

# 最適発破自動設計施工システム



## 地山性状データに基づく最適な発破設計・穿孔作業を自動化

本システムは、古河ロックドリル(株)、(株)演算工房、(株)ジャペックスとの共同開発技術です

特許出願番号：2022-208762

### 概要

前サイクルで取得した穿孔エネルギー値から地山の硬軟を解析し、発破パターンを設計。  
フルオートコンピュータジャンボを用いて、最適なプランで穿孔するまでの作業を自動化したシステムです。

## 開発の背景

山岳トンネル工事における発破掘削では、トンネルの安定性確保や効率的な施工のため、「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重要です。しかしながら、発破パターンの設計は熟練技能者の経験や感覚に頼っているのが現状です。

今後の熟練技能者不足への対応に加え、発破掘削の機械化・自動化による生産性向上を図るため、穿孔時に自動収集される穿孔エネルギー値から、自動で最適な発破パターンを設計するシステムを開発しました。

## システムの仕組み

本システムでは、プログラミング制御が可能なフルオートコンピュータジャンボを使用します。

前サイクルの穿孔時に収集した穿孔エネルギー値を解析し、地山の硬軟を判定。切羽を5つの領域に分割し、最適な発破パターンを設計します。フルオートコンピュータジャンボは発破パターンに対応するドリルプランを自動で選定し、穿孔します。

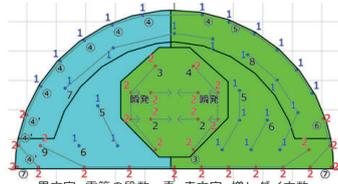
### 設計 (PC)

#### 2 発破パターン (ゾーン図) の自動設計

各エリアの硬軟の組合せから、最適な発破パターン(穿孔数と位置、各装薬孔の雷管の段数と増しダイ本数)を自動で設計

エリア	A	B	C	D	E
判定	1	2	1	2	1

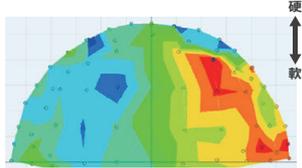
**発破パターン**  
軟硬 3段階・5エリア  
= 3×3×3×3×3  
= 243通り



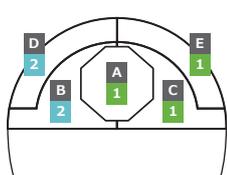
発破パターン  
自動送信

#### 1 穿孔エネルギー値を解析し、地山の硬軟を判定

1. 地山のエネルギー分布を作成



2. 切羽を5つのエリア(A~E)に分割し、硬軟を判定



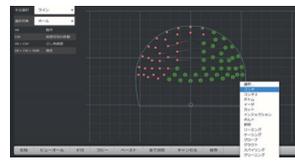
地山の硬軟 岩区分 (進行長)	穿孔エネルギー値		
	大	中	小
CI (1.5m)	0	1	2
CII (1.2m)	0	1	2
DI (1.0m)	0	1	2

収集データ  
自動送信

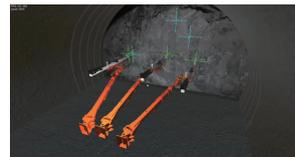
### 施工 (フルオートコンピュータジャンボ)

#### 3 発破パターンに対応したマシンコントロールの自動選択

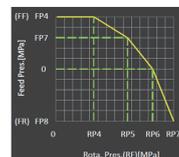
ドリルプラン  
(発破パターンに基づく  
穿孔位置座標の設定)



穿孔プラン  
(穿孔順序の設定)

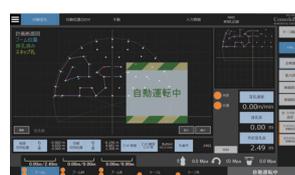


ドリフト設定  
(フィード・回転圧などの設定)



#### 4 フルオート穿孔 (プログラミング制御)

穿孔エネルギー値を  
自動収集



## 実証結果

東海北陸自動車道真木トンネル工事において、最適発破自動設計施工システムを適用し、従来通り人が行う穿孔・装薬作業と、最適発破自動設計施工システムを用いる穿孔・装薬作業を比較しました。

### ○余掘り量、アタリ量が低減

適切な発破設計により余掘り量が41.4%、アタリ量が69.3%低減し、吹付け材料費が26%低減しました。

### ○火薬使用量が減少

装薬量の最適化により、火薬材料費が7%低減しました。

### ○サイクルタイムを短縮

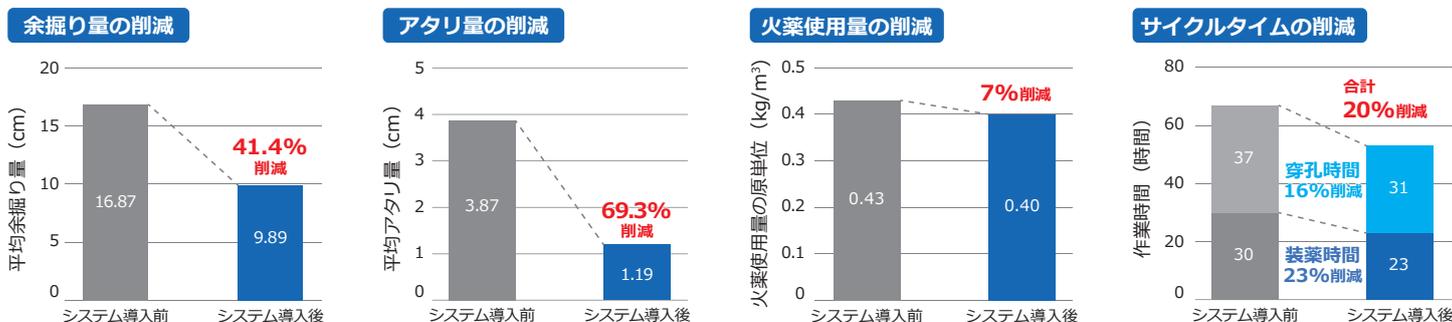
穿孔作業の自動化により穿孔時間が16%短縮、装薬量の最適化により装薬時間が23%短縮しました。その結果、サイクルタイムが約20%短縮しました。

### ○作業員の負担が軽減

使用する各装薬孔の雷管の段数と増しダイ本数はシステムにより自動で計算・集計。タブレット上に共有されるため、火薬取扱作業員の作業負担が軽減しました。

### ○トンネルの品質と耐久性を向上

余掘り量、アタリ量が減少することでトンネル掘削面が平滑化され、トンネルの品質と耐久性が向上します。



## 適用工事

- ・東海北陸自動車道 真木トンネル工事（発注者：中日本高速道路株式会社）



フルオートコンピュータジャンボによる穿孔状況



フルオートコンピュータジャンボのワンマン施工状況



フルオートコンピュータジャンボに搭載されたナビゲーション画面