

細尾根かつ小土被り 区間におけるトンネル掘削の報告

東急建設(株) 関西支店 有田上トンネル作業所 正会員 ○千葉洋平 長井健作 安野雅志 森澤仁
東急建設(株) 土木技術部 トンネルG 正会員 三浦雅也 鈴木祥三
国土交通省 近畿地方整備局 紀南河川国道事務所 田中富博

1. はじめに

すさみ串本道路有田上第一第二トンネル工事は全長 237m の第一トンネル，全長 136m の第二トンネルからなる工事である．このうち第一トンネル起点側坑口部は，風化した泥岩からなる偏圧・小土被りかつ細尾根地形を通ることから対策工として注入式長尺鋼管先受け工を適用した．

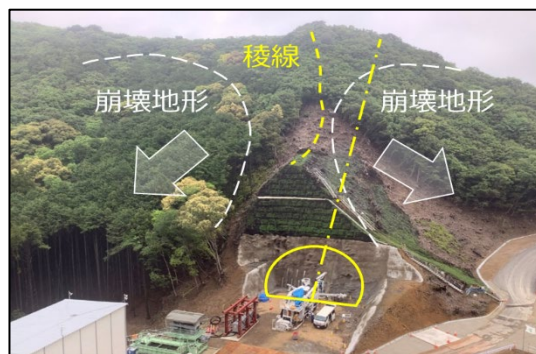


写真1 第一トンネル起点側坑口部全景

2. 地形・地質の条件

有田上第一トンネルの起点側坑口付近の状況を写真 1 に示す。トンネル中心線は稜線からやや右側に寄っている。進行左肩部の土被りは 4.7 (TD10m) ～6.7m (TD40m) と小さく (図 2)、反対側の斜面も地滑り跡があり、小土被りである。小土被り区間であるためアーチ効果が形成されにくく、かつ細尾根地形である亀裂の発達した風化泥岩地山 (新生代第 3 紀中新世) の施工には地山の緩み抑制対策・偏圧対策が必要であった。

写真 1 第一トンネル起点側坑口部全景

3. 対策工

当該地山は垂直に亀裂が発達した風化泥岩であり、偏圧対策、天端の安定対策と周辺地山の緩みを抑制が必要として、注入式長尺鋼管先受け工（AGF工法）を適用した。

本工法の期待する効果としては、鋼管による先受け効果とともに、地山に対して薬液注入による脈状の固結体を形成する地山改良である。土被りが小さいことから、注入材が逸走しないで限定改良ができることも重要な要素の1つである。本施工に先立ち、坑口付けの斜面を利用した注入試験施工により注入材の効果を確認した。本対策（AGF工法）の適用区間は、風化泥岩（CL級）がトンネル掘削断面の天端からなくなり、土被りが0.5D（7.5m）を確保できるまでの区間とし、 $L=48.0\text{m}$ （ $12.0\text{m} \times 1$ シフト + $9.0\text{m} \times 4$ シフト）とした。AGF工法の鋼管仕様は、 $\phi 114.3\text{mm}$ の軽量鋼管（ $t=3.2\text{mm}$ ）である。

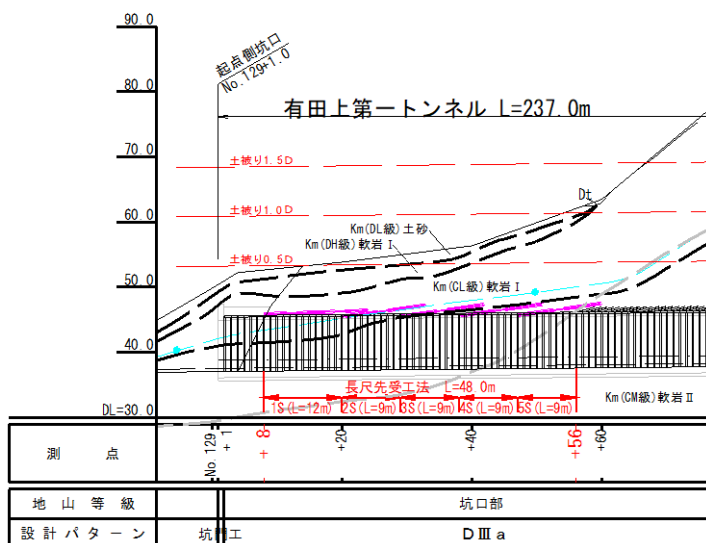


図1 第1トンネル起点側坑口縦断面図

4. 注入材の選定

注入材の選定にあたっては、セメント系とウレタン系（シリカレジン）のそれぞれ試験施工を実施し、その結果を比較し決定した。

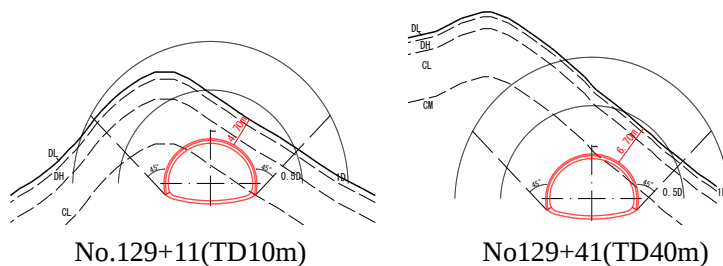


図 2 横断面

キーワード 山岳トンネル, 補助工法, AGF 工法, 注入材, 細尾根

連絡先 〒531-8519 大阪府大阪市北区豊崎 3-19-3 ピアスタワー 東急建設(株) 関西支店 土木部 Tel 06-6377-6518

限定改良出来ていることを比較した結果、鋼管内部・ボアホールに改良体が構成されていることから、ウレタン系が適していることが分かった（表1）。

5. 施工

AGF 鋼管は上半 120°範囲に 45 cm ピッチで配置した（図3）。本地山は写真2に示すように、土被りが小さい右肩から土平にかけては表土が出現し、切羽や側壁に降雨による滲出も見られ、亀裂が発達し茶褐色の流入土砂が挟在する不安定な風化泥岩地山であったが、検討した AGF 工法の適用により天端からの岩塊の抜落ちもなく掘削することができた。

AGF 工法を 5 シフト分実施した薬液注入結果を図4に示す。2 シフト目が最大注入量となっている孔が多く、注入量も 135%と最も多い結果となり、2シフト目より徐々に低下し、5シフト目で100%程度となった。これは地山の亀裂の程度と相関しており、坑奥に従って亀裂が少なくなっていることを示していると考ええる。

計測結果については、No.129+18.2（TD17.2m）で天端・右脚部の沈下が最大-18.5mm、内空変位が No.129+38.6（TD37.6m）で最大-11.8mm であり、変位量は小さく推移していた。AGF 工法の適用により、亀裂の多い泥岩地山からなる細尾根区間においても、地山の変位を抑制していることと考えられる。

6. おわりに

注入式長尺鋼管先受け工を適用する場合、不安定になりやすい地山において効果を発揮させるためには、注入材の選定が重要であることが改めて分かった。トラブルもなく掘削ができたことと、今回の対策について指導いただいた方々に感謝します。

表 1 注入材の試験施工結果

注入材	無機系(サンドロックG)	ウレタン系(シリカレジン)
改良効果	 改良範囲外へ逸走している。 鋼管周囲にフェノールフタレイン反応は見られるものの、鋼管内部及びボアホールに改良体は見えなかった。×	 鋼管内及びボアホールには確実に改良体が構成されており、地山と密実に接着していることが確認できた。○
評価	設計に対して100%注入している孔もあったが、圧力の上昇もほぼなく、地山内への充填は確認できなかった。また、一度リークが発生すると、インターバル注入でも止めることができなかった。改良範囲外での反応も見られたため、限定改良には不向きであると考えられる。×	設計に対して半分以下の注入量の孔もあったが、十分に昇圧し、充填効果が確認できた。ボアホール内の改良体もみられ、地山に対しても接着していることが確認できた。薬液の逸走も確認できなかったため限定改良に適していると考えられる。○

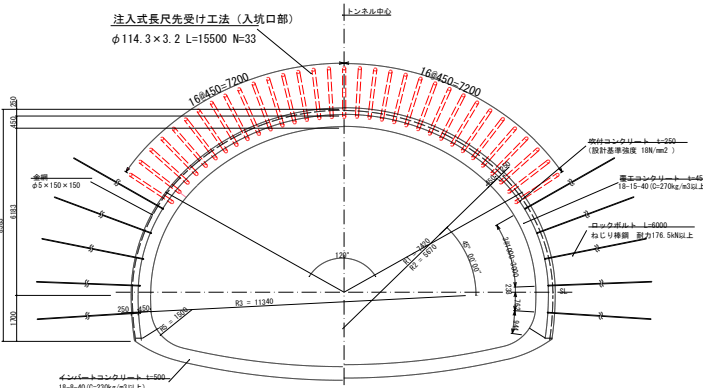


図 3 AGF 工法 配置図（入坑口部）



写真 2 切羽状況（No.129+24,TD21m）

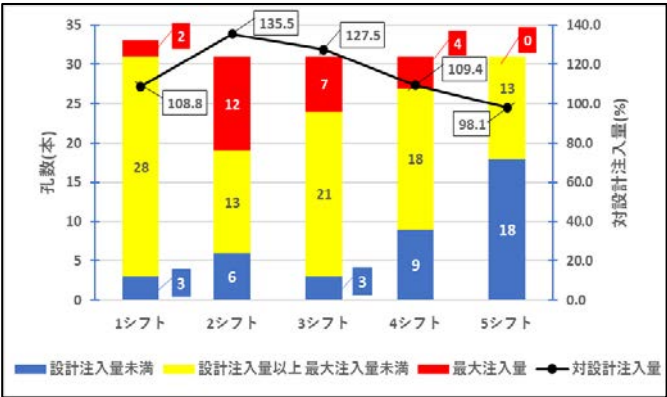


図 4 AGF 工法 薬液注入結果

参考文献

1) ㈱高速道路総合技術研究所：設計要領 第3集, 令和2年7月
2) 土木学会：トンネル標準示方書 [共通編]・同解説/ [山岳工法編]・同解説, 2016 年制定