

3. 地形・地質概要

本トンネルは北見市街の南東を流下する常呂川の右岸に広がる最高標高約200mの平均傾斜15~25°(常呂川沿いでは最大40°)の丘陵地に位置する。本トンネル起点側坑口は道路中心線と約55°で斜交する寺の沢川の右岸沿いの斜面で、横断方向で約25~30°、縦断方向で約20°の傾斜をなす偏土圧の発生する地形をなし、終点側は傾斜約10°の粘性土を含む崖錐堆積物からなる緩斜面となっている。

本トンネル施工域には、基盤岩として栄森層礫岩砂岩互層の凝灰質礫岩層(Ssc)と礫岩泥岩互層(Ssc-m)が分布する。被覆層は起点側では崖錐堆積物(dt)がほとんど分布しないが、終点側は粘性土を含む崖錐堆積物が厚さ約5mで覆う。栄森層は下位のジュラ紀~白亜紀の仁頃層群に由来する緑色岩、チャートなどの礫と凝灰質な基質からなり、1~5mの砂岩泥岩層を挟在する。

起点側の地質分布は起点側から SP5212(FH)・SP5250(天端付近)付近まではN値15程度の強風化部(Ssc(sw))が分布し、SP5221(FH)・SP5250(天端付近)付近までは中風化部(Ssc(w)、Ssc-m(w))が分布する。それよりも終点側は弱~未風化部(Ssc、Ssc-m)が分布する。また、地形が緩く、SP5320付近に沢地形があり、SP5330付近までは天端から3m上方に中風化部が分布する。礫岩層の脆弱部および礫状部はほとんど分布しない。

ただし、トンネル掘削作業開始時には、終点側坑口はICの取り付けの関係で大規模な切土が行われているため、FH、天端ともに未風化部が分布することとなる。

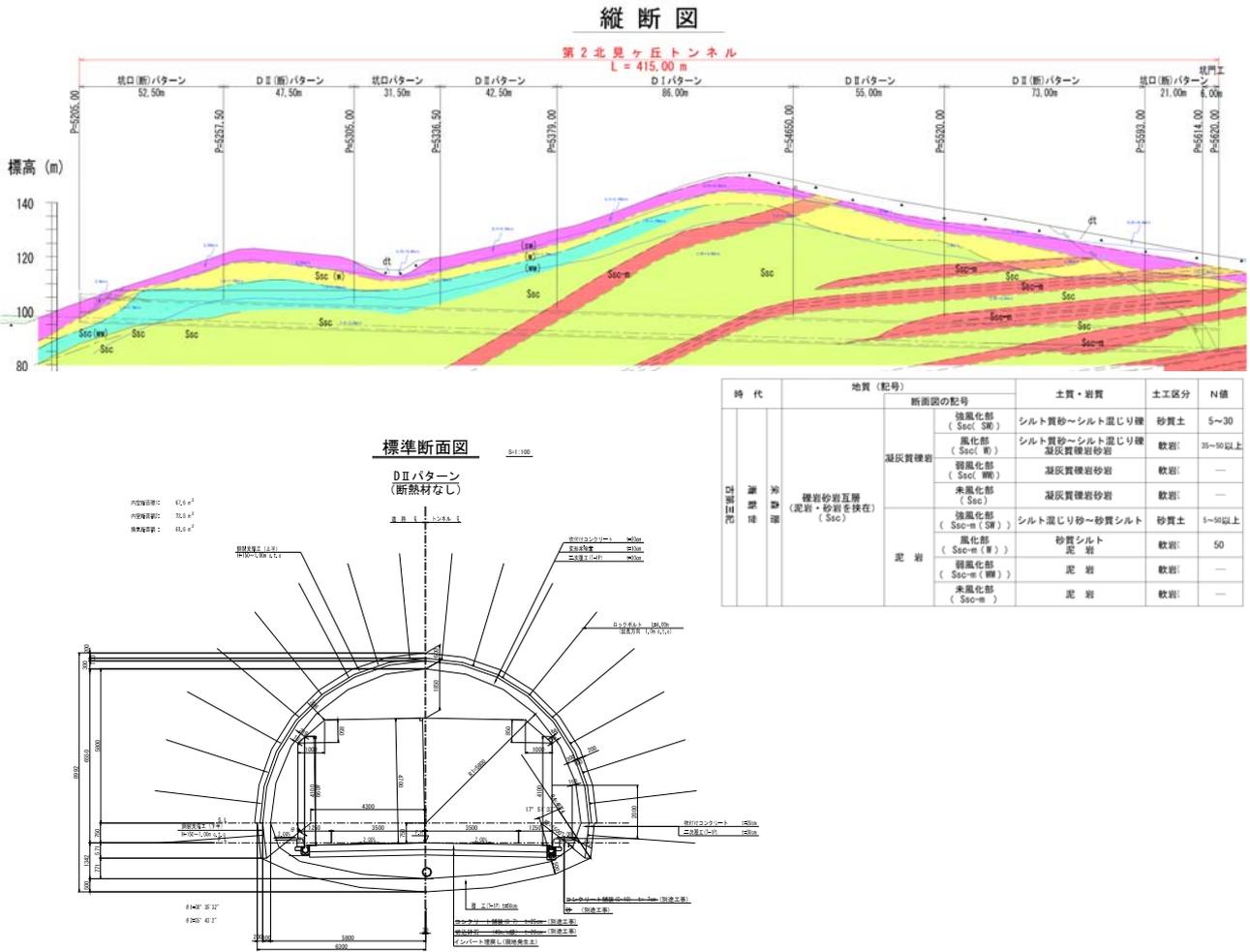


図-2 地質縦断図及び標準断面図

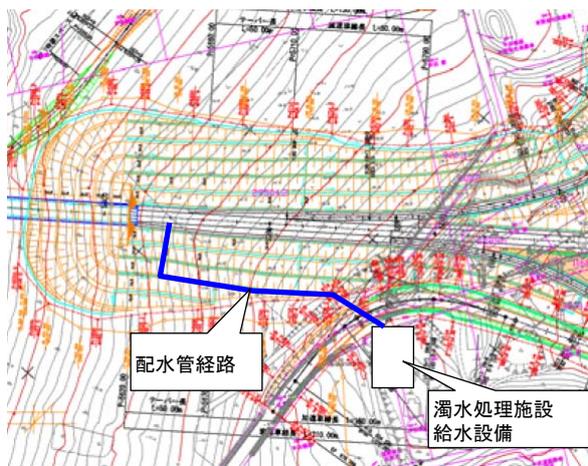
4. 施工概要

4-1. 地形に関する事項

1) 終点坑口部における大規模な切土地形

本トンネルの掘削開始位置（終点側）は IC の取り付けの関係で、図一3および写真一1に示すように標高差 40m を超える大規模な切土に囲まれる地形となっている。さらに、縦断線形が終点坑口を中心とした凹状であるため、周辺の湧水および降雨による表面水の大半が坑口部に流入することが当初より懸念された。

湧水および降雨による流入水の処理に関しては、各切土小段排水に自動センサー付ポンプを設置して坑口への流入を抑制するとともに、坑口部には高揚程ポンプを設置しフロートによる稼働制御時には配管内の残水が逆流することを防止するため、逆止弁の設置により対応している。



図一3 終点側坑口平面図



写真一1 終点側坑口全景

また、給水設備においては高低差が著しいために、タービンポンプの送水速度よりも自然流下速度が勝る状態が断続的に発生し給水圧力が不安定となることが懸念された。このことから坑口部にレシーバタンクを設置し送水又は流下した水圧を一時タンクで受けた後、安定した圧力で送水する対策を講じている。

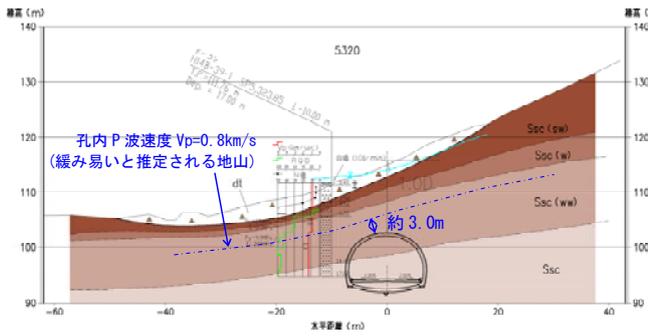
2) SP5320 付近の沢地形

SP5320 付近には沢地形があり、土被りが 1.0D 以下となる低土被りの地形となっている。既往調査結果によると、当該区間の天端付近には、亀裂間隔が 30cm 程度の比較的良好な弱風化凝灰質礫岩 (Ssc (ww)) が分布する。しかし、トンネル断面より約 3.0m 上方には、孔内弾性波速度が $V_p=0.8\text{km/s}$ と低い値を示す緩みの生じ易い地山が分布するものと推定された。

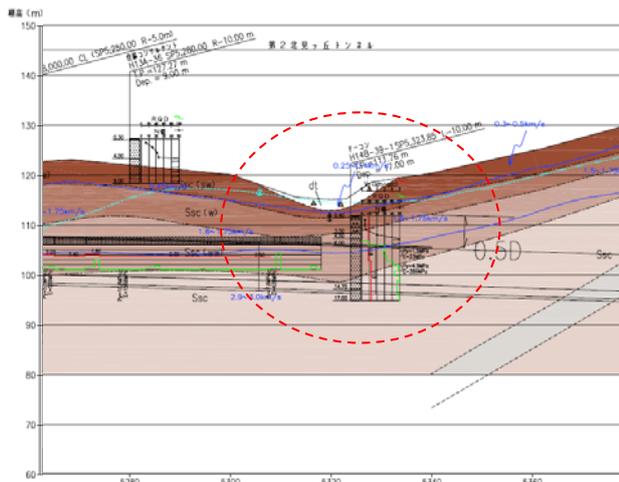
このため当初設計においても当該区間については坑口パターンで計画されている。坑口パターンは、トンネル断面に作用する土圧に対して、より剛な支保構造で耐荷力を確保する設計となっているが、トンネル掘削に伴う切羽前方地山の緩み発生や、切羽面の不安定化には十分な注意が必要となった。また、地形がトンネル R 側から L 側に 25° 程度傾斜する状態であるため偏圧に対しても留意が必要となった。

当該区間の掘削時には、当初懸念されたよりも湧水量が少なく亀裂からしみ出す程度に確認される状態であったが、基質が凝灰質であるために凝灰質礫岩弱風化部 (Ssc (ww)) では湧水により表面が著しく軟化し垂れ落ちる状態が見られた。また、天端中央部から切羽 R 側上方 45° の範囲にかけては、茶褐色を呈する凝灰質礫岩風化部 (Ssc (w)) が 50 cm から 1.0m 程度の厚さで狭在されており、掘削直後から岩片が亀裂沿いに抜け落ちる状態であった。

計測結果では内空変位、天端沈下ともに 20 mm 程度、また地表面沈下の計測結果についても微少な状態であったことや、支保工に変状が確認されていないため、当面の対策工としては鏡吹付による切羽の安定対策を講じながら掘進することとした。



図一 4 低土被り区間 (SP5320) の地質横断面図



図一 5 低土被り区間 (SP5320) の地質縦断面図



写真一 2 切羽状況 (SP5320)

※図一 4 の横断面と方向を整合させるため
写真はLRを反転している。

4-2. 粉塵抑制に関する事項

粉塵はトンネルの掘削時のほか、コンクリート吹付け時や、ずりを坑内でダンプに積込む際にも発生する。従来の換気方法・集塵方法だけでは、粉塵の一部が作業エリア後方に流れて坑内を汚染してしまうため、根本的な対策とは言い難かった。そこで、本トンネルでは以下の事項を実施することで粉塵発生および拡散の低減対策とした。

(1) 多孔式分岐風管+伸縮風管+3Dミストファンの採用

坑外からの換気用風管に設置した多孔式分岐風管で坑外からの清浄な空気を切羽方向と側面方向に分けて吹き出すことにより、エアカーテンゾーンを形成する。切羽で発生する高濃度の粉塵は、このエアカーテンゾーン内に封じ込められ、坑口方向への粉じんの拡散が抑えられる。また、集塵機吐口側に伸縮風管を設置することで集塵機を可能な限り粉塵発生源に近づけ、伸縮風管吐口をエアカーテンゾーンの外側に出すことで効率的に除塵空気を後方に排出する計画とした。

また機械掘削時やずり出し時に発生する粉塵は、基質が凝灰質な地質であることから比較的粒子が大きいものが多く含まれていると推定した。このため、それらの粉塵に対して、ミスト噴霧による拡散抑制効果を期待して3Dミストファン(写真-4)を設置した。3Dミストファンは、モーターにより縦旋回し(旋回範囲200度)、仰角範囲を(25~150度)調整可能である送風ファンの吐出し口に微細噴霧ノズルを取り付けた簡易的な構造の装置である。ミスト範囲は最大半径20m程度でありトンネル断面内を噴霧するには十分な装置であった。



写真一 3 風管および集塵機設置



写真—4 3Dミストファン噴霧状況

噴霧量 (L/min)	3~11.2	
縦回転 (度/s)	200/20(自動)	
横回転 (度)	180(手動)	
仰角範囲 (度)	25~150(手動)	
ファン部	風量 (m ³ /min)	320
	出力 (kW)	1.5
	電圧 (V)	三相 200
ポンプ部 (INV付)	吐出力 (L/min)	1~30(可変)
	圧力 (MPa/kgf/cm ²)	4.9[50]
	出力 (kW)	1.5
	電圧 (V)	三相 200
必要発電容量 (kVA)	10~13	
推奨水タンク (m ³)	0.5	
寸法	全長L (mm)	1,450
	全幅W (mm)	1,200
	全高H (mm)	1,570
質量 (kg)	380	

表—1 3Dミストファン諸元

(2)遠心力吹付システム+スラリー急結剤の採用

本トンネルでは、換気・集塵方法の改善に加えて粉塵抑制対策として、遠心力吹付工法を採用している。

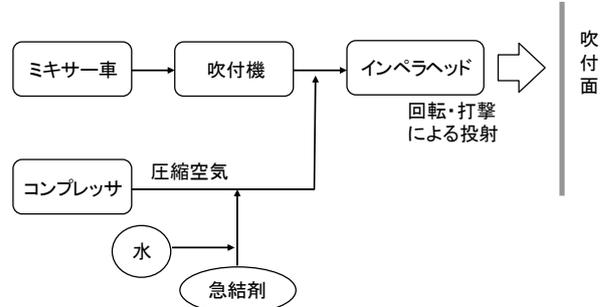
今回採用した遠心力吹付システムは、インペラヘッド中において2,000~3,000r.p.mで回転している「インペラプレート」の回転・打撃力によりコンクリートを投射する方法である。圧縮空気を使用しないで吹付けるため、発生する粉塵が極めて少なくなることが特徴である。

また、それに加えてスラリーショットシステムを併用することで吹付作業時の粉塵測定結果は大きく改善された。(測定値は切羽後方 5m 地点での最大値で1.2(mg/m³)、最小値で0.9(mg/m³)であった)

施工前に行ったリバウンド試験においてはリバウンド率10%程度という結果を示し、付着性の向上が明確にあらわれていることが確認された。

インペラヘッドの使用に際しては、インペラヘッド内部部材が高速回転することから摩耗等による消耗が当面の課題であると考えるが、現在、その改良が急速に進められているため、その効果に期待したい。

図-6に今回採用した吹付システムの概要図を示す。



図—6 吹付システム概要図



写真—5 インペラヘッド外観

5. おわりに

当トンネルはH22.9月に貫通し、現在、2次覆工の施工を行っております。トンネル掘削作業中は湧水の発生がほとんどみられなかったこと、A計測のデータや、調査ボーリング結果を適時施工にフィードバックしながら適切な掘削方法の選定を行うことが出来たことで大規模な崩落や変形を抑制することができ、無事故で掘削完了を迎えることができました。

工事を通してご指導、ご協力を賜りました事業者である網走開発建設部様および関係者の皆様にご場をお借りしまして御礼申し上げます。

工事も残りわずかとなってきており、最後まで細心の注意を払い、無事故・無災害で完成を迎えたいと考えております。