

大量湧水を伴う風化花崗岩におけるトンネル施工実績

独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 高原英彰 本田宣之
鹿島建設(株) 正会員 田中久人 森下慶一 ○杉本康平

1. はじめに

新北陸トンネル(葉原)は、北陸新幹線(金沢・敦賀間)における全長約20kmのトンネルの中間地点に位置し、斜坑延長557m(下り勾配12.5%)、本坑延長4,495mの長大トンネルである。地質は大きく2種類に分かれ、終点側の区間は主として砂岩、粘板岩の互層からなる混在岩であり、起点側の区間は古生層に貫入した花崗岩で、断層付近に湧水が多いとされ、最大土被りが440mあるため高圧の湧水が懸念されていた。また、本工事は、最大18t/minの湧水と3,400m³の大崩落に見舞われた屈指の難工事の末、1962年に完成した北陸トンネル(鉄道トンネル)とおおよそ2kmの距離で並行するため、花崗岩区間破碎質粘土背面の大量湧水および切羽崩壊に留意する必要がある。本稿では、大量湧水および強風化花崗岩に対する前方探査水抜きボーリング等の各種対策工について報告する。



写真-1 切羽崩落状況 (T.D. 2, 899m)

2. 掘削における問題点

T.D. 1, 800mでの前方探査ボーリング調査結果より、粘板岩から花崗岩への変化が確認された。数十m毎に、強風化した破碎質粘土と硬質な状態を繰り返す花崗岩の弾性波速度は、2.2~5.1m/sと振幅が非常に大きい。そのため、粘板岩区間では支保パターンの変更が6回/1,800mだったのに対し、花崗岩区間では58回/2,000mもの変更を行っている。地質別の月進は粘板岩で平均131m、花崗岩で78mであり、花崗岩区間では粘板岩区間に対し60%程度の進行にとどまった。当初懸念していたように進行を妨げる最大の問題は、花崗岩区間での大量湧水・破碎質粘土による切羽崩落であった(写真-1)。

3. 葉原工区の特徴

(1) 地表面地形との関係

本坑は、土被りが最大440mと厚いものの、図-1に示すように大量湧水や粘土化した切羽の崩落の多くは、地表面の沢や集水域を構成する急峻な地形の直下など水の通り道となりやすい箇所を確認された。特に、沢に近づくと崩落まで至らなくとも粘土化した花崗岩が頻繁に見られた。

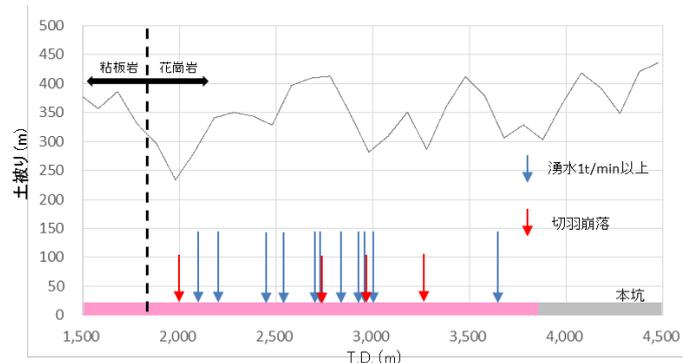


図-1 大量湧水および切羽崩落箇所

(2) 内空変位

内空変位では、沈下は小さく水平変位は大きいという特徴が見られた。新幹線トンネルは、道路トンネルと比較してS.L.が3.2mと高く馬蹄形をしているため、下半断面積が大きく構造的に変位が大きくなりやすいと考えられる。特に水抜きボーリング孔が閉塞したことで側壁に水圧がかかり、一気に変位が増大して吹付けコンクリートのクラックから湧水が噴出したこともあった。掘削を順調に進めるためには、切羽の手前から少しでも水を抜いておくことが非常に重要であると考えられた。

キーワード 長大トンネル, NATM, 新幹線, 大量湧水, 花崗岩, 破碎帯

連絡先 〒950-8550 新潟市中央区万代1-3-4 鹿島建設(株)北陸支店土木部 TEL 025-243-3766

4. 掘削補助工

(1) 削孔検層

本工事では掘削 30m毎にドリルジャンボによる左右 30mの削孔検層を実施した。削孔検層の距離は 30mと短いため、削孔データにノイズ成分が入りづらく信頼性の高いデータの取得が可能である。また、切羽掘削作業員の手によって行われるため、削孔データと作業員の感覚の整合性が取りやすい利点がある。切羽前方の地質・湧水状況がほぼ正確に把握でき、支保パターン決定資料のひとつとして重要な役割を担っている。地下水位の低減効果もあり、スムーズな掘削が可能となった。

(2) 前方探査水抜きボーリング

T. D. 1, 800mで花崗岩区間に転じた後も順調に掘削は進んでいたが、T. D. 2, 000m付近で破碎質粘土が出現した。それ以降では前方の地質・湧水把握および地下水位の低下を目的とし、全線で前方探査水抜きボーリング（二重管 $\phi 101-65\text{mm}$ 、 $L=120\text{m}$ 、保孔管として SGP 管 $\phi 40\text{mm}$ 有孔管使用）を 20~30m ラップさせて施工した（写真-2）。削孔角度を大きくすると掘削方向から離れてしまうため、横向き角度は 10 度、水平に近づけ水位低下効果を高めるため、上向き角度は 1 度とした。ボーリング結果と削孔検層を組み合わせることでより正確な地質の把握が可能となった。これまでの水抜きボーリングの実績では全 33 回（削孔延長：3420.8m、平均削孔長：104m/回）で、1t/min を超す大量湧水は 8 回あった。



写真-2 水抜きボーリング湧水量 (3t/min)

(3) 長尺鋼管先受

T. D. 3, 275mの切羽では 0.5t/min の湧水により粘土分を多く含む地山が流出し、右肩で上方 3m 程度の抜け落ちが発生した（写真-3）。流出土砂を吹付けで抑え、切羽支保工の 2 m 手前より湧水部分に対して鋼管水抜き 2 本（ $L=6.5\text{m}$ ）を実施し導水を行った後、BH で土砂を掻き出す作業と抑え吹付けを複数回行うことで流出を収束させた。充填式 FP ではこれ以上の崩落を支えきれない可能性があったため、ループを形成して抜け落ちを防ぐとともに水抜きを兼ねて、天端から右肩部にかけて鋼管（ $\phi 76.3\text{mm}$ 、先頭管 3.5m+中間管 3.0m=6.5m、18 本@450mm）を打設し、掘削を進めることができた。



写真-3 切羽状況 (T. D. 3, 275m)

(4) 一次インバート

T. D. 1, 998~2, 064mでは破碎質粘土と湧水の影響で、S. L. の水平変位が収束傾向にないまま 110mm に達し、内空断面を侵すおそれがあったため、一次インバートによる早期閉合を行った（図-2）。一次インバートの施工後、変位は収束した。

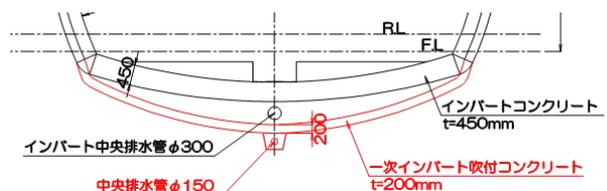


図-2 一次インバート

5. まとめ

花崗岩区間での大量湧水・破碎質粘土に対して、前方探査水抜きボーリング等の各種対策工を行った結果、順調に掘削を進めることができた。