

コンクリート構造物の施工における 物的労働生産性・安全性向上に向けた 施工データ取得・分析の取組

壽田 健一¹・関 健太郎²・山口 悟司³

¹非会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所（〒305-0804 茨城県つくば市旭町1番地）

E-mail: suda-k92xm@mlit.go.jp

^{2,3}正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所（〒305-0804 茨城県つくば市旭町1番地）

E-mail: seki-k263@mlit.go.jp

E-mail: yamaguchi-s22ae@mlit.go.jp

建設工事現場の労働生産性及び安全性の向上を目的に、国土交通省では働き方改革やi-Constructionを推進している。しかし、労働生産性及び安全性の向上には、建設現場の施工データに基づいた議論が必要であるが、議論の基となる施工データが十分でないため、建設現場の施工データ取得と分析が必要である。

当研究室ではコンクリート構造物工事のうち、現場打ちの橋脚、橋台等に着目し施工データの取得を実施した。本稿では、単位時間当たりの施工量である物的労働生産性に着目し、建設現場の施工データを取得する方法と、物的労働生産性の違いを生じさせる要因、施工方法改善効果の分析の方法の概要について報告する。

Key Words : public works, concrete, labor productivity, safety, i-Construction

1. はじめに

建設業は社会資本整備とともに社会の安全・安心確保を担う、我が国の国土保全上必要不可欠な「地域の守り手」である。建設業がその役割を果たし続けるためには、労働条件の改善、週休二日の確保等の働き方改革を推進し、技能労働者等の減少に対応することが必要であり、そのためには生産性の向上が不可欠である。

国土交通省では、2016年を「生産性革命元年」と位置づけ、調査・測量から設計、施工、監督・検査、維持管理までの全ての建設生産プロセスにおいて抜本的な生産性の向上及び安全性を向上させる「i-Construction」を推進させることで、2025年度までに建設現場の生産性を2割向上させることを目指している¹⁾。

この取組みの目的である労働生産性・安全性向上には、建設現場の施工データ（以下、データ）に基づいた議論が必要であるが、議論の基となる十分なデータがない。

また、労働生産性と安全性はトレードオフの関係との考え方があがるが、トレードオフではなく両者を向上させることが求められており、その施工方法を検討するため

にも、データに基づく議論が必要である。

そこで、国土技術政策総合研究所 社会資本システム研究室では、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、このデータ取得方法と状況、データ分析の方法、活用についての概要を示す。

2. 実施方針

(1) データ取得対象工事

コンクリート構造物の施工データの取得対象工種は、技能労働者による手作業を多く必要としている鉄筋工、型枠工、足場工とした。

2020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、データ取得を実施している（図-1）。



図-1 データ取得工事イメージ

(2) 労働生産性の考え方

(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でき、本稿では、物的労働生産性に着目してデータ取得を行った。

建設現場の生産量（施工量、契約数量）の単位は、鉄筋は重量（t）、型枠は面積（m²）、足場は掛面積（掛m²）で数量が表示される。施工量を簡易に把握するため、本稿では型枠工、足場工も、鉄筋工同様に重量（t）を用いることにした。また、作業日毎に構造物ヤード（構造物の周辺）に運搬した重量から運び出した重量を差し引いて、施工量とした。

これにより、対象とする物的労働生産性は式（1）で示すことができる。

$$\begin{aligned} & \text{物的労働生産性 (t/人・時間)} \\ & = \text{生産量 (施工量) (t)} \div \text{投入量 (技能労働者数} \times \text{労働時間) (人・時間)} \dots \dots \text{式 (1)} \end{aligned}$$

(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ことから、クレーンの吊り荷と技能労働者の動きや位置関係を把握し、安全性の高い施工方法について検討を実施するために必要となるデータを取得する。安全性の検討に必要なデータは、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労働者の両方の動き・位置の情報を取得した。

3. データ取得方法

(1) 概要と取得目的

2.(2)の式（1）で示した投入量・施工量、2.(3)で示したクレーンフック等の挙動や施工状況等の把握を目的に、建設現場で計測するデータ項目を表-1に示す。

また、データの取得目的は以下の4つに分類される。

- (a) 投入量の計測（①工事日報）
- (b) 施工量の計測（②クレーン吊り荷重量、③クレーン運搬画像）
- (c) クレーンフック等の挙動の計測（④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) 施工状況の把握（⑤位置情報、⑥施工映像）

表-1 データ項目一覧

項目	目的	使用機器
① 工事日報	(a) 投入量 (技能者数×労働時間)	パソコンまたはスマートフォン
② クレーン吊り荷重量	(b) 施工量 (作業日毎の施工ヤードへの搬入量－搬出量)	クレーンスケール
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
④ 3軸加速度等	(c) クレーンフック挙動 (クレーンフックの振れ)	慣性計測装置 (IMU)
⑤ 位置情報	(d) 施工状況 (作業場所及び移動速度)	受信アンテナ、電波受信タグ
⑥ 施工映像	(d) 施工状況 (現場映像)	ビデオカメラ

(2) 工事日報

投入量（技能労働者数×労働時間）の計測には、国土技術政策総合研究所 社会資本システム研究室で試作した工事日報入力システムを用いる。本システムの入力は、パソコンまたはスマートフォンを用いて作業開始・終了時刻、事前に登録した作業工種、技能労働者の氏名を選択式で入力する。これにより、作業日毎の工種別の投入量（技能労働者数×労働時間）が把握できる（図-2）。

また、電子データで対象工種別の作業日毎の実施人数や技能労働者の氏名を確認することも可能となる。

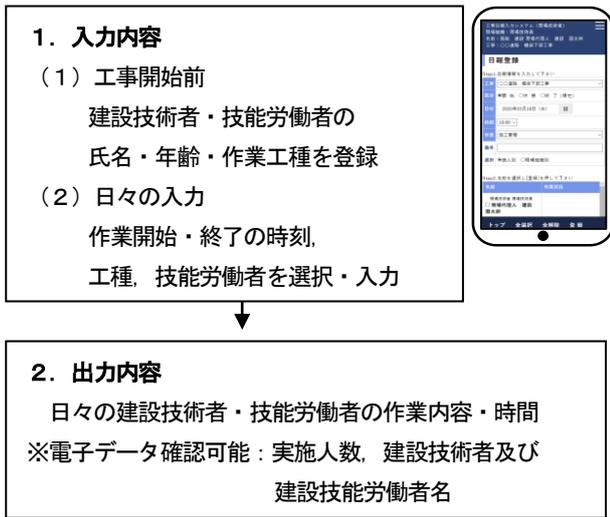


図-2 工事日報入力システム概要

(3) クレーン吊り荷重量

施工量の計測は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秒間隔で吊り荷重量を計測した(図-3)。

(4) クレーン運搬画像

3.(3)で計測したクレーンの吊り荷重量を工種別に分類するには、吊り荷の把握が必要となる。このため、タイムラプスカメラをクレーンスケールの吊りフック横に装着して、2秒間に1枚の間隔で吊り荷を撮影した(図-3)。

(5) 3軸加速度等

クレーンを使用した運搬では、吊り荷と技能労働者との接触事故を引き起こす要因の一つに、荷振れによる接触が想定される。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)を装着して、運搬時の荷振れの状態を計測した(図-3)。

(6) 位置情報

位置情報の取得には、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労働者のヘルメットに装着し、機器が発する電波を複数のアンテナ(ロケータ)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した。このクレーンフック及び技能労働者にタグを装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。また、計測精度は水平方向、垂直方向共に±0.1~1m程度であり、計測間隔は1秒単位で実施した(図-4)。

(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を設置して、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・記録した(図-4)。

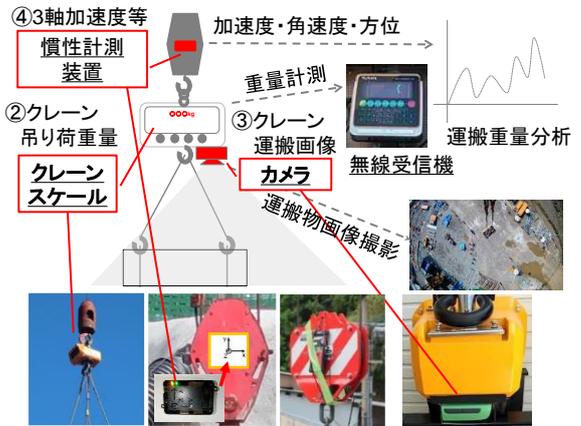


図-3 クレーン運搬作業に関する計測項目及び使用機器

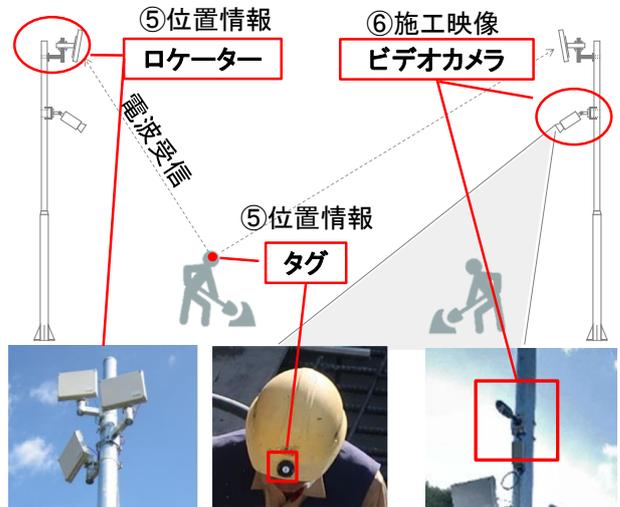


図-4 技能労働者及びクレーンによる施工状況に関する計測項目及び使用機器

4. データ取得状況、データ分析の方向性

2021年4月末時点で、橋台4基、橋脚9基、橋梁上部(床版・横組工)1基、樋門2基、砂防堰堤1基にてデータ取得を完了している。引き続き、ボックスカルバート1基のデータ取得を継続し、データ取得が完了次第、順次データ分析を実施している。

データ取得を実施した同規模の橋台2基(A1, A2)は、異なる元請会社が同じ協力会社の協力により、A1橋台は定置式水平ジブクレーン、A2橋台はラフテレーンクレーンを用いて施工した。A1橋台で使用した定置式ジブクレーンとは、定位置に存置し建設現場に常時設置して使用される水平ジブを有するクレーンである(図-5)。

図-6は、工事における鉄筋工の物的労働生産性(投入

量及び生産量)を示すグラフである。横軸に投入量(技能労働者数×作業時間),縦軸に生産量(施工量=クレーン吊り荷重量)を示し,グラフの傾きが物的労働生産性(生産量÷投入量)であり,傾きが急なほど労働生産性が高いことを示している。

今後,各構造物における物的労働生産性の変化を生じさせた要因が施工方法やクレーンによるものか,その他の施工条件によるものかを確認するため,取得したデータの詳細な分析方法について,以下を想定している。

まず,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)で区分する。

次に,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,施工映像を含めて物的労働生産性に差を生じさせる要因を分析する。

そして,要因の分析結果に基づき,対象とする作業の効率化や機械化の可能性について検討する。

更に,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の挙動や施工映像より,施工方法と安全性の関係を分析する。



図-5 定置式水平ジブクレーン

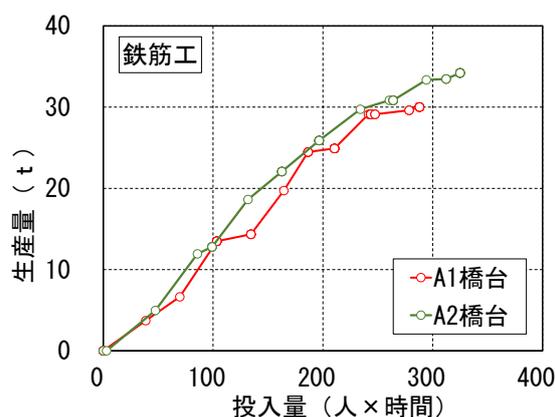


図-6 橋台における物的労働生産性グラフ例

5. おわりに

今後,取得したデータの詳細な分析を実施し,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,2021年度中に取りまとめ予定である「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)」に反映することを想定している。

謝辞: 施工データの取得に御協力頂いた国土交通省の各地方整備局,事務所,並びに工事受注者である各建設会社及び各協力会社の技能労働者の皆様には格別の御助言・御指導・御協力を頂き,心より謝意を表します。

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 (<https://www.jpc-net.jp/movement/productivity.html>)

(2021.5.26 受付)

EFFORTS TO ACQUIRE AND ANALYZE CONSTRUCTION DATA TO IMPROVE PHYSICAL LABOR PRODUCTIVITY AND SAFETY IN THE CONSTRUCTION OF CONCRETE STRUCTURES

Kenichi SUDA, Kentaro SEKI and Satoshi YAMAGUCHI

The Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism is promoting work style reforms and i-Construction with the aim of improving labor productivity and safety at construction sites. However, in improving labor productivity and safety, discussion based on construction data of construction sites is necessary, but since there is not enough construction data to be the basis of the discussion, construction data acquisition and analysis of construction sites are necessary.

In our laboratory, we acquired construction data focusing on bridge legs, a bridge stand, etc. of concrete structure construction. In this paper, we focus on the material labor productivity which is the amount of construction per unit of time, and report the outline of the method of obtaining construction data of construction sites, factors that cause the difference in material labor productivity, and methods for analyzing the improvement effect of construction methods.