

① 遠隔操作システムを用いた重機オペレータのテレワークシステム

技術の名称	遠隔操作システムを用いた重機オペレータのテレワークシステム【鹿島建設(株)、(株)富島建設、コベルコ建機(株)】		
技術の副題	K-DIVE®遠隔操作システムと稼働データを用いた現場改善ソリューション		
技術の概要	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D X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変革し、効率的に作業を進めることができる。		
実証フィールドにおける 試行成果	本試行は、2024年12月7日に赤谷地区上流溪流保全工他工事現場場内（発注者：近畿地方整備局紀伊山系砂防事務所）にて実施した。 ■ 実機搭乗作業と従来遠隔操縦（ラジコン式遠隔操縦装置）と、今回の遠隔操縦システム（以降K-DIVE）の生産性を比較 ○ 実施項目：①土砂移動作業 ②法面整形作業 ○ 条件：実機搭乗作業、K-DIVE現場内事務所から操縦、K-DIVE現場から70kmの距離にある大阪市内から操縦の3パターンで作業時間を比較 → 実機搭乗操作と比較しK-DIVEは68～83%の施工性。K-DIVEの作業時間は現場と大阪で変わらない。 → 従来遠隔操縦と比較して10～20%の生産性UP。K-DIVEに習熟していなくても70%前後の生産性が確保でき、習熟によりさらに生産性UPが見込まれる。 → マシンガイダンスを使用して整形作業や掘削が可能のため、実機操縦同等の品質で作業ができる。		

遠隔操作 1



遠隔操作 2



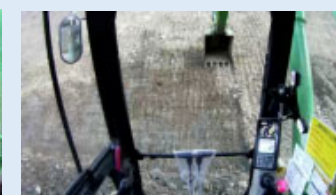
コックピット



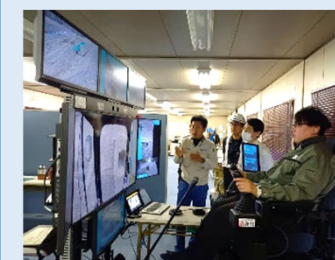
遠隔操作システム（K-DIVE）



土砂移動作業の様子



法面整形作業の様子



現場内でのK-DIVE
操縦状況



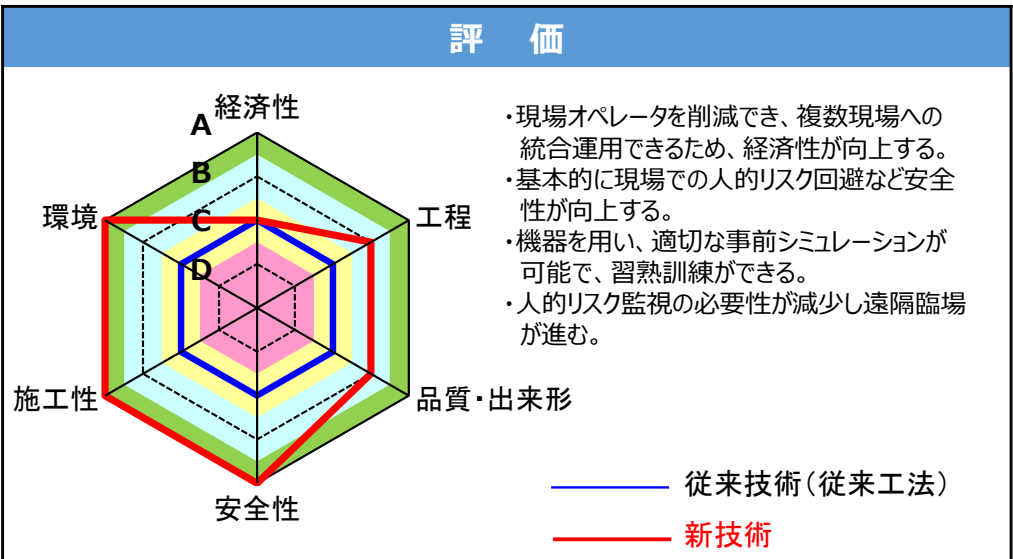
大阪からのK-DIVE
操縦状況

遠隔操作システムを用いた重機オペレータのテレワークシステム（鹿島建設）

 国土交通省

	従来技術（実機リモコン操作）	新技術	評価	
経済性	・現場に必要な数の重機とオペレータが要る ・従来の遠隔リモートシステム（実機の振動・傾斜等が再現できない）では、操作性能に限界がある	・遠隔地からのオペレータ操作の機器が必要 ・従来の遠隔操作システムに比して、操作性が高く現場適応性が高いことからスムーズな操作が可能	C 〔従来技術と同様〕	・従来技術に対し、マン・マシンの適応性が高く、スムーズな操作ができ施工性は上がるが、機器費用が増加する
工程	・リモコン操作であることから搭乗操作よりも工程が長くなる	・従来技術よりスムーズな操作が可能のため工程は短くなる	B 〔従来技術より優れる〕	・スムーズな操作が可能なおから工程が短くなる
品質・出来形	・リモコン操作によるタイムラグがあることから、オペレータの裁量、能力に依存する	・マシンガイダンス機能により施工品質が一定に確保できる	B 〔従来技術より優れる〕	・マシンガイダンス機能により、品質を確保した施工が可能
安全性	・人的災害リスク発生箇所以外からのリモコン操作となり危険回避ができてはいるが、リスク箇所と近接箇所からの操作のため、一定のリスクがある	・遠隔地からの操作となるため、オペレーターにはリスクがなくなるため人的災害に関しては大きな安全確保策といえる	A 〔従来技術より極めて優れる〕	・オペレータ等の人的災害回避が進み安全性が大きく向上する
施工性	・従来の遠隔リモートシステム（実機の振動・傾斜等が再現できない）では、操作性能に限界がある	・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できる	A 〔従来技術より極めて優れる〕	・操作時の感性情報があることから従来技術と比較して10～20%向上し操作習熟すればさらに施工性は向上する
環境	・現地でのオペレータ配置により、気候条件の影響を受けやすく、また、移動によるCO ₂ 排出量は相当量発生する	・オペレータ移動に関して、遠隔地の室内からからの操作することから気候条件の影響を受けにくく、乗用車移動等の炭素排出量は軽減される	A 〔従来技術より極めて優れる〕	・オペレータの配置・運用による、気候条件を受けにくく。炭素排出量は削減できる
合計			B：従来技術より優れる	

技術の成立性	・実績も増え、実機の操作環境・リアルな現場状況について、十分な適応性がある。
実用化	・人的確保策とローテーション展開では大きな利点がある。
活用効果	・周囲カメラにより周辺作業や機械に対するリスクも低減し、人的安全性は大きく向上する。本システムでは、実機搭乗と変わらない操作性(重機の振動、傾斜の再現)が確保される。 ・崩落の危険性がある災害復旧現場でも効果を発揮できる。
将来性	・将来的には、標準技術として、普及されることが望ましい。
生産性	・複数現場や複数機械に切替をして作業ができる見込みが多く、その場合、さらに生産性向上が期待できる。



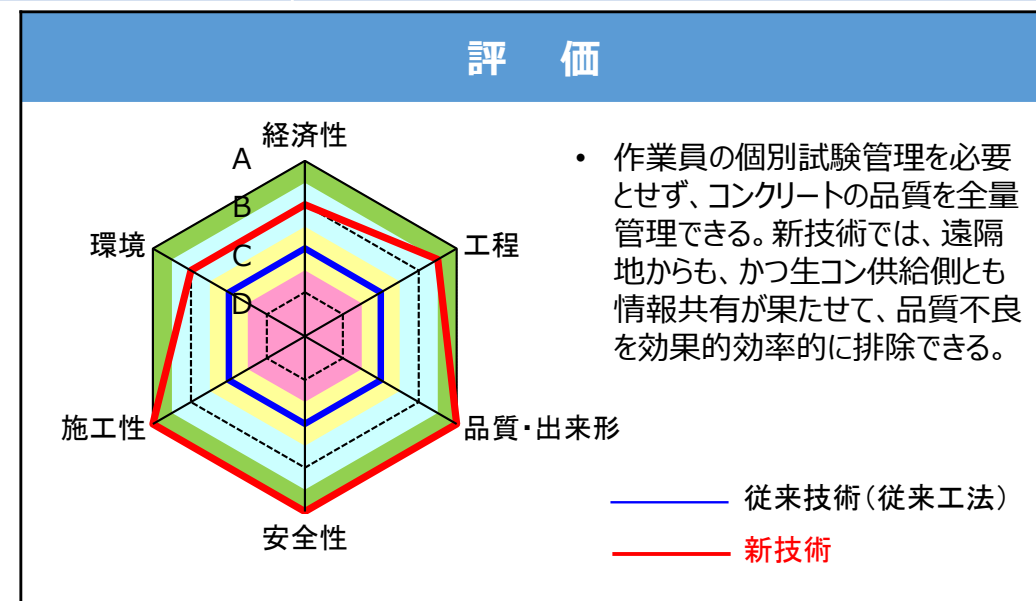
② 画像によるスランプ管理システム

技術の名称	画像によるスランプ管理システム 【(株)大林組】
技術の副題	生コン車の荷卸し画像からAIによりスランプを全量監視
技術の概要	本システムでは、アジテータ車荷卸し時のコンクリートの画像から、AI技術の深層学習機能により、コンクリート全量のスランプをスマートフォンで管理することができる。生コン車の出入り、コンクリートの排出開始・終了、生コン車のシュートの位置をAIが自動で検知するため、スランプ管理を全て自動で行うことができる。スランプの異常が検出されると、直ちに打設担当者等に警告を発する。また、打設場所や遠隔の事務所等とも管理状態を共有できる。これにより、高品質・高耐久な構造物を構築できる。 現在の測定値 スマートフォン シュートの自動検知 AIによるスランプ測定状況
実証フィールドにおける試行成果	【画像によるスランプ管理システム】 本試行は、令和5年12月から令和6年1月に、すさみ串本道路田並川橋P1下部他工事（管理者：紀南河川国道事務所）の3回の橋脚コンクリート打設にて実施した。 ■ アジテータ車全車のスランプの管理 → 本技術でアジテータ車全車のスランプが管理できることを確認 ■ スランプ測定精度の確認 → AIの追加学習を行うことにより、AIによるスランプ測定値の試験値との誤差は0.5cm～1.1cm程度となり、測定精度が高いことを確認 ■ 人間の操作不要で自動で測定 → 全て自動で測定が行えることを確認 ■ 遠隔でのスランプ管理状態を把握 → クラウドを通してスランプ管理状態を把握できることを確認 ■ スランプの異常を検知した際に警報を発信 → スランプが管理基準を超過した際には、警報が発信されることを確認 スランプ (cm) アジテータ車台数 ■ 推定値1台平均 ■ 推定値3台平均 ● 試験値 アジテータ車1台毎のAIによるスランプ測定値の平均値と試験値 5秒毎の平均値 1台毎の平均値 3台毎の平均値 現在の測定値 12.70 クラウドでのスランプ管理状況の表示画面

画像によるコンクリートスラブ管理システム（大林組）

	従来技術（作業員によるスラブ試験）	新技術	評価	
経済性	・一定数の抜き取りスラブ試験を作業員一名が行う	・スラブ試験回数を削減でき、経済効果もある。	B 〔従来技術より優れる〕	・従来コストと比べ、やや向上する
工程	・一定数の抜き取りスラブ試験を実施	・スラブ試験と同等の精度を確認しており、人的作業は省略が可能	B 〔従来技術より優れる〕	・現場の試験作業が減らせる
品質・出来形	・打設生コンクリートに関して、ワーカビリティを抜き取り試験により一定数確認する	・打設生コンクリートに関して、ワーカビリティをほぼ全量確認できるので、管理効率・試験値の管理範囲や効果確認は効率的でかつ精度は高い	A 〔従来技術より極めて優れる〕	・全量確認ができ管理効果は大きい。また、遠隔管理することにより、生コン供給側とも情報共有が果たせる
安全性	・ヤードの一端にて、安全を確保しつつスラブ試験を実施している。	・本技術により現場試験作業が減り、結果的に、安全面での管理リスクは減少する	A 〔従来技術より極めて優れる〕	・現場の安全性は従来技術に比べ向上する
施工性	・安定したスラブ試験結果を得るためには、作業員に一定程度の技能レベルが要求される。	・遠隔でスラブ試験と同等の管理状況が確保されるので、（アラーム発報も含め）実践的管理効果、機能は高い。管理値の情報共有も可能	A 〔従来技術より極めて優れる〕	・作業員の熟練度によらず、確実な管理ができる。アラーム発報や供給プラント側との情報共有も可能で管理機能は高い
環境	・一定程度、材料の抜き取りを行うが、品質が確認されていれば、特段の環境負荷増大はない。	・材料の抜き取りを行うことなく、合理的で適切な管理を行うので、環境負荷はやや減る	B 〔従来技術より優れる〕	・環境負荷はやや減る方向にある
合計			A：従来技術より極めて優れる	

技術の成立性	・季節ごとの機能調整や天候による照度調整もできており、技術としては確立している
実用化	・各方面での試行も進んでおり、自社以外へのサービス提供も進めている。
活用効果	・現場作業員による試験作業が不要で、遠隔・情報共有が果たせるのでワーカビリティ不良に起因する施工不良を未然に防止できる。
将来性	・スラブ試験の効果的な代替機能を有しており、さらに発展してほしい技術である
生産性	・本システムの活用により、コンクリートのワーカビリティを全数確認でき、遠隔管理・生コン供給者側とも情報共有が果たせるので、効果的効率的な品質管理ができる



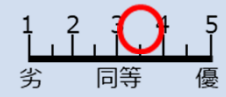
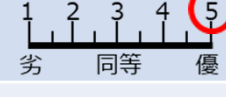
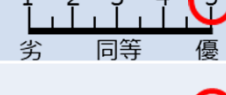
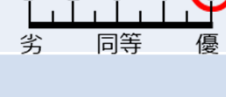
③ コンクリート中鉄筋の腐食状態を非破壊で測定する技術

技術名	コンクリート中鉄筋の腐食状態を非破壊で測定する『Dr.CORR』		【飛島建設株式会社】																																												
副題	鉄筋と測定機を接続せずに構造物中の鉄筋のインピーダンスが測定可能																																														
技術概要	・『Dr.CORR』は、構造物中の鉄筋の腐食速度を非破壊で推定できる測定機である。 ・主な特徴として、 ①鉄筋をはつり出さずに構造物中の鉄筋の腐食速度を測定 ②3つのプローブをコンクリート表面に張り付けることで測定可能 ③大掛かりな電源装置が不要 ④任意の基準から腐食速度のレベル判定が可能 (現場試行ではヨーロッパコンクリート委員会(CEB)の基準を採用)																																														
試行状況	・撤去が予定されている旧西川樋門（和歌山県紀の川市上野）内の3か所にて鉄筋の腐食速度を測定 ・Dr.CORRでの測定後、鉄筋をはつり出して鉄筋の状態を確認し、測定結果と比較することで精度を確認 ・試行期間は2024年11月11日(月) 11:00～15:00	測定状況のイメージ図	【解析画面および測定鉄筋の状態】																																												
	・コンクリート表面にプローブを貼り付けるのみで、完全非破壊での腐食速度測定が可能であった ・CEBの評価基準を基に表示されたレベルと、はつり出した鉄筋の状態が対応し、測定精度が確認された	測定箇所	<table border="1"> <thead> <tr> <th>腐食速度測定値* I_{corr} (μA/cm²)</th> <th>腐食速度の判定 (腐食なし)</th> <th>分極抵抗** R_p (kΩcm²)</th> <th>侵食度** PDY (mm/年)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.1～0.2未満</td> <td>不動態状態 (腐食なし)</td> <td>130～260より大</td> <td>0.0011～0.0023未満</td> </tr> <tr> <td>0.2以上0.5以下</td> <td>低～中程度の腐食速度</td> <td>52以上130以下</td> <td>0.0023以上0.0058以下</td> </tr> <tr> <td>0.5以上1以下</td> <td>中～高程度の腐食速度</td> <td>26以上52以下</td> <td>0.0058以上0.0116以下</td> </tr> <tr> <td>1より大</td> <td>激しい、高い腐食速度</td> <td>26未満</td> <td>0.0116より大</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">腐食速度[mm/年]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>レベル5閾値</td> <td>0.01143</td> <td>表示文字</td> <td>レベル5 表示色</td> </tr> <tr> <td>レベル4閾値</td> <td>0.005715</td> <td>表示文字</td> <td>レベル4 表示色</td> </tr> <tr> <td>レベル3閾値</td> <td>0.002286</td> <td>表示文字</td> <td>レベル3 表示色</td> </tr> <tr> <td>レベル2閾値</td> <td>0.001143</td> <td>表示文字</td> <td>レベル2 表示色</td> </tr> <tr> <td>レベル1</td> <td></td> <td>表示文字</td> <td>レベル1 表示色</td> </tr> </tbody> </table> 【レベル判定の基準および設定値】	腐食速度測定値* I _{corr} (μA/cm ²)	腐食速度の判定 (腐食なし)	分極抵抗** R _p (kΩcm ²)	侵食度** PDY (mm/年)	0.1～0.2未満	不動態状態 (腐食なし)	130～260より大	0.0011～0.0023未満	0.2以上0.5以下	低～中程度の腐食速度	52以上130以下	0.0023以上0.0058以下	0.5以上1以下	中～高程度の腐食速度	26以上52以下	0.0058以上0.0116以下	1より大	激しい、高い腐食速度	26未満	0.0116より大	腐食速度[mm/年]				レベル5閾値	0.01143	表示文字	レベル5 表示色	レベル4閾値	0.005715	表示文字	レベル4 表示色	レベル3閾値	0.002286	表示文字	レベル3 表示色	レベル2閾値	0.001143	表示文字	レベル2 表示色	レベル1		表示文字	レベル1 表示色
腐食速度測定値* I _{corr} (μA/cm ²)	腐食速度の判定 (腐食なし)	分極抵抗** R _p (kΩcm ²)	侵食度** PDY (mm/年)																																												
0.1～0.2未満	不動態状態 (腐食なし)	130～260より大	0.0011～0.0023未満																																												
0.2以上0.5以下	低～中程度の腐食速度	52以上130以下	0.0023以上0.0058以下																																												
0.5以上1以下	中～高程度の腐食速度	26以上52以下	0.0058以上0.0116以下																																												
1より大	激しい、高い腐食速度	26未満	0.0116より大																																												
腐食速度[mm/年]																																															
レベル5閾値	0.01143	表示文字	レベル5 表示色																																												
レベル4閾値	0.005715	表示文字	レベル4 表示色																																												
レベル3閾値	0.002286	表示文字	レベル3 表示色																																												
レベル2閾値	0.001143	表示文字	レベル2 表示色																																												
レベル1		表示文字	レベル1 表示色																																												

【測定状況】

コンクリート中鉄筋の腐食状態を非破壊で測定する技術（飛鳥建設株式会社）

 国土交通省

	従来技術（自然電位法）	新技術（Dr.CORR）	評価	
経済性	・積算基準での価格：762,615円/3箇所（標準調査工）（断面修復工＋測定費用：0.13日/箇所） ・鉄筋のはつり出しおよび修復作業が必要となる	・積算基準での価格：330,200円/3箇所（標準的調査数量）（測定費用：0.03日/箇所） ・1箇所あたりの価格は増加するが、断面修復が不要		断面修復工が不要である。標準的な3箇所以上の測定をする場合、トータルコストを抑制できる
工程	・測定のために鉄筋を一部のはつり出し、測定後に修復の必要があるため、計測以外の行程が発生する	・計測のフローから鉄筋のはつり出しと修復作業が無くなるため、工程短縮が可能		断面修復工が不要であるため、積算ベースで1箇所あたり0.5時間短縮できる
品質・出来形	・測定結果の解釈に専門的な知識が求められる	・測定、解析および判定の機能を盛り込んだソフトウェアを用いることで、専門的な知識は不要		CEBの基準を用いて判定した結果、現地での解析結果と鉄筋の状態が対応していた
安全性	・はつり出しのために、工具を用いた危険作業を伴う	・コンクリート表面にプローブを貼り付けるだけで測定準備が完了するので、工具を用いた作業が無く、安全性が向上		工具を用いた危険作業がなくなり、安全性は向上した
施工性	・コンクリート中鉄筋を一部のはつり出す必要がある	・完全非破壊の測定のため、断面修復工が不要 ・粘着導電性ゲルを用いることでプローブの保持が不要		測定準備が簡単であり、測定中もハンズフリーとなるため施工性が向上した
環境	・断面修復工に伴う騒音・粉じんが発生する	・騒音・粉じんが発生しないため、環境負荷が低減		完全非破壊であるため、騒音・粉じんが発生せず、測定時の環境性は向上した
合計			平均：4.50点	

技術の成立性	・コンクリート中鉄筋の腐食速度を完全非破壊で測定できた（2024年12月にnetis登録完了；KK-240083-A）
実用化	・既に実用化レベルにあり、日本国内での腐食速度の判定基準を整備することで、更に利活用の幅が広がり、補修計画の精度を上げることができる ・今後、実績を積むことで判定基準の根拠がより明確になる
活用効果	・調査フローからはつり作業が無くなるため、危険作業がなくなり、工程が短縮される ・測定準備が簡便であり、施工性が向上する ・測定結果をソフトで容易に解析可能であるため、作業員に専門的な知識が不要となる
将来性	・断面修復が必要と判断される腐食程度に対応する腐食速度の判定基準を整備することで、精度の高い補修計画を立案できるようになる ・手の届かない場所に対するプローブの設置方法が考案されれば、活用の幅が広がる
生産性	・断面修復工が不要であるため、複数点を測定する際の生産性が向上 ・測定に電気化学的な専門知識を必要としないため、生産性向上に寄与

