

建設現場における労働生産性・安全性向上に向けたデータの取得の取組み（コンクリート構造物を例に）

山口悟司・壽田健一

1. はじめに

国土交通省は、平成28年（2016）を「生産性革命元年」と位置づけ、「i-Construction」に取り組んでいる¹⁾。

一方で、「i-Construction」の目的である労働生産性・安全性向上には、個別建設現場でのデータに基づく議論が重要であるが、議論の基となるデータ取得手法が十分に確立されていない。このほか、労働生産性と安全性はトレードオフの関係との考えがあるが、トレードオフではなく両者を向上させる施工方法の検討のためにも、データに基づく議論が重要である。

そこで国総研では、コンクリート構造物工事のうち、プレキャストに比較して生産性向上の取組みに余地のある現場打ちの橋脚、橋台等に着目し、データ取得の対象とした。

本稿では、このデータ取得と分析の方向性、活用について概要を示す。

2. 実施方針

2.1 データ取得対象工種

コンクリート構造物工事のデータ取得対象工種を、技能者による作業量の多くを占める鉄筋工、型枠工、足場工とする。

令和2年度までに、橋台4基、橋脚9基、橋梁上部（床版・横組工）1基、ボックスカルバート1基、樋門2基、砂防堰堤1基にて、工事発注者及び工事受注者の同意の上、データ取得を実施している（図-1）。

2.2 労働生産性

（財）日本生産性本部は、労働生産性を「労働投入量1単位当たりの産出量・産出額」と示している²⁾。このことから、単位時間当たりの産出量（施工量）が物的労働生産性、単位時間当たりの産出額（賃金・利益等の付加価値額）が付加価値労働生産性と理解し、本データ取得では、物的労働生産性に着目してデータ取得を行う。



橋台



橋脚



橋梁上部（床版・横組工）



ボックスカルバート



樋門



砂防堰堤

図-1 データ取得工事イメージ

表-1 データ取得項目一覧

項目	目的	使用機器	データ内容
①工事日報	(a)投入量 (技能者数×時間)	パソコンまたはスマートフォン	作業内容、作業時間等
②吊り荷重量	(b)施工量 (作業日毎の施工ヤードへの搬入重量-搬出重量)	クレーンスケール	5秒毎の吊り重量
③運搬画像	(b)施工量 (クレーン運搬画像)	タイムラプスカメラ	2秒毎の運搬画像
④3軸加速度、3軸角速度、3軸方位	(c)クレーンフック挙動 (クレーンフックの荷振れ)	慣性計測装置(IMU)	3軸加速度、3軸角速度、3軸方位
⑤位置情報	(d)施工状況 (作業場所及び移動速度等)	受信アンテナ、 電波発信タグ	1秒毎の3次元座標
⑥施工映像	(d)施工状況 (現場映像)	ビデオカメラ	FHD映像 解像度1920×1080、10fps(コマ/s)

建設現場の産出量（施工量）は、通常、鉄筋は重量(t)、型枠は面積(m²)、足場は掛面積(掛m²)にて数量が表示される。施工量の簡易な把握を考慮して、本データ取得では、型枠工や足場工も、鉄筋工同様に重量(t)を用いることとする。作業日毎に構造物ヤード（構造物の周辺）に運び込んだ重量から運び出した重量を差し引いて、施工量を算出することとする。

これにより、対象とする物的労働生産性は式(1)となる。

物的労働生産性 (t/人・時間)
 = 生産量 (施工量) (t) ÷ 投入量 (技能者数×作業時間) (人・時間) ----- (1)

2.3 安全性

一般的に土木工事での事故は墜落または建設機械との接触が多いが、クレーンの吊り荷に起因する事故も一定数発生している。今回、クレーンの吊り荷と技能者の動きや位置関係を用いて、安全性を分析する。吊り荷の振れ・位置情報としてクレーンフックに着目して、クレーンフックと建設技能者の動きや両者の位置に関するデータを取得する。

3. データ取得方法

3.1 概要と取得目的

2.2の式(1)で用いる投入量・施工量、2.3で示すクレーンフック挙動、さらにそれらの結果が生じる施工状況の確認に当たり、建設現場で取得するデータ項目一覧を表-1に示す。

データの取得目的は以下の4つに分類される。

- (a) 投入量 (①工事日報)
- (b) 施工量 (②クレーン吊り荷重量、③クレーン運搬画像)

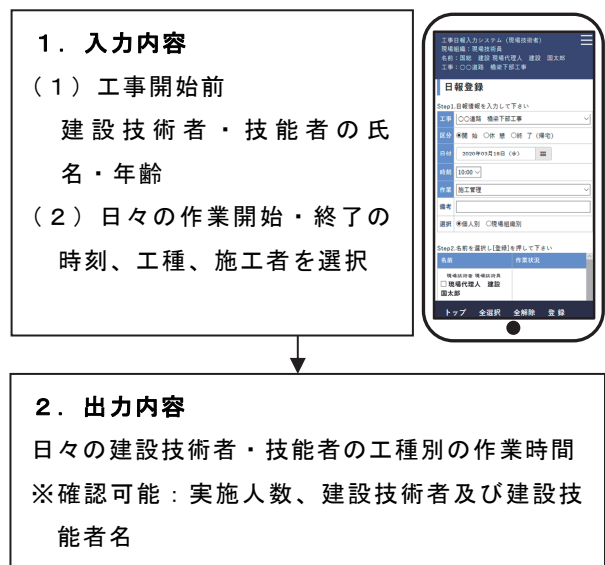


図-2 工事日報入力システム概要

(c) クレーンフック挙動 (④クレーン先端3軸加速度、3軸角速度、3軸方位 (以下、3軸加速度等))

(d) 施工状況 (⑤位置情報、⑥施工映像)

3.2 工事日報

投入量 (技能者数×作業時間) 計測に、当研究室試作の工事日報入力システムを用いる。本システムには、パソコンまたはスマートフォンにより作業開始・終了の時刻と工種、施工者を選択式で入力する。この結果、作業日毎の工種別の投入量 (技能者数×労働時間) が把握できる (図-2)。また、対象工種別での、作業日別での実施人数や作業実施者の確認も可能となる。

3.3 クレーン吊り荷重量

施工量の計測にクレーン吊り荷重量を用いる。クレーンの吊り荷重量を無線で自動記録できるクレーンスケールを使用し、5秒間隔での吊り荷重

量を計測する（図-3）。

3.4 クレーン運搬画像

3.3で計測した運搬重量を工種別に分類するには、吊り荷の正確な確認が重要である。そこで、タイムラプスカメラをクレーンスケールに接着して、2秒間に1枚の間隔で吊り荷を撮影する（図-3）。

3.5 クレーン先端の3軸加速度等

クレーンを使用した運搬では、吊り荷と作業員との接触事故を引き起こす要因の一つに、荷振れが想定される。このため、クレーン先端部に3軸方向加速度、3軸周りの角速度、3軸方向の方位を計測する慣性計測装置（IMU）を接着して、施工時の荷振れの状態を計測する（図-3）。

3.6 位置情報

位置情報の計測には、タグと呼ばれる500円玉大の機器をクレーンフックと技能者のヘルメットに接着し、機器が発する電波を複数のアンテナで

受信することで3次元での位置情報を計測するシステムを使用する。クレーンフック及び技能者にタグを接着して計測する位置情報は、平面図や3次元図面との重ね合わせも可能である。計測精度は水平方向、垂直方向共に±0.1～1m程度、計測間隔は1秒単位で実施する（図-4）。

3.7 施工映像

施工状況やクレーン運搬状況など、他計測データの検証、補完のために複数のデジタルカメラで施工現場の動画を1920×1080画素、1秒10コマ（10fps）のフルHDで撮影・記録する（図-4）。

4. データ取得状況、データ分析の方向性

令和3年3月末時点で、橋台4基、橋脚6基及び砂防堰堤1基のデータ取得を完了している。引き続き、残る橋脚3基、橋梁上部（床版・横組工）1基、ボックスカルバート1基、樋門2基のデータ取得を継続し、データ取得が完了次第、順次デー

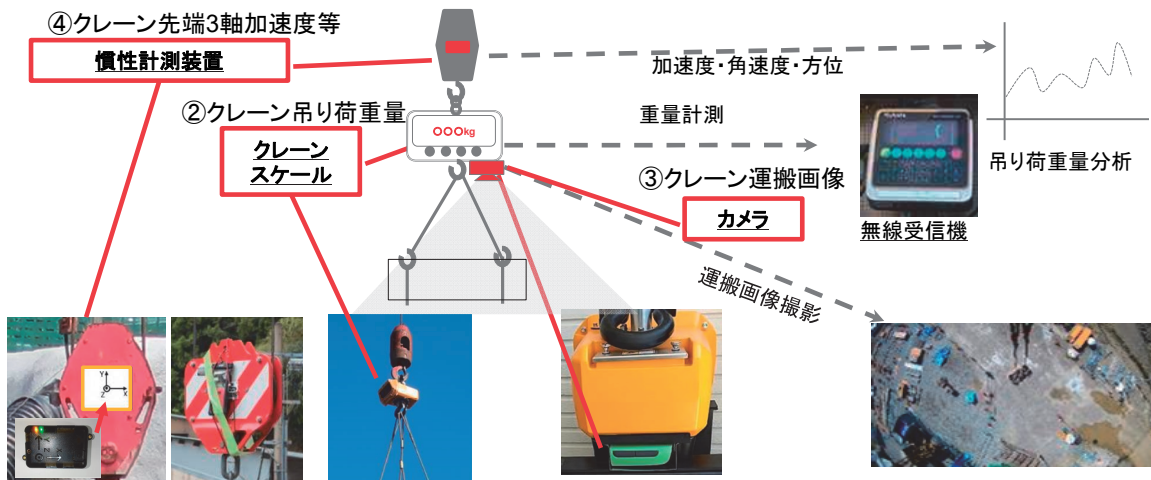


図-3 クレーン運搬作業に関する計測項目及び使用機器

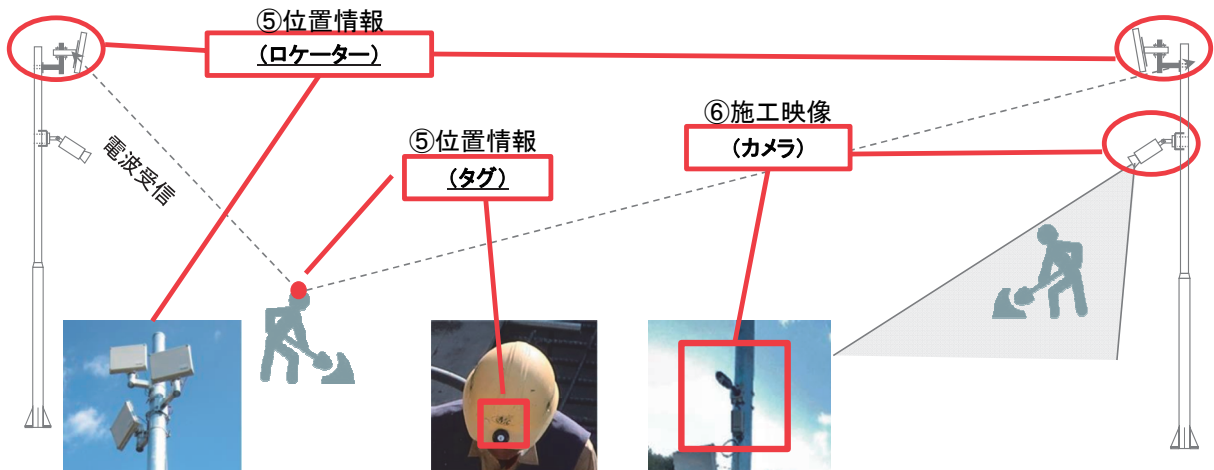


図-4 技能者及びクレーンによる施工状況に関する計測項目及び使用機器

タ分析を実施予定である。

図-5は、平成30年から平成31年にかけてデータ取得を実施した工事での鉄筋工を対象とする投入量及び生産量を示すグラフである³⁾。横軸に投入量（技能者数×作業時間）、縦軸に生産量（施工量＝クレーン運搬重量）を示し、グラフの傾きが労働生産性（生産量÷投入量）であり、傾きが急であるほど労働生産性が高いことを示す。

データを取得した工事は、同規模の橋台を、同じ建設技術者及び技能者にて一方をラフテレーンクレーン、他方を定置式水平ジブクレーン（図-6）にて施工した工事である。図-5より、ラフテレーンクレーンに比べて定置式水平ジブクレーンの施工が労働生産性は高い計測結果であった。

今後、労働生産性の変化要因がクレーンの違いによるものか、その他の条件によるものかを確認するため、取得したデータの分析手法について、以下を想定している。

第一に、取得したデータを対象工種（鉄筋工、型枠工、足場工）毎に、作業区分（資材搬入、現場内小運搬、資材固定、加工等）で分類する。

第二に、工種別の物的労働生産性を算出して、作業区分毎の作業時間や位置情報、施工映像を用いて、物的労働生産性に差を生じさせる要因を分析する。

第三に、要因の分析結果に基づき、対象とする作業の機械化を含めて、施工における作業区分別の改善方法を検討する。

このほか、対象工種及び作業区分別に3軸加速度等のデータを分類して、物的労働生産性の変化とクレーンフック挙動、施工映像より、施工方法と安全性の関係を分析する予定である。

5. おわりに

今後、取得データの分析より、物的労働生産性に差を生じさせる要因や改善方法を検討し、その成果を、令和3年度中に取りまとめ予定の「定置式クレーン等を活用した現場内運搬の省力化ガイドライン（仮称）」に反映して参りたい。

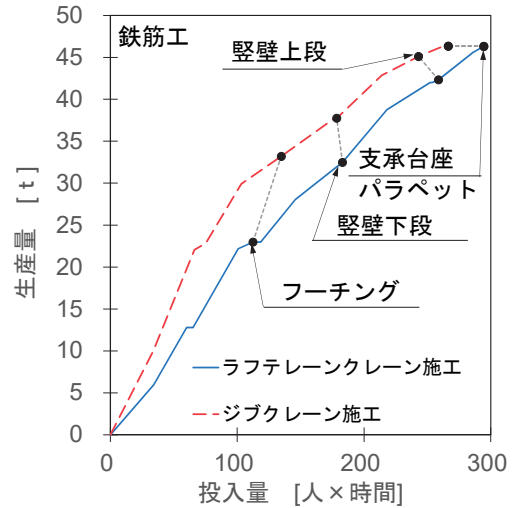


図-5 物的労働生産性グラフ例



図-6 定置式水平ジブクレーン

参考文献

- 1) i-Construction～建設現場の生産性革命～、2016.4（国土交通省i-Construction委員会）
- 2) 生産性の定義：公益財団法人日本生産性本部（<http://www.jpc-net.jp/movement/productivity.html>）（アクセス日：2021年3月26日）
- 3) 関健太郎、山口悟司、齋藤孝信、建設現場における施工実態データの計測と労働生産性の定量的把握事例（第1回「i-Constructionの推進に関するシンポジウム」発表論文）

山口悟司



国土交通省国土技術政策総合研究所社会資本マネジメント研究センター社会資本システム研究室 主任研究官
YAMAGUCHI Satoshi

壽田健一



国土交通省国土技術政策総合研究所社会資本マネジメント研究センター社会資本システム研究室 交流研究員
SUDA Kenichi