

現行法に基づいた自動化施工の安全管理について

大成建設(株)土木本部機械部

正会員 ○中村 凌

正会員 佐野 和幸

正会員 若山 真則

正会員 佐藤 将

正会員 中居 拓哉

1. はじめに

建設機械の自動化は、今後予想される人手不足への対応や安全性・生産性向上の観点から、建設現場で早期に望まれる技術の一つである。国土交通省では2025年度までに建設機械の自律制御・走行技術の確立を掲げている。

また、「建設機械施工の自動化・自律化協議会」が2022年に設立され、業界内外、産官学を含めた組織横断的な取り組みが示され、自動化建設機械の実現場への導入に向けた取り組みが加速してきている。

本稿は自動化施工を行った際の現行法に基づいた自動施工の安全管理について報告する。

2. 協調制御システムについて

当社では、先述のような課題に対して盛立作業の生産性向上、省人化を目指し、自動建機の協調制御システム「T-iCraft®」を開発した。「T-iCraft」は、自動建機の協調制御を行うために、タスクプランニングシステムを活用している。このシステムは、使用する建設機械選択の自由度を高めるため、自社で開発した自動建機機械だけでなく、今後増えてくることが予想されるメーカーが開発する機械や有人建機など、様々な建機に対応できる仕様とした。ここで、「T-iCraft」のタスクプランニング技術について説明する。図-1 にイメージを示す。

各自動建機には、全地球測位衛星システム（GNSS）と自動運転プログラムが搭載されており、設定された施工シナリオをそれぞれが自動で実行する。「T-iCraft」が司令塔となり、各自動建機の位置と作業進捗を監視しながら、自動運転の実行および停止を指示し、全体の協調運転を行う。図-2 にシステム構成図を示す。

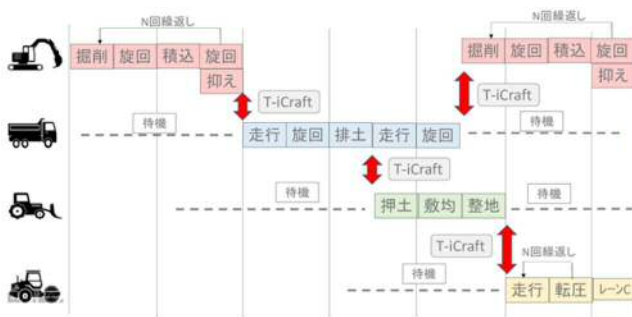


図-1 タスクプランニングシステムのイメージ



図-2 T-iCraft システム構成図

3. 現行法に基づいた自動施工の安全管理について

栃木県鹿沼市で施工を行っているダム本体工事の内、ロックフィルダム堤体の盛立を、自動振動ローラ2台、自動ブルドーザ2台、計4台の協調制御により施工した。

自動建機を使用する施工については、安全に関する法律が整備されておらず、工事ごとに所轄の労働基準監督署に相談して安全対策を行っている。今回は、自動建機と有人建機をエリアごとに分離するようにと指導があり、自動建機が動く範囲をバリケードで区画し、有人建機の立ち入りを禁止して作業を進めた。そのため、盛立材は、自動化施工区画内に有人リジッドダンプで先行置きし、荷下ろし完了後は自動化施工区画に他の有人建機が誤って進入できないように区画を分け、自動建機で施工を行った。

キーワード 建設機械、自動運転システム、協調制御、T-iCraft、自動化施工

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1（新宿センタービル内）

大成建設(株)機械部 メカ・ロボティクス推進室 [TEL:03-5381-5309](tel:03-5381-5309)

自動建機は、電気制御化された機械に各種通信装置、RTK-GNSS 方位計、障害物や人検知などのセンサー類、制御用 PC を取り付け自動化している。これら装置類には状態を表示する回転灯等が多数ついているため、関係者以外にはどの表示が何を表しているのか判りにくい。労働基準監督からは、周囲へ運転状態を判りやすく表示するようにとの指導もあり、キャビン上部に LED テープライトを設置して、色別に運転状態を周知できる機構とした。自動建機を動かす際は、自動化施工区画内を無人にするとともに、以下の安全対策を行うことで事故の防止に努めた。①監視者を自動化施工区画外に配置し、自動建機が想定外の動作を行った場合や緊急時は、緊急停止リモコンにより迅速な対応を行う体制とする。②デジタルツインによる接触防止システムを採用し、3D 空間上でも建機の位置を管理し、緊急停止等の指示を自動的に発出する。③自動建機には、障害物センサーと AI による人物検知カメラを設置し、異常時は自動で停止させる。施工状況を 図-3、使用した建機と設置した機器を図-4、図-5、に示す。

上記の安全システム以外にも自動建機制御システムと「T-iCraft」の通信が切断された場合や GNSS 機器の精度が低下した場合には、制御システムが建機の動作を一時停止するようにプログラムしている。これにより、無線通信不良による制御不能状態や、GNSS 機器の精度低下、落雷等による停電トラブルが発生した場合でも自動建機の暴走、及び建機同士の接触を防ぐシステムとした。



図-3 堤体盛立自動施工状況



図-4 ブルドーザ D8T



図-5 振動ローラ SV900

4. まとめ

今回の施工は、自動建機と有人建機の混在作業のモデルケースのひとつと考えられる。現在も自動化施工に関わるルール作りのため、協議会で議論が行われている。有人建機と自動建機の混在作業を行う場合のエリア区分の考え方や建機動作の優先順位方法などの検討が必要である。他にも、自動建機に装備すべき安全設備の制定、及び有人建機のオペレータにどのようにして自動建機と協調するかを伝えるか等のルールの制定を早急に行っていく必要があり、我々も協力していく。他にも、自動化施工における建機と人、建機同士の事故を防ぐためには更なる安全設備の追加及び精度の向上が必要になる。今後も引き続き自動化施工技術、及び安全設備の開発を行っていく必要があると考える。

5. 参考文献

- 1) 中居拓哉, 若山真則, 小森聡: デジタルツインによる接触防止システムの開発, 土木学会第77回年次学術講演会
- 2) 佐野和幸, 中居拓哉, 佐藤将, 中村凌: 自動大型振動ローラの実施工導入に向けた開発, 土木学会第77回年次学術講演会
- 3) 中居拓哉, 若山真則, 小森聡, 田中真由子: 自動建機群の協調制御システム「T-iCraft®」の実証, 土木学会第76回年次学術講演会