

発破掘削の削孔自動設計システム「ブラストマスタⅡ」



発破パターンと削孔順序を熟練技能に頼らず最適化し、余掘り量を低減

本システムは（株）Lightblue、サンドビック（株）SMRTカンパニー、（株）演算工房との共同開発です。

概要

山岳トンネル工事の発破パターンを地山情報のみで自動設計して削孔作業時間を最小化し、余掘り・あたりを低減するシステムです。熟練技能に頼らない発破掘削を実現するとともに、発破作業の生産性を向上します。

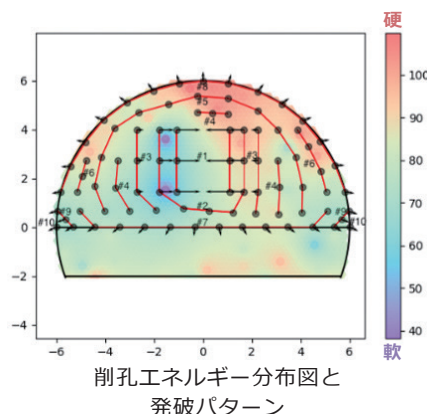
開発の背景

山岳トンネル工事における発破掘削では、「余掘り」（計画断面を超える掘削）・「あたり」（計画断面に満たない掘削）を極力少なくすることが、生産性向上につながります。しかしながら、地山の不均質性・不確実性から、発破孔の削孔は熟練技能労働者の経験や感覚に頼っているのが現状です。このような背景から、客観的な情報を収集・活用することで、経験や感覚に頼らない施工を可能にして熟練技能労働者不足に対応し、安全・生産性・品質を向上させることが課題となっていました。本システムでは、発破パターン、シーケンス（削孔手順）、最外周部の差し角（削孔角度）の3つの自動設計技術により、これらの課題を解決します。

概要

○ 最適発破パターンの自動設計

不均質な地山は、場所ごとに岩盤の砕きやすさが異なります。本システムは、コンピュータジャンボを用いて地山を削孔する際に「削孔エネルギー」を計測し、その分布から切羽面の性状を推定します。削孔エネルギーの大きい箇所は切羽の岩盤強度が高いことを意味します。高強度な部分の孔間隔を密にするなど、地山の不均一性に応じて、次の切羽面における孔の数、位置、角度、発破順序の最適な発破パターンを自動で設計します。

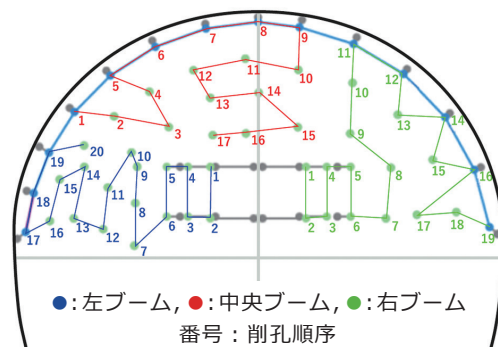


コンピュータジャンボによる削孔状況

○ 最適シーケンスの自動設計

コンピュータジャンボを使用する場合、複数のブーム同士が干渉しないシーケンスを設計する必要があります。一般的には、技術者が専用のプログラムを用いて手動でシーケンス設計を行います。しかし、不均一な地山に対して設計される発破パターンは無数に存在するため、その都度対応するシーケンスを設計することは非現実的です。

本システムは、各ブームが一筆書きでき、かつ干渉しない最短のシーケンスを同時に算出し、最短時間で削孔を完了させるシーケンスを自動で設計することが可能です。突発的な要因によって想定よりも多くの削孔時間を要した場合、各ブームのシーケンスをリアルタイムで再計算することが可能です。



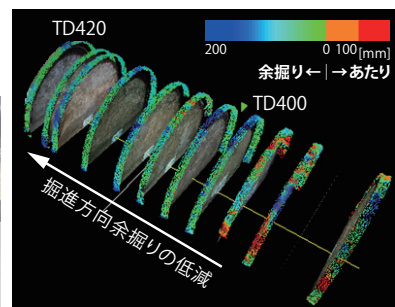
シーケンス設計の結果

○ 差し角（削孔角度）の自動設計

発破後に浮石の除去や土砂の搬出を行って切羽面を露出させた後、車に搭載した3Dスキャナにより切羽近傍の形状を計測します。この計測結果と地山の削孔で得た削孔エネルギーから、余掘り量やあたり量に最も影響を与えるトンネル最外周部における火薬挿入孔の最適な削孔角度を自動で設計します。旧システム「ブラストマスタ」において、掘削サイクルを10回繰り返すことで平均余掘り量が80%近く低減することを確認しています。



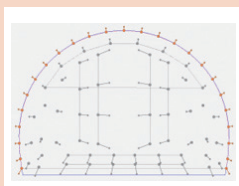
車載型3Dスキャナ



余掘り・あたりの一例

システムのサイクル

余掘りとあたりの分析結果から、最外周部の削孔差し角を自動で算出し設計します。



最外周削孔差し角

04
差し角の
修正設計

01
入力データの
確定と送信

発破パターン、シーケンス、差し角を確定してコンピュータジャンボに送信します。



入力データ送信

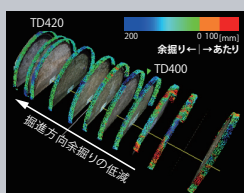
ブラストマスタII

削孔作業により切羽の削孔エネルギー値を取得

03
3Dスキャナ
による
切羽形状分析

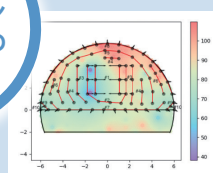
02
発破パターン
シーケンスの
修正設計

発破・ずり出し

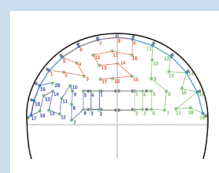


余掘り・あたりの一例

車載型3Dスキャナで切羽近傍の形状を計測し、余掘りとあたりの分析を行います。



発破パターン



シーケンス

削孔エネルギー分布から、発破パターンとシーケンスを自動で修正します。

セミオートコンピュータジャンボにも適用可能

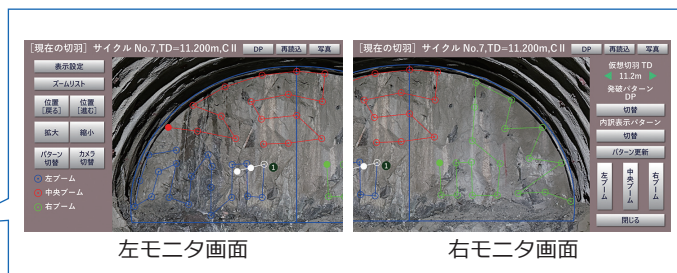
セミオートコンピュータジャンボを使用する場合、運転席に設置するモニタに、車体に設置したカメラの切羽映像上に削孔位置、角度、挿入深さがAR表示され、オペレータはモニタ画面を見ながら操作します。



カメラ設置位置



モニタ設置状況



左モニタ画面

右モニタ画面

運転席のモニタ表示例

導入実績

- ・米子自動車道三平山トンネル工事（鳥取県日野郡 発注者：西日本高速道路株式会社）
- ・令和5年度156号岐阜卓BP清水山トンネル工事（岐阜県岐阜市 発注者：国土交通省中部地方整備局岐阜国道事務所）