

スマート生産モデル現場における施工実績と今後の展開

川上 裕司

2018年度に「鹿島スマート生産ビジョン」を策定した。その中において「就業者不足への対応」「働き方改革」を主軸においた重点施策の一つとして「生産性の向上」を掲げ、最先端技術を活用した建築生産システムの構築を進めている。このビジョン実現のモデル現場として、BIMを基軸とした最先端ICTや各種ロボットの実証及び現場管理手法の革新を目指した。本報では、現場として取り組んだ内容・成果・今後の課題・展望について報告する。

キーワード：スマート生産、BIM活用、ロボット、デジタル化、遠隔管理

1. はじめに

昨今建設業において、若年入職者の減少や技能労働者の高齢化に伴う就業者不足への対応、2024年に法施行される残業時間の上限規制に対応した働き方改革は喫緊の課題となっている。このような課題に対し、「生産性向上」をテーマとした「スマート生産ビジョン」を重点施策として掲げ、最先端技術を活用した建築生産システムの構築を進めている。

このような背景の下、BIMを基軸とした先端ICT活用や各種ロボットの実証、及び現場管理手法の革新を推進し、現場のDX（デジタルトランスフォーメーション）を目指して様々な取り組みを行った。本報は、スマート生産推進現場における「生産性向上」に焦点を当てた各種取り組み・成果・課題・今後の展望について報告する。

2. 工事概要

工事現場は横浜みなとみらい地区の中において、最も横浜駅に近い至便な場所に位置している（図-1）。

プロジェクトは当該立地に相応しい洗練と格調を備えたオフィス、シンボリックな球体のプラネタリウム、及びテラスモール型商業空間により構成される超高層大規模複合ビルである。敷地内に地下鉄みなとみらい線が横断しており、現場西側には首都高速道路、南側には小学校があり、周辺施設への十分な配慮を求められた。以下に工事概要を示す（図-2、3）。

工事名称：（仮称）横濱ゲートタワープロジェクト建



写真-1 現場全景写真

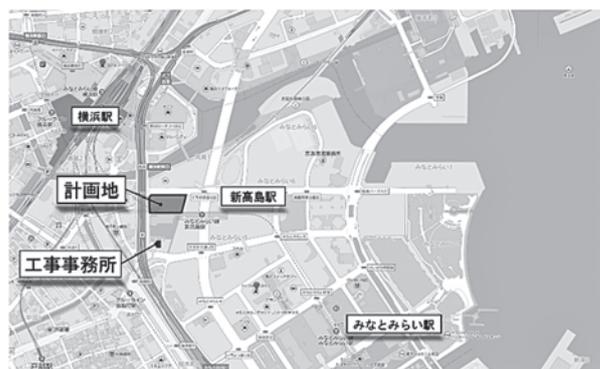


図-1 敷地周辺図

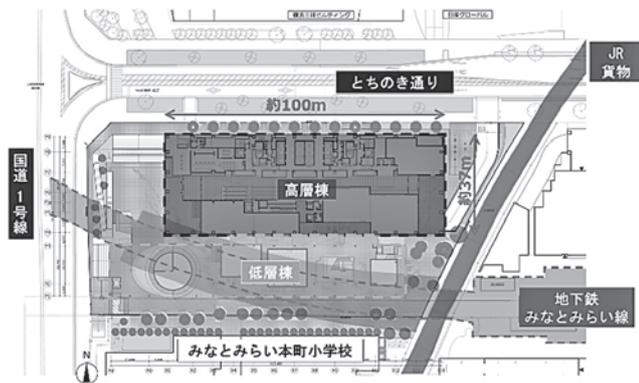
設工事

所在地：神奈川県横浜市西区高島一丁目2-50

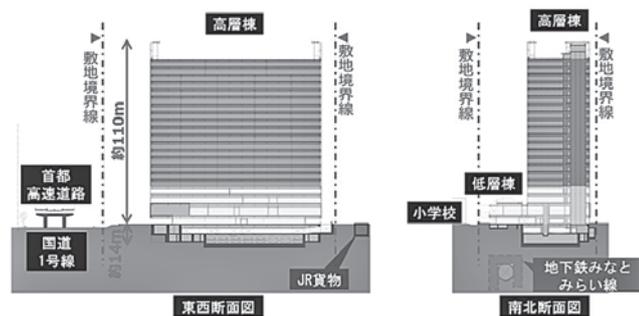
発注者：鹿島建設(株)、住友生命保険相互会社、三井住友海上火災保険(株)

設計・施工：鹿島建設(株)

工期：2019年4月1日～2021年10月14日



図一 現場配置平面図



図一 現場配置断面図

用途：オフィス、にぎわい商業施設

敷地面積：9,308.92 m²

建築面積：6,153.08 m²

延床面積：83,753.42 m²

最高高さ：109.599 m

階数：地下1階，地上21階 塔屋1階

構造：地下SRC造，地上S造(CFT)，制震構造，現場造成杭

3. 取り組み概要

スマート生産ビジョンの目的は、建設業における就業者不足や働き方改革といった課題に対して、デジタル技術により解決を目指すものである。本ビジョンの3つのコンセプトとそれぞれの現場の取り組み概要を示す(図一4)。

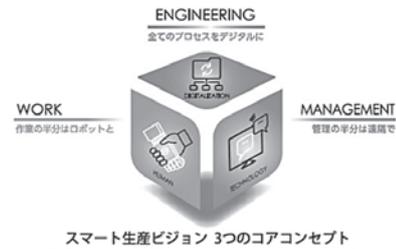
(1) 「作業の半分はロボットと」

危険・連続・補助作業はロボットに任せて、人との協働体制を目指す。

汎用可搬型溶接ロボット，耐火被覆吹付ロボット，コンクリート押さえロボットなどを使用して省人化・業務の効率化を図るため現場実証を行った。

鹿島スマート生産

各種ロボットの活用と現場管理手法の革新により、生産性の向上とより魅力的な建築生産プロセスの実現を目指します。



図一 4 スマート生産 3つのコンセプト

(2) 「管理の半分は遠隔で」

監視・目視・数量把握等はセンサーを利用して、三現主義の質を高める。

スマート工事事務所に設置した7台のモニターにおいて現場内モニタリングシステム，3D K-Field，バイタルセンサー，入退場管理システムなどを常に監視可能とした。また，所員全員に配布したiPadを活用し，搬出入管理システム，杭・土工事出来高管理システムなどをいつでも確認可能とすることで，効率的な現場管理を実現した。さらに，コロナ禍において非常に有用である遠隔製品検査やスマート朝礼システムも採用した。

(3) 「すべてのプロセスをデジタルに」

設計検討から調整，合意，進捗管理，保守運用までを，デジタルを駆使した効率化とデジタル情報の蓄積により最適化を目指す。

図面の3D化だけでなく，ARシステム，コンクリート打設管理システム，3次元表示リアルタイム現場管理システム(3D K-Field)，進捗管理システムなど様々な場面においてBIMを活用し，デジタルの活用により効率化を図った。

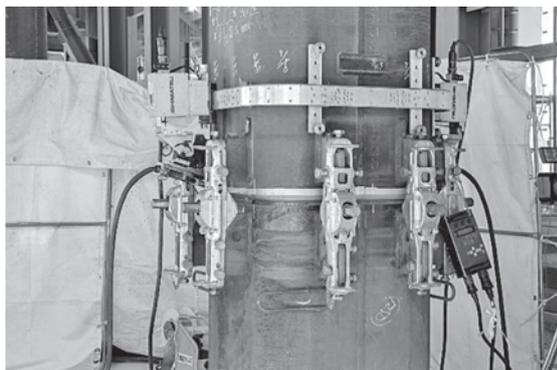
以上の観点から，本社や支店と連携し現場独自の視点や工夫を付加して，積極的に「生産性向上」を意識した取り組みを実施した。以下に組み込んだスマート生産の活動メニューを紹介する。

4. 詳細実施内容と評価

実施した全43項目のメニューの中から代表とする取り組みについて紹介する。

(1) 汎用可搬型溶接ロボット(石松)

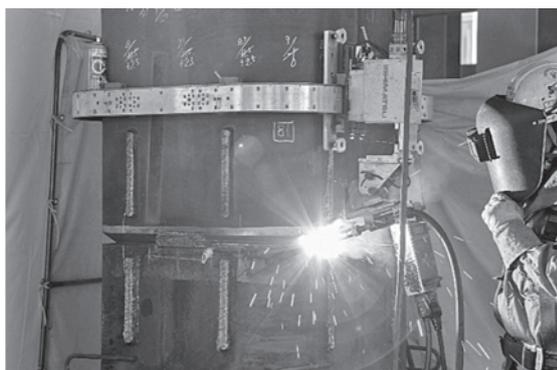
スマート生産の本格的な導入を初めて行った「伏見ビル」の現場において試験的に鉄骨梁の溶接に使用し



写真一2 溶接ロボット設置状況



写真一4 耐火被覆取付ロボット



写真一3 溶接ロボット 施工状況



写真一5 コンクリート押さえロボット

た鉄骨溶接ロボットを、高層棟1～4節の鉄骨柱ジョイント部の溶接に使用した。専用レールを鉄骨柱に取り付け、1本の柱に対して2台のロボットを用いて施工した（写真一2）。溶接作業そのものは全自動に行うが、レールやロボットの設置・盛替え、溶接条件の設定や品質管理においては、専用の資格を持ったオペレータと相番者を必須とした（写真一3）。

溶接ロボットを採用するメリットは、作業に必要な資格を取得する難易度が低いこと、品質を確保するために必要な経験年数が少ないこと、品質管理が容易である（入熱量を可視化するため）ことが考えられる。熟練溶接工の確保が難航する中、ロボットを導入することにより同等の品質を確保できるということは、今後の人手不足を補う大きな一歩である。

現状は1ヵ所の溶接に対して、専属オペレータを1人担当させて溶接に不具合は無いか監視しながら作業を行い、機械の盛替えなども全て行っている。レールの設置、盛替えなど資格不要な作業は別の人員によって行い、専属の有資格者1人によって数ヵ所の溶接を管理出来るようになると出来高は更に上がるため、より効率的な運用を可能とする。

(2) 耐火被覆吹付ロボット

耐火被覆吹付ロボットを外装上部の特殊部位の吹付

けに実験的に採用した（写真一4）。従来は鉄骨梁のみ吹付け可能であったが、アームとプログラムの改良により吹付可能箇所は大幅に増えた。施工スペースを十分に確保できない鉄骨と外装のすき間においても対応可能となった。水平移動機構にはメカナムホイールという特殊な車輪を採用しており、前後左右にスムーズな移動を可能としている。

実際に使用した結果、吹付箇所のデータを入力することにより、自動的に均一な吹付作業が可能であった。

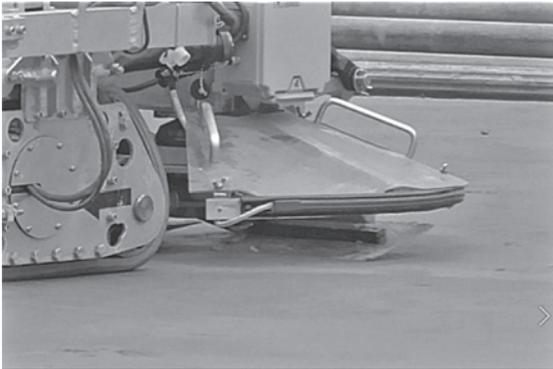
今後の展開として、例えば3Dスキャナーを使用した点群データの取得と組み合わせることによって、吹付箇所のスキャニングをより正確で短時間に行うことが出来ると実用化に大きく近づくだろう。

(3) コンクリート押さえロボット

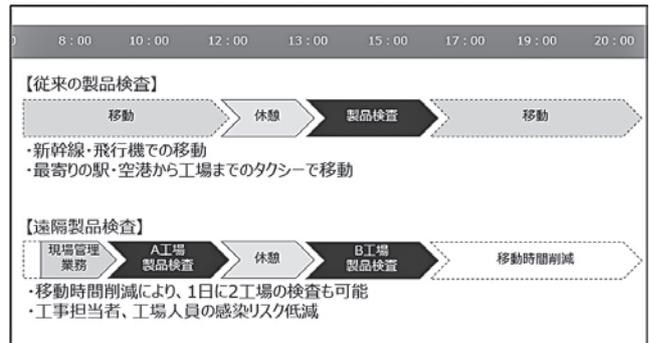
低層棟1階床スラブと高層棟の基準階床スラブ打設において、コンクリート押さえロボットの実証を行った（写真一5）。従前の機械と比較して、こて角度の調整が可能となり、こてムラを少なく出来るのが特徴である（写真一6）。

単純な操作の繰り返しにより押さえ作業が可能なため、従来作業であった中腰姿勢における長時間労働を解消し、作業員の負担を軽減した。

今後の展望として、分割搬入可能とし打設エリアま



写真一六 コテ角度調整機能



図一六 遠隔製品検査システム概要図



写真一七 搬出入管理システム使用状況



写真一八 支店モニタールーム



図一五 搬出入管理システム管理画面



写真一九 遠隔製品検査実施状況

で持ち運べるようになると、建築現場において積極的に採用されると考えられる。また、現状の操作方法はスマートデバイスを使用したリモコン操作を必要とするが、事前にレベルを設定し自動運転が可能になると更なる省力化に繋がる。

(4) 現場搬出入管理システム

土工事の残土搬出ダンプ、コンクリート打設の生コン車に対して、搬出入管理システムを使用した（写真一七）。GPSの発信機を車両に取り付け、リアルタイムの位置を地図上に表示することが出来るため、ダンプの追跡調査や台数管理で活用した（図一五）。

特に分単位の管理を求められるCFTの打設には、1本分の生コン車の台数全ての位置を詳細に把握する

ことによって、遅滞ない打設を可能とすることから、品質の向上に大きく貢献した。

コスト面においてはGPS発信機、システム使用料とも非常に安価であり、費用対効果は高く、今後も是非活用していきたいシステムであった。

(5) 遠隔製品検査システム

工場の鉄骨製品検査において一般的な遠隔会議システムを活用することにより、書類検査、鉄骨製品の詳細、溶接部の外観確認などの必要な検査を遠隔に行うことを可能とした（図一六）。

支店内に設置した専用のモニタールーム（写真一八）と各地にある鉄骨工場を遠隔会議システムにより繋ぎ、検査員は手振れ防止装置を装着したスマートフォンによって検査部を撮影する（写真一九）。現地にいる検査員とリアルタイムに会話可能のため、検査者の

指示により細部まで確認することが出来た。

これにより、社員の移動時間の削減と検査効率は向上し、また工場への出入りが減ることで新型コロナウイルスへの感染リスクも低減した。

特別な資機材は必要無く交通費等の経費も削減できるため、コスト面においても非常に有用であり、今後も活用していきたいシステムの一つである。

(6) 3次元表示リアルタイム現場管理システム

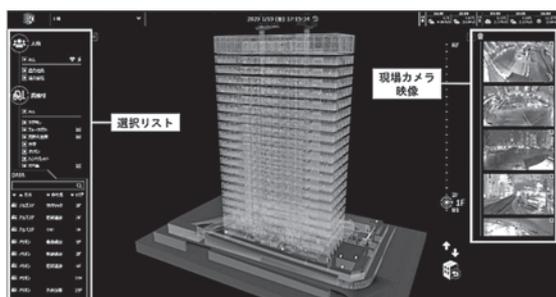
これまでは2次元図面上に表示していた人や資機材の位置情報を、BIMモデルを利用した3次元データ上に表示させるシステムである(図一7)。人や資機材に発信機を取り付けて位置情報を取得し画面に表示させて、事務所に居ながら現場内の人・物の位置情報を把握可能とした。また、現場内に設置したカメラ映像を画面上に表示することも出来る。さらに、人・物の位置情報やカメラの映像はリアルタイムに表示するほか、稼働状況の履歴情報取得も可能である。例として、高所作業車にセンサー(写真一10)を取り付ける事により、稼働率を表示することから、遊休機械の効率的運用が可能となる(図一8)。これにより、今まで管理に苦労していた、高所作業車等のレンタル機器の稼働状況、配置を把握出来ることから容易に管理を行える。

また、人の動きを一定時間記録し、動線やヒートマップに表すこともできる(図一9)。

これにより、動線の活発な場所を確認可能となり、動線の疎なところは目が届いていないところとして把握できるなど安全・工程管理に役立ち、日常巡視業務の効率化も図られた。

さらに、情報セキュリティの観点から、「作業員スマホ」の効果検証を行っており、各協力会社職長に専用のスマートフォンを貸与している。このスマートフォンにも電波発信機能が搭載されているため、今後普及を進めると作業員全員の位置の把握も可能となっている。

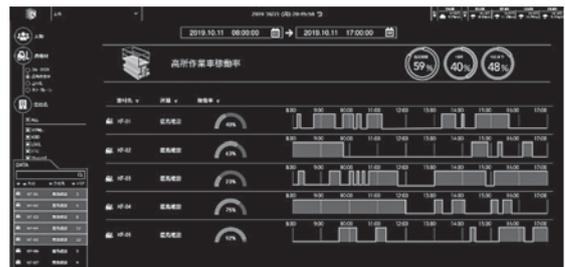
今般実際に運用した結果、現場のリアルタイムの情



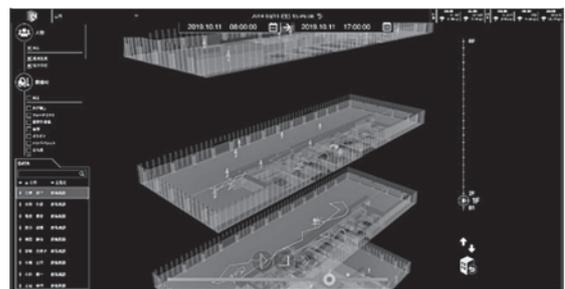
図一7 3D-K-Field 管理画面



写真一10 稼働率センサー付きビーコン



図一8 高所作業車 稼働状況確認画面



図一9 行動履歴確認画面

報を会議室において得られるため、管理者側の業務負担を減少させた。しかし、最も普及の障害になると思われるのはコストである。当現場の規模ではビーコンと高所作業車の稼働率センサーを約500個、受信機のゲートウェイ(以下GW)を150台必要とし、機材費に多くのコストを必要とした。また、システム運用に月額費用も必要となるため、その全ての費用に対して、どの程度効果があり有効活用出来るかを見極めることがこのシステムの課題である。

今後は、自分や機材の位置情報をスマートデバイスにより安易に確認可能とし、立入禁止エリアの設定を可能とすると、建築現場の安全管理にも活用出来る。

またコストに関しては、このシステムの採用現場を増やすことによってビーコンや受信機を大量発注できるため、購入だけではなくレンタル運用も可能となり費用も抑制される。

(7) ARアプリ、スマート朝礼

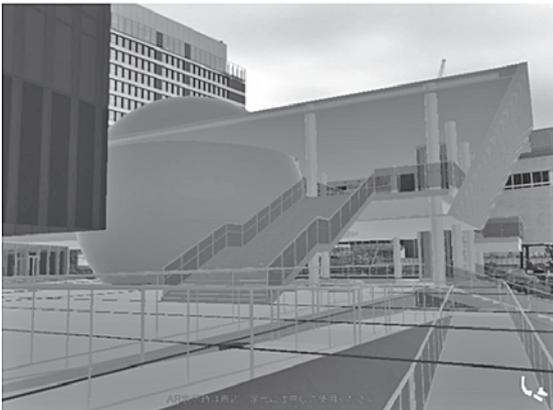
その他の取り組みとして、ARアプリを使用した現



写真—11 AR アプリ使用状況



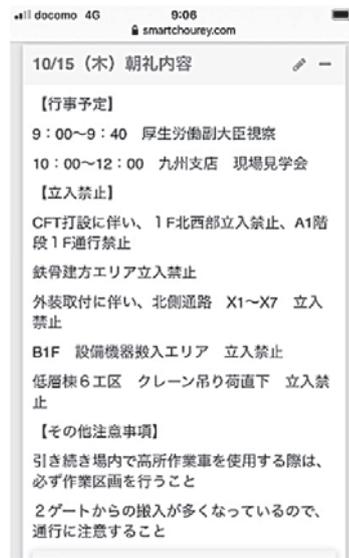
写真—12 スマート朝礼使用状況



図—10 AR アプリ 確認画面

場確認システムは、スマートデバイスを通して BIM データを現地に重ね合わせて確認できることから、完成後のイメージを直感的に共有できる（写真—11、図—10）。BIM データの種類を変えることにより、現場を横断している地下鉄みなどみらい線の位置確認や、躯体や鉄骨の位置確認にも活用できるため、安全管理・品質管理にも役立てられる。ただし、スマートデバイスを活用する際には位置情報のズレが生じることから、製品検査等に活用するためには更なる精度管理を必要とする。

また、現場の各所に貼った QR コードをスマートフォンにより読み取ることによって、その日の朝礼情報を取得できる「スマート朝礼システム」も採用した（写真—12、図—11、12）。コロナ禍ということもあり、当現場においては朝礼を分散かつ職長のみの参加としており、ピーク時の約 750 人の作業員全員に作業内容や立入禁止箇所などの細かい情報まで全て伝達するのは非常に困難であった。このシステムを使用することによって、誰でも簡単に必要な情報を取得できることから、現場の安全管理に非常に役に立った。



図—11 スマート朝礼操作画面①



図—12 スマート朝礼操作画面②

5. おわりに

本報文では、当プロジェクトにおけるスマート生産への取り組み事例を紹介した。3つのコンセプトを基に多くの項目について実証したが、遠隔管理やデジタル化の分野では実用的なものが多く現場のSEQDC管理に貢献した。特にスマート会議室によるWEB会議や遠隔製品検査・スマート朝礼については、コロナ禍の対応を求められた環境下において有用性を発揮した。また、本報文に紹介した以外にもBIMモデルを活用したシステムは多々あり、その度に必要なBIMモデルを用意することによりかなりの労力と時間を要したため、今後は施工の上流段階からBIM活用は不可欠であると感じた。コスト面や性能面において改善の余地はあるものの、今後より一層発展していく技術であ

ると思われる。一方、ロボットの分野は、多くの課題点があり、今後の実証を繰り返す過程において改善は必要であるが、今後の現場に必須な省力化を実行するには必要不可欠な分野でもあるため、積極的に多くの現場で導入し試行と改善を繰り返して実工事での適用を推進していきたい。

JCMA

【筆者紹介】

川上 裕司 (かわかみ ゆうじ)
鹿島建設(株)
機械部

