

山岳トンネル施工における削孔データ形式の共通化、及び地山強度分布推定法の検証

戸田建設(株) 正会員○若竹 亮 正会員 関根一郎
 " 正会員 三上英明 正会員 生島直輝

1. はじめに

近年情報技術の発達により大容量のデータを取扱うことができるようになったことで、施工時に取得できるデータを活用した高度な施工が可能になった。山岳トンネルにおいても施工機械の進展によりデータを活用した効率的な施工法の開発が進められている。本研究では発破時の切羽穿孔やロックボルト打設時、及び前方探査時の削孔データを効率的に活用するために共通データ形式を整備するとともに、削孔データを用いた試行として穿孔エネルギー3D分布図の作成、及び実際の切羽性状との整合性の検証を行った。

2. 開発の背景

建設分野では人手不足の解消や労働環境の改善の必要性から ICT 技術の導入促進が進められている。また昨今の社会情勢の急激な変化によりインフラ分野における DX の推進が急務となっている。山岳トンネルにおいてもコンピュータジャンボ (図-1) やロックボルト自動打設機 (図-2) の開発により、削孔時のデータが取得できるようになったことで、地山強度情報を利用した高度な施工が可能になりつつある。

この収集される削孔データは大容量であり、また施工機械のメーカーによってデータの形式が異なるため、データへのアクセスや複数の現場のデータの比較が困難であるという問題がある。一方、国土交通省の直轄工事において 2023 年までに BIM/CIM の原則化が進められている¹⁾²⁾。今後 BIM/CIM モデルへの施工データの一元化は必須になることが予想される。

本研究では、コンピュータジャンボの削孔データに対して独自の共通データ形式の整備を行った。また、削孔データから得られる地山強度情報を穿孔エネルギー3D分布図として可視化するとともに、測定箇所の切羽写真と比較し、補間処理方法を検討することで実際の地山の性状の再現を試みる検証を行った。

3. 削孔データ形式の共通化

当社の山岳トンネルの現場では、複数のメーカーのコンピュータジャンボ、及びロックボルト自動打設機を導入している。これらの施工機械は削孔データ (MWD データ) を取得することができるが、この削孔データはメーカーごとにデータ形式が異なっている。

削孔データの国際データ交換基準として IREDES (International Rock Excavation Data Exchange Standard) がある。この形式では 1 箇所の削孔につき 1 つの XML ファイルが得られるが、山岳トンネルの施工では 1 回の発破において多数の削孔を行うため、構成するファイルが煩雑となる。また切羽平面への座標変換が国内の山岳トンネルにおける一般的な手法と異なっている。

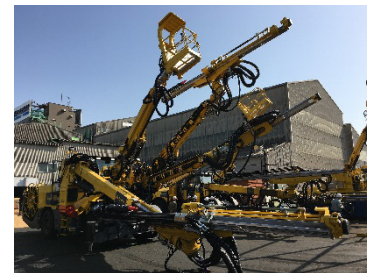


図-1 コンピュータジャンボ

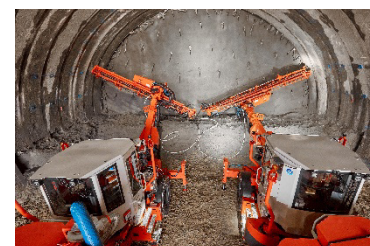


図-2 ロックボルト自動打設機

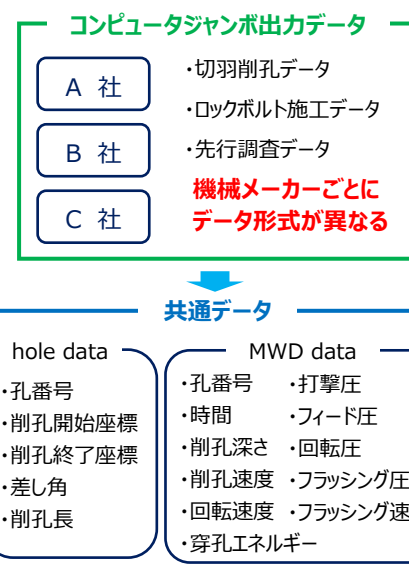


図-3 削孔データの共通形式

キーワード 削孔データ, BIM/CIM, 共通データ形式, コンピュータジャンボ

連絡先 〒104-0032 東京都中央区八丁堀二丁目9番1号RBM東八重洲ビル6階

戸田建設(株) 技術研究所 TEL 03-3535-2641

そのため独自のファイル形式を設定し、データ変換することで共通形式への整理を行った。この形式は1つに切羽につき2つのファイルで構成され、それぞれ①hole data (削孔座標)、②MWD data (その地点における計測値)とした。また取扱いが比較的容易なCSVとした。

4. 穿孔エネルギー3D分布図の作成

コンピュータジャンボ等の施工機械で収集した打撃圧・削孔速度等の掘削データから穿孔エネルギーを算出することで地盤強度を推定する手法が知られている³⁾。この地盤強度の情報を活用して穿孔エネルギー3D分布図を作成する手法について検討した(図-4)。作成手順は以下の通りである。

- ① 削孔地点の穿孔エネルギーを算出
- ② 各地点の穿孔エネルギーを重み付け平均して3D分布を算出
- ③ 対象地盤を3Dメッシュで分割してソリッドモデルを作成
- ④ ACISフォーマットの間接ファイル(.sat)を出力
- ⑤ 汎用CADに中間ファイルをインポート

この手法はBIM/CIMモデルに統合することを想定しており、同様の手法で他の施工データについてもBIM/CIMモデルに集約が可能となることが見込まれる。

5. 穿孔エネルギー3D分布図の検証

穿孔エネルギー3D分布図について、地山性状の再現性を検証した。3D分布図を作成するにあたり、計測値が取得可能な削孔箇所以外の部分については空間補間処理を行った。初期検討として、測点からの距離の逆数で重み付けを行う逆関数加重法(Inverse Distance Weighting)を使用した。

上記の補間処理で穿孔エネルギー3D分布図を作成し、対応箇所の切羽写真との比較を行ったところ、局所的な脆弱部を再現できていない場合があった(図-5)。これは遠方にある多数の測点の値の影響を大きく受け、周囲の数値が平均化されるためだと考えられる。そこで距離の逆数の2乗、及び4乗を重み付け係数として再度検証を行ったところ、4乗を重み付け係数としたときに平均化が抑制される結果となった(図-6)。

7. まとめ

本研究では、コンピュータジャンボやロックボルト自動打設機から出力される削孔データの一元化、及び削孔データから得られた穿孔エネルギー3D分布と実際の切羽性状の比較検証を行った。削孔データの共通データ形式については、今後さまざまな形でデータを活用することを想定して扱いやすい形式とした。また穿孔エネルギー3D分布については、BIM/CIMモデルへの統合を見越し、汎用CAD上で3Dモデルを作成する手法を開発し、空間補間処理法の検証を行った。今後は他の空間補間処理法についても検証を行い、より再現性の高い処理方法を検討していくことを考えている。

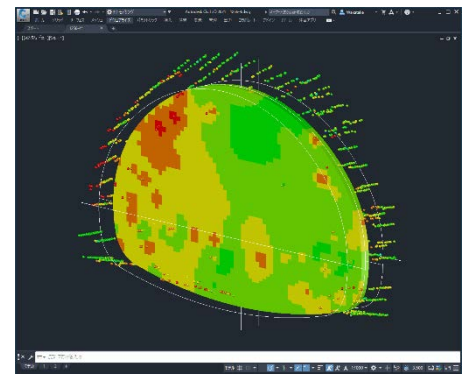


図-4 穿孔エネルギー3D分布図

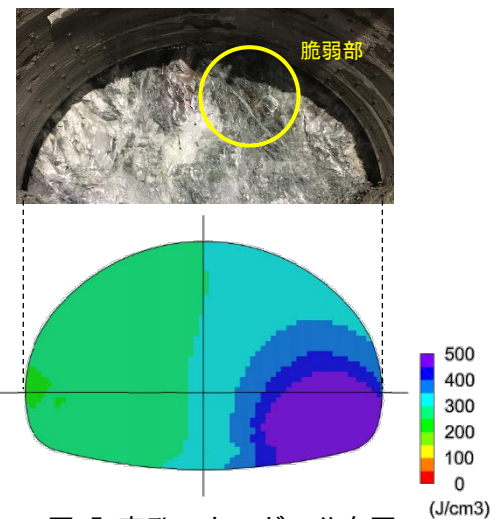


図-5 穿孔エネルギー分布図
(距離の逆数で重み付けした場合)

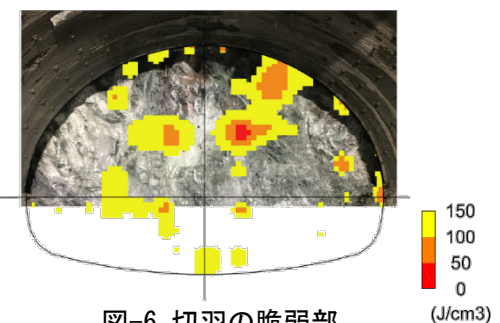


図-6 切羽の脆弱部
(距離の逆数の4乗で重み付けした場合)

参考文献

- 1) 国土交通省 BIM/CIM ポータルサイト : BIM/CIM 事例集 ver. 2, 2021. 3
- 2) 国土交通省 技術調査課 : BIM/CIM 活用ガイドライン 第5編道路編, 2021. 3
- 3) 山下雅之, 山本悟, 三井善孝 : ドリルジャンボ削孔データを使用した3次元地山評価システム(DRISS-3D)の開発, 西松建設技報 vol. 41, 2018