

軟弱な断層破碎帯の切羽安定化および変位抑制対策

中日本高速道路（株）
（株）大林組

正会員 伊原 泰之
正会員 ○渡辺 匠、宮川 俊介、野田 正利

1. まえがき

野登トンネルは、四日市と亀山市を結ぶ新名神高速道路事業の中の4.1kmのトンネルであり、当工事では上り線 1,763m、下り線 1,746m の掘削延長がある。

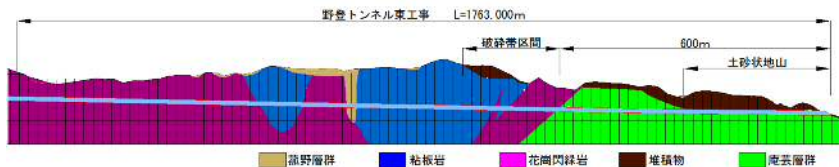


図-1 地質縦断図（上り線）

断層破碎帯は脆弱な花崗閃緑岩と粘板岩の互層であり、トンネル坑口から 550m 地点より始まりつた。当初 210m 規模と想定していたが、結果的に 470m の区間に及ぶ規模となった。

この区間は、地山強度比が 2 程度と低いことや上下線の近接影響により 200mm を超える内空変位が発生し、部分的に支保部材に変状が確認された。本報では、この破碎帯の施工について述べる。

2. 断層破碎帯の特徴

切羽は花崗閃緑岩と粘板岩の互層であるが、それぞれの明瞭な層境はなく、花崗閃緑岩体に粘板岩が貫入しており複雑に混在している。花崗閃緑岩は著しく熱水変質を受け粘土状にまで劣化が進んでいる。切羽の状況を図-2 に示す。



図-2 切羽状況（STA. 425+73.0）

3. 変位形態

3.1 変位の進行

図-3 は、特に変位の大きかった STA.425+21.0 (TD:725m) における内空変位のグラフである。破碎帯区間は、変形余裕量 100mm を想定した支保パターン(D II)となっていたが、破碎帯区間での変位の急激な増加は、掘削から3日間で管理基準値 II (50mm) を超え、最終的に 236mm となった。連休や変位抑制対策工のため切羽作業を中断していた期間も変位速度は緩くなるものの、それぞれ 3.0mm/日、1.6mm/日の変位が進行した。

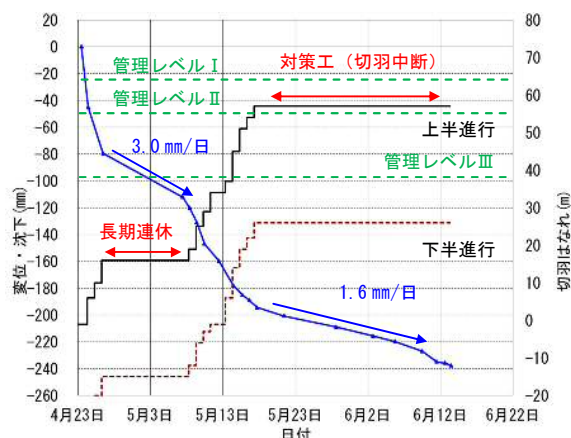


図-3 内空変位（STA. 425+21.0）

結果として、吹付けコンクリート面のひび割れやロックボルトのプレートの変形、ロックボルトの破断といった支保部材の変状が生じた。

3.2 変位の卓越箇所

断面計測を行った結果の変位コンター図を図-4 に示す。赤囲いが内空断面を冒している区間であるが、先行する上り線に下り線が近接した際に変位が増加した。この区間では、不良地山対策として行っている天端の AGF 打設範囲外の部分においてそれが顕著である。AGF による周辺地山の改良は変位抑制にも有効であることが示されている。

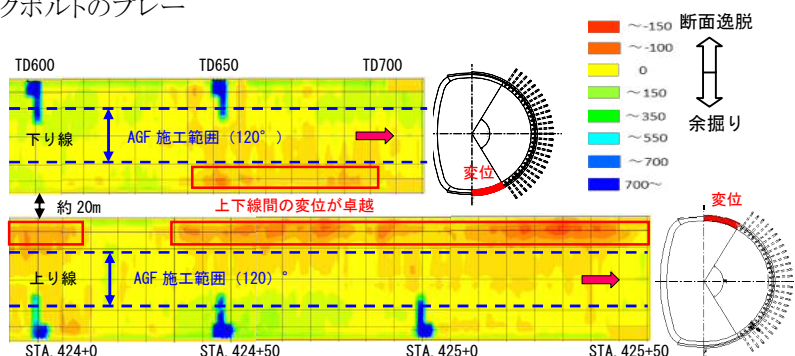


図-4 変位コンター図

キーワード 山岳トンネル、補助工法、インバート吹付け、軟弱地山、破碎帯

連絡先 〒519-0324 三重県鈴鹿市小社町字牧ヶ久保 641 新名神野登東工事事務所 TEL059-371-6605

4. 対策工

増しロックボルトの打設と吹付けコンクリートの厚さを 150mm から 200mm に変更して施工を進めたが、地山強度比が低いことから発生している変位は進行を続けたため、長期的安定性を考慮して以下の対策工を行った。

① インバート吹付けによる断面閉合

変位抑制をするためには、インバート吹付けによる断面閉合が最も効果的である。

インバート吹付けは、本設インバートの断面外に設置することで、支保の全周を閉合する。インバートの耐力が本設とは別途確保できるため、より長期的な変位抑制効果が期待できる。本設のインバートによる早期閉合も検討したが、変位が収束しない場合にはインバートの打ち換えが発生し、掘削内空に与える影響が多くなるため、まずインバート吹付けを施工する段階的な構造体とした(図-5)。

② AGF 打設範囲拡大

上下線のトンネルにおいて、互いに隣接する側の側壁部分の変位が卓越しており、特に AGF 打設範囲の外側が顕著である。

図-6 に示す通り掘削の近接影響を受ける側へ AGF を拡大施工して、地山改良効果をねらった変位抑制対策を行った。

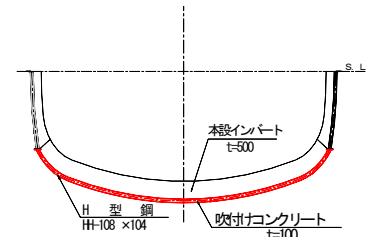


図-5 インバート断面図

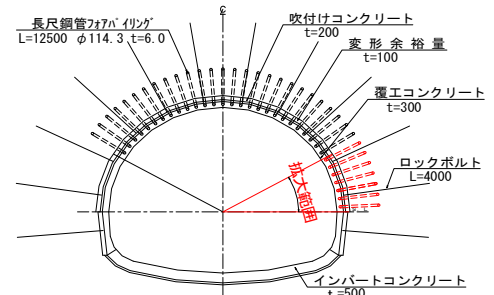


図-6 AGF 打設範囲拡大断面

5. 結果の検証

5.1 断面閉合の効果

図-7 にインバート施工後の内空変位の計測結果を示す。進行を続けていた変位が、明らかに収束方向に向かっている。この断面は、変位が非常に大きく建築限界を冒したため、縫い返しを行っている。ここで注目すべき点は、縫い返し後もインバート吹付けを施工するまでは変位が進行(5.3mm/日)を続けている点である。

インバート吹付けによる断面閉合は、工法の選定として適切であり、変位抑制対策に対して非常に有効であることを確認した。

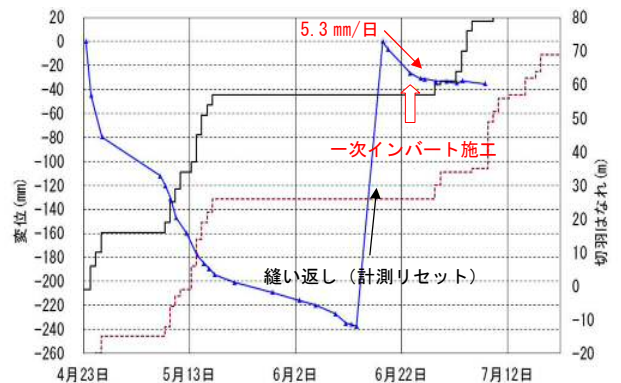


図-7 インバート吹付け後の内空変位 (STA. 425+21.0)

5.2 AGF 打設範囲拡大

図-8 は AGF の打設範囲拡大後の内空変位のグラフであり、最大で-14.8mm に収まっている。その後、変位が減少したため打設範囲を 120° に戻した場合の内空変位の結果を図-9 に示す。最大で-33.0mm に達している。

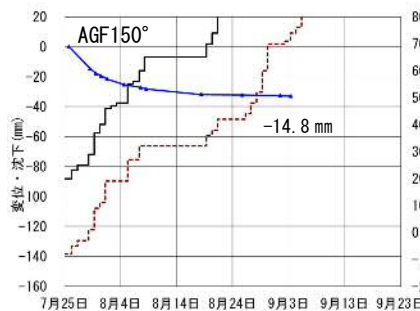


図-8 内空変位 (STA. 426+11.0)

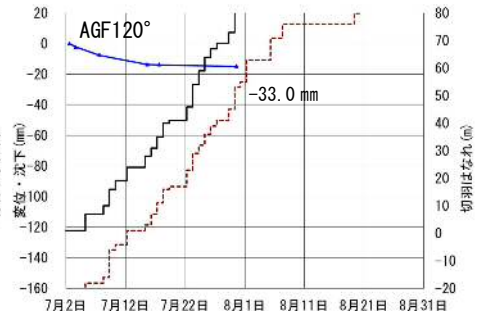


図-9 内空変位 (STA. 426+55.0)

したがって、AGF の打設範囲を拡大し、上り線側の地山を改良したことは、内空変位の抑制に効果があったといえる。

6. まとめ

近接するトンネルの破砕帯区間における急激な内空変位の増加に対して、補強ロックボルトや吹付けコンクリート厚の増加による支保剛性の向上や、インバート吹付けの追加施工、および AGF の打設範囲拡大と段階的対策をとり、無事突破することができた。今回採用した工法は、変位を抑制することに加え以下のような優位性があったと考えられる。

- ・インバートを施工しているので、本設のインバート掘削時の変位の恐れがない。
- ・支保工で全周断面を閉合することで、長期的な安定性が向上した。
- ・AGF の施工により、切羽作業の安全な環境を確保することができた。