

行政情報

建設現場の安全対策に向けた取組

KY 活動に資する工事事故事例の提示手法，施工データの取得

山口 悟 司

建設現場では法令，技術基準及び施工機械の安全性向上等により，労働災害統計（厚生労働省）での労働災害件数は減少している一方，全産業に対する建設業の死亡災害割合は過去から一貫して高い。

また，建設業では少子高齢化に伴う担い手不足の対策として労働生産性向上が求められている。

そこで，本稿では，国土技術政策総合研究所で実施している現場の安全対策の取組として，(1) KY 活動に資する工事事故事例の提示手法，(2) コンクリート構造物工事を対象とした労働生産性及び安全性に関係したデータ取得，を紹介する。

キーワード：建設工事，安全対策，KY 活動，事故事例，物的労働生産性，作業時間，施工量

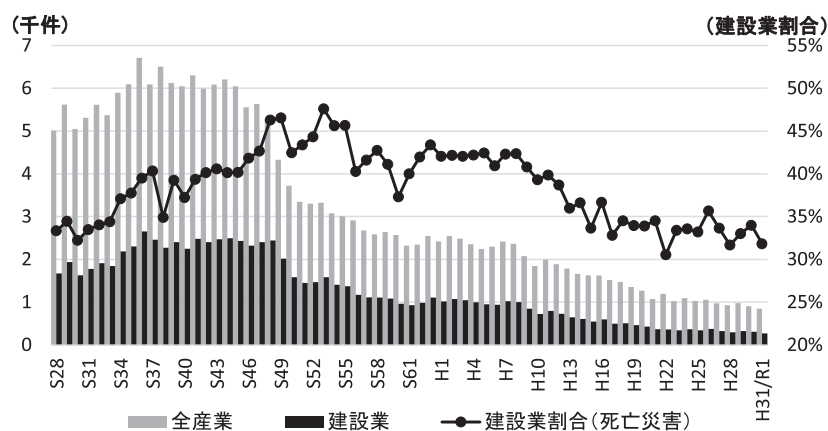
1. はじめに

建設業では少子高齢化に伴う建設技術者（以下，技術者）や建設技能者（以下，技能者）の担い手不足への対策として，労働生産性の向上が求められている。そこで，国土交通省では平成 28 年（2016）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」に取り組んでいる。例えば，ICT 施工による建設現場の無人化・遠隔施工は，現場への入場時間の削減等による施工の効率化及び，現場入場者減少による安全性の向上が期待される。

建設現場では，上記 i-Construction を含む技術導入や施工機械の安全性向上のほか，労働安全衛生法等の

法令，土木工事安全施工技術指針（国土交通省）等の技術指針，個別建設現場での日々の巡視及び点検等，様々な安全対策が実施されている。これら対策の推進により，労働災害統計（厚生労働省）での災害件数は減少している。一方，労働災害における建設業の死亡件数割合は過去から一貫して高い。

図一 1 に労働災害統計（厚生労働省）での全産業及び建設業での死亡災害件数を示す。各産業での対策の推進により，全産業での死亡災害件数は昭和 30 年代の 7,000 件近くから，平成 31 年／令和元年の 845 名と 1,000 人を切るまでに減少している。しかし，全産業における建設業の死亡災害割合は常に 3 割を超えている。直近の平成 31 年／令和元年の死亡者数は労働災害全体 845 名の 31.8% にあたる 269 名と，全業種中で死亡災害件数に占める割合は最も高い。



※労働災害統計(厚生労働省)より作成

図一 1 死亡災害件数 (全産業及び建設業)

また、図一2に土木工事業における死亡労働災害の起因物の割合を示す。起因物とは災害をもたらすもとなつた機械及び装置などを指す。平成11年から平成21年、平成31年／令和元年での「建設機械等(例、ブルドーザー、ドラグショベル)」、「動力クレーン等」及び「動力運搬機(例、トラック、ミキサー車)」(以下、建設機械類)の合計割合が38～49%と半分弱を占める。これは、「仮設物、建築物、構築物等」(例、足場、えん堤、橋梁)の11%～17%や、環境等(例、地山)の19%～33%よりも高い。

さらに、図一3に土木工事業における上記建設機械類の事故の型別の割合を示す。事故の型とは、被災者が傷病を受けるもとなつた起因物が関係した現象のことを指す。図一3より「激突され」及び「はさまれ・巻き込まれ」が多い。「激突され」とは、吊り

荷及び動いている機械等、物が主体となって人に当たつた場合を指す。また、「はさまれ、巻き込まれ」とは、物にはさまれる状態及び巻き込まれる状態でつぶされ、ねじられる場合を指す(交通事故以外でのひかれて巻き込まれる場合を含む)。図一3より、建設機械類に対する安全対策としては、現場内の建設機械類及び技能者の動きのデータ取得が重要と思われる。

現在、国総研では、安全対策に向けた情報提供手法として、建設現場の安全対策の中でもKY活動に着目して検討している。また、コンクリート構造物工事の労働生産性・安全性向上に向けて、施工現場データの取得を実施している。

本稿では、国総研で現在実施している建設現場の総合的な安全対策の取り組みとして(1)KY活動に資する情報提供手法の検討、(2)コンクリート構造物工事を対象とした労働生産性及び安全性関連のデータ取得及び分析、を紹介する。

2. KY活動に資する情報提供手法の検討

(1) 背景及び目的

本稿では、建設現場の日々の安全対策の中でKY活動に着目する。KY活動では、元請け技術者及び技能者(職長)により技能者の当日に予定されている作業(例、バックホウ掘削、足場組立)で事故に繋がる可能性のある状況及び対策を確認する。KY活動は、土木学会安全問題研究委員会安全教育小委員会が2005年に実施した「建設業における安全教育に関するアンケート調査報告書」にて、現場の安全教育でも有効であると評価されている。一方で、同じ作業が続く現場では確認内容がマンネリ化することもある。

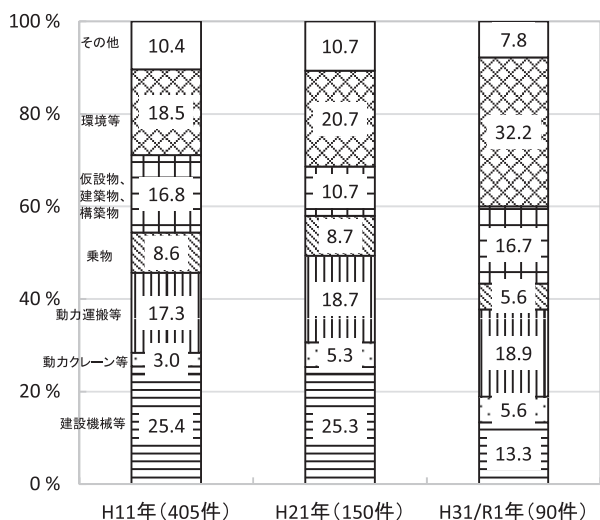
KY活動のマンネリ化解消に向けて、事故に繋がる可能性のある状況及び対策関係の資料提供、一例として当日の作業中に起こった事故事例の活用が想定される。一般的に、大手建設会社では、自社内で保有する事故事例が多いことから過去の事故事例を利用しやすいと思われる。一方で、建設業界内の多数を占める中小建設会社では十分な事故事例を持たないと想定される。

そこで国総研では、KY活動に資する情報提供として、事故事例の提示手法を検討している。

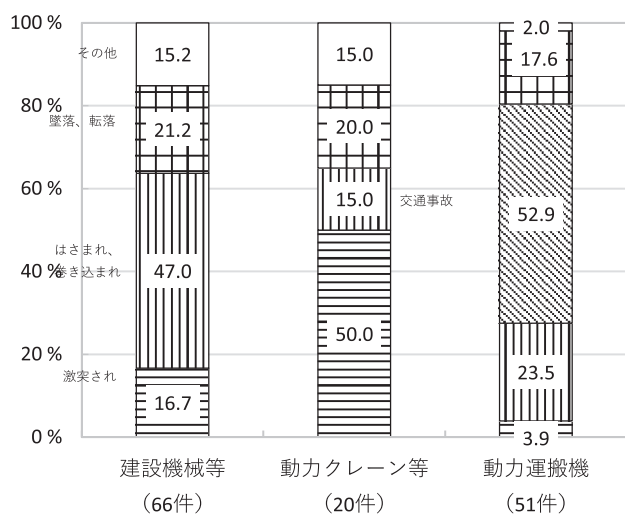
(2) 研究概要

(a) 事故事例の提示手法の検討

事故事例の提示手法は、工事元請けが一日一回検索条件を入力し、KY活動の参考となるものである。提示手法は、大きく分けて以下の3点から構成される。



※労働災害統計(厚生労働省)より作成
図一2 死亡災害(土木工事業)起因物割合



※死亡災害データベース(厚生労働省)より作成
図一3 建設機械等での事故の型割合(H27～29年 3カ年の合計件数)

- ①事事故事例の選定に用いる入力情報
 - ②当日のKY活動に役立つ出力情報
 - ③当日の作業内容に基づく事例選定手法
- 本研究で目指す手法概要を表一に示す。

今後、KY活動のマンネリ化解消に向けた事例選定手法、入力情報、工事元請けの使いやすさを考慮した出力情報の検討を予定している。

(b) 提示する事故事例の分類手法検討

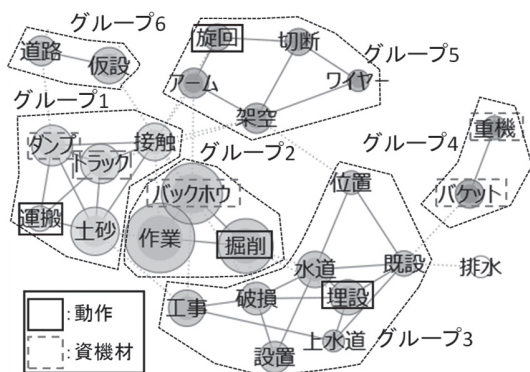
KY活動は作業に関連して実施されるため、(a)で用いる事故事例は作業名称で分類されていることが望ましい。そこで、国総研では作業名称による事故事例の分類手法を検討している。

一案として、地方整備局や都道府県の発注者等が管内で発生した事故を記載した事故事例集に含まれる事故発生経緯を対象に、図一4に示す共起ネットワーク図を作成して、事故発生経緯から作業名称を確認する方法を検討している。

図一4は事例を分類する作業名称を、ある語と別の語が同じ文章中に出現する共起にて確認するために

表一 事故事例提示手法 (案)

項目	内容
利用者	工事元請けの現場代理人
目的	毎日実施するKY活動の参考資料
使用時期、回数	毎作業日、作業前のKY活動実施時
入力情報	KY活動前に入力出来る情報かつ事故事例に記載されている情報 ①工事概要(橋台、橋梁上部、樋門、堤防等) ②当日の作業内容(鉄筋工、型枠工等) ③天候
出力情報	当日のKY活動に役立つ情報 ①工事概要 ②事故に起因する作業内容 ③事故発生経緯 ④事故要因及び対策
事例選定手法	当日の作業内容で参考となる事故事例の提示 ※提示する事例のマンネリに留意



図一4 共起ネットワーク図抜粋 (「事故事例集 (岐阜県)」土工 58件)

作成する共起ネットワーク図である。共起ネットワーク図は、共起関係の強い語が線で結ばれ、その中で特に強い共起関係の語同士が色別でグループ化される。

現在、作業名称をグループ別の動作及び資機材の接続関係と定義し、事故事例の分類を、共起ネットワーク図から確認された作業名称を構成する動作及び資機材の2語の検索による分類を検討している。

今後様々な事故事例集での検証等により、手法を検討して参りたい。

3. コンクリート構造物工事を対象とした労働生産性及び安全性関連のデータ取得

(1) 背景及び目的

国土交通省では、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」に取り組んでいる。

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。

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) 研究方針

(a) 計測対象

データ取得対象の工種を技能者による作業量の多くを占める鉄筋工、足場工、型枠工とする。

令和2年度までに、橋台4基、樋門2基、橋脚9基、ボックスカルバート1基、砂防堰堤1基、橋梁上部(床版・横組工)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(図一5)。

(b) 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」としている。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、谷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

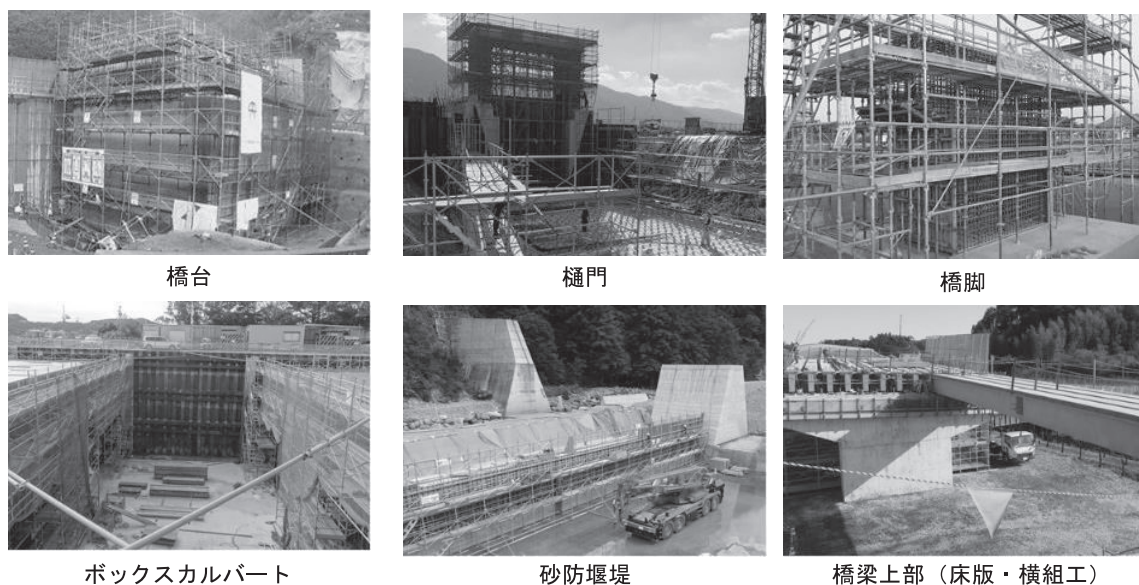


図-5 データ取得コンクリート構造物イメージ

では、物的労働生産性に着目してデータ取得を行う。

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建設現場の生産量（施工量）の考え方として、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算出する。これにより、対象とする物的労働生産性は式（1）となる。

$$\text{物的労働生産性 (t/人・時間)} = \text{生産量 (施工量) (t)} \div \text{投入量 (技能者数 \times \text{作業時間}) (人 \cdot \text{時間}) \dots \text{式 (1)}$$

(c) 安全性

図-3より、コンクリート構造物工事で使用する動力クレーン等が起因物となる事故は、「激突され」が多い。そのため、クレーン先端と建設技能者の動き

に関するデータ取得を実施する。

(3) データ取得方法

物的労働生産算出で用いる生産量及び投入量、安全性の検討で用いる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-2に示す。

データの取得目的は大きく4つに分かれる。

- 1) 投入量 (①工事日報)
- 2) 生産量 (②運搬重量, ③クレーン運搬画像)
- 3) 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))
- 4) 施工状況 (⑤位置情報, ⑥施工映像)

(a) 工事日報

投入量（技能者数×作業時間）計測のため、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

表-2 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	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運搬重量	施工量 (クレーン運搬重量)	クレーンスケール	5秒毎の吊り重量
③運搬画像	クレーン状況 (クレーン運搬映像)	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	クレーン状況 (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	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	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)

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、作業日毎の作業内容別の投入量（技能者数×作業時間）を集計できる（図—6）。また、対象工種・作業日別での実施人数及び作業実施者の確認も可能となる。

(b) クレーン運搬重量

クレーン運搬重量として、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秒間隔での運搬重量（生産量）のデータ取得を実施する（図—7）。

(c) クレーン運搬画像

(b) 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。このため、吊上げている資材を正確に把握するために、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枚の間隔で運搬物の撮影を実施する（図—7）。

(d) 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、施工時の運搬物の荷振れの状態把握を実施する（図—8）。

(e) 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者のヘルメットに設置し、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取得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—8）。

(f) 施工映像

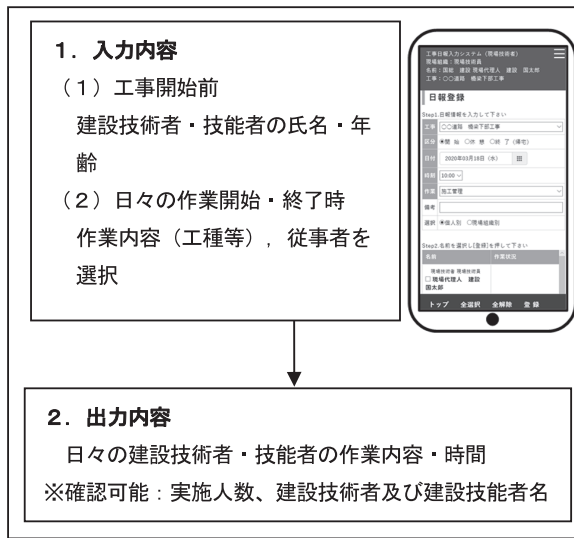
施工状況やクレーン運搬状況など、他計測データの検証、補完のために複数のデジタルカメラで施工現場の動画を1920×1080画素、1秒10コマ（10fps）のフルHDで撮影・記録する（図—8）。

(4) データ取得状況及び分析の方向性

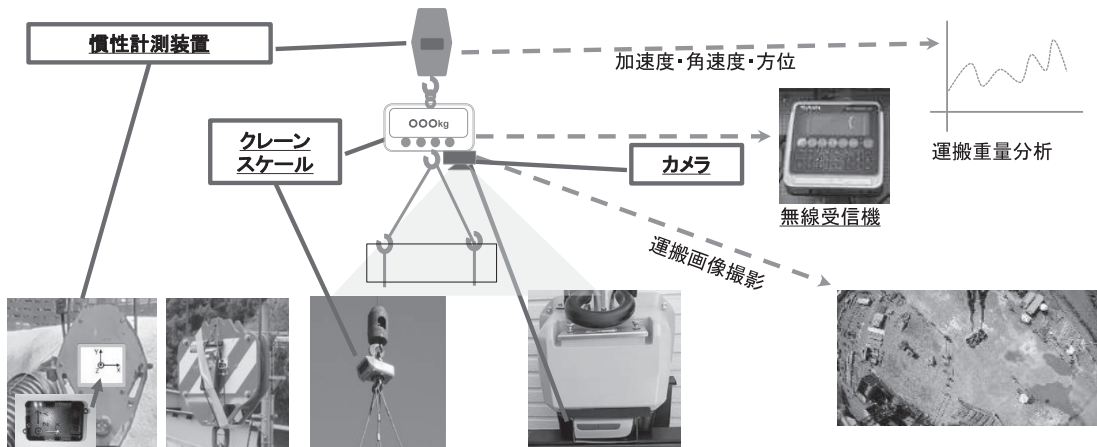
令和3年3月末時点で、橋台4基、橋脚6基、砂防堰堤1基にてデータ取得を完了している。データ取得が完了次第、順次データ分析を実施する予定である。

図—9は、平成30年から平成31年にかけてデータ取得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。横軸に投入量（技能者数×作業時間）、縦軸に生産量（施工量＝クレーン運搬量）として、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。

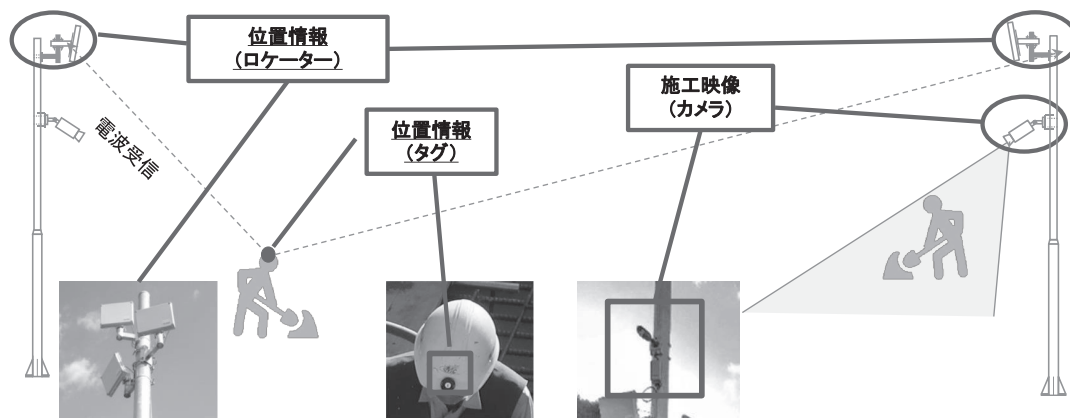
データ取得実施の工事は、同規模の橋台を、同じ建



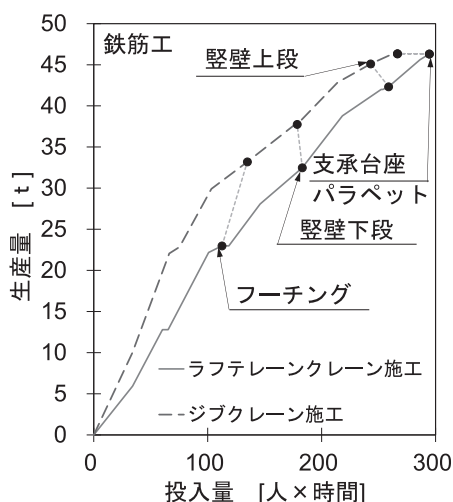
図—6 工事日報入力システム概要



図—7 クレーン運搬作業に関する計測項目及び使用機器



図一八 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



図一九 物的労働生産性グラフ例



写真一 定置式水平ジブクレーン

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(写真一)にて施工した工事である。図一九より、当該工事では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の方が労働生産性は高いという計測結果であった。

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、労働生産性について、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し、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。

また、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。

4. おわりに

国総研では、今回ご紹介した研究を引き続き実施して、建設現場の安全性向上に繋がるよう努めて参りたい。

JCMIA

《参考文献》

- 山口悟司, 齋藤孝信, 関健太郎 作業内容による工事事故事例の分類に向けた事故状況テキストの分析方法の検討, 土木学会論文集 F4 (建設マネジメント) 特集号 Vol.76, No.2, p.I_20-I_31
- 公益財団法人日本生産性本部ホームページ (<https://www.jpc-net.jp/movement/productivity.html>) (2021年3月19日確認)
- 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

【筆者紹介】



山口 悟司 (やまぐち さとし)
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