ノンコア削孔検層結果の三次元可視化によるトンネル切羽前方地山情報の共有

(株)大林組　技術研究所　正会員 ○板場　建太，正会員 中岡　健一
(株)大林組　河津トンネル工事事務所　正会員　久下　敦，非会員 井上　陽介
国土交通省　中部地方整備局　沼津河川国道事務所　非会員 丹羽　武志

１．はじめに

山岳トンネル工事において，掘削作業の安全確保と支保工の合理的な選定のために切羽前方の地山情報を把握し，工事関係者間で共有することは重要である．切羽前方予測のためのノンコア削孔検層の一つとして，トンネルナビ®が開発されている[1]．近年，より詳細な前方地山把握のため，1 区間でノンコア削孔を 3 本行う現場がある．検層結果を工事関係者間で迅速に共有するには視覚的な表現が有効である．そこで，検層結果を空間補間により三次元的に可視化するプログラムを開発し，試行した．本報告では，三次元可視化プログラムによる 3D コンターを用いて，工事関係者間でトンネル切羽前方の地山情報を共有した事例を述べる．

２．三次元可視化について

２．１．ノンコア削孔検層による評価の概要

ノンコア削孔検層データから得られた削孔速度とフィード圧の相関を用いて，フィード圧を一定と仮定した場合の換算削孔速度を求める．求められた換算削孔速度を無次元化した値の正規化削孔速度比（Normalized drilling velocity ratio，以下，NVR と称す）が地山等級の指標となる[1]．道路トンネルにおける地山等級に対応する NVR を表 1 に示す．

２．２．三次元可視化の概要

開発した三次元可視化プログラムは，図 1 に示す領域を 3 本のノンコア削孔からの NVR を空間補間することにより，地山等級の 3D コンターを描画させる．空間補間領域は，トンネルの縦断方向，横断方向及び平面方向をそれぞれ任意に設定できる．また，表示させる断面間隔も任意に設定可能で，3D コンターは市販の設計支援ソフトで描画できるため，現場への導入は容易である．

２．３．空間補間方法

NVR の空間補間計算には，ガウシアンカーネルを用いたガウス過程回帰を適用した[2]．この方法では，検層結果の値から空間補間領域の任意の位置の物理量が補間できる．そして，領域内に複数設けた平面上に補間結果をコンターで描画させた．

空間補間を行うためのノンコア削孔による NVR を図 2 に示す．緑色の折れ線が NVR に基づく地山等級の予測結果で，削孔左側(a)と中央部(b)には，局所的に脆弱な E パターンが見られる．

表 1 正規化削孔速度比と地山等級（道路）

正規化削孔速度比（NVR）	地山等級
0.50 ～	E
0.45 ～ 0.50	DⅡ
0.40 ～ 0.45	DⅠ
0.35 ～ 0.40	CⅡ
0.30 ～ 0.35	CⅠ
～ 0.30	B

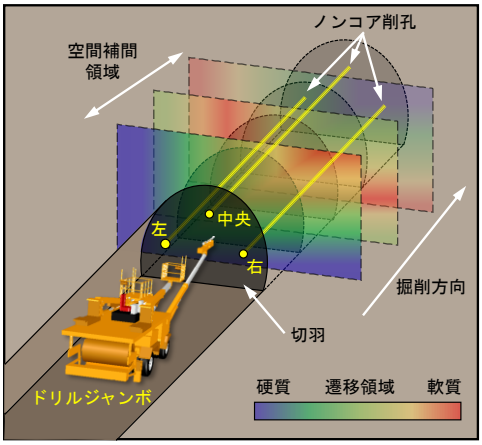
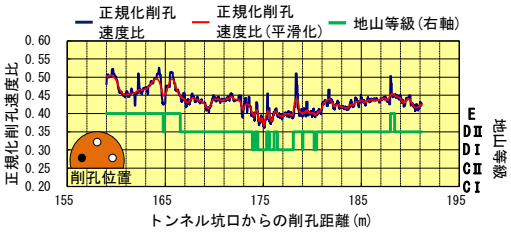
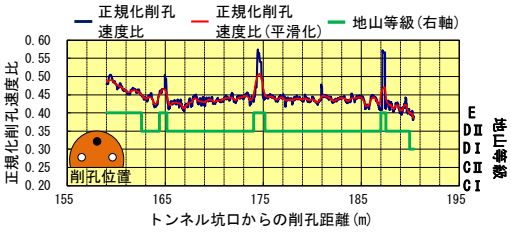


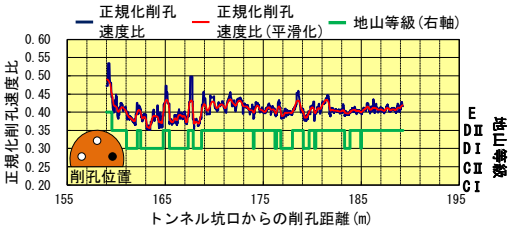
図 1 ノンコア削孔と空間補間領域



(a) 削孔位置：左側



(b) 削孔位置：中央部

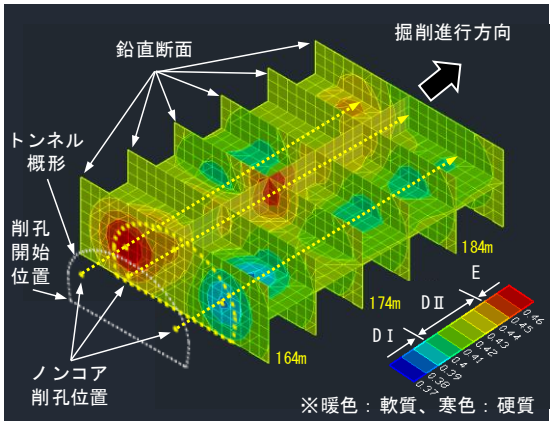


(c) 削孔位置：右側

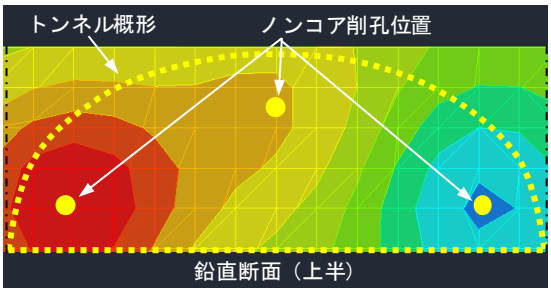
図 2 ノンコア削孔結果例(TD159～189m)

キーワード　山岳トンネル，前方探査，ノンコア削孔検層，ガウス過程回帰，三次元可視化
連絡先　〒204-8558　東京都清瀬市下清戸 4-640　株式会社大林組技術研究所地盤技術研究部　TEL 042-495-1094

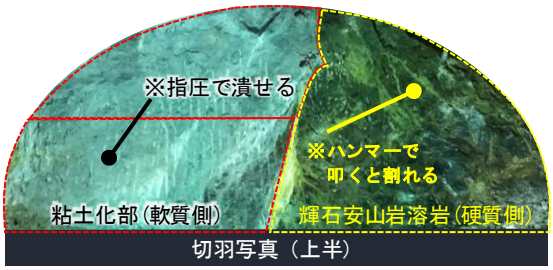
© Japan Society of Civil Engineers



(a) NVR の 3D コンター

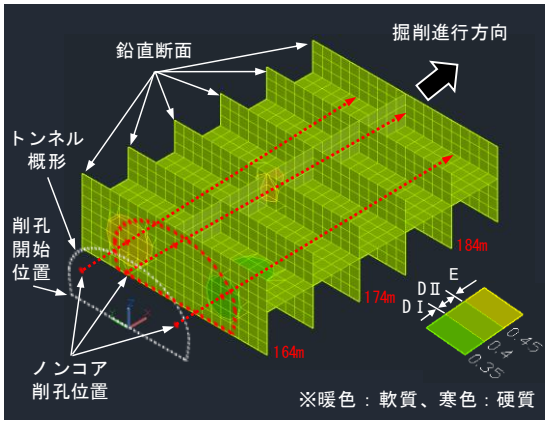


(b) NVR の 2D コンター例

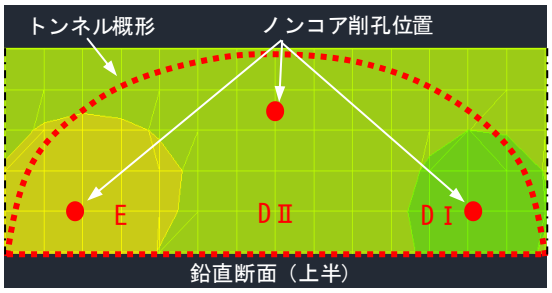


(c) 切羽写真例での安全管理

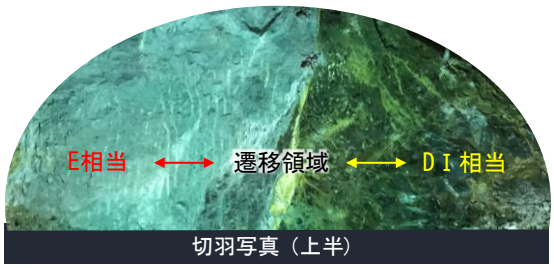
図 3 ノンコア削孔検層結果の NVR 表示と切羽写真



(a) 地山等級の 3D コンター



(b) 地山等級の 2D コンター例



(c) 切羽写真例の支保パターン評価

図 4 ノンコア削孔検層結果の地山等級表示と切羽写真

3．トンネル現場での三次元可視化の試行

試行現場の地質は輝石安山岩溶岩が主体であり，部分的に自破砕質溶岩や凝灰角礫岩等が挟在した．また，多孔質で脆い部分を有していたため，より詳細に前方地山を把握する目的で，1 区間の検層で 3 本のノンコア削孔を行った．その検層から得られた三次元可視化結果を**図 3** と**図 4** に示す．これらの図から，①掘削の安全管理と，②支保選定の補助の用途での有用性が確認された．①の利用として，**図 3** の (a) では，3D コンターの閾値を NVR に設定した．同図の (b) と (c) より，切羽写真と対応する 2D コンターは，地山の硬軟の分布状況を概ね再現している．そのため，軟質部等の地山不良部を容易に判別可能となり，掘削工事関係者間で情報共有が効率良くでき，危険予測の面から掘削作業の安全性向上に寄与できた．②の利用として，**図 4** の (a) では，3D コンターの閾値を地山等級に設定した．この図では，コンターの色の境界が支保の変化箇所となる．同図の (b) と (c) より，2D コンターの地山等級は切羽写真での地山等級の分布と概ね整合している．そのため，前方地山の支保パターンの協議の判断材料として活用でき，支保選定の効率化にも有効であることがわかった．

4．まとめ

三次元可視化プログラムを現場で試行し，3D コンターの有用性を確認した．その結果，切羽前方地山情報の掘削工事関係者間での共有が容易となった．今後，他の現場でも施工管理に使用していきたいと考える．

参考文献

1) 桑原ら：変換解析システムによるノンコア削孔トンネル切羽前方予測技術，トンネル工学論文集第 18 巻，pp. 1-10，2008.11

2) 持橋大地，大羽成征：ガウス過程と機械学習，機械学習プロフェッショナルシリーズ，講談社，233p.，2019.3

© Japan Society of Civil Engineers