

行政情報

建設機械施工の自動化・自律化協議会の取組

日出山 慎人・吉田 真人

建設業では、担い手不足の深刻化が懸念されており、建設現場の抜本的な生産性向上は喫緊の課題である。現場の生産性向上に資する技術の一つとして、建設機械施工の自動化・遠隔化技術が期待されている。この技術は、建設機械を人が搭乗することなく稼働させるものである。建設機械施工の自動化・遠隔化技術の普及に向けては、安全をはじめとして分野横断的に検討を行うべき項目が多く存在するが、そのような議論はこれまでほとんど行われておらず、現場導入に向けた環境は整備されていなかった。そこで、国土交通省では令和3年度に「建設機械施工の自動化・自律化協議会」を設置し、多様な関係者の参画のもと、議論を開始している。本稿では、協議会の活動についてこれまでの経過と今後の展望を述べる。

キーワード：安全、生産性向上、自動・遠隔施工、現場検証、安全ルール

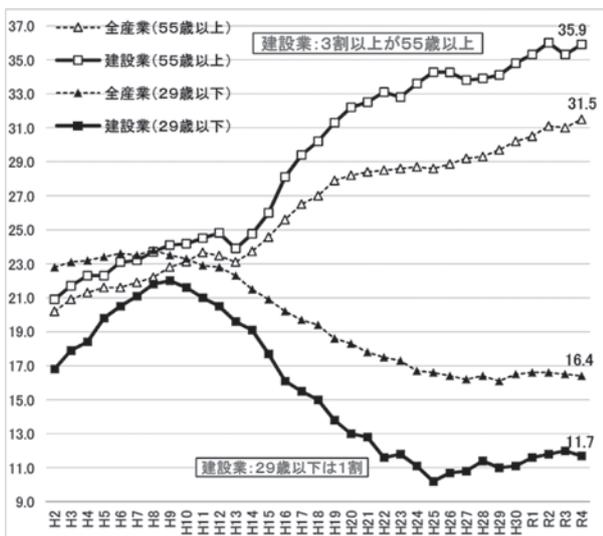
1. はじめに

我が国では少子高齢化に伴い、就業者の高齢化が進行している。その中でも建設業就業者の高齢化は他業種と比較して顕著であり（図—1）、近い将来、建設業に従事する高齢者が大量に退職することが見込まれる。更には、人口減少の影響により、新規就業者も減少していくことが予測される。このため、今後の深刻な担い手不足により、建設業の持続性が失われることが懸念されている。

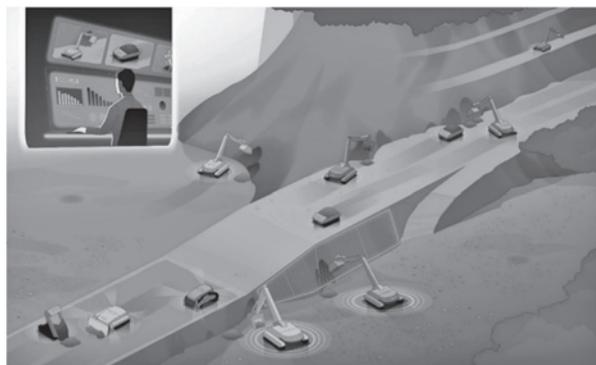
これらの課題解決に向け、国土交通省では「インフラ分野のDX」を推進しているところであるが、その

中で現場の生産性向上に資する技術の一つとして、建設機械施工の自動化・遠隔化技術（図—2）が期待されている。この技術により、建設機械に人が搭乗せず、遠隔地から稼働させることで、工事を進めることが可能となる。

建設機械施工の自動化・遠隔化技術の普及に向けては、安全をはじめとして分野横断的に検討すべき項目が多く存在するが、そのような議論は系統立った形では従来ほとんど行われておらず、現場導入に向けた環境もまた整備されていない。そこで、国土交通省では令和3年度に「建設機械施工の自動化・自律化協議会」（以下、「協議会」という）を設置し、産官学を含む多様な関係者の参画のもと、議論を進めてきた。本稿では、協議会の活動についてこれまでの経過と今後の展望を述べる。



図—1 全産業及び建設業就業者において若年層及び高齢層が占める割合



図—2 自動・遠隔施工のイメージ

2. 協議会の体制

協議会は自動・遠隔施工技術について、現場状況を踏まえた適切な安全対策や関連基準の整備等により開発及び普及を加速化させ、飛躍的な生産性向上と働き方改革の実現を目的とする。この目的を達成するため、協議会には、建設施工関係の有識者や、建設機械施工に関係する多くの業界団体が参画している（図—3）。また、行政機関としては、公共工事の発注者であり、建設機械に関する技術的な指導の権能を有する国土交通省のみならず、産業振興を司る経済産業省、労働安全を司る厚生労働省が参画している。

協議会は、自動・遠隔施工技術の普及に向けた大局的な方針を議論する場となっている。より個別的・具体的な議題を議論する場としては、協議会の下部組織として3つのワーキンググループ（以下、「WG」という）を設置している。下段では各WGの概要について述べる。

「安全・基本設定WG」は令和4年6月に、協議会と同じ団体等を構成員として設置した。本WGは「自動・遠隔施工の安全ルール」を策定することを当面の目的として、検討を進めている。また、技術開発における協調領域の設定についても検討を進めている。

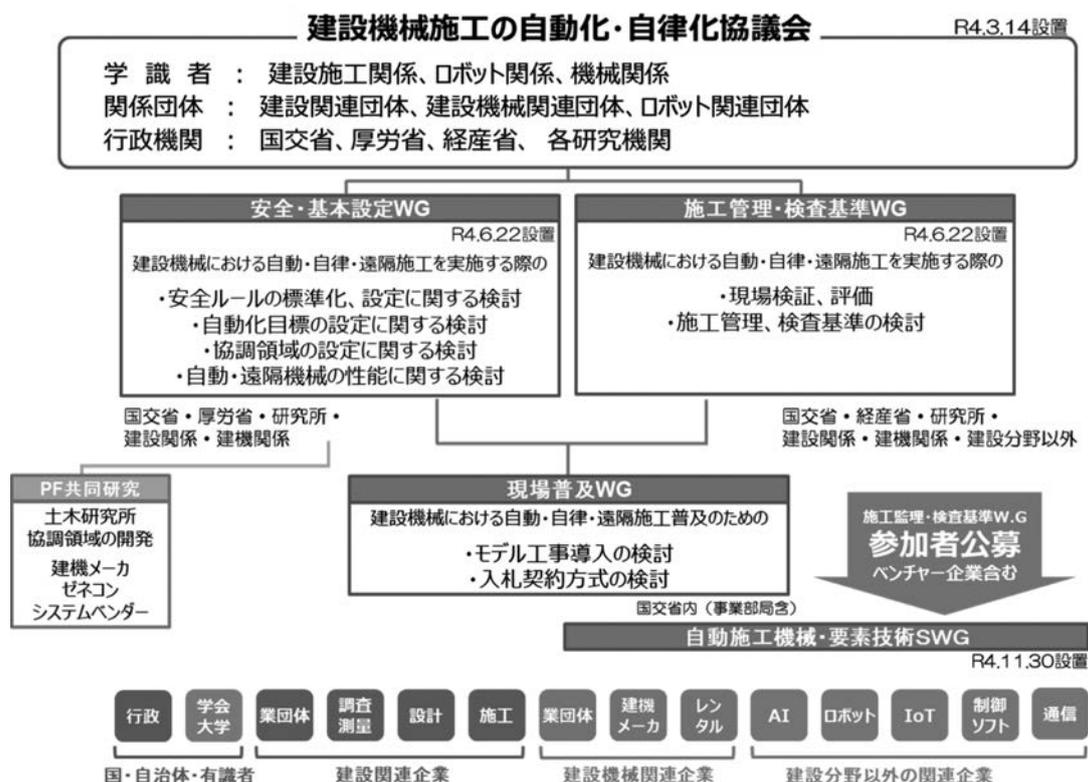
「施工管理・検査基準WG」は「安全・基本設定WG」と同様、令和4年6月に、協議会と同じ団体等を当初

の構成員として設置した。本WGでは令和5年度に予定している自動・遠隔施工の現場検証の実施に向けた検討を進めている他、将来的には自動施工における施工管理基準策定に向けた検討を行うものとしている。このような特性に鑑み、実際に自動・遠隔施工技術のノウハウを有する者の意見を幅広く取り入れるため、令和4年9月から構成員の公募を行い、同年11月、応募のあった26団体43者を「自動施工機械・要素技術サブワーキンググループ」（以下、「SWG」という）のメンバーとして選定した。なお、本SWGメンバーは多くの方に参画いただくため、随時公募として現在も公募を継続している。

「現場普及WG」は、モデル工事の設定や自動・遠隔施工技術を想定した入札・契約のありかたを検討するものである。本WGは、自動・遠隔施工技術を実工事で使用する環境がある程度整備された後に開催するものとしているため、現時点では開催していない。

3. 安全ルールの策定方針と現状

本項では、令和5年度に策定を予定している自動・遠隔施工の安全ルールの策定方針と現状について述べる。自動・遠隔施工は、現場からオペレータがいなくなるという点で、従来の有人施工と大きく異なる。しかし、この「オペレータがいらない」という特徴を考慮



図—3 協議会の体制

して整備された体系的な安全ルールは現状では存在しない。そのため、一部の開発者が実施している自動・遠隔施工の現場試行においては、現場毎にゼロから安全対策を検討する必要が生じている。さらに、どの程度の水準の対策が必要であるか判断する基準がないため、関係者との調整に時間を要する他、現場毎に安全対策の水準にばらつきが生じたりする等の課題がある。また、有人の施工現場を前提とした既存のルールを自動・遠隔施工の現場にそのまま準用すると、過剰な安全対策を講じなければならなくなる懸念がある。あわせて、多くの安全対策を講じるほど現場の安全性が高まる一方、施工の効率性は低下する傾向にある。

上記を踏まえ、自動・遠隔施工の普及促進を図るためには、この特徴に即した標準的な安全ルールを策定することが必要である。そのため、今後は協議会、WG 及び SWG での検討に基づき、全ての作業員の進入を禁止する「無人施工エリア（図-4）」における施工等を対象とし、安全ルールを標準化することを目指している。

続いて、現時点での安全ルールに関する検討状況を述べる。

安全ルールは、「自動・遠隔施工を実施する施工会社が、安全対策を検討する上で参照する資料」として位置づけられるものとしている。また、あらゆる条件の現場で講じるべき全ての安全対策を列挙することは事実上不可能であることから、条件の異なる現場においても共通的に講じるべき安全対策を示す性質のものとして策定する計画である。一般的に機械の使用にあたっては、法令や取扱説明書等において具体的に定められている共通的な保護方策に加え、使用者が実施するリスクアセスメントの結果として必要であると判断された保護方策が講じられる。一方、自動・遠隔施工

においては、共通的な保護方策が体系的に整理された文書は存在しないため、まずはどのような現場条件下で実施する自動・遠隔施工においても共通的に講じるべき保護方策を安全ルールとして策定する必要がある。具体的には、自動・遠隔施工を行う場合は、機械の周辺に作業員の進入を規制する「無人施工エリア」を設定すること、「無人施工エリア」に作業員が誤って進入するといった危険性が大きい事象が生じた場合は自動・遠隔施工機械を停止させること、「無人施工エリア」内で稼働している自動・遠隔施工機械が「無人施工エリア」を逸脱しないための対策を講じること等が考えられる。

また、自動・遠隔施工においてはリスクアセスメントの項目が整理されたマニュアルも未整備であり、且つ多くの施工会社には自動・遠隔施工の経験がない。そのため、施工会社がリスクアセスメントを実施するに当たっての補助として活用できるよう、自動・遠隔施工に特有のリスクアセスメントの項目を体系的に整理する必要がある。加えて、必要な保護方策の内容や担い手が従来の有人施工と異なることから、これまで以上に「リスクアセスメント情報を関係者間で共有すること」や「それぞれの保護方策を、現場のどの担当者が担うのか明確にすること」が重要である。

さらに、自動・遠隔施工の分野においては技術が日進月歩であることを踏まえ、技術の発展に伴い安全ルールが陳腐化することを防ぐため、安全ルール策定後もフォローアップを継続する体制を構築することが重要である。そのため、安全ルール策定後も実際に適用している施工現場の調査・ヒアリング等を行い、そこで得られた知見に基づき、安全ルールの改定や対象の拡大を図ることを計画している。

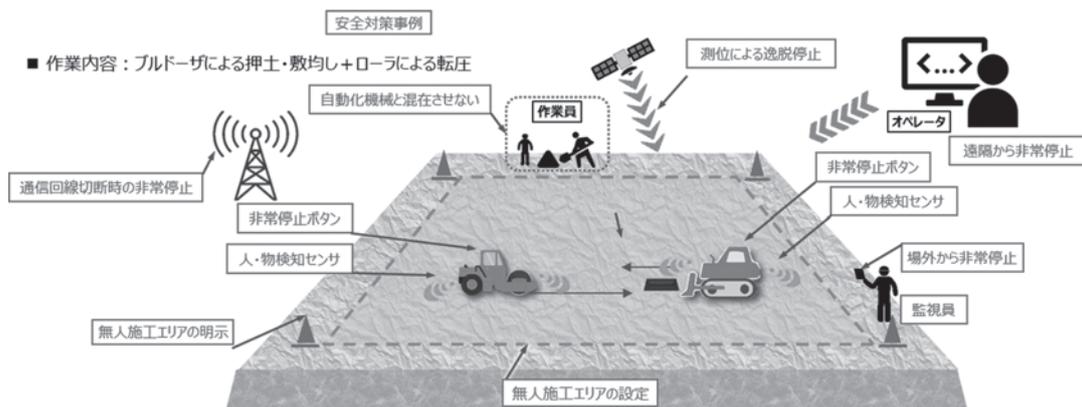


図-4 無人施工エリア（点線の内側）の模式図と保護方策のイメージ

4. 自動化・遠隔化技術の現場検証

本項では、安全ルールの策定に向けて実施する自動化・遠隔化技術の現場検証について述べる。

令和5年度は標準的な安全ルールや現場適用に向けた効果と課題を検証するための現場検証を実施する。現場検証の実施に当たっては、「現場検証の実施方針」「安全ガイドライン」を作成しており、検証参加者がこれらを参考にしつつ実施計画書を作成し、現場検証を実施する（図-5）。

(1) 現場検証の実施方針

「現場検証の実施方針」は、検証の目的や検証の流れ、対象技術等を規定するものである。検証の目的は「自動・遠隔施工の安全ルールを標準化すること」、「自動・遠隔施工の実現場への適用に向けて、施工の効率性と安全性の両面からの効果・課題について検証すること」としている。

また、検証の流れは下記のとおり規定している。

- ① 検証の参加者は、事前に具体的な実施内容を記載した検証計画書を作成。
- ② 建設DX実験フィールド、参加者保有のヤード、施工中の現場等で検証を実施。
- ③ 検証結果を報告書として参加者がとりまとめ、WGに共有。
- ④ 解決が必要な課題についてはWGの知見を活用し、議論を通じて安全ルールの形成。
- ⑤ 次のステップに進み、検証と解決をスパイラルアップ。

検証技術は、自動・遠隔施工に必要となる機能や性能を追加装備する技術を対象としており、既存の各種センサ類の組合せに加え、専用ソフトや制御システム

等、多種多様な要素技術を想定している（例：安全技術、動作・操作関連技術、周辺環境認知技術、通信技術等）。

(2) 安全ガイドライン

「安全ガイドライン」は、自動・遠隔施工の現場検証における一般的な安全対策の指針として、現場検証時に安全計画を策定する上での拠り所となるものである。安全ガイドラインの構成は「自動施工編」「遠隔施工編」から成り、現場検証内容に応じて各編を参照するものとする。現場検証を踏まえ、実現場に適用する標準的な安全ルールを策定していき、適宜、当ガイドラインも拡充・見直しを行うものとしている。

安全ガイドラインの内容について、エリア・境界の設定を例に紹介する。まずエリア設定について、自動・遠隔施工機械の稼働エリアを無人化するために必要なエリアの種類としては「全体施工エリア」、「自動施工管理エリア」、「有人施工エリア」、「指定混在エリア」、「無人管理エリア」、「無人施工エリア」、「コントロールエリア」、「一般エリア」があるものの、必ずしも全てのエリアが設置されるものではないものとしている。次に境界設定について、エリアを区切る境界の種類としては、機械では突破不可能な構造物や人が容易に乗り越え不可能な固定柵等による物理的な境界、妥当な感覚での三角コーン等による視覚的な境界等があり、現場の地形や管理レベル、自動・遠隔施工機械の機能等を考慮し、リスクアセスメントによって適切な境界を選定するものとしている。

(3) 現場検証の実施

今年度実施する現場検証の参加者募集を令和5年7月から8月にかけて実施した結果、計17件の応募が

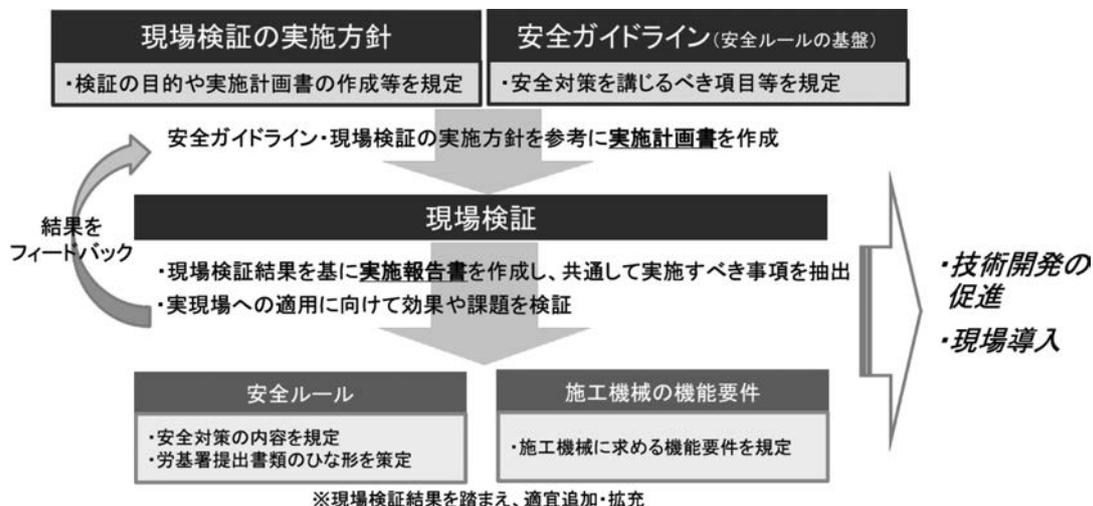


図-5 現場検証に向けた「実施方針」「安全ガイドライン」の位置づけ

表一 建設機械施工の自動化・遠隔化技術に係る現場検証の実施対象

実施者 (◎は代表者)	現場検証の名称
◎コベルコ建機, 安藤・間	建設機械の遠隔・自動運転システム
◎日本電気	重機の遠隔操縦, 及び自律運転に関するシステム
◎ARAV	建設機械の後付遠隔操作システム Model V
◎金杉建設, アクティブ・ソリューション, 創和	自律走行式草刈り機
◎世紀東急工業, ARAV	アスファルトフィニッシャの遠隔操作及び自動操舵技術
◎大林組, 宮本組, 砂子組, EARTHRAIN, SafeAI ジャパン	建機の自動・自律化システム
◎フジタ, 住友重機械工業, 住友建機	衝突軽減システムを搭載した遠隔施工機械の効率性と安全性の検証
◎酒井重工業, JIG-SAW	安全ガイドラインに則った施工エリアの設定と安全システムの現場検証
◎アクティオ, ORAM	後付遠隔施工機械の安全運用に関する制御技術
◎ソリトンシステムズ, 東京通信機	安全な建機の遠隔操作を実現するための映像・通信技術
◎アプトポッド	自動・遠隔施工向け建設サイトデータネットワーク
◎サイテックジャパン, ジック, 日本国土開発	締固め回数管理システムとステレオカメラによる, 回避区域の自動検出システム
◎DeepX, オリエンタル白石	建設現場のリアルタイムな3次元認識技術 及び 建機の衝突検知・防止技術
◎ワイズ, フクザワコーポレーション	除雪用機械の自動制御
◎大成建設, 大成ロテック	自動化建設機械の無線緊急停止システム
◎IDEC	建設機械施工における安全・安心向上のための非常停止遠隔操作支援システム
◎小松製作所	油圧ショベル用アタッチメント作業・交換の遠隔操作技術

あり, その全てを今年度の現場検証の実施対象として決定した(表一)。現場検証は10月以降に順次実施する。

5. 今後の展望

将来的には, 自動・遠隔施工に適した施工管理技術に基づいた施工管理や検査の基準類の策定が必要となる。その際には, 現場検証等の場でそれらの策定に必要な情報収集を行っていくことを計画している。さらにその先に, 協議会において以下に列挙する項目の検討を計画している。

- ・研究開発や安全性能等における協調領域の設定
- ・自動・遠隔施工機械の機能要件
- ・公共事業におけるモデル工事の実施
- ・自動・遠隔施工に適した入札契約方式

6. おわりに

自動・遠隔施工技術の普及は, 今後の日本の社会インフラを整備・維持し, 災害対応能力を保持していくためには必要不可欠であると考えられる。自動・遠隔施工技術は現場の省人化による生産性の向上をもたらすだ

けでなく, 遠隔地のオフィスからでも建設機械を稼働させることを可能にし, 多様な人材が建設業で働きやすくなる等, 働き方改革の実現に向けた期待も大きい。また, 災害発生時に地場のレンタル会社や施工会社と国土交通省が連携することにより, 自動・遠隔操作が可能な建設機械を災害現場へ迅速に投入可能となることも将来的には期待される。さらに, 令和4年4月に策定した第5次国土交通省技術基本計画では, 20~30年先の将来を想定し, 長期的な視点で実現を目指す将来の社会イメージとして, 建設現場の完全無人化を描いている。

国土交通省はこのような未来を見据えつつ, 自動・遠隔施工技術の普及促進に向けて, 引き続き取り組んでいく。

JICMA

[筆者紹介]

日出山 慎人 (ひでやま しんと)
国土交通省
大臣官房 参事官 (イノベーション) グループ
施工企画室

吉田 真人 (よしだ まさと)
国土交通省
大臣官房 参事官 (イノベーション) グループ
施工企画室