

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

関 健太郎¹・山口 悟司²・齋藤 孝信³

^{1,2,3}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-s22ac@mlit.go.jp

E-mail: saitoh-t92gr@mlit.go.jp

小規模な土木工事現場の労働生産性等の向上を目的に、「施工」を「物を運ぶこと」と捉え、技能労働者の工夫しようとする気持ちを見据え、「道具・機械」に係る新技術導入による労働生産性等の向上を図る試行工事が、国土交通省四国地方整備局により実施された。試行工事は同規模の2基の橋台を異なる建設機械を用いて施工することで、新技術の導入効果を把握、検証するものである。

本事例では使用する建設機械の違いが土木工事現場の労働生産性に与える影響を定量的に検証するため、施工実態を示すデータを計測し、計測データを用いた労働生産性の定量化を試みた。その結果、労働生産性の違いを定量的に把握するとともに、労働生産性の違いを生じさせる要因分析に資すると考えられる計測データを特定できたと考えられる。

Key Words : public works, labor productivity, crane, reinforcement works, formwork, timbering

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、労働環境の改善、週休二日の確保等の働き方改革を進め、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。国土交通省はi-Constructionを推進させることで、2025年度までに生産性を2割向上させることを目指している。

高齢化が全国に先駆けて進む四国地方では、技能労働者の高齢化による人手不足が全国に先駆け懸念されており、国土交通省四国地方整備局により生産性を維持しつつ人口減少に伴う労働力不足の補完をめざした試行工事が実施された。試行工事は、i-ConstructionにおけるICTの全面的な活用とは別の視点から小規模な土木工事現場の労働生産性と安全性の向上を目的に、「施工」を「物を運ぶこと」と捉え、技能労働者の安心感・やりがい・工夫する気持ち等を見据えつつ、「道具・機械」に係る新技術導入による労働生産性と安全性の向上を図ることを目指したり。試行工事では、ほぼ同規模の2つの橋台、A1橋台とA2橋台の施工において、A1橋台は、従来工事と同様に油圧式クレーンが、A2橋台は定置式水平ジブ

クレーンが使用された。試行工事は、両橋台の施工状況の違いを観察・計測することにより、異なる建設機械を用いた場合に労働生産性・安全性に与える影響・効果を把握、検証するものである。

本稿は、労働生産性の定量的な把握・検証に必要な試行工事の施工実態データの計測方法、生産量に資材の重量、生産要素の投入量に技能労働者の作業時間を用いた労働生産性の定量化の試行事例について論述する。

2. 試行工事と施工実態データの計測

(1) 試行工事の施工量

試行工事における施工量は、表-1の通りである。A2橋台の現場打ち杭は、既設構造物との位置関係により既設構造物の現場打ち杭の施工と同時施工されたため、試行工事の労働生産性の比較対象工種から除いた。

(2) 施行時における施工実態データの計測

試行工事の施工実態データの計測に用いた主な計測装置と計測データは、表-2の通りである。記録装置を収納するモニター室を設置し、施工する橋台の周囲にそれぞれ4本の計測用支柱を立て位置情報を計測するための受

表-1 試行工事における施工量

	A1 橋台	A2 橋台
使用クレーン	ラフテレーン クレーン	定置式水平ジブ クレーン
構造形式	逆 T 式橋台 (場所打ち杭)	
フーチング (m) (B×D×H)	10.5×10.5×1.9	13.0×10.5×1.9
堅壁 (m) (B×D×H)	10.5×2.5×7.2	13.0×2.4×6.5
鉄筋* (t)	42.7	39.7 (A1 比=93%)
型枠* (m ²)	580	480 (A1 比=83%)
支保* (空 m ³)	40	50 (A1 比=125%)
足場* (掛 m ²)	590	490 (A1 比=83%)

* 契約数量

表-2 主な計測装置と記録内容

計測事項	計測機器	記録内容
作業内容	スマートフォン15台 (音声入力端末)	作業内容, 作業時間等
位置情報	信号発信タグ20個 受信アンテナ10台	1秒毎の3次元座標
作業映像	ビデオカメラ4台 レコーダー1台	FHD映像 解像度: 1920×1080 10 fps (コマ/s)
運搬重量	信号発信タグ1個 クレーンスケール1台	位置情報, 吊り重量

信アンテナとビデオカメラを取り付け施工実態に関する各種データを計測した。

a) 作業内容・作業時間データの計測

作業内容・作業時間は、現場の省力化に留意し、作業前後にスマートフォンに向かって技能労働者が自らが行う作業内容を口頭で話すと、その時刻と作業内容がテキスト情報として自動記録され作業日報が作成できる日報入力システムを構築して把握した。

b) 位置情報データの計測

位置情報の把握は当初GPS-GNSSを用いる方法を検討したが、既存構造物、足場等の影響を受け十分な精度の位置情報を計測できないこと、GPS-GNSSのアンテナが大きく技能労働者の作業に影響を与えることから、GPS-GNSSの利用を断念した。試行工事では既存構造物、支保・足場等の影響を受けずに高精度の位置情報を得る必要がある一方、作業範囲が限定されていることから、タグから発した電波を2つ以上の受信アンテナが受信することで位置を計測することができる装置 (Quuppa社 (フィンランド) 製の高精度位置測位システム) を用いて位置情報を把握した。

計測精度は、水平方向、垂直方向ともに±0.1~1 m程度、計測間隔は1秒おきに計測が可能となった。計測し

た位置情報から、水平/鉛直方向の移動速度、方向ベクトル、移動パターン (静止と移動) 等が解析できる。

c) 施工映像の撮影

4台のFHD (Full High Definition)カメラを用いて、作業時間 (通常8:00~17:00) の映像を記録した。映像から、施工実態データの数値ではわからない技能労働者の動作や吊り荷の種類を把握することができた。

d) 資材の運搬重量データの計測

クレーンフックに計量装置を吊り下げ、技能労働者と同様にタグを貼付し、クレーンの吊り下げ荷重 (5秒毎) と3次元位置情報 (1秒毎) を計測した。計量装置は、3tまで計量が可能で0~500kgの計量では±1kgの精度で記録した。

3. 労働生産性の分析について

(1) 労働生産性の定量化の考え方

生産性についてヨーロッパ生産性本部は、「生産性とは、生産諸要素の有効利用の度合いである」との代表的な定義を示している²⁾。一般的に、生産性を生産されるものの有形無形に関わらず、生産を行うために必要となる生産要素の投入量(input)とそれによって産出される産出量(output)との相対的な割合とし、式(1)のように定義される。

$$\text{生産性} = \frac{\text{産出量(output)}}{\text{生産要素の投入量(input)}} \quad (1)$$

生産性は、産出量と生産要素の性格により分類される。産出量には、物的生産性、付加価値生産性があり、生産要素には、労働生産性、資本生産性、全要素生産性がある。

試行工事ではほぼ同規模の橋台を異なる建設機械を用いて施工し、その生産性の違いを定量的に把握することを目的にしていることから、産出量には物的生産物を、生産要素には労働量を用いて労働生産性を把握することとした。

(2) 生産量の定量化の考え方

労働生産性の比較は試行工事において比較が可能な、鉄筋、型枠、支保・足場の3工種とした。通常、鉄筋は重量(t)、型枠は面積(m²)、支保は空体積(空m³)、足場は掛面積(掛m²)で数量が表示される。本分析では、日当たり作業量を簡易に把握するため、型枠、支保・足場も鉄筋同様、重量を用いて施工ヤードに搬入された重量を施工量と定義した。

施工ヤードに搬入された重量の考え方を図-1に示す。鉄筋、型枠、支保・足場等の資材は資材搬入された後、資材置場に仮置きされ、施工ヤードへ一次搬入(①)され

る。搬入された資材の中には不要なものもあり、これらは搬出(②)される。ここでは、一次搬入された重量から搬出された重量の差(①-②)を施工量とした。

(3) 投入量の定量化

投入量は、鉄筋、型枠、支保・足場の作業に従事した技能労働者の作業時間を用いている。A1橋台の施工で用いられた油圧式クレーンにはクレーンオペレータが必要であるが、A2橋台の施工で用いられた定置式水平ジブクレーンは、鉄筋、型枠、支保・足場の施工を行う技能労働者が自ら操作するため、クレーンオペレータを必要としない。A1橋台は、クレーンオペレータを含んだ場合と除いた場合に分け図-2に作業時間を示した。

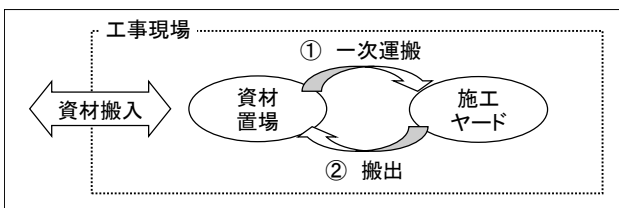


図-1 生産量の定量化の考え方

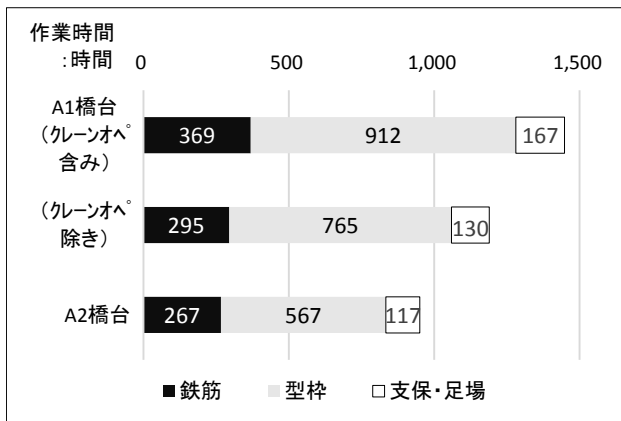


図-2 労働投入量（労働時間）

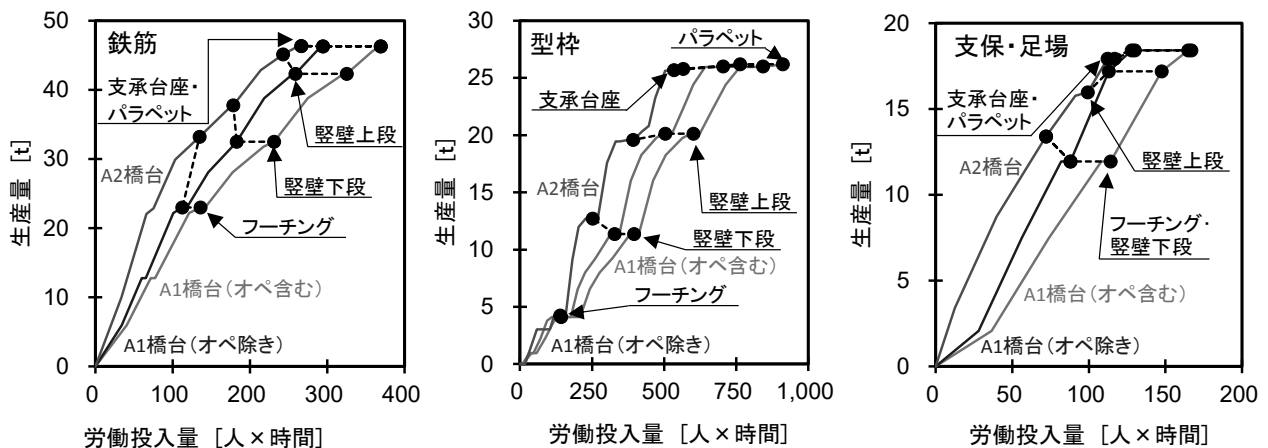


図-3 鉄筋、型枠、支保・足場の労働生産性

(4) 労働生産性の把握

本稿の労働生産性は、(2)で述べた生産量と(3)で述べた労働投入量を用いて式(2)のように定義し定量的に把握する。

$$\text{労働生産性} = \frac{\text{生産量 (単位: 重量(t))}}{\text{労働投入量 (単位: 時間(人 \times \text{時間}))}} \quad (2)$$

A1橋台は、クレーンオペレータを含めて計測した場合と、除いて計測した場合に分けて結果を表-3（クレーンオペレータを含む）、表-4（クレーンオペレータを除く）に示す。一方、図-3は

表-3 労働生産性の比較（クレーンオペレータを含む）

	A1橋台			A2橋台			A2/A1
	生産量 (t) ①	労働量 (人×時間) ②	労働生産性 ①/② ③	生産量 (t) ④	労働量 (人×時間) ⑤	労働生産性 ④/⑤ ⑥	
鉄筋	46.3	369	0.13	46.3	267	0.17	1.39
型枠	26.2	912	0.029	25.8	567	0.045	1.58
支保・足場	18.4	167	0.11	17.9	117	0.15	1.39

表-4 労働生産性の比較（クレーンオペレータを除く）

	A1橋台			A2橋台			A2/A1
	生産量 (t) ①	労働量 (人×時間) ②	労働生産性 ①/② ③	生産量 (t) ④	労働量 (人×時間) ⑤	労働生産性 ④/⑤ ⑥	
鉄筋	46.3	295	0.16	46.3	267	0.17	1.11
型枠	26.2	765	0.034	25.8	567	0.045	1.33
支保・足場	18.4	130	0.14	17.9	117	0.15	1.08

表-5 技能労働者の移動速度の変化

	サンプル数		平均移動速度 (m/s)		
	A1	A2	A1	A2	A2/A1
鉄筋	946,907	899,031	0.23	0.28	1.22
型枠	2,283,452	1,774,143	0.29	0.32	1.1
支保・足場	424,975	355,299	0.25	0.33	1.32
計	3,655,334	3,028,473	0.27	0.31	1.15

表-6 資材運搬重量と運搬回数

	A1橋台			A2橋台 (kg)			A2/A1
	総重量 (kg)	運搬回数	1回当り (kg) ①	総重量 (kg)	運搬回数	1回当り (kg) ②	1回当り ②/①
鉄筋	46,313	168	276	46,344	132	351	1.27
型枠	18,415	211	87	17,934	101	178	2.05
支保・足場	26,207	74	354	25,800	70	369	1.04
計	90,935	453	201	90,078	303	297	1.48

クレーンペレタを含む場合と除いた場合の両方の生産量と労働投入量の関係を示す。試行工事では、型枠工のフーチング部の施工の一部を除き、A1橋台（油圧式クレーン）に比べA2橋台（定置式水平ジブクレーン）の施工の方が労働生産性が高いという計測結果が得られた。

4. 施工実態の比較

使用する建設機械の違いによる労働生産性の違いを分析するため、技能労働者の施工中の移動速度、クレーンによる資材運搬重量と運搬回数に着目し、施工実態の分析を実施した。

技能労働者の移動速度の違いを比較するため、位置情報システムより、作業時間帯（休憩時間を除く作業時間帯）のデータを切り出し、3次元方向の移動速度を解析した。結果を表-5に示す。A1橋台と比較してA2橋台は、全工種で移動速度が速くなっていることが分かった。

クレーンによる資材運搬重量と運搬回数の計測結果を表-6に示す。油圧式クレーンに比べ、定置式水平ジブクレーンを用いた施工では、1回当たりの運搬重量が増え、運搬回数が減少していることが分かった。

技能労働者の平均移動速度、資材の運搬重量・運搬回数等の変化の原因について、技能労働者へヒヤリングを実施することにより、定置式水平ジブクレーンの導入効果をより具体的に把握することができると考えられる。

5. 今後の課題

作業内容、位置情報、作業画像、運搬重量を計測することにより、鉄筋工、型枠工、支保・足場の労働生産性を定量的に把握することが可能なことが確認できた。試行工事では、油圧式クレーンに比べ定置式水平ジブクレーンを用いた施工の方が労働生産性が高かったことが確認できた。また、クレーンが異なることにより、技能労働者の平均移動速度や資材運搬重量・運搬回数に違いがあることも確認ができた。

今後の課題として、クレーンの違いによって生じた労働生産性、技能労働者の平均移動速度、資材の運搬重量・運搬回数等の変化の原因を明らかにするとともに、今回計測した施工実態データでは把握できなかった施工の安全性、試行に対するやりがい・工夫に対する気持ちの変化を把握するため、試行工事に携わった技能労働者へのヒヤリング調査や計測した施工実態データの更なる分析を行うことが必要である。

謝辞： 試行工事を提案された國島正彦先生をはじめとする有識者の皆様、試行を実施した国土交通省四国地方整備局企画部、同中村河川国道事務所、並びに試行工事の受注者である竹村産業株式会社及び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) 南原道昭, 定置式水平ジブクレーンを活用した生産性と安全性向上への取り組み, 建設マネジメント技術 2019年5月号, pp55-59, 2019.
- 2) 公益財団法人日本生産性本部ホームページ, <https://www.jpcc-net.jp/movement/productivity.html>

(2019.6.30 受付)

CASE EXAMPL OF MEASURING CONSTRUCTION DATE FROM CONSTRUCITIO WORKSITES AND OBTAINING A QUANTITATIVE UNDERSTANDING OF LABOR PRODUCTIVITY

Kentaro SEKI, Shinji YAMAGUCHI and Takanobu SAITO

In order to quantitatively examine the impact different construction machinery used on worksites has on labor productivity, we measured data that indicates construction conditions and applied this data in an effort to quantify labor productivity. As a result, we were able to obtain a quantitative understanding of disparities in labor productivity while also measuring data that we believe will help to analyze the factors that give rise to such differences in labor productivity.