

脆弱泥岩地山における対策工と支保パターンの選定について

(株) 竹中土木 中部横断城山トンネル(その2) 工事作業所 正会員 ○浦橋 伴仁

国土交通省 関東地方整備局 甲府河川国道事務所 星 野 実

(株) 竹中土木 技術・生産本部 正会員 市川 晃央

(株) 竹中土木 中部横断城山トンネル(その2) 工事作業所 小林 二三雄 大藤 茂也

1. はじめに

中部横断自動車道は、静岡県を起点に、山梨県を經由して長野県に至る延長約 132km の高速自動車国道である。城山トンネルは、山梨県区間における国土交通省直轄区間である六郷 IC～富沢 IC 間の北側に位置し、延長 2,087m の 2 車線道路トンネルである。トンネル掘削は、起点(静岡側)より約 335m、終点(甲府側)より約 350m を両側より同時に行い、16 ヶ月を要して貫通した。起点側からの掘削においては、脆弱泥岩地山を補助工法およびインバートストラットによる早期閉合による対策を行った。なお、終点側からの掘削では、二重支保工の施工を行っている。本報文は、起点側からの掘削時において生じた事象とその対策工について報告する。

2. 坑口付近における対策工概要

起点側坑口部は、緩斜面で、小土被りが約 70m の延長となる(図-1)。既存の地質調査結果および工事着手時の詳細な地質踏査等の追加調査より、当該地山は非常に脆弱であり、施工時の斜面の不安定化や切羽の不安定化等が懸念された。調査の結果、坑口部では極めて脆弱な一之瀬累層泥岩が分布しており、20~30° の緩傾斜斜面地形で竹林が繁茂し、表層崩壊地が発達している状態(写真-1、2)でスレーキング性地山であることを把握した。これらを考慮し、

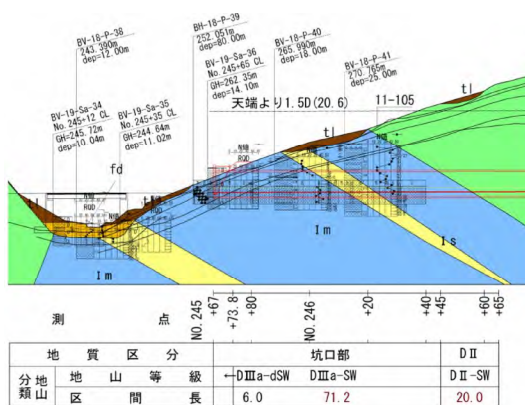


図-1 坑口付近の地質縦断面図



写真-1 湧水跡



写真-2 崩壊跡

周辺環境保全や施工の安全確保等の観点から、設計時の対策工(注入式 FP)の見直しを行い、トンネル周辺地山の緩み抑制や切羽安定化の効果を見込める長尺先受工、長尺鏡ボルトによる対策を講じることとし、施工を行った。

3. 小土被り区間の対策工

掘削開始後の切羽状況は、ブレイカーのノミで触れるだけで掘削可能なほど風化が進んでおりまた、風化により粘土化が進み岩片は指先で潰すことができる状態であった。切羽進行に伴う A 計測結果を図-2 に示す。この結果より、内空変位は小さいものの、天端・脚部沈下の初期変位が大きな値を示しており、典型的な共下がり現象を生じていた。これは地山強度が小さく、脚部の支持力が不足していることを示唆しているため、脚部の安定確保を行いトンネルの変位抑制を行うこととした。現状を把握すべく地山の支持力(平板載荷試験による極限支持力)の確認を行ったところ、支持力が不足していることが判明し、

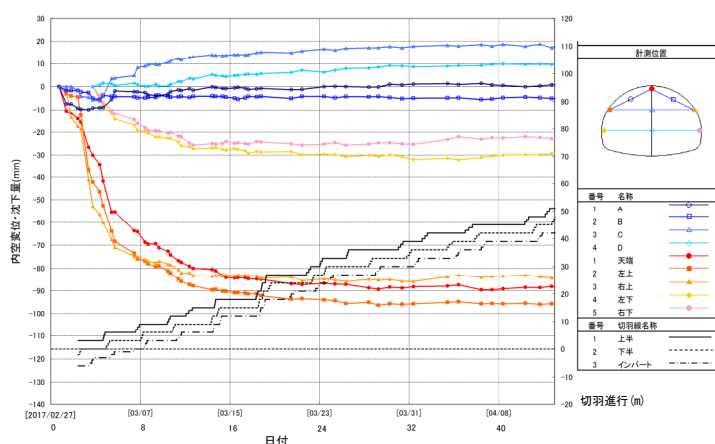


図-2 A 計測結果(TD-35m 付近)

キーワード 泥岩、大変形、支保工変状、補助工法、早期閉合

連絡先 〒136-8570 東京都江東区新砂 1-1-1 (株)竹中土木 東京本店 TEL : 03-6810-6200

沈下対策を講じることとした。対策工は、インバートストラットを用いた全断面早期閉合（閉合距離 8m）を選定し、トンネルの安定を図った。

5. 支保工の変状について

早期閉合により掘削を行っていく中で、TD-150～200m 区間においてロックボルトのプレート変形やボルト破断、吹付けコンクリートのクラックや剥落（写真－3）が発生した。これらの変状は、切羽直近から後方において生じており、地山が脆弱な泥岩であることを考慮すると、掘削による周辺地山の緩みや塑性土圧による荷重が支保工に作用することにより発生したものであると推察する。先進ボーリングの結果、未掘削区間（約210m）の当初地山は、凝灰岩が想定されていたが、脆弱な泥岩地山であることが判明した。したがって、上記変状が発生した時点の地山と未掘削区間の地山は性状が同様であり改善傾向にないことが想定された。そこで、吹付けコンクリートの剥落やロックボルトの破断の変状程度は「大」※であり対策工の実施は急務であった。（※：道路トンネル観察・計測指針 pp.237（日本道路協会、平成21年2月）

6. 変状に対する対策

5章に記載の変状の発生時期は、インバートストラットによる断面閉合後であった。A計測（沈下・内空変位）は収束傾向にある状況で吹付けコンクリートに変状が発生しているため、土圧により大きな荷重が支保工に作用し、支保工の軸剛性・曲げ剛性が不足している状況と判断した。したがって、起点側よりも土被りが大きい終点側における既施工区間の実績に基づき、最適な支保パターンを抽出・選定し対策工を行うこととした。表－1

表－1 支保パターン比較表

		当初(変状箇所)	対策工
支保パターン	上・下半	H-150、吹付厚200mm	H-200、吹付厚250mm
	インバートストラット	H-150、吹付厚200mm	H-200、吹付厚250mm
吹付けコンクリート設計基準強度 (N/mm ²)		18	36
変形余裕量		上下半 100mm	上下半 100mm
インバート構造半径比Ri/Ru		1 : 3.0	1 : 3.0
ロックボルト		L=4.0m 10本	L=6.0m 10本

に変状箇所と改善後の支保パターンを示す。施工時にはロックボルトのプレートに若干の変形は見られたが、プレートの抜け落ちや吹付けコンクリートの開口ひび割れ等の変状は見られなかった。

7. 考 察

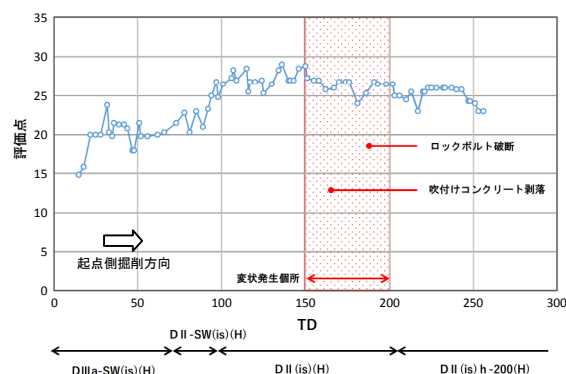
トンネル掘削における切羽評価点の推移（図－3）および土被りと内空変位の初期変位速度（切羽 3m 進行時点：断面閉合前）の関係（図－4）を示す。切羽評価点は 20～2.9 程度のほぼ同等な脆弱地山で、内空変位の初期変位速度は土被りが大きくなるにつれて比例関係で増加している。したがって、土被りに依存して支保工への作用荷重が増加したことが変状の発生原因であると推定される。

今回報告した起点側の掘削では、掘削初期の坑口区間では沈下に対する対応、土被りが大きくなってくると内空変位と沈下に対する対応を行った。この掘削実績より、脆弱な泥岩地山では、補助工法の適用は勿論、断面の閉合と支保剛性の増大が有効な対策であると考えられ、本工事における対策工の選定は適切であったと考える。（本工事他区間ではインバート形状を円形に近づける対応も行っている。）

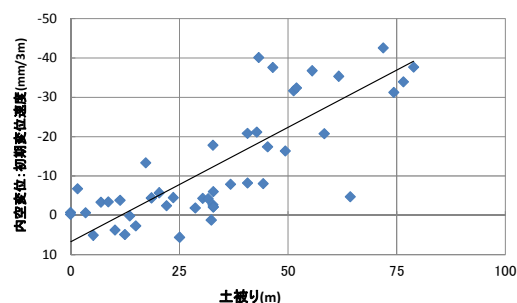
なお、貫通点においては、応力開放が通常時よりもさらに増大することが予測でき、更なる支保工のランクアップ（鋼製支保工 H-200 → H-250）を行い、無事貫通することができた。



写真－3 支保工の変状状況



図－3 切羽評価点の推移



図－4 土被りと内空変位の関係