



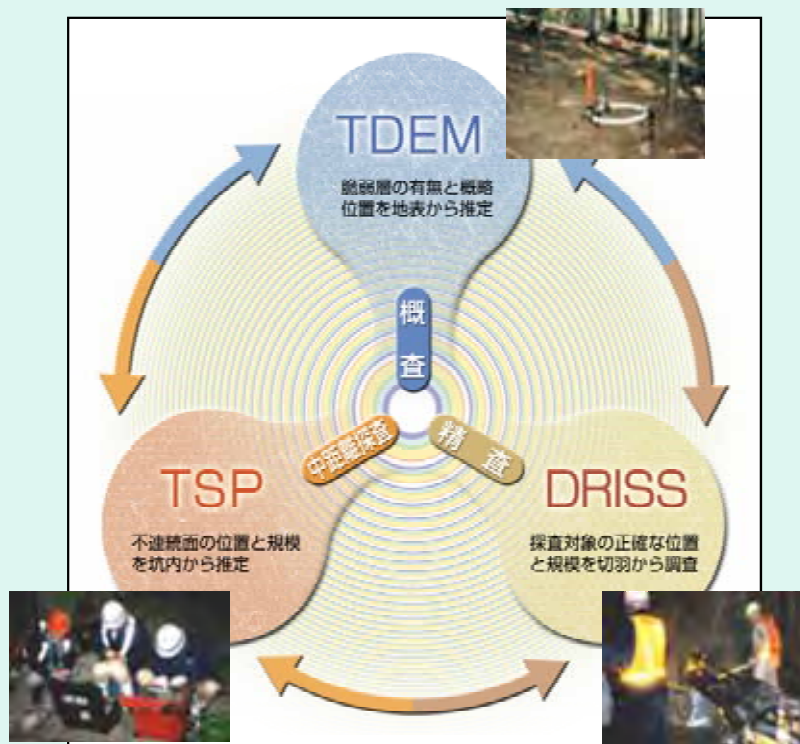
高精度切羽前方探査システム

NT-Explorer

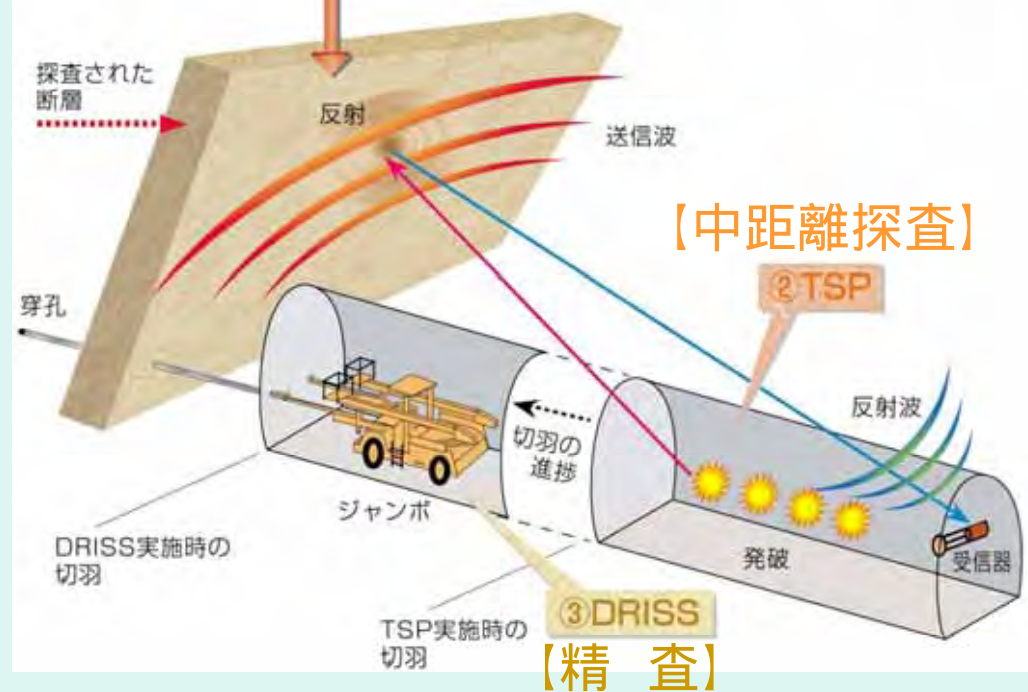
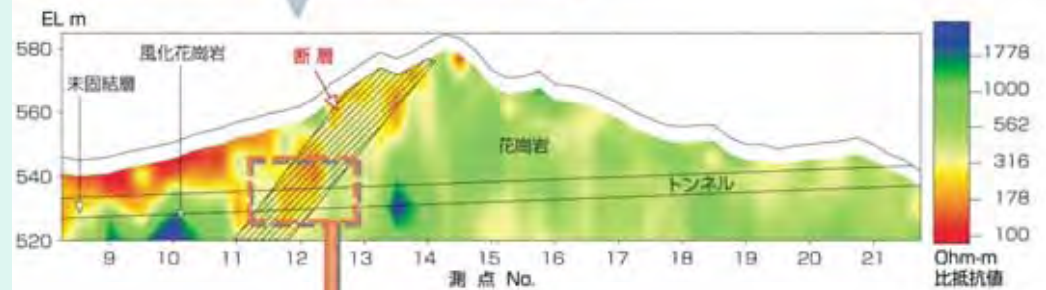
西松建設株式会社

NT-Explorer とは？

特徴の異なる3種類の探査手法 (TDEM, TSP, DRISS) を, 目的に応じて最適な組み合わせで実施する**高精度切羽前方探査手法**



① TDEM法探査結果 (比抵抗構造図) 【概査】



概 査 (TDEM: 比抵抗値で地山を評価)

探査方式: 地表からの電磁探査(比抵抗構造の把握)

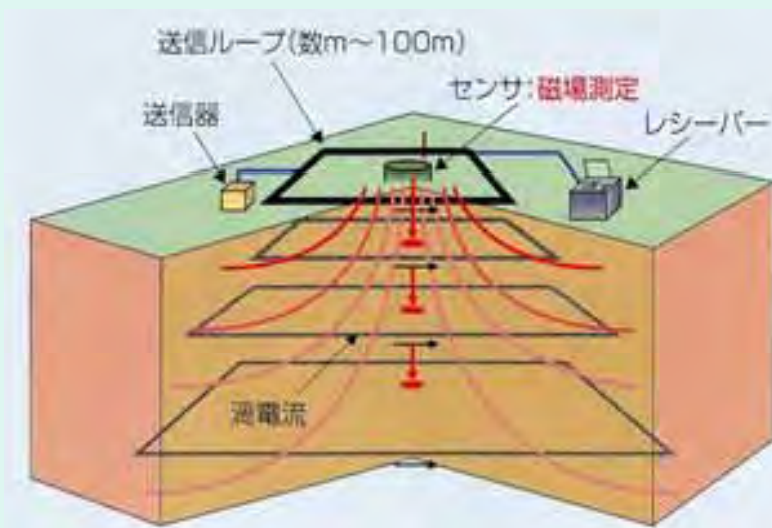
探査深度: 地表から700m程度

計測時間: トンネル測線で100m/日

解析時間: 2週間/km

備 考: 測定装置は軽量で取扱いが容易, 高压送電線近傍では探査不可

NETIS登録【CB-020021-A】



TDEMの探査原理

▼ 比抵抗値と地山状況の関連性

地山比抵抗の影響因子	比抵抗値	予想地山状況
粘土鉱物含有量	大 小	変質帯、断層
飽和度	大 小	地下水、湧水
水分含有量	大 小	破碎帯、湧水
湿度	高 小	高温岩盤
間隙水の比抵抗	小 小	塩水、海水

中距離探査 (TSP: 弾性波で反射面を3次元評価)

探査方式: 坑内からの反射法弾性波探査

探査距離: 切羽前方100 ~ 150m程度

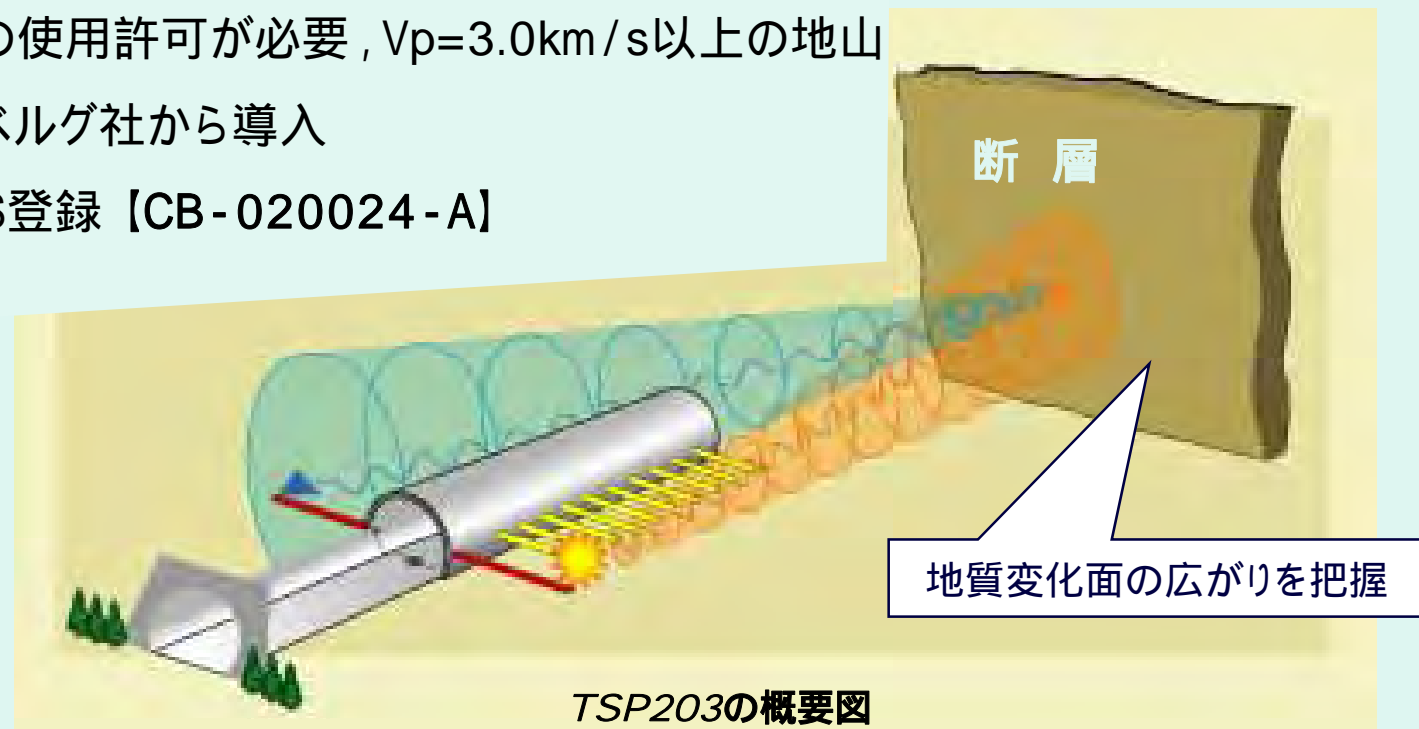
計測時間: 準備・片付けを含めて2 ~ 3時間程度

解析時間: 約4時間

備考: 火薬の使用許可が必要, $V_p=3.0\text{km/s}$ 以上の地山

アンベルグ社から導入

NETIS登録【CB-020024-A】



精査 (DRISS: ノミの手応えで地山を直接評価)

探査方式: 油圧削岩機による坑内からのノンコア水平ボーリング(さぐり削孔と同様)

探査距離: 切羽前方30~50m区間

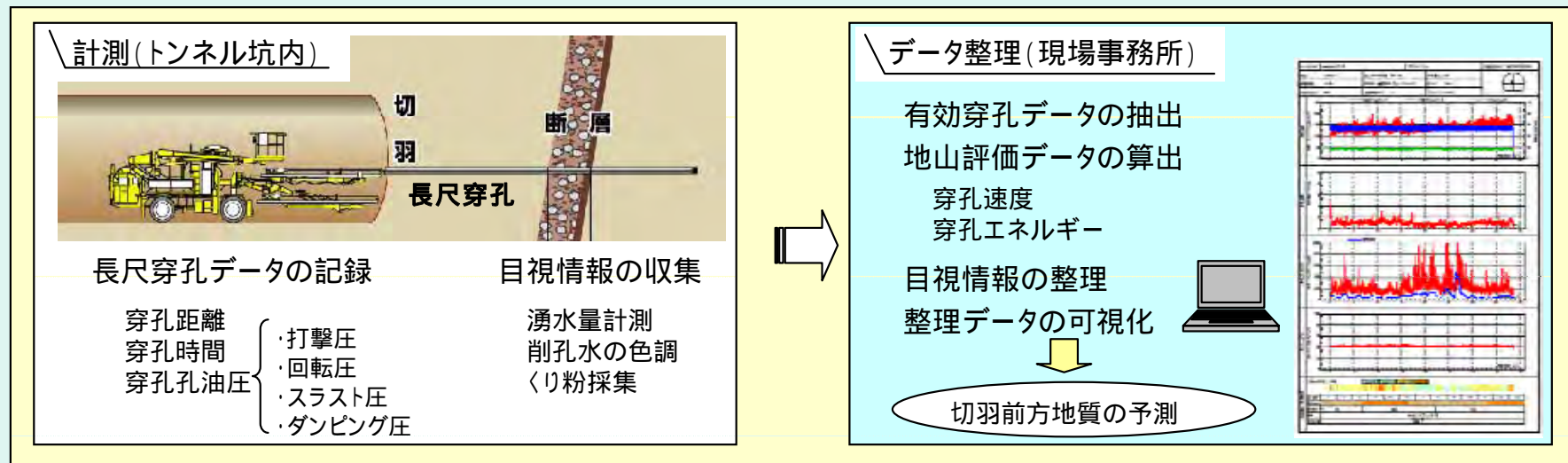
計測時間: 準備・片付けを含めて1.5~2時間程度

解析時間: 約1.5時間程度(速報は0.5時間程度)

備考: 水抜きボーリングにもなる

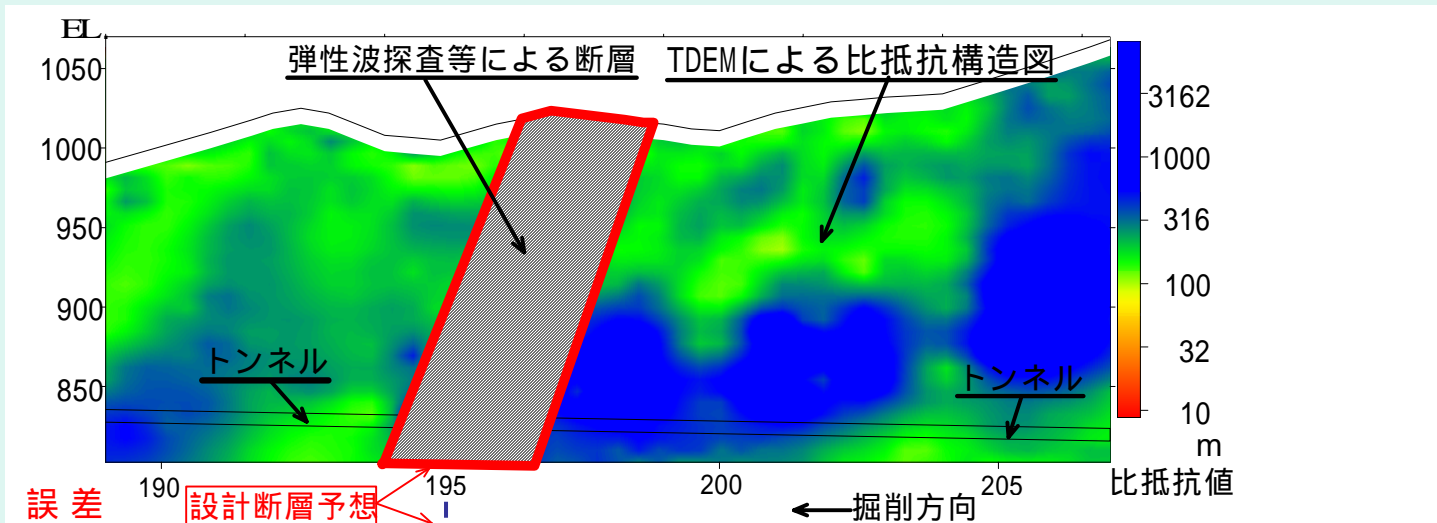
現場重機・作業員による探査が可能(解析を除く)

NETIS登録【CB-020021-A】



DRISSの概要図

組合せ適用事例



50m				弾性波探査(事前)
20m		← 低比抵抗ゾーン →		TDEM 概査
6m		← 反射面密集ゾーン		TSP 中距離探査
0	脆弱層	← 粘土層		DRISS 精査

← 掘進方向

断層破碎帯		出現地山の性状
3,500-7,000	2,100	湧水量(L/min)
		2,500

先進コアボーリングの代替手法としての

- *DRISS* -



DRISSによる評価手法

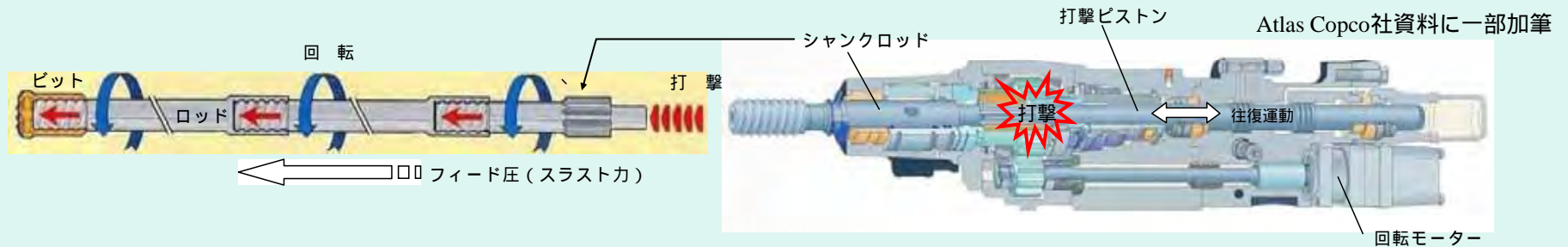
岩盤性状の定量評価: 削孔データから求めた穿孔エネルギーにより評価

約1 ~ 2cm間隔の**詳細・連続評価が可能**

長尺さく孔における

$$\text{穿孔エネルギー } SE \text{ (J/cm}^3 \text{, MPa)} = (E_i \times bpm \times Trod) / (A_H \times V)$$

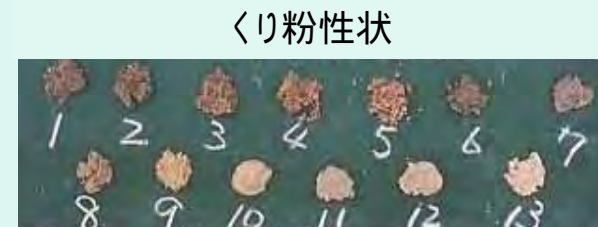
E_i : ピストンの打撃直後に発生したロッド中の弾性波エネルギー (J), bpm : 打撃数 (blows/s)
 A_H : ビット断面積 (cm²), V : さく孔速度 (cm/s), $Trod$: ロッド伝播時のエネルギー伝達効率 (-)



岩種判定: 削孔時のくり粉による判定

ボアホールカメラの併用により

地山状態の亀裂状況・湧水箇所も把握可能



ボアホールカメラ→



探査装置

ドリルジャンボに常設

探査のための

専用機械が不要

特別な準備不要

任意の方向に探査可能

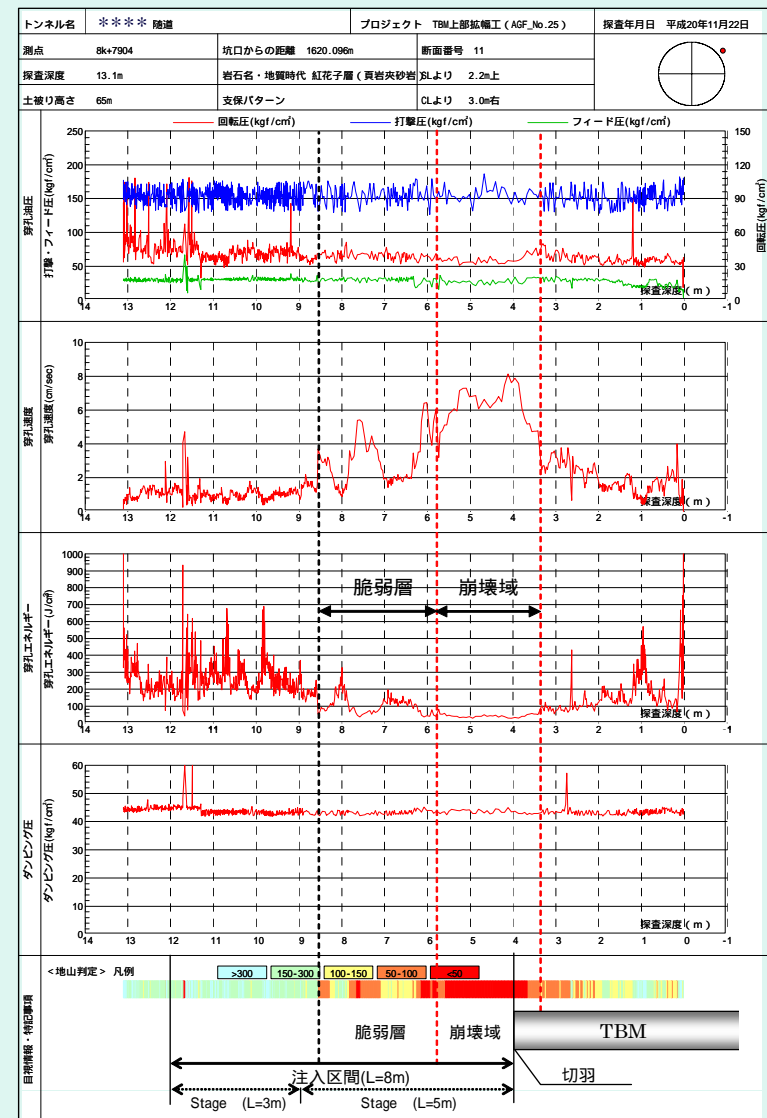
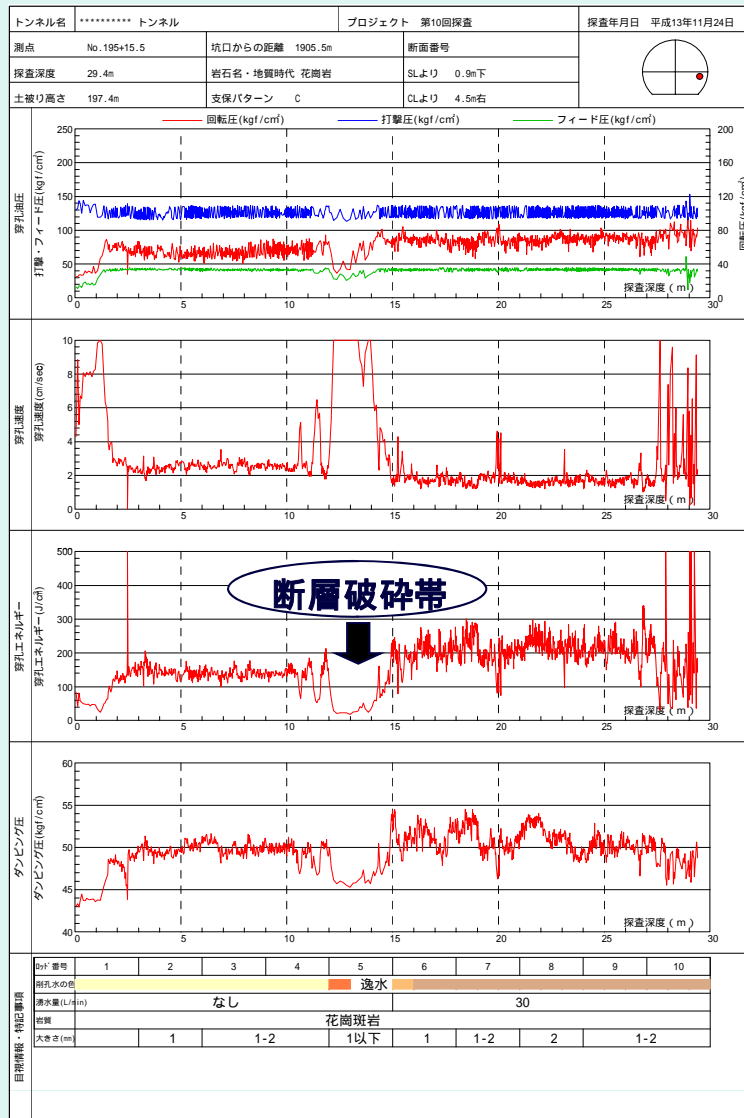


坑内計測(ノンコア水平ボーリング)

現場作業員による探査(ボーリング作業)が可能



専用ソフトによる解析



精度向上の工夫 - 孔曲がり抑制 -

先頭に高剛性ロッドを使用することにより孔曲がりを大きく抑制

先頭ロッド、ビット



チューブ(高剛性)ロッド
R32-45mm-3.05m



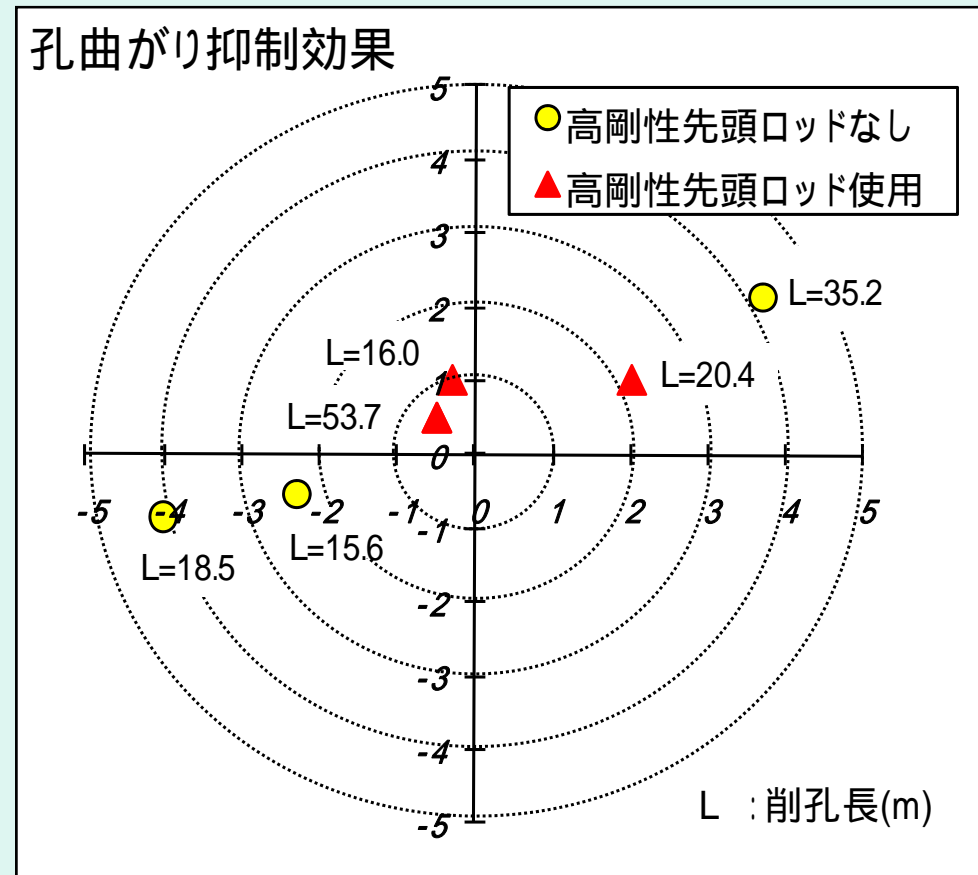
ボタンビット
R32-φ64mm

中継ロッド



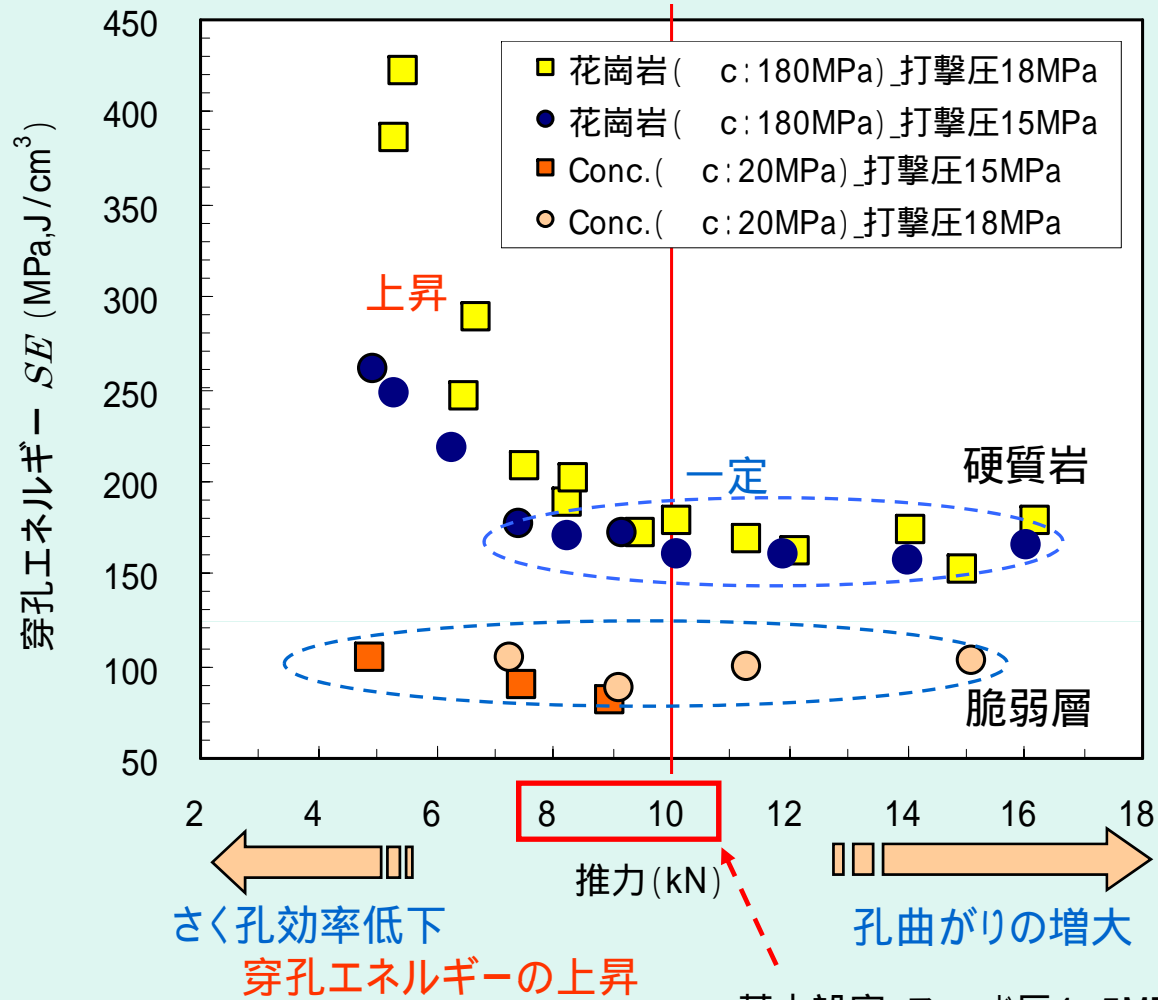
スピードロッド
MF R32-3.05m

孔曲がり抑制効果



精度向上の工夫 - 油圧設定 -

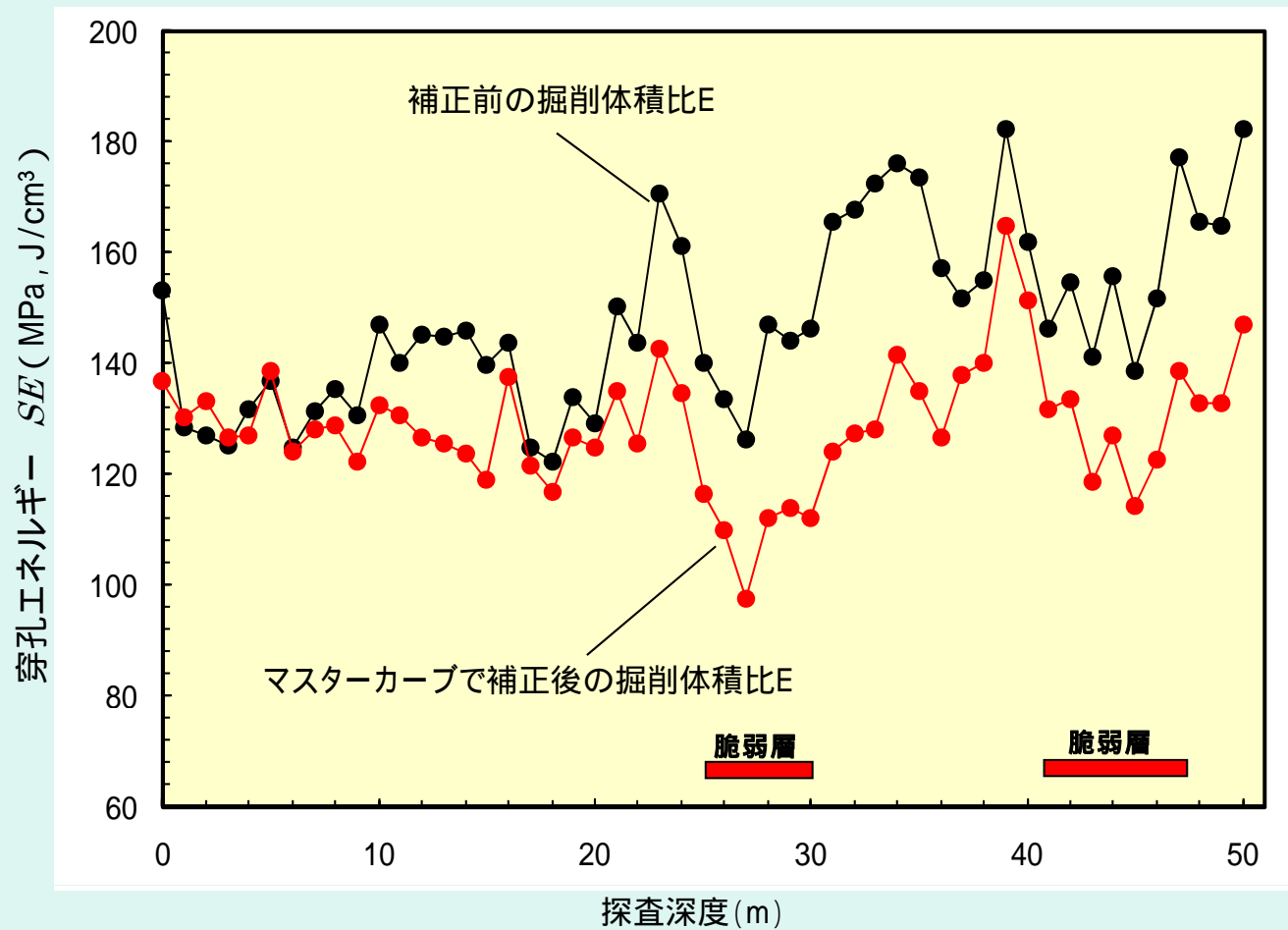
実験データに基づき地山評価に影響の少ない推力・打撃圧を設定



精度向上の工夫

- 削孔深度の影響 -

独自の「マスターカーブによる正規化手法」を用いて、
計測データから探査深度の影響（打撃エネルギーの減衰・反射波の干渉）を除去



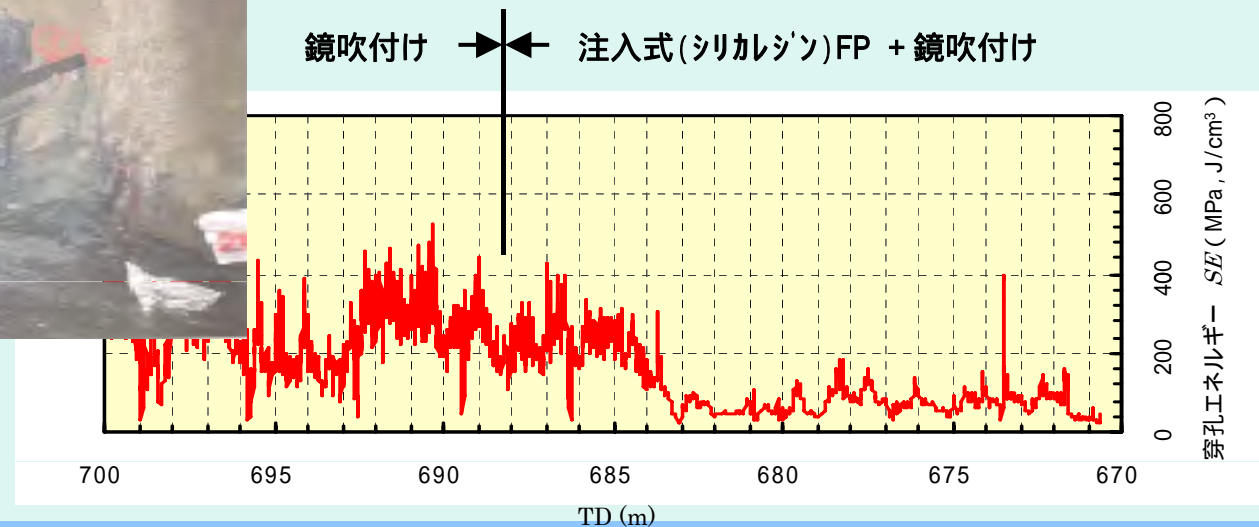
精度向上の工夫 - 難削孔地山への対応 -

難削孔地山: 探査区間全域が,
著しく脆弱で不均質な地山, 開口亀裂の卓越した岩盤 etc.

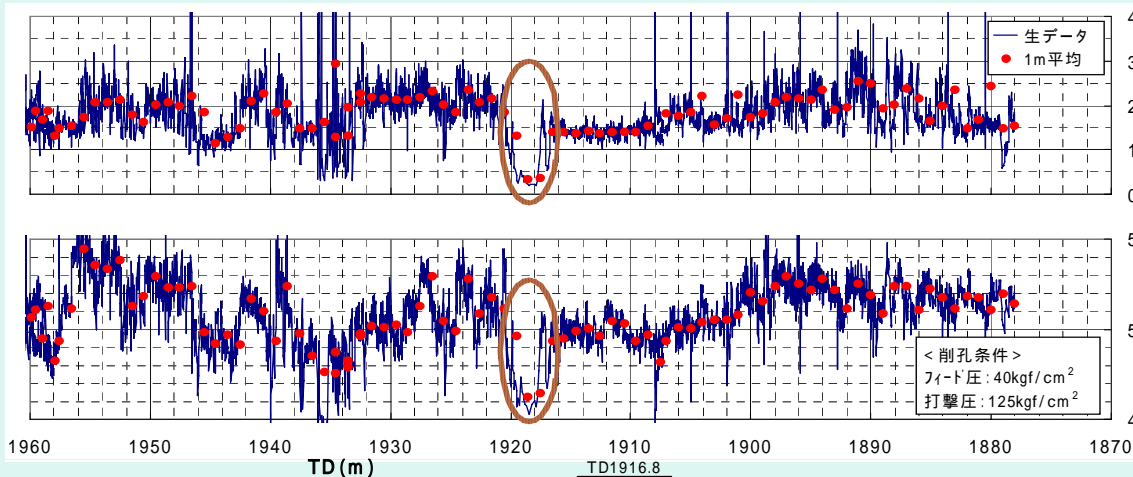
↓ ジャミングの多発

削孔が著しく困難

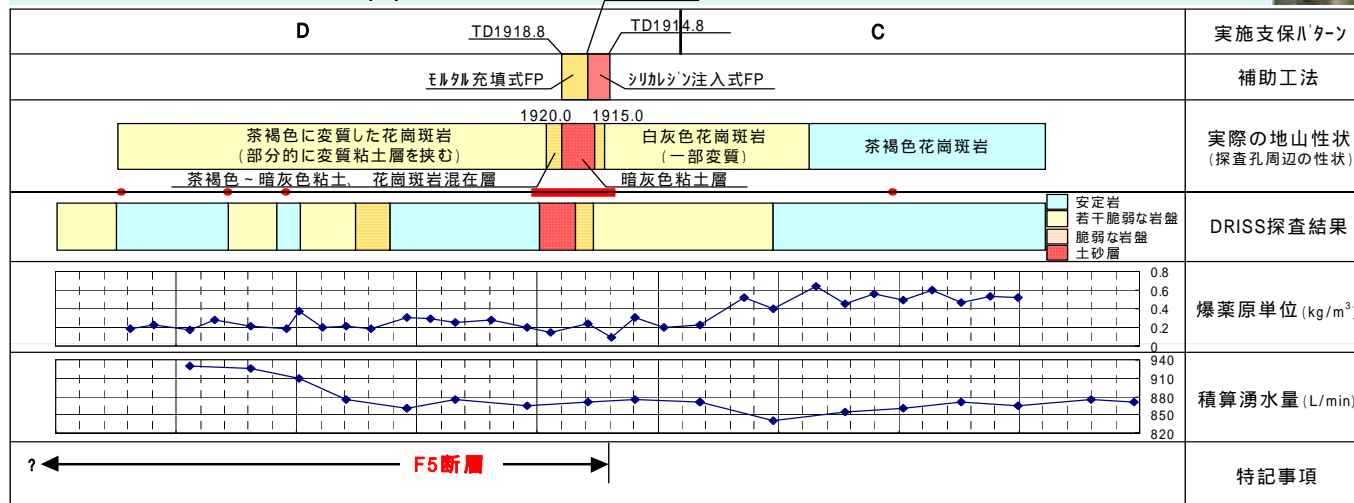
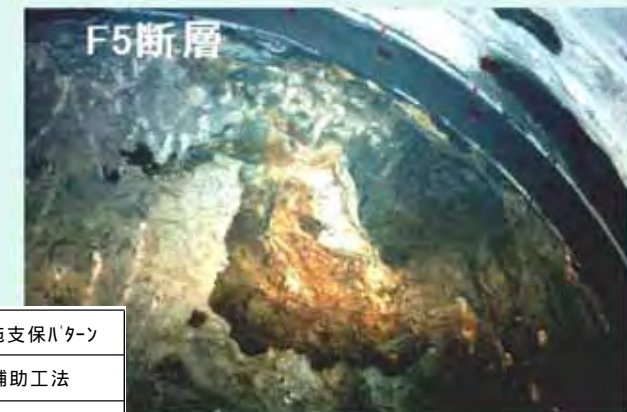
二重管ロッド(AGF鋼管)を使用した探査



探査事例 - 断層の出現予測 -



地山条件：亀裂が発達した硬岩中の粘土化が著しい断層破碎帯
 探査内容：断層出現位置の推定

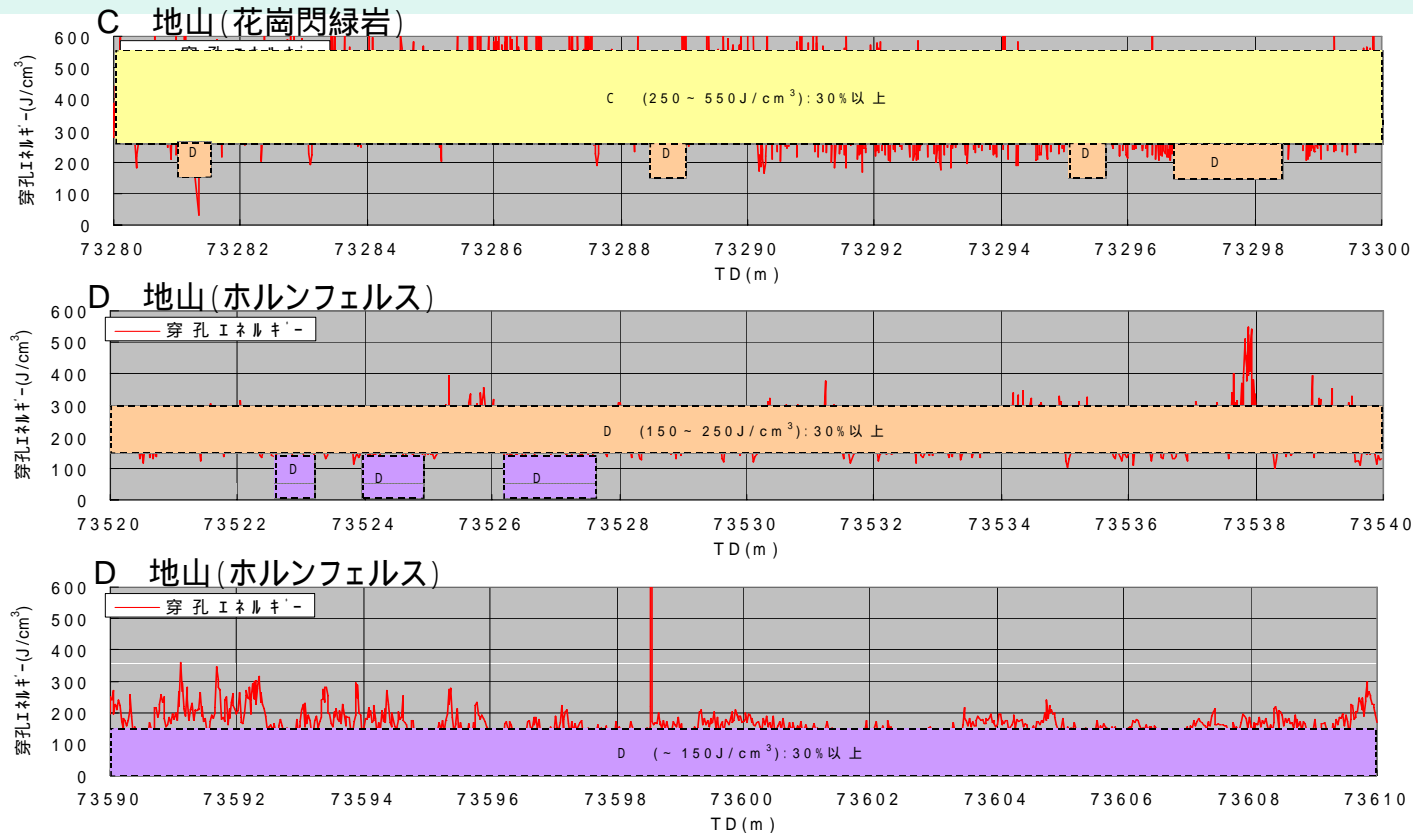


探査事例 - 支保パターンの事前想定 -

探査トンネルにおける地山分類(区分)と穿孔エネルギーの関係

岩種	地山分類	穿孔エネルギー (J/cm ³)	岩種	地山分類	穿孔エネルギー (J/cm ³)
花崗閃緑岩	C I	500~	ホルンフェルス	C I	300~900
	C II	250~500		C II	300~600
	D I	150~250		D I	150~300
	D II	~150		D II	~150

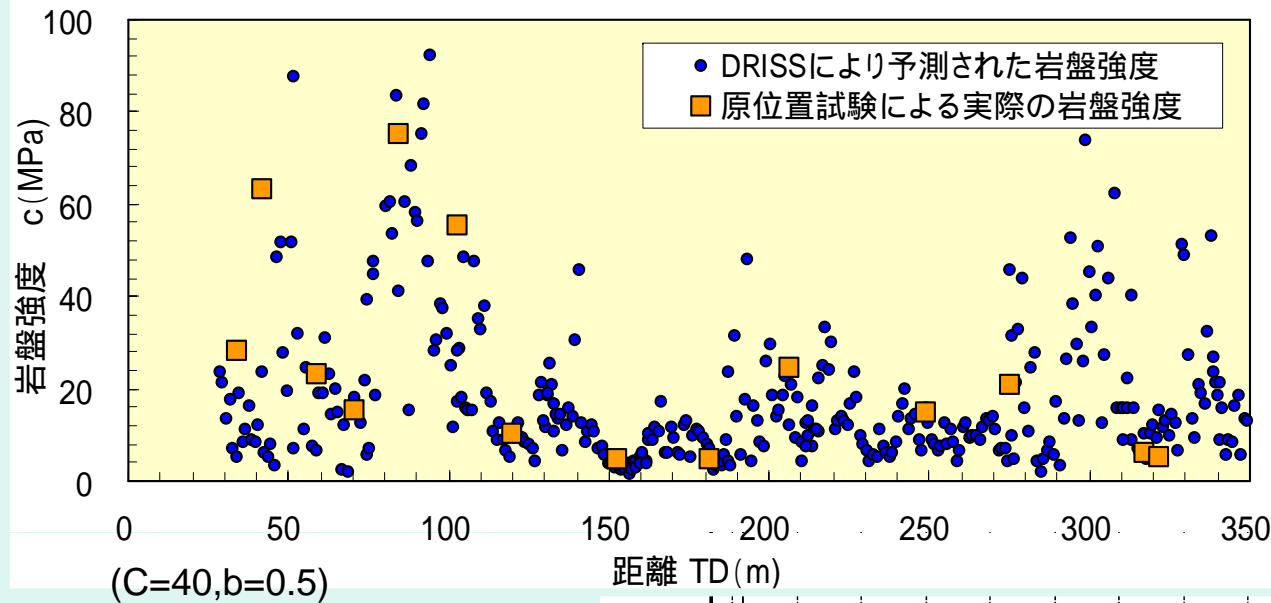
地山条件: 花崗閃緑岩およびホルンフェルス
 探査内容: 穿孔エネルギーの挙動を参考に支保パターンを決定



各地山区分(支保パターン)における穿孔エネルギーの挙動例

探査事例

- 岩盤強度の想定 -

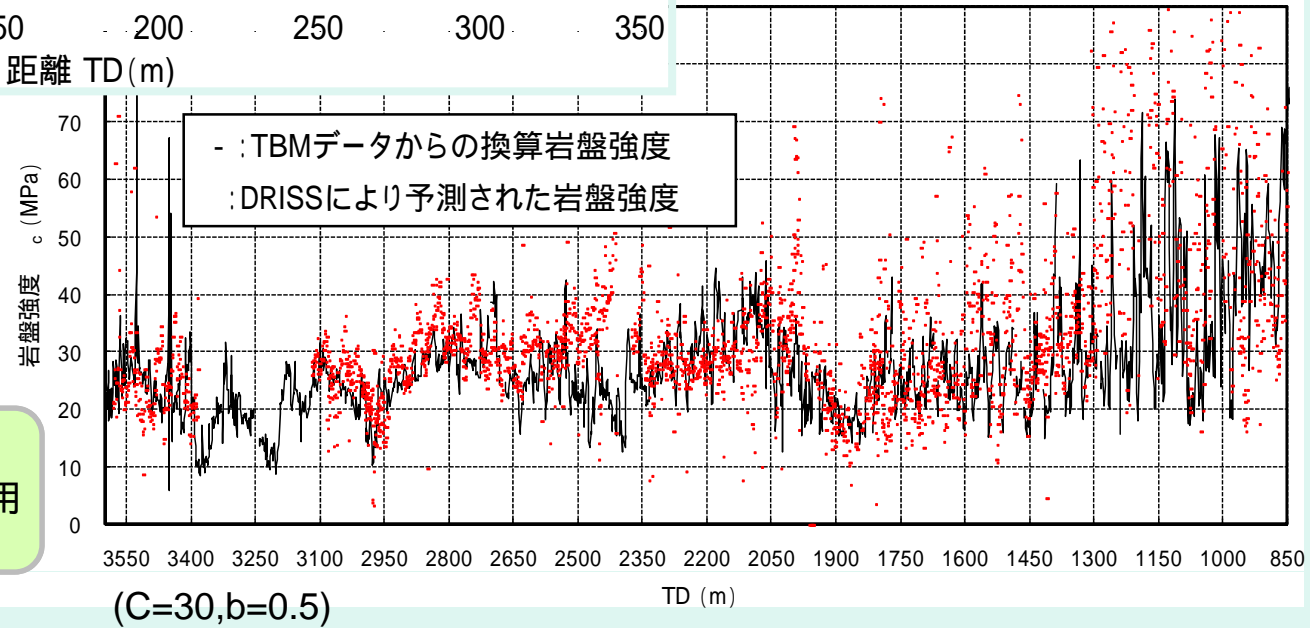


$$SE = C \times \sigma_c^b$$

SE : 穿孔エネルギー (J/cm^3 , MPa)
 σ_c : 岩盤強度 (MPa), C : 比例定数

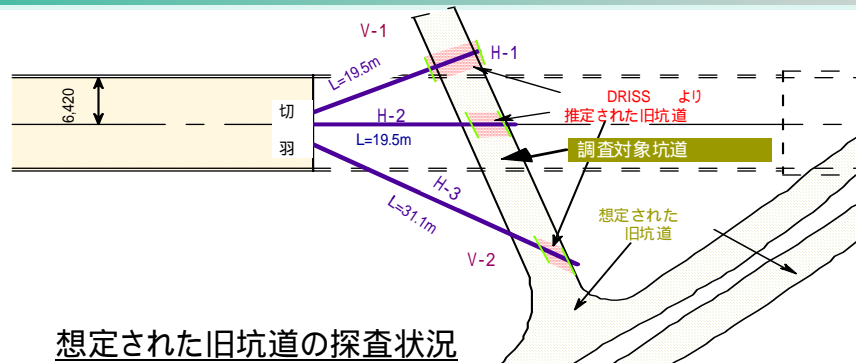
地山条件: 花崗閃緑岩 (一部変質)
 探査内容: NATMトンネルにて岩盤強度を評価

地山条件: 花崗岩および砂岩・泥岩
 探査内容: TBMトンネルにて連続適用岩盤強度を評価



探査事例

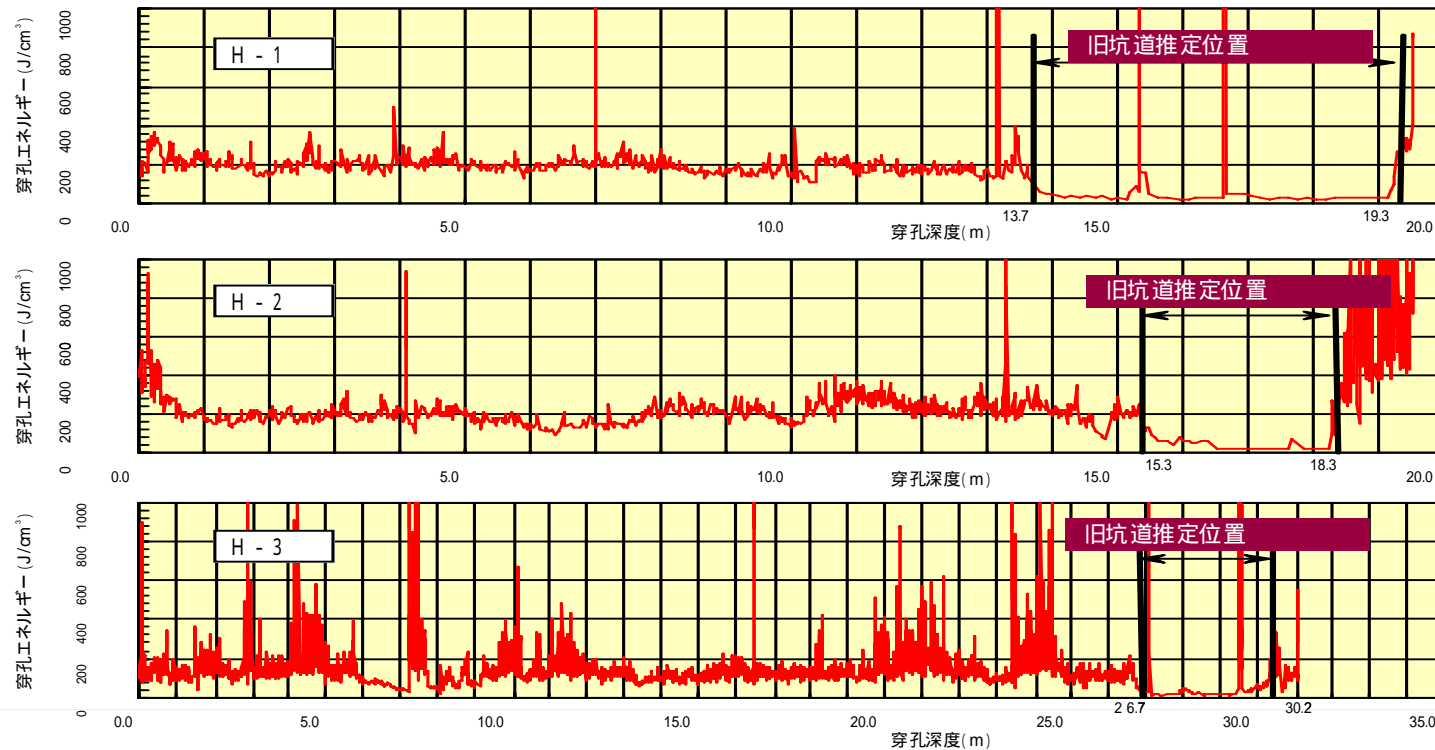
- 旧坑道(空洞)探査 -



地山条件: 砂岩・泥岩および挟炭層
探査内容: 旧坑道(空洞)の有無・位置
を坑内から探査

想定された旧坑道の探査状況

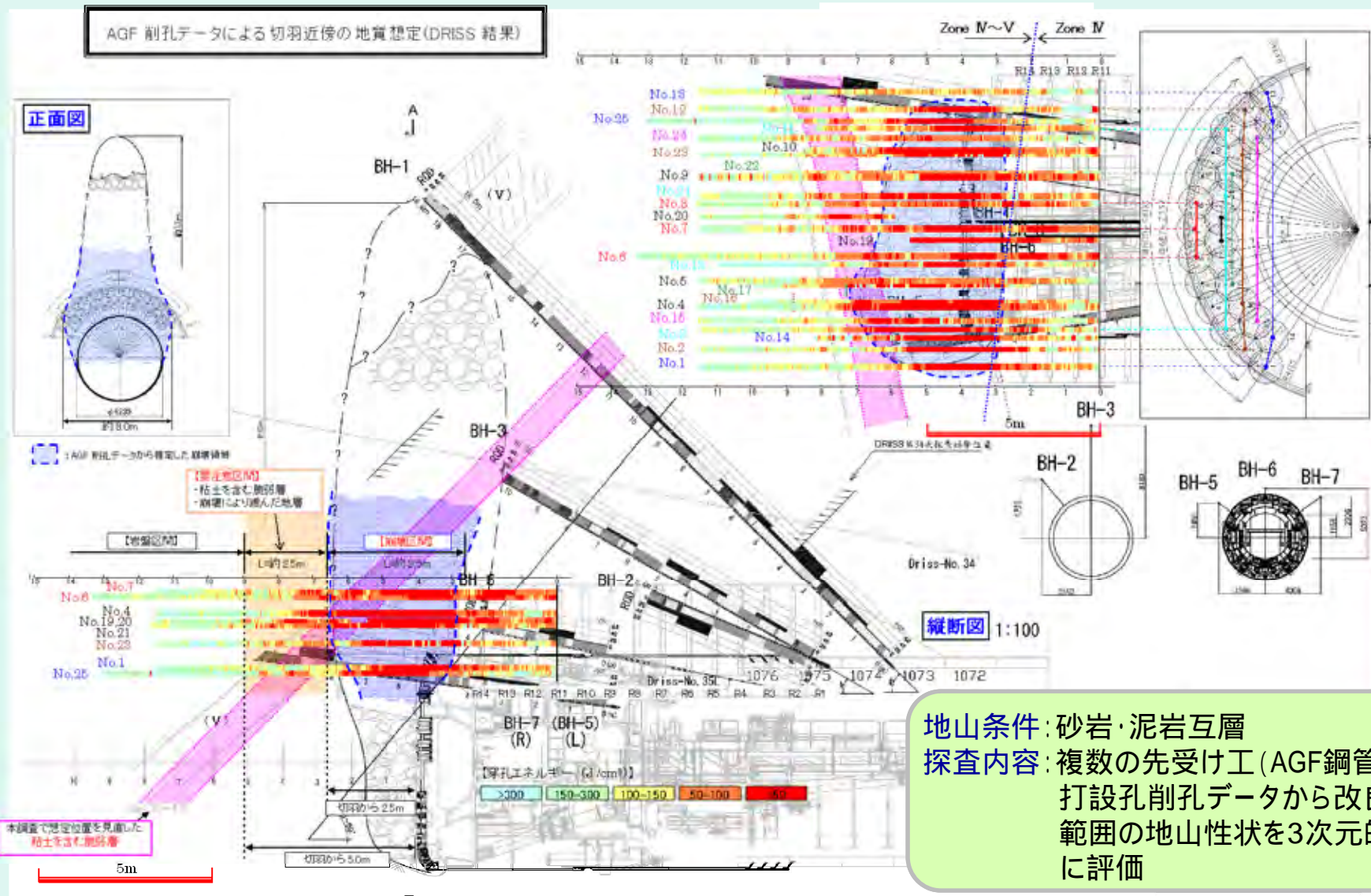
道道赤平奈井江線道路改良(歌志内トンネル)工事



推定された空洞区間を抜ける際の穿孔エネルギー - の挙動

探査事例

- 複数データによる3次元評価 -



先進コアボーリングとDRISSの比較

		コアボーリング	DRISS
探査条件		中硬岩地山における1,000mの連続探査	
探査方法		66コアボーリング	64ノンコアボーリング
使用機械		専用機械	施工重機 (ドリルジャンボ)
1回あたり探査時間		2日程度 / 100m	1.5 ~ 2.0時間 / 30 ~ 50m
1回あたり解析時間		—	0.5 ~ 1.5時間
得られる データ	一軸圧縮強さ	コアの一軸圧縮試験 (室内試験・費用別途)	穿孔エネルギーから換算 (リアルタイム・連続的)
	亀裂状況	コア観察 (RQD)	・回転圧の変動傾向 ・ボアホールカメラによる孔壁観察
	岩種	コア観察	・くり粉観察 ・ボアホールカメラによる孔壁観察
	湧水状況	孔口より調査	孔口より調査
探査費用		約42,000円 / m	約15,000円 / m

直接調査費 (探査費用は種々の条件によって異なる)

ご清聴ありがとうございました

【お問い合わせ】

西松建設(株) 技術研究所 山下,石山

TEL:03-3502-0273, FAX:03-3502-0228

