

建設機械のDX ～ 情報化施工からロボットへ ～

下田 貴之¹

¹企画部施工企画課（〒460-8514 愛知県名古屋市中区三の丸2-5-1）

新型コロナウイルス感染症の拡大により社会生活は一変し、非接触のリモート時代に入りました。しかしながら、これを契機として国土交通省はデジタル技術の活用を強力に推進するため、2021年2月に「インフラ分野のデジタル・トランスフォーメーション（DX）施策」を公表した。その施策の1つに「ロボット・AI等活用で人を支援し、現場の安全性や効率性を向上」を掲げている。これは建設施工の自動化・自律化を促進するものであり、遠隔でロボット等を活用することで施工の省人化を図り、建設労働者不足や新型コロナウイルス感染症対策のほか、現場の安全性・生産性の向上を図るものである。

本稿は、建設施工におけるDXの変遷およびDX施策を推進するために導入した遠隔操縦ロボットについて紹介するものである。

キーワード：建設機械、DX、情報化施工、ロボット、自律化

1. はじめに

建設機械の分野においては、災害復旧現場での安全性向上のため、すでにかなり以前からDX（無人化・遠隔化）が進んでいる。1991年の雲仙普賢岳の噴火災害に対して無人化施工機械が本格的に導入され、その後、全国各地の2次災害の恐れがある災害現場などで無人化・遠隔化した建設機械が活躍してきた。その後、ICTの革新とともに建設機械の操作環境も進化しており、今後はAI技術等の先端技術の導入により、オペレータによる操作が不要な自律型の建設機械に進化を遂げると考えられる。

本稿では、これまでの建設施工におけるDXの変遷、そして実現間近の建設施工のDX展望について考察するものである。

2. 建設施工におけるDXの変遷

(1) 建設施工のICT化

建設業の生産性向上、品質確保、安全性向上、労働者不足など建設業が直面している課題に対応するため、国土交通省は「情報化施工推進戦略」を2008年に制定した。情報化施工とは、施工の最適化を行う計測管理を主体としたもので、GPSやTS（トータルステーション）を利用してオペレータの操作を軽減するものである。

その後、GNSS（衛星測位）・UAVなどの計測装置や3次元データ、ネットワークを活用するICT施工へと進化した。ICT施工では、オペレータの操作支援をすることで操作性や施工の精度を上げるマシンガイダンスや、重機の一部を自動制御することで施工の効率や精度を上げるマシンコントロールが開発され、現場に普及してきた。

(2) 建設機械のロボット化

建設施工におけるICT化により施工の効率化や精度管理は向上したが、更なる省人化により建設労働者不足を解消するためには、建設機械の自動化・自律化の実現が不可欠であり、そのために必要となる技術が遠隔操作化である。建設機械を遠隔操作するためには、駆動部を動かす油圧系統の改造を行うか、人間の代わりとなり操作するロボットが必要となる。前者は無人化施工専用機械であり、稼働率が低い・維持費用が高いなどの理由で、2次災害の恐れがある危険箇所に限定して使用されている。そこで、一般に出回っている建設機械の遠隔操作を可能にする技術に着目し、大学の研究機関や建機メーカーが開発を進めているのが後者のロボットである。

国土交通省においても雲仙普賢岳の噴火災害を契機として、現地で調達できるバックホウに簡易に装着できる遠隔操縦装置を1999年度に九州技術事務所が開発・導入し、2004年の新潟県中越地震や2016年の熊本地震など各地の災害現場で活躍してきた。

そして昨年度、中部地方整備局においても建設施工のDX施策を推進するため、九州技術事務所で開発された簡易遠隔操縦装置「ロボQS」を導入した。

3. 簡易遠隔操縦装置「ロボQS」

(1) ロボQSの導入

国土交通省は、5Gを活用した無人化施工技術の開発を加速させることと同時に、それを活用する人材を育成することを目的に、次世代建設施工実験フィールドの整備を進めている。その実験フィールドの一つが中部技術事務所であり、今年5月、同事務所内に中部インフラDXセンターを開設した。（図-3-1参照）

中部インフラDXセンター(中部技術事務所)
バーチャルフィールド

現場と連携したバーチャル体験、BIM/CIMなど最新技術の機器を活用した人材育成

<対象者に応じた研修、体験学習>

- 発注者(中部地整、自治体)
- 受注者(測量設計者、施工者)
- 学生(大学、高専、高校)



【バックホウ遠隔操作】

【BIM/CIM 等研修施設】

【VRによる現場疑似体験】

<現場とリンクした最新技術の体験>

- 3Dモデル作成(PC,3DCAD)
- VRによる現場疑似体験
- ARを使用して設計の整合性確認
- ウェアラブルカメラによる遠隔臨場
- 建設機械の遠隔操作

【ウェアラブルカメラ】

図-3-1 中部インフラDXセンター

そして、この中部インフラDXセンターに建設機械の遠隔操作を行える人材を育成するために導入した装置が、ロボQSである。

(2) ロボQSによる遠隔操作化

バックホウは、操縦席の左右に配置された作業レバーと操縦席前方にある走行レバーにより操作することが可能となる。

ロボQSは人間と同じようにレバーを動かす方式で、オペレータがレバーを操作する代わりに、レバーを前後方向に動かすことができる直動シリンダと、左右方向に

動かすことができる旋回モータで構成されるアクチュエータを取り付け、無線でそのアクチュエータを制御することにより、バックホウの遠隔操作を可能とした。

ロボQSは、装着に慣れた2人が行うことで60分程度で装着可能である。（図-3-2参照）

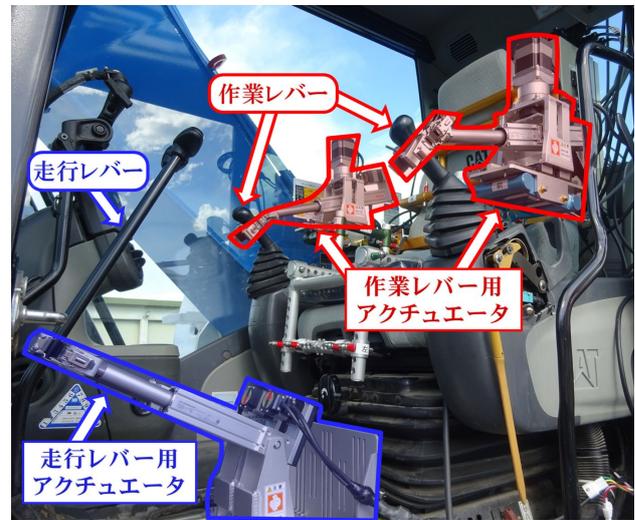


図-3-2 ロボQSを搭載した操縦席

そして、バックホウを遠隔操作するためのコックピットとなるのがモニタ付遠隔操縦装置である。

中部インフラDXセンターでは、モニタを頼りに遠隔操作技術を習得するため、モニタ付遠隔操縦装置については、実機が直接視認できない室内に設置した。（図-3-3参照）



図-3-3 モニタ付遠隔操縦装置

ロボQSの操作は、バックホウでの施工に必要となる視点に配置した車載カメラと、周囲の安全を確認するために設置した作業エリアを俯瞰するカメラの映像を確認しながら操作用コントローラで遠隔操作を行う。

コントローラのレバーは、バックホウを操作する際の作業レバーと動かし方を同様とし、配置も合わせてあるため、バックホウ操作経験者は違和感がなく操作できるように工夫されている。（図-3-4参照）



図-3-4 ロボQS操作用コントローラ

(3) ロボQSの特徴

ロボQSの主な特徴は次のとおりである。

- ・建設機械を改造することなく搭載することが可能なため、現場にある機械をそのまま遠隔操作化できる。
- ・装着した状態で、アクチュエータのみをレバーから外すことで搭乗操作が可能となるため、オペレータの判断で搭乗運転か遠隔操作かを選択でき、作業効率が向上する。
- ・必要となる機材は、小型で軽量のためワンボックス1台で運搬が可能である。

つまり、現地で対応しているバックホウを簡易に遠隔操作対応に切り替えることができるのが、このロボQSの最大の特徴である。

4. 遠隔操作技術の向上に向けて

ロボQSの導入により快適な環境で建設機械の操作が可能となるが、遠隔操作における課題は作業効率である。建設機械を操作するにあたり、作業を行う際の視点や、安全確認を行う際の視線のめぐらせ方は、オペレータによりさまざまである。そのため、オペレータの目の代わりとなるカメラを数多く設置しても、モニターでは視野が狭く、実機搭乗時と同様な操作環境を確保することは容易ではないことから、搭乗時に比べて作業効率や操作性が劣ることは明らかである。

i-Constructionで目指す建設現場の改善のためには、遠隔操作技術の向上が必要であり、モニターを通して建設機械を安全・確実に、しかも作業効率を落とすことなく遠隔操作できる人材を育成する必要がある。そのための訓練拠点が中部インフラDXセンターであり、遠隔操作技術を磨くために不可欠であった装置がロボQSである。

また、ロボQSは汎用のバックホウに搭載するだけで遠隔操作が可能となることから、訓練場所を中部インフラDXセンターに限定する事なく、現場にあるバックホウに搭載して訓練を行うことで、遠隔操作を行えるオペレータの拡大に繋げることができる。

5. おわりに

これまでの建設ロボットは、雲仙普賢岳の噴火災害を契機に導入された無人化施工機械や地下トンネルを掘削するシールドマシンなど、危険作業を伴う現場において人間の代替として作業を行うために開発され、活躍してきた。しかしながら、使用は危険箇所限定され、平常時使用の建設現場において、ロボットはほとんど普及してこなかった。

国土交通省は、社会インフラの老朽化や建設労働者不足に対応するため、2013年に「次世代社会インフラ用ロボット開発・導入検討会」を設置し、効率的・効果的なインフラ点検を行うことを目的とした建設ロボット技術の開発・導入を推進してきた。同時に、平常時においても建設現場で使用するのことができるロボット導入に向け、動き出した。

そして、2020年3月に国内で5Gのサービスが開始されたことで、今後さらに建設施工のDX化に拍車がかかることになる。5Gの特徴である超高速・大容量・低遅延の通信を建設機械の遠隔操作に活用することで、搭乗時と違和感なく操作することが可能となり、より一般的なものとして現場で使用されることが期待できる。

また、2021年2月に国土交通省は「インフラ分野のデジタル・トランスフォーメーション施策」を公表し、施策の一つに「ロボット・AI等活用で人を支援し、現場の安全性や効率性を向上」を掲げた。これは従来、人による操作や判断で行ってきた機械施工を、5G・AI等の技術を用いて機械の自動化・自律化を促進するものであり、遠隔操作ロボットと組み合わせることで施工の省人化を図り、建設労働者不足対策のほか、現場の安全性・生産性の向上を実現するものである。

今後は、急速に開発が進められている5G・AI等の先端技術を活用できる人材を育成することが不可欠となる。今回導入したロボQSを活用し、遠隔操作技術を向上させることで、建設施工の自動化・自律化を促進し、ひいてはi-Constructionが目指している「建設産業を魅力的な職場に改善する」ことにつながることを期待している。

無人化施工機械は人間による危険作業の代替として、インフラ用ロボットは社会インフラの老朽化対策として、ともに必要に迫られて導入されてきた。そして今回も新型コロナウイルス感染症の拡大により、非接触・リモート化の必要に迫られ、デジタル技術の活用を強力に推進することとなり、さらに今後も建設施工のDXは飛躍していくと考えられる。必要に迫られることで建設施工も進化していくのであれば、「コロナ禍転じてDXとなる」ことを願う。

参考文献

- 1) 国土交通省：建設ロボット技術の開発・活用に向けて、平成25年4月