

# 誰でも働ける現場を目指した 「遠隔臨場」が作業効率に与える影響の研究

コベルコ建機株式会社  
コベルコ建機株式会社  
コベルコ建機株式会社

○ 藤原 裕介  
山崎 洋一郎  
佐伯 誠司

## 1. はじめに

日本では少子高齢化の影響による労働者不足が深刻となり、日本国内における建設技能労働者数は2014年から2025年までに128万人の減少が想定されている<sup>1)</sup>。そこで、熟練オペレータ、若手就業者の減少といった課題に対して、国土交通省主導のもと、i-Constructionが提案され建設現場全体での生産性向上の取り組みが行われている<sup>2)</sup>。また、2020年5月に示された”i-Constructionによる建設現場の生産性向上”<sup>3)</sup>では「新型コロナウイルスが蔓延する状況下でも、いわゆる3密を避け現場の機能を確保するため、映像データを活用した監督検査等、対面主義にとらわれない建設現場の新たな働き方を推進」が挙げられ、新技術やデータを活用した生産性の向上や働き方の改革が必要となる。さらに、建設現場の新たな働き方として、遠隔技術の応用があり、2020年3月に「遠隔臨場」の試行方針も策定されている<sup>4)</sup>。コベルコ建機株式会社では、熟練オペレータが遠隔地の現場作業にも参加できること、次世代を担う若手オペレータへ効率的に操作教育を行うことを目指し、油圧ショベルを用いた遠隔施工の研究を広島大学と連携し進めている。

このように、「遠隔臨場」「遠隔施工」といった建設現場における新たな働き方改革に向けた商品・サービスの社会実装が今後益々加速すると考えられる。遠隔ショベルを用いた生産性向上の先行研究として、茂木等は遠隔操作システムの機能向上に取り組んでいる<sup>5)</sup>。しかしながら、生産性を評価する作業タスクは機械操作に限られた単純な作業の検証しか行われていない。一方で、実際の作業現場においては、現場監督者と手元作業者ならびに重機作業者の意思疎通を通じて複雑な作業が行われている。そのため実作業を「遠隔施工」で実施する場合、現場作業者と現場監督者の

コミュニケーションが重要となり、映像と音声の双方向通信で「遠隔臨場」を与える仕組みが必要となる。

本稿では、「遠隔施工」を模擬した現場を再現し、現場監督者と現場作業者がコミュニケーションを図ることが可能な「遠隔臨場」システムを構築して、集水桝設置作業を行う。「遠隔臨場」システムは、映像と音声の情報を現場監督者と手元作業者がビデオ通話機能を用いて共有可能とする。現場監督者が遠隔地から作業指示を行う場合、映像情報が現場監督者へ臨場感を提供し、作業効率へ影響することを確認するために、映像情報の有無で作業時間の差異を検証した。また、本検証に用いた作業タスクは、より複雑な施工作業を検証するため、掘削部の進捗状況を検測作業を行いながら段階的に進める必要性のある、集水桝設置作業を対象とした。本検証によって、現場監督者が遠隔地から作業指示を行う場合、映像情報の有無が作業効率に影響を与えることを明らかとした。

## 2. 研究内容

### 2. 1 検証システム

構築した「遠隔臨場」システムを図-1に示す。ここで、「遠隔臨場」システムは現場から遠隔地にいる現場監督者(A)に俯瞰視点映像(a)、作業者視点映像(b)ならびに音声(c)を提示し、現場監督者から手元作業者(C)に音声(d)を提示可能なシステムである。俯瞰視点映像(a)を取得する装置としてAXIS Communications製のP1445-LE、作業者視点映像(b)を取得する装置としてコニカミノルタ製のWCC-X5を使用した。また、作業者視点映像(b)、音声(c)、並びに音声(d)はビデオ通話システムとして利用されるMicrosoft Teams®を使用した。各機器の特徴的な性能を表-1に示す。構築した本システムを用いて、現場監督者がモニタ越しに確認した実際の映像情報を図-2に示す。

表-1. システム構成機器性能

	俯瞰視点映像	作業者視点映像
メーカー	AXIS Communications	コニカミノルタ
型式	P1445-LE	WCc-X5
解像度	1920×1080	1280×720
フレームレート	60fps	15fps
水平画角	最大100°	25°
垂直画角	最大62°	25°

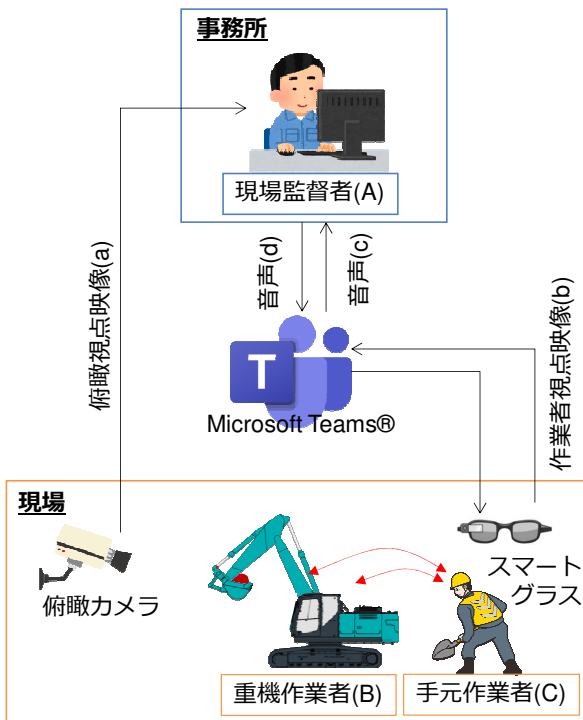


図-1. 「遠隔臨場」システム構成



図-2. 現場監督者がモニタ越しに確認した実際の映像情報

## 2. 2 検証条件

現場監督者が遠隔地から「遠隔臨場」システムを使って作業指示をするときに映像情報が作業効率に及ぼす影響を検証する。そこで構築したシステムを使い映像情報の有無で作業効率を比較する。

検証条件を表-2に示す。Case1は、事務所にいる現場監督者(A)と現場にいる重機作業者

(B)と手元作業者(C)が、映像情報と音声情報を共有して施工を行う。Case2はCase1から映像情報(a)、(b)を除いて施工を行う。すべての条件で、現場監督者は集水樹設置作業の経験年数が45年ある作業者Iが行う。その他の作業者IIおよびIIIは未経験者が行う。作業タスクはいずれも集水樹を1箇所設置する施工を行った。検証した作業工程の詳細を図-3に、集水樹設置における断面模式図を図-4に示す。作業は、丁張、床掘り、砕石布設、敷きモルタル布設、底板設置、集水樹設置、埋め戻しの順に実施する。なお、検証は作業割合の大半を占める床掘りから砕石布設までを細分化し時間配分を比較する。

表-2. 検証条件

	Case1	Case2	従来作業
現場監督者(A)	作業者I	作業者I	作業者I
重機作業者(B)	作業者II	作業者II	作業者I
手元作業者(C)	作業者III	作業者III	作業者I
現場監督者とのコミュニケーション手段	遠隔臨場 (本検証システム)	音声のみ	不要

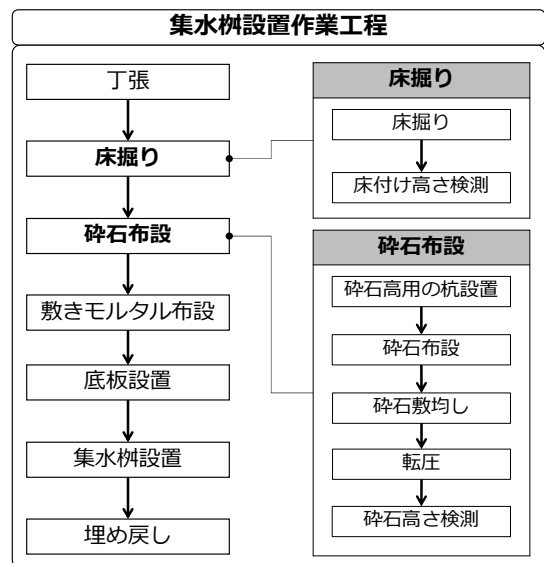


図-3. 集水樹設置作業工程

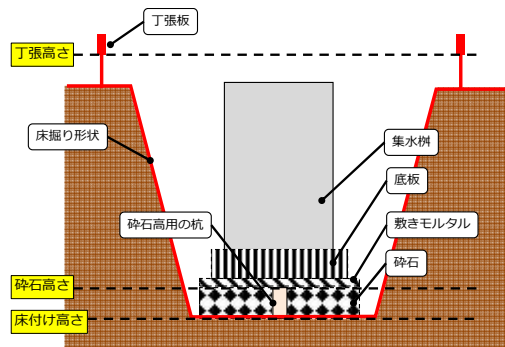


図-4. 集水樹設置作業の断面模式図

### 3. 検証結果と考察

#### 3.1 検証結果

図-5にCase1、Case2及び従来作業の各作業時間をそれぞれ棒グラフに示す。また、各項目は図-3の右側に示す床掘りと砕石布設の詳細作業とする。

作業合計時間はCase1に対して、Case2では+17minとなった。また、Case2はCase1と比較して作業時間が長い工程は主として“床付け高さの検測”作業であることが分かる。また、従来施工として、遠隔臨場システムを使わず全ての作業を同一作業者が実施した結果は、Case1およびCase2と比較して床掘りの作業時間が短い結果となった。

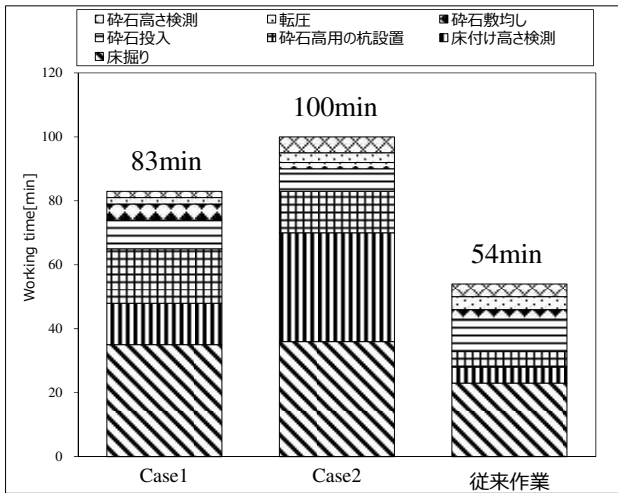


図-5. 検証条件における作業時間

#### 3.2 考察

本検証で実施した作業を分析し、フローチャートとして作業員間の情報を整理した結果として、床掘り作業を図-6に、砕石布設作業を図-7にそれぞれ示す。図中の□記号は作業を、◇は判断を示す。また、各工程を結ぶ実線は作業の手順を、破線は現場監督者と手元作業員間の音声情報を、一点鎖線は手元作業員の着用するスマートグラスを使用して取得された映像情報を示す。

床掘り作業では、現場監督者と現場にいる重機作業員と手元作業員は初期の作業開始指示のみが行われ、丁張との深さ確認は手元作業員が目視で行い、現場監督者との連携は行われない。一方で“床付け高さの検測”は、現場監督者が音声情報の検測値に加えて、検測箇所や検測方法を映像情報によって確認しながら進めることで現場の進捗状況を把握している。しかし、Case2においては映像情報が無いことから、検測位置の確認・指示

作業は現場作業員との会話で現場監督とやり取りされる。その結果、情報の不一致ややり取りに多くの時間を必要としている。

一方で、“砕石高さの検測”は“床付け高さの検測”ほど多くの時間を必要としていない。これは砕石高さ用の杭を予め設置することで敷均しを容易にしていることがあげられる。砕石高さ用の杭は床付け面から砕石高さの位置で事前に設置することで目印の高さとなり、その後は、水平器を用いて全体の敷き均しを調整するため、容易な作業となる。

また、全ての作業を同一作業員が実施した従来作業において、床掘り作業時間が短いのは、重機作業員の経験年数が多いことで、床掘り作業の作業速度が速いためであった。一方で、Case1のその他の作業においては「遠隔臨場」システムを利用することで従来作業と同等の作業時間で作業が行えることが示された。これは重機作業を除いて、現場の作業員が未経験の場合でも、経験年数が多い現場監督者が指示し、「遠隔臨場」システムを利用することで、集水桝設置作業が行える可能性を示している。

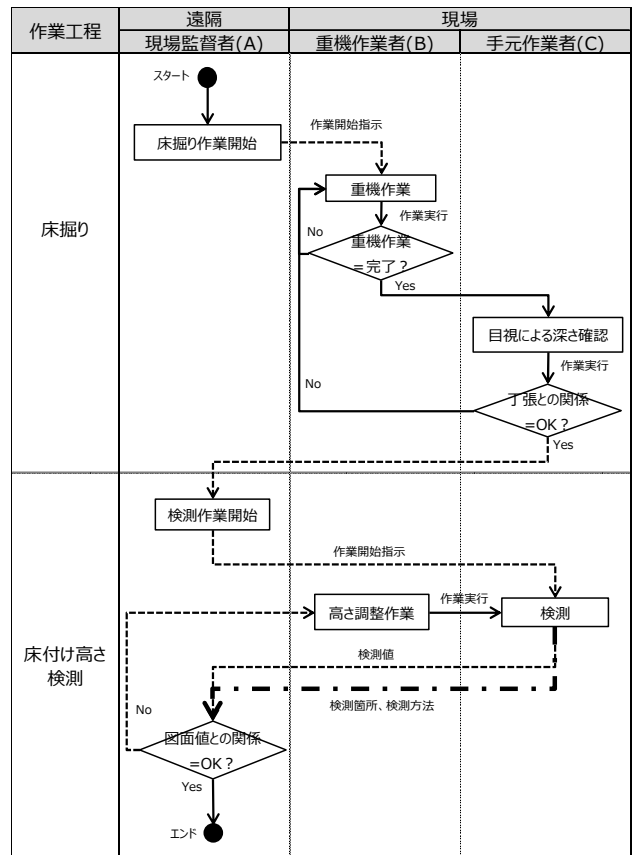


図-6. 床掘り作業におけるフローチャート

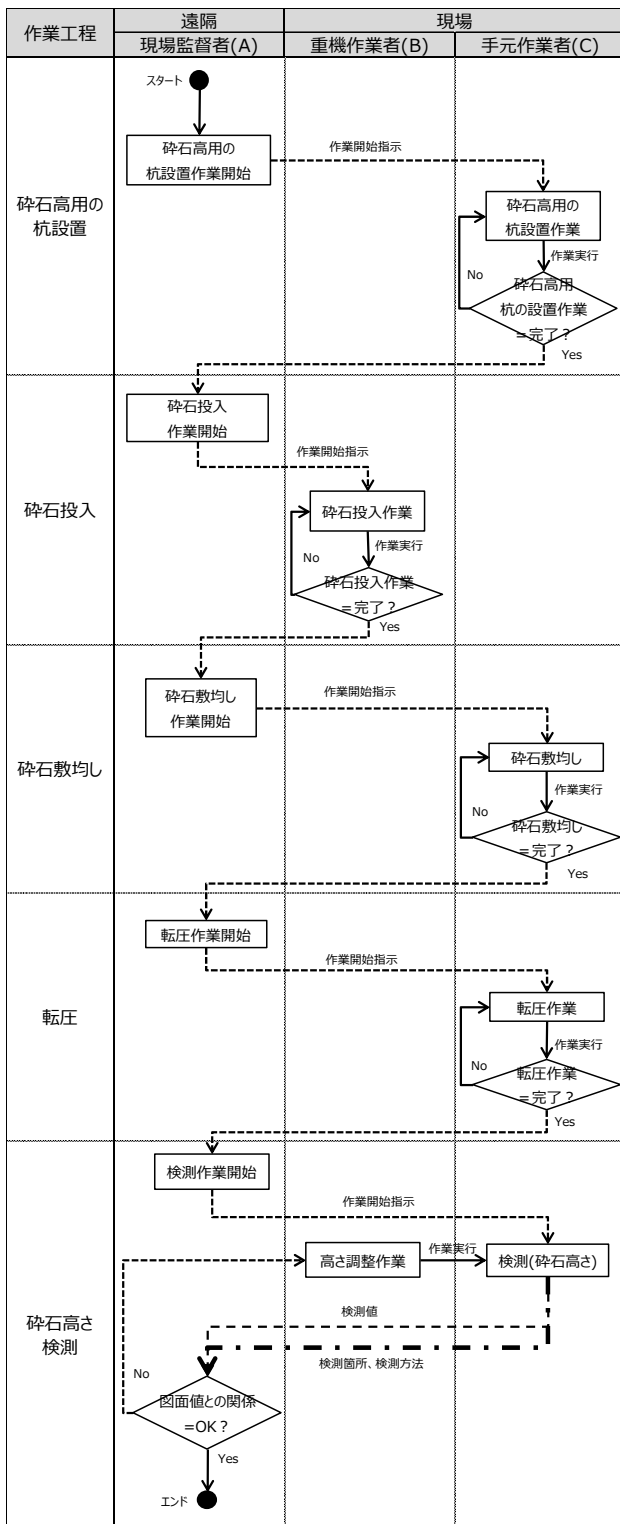


図-7. 砕石布設作業におけるフローチャート

#### 4. まとめ

少子高齢化、新型コロナウイルスによる建設業を取り巻く環境変化により、今後益々加速することが想定される建設現場の新たな働き方革新に向

けて「遠隔施工」を想定した作業課題の抽出や検証を行ってきた。本検証によって、「遠隔臨場」における映像情報が作業を進めるために重要な役割を示していることが明らかとなった。今後、重機作業者が遠隔操縦システムを利用した場合の研究も進めていき、社会課題の解決につながる商品・サービスの提供を目指す。

#### 参考文献

- 1) 一般社団法人日本建設業連合会,再生と進化に向けて-建設業の長期ビジョン-,[https://www.nikkenren.com/sougou/vision2015/vision\\_pdf.html](https://www.nikkenren.com/sougou/vision2015/vision_pdf.html),(2015年3月)
- 2) 国土交通省「i-Construction～建設現場の生産性革命～参考資料」,<https://www.mlit.go.jp/common/001127740.pdf>, (2016年3月)
- 3) 国土交通省「i-Constructionによる建設現場の生産性向上」,<https://www5.cao.go.jp/keizai-shimon/kaigi/special/reform/wg6/20200507/pdf/shiryu2.pdf>, (2020年5月7日)
- 4) 国土交通省「建設現場の遠隔臨場に関する施行要領(案)」,<https://www.mlit.go.jp/tec/content/001343445.pdf>, (2020年3月)
- 5) 茂木正晴, 西山章彦, 橋本毅, 藤野健一(土木研), 油田信一(芝浦工大),油圧ショベルの遠隔操作における視覚及び操作系インターフェースの違いによる作業効率の向上について, 2016 建設ロボットシンポジウム論文集