

VI-13

含水未固結地山トンネルの掘削

日本鉄道建設公団盛岡支社七戸鉄道建設所	正会員	○須澤 浩之
〃	正会員	蓼沼 慶正
〃	非会員	伊藤 五郎

1. はじめに

東北新幹線三本木原トンネルは、八戸・七戸間の台地下の未固結土砂を比較的薄い土被りで通過する延長4,280mの山岳トンネルである。坑口から約300～650mの区間は、上半天端付近に均等係数の小さい砂層があり、様々な補助工法を施工して掘削を進めた。本稿では、この区間の地質概要、掘削・補助工法の施工状況について報告する。

2. 地形・地質の概要

トンネル周辺の地形は、標高60m程度の比較的平坦な洪積台地であり、地質は新第三紀鮮新世から第四紀更新世初期にかけて堆積した野辺地層を基盤とし、その上位に段丘構成層や火山砕屑物が広く分布している。今回報告する区間は、トンネル天端付近には野辺地砂層1（褐色細粒砂を主体とし均等係数が小さい。以下Nos1層と呼ぶ。）が分布し、下位に野辺地粘土層（粘性土と小礫～比較的粗粒な砂が複雑に分布する。以下Noc層と呼ぶ。）、インバート下方には野辺地砂層2（中粒～粗粒砂主体。以下Nos2層と呼ぶ。）が分布している。土被りは、35～45mであり、地下水位はFL+30m程度と高くなっている。この区間の地質縦断面図を図-1に示す。Nos1層の多くのサンプルでは、細粒分含有率は10%以下、均等係数は5以下、間隙比は0.7以上を示している。透水係数は $10^{-3} \sim 10^{-4}$ オーダーである。

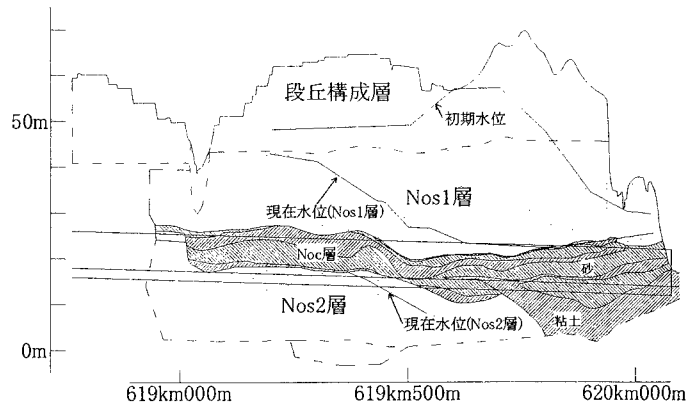


図-1 地質縦断及び地下水位の状況

3. 施工状況

三本木原トンネルでは、地下水位が高く、地山が未固結土砂であるため、揚水を実施している。揚水井は、井戸径300mmを基本とし、トンネル中心線から左右10mの位置に20m間隔で千鳥に配置し、切羽前方200m以内の井戸を運転している。初期揚水量は150～500ℓ/minである。切羽が近づく前にNos1層の水位は当初と比して20m程度低下しているが、上半断面の下半分が不透水のNoc層であり、Nos1層とNoc層の層境に地下水が残留している状態となっている。地下水位の状況は図-1に合わせて示している。

掘削は機械掘削ショートベンチカット工法で進めている。619km800m付近では天端が砂層であるため、先受工（L=12.0m、シリカレジジン注入）を施工し、部分的に短尺の先受ボルト（L=3.0m、シリカレジジン注入）を併用した。しかし、Nos1層が断面内に下がってからまもなく、鏡では流砂を伴って地下水が湧出する現象が、天端では先受工の隙間から比較的乾燥した砂が砂時計の砂のように流出する現象が見られ、掘削の中断を余儀なくされた。

原因を検討した結果、鏡については、揚水により地山全体の水頭は確実に下がっているものの、Noc層上

には水が残留しており、この水が細粒分を伴って切羽に流出し、徐々に地山を緩ませていたことが考えられた。また、天端については、流出した砂が比較的乾燥しており、揚水により含水比が下がっていた細粒分の乏しいNos1層が、切羽付近の緩み領域の拡大に伴って乾燥流砂を起こしたものと考えられた。

そこで、掘削 1m 毎に長さ 3m の水抜き孔を削孔し、ポリプロピレン・ポリエチレン複合繊維製のドレーンを挿入して、土粒子を流出させずに残留水を抜くこととした。また、先受工の注入材を浸透性の良い溶液型(水ガラス系)注入材に変更し、地山強度を高めて乾燥流砂を防ぐこととした。注入方法は現在最も信頼性の高い注入が可能なダブルパッカー工法を選択し、注入率は試験施工の結果から 35%とした。

以上の対策により、比較的順調に掘削を進めることが可能となったが、進捗とともに 619km600m 付近では Noc 層の位置がうねりを伴いながら SL 付近までさらに下がり、上半の大半が Nos1 層で占められるようになった。また、これに伴い残留水の湧出位置も SL 付近まで下がり、自然流下による排水では水抜きが十分に行えない状況となった。特に、SL 付近が Nos1 層の場合は支保工の建込み時に湧水により支保工脚部の砂が流され、場合によっては抜け落ちが注入の改良範囲にまで及ぶこともあった。

このような状況に対応するため、以下のような補助工法の追加あるいは改良を行った。まず、上半断面の大半が Nos1 層で占められるようになったため、上半をさらに 2 分割することとした。1 段目のベンチ長は 2～5m とし、2 段目のベンチ長は従来通り 50m 程度である。また、残留水の湧出位置が SL 付近まで下がったため、上半盤からウェルポイントによる強制排水を実施することとした。ウェルポイント先端には、ポリプロピレン・ポリエチレン複合繊維製のドレーンを取り付け、土粒子の流出により地山を緩めないよう配慮している。さらに、これまでの区間と比較して湧水が多いため、長さ 30～40m 程度の水抜きボーリングを施工することとした。先受工については、AGF 管の打設時に湧水が見られる箇所では、初めに瞬結の溶液型(水ガラス系)注入材を注入して水みちを塞ぎ、浸透注入が効果的に行えるようにした。このときの補助工法のパターンを図-2 に示す。

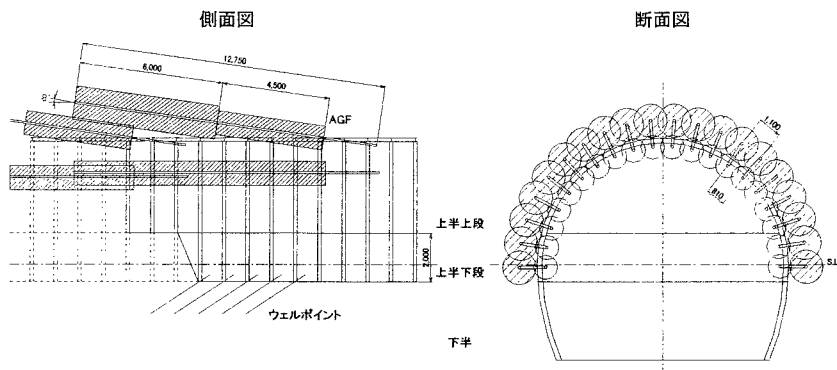


図-2 補助工法パターン図

溶液型(水ガラス系)注入材の注入効果は、山中式土壌硬度計で定期的に確認している。これまでの実績から、三本木原トンネルの地山の場合は、土壌硬度計で 1N/mm^2 以上の値であれば、切羽・天端が保持でき、支障なく掘削できると判断された。他方、未改良部分の土壌硬度計の値は 0.5N/mm^2 程度以下であり、ハンマー等の先で搔けばサラサラと落ちるような状態で、このままでは切羽の自立は難しいと思われる。

4. おわりに

今回報告した区間では概ね順調に掘削が可能となったが、この先も沢部直下の施工が控えており、さらに安全で効率的な掘削を目指して努力していきたい。

最後に、東北新幹線トンネル施工技術委員会の先生方をはじめ、本トンネルの施工及び本稿の執筆に対しご指導いただいた関係各位に深く感謝致します。