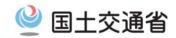
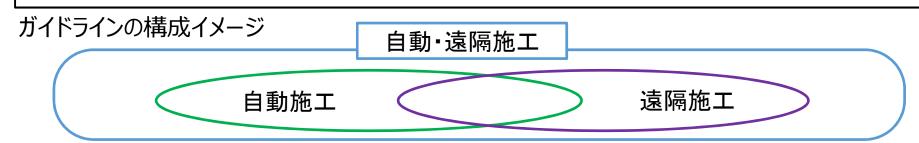


「自動・遠隔施工の安全ガイドライン」の概要



- 〇「自動・遠隔施工の安全ガイドライン」とは、安全な自動施工・遠隔施工を実現するための、自動施工・遠隔施工の現場検証における一般的な安全対策の指針。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。
- ○安全ガイドラインの構成は「自動施工編」と「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。
- 〇現場検証を踏まえ、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、ガイドラインも 拡充・見直しを行う。



【目次構成】

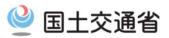
- < I. 自動施工編>
 - 1. 用語の定義
 - 2. 自動施工機械が無人施工エリア外の人に及ぼす危害リスクについて
 - 3. 無人施工エリアをはじめとする各種エリア区分や、エリアを構成する境界やゲートの考え方
 - 4. 無人施工エリアの計画、準備~終了の流れと、その中での自動施工機械の取り扱い
 - 5. 自動施工の計画・管理への要求事項
 - 6. 自動施工機械への要求事項、自動施工に使用するその他の設備への要求事項
 - 7. リスクアセスメントの実施
- <Ⅱ.遠隔施工編>
 - 1. 用語の定義
 - 2. 遠隔施工機械が無人施工エリア外の人に及ぼす危害リスクについて
 - 3. 無人施工エリアをはじめとする各種エリア区分や、エリアを構成する境界やゲートの考え方
 - 4. 無人施工エリアの計画、準備~終了の流れと、その中での遠隔施工機械の取り扱い
 - 5. 遠隔施工の計画・管理への要求事項
 - 6. 遠隔施工機械への要求事項、遠隔施工に使用するその他の設備への要求事項
 - 7. リスクアセスメントの実施



I. 安全ガイドライン(自動施工編)の概要

安全な自動施工を実現するために、機械と人を分離し、無人施工エリアでの施工(現行機械安全の考え方)を軸にして、以下の流れで示す。

- 1. 用語の定義
- 2. 自動施工機械が無人施工エリア外の人に及ぼす危害リスクについて
- 3. 無人施工エリアをはじめとする各種エリア区分や、エリアを構成する境界やゲートの考え方
- 4. 無人施工エリアの計画、準備~終了の流れと、その中での自動施工機械の取り扱い
- 5. 自動施工の計画・管理への要求事項
- 6. 自動施工機械への要求事項、自動施工に使用するその他の設備への要求事項
- 7. リスクアセスメントの実施



1. 用語の定義

全体として、用語の定義は、機械安全や土工機械の規格のJISと整合を取り、これらに基づくようにする。

このガイドライン独自の用語のみを新たに定義し、規定するようにする。

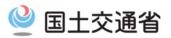
<定義の例>

遠隔(操作):建設機械の操作室から離れている場所から、人が操作すること。

自動:機械が、与えられたタスクをその通り実行すること。

または、自分で学習し、独自にルールを生成し、状況を自ら把握して最適な選択を行うこと。

無人: (施工エリアに) 人がいないこと

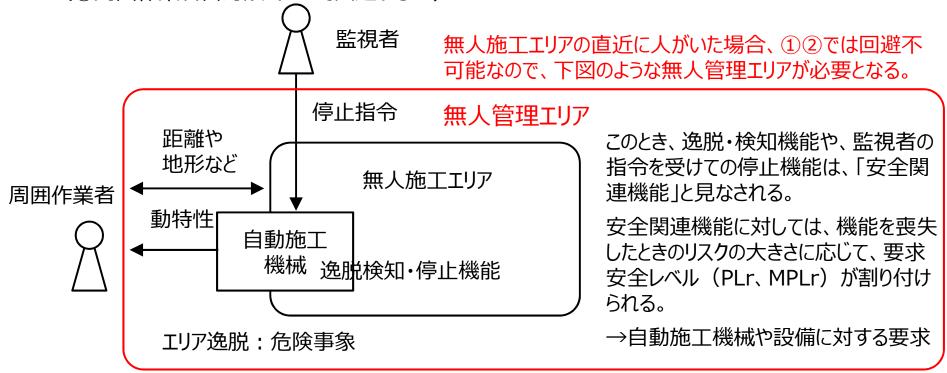


2. 自動施工機械が無人施工エリア外の人に及ぼす危害リスクについて

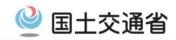
自動施工機械の動きに対して物理的な障害が無い場合、機械が無人施工エリアを逸脱した場合、無人施工エリアの外にいる作業者に対する危害の回避には、例えば、以下のアクションが必要となる。

代表的な危害回避のアクション

- ①センサ等で逸脱を検知して自動施工機械を停止させる
- ②自動施工を注視している監視者が判断して、自動施工機械を停止させる
- (③周囲作業者自身が気づいて回避する…)



※要求安全レベル PLr: JIS B9705-1 MPLr: JIS A8341-1



3. エリアの計画と管理 自動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

- 3.1 エリアの種類と定義
- ① 全体施工エリア
- ② 自動施工管理エリア
- ③ 有人施工エリア
- ④ 指定混在エリア
- ⑤ 無人管理エリア
- ⑥ 無人施工エリア
- ⑦ コントロールエリア
- ⑧ 一般エリア(エリア①⑦の外)
- ※必ずしも、全てのエリアが設置されるわけではない→例示
 - ⑦コントロールエリア

8)一般

設 ※搭乗操作機械の侵入が許されるエリアールエリア

①全体施工エリア(内部エリア②~⑥含)

③有人施工エリア

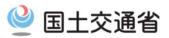
②自動施工管理エリア(内部エリア③~⑥含)

③有人施工エリア

⑤無人管理エリア

⑥無人施工エリア

④指定混在エリア



3. エリアの計画と管理

3.2 境界

エリアを区切る境界となるもの 現場の地形や管理レベル、自動施工機械の機能や動特性等を 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。組み合わせもあり得る。

- ① 物理的な境界(対機械) 境界が想定し対象とする機械の仕様では、突破不可能な構造物、自然地形など
- ② 物理的な境界 (対人) 人が容易に乗り越え不可能な固定柵、侵入困難な険しい崖、山、河川・湖沼・海等の自然 地形など

例えば、山奥の谷あい等で、一般人の侵入が(悪意を持って以外に)考えられないような地 形の施工現場は、物理的な境界に囲まれているとみなしてよい。

注:弱い固定柵は、大型建機に対して物理的な境界にならない。

③ 視覚的な境界(対人) 妥当な間隔での三角コーン、(人や機械が容易に乗り越え可能な)簡易柵など

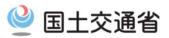


3. エリアの計画と管理

3.2 境界

エリアを区切る境界となるもの 現場の地形や管理レベル、自動施工機械の機能や動特性等を 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。組み合わせもあり得る。

- ④ 自動施工機械の機能に連動した視覚可能な境界(人に対する視覚的な境界に相当) 自動施工機械に搭載されたセンサによる検知を意図したマーカーや構造物 自動施工機械による検知を意図した電波発信器やレーザを搭載した柵や特殊なカラーコーン
- ⑤ 仮想的な境界・制御上の境界 シミュレータ、コンピュータ、デバイスの設定、機械の制御などでのみ存在し、視認することができ ない境界
- ⑥ 境界・ゲート通過の検知 レーザやカメラによる検知など
 - ①~④の境界において、接近、通過する人、機械、飛来物、動物などを検知するために使用できる。境界③の強化や、境界④に用いることもある。



3. エリアの計画と管理

3.3 ゲート

境界の一部であり、人や機械の入退場を意図する箇所

開閉可能な物理的な境界を設ける場合、さらにシステムと連動したインタロックを設ける場合、 構造物は設けず管理や検知だけを行う場合等。

管理だけによる場合、施工管理者が、ゲート入退場の基準や手順を適切に実行することが必要。

① ゲートにおける入退場のコントロール・記録 人・モノ・機械の入退場の管理と記録を行う。

ゲート通過や管理の基準や手順は、施工管理計画、安全計画で規定する。

電子認証システム等を使えば、デジタルデータとして入退場が自動記録され、より信頼性の高いレベルの管理ができる。

ゲートは多重化してもよい(全体施工エリア侵入ゲート→自動化管理エリア侵入ゲート)。 自動施工管理エリアには、教育を受けた作業者、及び、計画・登録された自動施工機械や 搭乗操作機械のみが入場可能とする等、より高いレベルの管理を行う。

② ゲート通過の検知

レーザやカメラによる検知など

ゲートにおいて、接近、通過する人、機械、飛来物、動物などを検知するために使用できる。 →インタロック



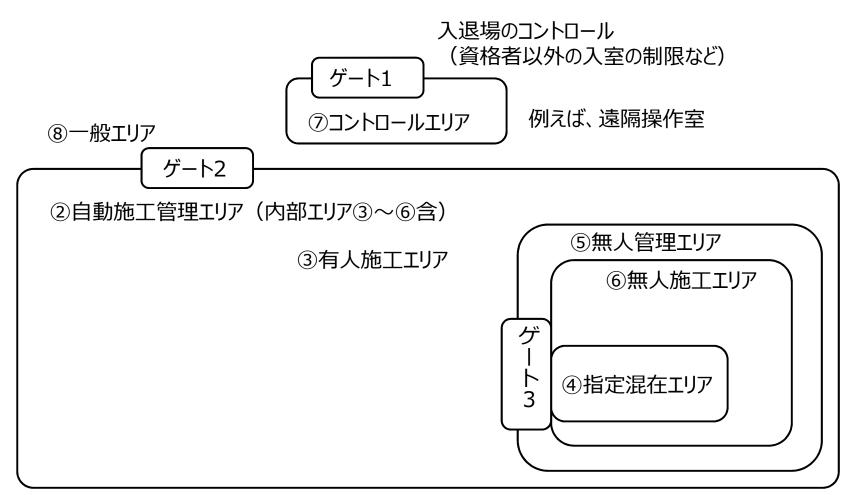
3. エリアの計画と管理

- 3.4 自動施工管理エリアの監視
- ① 環境の監視 自動施工管理エリアにおける、照度、視界、風速、天候、測位衛星配置・磁気嵐、土壌 状態、地形など、自動施工機械の稼働可否の条件として必要な情報。 デジタルデータとして自動記録することが望ましい。 特に重要な情報は、自動施工機械の制御に連動させてもよい。
- ② イベントの監視 自動施工管理エリアで何が起きているか?(人や機械)の監視・記録 自動施工機械だけでなく、搭乗操作機械や人のふるまい(位置情報等)もデジタルデータとして、記録されることが望ましい。 無人管理エリア、無人施工エリア全体をカバーする映像が記録されることが望ましい。



エリア構築の具体的な例

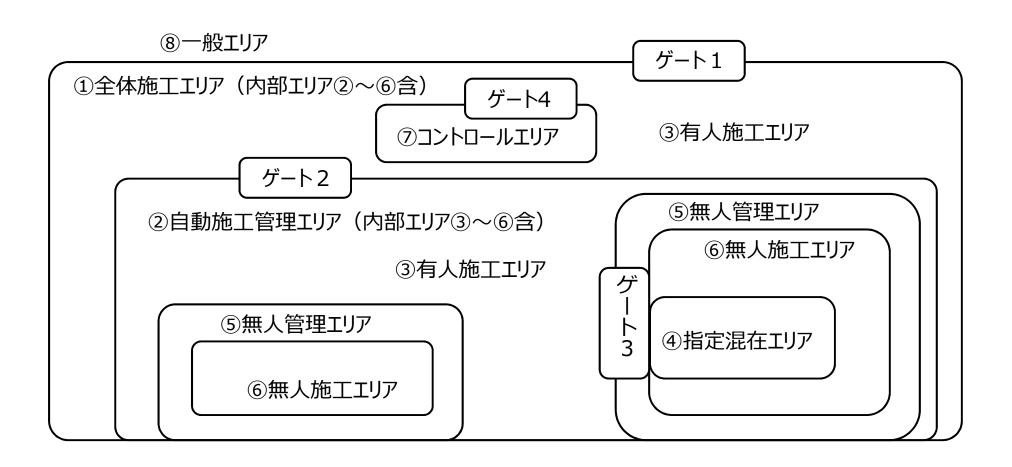
さらに詳細には、地形の利用や、具体的な柵やゲートなどの設置や配置など。

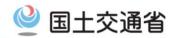




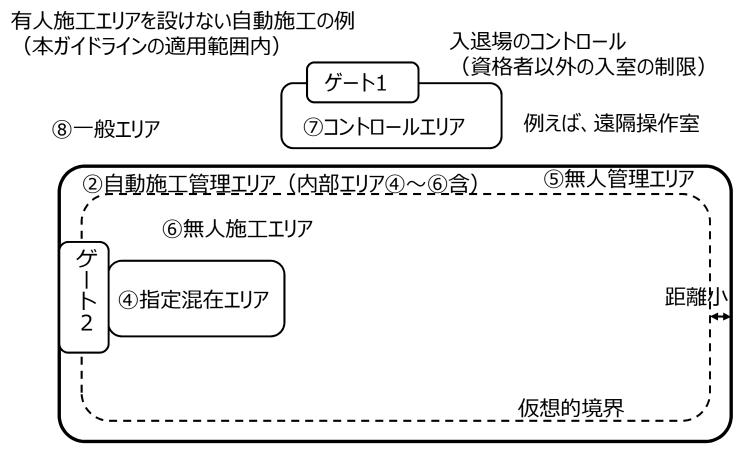
エリア構築の具体的な例

さらに詳細には、地形の利用や、具体的な柵やゲートなどの設置や配置など。





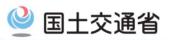
エリア構築の具体的な例



もっともコンパクトな(有人施工エリアの無い)自動施工の例

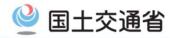
物理的境界

- ⑤⑧間の境界は、少なくとも対人の物理的境界が必要
- ゲートの厳格な管理、厳格な自動施工機械運用を支える施工/安全計画・管理
- 対機械の物理的境界が無い場合、自動施工機械に高いレベルの安全機能(広い稼働条件でのエリア逸脱防止機能)が必要となる。



4. 無人施工エリアの計画、準備~終了の流れ

- 4.1 無人施工エリアの計画、準備~終了の流れ
- ① 無人施工エリアの計画施工計画と合わせ、4に基づくリスクアセスメントを実施し、無人施工エリア、それに付随する無人管理エリアを計画 →具体例参照
- ② 無人施工エリアの準備 柵やコーンなどの境界の設置、準備中の表示 手動操作での自動施工機械の搬入(搭乗操作機械として扱う) 無人エリア内での人搭乗でのテスト運行 制御上の仮想的境界と物理的境界の整合性の確認 手動操作→外部制御への切換、受け渡しの手続き(動力停止状態にて行う)
- ③ 無人施工エリアの開始・運用・保守 「無人施工エリア、自動施工」の表示、ゲートの管理、エリアの監視、境界等の点検
- ④ 無人施工エリアの一時中断、再開 故障対応や保守、給油等で無人施工エリアに人が入る場合の中断手続(表示など) 人搭乗でのテスト運行 →②③に準ずる
- ⑤ 無人施工エリアの終了外部制御→手動操作への切換、受け渡しの手続き(動力停止状態にて行う)手動操作での自動施工機械の搬出(搭乗操作機械として扱う)



5. 施工計画·管理

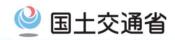
- (1) 全体施工計画·管理
 - ① 対象工種や作業環境、機械編成、実施体制など
 - ② 自動施工による効果、確認内容、管理方法
- (2) 自動施工の計画
 - ① 自動施工の内容や範囲
 - ② 自動施工の工程等 (搬入・準備等を含む)
 - ③ 現場体制 (施工体系図、管理体制など)
 - ④ 使用する機械や設備(施工機械、センサ機器、通信機器、保安設備など)
 - ⑤ 安全管理(リスクアセスメントに基づくエリア設定、安全対策など)
- (3) 自動施工機械の稼働環境条件
 - ① 現場条件(気象条件、地盤条件、エリア設定など)
 - ② 位置座標、データ通信、その他
- (4)自動施工の運用
 - ① 通常時(自動施工時、開始前・終了後の対応)
 - ② 故障時の対応
 - ③ 日常および定期点検(保守時の対応)
- (5) 実施体制の教育と記録
 - ① 責任者、管理者、遠隔・搭乗操作者、現場監視員、機械保守員、一般作業員
 - ② 教育・訓練の内容と記録

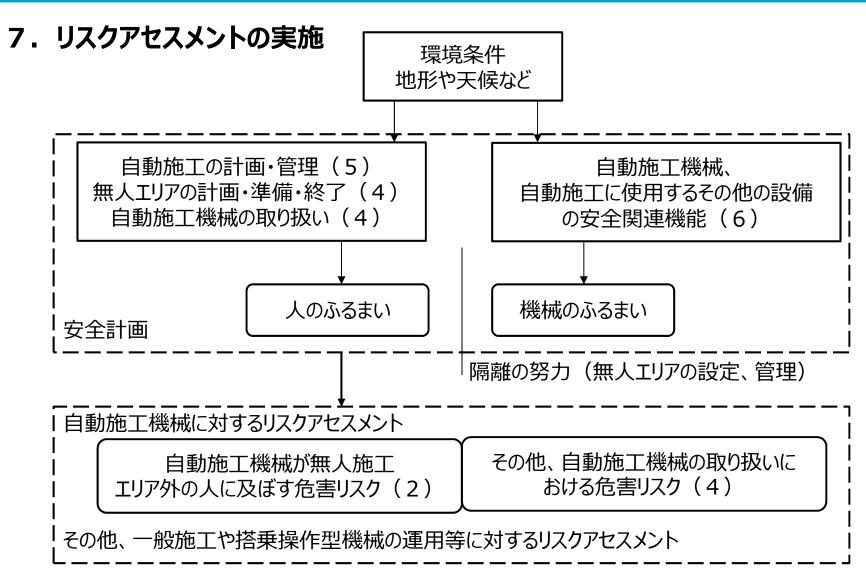


6. 設備·機械

前記、1~5の自動施工の運用に必要な設備・機械に対する要求事項

- ① 自動施工機械
- ② 搭乗操作機械
- ③ 通信設備
- ④ 固定設備 (エリア環境の計測・制御)
- ⑤ 固定設備(エリア内のイベントの監視)
- ⑥ 固定設備(境界の監視)
- ⑦ 施工・自動施工を計画・管理する設備、及び/又は、 コンピュータのプログラム
- ⑧ 外部操作・制御を行う設備
- ⑨ 施工データの記録を行う設備
- ⑩ ネットワーク・データ伝送・処理・蓄積





立案した安全計画に基づく、リスクアセスメントの実施を規定



Ⅱ. 安全ガイドライン(遠隔施工編)の概要

安全な遠隔施工を実現するために、機械と人を分離し、無人施工エリアでの施工(現行機械安全の考え方)を軸にして、以下の流れで示す。

- 1. 用語の定義
- 2. 遠隔施工機械が無人施工エリア外の人に及ぼす危害リスクについて
- 3. 無人施工エリアをはじめとする各種エリア区分や、エリアを構成する境界やゲートの考え方
- 4. 無人施工エリアの計画、準備~終了の流れと、その中での遠隔施工機械の取り扱い
- 5. 遠隔施丁の計画・管理への要求事項
- 6. 遠隔施工機械への要求事項、遠隔施工に使用するその他の設備への要求事項
- 7. リスクアセスメントの実施
- ※各項目については、自動施工編の対応する項目を準用するものとする