2019

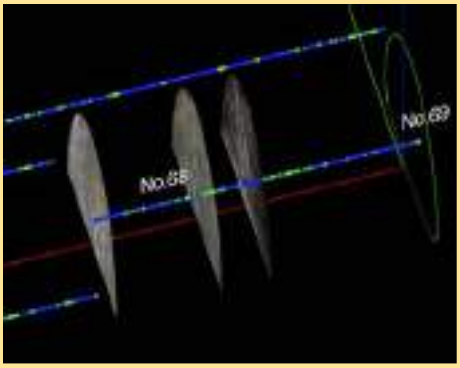
生産性向上事例集

～土木編～











一般社団法人 日本建設業連合会
JAPAN FEDERATION OF CONSTRUCTION CONTRACTORS

目次

（１）大断面シールド工事における工程短縮への取組み（株式会社安藤・間）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2
（２）UAV を用いた出来形測量の生産性向上（株式会社大林組）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・4
（３）プレキャスト部材を利用した橋梁工事の生産性向上（株式会社大林組）・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 6
（４）CIM モデルを活用した 4 次元建設シミュレーション（株式会社奥村組）・・・・・・・・・・・・・・・・・・8
（５）耐震補強工事における写真測量による出来形管理の省力化（株式会社奥村組）・・・・・・・・・・・・・・・10
（６）安価かつ高速施工を可能にする「スマート床版更新（SDR）システム」（鹿島建設株式会社）・・・・・・・・12
（７）動画像分析を活用した「コンクリートの全量受入れ管理システム」（鹿島建設株式会社）・・・・・・・・・・14
（８）AI 制御による不整地運搬車(クローラキャリア)の自動走行技術の開発（株式会社熊谷組）・・・・・・・・・16
（９）トンネル工事における連続ベルトコンベヤー設備の効率化（株式会社熊谷組）・・・・・・・・・・・・・・・18
(10) インバートコンクリート施工における生産性向上対策（株式会社鴻池組）・・・・・・・・・・・・・・・・・20
(11) RC 橋脚施工における生産性向上対策（株式会社鴻池組）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・22
(12) 3D 面的測量及び情報収集共有システム等の活用による生産性向上（五洋建設株式会社）・・・・・・・・・・24
(13) トンネル坑口法面工事におけるセーフティクライマー工法の採用（五洋建設株式会社）・・・・・・・・・・26
(14) ICT を Full 活用した施工と受発注者間の共有効率化で生産性向上を実現（清水建設株式会社）・・・・・・・28
(15) トンネル覆工コンクリート自動施工システムによる生産性向上（清水建設株式会社）・・・・・・・・・・・30
(16) IoT を活用した山岳トンネル工事の生産性向上の取組み（株式会社錢高組）・・・・・・・・・・・・・・・・32
(17) IoT を活用した橋梁上部工のマスコンクリート対策（株式会社錢高組）・・・・・・・・・・・・・・・・・・34
(18) 大型インクラインによる資機材供給の効率化（大成建設株式会社）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・36
(19) プレキャスト製品据付アシスト装置 （移動式 エアバランサ） の開発 ・ 実用化（大成建設株式会社）・・・38
(20) 柱頭部押出し施工による施工性・安全性向上（大成建設株式会社）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・40
(21) ICT の杭打設工事への適用と大規模 ICT 土工事により生産性向上（大成建設株式会社）・・・・・・・・・・42
(22) 非開削工法の適用における生産性向上について（株式会社竹中土木）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・44
(23) 市街地液状化対策における生産性向上（株式会社竹中土木）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・46
(24) 現場施工計画の３次元化の取組み（鉄建建設株式会社）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・48
(25) 山岳トンネル仮設計画における３次元検討（鉄建建設株式会社）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・50
(26) 海上地盤改良工事における業務効率化の取組み（東亜建設工業株式会社）・・・・・・・・・・・・・・・・・52
(27) 土量検収作業の効率化による生産性向上への取組み（東亜建設工業株式会社）・・・・・・・・・・・・・・・54
(28) ICT を活用した場所打ち杭の施工における生産性向上の取組み（東急建設株式会社）・・・・・・・・・・・・56
(29) 東京メトロ銀座線渋谷駅移設工事におけるビジネスチャットツールを活用した情報共有迅速化の取組み
（東急建設株式会社）・・・・・・・・・・・・58
(30) グラブ浚渫における日々の深度・出来形管理の ICT 化（東洋建設株式会社）・・・・・・・・・・・・・・・・60
(31) 3D 鋼管杭打設管理システムの活用による生産性向上の取組み（東洋建設株式会社）・・・・・・・・・・・・62
(32) ICT ツールの活用による生産性向上（戸田建設株式会社）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・64
(33) トンネル補助工法、パイプルーフにおける生産性向上の取組み（戸田建設株式会社）・・・・・・・・・・・・66
(34) 覆工打設高さ管理システム「スターライトセンサシステム」（飛島建設株式会社）・・・・・・・・・・・・・68
(35) ICT 機器を利用した測量作業の自動化（飛島建設株式会社）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・70
(36) 高速ずり搬出システムの開発と適用（西松建設株式会社）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・72

(37) ハーフプレキャスト構造によるボックスカルバートの施工（西松建設株式会社）・・・・・・・・・・・・・・・74
(38) 重機搭載レーザー計測システム（株式会社フジタ）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・76
(39) トンネル空間での ICT 活用（株式会社フジタ）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・78
(40) 電子野帳を活用したスマートデバイスによる施工管理業務（前田建設工業株式会社）・・・・・・・・・・・・80
(41) 生産性向上と環境負荷低減の両立を図ったトンネル工事の施工事例（前田建設工業株式会社）・・・・・・・82
(42) プレキャストセグメント工法による函体施工の生産性向上（三井住友建設株式会社）・・・・・・・・・・・・84
(43) 鉄筋組立作業における生産性向上の取組み（三井住友建設株式会社）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・86

取組み事例の分類

掲載頁	会社名	A	B	C	D	E	F	G	H	I
2-3	安藤・間						○			○
4-5	大林組	○			○	○				○
6-7	大林組			○		○				○
8-9	奥村組		○		○			○		
10-12	奥村組	○	○		○			○		
12-13	鹿島建設			○		○	○			○
14-15	鹿島建設		○		○	○		○		
16-17	熊谷組		○			○	○	○		○
18-19	熊谷組						○			○
20-21	鴻池組						○			
22-23	鴻池組			○						
24-25	五洋建設	○			○			○		
26-27	五洋建設					○		○		○
28-29	清水建設	○	○		○			○		○
30-31	清水建設		○			○				○
32-33	錢高組		○		○					○
34-35	錢高組		○		○					○
36-37	大成建設						○			
38-39	大成建設				○		○			○
40-41	大成建設			○			○			
42-43	大成建設	○	○		○			○		
44-45	竹中土木									○
46-47	竹中土木					○				
48-49	鉄建建設	○			○		○			
50-51	鉄建建設	○			○		○			
52-53	東亜建設工業		○		○			○		○
54-55	東亜建設工業				○		○			○
56-57	東急建設	○						○		○
58-59	東急建設		○		○		○	○		
60-61	東洋建設		○					○		
62-63	東洋建設							○		
64-65	戸田建設		○		○					
66-67	戸田建設						○	○		○
68-69	飛島建設									○
70-71	飛島建設		○		○			○		
72-73	西松建設						○			
74-75	西松建設			○			○			
76-77	フジタ	○	○		○					○
78-79	フジタ	○	○		○					○
80-81	前田建設工業		○		○					
82-83	前田建設工業						○			○
84-85	三井住友建設			○			○			
86-87	三井住友建設		○							○

A	3D測量	D	業務効率化	G	施工管理
B	ICT 活用	E	新技術	H	育成
C	PCa	F	創意工夫	I	その他(施工効率)

株式会社 安藤・間

大断面シールド工事における工程短縮への取組み

掘進組立サイクルの効率化、仮設備の省略、内部構築のプレキャスト化

1. 工事概要

高速横浜環状北西線は横浜市北西部と横浜都心部・湾岸エリアとの連携強化や渋滞緩和のため、東名高速道路横浜青葉ＩＣと第三京浜道路港北ＩＣとを結ぶ延長約 7.1km の自動車専用道路である。本工事はそのうちの下り線約 3.9km のトンネル区間を泥水式シールド工法にて構築するものである。

2. シールド工事工程短縮への取り組み

早期開通のため、発進から到達までのシールド掘進期間（16 カ月）や、その他の道路構造物の引渡し時期がタイトに設定されていた。期限内で確実にシールド掘進を完了させて後工程を有利にするため、掘進組立サイクルの効率化や仮設備の省略、内部構築のプレキャスト化で工程短縮を図った。

3. セグメント供給効率の向上

①タイヤ式セグメント運搬車両の採用

当初、坑内のセグメント運搬にはバッテリー機関車を計画していたが、低速で 1 編成当たりの運搬能力が小さいことから 6 台の機関車が必要であった。また勾配が 5%の区間もあり軌条設備では特別な装置が必要なこと、重い軌条の敷設・撤去作業工程が必要なこと、機関車の頻繁な往来や軌条そのものが、後続して掘進と同時施工する道路構造物の施工に支障となり、安全面でも問題があった。そこで、本工事では一度に多くのセグメントを高速に運搬できるタイヤ式の運搬車両を 2 台採用した（写真-1)。これにより運搬効率が 3 倍に上がり、軌条設備の設置・撤去作業に係る工程を完全に無くすことができた。



写真-1　タイヤ式セグメント運搬車両

②後続台車セグメントストック＆自動供給装置の採用

従来、切羽へのセグメント供給は坑内のセグメント運搬サイクルに左右され、運搬が滞ると掘進にも影響が及びロスが発生する。また、坑内運搬車両の運用もシールドの掘進組立サイクルに拘束され、掘進が滞ると待ちが発生する。そこで、本工事では運搬リスク軽減と坑内運搬車両の有効活用を実現するため、後続台車に 3R 分



写真-2　後続台車セグメントストック装置

のセグメントをストックし、切羽へ自動供給できる装置(写真-2)を設置した。これによりセグメント運搬が滞っても、半方以上掘進を継続することができるようになった。また坑内運搬車両の待ちが少なくなり、他の作業への利用も可能となった。

4.掘進組立サイクルの向上

①半同時掘進組立の採用

シールドジャッキにブロック別油圧制御機構を採用し、掘進の途中からセグメントを組み立てられる半同時掘進組立システムを導入した。これにより掘進と組立をラップさせ、1R あたり 15～20 分程度掘進組立サイクルを短縮した。

②ICT の活用

従来の中央監視システムに加え、シールド機の位置や姿勢、土層分布、近接構造物等の情報をリアルタイムで表示するシステムや、テールクリアランスの可視化とセグメント組立シミュレーションを 3 次元的に行えるシステムを開発・導入し、日々の掘進計画や判断指示を迅速かつ簡単に行えるようにした。

5.内部構築のプレキャスト化

①プレキャストインバートの採用

インバートのコンクリート打設とセグメント運搬とを同時に行うことが難しく、掘進完了後に打設する場合は大きな工程ロスになると考えられた。そこで、これをプレキャスト化し、掘進と並行して後続台車の前で設置する方法を採用した(写真-3)。底部の突起と緩衝ゴムでセグメント内面から 15㎜の隙間を設け、施工誤差を吸収するとともに裏込め材を充填して活荷重に対する滑動を防止した。



写真-3　プレキャストインバート

②PC 床版の採用

道路床版はハーフプレキャストの合成床版が設計されていたが、フルプレキャストの PC 床版に変更し、シールド掘進との並行作業の効率化を図った(写真-4)。なお、変更にあたっては長支間（8m）に対する輪荷重走行試験を実施し、100 年相当以上の疲労耐久性を確認した。



写真-4　PC 床版（ループ継手方式）

6.取組みの効果

シールド掘進については対策が有効に機能し、最大日進量 20m、最大月進量 410m を達成し、タイトな目標期間内に完了することができた。仮設備の省略と内部構築の同時施工により、掘進完了後の後工程を当初計画より 3 カ月短縮することができた。

株式会社大林組

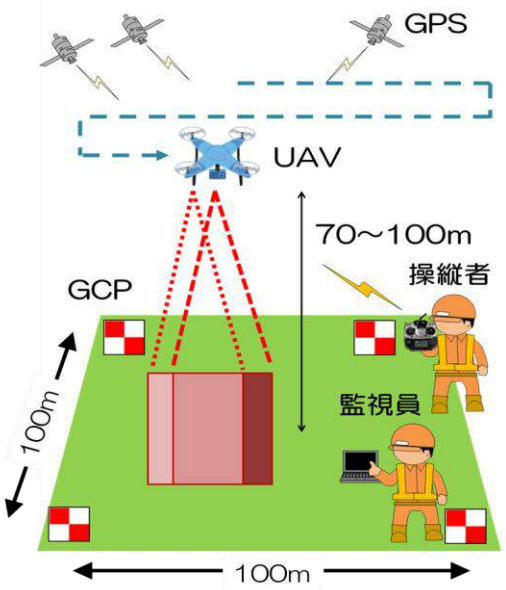
UAV を用いた出来形測量の生産性向上

GCP レス UAV の活用

背景

2016 年から建設現場の生産性向上を目的として、一部工事で UAV を用いた計測管理手法が始まった。UAV を用いた計測は主に 3 つのステップで行われる。1 つ目は UAV の飛行と写真撮影、2 つ目は GCP の設置及び座標値の計測、ここでいう GCP とは Ground Control Point の略で標定点と呼ばれる。3 つ目が 3 次元形状を復元するための解析である。解析の際に GCP で得られた座標値を使用することで、位置及び形状の復元の補正を行う。

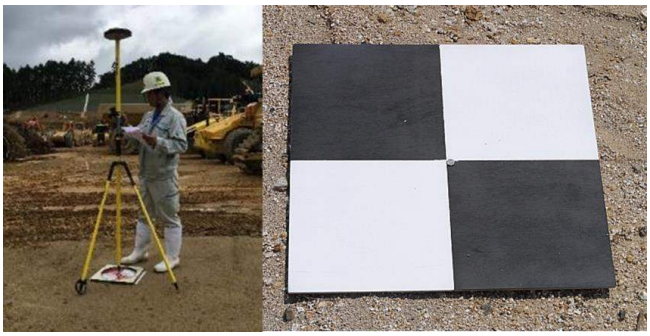
UAV の飛行や解析は事前に設定しておけば作業自体はほぼ自動で行われる。一方で GCP の設置や計測は人力作業に頼る部分が多い。船体の作業時間の約 3 割を占める GCP 作業を無くすことができれば生産性の向上につながると考えた。そこで GCP レス UAV の適用を検討した。



UAV による計測概要

システムの概要・特徴

今回の検証にあたっては SkyLink 社が国内で展開する後処理方式高精度測位システム（KLAUPPK）による UAV システムを検討した。このシステムの特徴は、後処理キネマティックにより GCP がなくとも精度よく撮影写真の位置を推定できる仕組みのほか、UAV 機体とは別のシステムで構築されており、任意の機体に取り付けることが可能な点である。通常の写真測量と同様に空撮を実施した後、写真に添付されている測位情報を補正し、解析を行うことで、GCP の設置・計測無しに高精度な 3 次元形状を復元することが可能である。



GCP 計測状況

空中写真測量（無人航空機）を用いた場合の作業時間

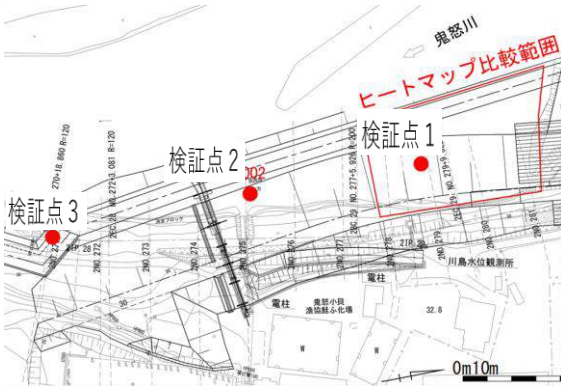
面積	①飛行時間	②計測時間	③解析時間
5 万 m2	20 分	75 分	120 分
10 万 m2	50 分	150 分	300 分
20 万 m2	150 分	300 分	600 分

取組みの効果

広さ約 20、000m2 の範囲で GCP レス UAV による計測を行った。計測精度の確認のために、計測範囲内で実際の標高を GNSS ローバにて計測した。すべての検証点で規格値以内であることを確認することができた。検証点での結果を確認したが、これが「点」としてだけの精度なのか、周囲の「面」としても精度が確保できているのかを確認するため、点群同士の差分を確認した。レーザスキャナによる計測結果を基準として比較した。比較は 50cm メッシュで行った。地上解像度が 1cm の場合、すべて計測精度が 5cm 以内に収まることが確認できた。地上解像度が 2cm の場合では一部 5cm を越える箇所が発生しているが、地上解像度が 2cm の場合は計測精度が 10cm であることから、こちらも充分に計測精度を確保できていることを確認できた。



KLAUPPK システム



検証点及び比較範囲図

【システムの展開可能範囲】

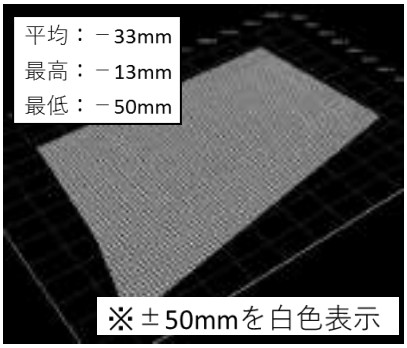
これまでも PPK や RTK を活用した UAV による写真解析は行われているが、精度不足により現場での活用は限定的であった。しかしながら今回の検証によって GCP を用いない場合でも、充分に出来形管理基準を満足することを確認できた。現場での今後の活用に期待できるため、さらなる検証を実施する。

本検証内容については、2019 年度に国土交通省が公募した PRISM（建設現場の生産性を向上する革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト）に応募し、採択されている。先端的技術をいち早く検証し、性能を確認することで、UAV の出来形管理基準の改訂につながればと考えている。

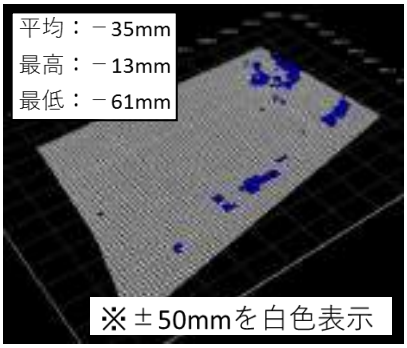
今後はさらなる検証に加え、本取組みを足がかりとして、土工事だけでなく、様々な工種への適用につなげたいと考えている。

GCP レス UAV による精度検証結果

地上解像度	誤差(mm)			規格値	判定
	検証点 1	検証点 2	検証点 3		
1cm	-35	2	-46	±50mm	○
2cm	-34	-27	-50	±100mm	○



地上画素寸法 1cm の場合



地上画素寸法 2cm の場合

GCP レス UAV とレーザスキャナによる計測結果の比較

株式会社大林組

プレキャスト部材を利用した橋梁工事の生産性向上

首都高１号羽田線更新工事におけるう回路(橋梁上下部工)構築の急速施工

はじめに

労働力人口が減少する中、現場における生産性向上は喫緊の課題であり、プレキャスト化による現場作業の省力化はその解決策の一つである。首都高速１号羽田線(東品川桟橋・鮫洲埋立部)は、供用後 50 年以上経過しており、長期耐久性・維持管理性の観点から、現在大規模更新工事として造り替えを行っている。本工事において、通行止め無しで更新するために構築した迂回路（平成 29 年９月供用）の構造には、鋼管杭の最適配置とプレキャスト部材の脚頭部から成る高耐震性パイルベント橋脚を開発した。これにより高規格道路上での耐震性確保と現場省力化による急速施工を実現した。本稿では高耐震性パイルベント橋脚の施工方法に着目し、生産性向上の観点から施工実績を報告する。

表-1　迂回路の構造概要

幅員	9.2m（有効幅員8.0m,1方向2車線）
上部工	支間長30m,橋長90m 鋼3径間連続合成鈑桁橋（5主桁,桁高1150㎜） プレキャストRC床版（床板厚210㎜σck=50N/㎟）
下部工	高耐震性パイルベント橋脚 プレキャストピアキャップ（σck=50N/㎟） 回転鋼管杭（φ1000,1200㎜,長さ24～35m）

高耐震性パイルベント橋脚の概要

表-1 に迂回路の構造概要を、**写真-1** に高耐震性パイベント橋脚の完成写真を示す。標準形式として支間割 3×30m のパイルベント構造を採用し、杭には回転式鋼管杭を採用して、2×2 本配列とすることで、迂回路直下の工事用車両動線の確保とレベル２地震時における応答変位の抑制を実現している。

杭頭部のコンクリートピアキャップは施工省力化や運搬能力を考慮して、3 基のプレキャスト部材（キャップ部×２基、梁部×１基）から構成されており、杭及び各ピアキャップの接合部にコンクリートを充填し、PC ケーブルを緊張することで一体化する。コンクリート種別は充填形状および要求性能を考慮して選定した（**図-1**）。



写真-1　高耐震性パイルベント橋脚

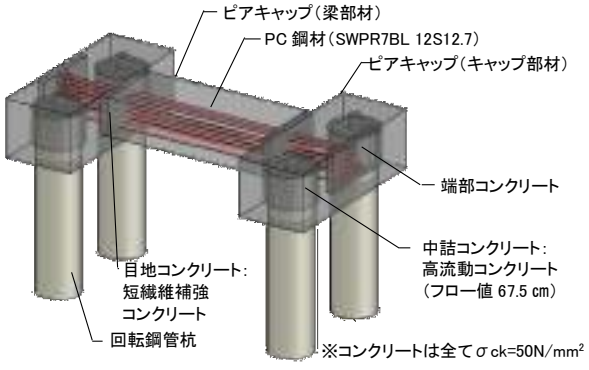


図-1　高耐震性パイルベント橋脚構造の模式図

高耐震性パイルベント橋脚の施工手順及び工程

図-2 に橋脚の施工手順を示す。回転鋼管杭は先端の拡翼効果により、先端根固め処理が無くとも所定の支持力を確保できる。また、先端開放型の杭を回転圧入するので排土がほとんどなく、残土運搬・搬出の工程を省略で

きる。また、鋼管杭の継手は機械式継手の採用により、溶接の場合 1.5 時間程度要するところ、20 分程度で完了し、かつ溶接の品質検査が省略できた。

現場作業の省力化として、ピアキャップのプレキャスト化だけでなく、各部材間の接合部は無筋化されている。鋼管杭とピアキャップの接合部には「リブ付き二重鋼管接合構造」を適用し、その間に高流動コンクリートを充填する構造である。充填形状が複雑でほぼ密閉であり、密実な充填が必須であるから、ピアキャップには打設孔とは別にバイブレータ挿入孔（φ55）と排気孔（φ19）を設けた（**図-3**）。また、事前に実物大模型を用いた試験施工を実施し、リブの隙間まで確実に充填できることを確認した。

ピアキャップ同士の接合部は双方に孔あき鋼板ジベルを設け（**写真-2**）、部材間の目地に短繊維補強コンクリートを打設する構造である。鉄筋組立作業が無いため目地幅が 200mm と小さく、ホッパーでの少量打設で済み、少人数・短時間で完了した。PC 鋼材緊張は供用道路や既設構造物と隣接した狭隘な施工条件であることから、施工可能な 1 方向片引きとした。

高耐震性パイルベント橋脚 1 基あたりの工程については、プレキャスト部材の積極的適用と設計段階での各部材における工夫により、現場作業の省力化を追求した結果、のべ 22 日、稼働率を考慮して約 1 ヶ月で橋脚を完成させた。

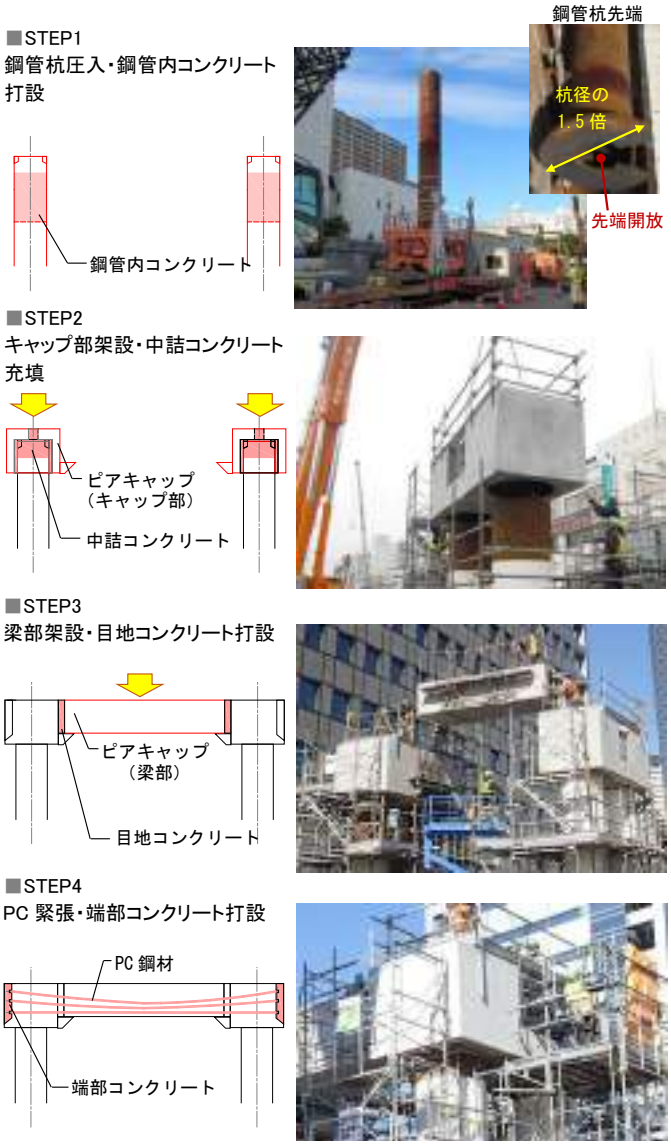


図-2　高耐震性パイルベント橋脚施工手順

まとめ

本工事では高耐震性パイルベント構造の適用にとどまらず、床版や壁高欄のプレキャスト化により生産性向上を図り、約 1.9km の高規格道路を約 16 か月で構築・供用させた。今後、社会資本の老朽化は避けられず、更新事業における生産性向上のニーズは高い。本技術がその一助となれば幸いである。

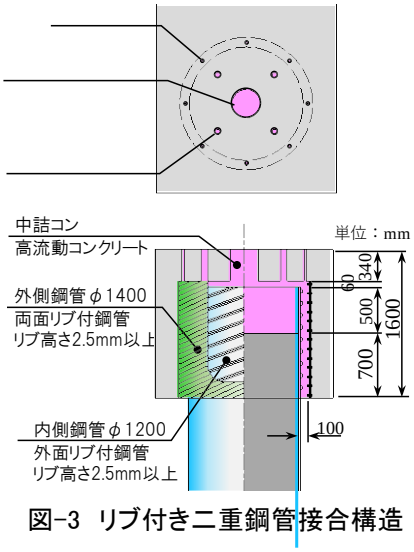


図-3　リブ付き二重鋼管接合構造



キャップ部材側



梁部材側

写真-2　孔あき鋼板ジベル

株式会社奥村組

CIM モデルを活用した 4 次元建設シミュレーション

CIM との連動による工程計画システムの構築

１．開発の背景

建設業界の働き方改革に不可欠な施工現場における週休 2 日を実現するためには、無駄のない工程管理を行うことが重要である。施工現場で急速に進んでいる 3 次元データの活用に着目し、CIM モデルと工程データを連動させた 4 次元シミュレーションシステムを開発した。

２．システムの概要

本システムは、3 次元データの閲覧・使用が可能なソフトウェア「PADMS」をベースに、施工現場で高性能パソコンでなくても CIM を効率的に運用できる機能をカスタマイズするとともに、工程管理システム「BeingProject-CCPM」（以下、CCPM）から出力される工程管理データとの連動機能を追加したものである。

3 次元 CAD により作成した 3 次元データを PADMS に取込み、この CIM モデルと CCPM より出力される工程管理データを関連付けてシミュレーションを行う。シミュレーションにより修正した結果は、もとのデータにフィードバックできる。



4 次元シミュレーションシステム概要図

３．システムの特徴

① データの連動

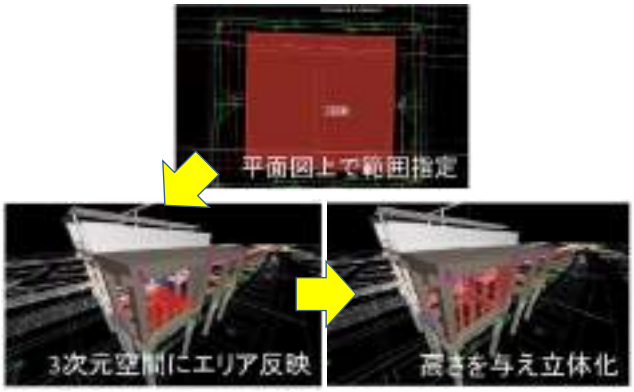
PADMS と CCPM は双方向にデータを連動させている。システムで保有する CIM モデルの部材情報と工程データとの関連付けを相互に判断できるデータ構成としたことで、一度関連付けた関係性を保持できる。PADMS で 4 次元シミュレーションを実施し工程を修正した場合に、修正した工程を CCPM へ戻して再計算することで、休工日やクリティカルパスが反映された工程表が作成される。また、CCPM で休工日等を変更した場合に、工程管理データを再度 PADMS へ取り込むことで自動的にシミュレーションへ反映できる。



PADMS、CCPM のデータ連動

② 仮設部材の簡易作成

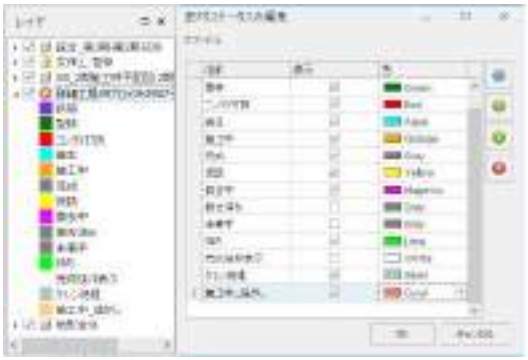
本体構造物の設計モデルは 3 次元 CAD で作成して取り込むが、CAD オペ不足や CAD 操作の難しさから時間とコストを要することが多い。そのため、足場等の仮設構造物の部材は、システム内で平面図を利用し高さ情報を与えることで簡易的に作成できる。



仮設部材の簡易作成

③ 部材状況ステータスの設定とテンプレート化

CIM モデル上では同一部材であっても、工程の進捗により作業内容が異なる場合があり、例えば、柱部材であっても鉄筋組立中、型枠組立中、養生中など、施工状況が変化する。これらを表現するために、部材の状況ステータスを工程に関連付け、色分けを行い、詳細な施工状況がわかるようにした。工種により、施工状況を表現するステータスが異なるため、工種毎に部材状況ステータスをテンプレート化した。

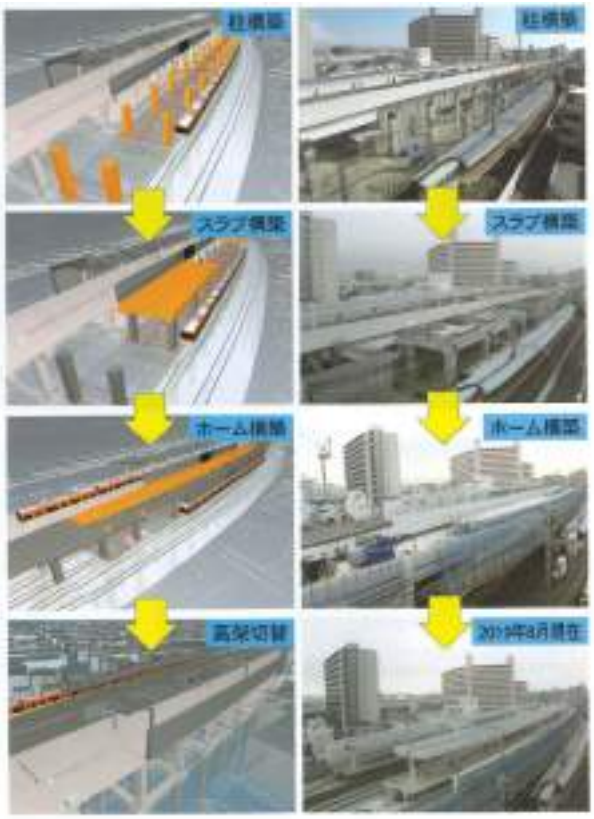

部材のステータス表示と色設定

4．現場への適用

阪神電気鉄道株式会社発注の阪神本線住吉・芦屋間連続立体交差事業の鉄道高架橋工事に本システムを適用した。駅舎部の 4 次元シミュレーションを行うことで、施工方法や工程の変更を検討する際に現場状況の見える化ができ、効果的かつ効率的に検討を行うツールとして有効に活用できた。



CIM モデルによる検討



4 次元シミュレーションシステム（左）と現場写真（右）

5．まとめ

CIM モデルに時間軸を追加した 4 次元シミュレーションシステムにより、現場状況、施工順序等を「見える化」でき、情報共有の迅速化や情報の理解度向上につながり、各種検討等の効率化が図れる。シミュレーションを繰り返し実施することにより、施工途中の手戻りを防ぎ、無駄のない工程管理を実現するツールとして活用していくとともに、発展型を検討し、さらなる生産性向上へつなげていきたい。

株式会社奥村組

耐震補強工事における写真測量による出来形管理の省力化

削孔位置自動抽出システムの開発

１．開発の背景

既存鉄筋コンクリート構造物の耐震補強工事において、あと施工せん断補強鉄筋を使用する場合に補強鉄筋を挿入する穴を削孔するが、既存構造物内部にある鉄筋を避けるため、電磁波レーダーを用いた鉄筋探査を行い、設計位置からずらして削孔する。結果、実削孔した位置を測定し、耐震性能上の評価を行う必要がある。削孔位置の測定は、メジャー等による手作業が通常の方法であり、膨大な数を測定するため、多大な労力が必要であることや記録ミスが発生する可能性が高くなる。

あと施工せん断補強鉄筋の削孔作業において、大量の削孔位置を写真測量後、自動抽出し、出来形図と管理表にまとめるシステムを開発した。



底版部削孔状況



UAV による写真撮影

２．システムの概要

UAV を使用して撮影した画像を処理し、オルソ画像※1データと三次元データを作成して、削孔位置の自動抽出を行う。三次元データから削孔孔に深さがあることを確認し、オルソ画像データの濃淡から削孔孔の位置（円中心点）等の属性情報を取得する。また、取得した削孔孔のデータと設計削孔のデータを比較することで、偏心量などの出来形管理に必要なデータを算出し、出来形管理帳票を自動作成する。

※1：写真上の像の位置ずれをなくし、真上から見たような傾きのない、正しい大きさと位置に表示された画像

３．現場への適用

尼崎東部浄化センターの耐震補強工事において、当社が開発したあと施工せん断補強鉄筋「ベストグラウトバー」設置のための削孔位置出来形管理に適用した。

①写真測量方法と目標精度の決定

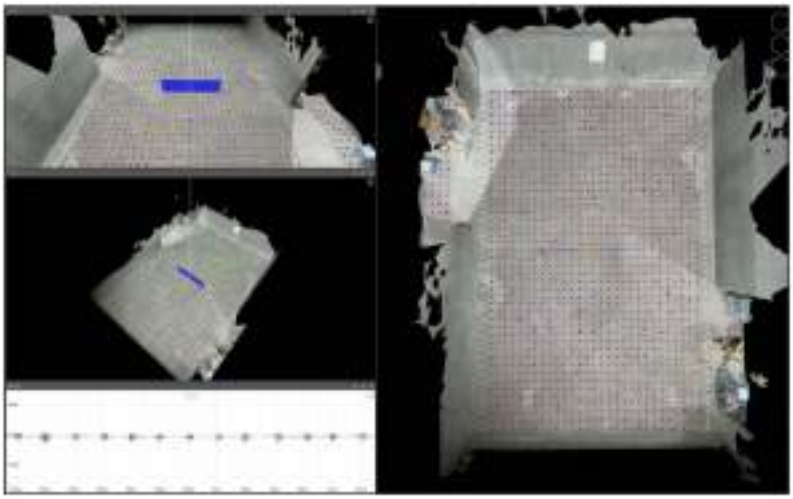
求められる出来形管理の精度に応じ写真撮影条件を決定した。作業条件・環境を踏まえ、作業効率と精度の最適バランスを考慮し、平面・高さ両方向の誤差の二乗平均平方根（RMS）の目標精度をそれぞれ 2㎜、5㎜ に設定した。今回の施工エリア 6.8m×10.4mにおいて、その精度を満足する写真測量方法として、標定点は 4 隅と中央の 5 点を設置し、複数の画像を合成する際の画像間ラップ率を、縦・横方向とも 80%とした。



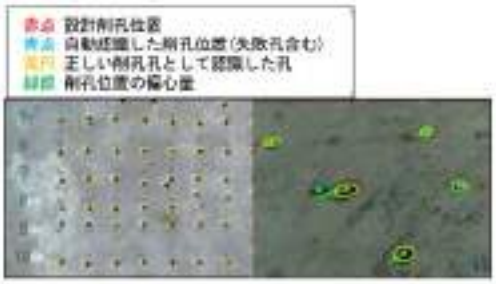
標定点の配置

②削孔位置の自動抽出と出来形帳票自動作成

画像処理により作成したオルソ画像データと三次元データより、削孔位置を自動抽出した。ただし、削孔時に鉄筋に当たって使用できない孔を抽出される場合もあったため、再削孔した箇所については正解削孔位置を赤く着色しシステムに識別させることで、自動抽出の正解率を 90%以上とすることができた。その後、出来形管理に必要な偏心量などを出来形帳票として自動作成した。



作成したオルソ画像影



削孔孔と位置の自動抽出



正解削孔位置のマーキング

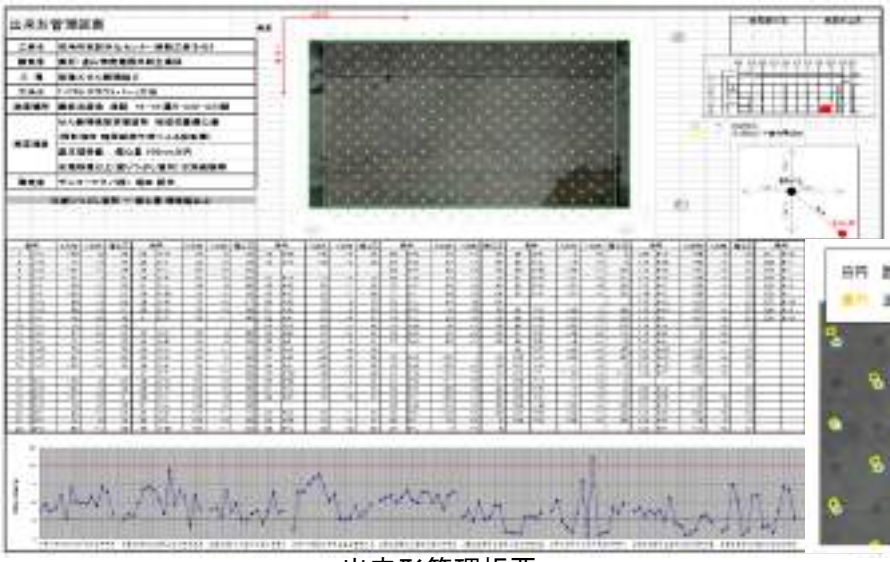
③省力化の効果

施工場所 6.8m×10.4mの底版における削孔約 1,300 箇所の出来形管理の歩掛は次のとおりである。

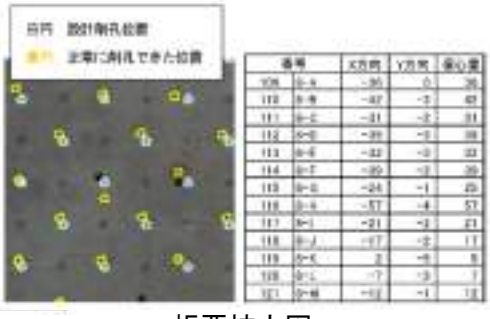
・通常では、測定に 3.0 人工/日×2 日＝6.0 人工、データ集計・管理表作成に 1.0 人工の計 7.0 人工

・同システムでは、写真撮影に 2.0 人工/日×0.5 日＝1.0 人工、データ解析・帳票作成に 1.0 人工/日×0.5 日＝0.5 人工の計 1.5 人工

多大な労力を費やす現場の出来形・品質管理の省力化、効率化が図れる結果を得た。削孔孔でないものを誤認識することもあり、抽出率を高めることでより省力化・効率化が図れると考える。さらなる改良を行い生産性向上へつなげていく。



出来形管理帳票



帳票拡大図

鹿島建設株式会社

安価かつ高速施工を可能にする「スマート床版更新（SDR）システム」

工事費を 2 割低減、床版取替工程を 1/3 に短縮、社会的損失を大幅低減

１．開発の背景

高度経済成長期に整備された道路橋は、大型車の通行量の増加や凍結防止剤の散布などにより、現在急速に劣化が進行しており、適切な維持管理および更新が喫緊の課題となっている。

一方、道路橋の床版更新工事では、工事に伴う社会的損失を低減するため、交通規制の期間や範囲を最小限にする技術に加え、近接する交通や周辺施設への安全を確保できる施工法が求められている。

このような社会的要請を対処すべく、鹿島は新しい床版更新システム「スマート床版更新（SDR※1）システム」を開発した。

※1 Smart Deck Renewal

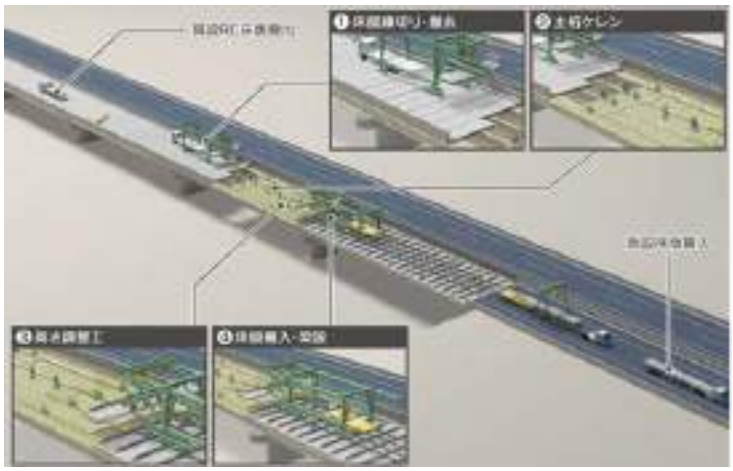


図-1 スマート床版更新（SDR）システム概要図

２．SDR システムの概要及び特長

（１）SDR システムの概要

本システムは、床版取替にかかわる 4 つの作業である、①既存床版の縁切り・撤去、②主桁ケレン、③高さ調整工、④新設床版の搬入・架設を、それぞれ専門の作業班が前進しながら並行して作業する、いわゆる「移動式工場」を目指した施工システムである。①から④までの作業を順々に繰り返していく標準的な工法と比べ、各作業班での連続作業が可能となり、工期の大幅な短縮の実現が可能となる。

＜施工の流れ －①～④を同時に施工－＞

① 既存床版の縁切り・撤去

撤去可能な大きさに切断した既設床版上に、新たに開発した床版撤去機から吊り下げた剥離装置をセットし、鋼桁から床版を引き剥がす。引き剥がした床版を剥離装置と共に吊り上げた後、床版撤去機の内部に誘導した搬出用トラックに積み込み、場外に搬出する。

② 主桁ケレン

鋼桁上フランジのケレン作業を行い、防錆剤を塗布する。新たに開発した R 面取りロボットやケレンロボットを適用することで、作業員の負担を大幅に減らすことが可能。

③ 高さ調整工

床版の高さを調整するための硬質ゴムと、床版下の無収縮モルタルの漏れ止めとなるソールスポンジを設置する。

④ 新設床版の搬入・架設

新設床版を乗せたターンテーブル付の床版運搬台車を、新たに開発した床版架設機の内部を通過させながら架設位置の手前まで移動する。ターンテーブルを 90 度回転して床版架設機で新設床版を吊り上げ、架設位置まで前進し、床版を降下・設置する。

（２）特長

本システムの特長は以下のとおりである。

＜高速施工の実現＞

大型クレーンを用いた標準的な施工方法に対し、既設床版の撤去から新設床版の架設までの工程を約 1/3※2に大幅な短縮が可能。

※2 クレーン 2 台に対する値。1 台の場合約 1/6

＜安全性の向上＞

床版撤去機および床版架設機の内部を、床版搬出用トラックおよび床版運搬台車が通過できるため、既設床版および新設床版の旋回を伴う揚重作業が不要。これにより、最小規制範囲での施工が可能になり、近接する交通や周辺施設に対する安全性の確保が可能。

＜軽量化＞

軽量な床版撤去機および床版架設機を用いることで、大型クレーンを用いた標準的な施工方法に対して、施工時に鋼桁に与える影響（発生応力）を 1/2～1/3 に大幅に低減可能。

＜サイトプレキャスト工場の設置＞

JIS 認証（JIS A 5373）を取得した PC 床版を製作するプレキャスト工場を、工事現場の近傍に設置することにより、床版の製作経費や運搬費が削減でき、工事費の 2 割程度の低減が可能。

また、床版部材の車両運搬に伴う騒音振動や交通渋滞、CO2 排出等による社会的損失を削減することで、本システムの効果を一層高めることが可能。

さらには、サイトプレキャスト工場とすることで、地元企業からの生コンクリートの調達が可能となり、地元との協業も可能。



写真 1 新設床版の搬入・架設作業



写真 2 既設床版の縁切り・撤去作業

※いずれも 2019 年 9 月に実施した実物大実証実験から

３．今後の展開

今後は実工事への適用に向け、本システムを積極的に提案していく。併せて、自動化を初めとした機能向上についても研究開発を進め、交通規制等による社会的損失を最小限にとどめる道路橋床版更新工事の実現に寄与していく。

鹿島建設株式会社

動画像分析を活用した「コンクリートの全量受入れ管理システム」

コンクリートの状態・施工管理をデータで見える化

１．開発の背景

コンクリート構造物の品質確保のためには、豆板や未充填等の初期欠陥が発生するリスクが高いコンクリート、すなわち、硬くて施工性の悪いコンクリートの排除が肝要である。

そのため、アジテータ車5～35台に1回程度でコンクリートを抜き取り、受入れ時の管理・検査を行ってはいるものの、万が一にも不良コンクリートを打ち込まないよう、管理・検査の頻度の増加や、専門の監視員の配置よいった対策を行っているのが実情である。



写真-1 動画像分析を活用した
コンクリート性状判定画面

鹿島は、このようなコンクリートの性状管理・検査作業における生産性向上の実現を目的として、アジテータ車から荷卸しされるコンクリートの全量を連続的にモニタリングし、その動画像から施工性の良否をリアルタイムで判定するシステムを開発した。本システムにより、施工性の悪いコンクリートを確実に排除し、配管閉塞等の施工時のトラブルや豆板等の初期欠陥の未然防止が可能となる。

また、既存技術である連続RI水分計との組み合わせにより、強度や耐久性についても連続モニタリングが可能となり、少人数での総合的な品質管理、コンクリート構造物の品質確保が実現可能となる。

２．コンクリート全量受入れ管理システムの概要

（１）システムの概要

今回開発したシステムは、市販のビデオカメラと分析システムを搭載したパソコン、パトランプやブザーといった簡易なツールで構成されており、荷卸しされるコンクリートの全量を連続的にモニタリング、動画像分析することで、施工性の悪いコンクリートを自動的に検知・排除することが可能となる。

また、クラウド上に分析データを記録することで、施工中のコンクリートの状態をタブレットなどでいつでも、どこでも確認することが可能となる。

＜本システムを用いた管理フロー＞

① アジテータ車のシュートを撮影するビデオカメラと警告を発するパトランプ等を設置
② システムを搭載したPCに動画像が送信されるとAIで測定範囲を自動認識
③ 測定範囲内のコンクリートの性状・状態を分析し、施工性の良否をリアルタイムで判定
④ 施工性の悪いコンクリートを検知するとパトランプやブザーでアラートを発信
⑤ 性状判定結果を記録

（２）検証実験の成果

本システムを、既存技術である連続 RI 水分計と組み合わせて実大施工実験に適用した結果、（ｉ）本システムでリアルタイムに算出した「判定指標」と「実測スランプ値」の高い相関性、並びに、（ⅱ）連続 RI 水分計で推定した「水セメント比」と「圧縮強度」の相関性が確認できた。



図-1 システム適用のイメージ

本検証実験を経て、本システムの活用によって施工性の悪いコンクリートを、また、RI 水分計の活用によって強度・耐久性の劣るコンクリートをそれぞれ排除可能であることが確認できた。よって、両技術を組み合わせることで、受け入れるコンクリートの『全量の性状・品質の連続かつリアルタイム管理』、『管理・検査の省人・省力化』が実現可能となる。

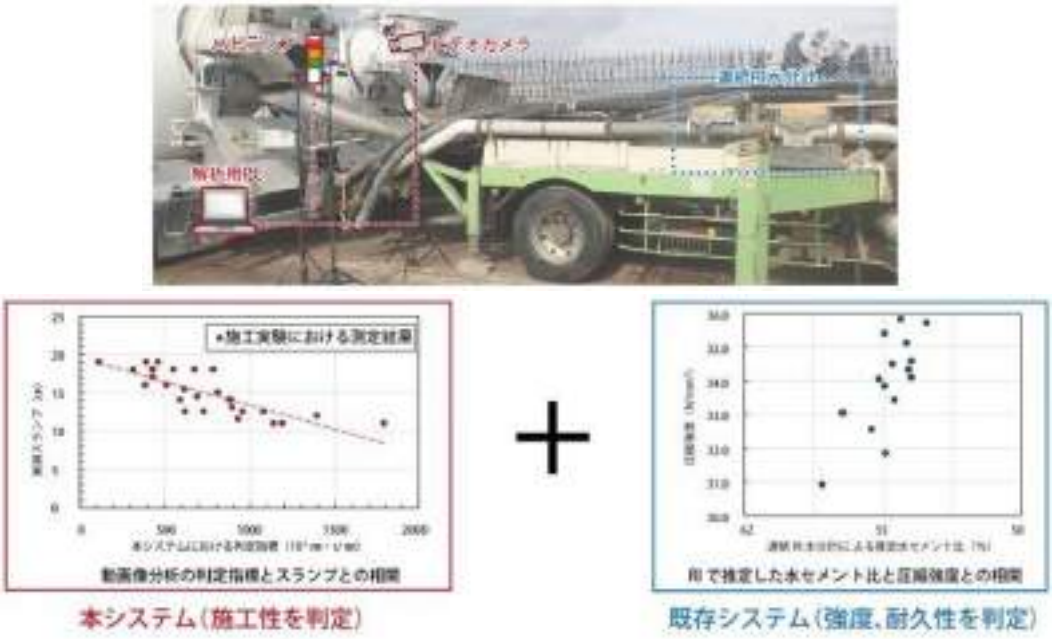


図-2 検証実験の状況並びに判定指標と実測スランプ値との相関

３．今後の展開

本システムの実現場への展開により、システムの高速化等のブラッシュアップを図るとともにコンクリート構造物のさらなる品質向上に努める。

また、鹿島では、コンクリート工事のすべての工程をデータとして見える化するプラットフォーム「コンクリート・アイ」を構築し、現在、打込み・締固め、打継面の処理、養生などの各工程におけるコンクリートの状態・施工管理の情報化技術の開発を進めている。



図-3 コンクリートの状態の「見える化」
～コンクリート・アイ～

今後は「コンクリート・アイ」に種々のデータを蓄積し、データに基づく施工中のリアルタイムな判断並びに情報化施工を進め、コンクリート構造物の品質および生産性のさらなる向上を図っていく。

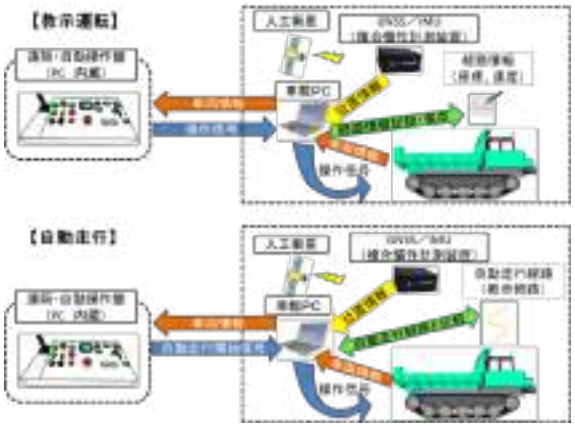
株式会社熊谷組

AI 制御による不整地運搬車(クローラキャリア)の自動走行技術の開発

AI による自動走行車両群の運行管理

１．背景

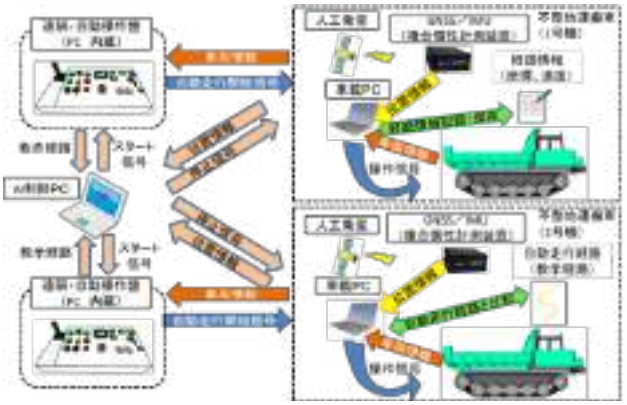
一般的な土木工事において土砂の運搬は土砂積載場所から搬出場所まで、ほとんど同一経路を往復する繰返し作業を行っている。その作業は単調な繰返し作業でありながら、運搬経路からの逸脱や車両の離合などの危険があり、運搬車のオペレータの疲労蓄積や集中力低下による事故の危険性もある。そこで当社では、土砂の運搬作業の安全性と生産性向上を目的として、不整地運搬車の自動走行技術を開発し、さらに複数台の車両が同一経路を往復する際の走行・停止を自動制御させる AI 制御技術を開発した。



教示運転と自動走行

２．技術の概要

教示運転に基づく単独の自動走行技術と AI による制御を組合わせた制御技術であり、2 台以上の車両のスムーズな運行と、コンピュータ制御により人の介在を少なくする省人化を可能にする技術である。



AI 制御による自動走行システムの構成

自動走行技術は最初に不整地運搬車のオペレータが遠隔操作室から遠隔操作を行い、その時の速度の加減と GNSS やジャイロといったセンサにより遠隔操作した時の走行した経路を車載コンピュータに記憶させる「教示運転」を実施する。そして自動走行時には、教示運転で記憶した情報を基に自動走行経路を作成し(教示データ)、教示データを追従しながら不整地運搬車が自動走行する技術である。



オペレータ１名による複数車両の制御

しかしながら、自動走行技術は不整地運搬車が自動走行を開始すると停止の信号を受信しない限り、不整地運搬車は終点まで走行し続ける。そのため、車両同士が衝突しないように安全確認を行う必要があり、複数台の車両の運行を管理するオペレータを 1 名配置しなければならない。

AI 制御技術では教示データと複数車両の走行位置関係を AI が分析することによって作業目標に対して時間的なトータルコストが最小となる効率的な運行計画パターンを生成し、かつ車両同士の位置情報を把握し衝突しないように安全な運行を AI が制御する技術である。そのため、単独の自動走行技術では車両運行管理のオペレータが必要であったが、AI 制御技術では人による運行管理が不要になるため、土砂積載から土砂搬出までの一連の作業がオペレータ 1 名で可能になる。

３．実施工検証

阿蘇大橋地区斜面対策工事における土砂運搬の実施工に本技術を導入し、AI による効果を確認した。

実施工検証概要

工事名	阿蘇大橋地区斜面対策工事
検証場所	土留盛土工上部崩壊斜面内
検証方法	オペレータ 1 名による遠隔操作バックホウ 1 台と AI 制御クローラキャリア 2 台による土砂積載、土砂運搬、土砂搬出の一連の作業を検証
走路条件	距離：片道約 300m 走路幅：約 5m 勾配：最大 20%
検証結果	平均速度：約 4km/h 運搬能力：24.6m³/h



実施工状況（遠隔操作室）



実施工検証状況（AI 自動走行状況）

本検証により以下の効果を確認した。

・オペレータが教示運転をすることにより、自動走行時にはその教示データに追従して制御されるので、安全な自動走行を実現した。

・オペレータ 1 名で建設機械 3 台を制御することができた。

・AI 制御による運行管理で衝突を検知するセンサが無くても、衝突を防止することができた。

４．まとめ

本開発により、従来ではオペレータが 3 名必要なところ、自動走行技術ではオペレータ 2 名、AI 制御技術ではオペレータ 1 名による建設機械 3 台の制御を実現した。今後の展開としては、不整地運搬車を増加させた際の運行管理と、様々な現場に合わせた精密な運行管理を実現していく所存である。

株式会社熊谷組

トンネル工事における連続ベルトコンベヤー設備の効率化

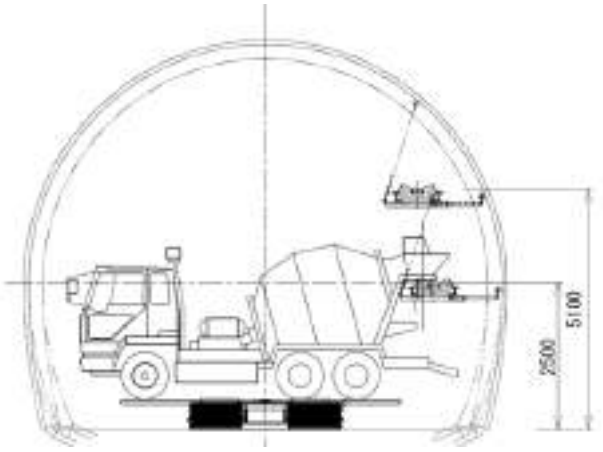
カテナリー機能付テールピース台車の開発と導入

開発の動機

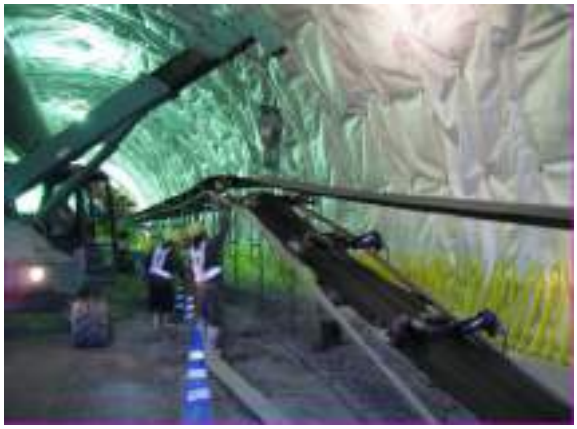
道路、鉄道を問わずトンネル切羽付近は機械・電気設備が並び狭隘になることが多い。特に連続ベルトコンベヤー（連続ベルコン）を採用したトンネルでは、ベルトの折返し設備となるテールピース台車が多くの面積を占有している。

また、従来テールピース台車から延伸されるベルトの高さは、概ね 2.5m 程度であるためベルトが支障となり、後方に設置したターンテーブルでミキサー車が方向転換できない。インバート施工部では一度設置した連続ベルコンを解体し、足場材等により必要な高さに設置しなおすなどの作業が発生する。この段取替え工程はトンネル掘削を止める必要があるため進捗に影響し、また重量物の揚重となるため安全面でも大きなリスクとなる。

設備の追加によってこれらの問題を解決するためには、テールピース台車後方にベルト高を上げるためだけの台車（カテナリー台車）を別途設置する方法があるが、その導入コストや運用コストは多大な負担となる。



車両ーベルト支障



ベルト高変更作業

改善策

従来のテールピース台車をベースにカテナリー機能を持った台車を新たに開発、採用し実稼働現場に投入した。このテールピース台車にはスライド可能な蛇行調整用の大型ローラーを 2 基装備し、連続ベルコン延伸作業後の調整作業を簡易にする仕組みを追加した。

このテールピース台車の導入により、切羽から坑口のメインドライブまで連続ベルコンベルト高は路盤面＋5,100㎜で一定とすることが可能となり、前述した問題はすべて解消することができた。



（従来）テールピース台車＋カテナリー台車

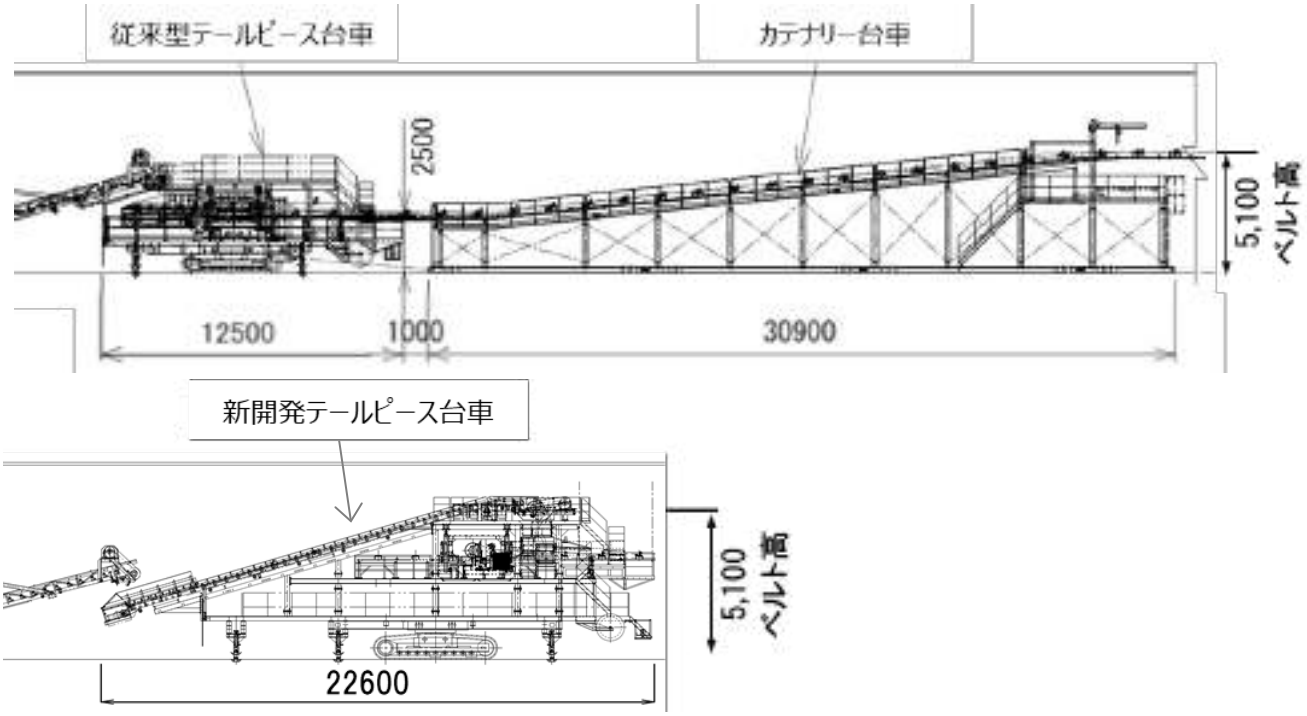


（新開発）カテナリー機能付テールピース台車

メリット

テールピース台車の全長を短縮し連続ベルコンベルト高を上昇させたことにより、ベルト下のスペースを有効活用できたこと、また稼働中の連続ベルコンに容易に近づけないことからベルト巻き込まれリスクも大幅に低減させることができた。

延伸作業時にカテナリー台車の移動とメンテナンスが不要となったため、運用コストは約20%削減、導入コストは従来の「テールピース台車＋カテナリー台車」と比較し約30%削減させることができた。



従来品と新開発品の全長比較

株式会社鴻池組

インバートコンクリート施工における生産性向上対策

長大インバート桟橋等の使用により、工程短縮・コストダウンに貢献

１．現　状(解決すべき課題)

当現場は、施工延長が 2,641m となる長大トンネル工事であり、凝灰角礫岩が大部分を占める地質となっている。凝灰角礫岩は膨潤性のある地質であり、将来盤ぶくれ等による変状が懸念されることから全線インバートが計画されている。本工事は長崎自動車道４車線化事業の最終施工区間であり、発注者より供用に向けての早期引渡しを求められている中、インバートを遅滞なく施工するにあたり、以下の内容が課題であった。

① 通常のインバート桟橋は全長 10.5m であるため、インバートコンクリート(10.5m/BL)打設終了後、養生時間を 18 時間以上確保し、埋戻し作業が完了するまで桟橋を移動できず、次ブロックの施工に着手できない。

② 通常のインバートコンクリート打設ではブーム付ポンプ車を使用し、半面ずつの打設となる。この作業では、

(1)打設スペースを確保するため、桟橋の横移動に時間を要する。

(2)ポンプ車配置替えに時間を要する。

(3)桟橋移動時には、トンネル掘削作業でのダンプや生コン車等の工事車両が通行できなくなる。

③ インバート断面(妻部)は曲線形の複雑な形状であるため、従来の木製による妻型枠では設置に時間を要する。

２．改善案

改善案①：長大インバート桟橋(全長 21.0m)の採用

インバート桟橋の全長を 21.0m(施工 2BL 分)とし、コンクリート養生中に次ブロックの掘削を行う。インバート２ブロック分を同時施工(図-1)することで、施工効率が向上し、工程短縮を図ることができる。

※工程：1 日/1BL 短縮

標準インバート桟橋

⇒　４日目で桟橋移動

長大インバート桟橋

⇒　３日目で桟橋移動

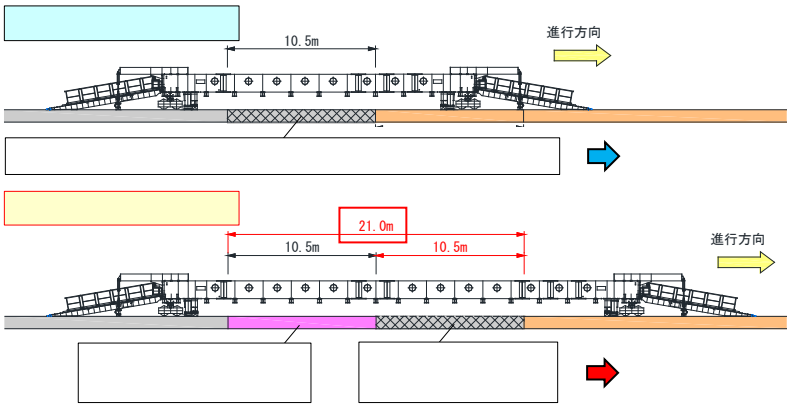


図-1 インバート桟橋移動サイクル概要図

改善案②：ディストリビューターの採用

インバート桟橋底部に「ディストリビューター」(写真-1)を設置する。「ディストリビューター」は各所に回転機能を有した圧送管がインバート打設全面に行き届く長さで構成されており、リモコン操作で圧送管を所定の打設箇所に移動できるため、打設作業の省力化、コンクリートの品質確保ができる。また、段取り変更が無く、インバート桟橋を移動せずにインバート全面をコンクリート打設できる。

改善案③：鋼製仕様による妻型枠の採用

インバートの妻型枠を鋼製仕様(写真-2)とする。妻部の曲線形の複雑な形状を高精度で一枚物として製作することが可能となり、複数回の転用にも耐え得る強度を持つ。また、妻型枠両肩部の２か所のみを所定の位置に合わせるだけで妻型枠の設置は完了となるため、出来形の向上、作業時間の短縮が図れる。



写真-1 ディストリビューター使用状況



写真-2 妻型枠（鋼製仕様）

３．改善効果（作業効率及び経済性の向上）

① 工　程

標準：8BL/月施工、提案：12BL/月施工 ⇒ 全 258BL≒約 11 か月短縮

② 省力化

作業人員：5 人⇒3.5 人/班、生コン筒先移動に要する重労働の低減

③ 経済性

桟橋長大化やディストリビューターによる諸設備の費用増はあるものの、それ以上の機械費減(ポンプ車)や労務費減によるメリットを見込むことができる。⇒トータルコストでの有効性

４．まとめ

長大トンネルにおけるインバートコンクリートの施工において、今回の取り組みは工程面、経済面において大きく貢献できると考える。

株式会社鴻池組

RC 橋脚施工における生産性向上対策

柱帯鉄筋プレハブ化による作業効率化と安全性向上

１．現状（解決すべき課題）

当 RC 橋脚は写真-1 のように脚長 H=20.4～19.0m のラーメン型構造 2 橋脚を構築施工するものである。橋脚柱部は高さ H=13.9m～12.5m、長さ L=4.5m、幅 W=3.5m の断面構造であり、柱の軸方向・直角方向の鉄筋（柱中間帯鉄筋）を仮設足場（W=1.2m）上で組立てる際に以下の課題が存在した。

・仮設足場幅の 3 倍～4 倍もの長さのせん断補強筋、両側アンカーの配力筋を手摺や巾木などの安全設備を外さず安全に作業を行う必要があった。

・柱の各リフトに 150mm ピッチ（1 リフト約 35 段）分の柱帯鉄筋材料を仮置きするためのステージを架設し、そこから鉄筋材を配って組み立てる必要があり、作業効率の向上を図る必要があった。



写真-1

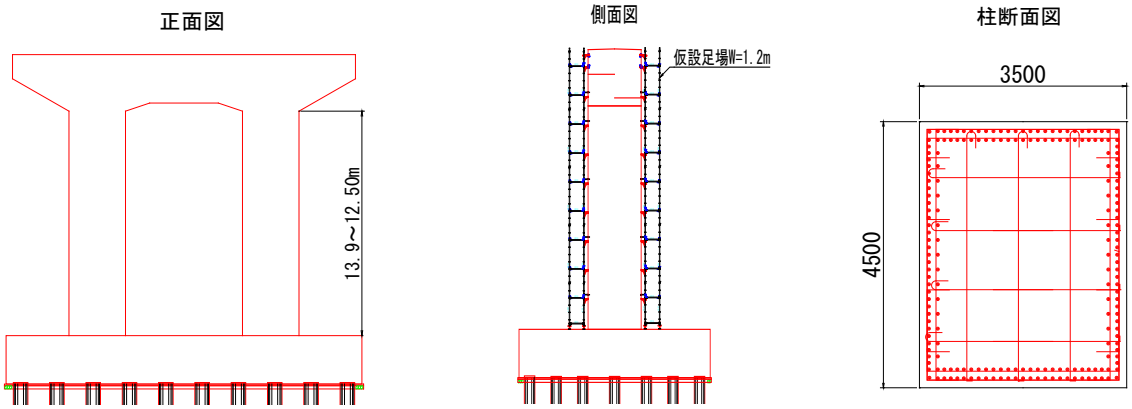


図-1　RC 橋脚構造図

２．改善案

設計柱帯鉄筋の寸法が平地で組立可能な柱帯鉄筋架台を製作した。

① 一般的な鋼材で、応力照査により約2.0t（約帯鉄筋6段分）を支持可能な部材を選定した。

② 架台は、溝形鋼（[-200×80×7.5)により柱帯鉄筋サイズで四角に組立て、鉄筋受冶具及び鉄筋受を利用した。手順としては、仮設足場以外の広い作業スペース箇所で柱帯鉄筋を組立→クレーンにて柱主筋をかわしながら所定の帯鉄筋位置へ移動→架台の鉄筋受のボルトを緩め、帯鉄筋と主筋を結束

→架台回収を実施した。

仮設足場上で長尺鉄筋の取り扱いが不要となるため、安全な作業床での組立が可能となった。

クレーン作業により、架台を容易に吊降ろす事ができる構造とした。

③ 鉄筋材料ステージの架設及びそこからの帯筋の配筋作業が不要となり作業効率が向上した。

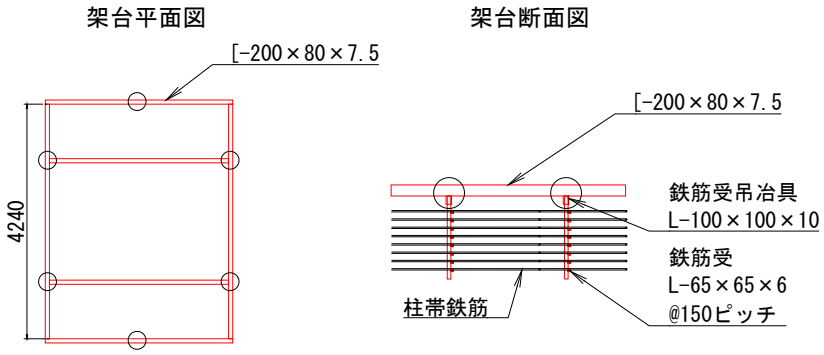


図-2　鉄筋架台構造図



写真-2　帯鉄筋組立状況



写真-3　鉄筋架台吊込み状況

３．効果改善

① 当初計画工程では柱１リフト当りの施工日数は鉄筋工５名で 10 日程度かかる予定であったが、鉄筋工５人で６日で施工し、４日/1 リフト短縮できた。全体では、

4 日/1 リフト×3 リフト×2 橋脚＝24 日短縮

② 柱帯鉄筋架台使用により鉄筋材料ステージからの配筋作業がなくなることで安全な作業計画で現場を管理することができた。



写真-4　配筋完了

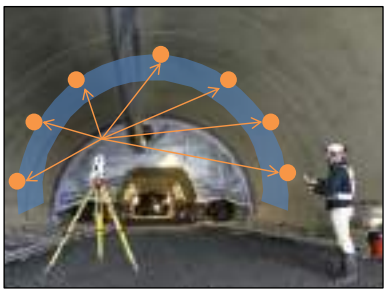
五洋建設株式会社

3D 面的測量及び情報収集共有システム等の活用による生産性向上

多種多様な ICT 技術の採用により山岳トンネル工事の労働生産性が向上

1. 工事概要

本工事は、復興支援道路の改築事業の一環として山岳トンネルを新設する工事であり、「官民研究開発投資拡大プログラム（PRISM）」の試行工事として、ICT など新たな革新的技術を用いた施工データの取得・解析を通じ、現場施工における労働生産性の向上を目指したものである。今回試行した主な技術は以下のとおりである。



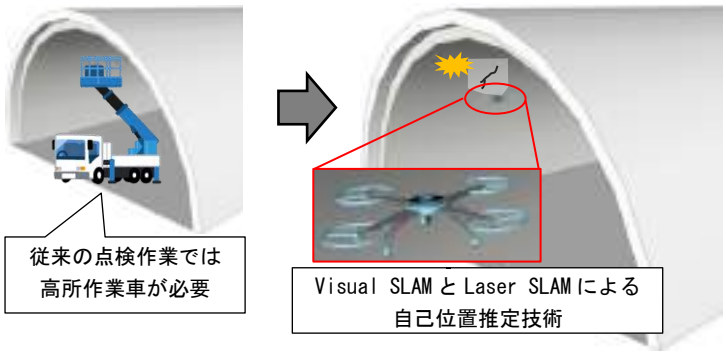
MS60 による自動計測状況

１）動態観測と 3D 面的測量の同時実施による計測の省人化

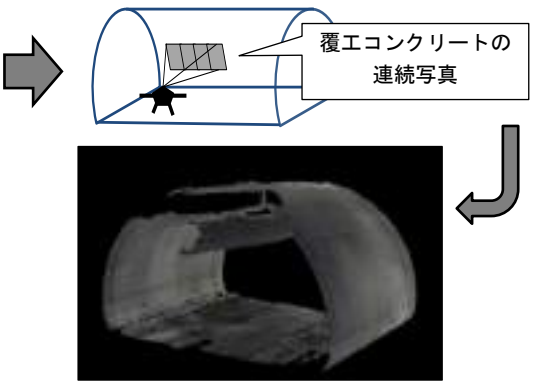
従来、動態観測はトータルステーション（TS）を使用して計測し、覆工コンクリートの出来形計測はスチールテープ等で測定していたが、「3D スキャナ機能付き TS（MS60）」を採用することにより、職員が計測器を据え付けるだけで、機器の自己位置座標を検出するための後方交会と出来形計測を自動で計測することができる。

２）自律飛行ドローン技術による点検作業の効率化

自律飛行能力を有するドローンにより画像取得を行う技術であり、高所作業車を使用しないと目視点検できない箇所についても、ドローンによる点検画像により覆工コンクリートのひび割れ箇所等の特定が可能となる。また、ドローンで撮影した連続写真を SfM 解析することで 3D モデルを生成、展開図を作成することで、ひび割れ幅（0.2mm 幅）の検出も可能となる。



自己位置推定技術による機体の自動制御



覆工コンクリートの 3D モデル生成

３）遠隔検査技術による受発注者の業務効率化

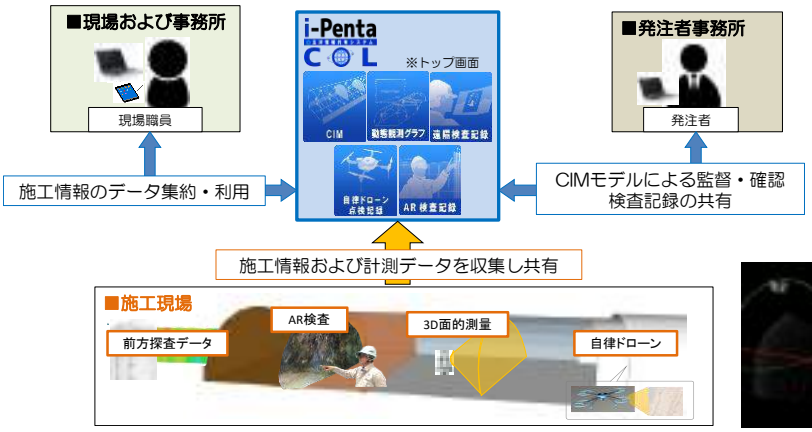
通信システムを使用して、現場映像及び音声をリアルタイムに PC やタブレットに表示し、遠隔地における立会検査や段階確認を現地に行かずに実施することができる。現場職員はスマートグラス（カメラ付きメガネ）を使用する。



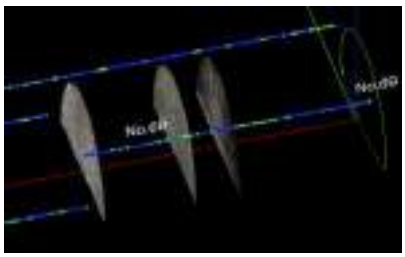
遠隔検査実施状況（左：監督官、右：現場職員）

４）情報収集共有システム【i-PentaCOL】による施工情報の一元管理

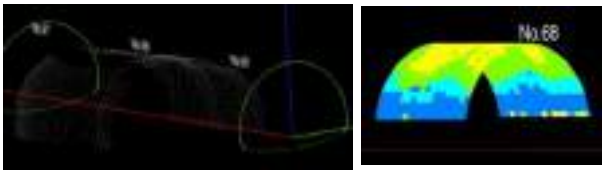
当該システムは、当社が開発した情報収集共有システムであり、様々な施工情報を自社クラウドに収集・一元化することで、発注者および関係機関との情報共有を可能にする技術である。当該工事では、「穿孔探査および水平ボーリングの柱状図」、「日々現場で管理している切羽画像」、「3D 面的測量で取得した覆工コンクリートの出来形の点群データとヒートマップ」を紐づけて管理するとともに、遠隔検査の実施記録も発注者とクラウド上で共有している。



情報収集共有システム【i-PentaCOL】の概念図



柱状図と切羽社員の CIM モデル



点群データとヒートマップ

2. 生産性向上に対する具体的効果

・「動態観測と 3D 面的測量の同時実施」
　人員：3 名、計測時間：30 分/（測線・BL）⇒人員：1 名、計測時間：10 分/（測線・BL）
・「自律飛行ドローン」
　高所作業車による点検業務で人員：3 名⇒人員：1 名での点検作業が可能（作業の省人化）
・「遠隔検査技術」
　発注者の事務所と当該工事現場までの往復移動時間（約 2.5 時間）を削減することで、受発注者の業務の効率化に大きく寄与（往復移動距離：約 100km）
・「情報収集共有システム」
　発注者への施工状況説明や協議等に利用して資料作成時間を削減するとともに、CIM モデルによる情報共有により即時的な受発注者間の情報確認が可能となり、現場と時間差なく意思決定が可能

3. 今後の課題

・「動態観測と 3D 面的測量の同時実施」では、データ処理が一部手作業となるとともに、坑内の仮設物（風管や仮設ケーブル）の影響を受けるため、より高度なデータ処理システムの構築が必要となる。
・「自律飛行ドローン」については、設定に高度な技術を要することから、より簡易なユーザーインターフェイスの構築が必要となる。
・「遠隔検査技術」では、坑内の通信環境が不安定となることがあり、安定した通信環境の構築が必要である（現場での wi-fi 環境の整備、発注者側のインターネット利用環境の整備）。
・「情報収集共有システム」については、さらにリアルタイム性を向上し、計測データの変換機能のラインナップの拡大を目指していく。

五洋建設株式会社

トンネル坑口法面工事におけるセーフティクライマー工法の採用

無人化施工による生産性向上と工期短縮

1. 工事概要

本工事のトンネル坑口部は、上下２段の切土法面となっている（**図１　参照**）。

当該施工箇所は、スライスカットであり、既設法面を切り崩して掘削機械用のパイロット道路、または重機足場を設置することが不可能な現場条件であった。

さらに、人力掘削を実施した場合は、高所作業による危険性の増大だけでなく、作業効率の大幅な低下による本体工事の工程への悪影響も懸念された。そこで、急傾斜地掘削用機械による施工「セーフティクライマー工法」を採用した。

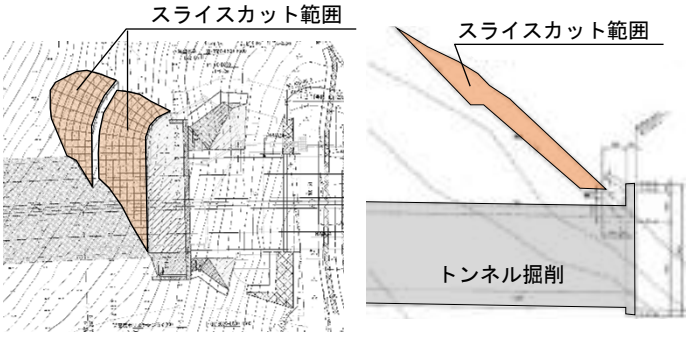


図１　坑口部平面図および縦断図

2. セーフティクライマー工法の概要

「セーフティクライマー工法」は、高所急傾斜地における切り崩しや掘削、整形、除根等の作業における完全機械無人化施工（ラジコン操作）を実現し、かつ高い施工性により迅速かつ安全な作業を可能とする技術である。

当該技術は、斜面対称面に沿ってＶ時型に展張したワイヤーに、斜面上でも稼働できるよう改良した専用機（ケンファイター）（**図２　参照**）を吊り下げながら作業を実施する（**図３　参照**）。なお、滑車の数を増やすことにより、立木アンカーへの荷重を調整することも可能である。オペレータは搭乗作業を行わず、リモコンによって遠隔操作を行う。



図２　ケンファイター詳細

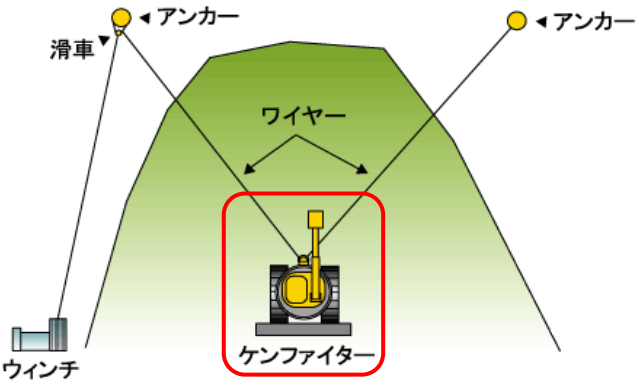


図３　セーフティクライマー工法概略図

【当該技術の適用条件・適用範囲】

・ワイヤー、滑車の固定用アンカー（立木の根株、埋め込みアンカー、重量物置換アンカー等）、およびウィンチが設置可能であること。

・登坂勾配 80°以下、掘削勾配が 70°以下であること（適用土質：土砂～軟岩Ⅰ・Ⅱ）。

3. 生産性向上に対する具体的効果

当該技術の採用により、リモコン操作による重機作業が可能となったことから、施工時の安全性が大幅に向上するとともに、人力による施工に比べて工期については約 80%、さらに施工費についても約 40%の削減効果があった（**施工条件：掘削土量 263.6㎥、根株 80 箇所**）。

また、従来の人力施工に比べて根株等の完全除去が可能であることから、切土法面の品質向上にも寄与した。





写真 1　セーフティクライマー工法による施工状況

表 1　セーフティクライマー工法仕様

項目	能力・型式	単位	数量
作業員		人	3
ケンファイター	0.16m3	台	1
バックホウ	0.45m3	台	1
ウィンチ	巻き上げ 4.0t×50m/min 巻き代 20mm×400m	台	1
発電機	45kVA	台	1

＜工程短縮＞

【人力掘削】**約 50 日**（人力切り崩し・根株撤去・人力積込み）

【セーフティクライマー工法】**約 10 日**（表 2　参照）

表 2　セーフティクライマー工法による実施工程

種別	規格	単位	数量	日数									
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
準備・片付け工		式	1	■				■	■				■
掘削 （切り崩し・除根・集積）	高所機械掘削	m3	263		■	■	■		■	■	■	■	
法面整形		m2	290			■	■			■	■	■	
施工機械設置撤去		式	263	■				■	■				■



写真 2　切土法面着手前



写真 3　切土法面施工完了

清水建設株式会社

ICT を Full 活用した施工と受発注者間の共有効率化で生産性向上を実現

高速道路新設工事における i-Construction の本格展開

１．工事概要

「新東名高速道路　川西工事」(発注者：中日本高速道路株式会社、神奈川県足柄上郡山北町)は、高速道路新設工事で、総延長 2.6km、大規模盛土 306 万 m^3、トンネル上下線各 1.2km を構築する塩沢工区と、長大のり面切土 82 万 m^3、橋梁下部工を構築する向原工区の 2 工区で形成されている。工事全般にわたり ICT を積極的に活用し、生産性向上を目的に、3 次元による測量、設計、施工、検査、納品に至る一連の過程で、「i-Construction」を展開している。本工事は ICT を全面活用して施工するだけでなく、受発注者間のやりとりの効率化・高度化の実現のために、相互に意見交換を繰り返しながら、協調して取り組んでいる。

２．ICT 土工による生産性向上

3 次元データを全面活用し、測量、設計図面、設計数量、ICT 建機による施工、出来形検査、納品の各段階において、3 次元を用いた一気通貫の設計施工管理を進めている。特に各段階におけるデータ取得と処理の連携が重要で、サイバーチームを編成しワークフロー体制を構築している（図-1)。定期的な測量は広大な山岳地形をレーザースキャナと UAV 測量を組み合わせ、日常的な測量は GNSS ローバーを活用している。３次元設計図は、発注当初の平面図、横断図、縦断図から受発注者で協力して作成した。施工は ICT 建機を全面導入し、丁張レスとなるマシンガイダンス・マシンコントロールを採用し、測量作業員の省人化・品質管理の自動化により盛土で 79%、切土で 60%の省人化効果を達成している。さらに、職員や測量作業員が重機周辺に近づく機会が大幅に減ることで、安全性も大きく向上している。



図-1　各段階におけるワークフロー体制

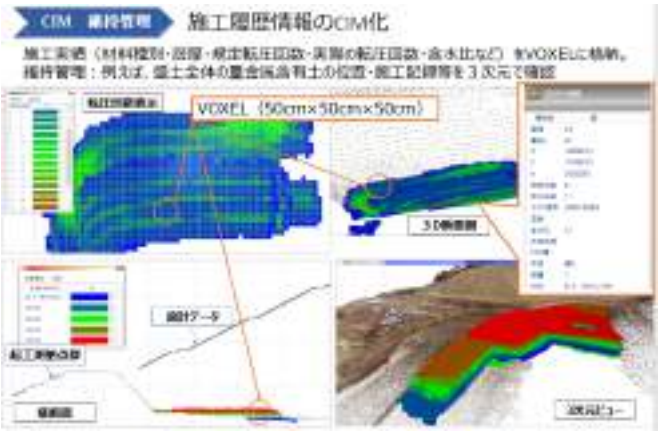


図-2　施工履歴情報の CIM 化

３．維持管理への展開

ICT 施工は N 次元（施工日時、位置、材料種別、出来形、品質、…）の施工履歴情報が蓄積される。ブルドーザや振動ローラから取得した施工履歴情報を福井コンピュータ製のソフトウエア TREND-CORE に取り込むことで、施工履歴情報の CIM 化を実現している（図-2)。このデータはオー

プンファイルフォーマットである BIM/IFC（Industry Foundation Classes）ファイル形式にて出力することにより、システムを限定することなくデータの利活用が可能となり、工事完成引渡し後の維持管理システムへ展開することができる。施工履歴情報の格納方式として TREND-CORE にてデータを付属させるための要素の個列である VOXEL（ボクセル 50 ㎝×50 ㎝×50 ㎝）を導入し、VOXEL ごとの材料種別や転圧回数等の施工情報を確認することができる。

４．3 次元モデルを活用した施工検討

3 次元設計データを作成することにより、特に土工において従来の 20mピッチの横断図や平面図との組み合わせに比べ、構造物の取り合いや曲線部などの工事細部が明確になり、設計上の不具合箇所を早期に発見し検討することが可能となった。具体例として、盛土が用地内に収まっていない箇所や、補強土壁との取り合いが明確になっていない箇所が判明し、施工前に十分な検討期間を設けることができ、フロントローディングを実践している。また、土運搬に必要なベルトコンベアの架設において、東名高速道路の構造物との離隔が小さい狭小部のクレーンの配置や旋回範囲などの施工検討に活用した（図-3）。２次元図面では難しい検討をオペレータとの事前の施工会議で、視覚的にイメージしやすく関係者全員で十分な検討と情報共有ができた。



図-3　３次元施工検討の例

５．コミュニケーションツールとしての 3 次元モデルの活用

高速道路に隣接した箇所にベルトコンベアを設置する計画を進める上で、高速道路を走行している運転手目線の 3 次元動画（図-4）を作成することで、設備の大きさ・塗装の色・安全対策等の運転手に与える影響を事前に検討することができた。また、関係者間で完成イメージの共有が可能となり、関係各所との合意形成をスムーズに行うことができた。


図-4　運転手目線での３次元動画

６．受発注者間共有の効率化・高度化

現在、発注者とクラウド型ドキュメント管理システムである AutoDesk 社製の BIM360Docs を用いた受発注者間の情報共有（図-5）を試行している。これまでの受発注者間で３次元データの共有は、データが大容量であることやソフトのライセンスが障害となっていたが、このシステムを利用することで受発注者間の共有が容易となった。これまで主にメールで図面や資料等の受け渡しを行っていたが、変更や修正のあった図面の履歴もリアルタイムに一元管理することができ、意思の疎通が格段に向上した。


図-5　BIM360Docs のクラウド共有

７．まとめ

本工事の試行は各段階において課題はあるが、発注者である中日本高速道路株式会社の皆様からのご指導ご協力により、一つ一つ課題を解決しながら更なる生産性向上を目指し、今後も取り組んでいく。

清水建設株式会社

トンネル覆工コンクリート自動施工システムによる生産性向上

打込み・締固め・脱型枠管理の自動化による高品質化と作業の省力化

１．工事概要

「川辺第二トンネル」（発注者：西日本高速道路株式会社、和歌山県日高郡日高川町）は，湯浅御坊道路川辺 IC と御坊 IC 間に位置し，湯浅御坊道路の 4 車線化事業として施工されるⅡ期線トンネルで，トンネル延長 557m の 2 車線トンネルである．覆工コンクリートの高品質化と作業の省力化・省人化を目指し，本工事にトンネル覆工コンクリート自動施工システムを採用した．

２．開発の背景および契機

本工事の「i-Construction」では，測量・設計から，施工，維持管理に至る全プロセスに IoT/ICT を取り入れることで，建設現場の生産性を飛躍的に向上させることを目指している．特に，「設計データ」と「施工・機械データ」，「出来形（品質）データ」をリアルタイムで 3D モデルとリンクさせることができれば， 施工のロボット化・自動化といった合理化・省力化施工を実現することが可能となる．

高度な技術を有する熟練技能労働者が急激に減少するなかで，トンネル覆工コンクリートの施工においては，狭隘な作業空間でのコンクリートの打込みや締固め等の苦渋作業を軽減する対策が求められており，品質面でも，締固め状況の判断等を熟練技能労働者の経験と勘に依存する状況にあるため，今後の品質確保も重要な課題となっている．こうした状況を踏まえ，作業員を苦渋作業から解放するとともに，施工品質の均質化を図るシステムとして，中流動コンクリートの材料特性を最大限に活かした自動打設システムを開発するに至った．

３．技術の概要

本システムは，型枠バイブレータとコンクリートセンサーを各所に配置した移動式型枠（セントル）と，セントル端部からコンクリートを充填する自動打込み装置で構成される．システムの特徴は，センサーが検知した定量データを基に，コンクリートの打込みから締固め，打ち止めに至る一連の打設作業の進捗を自動制御することである．

コンクリートの打込みには，打設の進捗に応じてコンクリート配管の切り替えや打込みノズルの移動を自動制御するマニピュレータ装置を利用した．



写真-1　自動打込み・締固め装置，ポンプ制御

マニピュレータ装置は，2 本の打込みノズルを備え，セントル端部の鋼製枠に設けた打込み口の下部から上部へと順にノズルを移動させながらコンクリートを充填していくことができる．各打込み口から圧送されたコンクリートの打込み高さが所定の位置まで達したことをセンサーが検知すると，その場所での打込みが完了し，打込みノズルが上部の打込み口へと自動的に移動する．

一方，充填したコンクリートの締固めには，型枠に設置したバイブレータを利用し，型枠自体を振動させることでコンクリートを締固める．締固めの完了のタイミングは，センサーが計測したコンクリートの圧力や温度，型枠の沈下量等のデータからシステムが判断する．これにより，打設作業の省人化・省力化ならびに，技能者の技量に依存しない定量的な指標に基づく品質管理が可能となる．

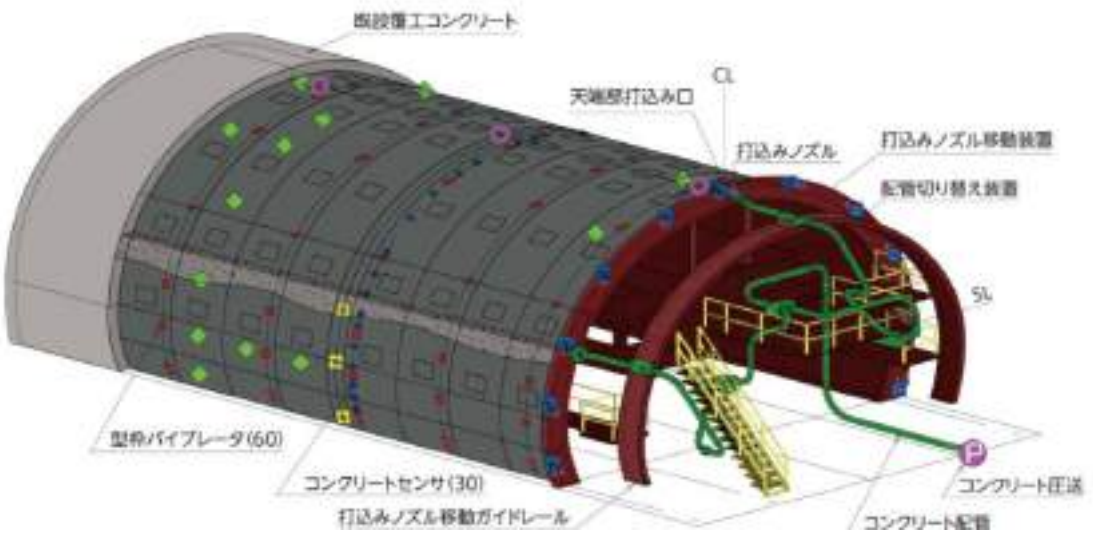


図-1　システム構成

４．技術の効果

１）　コンクリート打設時間の短縮と養生時間の延長

配管切替え時間が20分から5分に短縮され，合計で約1～1.5時間の作業時間短縮効果が得られた．これにより，脱型枠後の養生時間延長が図られ，高品質・高密度なコンクリートとなっている．

２）　施工管理の効率化・作業人員の削減・省人化

通常5名体制での覆工施工において，ポンプ圧送制御，打込み・締固め，配管切替え・清掃，打止め作業等，2名体制での打設作業が可能となった．この間，他の3名は，既施工スパンの養生作業と次スパンの準備工が可能となり，品質向上と作業サイクル短縮を実現している．デジタル化により遠隔モニタリングも可能となった．

３）　長寿命化・熟練技能労働者不足の解消

コンクリート圧送から打止め・脱型枠管理までの全てのプロセスにおいて，デジタルデータによる可視化管理が可能となり，熟練技能者の技量に依存しないガイダンスシステムとして，表層緻密性（表面透気試験；0.001～0.1 良好）が常時確保できる高品質な施工システムとして実証された．これにより，コンクリートの品質が向上し、長寿命化が図られたとともに、覆工作業主任者などの特別技能労働者と作業経験の無い地元土工業者との混成人員編成での施工を行っており、熟練技能労働者に頼らない施工が可能となった．

株式会社錢高組

IoT を活用した山岳トンネル工事の生産性向上の取組み

IoT 活用による山岳トンネル工事の環境改善と省エネ制御（TUNNEL　EYE）

〇概要

本工事は、長野県松本市から上高地、乗鞍高原へのアクセス道路である国道 158 号線において、防災危険個所の回避、線形不良個所・幅員及び建築限界不足箇所の解消を目的に計画された「国道 158 号奈川渡改良事業」のうち、松本側のトンネルを築造する工事である。

今回は本工事にて、当社開発のエネルギーマネジメントシステム「TUNNEL　EYE」（トンネルアイ）を採用し、IoT によりトンネル工事の換気（送気・吸引捕集方式）を全自動で最適化することで、運転操作の省力化、作業環境の改善、省エネルギー化、さらに安全の「見える化」を実現させました。

〇現状の課題

これまで、集塵機の伸縮ダクトは手動もしくはリモコン操作で、粉塵が発生しない場合は作業に支障が出ないように、または破損させないように切羽後方まで後退させ、粉塵が発生する作業の場合、粉塵吸引のために切羽まで前進させていました。同時に、粉塵が発生する作業の場合は、集塵機は吸引量を高め、換気ファンは吸引量よりも低い風量で送風し、切羽後方への粉塵の充満を抑制する風量調整を行う必要がありました。これらの調整は作業が変わる都度行う必要があり、伸縮ダクトの操作時期や、集塵機と換気ファン（以下、換気装置）の運転調整のタイミングを誤れば、粉塵などが切羽後方のトンネル坑内へ充満することがありました。また、発破直後は粉塵・後ガスが充満することや、見通しが悪いため、伸縮ダクトのリモコン操作を直ぐに行うことが困難でした。

〇IoT システムの仕組み

本システムでは作業開始前に換気ファンの運転ボタンを押した後、換気装置と伸縮ダクト全ての自動制御が開始されます。一例として発破検知センサーが発破を検知すると、自動で伸縮ダクトが切羽まで前進し、集塵機が高速運転で発破粉塵の吸引を開始します。その際、粉塵を吸引しやすいように、換気ファンは自動で適した風量で運転します。所定時間経過後に粉塵濃度が下がった際に自動で集塵機が停止し、伸縮ダクトが後退します。同時に、発破で破砕したずりを搬出する作業工程を判断し、坑内全域の排出ガスなどを換気できる風量を送風するために換気ファンは自動で高速運転を開始します。



換気ファン



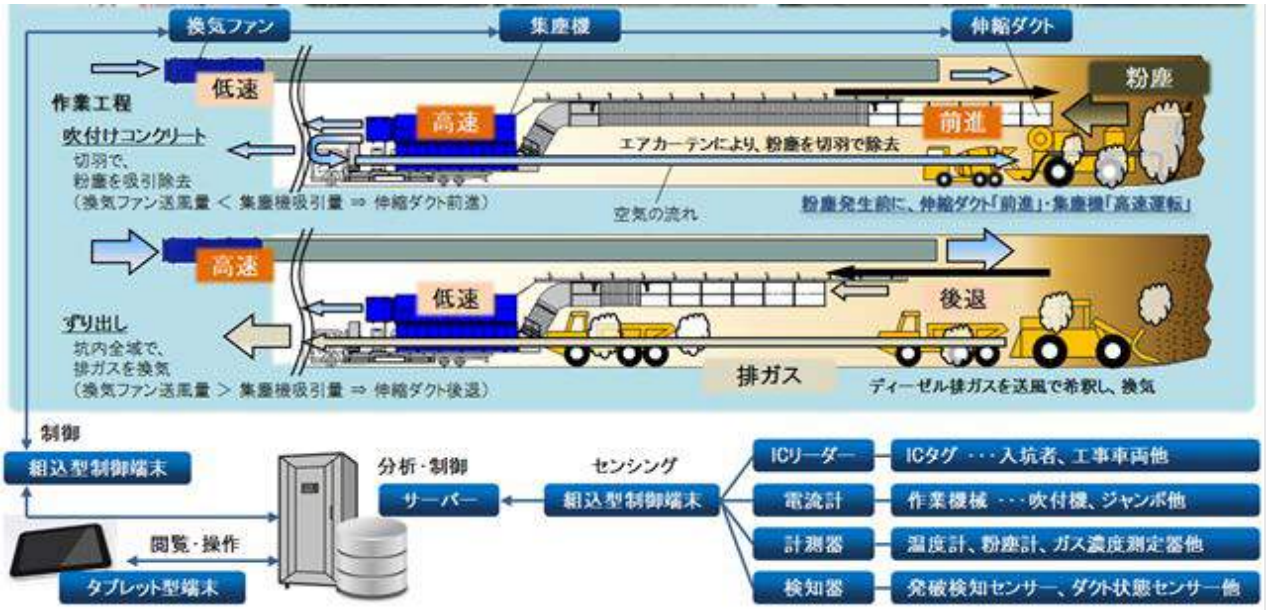
集塵機





伸縮ダクト

これらはIoTネットワークを活用して自動制御しています。制御はトンネル内に複数の組込型制御端末を配置し、各種センサーなどに加え入坑者や工事車両のICタグによる位置情報や、作業機械の電流値による稼働情報を収集し、遠隔地のサーバーで保存・分析することで、吹付けコンクリートやロックボルト打設などの作業工程を自動判別して行います。なお、従来は、粉塵計の濃度測定値が高くなると集塵機の吸引量を高めるなどの制御が行われていましたが、本システムでは、「粉塵濃度が高くなる作業工程」をシステム自らが判断して制御するため、粉塵濃度が高まる前に集塵機の出力を高め、伸縮ダクトを前進させておくことができます。すなわち、より効率的に換気することが可能となります。



IoTネットワークシステム概要図

○まとめ

本システムの導入により、エネルギーマネジメントの効果では、換気ファンで約10%、集塵機で約12%程度の省エネ効果がありました。また換気操作を無人で自動化することで、省力化に加え、人為的な操作ミスや、操作遅れによる作業環境悪化を防ぐことができ、坑内入坑者の安全や健康被害防止に役立ちました。

さらに、当現場では本システムにICタグとWEBカメラを付与することで、作業員の入坑管理、重機稼働状況、作業工程の把握等、安全情報の「見える化」により安全管理の向上に努めました。



「安全情報の見える化」概要図

これからも建設工事における人手不足への対応、作業の安全管理と作業環境の向上、地球温暖化対策の取り組みなどにおいて、IoTの積極的な活用や自動化・ロボット化を推進していくことで課題解決に努めていきたいと考えています。

株式会社錢高組

IoT を活用した橋梁上部工のマスコンクリート対策

解析結果を現場で再現、パイプクーリングのリアルタイム計測･制御システム

概 要

東北中央自動車道阿武隈川橋(仮称)（**図-1**）の柱頭部の温度ひび割れ抑制対策として、パイプクーリングおよび長期間の保湿養生を実施した（**図-2**)。

これらの実施にあたり、コンクリートの温度および湿度の計測に無線通信技術を用いたリアルタイム計測・制御システムを導入した。

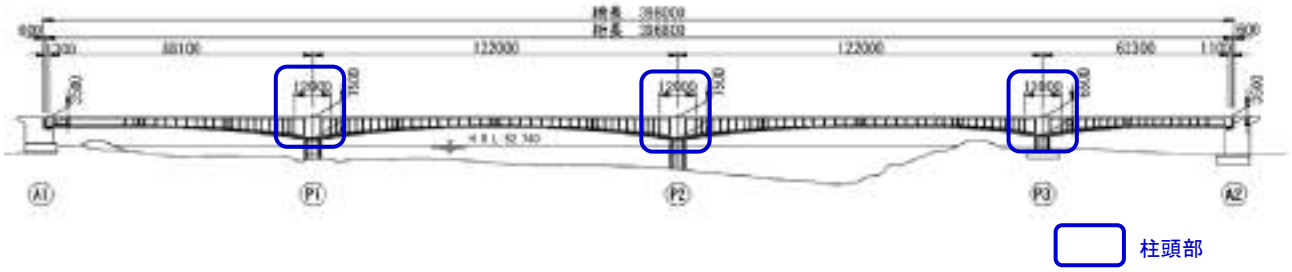


図-1　橋梁一般図

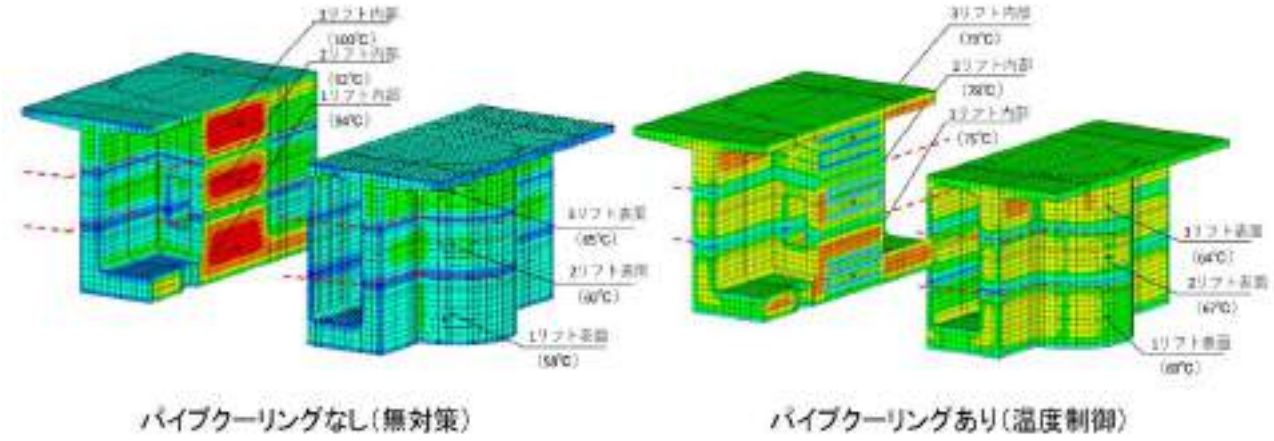


図-2　温度解析結果（最高温度の分布）の一例

現状の課題

パイプクーリングは、マスコンクリートのひび割れ抑制工法として広く用いられている。しかし、その適正な運転管理には多くの手間がかかるといった課題がある。そのため、運転管理を容易に行うことができるシステムの構築が望まれていた。

リアルタイム計測システムの概要

事前の温度応力解析により、有害なひび割れを発生させないためのコンクリート温度履歴の管理幅を設定し、その幅を超えないようにクーリング水の温度をリアルタイムで把握し、流量を遠隔制御した（図-3）。各計測箇所に設置した温度・湿度センサで取得したデータをクラウドサーバに送信し、作業所事務所等のパソコンでリアルタイムにコンクリートの養生状態と内部温度を把握することで、迅速な温度・湿度管理を可能とした。また、パイプクーリングの水温制御ユニットに遠隔操作機能を付加し、送水の ON/OFF の制御を行った。

この制御システムの導入によって、パイプクーリングの適正な運転管理が省力化できるほか、システム、機器の不具合や異常発生時の素早い対応が可能となった。

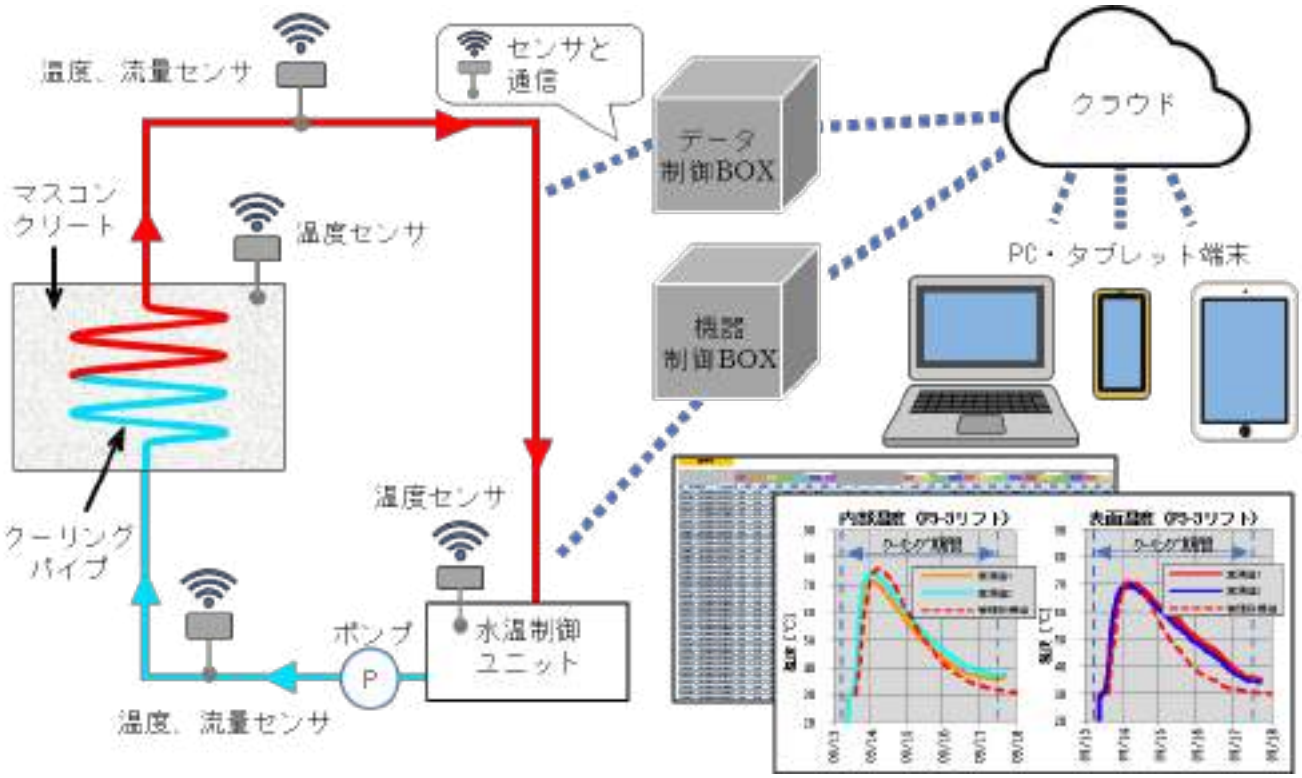


図-3　リアルタイム計測システムの概要

まとめ

東北中央自動車道阿武隈川橋上部工工事において、主桁柱頭部のマスコンクリート対策に適用し、本システムの効果を確認した。パイプクーリングシステムの運転管理の高精度化、省力化に加え、測定機器の不具合に対する迅速な検知と復旧にも効果を発揮した。

なお、目視による躯体のひび割れ調査では、有害なひび割れは確認されず、十分なひび割れ抑制効果が得られている。

今後は、クーリング水の温度および流量調整に関するブラッシュアップを行うとともに、ボックスカルバートやケーソン等の躯体工事にも本技術の活用の場を拡げていきたい。

大成建設株式会社

大型インクラインによる資機材供給の効率化

阿蘇大橋の早期復旧実現に向けて大型インクラインで急峻な地形を克服

1. はじめに

2016 年 4 月に発生した熊本地震により旧阿蘇大橋が落橋し、国道 325 号は不通となっている。現在、熊本県からの要請による国の直轄権限代行事業として、旧橋の約 600m 下流において、2020 年度の開通を目標に架替工事が進められている（写真-1）。本工事は、行政と専門家からの有識者で構成された技術検討会の審議により、早期の復旧と、将来の地震に対する安全性や自然環境の保全等を考慮したルート設定及び構造を決定している。早期復旧実現のために、急峻な地形や風の影響、立野峡谷の環境保全、冬季の寒冷な気候など、阿蘇地域特有の条件にうまく対応した、効率的かつ安全な施工を行うことが求められたことから、阿蘇大橋工事では大型インクラインの採用により資機材供給の効率化を実現した。以下、この取り組み事例について紹介する。

2. 工事概要

本橋の全体一般図を図-1 に示す。３基の橋脚はいずれも RC 中空橋脚であり最大高さは PR2 で 97.0m に達する。橋脚基礎はすべて大口径深礎であり、急斜面上での施工となるため、土留め構造には竹割り型土留め工法が採用されている。上部工は全幅 10.5m、中央支間長 165m の PC３径間連続ラーメン箱桁橋であり、コンクリートウェブの同種構造では国内最大規模となる。



図-1　阿蘇大橋全体一般図

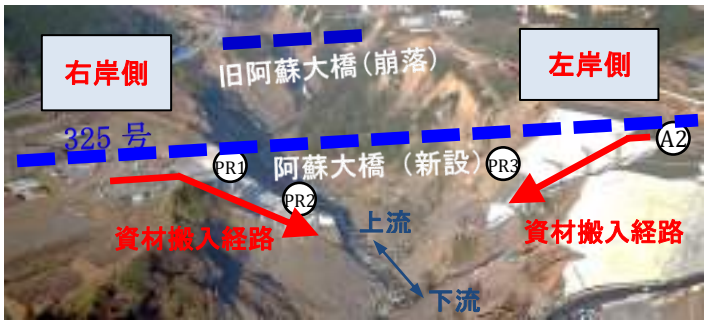


写真-１　現場状況図

3. インクライン採用の背景

当初計画において、資機材は上下の段差桟橋間を揚重用のクレーンを介して搬入出する計画であった（図-2）。阿蘇外輪山で唯一の切れ目となる立野地区は年間を通して風の通り道であり、強風下でのクレーン作業では、安定した資材の供給や、深礎工で発生する大量の掘削土と地震により発生した崩落土砂の運搬ができないことから大きな懸念事項の一つとなっていた。また、先行する斜面切土工事が難航

し進捗が遅れていた事も懸念事項であった。そこで、本工事ではこれらの懸念事項を解消する手段として、両岸に最大 60t まで積載可能な国内最大規模のインクラインを採用した（図-3）。

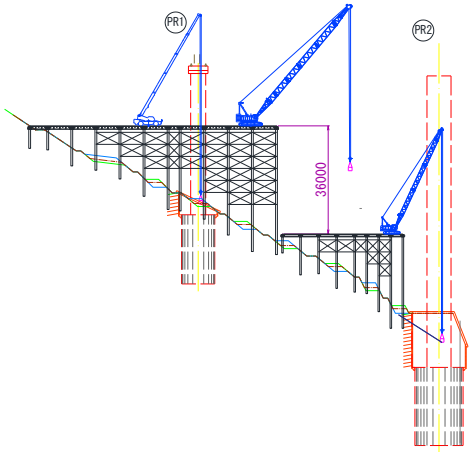


図-2　仮設段差桟橋図（当初計画）

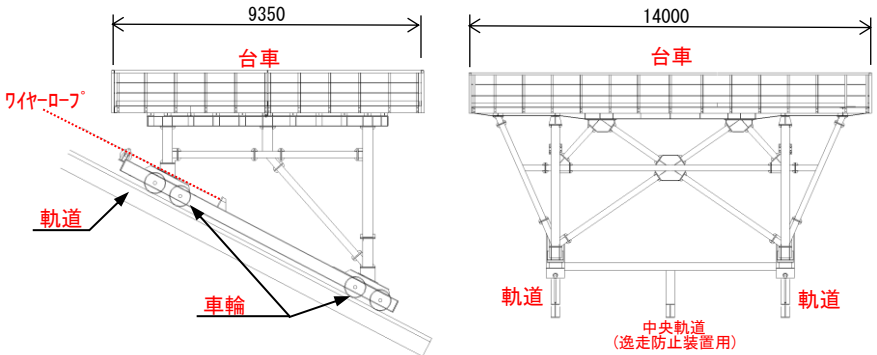


図-3　インクライン台車図

台車にはダンプトラック、トレーラーがいずれも２台積載可能であり、工事箇所に直接資機材を供給する事が可能である（**写真-2**）。なお、インクラインにアプローチするための仮桟橋には大型のガーダーを使用して支持杭の本数を減らし、積載重量は維持しながらも経済性を高める工夫を施している。



写真-2　右左岸のインクライン

4. インクラインの効果

インクラインの採用により、先行する斜面切土工事が遅延する状況においても、台車等の部材を並行して製作することが可能になり、引き渡し後、本工事に着手するまでの期間を短縮する事ができた。また、強風下でのクレーン作業を大幅に低減し、安全かつ安定的に資機材の供給することが可能となった。さらに、多量の土砂の運搬も効率よく行うことができた。結果として、現場の効率化と生産性向上に大きく寄与している。

5. 今後の展望

急峻な地形や風の影響をうける場所における大型インクラインの採用は、現場の資材供給面での効率化や生産性向上にとって非常に有効な手段である。

大成建設株式会社

プレキャスト製品据付アシスト装置（移動式エアバランサ）の開発・実用化

～プレキャスト製品据付け作業の生産性と安全性の向上を目指して～

１．工事概要

本工事は、相模鉄道の羽沢横浜国大駅と新横浜駅（仮称）との間に位置する延長約 3,350m、縦断勾配が 3.4%の長距離鉄道トンネルであり、東急線との相互直通運転を可能にするものである。本トンネルの軌道両側には電力、信号・通信ケーブルを格納するダクト構造があり、延長 10,050m（20,100 本）ものプレキャスト製品を設置する工事が含まれている（参照　図-2）。

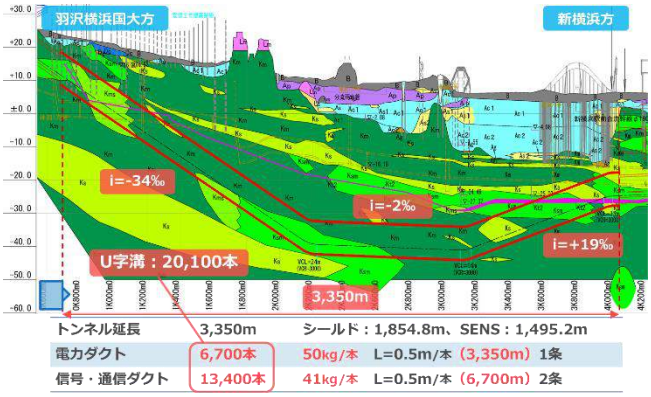


図-1 路線縦断図

２．採用の背景

過去の類似工事でのダクト構造の施工では、揚重機械に汎用の 2.9t 移動式クレーンを使用し、重機運転者、玉掛者、合図者等多くの人員を配置して、施工速度は 1 作業班につき平均 60 本/日（30m/日）であった。本工事では、工事施工中には他作業の工事車両が多数通過することから、作業効率の改善及び省スペースでの施工方法の立案が求められた。そのため、工場等で使用されるエアバランサに着目し、容易に移動でき、傾斜地でも使用できるプレキャスト製品据付用のアシスト装置を開発した。

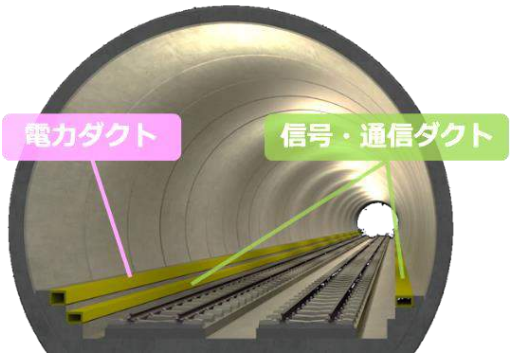


図-2 トンネル断面図

３．アシスト装置（移動式エアバランサ）の特徴

今回の開発では、工場等の荷捌き作業で使用されている固定式の小型搬送機器である「エアバランサ」に着目し、工事現場に適用するための改良を行った。エアバランサは、一般的に工場等で固定して使用され、使用時には機械本体を水平に設置する必要がある。一方、本工事では 3 km以上の長距離を連続的に移動する必要があり、トンネルの勾配（傾斜）に対応する必要があった。そのため、専用のタイヤ移動台にエアバランサを搭載し、同機械の基部を自動的に水平制御（レベリング）できる装置を新たに開発して組み合わせることで、傾斜のある工事現場でも効率的かつ安全に使用できる機械の開発、実用化に成功した（図-3）。



図-3 装置概要

エアバランサ本体のレベリング制御は、近接センサー等により機械基部の水平度を感知して、自動的にエアシリンダーを伸縮することで、機械本体を短時間で水平化する機構を開発した。

本アシスト装置の使用荷重は最大 150kg であり、作業者一人での操作が可能で、吊り上げたプレキャスト製品の吊具に手を添えて、ごく僅かな力で吊荷を上下左右に自在に移動することができる特徴を有している。また、プレキャスト製品 50 kg/個に対する本装置の作業半径は約 3m であり、1 回の据付けでプレキャスト製品を 12 個、6m分を連続的に設置することが可能である。

さらに、アシスト装置全体の寸法は、幅 1.5m×長さ 2.3m であり、汎用機械の 2.9t 移動式クレーン（幅 2.0m×長さ 3.9m）に比べて省スペースで施工でき、機械や吊荷の挟まれや接触災害の防止が図れ、作業安全性が格段に向上した。

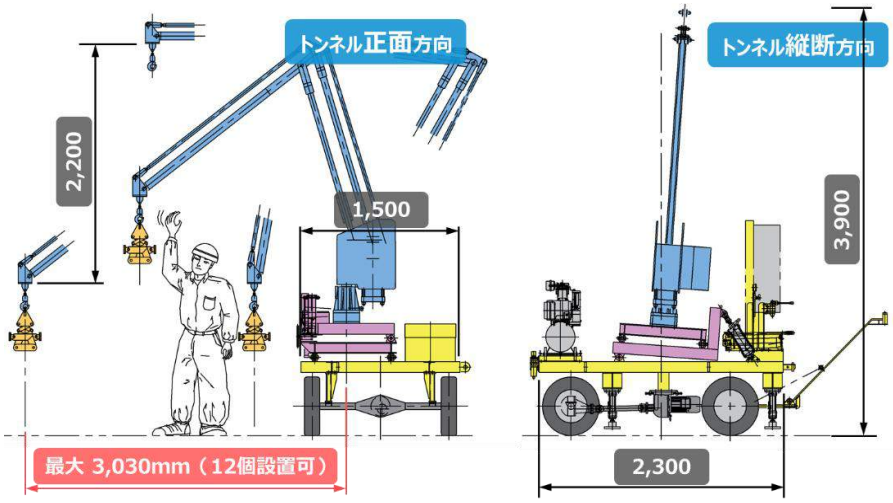


図-4 概略寸法図


写真-1 施工状況

4．取組みの効果

他工事との工期と費用について比較し、本装置の導入効果を検証した（図-5）。施工効率（歩掛）は、他工事での実績 60 本/日に対して、本工事では 50%増の 90 本/日となり、生産性の大幅な改善に成功し、全体の施工期間を 4.3 ヶ月間（33%）短縮することができた。また、費用面では、本装置が新規開発品であることから機械費は大幅に増加したが、労務費を大幅に削減できたことで、全体としては他工事とほぼ同額であった。将来的には、本装置の量産や更なる改良により機械費用圧縮が見込めることから、工事費の削減も可能である。



図-5 費用対効果の検証

5．今後の展望

プレキャスト製品の設置作業は、あらゆる建設工事で行われているが、施工性や安全性の改良や進歩はなく、さらに、近年の労働者の人員不足と高齢化により工期にも影響している。今回開発・実用化したプレキャスト製品据付け用アシスト装置（移動式エアバランサ）は、様々な建設工事現場で利用でき、工事の生産性向上、工期短縮に有効であることから、今後さらに普及を図っていきたいと考えている。

大成建設株式会社

柱頭部押出し施工による施工性・安全性向上

現場ﾌﾟﾚｷｬｽﾄ化した柱頭部の押出し架設により工程回復と安全性向上を実現

1. 工事概要

生野大橋は、新名神高速道路　高槻ジャンクション～神戸ジャンクション間の兵庫県神戸市北区に位置する、橋長 606mの PRC7 径間連続波形鋼板ウェブエクストラドーズド箱桁橋である。本橋は、営業線である JR 福知山線の上空を約 15 度の交差角で横断するため、本構造形式としては国内最大級である中央支間長 188mを有している。また、将来の 6 車線化拡幅に備えて、斜材を構造中心付近に定着した国内初の一面吊り波形鋼板ウェブエクストラドーズド構造である（写真 1,2)。

今回、生野大橋では、P6 柱頭部を現場プレキャスト化し、押出し架設することにより大幅な工程回復と安全性向上を実現した。以下、この取り組み事例について紹介する。



写真 1　生野大橋全景（施工中）



写真 2　生野大橋全景（完成）

2. 柱頭部の現場プレキャスト化と押出し施工採用の背景

本橋は、鉄道営業線上空という制約条件下で張出架設工事を行うため、鉄道営業線に対する高い安全性を確保する施工方法が求められた。特に P6 柱頭部の施工は、鉄道営業線近接施工という条件に加えて、工程上のクリティカルパスであったことから、工程を回復する必要があった。

3. 施工内容とその効果

通常柱頭部の施工は、橋脚天端の脚頭部を施工した後、脚頭部に設置したブラケット支保工により構築を行うが、本橋は脚頭部近傍に設けた仮設構台上で、脚頭部と並行して柱頭部を先行構築(プレキャスト化)し、脚頭部完成後に柱頭部(重量約 1500ｔ)を押出し架設し、横桁部を後打設して橋脚と一体化した（図 1、写真 3, 4)。鉄道営業線から離れた安全な場所で柱頭部の構築を行うことにより、資機材の落下や墜落災害のリスクを軽減し、鉄道営業線に対する安全性を確保して、阻害事故なく工事を完了することができた。

また、柱頭部の現場プレキャスト化と押出し架設により、約 2.0 ケ月の大幅な工程回復を実現することができた。本工法の実現には、仮設と本設の構造安全性について緻密な検討を行い、あらゆるリスクを想定した綿密な施工管理が必要であった。

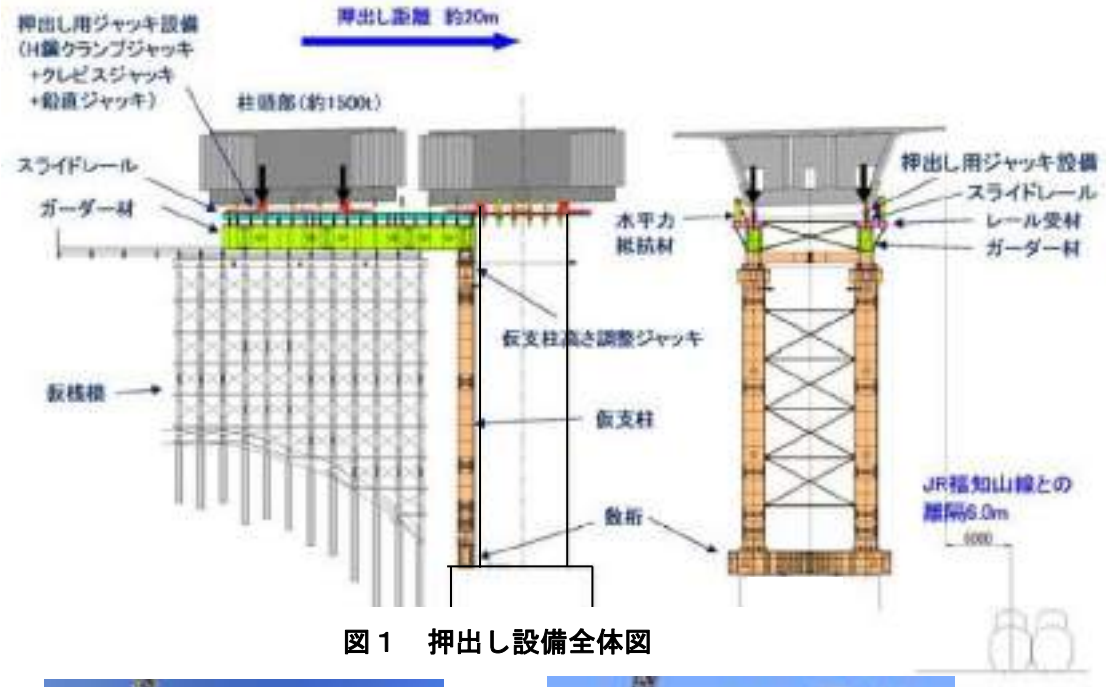


図 1　押出し設備全体図



写真 3　P6 柱頭部（押出し前）



写真 4　P6 柱頭部（押出し後）

4. その他

本工事では、構造物の品質を確保した上で、大幅な工程回復と鉄道営業線に対する安全確保をいかに両立させるかが課題であった。施工者は、目的を果たすことができる特殊工法を立案し、上述の様々な工夫を凝らしリスクを排除することで実現させた。また設計者も、提案した特殊工法を踏まえた上で、構造物の品質を確保し工程回復できるような設計を行った。さらに、発注者は、これらの提案を理解し請負者を指導しつつ、第三者である鉄道事業者と綿密な協議を重ね、丁寧に説明し承諾を得ている。設計者、施工者、発注者が高い共通認識を持ち、三位一体となってマネジメントを行った結果が課題の達成につながった。

5. 今後の展望

少子高齢化による技能労働者の減少が進む中で、プレキャスト化工法は一つの解決策である。本工事では、工場製作できない大型重量物を現場においてプレキャスト化する技術の一つを開発し実現した。本工法は、工期が限られる工事でのモデルケースであり、今後、適用拡大を図りたいと考えている。

大成建設株式会社

ICT の杭打設工事への適用と大規模 ICT 土工事により生産性向上

T-pile　Recorder による既製杭施工管理と大規模造成工事の ICT 施工管理

1. T-Pile　Recorder による既製杭施工管理

1）概要

従来、既製杭の工事においては、施工データの取得と管理には多大な労力がかかるため、データの自動取得・管理書類作成の自動化は、施工データの信頼性向上と生産性向上にも大きく寄与するものである。大成建設㈱の建築部門で開発された“T-Pile Recorder”は杭の位置や鉛直性などの実測値のほか施工時の掘削電流計値などの計測データおよび工事写真などの各種データの保存と作成を自動化したシステムである。

今回、土木工事にも展開すべく、東京電力㈱富津火力発電所における LNG 地下貯槽建設工事で、ﾌﾟﾚﾎﾞｰﾘﾝｸﾞ拡大根固め工法（Hi-FB 工法）による SC 杭（φ318.5、L=23.5m ｎ＝45 本）の打設工事を当該システムを用いて施工した。



図-1　既製コンクリート杭施工データ総合管理システム「T-Pile Recorder」の概念図


図-2　杭施工データ計測装置・計測内容

2）生産性向上効果と今後の展望

【効果】

① 現場を離れてもスマホやタブレットにより進捗や電流計の値および写真が確認できる。

② 電流計と写真が自動的に整理され、タブレットにより現場で打ち込んだ帳票とともにクラウドに保存されるため、事務所ではデータ印刷だけで帳票が出来上がり、書類再整理の時間が劇的に少なくなる。

③ 計画値と実績の一覧、判定の合否が自動的に帳票となり、打設状況の確認とデータ整理する時間が大幅に短縮される。

【今後の課題】

土木工事の場合は、客先毎に施工管理・品質管理項目に若干の差があるため、システムの修正を行い管理項目を一致させるなど、発注者との事前協議が必要であるが、生産性向上と品質向上を同時に達成できる T-pile Recorder を今後も土木工事おいて展開していく予定である。

2. ICT 土工による大規模造成工事の施工管理

1）概要

ICT 土工は最近では各現場で適用され、生産性向上や品質向上の効果を上げているが、特に大規模造成においてはその効果が最大限に発揮される。東京都内で現在施工している南山造成工事は、開発面積が約 87hr、切土量約 212 万m3、盛土量約 197 万m3、の大規模造成工事である。施工範囲が広く、土量も多いため毎日の重機台数は約 80 台/日であり、土量管理、掘削・敷均し・転圧の施工管理、品質管理に対して ICT を活用することで生産性を向上させている。当現場で実施しているものは以下のようなものがある。さらに、一日あたり 100 点にもなる RI 測定に対して、i-Pad の現場帳票記録ソリューション“i-Reporter”を使い出来形管理表作成の省力化を図っている。

高精度レーザー測量による土量管理
（小型無人航空機 UAV、車両型レーザーMMS）



UAVレーザー測量



車載型レーザー測量

GNSS による高盛土工事の省力化
（排水層等の複雑な盛土層構成）



ICT油圧ショベル（0.8m3）



ICTブルドーザ（D6T、21t級）

2）生産性向上効果と今後の展望

【効果】

① 高精度レーザー測量（UAV、MMS）により測量作業日数は大幅に減少した（図-3）。

② 特に当現場のような高盛土では排水層等が互層となっている場合が多いため、各層の仕上がり精度が重要となり、GNSS による施工により敷均し・転圧の精度が向上し生産性の向上につながっている（図-4）。

③ i-Reporter で現場でのデータ入力・写真撮影を行うことにより、事務所での出来形管理表作成作業が約 40%弱削減できた。

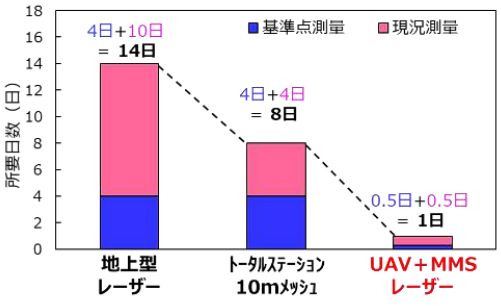


図-3　10 万m2（10ha）測量時の導入効果

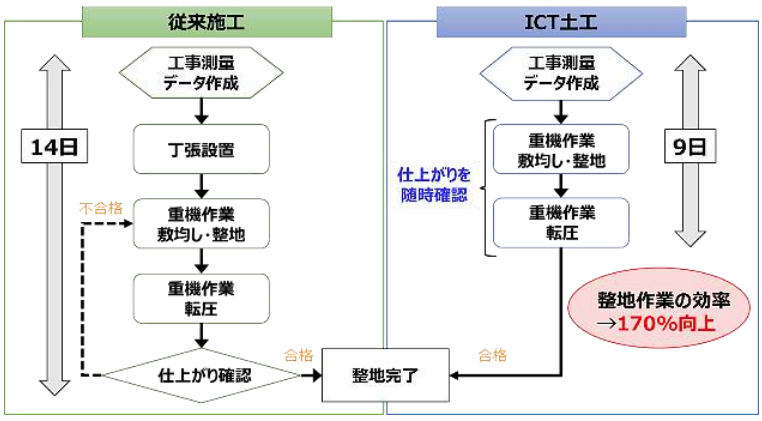


図-4　1000m2 整地土工時の導入効果

【今後の展開】

今後は、土量管理の精度を高めて高品質化を達成していく予定である。さらに、現状のそれぞれの管理方法のトータルでのシステム化を構築するとともに、掘削・運搬・敷均し・締固めという土工事の一連の自動化を目指していく。

株式会社竹中土木

非開削工法の適用における生産性向上について

工期短縮！！既設建物間の地下連絡道を非開削工法（URT 工法）で実現！

１．はじめに

都市部の既設建物間の地下連絡道工事では、土留め壁を施工後、開削工法により躯体を構築する施工方法が一般的である。

2014 年 10 月～2018 年 4 月（Ⅰ期工事竣工）、大阪市北区梅田において、大阪神ビルディング（地下 5 階、地上 11 階）と新阪急ビル（地下 5 階、地上 12 階）の建替工事が行われた。本工事は深度 GL-18.2m～-10.3m において、地下連絡道（L=21.95m）でこの 2 棟間を接続する工事であり、地下連絡道の直上 30cm 付近には 40,000 人/日の歩行者が通行し、営業中の店舗が存在する大阪駅前ダイヤモンド地下街がある（図-1、写真-1）。さらに、地上の道路は大阪駅前の渋滞を回避する車両の抜け道になっており（写真-2）、埋設配管も複数存在する。



図-1　工事平面図



写真-1 大阪駅前ダイヤモンド地下街



写真-2 上部道路

当初設計案は開削工法が採用されていたが、地下連絡道直上の地下街やその上方の一般道路等への影響が大きく、工期も長期間要するなど生産性が劣る可能性があった。そこで、地下街や一般道路等への影響をできるだけ低減させるとともに、工期短縮が可能な工法選定および施工計画立案を行うこととした。

２．工法選定

地下連絡道を開削工法により施工する場合（図-2）、道路占用による夜間作業が主体となり、各インフラ埋設設備の移設、または残置・防護を伴う施工となる。同時に、営業中の大阪駅前ダイヤモンド地下街を分割し、撤去～復旧を繰り返して施工するとともに、地下街への階段の撤去や地下街の機械室や電気室の盛替えが必要となり、地下街の営業等への影響が大きく、工期の長期化が懸念された。そこで、道路占用の制約を受けることなく昼夜作業が可能かつ、大阪駅前ダイヤモンド地下街等の営業を停止させないために、非開削工法のアンダーパス技術であ

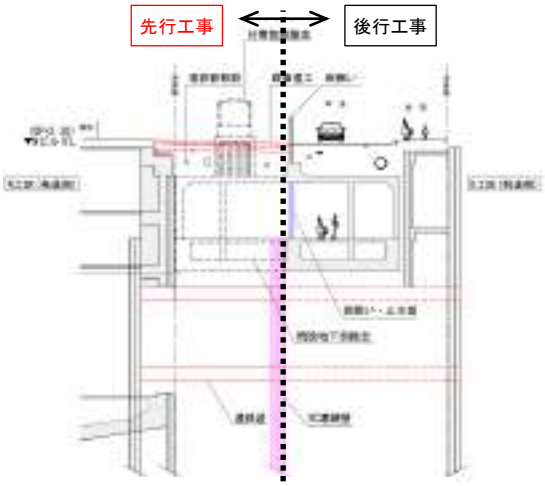


図-2 当初設計案（A-A 断面）

る URT（Under Railway Tunnel）工法を検討し、採用することとした（図-3）。なお、当工法は鉄道直下のトンネル掘削工法であり、都市部では施工事例のない工法であった。本報では、大阪駅前ダイヤモンド地下街の営業を維持したまま、その直下で URT 工法によるトンネル掘削を行い、生産性の向上を図った施工事例について報告する。

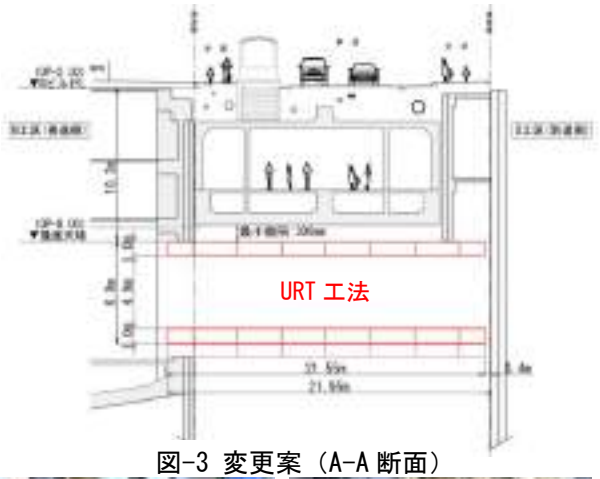


図-3 変更案（A-A 断面）

３．URT 工法の概要

URT 工法を用いたトンネル掘削工事は、地下連絡道の外周（縦 6.9m×横 10.1m）に□1.0m×1.0m の鋼製エレメント（L=約 3.0m/ヶ、t=約 22mm、写真-3）を推進ジャッキにより順次推進（写真-4）し、鋼製エレメント内にコンクリートを充填し、PC 鋼線で緊張後、閉合された鋼製エレメントの内側（縦 4.9m×横 8.1m、A=39.7m^2）を掘削する工事である。



写真-3 鋼製エレメント（標準）



写真-4 推進状況

４．工程短縮の一例

一般的な鋼製エレメントの施工手順は、推進用の架台盛替作業の効率性から、最中央の鋼製エレメントを初期推進し、その後二班体制で左右外側の鋼製エレメントを順次施工する（図-4-(a)）。当工事では、初期段階から二班体制施工による効率化を検討し、右上の鋼製エレメントと左下の鋼製エレメントを同時に初期推進することを検討し、実施した（図-4-(b)）。鋼製エレメントの確実な閉合を行うためには、この 2 つの基準エレメントの精度を±30mm 以下に抑える必要があった。そこで、日常管理の頻度を増やし、両エレメント相互の位置関係を的確に把握することで、無事閉合することができた。



(a) 一般的な推進順序



(b) 初期二班体制における推進順序

図-4 推進順序（B-B 断面）

５．当初設計案と変更案の工程比較

当初設計案と変更案の施工日数の比較を図-5 に示す。当初設計は、先行工事と後行工事の分割施工であり、埋設管の移設や土留め壁の構築、既設地下街の撤去などが重複する。さらに、地上作業は道路規制の制約から夜間作業が主体となり、工程への影響が非常に大きく、38 カ月間を要することが想定された。一方、URT 工法は、昼夜作業が可能であり、一般道路および地下街の通行規制が不要で、工程への影響も小さい。結果として、21 カ月間で工事を完了させることができ、17 カ月間の工程短縮を実現し、生産性向上に寄与できた。

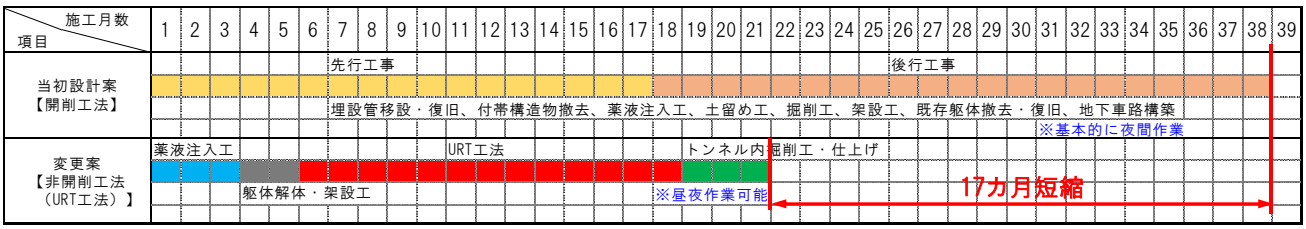


図-5 施工日数の比較

株式会社竹中土木

市街地液状化対策における生産性向上

新工法開発による工程短縮・コスト削減

１．工事概要

本工事は、浦安市の市街宅地を図-1 のように、宅地境界と道路に格子状の地盤改良壁を構築し、道路と宅地を一体で液状化対策する工事である。工事費は、国や市からの官費とともに民地部は住民も費用を負担する事業であり、住民に対する費用負担軽減や工事長期化による精神的負担の削減を行う必要があった。



図-1　宅地と道路一体の液状化対策

２．課題

計画時には、液状化対策可能な地盤改良機は大型施工機械しか無く、最小 80cm の建物間で施工できる施工機械が存在しなかった。そのような中でケミカルグラウト㈱が新しく開発した図-2 に示す「エコタイト工法」は幅 60cm の超小型高圧噴射撹拌工法であり、宅地境界への適用が可能と判断された。しかし、高圧噴射撹拌工法は、大型の機械撹拌工法と比べて施工速度が遅く、かつ排泥量が多いために産廃処理などの費用も掛かるために工事費用の増加と工程遅延が問題となった。そこで、宅地境界以外の道路部において、生産性の高い施工法の導入が課題となった。

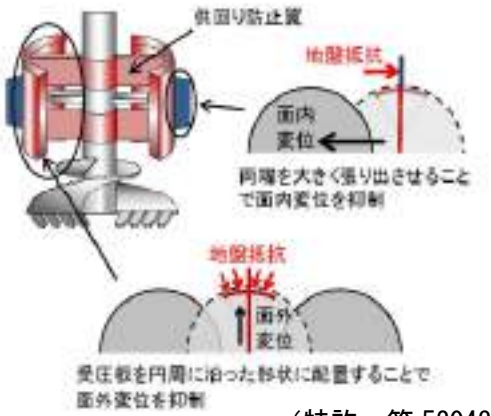


図-2　エコタイト工法

３．新工法開発による課題の克服

道路部において、施工速度の高速化と排泥削減が期待できる小型機械式撹拌工法開発と、埋設管路に対する対応の検討を行った。最初に幅 6mの道路で歩行者通路を確保して施工可能な図-3 に示す「スマートコラム」工法を新たに開発した。従来の大型機械式撹拌工法では、撹拌





（特許　第 5204319 号）

図-3　スマートコラム工法

翼の回転軸ロッド径が大きく鉛直精度 1/200 が確保できたが、小型機械にする場合にロッド径も細くなるため地盤改良壁の連続性を保つための鉛直精度が確保できないことが問題であった。これに対し攪拌翼の供回り防止翼に特殊ストッパを設ける工夫により 1/200 の鉛直精度を確保可能とした。

一方、埋設管を横断して地盤改良を施工する場合は、機械撹拌方式では直径 1mの攪拌翼が管路に接触するために改良壁を構築できなくなるので、高圧噴射撹拌方式とする必要があった。しかし、複数の埋設管が予想されるので、改良径が 3.6mと大きくなるため、必要な改良幅 0.85mに対し無駄が多くコスト増加要因と考えられた。これに対し、ケミカルグラウト㈱が㈱竹中工務店とともに、高圧噴射ロッドの回転速度を制御することで矩形の地盤改良が可能な**図-4** に示す高圧噴射撹拌工法を開発し、これを採用することでコスト増加を防ぐことが可能となった。

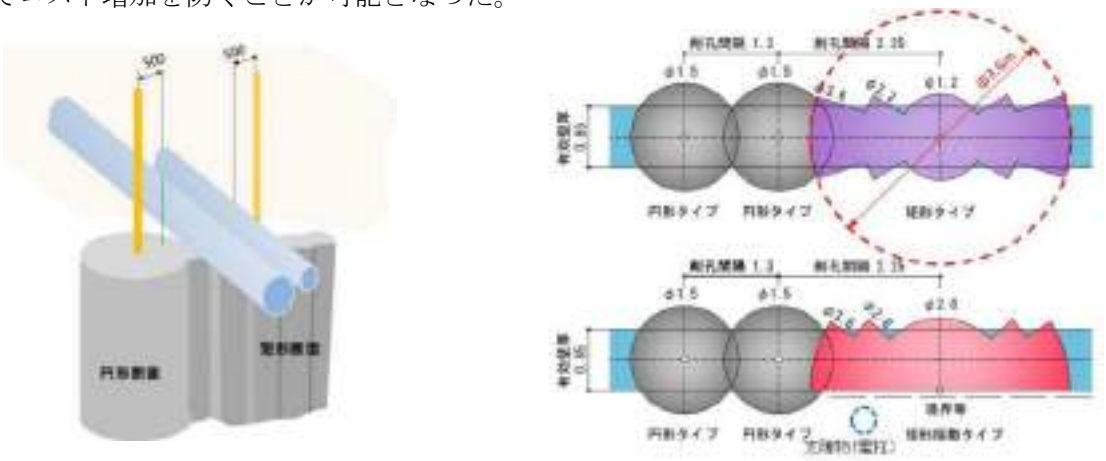


図-4　矩形断面地盤改良

４．生産性向上成果

上記の技術開発等により、道路部も宅地と同様の「エコタイト工法」で施工した場合に対して、「スマートコラム工法」開発と矩形断面改良の採用により、**表-1** のように 28%のコストダウンと 22%の工程短縮を実現でき、住民の負担抑制と工程短縮による精神的負担削減に寄与することができた。

表-1　コスト削減効果

★従来（全て円形断面高圧噴射攪拌工法）

項　　目	形　状	本数	改良土量(m^3)	従来金額比率
高圧噴射円形造成	φ1500	699	9264	
高圧噴射円形造成	φ3600	99	7558	
			造成費	100%
高圧噴射円形排泥処理	φ1500	699	7254	
高圧噴射円形排泥処理	φ3600	99	5918	
			排泥費	100%
			全費用	**100%**

★新開発(機械式攪拌「スマートコラム工法」と矩形断面高圧噴射攪拌工法の開発

項　　目	形　状	本数	改良土量(m^3)	従来金額比率
高圧噴射円形造成	φ1500	639	8469	
高圧噴射矩形造成	3600×1000	99	2673	
機械式攪拌造成	φ1000	96	565	
			造成費	73%
高圧噴射円形排泥処理	φ1500	639	6631	
高圧噴射矩形排泥処理	3600×1000	99	2093	
機械式攪拌排泥処理	φ1000	96	202	
			排泥費	68%
			全費用	**72%**

５．まとめ

本工事においては、道路部に埋設管が多かったため「スマートコラム工法」を多用することができなかったが、埋設管の状況によってはさらなるコストダウン及び工程短縮も可能であると考えている。また、本工事での経験は、プラントの液状化対策など施工制約が多い地盤改良工事においても水平展開可能であると考えている。

鉄建建設株式会社

現場施工計画の３次元化の取組み

橋梁上部工施工における３次元仮設計画事例

1. 仮設計画３次元化の経緯

東京都西部の渓流沿いを通る檜原街道バイパス工事・橋梁上部工新設において、仮設構台の橋脚計画位置がオーバーハングしており、仮設計画の見直しが当初からの課題であった。しかし、渓流の複雑な現況地形を正確に把握することが困難であったため、３次元測量の活用を検討することになった。



写真１　渓流地形（上空）



写真２　渓流地形（近景）

2. ３次元化による仮設計画の内容

(1) オーバーハングする地形の現況測量

渓流地形により人が容易に近付けないため、ＵＡＶによる測量を採用した。空中写真測量では、オーバーハングした地形側面を捉えられないため、３次元レーザースキャナ搭載型ＵＡＶによる測量を採用した。側面を測量するため高度をぎりぎりまで下げ、地形データを取得できた。現地測量は２時間ほどで終わり、１週間後には点群データを確認することができた。





写真３　ＵＡＶ３次元レーザースキャナ測量

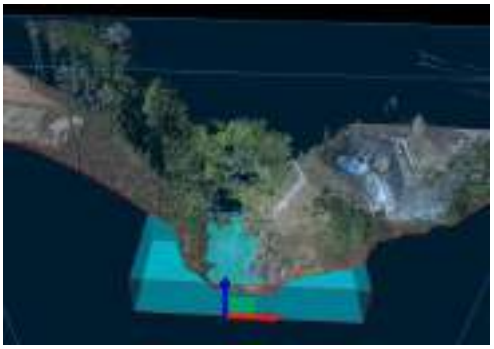


図１　点群データ

(2) 仮設橋脚位置の変更検討

仮設構造物の３次元モデルを作成し、測量した地形データと合成した。２次元図面では分かりづらかった橋脚と地形形状の位置関係が視覚的に分かり易くなった。変更前後の橋脚位置と基礎構造の変更（直接基礎から杭基礎へ）も１つのモデルで容易に確認できるようになった。

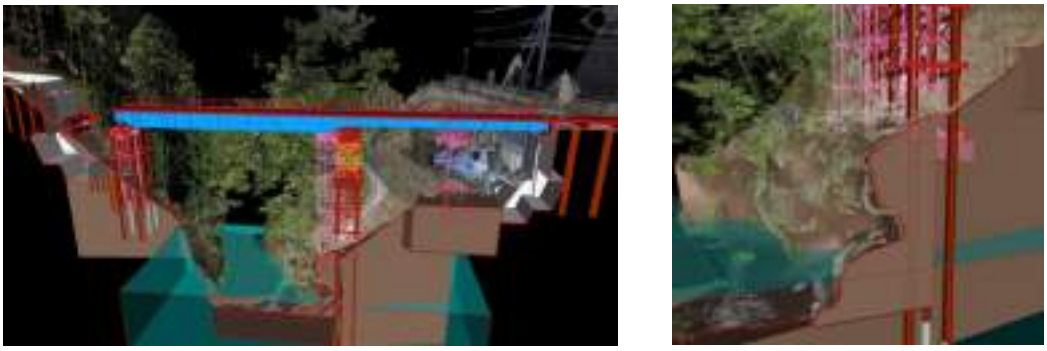


図２　３次元モデルによる橋脚位置確認（ピンク色は当初計画）

社内の施工検討や発注者との変更協議においても状況が一目瞭然で打ち合わせがスムーズに行えた。画像だけでは分かりづらいが、モデルを回転することで立体的な形状や位置関係をはっきり認識することができる。また、３次元データからは２次元図面を抽出でき、設計変更や河川協議の資料として活用することで業務効率化にも十分寄与している。

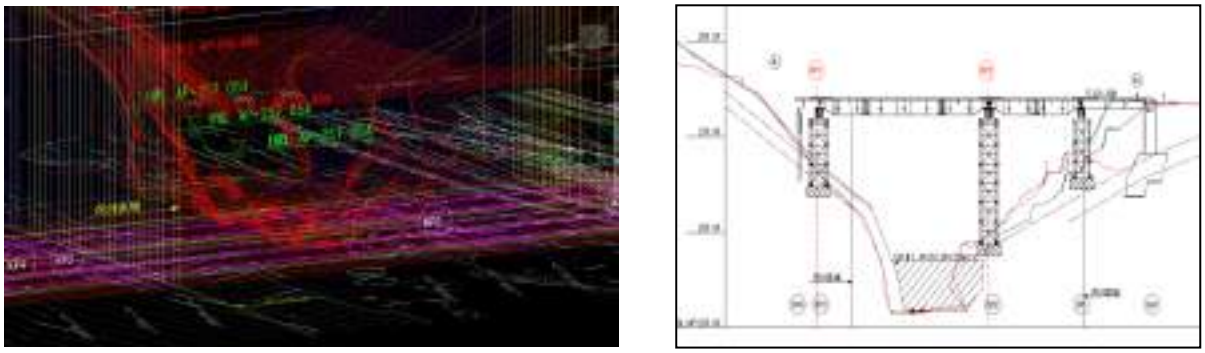


図３　点群から抽出した断面（３次元ＣＡＤと２次元ＣＡＤ）

(3)現地確認ＡＲ

作成した３次元モデルの手軽な活用法として、iPad で現地に実寸大のＡＲ表示ができるアプリを作成した。今後は、設計３次元モデルがあれば施工前に完成時のイメージが確認でき、施工検討に役立つ。また、発注者や地域住民への工事説明ツールとしても効果的だ。現在は改良を重ね、色や透明度の変更や会議室などでの縮小表示も可能となり見やすくなっている。



写真４　現地ＡＲ表示

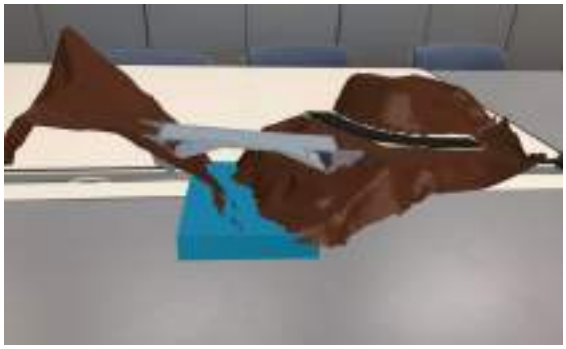


写真５　ＡＲ（縮小表示）

3. おわりに

今回の事例は、現況測量や施工計画を３次元化することへのメリットを感じられる良いモデルケースとなった。今後もより一層の BIM/CIM の推進に向けて、構築の品質・出来形管理など施工管理にも活用の幅を広げていきたい。

鉄建建設株式会社

山岳トンネル仮設計画における３次元検討

中部縦貫自動車道（大野油坂道路）下山トンネル工事における適用事例

1. 計画概要

下山トンネルは、福井県の山間部に建設される山岳トンネルである。到達側坑口部の施工は、大量の掘削を伴うが、近隣住民の要望により既設道路への工事用車両の出入りが禁止されていたため、トンネル貫通後に坑口部および周辺部の施工を行う計画であった。このため、工期短縮のための効率的な施工方法を選定するために３次元モデルを活用した。

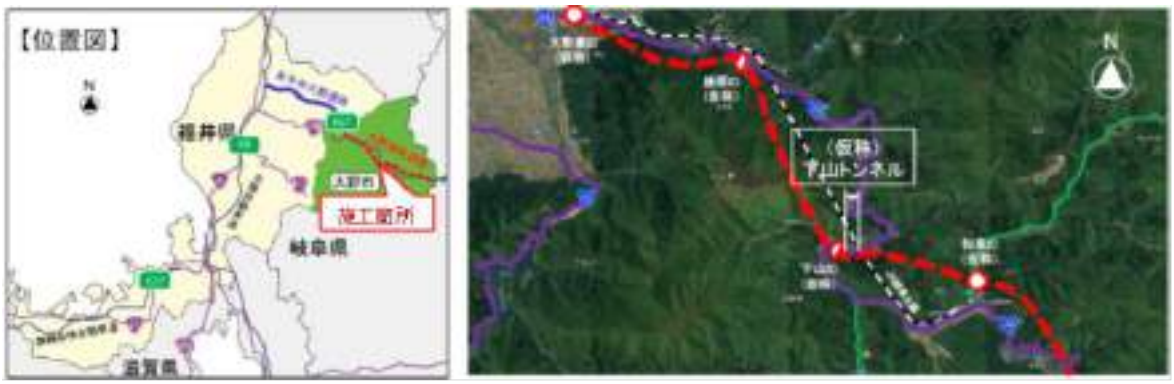


図１　施工位置（国土交通省資料より）

2. 坑口部掘削計画の内容

(1)当初計画

３案のトンネル貫通方法について、３次元モデルにて工事数量、工程、工事費を算出し、比較検討を行った。

貫通方法としては、案１：上半断面貫通、案２：全断面貫通、案３：導坑貫通である。

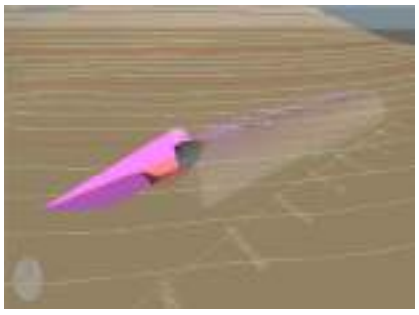


図２　案１（上半断面貫通）

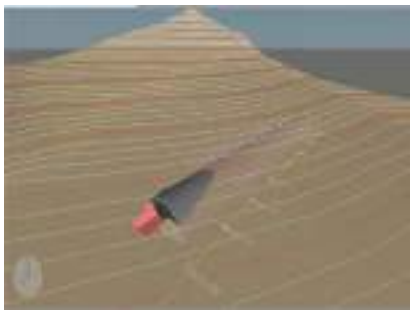


図３　案２（全断面貫通）

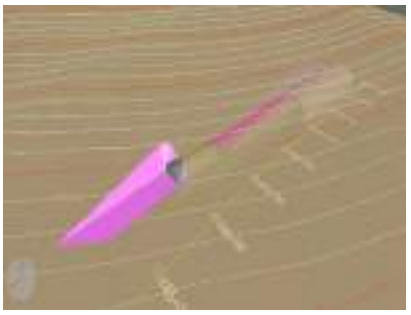


図４　案３（導坑貫通）

(2)計画変更

３案ともに想定した工期、工事費を満足できる計画とならなかった。そこで、最低限の機材搬入のみに既存道路を使用することで地元住民の了解を得て、トンネル掘削開始と平行して到達側坑口部の掘削を開始する計画に変更した。

計画の精度を向上させるため、３次元レーザースキャナ測量にて現地地形を正確に把握して３次元モデルを作成した。坑口部の施工は、関係者の理解を深めるために施工ステップ毎に作成した。掘削土約6,000m3は仮置きしてトンネル貫通後に搬出するが、以降に発注される水路と工事用道路用地も考慮して仮置き場所の検討を行った。

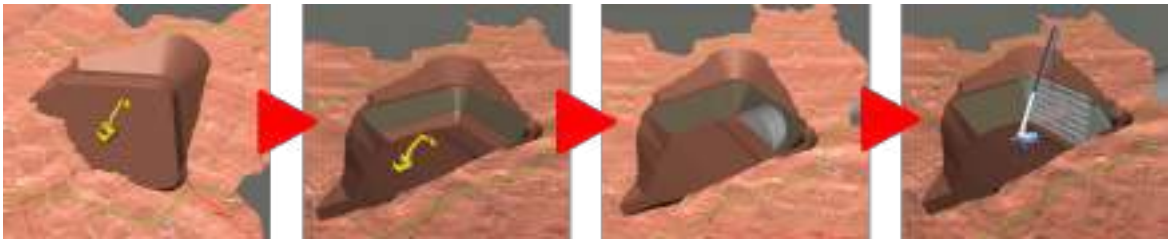


図５　坑口施工ステップモデル

(3) ３次元モデル活用の効果

３次元モデル活用により得られた主な効果は以下である。

①　複雑な山岳地形で施工方法の比較検討が容易であった。また、工事数量等も正確に算出可能。

②　仮置き場所と民地の位置関係の把握が容易であり、降雨時の土砂流出防止対策等へ有効に活用。

③　施工ステップなど工事の内容が分かりやすく、地元住民、工事関係者への理解が得やすい。

④　協議用、設計変更、施工管理や安全管理等多方面で有効活用。

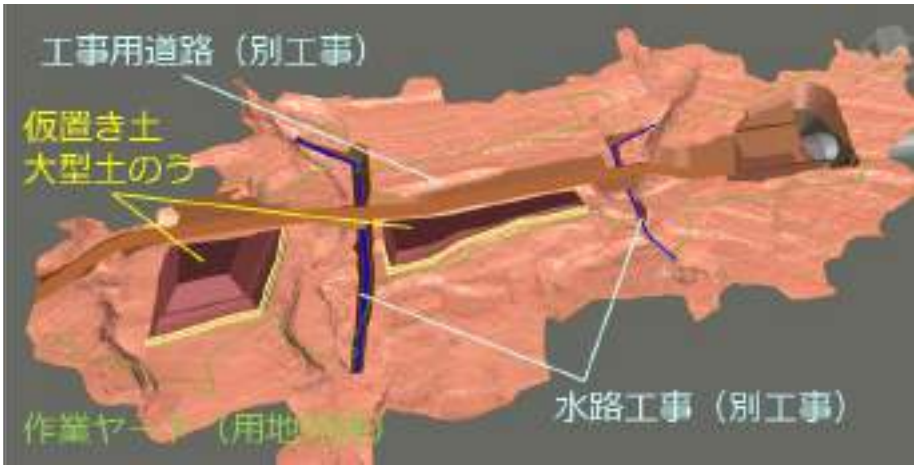


図６　施工ヤードの配置計画

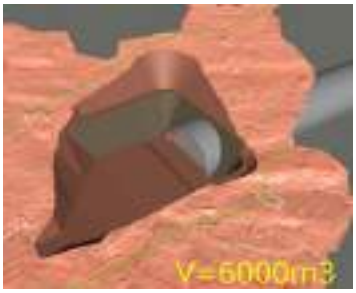


図７　掘削土算出（３Ｄ）

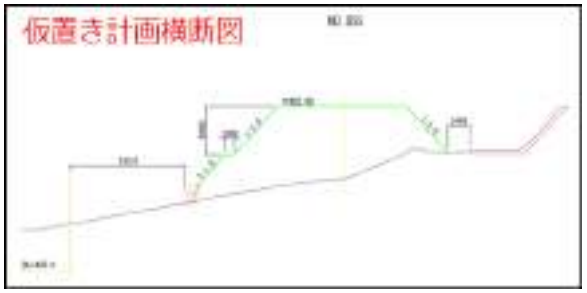


図８　計画断面図抽出（２Ｄ）

3. おわりに

当社では、トンネル、橋梁上部工工事にBIM/CIMの活用を試行しており、その結果を踏まえ、幅広い工事での施工の効率化に取り組んでいる。今後はこれらを全現場で有効に活用できるよう、さらにAIも視野に入れて取り組む計画である。

東亜建設工業株式会社

海上地盤改良工事における業務効率化の取組み

ICT 及び BIM/CIM 活用による地盤改良の「見える化」

工事概要

名古屋港では、自動車関連産業の国際競争力を維持・強化するため、非効率な荷役形態の改善や自動車運搬船の大型化への対応および大規模地震発生時の物流機能を維持する点から、金城ふ頭再編改良事業が実施されている。事業計画における岸壁の諸元は、全長 260m、水深-12m であり、構造はハイブリッドケーソンによる重力式構造であるが、計画箇所には軟弱な粘性土が海底面から厚く堆積(約 20m)している。本工事は、岸壁の安定性を確保するため軟弱な粘性土を深層混合処理工法(CDM)にて地盤改良を行ったものである。



図 1　施工箇所概要

取組み内容

1)　「作業船 3D 施工管理システム」の概要

当システム「作業船 3D 施工管理システム」は、主に施工状況の「見える化」と、電子納品に関わる作業の効率化を実現するものである。施工状況の「見える化」は、あらかじめ入力した改良体（杭）の配杭情報や作業船に設置した計測機器やセンサ情報より、施工の進捗状況や、作業船との位置関係を可視化（図 2 参照）するとともに、現場事務所や発注者事務所といった遠隔地においても、施工の進捗確認を可能とする。また、電子納品に関わる作業の効率化は、主に出来形管理帳票の作成と、改良体の BIM/CIM モデルの作成を対象としている。打設日報と施工情報（作業船データ）を読み込むことで出来形管理帳票を自動作成する機能と、出来形管理帳票の管理項目（打設位置や改良杭長等）を属性情報として付与した 3 次元 BIM/CIM モデル（図 3 参照）の自動作成機能により、現場職員の施工管理や書類作成等の業務の効率化の達成を目指すものである。

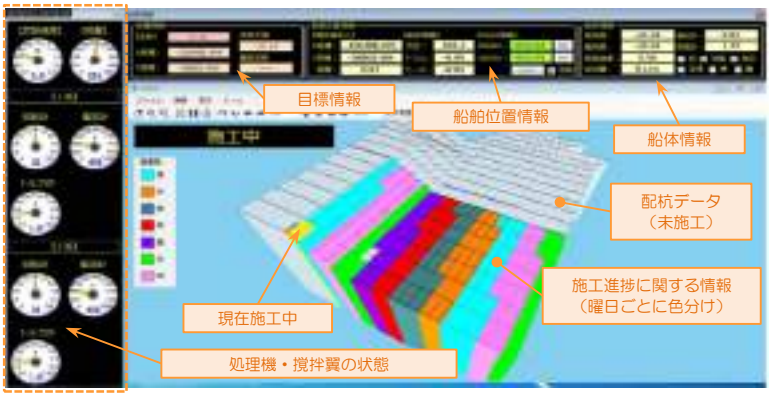


図 2　システム管理画面概要

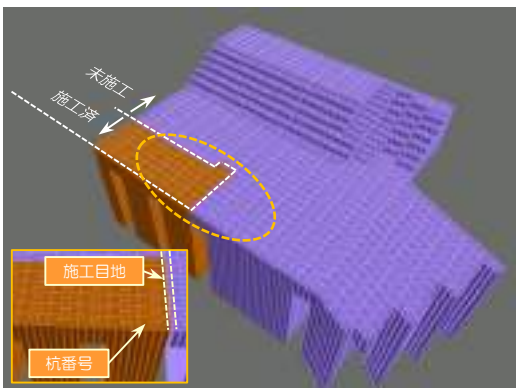


図 3　BIM/CIM モデルイメージ

2) 現場での活用事例

当システムの本工事への適用にあたっては、現場特性を鑑み、①多拠点での施工進捗状況の情報共有、②出来形管理帳票作成の効率化、及び③施工情報の「見える化」を、重点的に現場主体で実施した。①については、作業船内に設置したシステムの管理画面を、ネットワークを介し現場事務所、支店、発注者事務所それぞれで閲覧可能にし、関係者間での情報共有を効率的に行った（図 4 参照）。これにより、社内での進捗確認の打合せ回数を削減できた。②については、導入時に現場で操作説明を行った後、出来形管理帳票の作成は現場職員にて行った。従来の手法と比較すると、打設日報と施工情報から帳票を作成する時間が、チェックの時間を含めると 20%程度に削減することができた。③については、出来形管理帳票に記載される施工情報を、対応する改良杭に紐付けすることで、システムの管理画面上にて各改良杭の施工情報を確認することが可能となり、施工管理に役立てることができた（図 5～7 参照）。



図 4　管理画面共有状況

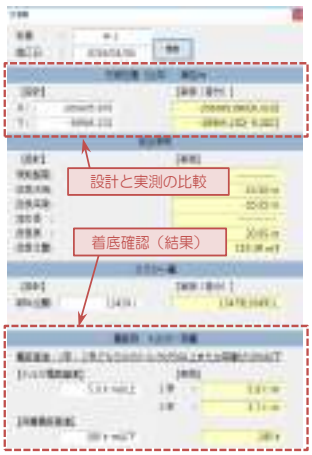


図 5　施工情報表示例



図 6　作業船による施工状況（手前）



図 7　システム管理画面表示例

3) 今後の課題

現時点では、設計データや BIM/CIM モデルの作成は、専用の BIM/CIM ソフトウェアと高スペック PC 等の動作環境を必要とする。また、データの操作や編集は、これらのソフトウェアを熟知した技術者が行う必要があるため、本社や外注での対応が中心となる。今後当システムを用いて、さらなる業務の効率化や生産性向上を達成するためには、これらの作業を簡略化し、現場での操作に移行することが重要である。また、海上の地盤改良における BIM/CIM 活用については、マニュアルや実施ルールが未整備であるため、今後プロジェクト全体への展開を考えた場合、これらの整備を推進することが重要であると考える。

おわりに

本取組みの紹介は、作業船の施工システムに限定したが、作業船を用いた地盤改良の生産性向上に向けては、作業船自体の自動化・省力化技術の発展が望まれる。本取組みを通じて、これらの技術と融合したさらなる生産性向上を推進していく所存である。

東亜建設工業株式会社

土量検収作業の効率化による生産性向上への取組み

可搬式レーザー土量検収システムを用いた土量検収作業の効率化

工事概要

本工事は、千葉県富津市富津沖にある海底の窪地を、発注者が適切であると認めた他事業から発生した土砂を所定の品質に改良して、浅場造成工として埋め戻すものである。

本工事における土砂の積込方法と検収方法の課題

本工事では、浅場造成工として 1 日あたり土運船(1300㎥積級) 4 隻の積込・海上運搬・投入を予定していた。

浅場造成工に使用する土砂はベルトコンベアを使用して土運船への積込を行うため、積込完了後は起伏の激しい積荷状態になる。

起伏の激しい積荷の数量を正確に測定するためには、土運船を覆砂船に接舷した後、覆砂船のバックホウを使用して積荷を直線的な形状に整形する必要がある。これには土運船 1 隻あたり 15 分程度を要すると想定された。

また、従来の検収方法では、測定者 2 名と写真撮影者 1 名の計 3 名が、リボンテープやスタッフを使用して積込土砂の寸法を測定し土量を算出していた。この検収方法は、四角錘台の積荷形状を測定し、土量計算して、各寸法値等を黒板に転記し、写真撮影するという流れで、土運船 1 隻あたり 20 分程度を要する。そのため、検収に関わる時間は土運船 1 隻あたり 35 分程度（整形 15 分＋検収 20 分）と想定された。

また計測した寸法の読み値は検収者の目視により、一定の計測ルールのもと実施しても、一定量の誤差が生じる。特に、揚土後の船倉内には取りきれない土砂が点在して残り、精度よく数量を把握する事は困難であった。

さらに検収者はコーミング（縁材）上に乗り移り、または船倉内に入って計測する必要があるため、安全上の配慮も必要であった。

このように検収作業を行う上での時間短縮、誤差の抑制、安全性の向上といった３つの課題への対応が求められた。



【 土 砂 積 込 状 況 】



【 従 来 方 法 の 検 収 方 法 】

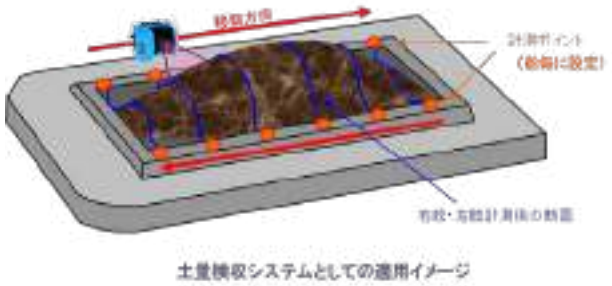


【船倉内に残った土砂の状態】

可搬式レーザー土量検収システムの導入

本工事では、レーザープロファイラ計測技術とタブレットPCを使用し、土量検収作業の精度向上と検収時間を短縮できる「可搬式レーザー土量検収システム」を採用した。

検収者は船倉のコーミング上に可搬式レーザースキャナーを設置して測定を行う。測定は船倉の両舷から行い、断面形状のデータを取得するが、測定数については断面変化のある部分とした。



【可搬式レーザー土量検収システム計測イメージ】

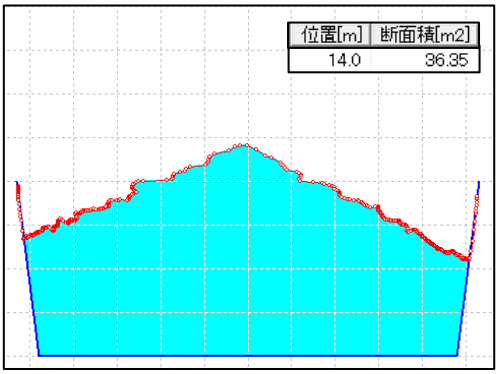


【土運船での検収状況】

導入の実績と効果

本システムによる検収は、レーザースキャナーで測定したデータをタブレットPCに記録するため、写真撮影者が不要である。そのため、レーザースキャナーで測定する者とタブレットPCを所持して記録する者の2名体制で検収可能となり、労務数を1名削減できる。

これにより土運船1隻あたりの土量検収に要した時間は5～10分程度となり、大幅な時間短縮が実現できた。本工事全体では、同システムで土運船計16隻の土量検収を行い、延べ6.5～8時間(1日あたり1.5～2時間)の業務効率化を図ることができた。



【計測結果(代表断面)】

また、機械による計測値を採用することで検収者の目視に頼らない画一的な検収が可能となり、計測精度の向上に伴い、誤差を抑制する効果があった。

安全面においては、船倉内に入ることなくコーミングの外側から検収作業ができるため安全性も大幅に向上した。

おわりに

複雑な形状をした土砂の数量を効率的に測定する技術は、造成等の陸上工事においてレーザー計測に加えて写真や動画による計測などが進められているが、本工事のような土運船やガット船内に積み込まれた土量の検収では課題が多い状況である。本稿で紹介した技術は、レーザー計測した断面を平均断面法で集計して土量を算出するものだが、今後は現場の条件に適応しつつ3次元データを容易に取得が可能な技術開発を進めることが、さらなる効率化へのステップであると考える。

－以上－

東急建設株式会社

ICT を活用した場所打ち杭の施工における生産性向上の取組み

ICT 杭打設管理システムによる場所打ち杭の施工管理の省力化、効率化

1. 工事概要

当工事は、石巻市幸町地内に毎秒 17.4 ㎥を排水する雨水ポンプ場を新設する工事である(図-1)。当該ポンプ場は、石巻海岸平野の低地に位置し、軟弱な沖積層が厚く堆積しているため、杭基礎として、オールケーシング工法による場所打ち杭の施工を行った。

当該施工箇所は、支持層が横断・縦断方向に傾斜し、かつ、ポンプ場の複雑な構造から杭径 6 種（φ1000～1800)、掘削深度(杭頭位置および杭先端位置)が異なり(図-2)、複雑な施工状況下で、施工時の精度管理（偏芯・傾斜・高さ管理）と共に、効率的な施工管理が非常に重要であった。



図-1　ポンプ場完成イメージパース

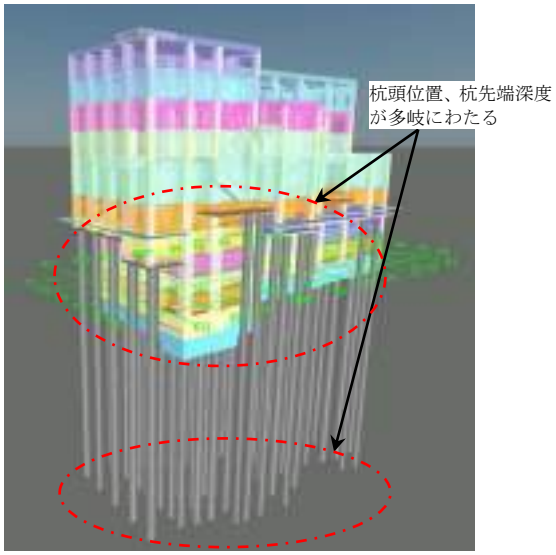


図-2　ポンプ場　3 次元モデル図
（場所打ち杭の可視化）

2. ICT 杭打設管理システムの適用

当工事では、場所打ち杭の出来形・精度管理の向上に加えて、施工時の生産性、作業効率の向上のため、当社自主管理システム「Tc-PEAR 工法」(パイルナビ(NETIS：KT-120091-VE)へ杭の打設深度・支持層判定データを一元管理できるようにカスタマイズしたシステム）を適用した(図-3)。

本システムは、ノンプリズムトータルステーション(TS)を用いた杭打設位置(平面位置)情報、傾斜計及び深度計から得られる地中部の情報を車載モニタに「見える化」し、リアルタイムに杭打設位置への誘導・精度監視をすることで、掘削長が 36.5m～55.9m と複雑な条件下での場所打ち杭の位置出しから杭打機セット時の準備工の省力化および施工途中の精度管理(杭偏芯、傾斜管理、掘削深度、支持層着底管理)の効率化が図れる。予め、3 次元モデル化した杭の座標を TS に入力し、施工する杭の位置を自動

で計測・位置誘導を行う。計測の際はケーシングの上下2点ずつ計4点を測定し、ケーシング位置と傾斜の算出を行う。支持層着底管理のための掘削深度、電流値は全周掘削機に接続している油圧ユニットからデータを入手し、杭管理システムで一元管理する。計測結果は、操作室(オペレータ)と管理場所のパソコンモニタに表示することによって元請と協力会社が情報を共有し、双方でリアルタイムに管理することができる。

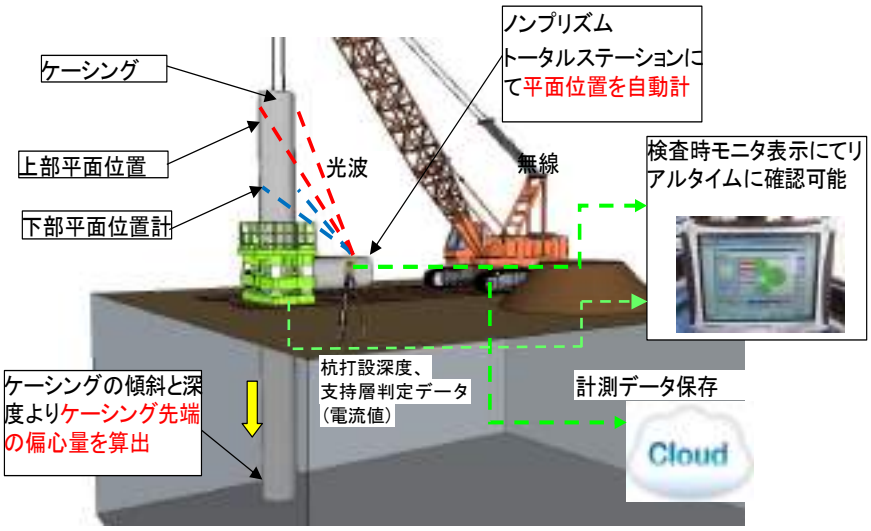


図-3　ICT 杭打設管理システムの概要図



写真-1　場所打ち杭施工状況(管理状況)



写真-2　パソコンモニタ(管理モニタ)

3. 杭打設管理システム導入の効果

従来の管理方法と準備にかかる時間を比較すると、杭打設管理システムの導入により、杭打設前の準備工において大幅な時間の削減(50%削減)を行えた（図-4)。

また、従来の方法では、準備段階だけでなく、杭施工中も2方向(X、Y)からケーシングの傾斜(鉛直性)を計測管理し、修正が必要な場合には計測管理者と作業員間で情報伝達を行うなど、計測管理者の配置が必要であるとともに、作業の手戻り等が発生していた。本システムの適用による場所打ち杭の施工管理の「見える化」によって、関係者間での情報共有を円滑に行うことで、余計な時間と労力を省ける非常に有効な手段であり、場所打ち杭の施工管理の省力化、測量等の作業の効率化を図ることができ、生産性向上に大きく寄与できた。

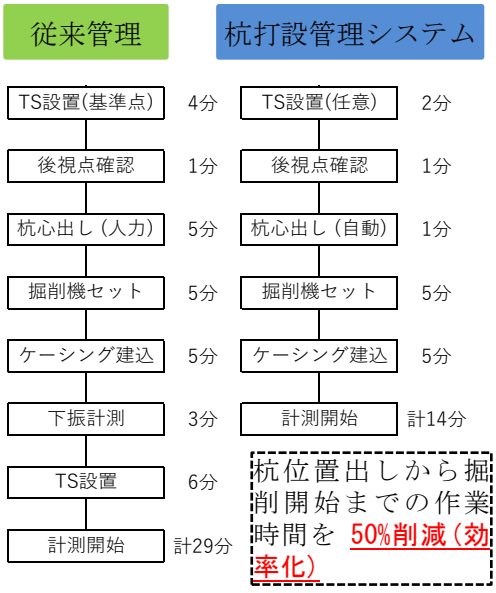


図-4　導入効果(従来管理との比較)

東急建設株式会社

東京メトロ銀座線渋谷駅移設工事における
ビジネスチャットツールを活用した情報共有迅速化の取組み

クラウドに必要な情報を一元化し、複数人で同時に共同編集・更新

1. 工事概要

東京メトロ銀座線渋谷駅移設工事は、駅の老朽化に伴う様々な課題を解決するために、ホームを東へ130m 移設する工事である。移設に当たっては、列車運休を伴う 3 回の線路切り替え工事があり、第 3 回目は、2019 年 12 月 27 日（金）の終電後から 2020 年 1 月 3 日（金）の始発までの間に実施された。本工事は、7 日間昼夜連続で同時に複数の工区に跨って施工し、新たに生まれ変わったホームで無事に運行が再開された。当社は、応援社員も含めた多数の関係者で工事中の情報共有の迅速化に努めた。

2. 課題と解決手法

本工事のホーム移設工事は、6 日間列車を運休させ昼夜通しで複数工区に多くの工種が同時施工され、期間中のべ約 160 人の施工管理関係者が携わった。そのため、各工区の現場担当者および本部との正確な情報共有が重要であった。これまでの鉄道工事における連絡は無線・携帯電話などの音声を中心とした現場間、現場-本部間などの 1 対 1 のやり取りが主であった。また、タイムサイクルの記録についても音声のみにて用紙に記録をしていた。しかしながら、無線・携帯電話では通話内容が記録に残らないこと、2 者間でのやり取りとなることから全体への正確な情報共有の遅延といった課題があった。そこで本工事では、限られた時間内で確実に施工を進めていくため、無線・携帯電話のみだけでなく、ビジネスチャットツールを活用した新たな情報共有のプロセスに取組み、正確な情報共有を関係者に迅速に行うことで確実かつ効率的な施工の実施を図った。

3. 活用したビジネスチャットツール

情報共有の迅速化にあたり、Microsoft 社の Office365 に付随している ビジネスチャットツール「Teams」を活用した。Teams は「チャット」、「ビデオ通話」、「ファイル保管」、「タスク管理」、「会議」といった機能を一つのアプリで行うことができる。Teams では、チーム参加メンバーの大人数に対してチャットによる同時連絡が可能である。また、施工に必要なデータをクラウドで一元管理することができる。チーム参加メンバーは、ノート PC、タブレット PC、スマートフォンなどの様々なデバイスから、1 つのアプリで、チャットや必要なデータを素早く確認する事が可能となる。



Teams に保管した 3D モデル
(別途ビューワーで表示)

4. 情報共有迅速化の取組み



写真とチャットよるリアルタイム報告



Teams による進捗確認表の同時更新

4-1. チャットによる報告・連絡

工事の報告・連絡は、各工区の担当者が Teams に写真を添付して行うことをルール付けた。これまでの無線・携帯電話と異なり写真の添付を行うことで、関係者全員が工事状況をどこでも知ることが可能となった。加えて、Teams はそれぞれの報告が時系列順に上から下へと表示されるため、担当者が昼夜で交代する場合でも、休憩中の時間に遡って容易に把握することができた。

4-2. 全工区におけるリアルタイムの進捗確認

工事の進捗確認も Teams に保管した Excel ファイルで行った。これまでは、紙媒体で記録を行っていたため、工区ごとの担当者以外が進捗状況をリアルタイムに把握することは困難であった。一方で、Excel ファイルを Teams のクラウドに保存することで、複数の関係者が同時にアクセスでき、各工区の進捗状況がリアルタイムで情報共有され、現場近接ビル内の施工本部においても全体の進捗把握が容易であった。クラウド上の Excel ファイルは、同時編集が可能で、他者がどのセルを編集中か把握できるため、重複なく進捗状況を更新することが可能であった。

5. 効果・今後の展望

今回の取り組みにおいて、写真を添付しての状況報告は、特に効果的であった。各工区の進捗状況を本部や他工区の担当者が的確に把握できたことは、メールや電話では実現できない効果であった。本部へ判断を仰ぎたい場合でも、現場写真の即時共有によって、判断と対応の迅速化につながった。また、本工事のような連続した施工においては、担当者の交代時においても、タイムラインの確認により、状況把握が容易であり、引継ぎ事項の効率化やヒューマンエラーの防止にもつながった。本工事において Teams を活用した進捗確認表は優れた記憶媒体となった。

工事完了後に Teams 利用者 50 名以上にアンケートを実施した結果、100%の利用者が、『役に立った』との回答であった。一般的なビジネスチャットツールも、使用方法を工夫することで建設現場における情報共有の迅速化、生産性の向上に寄与することを実践できた。

今後も本事例を参考に、Teams を用いた情報共有プロセスの変革により生産性向上を推進していく。

東洋建設株式会社

グラブ浚渫における日々の深度・出来形管理の ICT 化

日々の施工管理を ICT で管理し生産性の向上を図る

グラブ浚渫における日々の施工管理を ICT 化

グラブ浚渫工事において、浚渫深度、出来形管理は重要な管理項目である。深度管理はグラブ船の船首部に配置した測深者が、竹竿を使用したレッド測量を行い管理する。しかしレッド測量は重労働であるうえ、正確な水深を測定するには熟練の技術を要する。また出来形測量の起工測量・(完成時) 出来形測量はナローマルチビーム音響測深器で行う。施工途中の管理は短時間で計測できるシングルビーム音響測深器を用いる。しかし、シングルビームは測線上の計測を行うので、浚渫不足や埋め戻りを見逃してしまう可能性がある。また日々の管理にナローマルチビームを用いることは、高精度なデータを取得できるが、データ解析に時間を要するため、日々変化する出来形を把握するためには多くの労力を要する。そこで、浚渫深度および日々の出来形を簡易に管理できるシステムを構築した。このシステムは、濁水中でも深度測量が可能な「SeaVison」と、簡易に三次元測量することができる「マルチビームソナー」を組み合わせた構成で、日々の浚渫状況を簡易かつ早期に把握することが可能である。



グラブ浚渫船

浚渫深度管理装置 (SeaVison)

SeaVison は、濁水中でも測深可能な音響測深装置であり、グラブ浚渫時の汚濁防止枠内の浚渫深度を測定するために開発された技術である。船首部よりグラブ枠内にセンサーを設置して計測を行う。センサー部はパン・チルト機構を有しており半径 10m 程度の範囲を面的にとらえることができる。浚渫作業中でも計測可能であるため、浚渫不足や堀り残しの有無を瞬時に把握することができる。



SeaVison 計測状況

簡易出来形測量装置（マルチビームソナー）

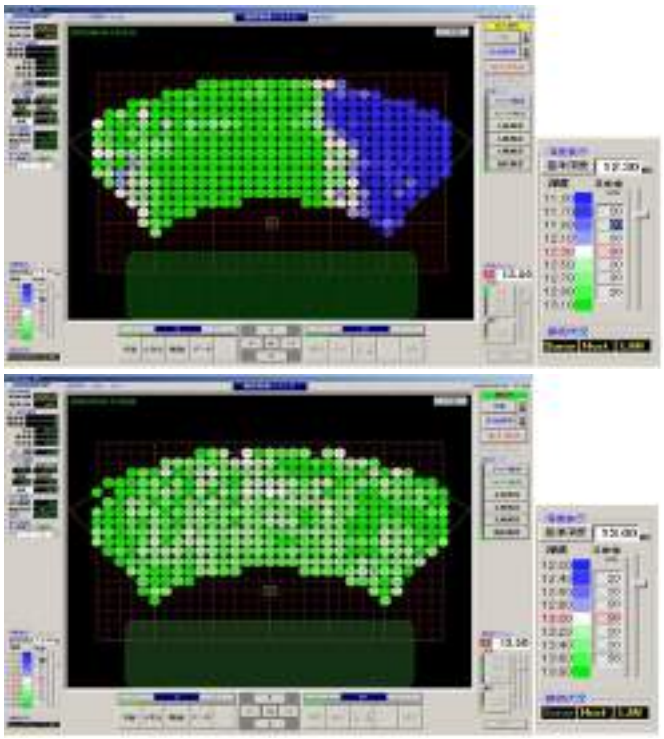
マルチビームソナーは本来、漁船の操業効率を向上させるための魚探技術として開発されたものである。この技術を用い海底の強い反射波を海底面として処理することで、リアルタイムに水深を記録・表示できる。船上での海底面の形状を確認しながら測定が可能であり、記録した海底地盤高は三次元表示が可能で形状把握が容易である。マルチビームソナーはデータ解析が不要な深浅測量技術であるため、日常的な出来形管理測量に適しており、埋戻り等の異常箇所があった場合、早期発見が可能である。



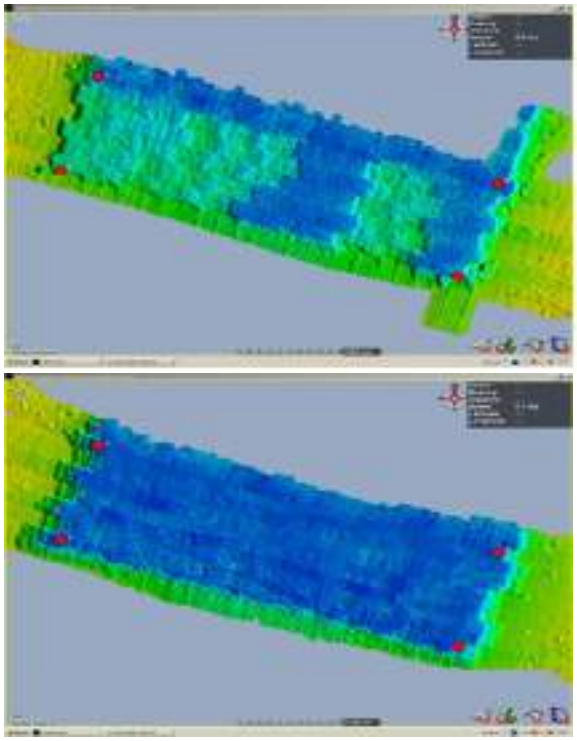
マルチビームソナー計測状況

まとめ

本システムは、2 つの基幹技術を組み合わせて構成しており、ICT を活用した三次元で可視化できるシステムである。今まで課題となっていた浚渫時の堀り残しや浚渫後の埋め戻りを早期に発見し、速やかに対処することができるので、大幅な手戻りを防ぐことができ作業効率の向上が図れる。また、簡易に取り扱うことのできる装置であるため、計測作業に従事する人の作業も軽減できるため働き方改革の一助となることを期待している。



シービジョン深度計測結果
浚渫作業時（上）、浚渫完了時（下）



マルチビームソナー出来形計測結果
浚渫前（上）、浚渫後（下）

東洋建設株式会社

3D 鋼管杭打設管理システムの活用による生産性向上の取組み

現場制約条件を克服した鋼杭打設作業の生産性向上の取り組み

１．工事概要

本工事は函館駅に隣接するクルーズ桟橋を新設するものであるが、予定された暫定供用開始日を厳守すべく、手戻りのない安全かつ迅速な施工が求められた。施工場所には青函連絡船記念館「摩周丸」が隣接しており、観光バスや観光客の出入り等、限られたスペースでの作業制約条件がある中、大型鋼管杭(φ1400、L=68m)の打設を、次工程のドルフィン上部工の設置作業に影響を与えないよう、打設精度を向上させる必要があった。

２．現場制約条件

施工に際し、以下の現場制約条件があった。

- 後に続く工程をスムーズに施工するため、鋼管杭の打設精度を向上させる必要がある。
- 測量可能なスペースが限られており、角度や距離が許容外となるため、2 方向からの測量が不可能（図－1)。
- 現地盤が-40m 付近まで続く超軟弱粘性土であるため、測量用の海上櫓を設置することが困難。



図-1　鋼管杭打設箇所

３．3D 鋼管杭打設管理システムによる鋼管打設作業における生産性向上

①システムの概要

「3D 鋼管杭打設管理システム（NETIS 番号:CBK-150003-A)」（図－2）は、高さの異なる 2 点の杭位置をノンプリズム式トータルステーション(以下、TS と称す)で視準し、同時に自動追尾式 TS により計測した高さ情報を加えて、管理者 1 名の作業で杭の任意の位置における移動量や傾斜をモニターに表示できるシステムである。ノンプリズムと自動追尾式 TS を用いることで計測を自動化しており、

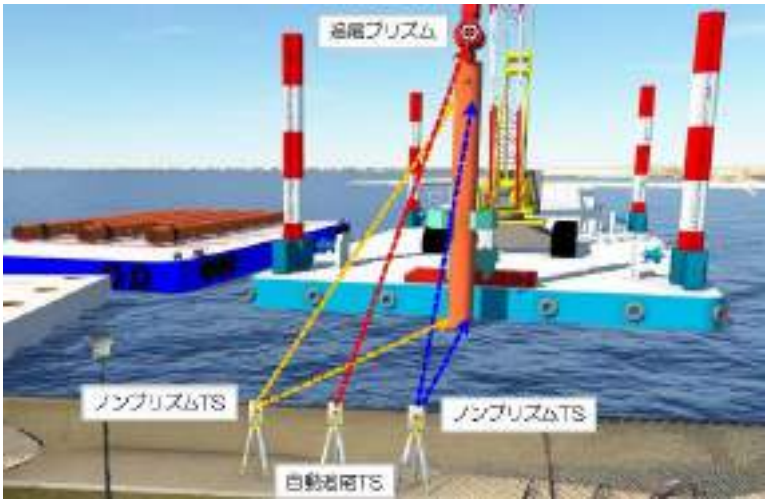


図-2　3D 鋼管杭打設管理システム

杭の 3 次元位置がリアルタイムにモニターで確認できるため、オペレータは鋼管杭の方向修正を容易に行うことができる。



図-3　鋼管杭打設状況



図-4　鋼管杭誘導状況

②ノンプリズム TS による直接測定

従来のように基準線に対して目測で誘導するのではなく、鋼管杭をノンプリズム TS(レーザー)で直接測定し、実際の鋼管杭の現在位置・状態を特定しているため、1cm 単位で設計位置とのズレを数値で表すことができ高精度な施工管理が可能となる。本工事では出来形精度を規格値の 50%以内に収めることができた。

③施工管理に要する労力の削減

従来の複数方向からの誘導と異なり、TS5 台を 1 箇所に集約して測定できるため、測量機器の移動等による時間のロスを削減できる。また、視準者や手元補助員の削減や施工速度が向上するため、現場の省力化へと繋がった。また、観光客等の第三者や他工区等に影響を与えることなく管理することができた。

④操作性の向上と打設精度

打設杭と設計値（杭の打設位置・傾斜・高さ）との差は、モニターにリアルタイムで表示される（図－5)。オペレータは具体的な数値とグラフ表示をもとに視覚的に把握することができるため、操作性や打設精度が向上し、次工程の上部工の施工に影響を及ぼすことなく施工を完了することができた。

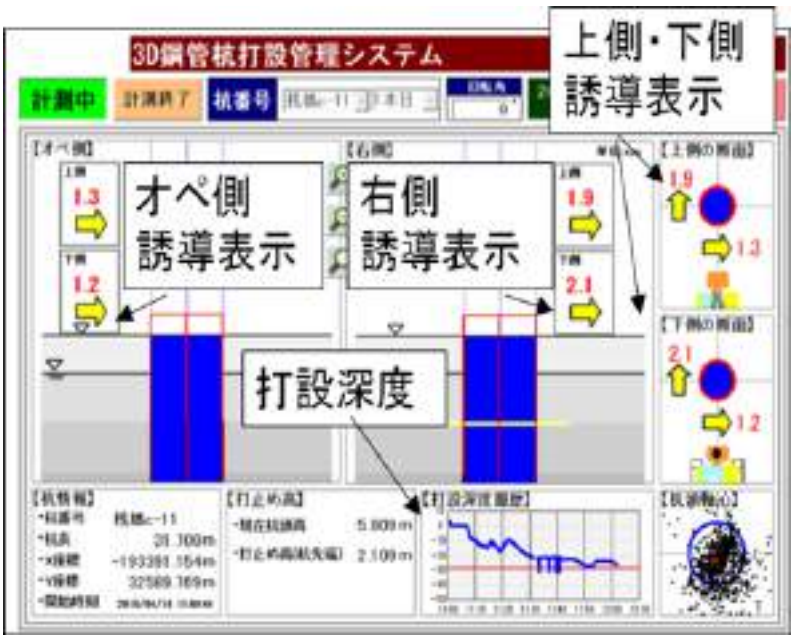


図-5　モニター画面

4．今後の展望

鋼管杭の打設作業に関する ICT 施工管理基準が整備され、「3D 鋼管杭打設管理システム」による打設管理結果が出来形として認められるようになれば、検査時間の短縮にもつながり、さらなる生産性の向上に寄与すると考える。

戸田建設株式会社

ICT ツールの活用による生産性向上

今ある ICT ツールで生産性向上→ビッグデータ活用へ

はじめに

この生産性向上取組事例では、さまざまな ICT ツールの活用例とその後の展望について紹介する。報告する現場は、「交野市星田駅北土地区画整理事業」である。この事業では、ＪＲ片町線星田駅の北側に隣接した南北 700m・東西 600mの地区で、第二京阪道路と JR 快速停車駅に隣接していることから、適正な土地利用と駅前にふさわしい街づくりが求められている。また、土地区画整理手法によって、道路、公園、その他の公共施設の整備及び、宅地造成を行い交野の玄関口として新たな都市機能を備えた良好な市街地を形成することを目的としている。【工事面積:26.4ha、整地盛土:333,500m^3、他】

アプリケーションの活用

指示機能付き現場コミュニケーションアプリ「AQuick（エークイック）」で、安全と品質の管理を行っている。工事の担当職員が現場巡回時に気がついた安全や品質上の指摘事項は AQuick を使用して、その場で図面上にピンを立て、音声や写真を使って関係者（※）に一斉配信する。指摘した内容は是正に至るまでの経緯も含め、関係者間で情報共有できる。そのため、指示忘れや聞き間違い、勘違いによる手戻りの軽減を目的としている。また、蓄積した指摘事項は、随時必要な情報を取り出せ、報告書の作成までできる。将来的には、データベースに蓄積された指摘事項を解析し、新しい工事の設計や施工にフィードバックしていく予定である。

※作業所職員や協力会社職員（職長など）



AQuick を活用したデータ取得とその後のデータ活用図

WEB カメラの活用

建設現場の安全管理や防犯用として、LTE 搭載クラウド型防犯カメラ「Safie（セーフィー)」を導入している。LTE（通信回線）搭載のため電源のみで利用可能なことから、通信環境を整備する負担がない。他、Safie の特長として以下の項目がある。

・24 時間録画（夜間赤外線記録）
・クラウド上に映像を保存
・動体検知による映像検索
・動体検知によるアラーム（防犯）
・カメラ操作（移動、ズーム）
・タイムラプス動画作成



リアルタイム映像の閲覧画面

今後の取組として、AI による画像解析と連携し、「いつ・どこで・誰が・何を・何人で」といった歩掛りの把握へ発展させたいと考えている。

コミュニケーション・ロボットの活用

今日、さまざまな発話ロボットやナレーションソフトウェアが存在しているが、弊社は「コミニケーション・ロボット ATOM（アトム)」を導入し始めた。キャラクターとしての親しみやすさと、クラウド AI によって発展していく ATOM の会話内容に触発されて、働く人間同士のコミュニケーション促進が期待できる。2020 年 2 月時点で、30 体のアトムを先行で導入し土木・建築の各現場で使用している。現状、ATOM は新規入場者教育や工事概要について話すことをメインに活用されている。

今後は、ATOM が話す内容として工事工程との連携や資料提出日の管理、局地的な天気予報（増水・強風など）の即時提供、さらに戸田建設社内のトピックスを喋らせる機能などを搭載させる予定である。

音声による「聞こえる化」が加わることによって、メールや掲示物を使った「見える化」以外にも情報を受け取る機会が増え、共通の認識と連帯の強化を図ることができる。建設現場の関係者間の連帯が十分にとれていることで、それぞれの作業に無駄がなくなり、作業効率もアップされるだろう。



新規入場者教育を行う ATOM

おわりに

まだまだ開発中の技術や応用しきれていない ICT ツールもあるが、少しずつ取り入れていくことで様々な情報が蓄積されていき、さらなる生産性向上の礎になる。今後、5G の普及によって新しいアプリやデバイスが生まれた際も順応していけるように、積極的な取り組みを進めていく。

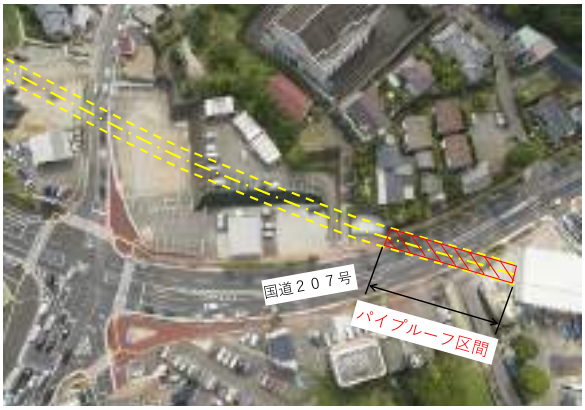
戸田建設株式会社

トンネル補助工法、パイプルーフにおける生産性向上の取組み

フロントローディングによるパイプルーフ推進の生産性を向上

工事概要

本工事は、九州新幹線(西九州ルート)において諫早から長崎に至る区間に計画され、在来線の諫早駅より長崎方に約 500m の市街地で延長 230m のトンネルを施工する。トンネル区間直上には幹線道路である国道 207 号線が土被り 3.5mで横断しており、この区間には国道の沈下防止対策としてトンネルアーチ部分に直径 80 cmの鋼管（L=60m）を 15 本打ち並べて補強するパイプルーフが計画されていた。

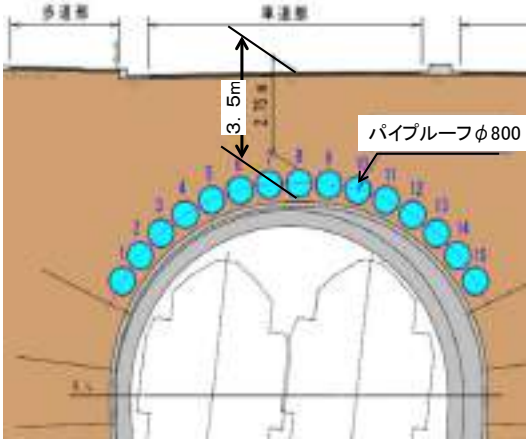


トンネル区間　位置図

事前調査から判明した課題

パイプルーフでは、鋼管同士の離隔を一定に保つことと鋼管間からの土砂の流出を防止するために、先行管と後行管の接手を勘合させながら推進を行うことが一般的である。また本工事の事前調査の結果では直径1.5m程度の転石が多く分布していることが確認されていた。

しかしパイプルーフの機械選定や施工方法決定のため追加で水平、鉛直ボーリングを複数実施した結果、対象区間には一軸圧縮強度 130MPa を超える転石が混入率 70%程度存在することが判明した。この転石が障害となり継手部分に大きな推進抵抗が働き、推進効率の低下および推進が不可能になると予想されたため、以下の対策を検討し実施した。

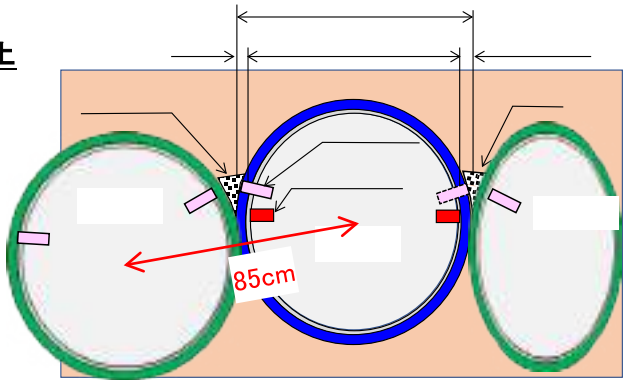


パイプルーフ　断面図

フロントローディングにより工法変更し生産性を向上

一般的な施工方法である接手を有したパイプルーフは本工事では不向きと判断し、接手構造に変わる施工方法として「裏込ラップ工法」を考案し実施した。以下に手順を示す。

【STEP1：先行管の施工】　削外形 84 cmにてパイプルーフを推進し、掘進中は余掘り部分に滑剤を充填しながら到達位置まで施工する。到達後、



「裏込ラップ工法」概要図

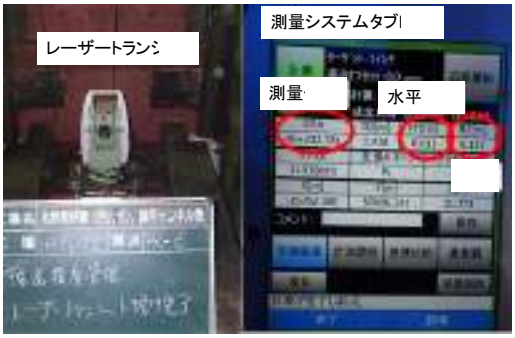
掘削機回収を行い、余掘り部分には裏込材を圧入する。

【STEP2：後行管の施工】　鋼管と鋼管の離隔を極力狭くするため鋼管の中心間隔を 85 ㎝として線形を配置し、後行管を推進する。推進施工は【STEP１】と同様に行う。

【STEP3：補足注入空隙充填】　パイプルーフ推進完了後，あらかじめ鋼管に設置した補足注入用グラウトホールから電動ドリルで地山を 15 ㎝穿孔し、圧入管と圧入用治具を取り付けた後、浸透性の高い裏込材により空隙を充填し地盤改良する。

全自動掘進位置測定システムの採用

裏込ラップ工法は隣接管との離隔が 3 ㎝しかないため、推進の施工精度を確保することも重要な課題となる。推進機は上下・左右方向に 1.5 度の方向修正ができる機械を採用するとともに、推進精度を管理・監視できるシステムを構築した。常時レーザートランシットから照射されるレーザー光線を目安に推進し、10 ㎝進むごとに、トランシット機能により推進機先端の座標位置を確認する。パイプルーフは 1 本毎に X・Y・Z の線形データをもたせ、リアルタイム全自動で中心位置のズレが確認できる測量システムを採用した。



全自動掘進位置測定システム

最終出来形測定に専用測定器を作成し省人化

従来、鋼管設置の最終出来形の確認は、鋼管内に作業員が入坑し各深度でスケールを当て、坑外からトランシットとレベルによりスケールの値を読み取っていた。

この作業を省人化するため、円型の鋼管の中心位置に常にプリズムが配置されるような専用の台車を作成した。

前述のレーザートランシットにてミラーの位置を座標測定することで、新円の鋼管の出来形が測定できる。台車はリールの糸で引き寄せられるようにすることで、坑内に作業員が入坑することなく最終出来形を測定することが可能となった。

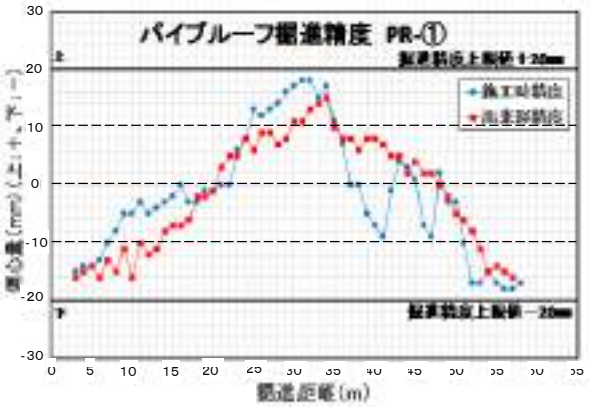


出来形測定用台車

取り組みでの効果

フロントローディングにより施工方法を変更した事で、15 本（推進総延長 911m）の鋼管設置作業で掘進不可能状態を回避できた。また、当初の計画工程を約 3 週間短縮でき生産性の向上につながった。

施工精度の管理では、測量システムや出来形測定用台車の適用により、入坑する過重労働が回避できたとともに測定業務の省人化と簡略化を実現することができ、また、中心のずれを上下水平方向ともに±2 ㎝と設定した精度もすべて規格値内を満足することができた。



パイプルーフの出来形管理図表
（1 本目の実測値）

飛島建設株式会社

覆工打設高さ管理システム「スターライトセンサシステム」

照度センサと LED 照明でコンクリートの有無を判別して「見える化」

工事概要

「長門俵山道路 大寧寺第 3 トンネル北工事」は、山口県長門市に位置する総延長 1,892mの大寧寺第 3 トンネルのうち、北工区の 1,223.9mを施工したもので、長門俵山道路は 2019 年 9 月に開通した。

本工事において、照度センサと LED 照明をセントル型枠表面に埋め込み、コンクリートの有無を照度で判別して打設状況をリアルタイムに可視化する、覆工打設高さ管理システム「スターライトセンサシステム（NETIS：KK-180021-A)」を開発し、適用した。

センサ部の概要

図 1 に照度センサと LED 照明のセントル表面への設置例を示す。照度センサと LED 照明が 1 つずつで 1 セットとなっており、コンクリートが照度センサの高さまで打設されていない場合、LED 照明から照射された光は、防水シートに反射して照度センサまで届くが、コンクリートが打設されると光が照度センサまで届かない。この照度の差を利用することで、スターライトセンサシステムはコンクリートの打設高さを検知することができる。

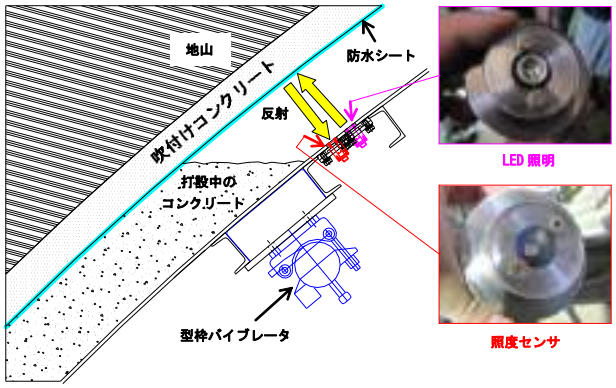


図 1　照度センサと LED 照明の設置例

なお、今回スターライトセンサシステムを導入したセントルには、縦断方向に 5 断面、1 断面あたり周方向に打設高さが一定の増分となる間隔で 11 セット、合わせて 55 セットを設置した（図 2)。多数の LED 照明によって打設空間の照度が確保され、作業効率や安全性の向上にも寄与するシステムである。

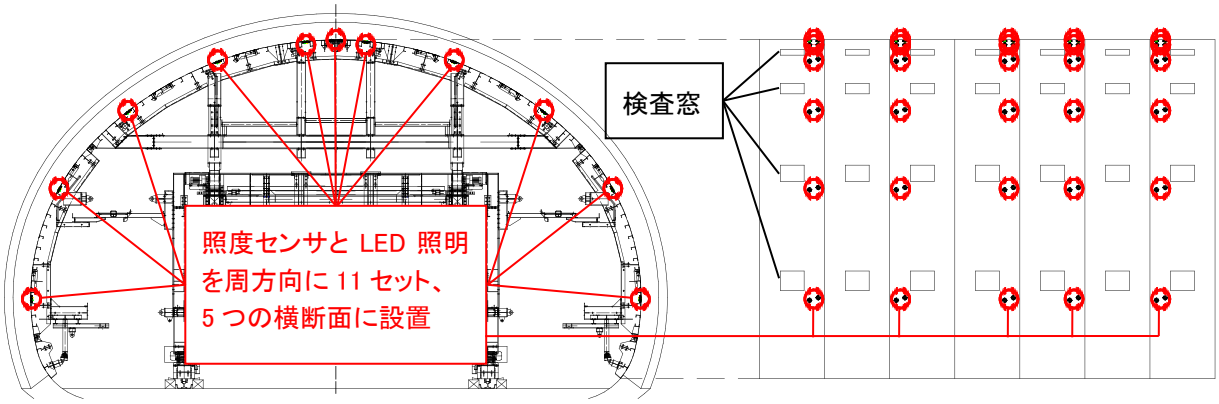


図 2　照度センサと LED 照明の設置箇所

管理画面の概要

セントルの切羽側の妻部付近に設置した大型ディスプレイには、打設高さ等の情報が示された管理画面が表示されている（図 3）。管理画面は制御用 PC で管理されており、打設高さの経時変化やコンクリートポンプ車から送付された情報は自動的に記録される。制御用 PC から出力された管理画面は、セントルの大型ディスプレイに表示される他、クラウドサーバを介して、坑内外、ならびに遠隔地でもスマートフォン等の情報端末で、打設の進捗具合を確認することができる。



図 3　管理画面の表示例

型枠バイブレータの自動締固め機能

本システムは「型枠バイブレータ集中制御システム（旧 NETIS：KT-130066-A）」と連携して、コンクリートが打ち上がった箇所に対し、タイマー制御によって自動で締固めを行うことができる。誤動作を避けるため、「30 秒連続して照度が閾値以下となった場合」を「コンクリートがその高さまで打ち上がった」と判別する制御となっており、その後タイマーで事前に設定した秒数だけ型枠バイブレータを振動させる。機械による自動制御を行うため、振動不足による締固め不足や振動過多による材料分離のリスクを排除することができる。

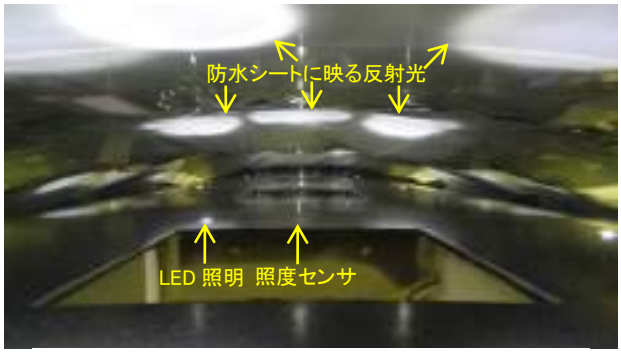


写真 1　セントル天端部

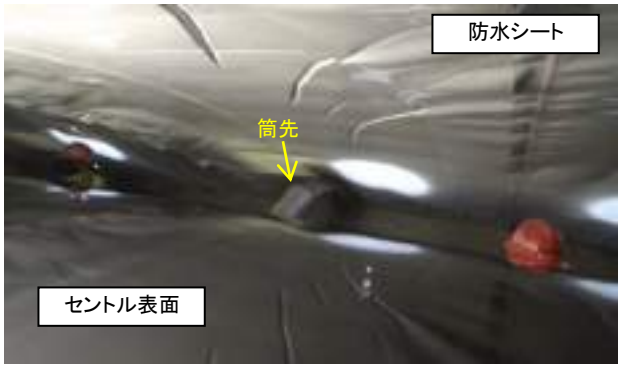


写真 2　側壁部の打設状況

照度向上による生産性の改善効果

写真 1、2 に示す通り、LED 照明によって他の照明がなくとも暗くなりがちな打設空間内での視界を十分確保できていることがわかる。現場作業員からは、打設作業がしやすくなった、との評価を受けている。

完全自動打設システムへの取組み

本工事では試験導入の位置づけで、肩部から天端部にかけての部位でスターライトセンサシステムと型枠バイブレータを連動させ、コンクリートの締固めができることを確認した。したがって、連動する型枠バイブレータの数を増やせば、例えば、中流動コンクリートでは締固めを自動化することが可能であると考えている。今後は、照度センサと型枠バイブレータの数及び位置と、締固めのタイマー制御部分を改善して、さらに実用化を図る予定である。

飛島建設株式会社

ＩＣＴ機器を利用した測量作業の自動化

回転レーザーレベルを使用した張出架設橋梁の自動上げ越し管理

はじめに

張出架設を行う橋梁上部工工事では、各張出ブロックの施工毎（コンクリート打設・緊張・移動作業車移動）に橋桁のたわみを測量し上げ越し管理を行う。測量は日射の影響を避けるため原則早朝に二人一組で行い、現場職員の負担となっている。

今回、回転レーザーレベルと受光センサーにより複数箇所の沈下、隆起を監視する機能を有し、軌道工事や都市部の近接工事等で実績が多い「ワイモス」（NETIS 登録番号：KT-180034-A）を使用し、橋桁のたわみを自動測量する方法を考案、試験的な運用を行った。

橋桁たわみの自動測量方法

自動測量方法は、回転レーザーレベルのレーザー光を受光センサーが感知し、レベル本体に対する各センサーの相対高さを測定する原理の応用である（写真-1）。

張出架設を行う橋梁で、柱頭部に後視点の受光センサー、張出ブロックに前視点の受光センサーを設置すれば、柱頭部に対する張出ブロックの相対たわみが測定できる。



写真-1　回転レーザーレベル（左）と受光センサー

受光センサーは 10 秒に 1 回程度（測点数による）測定を行い、データはセンサーの無線装置によってクラウドサーバーに蓄積され、インターネットを経由してパソコンで随時確認できる。

測定精度は±1.5㎜ 以下で人が行うレベル測量と同等である。ただし、測定距離が 30m を超えるとレーザー光分散に伴う急な精度低下が生じることを、機器の配置において考慮する必要がある。

回転レーザーレベルは自己レベリング機能があり、据付位置で橋桁のたわみに伴う傾斜が生じても、影響を受けず測定が可能である。

張出架設橋梁における試行運用例

測量機器は橋桁たわみを測定できる任意の場所に設置可能だが、本例では箱桁内に設置した。これは対象橋梁が積雪地域にあり、降雪や積雪の影響を避けるためである。

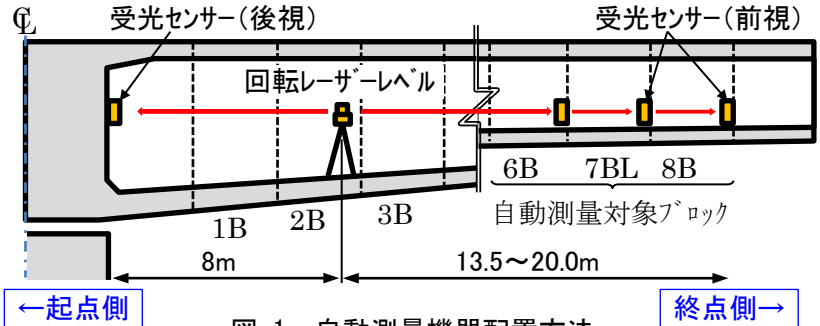


図-1　自動測量機器配置方法

レベル本体は柱頭部側面より 8m 離れた張出 2 ブロック付近、後視点センサーは柱頭部横桁側面、前視点センサーは全 10 ブロックのうち 6～8 ブロックを選定し、各ブロック先端付近のウェブ内面に設置した。

橋桁たわみ自動測量結果

一例として、張出 10BL コンクリート打設時のたわみ変化を図-2 に示す。終点側に設置した各測点のたわみは、先に起点側ブロックのコンクリートを打設した時に上昇、続いて終点側ブロックのコンクリートを打設した時に降下し、たわみに加え重量アンバランスによる橋桁の回転挙動も捉えている。

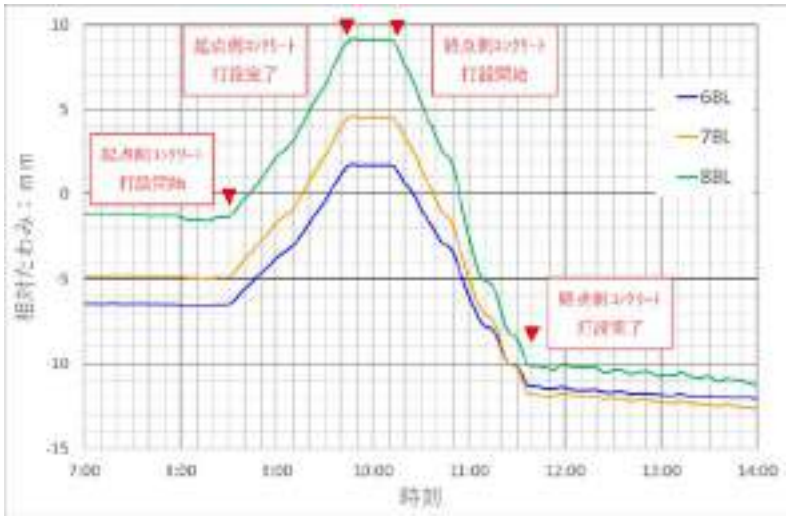


図-2　橋桁たわみ自動測量結果（張出 10ﾌﾞﾛｯｸ打設時）

測量開始時からのたわみ変化について、自動測量値、人力測量値、計算値の比較を図-3 に示す。自動測量値（実線）と計算値（破線）には物性値のばらつき等による差が生じるが、各施工段階で同じ挙動を示す。

また、自動測量値と人力測定値（記号）には 2mm 程度の差が生じるが、誤差が累加される傾向はみられない。

これより、ワイモスを用いた自動測量により、人力測量と同程度の精度で上げ越し管理が可能と判断される。

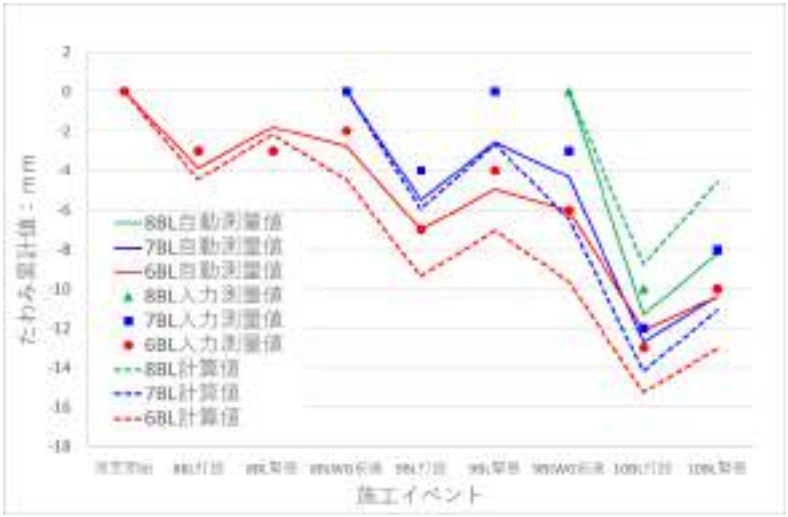


図-3　測量期間中のたわみ変化

生産性の向上

測量は全自動であり、機器設置後に現場職員が測量に費やす時間は無くなるが（高さチェックの人力測量は非考慮）、レベル本体の据え付けを技術提供元の技術者が行う他、張出ブロック施工毎に現場職員が受光センサーを設置する作業が生じる。ただし、受光センサー設置の作業時間は 10 分程度で、かつ一日の中で時間は選ばない。

表-1 に試行運用から推定した自動測量と人力測量の人工（人力測量は事務所～現場の往復時間 30 分考慮）の比較を示す。現場職員に限れば張出架設一回（10 ブロックを想定）あたり 14 人工以上の労務が削減可能で、生産性向上効果が期待できる。

表-1　自動測量と人力測量の人工数比較

	測量（作業）人工/回	回数	合計
自動測量（ｾﾝｻｰ設置）	0.02	22	0.44
人力測量（二人一組）	0.25	60	15.0
		削減人工数	14.5

※人力測量はブロック毎に打設、緊張、移動作業車移動の前後に計 6 回実施することを想定。

西松建設株式会社

高速ずり搬出システムの開発と適用

3 つの要素技術の組合せにより、ずり処理時間を 30%程度削減

１．開発の背景

近年の長距離山岳トンネルにおいては、幹線道路や鉄道の早期開通に向けて急速施工が求められることが多くなってきている。発破掘削の場合には一連の施工サイクルの約 3 割をずり処理作業が占めていることから、急速施工を実現する一つの方策としてずり処理作業の高速化が有効であると考え、環境や安全に配慮したずり処理手法として採用事例が増えてきている連続ベルトコンベヤシステムに着目した。

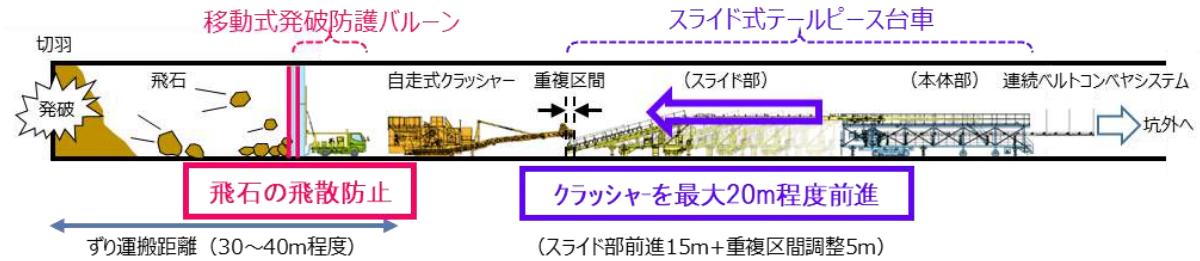
飛石の衝突防止や日々の切羽進行のため、先端設備であるクラッシャーと切羽の離隔距離は 60～90m 程度となることが多い。そこで、この距離を短縮し、サイドダンプ等のずり積込機械の走行時間を減らすことで、ずり処理作業の高速化を図ることとした。

２．システムの概要

開発した高速ずり搬出システムは、「移動式発破防護バルーン」、「自走式クラッシャー」、「スライド式テールピース台車」により構成される。移動式発破防護バルーンでクラッシャー等の坑内設備を飛石から防護するとともに、スライド式テールピース台車で離隔距離を一定に保つことで、ずり運搬距離を常に短く保ち、ずり処理作業の高速化を図る。構成設備の特長を以下に述べる。

（１）移動式発破防護バルーンによる離隔距離の短縮

移動式発破防護バルーンは、厚さ 1m 程度のバルーンを展開してトンネル断面を塞ぎ、発破時の飛石を受け止める装置である。本装置は、バルーンや展開に用いる送風機等を車載しており、切羽の進行に合わせた任意の位置において数分間程度で設置・撤去することができる。クラッシャー等の坑内設備を飛石から防護することで、離隔距離を 30m 程度にまで短縮することが可能である。



高速ずり搬出システムのイメージ



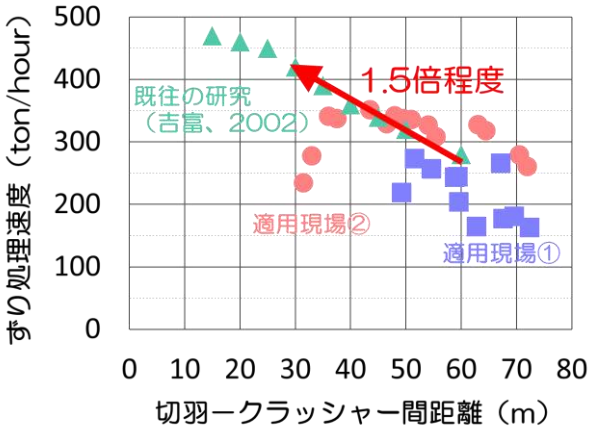
システム構成設備



移動式発破防護バルーン



スライド式テールピース台車



ずり処理速度と離隔距離の関係

（２）自走式クラッシャーとスライド式テールピース台車による離隔距離の保持

スライド式テールピース台車は、テールピース台車にスライド機構を設けることで、ずり受入部が前方に張り出すように改造したものである。本装置のスライド機構を活用するとともにクラッシャーとの重複区間を調整することで、連続ベルコンの延伸作業を行うことなく、クラッシャーを最大で 20m 程度前進させることができる。また、クラッシャーは、切羽進行に合わせた移動や設置位置の調整を行うために自走式のものを選定する。これらの装置を用いることで、短縮した離隔距離を一定に保つことが可能である。

３．導入効果

本システムを当社施工中の山岳トンネル工事に適用した結果、離隔距離の短縮によりずり処理速度が向上する傾向が認められた。一般的には、上図に示すように、離隔距離を 60m から 30m に短縮することで、ずり処理速度が 1.5 倍程度に向上することが見込まれる。

本システムを活用してずり処理作業の高速化を図ることで、作業に要する時間が 30%程度削減され、これにより施工サイクル全体に要する時間が 10%程度削減されることが期待される。

今後は、現場適用を通して施工データの取得やシステムの改良を継続していく。

西松建設株式会社

ハーフプレキャスト構造によるボックスカルバートの施工

1. 工事概要

静岡県駿東郡小山町湯船から御殿場市神場にかけて新東名高速道路を新設する工事である。主な工事内容は小山町湯船地区～小山町上野地区間のトンネル工区（トンネル延長：約 1,600m×2(上下線)）と盛土工区（切土：約 20 万 m3、盛土：約 77 万 m3）となっている。

このうち、盛土工区内の県道ボックスカルバートの施工について、当初は現場打ちコンクリートでの施工であったが、当初発注条件での着手時期の遅延が発生したため工程短縮を条件に、側壁部をプレキャスト(以下、Pca)化した構造による設計変更協議を行い、採用に至った。

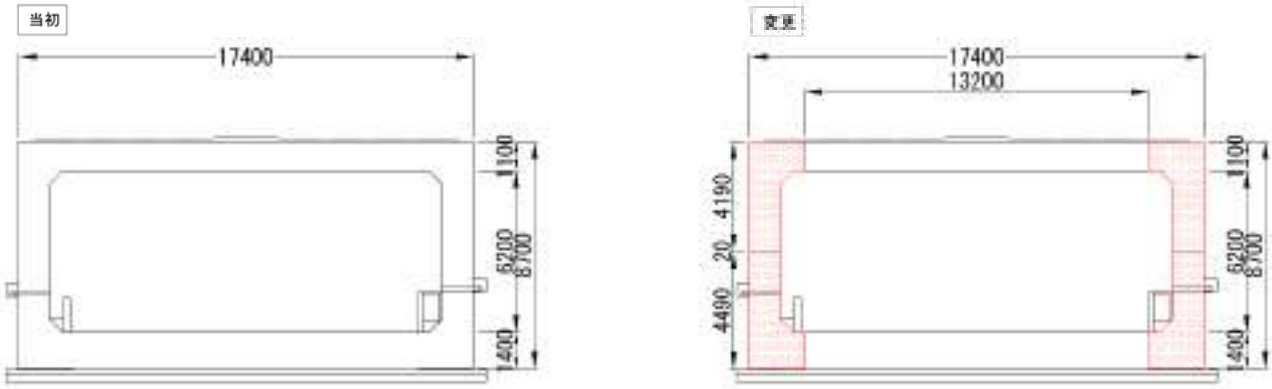


図 1. プレキャスト部材への変更箇所

赤着色部分：Pca 化(側壁)

2. プレキャスト化の検討

Pca 化の対象としたボックスカルバート部材は、現場の施工環境と構造物の寸法から、側壁のみとし、頂・底版は現場打ちとするハーフ Pca 構造とした(**図 1**)。

製品長は、輸送・施工重量を考慮し、上下 2 分割、全延長を製品 50 リング均等割とし、1 基あたり 996 ㎜（製品長 992 ㎜/基）とした。分割の方向は、溝渠工端部の斜角に合わせて 70 度とした(**図 2**)。

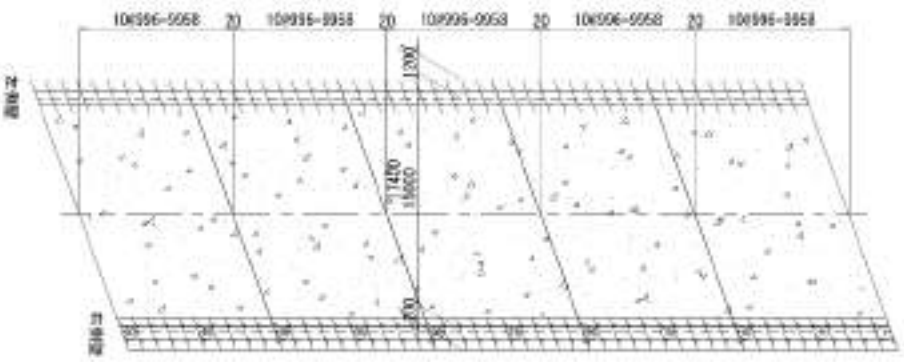


図 2. Pca 部材の分割方向





上：Pca 部材輸送時荷姿

下：Pca 部材据付状況

3. 施工方法・施工上の利点

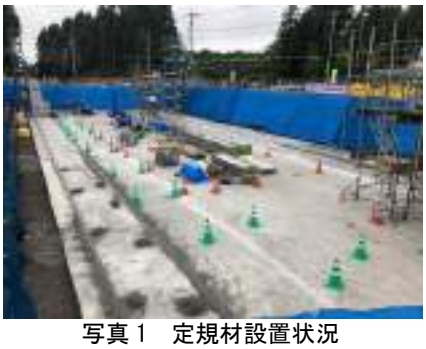


写真 1　定規材設置状況

定規材の設置

Pca 部材の据付精度を確保するため、据付縦断勾配にあわせて、基礎コンクリート上に定規材を設置した。

定規材の基準高さは、Pca 据付の出来形に直接影響するため、設計値±2 ㎜以内とした。

型枠・鉄筋工事の簡略化

側壁の Pca 化によって、型枠組立は底版・頂版部分のみとなり、現場でのコンクリート打設回数の低減ができた。

Pca 部材同士の鉄筋の接続(上下)および Pca 部材と現場打ち部の鉄筋の接続は高強度モルタル充填式の機械式継手にて施工した。

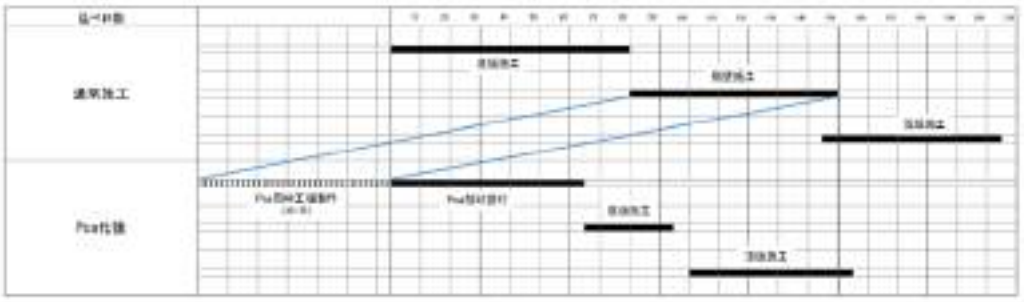
機械式継手による施工は、SA 級として同一断面での継手を設計計算に取り入れた(**写真 2**)。



写真 2　スリムスリーブ
施工状況(現場打ち部)

4. 導入の効果

表 1. 施工日数



通常施工数量と日数(1ブロック当り)

場所	項目	日数	内訳
底版	鉄筋	10	43.0t÷4.3t/日≒10日
	型枠	4	100m²÷28.8m²/日≒4日
	打設	1	
側壁	鉄筋	3	12.5t÷4.8t/日≒3日
	型枠	10	250m2÷28.8m2/日≒10日
	打設	1	
頂版	鉄筋	6	27.3t÷4.8t/日≒6日
	型枠	5	140m2÷28.8m2/日≒5日
	打設	1	

計 41　・・・①
①×5BL= 205　・・・②

プレキャスト化後施工数量と日数

場所	項目	日数	内訳
側壁	部材製作	(47)	工場製作
	部材据付	35	200P÷6P≒35日
		20	

計 55・・③

場所	項目	日数	内訳
底版	鉄筋	5	21.0t÷4.2t/日≒5日
	型枠	1	23.0m²
	打設	1	
頂版	鉄筋	6	28t÷5.0t/日≒6日
	型枠	5	152m2÷28.8m²/日≒5日
	打設	1	

計 18・・④
④×5BL= 90・・⑤
③-⑤= 145・・⑥

通常施工とPca化後の施工日数の比較
⑥-③=90日

Pca 部材の据付は 6 ピース/日で進捗し、機械式継手部へのグラウト充填作業等も含め、全 200 ピースの据付完了は 55 日となった。

同工事の現場打ちカルバートボックス施工予定日数は、底版→側壁→頂版の流れで、41 日×5BL=205 日であり、Pca 採用実施工日数は、側壁(Pca)→底版→頂版の流れで、55 日+18 日×5BL=145 日となった。

施工の単純化により、実施工日数 205 日-145 日=60 日の短縮、暦日で 60 日÷0.7=86 日と、暦日で約 3 ヶ月の工程短縮をすることができた。

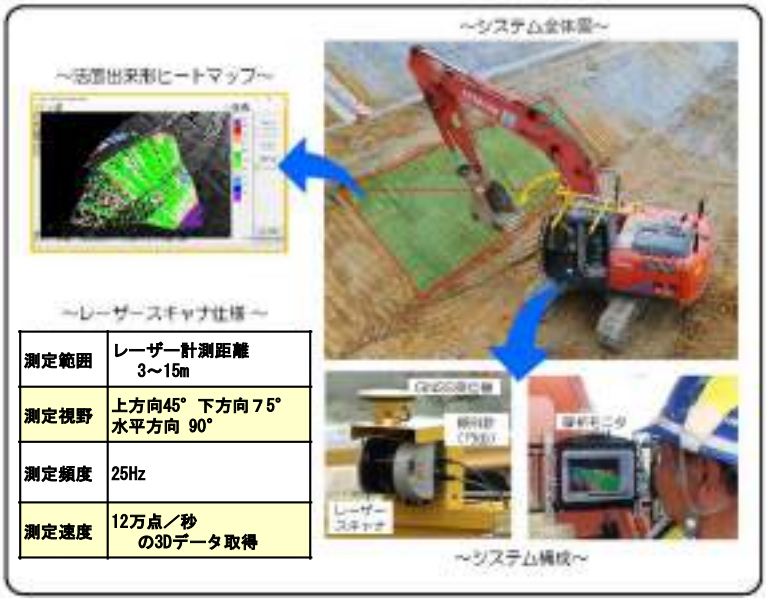
株式会社フジタ

重機搭載レーザー計測システム

土工事の出来形計測を省人化

１．概要

重機搭載レーザー計測システム（重機 LS）は重機に搭載したレーザースキャナーの計測により、移動しながら現場内の任意の位置で面的な出来形座標を取得するシステムです。従来の地上型 LS を用いた測量は、盛り替えに時間を要するという難点があるが、このシステムは、自己位置を高精度に測位でき、移動しながら計測が可能です。

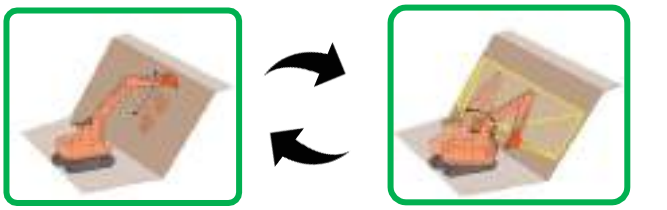


システム概要図

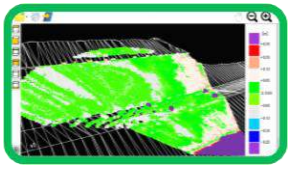
２．特徴

- 屋外用の安価な 2 次元 LS を使用し、重機を旋回させて計測することで 3 次元データを即時に取得できるため、高価で耐久面で課題のある 3 次元 LS に比べ、汎用性と普及性の高いシステム
- 作業の進捗に応じた部分的な LS 計測で、簡易的な出来高数量の算出が広範囲で可能
- 重機に後付けで容易に搭載でき、計測は運転席のタッチスクリーンで操作が可能
- UAV 測量のように雨天・強風など作業環境や地形条件の影響を受けずに安定した測量が可能
- 計測時間が短いため、測量作業が大幅に省力化され土工事の生産性が向上

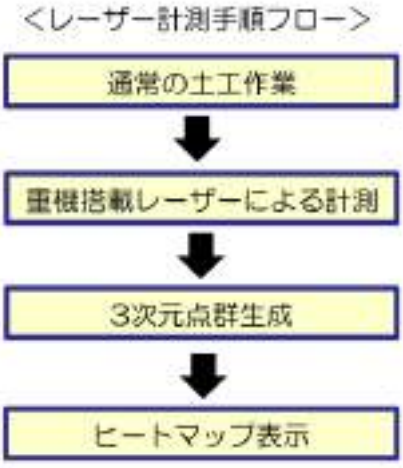
３．レーザー出来形計測手順



掘削～法面整形　　レーザースキャナー計測



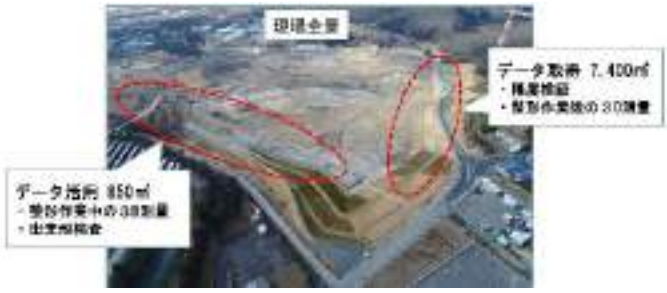
ヒートマップで計測箇所の表示



４．PRISM 現場試行の概要

本技術は、国土交通省の「建設現場の生産性向上を飛躍的に向上するための革新的技術の導入活用に関するプロジェクト」に採択され、労働生産性の向上を図る技術として、実際の造成工事に重機 LS を導入し効果を検証した。概要を以下に示す。

＜試行現場の概要＞
- 工 事 名：土岐口開発造成工事(1)
- 概　　要：開発面積 37.6ha の造成工事
- 発 注 者：岐阜県土岐市土岐口財産区
- 工　　期：2017 年 9 月～2020 年 4 月



現場全景写真

＜試行業務の概要＞
- 概　　要：データの取得活用により労働生産性の向上を図る技術「重機 LS」の試行
- 委 託 者：国土交通省中部地方整備局
- 試行期間：2018 年 11 月～2019 年 3 月



従来の地上型 LS 計測



重機 LS 計測

５．現場試行の成果まとめ

①施工性の向上

出来形管理の省略で１時間/日の時短を実現、短縮された１時間の活用で重機稼働時間の向上（図-１）

②検査・書類の大幅な簡素化

３Ｄデータのクラウド伝送で事務所にて出来形帳票を一括出力、帳票による合否判定が可能（図-２）

③人工の低減

専門的なスタッフが不要（図-３）

④法面整形作業量の向上

ＩＣＴ建機＋重機ＬＳの活用で作業量２１％の向上（当社計測による）を達成

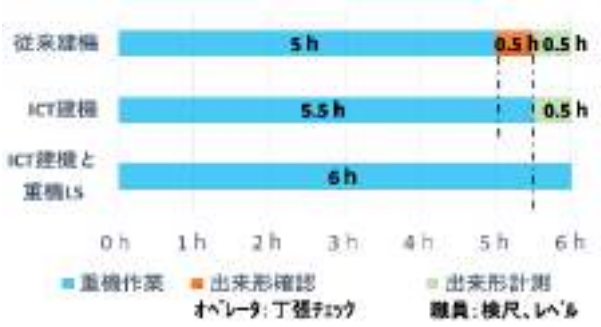


図-１　法面整形の１日単位作業時間比較



図-２　法面出来形帳票（合否判定）

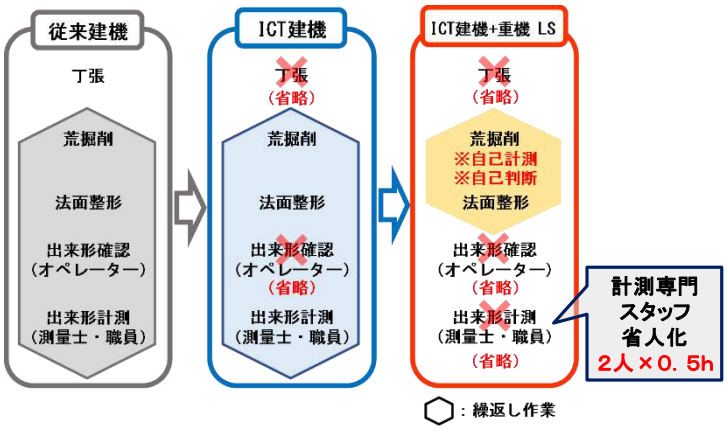


図-３　従来建機と重機 LS 作業内容比較

株式会社フジタ

トンネル空間でのＩＣＴ活用

重機搭載レーザー計測システム（ＴＳ版）による生産性向上

1. はじめに

トンネル工事では、ＧＮＳＳを使えないことや狭隘な作業環境であることから、日常の施工管理は専門員による測量が主流となっている。しかしこの測量作業は、作業エリア内に重機と人が混在するため重機と人の接触事故防止に十分配慮する必要があり、施工機械を止めて計測作業をするサイクルは、施工効率の向上の妨げになっていた。また、これら測量作業に使用される機器は精密機器の為、操作に専門的な知識が必要なことや盛り替えに時間を要するという難点があった。そのため、簡易に自己位置を高精度に測位でき、移動しながら測量できる技術の開発が望まれていた。

重機搭載レーザー計測システム（ＴＳ版）（以下 重機ＬＳ-TS）は、これらの課題を解決する為に重機へ計測ユニットを搭載し、移動しながらトンネル内の任意の位置で、面的な出来形座標を取得するシステムである。この技術を、国土交通省関東地方整備局発注の国道 17 号（仮称）新三国トンネル工事にて、検証した結果を報告する。

2. システム概要

本システムは、トンネル内で運用可能なマシンガイダンス、重機ＬＳ-TS、自動追尾ＴＳで構成され、トンネル内インバート部の計測を行う。システム構成を図-1 に示す。



図-1　重機ＬＳ-TS システム構成及び計測フロー

本システムの特徴を以下に示す。

- 屋外用の安価な２ＤＬＳを用いて、重機を旋回させて計測することで３Ｄデータを取得でき、高価かつ耐久面で課題のある３ＤＬＳに比べ、汎用性と普及性が高い。
- 重機に後付けで容易に搭載でき、計測は運転席のタッチパネルで操作が可能である。
- 重機が旋回スキャンする事でインバート施工面の現状データを取得し、３Ｄ設計データと重ね合わせ、差分を色分けしたヒートマップでオペレータに表示する。
- インバート施工面の掘削出来形とバックホウの爪先位置がわかるため、掘削箇所のガイダンスが可能となる。
- 計測から解析までを短時間で行い測量作業が大幅に省力化されるため、生産性向上が可能である。

3. 計測結果

計測完了後に取得した３Ｄ点群データは、トンネルの３Ｄ設計データと重ね合わせ、ヒートマップで表示される（図-2)。オペレータは画面上のバックホウの爪先位置を確認しながら、設計面まで達していない箇所を掘削することができる。また爪先位置は、設計面からの高さに合わせて色が変化するため、数値よりも瞬間的に認識しやすい表示となっている。

トンネル断面方向に張った水糸から、掘削面までの下がりを計測する従来の床付け確認方法は、重機オペレータが自ら作業しながら出来形の良否を確認できるようになった。これによりインバート掘削工全体のサイクルタイムが約 20%短縮された。（図-3)。

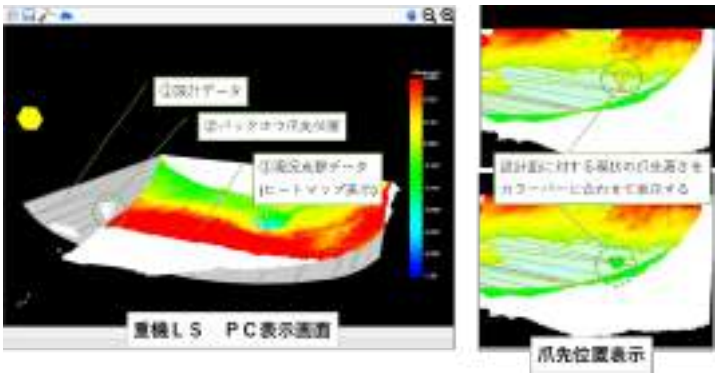


図-2　計測結果表示画面



図-3　サイクルタイム比較

4. まとめ

重機ＬＳ-TS によるインバート掘削工の出来形計測を実現することで、従来の人力作業と比較して省人化と生産性向上が図れたことを確認した。安全面において、重機旋回範囲内に計測の専門員が立入ることがなくなったため、重機と人が接触する危険要因が排除された。また床付け確認作業で、オペレータが運転席から頻繁に乗り降りする必要が無くなった。今回の検証は、インバートの全断面掘削で行ったが、今後はその他のトンネル工の出来形計測にも展開が可能であると考える。本技術が建設現場へのＩＣＴ導入に対する更なる普及促進につながれば幸いである。

前田建設工業株式会社

電子野帳を活用したスマートデバイスによる施工管理業務

協力会社とも繋がる ICT ツールによる施工管理業務の生産性向上

１．はじめに

国土交通省「i-construction」の推進により、土工を中心とした施工の効率化や CIM の活用が進展しているが、帳票作成、打合せ、品質管理、安全管理など職員が直接関与する施工管理業務においては、いまだに従来のやり方が根深く残っており、効率化が遅れているのが現状である。

当社は，2017 年より ICT 技術の積極的な利用による生産性向上を目的として，スマートフォンおよびタブレット端末を全作業所職員に配布するとともに、施工管理職員の実務に直結したアプリケーションの提供、施工フィールドの通信環境を整備することで、施工管理の生産性向上を加速させる取組みを推進している．本文では，上記の取組みにおける施工管理業務へのスマートデバイスおよび電子野帳の導入による生産性向上事例について紹介する．

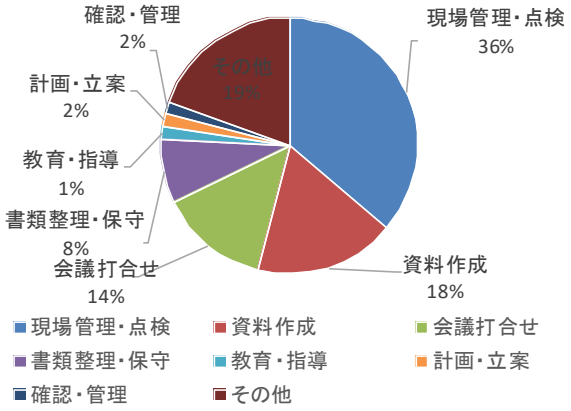


図-1　作業所職員の労働時間配分と分析

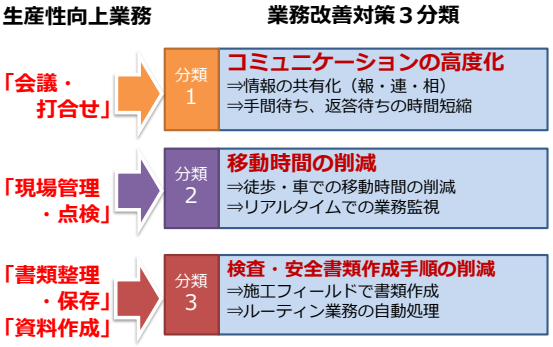


図-2　電子野帳等、アプリの導入方針

２．スマートデバイス活用と電子野帳の概要

・電子野帳の選定

電子野帳も含めた生産性向上に必要なアプリケーションの導入に際しては、作業所職員労働調査を実施し(図１)、生産性向上効果の高い業務を事前に分析した。また、それらの結果からコミュケーションの高度化および移動時間の短縮、書類作成時間削減を目的とした(図 2)導入アプリケーションを選定した。

・電子野帳の概要

これまで、現場職員は、測量や現場管理状況の記録を野帳と呼ばれるメモ帳に記録し、記録した情報の共有は、現場事務所に移動し、別途、撮影した画像等と組み合わせるなどして回覧や周知資料、帳票



図-3　電子野帳

を作成して、発注者および施工管理職員、協力会社と打合せすることが一般的であった。一方、電子野帳は、タブレット端末で撮影した写真・動画を電子野帳に取込み、説明のためのメモ書きも同時に追記可能である。また、作成した野帳はクラウドで共有できるため、いつでも関係者と情報共有ができ、コミュニケーションの高度化および移動時間の短縮、書類作成時間の削減に効果的である(図 3)。



図-4　電子野帳による昼夜勤の引き継ぎ簿

３．電子野帳による生産性向上事例

・作業所職員間：昼夜勤引継ぎ簿

昼夜勤務が余儀なくされる業務では、写真付きの引継ぎ内容をその場で作成し、引継ぎ者と常にノートを共有でき、手戻りの減少に寄与している(図-4)。また、業務に限らず、クラウドでのノート共有による時間短縮のほか、現場内の簡易な報告資料作成のための時間の削減に寄与し、迅速な不具合防止も可能になった。

・協力会社間：工事関係者共有ノート

当社では、必要に応じて職長にも協力会社仕様タブレット端末を貸与し、プロジェクト内で活用している。

電子野帳の特徴として、種類の異なるノートや外部 HP 等をリンクで結ぶことが可能である。これらの機能を活用すると、作業所では、職員がホーム画面のような電子野帳ノートを容易に作成し、ホーム画面ノートを起点に協力会社等も含めた工事関係者が様々な現場情報や気象情報、社内システムに繋がることが可能となる（図-5)。こうした電子野帳を活用した協力会社との連携は、工事における様々なコミュニケーションの高度化と効率化が図られるとともに電子野帳で作成した資料を様々な情報共有の場で活用できる（写真-1)。



図-5　工事関係者での共有ノートイメージ



写真－１　協力会社との打合せ状況

４．電子野帳導入状況と効果

現在、当社での電子野帳の活用状況は、全土木作業所の 80%が電子野帳を職員および職長等との日常的な情報共有ツールとして活用している(2019 年 12 月社内調査)。また、電子野帳の効果は、職員の移動時間の軽減に加え、現場巡視、施工管理を行いながら状況を整理できることから、1 人当たり 30 分/日の業務効率化が図られており、生産性向上に効果を発揮している。

前田建設工業株式会社

生産性向上と環境負荷低減の両立を図ったトンネル工事の施工事例

働き方改革、4 週 8 閉所、生産性向上、掘削機の大型化、ズリ搬送設備の採用、NATM、メランジュ、前方探査

工事概要

五台山トンネル工事は、高規格幹線道路高知東部自動車道「高知南国(なんこく)道路」のうち、高知観光名所の一つである県立牧野植物園や四国霊山竹林寺を有する五台山を南北に貫く全長 700m のトンネル工事である。



写真 1　五台山全景

施工上の課題

① 本工事は、トンネル直上の施設や坑口付近の住居連担区域に対して環境基準に即した施工が求められた。また、地域住民の強い要請もあり、全線機械掘削工法が採用されている。

② 秩父帯に属する本トンネルは、メランジュと呼ばれる複雑かつ変化に富む地質構成で、主として砂岩、粘板岩、チャート及びそれらの互層からなり、弾性波探査の結果では全線の 4 割以上（334m）が機械掘削では厳しい条件となる CH 級地山であると想定された。

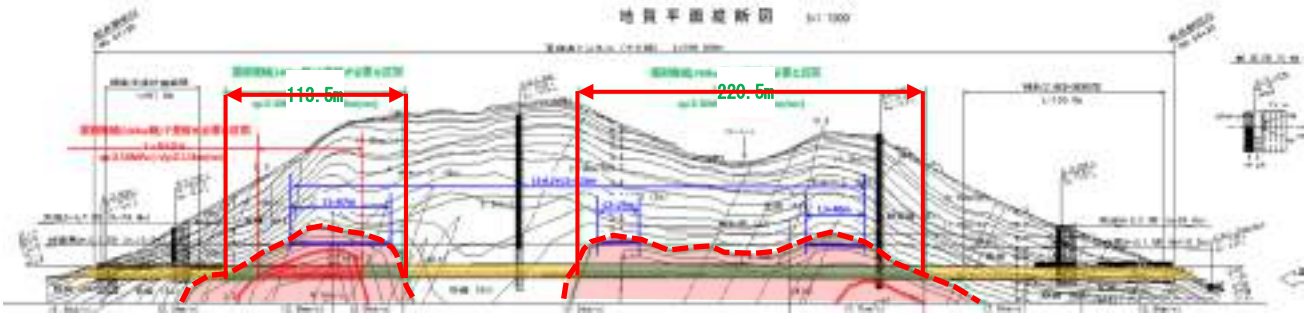


図 1　CH 級岩盤の範囲五台山全景

③ 高知南国道路は、南海トラフ地震に備え早期の供用開始が求められており、2020 年度内の供用開始に向け、工程の遅延は、極力抑える必要があった。

④ 坑口からズリ仮置き場までの区間は、他工区の施工に伴う用地の制約や一方通行、急こう配の区間、きつい折り返しなどがあり、ズリ運搬のサイクルタイムに著しい影響を及ぼす恐れがあった。

⑤ 2018 年 1 月に契約した本工事では、働き方改革関連法の審議が進むなか、4 週 8 閉所達成に向け、生産性を向上させる積極的な取り組みが必要となった。

対策と効果

1）トンネル掘削機械の大型化

発破掘削区間を極力低減する為、標準的な自由断面掘削機の 1.5 倍の出力と 2.4 倍の重量のある RH-10J-SS（出力 330kW、機体重量 120t） を採用した。これにより実際に発破掘削が必要となった区間は想定区間（334m）の 1 割程度の 36m まで縮小された。また、掘削進行も一般的な自由断面掘削機の計画進行に対し、6～10%の短縮が可能となり、休日の確保につながった。



写真 2　RH-10J-SS



写真 3　硬岩部掘削状況

2）ズリ搬送設備（固定式ベルトコンベヤ）採用

五台山トンネルでは既設の橋梁と仮桟橋を利用してズリ搬出を行う設計であったが運搬時の夜間騒音が環境基準をクリア出来ない上に平均運搬距離が 1.02km と長く、前述した搬路の様々な制約によりサイクルタイムに支障を来す恐れがあった。そこで坑口からズリ仮置き場区間に固定式ベルトコンベヤを配置し、一次運搬距離を 0.35km まで短縮し、サイクルタイムを 1/3 程度とすることで、切羽の進行を妨げないようにした。また、振動・騒音の環境基準を満足させ、生産性向上と環境負荷低減を両立させた。



写真 4　ﾍﾞﾙｺﾝ設置状況(橋梁部)



写真 5　ずりｽﾄｯｸﾊﾟｲﾙ

3）前方探査による地山状況の事前把握

本トンネルのような複雑な地質では、前方地山の情報をリアルタイムに把握することが重要となる。そこで TSP 探査と DRISS の二つの前方探査技術を採用した。これらを併用し、脆弱な地質の区間や発破掘削区間の特定を行いスムーズな資機材調達を可能とした。

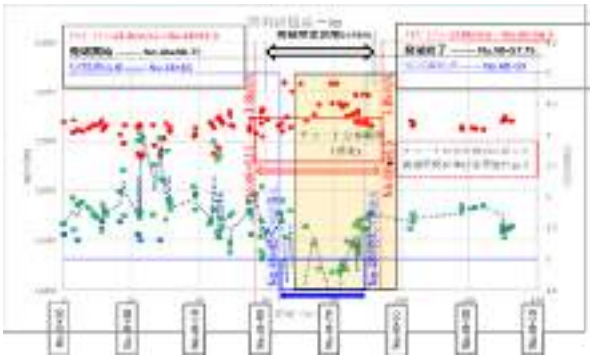


図 2　TSP 解析結果による発破区間御特定

まとめ

環境への配慮が必要かつ工期も厳しい中で 4 週 8 閉所を達成するのは困難に思えたが、こうした施策が功を奏し、現在まで 4 週 8 閉所を達成している。同時に、従来と同程度の出来高を確保することで協力業者とも win-win の関係を構築できた。本工事では環境保全や地質条件などから発注者の理解も得てこのような施策が可能となったが、諸条件が整わなければ、4 週 8 閉所は難しかったと言える。今後は受発注者ともに行き届いた準備をしっかり行い、たとえ高価であっても生産性の高い技術や IT、IoT、AI 技術を幅広くかつ積極的に導入し、他産業と相違のない労働環境を整えて行くことでより良い人材、担い手が確保され持続可能な建設産業なって行くものと考える。

三井住友建設株式会社

プレキャストセグメント工法による函体施工の生産性向上

プレキャスト技術の活用と架設機械の開発による現場施工の合理化

1. 工事概要

本工事は、首都高速 1 号羽田線のうち延長約 1.9km を更新する大規模更新事業であり、当該工区内の約 0.5km の埋立区間において、既存の盛土構造を地盤改良により安定した基礎地盤に改良し、その上に函体を構築する工事について合理化を図った（**図 1**）。当該部分は、上下線に挟まれた狭隘なスペースで既設線を供用しながらの工事であり、厳しい施工条件下の工事である。また、2020 年の東京五輪開催へ向けた更新線（Ｉ期線）の供用開始に向けた大幅な工程短縮の実現が求められた。

プレキャスト技術の積極的な活用とセグメント架設機械の開発により、現場施工の合理化を図り厳しい施工条件下での生産性向上を実現した。

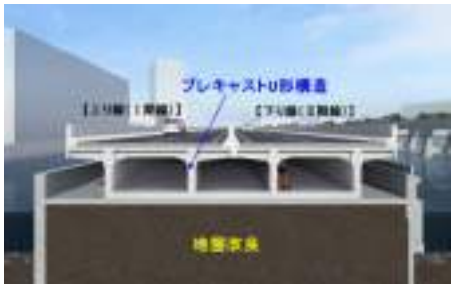


図 1 函体完成イメージ図

2. 函体の構造概要

函体構造は､工場製作によるプレキャスト化を積極的に導入し、函体をリブ付きU形セグメントとPC合成床版（PC板＋場所打ち床版）から成るプレキャストU形ボックス構造を採用した（**図2**）。これは、橋梁上部工技術をボックスカルバートに適用したこれまでにない函体構造と言える。

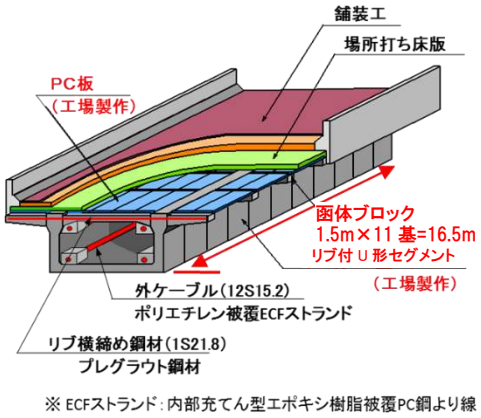


図 2 函体構造概要図

函体は上下線半断面施工となるため、上下線独立したセグメント形状とし、完成形では床版および底版を場打ち施工にて連結する上下線一体構造（3Box 構造）となる。セグメントは、運搬・架設を考慮し、1 基あたり奥行き 1.5m、重量約 22t の計画とし、道路線形を考慮したショートラインマッチキャスト方式による製作方法を採用した。延長約 0.5km を 27 ブロックの函体で構成されており、函体 1 ブロックは、1.5m のセグメント 11 基を組合せ（1 ブロック 16.5m）、函体縦断方向に PC 鋼材（外ケーブル 12S15.2-4 本）でプレストレス力を導入することで一体化し、縦断方向の耐震性向上を図った（**図 3**）。

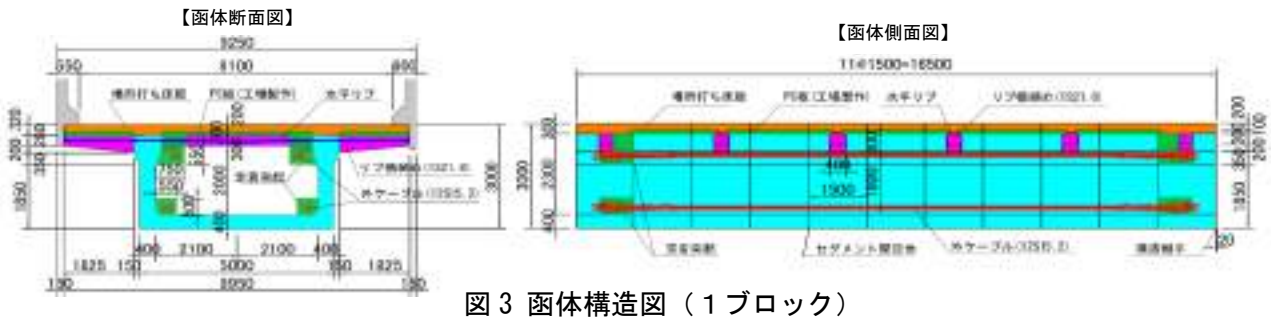


図 3 函体構造図（１ブロック）

3. 函体の施工概要

函体の施工は、供用する上下線に挟まれた狭隘なスペースにおける厳しい条件での施工となるため、セグメント架設方法としては、クレーン架設ではなく門型クレーンによる軌条設備を用いた架設方法を検討していたが、軌条設備の設置撤去に時間を有すること、狭いスペースでの稼動効率に課題があることから、軌道設備が不要で、狭いスペースで柔軟に稼働可能なフォークリフト（30t 級）による架設方法に変更した。フォークリフトには、動作スピードを制御する装置やフォークが左右に動く機能の改造を加え、また、架設中のセグメントに対して、前後左右への位置調整と前傾・後傾が出来る専用アタッチメントを開発し、荷受けから運搬、架設までの一連の作業をフォークリフトのみで対応可能とした。函体の施工概念図を**図 4** に示す。フォークリフトでのセグメント架設状況を**写真 1～写真 3** に示す。

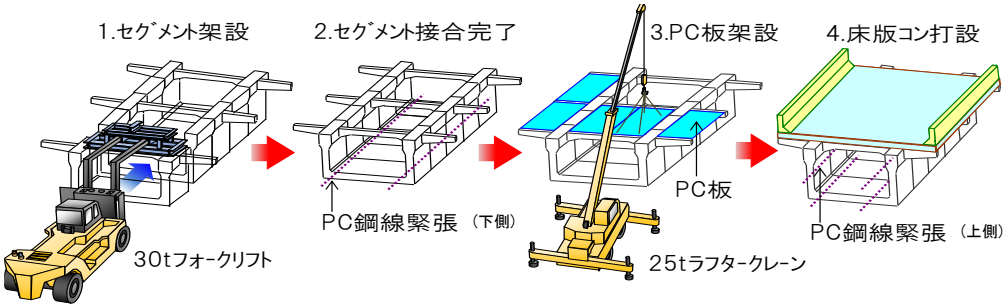


図 4 函体の施工概念図



写真 1 セグメント運搬



写真 2 セグメント架設



写真 3 セグメント設置完了

セグメントの架設手順は、橋梁上部工におけるセグメント架設工法と同様である。セグメント接合面に接着剤を塗布し、セグメント同士を引き寄せた後、引寄せ鋼棒（φ26）4 本を緊張して接合する。その後、セグメントは底版下面に配置した単動ジャッキ（高さ 75 ㎜）で仮受けし、最終的には底版下面にあらかじめ作成しておいた台座コンクリートに荷重を盛替えてセグメント架設を完了する。11 基のセグメント架設完了後、函体縦断方向に配置した外ケーブルを緊張し一体化を図る（**写真 4**）。外ケーブル緊張後、底版と均しコンクリート間に裏込め材を充填し基礎と一体化した。

4. まとめ

プレキャスト技術の活用とセグメント架設機械の開発による現場施工の合理化により、現場施工量を縮減し工程短縮を図るとともに省力化・省人化を実現した。函体 1 ブロック施工は、セグメント 11 基の設置、外ケーブル緊張、裏込め材充填、PC 板架設まで含めて 6 日サイクルでの施工を可能とし、場所打ち施工法と比べて全体として 1 路線あたり 3.0 か月工程短縮を実現した。



写真 4 函体内の外ケーブル配置

三井住友建設株式会社

鉄筋組立作業における生産性向上の取組み

ロボットアームを使用した鉄筋組立自動化システムによる生産性向上

1. はじめに

国土交通省が推進する i-Construction の実現が掲げられている中、様々な工種で生産性向上のボトルネックとなっている鉄筋組立の自動化、機械化を目指して鉄筋組立自動化システム「Robotaras（ロボタラス／ROBOT Arm Rebar Assembly System)」を開発した。今回、開発したシステムの実証工事として、工場にて大量製作する鉄道構造物の軌道スラブを選定した。本工事は、当社三田川 PC 工場（佐賀県）にて、軌道スラブ約 1 万 2 千枚を製造するもので、作業員約 20 名が日々鉄筋組立（供給・配置・結束）を手作業で行っている（**写真 1、2**)。形状が同じ軌道スラブの鉄筋組立は単純作業を繰り返すため、本システムの導入により、担い手不足の解消と作業負担の軽減、生産性向上を目指した。



写真 1　手作業による鉄筋組立状況



写真 2　鉄道構造物の軌道スラブ

2. 鉄筋組立自動化システム「Robotaras™（ロボタラス)」の概要

本システムは、機械の腕「ロボットアーム」の先端に鉄筋を配置できる「鉄筋保持治具」と、市販の「鉄筋結束機」を交互に自動着脱することにより鉄筋組立作業を自動で行うことができるシステムである。鉄筋の配置では、長短の鉄筋に合わせた鉄筋保持治具を用意し、鉄筋の掴みにはチャック式を採用した。また、鉄筋の結束では、市販の鉄筋結束機を使用し、ロボットアームとの接続部には、結束時に生じる衝撃を吸収できる緩衝治



写真 3　鉄筋組立自動化システム「Robotaras」

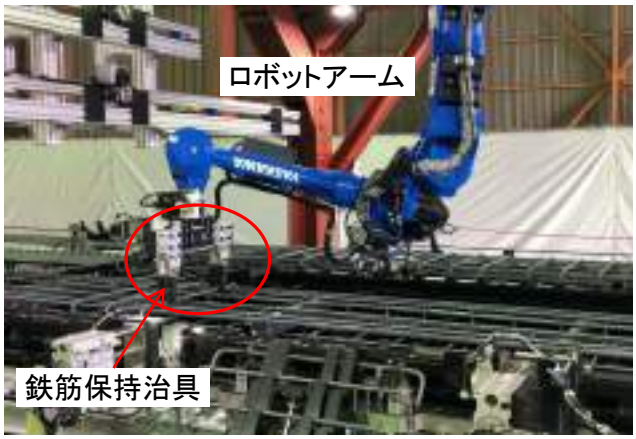


写真 4　鉄筋配置作業の様子

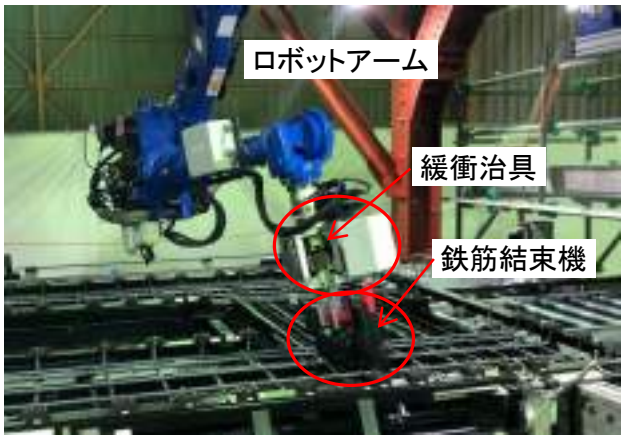


写真 5　鉄筋結束作業の様子

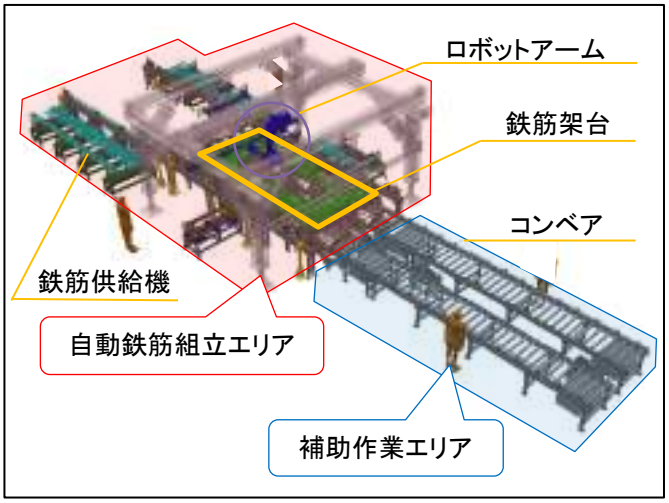


図 1　鉄筋組立自動化システム　全体概要図

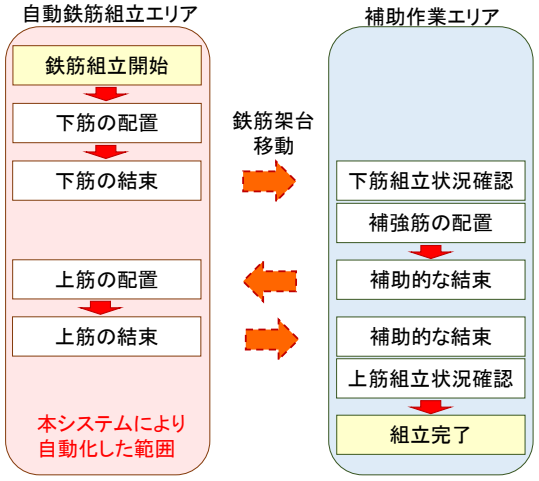


図 2　軌道スラブ鉄筋組立フロー

具を組み込む工夫を行った（**写真 4、5**）。一般的に、軌道スラブの鉄筋組立作業では、まず下筋を鉄筋配置位置に溝切りした鉄筋架台に配置した後、結束を行い、次に上筋の配置、結束を行う。今回、自動鉄筋組立エリアと補助作業エリアを設定し、自動鉄筋組立エリアにて本数の多い長短の格子筋の供給・配置・結束作業を自動化し、補助作業エリアにて補助作業員により補強筋などを手作業で組立てるシステムとした（**図 1、2**）。エリア間の鉄筋架台の移動にはコンベアを用い、補助作業員は、鉄筋供給機への補充や鉄筋結束機のワイヤ充填作業も含めて 2 名で作業を行うことができる。

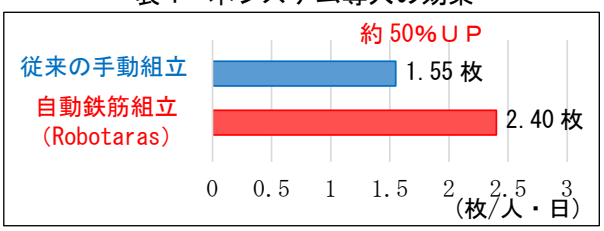
3. システム導入の効果

本システムにより、軌道スラブ鉄筋の組立作業において作業員 2 名で行うことができるため、省人化・省力化が実現できた。また、従来の手動組立と比較して、作業員 1 人当たりの 1 日に組立可能な枚数が約 50%増加し、生産性の向上が実現できた（**表 1**）。

4. 今後の展開

今後は、本システムの更なる開発を進め、当社プレキャスト（PCa）工場の製造ラインへの導入を目指し、高速道路の大規模更新事業や超高層マンション等の主要構造体などに用いられる PCa 部材製造にも積極的に活用していく予定である。

表 1　本システム導入の効果



2019 生産性向上事例集～土木編～は、「2019　生産性向上事例集」から、土木分野の事例のみを抜粋し、更に事例を追加して再編集した。

2019　生産性向上事例集～土木編～

2020 年 4 月発行

一般社団法人日本建設業連合会 土木本部

無断転載を禁じます

©一般社団法人日本建設業連合会