

DRISS を用いた全線探査とその効果

Whole line exploration using DRISS and the effect

目崎 浩二* 宮田 和実*
 Koji Mesaki Kazumi Miyata
 河内 正道* 棚瀬 勝広*
 Masamichi Kouchi Katsuhiko Tanase

要 約

本工事のトンネル設計では、掘削箇所の地質を直接確認することが困難なため、地表面からの鉛直ボーリング、坑口部からの水平ボーリングおよび弾性波探査等から地山性状を想定し、近傍で施工された3トンネルの施工実績を参考に設計支保パターンを選定しているが、正確に地山を評価することは難しい。また、トンネルの地質は低速度帯や破碎帯の存在、低土被り部における風化の進行、地層境界部付近での脆弱化や亀裂が発達した岩盤からの湧水の発生が想定される。さらに、大断面トンネルの掘削となることから、掘削断面内での地質変化も想定される。このため、想定外の地質性状の変化により、トンネル掘削時に地山の緩み領域の拡大による天端の抜け落ちや切羽崩壊が懸念されており、既往調査結果に加えて、穿孔探査システム「DRISS*」(NETIS:CB-020021-V)による切羽前方地山の調査を全線で実施し、切羽前方の地質性状を連続的かつ正確に把握し、支保パターンの選定および補助工法の必要性を判断した。

目 次

- §1. はじめに
- §2. 目的
- §3. 課題と工夫
- §4. 効果と改善点
- §5. まとめ

平成 25 年 3 月 23 日～平成 28 年 3 月 31 日

②工事 小鍬第1トンネル

平成 25 年 3 月 23 日～平成 28 年 1 月 14 日

トンネル諸元

鵜住居第2トンネル (L = 1,445 m)

掘削方式 (発破掘削 両坑口部機械掘削)

小鍬第1トンネル (L = 309 m)

掘削方式 (機械掘削一部発破併用)

§1. はじめに

1-1 工事の位置づけ

国道45号小鍬地区トンネル工事は、三陸沿岸道路(釜石山田道路 L = 23.0 km)新設工事のうち、釜石北ICから大槌IC間において鵜住居第2トンネル(L = 1,445 m)と小鍬第1トンネル(L = 309 m)の2本のトンネル新設工事である。三陸沿岸道路は、宮城、岩手、青森の各県の太平洋沿岸を結ぶ全長359 kmの自動車専用道路であり、東日本大震災からの早期復興に向けたリーディングプロジェクトとなる復興道路である。

1-2 工事概要

工事名：国道45号小鍬地区トンネル工事

発注者：国土交通省 東北地方整備局 南三陸国道事務所

工 期：①工事 鵜住居第2トンネル

図-1に両トンネルの縦断面図を示す。鵜住居第2トンネルの主要岩種は、チャート及び頁岩主体の層を成しているが、地層の分布状況や弾性波探査から小規模な3本の断層の存在が予測される。また、小鍬第1トンネルの主要岩種は、起点側坑口周辺で頁岩、トンネル部及び終点側坑口で凝灰岩(緑色岩)であり、起点側坑口、低土被り部は風化の影響で軟質化していると予想されている。

§2. 目的

トンネル工事では掘削箇所の地質を直接確認し設計することは困難なため、本工事では地表面からの鉛直ボーリング、坑口部からの水平ボーリングおよび弾性波探査等から地山性状を推定するとともに、近傍で施工されたトンネルの施工実績を参考に設計支保パターンを選定し

* 北日本(支)小鍬トンネル(出)

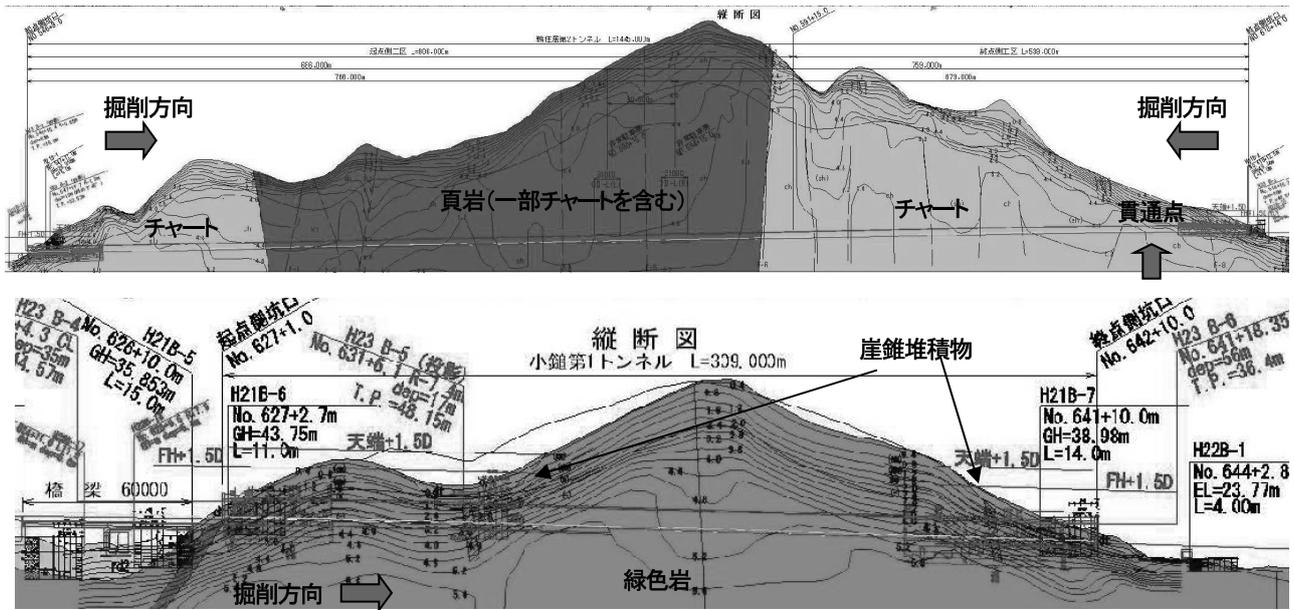


図-1 地質縦断図 (上段：鶴住居第2トンネル 下段：小錠第1トンネル)

ているが、地山性状を正確に評価することは難しい。また、本工事のトンネルの地質は低速度帯や破碎帯の存在、低土被り部における風化の進行、地層境界部付近での脆弱化や亀裂が発達した岩盤からの湧水の発生が想定され、トンネル掘削時に地山の緩み領域の拡大による天端の抜け落ちや切羽崩落が懸念されていた。

そこで、トンネル前方断面内の地山性状を連続的かつ三次元的に把握することが可能である穿孔探査システム (DRISS) を採用し、支保パターンの選定および補助工法の必要性を判断することとした。また、本工事では技術提案によりトンネル全線で DRISS を活用することから、切羽作業をより安全に施工できるよう判断基準を明確化し、より分かりやすい資料とするため改良を行った。

§3. 課題と工夫

3-1 DRISS の評価方法の検討

DRISS とは、ドリルジャンボによる穿孔時に得られるデータ (フィード圧、打撃圧、回転圧等) と穿孔時の目視観察データ (湧水量・色、くり粉の性状等) により、定量的に地山性状を判定する技術である。しかし、一般的な判断資料としての評価は可能であるが、当現場における地山条件に則した評価が出来るかという点に疑問を感じていた。

そこで当現場では、当初穿孔エネルギーを区間平均値より算出していたが、軟弱層による孔荒れや不均一な地層による孔曲がり等の影響による穿孔抵抗値の上昇や穿孔エネルギー値の極端なバラツキによる地山の過大評価を除去するために 20 点間の穿孔エネルギー区間最小値により評価するように変更した。(図-2 参照)

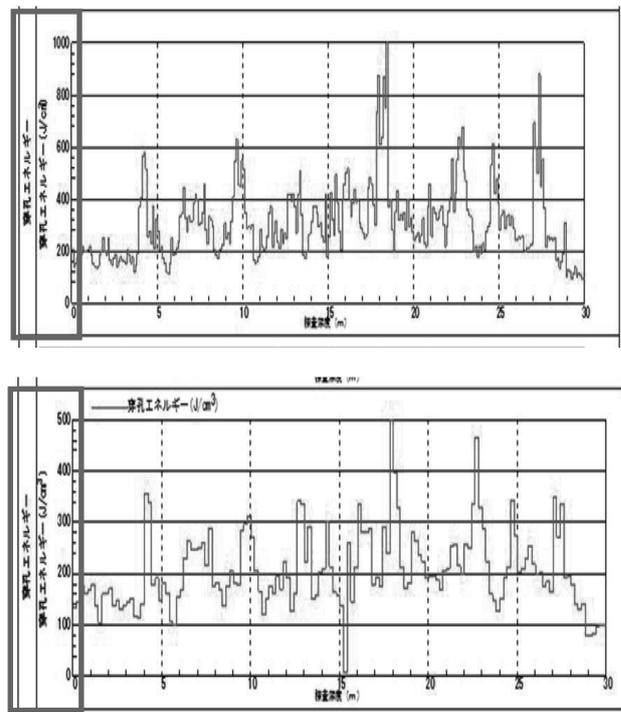


図-2 探査結果 (上段：補正前 下段：補正後)

3-2 穿孔エネルギー表示方法の検討・工夫

当現場は、技術提案により DRISS を全区間ラップしながら上半部の計 5 か所 (図-3 参照) で切羽前方の地山性状を連続的に把握し、さらに同一断面内での地山性状の変化を三次元的に把握することにより支保パターンの選定および補助工法の必要性を総合的に判断することとしている。地山評価において、切羽観察による評価点と DRISS の穿孔エネルギーを関連付けるために、切羽観察記録と同様に重み付け評価点とし、上部 3 本の穿

孔エネルギーで地山特性を評価した。1断面内の評価方法は切羽評価点と同様に天端センター部の値を2倍とし、左右肩部の計4点の加重平均の穿孔エネルギーによって評価することにした。さらに、評価値として算出された穿孔エネルギーをトンネル全線で表示することで、施工位置による比較がしやすいよう改良した(図-4参照)。

3-3 3D全線表示化

DRISS結果の3D表示化により視覚的に評価・判断が可能になると考え、3D図を全線で表示し、かつ地質縦断面図と重ね合わせることでトンネル全体の地山状況を相対的に判断しやすくした(図-5, 6参照)。

なお、今回の地山判定は岩質にとわられることなく一定の評価基準を設けた。

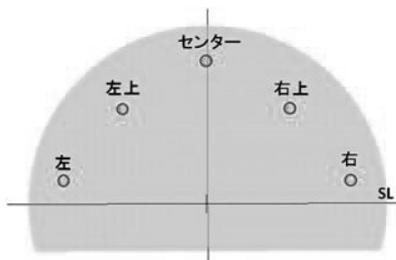


図-3 施工位置図

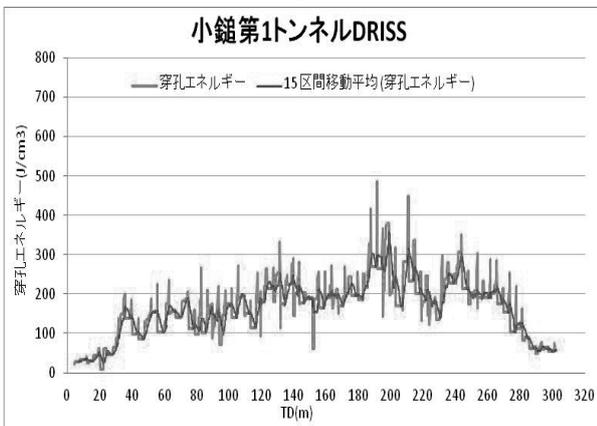
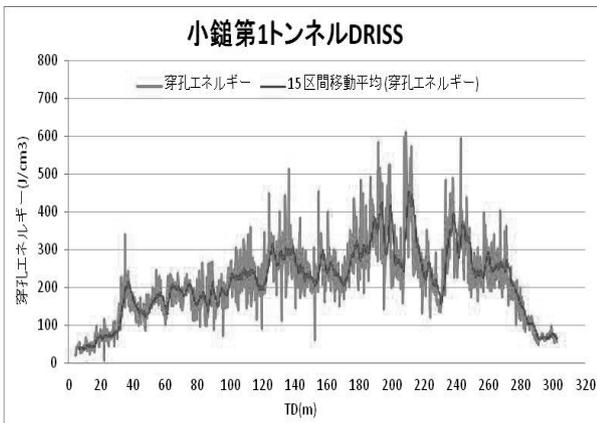


図-4 評価方法の変更および穿孔エネルギー全線表示 (上段:修正前 下段:修正後)

3-4 DRISSによる穿孔エネルギーと設計時弾性波速度と一軸圧縮強度(ポイントロード)の相関性

DRISSデータの信頼性を把握するため、設計時弾性波速度とポイントロードによる一軸圧縮強度との相関性を調べた。DRISSの穿孔エネルギーと現場で行うポイントロードによる一軸圧縮強度にはある程度の相関性が認められた。弾性波速度に関しては、事前調査による地山の概略把握となるためジャストポイントでの判断は難しいと考えられるが、DRISSやポイントロードは掘削前の切羽前方の連続データや掘削直後の切羽出現岩盤の強度確認が出来るため、掘削を進める上で非常に有益な判断資料となった。

小鍬第1トンネルの補助工法は、当初設計では起点側

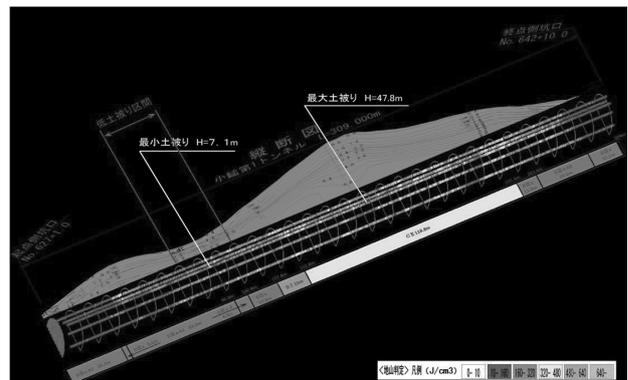


図-5 小鍬第1トンネル 3D全線表示化

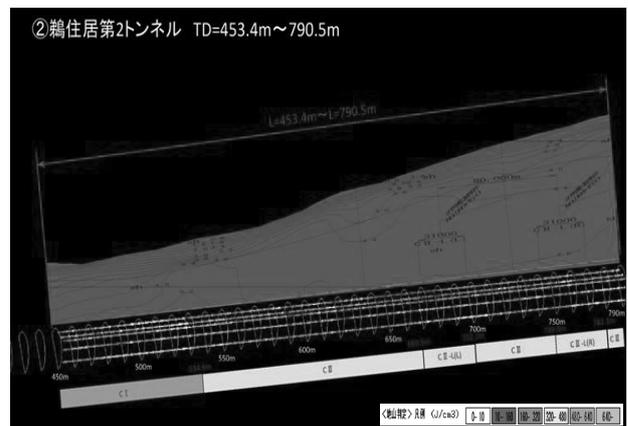
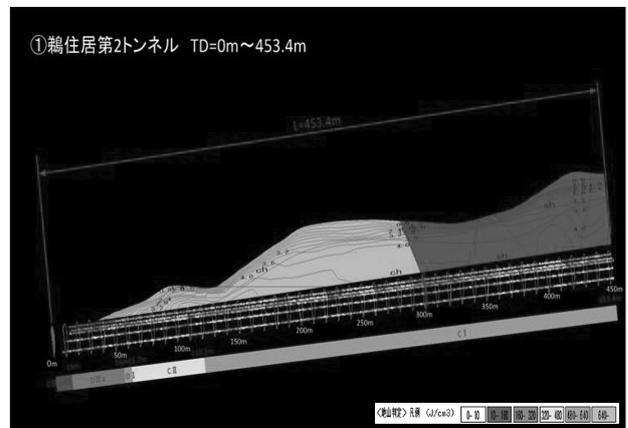


図-6 (1) 鶺住居第2トンネル 3D全線表示化

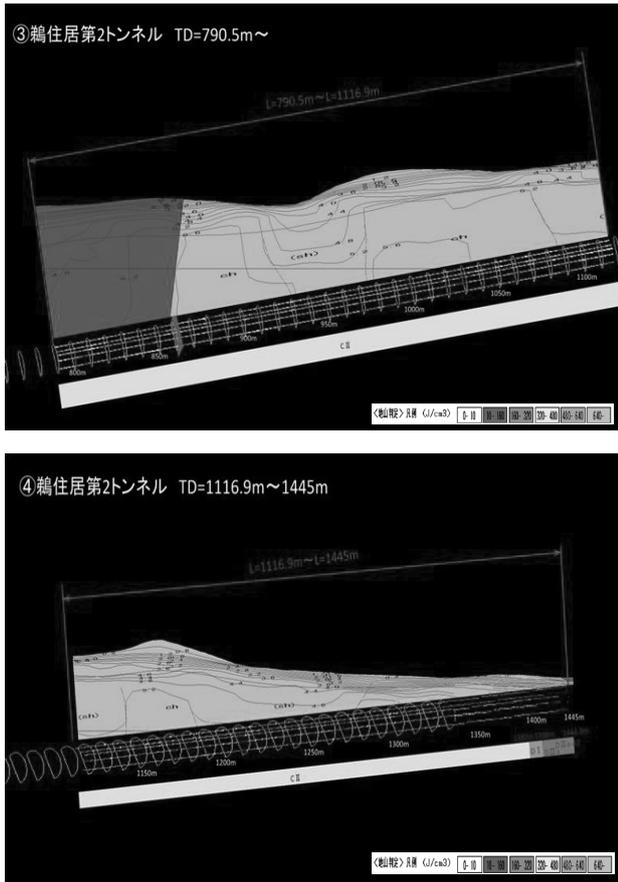


図-6 (2) 鶺住居第2トンネル3D全線表示化

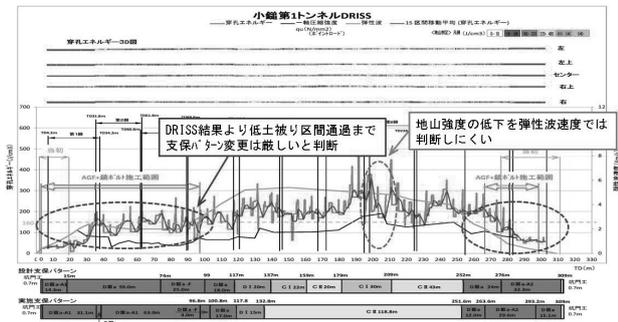


図-7 小鍬第1トンネル相関図

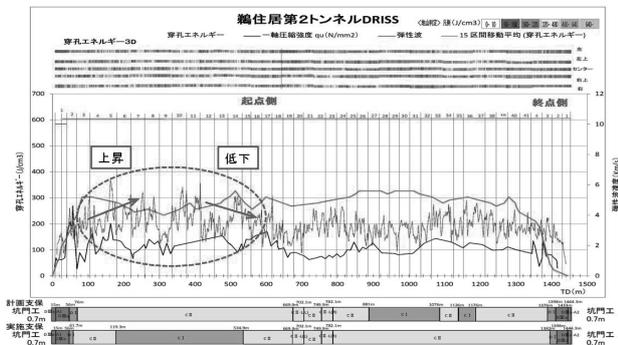


図-8 鶺住居第2トンネル相関図

坑口1シフトと終点側3シフトとなっていたが、DRISSやポイントロードの試験結果より起点側に関しては低土被り区間を通過するまでは非常に脆弱な切羽面になるこ

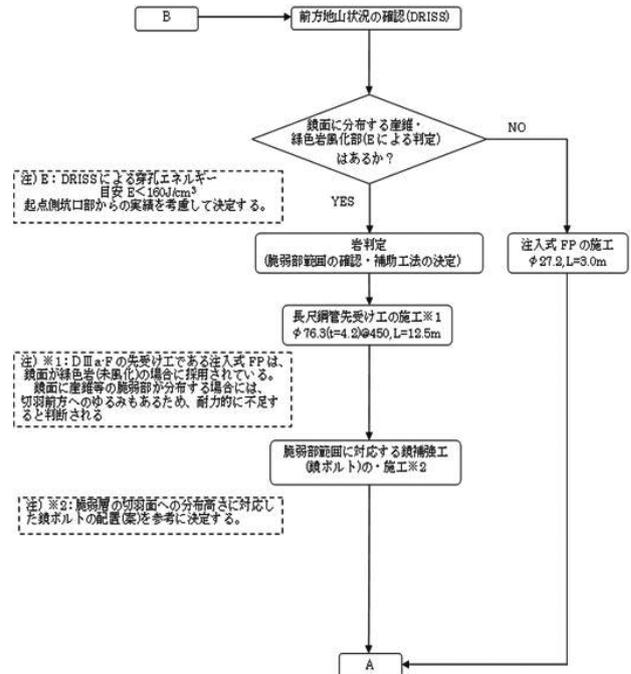


図-9 (1) 低土被り区間補助工法選定フロー

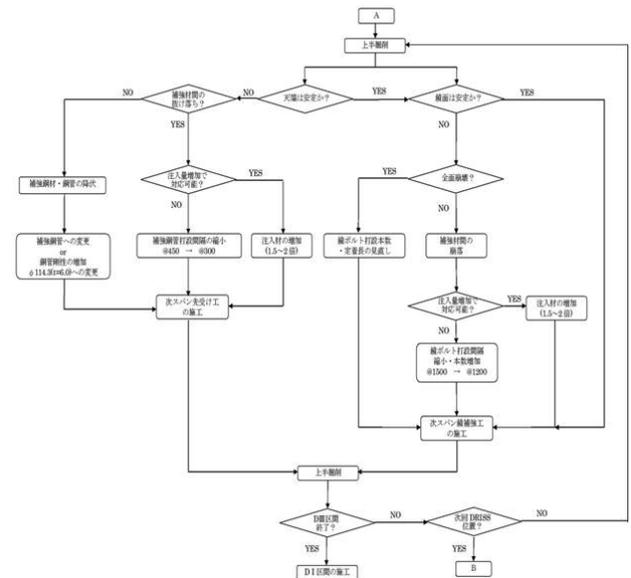


図-9 (2) 低土被り区間補助工法選定フロー

とが予想されたため、10シフト補助工法を実施し、安全に掘削出来た(図-7参照)。

鶺住居第2トンネルでは、弾性波速度では大きな変化は見られないが、DRISSのデータより比較的硬質で安定することが予想されたことより設計支保パターンC II区間においてもC Iパターンへの変更を実施した。また、地山強度の低下予想とともに適切にC IからC IIへパターン変更も実施した(図-8参照)。

3-5 探査結果に基づく先受工法の変更

(1) 低土被り区間の選定フロー

DRISSの探査結果から小鍬第1トンネル低土被り区

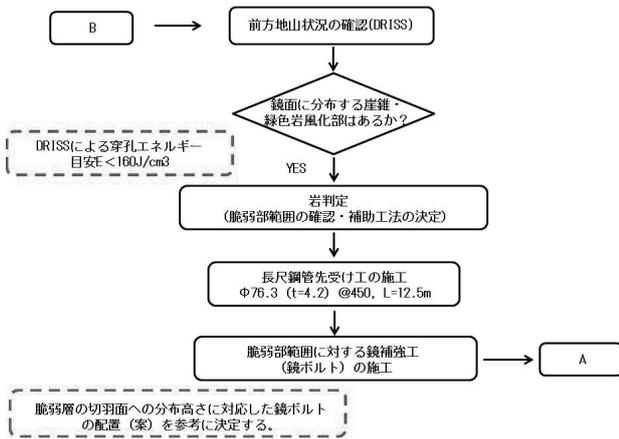


図-10 先受工判定フロー

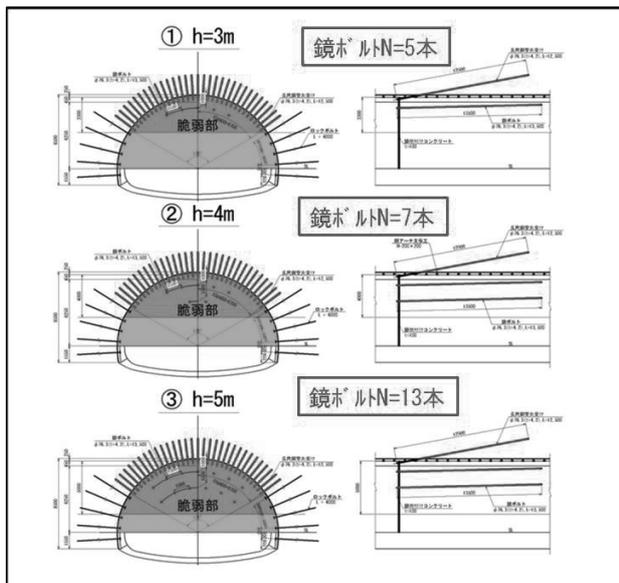


図-11 鏡補強選定フロー

間における補助工法選定フローを作成し、支保パターンの選定に活用した (図-9 参照)。

(2) 補助工法選定フロー

DRISS の穿孔エネルギー値により切羽面の脆弱層の有無を判断し、探査結果と実切羽の相関を岩判定により確認し、補助工法の仕様を決定した (図-10 参照)。仕様決定に際し、脆弱層の範囲により施工する本数を事前に決め、実切羽で範囲確認するだけで迅速に仕様決定する事が出来るよう工夫した (図-11 参照)。

§4. 効果と改善点

【効果】

(1) DRISS の評価方法の変更

全線での実施に当たり前回とのラップ箇所 (前回の 30 m 付近と今回の 5 m 程度の範囲) における穿孔エネルギーの乖離が少なくなり、より適正に地山状況を評価できるようになった。

(2) 穿孔エネルギー表示方法の検討・工夫

評価方法を穿孔抵抗上昇や極度のバラツキにより地山の過大評価を解消するために、区間平均値による評価から 20 点間の穿孔エネルギー区間最小値による評価とし、穿孔エネルギーを全線で表示させることでトンネル施工位置による比較を容易に出来るようになった。また、複数本の評価を切羽観察による評価点算出と関連付けをすることにより、岩質判定時の資料としてより信頼性のある資料とすることが可能となった。

(3) 3D 全線表示化

地山の評価基準を岩質にとわられることなく一定に設定し、全線を 3D 表示するとともに地質縦断面図と重ね合わせることでトンネル全体の地山状況を相対的に判断しやすくなった。

(4) DRISS による穿孔エネルギーと設計時弾性波速度と一軸圧縮強度 (ポイントロード) の相関性

穿孔エネルギーと一軸圧縮強度にはある程度の相関性が認められた。弾性波速度は事前調査による地山の概略での把握であるため、ピンポイントでの判断は難しいと考えられるが、DRISS やポイントロードの結果は掘削前の切羽前方の連続データや掘削直後の切羽岩盤の強度確認のため、掘削を進める上で信頼性のあるデータとして有益な判断資料とすることが出来た。

(5) 探査結果による先受工法の変更

DRISS 解析データより切羽面の脆弱部の分布範囲を予想し、脆弱部の分布高さによる鏡補強の配置案を事前に決定することで、現地の状況に合わせて支保パターンの変更を即座に判断可能となった。

DRISS の解析データをトンネル全線で 3D 化や連続表示することにより、視覚的に即座に地質状況を判断することができ、企業先には切羽観察記録とともに岩質判定時の支保パターン変更の有益な資料とすることが出来た。またトンネル作業員に対しては、視覚的な判断がしやすく全作業員へ周知することにより危険箇所を早期に発見でき、事前に対策を準備することで、より安全な施工を可能とした。

【改善点】

DRISS は穿孔時に得られるデータと目視観察データにより、定量的に地山性状を判定する技術であるが、くり粉による目視観察の判断基準が難しいと感じられたため、コアの採取により目視的に確実な判断が出来るように追加改良できればと感じた。また、今回は地山の評価基準を一定にすることで相対的に判断することが可能であったが、岩質の著しい変化により同様の評価基準を作成することが出来ない場合も懸念される。

§5. まとめ

トンネル全線で DRISS を施工したことにより、切羽前方地山の状況を連続的かつ三次元的に把握でき、脆弱層による補助工法等の対応策を早期に練り易く、より安全に掘削することが可能となった。

また、地山判定基準を岩質にとらわれることなく一定にすることで、トンネル全線の地山状況を相対的に判断しやすくなった。穿孔エネルギーの評価方法を区間最小

値で評価したことにより、穿孔抵抗等の増加に伴い地山性状を過大に評価してしまう課題を克服し、本来の地山強度にマッチした評価が可能となった。さらに、1断面で上半部5本と DRISS を複数実施したことにより、切羽全体の地層構成の把握に役立てることが出来た。

当現場では発注者への説明資料としても切羽観察記録とともに岩質判定時の有益な判断資料とすることができ、支保パターンの変更が容易になった。