

地盤改良関連技術

機械攪拌式地盤改良工法「WinBLADE®」

地盤改良技術「グランドフレックスモール®工法」

液状化解析関連技術

液状化を考慮した地震応答解析技術

液状化地盤の3次元簡易変形予測技術

大成式ハイブリッド液状化対策

トンネル関連技術

大変形・湧水対応型ロックボルト施工法「T-Flexible® Bolt」

トンネル切羽先行変位計測「TN-Monitor®」

トンネル湧水測定技「T-DrillPacker」

トンネル湧水対策シミュレーション技術「T-WELL_FLO®」

ダム関連技術

オンサイトにおけるダム骨材の簡易迅速評価

クローラドリルの穿孔エネルギーによる岩級判定

ICT施工関連技術

切羽プロジェクションマッピング

坑内計測省力化無線システム「T-RIPPASM」

締固め度計測システム「T-iCompactionSM」

既設建物直下地盤の補強など、様々な施工形態に対応した地盤改良工法です。

お客様のメリット

- 従来の鉛直方向施工に加え、様々な角度の斜め方向による地盤改良施工が可能です。
- コンクリートスラブや高規格舗装など既存施設を撤去することなく直下地盤の補強が可能です。
- 適用条件に応じた最適な施工形態の選択により、確実かつ効率的な改良体造成が可能です。

技術の特徴

既存構造物直下地盤の補強など特異条件下での施工が可能

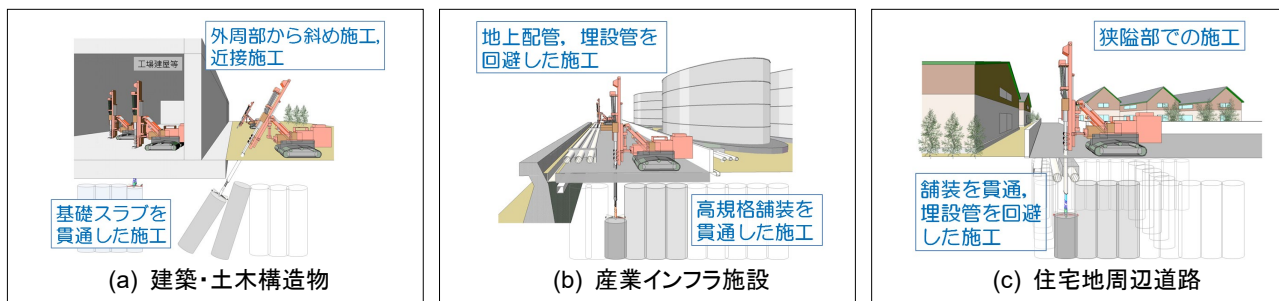
WinBLADE は、拡径・縮径が可能な小型の攪拌翼で、地中の土と注入したセメントミルクを攪拌して改良体を造成する機械攪拌式の地盤改良工法です。攪拌装置が小型であることから、盛土法面に沿った斜め方向など、既存構造物の条件に合わせた地盤改良施工が可能です。また、配管などの地中埋設物を回避した施工や、コンクリートスラブ・高規格舗装などの表層施設を大々的に撤去することなく直下地盤の改良施工が可能です。



WinBLADE 標準施工機械及び拡径・縮径型攪拌翼

適用条件に応じた施工形態を提供

WinBLADE を搭載する地盤改良機は、「斜め施工」、「建物内での施工」、鉛直方向に限定する「効率重視の施工」に適した 3 種の方法から選択できます。それぞれ、WinBLADE 専用の制御・モニタリングシステムを搭載し、確実な改良体造成施工を行います。

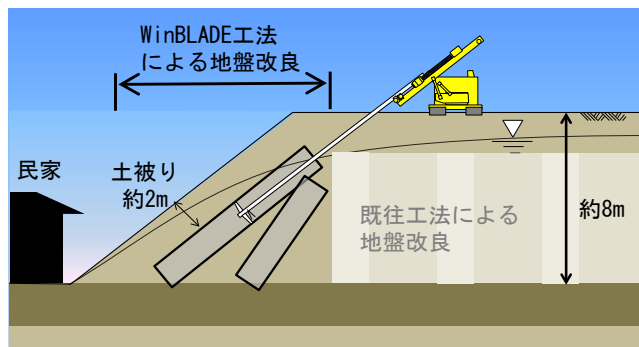


WinBLADE の適用例

実績・事例



既設建物内での施工
(φ 800mm、最大長さ 8m、計 8 本を施工)



民家に隣接した法面付近での地盤改良
(φ 1200mm、最大長さ 7m、計 150 本を施工)

自在ボーリングと注入工法を融合した既設構造物直下向けの地盤改良技術です。

お客様のメリット

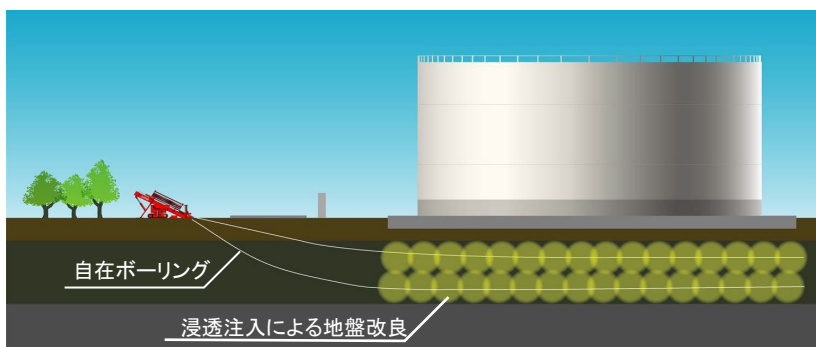
- 既存施設の利用を妨げることなく、基礎地盤の液状化対策や耐震補強を施せます。
- 立坑から水平ボーリングを行う従来工法に比べて、工期・工費を削減できます。
- 施工時の作業用地が小さいため、狭隘な場所でも施工が可能です。

技術の特徴

巨大地震時の防災・減災に向け、沿岸インフラ施設の耐震補強が推進されていく中、既存構造物直下の地盤に対する液状化対策、地盤補強の重要性が高まっていると言えます。そのための従来工法としては、構造物の利用を中止し一部を撤去して上部から施工する、あるいは隣接して設置した立坑からの水平ボーリングを利用して薬液注入を施す、などが挙げられます。

これに対して、グランドフレックスモール工法では、方向制御が可能な自在ボーリング技術を利用することが特徴です。削孔中のロッドの位置は、電磁誘導方式を用いたロケーター、および挿入式ジャイロを利用して確認しながら、計画線に沿って改良範囲を横断するようボーリングを行います。その後、削孔管を通して注入管を敷設し、順次、薬液注入により固化改良体を形成します。

注入薬液は水に近い性状で、地盤中を浸透して広がった後、固化します。地盤を掘削、攪拌することがないので、上部の構造物の供用に支障をきたさず地盤の変状を伴わず、通常利用しながらの施工が可能です。



工法イメージ



試験施工で確認した注入改良体

実績・事例

グランドフレックスモール工法は 2009 年より本格的な実適用が始まり、これまで石油、化学原料等の貯蔵タンク下の液状化対策工事を中心に多くの実績を挙げています。また、巨礫混じり地盤内にできた緩み領域にセメントミルク注入を行う地盤補強や、揮発性有機化合物による汚染地盤に空気注入を行う土壌浄化に応用した適用例もあります。



施工状況

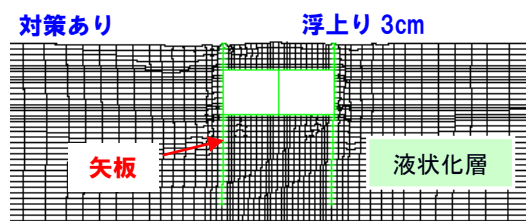
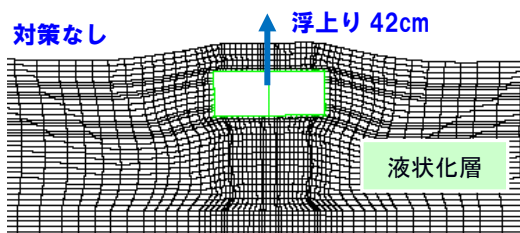
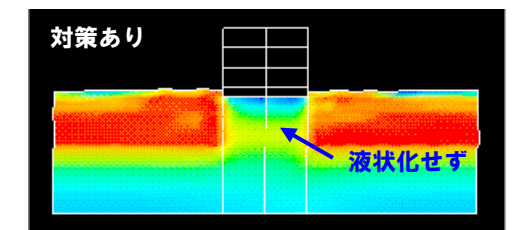
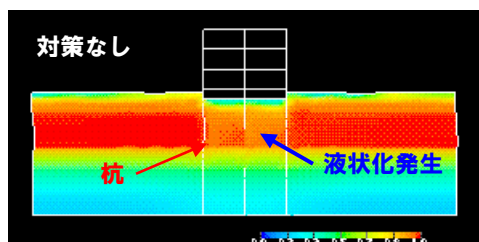
地盤の液状化現象を時々刻々シミュレートし、土木構造物や建物の安全性を確保します。

お客様のメリット

- 建設予定の敷地地盤が地震時に液状化するかどうか、事前に判断することができます。
- 液状化した場合の構造物の被害や地盤の変形を予測することができます。
- 液状化対策を施した場合の効果を定量的に確認し、経済的な仕様を選定できます。

技術の特徴

地震時の地盤の液状化現象を時々刻々シミュレートすることができるコンピュータを用いた数値解析技術です。液状化地盤では、地震の揺れに伴って地下水の圧力が徐々に高まり、地盤が柔らかくなって大きく変形するようになります。この解析では、計画地点や敷地ごとに想定される地震動が作用した際の地下水圧の上昇や地盤の剛性・強度の低下を高精度に追跡することができます。その結果、地中のどこがどの程度液状化するのか、そこにある構造物がどのような影響を受けるのかが分かります。さらに、構造物を守るために必要な液状化対策を考慮した解析を実施することにより、安全かつ経済的な液状化対策の仕様を選定することができます。



解析例 1 建物直下を締固め工法により対策
締固めにより直下地盤が液状化しなくなり、杭の安全性が確保されることを確認

解析例 2 地中ダクト側部に矢板締切り対策
液状化した土が地中ダクト直下にまわりこむのを矢板が遮断し、浮上がりを防止することを確認

実績・事例

TDAP-SD、LIQCA(大成バージョン)の二種類の解析プログラムを保有しております。いずれも、2次元解析と3次元解析が実施可能です。建物から土木構造物まで、さまざまなタイプの構造物や液状化対策に適用実績があります。

	建築	土木
構造物例	・庁舎、病院、工場、集合住宅、倉庫など 2次元 30件以上、3次元 3件	・2次元 護岸 6件、杭 4件、ダクト 3件、タンク 4件 ・3次元 タンク 2件
対策例	・締固め、格子状地盤改良、杭の安全性	・締固め、浸透固化、地下水位低下、杭の安全性

(注)この表には FLIP による解析事例は含めていません。

3次元の解析モデルを用い、液状化した地盤の変形量を短期間で予測します。

お客様のメリット

- 地盤に関する情報が乏しい計画段階でも、液状化による地盤変形を評価できます。
- 液状化対策の工法選定や仕様検討をより短期間でおこないます。
- 地盤と構造物を3次元モデルで評価するため、液状化対策の信頼性が高まります。

技術の特徴

背景と目的

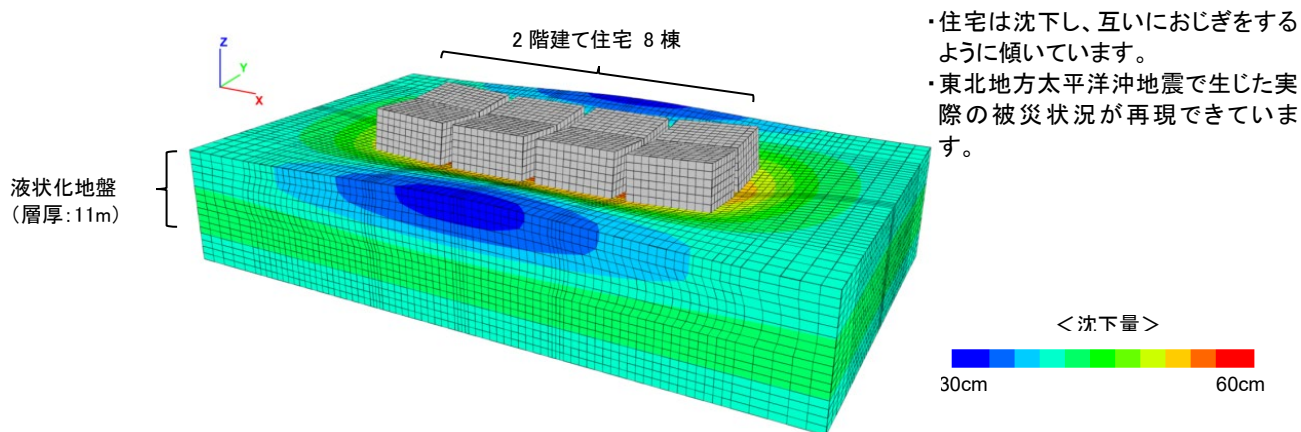
地震で地盤が液状化すると、地盤は非常に柔らかくなり、地上にある構造物が沈下したり、地中構造物が浮き上がったり、護岸が側方に移動したりする被害が生じます。また、地震後には地表面そのものが大きく沈下します。したがって、液状化を考慮して構造物を計画・設計するためには、液状化に伴う地盤の変形を正確に予測することが重要となります。地盤の残留変形を予測する静的な解析手法として、2次元の解析プログラム「ALID」*がすでに実用化されており、河川堤防の耐震設計などに適用されてきました。
(※ALIDは東京電機大学・安田進教授が開発したプログラムです。)

概要

本技術は、ALIDの地盤変形解析機能を汎用3次元解析プログラム「FLAC3D」に組み込み、液状化地盤の変形を3次元的に予測できるように機能拡張したものです。

特長

地層構成や構造物の形状・配置を3次元でモデル化できるため、2次元解析と比べて変形の予測精度が向上し、より効果的な液状化対策が選定できます。また、解析条件が比較的簡便に設定できるため、地盤や地震動などの詳細な情報に乏しい計画・基本設計段階から適用可能です。3次元動的解析手法を用いる場合と比較すると、液状化対策に関する検討期間が大幅に短縮できます。



近接した戸建住宅の液状化に伴う不同沈下の被災事例解析

実績・事例

本技術の適用性や有用性は、以下のシミュレーションとケーススタディを通じて確認しています。今後は、国土強靱化に関連して臨海部のコンビナートなどの液状化対策工に適用していく予定です。

- 2011年東北地方太平洋沖地震における戸建住宅の被災事例シミュレーション
- 地下水位低下工法に関する遠心模型実験のシミュレーション
- 薬液注入工法や格子状地盤改良工法の変形抑制効果に関するケーススタディ

格子状改良体のせん断変形抑制効果と建物荷重の拘束効果を併用した液状化対策です。

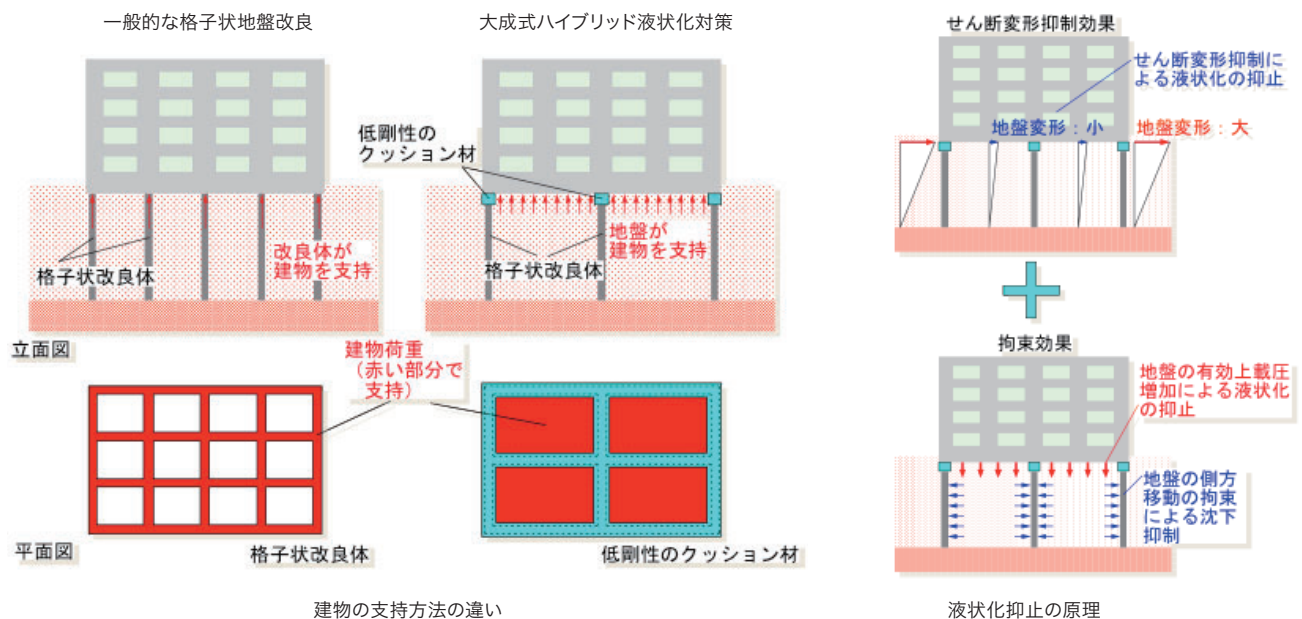
お客様のメリット

- 地盤改良体数量の削減によるコストダウンが可能です。
- 地盤改良体施工の工期短縮が可能です。
- 杭基礎から直接基礎に変更できる場合があります。

技術の特徴

地震時に液状化する可能性のある地盤に建物を建てる場合、液状化による被害を防ぐ対策が必要です。一般的に用いられる工法として、①格子状地中壁を構築して地盤のせん断変形を抑制する格子状地盤改良工法、②地盤の密度を上げて液状化強度を上げる締固め工法、③薬液を浸透させて地盤の間隙をゼリー状のものに置き換える薬液注入工法などがありますが、多くの場合コストが課題となります。そこで、経済的かつ効果的に液状化対策ができる手法を開発しました。

格子状地盤改良による液状化対策地盤に、直接基礎の建物を建てる場合、建物荷重は格子状改良体に支持させるのが一般的でした。一方、大成式ハイブリッド液状化対策では、建物荷重が格子状改良体に囲まれた地盤に直接伝わるようにしています。それによって、地盤改良体によるせん断変形抑制だけでなく、建物荷重による液状化抵抗増大効果を得ることができます。2つの効果を併用しますので、格子状地盤改良のみの対策よりも格子間隔を広くすることができ、コストダウンが可能となりました。



実績・事例

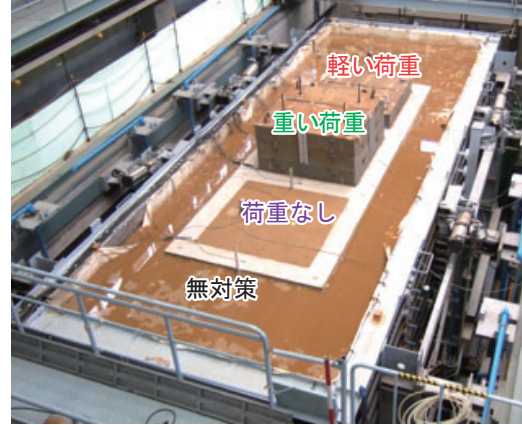
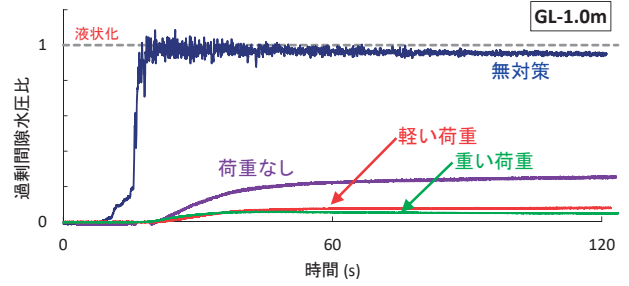
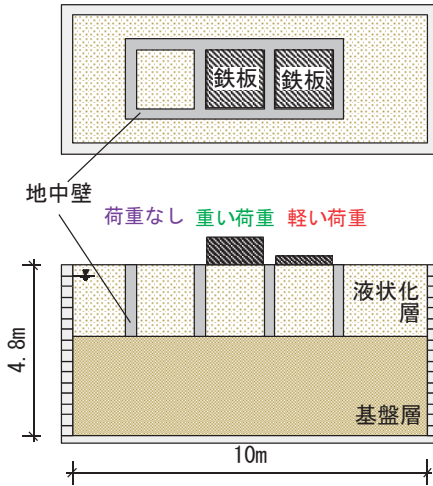
2013年に、建設技術の性能評価機関である一般財団法人ベターリビングから、液状化抑止に対する一般評定を国内で初めて取得しました。一般的な確認申請物件に対しても即時適用可能となっています。

実績・事例詳細

【実証実験】

液状化対策効果を確認するために、大型せん断土槽を用いた振動台実験を実施しました。

格子状地盤改良による液状化抑止効果と、格子内の地盤に構造物荷重をかけることで、その効果がさらに高まることを確認しました。

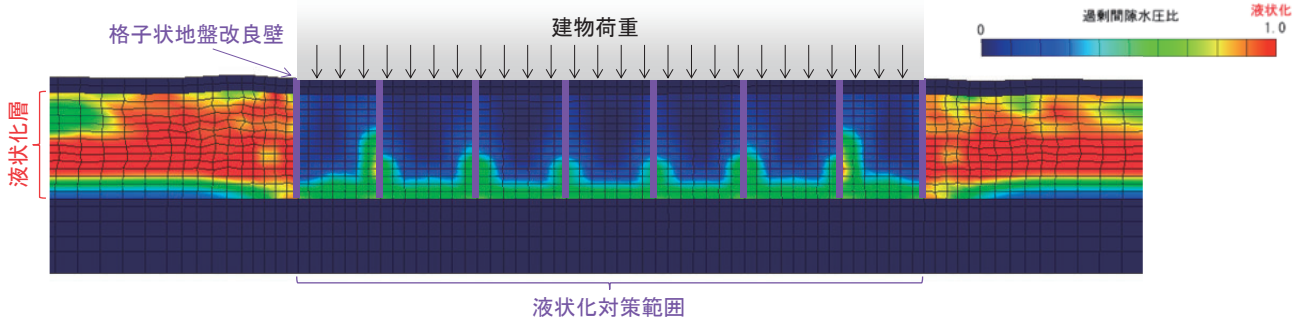


大型振動台実験の状況

【実建物を想定した検討例】

実建물에適用した場合を想定して、有効応力解析による液状化抑止効果の検討を実施しました。建物周辺の地盤では液状化が発生していますが、対策を施した建物直下の地盤では、液状化の発生を抑止できていることが確認できます。

また、液状化発生に対する安全率FLを簡易に算定する評価法も構築済みです。



有効応力解析による検討例

地山条件に応じて注水圧を制御し、支保効果を発揮します。

お客様のメリット

- 大変形を生じる地山条件でも、ロックボルトの破断が生じません。
- 湧水条件下でも使用することができます。
- 従来の鋼管膨張型摩擦式ロックボルトに対するコスト増がほとんどありません。

技術の特徴

T-Flexible Bolt は、株式会社ケー・エフ・シーと共同開発したロックボルトの施工法です。湧水条件下で一般的に使われている鋼管膨張型摩擦式ロックボルトと注水装置に改良を加え、地山条件に応じて、注水圧を段階的に制御しながら、地山に定着させることを可能としました。

(1) 注水圧を制御し、地山の大変形に追従

掘削直後に地山が大きく変形する状態では、本ロックボルトへの注水圧を一定圧力に制御し、地山への定着力を調整することで、支保効果を保ちながら、地山変形に追従して、トンネル周辺の岩盤を保持し続けることができます。

(2) 再注水により、地山変形収束時に確実に定着

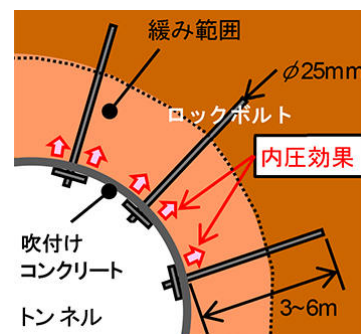
他の支保部材（吹付けコンクリートや鋼製支保工）との複合的な支保効果により、地山変形が収束する段階で本ロックボルトに再度注水・加圧することで、地山への密着を確実にし、最終的にロックボルトの支保効果を最大限まで発揮させることができます。

(3) コスト増加や工程遅延を抑制

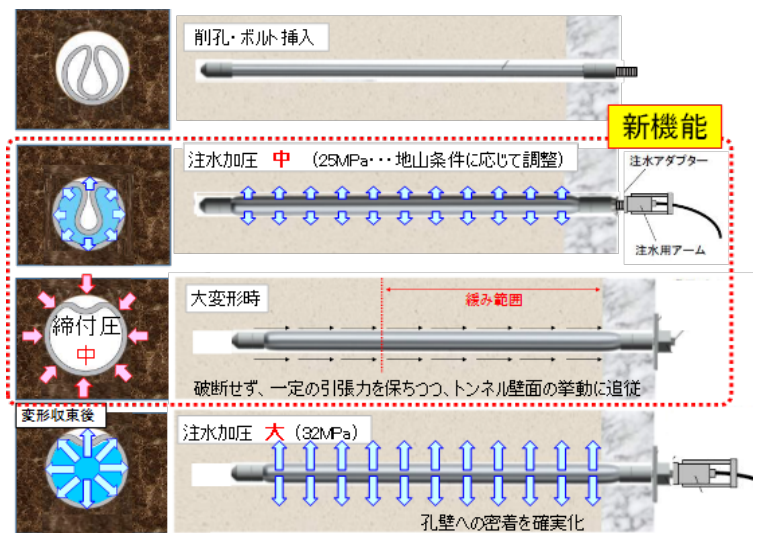
本施工法の適用により、トンネル掘削直後の地山変形が大きな状態でロックボルトの損傷や破断を防止し、破断に伴う再打設などにかかるコスト増加や工程遅延を抑えることができます。また、従来の鋼管膨張型摩擦式ロックボルトを利用しているため、材料費の増加はほとんどありません。

(4) 注水圧を容易かつ柔軟に調整

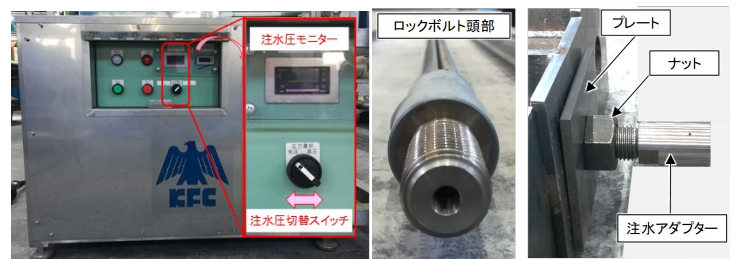
本施工法では、装置の注水圧切替スイッチにより、本ロックボルト内の注水圧を容易に変更することができます。そのため、初期段階における注水圧の高低や再加圧のタイミングは注水圧モニターと地山の変形状況を確認しながら、柔軟に調整することができます。また、ロックボルト頭部に貫通孔を設けていることから、プレートやナットを取り外すことなく、再加圧の作業を実施することができます。



ロックボルトの支保効果



T-Flexible Bolt の施工法



注水装置の改良点

ロックボルト頭部の改良点

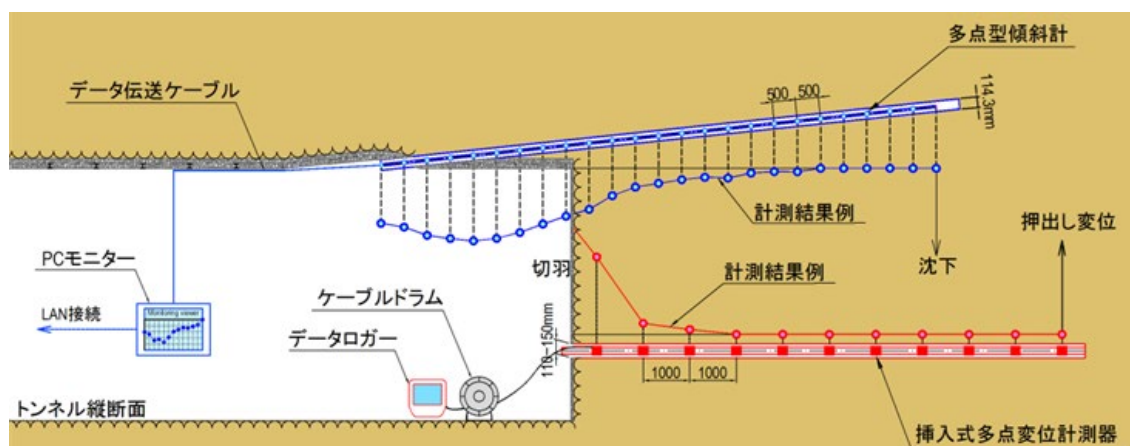
トンネル切羽前方の微小な地盤変形を正確に把握する変位計測システムです。

お客様のメリット

- 切羽前方で生じる微小な地盤の沈下量とトンネル切羽の押し変位量を計測できます。
- 切羽前方での周辺構造物に対する影響監視や軟弱層の早期発見に貢献できます。
- 計測器械は全てトンネル坑内から設置するため、地上からのボーリング等が不要です。

技術の特徴

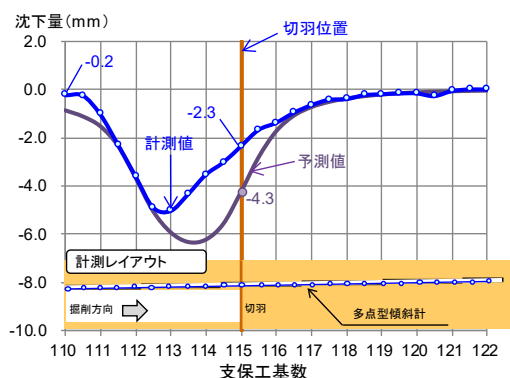
TN-Monitor (Taisei NATM Monitor) は、トンネル坑内から切羽前方に計測器械を設置し、切羽前方の微細な地盤変形を正確に把握する変位計測システムです。掘削に伴う切羽前方の沈下計測には、多点型傾斜計 (SAA) を、切羽前方の押し変位の計測には挿入式多点変位計 (T-REX) を用います。掘削による影響を切羽到達前から監視することができるため、特に、トンネル近傍に多数の既設インフラ構造物が存在する都市部での山岳トンネル工事など、綿密な計測が必要とされる場合に有効です。計測器械を坑内の切羽近傍から設置するため、地上部からのボーリング作業を必要とせず、進行方向に連続的な計測も実施できます。



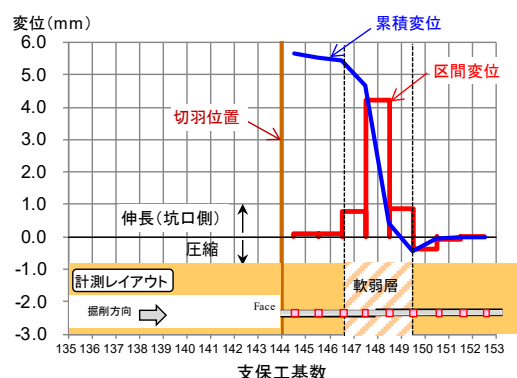
TN-MonitorSM 計測レイアウト

実績・事例

都市部での地下鉄工事の事例では、TN-Monitor により切羽前方の軟弱な地山区間の早期把握に努めました。SAA では下図左のように、掘削に伴う切羽前方変位の予測値と計測値を比較して、施工管理を行います。切羽前方に軟弱な地盤がある場合、下図右のように、区間変位量の分析から事前にその存在を定量的に確認することができ、早期の対策工立案に役立ちます。



切羽先行沈下計測例



切羽押し変位計測例

トンネル坑内からの前方調査ボーリングを用いた迅速・確実な湧水調査法

お客様のメリット

- パッカーを用いた測定により、湧水帯をより正確に調査できます。
- 削孔管を引き抜く必要がなく、孔壁崩壊リスクの低減と調査時間の短縮が可能です。
- 前方の湧水状況を正確に評価でき、効果的な湧水対策の計画に役立ちます。

技術の特徴

山岳トンネル施工中に坑内に流入する湧水の発生箇所や水量・水圧を事前に把握することは、工事を安全・確実に進めるために重要です。湧水区間の湧水量や湧水圧を正確に把握するためには、前方調査ボーリングを行い、パッカーを用いて測定する必要があります。従来の方法では、削孔管の引抜き作業の際に孔壁が崩れるリスクがあり、また多くの手間と時間がかかっていました。そこで、削孔管の引抜き作業が必要なく、湧水帯の湧水量、湧水圧を迅速・確実に測定できる新しい調査技術を開発しました。

測定時間を大幅短縮

外側にアウタービット、内側にインナービットを備えた二重ビットで削孔し、湧水測定時は、インナービットのみをワイヤーラインで高速に回収します。削孔途中でインナービットの回収とパッカー挿入を迅速に行えることから、従来方式と比べ、測定に要する時間を20%低減できます。

孔壁崩壊リスクを低減

削孔管を残したままパッカーを挿入できるため、孔壁崩壊リスクの無い、確実な調査が可能です。パッカーには、アウタービットの内側を通る径からボーリング孔壁まで大きく膨らませることのできる大拡張パッカーを採用しています。

繰り返し測定が可能

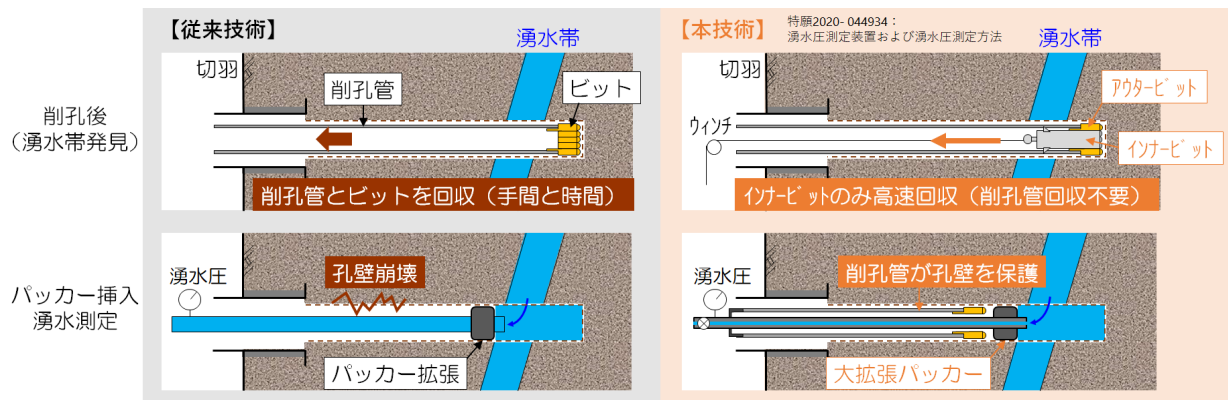
測定後、パッカーを回収し、インナービットを先端部まで水圧で圧送して再セットすれば、削孔を容易に継続できます。その後の削孔中も必要な箇所で湧水量・湧水圧を繰り返し測定できます。

ノンコア削孔、コア削孔の両方に対応

二重ビットを、コアチューブを備えたコア採取用ビットに変更することで、コアボーリングにも適用可能です。



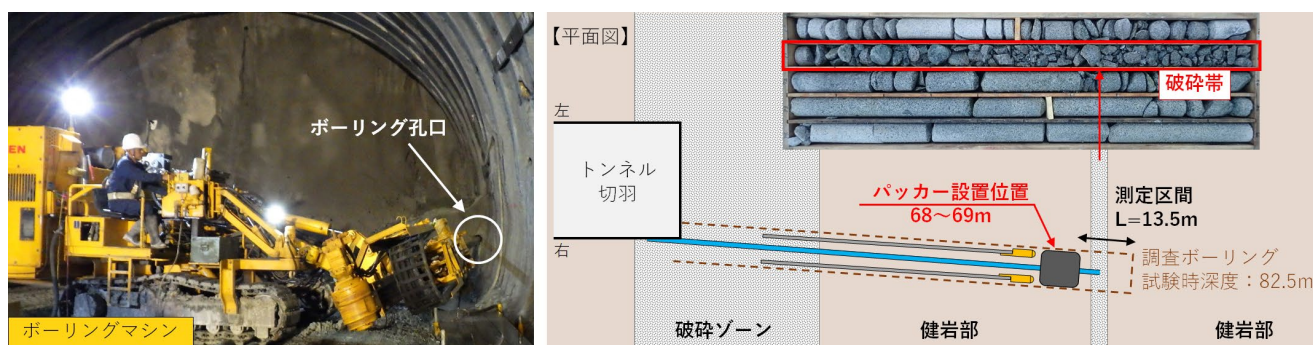
T-DrillPacker のラインナップ



パッカーを用いた湧水測定方法

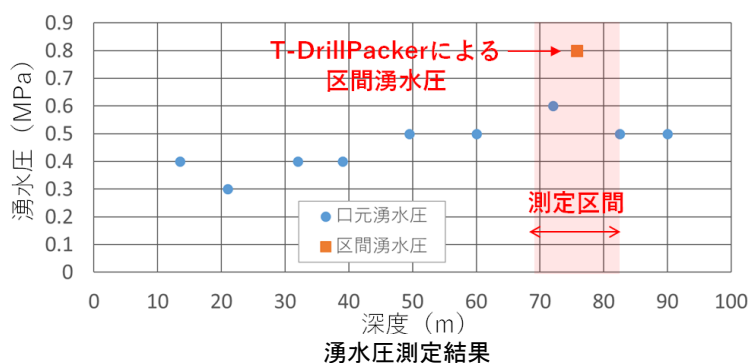
実績・事例

亀裂の多い岩盤で大量の湧水が発生している国内の道路トンネル工事現場にて、T-DrillPacker(コア削孔タイプ)による湧水調査を行いました。調査では 90m のコアボーリングの削孔途中に出現した湧水帯を対象とし、その湧水量と湧水圧を測定しました。パッカーを用いない場合には、ボーリング口元を閉鎖して水圧を測定するのが一般的ですが、孔内の平均的な圧力となるため、湧水帯の圧力を過小評価する恐れがあります。本手法により、対象の湧水帯をパッカーで区切って測定した区間湧水圧は、ボーリング口元で測定した口元湧水圧よりも高いことが分かりました。このように、本手法を用いることで湧水帯固有の正確な湧水圧を測定でき、より適切な湧水対策の計画が可能になります。削孔を再開後、90m のコアボーリングと湧水調査を 2 日間で実施できました。



前方調査ボーリング削孔状況

調査概要



新聞発表

- 山岳トンネル工事湧水量測定で新技術:2020年7月15日 建設産業新聞
- 山岳トンネル前方の湧水測定:2020年7月15日 建設通信新聞
- 削孔管抜かず湧水測定:2020年7月15日 建設工業新聞
- 湧水測定技術の機能拡張:2021年1月12日 建設産業新聞
- 湧水測定技術の機能拡張:2021年1月12日 建設通信新聞
- 岩石コア採取可能に:2021年1月12日 建設工業新聞

公表論文

- ボーリング削孔中の湧水帯測定技術「T-DrillPacker」の開発:土木学会第75回年次学術講演会, 2020
- 前方調査ボーリングの湧水測定技術「T-DrillPacker」の開発:第15回岩の力学国内シンポジウム, 2021

大量湧水が予想されるトンネルにおいて安全で効果的な湧水対策を可能にします。

お客様のメリット

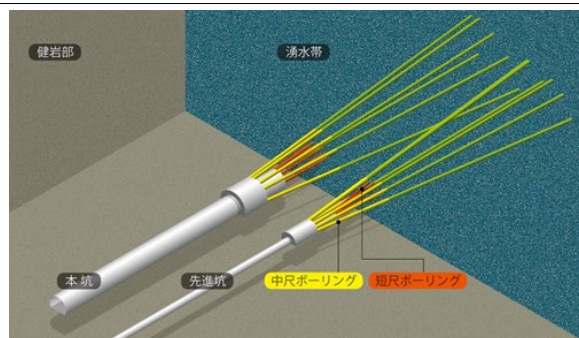
- 水抜きボーリングや止水注入などの湧水対策効果の総合的な評価が可能です。
- 水抜きボーリングの長さ・口径・レイアウトによって異なる排水効果を定量的に評価できます。
- 地質構造や施工工程など多様な条件に対して最適な湧水対策を提案できます。

技術の特徴

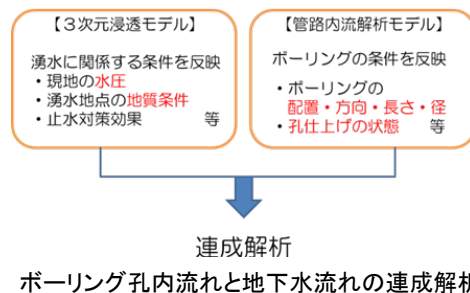
山岳トンネルの施工中に大量湧水が発生すると、トンネル切羽の崩壊や水没などの可能性があり、工費・工程・安全に重大な影響を及ぼします。排水対策である水抜きボーリングの計画・設計にあたっては、その効果を定量的に事前評価することが重要です。しかし、通常の地下水解析では、ボーリング孔内の速い流れを正確に考慮することができませんでした。T-WELL_FLO は、ボーリング孔内の流れと地盤内の地下水流れを連成解析し、水抜きボーリングの排水効果を精度良く予測できる新しい解析技術です。

長尺ボーリングを有効活用した水抜き対策の提案

長尺の水抜きボーリングは、切羽前方の湧水帯から十分離れた位置で実施できるため、切羽が湧水帯に到達するまで長期間の事前水抜きが可能。一方で、長尺になるほどボーリング孔内の圧力損失が増加するため、排水能力を発揮できず、水圧低減効果が十分に得られない場合があります。T-WELL_FLO はボーリングの排水能力を考慮しながら、周辺の水圧変化も同時予測できるため、長尺ボーリングのメリットを活かした合理的な湧水対策の提案に役立ちます。



水抜きボーリングのイメージ

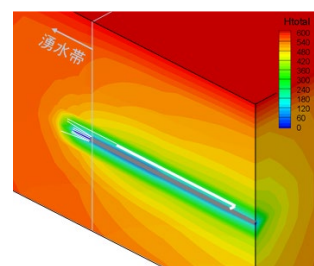


実績・事例

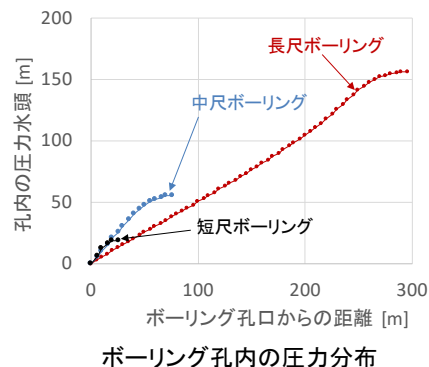
高圧・大量湧水トンネル事例への適用(飛騨トンネル)

飛騨トンネル(東海北陸自動車道)は、岐阜県北部に位置する全長 10.7km、最大土被り約 1km の長大トンネルです。本坑に先立って施工された先進坑(掘削径 4.5m)では、坑口から約 2.7km の地点で遭遇した湧水帯において、湧水圧 5.5MPa、湧水量 50t/min の大量湧水が発生しました。そのため、長尺～短尺の水抜きボーリングや水抜きトンネルを施工し、前方の地下水を事前に排水しながらトンネル掘削が行われました。

本事例では、T-WELL_FLO を用いて、飛騨トンネルで実際に行われた湧水対策を模擬した再現解析を行い、水抜きボーリングの効果を評価しました。その結果、長さ 300m の長尺ボーリングでは、ボーリング先端付近において水頭で 150m 以上の圧力が残留する計算結果となり、長尺ボーリングのみでは前方の地下水圧を十分に低下できなかったものと評価されます。一方、中尺、短尺ボーリング先端の圧力は十分に低下しており、長さは短いものの、排水効果は高いことが分かりました。飛騨トンネルの湧水対策は、安全に切羽前方の地質状況が把握でき、長期的な水抜き効果が期待できる長尺ボーリングと、即時的な水抜き効果が得られる短・中尺ボーリングを組み合わせたといい、合理的な対策であったことが検証されました。



岩盤内の水圧変化



ボーリング孔内の圧力分布

オンサイト測定で変質劣化の特徴を把握し良質岩と廃棄岩を定量的に簡易迅速判定します。

お客様のメリット

- 従来の目視やハンマー打音による定性的評価と異なり、定量評価が可能です。
- オンサイト測定器により 1箇所当たり数秒～数10秒で測定が可能です。
- 成分分析計を用いてダブルチェックすることで精度が向上します。

技術の特徴

ダム骨材は原石山でのクローラドリルによる削孔、爆薬装薬、発破後に品質評価が行われ良材と廃棄材に選別されます。岩質の劣化原因は主に風化や熱水による変質作用であり、この変質の程度を精度良く確実に評価することが重要です。

従来の評価は、オンサイトでは地質技術者が目視やハンマー打音によって定性的な評価が行われてきましたが、客観性に乏しいものでした。また、試験室での公定法での評価は迅速性に乏しいものでした。そこで、オンサイトにおける簡易迅速で定量的な評価法を開発しました。

本評価方法は、骨材の代表的な岩種として、安山岩、花崗岩、砂岩の変質による変化の特徴を把握し、これに適した測定装置を選択することで良質岩と廃棄岩の定量的な判定が可能となります。既存の結果では、安山岩は帯磁率と成分分析計、花崗岩は色彩計と成分分析計の組み合わせが有効であることがわかっています。砂岩については、現在調査中です。

オンサイト測定器の仕様と測定原理

測定装置	(a) 色彩計	(b) 帯磁率計	(c) 成分分析計
重量	1.2kg	0.5kg	1.7kg
計測時間	約10秒	数秒	30～60秒
測定原理	色彩値 L'a'b' L' (明るさ) a' (赤味) b' (青味) 赤 (正: 100) 青 (正: 100) 黄 (負: -100) 緑 (負: -100) 黒 (0)	帯磁率 J/H 磁場 H (A/m) 誘導磁化 J (A/m) 磁性鉱物	岩石の成分 (wt%) X線蛍光分析 (XRF) X線回折 (XRD) X線吸収線 (XAS) X線放射線 (XRS)

	色彩値			帯磁率	成分
	L'	a'	b'	×10 ⁻³	(カルシウム) wt%
安山岩	×	×	×	○	○
しきい値	-	-	-	20	4
花崗岩	×	△	○	△	○
しきい値	-	1	14	0.05	0.5

品質評価の判別指標としての有効性
○: 有効, △: 場合分けが必要, ×: 有効でない

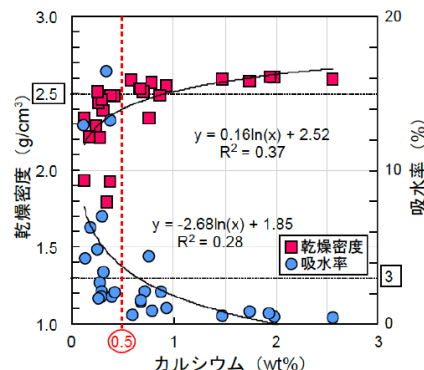
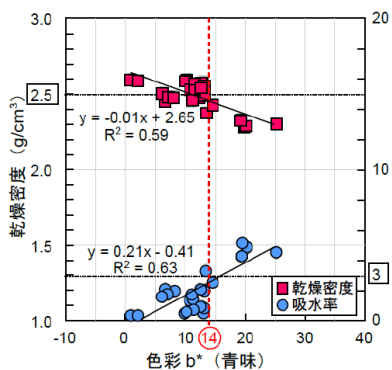
実績・事例

五ヶ山ダム骨材製造工事

花崗岩が分布する骨材を用いて実証実験を行いました。色彩計の青味と成分分析計のカルシウム含有量によって良質材と廃棄材を乾燥密度 2.5g/cm³ となる閾値により明瞭に分けることができました。



オンサイト測定状況



穿孔エネルギーにより地山内部を可視化

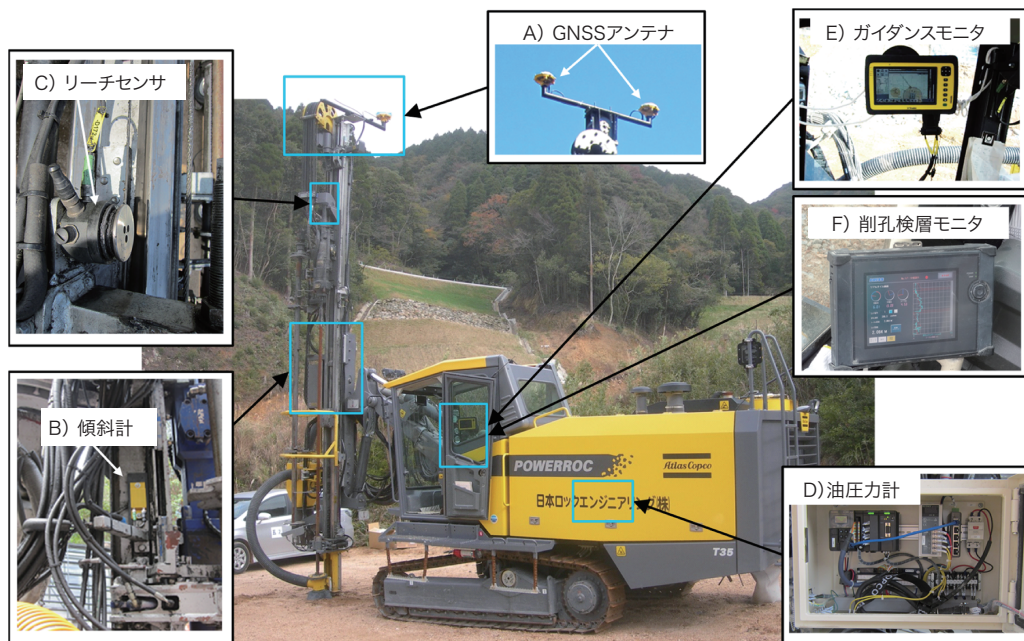
お客様のメリット

- インテリジェントクローラドリルで取得した穿孔エネルギーにより岩級判定ができます。
- 地山内部の岩盤状況を3次元で可視化できます。
- 地質の3Dモデルを活用し材料採取率を向上できます。

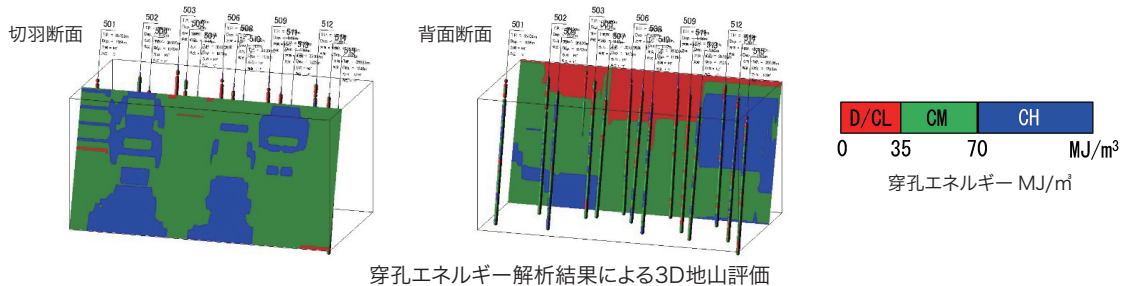
技術の特徴

穿孔エネルギー評価法(T-iBlast DAM)は、クローラドリル穿孔時のエネルギーから地質を判定する技術と、GNSS等による測位ガイダンス技術を融合したシステムです。

穿孔作業を細かい間隔でおこない、穿孔エネルギーから、あらかじめ設定した良材と廃棄材の閾値により、掘削ベンチ内部の地質を3Dモデルで見える化します。これにより事前に廃棄岩の量を把握するとともに、合理的な掘削ズリの搬出計画を立てることで廃棄岩の混入を防止し、材料の採取率を向上することができます。



インテリジェントクローラドリル



実績・事例

五ヶ山ダム原石山、成瀬ダム原石山

山岳トンネルの切羽に地質情報を投影し、施工の効率化と安全性の向上を実現します。

お客様のメリット

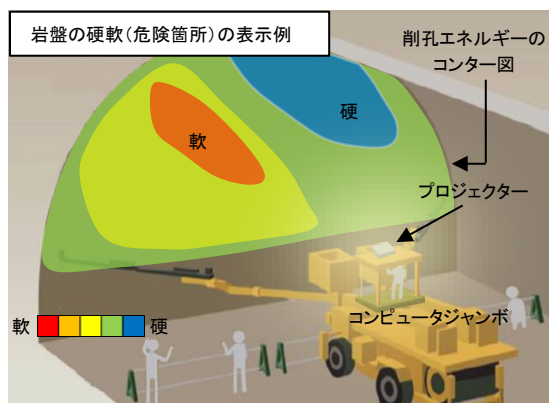
- 切羽にて地山の性状や硬軟の程度をビジュアルかつ定量的に把握できます
- 地質情報を共有し、発破パターンや装薬量を最適化することにより施工効率が向上します
- 簡易なボタン操作でシステムの運用が可能であるため、作業員や技術者の負担がありません

技術の特徴

近年、計測機器の小型化・高精度化や建設機械の発展により、地質状況を把握できるデータを短時間かつ自動的に取得できる機器が実用化されています。しかしながら、これらの機器で取得したデータを確認するためには、別途専用の端末やデータ処理が必要な場合が多く、施工にフィードバックするためにはタイムリーな評価結果の表示とその作業性が課題でした。

掘削時に得た地質情報をタイムリーに可視化

切羽プロジェクトンマッピングシステムは、ドリルジャンボの運転席上部に設置した高輝度プロジェクターより、掘削時に取得した地質情報を投影します。削孔作業時に取得できる削孔エネルギーは岩盤の硬軟の目安になるもので、このコンター図を切羽に投影することで、作業員のみならず施工関係者全員が硬軟の程度を一目で把握できます。



切羽プロジェクトンマッピングシステムの概要

ボタン操作だけの良好な作業性

本システムは、クラウドサーバーとコンピュータジャンボ、高輝度プロジェクター、小型 PC で構成されています。全体のシステムは、コンピュータジャンボに搭載したスイッチボックスのボタンだけで操作することができます。

プロジェクターで投影する切羽写真や削孔エネルギーのコンター図といったデータは、自動的にクラウドサーバーにアップロードされます。

また、プロジェクターで画像を投影する場合、設置位置や傾きによって投影画像に歪みが生じるため、調整が必要です。本システムでは、コンピュータジャンボの自動測量機能と連携して、プロジェクターの座標と姿勢情報を取得し、小型 PC にて自動的に投影画像を幾何補正することができます。

実績・事例

国内の3つの道路トンネルの工事現場において運用を行い、地質状況を施工にフィードバックする情報共有ツールとしての有効性を確認しました。以下に、国道106号下川井トンネル工事での運用結果の一例を示します。

<運用結果>

切羽プロジェクションマッピングを活用して地質状況を情報共有し、削孔箇所や装薬量の選定を行いました。その結果、効果的な発破作業(過装薬・弱装薬の減少)ができ、掘削作業の着実な進捗に貢献



切羽写真の投影による吹付け前の切羽の再現



岩盤の硬軟分布を示すカラーカウンター図の投影状況

LPWA 無線規格の適用によりトンネル坑内計測業務を大幅に省力化できます。

お客様のメリット

- 計測データの自動回収により、トンネル施工管理における計測業務の省力化を実現します。
- Web アプリにより計測データをリアルタイムかつビジュアルに確認可能です。
- 無線局免許不要で、携帯電話の電波が届かない山岳部でも通信システムの構築が可能です。

技術の特徴

(1)完全ケーブルレス

市販の電池で長期間(数か月)の計測が可能です。電源の供給が不要であり、データ無線伝送とあわせて完全ケーブルレス計測を実現します。

(2)ゲートウェイの盛替えが不要

坑内アクセスポイント(GW:ゲートウェイ)1つで2~3kmの範囲をカバーできるため、ゲートウェイの盛替えが不要です。

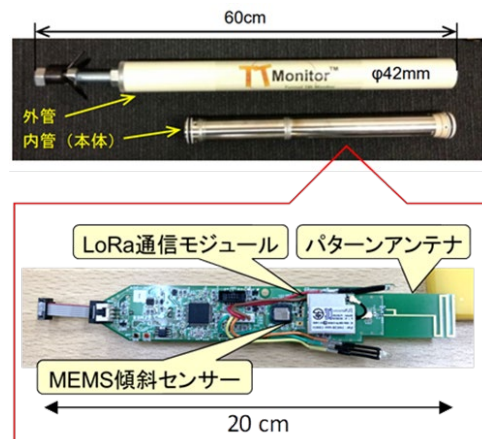
(3)リアルタイムにデータを確認可能

クラウドサーバに最新データが常にアップロードされ、いつでも計測データを Web アプリで確認できます。

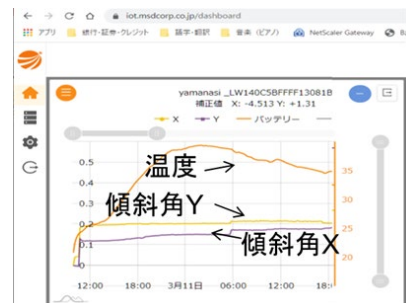
(4)免許不要

LPWA 無線規格※の中でもアンライセンス系の LoRa 規格を採用しているため、免許不要であり、かつ携帯キャリアの電波が届かない山岳部でも容易にシステムの構築および運用が低コストで実現可能です。

※Low Power Wide Area(省電力広域)無線

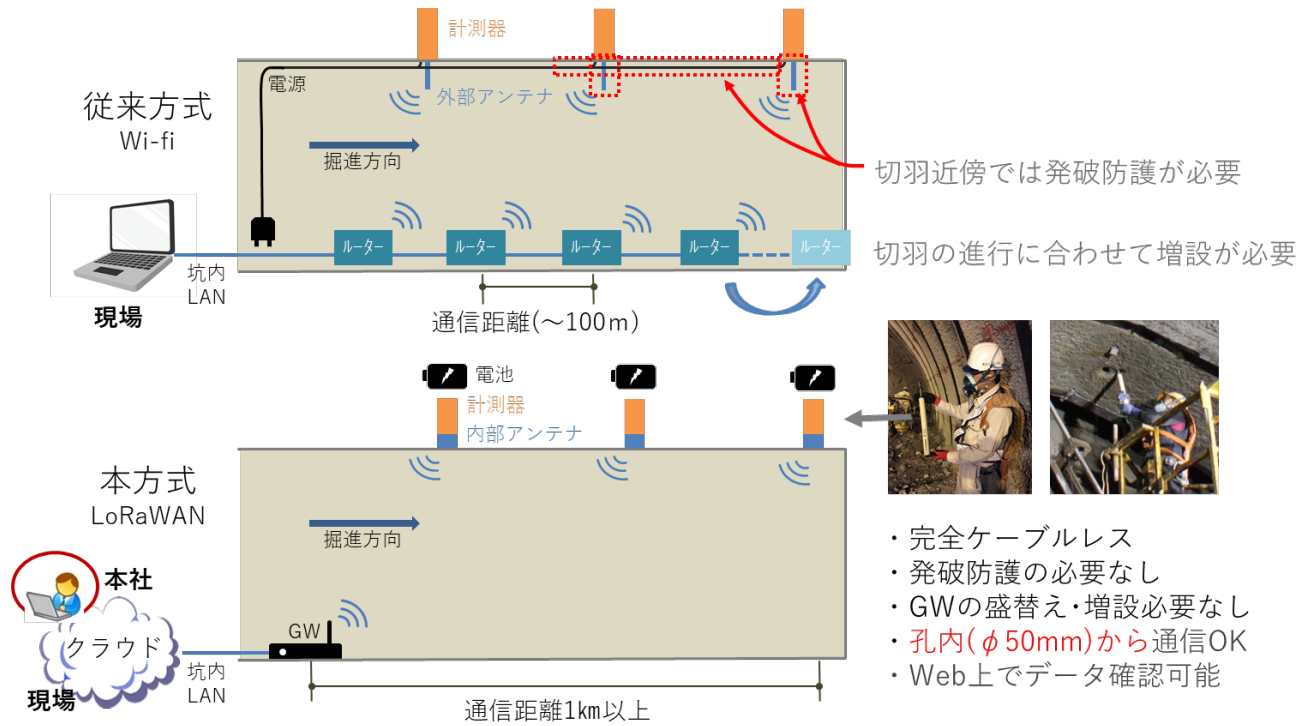


計測器(高精度傾斜計)への通信モジュールの組み込み



Web アプリでのデータ確認

<従来技術との比較(傾斜計測を例として)>

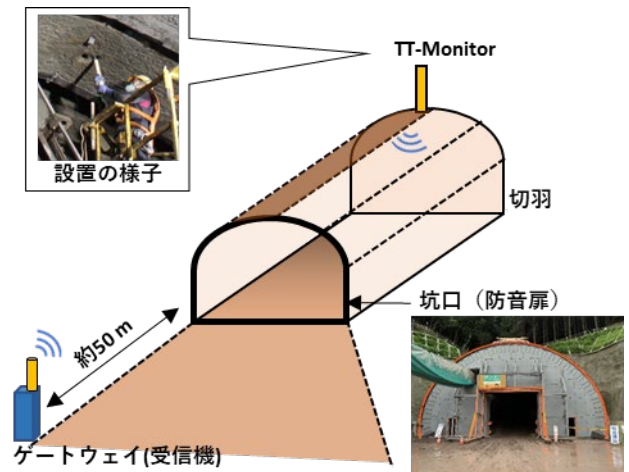


実績・事例紹介

大分 212 号跡田トンネル(東工区)新設工事

本工事では、高精度傾斜計を用いた切羽前方地山の評価手法(TT-Monitor)を運用し、より安全な施工を実現しました。この TT-Monitor の計測データ回収に、T-RIPPA を導入し、現場担当者の負担が大幅削減できることを確認しました。

また、当工事では、電波を減衰させる鋼製の防音扉を挟んだ状態での運用(通信)を行いました。データ欠損はほとんどなく(データ回収率 99.9%)、厳しい条件下でも計測データを安定して伝送できることを確認しました。



坑外に設置したゲートウェイ(受信機)

振動ローラに搭載することで、地盤の締固め状況を自動計測できます。

お客様のメリット

- 非破壊・連続的かつ面的な締固め度計測により、品質管理の能率化・高度化が可能です。
- 計測データをリアルタイムで帳票化して、クラウド上で関係者と共有できます。
- 自動化振動ローラに搭載して、締固め作業と締固め度管理の一貫した自動化が可能です。

技術の特徴

施工範囲全体の締固め度を自動計測し、効率よく詳細把握

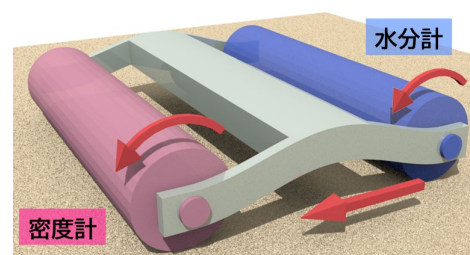
移動しながら非破壊・連続的に締固め度計測が可能な転輪型のRI計器を使用することで、従来は限られた測定点のみで実施していた品質管理を施工面全体にわたり実施できます。

クラウドサーバー利用により、情報共有と効率的な品質管理を実現

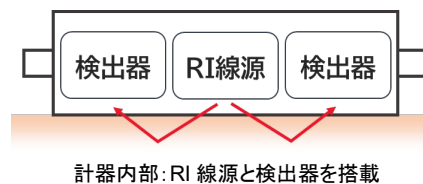
計測結果をカラーマップ化することで施工面の密度分布がひと目でわかるので、不良箇所の確認や施工方法改善の検討に役立てることができます。また、計測結果はカラーマップとともに自動的に帳票化してクラウド上で関係者と共有することができ、品質管理を能率的に行えます。

自動運転振動ローラを活用し、地盤の締固めを全自動で実施可能

T-iCompaction は自動走行が可能な振動ローラ T-iROBO® Roller に搭載して、自動での締固め施工と締固め度計測が可能なシステムを構築することもできます。転圧不足箇所は自動で再転圧することが可能です。



計器 (CG) : 転輪型の密度計と水分計で構成



計器内部: RI線源と検出器を搭載

実績・事例

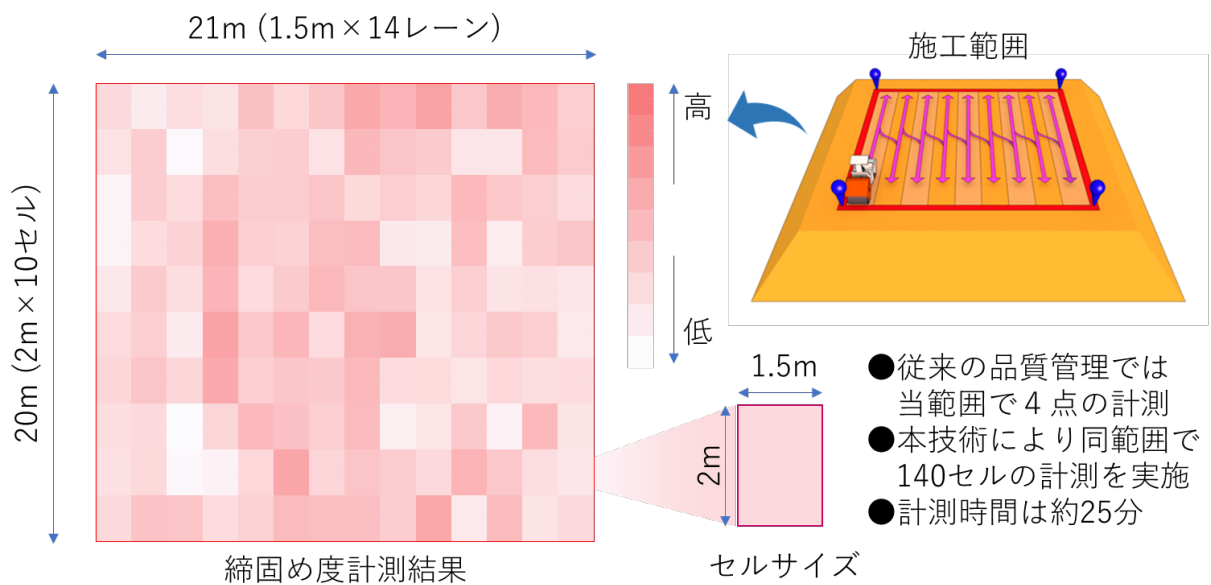
T-iCompaction を自動化振動ローラ T-iROBO® Roller に搭載して自動走行により品質管理を行う実証を、東京支店の造成工事現場で 2020 年 5 月に実施しました。

このシステムは自動化振動ローラの前輪と後輪の間に転輪型の RI 計器を搭載し、締固めが完了すると自動的に締固め度の計測を行うことができます。また、転圧不足部がある場合には、その部分を自動的に再転圧することもできます。

今回の実証では 20m×21m(420 m²)の範囲で自動締固め度計測を行い、140 セルに分割したヒートマップ状の計測結果を約 25 分の計測時間で得ることに成功しました。同じ範囲を 4 点のみの計測により品質管理を行っていた従来の方法と比較して、施工面全体の詳細な締固め度分布を把握することができます。



T-iCompaction を搭載した T-iROBO Roller



T-iCompaction による締固め度計測結果

