

熊谷組

無人化施工技術



KUMAGAI GUMI

熊谷組の「無人化施工技術」は 日々進化を続けています！

近年、日本各地で頻発する地震や集中豪雨、
さらには火山噴火に伴う火砕流や土石流。

自然災害に対する緊急対策工事は、二次災害の危険性が高い作業となります。
このような場面で活躍する、遠隔操作式建設機械を用いた「無人化施工技術」。

熊谷組は、この「無人化施工技術」に早くから取り組み、
安全かつ迅速に被災地の復旧を進め、社会に貢献しています。

「無人化施工技術」を極め、 社会に大きく貢献する

「無人化施工技術」とは、遠隔地から無線通信技術を利用し、遠隔操作式建設機械を用いて施工する技術の総称です。主に自然災害被災地の危険性が高い施工現場より、十分離れて設置した安全な操作室で、カメラ映像とICTを使用し、建設機械をオペレータが遠隔操作します。

熊谷組は、1994年の雲仙普賢岳での試験フィールド制度による試験工事以来、有珠山や岩手・宮城内陸地震の荒砥沢治山工事、鹿児島県南大隅での緊急対策工事、山口県錦町の土砂崩壊、鹿児島県垂水市の土砂崩落の緊急対策工事、最近では熊本県南阿蘇村立野地区でおきた大規模な斜面崩壊を復旧した、阿蘇大橋地区斜面防災対策工事などに導入されており、20件以上の実績を重ねてきました。「無人化施工技術」の目的は、安全に一日も早く災害地の復旧に貢献することであり、数々の新技術の開発を進め、日々進化をさせて参りました。熊谷組の「無人化施工技術」への取り組みは、社会的に高く評価されています。



北股川北股地区河道閉塞緊急対策工事

災害時の迅速な 応急復旧業務に備えるチーム 「KUMA-DECS」を結成

熊谷組の協力会社で構成する熊栄協力会との間で「災害時における応急復旧業務の協力に関する協定書」を締結し、地震や豪雨、洪水、地すべり、暴風、豪雪などによる自然災害や大規模火災の応急復旧に備えた体制を整えています。「KUMA-DECS」は、ここ数年にわたって発生頻度が増加し、被害も甚大化している自然災害の現状をふまえ、当社と協力会社がより緊密に連携し、全国どこでも発生しうる災害に、迅速に対応するために結成したものです。

熊栄協力会の土木系専門工事会社のうち、災害発生直後に迅速な機動が求められる建設重機や無人化施工オペレータなどの保有会社17社で構成しています。発災時には、あらかじめ定めたリーダ会社を中心となり、国や自治体・インフラの施設管理者などからの出動要請を受けた当社と連携し、資機材の手配や会社間の調整など、応急復旧工事対応体制の立ち上げを迅速に進めます。また、平時においては無人化施工オペレータの養成を行い、熟練オペレータの技能を次世代へ継承するとともに、技能保有者の増員に取り組んでいます。

※DECSは以下の言葉の頭文字を組み合わせた呼称です。
Disaster(災害)、Emergency(緊急)、Construction work(建設作業)、Support(救援・支援)

主な施工実績

北股川北股地区河道閉塞緊急対策工事 2011年 奈良県

2011年8月下旬に上陸した台風12号の影響により、奈良県野迫川村北股地区は120万㎡の地滑りが発生。崩壊した法面の上位尾根部は極めて薄い尾根地形であり、下位尾根部は脆弱な土砂状地盤が分布していることから、下位の地盤においてすべり面からの崩壊が懸念され、それを安定化させるために行う頭部排水工に、安全な無人化施工を採用しました。操作室と施工現場が1km以上離れていましたが、光ファイバーケーブルを使用したネットワーク対応型無人化施工システムを導入し、安全な場所から安定した操作を可能にしました。



赤松谷川11号床固工工事 2012年 長崎県

1991年から噴火を始めた雲仙普賢岳の一連の災害復旧工事の中で、赤松谷川11号床固工は火砕流や土石流災害から地域の安全を確保するための、コンクリート製砂防施設を築造する工事でした。床固工のRCC(Roller Compacted Concrete)は、50cmずつ無人化施工で打設しました。ブルドーザ、バックホウ、振動ローラ、重ダンプ等多くの建設機械が動き、情報化施工技術、建設機械の自律運転、CIMなどの最新技術が惜しみなく投入された最先端の現場でした。



宇佐川土砂崩壊災害復旧工事 2013年 山口県

2012年7月3日の梅雨前線豪雨により、山口県岩国市錦町須川市道深川15号線の乙女峡付近で大規模な土砂崩壊が発生し市道押し流し、下部の宇佐川まで達しました。そのまま放置すると河道閉塞し、上下流域の民家に二次災害の危険性があるため、除石処理が急務でしたが、上部に不安定な岩塊があり、急傾斜地で更なる二次崩落の可能性があるため、無人化施工を採用し、実施工日数70日で12,400㎡の除石作業を完了しました。



阿蘇大橋地区斜面防災対策工事 2016年 熊本県

2016年4月16日に発生した熊本地震(本震)により、熊本県南阿蘇村立野地区において大規模な斜面崩壊が発生し、国道57号やJR豊肥本線が崩壊した土砂により流出し、国道325号では阿蘇大橋が落橋するなど周辺一帯では甚大な被害を受けました。斜面下部の交通インフラ復旧工事の安全を確保するために、土留盛土工を無人化施工で築造しました。第一段階として高機能操作室を導入し短期間で遠隔操作による施工を開始、第二段階として設備の増強をはかるとともに、二次災害を防ぐため、現場から約1km離れた場所に操作室を設置しました。また調査、設計、施工、管理のすべての段階において3次元モデルを活用したCIMを取り入れ、総合的なi-Constructionを実現しました。



これまでの受賞歴

1995年

大型土木工事における遠隔制御システム
—雲仙普賢岳無人化施工—
平成7年度日本建設機械化協会会長賞
(社)日本建設機械化協会

2007年

無人情報化施工システム
平成19年度日本建設機械化協会貢献賞
(社)日本建設機械化協会

2012年

災害現場で活躍する「次世代無人化施工システム」
第5回ロボット大賞優秀賞 ロボットビジネス/社会実装部門
経済産業省、(一社)日本機械工業連合会

2013年

ネットワーク型次世代無人化施工システムの開発
平成25年度日本建設機械施工協会貢献賞
(一社)日本建設機械施工協会

2016年

ICT技術を活用したCIMによる次世代無人化施工システム
平成28年度日本建設機械施工大賞[大賞部門]最優秀賞
(一社)日本建設機械施工協会

災害復旧工事に活躍する無人化施工システム

第2回ジャパン・レジリエンス・アワード(強靱化大賞)2016優秀賞
(一社)レジリエンスジャパン推進協議会

2017年

ネットワーク対応型無人化施工システム
第19回国土技術開発賞優秀賞
(一財)国土技術研究センター

高度な無人化施工技術を核とした

総合的なi-Constructionによる緊急災害対応

—阿蘇大橋地区斜面防災対策(直轄砂防災害関連緊急事業)—

平成28年度土木学会技術賞(Iグループ)
(公社)土木学会

2018年

ネットワーク対応型無人化施工システム

第7回ものづくり日本大賞内閣総理大臣賞(国土交通省関係)
内閣総理大臣表彰ものづくり日本大賞

2019年

不整地運搬車(クローラキャリア)の自動走行技術の開発

令和元年度日本建設機械施工大賞[大賞部門]選考委員会賞
(一社)日本建設機械施工協会

2020年

平成28年熊本地震による阿蘇大橋地区斜面防災対策「砂防災害関連緊急事業(直轄)」の取り組み

令和2年度砂防学会賞技術賞
(公社)砂防学会

阿蘇大橋地区斜面防災対策工事

日建連表彰第1回土木賞
(一社)日本建設業連合会

2022年

i-Constructionを用いた無人化施工による

阿蘇大橋地区斜面災害復旧工事

2022 ACECC土木プロジェクト賞
第9回アジア土木技術国際会議

阿蘇大橋地区斜面対策事業

令和3年度全建賞(インフラの部) [(一般枠)河川部門]
(一社)全日本建設技術協会

ネットワーク対応型無人化施工システム

阿蘇大橋地区斜面防災対策工事をネットワーク対応型無人化施工システムで実施！

多くの現場で経験と実績を積み重ねてきた「無人化施工技术」を採用し、被災地域が一日でも早く復旧・復興できるよう、安全に配慮し全力で取り組みました。

◎ネットワーク対応型無人化施工システム

阿蘇大橋地区の災害では、崩壊現場付近は更なる崩壊の恐れがあり、建設機械を操作する遠隔操作室は、なるべく安全な場所に設置する必要がありました。そこで当社の開発した「ネットワーク対応型無人化施工システム」を導入しました。使用する無線LANは伝送量も大きく、画像データ、操作データ、GNSS等の情報データを一括して送受信します。また、光ファイバケーブル網や25GHz高速無線アクセスシステム、各種無線LANを組み合わせ、長距離かつ大容量伝送が可能なシステムを構築しました。これにより、阿蘇大橋地区斜面防災対策工事の遠隔操作室は、現場より1km下流の安全な場所から操作が可能となりました。「ネットワーク対応型無人化施工システム」の技術導入により、安全かつ確実に復旧作業を行いました。

ネットワーク対応型無人化施工システム概要図



◎阿蘇大橋地区斜面防災対策工事

2016年4月16日の熊本地震（本震）により発生した阿蘇大橋付近西側斜面（阿蘇大橋地区）の大規模な斜面崩壊。熊谷組では、その斜面上部に残る多量の不安定土砂の崩壊による二次災害を防ぐため、緊急的な対策工事を行いました。

斜面崩壊の規模

- 崩壊土量約50万m³
- 崩壊長（斜長）約700m、崩壊幅（水平）約200m

交通網被害状況

- 国道57号線、国道325号線、阿蘇大橋落橋
- JR豊肥本線

対策工事の概要

【頭部排土工】

ラウンディング工：セーフティークライマー工法
ガリー対策工：ロックライミング工法
（ネットワーク対応型無人化施工システム導入）
建設機械3台、固定カメラ6台

【土留盛土工】

上段、下段 L≒400m
（ネットワーク対応型無人化施工システム導入）
建設機械14台、固定カメラ21台
操作室設置：光ファイバケーブル700m布設
25GHz小電力無線装置、5GHz無線LAN使用



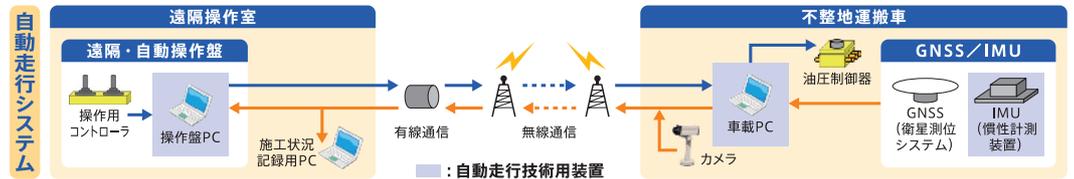
不整地運搬車(クローラキャリア)の自動走行技術

不整地運搬車(クローラキャリア)の自動走行技術を開発、実施工に導入！

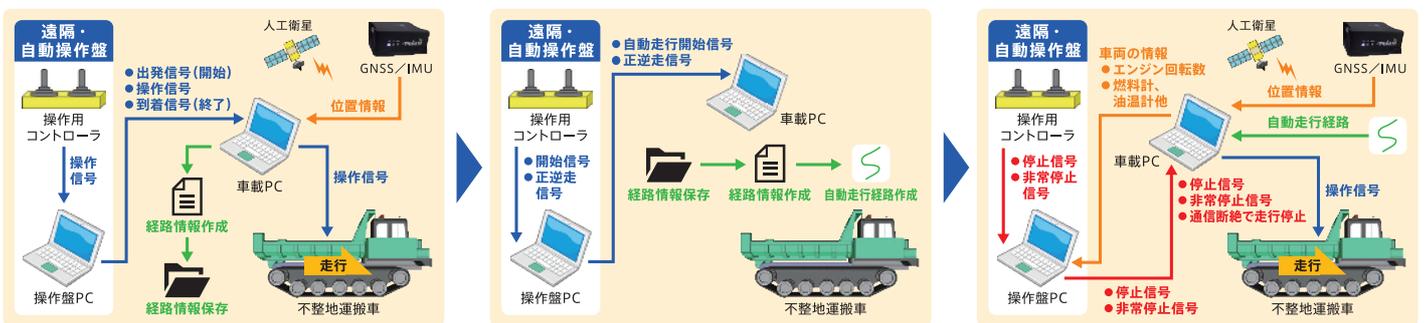
一般土木工事の土砂運搬作業において、オペレータの負担軽減と生産性向上を目標に「不整地運搬車(クローラキャリア)の自動走行技術」を開発し、阿蘇大橋地区斜面防災対策工事の現場で実施工に導入しました。

◎ネットワーク対応型無人化施工技術を活用

技術と人工衛星による位置測位技術に、自動走行を行うためのコンピュータと位置測位を高精度にするためのIMU(慣性計測装置)を加えてシステムを構成。



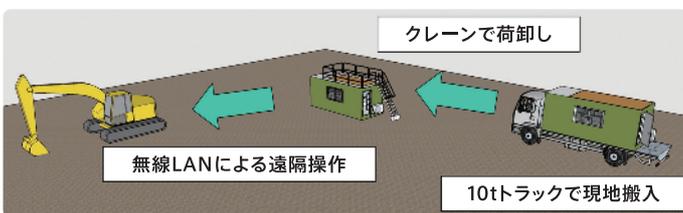
◎遠隔操作による経路の学習と自動走行



拡張型高機能遠隔操作室の開発

緊急災害対応で柔軟な拡張性を持つ移動式遠隔操作室を開発！

高機能操作室は、ネットワーク対応型無人化施工機械に適用する遠隔操作機能をユニットハウスに装備したものであり、緊急を要する災害対応において、従来に比べて工事着手までの準備期間を大幅に短縮出来ることが特長でした。「拡張型高機能遠隔操作室」は、従来型の利点を活かしたまま拡張性や柔軟性、信頼性を高め、災害への対応力を更に向上させました。また、このようなi-Constructionの技術開発を更に加速させるため、当社の技術研究所内に屋外実験ヤードを新設しました。



◎拡張型高機能遠隔操作室の特長

拡張性の向上

- 複数の遠隔操作室を連結し、3棟まで拡張可能。
- 無人化施工の作業に応じて、制御対象の建設機械を変えることが可能。最大で1棟では5台、2棟では8台制御することができ、3棟では15台を想定。



柔軟性の向上

- カメラオペレータの操作卓を自在に配置することが可能。
- 固定カメラと車載カメラの画像を32台まで表示することが可能。



信頼性の向上

- ネットワーク対応型無人化施工技術を安定させながら、その機能を最大限に発揮させるため、ネットワーク管理機能を充実。
- 5GHz帯無線アクセスシステムを利用した無線局を導入。

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

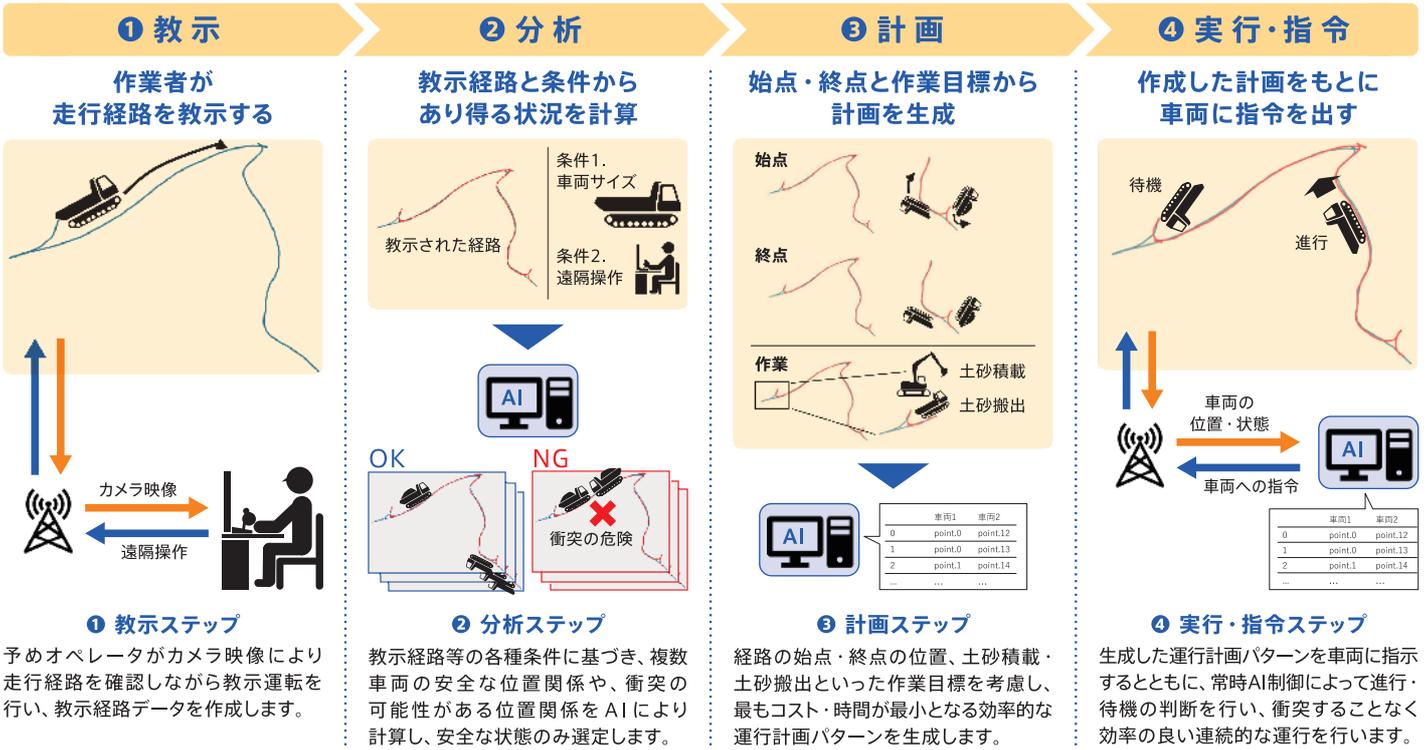


AI制御による不整地運搬車(クローラキャリア)の自動走行技術を開発、実施工に導入!

一般土木工事の土砂運搬作業において、オペレータの負担軽減と安全性、生産性向上を目的に「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」を開発し、阿蘇大橋地区斜面対策工事の現場で実施工に導入しました。

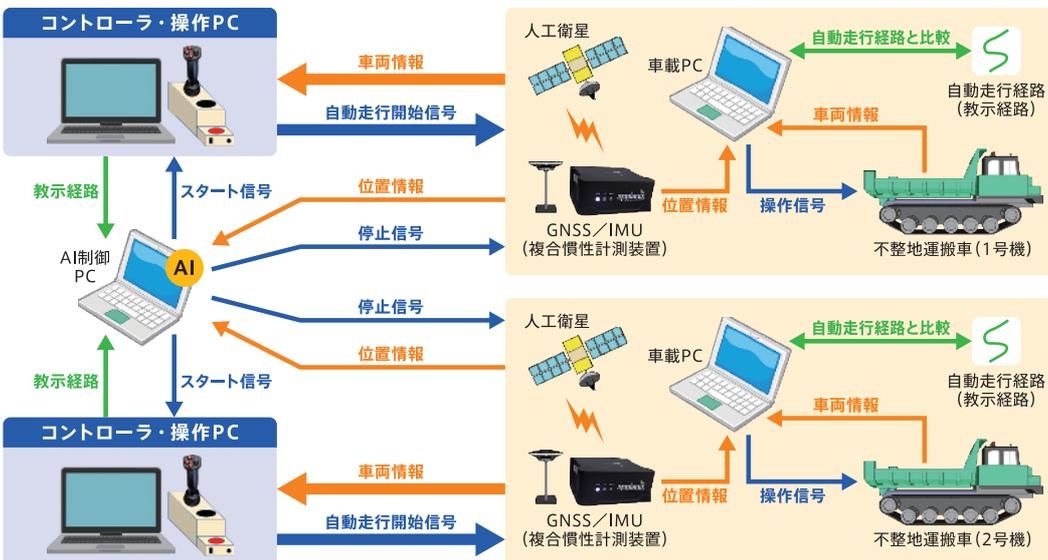
◎AI制御フロー

AI制御技術システムは、教示運転に基づく単独の不整地運搬車に対する自動走行技術とAIによる制御を組み合わせた技術です。2台以上の車両のスムーズな運行とPCによる省人化が可能となります。従来の自動走行技術では、バックホウ1台と不整地運搬車2台に対して2名のオペレータが必要でしたが、AI制御により1名のオペレータでの作業を可能にしました。



◎AI制御技術システム

最初にオペレータが操作室にて、走行状況をカメラの映像で確認しながら不整地運搬車の遠隔操作を行い、その操作内容を各PCに記憶させます。AI制御PCにより教示経路データから運行計画パターンを自動生成し、操作盤PCを経由して各運搬車に対するスタート信号を送信します。AI制御PCは、各運搬車からの位置情報を把握し、常時AI制御によって進行・待機の判断を行い、衝突することなく効率の良い連続的な運行を行います。



◎導入効果

- 積込機械オペレータの負担軽減**
バックホウ積込みや整地などの作業に専念できる。
- 運搬機械の負荷低減**
運搬機械の速度を平準化するため、燃費効率向上。
- 運行監視要員の削減**
AIの運行制御により、不整地運搬車の衝突等の安全確認作業が不要となり、運行監視要員の削減につながる。
- 運搬機械同士の接触事故防止**
専用のセンサーがなくても、AIで運行制御するため、接触を防止できる。
- 土砂運搬作業における生産性向上**
1名のオペレータで3台の建設機械を操作することができ、作業の省力化、生産性の向上が図られる。
- 経路が複雑かつ長距離化に対応**
AIで運行制御するため、経路が複雑かつ長距離なものでも対応可能となる。

無人化施工VR技術 ~シンクロアスリート®の無人化施工技術への適用~



遠隔操作式建設機械の動きをリアルに体感できるVRコクピットを開発！

東京工業高等専門学校と共同で、遠隔操作式建設機械からの視界や音、傾き、振動をVRコクピット(仮想現実操縦席)で、リアルに体感できる「無人化施工VR技術」を開発しました。 ※シンクロアスリート®は、東京工業高等専門学校の登録商標です。

◎VRコクピット(仮想現実操縦席)

熊谷組の「ネットワーク対応型無人化施工システム」と、東京工業高等専門学校の「シンクロアスリート®」を応用し、遠隔操作中のオペレータが、建設機械の操縦室内からの視界と音、運転席の傾きや振動をリアルに体感することで、実際の搭乗操作に近い感覚で遠隔操作を可能にしました。



360度視界(映像) + 音 + 傾き + 振動 = 搭乗操作に近い感覚で遠隔操作

※「ネットワーク対応型無人化施工システム」と「シンクロアスリート®」は、内閣総理大臣賞(第7回ものづくり日本大賞)を受賞、この2つの技術のコラボレーションにより開発した技術です。

◎シンクロアスリート®

シンクロアスリート®とは、VRヘッドマウントディスプレイとモーションシミュレータを用いて、選手目線での映像と選手自身の動きを体験できる世界初のスポーツ観戦システムです。

選手とシンクロする[リアルタイムモード]



映像・動きを記録/再生する[リプレイモード]



◎システム構成

建設機械側では、360度カメラと加速度センサーを操縦室内に取り付け、搭乗操作目線での視界(映像)と音(360度カメラ出力)および建設機械の動き(加速度センサー出力)を記録し、配信します。遠隔操作室側では、遠隔操作用のジョイスティックで建設機械を操作し、建設機械側で配信した360度映像と音をVRコクピットのディスプレイとVRヘッドマウントディスプレイ、スピーカーで再生すると同時に、加速度センサーによる建設機械の傾きや振動を、モーションベースの駆動により実現します。これら一連のシステムにより、オペレータは遠隔操作室内のVRコクピットで建設機械を遠隔操作し、配信された映像を見ながら音や傾き、振動をリアルタイムに体感することにより、搭乗操作に近い感覚で遠隔操作することが可能となります。



〈 無人化施工技術の施工実績 〉

工事名	工事場所	実施工期	発注者
雲仙普賢岳水無除石工無人化施工試験(その4)工事	長崎県	1994.01-1994.04	建設省九州地方建設局
水無1号ダム上流第1工区除石工事	長崎県	1995.08-1995.12	建設省九州地方建設局
水無川1号砂防ダム上流除石(その1)工事	長崎県	1997.09-1998.03	建設省九州地方建設局
水無川2号砂防ダム上流除石(その3)工事	長崎県	1998.10-1999.03	建設省九州地方建設局
赤松谷川除石工事	長崎県	2000.03-2000.12	建設省九州地方建設局
板谷川災害関連緊急砂防工事(有珠山噴火災害復旧工事)	北海道	2000.05-2001.03	北海道室蘭土木現業所
赤松谷川1号砂防堰堤1箇所本体部二期建設工事	長崎県	2001.03-2001.08	国土交通省九州地方整備局
水無川(赤松谷1工区)地区火山地域総合治山工事	長崎県	2001.07-2002.03	長崎県
17山地第1号水無川(赤松谷1工区)地区火山地域総合治山工事	長崎県	2005.07-2006.03	長崎県島原振興局
赤松谷川1号床固工事	長崎県	2006.02-2007.01	国土交通省九州地方整備局
荒砥沢Ⅱ(H21)治山工事	宮城県	2009.06-2010.06	林野庁東北森林管理局宮城北部森林管理署
赤松谷川9号床固工事	長崎県	2009.09-2010.03	国土交通省九州地方整備局
災害関連緊急砂防工事(根占山本地区11工区)	鹿児島県	2010.07-2010.10	鹿児島県大隈地域振興局
赤松谷川6号床固工事	長崎県	2010.06-2011.03	国土交通省九州地方整備局雲仙復興事務所
おしが谷床固工事	長崎県	2010.11-2011.03	国土交通省九州地方整備局雲仙復興事務所
北股川北股地区河道閉塞緊急対策工事	奈良県	2011.09-2012.08	国土交通省近畿地方整備局
赤松谷川11号床固工事	長崎県	2012.12-2015.03	国土交通省九州地方整備局
平成25年度宇佐川外24年災補災河第10号外災害復旧工事第1工区	山口県	2013.11-2014.05	山口県岩国土木建築事務所
砂防緊急除石工事(深港川(2)1工区)	鹿児島県	2015.09-2016.03	鹿児島県大隅地域振興局
阿蘇大橋地区斜面防災対策工事	熊本県	2016.05-2017.11	国土交通省九州地方整備局
阿蘇大橋地区斜面对策工事	熊本県	2017.09-2020.03	国土交通省九州地方整備局
令和6年能登半島地震国道249号啓開作業その2工事	石川県	2024.02-2025.03	国土交通省北陸地方整備局



熊谷組グループのSDGs

建設現場から社会課題の解決に取り組んでいます

高める、つくる、そして、支える。



熊谷組

お問い合わせ

株式会社 熊谷組 土木事業本部

土木技術統括部 機材部

土木技術統括部 土木DX推進部

civil-info@ku.kumagaigumi.co.jp

熊谷組WEBサイト

<https://www.kumagaigumi.co.jp>



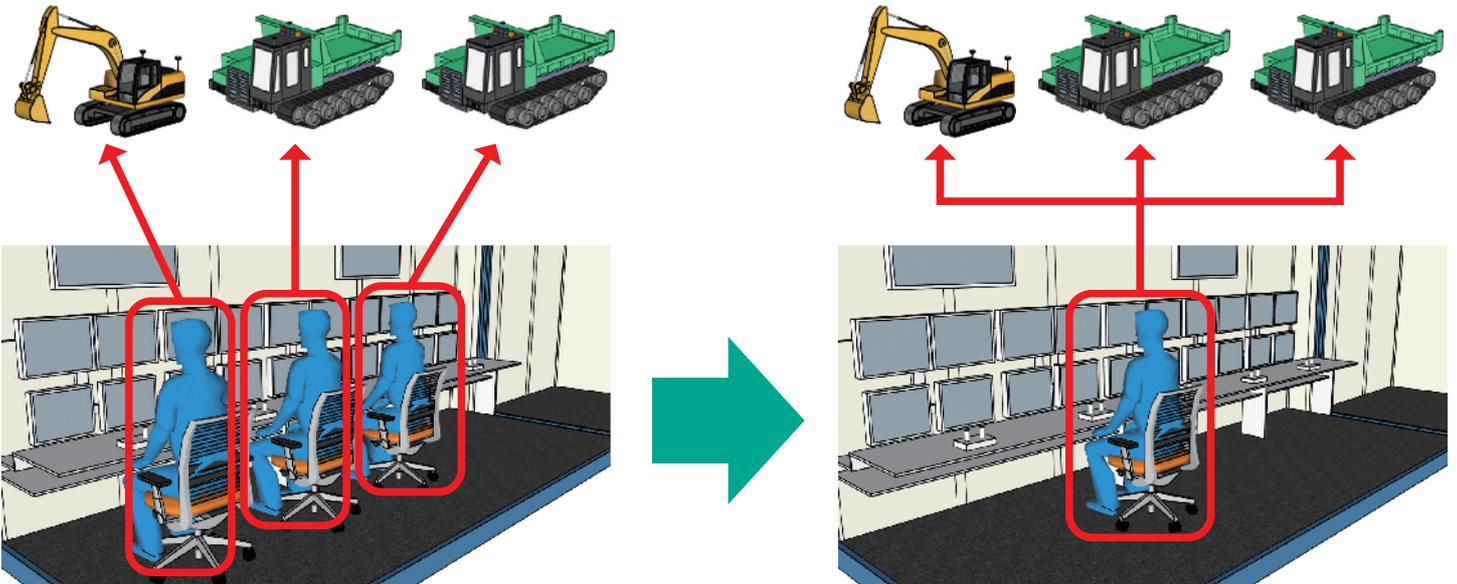
厳しい環境・初の夜間施工

急峻な地形による狭隘な工事用道路、降雨や降雪による地盤の軟弱化、さらに夜間施工という厳しい条件下においても、自動走行技術を導入することで土砂運搬作業の効率化を図りました。



省力化

1名のオペレータが、バックホウ1台と不整地運搬車2台の合計3台の建設機械を操作することで、作業の省力化を図り、地震や豪雨災害により作業員確保や宿泊先等の手配が難しい中でも施工を可能としました。



即応性

移動式ハウス型遠隔操作室を導入することで、迅速な災害対応を実現しました。この遠隔操作室は、モニタ等の機材を設置した状態で10tトラック等に積載して移動できるため、無人化設備工開始からわずか3日で遠隔操作による作業に着手することが可能です。

