

鹿島DXが創る次世代建設生産システム —スマート生産—

鹿島建設株式会社 デジタル推進室 室長 真下 英邦
建築管理本部建築技術部 課長 古賀 達雄

1 鹿島のデジタル戦略について

1.1 経営計画の達成に向けたDX2本の矢

鹿島建設株式会社では、建設業や当社を取り巻く諸々の課題解決を目指して、全社でデジタルトランスフォーメーション（DX）に取り組んでいる。

建設業では、就業者の高齢化や若手技術者の減少、特に熟練労働者の将来的な不足が大きな課題である。また、建設業の特色である現地・一品の生産が、労働集約的で標準化・機械化・遠隔化による生産性・品質・安全性の向上の妨げになって

いる。更に、苦渋・危険作業とも隣り合わせの建設現場は、3Kと呼ばれることもあり、若者が建設業への就業を躊躇する原因とも考えられる。

当社は、これら課題の解決を目指して、建設業の魅力向上も視野にグループDX戦略を定め、デジタル技術を高度に駆使して次の二つのDXにチャレンジしている。

- ① 既存事業や経営基盤の強化（DX1.0）
- ② 事業領域の拡大・多様な収益源の確立（DX2.0）

DX1.0では、中核事業である建設生産プロセスの変革を通じた生産性向上や建設業の魅力向上、経営基盤の最適化・合理化などを目指してい



Copyright © 2020 Kajima Corporation

図1 DXが目指す「次世代建設生産システム」

る。また、DX2.0では、デジタル社会における社会・顧客の新たな課題に対してデジタル技術を活用して応え、事業領域の拡大を目指している。

1.2 DX実現に向けた主要施策

中核事業強化の主な取組み（DX1.0）として、「次世代建設生産システム構築」が挙げられる。当社が目指す「次世代建設生産システム」の概念図を図1に示す。

デジタル空間上では、「デジタルツイン」と呼ばれる現実の構造物を模した仮想モデルを用いた施工及び建物運用のシミュレーション、客観的なデータに基づく「データドリブン」な意思決定が行える仕組みの構築などを進めている。

現実空間では、施工の生産性向上や苦渋作業・危険作業軽減のための「機械化・自動化」、施工管理の生産性向上のため、現場を遠隔管理する基盤の構築、VRやAR、ドローン、3Dスキャナーなど「デジタルツール」の開発と適用を進めている。

本稿では、建築分野における主要取組みの一つとして、前述の要素を包括する「スマート生産」について紹介する。

DXの具体的取組みについて

2 ～鹿島スマート生産ビジョンの策定と推進～

2.1 はじめに（ビジョン策定の背景と狙い）

少子高齢化や働き方改革といった建設業が抱える課題解決のためには、建築の生産性を高め、働く場としての魅力を高めていくことが本質的な解決策になるものと考えている。

そこで、日進月歩で進化し続けるICT、ロボット技術に着目し、先端技術を積極的に取り込んで生産性を高めた将来の建築生産イメージを描いたものが鹿島スマート生産ビジョンである。2018年11月にプレス発表も行い、社内外でビジョンを共有することにより、開発の加速のみならず、設

計、施工、製造、流通など、複雑に分業化された多くの関係者のベクトル合わせや、IoT、AI、ロボットといった、建設会社である当社が保有していない先端技術や知見を有する企業との協力体制の推進にも効果を発揮しており、オープンイノベーションの推進に大きく貢献している。

2.2 ビジョンの概要

鹿島スマート生産ビジョンでは、ワーク（作業）、マネジメント（管理）、エンジニアリング（生産プロセス）に対して、各々以下のコンセプトを掲げており、作業と管理の両面からスマート化を図っている。ビジョン全体のイメージは、図2に記載のQRコードから確認可能となっている。

【作業の半分はロボットと】

人と機械の協働による生産性向上を図る。危険・連続・補助作業などをロボットが支援することで、人の生産性を高めていく。

【管理の半分は遠隔で】

現物確認と遠隔管理の組み合わせで、現場管理者の働き方改革を図る。監視・目視・数量把握などはセンサー技術等を利用し、三現主義の質を高めていく。

【全てのプロセスをデジタルに】

BIMを基軸としてプロセスをデジタル化し生産性向上を図る。設計検討・調整・合意・進捗管理・保守運用まで、デジタル情報を蓄積し最適化へ活かす。

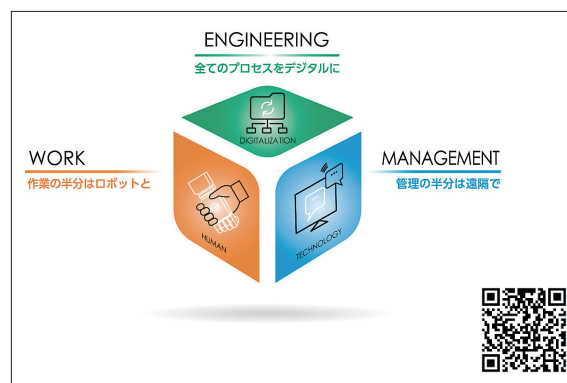


図2 ビジョンコンセプト図とイメージ動画（QRコード）



図3 スマート生産ビジョンで描く自動搬送の将来像

2.3 スマート生産への取組み状況と効果

ビジョンに基づき、各種技術開発を進めている。ドローンやアシストスーツなど、外部の先端技術の活用と自社開発を組み合わせながら、各種技術開発を進めている。以下、具体的な開発内容とその効果を紹介する。

2.3.1 作業のスマート化

建設におけるロボットは、作業場所へ自ら移動しなければならないことや、雨や風の影響を受けやすいなど厳しい制約条件も存在するため、工場で一般的に利用されている定置式ロボットとは大きく異なる。そこで当社では、厳しい作業環境下により身体的負担が大きい作業や、一定時間同一場所での連続作業が可能な工種、比較的要求精度が低い作業など、ロボット活用の意義や得意分野を考慮の上、安全や環境面などの付加価値向上も加味した生産性向上を目指している。

2.3.1.1 作業負担の軽減、省力化

床面に打設されたコンクリートを仕上げるためには、通常は「土間工」と呼ばれる作業員が、長時間腰をかがめてコテを押し付けながらの重労働を強いられる。また、夏場はコンクリートの乾きが早いため素早い作業が求められ、冬場は仕上がりに時間を要するため、真夜中や明け方まで作業がかかるなど、過酷な労働条件下での作業であるため、新規入職者の確保が難しく、作業員不足を

生じやすい工種となっている。そこで、作業員の負担軽減を目的としたロボット開発に取り組んでいる。開発中の装置は、ゲームコントローラーのようなりモコンにより直感的かつ容易な操作を可能としており、作業員自ら操縦してコテ押さえを行うことができる。また、障害物がない平坦な環境においては、自律移動による自動コテ押さえ機能も有する。これまでに12現場で導入検証を行い、操作性やボディ形状など2度のバージョンアップを重ねている。今後、必要機能を絞った廉価版を開発し、更なる適用拡大を目指している。そのほかに、耐火被覆吹付作業なども身体的負担が大きい作業の一つであり、ロボットの活用による生産性の向上を目指し開発を進めている。

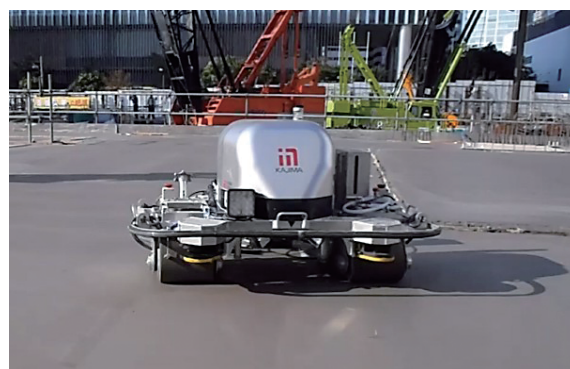


写真1 コンクリート仕上げロボット



写真2 耐火被覆吹付ロボット

2.3.1.2 連続作業の効率化、省人化

高度な技能を必要とする現場溶接作業においても、溶接技能者不足が課題となっている。そこで、当社は溶接作業の効率化と省力化を図るべ

く、汎用可搬型の溶接ロボット活用を開始した。2016年には、当社グループ会社に新たに溶接事業部を立ち上げ、ロボットオペレータの育成を自ら行うことにより、溶接ロボットの運用・品質保証に向けた総合的な推進体制を構築してきた。これまでに既に20現場を超えるロボット溶接の実績を積み上げている。また、梁下フランジ部のロボット上向き溶接を実現することにより、構造上の弱点となるスカラップの削減、下階フロアからの施工による安全性向上などの付加価値も生んでいる。更に昨年度には、上階の床コンクリート打設後に梁下フランジに上向き溶接を実施する工法の現場導入を行い、溶接作業の全天候化、工程の山崩しなど、新たな付加価値も創出している。このような汎用可搬型溶接ロボットのほかにも、BOX柱の角溶接も可能なマニピュレータ型現場

溶接ロボットや、壁面塗装ロボットなど、効率化、省人化を目指したロボット開発を推進している。



写真4 マニピュレータ型溶接ロボット



写真3 汎用可搬型溶接ロボット（上向き溶接）

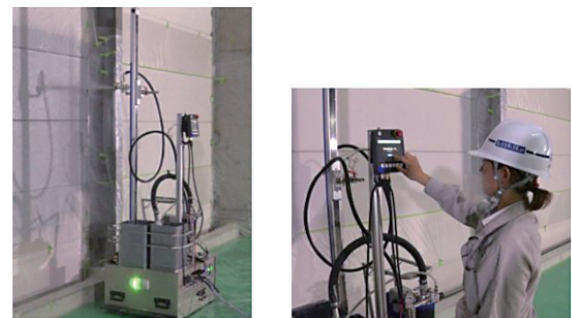


写真5 壁面塗装ロボット

2.3.2 管理のスマート化

長時間労働が問題となっている現場管理者の生産性向上と働き方改革の実現が喫緊の課題となっている。もちろん、現場で現物を現実に確認する三現主義が施工管理の基本であり、また現場管理

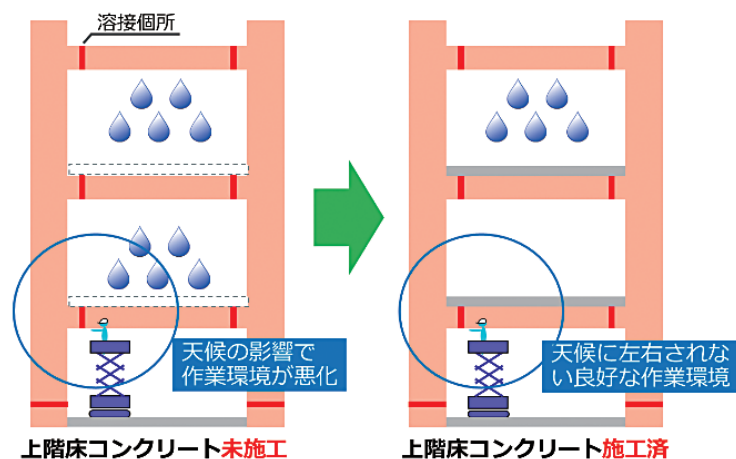


図4 全天候型梁下溶接工法

技術を習得するためにも現場で体得する経験を積むことは必須であるが、その上で、作業進捗状況など単純な確認業務の遠隔化や、関係者とのリアルタイムな情報共有など、ICT、IoTなど先端技術活用による課題解決も目指し、各種技術開発を進めている。

2.3.2.1 現場状況把握の効率化

日々目まぐるしく変化する現場の状況を常に把握することは、施工管理業務において非常に重要である。例えば、作業予定エリアについては、前作業が予定どおり終了しているか、不要な資機材や廃棄物が残置されていないか、必要な墨が出ているか、足場や安全設備は整っているかなどの現地確認は必須である。また、図面内容の確認など、作業員から現地で迅速な指示や対応を求められることも多く、特に経験の浅い現場担当者にとっては、現場内での移動や確認に多くの時間を要している。

スマート工事事務所と称する工事事務所では、マルチモニターを設置しており、躯体施工階や搬出入ヤードなどの重点管理エリアを中心に、現場内のリアルタイムな映像を表示している。三現主義を補完する形で、遠隔での確認やコミュニケーションを可能としており、ほかにも、天候情報や現場入退場履歴情報など、現場管理に必要な情報を表示することにより、情報の一元化、共有化も図り、施工管理の効率化を目指している。



写真6 施工管理情報を一元表示するスマート工事事務所

2.3.2.2 資機材管理の効率化

当社が開発した資機材管理システム（3D K-Field）では、高所作業車や可搬式作業台、台車などの資機材に小型のセンサーを取りつけ、現場内のリアルタイム位置や稼働状況を表示することが可能となっている。また、資機材の入出庫管理や日常点検などをスマートデバイス上で行うシステム（KENLOGI）も自社で開発し運用している。特に大規模現場では、大量の資機材の管理に多くの時間を要するため、このようなシステムは有効となる。今後、資機材管理のデータ蓄積により、計画段階への適切なフィードバック及び計画の最適化にも繋げていきたいと考えている。

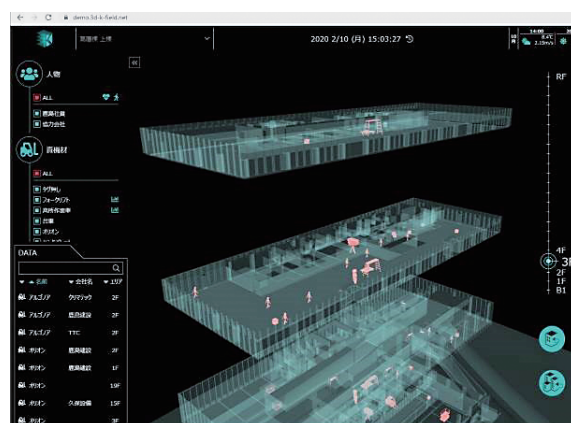


図5 資機材や人の位置、稼働を表示するシステム

2.3.2.3 品質、出来形確認の効率化

スケールやトランシットなどの測量機器を用いて施工の出来形を確認することも、施工管理における重要な業務の一つである。最近では、3Dスキャナーや画像測量（SfM: Structure from Motion）、AR（拡張現実）といった、先端技術を用いた新たな確認ツールも登場している。ARについては、当社自らアプリケーションも開発しており、施工部位や建物の事前確認、仮囲いや足場など仮設物の配置確認など、様々な用途で活用しながら、機能改良や運用体制の構築を進めている。3DスキャナーやSfMは、ドローンと組み合わせた掘削土量管理や躯体の面精度管理などへの

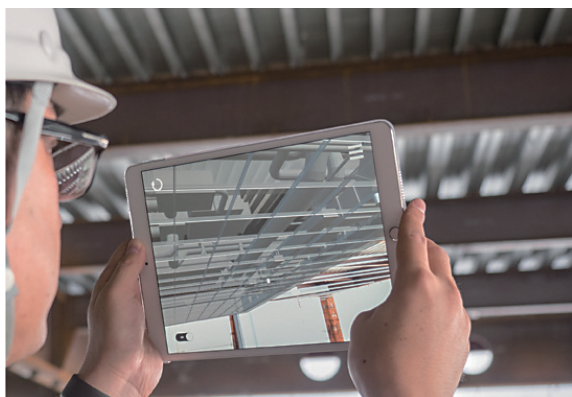


写真7 AR（拡張現実）を用いた新たな現場確認手法

活用を進めており、業務効率化を目指している。

2.3.2.4 連絡・コミュニケーションの効率化

現場における連絡手段として、1990年代からは携帯電話が登場し、2000年代以降はスマートフォンが普及してきた。これら新たな通信機器に搭載されるメールやチャットなどのソフト機能の進展により、多数の関係者への一斉連絡や、カメラ映像を見ながらのコミュニケーションなど、情報共有に要する時間や移動時間の削減による業務効率化が進んでいる。更に、現場巡回時の指摘事項や、検討中の施工図に対する確認事項など、図面と画像とを連携してリアルタイムかつ多人数に共有することが可能なソフトウェアも登場しており、当社でも既に多くの現場での活用が広がっている。



写真8 スマホを活用した新たな朝礼システム

また、市販のソフトウェアの活用だけでなく、必要に応じて自社でソフトウェアを開発し運用も進めている。例えば当社が開発したスマート朝礼システムは、作業員が自分のスマートフォンでQRコードを読み取ることにより、当日の朝礼内容をいつでもどこでも確認できるシステムとなっている。コロナ禍や改修工事などの多人数が一同に集合することが困難な状況下や、スポット業者など朝礼に参加できない作業員などに対する情報連絡手段として効果を発揮している。今後も積極的にこれら最先端技術を活用することで、管理業務の更なる効率化を進めていきたい。

3 おわりに

建築生産プロセスの変革は、多くの場合、作業ロボットやIoT管理ツール、BIMなどのデジタルツールの活用とのセットで実現される。機械やセンサーを用いることで、施工歩掛や品質管理などに関するデータを蓄積し、そのデータを分析・活用して設計や施工計画の作成、並びに建物運用の最適化を実現することは、スマート生産の最終的な成果にも繋がる。また、各種デジタルツールの活用は、建築生産プロセス全体やサプライチェーンの変化など総合的・複合的な変革を創出するものとも期待でき、今後も鹿島スマート生産を更に推進・進化させていきたい。