

落石漁港における ICT技術を活用した施工の取り組みについて

— 工事現場におけるICT 技術の活用推進 —

北海道開発局 釧路開発建設部 根室港湾事務所 第2工務課 中野 喜秀

- 1: 落石漁港について、工事背景
- 2: 工事実施における課題
- 3: 課題へ向けた検討
- 4: マシンガイダンスの概要および本工事での活用について
- 5: 得られた効果の検証、施工結果から
- 6: まとめ

落石漁港について

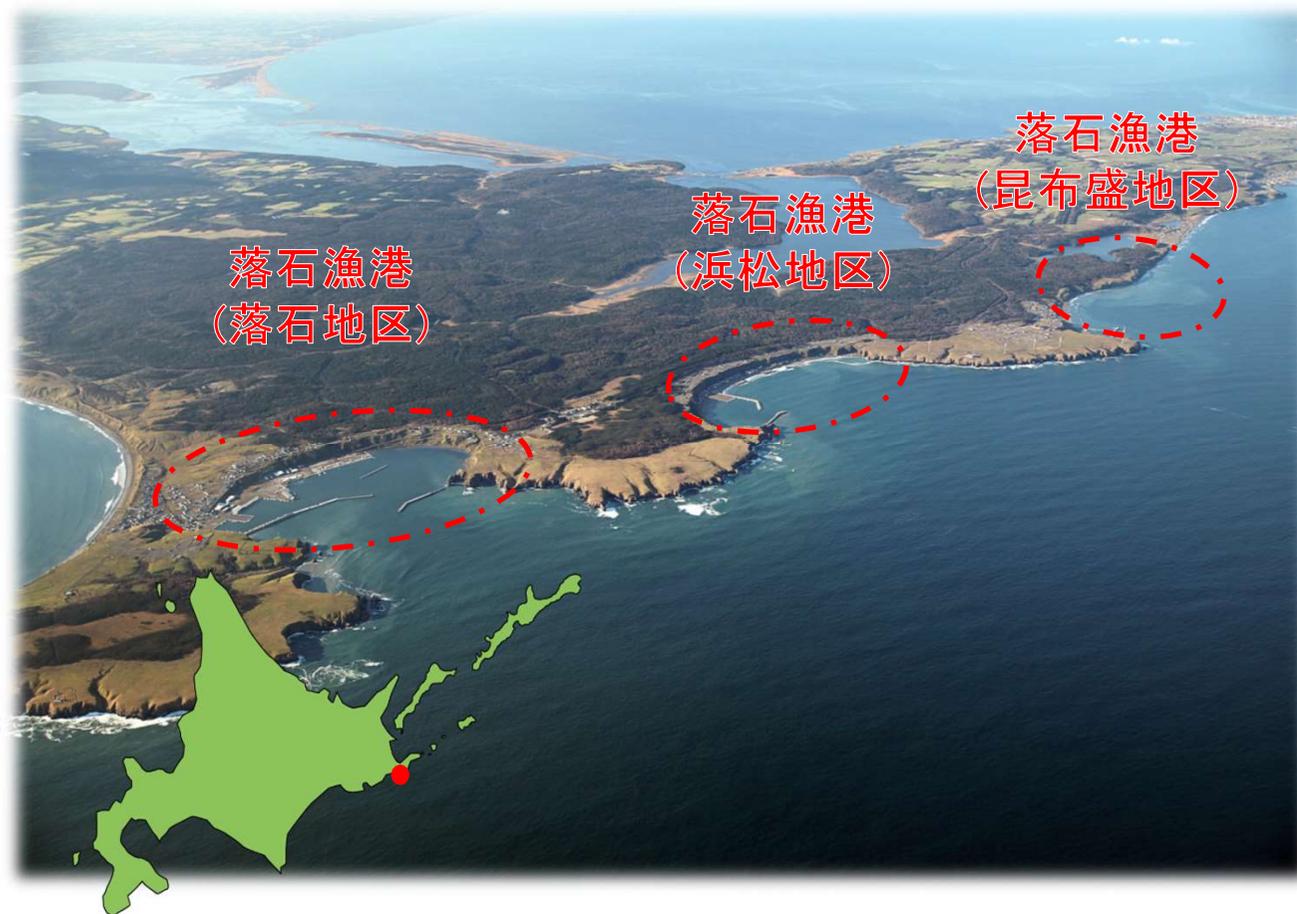
○第3種落石漁港
(落石地区・浜松地区・昆布盛地区)

○沿岸漁業の流通拠点

- ・サケ定置網
- ・採藻
- ・タコかご

道内のイカ釣り漁船の陸揚げ拠点

○陸揚量は根室市全体の約2割を占め、
根室市の基幹産業である漁業において重要な漁港



工事背景

- 落石漁港は崖に囲まれた地形のため崖崩れや落石の危険性が高い地域
- 令和2年3月に崖崩れが発生
土堤ポケットに土砂が堆積し土堤機能が大きく損失
→防護高さが足りず、落石の跳躍を防げなくなった
再度の崖崩れは漁業活動への危険を及ぼす
- 付近には岸壁や漁船の燃料補給タンクが存在
土堤機能の復旧は漁業活動の安全のために不可欠



工事实施における課題

その①～安全性の確保～

- 令和4年度に表層部分の土砂の一部を可能な限り除去を行った。その継続工事として土堤ポケット内の土砂をすべて除去する
- 作業箇所は土堤内であり作業員の立入は危険
令和4年度と同様に遠隔操作の無人バックホウで施工を行う

→無人バックホウ＋目視では
作業箇所の判別が困難

→測量等はどうしても近づく必要がある



工事実施における課題

その② ～施工精度の確保～

- ・安全の観点から土堤内に立ち入らず
正確な精度確認が必要
 - ・土砂を**過剰に除去すると**
更なる崖崩れを誘発するおそれがある
- 崖崩れにより**堆積した土砂だけを除去し、**
原地盤の形状に戻す精度が求められる



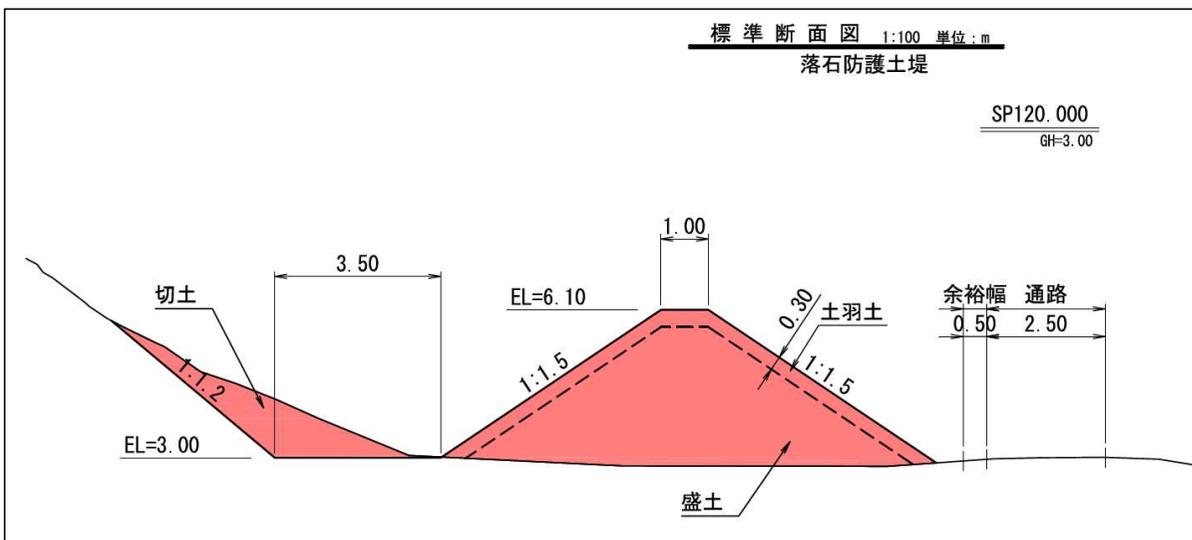
過剰に掘り進めると崖が崩れやすくなる

堆積土砂だけを全て除去して土堤機能を確保したい

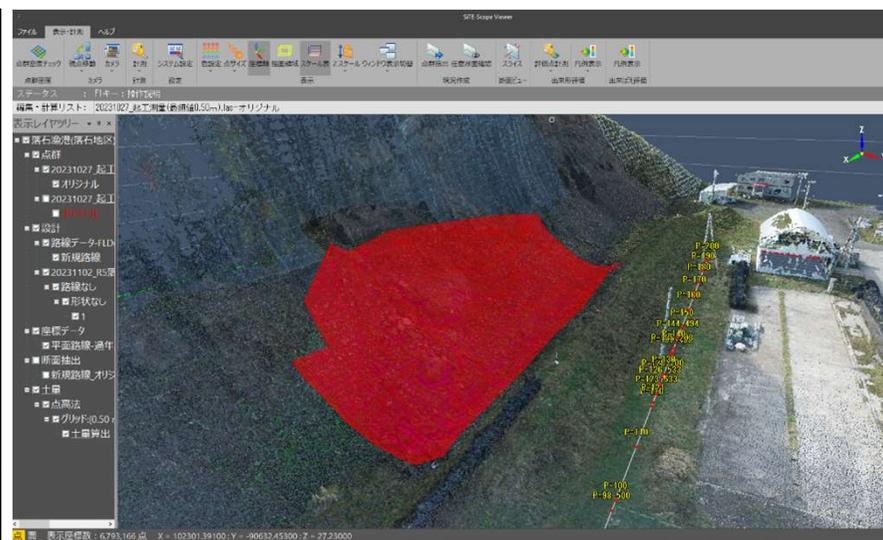
元通りの形に戻したい

課題へ向けた検討

- 土提の施工当時の設計図面と前年度の3次元測量データが存在から地山と堆積土砂の境界を把握可能な状態であった



H26造成

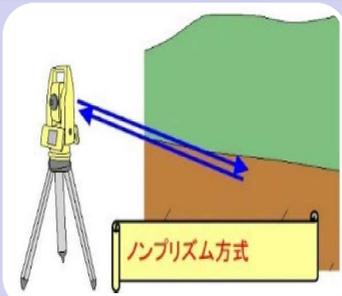


R4年度竣工時測量データ

上記2つデータを利用して、地山と堆積土砂を区別し

施工精度の確保と安全性の両立できる方法を検討した

検討した対応方法



①ノンプリズム方式の測量器による出来形測定を行いながらの施工

- 反射プリズムを設置せず、目標物に直接レーザー光を照射し距離を測定する方式
- 一般的な測量機を使用する従来の方法



②マシンガイダンスを搭載したバックホウの使用

- 建設機械の動作と施工の出来形連動したモニター画面で仕上がり面を確認しながら作業を行う



③マシンコントロールを搭載したバックホウの使用

- 上記マシンガイダンスに油圧制御を加え、計画面より深く掘り進めようとする時、制御がかかり、施工面以上の掘り過ぎを防止するシステムを使用

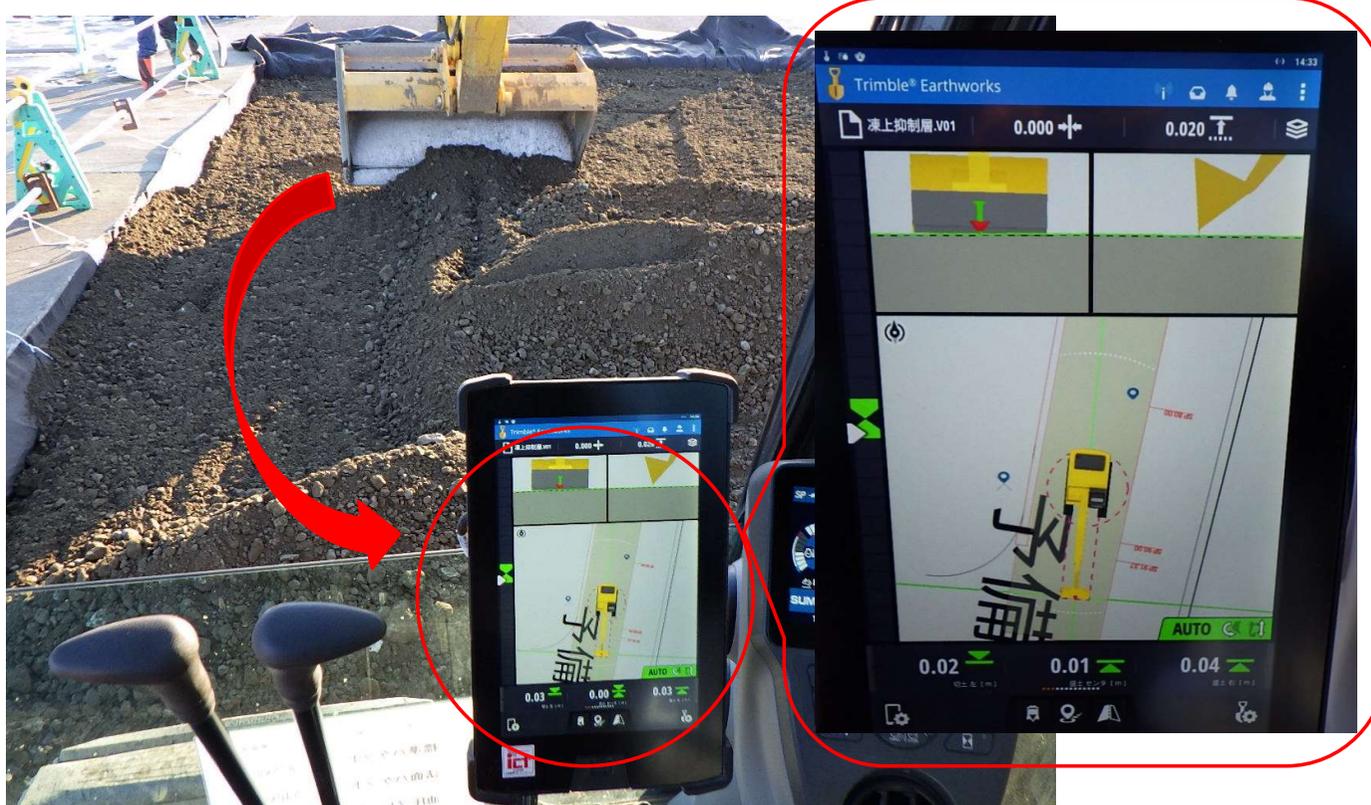
検討した対応方法の比較

	①ノンプリズム方式 (従来施工)	②マシンガイダンス	③マシンコントロール
施工能力	一般的な測量精度	GNSSによる高い精度で 効率的な作業が可能	GNSSによる高い精度で 効率的な作業が可能
安全性	常に土堤に近づく 必要がある	システムによりデータを確認 危険箇所付近の作業を削減	システムによりデータを確認 危険箇所付近の作業を削減
費用	一般機器のため安価	導入費用が高価	②よりもさらに導入費用が高価 (平均価格で②マシンガイダンス よりも1.2倍以上高額)
調達	一般機器のため 容易に入手可能	無人バックホウに 対応する機械を確認	無人バックホウに 対応する機械が確認できず (R7現在は対応機械あり)

- 施工精度と安全性の確保の観点からマシンコントロールが有効
→無人バックホウと併用ができなかったため、安全性の確保が困難
- 本工事では**マシンガイダンス**を採用して施工を行った

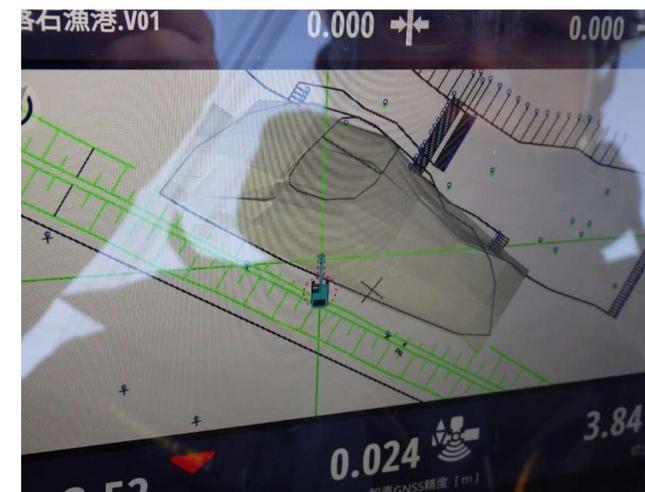
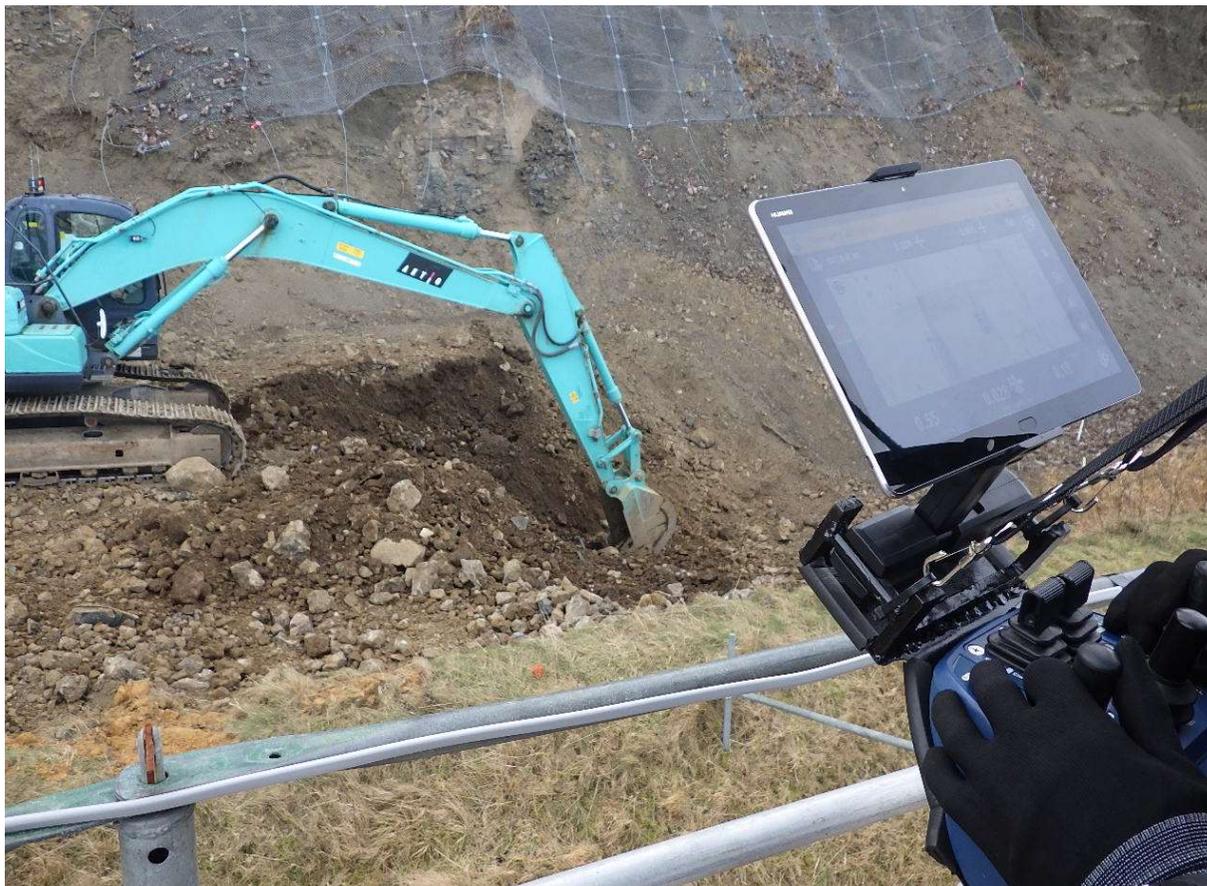
マシンガイダンスとは

- GNSSやコンピュータ、センサーを設置し施工部分の完成形と刃先位置が端末モニター画面に表示される
→オペレータ(操作者)がどれだけ作業すればよいのか教えてくれる



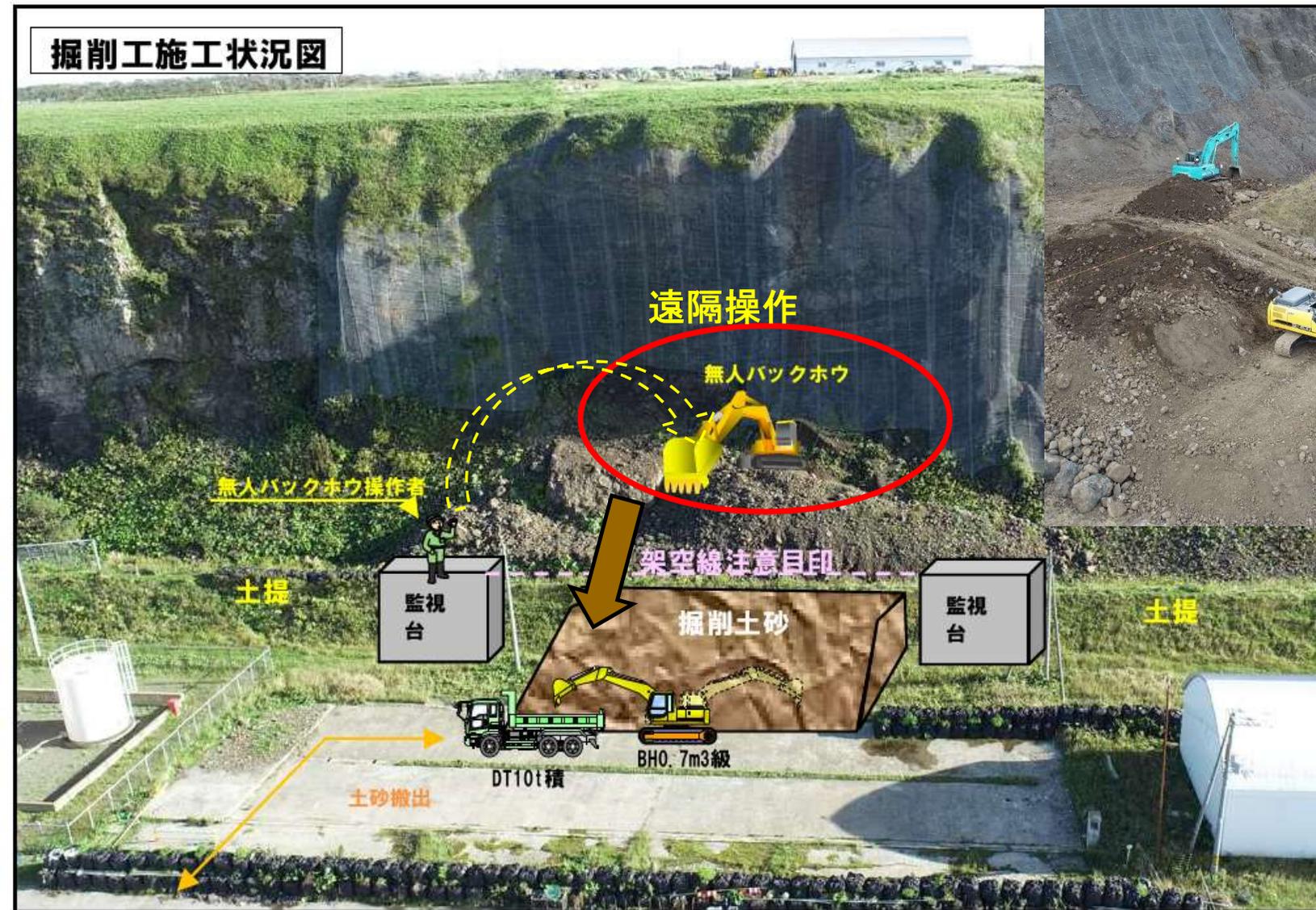
マシンガイダンスとは

- 今回の工事では
端末を見ながら土堤外で無人バックホウの遠隔操作を行った



施工状況イメージ

掘削工施工状況図





得られた効果①：作業性の向上

	無人バックホウ	マシンガイダンス併用	縮減率	備考
起工測量	80	80	—	過年度の出来形データがあるため同一
ICT施工 (掘削作業)	360	320	11%	掘削時間は全体数量に対して40時間の縮減
出来形測量	224	80	64%	システムに表示される仕上がり面までの掘削作業で完了 →測量時間を大幅に減少
電子納品	56	56	—	—
総時間	720	536	26%	—

※単位(時間)

※単位(時間)

- ・手元で計画掘削ラインを確認しながらリモート操作ができ、
 監視台からの目視のみと比較し、同等以上の操作性を確保できた
- ・掘削時間は全体掘削数量に対して40時間、出来形測量は144時間の短縮

得られた効果①:作業能力の向上

従来施工(①ノンプリズム方式)

- 計画面以上の過掘を防ぐため
少しずつ掘削と測量を繰り返すため
効率が悪い
- 丁張を使用する場合、土堤内に立ち入らなければならず、安全性を確保しにくい

ICT技術の活用(②マシンガイダンス)

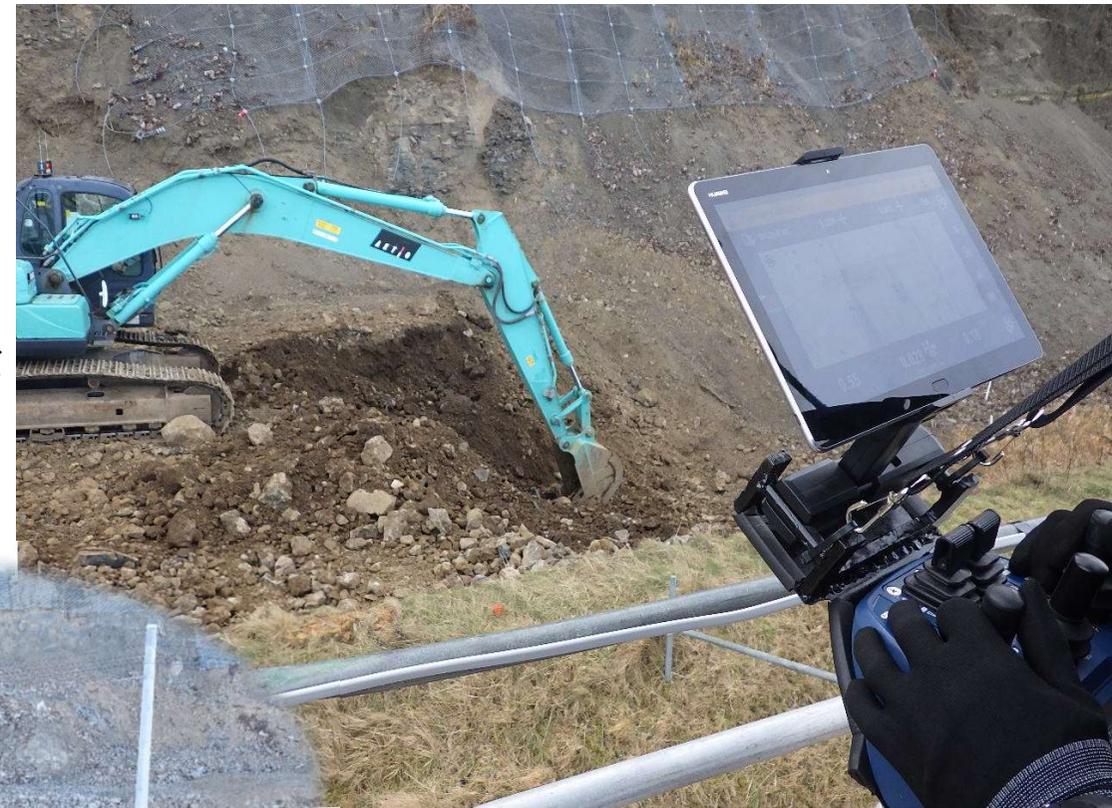
- 測量データと連携し
常に計画面を確認しながらの作業が可能
→操作者がどこまで掘ればよいか明確になり
正確な出来形を効率的に施工できる。
- 精度確保のためローカライゼーション作業
(工事基準点とGNSS座標の変換)が必要となる
→施工箇所は崖下のため周囲360°の測量が不可能なため
180°方向のみのデータで作業を行ったが、
精度確保上支障はなく、問題のない施工ができた。

結果:導入により測量における**時間と労力を大きく削減**可能

→施工箇所で**満足な精度確保が可能**か事前に検討が必要になる

得られた効果②：安全性の向上

- 監視台からの操作のため令和4年度と同等である
- **手元で作業状態の確認が可能**なため
従来作業よりも**危険箇所での作業時間・測量回数を減らせるため**安全性は高められた
- 技術的にはより遠方からでも作業が可能ではあったが不安定な地形での作業でありバックホウの傾きに注意が必要であったので現地監視台からの作業としている。



得られた効果③：経済性

	無人バックホウのみ	マシンガイダンス併用	備考
起工測量	¥ 905,000	¥ 1,100,000	○無人バックホウのみ：人力測量 ○マシンガイダンス併用：3D測量
ICT施工 (掘削費用)	¥ 10,657,500	¥ 10,420,000	作業効率の向上により 約2%の費用を縮減
出来形測量	¥ 905,000	¥ 1,100,000	○無人バックホウのみ：人力測量 ○マシンガイダンス併用：3D測量
電子納品	¥ 40,000	¥ 1,370,000	○無人バックホウのみ：2次元測量 ○マシンガイダンス併用：3次元測量
合計	¥ 12,507,500	¥ 13,990,000	

- 作業効率の向上により掘削費用を2%程度縮減することができた
- ICT機械導入により金額は大きく増加するが、作業性や安全性の向上による費用対効果は高い

得られた効果④：その他

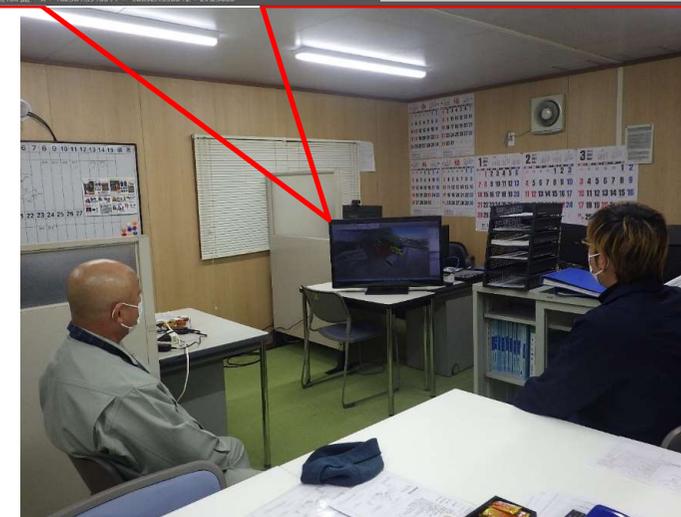
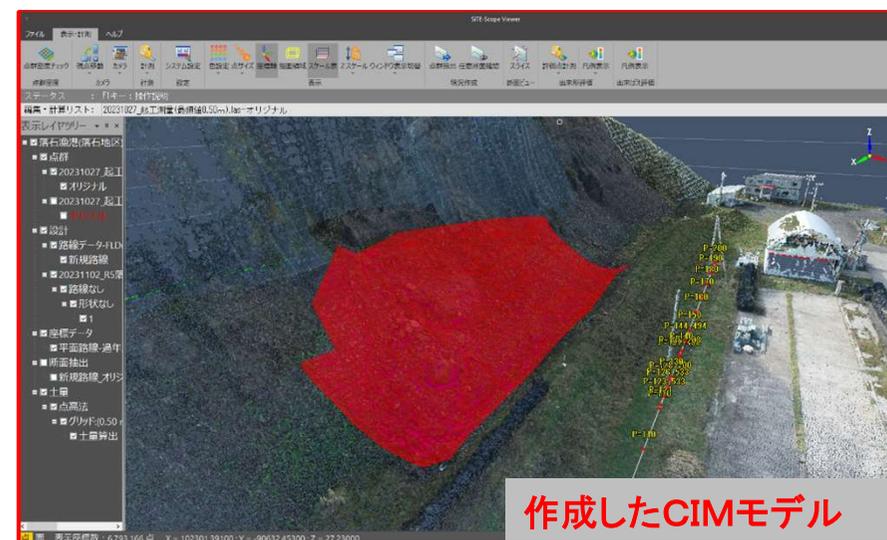
- 測量データを**CIMモデルへ活用**

→受発注者間でイメージを共有しやすく
手戻りや施工ミスを防止

- 図面と現場の違いも明確にできる。

→**立体的に掘削箇所を判断**でき

平面での計画図面より**地山に近い状態に復旧**できた



得られた効果④：その他

- 作業効率向上により、CO2排出の低下
- 測量作業の人員を減らすことができ、人手不足への対策
→ 若年層の技術者も熟練者と同じレベルで作業が可能
作業者の熟練度に寄らない仕上がり精度の均一化につながる
- 画期的な技術として広報資料で紹介することで担い手確保

- 課題であった**安全性と施工精度の確保**だけでなく、**作業効率や生産性の向上**など**多方面で効果が得られた**



落石地区(施工前)

落石地区(施工後)

技術導入の結果から

- 本工事では無人バックホウとマシンガイダンスの併用により作業員が立ち入れない遠隔からでも高い精度で施工を行うことができた。更には施工精度を確保するための作業時間も削減することができた。
- 港湾・漁港工事では本工事の技術の発展系として無人（遠隔）水中バックホウが検討されている。
 - 作業の難しい工事で使用されるケースが多いが条件や用途を限定するのではなく、制約のない通常の現場でも広く普及してもよい。
- 接続環境を整えることができれば、より遠隔地での作業が可能となる
 - 遠隔施工技術により、沖合の防波堤の施工などにも有効な技術ではないか。

- 本工事では無人バックホウとマシンガイダンスを組み合わせ
ICT技術の併用により相乗効果を得られた。
→個々のICT技術単体だけでなく、課題や現場状況に合わせて
複合的に運用するなど柔軟な検討をしていくことが必要
- 今後もICT技術の活用を積極的に継続し、
受注者・発注者ともに知識と経験を蓄積していくことが大切

ご清聴ありがとうございました。

