

急崖地の地滑り地形に到達するトンネル坑口の施工の工夫について

戸田建設 正会員 ○三上 英明

戸田建設 中川 大有

修成建設コンサルタント 新出 浩行

国土交通省近畿地方整備局紀南河川国道事務所建設監督官 石井 保

1. はじめに

近畿自動車道紀勢線は、30年以内の発生確率が60～70%とされている南海トラフ巨大地震に備え、「命の道」として急速に建設されている。現在は、和歌山県田辺市を起点とし、紀伊半島を南下する方向、西牟婁（にしむろ）郡すさみ町までの38km区間を整備中である。本稿では、時間的制約が厳しい中での建設において、急崖地に到達するトンネル坑口の施工の工夫の一例について報告する。

2. 工事概要

工事名称：近畿自動車道紀勢線と深川トンネル他工事

工事場所：和歌山県西牟婁郡すさみ町口和深地先

工 期：平成24年7月4日～平成27年4月30日

発 注 者：国土交通省 近畿地方整備局

【工事内容】

トンネル掘削工 L=454m

橋梁工 PCポータルラーメン橋 橋長L=30m

上下部工（基礎：深礎工）橋梁仮設工（土留）

舗装工 1式（監視員通路他）

道路改良工 1式

工事用進入路工 L=448m 他

3. 地質・地形状況

トンネル地質は古第三紀四万十帯牟婁層群、付加体堆積物の砂岩・泥岩互層である。弾性波速度は $V=1.0\sim2.0$ km/sであり、地山等級はDI～DII分類となる。設計支保パターンは準岩盤強度5～10Mpaであるため全区間DIパターン以下で設計されている。掘削工法は露頭する砂岩の圧縮強度が100Mpaと大きいことから、機械掘削ではリスクが高いと判断され発破工法となった。トンネル地表の地形は、平均傾斜 $35^{\circ}\sim45^{\circ}$ と急である。土被りは最大65m、平均30mである（図-2）。地表の傾斜が急でトンネルは山裾に寄っていることから、土被りが小さくなるにつれ坑内計測は偏土圧挙動を示す。こういった区間が複数確認されるトンネルである。

本稿の主題である終点側坑口は、F-2断層、崖錐の堆積厚さ10mの地滑り地形、および偏土圧地形である（図-1, 2）。ボーリング調査で得られた物性値を用いて、のり面の安定解析をした結果、円弧滑りに対して安全率が不足し、また地形からトンネル掘削時に偏土圧を受けることが考えられることから無対策のままでは貫通できないことが分かった。

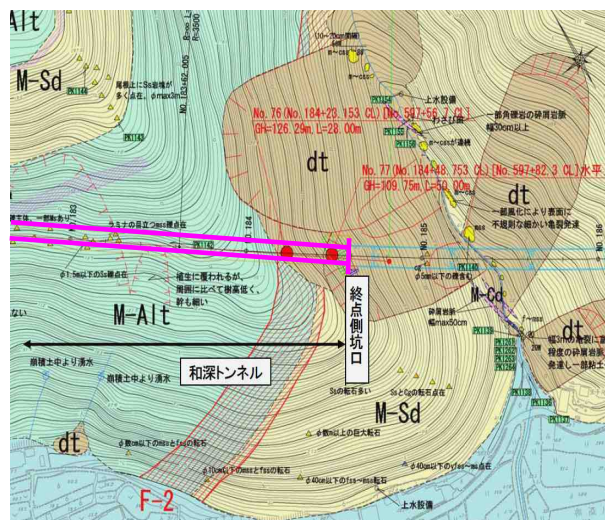


図-1：終点坑口付近地質詳細図

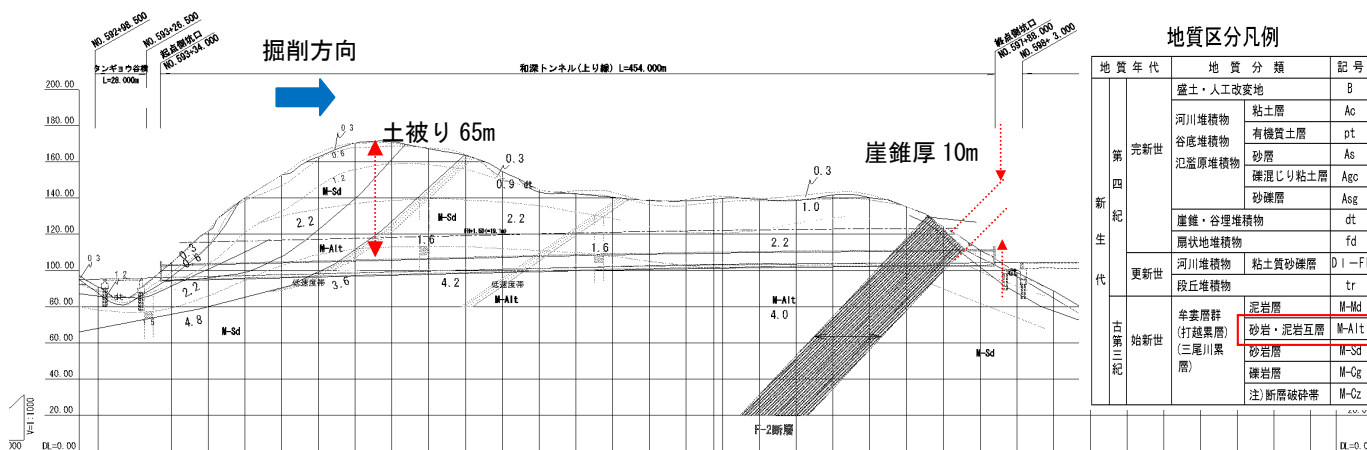


図-2：地質縦断面

キーワード：地滑り地形、急崖地、大型土のう積層工法、

連絡先：戸田建設大阪支店 大阪市西区西本町1-13-47 新信濃橋ビル 電話 06(6531)6840 FAX06(6531)6686

4. 到達部の施工方法

【現状と問題点】

終点側坑口は崖錐堆積物の層厚が10mの地滑り地形である。坑口の長期安定を鑑みると崖錐を除去、置換コンクリート等による対策を要する。坑口の直近には深礎杭（φ2.5m）を基礎とするラーメン形式アバット橋台が設計されている（図-3）。橋梁下部工の施工時期をトンネル貫通後とすると路線供用に間に合わない。また坑口切土の施工により深礎杭の影響範囲を掘削で乱すことは設計の考え方ではない。さらに、施工物資等の運搬路であるアプローチ方法がなく施工できない。これらが複雑に関係しており、どれひとつとして施工時の考えから外すことができない。

【対策と結果】

・アプローチ方法

坑口切土のアプローチは事業用地内に設置する制約がある。構台形式では用地をはみ出してしまう。索道方式は地滑り地形での切土となり、事前に大規模な補強対策を要する。以上の考えからアプローチの工法は盛土形式がよいと考え詳細計画を進めた。工期・コスト・線形の自由度から耐候性大型土のう積層工法で計画した。（材）土木研究センターH24.3「耐候性大型土のう積層工法」設計・施工マニュアルによれば大型土のうは土圧および自重等による鉛直荷重に対し、圧縮耐力として損傷や破壊することなく安全性が確保できる高さを8mとしている。現地は盛土高さ8m以上となる箇所が発生するため、超過高さは下部基礎として面材とジオテキスタイルを使用するユニットキャップ工法を適用することで解決した。また、造成するアプローチ勾配は最大20°で設定した（図-4）。（社）日本建設機械工業会2001年3月「不整地運搬車安全対策ガイドライン」によると不整地運搬車（キャリアダンプ）は登坂能力とは関係なく傾斜角20°までで使用する旨が記載されている。これらの対策によりアプローチの問題を解決した。

・地滑り対策

坑口部の厚い崖錐層による地滑り対策は、吹付けコンクリート10cm+FRPパネル（グリーンパネル）を受圧板とする鉄筋挿入工を採用した。掘削はのり面の安定計算から2回に分けて段階的に掘削を行い、トンネル断面となる箇所は貫通時に除去するためメッキボルトに代えFRP式ボルトとした。

・橋梁深礎杭対策

当初状況では、坑口切土形状の工夫のみで深礎杭の影響範囲を乱さず施工することは不可能であった。よって、トンネル延長を1m短くするセットバックで回避した（図-3）。地山の状態で安定勾配を超過する箇所は除去式グランドアンカーを用いることで発注者の了解を得た。トンネルのセットバックにより、坑口切土を含め地山の掘削範囲が大きくなり、トンネル半断面の地山を失うこととなる。これにより、トンネル掘削時に偏土圧を受けることになるので疑似地山として強度1N/mm²以上の改良盛土を追加した。

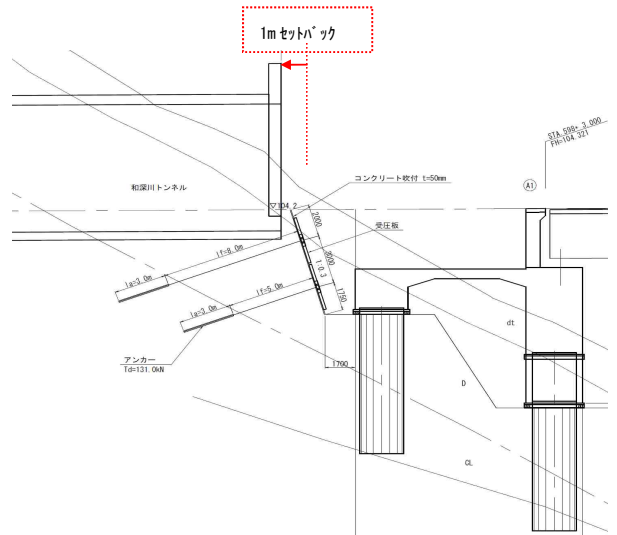


図- 3：トンネル-橋梁位置図

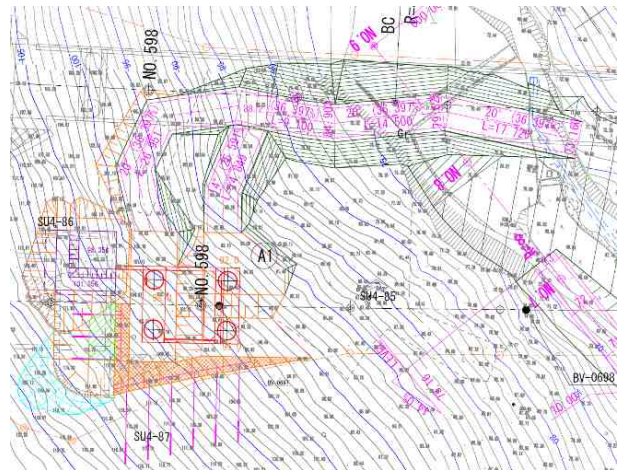


図- 4：アプローチ平面図



写真-1：終点側施工状況

5. おわりに

計画時の施工フローはラーメンアバット橋台を完了後、トンネル-橋梁間を埋戻して、坑門工を施工する考えであった。急勾配の登坂路は読み切れぬ工程ロスを生じており、実施工程は坑門工が先施工となった。再び様々な検討を要し悩むこととなる。そちらについては別な機会にご紹介できれば幸いである。