

ジェットグラウト工法へのICT活用

『JET-Track.Nav【トラナビ】』

Information and **C**ommunication **T**echnology

日特建設株式会社 広島支店

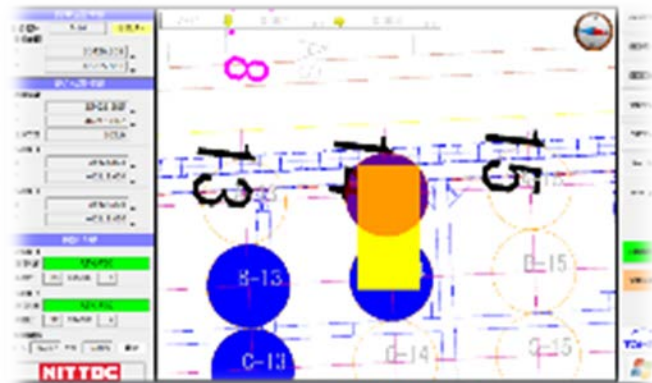
金舛 能史

JET-Track.Nav【トラナビ】

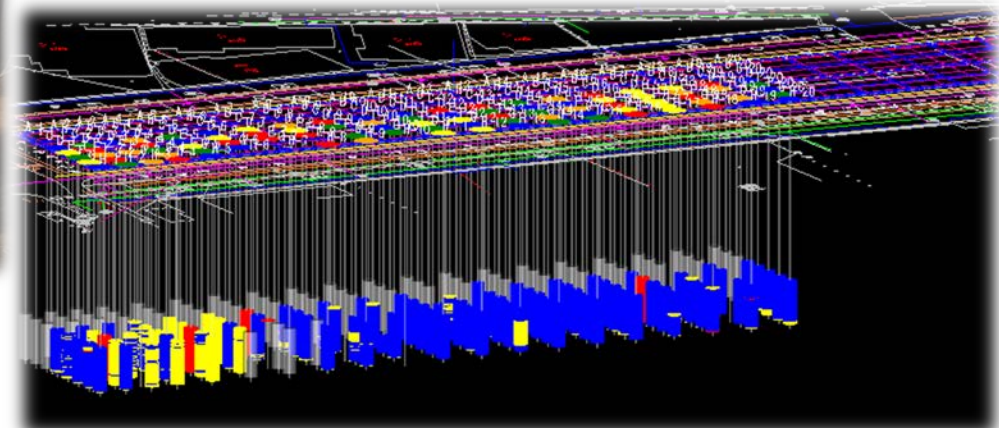
ジェットトラックナビ <JET-Track.Nav【トラナビ】> は、地盤改良工法の一つである高圧噴射攪拌工法（ジェットグラウト工法）の施工状況をICT技術により可視化したシステムであり、“マシンガイダンス機能”、“モニタリング機能”、“施工データ表示機能”によって、正確で安全な施工管理が可能になるシステムです。



“モニタリング”



“マシンガイダンス”



“施工データ表示”

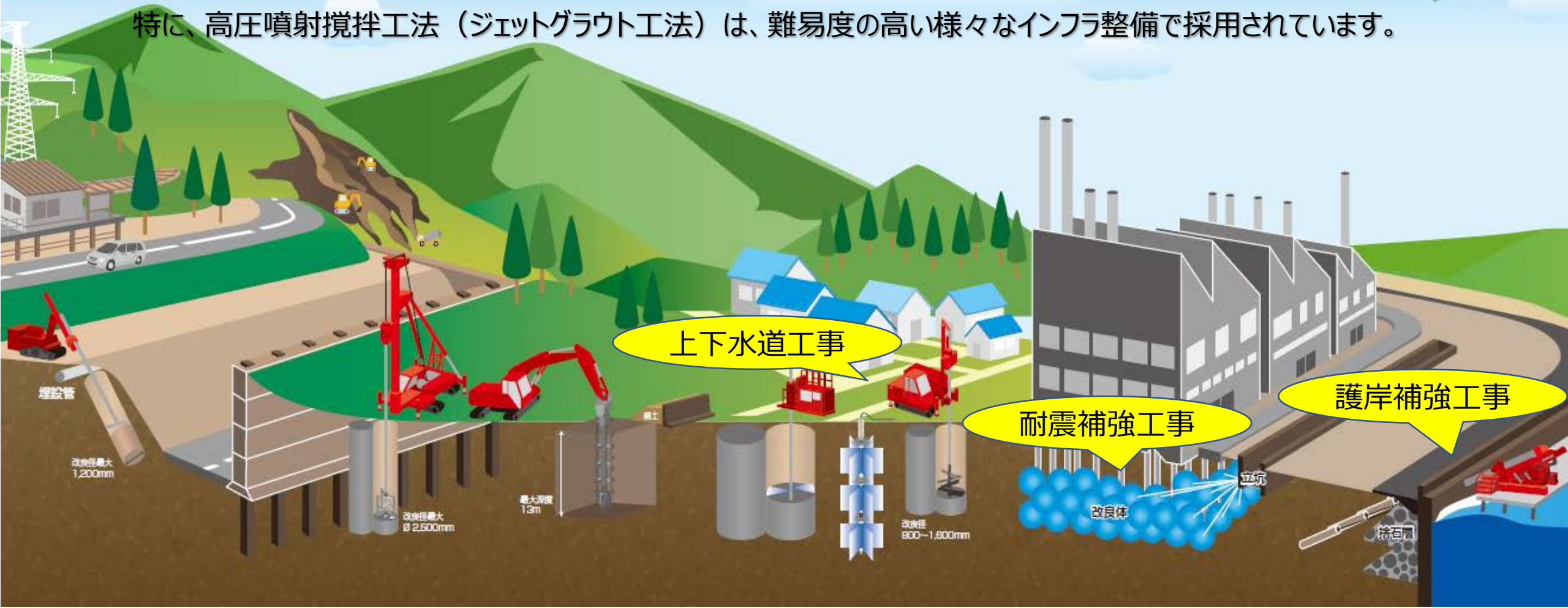
1. はじめに
2. 高圧噴射攪拌工法（ジェットグラウト工法）とは
3. JET-Track.Nav【トラナビ】
 - システムの概要
 - 各機能紹介
 - 現場導入事例

1. はじめに

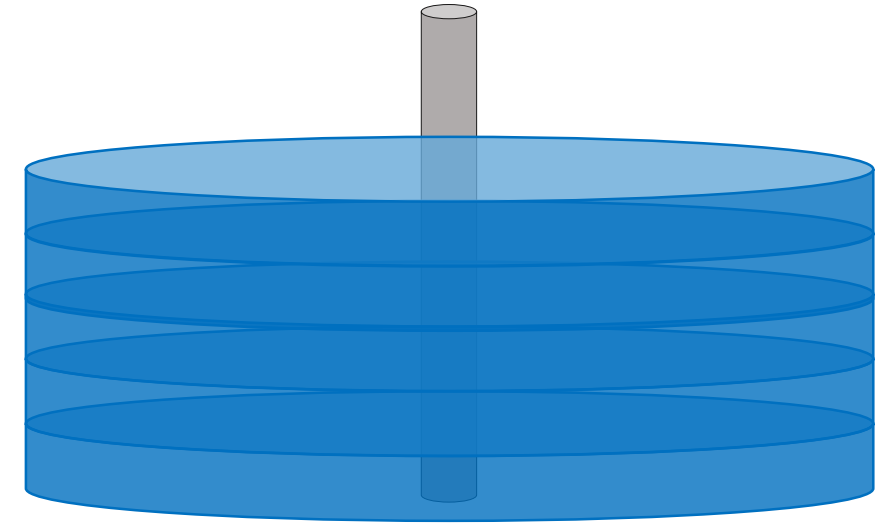
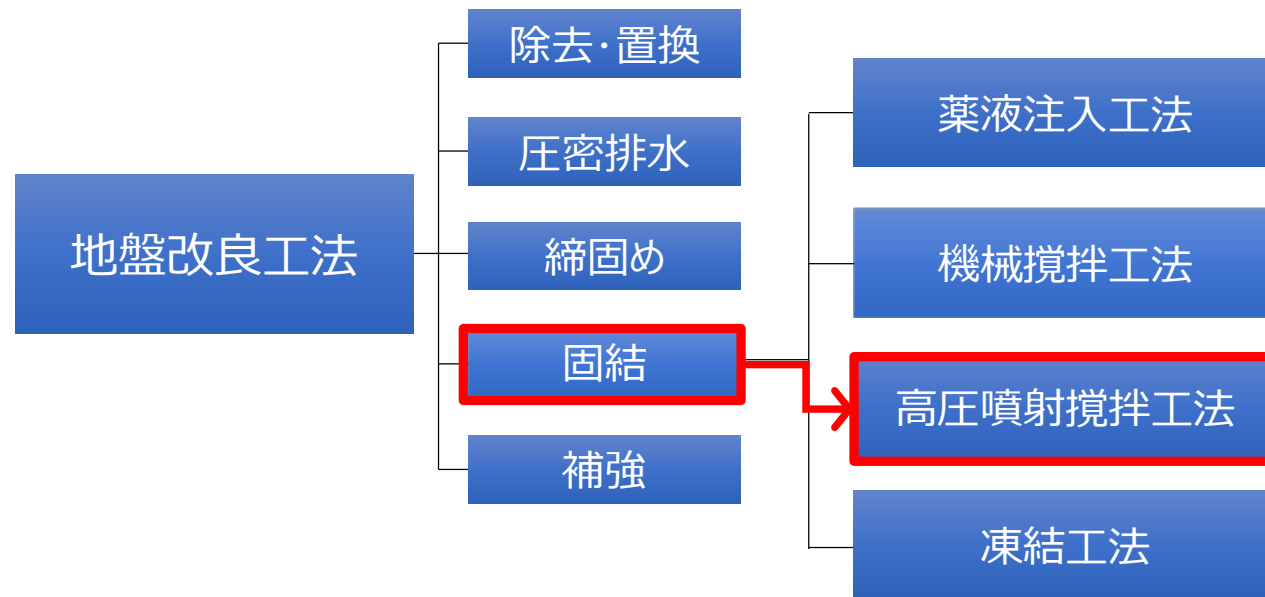
『高圧噴射攪拌工法（ジェットグラウト工法）』は、地盤改良技術の一つです。

地盤改良は、地盤の安定性を保つため、地盤に人工的な改良を加えることで、上下水道工事や耐震補強工事など、色んなところで地盤改良は施工されています。

特に、高圧噴射攪拌工法（ジェットグラウト工法）は、難易度の高い様々なインフラ整備で採用されています。



2. 高圧噴射攪拌工法とは (ジェットグラウト工法)



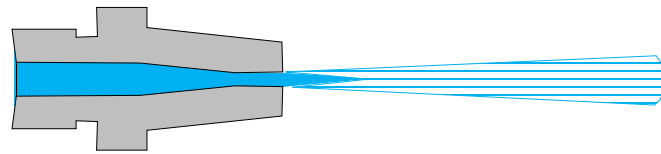
特徴は「小さな孔（あな）から、大きな改良体を造成する」ことです。

高圧噴射攪拌工法（ジェットグラウト工法）は、超高压墳流体を使って地盤を切削し、地盤改良を行う工法です。

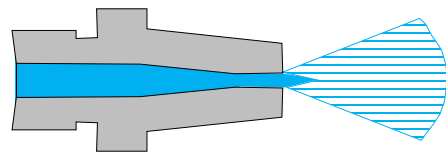
硬化材そのものに超高压をかけて土を切削すると同時に地盤を硬化材で攪拌混合し、円柱状の改良体を造成します。

2-1. 高圧噴射攪拌工法の基本原理 (ジェットグラウト工法)

高圧噴射攪拌工法の基本原理は、**液体に高い圧力を与えて得られる強力なエネルギーによって地盤を切削破壊し**、硬化材と土とを攪拌混合して強固な改良体を作るものです。



AIR併用の場合



硬化材のみ場合



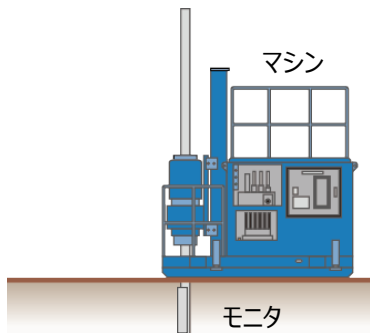
超高圧噴流水のまわりに**空気を沿わせる**ことにより、**切削距離を大幅に伸ばす**ことができます。

2-2. 高圧噴射攪拌工法の施工方法 (ジェットグラウト工法)

高圧噴射攪拌工法（ジェットグラウト工法）は、以下の順序で地盤を改良します。

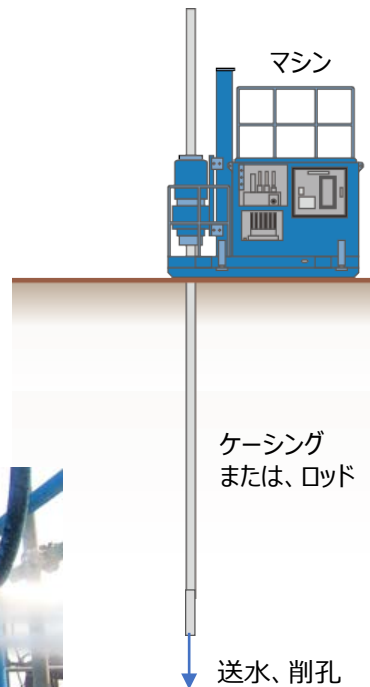
①準備

マシンを所定位置に据え付けて、ケーシングまたは、モニターを取りつけたロッドを把持する



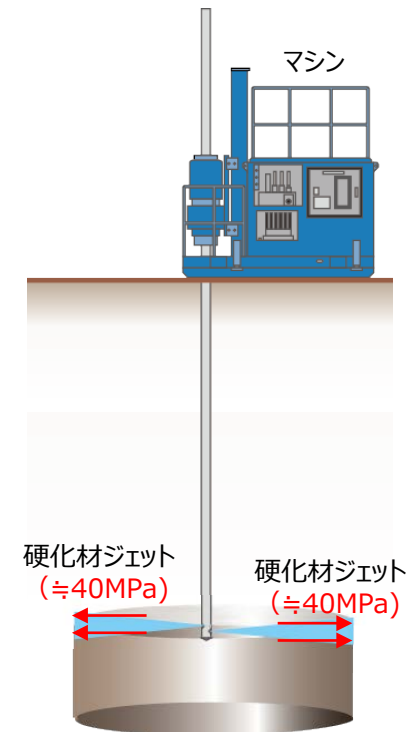
②削孔

ケーシングまたはロッドで地盤を削孔する。所定深度まで削孔したら、モニターを所定深度まで挿入する。



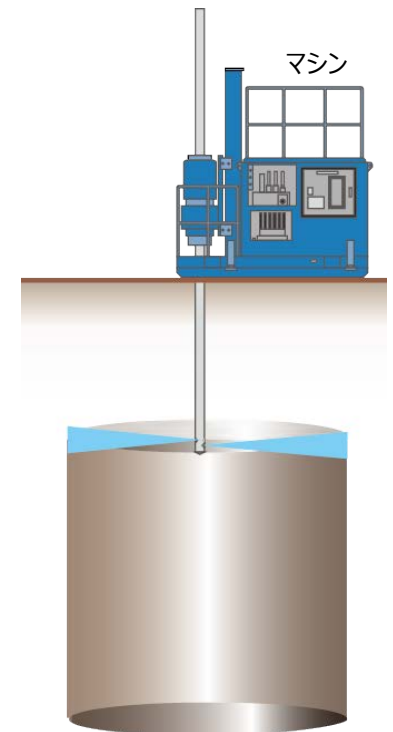
③造成

モニターより、硬化材液ジェットを噴射し、ロッドを引上げながら、所定形状・所定長の改良体を造成する。



④造成完了

造成完了後、ロッドを引上げ、洗浄後、次の造成地点に移動する。



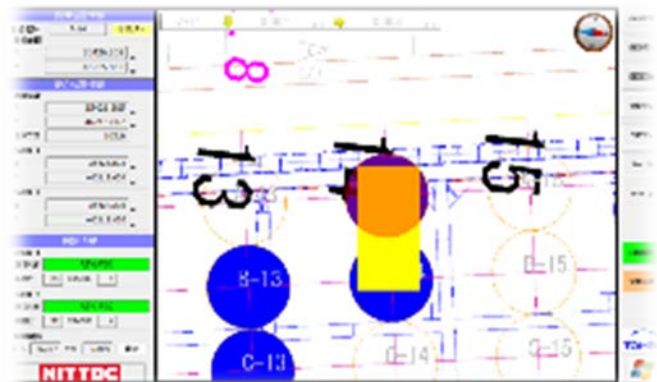
3. JET-Track.Nav【トラナビ】

3-1. JET-Track.Nav【トラナビ】の概要

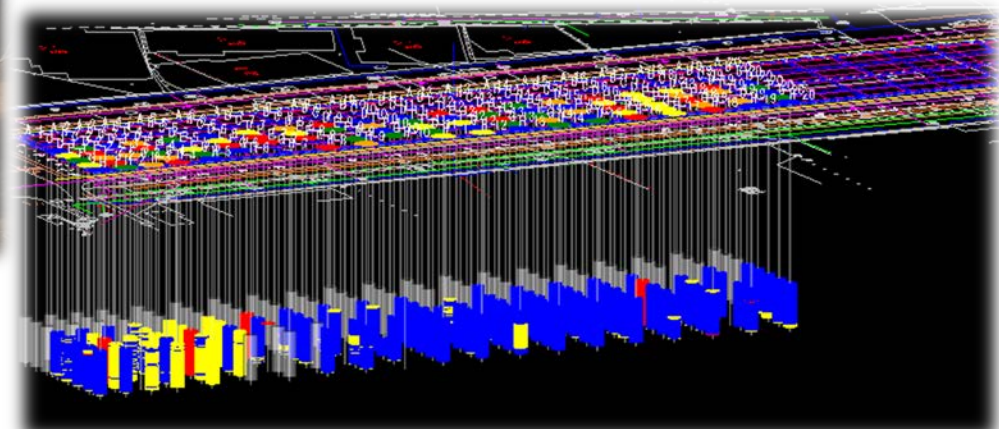
ジェットトラックナビ <JET-Track.Nav【トラナビ】> は、地盤改良工法の一つである高圧噴射攪拌工法（ジェットグラウト工法）の施工状況をICT技術により可視化したシステムであり、“マシンガイダンス機能”、“モニタリング機能”、“施工データ表示機能”によって、正確で安全な施工管理が可能になるシステムです。



“モニタリング”



“マシンガイダンス”



“施工データ表示”

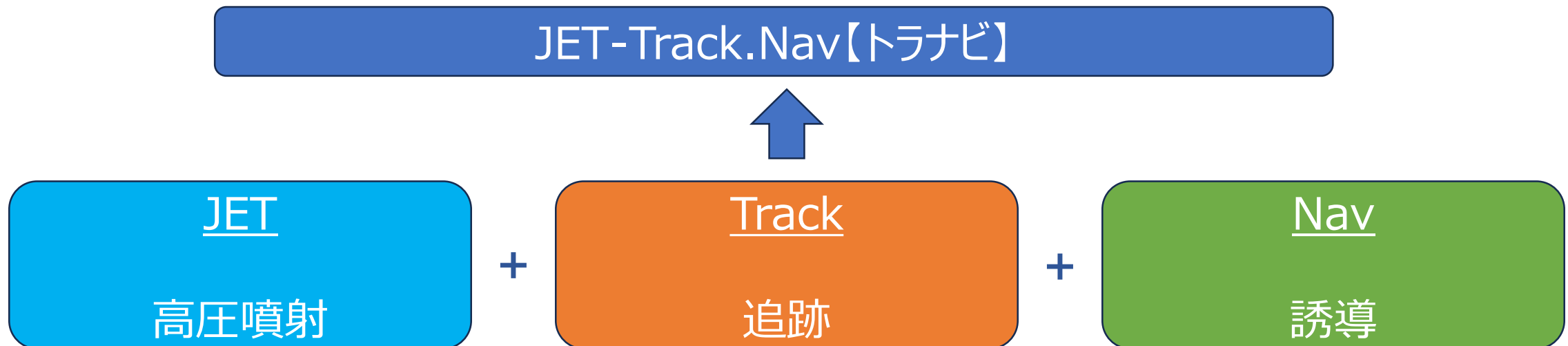
3-2. システム名のネーミング

システム名の由来を説明するほうがどのようなシステムかわかるかと思しますのでご説明いたします。

高圧圧噴射工法の最大の特徴である【JET】 ・ 各機器の動作追跡【Track】 ・ 位置誘導の【Nav】

これらのキーワードをつなげて、【JET-Track.Nav】（ジェット・トラック・ナビ）

愛称名は、【トラナビ】です。



3-3. Track (追跡)

トラナビのキーワードの1つであるTrack (追跡) は、以下に示したジェットグラウト工法の管理基準一覧のうち、オレンジ色の枠で示した項目を追跡します。

作業工程	管理項目	管理基準	管理方法	頻度
改良体杭芯位置出し	位置	±10cm以内	スケール	各孔
	埋設物	管理者立会	目視	
マシン設置	角度	±0.5°以内	水準計、スラントルール	各孔
動作確認テスト	回転・引上速度	設定値以内	ストップウォッチ	キャリブレーション時
	角度	±0.5°以内	水準計、スラントルール、管理装置	
	上昇ピッチ	標準50mm	テープ、管理装置	
削孔	角度	±0.5°以内	水準計、スラントルール	各孔
	削孔震度	設計値以上	ロッド長、ケーシング長テープ	
圧縮空気	圧力	0.6MPa以上	圧力計	常時
	流量	4.5N ² /min以上	風量計	
硬化材	配合	比重±0.5°以内	比重計	1回/日以上
	圧力	設定値以上	圧力計	常時
	流量	設定値以上	流量計	
造成	回転速度	1ステップ当たり1回転以上	管理装置	各孔
	引上速度	設定値以内	管理装置	
	角度	±0.5°以内	水準計、スラントルール、管理装置	
排泥処理	排泥状況	常時喚起	目視	常時
ロッド引抜	ロッド本数	設定値	ロッド本数	常時
孔埋め・洗浄	点検確認		目視	常時

3-3. Track (追跡)

具体的にどの機器から追跡データを吸い上げるかを以下に示します。

ボーリングマシンから深度、回転数、揺動角。実際に造成用のモニターがどのような動きをしているかが分かることができます。

コンプレッサーからはエアの風量、圧力。地盤内でスムーズな改良がされているかが分かります。

グラウトポンプからは、ジェットグラウトの肝となる超高圧力のデータ。ミキシングプラントからは固化材を練り混ぜたデータなどを把握することができます。

これらのデータを一元管理を実現させ、効率的な施工管理を実現させています。



ボーリングマシン

- ・深度 (STEP数)
- ・回転数
- ・揺動角



コンプレッサー

- ・風量
- ・圧力



グラウトポンプ

- ・流量
- ・圧力
- ・積算流量



ミキシングプラント

- ・練混数 (バッチ数)
- ・配合量

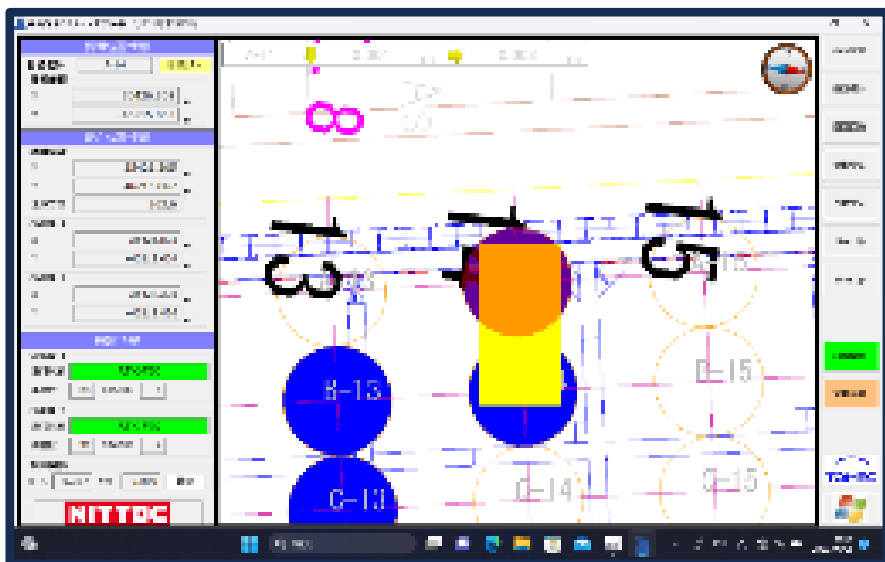
3-4. Nav (誘導)

ジェットグラウト工法を施工する時は、造成マシン（ボーリングマシン）をラフタークレーンなどで吊り上げ、改良ポイントに設置します。

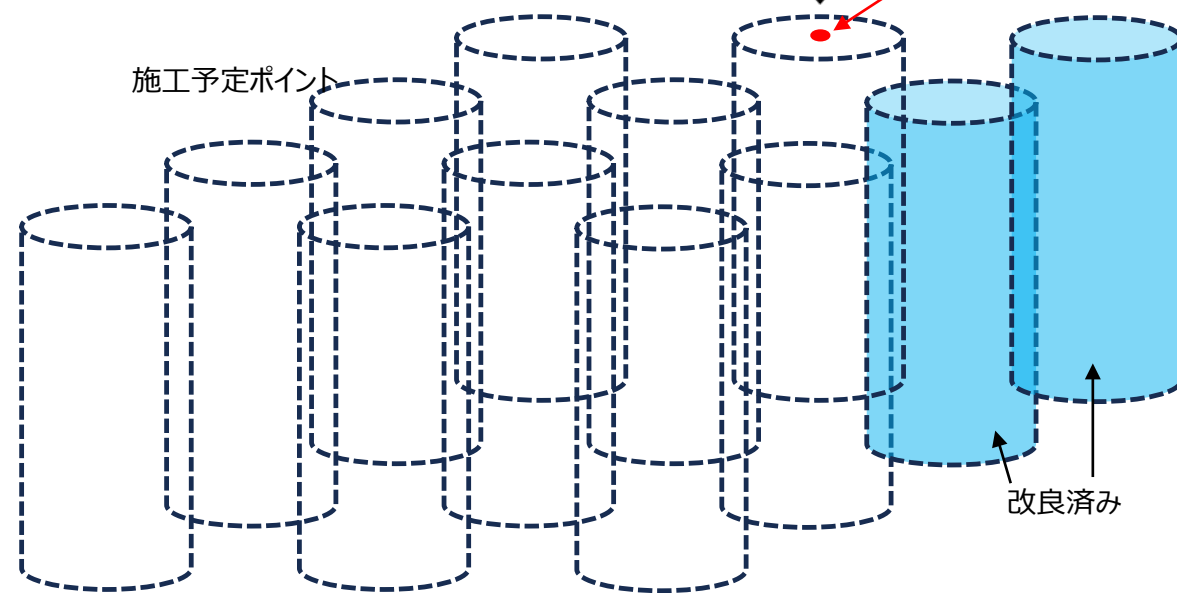
従来であれば、施工足場などにカースプレー等でマーキングしていましたが、このNav（誘導）機能により、事前にマーキングをしなくても造成マシンを所定のポイントに誘導～設置することが可能となりました。



施工ポイント



ナビゲーション中の画面



3-4. Nav (誘導)

このNavではGNSSを使用し、計測方法はRTK測位を用いています。

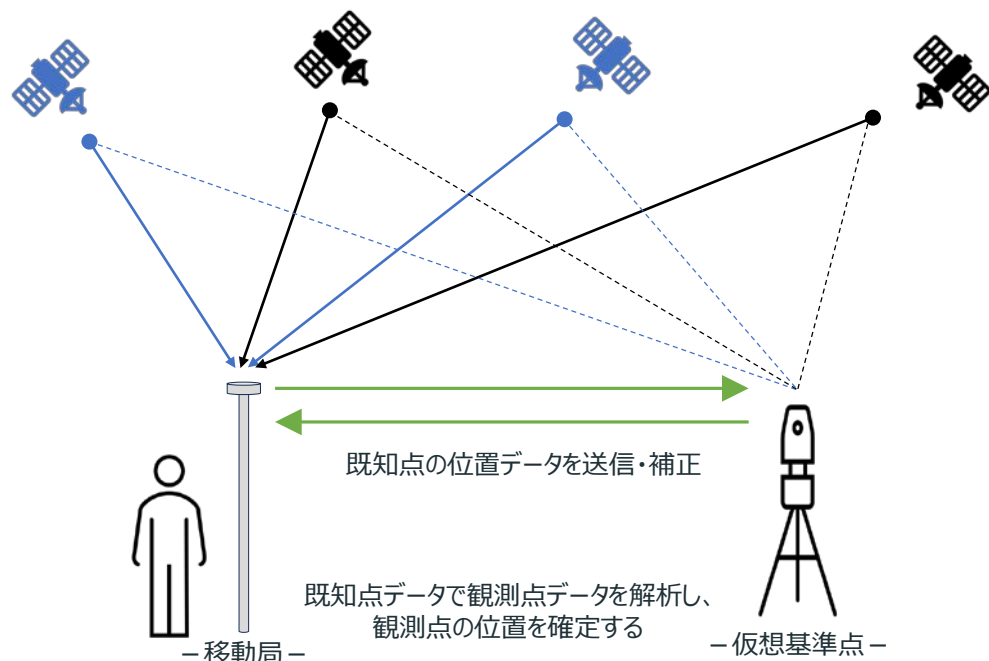
一般的なRTK測位の基準局に仮想基準点方式（VRS方式）を活用することで、誤差はサブセンチメートル級であり、とても高精度になっています。

※サブセンチメートル：1センチメートル未満

RTK測位とは？（Real Time Kinematic GPS）

RTK測位とは、簡単にいえばGPS/GNSSの位置情報を、基地局（BASE）と移動局（ROVER）の2か所で取得して、その差分（補正情報）を読み込ませることで位置情報のずれを修正する方法のことです。

サブセンチメートル級の精度を可能にしており、常に（リアルタイムに）基準局と移動局間での情報のやりとりを行っているのが特徴です。



VRS方式とは？

VRSは、仮想基準点（Virtual Reference Station）の略称です。

VRS方式とはネットワーク型RTK-GNSS観測の仮想基準点方式のことで、複数の電子基準点の観測データから、測量現場のごく近傍にあたかも基準点があるかのような状態を作り出す技術です。

基準点と計測①が近い方ほど誤差が少ないため利用されています。VRSユーザーは、その算出される補正データをインターネットや携帯電話などを利用して取得します。

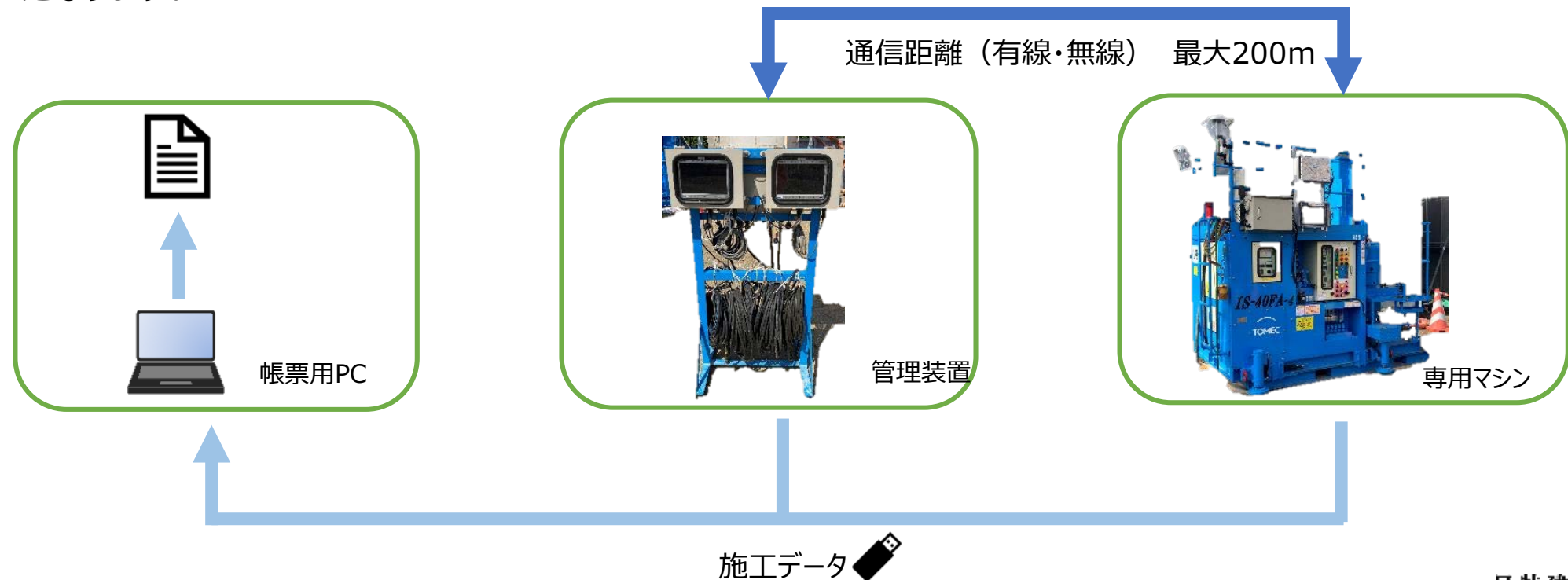
3-5. JET-Track.Nav【トラナビ】概要

主役となるのが左から帳票出力PC、真ん中の管理装置、右の専用マシンになります。

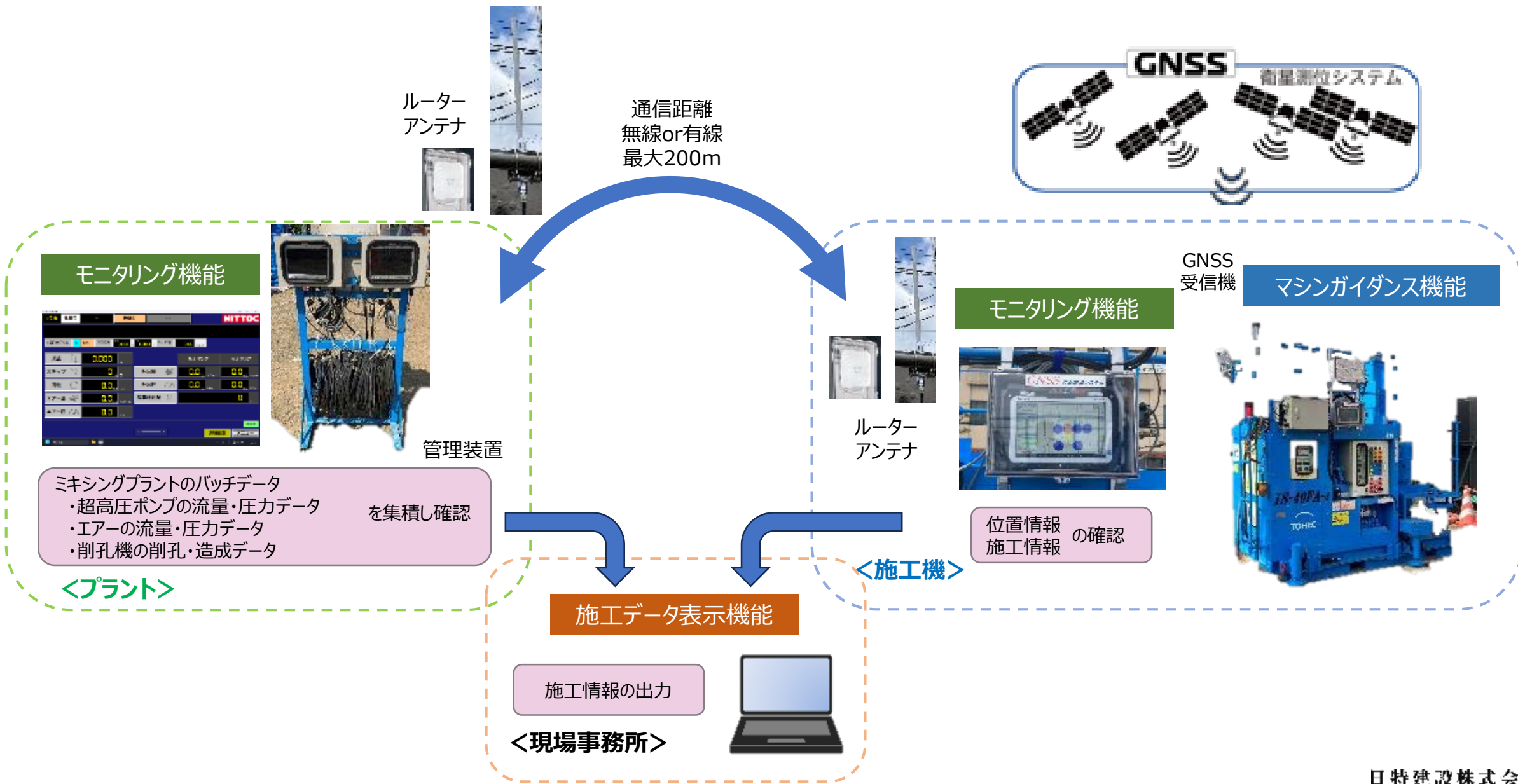
専用マシンと管理装置にはそれぞれ各機器（ミキサー、グラウトポンプなど）から信号をもらうために信号線を接続しています。

これらの信号を表示するための通信距離は最大200mということになります。

専用マシンから位置誘導結果を得て、管理装置から得られた施工データをUSB保存し、帳票用PCにて管理、出力するシステムとなります。



3-6. JET-Track.Nav【トラナビ】全体図

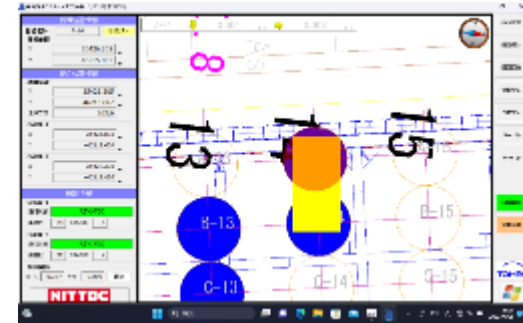


3-7. JET-Track.Nav【トラナビ】各機能と特徴

マシンガイダンス機能

- ・GNSSを利用して位置誘導（最初にキャリブレーションが必要） → 計画位置での正確な改良が可能

※本システムのみを利用することも可能(TOMEK Navi 商願2023-097682号)



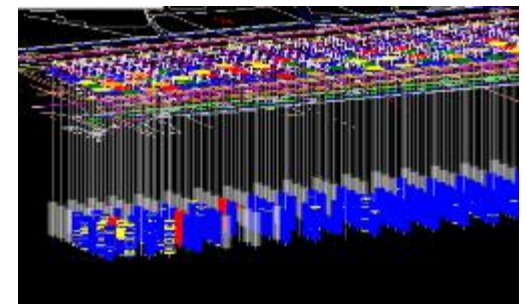
モニタリング機能

- ・造成時に施工管理項目を1つの画面にて現場・プラントの両方でモニタリング（施工前に設計データの作成が必要）
→ 施工管理が容易となり、閉塞等のトラブルや異常値への迅速な対応や解析が可能



施工データ表示機能

- ・施工結果を施工管理要領に沿った帳簿として出力
→ ICT出来形管理への対応、書類作成の省力化が可能
- ・施工結果の3次元表示
→ 地中の見えない改良体の施工状況を画面上で視覚的に確認することが可能

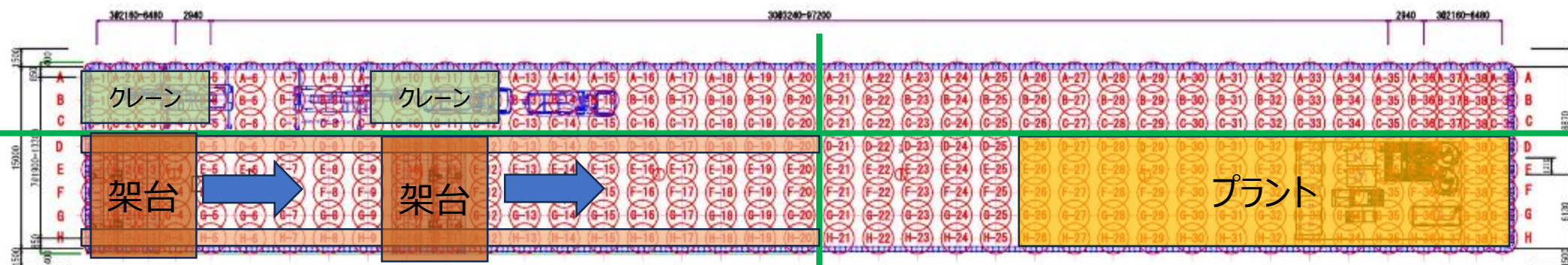


3-8. JET-Track.Nav【トラナビ】 現場導入例



工法名 : 高圧噴射工法(N-Jet工法)
 設計 : 改良径2500mm N=312本、改良長=3.50m
 機械体制 : プラント1台 ポンプ2台 削孔機4台

日付	内容
4/17~5/12	第1ステージ施工 (100本)
5/22~5/31	第2ステージ施工 (60本)
6/21~7/4	第3ステージ施工 (57本)
7/18~8/1	第4ステージ施工 (95本)



3-8. JET-Track.Nav【トラナビ】 現場導入例



モニター

位置誘導



削孔造成

3-9. JET-Track.Nav【トラナビ】 管理帳簿例

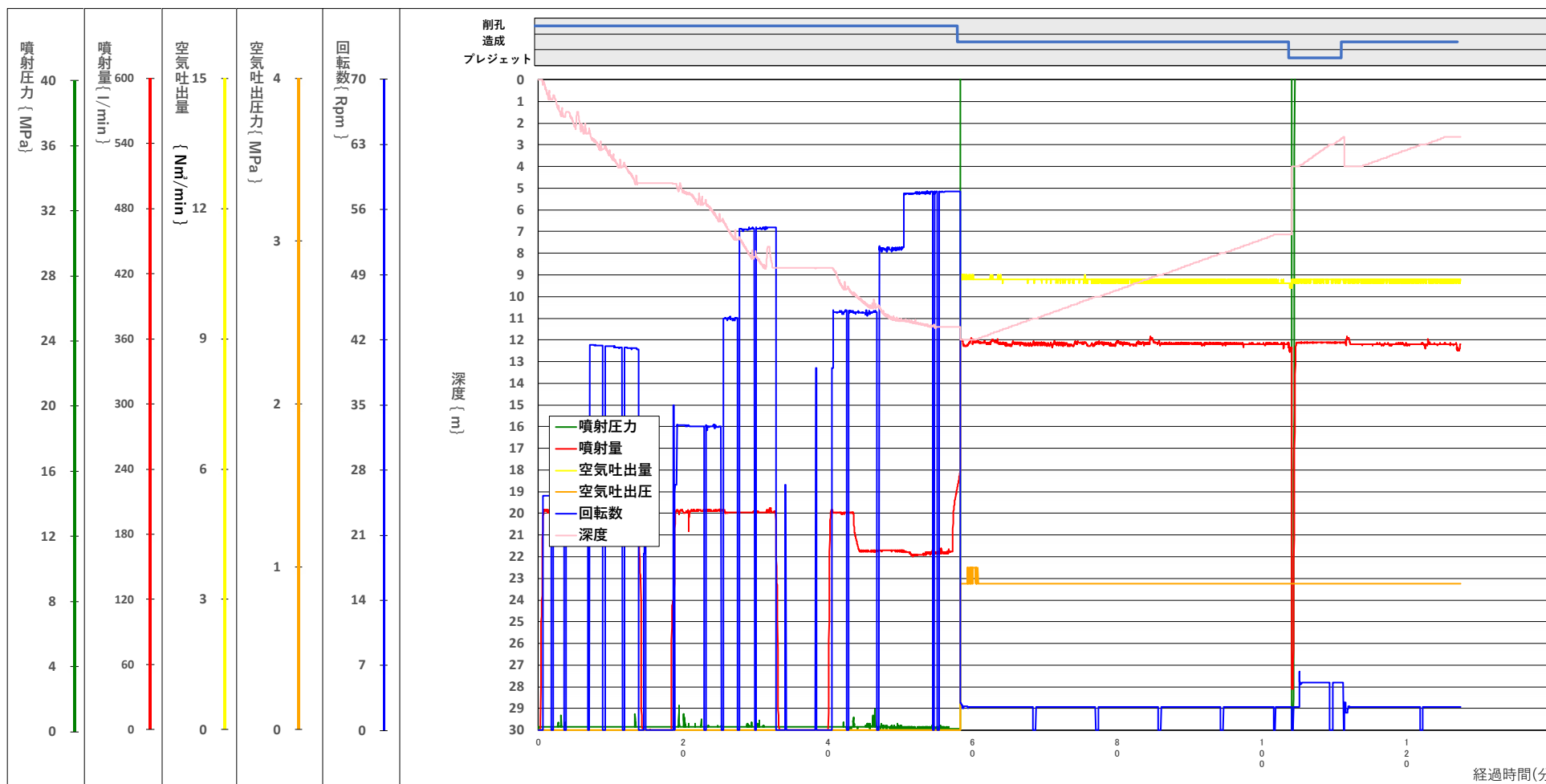
削孔/造成_結果

工事件名 sasima

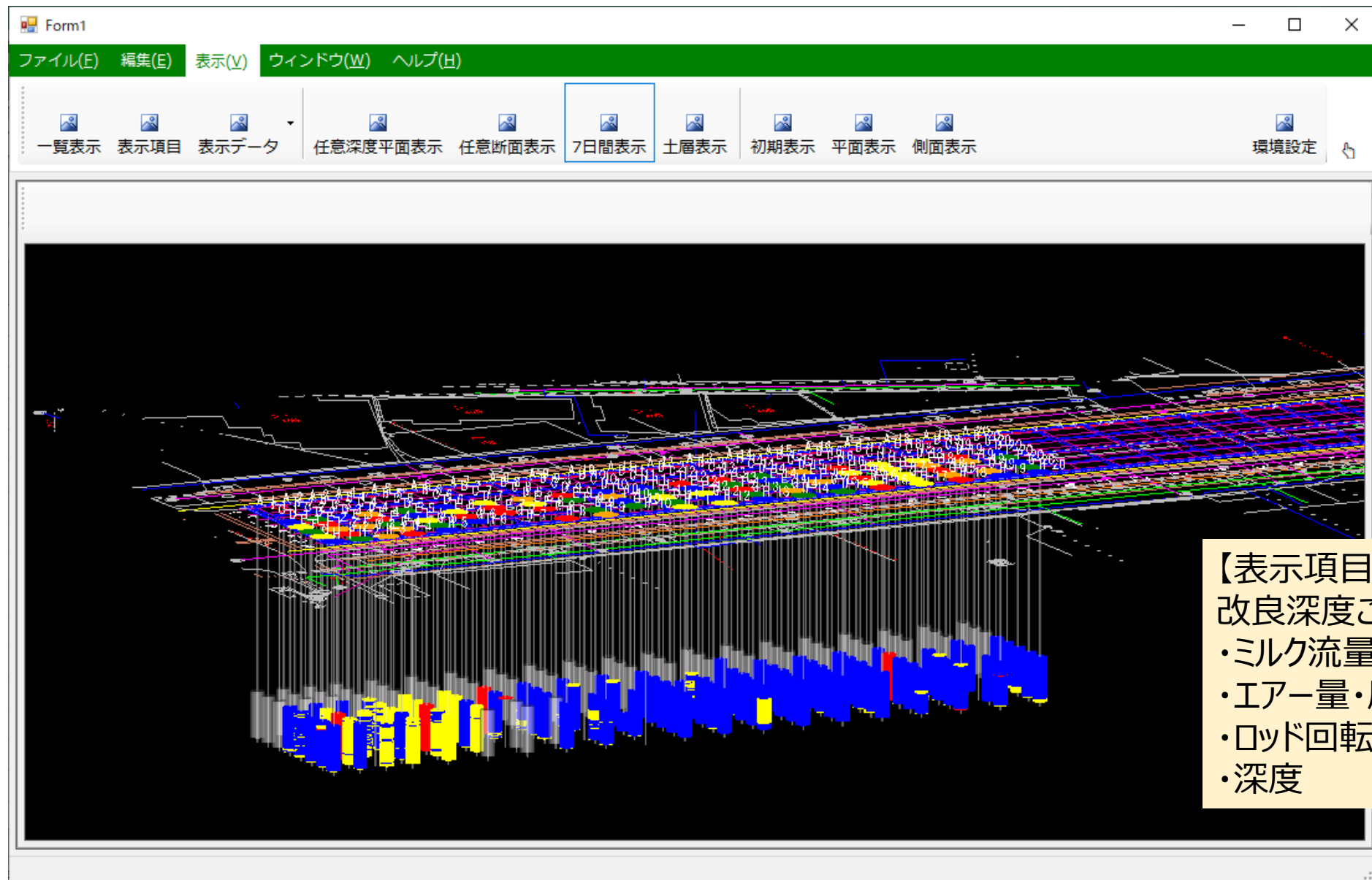
孔番 case6

各杭の施工位置、削孔・造成データ

開始時刻	2023/11/16 8:20	計画積算流量	19,296 L	削孔長	11.470 m	設計座標	12,686.348	3,249.494
終了時刻	2023/11/16 12:34	実施積算流量	21,550 L	造成長	6.200 m	実座標	12,686.341	3,249.499
				プロジェクト長	1.350 m	誤差	0.007	-0.005 m



3-9. JET-Track.Nav【トラナビ】 3D表示例



3-10. JET-Track.Nav【トラナビ】 出来形管理帳簿例

杭芯位置管理表

杭芯位置管理表

1/1

工事名	交付金(河川)工事(芝川第一調整池右岸)	受注会社名	株式会社 八廣園
施工範囲	区分J-2 杭番234 ~ 区分J-2 杭番251	施工開始日	2022/06/02
		施工終了日	2022/06/02
		工法名	引コラム工法

改尺体番号	設計値				施工実績				規格値		基準高	設計深度	合否判定	
	杭番	X (m)	Y (m)	深度 (m)	杭径 (mm)	X (m)	Y (m)	深度 (m)	改良長 (m)	ΔR (mm)				ΔY (mm)
251	-14134.681	-11000.764	4.10	5.30	1250	-14134.689	-11000.757	4.10	5.30	2.20	8	7	0	○
250	-14134.155	-10998.938	4.10	5.30	1250	-14134.149	-10998.933	4.10	5.30	2.20	6	5	0	○
248	-14133.104	-10995.286	4.10	5.30	1250	-14133.097	-10995.280	4.10	5.30	2.20	7	4	0	○
249	-14133.630	-10997.112	4.10	5.30	1250	-14133.621	-10997.108	4.10	5.30	2.20	9	4	0	○
234	-14135.026	-10994.233	4.10	5.20	1250	-14135.032	-10994.741	4.10	5.20	1.10	6	8	0	○
235	-14135.551	-10996.559	4.10	5.20	1250	-14135.554	-10996.559	4.10	5.20	1.10	3	0	0	○
237	-14136.602	-11000.210	4.10	5.20	1250	-14136.606	-11000.219	4.10	5.20	1.10	3	9	0	○
236	-14136.077	-10998.364	4.10	5.20	1250	-14136.076	-10998.361	4.10	5.20	1.10	1	7	0	○

施工結果一覧

施工結果一覧表

1/1

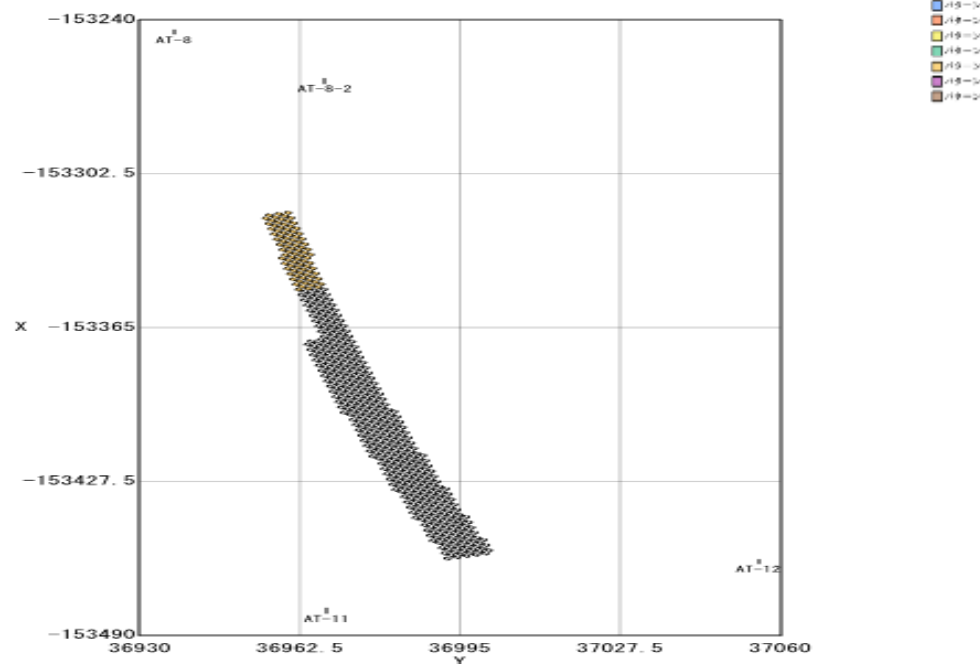
工事名: 交付金(河川)工事(芝川第一調整池右岸)														
	日付	開始時間	終了時間	施工時間	区分	杭番号	最大深度 (m)	改良体 大径深度 (m)	改良長 (m)	施工 基準高 (m)	噴射 流量 (L)	回転 トルク (kN・m)	固化材 使用量 (kg)	杭径 (m)
1	2022/06/02	08:35:35	08:57:43	00:22:08	J-2	251	6.30	4.10	2.20	4.00	427	26.62	379.1	1.2
2	2022/06/02	08:59:23	09:22:34	00:23:11	J-2	250	6.30	4.10	2.20	4.00	448	47.03	388.2	1.2
3	2022/06/02	09:25:42	09:48:40	00:22:58	J-2	248	6.30	4.10	2.20	4.00	431	25.37	383.3	1.2
4	2022/06/02	09:50:13	10:08:41	00:18:28	J-2	249	6.30	4.10	2.20	4.00	433	32.03	384.5	1.2
5	2022/06/02	10:22:57	10:39:56	00:16:59	J-2	234	5.20	4.10	1.10	4.00	220	27.06	195.9	1.2
6	2022/06/02	10:41:30	10:58:33	00:17:03	J-2	235	5.20	4.10	1.10	4.00	222	30.96	197.7	1.2
7	2022/06/02	11:01:25	11:18:05	00:16:40	J-2	237	5.20	4.10	1.10	4.00	220	24.51	195.0	1.2
8	2022/06/02	11:20:08	11:37:57	00:17:49	J-2	236	5.20	4.10	1.10	4.00	253	10.73	260.0	1.2

出来形管理図

全体改良範囲図

1/1

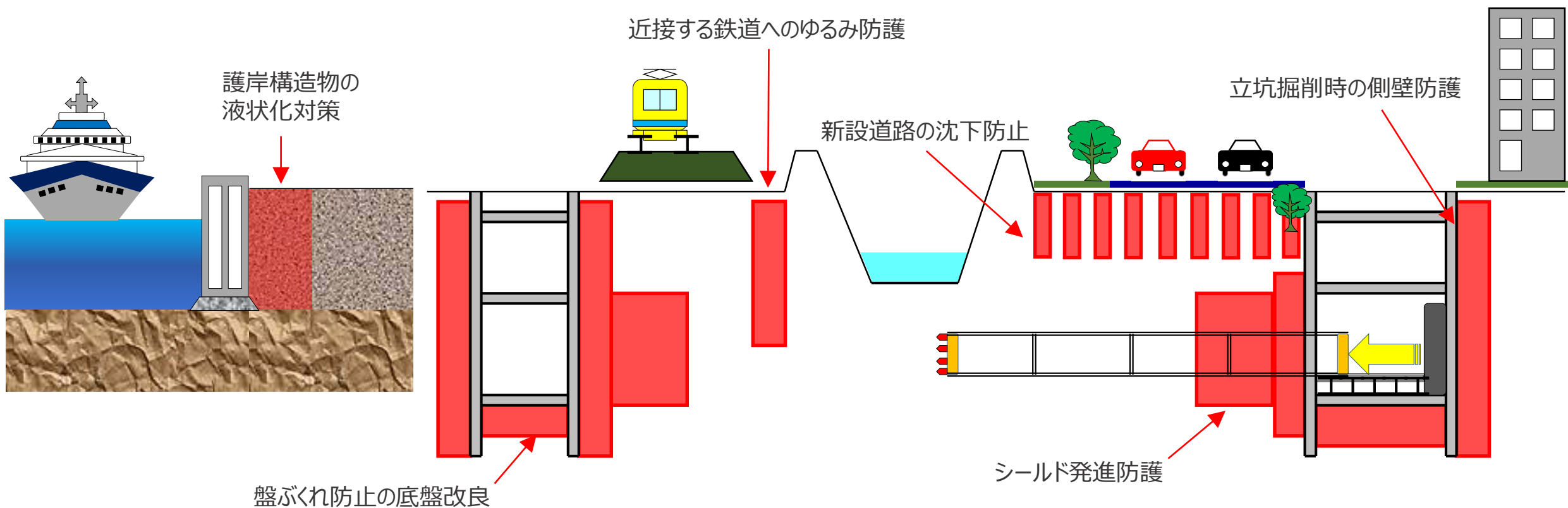
工事名	日南・志布志道路東半分益安地区改良(その他)工事	受注会社名	旭建設(株)
施工範囲	区分A 杭番E-17 ~ 区分A 杭番E-17	施工開始日	2022/07/19
		施工終了日	2022/02/04
		工法名	引コラム工法



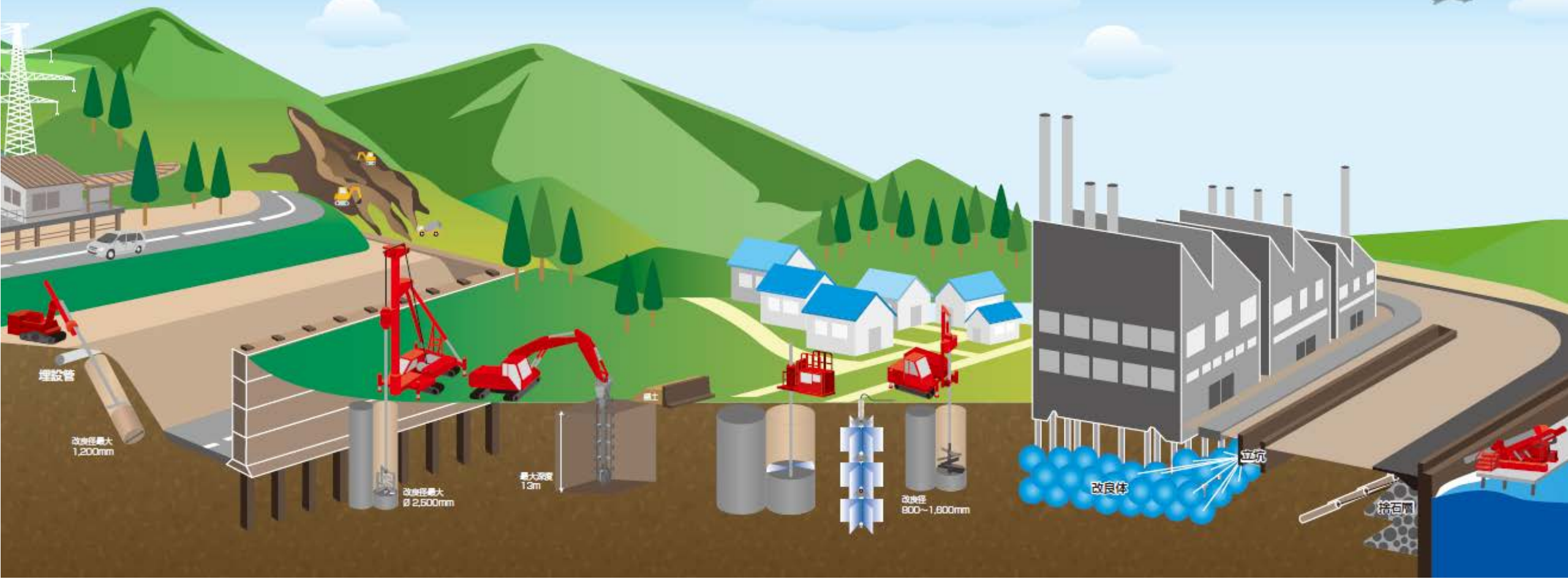
施工履歴データを用いた出来形管理要領(固結工(スラリー攪拌工)編)(案) (令和2年3月) に準拠

4 高圧噴射攪拌工法の適用ケース (ジェットグラウト工法)

高圧噴射攪拌工法はさまざまな地盤改良工事に適用されています。
これらは代表的な適用ケースですが、活躍する範囲は広く多くの工事で適用されています。



見えないところにこそ、私たちのプライドがある





NITTOC CONSTRUCTION CO.,LTD
Yoshihito KANEMASU