

大林組の山岳トンネル最新技術

OBAYASHI
TUNNEL WORLD

はじめに

近年人口減少や高齢化が進む中、技術者や熟練技能者が不足する事態に備えて働き方改革や生産性向上が不可欠です。また、山岳トンネル工事は、切羽に近づいての作業が多いため、肌落ち災害のリスクがあり安全対策が必要になります。

これらのニーズを背景に、大林組は山岳トンネル工事のすべての作業の遠隔化・自動化を図り、**安全と品質、生産性を飛躍的に向上させる統合システム「OTISM（オーティズム）」**の開発に取り組んでいます。

OTISMはトンネル掘削、覆工、計測・評価の3つの分野で構成されます。



オーティズム
OTISM
Obayashi Tunnel Integrated System

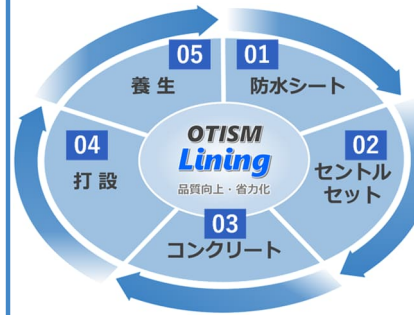


トンネルを知ろう **OBAYASHI TUNNEL WORLD**
<https://www.obayashi.co.jp/tunnelworld/>



覆工

トンネルの最終仕上げである覆工の品質向上、省力化を実現する 「OTISM/LINING」



覆工は、掘削したトンネル壁面と型枠の間の狭い空間に、アーチ状にコンクリートを打設する作業です。
「OTISM/LINING」は、覆工作業の主な5つの各工程の非効率、苦渋作業、品質低下リスクを抽出、それらを解決する技術を統合し一連の覆工作業をすべて改善することを目指します。

トンネル掘削

トンネル掘削作業の安全性向上、省人化を実現する 「OTISM/TUNNELING」

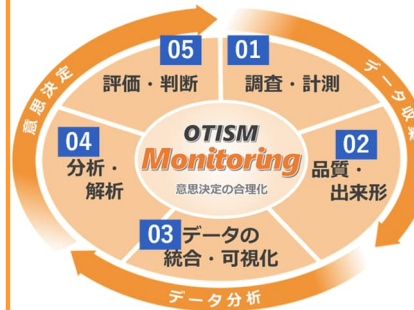


トンネル掘削作業は岩盤が露出する切羽に近接した作業となります。

「OTISM/TUNNELING」は、トンネル掘削の5つの各工程の特性に応じた施工機械・工法を導入し、作業員を切羽から遠ざける「遠隔化」、危険な作業は機械に任せる「自動化」で安全の確保と省人化の両立を目指します。

計測・評価

トンネル施工時の計測・評価から意思決定を合理化する 「OTISM/MONITORING」



計測・評価は、前方探査や計測で地山の状態を確認し、断層や湧水の範囲を特定します。従来はこれらの結果から、発注者施工者ともに、ベテラン技術者個人の知識や経験で支保パターンや補助工法を提案していました。
「OTISM/MONITORING」は計測・評価を5つの項目に区分し意思決定を合理化します。本システムはICT・ロボット・AIを活用し、発注者や有識者を含めて評価・分析し、支保パターンや補助工法などを決定するものです。



MAKE BEYOND つくるを拓く

お問い合わせ先：大林組 土木本部 生産技術本部 トンネル技術部

tel：03-5769-1319

OTISM/TUNNELING (トンネル掘削)

トンネル掘削作業の安全性向上、省人化を実現する

01 穿孔・装薬

名称 『コンピュータジャンボ』

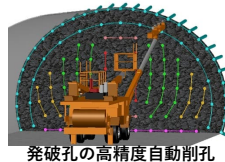
概要 全自動削孔および削孔中の作動油圧や削孔速度などの各種データの自動収集が可能な油圧削岩機

効果

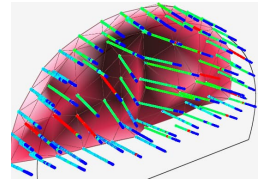
- オペレータ1人が3ブームを同時に操縦できる ⇒ **省人化**
- 発破孔を高精度に自動削孔する⇒余掘り・掘残し低減
- 削孔データから地山を3次元で情報化し、切羽の安定性を予測評価 ⇒ **安全性向上**

実績

- 令和4年度 三遠南信6号トンネル工事
- 中央新幹線第四南巨摩トンネル新設(東工区)



発破孔の高精度自動削孔



削孔データの自動取得・3次元情報化

01 穿孔

名称 最適発破パターン回帰システム『ブラストスキルAI®』

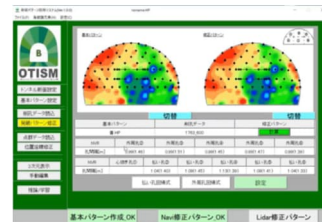
概要 これから穿孔する切羽の写真から AI により地山評価を行い、地山の硬軟と形状に応じた発破パターンを作成

効果

- 最適発破パターンにより安定した発破が可能⇒**生産性向上**
- コンピュータジャンボの組み合わせにより、自動化⇒**省人化**

実績

- 国道429号道路新設改良工事(榎峠トンネル(仮称))



切羽写真のAIによる地山評価イメージ

01 装薬

名称 『遠隔装填システム』 ・切羽直下に立ち入らない装薬、結線作業を目指します。

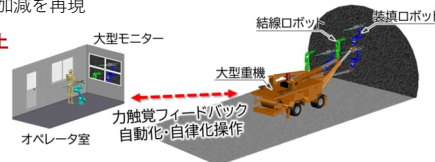
概要 大型重機に搭載した装填ロボットを、切羽から離れたオペレータが遠隔操作。装填ロボットをリアルハプティクス技術により力加減を再現

効果

- トンネル坑外・安全な場所での装填が可能 ⇒ **安全性向上**
- 触覚の再現による遠隔装填 ⇒ **安全性向上**
- ロボットの自動操作 ⇒ **生産性向上**

実績

- 現場実験 (令和4年度 三遠南信6号トンネル工事)



遠隔装填・結線システムイメージ

02,03 掘削作業の出来形を定量化

名称 リアルタイム出来形計測システム

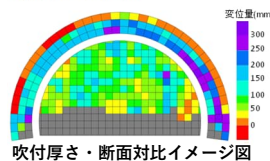
概要 台車に搭載したLiDARにより掘削時や吹付け時に断面形状や吹付厚の出来形をリアルタイムに計測し、点群データを評価する技術

効果

- 従来の目視による出来形管理を定量化 ⇒ 切羽の **出来形確保**
- 切羽から離れた出来形管理 ⇒ 切羽作業時の **安全性向上**

実績

- 磐越自動車道宝珠山トンネル工事



吹付厚さ・断面対比イメージ図



LiDAR搭載した台車

03 吹付けコンクリート

名称 『遠隔吹付けコンクリート』

概要 出来形監視UGVを使用し、遠隔地で吹付状況を確認しながらコンクリートを吹付けるシステム。吹付面とノズルの距離を一定に保つ輪郭・平面同調システムも搭載

効果

- 切羽直近での作業なし ⇒ **安全性向上**
- 吹付面とコンクリート吹き出しノズルの距離を一定に保つ輪郭・平面同調システムにより吹付機の操作が簡易 ⇒ **省力化**
- カメラで判断できない遠近感を輪郭同調で代用 ⇒ **ICT化**
- 遠隔作業で粉じん粉じん渦作業なし ⇒ 作業環境改善

実績

- 磐越自動車道宝珠山トンネル工事



遠隔吹付け状況



輪郭同調システム概念図

04 支保工建込み

名称 『クイックテレクター®』

概要 専用エレクターとガイダンスシステムを搭載した重機で、支保工を所定の位置に高精度に建て込むシステム。支保工の天端継手にはワンタッチジョイント、既設支保工との繋ぎ材にはSZブラケットを採用し、重機からの遠隔接続が可能

効果

- 切羽直近の作業は0人となる ⇒ **安全性向上**
- 建込作業人員を5人から3人に削減 ⇒ **省人化**

実績

- 磐越自動車道宝珠山トンネル工事
- 舞鶴若狭自動車道三国岳トンネル工事



クイックテレクターの構成



自重受け繋ぎ材「SZブラケット」設置状況

05 ロックボルト打設

名称 『ロボルタス®』

概要 遠隔操作でロックボルトの削孔、モルタル注入、ロックボルト挿入の一連作業を行う専用機

効果

- 切羽直近の作業は0人となる ⇒ **安全性向上**
- ロックボルトの作業人員を5人から3人に削減 ⇒ **省人化**
- タブレットによるボタン操作のみで施工可能 ⇒ 個人の技量によらず高い生産性と品質を確保

実績

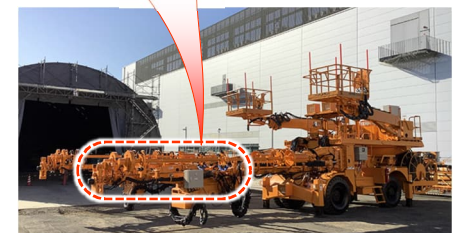
- 道路改築工事 (大滝トンネル本体工)



ガイドセル



タブレット操作画面



ロボルタス全景

OTISM/LINING（覆工）

トンネルの最終仕上げである覆工の品質向上、省力化を実現する

00 打継ぎ部付着防止材

NETIS登録番号 KK-240023-A

名称 『セバリートコート®』

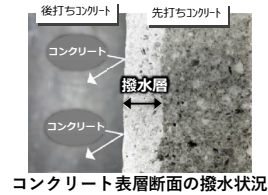
概要 打継ぎ部に塗布することで、撥水性の高い付着防止層をコンクリート表面に生成し、コンクリート同士の付着を防止する液体材料

効果

- 温度変化や乾燥収縮によるコンクリート打継ぎ部のひび割れを起因とするコンクリートの剥落を防止
⇒ **品質向上**
- 塗布直後はコンクリート表面の色が変わり、乾燥後は無色になり外観への影響なし。成分が溶出しなため水路トンネルへの適用も可能

実績

- 道路改築工事（大滝トンネル本体工） 他3件



コンクリート表面断面の撥水状況



刷毛によるセバリートコートの塗布状況

01 防水シート

NETIS登録番号 HK-220011-A

名称 『長尺スラックシート®システム』

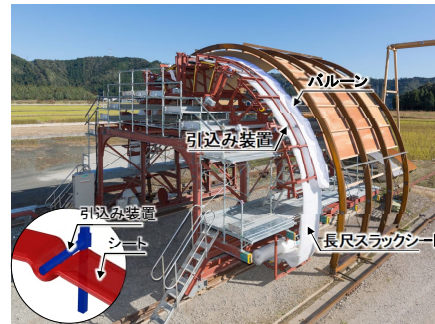
概要 幅10.5mの長尺防水シートを採用し、膨らませたバルーンでシートを壁面に押し付けながら作業台車を前進させ展開するシステム

効果

- 独自の展開システムと引込み装置で凹凸に追随した張り付けが可能。余裕量を管理できるので防水シートの材料ロスを削減
⇒ **生産性向上、コスト削減**
- 幅10.5mの長尺防水シートのため、現場での溶着が従来の1/5に削減され、防水が確実 ⇒ **品質確保**

実績

- 松山自動車道 明神山トンネル
- すさみ串本道路 高富トンネル 他1件



長尺スラックシート®システム全景

02 セントルセット

NETIS登録番号 KT-230124-A

名称 『セントル自動セットシステム』

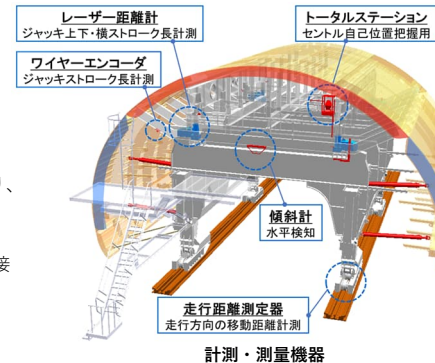
概要 一回のボタン操作で、セントル（型枠）の「位置」と「姿勢」を把握し、次に打設する位置に自動で移動、据え付けるシステム

効果

- 熟練技術のICT化による操作・調整の高度な制御により、作業人員と作業時間を従来の1/3に削減
⇒ **省力化・省人化**
- センシング技術の活用により、既設コンクリートとの接触や据付け誤差による不具合のリスク低減
⇒ 高い品質を確保

実績

- 東海環状自動車道柿田トンネル 他2件



計測・測量機器

03 コンクリート

NETIS登録番号 KT-200006-VE

土木学会技術開発賞 受賞

名称 高流動コンクリート『ニューロクリートNeo®』

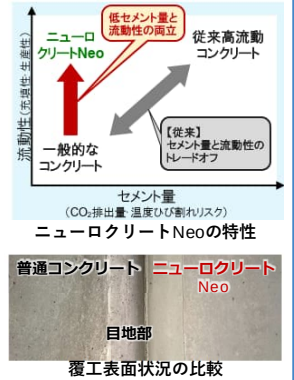
概要 特殊増粘剤を使用し、普通コンクリートと同程度のセメント量で、高い流動性と自己充填性を確保した高流動コンクリート

効果

- 締固め作業が不要 ⇒ **省力化・省人化**
- 高い流動性と自己充填性があるので、覆工表面のあばた、砂すじ、打重ね線、色むらなどが低減し、出来映えが向上
⇒ 覆工コンクリートの **品質向上**
- セメント量を増量しないので、ひび割れの発生を抑制
⇒ 覆工コンクリートの品質確保
- 従来の高流動コンクリートより低コスト

実績

- 安芸バイパス久井原トンネル 他17件



04 打設

NETIS登録番号 KT-200106-A

土木学会技術開発賞 受賞

名称 『ホース伸縮式自動打設システム』

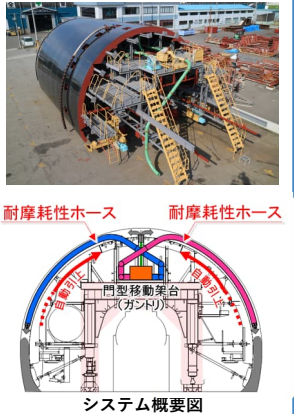
概要 覆工コンクリートの打ち上がり高さ検知センサーと連動して、左右一列に配置した打設用の耐摩耗性のホースの引き上げ・打込みポンプ・左右バルブ切替え・締固めの一連作業を自動化するシステム

効果

- 適切な落下高で打設するので、材料分離や余剰空気巻き込みを防止。連続打設によりコールドジョイントの発生リスクを低減。
⇒ 覆工コンクリートの **品質向上**
- 打込みポンプ・左右バルブ切替え・ホース引き上げ・締固めの一連作業を自動化。
⇒ **省力化**
- 覆工打設の作業人員を1/3に削減
⇒ **省人化**

実績

- 東海環状自動車道 柿田トンネルトンネル 他1件



05 養生

名称 『モイストキュア®』

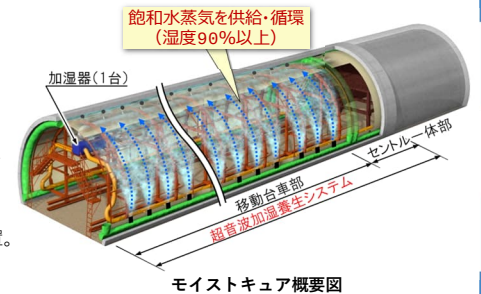
概要 脱型後の覆工コンクリート表面に養生シートによって密閉空間を作り、そこに超音波加湿器で生成した飽和水蒸気を供給・循環することで高湿度状態に維持し、覆工コンクリートを養生するシステム

効果

- 乾燥収縮や温度ひび割れを抑制。高湿度を保つことでコンクリートが緻密化
⇒ **品質・耐久性の向上**
- 自動運転制御機能を備えた加湿器を一箇所に集約配置。管理、メンテナンス手間軽減
⇒ **省力化**

実績

- 金沢東環 月浦トンネル 他50件以上



掘削サイクル：削孔・装薬 ⇒ ずり出し ⇒ 吹付けコンクリート ⇒ 支保工建込み ⇒ ロックボルト打設 ⇒ 計測A・B

04

01-1

01-2

02

02

02

01-3

03

05

01-1 NETIS登録番号 KK-250001-A (トンネルナビ3D) KT-190036-A (水圧ハンマーナビ) 掘削サイクル施工前の調査 (前方探査)

名称

ノンコア削孔切羽前方探査 『トンネルナビ3D』
『水圧ハンマーナビ』

概要

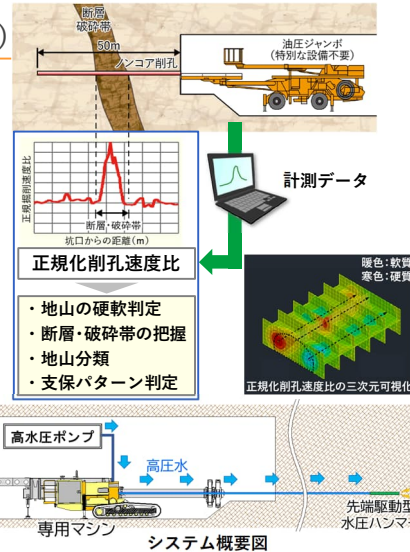
ドリルジャンボに搭載するドリフター (50m) や専用ボーリングマシン (150m) により切羽前方をノンコアで削孔し地山性状を探査する技術

効果

- 削孔時のデータから高精度で地山等級を予測し、最適な支保パターン・補助工法の判定に寄与 ⇒ **品質向上**
- 切羽崩落や突発湧水を未然に防止 ⇒ 切羽の**安全性向上**
- 切羽での作業時間を最短化 (約50m/3時間)
- 専用機により150mの探査も可能 (水圧ハンマーナビ)
⇒ 短尺から長尺までの探査範囲をカバー

実績

- 北陸新幹線新北陸トンネル (奥野々工区)
- 北海道縦貫自動車道七飯町大沼トンネル避難坑西大沼工区
- 金沢東環 月浦トンネル工事 他実績多数



01-2 NETIS登録番号 KT-190056-A 掘削作業時の落石検知

名称

切羽崩落検知システム『ロックフォールファインダー®』

概要

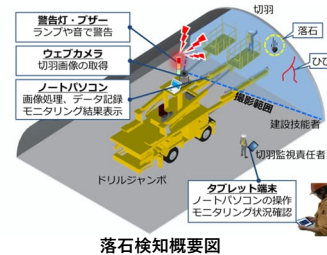
ビデオカメラで切羽を常時撮影し、画像認識技術 (背景差分法) で現在と約0.1秒前の画像を繰り返し比較することにより、切羽崩落の予兆となる落石や鏡吹付けのひび割れをリアルタイムに検知するシステム

効果

- 小さな落石やひび割れを、発生から0.5秒以内に検知し、警告灯とブザーで警告
⇒ 切羽の**安全性向上**

実績

- 新東名高速道路 高取山トンネル東工事 他7件



02 掘削作業の出来形を定量化

名称

リアルタイム出来形計測システム

概要

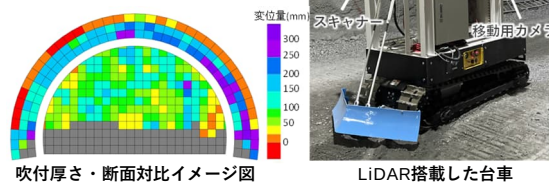
台車に搭載したLiDARにより掘削時や吹付け時に断面形状や吹付け厚の出来形をリアルタイムに計測し、点群データを評価する技術

効果

- 従来の目視による出来形管理を定量化
⇒ 切羽の**出来形確保**
- 切羽から離れた出来形管理
⇒ 切羽作業時の**安全性向上**
- 遠隔化技術・自動化技術との連携

実績

- 磐越自動車道宝珠山トンネル工事



01-3 掘削による挙動計測 (地山挙動計測)

名称

地山挙動計測 『先行天端沈下計』 『二軸先行変位計』
『三軸地中変位計』 『インバート変位計』

概要

加速度式の傾斜計やエンコーダを長尺先受け工の鋼管の中に設置し、掘削に伴う切羽前方地山の崩落の予兆や近接構造物の挙動を監視する技術

効果

- 前方地山の挙動をリアルタイムに計測⇒切羽の**安全性向上**
- 小土被り・近接構造物背面の地山挙動の監視
⇒ 近接構造物の**品質向上**

実績

- 磐越自動車道宝珠山トンネル工事
- 北海道新幹線立岩トンネル (山崎)
- 金沢東環 月浦トンネル工事 他実績多数

03 日常管理の一元化

名称

計測web管理システム

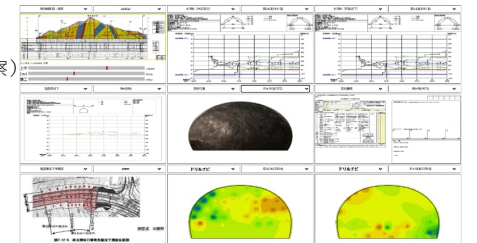
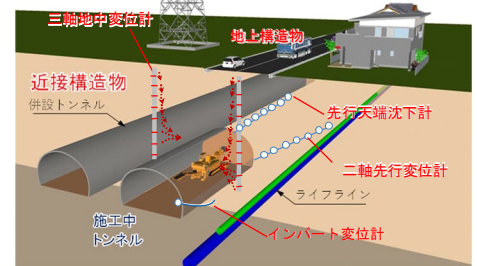
概要

山岳トンネルの日々の計測管理 (計測A・計測B・切羽観察) をweb上に一元化する技術

効果

- 日々の計測データを計測後、自動で共有
⇒ 変状状況の共有⇒対策工の**早期検討**
- コンピュータージャンボの削孔データの見える化
⇒ 切羽観察とICTの**比較**
- 道路改築工事 (大滝トンネル本体工)
- R4国道20号新笹子トンネルその1工事

実績

NETIS登録番号KT-180071-VE (先行天端沈下計)
KT-190071-A (三軸地中変位計)
KT-180074-A (インバート変位計)

05 NETIS登録番号KT-200050-A (AIによる山岳トンネル切羽評価) AIによる地山・岩種評価

名称

『AIによる山岳トンネル切羽評価』 『岩種判定システム』

概要

地質の専門家の知識と経験を組み込んだAIを利用して切羽の写真で岩盤強度、風化変質、割目状態など7項目の切羽を評価、岩塊の写真で岩種の判定を行うシステム

効果

- 現場技術者の力量によらず、高精度で評価・判定ができ、支保パターン・補助工法の判定に寄与 ⇒ **品質向上**
- 素早い解析 (解析時間1項目あたり約30秒) ⇒ **省力化**
- 冠山峠道路第2号トンネル 他10件

実績

04 NETIS登録番号KK-250010-A 掘削作業の分析

名称

作業状況の分析『CyclEye』

概要

山岳トンネルの施工時の動画データと音声とAIで分析し、建設機械の配置や現在の作業、サイクルタイムなどを自動に把握する技術

効果

- AIによるサイクルタイムの見える化
⇒ 無駄を省いて**生産性向上**
- ダンプの台数管理⇒管理の**省力化**

実績

- 磐越自動車道宝珠山トンネル工事
- 道路改築工事 (大滝トンネル本体工)

