

建設展示館 第13回出展技術発表会

無人化施工技術

～無人化施工による効率的・効果的な災害復旧～

令和4年12月 8日

建設無人化施工協会

技術委員長 坂下 誠
事務局 小森 聡

1. 無人化施工協会概要
2. 無人化施工について
3. 無人化施工の歴史
4. 無人化施工技術の進化
5. 無人化施工適用工種
6. 無人化施工機械
7. 無人化施工実績
8. 無人化施工技術構成
9. 無人化施工世代別スタイル
10. 災害地での無人化施工計画
11. 無人化施工技術の課題
12. 遠隔操作の効率
13. 協会ホームページ
14. 無人化施工機械情報提供
15. 協会の活動
16. 無人化施工紹介動画

1. 建設無人化施工協会とは

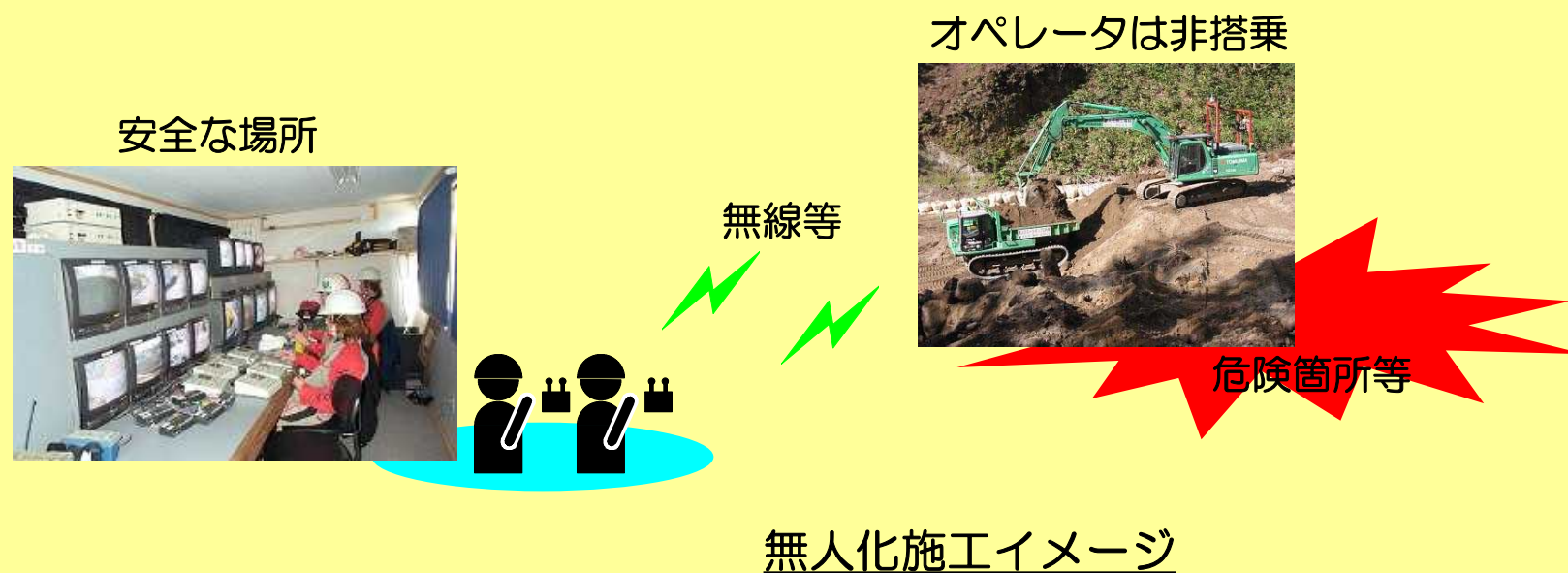
当協会は有珠山の噴火や伊豆諸島北部群発地震がありました
2000年(平成12年)11月、建設工事における無人化施工法の
技術開発、普及促進および災害復旧工事に対応可能な無人化施
工実施体制の構築と維持を目的として、建設業者、建設機械メー
カー、無線機器メーカー、リース業者の18社によって設立されま
した。その後測量機器メーカーや航空事業者などからも参加があ
り、現在会員数23社で災害対応・復旧への技術協力をおこなって
います。

【会員会社一覧】

青木あすなろ建設(株) 、(株)大林組、(株)大本組、
鹿島建設(株)、(株)熊谷組、五洋建設(株)
清水建設(株)、大成建設(株)、西松建設(株)
(株)フジタ、前田建設工業(株)
コマツカスタマーサポート(株)
キャタピラー・ジャパン合同会社
キャタピラー九州(株)、東京通信機(株)
西尾レントオール(株)、日立建機(株)、
日立建機日本(株)、中日本航空(株)、(株)アクティオ
サイテックジャパン(株)
(株)トプコンソキアポジショニングジャパン
(株)カナモト

2. 無人化施工とは

無人化施工は、建設工事を遠隔地より安全かつ円滑に行うものです。ラジコン装置等を取り付けた建設機械群をオペレータが遠隔地より操作することで安全性を確保します。また、工事を支援するシステム群により作業効率が向上しています。雲仙・普賢岳においては、砂防堰堤の築堤、構造物設置、除石工事に採用されています。本施工は、最近では雲仙・普賢岳のみならず各地の災害復旧工事や劣悪環境現場に適用されています。



3. 無人化施工の歴史

未来

● 2021年_5Gによる遠隔操作 ⇒ 新技術への挑戦

● 2019年_除石工事 ⇒ 技術定着(復興事務所～雲仙砂防管理センター)

● 2018年_堰堤改築工事 ⇒ 雲仙地区の砂防施設の新設終了

[技術課題の解消]

□ 通信手法の変化

□ 工種の拡大

□ 操作距離の拡大

□ ICT技術の活用

[全国の災害対応]

- ・熊本地震災害対応 2016年
- ・紀伊半島大水害対応 2011年～2013年
- ・東日本大震災対応 2011年～
- ・南大隅土砂災害対応 2010年～
- ・三宅島火山災害対応 2001年～2002年
- ・有珠山火山災害対応 2000年～2001年
- ・雲仙普賢岳火山災害対応 1994年～

● 1993年_雲仙普賢岳試験フィールド ⇒ 多種・複数建設機械による施工

● 1984年_遠隔BH
(立山砂防事務所)

● 1965年_水陸BD (常願寺川)

⇒ ベースマシンの誕生(ラジコン重機)

過去

4. 無人化施工技術の進化

① ラジコン(遠隔操作式)重機から無人化施工

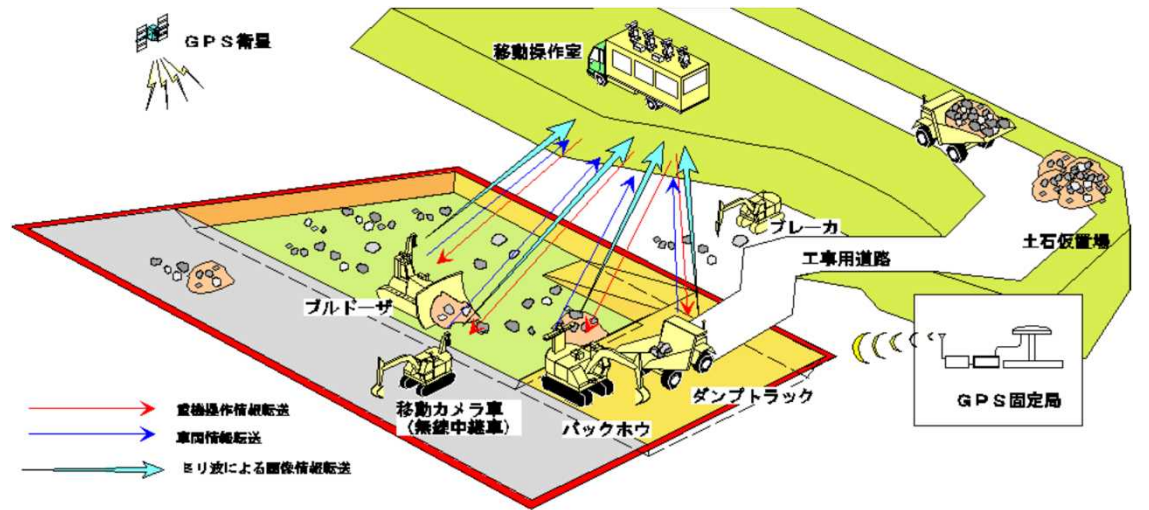
ラジコン重機施工



水陸BD 1965年(常願寺川)

遠隔BH 1984年(立山砂防事務所)

雲仙普賢岳試験フィールド(1993年)



4. 無人化施工技術の進化

試験フィールド制度(1993年)
技術提案により新技術の活用



既設堰堤等改築工事(2018年)
より狭隘な場所での施工

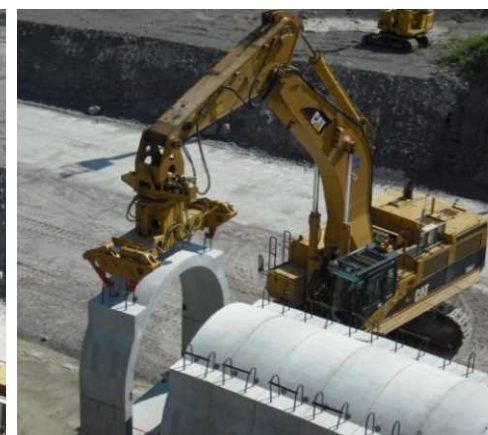
[テーマ] 土石流発生後に遊砂池等に堆積した巨礫・土砂の緊急除去
(単純な除石、
幅200m×長さ300m×深さ4m)

[施工条件]

- ・ 直径2~3mの巨礫破碎
- ・ 温度100°C、湿度100%の環境
- ・ 100m以上の遠隔操作



- ① 1.0kmを超える遠隔操作
- ② 無人での測量作業、マーキング
- ③ RCCコンクリートえん堤
- ④ 構造物の据付
- ⑤ 無線LANを使った施工 など



5. 無人化施工の主な適用工種一覧

砂防堰堤、土工事、構造物設置撤去 等

機種名: BH (バックホ)、BD (ブド-ザ)、CD (カ-ザン)、DT (ダンプトラック)、VR (振動ローラ)

対応工種		備 考	写真番号		
工 種	細 分			作業概要	
1	砂防堰堤等	① 転圧コンクリート (RCC、CSG)	・BH、BD、VRの組合せ作業 ・測量、位置出し(マーキング)、平板載荷試験等の管理	砂防堰堤、床固工、水叩き工、側壁を含む	A
		② CSG	・BH、BD、VRの組合せ作業 ・測量、位置出し(マーキング)、平板載荷試験等の管理	背割堤、堰堤	-
		③ 有スランブコンクリート	・BH、DTを改造したポンプ車により作業を実施	-	B
		④ ISM工法	・バックホに攪拌装置(ISM)を取付け施工	ホースの取廻し距離に限界がある。	C
		⑤ ブロック積堰堤	・BHにブロック保持装置、CD、DTによるブロック運搬	把持対象と保持装置、運搬機と適合が必要	D
		⑥ 鋼製スリット	・BHに保持装置、DTによるスリット運搬作業	-	B
2	土工事等	⑦ 土工事 (導流堤/遊砂地)	・BH、BD、CD、DTの組合作業	-	-
		⑧ 除石工 (転石破碎を含む)	・BH、BD、CD、DTの組合作業 (転石破碎ではBHにブレーカ装着)	-	E
		⑨ 頭部排土	・BH、ロッククライミングマシンの組合作業	ロッククライミングマシンは目視の実績しかない。	F
		⑩ 土のう設置	・BH、BD、CD、DTの組合作業	土のうを吊込むために、土のうの吊代に工夫が必要	G
		⑪ 伐採工	・BHにアタッチメント(切断機:クッドシャ)と把持装置付BH(切断木の接触を防ぐため把持)の複合作業	除根作業は手間が掛かる。	H
		⑫ 分解による空輸 (山頂部での施工)	・分解型BHと空輸による作業	空輸計画、組立ヤード等の検討が必要	I
		⑬ 除雪	・BH、BDによる作業	降雪などの厳しい作業条件	J
		⑭ 瓦礫撤去	・BHに保持装置、CDで運搬	-	-
		⑮ 粉塵防止材散布	・CDを改造した(散水車)	-	-
		⑯ 水中掘削	・水陸両用BD、嵩上げBHによる作業	作業箇所の平坦性、トラフ能力を確認してからの作業	K
		⑰ 吹付工	・BHに吹付けノズルまたは散布機を装着して作業	-	-
3	構造物設置撤去	⑱ プルメタル	・BHに保持装置、DTによるプルメタル運搬作業	把持対象と保持装置、運搬機と適合が必要	-
		⑲ ボックスカルバート	・BHに保持装置、DTでボックスカルバート運搬	-	L
		⑳ 構造物撤去工	・BHに破碎機またはブレーカを装着して作業	-	-

施工写真

砂防堰堤等



その他



5. 無人化施工の主な適用工種



土工
(割岩、掘削、積込み)



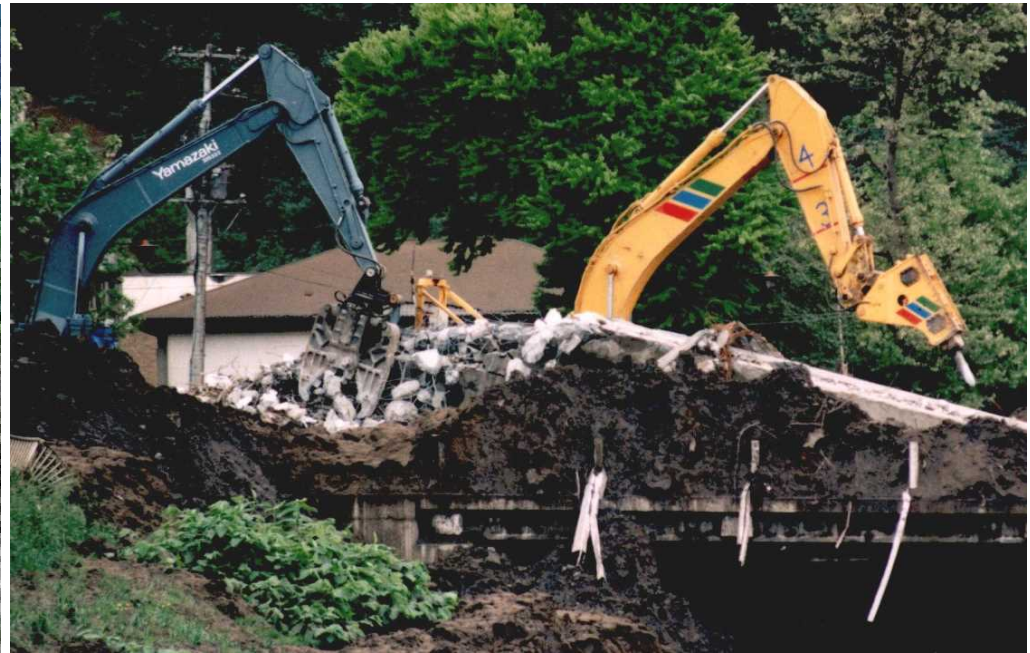
コンクリート工
(運搬、敷均し、締め固め)

(一財)先端建設技術センター編 緊急時の無人化施工ガイドブック

5. 無人化施工の主な適用工種



仮設工
(土嚢設置)



構造物解体工
(ブレーカー、破碎機)

(一財)先端建設技術センター編 緊急時の無人化施工ガイドブック

5. 無人化施工の主な適用工種



構造物設置工
(護床ブロック設置)



構造物設置工
(コンクリート打設、スリット設置)

(一財)先端建設技術センター編 緊急時の無人化施工ガイドブック

6. 無人化(遠隔操作式)機械一覧表

作業内容	機種	規格	備考
掘削・押土	ブルドーザ	60t級	水陸両用
		43t,32t級	
		28t級	湿地式
		21t,16t級	
掘削・積込	バックホウ	0.25~4.0m ³ 級	ブレーカ仕様あり 特殊アタッチメント仕様あり
運搬	ダンプトラック	77t級 45t級 32t級	ア-ティキュレートダンプ [®]
	不整地運搬車	12t級 11t級 10t級 7t級	旋回仕様 旋回仕様
締固め	振動ローラ	11t級	ダム用 垂直振動型
その他	移動式カメラ車	4t,2t級	不整地運搬車ベース
	通信中継車	12t級	不整地運搬車ベース
		6t級	低床式運搬台車ベース
	散水車	11t級	不整地運搬車ベース
	清掃車	中型	専用車、トラクタショベル型

6. 遠隔操作機械(写真)

ブルドーザ



不整地運搬車



振動ローラ



バックホウ



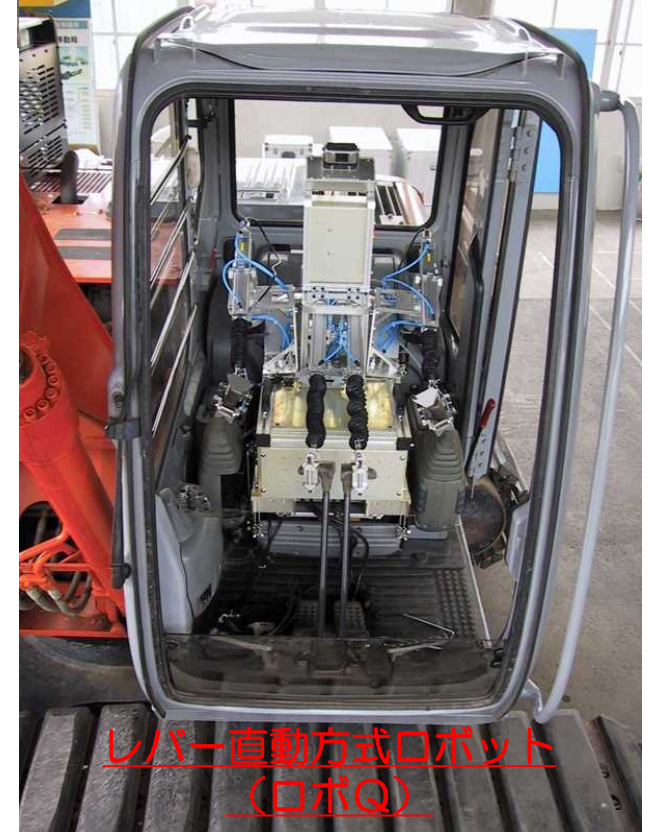
移動カメラ車



ダンプトラック

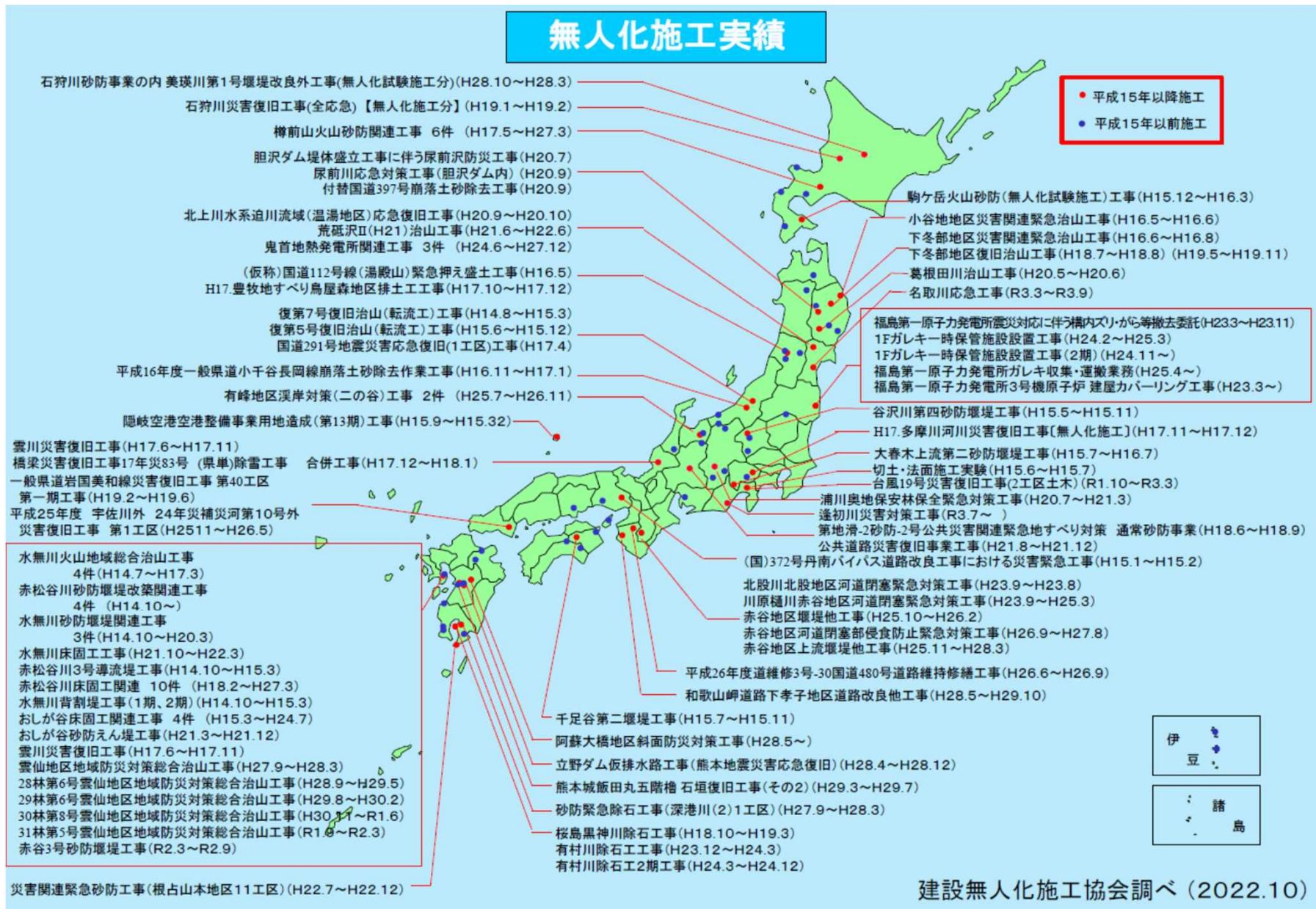


移動中継車



レバー直動方式ロボット
(ロボQ)

7. 無人化施工の実績



8. 無人化施工の技術構成

無人化施工は複合した技術の集合体

ICT・情報化施工技術等の駆使

画像伝送技術

無線通信技術

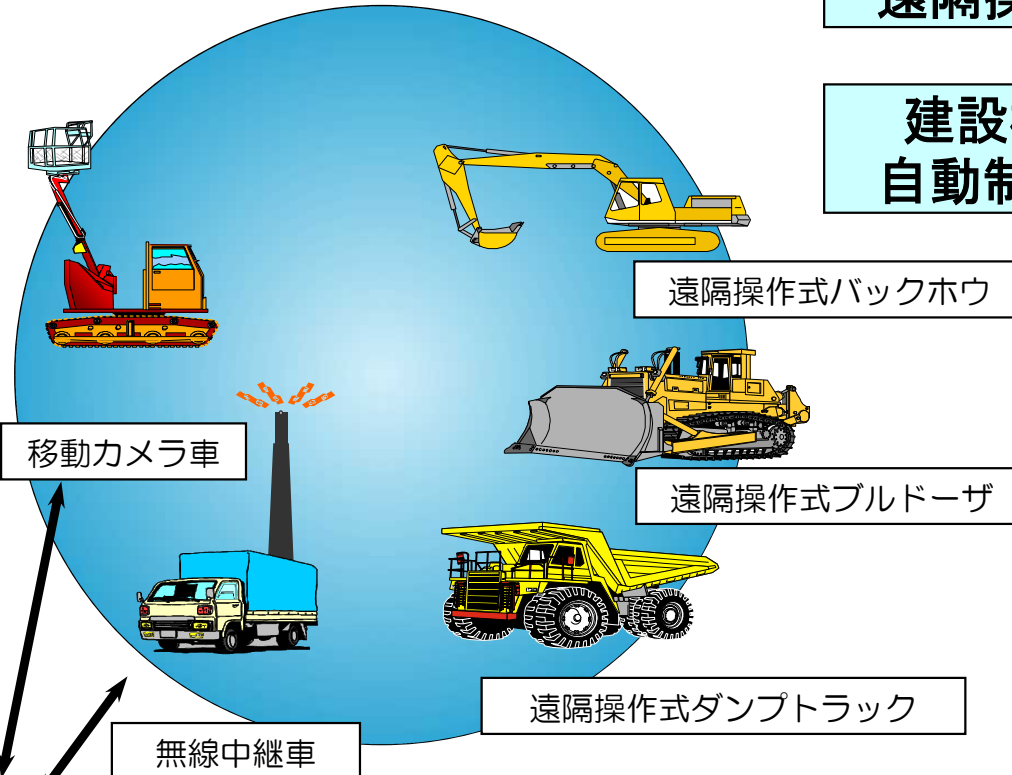
建設機械の
遠隔操作技術

建設機械の
自動制御技術

運転操作環境、モニタ選択、カメラ配置、ガイダンス画面 等




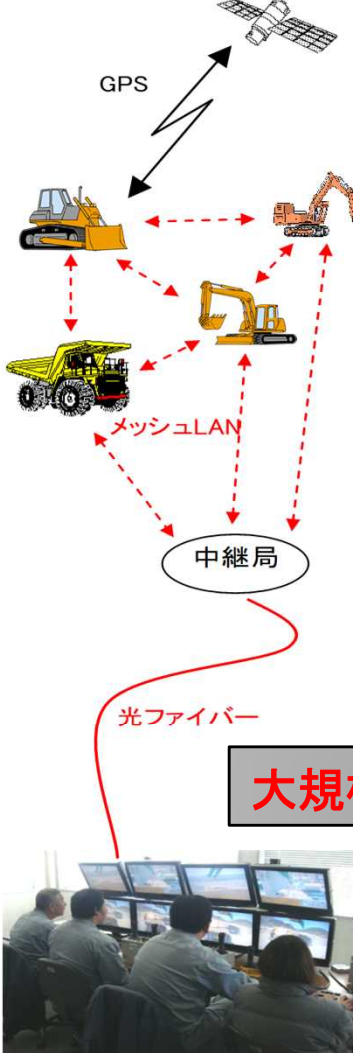


遠隔操作室



施工技術(施工計画、マネジメント)の駆使

9. 世代(状況)別の無人化施工スタイル

方式	第1世代	第2世代	第3世代	第4世代
副題	直接操作方式	モニター操作方式	情報化施工方式	ネットワーク型遠隔操作方式
イメージ図	<p>遠隔操作用建設機械</p>  <p>オペレータ</p>	<p>遠隔操作用建設機械</p> <p>外部カメラ</p> <p>車載カメラ</p>  <p>オペレータ</p>	<p>GPS</p>  <p>情報化施工用モニター</p> <p>オペレータ</p>	<p>GPS</p>  <p>メッシュLAN</p> <p>中継局</p> <p>光ファイバー</p> <p>オペレータ</p>
	小規模短距離	中規模中距離	構造物構築	大規模長距離

10.災害地での無人化施工の計画

「そこで何をする？ 何が必要？ 何が効果的？」

①被災地の被害を最小限に食い止める(緊急対応)

◇施工時期

災害初期(初動)

災害の最盛期(火砕流、土石流、泥流発生時期等)

◇工事内容

○埋塞土の除去・撤去

○仮導流堤の築造

○土石流、泥流の流れる方向を切り替える。

○仮遊砂地の築造

○主要幹線の仮復旧 等

②被災地の復旧・復興工事を実施する(計画的実施)

◇施工時期

災害の鎮静化、安定化、挙動監視体制等の確立後

◇工事内容

○導流堤の築造

○遊砂地の築造

○砂防堰堤の築造

<事前検討項目>

①対策工の内容(工種,施工量,施工場所,工期等)

②有人施工区域と無人化施工区域の境界や

想定される危険要因(噴石、土石流等)の特定

③現地の見通し条件(無線,映像設備配置の観点)

④操作場所,機械のモータプールの位置(安全確保)

⑤工事用道路(無人走行箇所)の状況

⑥重機搬入路の状況,期間(ルート,幅員,勾配,許可)

⑦土砂仮置場所の位置(無人→有人の土砂積替場)

⑧乗換場所の位置(無人→有人運転の乗換場所)

⑨施工範囲の土質,含水率(礫,巨石の有無等含む)

⑩施工の精度や管理・精算方法

⑪工種に応じた施工効率の設定

⑫日作業時間・作業日数の検討や設定

⑬管理体制・作業人員の検討

⑭無人化施工設備の検討

⑮使用機械の選定や制限事項に対する考慮

⑯手配期間等も考慮した工程計画



10.災害地での無人化施工の計画

無人化施工を行うための 事前情報 及び 初期判断

○事前の基本情報

- 当該箇所の電波状況(既存インフラの状況)
- 携帯用電波3G、4Gの強度
- Wi-Fiの通信環境、電波強度
- 光ケーブルの敷設状況及び使用率
- 発災箇所及び周辺の様況(地形データ)
- 発災箇所の詳細映像情報
- 気象情報(スポット・広域・週間天気情報、雨量、風速)

○初期判断

- **安全エリアの構築**(無人エリアと有人エリアの境界)
- 遠隔操作室、重機待機場所、無線中継や無線LANアクセスポイント設置可能箇所、無人化施工**重機の走行路(導線)確保**
- 災害復旧内容に応じた使用**重機と必要な台数、オペレータの確保**

11.無人化施工技術の課題

①重機の機種・台数が限られている

⇒ **アタッチメント・運用方法**

②有人機械施工に比べ作業品質・効率が劣る

⇒ **技術研究・追加設備**

各社が独自に研究開発

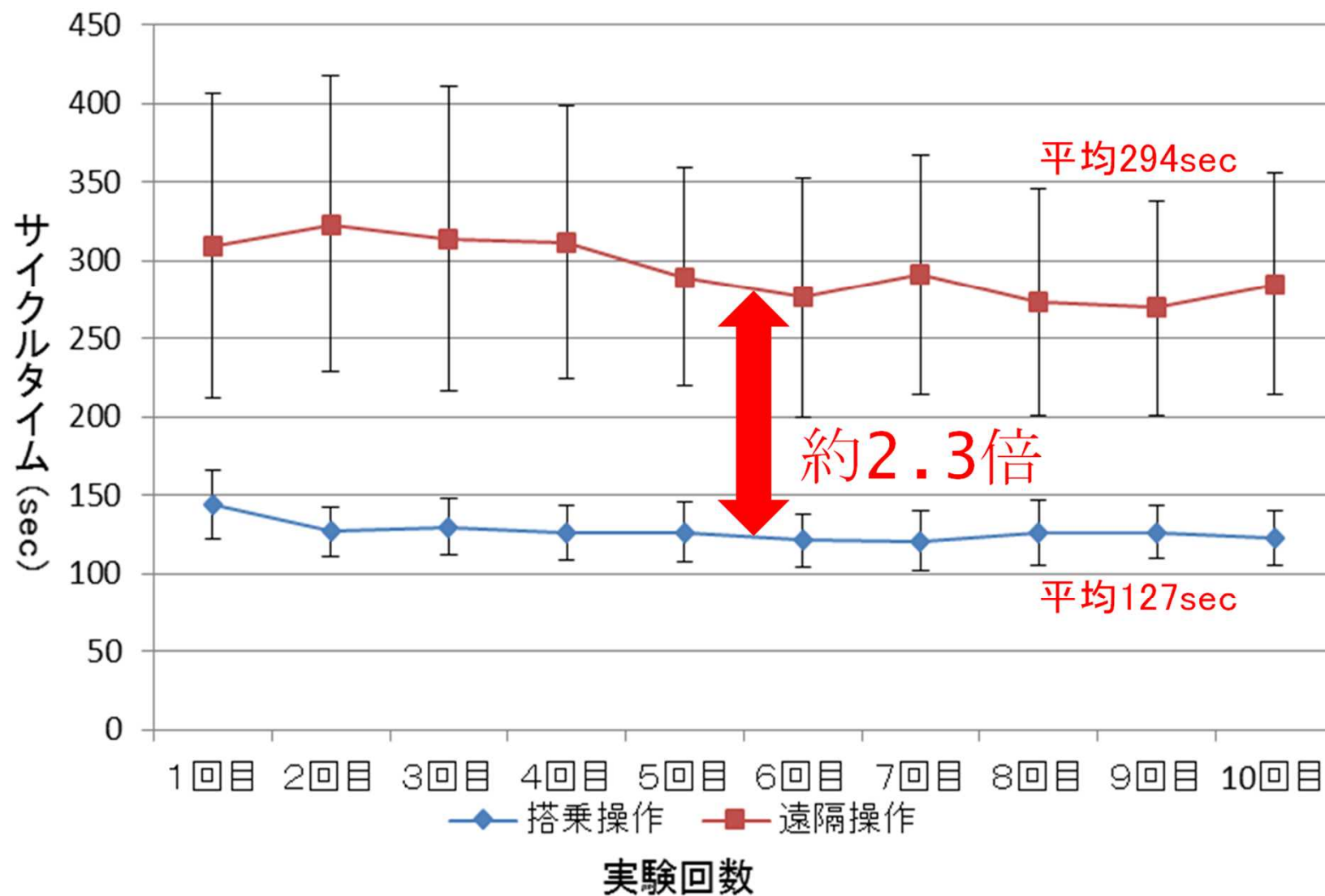
③オペレータが少ない・技量不足

⇒ **技術講習会・試験施工等の実践経験**

関東地整、近畿地整、四国地整、九州地整などは定期的に各技術事務所等が主催した無人化施工機械運転講習会などを実施

作業計画
が重要

12.遠隔操作の効率

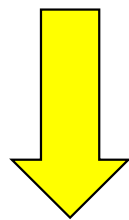


土木研究所での研究結果(2014)より引用

12.遠隔操作の効率

遠隔操作の効率をあげる技術研究(土木研究所)

搭乗操作時に得られる環境情報がカギ



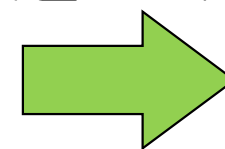
オペレータにより多くの情報を与える



サイクルタイム向上が期待

遠
隔
操
作

近づく



搭
乗
操
作

遠隔操作の効率をあげる技術研究(土木研究所)



13. 無人化施工の紹介ホームページ

<http://www.kenmukyou.gr.jp/>

建設無人化施工協会

ログイン(会員専用)

TOP

① 無人化施工とは

- 無人化施工のしくみ
- 施工技術・対応工種
- 無人化施工システムの構成
- 遠隔操作付建設機械の構成
- 無線の基本構成
- 無人化施工システムの実施方式
- マシンガイダンスの活用
- 構成機械・機器一覧

🏠 無人化施工実績

- 主要施工実績
- 全国実績一覧

☔ 災害時の対応

- 緊急時の対応フロー
- 建設機械のお問合せ

📍 協会のご案内

- 協会の概要
- ご挨拶
- 会員一覧
- 関連図書

THE 7TH ROBOT AWARD
第7回 ロボット大賞

安全・迅速・確実な
災害復旧・復興のために

無人化施工のしくみ
遠隔操作の手法や可能な作業

主要施工実績
全国の主な実績箇所と作業内容

緊急時の対応フロー
災害発生時の対策とポイント

建設機械のお問合せ
協会の保有する機械の種類と使用状況

14.遠隔操作式機械の情報提供

協会の保有する機械の使用状況は以下のようになります。支援を要請されたい場合は、下記までお問い合わせください。

080-2568-9802 [建設無人化施工協会事務局]

管理番号 (新)	機種	オプション機能	型式	規格	台数	現在地	現在状況
1	水陸両用ブルドーザ	クレーン装着可能	D155WZ	43.5t	1	福島県南相馬市(11月末より稼働予定)	待機中
2	水陸両用ブルドーザ	クレーン装着可能	D155W	43.5t	1	福島県南相馬市	整備中
63	トラックローダ	-	CL45	0.48m ³	1	熊本県南阿蘇村	稼働中
64	油圧ショベル	スーパーロング	PC220LC	0.8m ³	1	長野県茅野市	稼働中
65	油圧ショベル	スーパーロング	PC350LC	0.8m ³	1	宮城県	稼働中
66	油圧ショベル	ブレーカ装着可能	PC350	1.4m ³	1	福岡県北九州市	稼働中
67	油圧ショベル	ブレーカ装着可能	PC210	0.8m ³	1	福岡県北九州市	稼働中
68	油圧ショベル	スーパーロング	PC200LC	0.8m ³	1	宮城県本吉郡南三陸町	稼働中
69	アーティキュレートダンプ	-	HM400	36 t	1	福岡県	待機中
99	クローラダンプ	-	LD1000D	10 t	1	長崎県諫早市	休車中
100	クローラダンプ	-	LD1000D	10 t	1	長崎県諫早市	休車中
101	油圧ショベル	ブレーカ装着可能	320DL	0.8m ³	1	長崎県諫早市	休車中
102	油圧ショベル	ブレーカ装着可能	320D	0.8m ³	1	岩手県	有人にて稼働中
103	油圧ショベル	ブレーカ装着可能	336D	1.4m ³	1	岩手県	有人にて稼働中

15.協会の活動(技術開発)

○運転支援のための映像技術の開発 (協会員主体)

- 低遅延高精細画像伝送機器の開発
- 俯瞰映像システムの開発

○新しい無人化施工法等の開発(協会員主体)

- 無人化施工用連続式土嚢開発
- 無人化施工用地盤改良技術(トラフィカビリティ確保)の開発

○無人化施工機器の開発と配備 (国土交通省主体)

- 分解組立型バックホウ
- 簡易遠隔操縦装置

15. 協会の活動(無人化対応支援)

○技術支援(資料に基づく検討・現地調査への同行)

無人化施工の必要性や範囲などを判断する為には現地調査が不可欠です。当協会では現地調査に同行し、無人化施工の導入をサポートします。

○遠隔操作式機械の情報提供

無人化施工に不可欠な遠隔操作式建設機械の稼働状況を把握し公開しています。ご活用ください。

○迅速な情報展開

お問い合わせいただいた内容につきましては、協会各社へ速やかに水平展開します。具体的な支援は会員各社が対応いたします。