

AI モデルを利用した最適発破設計への取組

戸田建設（株） 土木 ICT・AI 推進部	正会員	○辻川 泰人
戸田建設（株） 土木技術部	正会員	内藤 雅人
戸田建設（株） 土木技術営業部	正会員	立野 翔一
戸田建設（株） 大阪支店	正会員	清水 陽一郎

1. はじめに

中硬質岩の山岳トンネルでは、発破掘削により施工を行うことが多く、それに係る穿孔位置や装薬量などの発破パターンの設定は、切羽状況に応じて熟練技術者の判断で行われることが一般的である。この発破設計は、発破後の地山形状（余掘量・アタリ量）に大きく影響し、発破後のずり運搬や吹付けコンクリートのボリューム、アタリ取り作業時間に大きく係わってくるため、施工サイクル並びに、コストの増減に大きく繋がると言える。

そのため、将来的に不足・減少傾向にある熟練技術者の判断に頼ることなく、最適な発破設計を行うことを目的として、トンネル現場における発破データを教師データとした AI モデルを作成した。本稿では、AI モデルの精度検証結果と、それを利用して発破パターン設定を自動化するための「最適発破設計システム（仮称）」について報告する。

2. システムの概要

本システムは、従来熟練トンネル技術者が手動で行っていた発破パターンの設定作業を、AI モデルによりシステム化するものであり、図-1 に示すシステムフローで構成される。

① 余掘量推定 AI モデル

実際の施工における、「穿孔データ」と「装薬量データ」、および「発破後の地山形状データ」を教師データとした余掘量の推定を行うモデル

② 最適発破設計プログラム

上記モデルを利用して、任意の余掘量となるための「穿孔データ」と「装薬量データ」を出力するためのプログラム

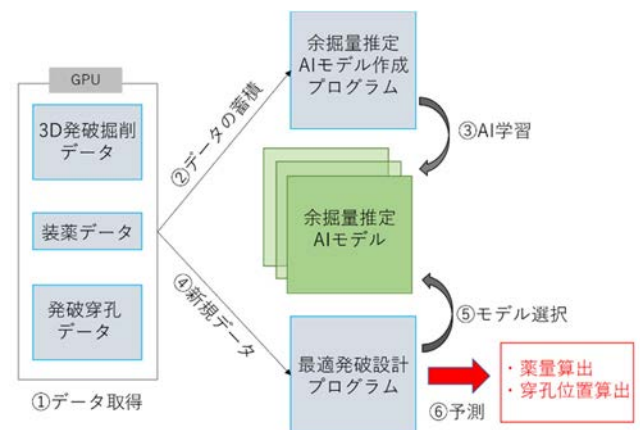


図-1 システムフロー図

3. 教師データ

山岳トンネルにおける発破回数は平均 4 回/日程度であるため、AI モデルのための教師データ数が少ないことや、1 切羽内での地質の不均質性等を考慮して、穿孔 1 孔あたりデータに着目して AI 学習を行うこととした。データの種類、取得方法については以下の通りである。

① 穿孔データ

コンピュータジャンボを使用することで、1 孔あたりの穿孔位置、長さ、角度、穿孔エネルギーを自動で記録（写真-1）

② 装薬データ

専用の記録用紙を使用して、1 孔あたりの雷管の種類、薬量（増ダイの本数）をマニュアルで記録（写真-2）

キーワード 山岳トンネル, AI モデル, 発破設計, 自動化

連絡先 〒104-0032 東京都中央区八丁堀 2-8-5 戸田建設株式会社 土木 ICT・AI 推進部推進 1 課 TEL 080-2944-7806

③ 地山形状データ

3D レーザースキャナと高性能 PC を車両に搭載した、車載式 3D レーザースキャナシステムを使用した、迅速な計測（写真-3）



写真-1 穿孔作業状況

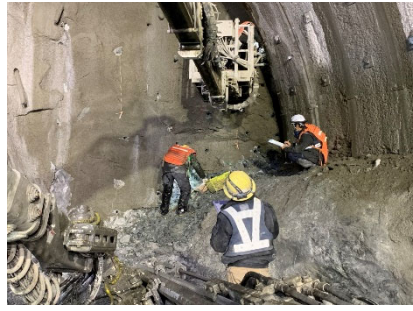


写真-2 装薬量記録状況



写真-3 3D スキャナー計測状況

4. 余掘量推定 AI モデルの精度検証結果

上記データの取得結果を図-2 に示す。

取得したデータを AI 学習させた「余掘量推定 AI モデル」の精度検証方法として、AI 学習に組み込んでいない複数の切羽データによる実測余掘量と、AI による予測余掘量の対比を行った。

余掘量は 1 孔あたりデータの重ね合わせを行うことで、1 切羽あたりの累計量として算出した。その結果、余掘量誤差率は 15.6%（図-3）となり比較的高精度で余掘量を再現することが出来た。

5. 最適発破設計システム

上記モデルを利用し、最適な余掘量となる発破パターンを算出する「最適発破設計システム」を作成した。システムの操作画面を図-4 に示す。予測切羽の 1 基前の穿孔データ（穿孔位置と穿孔エネルギー）、発破後の地山形状データより、新たな発破パターンを算出する仕様となっている。

予測に要する時間は、およそ 10 分程度であり、穿孔データや装薬データを CSV ファイルとして算出する。これらのデータはコンピュータジャンボのシステムにコピー＆ペーストすることで、即座に穿孔パターンが作図される。

5. まとめ

本取組により、AI モデルを利用した発破設計のシステム化の適用性について確認できた。現在は、本システムによって算出した発破パターンを現場で適用し、得られる成果・課題を整理している段階である。

また、本システムは発破の影響が大きいと思われる一部のパラメータより発破設計の自動化を行ったものであり、今後は多様な地質に対応するため、新たなパラメータを取り込み、更なる精度の向上に努めていきます。

◆ データ収集期間

令和3年11月29日～令和4年1月17日

◆ 発破実施回数

58回（実質計測日数25日）

◆ 有効教師データ数

約5200（52断面×100孔/切羽）

- ・発破穿孔データ取得：54断面（4回計測エラー）
- ・発破後の切羽点群データ：56断面（2回計測エラー）

図-2 取得データ概要

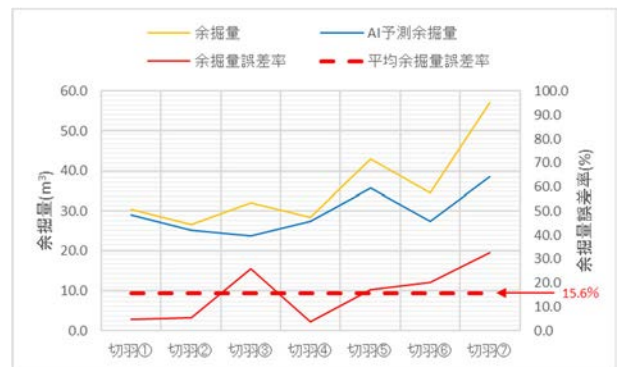


図-3 余掘量推定 AI モデルの判定結果

図-4 最適発破設計システム（予測）画面