべり面の材料特性決定法と管理基準値の設定

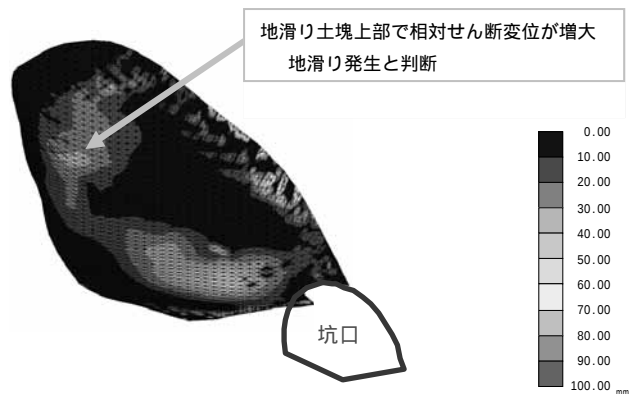


図-5 相対せん断変位コンター図(上半TD=32m)

4. 計測結果

上半切羽TD=32mにおける計測値を図-6～7に示す。地表面変位のうち、坑口直上部を除いて変位は小さい。坑口直上部は特に土被りが小さく、坑口部切土掘削、トンネル掘削に伴う影響を受けやすい箇所であるが、管理レベル以下であり地滑りではないと判断した。

図-8は想定地滑り土塊のほぼ中央に位置する計測点Bの時系列グラフである。上半切羽TD=32m地点にお

いて、変位量は10mm程度であり、解析時のように大きな変位は発生しなかった。また、管理レベル以下であり、地滑りの兆候は現れていない。

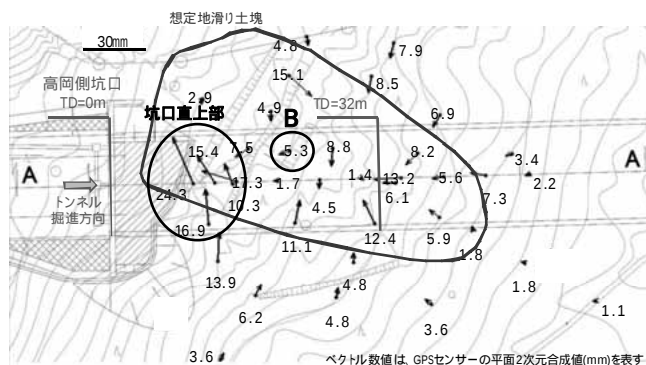


図-6 計測結果【平面図】

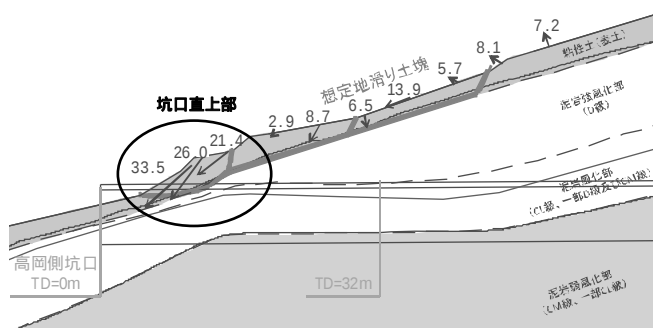


図-7 計測結果【縦断図(A-A断面)】

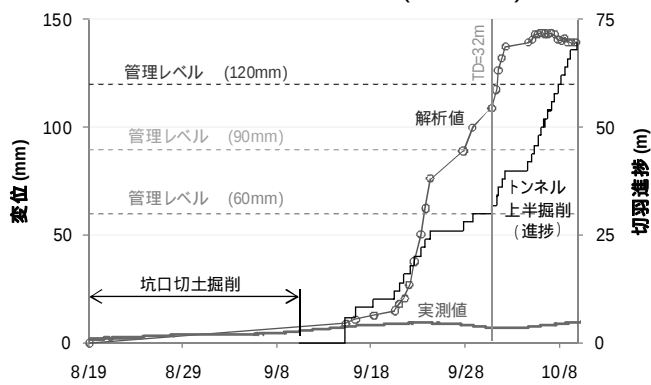


図-8 時系列グラフ【計測点B】

5. まとめ

坑口部の地滑りが懸念された区間について、三次元解析による事前検討を基に、計測監視体制を整えた上で慎重に施工を行った。その結果、地滑りを発生させることなく、無事に坑口部を掘削することができた。

本報における施工報告が、類似のトンネル坑口部施工の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 中川光雄他；地すべりに対するトンネル坑口部の3次元有限差分法解析による合理的設計、土木学会トンネル工学報告集第19巻、pp.225-236、2009.11