

脆弱な細粒砂質土におけるトンネル施工の対策検討 ～常磐自動車道 原町トンネル～

東日本高速道路株式会社 相馬工事事務所 正 会 員 廣瀬貴樹
法人会員 ○宮越 信
前田建設工業株式会社 原町トンネル作業所 正 会 員 森 英治
法人会員 伊藤毅浩

1. はじめに

常磐自動車道 常磐富岡 IC～相馬 IC(仮称)間の延長約 47km 間は、供用時期平成 23 年度に向けて、現在鋭意工事を進めているところである。その内の浪江 IC(仮称)～原町 IC(仮称)間で施工中の常磐自動車道 原町トンネルは、延長約 788m の 2 車線のトンネルである。トンネル掘削の土質は、未固結な細粒砂質土であり、細粒分を多く含み透水性が低い反面、均一な粒径の細砂を主体としているため、水分を含み飽和すると泥濘化しやすい特徴がある。更に全線にわたりトンネル上方には地下水位があり、トンネル掘削時には切羽崩落等が発生しやすいため、水位を下げる必要もある。

本報文は、本施工に適用した補助工法及び地下水位低下工法の対策を報告するものである。

2. 地質概要

この地域の地質特徴は、双葉断層を境に西側に岩質地層軸とした花崗岩類の岩質(硬岩)、東側に下層から新第三紀鮮新世・仙台層群に属する向山層泥岩、大年寺層砂岩及び段丘堆積物で構成されている。

常磐自動車道の本線箇所は、双葉断層東側の大年寺層を通過する計画であり、トンネルは、標高約 120m の台地を礫及び砂層である段丘堆積層の下にある大年寺層砂岩を通過する。(図-1)

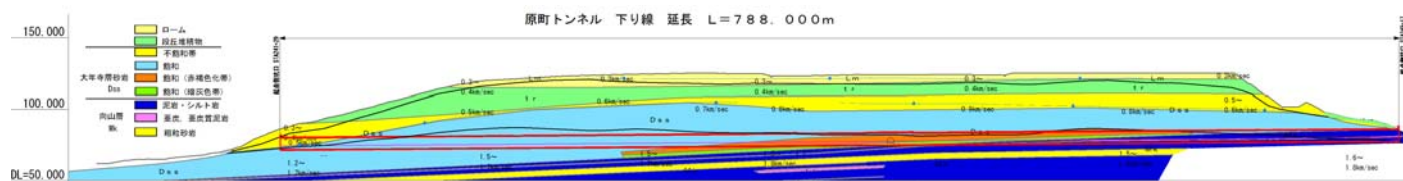


図-1 トンネル地質縦断面図

3. 地下水位低下工法

本トンネルでは、土かぶりが山岳トンネル等に対して比較的に浅い平均約 40m であるため、切羽安定を目的とした地下水位低下工法として、地上からの真空揚水『スーパーウェルポイント工法^{*1}』(φ400mm, @50m 千鳥配置)を採用した。これはトンネル掘削が到達する前に地下水位を低下させ、トンネル掘削に影響なく施工できる計画であった。しかし、地山性状等の問題による揚水効率の低下から、増設も含めた条件検討を行った結果、坑内からの真空揚水『坑内長尺ウェルポイント工法』(φ76mm, L=30～40m, n=6～10 本, シフト 9～18m)を追加して、スーパーウェルポイント工法との併用揚水で実施した。(図-2)

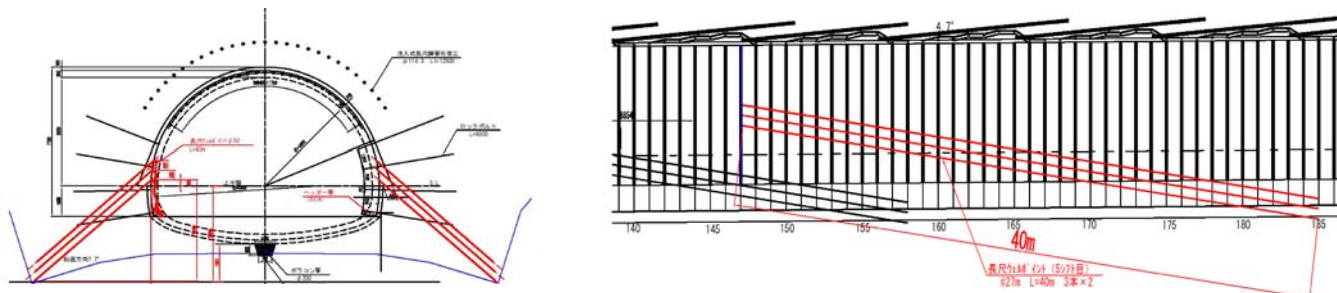


図-2 坑内長尺ウェルポイント施工図

キーワード) 地下水位低下工法, 細粒砂質土, AGF, スーパーウェルポイント, ウェルポイント

(連絡先) 福島県相馬市中村字塚ノ町 65-16, TEL0244-35-1530, FAX0244-35-1528

4. 掘削工法

当地山区分はD地山であり、土質調査の結果から定数を採用し、上半先進掘削工法・全断面掘削工法の2ケースの2次元FEM解析を実施した。解析の結果、前者は塑性領域が広く発生し支保工に発生する応力及び変形量が大きく許容値を超えるのに対し、後者は支保工に発生する応力が許容値以内になることが判明したため、吹付インバート(t=20cm)による『早期併合を前提とした全断面掘削工法』を採用した。(図-3)

しかし、現場では上半鏡面の自立性が悪く核残し施工となり、全断面掘削施工が困難なため、『上半9m、下半9m掘削後の吹付インバート早期閉合による上半先進ミニベンチ掘削工法(ベンチ長約9m)』で実施した。掘削に伴う地山変形が懸念されたが、最大沈下量約120mmに抑えることができた。また各計測結果を反映して2次元FEM逆解析を実施した結果、上半先進ミニベンチ掘削工法での支保工の妥当性も検証できた。

5. 支保工部材

上記同様に全断面掘削工法時の2次元FEM解析により、通常支保工部材(SS400:H-200)と高規格支保部材(SS540:HH-154)を比較した結果、高規格支保工のみ許容値375KN/mm²に対し292KN/mm²と許容値を満足したため、『高規格支保工』の採用を決定した。(図-4)

6. 天端崩落及び切羽安定対策

天端崩落対策は、当初、長尺鋼管先受工(AGF鋼管 径φ=114.3mm, L=12.5m, 打設ピッチ45cm, 打設範囲θ=120°, シフト9m)でAGF鋼管角度θ=10°で施工した結果、天端及び切羽状況は、鋼管と鋼アーチ支保工間の間隔が広がるに従って掘削に伴う緩みにより、鋼管下端が確認できるまでの天端抜け落ち及び核崩壊が頻繁に生じて、切羽前方最大約3.0m、崩壊高さ約0.9mの天端崩落及び切羽崩壊が発生した。(写真-1)

そのため天端等の抜け落ちを抑える必要があることから、AGF鋼管角度を4.7°の拡幅支保工に変更した。(図-5)

また切羽安定対策としては、約3m前後の核残しを前提に、当初見込んでいた鏡吹付けコンクリート(高強度コンクリートσ₂₈=36KN/mm²)に、鏡ボルト(φ76mm、L=12.5m)を切羽状況等に応じて16本前後追加し、先行変位の抑制、切羽安定性の向上を図った。

7. まとめ

本地山は、未固結な細粒砂質土で地下水位が高く、泥麗化しやすい特徴の中、砂地山における掘削実績が少ない状況

で新技術等を採用しながら、現在約624mの施工に至っている。今後完成に向け、品質・安全を確保しつつ、鋭意進めているところであると同時に、本報文が同様なトンネル工事の建設に対し一助になれば幸いである。

※1:参考文献 佐々木、宮越、渡辺、常磐自動車道原町トンネル(細粒分質砂)設計検討.土木技術.No64(2009.4)

<上半先進掘削工法>

ステップ2	ステップ3	ステップ4	ステップ5	ステップ6	ステップ7
上半掘削	上半支保工建て込み	下半掘削	下半支保工建て込み	インバート掘削	吹付インバート施工

<全断面掘削工法>

		ステップ2	ステップ3	ステップ4	ステップ5
		上・下半掘削	上・下半支保工建て込み	インバート掘削	吹付インバート施工

図-3 ステップ毎の塑性領域の解析結果

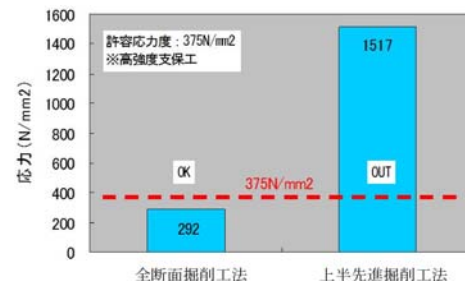


図-4 掘削工法別応力比較



写真-1 無拡幅支保工部における天端崩落・切羽崩壊

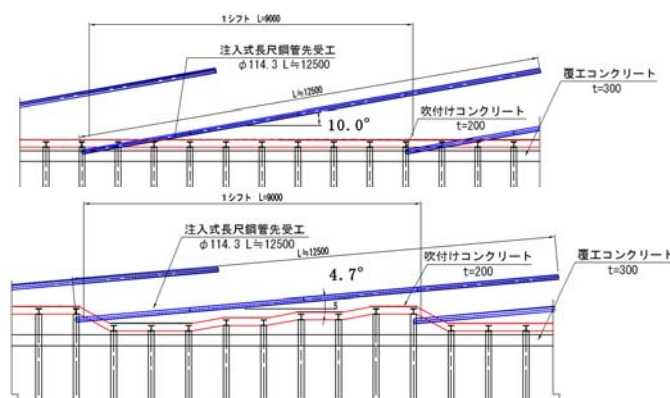


図-5 AGF鋼管角度変更に伴う支保工図