

地すべり地におけるトンネルの施工

(株) 鴻池組 大阪本店土木部 小松孝志 ○正会員 小林 亘
(株) 鴻池組 土木技術部 正会員 若林宏彰

1. はじめに

三隅・益田道路新木部トンネルの終点側坑口部（掘削側）では広範囲に斜面崩壊地を，起点側坑口部（貫通側）では地すべり地を呈するため，トンネル掘削時に斜面崩壊や地すべりの誘発が懸念された．本稿では，これらの両坑口部において切羽前方探査や計測工を強化しながらトンネルを施工した事例について報告する．

2. 終点側坑口部（掘削側）におけるトンネルの施工

①地形・地質概要 地形は，斜面勾配が約 20° でトンネル直上に市道釜口線（土被り 3.5m）が横断していた．地質は，斜面崩壊地を呈し玉石混じりの崖錐堆積物（N 値 10 以下）が長さ 40m～60m，幅 20～30m，厚さ 4m で堆積し，それ以深は脆弱な DM 級流紋岩質凝灰岩から新鮮な CH 級流紋岩質凝灰岩が分布していた（写真-1，写真-2）．



写真-1 終点側坑口部 全景



写真-2 終点側坑口部 滑落状況

②トンネル施工方法の検討

終点側坑口部では，トンネル掘削時のゆるみや湧水による切羽不安定化や斜面崩壊，市道の地表面沈下が懸念されたため，トンネル坑内における崖錐堆積物や脆弱な流紋岩質凝灰岩の分布範囲を把握する必要がある．そこで，坑口からトンネル天端と中央部の 2 箇所に切羽前方探査として探り削孔（L=30m）を行い，削孔速度とくりに粉性状を確認した．その結果，天端では坑口から 25m，中央部では坑口から 10m まで削孔速度が 100 秒/m 以下で茶褐色に風化変質し細かく破碎された崖錐堆積物や流紋岩質凝灰岩が分布していることがわかった．このため，トンネル天端安定対策として，長尺鋼管先受け工（ $\phi 114.3@450\text{mm}$ ，L=12.5m×3 シフト），鏡面安定対策として長尺鏡ボルト（ $\phi 76.3@1500\text{mm}$ ，L=12.5m×1 シフト）及び上半鏡吹付け（t=5cm，毎切羽）を実施した（図-1）．また，市道及び斜面崩壊地における動態観測として，地表面変位を 3 次元で高密度に計測するために自動追尾式 TS による地表面沈下計測（5m 間隔，32 測点）を，すべり土塊の規模を把握するために挿入式傾斜計による地中変位計測（L=9m，50cm 間隔）を実施した（図-2）．

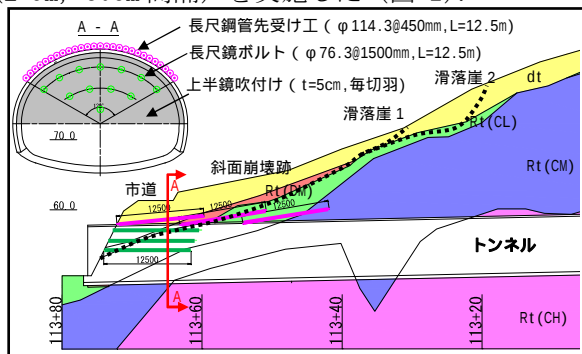


図-1 終点側坑口部 補助工法概要図

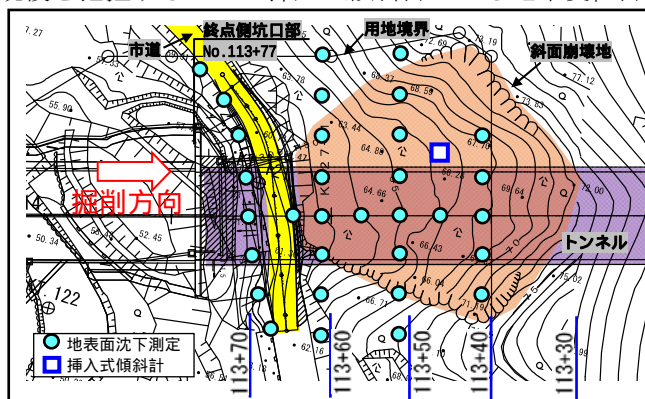


図-2 終点側坑口部 計測工概要図

③トンネル施工状況

切羽状況は，坑口から 25m 間でトンネル中央部から天端にかけて湧水を伴った崖錐堆積物や脆弱な流紋岩質凝灰岩が分布し長尺鋼管先受け工や長尺鏡ボルトの鋼管間からの抜落ちが発生したものの，計測結果は内空変位量で-11mm，地表面沈下量で-11mm（図-3），地中変位量で 2mm といずれも管理レベル I 以内に収まり，切羽不安定化や斜面崩壊，市道の沈下もなく無事施工を完了できた．

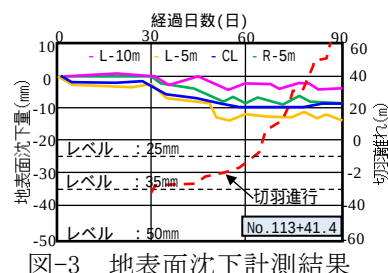


図-3 地表面沈下計測結果

キーワード トンネル，斜面崩壊地，地すべり地，低土被り

連絡先 〒541-0057 大阪市中央区北久宝寺町 3-6-1 株式会社鴻池組 大阪本店土木部 TEL 06-6245-6370

3. 起点側坑口部(貫通側)におけるトンネルの施工

①地形・地質概要 地形は尾根地形で、トンネル左側には土被りの薄い偏圧地形で広範囲に崖錐堆積物が堆積する地すべり地形、トンネル右側には比較的新しい地すべり地形を呈していた(写真-3)。また、地質は、地表から深度15mにわたって玉石混じりの崖錐堆積物や風化変質が著しいDL級流紋岩質凝灰岩(N値10以下)が厚く分布していた。



写真-3 起点側坑口部 全景

②トンネル施工方法の検討

起点側坑口部では、トンネル左右に崖錐堆積物や脆弱な流紋岩質凝灰岩が厚く堆積する地すべり地の間を掘削するとともに、事前に坑口付け切土を搬出するための土運搬路がなかったため、本坑到達点まで掘削し導坑を15m施工後に本坑上部を切土する必要があった。このため、トンネル掘削時の地すべりの誘発や坑口付け切土時の掘削影響による本坑の変状が懸念されたため、本坑到達点の30m手前から切羽前方探査として探り削孔(L=30m)を行い、削孔速度とくり粉性状を確認した。その結果、坑口から30m間において削孔速度が100秒/m以下で風化変質した脆弱な流紋岩質凝灰岩が分布していることがわかった。また、坑口付け切土時の本坑への切土影響範囲として「既設トンネル近接施工対策マニュアル 鉄道総合技術研究所」に基づいて切土要注意範囲を設定し、切土影響が最も大きな到達点でFEM解析を実施して、周辺地山のゆるみやトンネル変位量が管理基準値以内に収まることを確認した。これらの結果に基づき、トンネル天端安定対策として長尺鋼管先受け工($\phi 114.3@450\text{mm}$, L=12.5m×3シフト)、鏡面安定対策として上半鏡吹付け(t=5cm, 毎切羽)、掘削時の変状対策や切土時の影響対策として一次インバート(吹付厚25cm, H=200@1m)による早期閉合を実施し、本設構造物となる本インバート及び覆工コンクリートは切土後に施工するものとした(図-4)。さらに地すべり地の動態観測としては、地すべり変位を3次元で高密度に計測するために自動追尾式TSによる地表面沈下計測(5~10m間隔, 37測点)、地すべりの移動量を詳細に把握するために電気式伸縮計による地すべり計測(L=15m, 2箇所)、トンネル掘削時のゆるみや坑口付け切土時の本坑への掘削影響を把握するために支保工応力測定(5箇所/断面, 2断面)を実施した(図-5)。

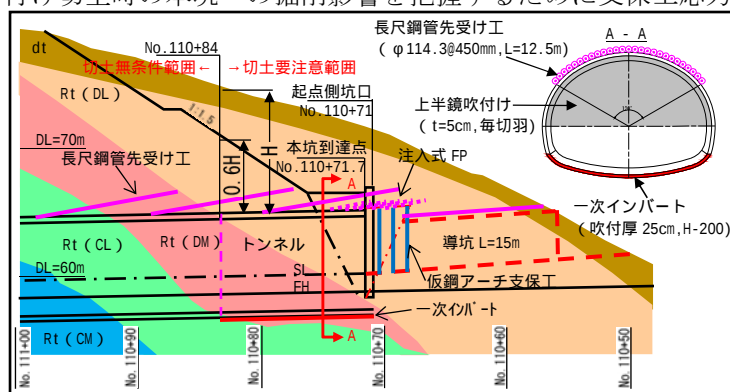


図-4 起点側坑口部 補助工法概要図

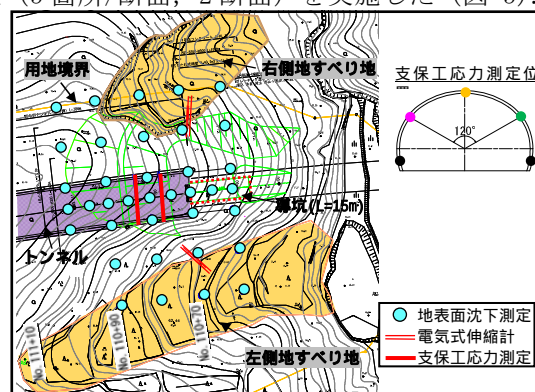


図-5 起点側坑口部 計測工概要図

③トンネル施工状況 切羽状況は、坑口から30m間はトンネル断面全体に粘土を介し土砂化した流紋岩質凝灰岩が分布し、ブレーカ打撃時の振動だけで肌落ちが生じた。また、計測結果は、内空変位量で-8mmと管理レベルⅡ以内と小さい値であったが、地表面沈下量で-65mm、地表面伸縮量で-42mm、支保部材応力で170N/mm²(図-6)と大きな値を示したものの、長尺鋼管先受け工や一次インバートにより変位が収束し、地すべりや切土時の変状もなく無事施工を完了できた。

4. おわりに

今回、斜面崩壊地や地すべり地を呈する両坑口部において、切羽前方探査や計測工を強化することで適切な補助工法を選定でき無事施工を完了できた。今後は他現場においても削孔データと補助工法との相関性を蓄積し最適なトンネル施工方法を選定していきたい。最後に本トンネルの施工にあたりご協力頂いた中国地方整備局 浜田河川国道事務所に深謝の意を表するとともに今後の同種工事を進めるにあたり一助となれば幸いである。

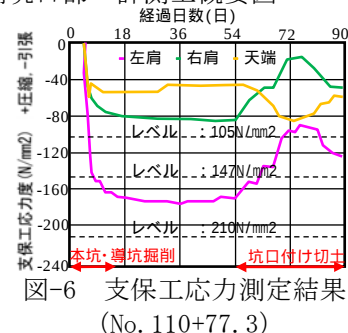


図-6 支保工応力測定結果
(No. 110+77.3)