

業績の概要

応募部門	業績題目	応募者名
大賞部門	超高層建物における吊取り解体工法の開発	鹿島建設株式会社

業績の概要

都市部の大型建築工事では、既存建物の解体工事を伴うことが多く、昨今では超高層建物を解体する事例も増えている。超高層建物の地上躯体の解体工事では、階上解体工法ではガラの飛来・落下、粉塵の飛散などの周辺環境への影響、従来のブロック解体工法では工期とコストの増加に課題があった。

そこで、スラブを斜めに切断してスラブ切断後の仮設支保工を不要とし、従来のブロック解体工法と比較して、工程を短縮し、コストを低減する工法（以下、本工法）を開発した。本工法の開発にあたり、新たにスラブ斜め切断カッターを開発した。また、スラブ切断時に発生するノロ水を減容し、分離した水を切断に再利用するノロ水脱水装置、切断後の部材の揚重時に吊荷の姿勢を自動で水平にし、着床前に反転させ、解体・搬出時間を短縮する4点自動吊上げ装置を開発した。

本工法を、最高高さ162mの世界貿易センタービルディングの解体工事に適用し、ガラ・粉塵が飛散することなく地上躯体解体工事を終え、公衆への無事故無災害を達成した。また、本工事においては従来のブロック解体工法に比べ約17%の工程短縮に貢献し、本工法の有用性を検証することができた。

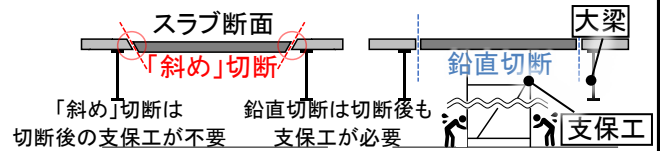


図-1 斜め切断と鉛直切断の比較

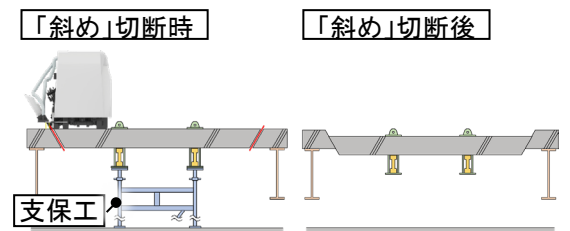


図-2 斜め切断の概要

業績の特徴

解体状況の断面図を図-3に示す。解体中の建物の耐震性能を確保するため構造解析を行い、スラブ切断をどのフロアまで先行して実施できるかなどの検証により、先行作業の範囲を設定した。足場は建物頂部の4フロアに設置し解体の進捗に併せてせり下げを行った。N階およびN-1階ではブロック状のユニットの吊取り作業、N-2階では躯体鉄骨の先行溶断作業、足場の最下段となるN-3階では外装パネルの撤去作業、N-5階ではスラブの切断作業を実施した。各階での作業を5日以内に完了させることで、1フロアを5日間のサイクルで解体した。粉塵・騒音が発生する作業は外装・ガラスがあるN-4階より下の階で完了させ、外部への飛散・風散リスクを低減した。タワークレーンにてユニットを吊取り後、建物内に設けた大型揚重開口から1階まで吊下ろし、風の影響を受けることなく揚重作業が完了する。1階にてコンクリートを小割りし、鉄筋・鉄骨などを分別して搬出した。揚重回数を削減し工期を短縮するため、躯体は極力大きなユニットに割り付けた。スラブ斜め切断カッター（図-4）により支保工の設置を切断箇所のみとすることで、切断後直ちに撤去可能としタワークレーンによる盛替え作業をなくし工期短縮とコスト削減を実現した。ノロ水脱水装置（図-5）により、スラブ切断時に発生したノロ水は水と脱水ケーキに分離して廃棄物の減容と水の再利用に貢献した。4点自動吊上げ装置（図-6）により、大割りとし揚重時のバランスが不安定になったブロックを、水平な荷姿での揚重と着床時の吊り荷姿勢を遠隔で操作可能とし、揚重作業の作業性向上と安全を確保した。

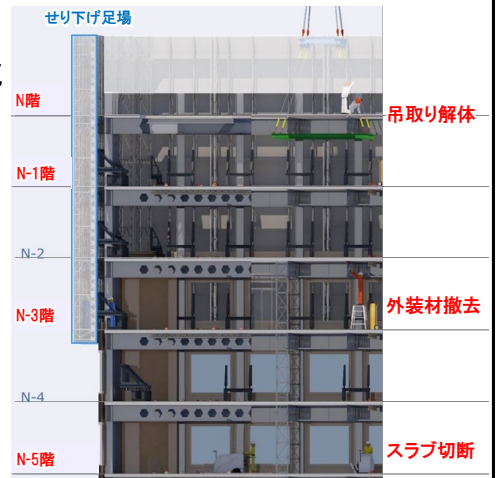


図-3 解体状況の断面図



図-4 スラブ斜め切断カッター



図-5 ノロ水脱水装置



図-6 4点自動吊上げ装置

業績の概要

応募部門	業績題目	応募者名
大賞部門	AIによるシールド自動運転システムの開発	清水建設株式会社

業績の概要

シールド工事は、建設工種のなかでは比較的、機械化が進んでいるが、掘進指示書の作成やシールド機の操作は、長年の経験と技術や多大な手間と時間を要しているのが現状である。これらの作業を、AIに置き換えることにより省人化、合理化による生産性向上が期待でき、今後想定される熟練技能労働者の大量離職にも対応できる。生産性向上と一層の安全性確保を目的としてシールド機の方向制御に関する自動運転システムの開発を行った。

本技術は、AIを活用したシールドトンネルの掘進計画を立案する計画支援AIとシールド機の操作を支援する操作支援AIによりシールドトンネルの自動掘進を実現する技術である。

計画支援AIについては、従来の人力の手法では数リング先までの計画に1時間以上要する上、数リング先のシールド機とセグメントとの相対位置の算定は極めて困難であるが、AIにより40リング分の掘進計画を5分で完了できることを確認した。

操作支援AIについては、シールド機のジャッキ操作をAIが自動で実施できることを確認した。計画に対する誤差は方位角0.02°程度、高さ2mm程度であり熟練オペレータの操作と同等以上の精度であった。AIによる操作であるため常時情報を監視し蛇行の兆候を見逃すことなく操作ができ精度向上につながる。

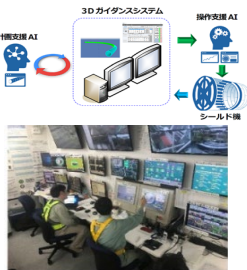


図-1 自動運転の現場実証

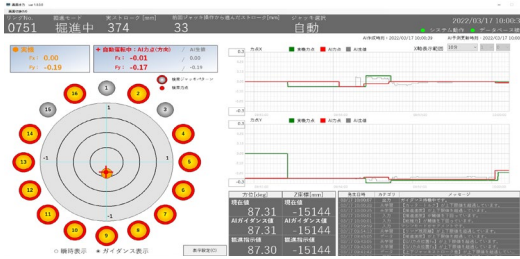


図-2 操作支援AIによるジャッキ選択

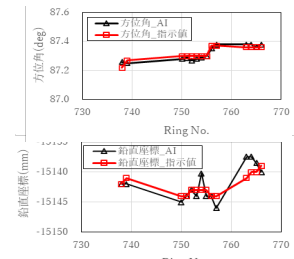


図-3 自動運転結果

業績の特徴

(1) 経済性

従来、シールド機の位置測量から掘進計画立案、指示書作成に片番あたり90分要していたが、計画支援AIを用いることにより、15分まで削減できた。さらに、従来シールド機の掘進操作に片番あたり195分要していたが、操作支援AIを用いることにより、126分まで削減できた。合わせて片番あたり285分要していたがAIを用いることにより141分まで削減でき、AIにより省力化、合理化ができ生産性が向上する。

将来的には複数の現場を一人の熟練オペレータが担当し、個々の現場の実操作はAIが担当することで更なる生産性向上も視野にしている。

(2) 汎用性

シールドトンネルは下水、地下河川、電力、ガス、鉄道、道路などを構築する施工法として今後も多くのニーズがあり、本技術の活用も見込まれる。また、様々なメーカーのシールドマシンに導入しており、どのメーカーのシールドマシンであっても適用可能である。本技術の導入現場が増え、学習量が増加することでAIモデルのますます高精度化し汎用性の高い技術となることが期待できる。なお、熟練技能労働者の確保が難しい海外においても適用可能であり、汎用性は極めて高い。

(3) 安全性

本技術では、シールド機のジャッキ操作を自動で行うことから、AIモデルが適切に予測できなかった場合に備えたフェールセーフ機構を有したシステムとしている。AI予測が前回の予測と大きくずれてくる場合は、掘進方向の急な変更やジャッキ操作への負荷が生じ、円滑な掘進が困難となることから、ジャッキの使用・変更本数に制限を設ける管理値が設定されている。またAI予測異常がある場合や緊急時などは、自動運転を中止して即座にオペレータによる手動運転に変更できる設計としていることから、高い安全性を確保している。さらに、安全性確保のためAIが適切な予測を行っているか判断するため以下のチェック機能を有している。

- ①入力データチェック AIに渡すデータの欠損、あるいは計測器の測定範囲外となるようなデータの有無を確認し、そのような状態が継続する場合には異常、緊急性を判定してエラー表示しオペレータに判断を仰ぐ。
- ②未学習チェック データがAIモデルの学習範囲内であることを確認し、学習結果に応じた結果を提供できるかどうかを確認する。データが学習範囲内には異常と判定する。

表-1 掘進管理の生産性向上

作業区分	作業内容	従来方法 (min)	計画支援AI (min)	操作支援AI (min)
計測結果の整理	● 測量結果から現状の計画線形からのズレやクリアランスを把握 ● 計画線形からのズレやクリアランスの増減の現状を把握	30	0	-
掘進計画立案, 掘進指示書作成	● 測量結果より以降の出来形を予測 ● 線形精度を確保するためのセグメント配置計画立案 ● クリアランスを確保し、線形精度を確保するための操作方法を立案	60	15	-
指示説明	● 掘進計画の趣旨説明 ● 切羽圧力管理・制御 (添加剤注入を含む) : 30%	15	0	-
掘進操作 (6リング分掘進時の180minを想定)	● 排土状況管理・制御 : 30%	54	-	54
	● 方向制御 : 30%	54	-	0
	● シールド機稼働状況管理 (トルク・推力など) : 10%	18	-	18
合計		285		141

図-4 操作支援AIモデルの構成

業績の概要

応募部門	業績題目	応募者名
大賞部門	遠隔操作システムを用いた、現場オペレータのテレワークシステム ～K-DIVE遠隔操作システムを用いた現場改善ソリューション～	鹿島建設株式会社 株式会社富島建設 コベルコ建機株式会社
業績の概要		

この技術は、従来のリモコン操作とは異なり油圧ショベルの遠隔操作システムをベースに、人、重機、現場を常時つなぐことで現場のDXを可能にする。

1台のコックピットで距離の離れた作業現場(例えば都道府県を跨ぐ距離)であっても複数重機を切り替えて遠隔操作を実現。また、実機の振動や傾き、音などをコックピットにフィードバックし現場にいる感覚で操作することが可能となり、重機オペレータの働き方を革新し、効率的に作業を進めることができる。

赤谷地区上流溪流保全工他工事にて2023年6月～10月までの無人化施工期間中に施工機械の1台として、(株)富島建設本社と工事現場内に設置したコックピットから運用。マシンガイダンスを使い土砂の掘削積込み、改良土の敷均し、法面整形作業を実施した。

従来遠隔操縦と比較して10～20%の生産性UP。特別な操縦訓練は必要なく、遠隔操作をすることができた。遠距離遠隔操作でも操作遅延は少なく、振動や傾き、音のフィードバックにより操作性が向上。生産性向上に寄与している。



遠隔操作システム

業績の特徴

【技術の背景】

平成23年の台風12号発生時に生じた河道閉塞部の安定化を図るために、土石流を防止する砂防堰堤を築造した。現場は斜面の再崩落が繰り返される条件下かつ、出水期は人が立ち入れない危険な区域で早期に工事を完成させるため、遠隔操作を取り入れる必要があった。

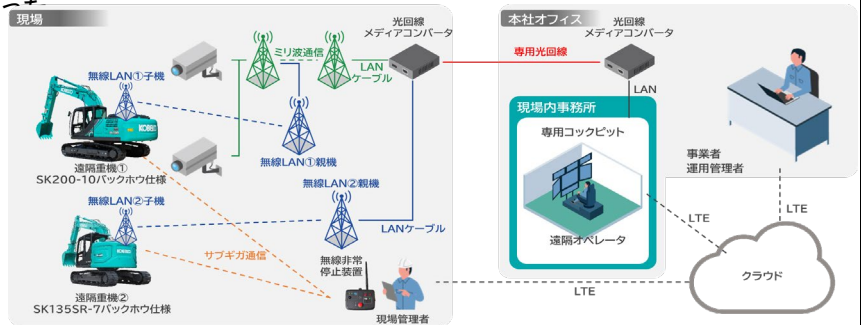
【技術の内容】

◆ 重機の遠隔システム

実機搭乗時と同様な操作性をもつコックピットにて重機操作が可能である。

◆ ヒト、重機の稼働データの活用

クラウドに蓄積した稼働データにより現場の課題を見える化し、効率化を図ることができる。



システム概要例

リアルな操作感の遠隔操作コックピット

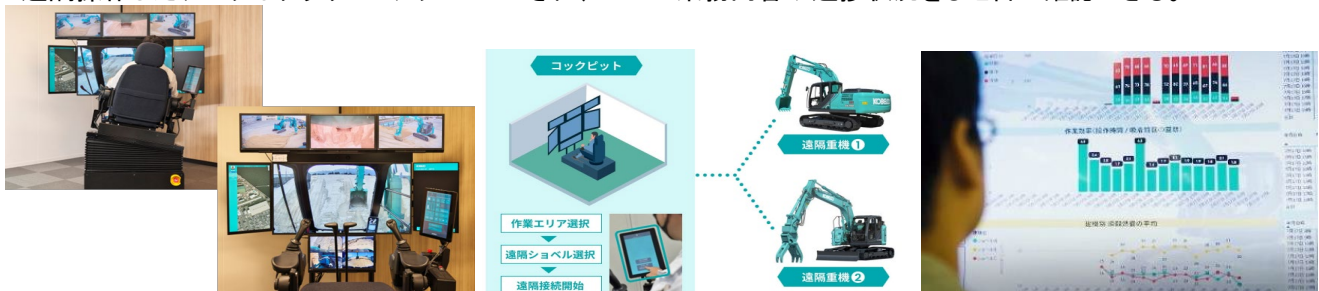
重機の振動や傾きをリアルタイムに再現するモーションシートに加え、重機周辺の音声がコックピットへフィードバックされるため、重機に搭乗して操作する操作感を遠隔操作でも体感できる。

多接続機能

あらかじめ登録した作業エリアと遠隔重機を任意に選択して接続が可能である。

ダッシュボード機能

遠隔操作したデータはクラウドにアップロードされ、日々の業務内容や進捗状況をひと目で確認できる。



遠隔操作コックピット

多接続機能

ダッシュボード機能

業績の概要

応募部門	業績題目	応募者名
大賞部門	高速道路本線への床版自動搬送システム	株式会社 大林組

業績の概要

従来の床版取替工事では、高速道路上への資機材の搬出入には高速道路を用いてトラック等で行うのが一般的であったが、工事車両の本線流入による渋滞の誘発や渋滞末尾による事故増加の懸念があった。そこで本線高架下から直接資機材を揚重する設備の開発と、軌条式の方法運搬台車を導入し、高速道路の走行車両に対する影響を最小化するため、資機材を搬出入するシステムを開発するとともに、さらに、昨今の人材不足にも対応するため、資機材の揚重から施工箇所への運搬の一連の流れを自動運転化させて省人化を実現した。

揚重設備は高架橋の桁を一部撤去し開口部を設け、ステージ状の昇降架台をリフトアップさせる構造とした。軌条レールを架台上に配置することで、資機材を材料運搬台車に高架下で直接載せることができ、本線上での施工箇所への運搬もシームレスに行うことができる。材料運搬台車も自動運転機能を装備し、揚重設備の昇降と連動させることで床版等資機材の搬入から運搬を効率化することができた。



高速道路本線からの搬出入



リフトアップ式揚重設備



自動運転機能付き運搬台車

業績の特徴

高速道路本線への床版自動搬送システム

床版等の資機材を本線上の施工箇所への運搬手段として、高架下から本線上へ直接資機材を揚重する設備①「リフトアップ式揚重設備」と、本線上で施工箇所まで運搬する設備②「自動運転機能付き運搬台車」を導入した。この2つの設備を連動させ、揚重開始後は自動で施工箇所まで資機材を運搬するシステムを構築した。これにより高速道路本線を利用することなく資機材の搬入から施工箇所への運搬を継ぎ目なくスムーズに行えるようになり、省人化と施工の効率化を実現した。

①リフトアップ式資機材揚重設備

高架下から資機材を揚重するため、高架橋の桁の一部を撤去し、設けた開口部からステージ状の積載架台をリフトアップさせる構造の揚重設備を開発した。高架下から直接資機材を搬出入するため、本線への影響をなくすることができる。

高架下に設けた開口部の周りに4つのポストを建て、それぞれのポストの上にホイストを取り付けており、ステージ状の昇降架台を4基のホイストと油圧ジャッキで昇降させる構造となっている。ホイストで昇降架台全体を上下させ、ホイストの高さを昇降架台下に設置した油圧ジャッキで持ち上げることで、ステージと本線の床面を合わせる。

昇降架台へ運搬台車が直接積載できるよう昇降架台の床面に軌条レールを設置し、高架下で直接運搬台車へ資機材を積み込めるようにした。



ポスト x4本

リフトアップ式揚重設備

②自動運転機能付き運搬台車

本線規制内での資機材の運搬は、軌条式の方法運搬台車を用いた。本台車に自動運転機能を搭載し、リフトアップ式揚重設備から本線搬入後に自動で施工箇所まで運搬を行った。

自動運転の運行方法は、台車の停止位置の認識に磁気反応センサーを利用し、目的地の磁石板を認識することで自動停止させる機構とした。安全対策にはレーザー式のセンサーと、AIカメラによる人感センサーの2種を搭載し、自動運転中の衝突防止を図った。万が一人や障害物に衝突しても、即座に停止するためのバンパーセンサーを搭載し、3重の安全装置による事故防止とした。

自動運転機能はリフトアップ式揚重設備の昇降と連動させ、本線到達後に自動で発進する機能を付与した。



ホイスト

油圧ジャッキ

リフトアップ式揚重設備



自動運転機能付き運搬台車

業績の概要

応募部門	業績題目	応募者名
大賞部門	2ブームロックボルト遠隔施工システムの開発	清水建設(株) 古河ロックドリル(株) (株)ケー・エフ・シー

業績の概要

本システム(写真-1)は、熟練技能者の経験と技量を基本とする山岳トンネル工事のロックボルト工における全打設プロセスを機械システムに置き換え、施工むらをなくす高品質・高精度な機械施工を実現するとともに、安全性・生産性向上を達成したものである。

本技術の適用により、生産性向上効果として、従来5人での作業を2人で行うことが可能で、サイクルタイムは、一般工法と比較して中断面道路トンネルの3mロックボルト工で10%、大断面の4mロックボルト工で20%短縮した。作業の安全性確保として切羽直下の作業時間を0に、出来形精度は、ロックボルト打設位置±20mm以内、品質についてもモルタル充填量の見える化により十分な定着力が確保されることをロックボルト引抜き試験で確認しており、高精度かつ高品質な施工を実現した。



写真-1 2ブームロックボルト遠隔施工システム

業績の特徴

本システムは、ロックボルトの遠隔打設装置(ボルティングユニット)(図-1)を2基装備した2ブームロックボルト打設専用機とモルタル自動供給装置(写真-2)により構成される。本システムでは、キャビン内からの遠隔操作により、ロックボルト打設位置の軸方向を中心にボルティングユニットを回転させながら、穿孔・モルタル充填・ロックボルト挿入の3セクションの切替をシームレスに行う(図-2)。左右のボルティングユニットは、同時に稼働させることが可能なため、1サイクルの打設効率を最大化することができる。定着モルタルの練混ぜは、大型モルタル供給装置をタイマーとレベルセンサーにより制御し、消費量に応じて自動で左右2台のモルタルポンプにモルタルを補充、キャビン内からの遠隔操作で左右ボルティングユニットへのモルタル供給を自動化する。ロックボルト出来形やモルタル充填量は、コントロールパネル画面(写真-3)でリアルタイムに可視化され、確認ができるため出来形精度や施工品質の向上を図ることができる。

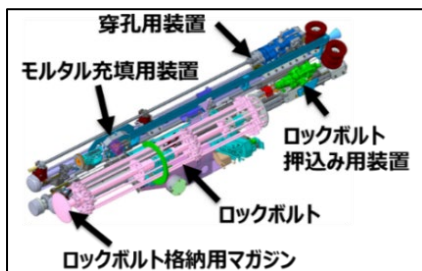


図-1 ボルティングユニット (3セクション方式)

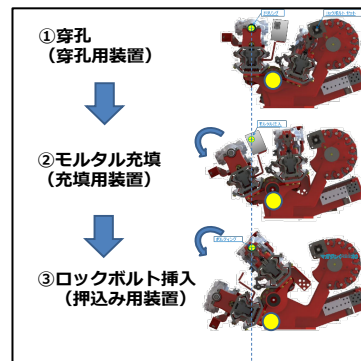


図-2 ボルティングユニットの回転動作 (正面図)

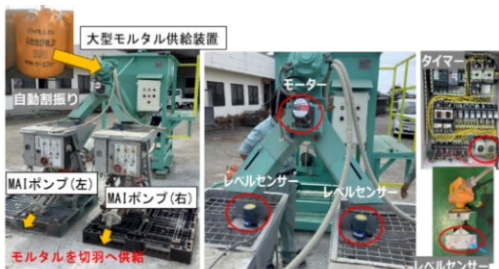


写真-2 モルタル自動供給装置



写真-3 コントロールパネル画面

業績の概要

応募部門	業績題目	応募者名
大賞部門	山岳トンネル工事における油圧ショベルの遠隔操作システム「Tunnel RemOS-Excavator」	西松建設株式会社 ジオマシンエンジニアリング株式会社 フューチャーアイリス株式会社

業績の概要

山岳トンネル掘削の最先端部である切羽においては、発破後に掘削設計断面線よりも内空側に残った地山を掘削する整形作業（以下、あたり取り）が行われている。これまで、あたり取りの際は作業員が切羽直下に立入り、目視にて整形が必要な箇所（以下、あたり箇所）を判断していた。しかし、切羽は地山が露出しており、岩塊の抜け落ち（肌落ち）がひとたび発生すると、死傷災害につながる可能性が高い危険な場所である。そこで、あたり取り作業に使用される油圧ブレーカのオペレータの安全性の向上、作業環境の改善のために、ブレーカやバックホウ等の油圧ショベルの遠隔操作施工システム「Tunnel RemOS-Excavator（トンネルリモス-エクスカベータ）」を開発した。

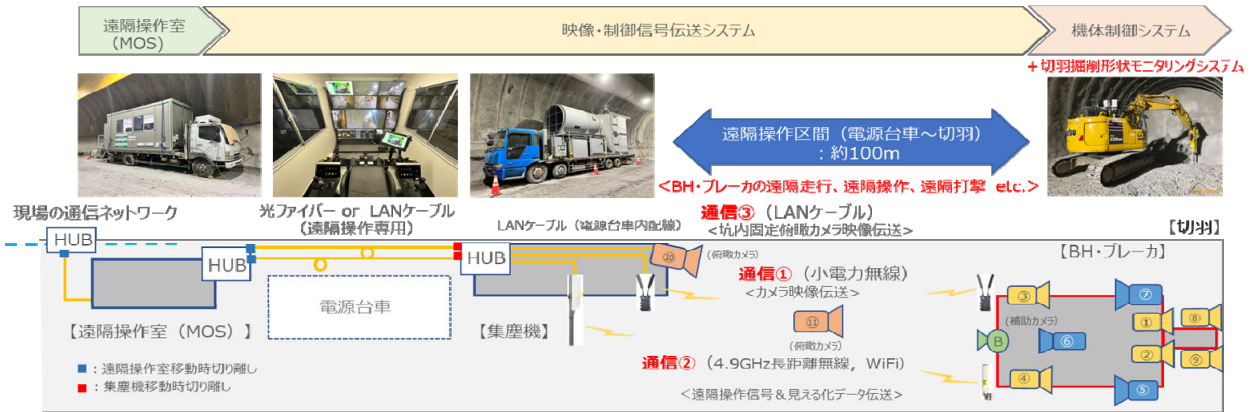


図-1 「Tunnel RemOS-Excavator」 概要図

業績の特徴

(1) 安全性の向上

遠隔操作室から油圧ブレーカのすべての操作を行うことで切羽が無人となり、飛び石や切羽崩落による人的被害が無くなる。また、「切羽掘削形状モニタリングシステム」を搭載することで、あたり箇所の確認に切羽直下に立入ることも無くなるため安全性が向上する。

(2) 作業環境の改善

油圧ブレーカによる掘削作業は振動、騒音、粉じんおよび飛び石の飛来等オペレータにとって苦渋な環境であるが、遠隔操作室は切羽から離れている上に空調が完備されており、快適な作業環境でトンネル掘削を施工することが可能であり、作業環境が改善される。

(3) 操作性の向上

オペレータがより実機に搭乗している時の間隔で操作できるように、操作コックピットにおいて実機の音と振動を再現している。また、現場試行を通じて、カメラの台数や配置の工夫、無線伝送技術の選定を行うことで、遠隔操作をするために必要な視認性と低遅延による高い操作性を実現している。

(4) 高い汎用性

本システムは重機メーカー問わず後付けが可能のため、汎用性の高いシステムとなっている。



写真-1 運転コックピットおよびモニタ



写真-2 遠隔操作油圧ブレーカ

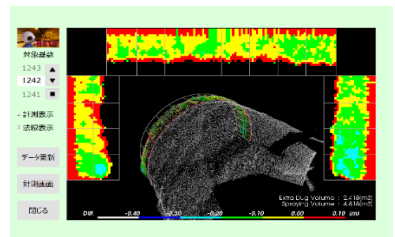


図-2 モニタリングシステム

業績の概要

応募部門	業績題目	応募者名
大賞部門	CO2排出ゼロへ！ フル電動ラフテレーンクレーン「EVOLT eGR-250N」	株式会社タダノ

業績の概要

日本国内で最も台数が多く、汎用性の高い吊上げ性能25tクラスのラフテレーンクレーンのフル電動化を実現。バッテリーを動力源としてモータ駆動により、走行、クレーン作業を可能とした。従来のディーゼルエンジンを搭載したモデルと同等の走行性能、クレーン性能を有し、満充電状態で平均的な1日のクレーン作業が可能。

電動化することで、これまで走行、クレーン作業で発生していたCO2排出をゼロにするとともに、低騒音化も含め、建設機械による施工の環境改善につなげる。



走行姿勢

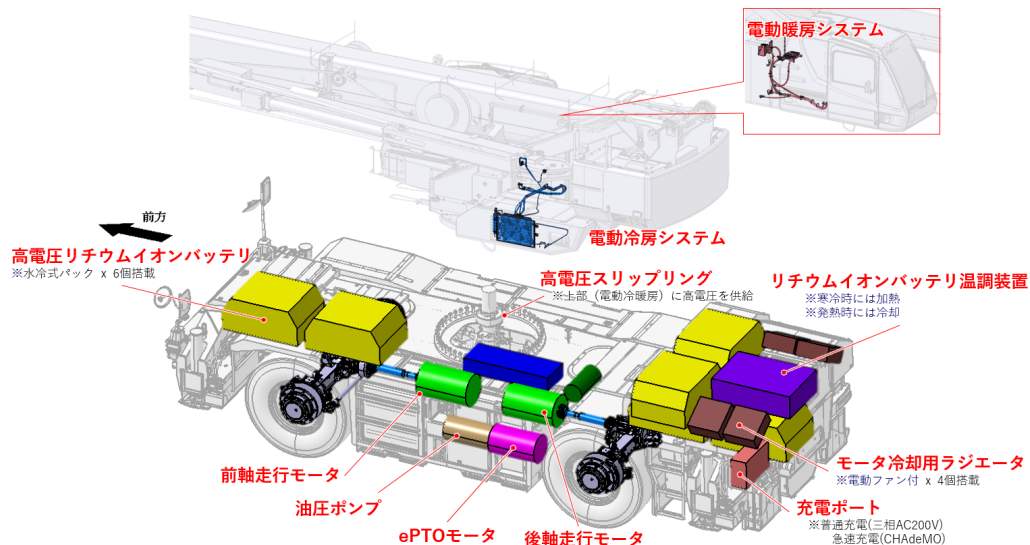


作業姿勢

業績の特徴

本機は世界初のフル電動のラフテレーンクレーンとして、公道走行可能な日本市場での審査基準を満足。クレーン部は、油圧ポンプを電動モータで駆動させることで、信頼性の高い油圧式のウインチ/旋回/起伏/伸縮システムを採用。キャリア部は、トルクコンバータおよびトランスミッションを搭載しておらず、前後軸独立2モータを駆動することで、変速ショックのない滑らかな走行性能を実現している。

そして、エンジン搭載機に比べ劇的に静粛性が向上しており、超低騒音型建機の指定を受けている。また、充電時間は急速充電で約2.5時間、普通充電(AC200V三相商用電源)で約8時間。急速充電方式は日本で普及が進んでいるCHAdeMOを採用している。



[フル電動ラフテレーンクレーン構造装置]