

小土かぶりで河岸段丘を貫く NATM の施工

—北陸新幹線、第2魚津トンネル—

(独) 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 北陸新幹線第二建設局 ○正会員 中島 活哉
(独) 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 北陸新幹線第二建設局 正会員 小原 唯司

1. はじめに

近年、小土かぶり未固結地山トンネルを山岳工法で掘削する事例が増加している。小土かぶりトンネルの施工では、地上部に道路・家屋などの重要構造物が存在するケースが多い。また、変状などの影響が直接地表部に伝わるため、過去にも多くの不具合が発生しており、高度な施工管理が要求される。

以上を踏まえ、本稿では、未固結地山の河岸段丘を NATM で掘削した第2魚津トンネルの小土かぶり区間の施工について報告を行う。

2. 第2魚津トンネルの概要

北陸新幹線、第2魚津トンネルは、高崎起点260km897m～263km994m間に位置する延長3,097mの山岳トンネルであり、富山県魚津市内の開析扇状地、河岸段丘で構成される台地を掘削する。トンネル掘削は終点方より7‰の上り勾配で行い、高位（土かぶり60～80m）、中位（土かぶり22～30m）、低位（土かぶり4～10m）の各段丘面を順に通過する。なお、本トンネルは平成15年12月19日に本坑掘削を開始し、平成20年10月24日に無事貫通した。

低位段丘部には地表から第四紀更新世の下段累層砂礫層（T1）が分布し、その下に呉羽山礫層（Kg）が存在する。このT1層には最大φ1,000mm程度の巨礫を含むが比較的自立性が高い。一方、Kg層は礫層であるものの、基質に粘土分が多いため相対密度は密な状態にある。また、両層とも地下水位面が高い上に透水性が低く、層境付近には地下水が存在する。

3. 小土かぶり区間の概要

小土かぶり区間である低位段丘面の地表面の多くは水田であり、中位段丘面と低位段丘面の境界には段丘崖が存在するため土かぶりが急減する。また、低位段丘面には二級河川大座川、民家、県道、市道が存在し、それらの直下を土かぶり5～7mでトンネルが通過する。

従って、トンネル掘削に際しては、以下の3点に留意し、施工計画を策定することが求められた。

- ①段丘崖部における地質、湧水状況の急激な変化に伴うトンネル天端からの抜け落ち発生懸念
- ②地表面の構造物（河川、民家、県道）に対する地表面沈下の発生を効果的に抑制するための補助工法

の採用

- ③確実な切羽安定対策工と突発的な湧水などを防止するための有効な水抜き対策の実施

4. 小土かぶり区間の施工計画

小土かぶり区間の施工に際して経済性を考慮し、地上からの対策工（事前地山改良工）とトンネル坑内からの対策工を検討した。

4-1 地上からの対策工

土かぶりが5m以下の区間（L=238m）については、予め地上より120°の範囲を開削した上で、セメント改良土により置換えした後、NATMにより掘削を行った。

（図-1）

一方、土かぶりが5m以上の区間（L=405m）では坑内から対策工を行って NATM によりトンネル掘削を実施することとした。

4-2 坑内からの対策工

坑内から対策工を実施する区間については、切羽安定対策工、湧水対策工および早期閉合の3点に着目した補助工法を選定した。（図-2）

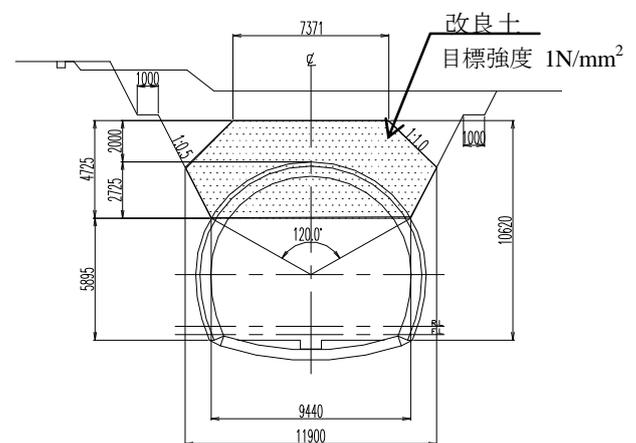


図-1 事前地山改良区間の断面図

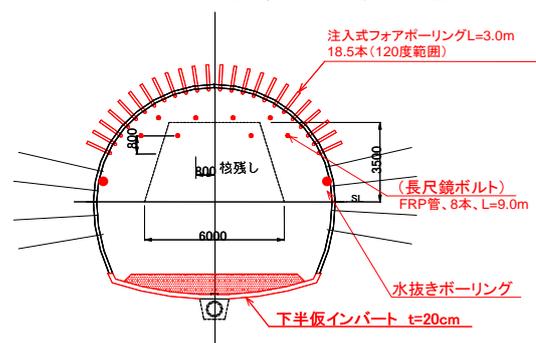


図-2 坑内対策区間の断面図

(1) 切羽安定対策工

掘削対象の砂礫層は、切羽自立性が比較的高いと考えられるものの、湧水が予想される未固結地山であるため、切羽安定対策として先受け工の採用は不可欠である。先受け工として長尺鋼管先受け工 (AGF) と注入式フォアポーリングの比較を行った結果、注入式フォアポーリングは以下の理由から先受け工として採用することとした。

- ・毎切羽で施工可能であり、地山の状況に応じて柔軟に対応が可能である (本数・ピッチ・注入量を変更可能)
- ・毎切羽で確実に施工するため、先受け下部に残る地山が薄く、切羽作業時の天端からの地山剥落などの危険性が低い

なお、注入式フォアポーリングは261km135m~540m間 (L=405m) で施工し、注入式フォアポーリングのみで切羽安定性が確保できない場合には、適宜長尺鏡ボルトを施工して、切羽の安定を図ることとした。

(2) 湧水対策工

河川扇状地特有の突発湧水の影響によって、切羽の

安定性が低下することが懸念された。天端付近に出現する層境に分布する地下水を有効に排水するために、坑内水抜きボーリングを基本とした。坑内水抜きボーリングは大座川と交差する直前の 261km450m 付近で施工した。

(3) 早期閉合

小土かぶりトンネルにおける掘削では、地山の変形を抑制し、トンネルを早期に安定に導くため、下半仮インバート工を施工した。下半仮インバートは大座川、県道、民家と交差する 261km390m~450m 間 (L=60m) で施工した。

5. 小土かぶり区間の施工結果

図-3に小土かぶり区間の施工結果を示す。これによると、各変位量は平均で 2mm~4mm 程度で収束し、トンネル内部は元より地上への影響は殆ど現れていないことが分かる。しかしながら、一方で 261km135m 付近において-8mm と比較的大きな地表面沈下を計測している。これは、当該箇所が市道との交差箇所であり、当時の路体構築に伴う地山の緩みが影響したものと推察される。また、各対策工の効果の確認、緻密な計測管理と切羽観察から、ロックボルトの本数や支保工の建込間隔を検討し、施工性と経済性の向上を図ることができた。以上のことから、小土かぶり区間の施工では計測や切羽観察を確実にを行い、適切な対策工を施工することで地表面に影響を与えることなく、また、より経済的に掘削を進めることができた。

6. おわりに

小土かぶり区間の実施工では、計測結果、切羽観察結果などを確実にフィードバックさせて対策工を施工してきた。その結果、第一に安全を確保し、地表面に影響を与えることなく経済性にも配慮したトンネル掘削を行うことができ、平成20年10月24日に無事貫通した。今後、本トンネルの施工結果が同種同様の地山条件におけるトンネル掘削方法を検討する際の助となれば幸いである。

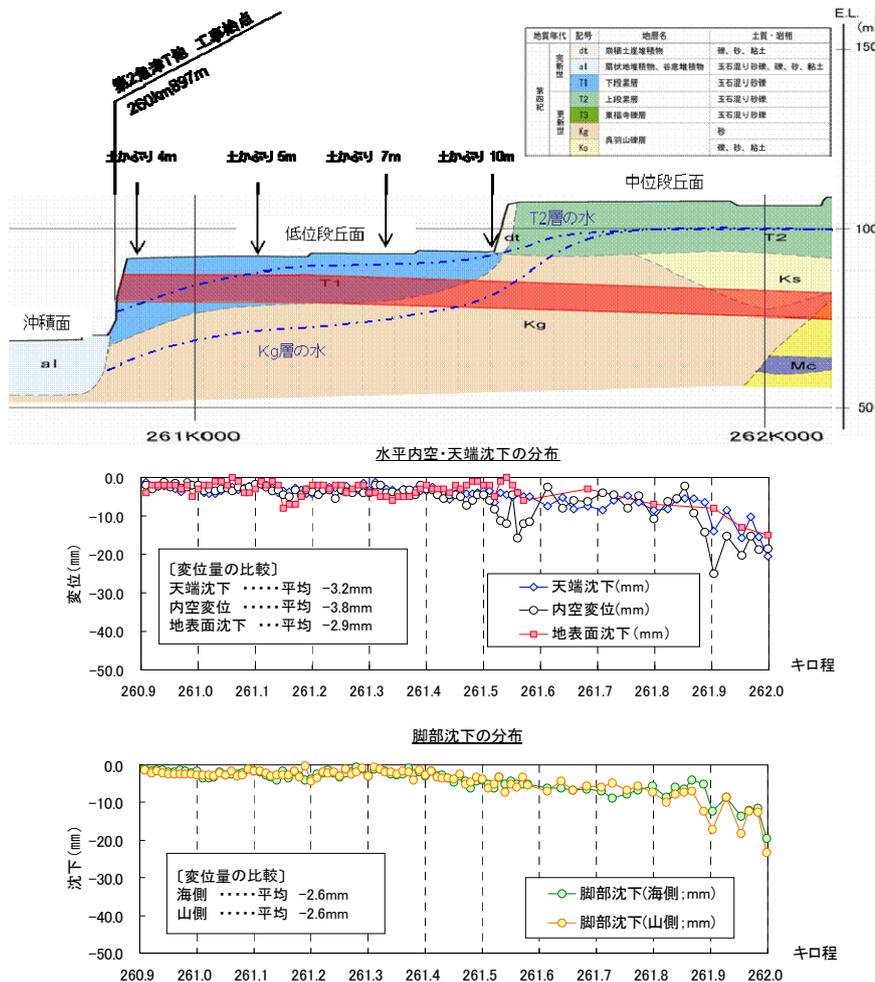


図-3 小土かぶり区間の施工結果