

建設工事における工程短縮効果の評価に向けた 一考察 ～現場打ちコンクリート工事での定置 式水平ジブクレーン施工事例による検討～

山口 悟司¹・市村 靖光²・堤 達也³

^{1,3}正会員 国土技術政策総合研究所 社会資本システム研究室（〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地）

E-mail: yamaguchi-s22ac@mlit.go.jp

E-mail: tsutsumi-t92ta@mlit.go.jp

²非会員 国土技術政策総合研究所 社会資本システム研究室（〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地）

E-mail: ichimura-y92pi@mlit.go.jp

社会資本の整備・更新・復旧・強化を担う建設技能者は、少子高齢化の影響もあり減少傾向であり、建設現場における生産性向上は喫緊の課題である。2024年4月に国土交通省より公表された i-Construction2.0 において建設現場における生産性向上目標が掲げられ、これまで ICT 土工等の個別工種における時間短縮効果は評価される中、各種作業が工程全体に及ぼす工程短縮効果の評価手法は十分検討されていない。

本稿は、技術導入における工程短縮効果の評価する観点の提案に向け、鉄筋、型枠、足場、支保、コンクリート打設の複数工種で施工する現場打ちコンクリート工事を対象に、現場に常設し専用のオペレーターを不要とする定置式水平ジブクレーンでの施工工事の工程及び作業内容をデジタルデータで分析し、工程短縮効果の評価した。

Key Words: Cast-in-place concrete construction, Process shortening, fast-erecting crane, Digital Data Analysis, Evaluation, Productivity,

1. 序論

社会資本の整備・更新・復旧・強化を担う建設業における担い手の確保は、非常に重要である。しかし、少子高齢化の影響もあり施工を担う建設技能者は減少傾向である。建設技能者は 1997 年にピークの 455 万人から、2022 年には 302 万人と約 34% も減少している^{注1)}。従来よりも少ない人数・期間で工事を施工するため、建設現場における生産性向上は喫緊の課題である。2024 年 4 月に国土交通省より公表された i-Construction2.0^{注2)} において 1.5 倍との生産性向上目標が掲げられている。これに対し、これまで ICT 土工等の建設機械の位置情報や稼働状況に基づく生産性向上・工程短縮効果の評価の取り組み^{注3)}は行われているが、現場打ちコンクリート工事のように技能者が主に施工する構造物に対しての工程短縮効果に関しては十分に検討されていない。

本稿は、技術導入による工程短縮効果の評価する観点の提案に向け、鉄筋、型枠、足場、支保、コンクリート打設の複数工種で施工する現場打ちコンクリート工事を

対象に、欧州で多用されている現場に常設し専用のオペレーターを不要とする定置式水平ジブクレーン（以下、ジブクレーン）での実工事の作業状況及び現場代理人の意見を踏まえ、ジブクレーン及び移動式油圧クレーン施工を仮想的に比較し、工程短縮効果を総合的に評価する。

本稿の構成は、以下の通りである。第 1 章では本研究の背景・目的・構成について述べた。第 2 章は、建設現場の工程短縮効果等に関する既往研究について述べる。第 3 章は、ジブクレーンの特徴について述べ、第 4 章、第 5 章は、ジブクレーンを用いた工事での工程短縮効果の整理手法及び結果について述べる。第 6 章、第 7 章は考察、結論及び今後の課題について述べる。

2. 既往研究の整理

(1) 建設現場での計測による工程短縮効果の評価に関する研究

工程短縮効果については、実工事に着目しその実績に

ついて比較されている。トンネル工事では、安達ら²⁾は、二重峠トンネルの施工において、設計段階から施工者独自のノウハウを取り入れる発注・契約方式での設計段階からの協議により、施工機械の高性能化、掘削サイクルの変更や、本坑2か所での掘削等により工程の短縮を実施した。

現場打ちコンクリート工事では、平川ら²⁾は、現場打ちの橋台新設工事を対象に、工事日報や映像を基に、多能工の工種の切替え及び準備作業の効率化等の技能者の手待ち縮減に関する効果を確認した。

なお、工事の一部作業の時間短縮効果については、吉武ら³⁾は配筋検査を対象に、開発した3眼カメラ配筋システムを用いて、実現現場での配筋検査の調書作成から検査結果のまとめまでの検査全行程を対象に、従来検査とシステムでの人・時間を集計し、削減率を算出した。また、津内⁴⁾は耐震補強工事の削孔長・削孔径の測定・写真撮影及び出来形管理図の作成に関するシステムを試作し、作業時間及び計測精度を評価した。

上記以外に、建設現場での施工及び施工管理に関する新技術を試行し、作業時間の縮減、作業人員の縮減、品質の確保等の評価を取りまとめた資料^{注4)}はあるが、工程全体の短縮効果に言及した新技術は複数工程に適用出来る技術が少ないこともあり該当がない。

(2) 建設現場の工程シミュレーションに関する研究

建設工事の工程遅延に関して、山根ら⁵⁾は、スケジュールモデルを設定したモンテカルロシミュレーションを実施したところ、クリティカルとなる工程が明確なパターンの方が、明確でないパターンよりも工期の変動幅が大きいことを確認した。

工程遅延を防止するための工事現場の施工の最適化に関する研究としては、酒井ら⁶⁾は、事前に現場を可視化し、課題を抽出する手段として施工シミュレーター GEN-VIR®を開発して、実際の橋梁床版取替工事を対象として、3Dシミュレーターにより作業時間・作業場所を定義して、各作業員の作業・移動・待機時間を集計して、ムダを把握し、作業割り付けの最適化を検討した。

本稿では、既往研究とは異なり、実工事での作業状況及び現場の技術者の意見を踏まえて、ジブクレーン及び移動式油圧クレーン施工を仮想的に比較し、工程短縮効果を総合的に評価するものである。

3. ジブクレーンの特徴

一般的に欧州ではジブクレーンが多用されている。ジブクレーンの概要を図-1、主な特徴を表-1に示す^{注5)}。置き基礎にて使用期間中に常設し、水平ジブの回転及び

トロリーの横行・巻き上げ下げにより運搬を行う。また、リモコン操作のため、作業者が常に吊り荷を目視しての操作が可能となる。

移動式油圧クレーンと比較した特徴は、施工期間に常設して国家資格を持つ専任のオペレーターを必要としないことである。このためジブクレーン施工の場合、普段移動式油圧クレーンのオペレーターに依頼しないような比較的軽量の運搬物を含めて技能者自らが作業時間中に運搬できる。結果として、人力運搬の縮減により、現場作業の効率化を図ることができる。また、生産性以外では、吊り荷に近接及び目視確認してクレーンを操作することから、正確かつ安全な運搬となり、安全性の向上も期待される。

4. 研究手法

(1) 調査対象工事

対象工事は国土交通省北海道開発局より一般土木工事にて発注されたジブクレーンを使用する現場打ち函渠工事とした。対象工事は、複数回ジブクレーンでの現場担当経験のあるジブクレーンの特徴を熟知する現場代理

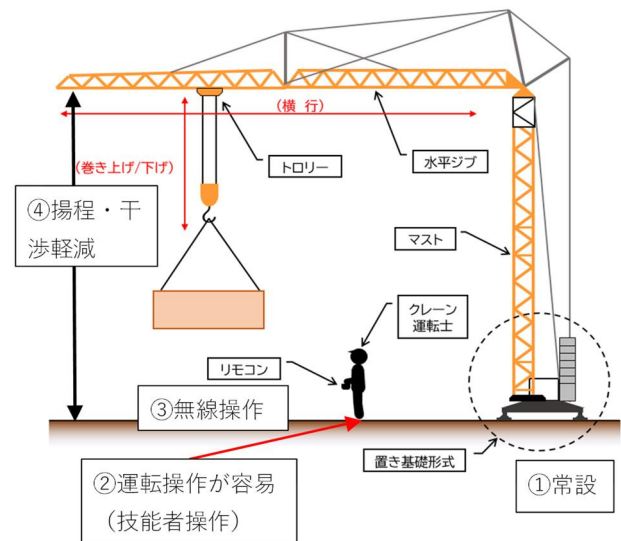


図-1 ジブクレーン概要図

表-1 ジブクレーン主な特徴

項目	概要
①常設	設置期間中は現場に常設
②運転操作が容易(技能者操作)	天井クレーンと同様に、水平稼動(横行)と垂直稼動(巻き上げ/下げ)とを独立して操作でき、ジブ傾斜変更なく容易に操作可能。特別教育のみで操作可能
③無線操作	リモコンで操作
④揚程・干渉軽減	ジブが傾斜しないため、クレーンを設置したい箇所の近傍に障害物があっても、据え付け可能。

人・技能者による施工現場を選定した。工事概要を表-2に示す。なお、支保工は足場工と合算して集計している。

表-2 対象工事概要

都道府県	北海道
構造物	函渠：L=38m
工種	鉄筋：W=195t、型枠、足場支保、 コンクリート打設：1,528m ³
施工期間	2024年6月～11月
施工日数	104
備考	※支保工は足場工と合算して集計

(2) 調査方法

国土交通省国土技術政策総合研究所が開発した工事日報入力システム⁷⁾を活用し、各技能者の作業内容・作業時間を15分単位で記録した。また現場にビデオカメラを設置し、期間中の施工現場全体の映像を撮影することで、現場内の細かい動きを含めて観察した。更にクレーンフック先端に運搬重量計(クボタ HS-CD-W-30)を設置し、吊り荷の重量データを記録した。

施工完了後には現場代理人へのヒアリングを実施し、本工事での運搬日、回数及び運搬物から、移動式油圧クレーン施工との比較に関する意見を聴取した。

工種	2024年 07月 03日 (水)					2024年 07月 04日 (木)				
	13	14	15	16	17	8	9	10	11	
鉄筋	9	6	6	6	9	9	9	9	9	
型枠						2	2	2	2	
足場支保	6		6							
コンクリ打設										

数字：技能者数 ————：作業 ジブクレーン

図-2 工事実施記録表

(3) 工事实施記録表の作成

作業の切り替えや工種の作業時間とクレーン使用時間の整理のため、工事日報入力システムへの入力内容から、現場打ちコンクリート工の実施記録を作成した例を図-2に示す。(以下、工事实施記録表)工種-作業内容別に欄を作成し、従事人数を集計した。また、クレーン使用時間帯を赤枠で囲み、作業のつながりを記載した。

表-3 運搬データリスト

番号	日付	開始時刻 (h:mm:ss)	終了時刻 (h:mm:ss)	工種	運搬箇所	種類	クレーン 運搬時間 (mm:ss)	運搬 重量 (kg)
1	@/@	8:15:15	8:17:23	型枠工	⑤	型枠板	02:08	589
2	@/@	8:20:08	8:22:10	型枠工	⑦	型枠板	02:02	660
⋮								
20	@/@	15:05:02	15:06:10	鉄筋工	①	直筋	01:08	80
21	@/@	15:11:04	15:12:52	鉄筋工	①	直筋	01:48	243
22	@/@	15:21:05	15:24:22	鉄筋工	①	組立筋	03:17	187
⋮								
@	b/b	8:33:18	8:35:21	足場 支保工	⑦	足場板	02:03	350

※20～22のクレーン使用時間：(15:24:22) - (15:05:02) = 0:19:20

(4) 運搬データリストの作成

施工映像及び運搬重量データを基に、ジブクレーンによる運搬1回毎の運搬物種類、開始時刻、運搬時間、運搬重量等を整理した運搬データリストを作成した。項目を表-3に示す。このデータリストから、工程短縮に寄与する運搬内容を抽出した。また工程短縮に係る運搬物のうち、最初の運搬開始時刻から最後の運搬物終了時刻をクレーン使用時間として算出した。

このうち、運搬箇所については、施工現場内の運搬はトラックなどの現場外からの資材運搬機械、搬入した資材を仮置きする資材置き場及び構造物を施工する施工ヤードの3種類に区分して、発着点別に図-3の通り定義した。

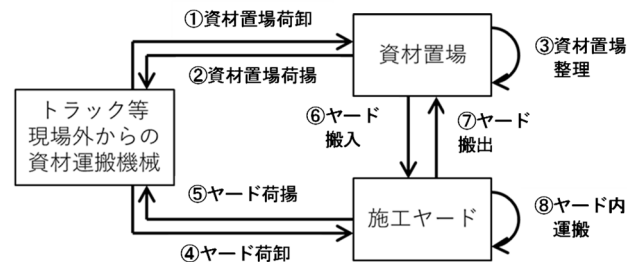


図-3 運搬箇所分類

5. 工程短縮効果の整理結果

(1) 移動式油圧クレーンとジブクレーンでの手配日数の違い

図-4にクレーンの違いによる手配日について示す。移動式油圧クレーンでの施工の場合、クレーン手配日数を削減するため、重量物運搬や作業準備を行う工種切り替え初日等に限定してクレーンを手配する。一方、ジブクレーンは現場に常設するため、施工中は常に使用できる。(図-4の両頭矢印の区間)

1. 移動式油圧クレーン

重量物運搬や作業初日に手配日を限定

クレーン手配			クレーン手配	
工種A	工種A	工種A	工種B	工種B
1日目	2日目	3日目	4日目	5日目

2. ジブクレーン

現地に常設→常にクレーンを使用

常設 (クレーン手配)				
工種A	工種A	工種A	工種B	工種B
1日目	2日目	3日目	4日目	5日目

図-4 移動式油圧クレーンとジブクレーンの手配日の違い

(2) ジブクレーンによる工程短縮効果

(1)の通り、ジブクレーンの方が常設及び専用のオペレーター無しで操作できるため、資材運搬に用いることができる時間は長くなる。そこで、ジブクレーンで施工された対象工事の調査から、手配日数の少ない移動式油圧クレーンでは行われないクレーン運搬を工程短縮作業として抽出し、ジブクレーンの工程短縮効果として整理する。本稿では、表-4に示すa), b), c) を工程短縮作業として整理する。

a) ジブクレーンによる翌日作業に用いる資材運搬

図-5にa)の工程短縮の考え方を示す。3日目に行う工種Bの作業前の運搬は、移動式油圧クレーンの場合には、クレーン手配日を1日目及び3日目のみのため、3日目に運搬を行うこととなる。一方ジブクレーンの場合には、工種Aの作業後に運搬する事で、3日目は運搬作業無しで施工出来るため、移動式油圧クレーンに対して工程が短縮すると考えられる。

そこで、ジブクレーンの場合に作業準備を前日に行うことで当日に省かれる作業準備を工程短縮作業とする(表-4のa))。具体的には運搬データリストにて整理した15時以降の翌日準備作業を対象とした。対象工事の技能者は、8時~10時、10時半~12時、13時~15時、15時半以降の4つの時間帯で作業を実施しており、翌日準備作業は、最終の時間帯にあたる15時以降に行われる運搬を対象とした。また、当日の作業の運搬に当たるヤード搬入、ヤード搬出、ヤード内運搬を除く運搬を抽出したうえで、施工映像にて運搬物を確認して、翌日の作業の準備に当たる運搬を抽出した。

抽出した運搬の工程短縮効果は、対象とする運搬の作業時間であるクレーン使用時間(表-3※書き)を、クレーン操作準備及び片付け作業時間を考慮して工事日報入力システムの集計単位である15分単位に切り上げて集計した。表-5の区分a)に結果を示す。

表-4 工程短縮作業の集計方法

工程短縮作業	整理方法	効果の算出方法
a) ジブクレーンによる翌日作業に用いる資材運搬	運搬データリストの15時以降のクレーン運搬物から、当日作業に当たるヤード搬入・ヤード搬出・ヤード内運搬を除く運搬のうち、施工映像を確認して選定	該当する運搬物のクレーン使用時間
b) 次回の移動式油圧クレーン手配日での運搬	施工業者に、運搬データリストからクレーン使用時間2時間以内(一日の1/4以内)ないしクレーン運搬10回以内(クレーン使用日回数の下位1/4以内)の施工日を対象として、移動式油圧クレーンでの施工を想定した場合での手配の可否を聴取して選定 (施工日の分類) ①移動式油圧クレーンを手配(短縮効果なし) ②次回の移動式油圧クレーン手配日での運搬 b)として集計 ③人力運搬 c)として集計	a)同様、クレーン使用時間
c) 人力での運搬	③人力運搬 c)として集計	クレーン運搬時間を人力運搬時間に換算して集計

※効果は工事日報入力システムの記録単位である15分単位で切り上げる

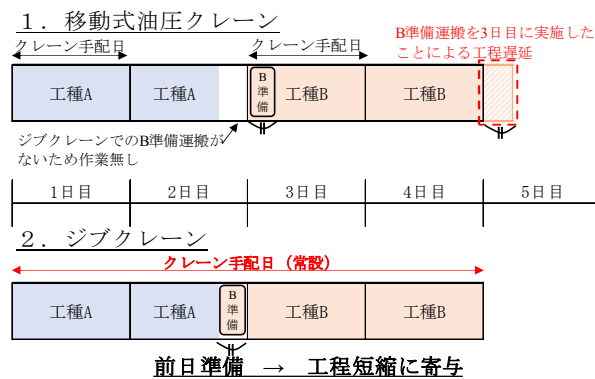


図-5 工程短縮作業 表-4a)の考え方

表-5 工程短縮作業 一覧表

区分	日付	工種	運搬回数	運搬資材種類	クレーン使用時間(h) a),b)で使用	クレーン運搬時間(h) c)で使用	c) 人力運搬 換算時間(h)	工程短縮効果(h) ※15分(0.25h)単位切り上げ	区分計 日数, 工程短縮効果
a)	7月4日	鉄筋	4	鉄筋	0.29	0.09	-	0.50	8日, 5.50h
a)	7月5日	鉄筋	2	鉄筋	0.10	0.04	-	0.25	
a)	7月8日	鉄筋	8	鉄筋	1.85	0.27	-	2.00	
a)	7月9日	鉄筋	4	鉄筋	1.09	0.16	-	1.25	
a)	7月10日	鉄筋	3	鉄筋	0.27	0.06	-	0.50	
a)	7月11日	型枠	1	端材	0.01	0.01	-	0.25	
a)	7月25日	型枠	6	型枠板	0.33	0.19	-	0.50	
a)	9月23日	型枠	3	型枠板, 型枠補強材	0.19	0.10	-	0.25	2日, 2.00h
b)	7月15日	鉄筋	5	鉄筋, パレット	0.63	0.37	-	0.75	
b)	11月2日	型枠	5	巾木, 袋	1.18	0.19	-	1.25	5日, 9.25h
c)	9月6日	型枠	6	型枠板, 型枠補強材等	7.80	0.42	2.32	2.50	
c)	9月10日	型枠	1	型枠補強材(角パイプ)	0.07	0.07	0.40	0.50	
c)	10月1日	コンクリート打設	10	発電機, 箱, 袋等	0.70	0.43	2.37	2.50	
c)	10月2日	その他(施工管理)	3	養生シート(袋入り), パレット	3.07	0.19	1.04	1.25	
c)	10月16日	コンクリート打設	7	発電機, ケーブル	2.15	0.42	2.31	2.50	

※赤字: 工程短縮効果の算出に用いた数値

b) 次回の移動式油圧クレーン手配日での運搬

a)以外のジブクレーンによる工程短縮効果として、運搬データリストから運搬時間や運搬回数が少ない施工日を候補として、現場代理人に確認し、移動式油圧クレーンではクレーンを手配してまで行わない運搬を確認する。

候補とする施工日は作業日毎にクレーン運搬を10回以内ないしクレーン使用時間が2時間以内とする。現場代理人への確認候補をクレーン使用時間2時間以内としたのは一日の1/4の作業時間に当たる時間としたためである。また、運搬回数を10回以内としたのは、クレーン使用日での運搬回数を集計して、作業時間と同様に下位1/4に該当するためである。(図-6)

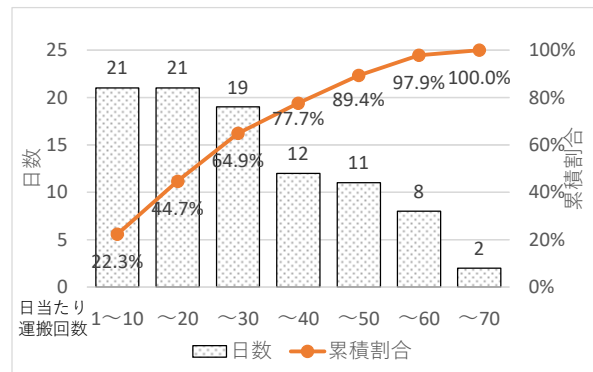


図-6 対象工事 施工日当たりクレーン運搬回数

図-7 に表-4 の b) の工程短縮作業の考え方を示す。2日目に作業Bで行われる運搬は、移動式油圧クレーン施工の場合には、次回クレーン手配日である4日目の作業Cの際に運搬する。一方ジブクレーンの場合には、2日目の作業Bの間に行っていたことから、移動式油圧クレーンに対して工程が短縮すると考えられる。

工程短縮効果の算出は、a)同様に、クレーン使用時間を15分切り上げとする。今回確認された運搬確認結果を表-6に示す。7/15の運搬は移動式油圧クレーン次回手配日が7/17で鉄筋作業日が8/1であり、工程短縮効果はクレーン作業時間の0.75時間とした。11/2の運搬は型枠資材の撤去運搬であり、移動式油圧クレーン次回手配日が11/4で型枠作業日がその後予定されていなく、クレーン作業時間の1.25時間を工程短縮効果とした。

c) 人力での運搬

b)の候補のうち、現場代理人への確認結果にて、移動式油圧クレーンを手配せずに人力にて運搬するものを対象とする。(表-5中c), 図-8)

工程短縮効果はa)及びb)ではクレーン使用時間としたが、今回は人力運搬での作業時間とした。対象工事では人力運搬時間を計測していないことから、クレーンの運搬時間から人力での運搬時間を算出するため、換算方法は式(1)とする。

$$T_{human} = K \times T_{jib} \quad (1)$$

ここで、(式1)内の文字を以下と定義する。

T_{human} : 人力での運搬時間

T_{jib} : ジブクレーンでの運搬時間

K : 換算係数

換算係数 K の算出において、一般的に人力運搬よりもクレーン運搬の方が速いが運搬時間を過大に評価しないため、クレーンと人力で1回当たりの運搬時間(発点から終点片道分)を同じと仮定し、運搬回数や移動回数に関する換算係数を求めた。運搬回数の違いは、クレーンと人力での1回当たりの運搬重量の差異による運搬回数

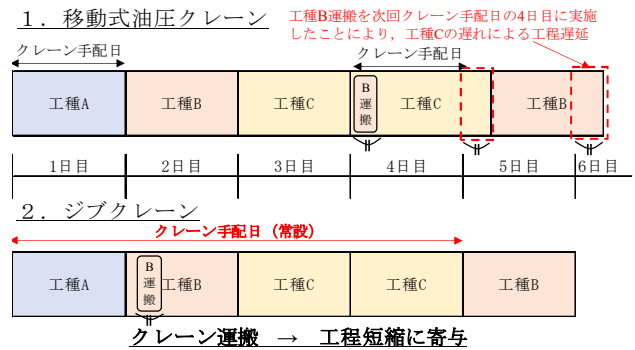


図-7 工程短縮作業 表-4b)の考え方

表-6 工程短縮作業 表-4b)の確認結果

日付	運搬物工種	クレーン使用時間(h)	現場代理人確認結果	短縮時間の算出	工程短縮効果(h)
7月15日	鉄筋	0.63	次回手配日(7/17)に運搬	鉄筋工8/1~クレーン手配7/17 →短縮時間は作業時間のみ	0.75
11月2日	型枠	1.18	次回手配日(11/4)に運搬	型枠作業無し(資材撤去) クレーン手配11/4 →短縮運搬は作業時間のみ	1.25
計					2.00

※工程短縮効果は15分単位切り上げて算出

1. 移動式油圧クレーン



2. ジブクレーン

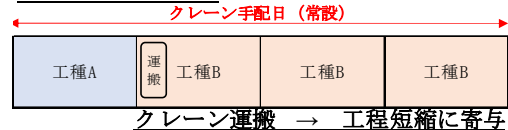


図-8 工程短縮作業 表-4c)の考え方

の変化を反映した。また、移動回数は片道のクレーン運搬時間を人力作業では往復分となることを反映した。

c)で集計した運搬物の平均重量を表-7に示す。その他は技能者が出勤しない施工管理のみである。運搬物の1回平均重量は233kgであった。人力運搬での1回当たり平均運搬重量を現場計測結果がないため、以下の仮定にて算出した。「職場における腰痛予防対策指針」にて運搬制限重量は体重のおおむね40%以下であり^{注6)}、日本の生産性年齢人口(15~64歳)の平均体重は70kgであることから、1回当たりの人力運搬重量を70×0.4=28kg、運搬人数を3名と仮定して、人力運搬での1回当たり平均運搬重量を84kgとする。移動回数について、クレーン運搬時間は片道分であることを考慮する。クレーン運搬時間を人力運搬時間に換算する係数Kは、式(2)となる。

$$K = \frac{\text{【ジブクレーンでの1回当たり平均運搬重量】}}{\text{【人力での1回当たり平均運搬重量】} \times \text{【片道から往復分への移動回数の変化】}}$$

$$= 233[kg] / (28[kg] \times 3) \times 2 = 5.5 \quad \dots(2)$$

換算係数Kをクレーン運搬時間に掛けて人力運搬時間を算出し、a)及びb)同様に施工日別に15分単位に切り上げて集計した。(表-5中のc))

(3) 工程短縮効果の整理

表-5のa)~c)の工程短縮効果を集計した結果を表-8に示す。区分別では、a)が5.5時間、b)が2時間、c)が9.25時間であり、b)が最も少ない。工事別の工程短縮作業時間は、対象工事で16.75時間であった。工事実施記録表より対象工事現場での建設現場での施工時間は概ね8時~17時で休憩時間が午前30分、昼1時間、午後30分の合計2時間であり日7時間作業であった。そのため、工程短縮作業時間を施工時間換算すると2.4日であった。

また、工程短縮作業が含まれる作業日数を集計したところ、施工日数104日に対して15日と、工程短縮作業は工程の14%程度の施工日に含まれることが確認された。

工程短縮作業を工種別に集計した結果を表-9に示す。同じ施工日に鉄筋工と型枠工等、複数工種が同時に作業することがあるため、工種別の日数の合計が施工日数とは一致しない。

全施工日数の多い鉄筋及び型枠に短縮作業が含まれていることが多い事が確認された。また、工種別の時間割合では、施工日数は少ないが、コンクリート打設の割合が他の工種よりも高いことが明らかとなった。これは、施工日数が他よりも少ないため、工程短縮割合として高くなったためである。また、足場・支保の工程短縮効果が確認されなかったのは、工種の性質として、足場や天板型枠を支える支保は、他の工種に先行して実施する内容であるためと考えられる。

(4) 工事工程の復元余地の整理

今後、更に技能者が不足する事態に向けて、工程遅延が発生した場合でもそれを復元できるための余地として、工事工程の復元余地を定義し、現場資材運搬による復元余地について試算する。ジブクレーンにおいては、現場に常設するため、予定外の資材運搬等に対応できることから、試算するものである。

今回、工程短縮作業が確認された作業日以外から、復元余地の対象として施工日の時間帯一つ分に相当する2

表-7 工程短縮作業表-4c)対象工事での運搬物

日付	工種	運搬資材種類	回数	総重量(kg)	平均重量(kg)
9月6日	型枠	型枠板、型枠補強材等	6	1,932	322
9月10日	型枠	型枠補強材(角パイプ)	1	236	236
10月1日	コンクリート打設	発電機、箱、袋等	4	-	-
10月2日	その他(施工管理)	養生シート(袋入り)、パレット	3	161	54
10月16日	コンクリート打設	発電機、ケーブル	7	-	-
計			21	2,329	233

※10/1、10/16は運搬重量データなし

表-8 工程短縮効果集計結果

工程短縮作業	短縮時間(h)	作業日数
a) ジブクレーンによる翌日作業に用いる資材運搬	5.50	8
b) 次の移動式油圧クレーン手配日での運搬	2.00	2
c) 人力での運搬	9.25	5
計	16.75	15
工程に対する割合	2.4日/104日	15日/104日

表-9 工程短縮効果 工種別集計

工種	全施工日数	短縮作業		割合	
		時間(h)	日数	時間※	日数
鉄筋	23	5.25	6	0.03	0.26
型枠	76	5.25	6	0.01	0.08
足場支保	32	0.00	0	0.00	0.00
コンクリート打設	4	5.00	2	0.18	0.50
その他(施工管理)	3	1.25	1	0.06	0.33
計	104	16.75	15	-	-

※日施工時間を7時間として算出

表-10 移動式油圧クレーン 想定使用時間算出方法例

日付	定置式水平ジブクレーン						工事実施記録表 実施工種				移動式油圧クレーン使用時間(h)					
	開始時刻 (h:ms)	終了時刻 (h:ms)	使用時間 (h)	運搬時間 (h)	運搬重量 (kg)	運搬回数 (回)	鉄筋	型枠	足場・支保	コンクリ打設	ジブクレーン運搬 施工実績適用			移動式油圧クレーン 現場での使用想定		
											往路	作業	復路	往路	作業	復路
10/01(火)	15:09:15	15:51:23	0.70	0.43	欠測	10				○						
10/02(水)	7:52:34	10:56:59	3.07	0.19	161	3										
10/03(木)	7:47:46	16:30:31	8.71	1.72	9,844	31	○	○			1.5	9.0		1.5	8.0	
10/04(金)	8:08:20	16:32:13	8.40	2.93	18,733	46	○	○				8.5			8.0	1.5
10/05(土)	8:12:15	14:41:49	6.49	1.66	8,327	30	○	○				8.0				
10/06(日)																
10/07(月)	8:17:27	15:46:16	7.48	1.58	3,194	25	○	○				8.0		1.5	8.0	
10/08(火)	8:08:04	9:52:43	1.74	0.35	2,910	9		○				4.0	1.5		8.0	1.5
10/09(水)	9:34:15	16:28:35	6.91	1.22	2,797	21		○			1.5	8.0				
10/10(木)	10:45:05	14:47:21	4.04	0.77	1,390	13		○				4.0	1.5			
10/11(金)	8:22:39	17:01:22	8.65	0.49	1,188	12		○			1.5	8.5				
10/12(土)	10:44:36	11:40:11	0.93	0.37	欠測	11		○				4.0	1.5			

※往路、復路は回送時間を指す

時間以上を対象とする。クレーン使用終了時刻から工事実施記録表の技能者の作業終了時刻まで2時間以上ある作業日を抽出したところ104日中26日該当した。仮に一日2時間クレーン運搬を行うと仮定した場合、工程遅延に対する短縮出来る余地は52時間であり、日7時間換算だと7.4日となった。

表-11 クレーン費用比較

	使用期間	回送込費用 (百万円)	ジブクレーンとの 費用差(百万円)
ジブクレーン	4.5ヶ月	7.5	-
移動式 油圧クレーン 施工実績適用	時間: 638.5	6.1	1.4
	日極: 78	6.0	1.5
	月極: 4月及び9日	5.5	2.0
移動式 油圧クレーン 現場使用想定	時間: 334	3.2	4.3
	日極: 35	3.2	4.3

6. 考察

(1) 他技術への評価手法の適用可能性

本稿では、施工現場のデータとして、日報（技能者の作業開始・終了）、映像、クレーン運搬重量を取得し、工種別の工事実施記録表やクレーン運搬物リストを作成し、工程短縮効果及びその余地を評価した。この手法を運搬効率化を含む他の作業時間短縮に資する技術に適用する場合、工事工程（各工種の作業時間）の整理及び対象技術の使用状況を整理することで検証できるものである。今回現場にて取得したデータはデジタルデータのため、入力データを自動的に加工する機能が開発されれば、自動化や作業時間の短縮が期待される。

(2) 費用対効果からの比較検討

対象工事における、ジブクレーンに要した費用及び移動式油圧クレーン施工を想定した場合での概算費用を比較する。移動式油圧クレーンの費用の算出方法を表-10に示す。対象工事の現場代理人に、施工日ごとのクレーン使用開始時刻、終了時刻、クレーン運搬時間、運搬回数及び施工工種から、5.(2)にて整理した工程短縮効果に該当するものを除いた施工実績でのクレーン使用時間を算出し、更に過去の移動式油圧クレーンの使用経験から、想定する使用時間を用いた。

費用比較結果を表-11に示す。移動式油圧クレーンの費用は、現場までの回送を含むクレーン手配時間を含む

ものである。現場代理人に月極契約について確認し、使用開始から1ヶ月間で15日以上使用日があるものを月極契約として集計した。移動式油圧クレーンの使用時間について、施工実績を適用した場合には、時間では638.5時間、日極契約では78日、月極契約では4月及び9日となった。現場使用を想定した場合には、時間では334時間、日極契約では35日となった。月極契約は1か月間で15日以上の使用日がなく、対象外であった。また、費用については現場代理人に単価を確認して(作業・回送ともに時間単価9,600円/h、日極：8時間分、月極：日極×15日)回送費用を含めて算出した。その結果ジブクレーン施工実績適用では費用差は最大2.0百万円、過去の使用経験による現場使用想定では4.3百万円となった。

今回の工程短縮時間の評価として、仮に工程遅延した場合には一日単位で対象工事費の現場管理費が増加すると仮定し、現場打ちコンクリート工の現場管理費は設計書データから対象工事費における直接工事費の按分にて算出した。算出した現場管理費を施工日数で割り戻し、工程短縮期間を日7時間にて日数換算して現場管理費の

縮減見込みを算出した。結果を表-12に示す。左側の「現場施工」で84万円、復元余地分が260万円であり、今回集計した工程短縮効果のみでは、移動式油圧クレーンの使用想定費用差4.3百万円に対しては、復元余地分を含めても費用増の解消には繋がらない。

なお、ヒアリングにて対象工事でのジブクレーンの効果について、「移動式油圧クレーンの場合集約して運ばせるようにしており、足場内に資材が散乱することがあるため、ジブクレーンでの施工により作業環境が安定した」「従来ならばクレーンと呼ばない運搬物をクレーンで運搬する事で的人力運搬の縮減による技能者負担の軽減に基づく安全性向上」との内容があり、これらの効果の定量化が今後の課題である。

このほか、図-2に示す対象工事にて確認されたジブクレーン施工による複数工種同時施工工程の組み方の変更による工程短縮効果については、移動式油圧クレーンでの工程を確認していないことから今回は検証の対象外としており、効果の算出方法及び定量化については今後の課題である。

(3) 工事工程の復元余地の評価

本稿で定義した工事工程の復元余地について、今後更に建設技能者含む労働者が減少することで^{注1)}、急な資材手配の遅延や技能者不足に対応できる余地を評価するものであり、有効であると思われる。また、今回の検討対象であるジブクレーンについては、過去の使用者から「常にクレーンが使えることで、段取り等に余裕が生まれて、作業に焦りがなく、気持ちにゆとりができ、安全に作業出来る」^{注2)}との言及がある。また、建設現場での技能者の不足については、過去のジブクレーン施工事例でのヒアリング結果においても、足場支保工の技能者が急遽確保できなかったが、ジブクレーンを活用して人力運搬の少ない施工が結果として出来た事例⁸⁾もあり、現場に常設するジブクレーンの効果として有用性があると思われる。

次に復元余地の位置付けについて考察する。一般的に、技能者の不足に伴い工期延期となった場合、発注者との協議により工期・費用面で解決できるものもあるが、一般的に任意仮設にて施工されるため、施工方法は請負者の任意にて決定されることから、使用するクレーンの変更のみによる設計変更は行われない^{注3)}。また、我が国の建設業法に基づく請負契約の発注者及び受注者間の具体的な権利義務を定めた公共工事標準契約約款においても、「受注者は天候の不良等、受注者の責めに帰することができない事由により工期内に工事を完成することができないとき、発注者に工期の延長申請を請求することができるもの」^{注4)}とされており、発注者の負担分担になるとは言い切れないため、施工段取りの遅延に対応

表-12 工程短縮 現場施工・余地 効果試算

	現場施工	余地
現場管理費 (施工日数当たり) (万円)	35	
工程短縮時間(日) ※日7時間作業	2.4	7.4
現場管理費 縮減見込み(万円)	84	260

する復元余地は施工者にとって重要であると思われる。

さらに、評価方法の利点としては、現場データにおける仮想的な比較を可能とすることである。生産性向上効果の算出において、別工事等との比較が必要となり、工程短縮の場合には、工事同士での比較が基本となる。土木工事は単品受注生産のため、同じ工事を同時平行または複数試行しての比較は困難である。そこで、現場では工程短縮と計測出来なかったがその余地を計測することで、仮想的な比較を行うことが可能となる。

なお、本稿で整理したジブクレーンの工程復元余地について、移動式油圧クレーンの場合にも回送が難しい場合等、現場に常設する場合には、ジブクレーンと類似の効果を発揮するが、ジブクレーンでは、特別教育にて操作出来ること、操作室でなくリモコンにて操作できることによりその他作業の補助を行えること等から、移動式油圧クレーンに比してジブクレーンの方が工程復元余地の効果は高いと思われる。

その他、今回対象外とした、技能者の不足に対する工程復元余地の評価については、従来と少人数で行った場合の作業時間の計測比較により評価する必要があるため、今後の課題である。

(4) 工程短縮効果分析の自動化可能性

本稿では、対象とする作業を目視判断及び現場代理人へのヒアリング結果から分析した。より複数のケースを元にした再現検証を行う観点では、施工シミュレーター⁹⁾による検証の方が、一工事に対する様々な比較検討を行う意味では有効と思われる。一方、検証に向けた構造物・建機・作業員をバーチャル上で再現・可視化に向けた設定が課題であるとともに、現場で試行していない技術の評価はバーチャル上でのデータ再現がさらに困難なものと思われる。また、今回評価した工程復元余地については、更に事態が悪化した場合での可能性を整理したものであり、仮想的な検討を含むものである。

また、対象工事の工程整理について、現場代理人に記録頂いた日報を確認及び施工映像にて整理した。今後、日報を記録されていない工事では、カメラの画像をAI判断にて人数及び作業時間を自動計測するシステムの活用^{注5)}等により、分析作業の効率化が期待される。

7. まとめ及び今後の課題

本稿では、現場打ちコンクリート工事において、建設現場に常設し国家資格を必要としないオペレーターで利用できるジブクレーンによる施工現場での作業時間・運搬記録、現場代理人からのヒアリングにより、工程短縮効果及び改善余地について、効果の特性、費用対効果の観点、改善可能性余地の観点から検討を行った。

本稿で検討した、工程短縮効果を縮減日数とその余地を含めて評価することは、今回の試行技術であるジブクレーンのように複数工種を支援する技術の検証において特に有用と思われる。更には、効果比較の観点から、同条件・同技能者での施工比較が困難であるため、現場試行では直接的に計測できなかった効果を位置づける観点で有用性があると思われる。

今後の課題としては、今回の評価手法を用いた他工事での工程短縮効果及び工程復元余地の評価とともに、ジブクレーンでの効果整理でも十分になされていない、現場整理促進や人力運搬縮減による効果の定量化がある。

特に、建設現場の課題解決に向けた新技術の評価手法として、生産性の対となる安全性の効果整理が考えられる。対象工事のヒアリングでも、吊り荷を確認しての操作により安全性が向上するとの意見が確認されており、建設技能者の確保そして新たな担い手の確保に向けて、安全性の評価方法が重要である。

次の課題として、工程短縮以外の生産性計測手法がある。単品受注生産性である土木工事において、現場条件の異なる工事間での比較が可能となれば、工事で使用する技術をよりの確に選定できる可能性がある。

上記以外に、一般的な技術の定性的な評価手法に関連して、生産性向上を図る新技術使用者のヒアリングデータの可視化分析手法などがある。適用条件が異なる現場における効果・課題に関する意見の整理手法が構築されれば、他の技術評価の参考になるものと思われる。

建設現場の担い手不足に対応して、現場の状況を踏まえた技術が選択できるような評価に向けて、今後も具体的な技術の検証とともに、評価の観点及び手法について検討して参りたい。

謝辞：本研究は、国土交通省国土技術政策総合研究所「多能工施工によるコンクリート躯体工等の土木現場施工の生産性向上に関する共同研究」の一環で実施されたものである。また、施工データの計測及びヒアリング調査にご協力頂いた宮坂建設工業株式会社の皆様に、ここに記して深謝の意を表す。

NOTES

注1) 建設業を巡る現状と課題(<https://www.mlit.go.jp/policy>

[/shingikai/content/001610913.pdf](#)) (2025.5.19 検索)

- 注2) 国土交通省：i-Construction 2.0 ～建設現場のオートメーション化～(<https://www.mlit.go.jp/tec/constplan/content/001738240.pdf>) (2025.5.19 検索)
- 注3) 国土交通省：建設現場の見える化により更なる省人化を目指す ICT 施工 Stage II の試行工事を開始します～i-Construction2.0 建設現場のオートメーション化に向けた取組みを推進～、(<https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001757527.pdf>) (2025.5.19 検索)
- 注4) 国土交通省：建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト 試行技術集(<https://www.mlit.go.jp/tec/content/001521181.pdf>) (2025.5.19 検索)
- 注5) 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：定置式水平ジブクレーン活用の手引き（案），2023.6，(https://www.nilim.go.jp/lab/pbg/jib/Jib-crane-guide_Ver1.00.pdf) (2025.5.19 検索)
- 注6) 厚生労働省：職場における腰痛予防対策指針，(http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r98520000034et4-att/2r98520000034pjn_1.pdf) (2025.5.19 検索)
- 注7) 国土交通省中部地方整備局：工事請負契約書工事請負契約書（一本線・総価契約単価合意方式）(https://www.cbr.mlit.go.jp/contract/keiyakusyo/kouji/sonohoka/250401/250411_keiyakusyo_doboku_2.doc) (2025.5.19 検索)
- 注8) 国土交通省：公共工事標準契約約款(<https://www.mlit.go.jp/totikensangyo/const/content/001499463.pdf>) (2025.5.19 検索)
- 注9) 鹿島建設株式会社：画像 AI を用いて技能者の人数と作業時間をリアルタイムかつ正確に、自動で把握するシステムを開発(<https://www.kajima.co.jp/news/press/202402/29c1-j.htm>) (2025.5.19 検索)

REFERENCES

- 1) 安達健一，金岡幹，秋保琢，郡司恭志：災害復旧事業におけるトンネルの掘削工程短縮への取り組みについて，トンネル工学報告集，第 29 巻，I-30，p1-5，2019.11 [1] Adachi, K., Kanaoka, M., Akiho, T., Gunji, Y.: Journal of Tunnel Engineering, Vol. 29, I-30, p1-5, 2019.11]
- 2) 平川雄太，山口悟司，市村靖光，堤達也：土木工事の現場打ちコンクリート工における 多能工施工の生産性に関する基礎的分析，第 42 回建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会講演集，2024.12[Hirakawa, Y., Yamaguchi, S., Ichimura, Y., Tsutsumi, T.: A basic analysis of the productivity of multi-skilled workers in cast-in-place concrete work in civil engineering projects, Proceedings of the 42nd Research Presentation and Discussion Meeting on Construction Management Issues, December 2024]
- 3) 吉武 謙二，藤井 彰，谷村 浩輔，有田 真一：3 眼カメラによる配筋検査システムの開発と社会実装，コンクリート工学，58 巻，12 号，p. 931-936，2020 [Yoshitake, K., Fujii, A., Tanimura, K., Arita, S.: Development and Social Implementation of Reinforcement Inspection System Using Three-Lens Camera, Concrete Engineering, Vol. 58, No. 12, pp. 931-936, 2020]
- 4) 津内 崇充，「削孔管理システム Iot」の活用による生産性向上，i-Construction の推進に関するシンポジウム

- 講演概要集, 2023, 2023 巻, 第 5 回 「i-Construction の推進に関するシンポジウム」 (2023) , p. 105-108[Ta kamitsu Tsunai, "Improving productivity by utilizing the IoT drilling management system," Proceedings of the Symposium on the Promotion of i-Construction, Vol. 2023, No. 5, "Symposium on the Promotion of i-Construction" (2023), pp. 105-108]
- 5) 山根一男, 岩松準, 古屋和夫, 鈴木克英: 建設工事のリスクマネジメント: 工期に関するリスクの実例とモデルによる検討, 日本建築学会技術報告集, 第 15 号, 319-322, 2002.6[Yamane, K., Iwamatsu, J., Furu ya, K., Suzuki, K.: Risk Management in Construction Works: Case Studies and Model-Based Examination of Risks Related to Construction Periods, Architectural Institute of Japan Technical Report, No. 15, 319-322, June 2002]
- 6) 酒井 博文, 伊東 裕司, 河原 大輔, 奥田 浩文, 兼丸 隆裕: 施工シミュレータの開発～実施工への活用に向けて～, i-Construction の推進に関するシンポジウム講演概要集, 第 6 回 「i-Construction の推進に関するシンポジウム」 (2024), p. 49-52, 2024 [Sakai, N., Ito, Y., Kawahara, D., Okuda, H., Kanemaru, T.: Development of a construction simulator: Towards utilization in actual construction, Proceedings of the 6th Symposium on the Promotion of i-Construction (2024), Vol. 2024, p. 49-52, 2024]
- 7) 関健太郎, 山口悟司, 壽田健一: 工事日報入力システムの試行について, 第 2 回 「i-Construction の推進に関するシンポジウム」 発表論文集, 2020[Seki, K., Yamaguchi, S., Suda, K.: Trial of a construction daily report input system, Proceedings of the 2nd Symposium on the Promotion of i-Construction, 2020]
- 8) 山口悟司, 鈴木宏幸, 市村靖光, 瀬崎智之: 建設現場の労働環境改善に向けたコンクリート躯体工の資材等運搬状況における整理及び検討, 第 40 回建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会講演集, 2022.12[Yamaguchi, S., Suzuki, H., Ichimura, Y., Tomoyuki, S.: Organization and examination of the transportation status of materials for concrete structural work to improve the working environment at construction sites, Proceedings of the 40th Research Presentation and Discussion Meeting on Construction Management Issues, December 2022]

(Received May 19, 2025)
(Accepted November 1, 2025)

A STUDY ON THE EVALUATION OF THE EFFECT OF SHORTENING CONSTRUCTION WORK SCHEDULES - A STUDY ON THE CONSTRUCTION EXAMPLE OF A FAST-ERECTING CRANE IN CAST-IN-PLACE CONCRETE WORK -

Satoshi Yamaguchi, Yasumitsu Ichimura and Tatsuya Tsutsumi

The number of construction workers responsible for the maintenance, renewal, restoration, and enhancement of social infrastructure is decreasing due to the declining birthrate and aging population, and improving productivity at construction sites is an urgent issue. While time-saving effects have been evaluated for individual work types such as ICT earthwork, evaluation methods for overall process shortening effects have not been sufficiently studied.

This paper aims to propose a perspective for evaluating the process shortening effect of introducing technology, focusing on cast-in-place concrete work, which involves multiple steps such as rebar, formwork, scaffolding, shoring, and concrete pouring. It analyzes the process and work details of construction work using a stationary horizontal jib crane, which is permanently installed on-site and does not require a dedicated operator, using digital data to evaluate the process shortening effect.