

小土かぶりで保安物件直下を通過する NATM の施工

ー北陸新幹線、長峯トンネルー

(独)鉄道・運輸機構 鉄道建設本部 大阪支社 工事第二課 正会員 依田淳一

(独)鉄道・運輸機構 鉄道建設本部 北陸新幹線建設局 飯山鉄道建設所 正会員 ○張信一郎

(独)鉄道・運輸機構 鉄道建設本部 北陸新幹線建設局 飯山鉄道建設所 正会員 都築保勇

フジタ・吉川特定建設工事共同企業体 明石太郎

1. はじめに

北陸新幹線長峯トンネルは、新幹線飯山駅（長野県飯山市）の終点方（高崎起点 147 km 560m～147 km 675m）に位置する全長 115m のトンネルである。長峯トンネルは、急崖斜面を有する高さ約 30m の帯状丘陵地を斜方向に通過する線形となっており、土かぶりは最大で 1 D 程度と小さく、トンネル上部の本線左右に家屋が存在する（図-1）。また、起点・終点方とも坑口が急斜面に位置し（起点方は県の急傾斜地崩壊危険区域指定地）、周辺斜面には表層崩落や地すべりの跡も確認できるなど、NATM のショートベンチカット工法で施工するにあたり、坑口部施工及びトンネル掘進においては十分な検討を必要とし、慎重な施工が想定された。本稿では、長峯トンネルの施工に伴い実施した数値解析による検討及び施工結果について報告する。

2. 地質概要

当該区間の地質は、凝灰角礫岩が主体の屋敷層（Ya 層）が基盤を形成し、その上位に粘性土または砂質土である奈良沢層（Na 層）が被覆している（図-2）。Ya 層は、風化の度合いにより、強風化部と風化部に区分されている。強風化部は不規則に分布し、

礫混じり火山灰質粘性土状を呈しており、風化部は強風化部より固結度が高く、所々に礫が混在している。事前に実施した地質調査結果によれば、Na 層の約 60%は N 値 10 程度の粘性土で、残りの 40%が N 値 7 程度の砂質土である。また、終点方には表層にロームが被覆しており、その層厚は粘性土より厚くなっている。なお、事前に両坑口部で実施した水平ボーリング（起点側：20m、終点側：30m）では、地山からの湧水は起点側（147 km 570m 付近）で 0.23～0.45l/分程度であり、ごく少量であった。

3. 施工計画

3-1. 数値解析による地山挙動の把握

近接構造物への影響予測及びトンネル掘削の安定性を検討し、管理値を設定することを目的として、終点方からのショートベンチ工法による逐次掘削を考慮した数値解析を行った。本トンネルは小土かぶりであり、両坑口の地形的な特徴から塑性化が懸念されるため、地山が塑性化した場合の検討が必要であること、掘削延長が短く縦断方向の影響も無視できないことから、3次元 FEM 弾性解析及び弾塑性解析を実施した。図-3 中に解析によるトンネル中心線の地表面沈下量予測を示す。

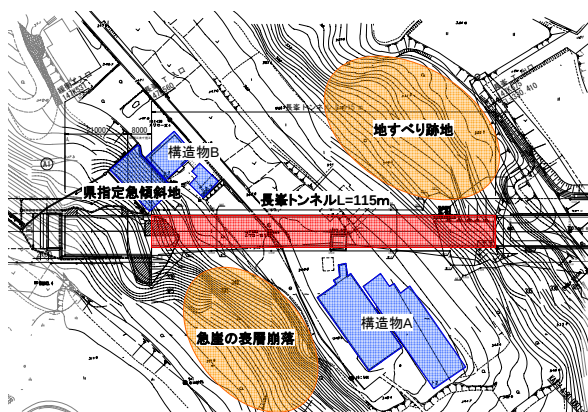


図-1 長峯トンネル平面図

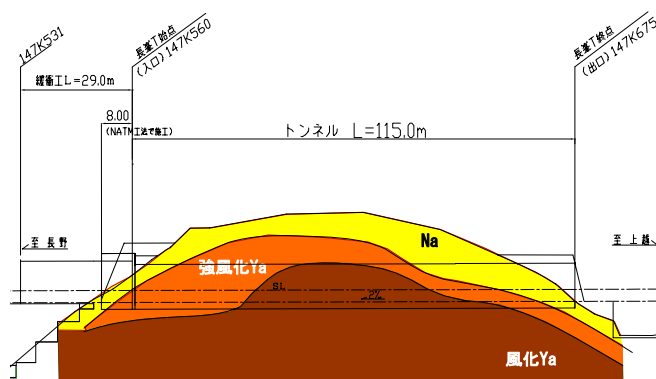


図-2 長峯トンネル地質縦断図

キーワード 小土かぶり、未固結地山、3次元 FEM 解析、保安物件

連絡先

〒389-2253 長野県飯山市大字飯山 1071-2 (独)鉄道・運輸機構 飯山鉄道建設所 TEL 0269-62-1434

3-2. 補助工法の検討

両坑口部においては小土かぶりのためグラブアーチが形成されにくく、トンネル本体に全土荷重が作用してしまう可能性が高い。その上、地山が風化を受けており、トンネル掘削に伴う応力解放で脆弱しやすいことや、斜面との関係で地山に緩みが生じやすいことが考えられた。解析の結果も、弾性解析の沈下量予測結果に対し、弾塑性解析の沈下量予測結果が 1.5～3 倍に大きくなっており、Na 層の岩相の不連続性と地山物性のばらつきによっては、さらに大きな沈下量が発現する恐れがあった。そこで、補助工法として長尺鋼管フォアパイリング (AGF) 工法を採用した場合の検討を行った。AGF の採用により、地山の挙動を弾性変形の範囲内に抑えることができるものと仮定し、3次元弾性解析により AGF の効果を検討した。その結果、天端沈下量を最大で 50%程度低減できることを確認した。これにより、両坑口部においては、周辺構造物への影響を小さくするため AGF の打設を行うこととした。

トンネル中間部は、解析結果の沈下量が比較的小さいことから、掘削中の計測の結果を見ながら、掘削パターン及び補助工法を検討することとした。

3-3. 管理基準値の設定

掘削に伴う地表面沈下の管理基準値(管理レベルⅢ)は、地山等級、支保のランク及び現場の施工管理における妥当性を考慮し、補助工法を計画していないトンネル中間部では3次元弾塑性解析の結果を用いることとした。AGFを採用する両坑口部については、AGFにより地山の挙動が弾性領域内に収まると仮定したことの不確定要素も勘案し、地山の塑性化と AGF の効果を考慮した解析結果を管理レベルⅢとした。これにより、地表面沈下の管理基準値は、起点方(147 km 560～597m)で 81 mm、中間部(147 km 597～633m)で 29 mm、終点方(147 km 633～675m)で 46 mm となった。また、管理基準値の 1/3、2/3 をそれぞれ注意(管理レベルⅠ)、警戒値(管理レベルⅡ)とした。

4. 施工結果

本トンネルは平成 18 年 12 月 22 日から終点方より掘削を開始した。当初の計画通り、終点方坑口付近(147 km 660m)の切羽より AGF を打設した。下半掘削が坑口から 26m (147 km 649m) まで達したところで、坑口保護盛土部の AGF 未打設区間(147 km

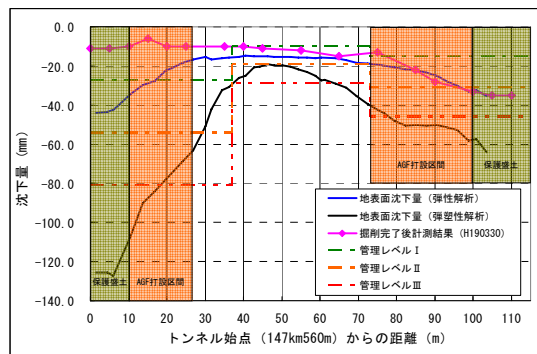


図-3 トンネル中心線における地表面沈下量

660～670m)の地表面沈下量が 30 mmを超え、管理基準レベルⅡに達した。そこで、これ以上の沈下を抑制するために、インバート吹付により早期閉合を行い、最終沈下量を 35 mm程度に抑えることができた。

起点方では 147 km 585m 付近から、再び強風化 Ya 層及び Na 層が切羽面に出現し、地質の変化が顕著であった。この付近は、Na 層が厚く堆積しており、解析結果からも地山が塑性化すると沈下量が增大する懸念があった。また、地形的にも地山の急傾斜部にあつて構造物 B に近接する位置にあることから、解析からその効果が確認された AGF を施工した。掘削完了後の地表面沈下量は最大で 10 mm程度であり、管理基準レベルⅠの範囲内で施工することができた。

掘削完了後(平成 19 年 3 月 30 日)のトンネル中心線における地表面沈下量を図-3 に示す。このグラフから、終点方では計測結果が弾性解析の結果とよい相関性を示していることが分かる。これは、AGF 等の補助工法の施工により、地山の挙動を弾性域の範囲に抑えながら施工できたためと考えられる。一方、起点方では、計測結果が弾性解析の値と比較して小さな値となっている。これは、AGF の施工によりトンネル掘削による影響範囲を小さくできたこと、及び事前の確認ボーリングから想定していた風化 Ya 層の位置が、起点方まで分布していたことから、解析結果よりも沈下量が小さくなったと考えられる。

5. おわりに

本トンネルは、急斜面を持つ丘陵地を抜けるため、小土かぶり、自立性の悪い地質などトンネルとして施工するには難工事が予想された。しかし、事前の沈下量予測をもとに、計測および施工管理を徹底し掘削を進めたことで、沈下量は事前の解析結果の範囲内に収めることができ、近接構造物に影響を与えることなく無事掘削を完了した。