

建築現場におけるロボット活用の安全指針

2025 年 6 月 第 1 版

一般社団法人 日本建設業連合会
建築技術開発委員会 技術研究部会
建築ロボット専門部会

まえがき

近年、建設業界では技能労働者の高齢化、新規入職者の減少等による労働力不足に対応するための生産性向上が喫緊の課題となっています。これに対し、日建連では様々な施策を推進しているところです。

それら施策の中で建設工事作業へのロボット導入による効果が期待されていますが、各社とも経験が少なく、また、実際に建設現場へ導入できるロボットがまだ少ないことからどこから手を付けたらよいのかわからない状況かと思われます。

このような状況を少しでも改善し、建設現場でのロボット導入の敷居を低くし、ロボット活用を拡大し普及に寄与するため、建築ロボット専門部会では、「建築現場におけるロボット活用の安全指針」と「建築現場におけるロボット導入ガイドライン」の二つを作成しました。

これらは建設現場でこれからロボットを導入したいと考えている担当者が参照し、ロボットを自分の工事・作業に使うために、何を、どのようにすればよいのか、計画・管理の参考としてもらおうとするものです。

これらによって建設現場でのロボット導入が進むことができるなら幸いです。

第1章	本指針の位置付け	4
第2章	本指針の適用範囲	5
第3章	ロボットのリスクアセスメント手順.....	6
第4章	ロボットの機種・能力の決定	14
第5章	クラス分け	16
第6章	クラス2の項目への対策	23
第7章	ロボット導入時の基本対策.....	34
第8章	現場導入.....	43
第9章	用語集	47

「建築現場におけるロボット活用の安全指針」執筆者一覧

安全指針 WG 委員

吉野 賢 株式会社奥村組 東日本支社 建築工務部 工事支援課 主任
柳田 克巳 鹿島建設株式会社 建築管理本部 建築技術部 技術企画グループ長
久保 隆司 株式会社熊谷組 技術本部 新技術創造センター ロボット IT 開発グループ 部長
長澤 新治 五洋建設株式会社 技術研究所 建築技術開発部 担当部長
深瀬 勇太郎 清水建設株式会社 技術研究所 ロボティクス研究センター 計測・制御グループ長
五十嵐 治人 株式会社銭高組 技術本部 技術研究所 主席研究員
依田 篤士 大成建設株式会社 技術センター 先進技術開発部 次世代建設技術開発室長
宮口 幹太 株式会社竹中工務店 技術研究所 未来・先端研究部 建設革新グループ主席研究員
折田 現太 飛島建設株式会社 技術研究所 研究開発グループ 第三研究室
又市 麻梨子 西松建設株式会社 技術研究所 建築技術グループ 係長
山本 新吾 株式会社フジタ 技術センター DX 推進研究部 部長
安井 利彰 前田建設工業株式会社 土木事業本部 土木技術部 部長
河井 慶太 三井住友建設株式会社 建築本部 次世代生産システム部 次長

第1章 本指針の位置付け

1-1 はじめに

我が国の建設業は近代化政策によって西洋の建設技術を取り入れながら急速に発展し、日本の社会と経済を支えてきた。しかし、現在は成熟社会を迎えたことにより、これまで経験したことのない厳しい環境に直面している。少子高齢化による人手不足問題や受注競争の激化により建設業許可業者数の減少が問題視されている中、更に2024年4月より「働き方改革関連法」が適用開始となり、「労働時間の上限規制」や、「建設業における完全週休2日制」といった労働環境問題にも取り組まなければならない。このため、建物の品質を落とさずに安全性と生産性を向上させ、如何に少ない労働人数でこれまでと同等の期間で工事を完成させていくかが喫緊の課題である。

この様な課題を解決するため、産官学が一体となって建築現場への建築ロボットの開発・導入に取り組んでいる。2010年以降は行政がi-Construction、BIM/CIMを推進させることで、建築現場においてロボットが活躍できる環境整備が進められ、昨今は現場導入事例も見られるようになった。

今後、建築ロボットの社会実装が益々加速され、生産性向上を目指していく一方で、建築ロボットを現場で安全に活用するためのルール形成・標準化も必要である。それに先駆けるものとして、「建築現場におけるロボット活用の安全指針」を作成することとした。

1-2 本指針の位置付け

本指針は、開発段階の建築ロボットにも適用されることを推奨し、ロボット導入後の事故・災害を防止するための一般的な安全対策、責任の所在について示すものである。

建築現場における安全施工については、建築基準法、労働安全衛生法その他関係法令等において定めているが、本指針は「建設工事従事者の安全及び健康の確保に関する基本的な計画」（平成29年6月）に記載されている、建築工事従事者の安全及び健康に関する意識の啓発に係る自主的な取組みとして、日建連主体のもと、建築ロボット関係事業者間において作成したものである。

決して強制するものではないが、基本的には元請けとなる工事管理者が主体となって、建築ロボットに関わる製造者や使用者も共に本指針を活用し、ロボット導入に向けた工事計画立案の際に安全対策、品質確保、生産性向上の検討で参照すべき内容として位置付けている。

ただし、本指針は標準的な安全対策を示すものに過ぎず、本指針の記載内容が現場条件等に適合しない場合や、より高い安全性を必要とする場合等には、柔軟に対応することが求められる。

第2章 本指針の適用範囲

本指針では、建築ロボットとは「特定の建設工程の作業を行う、または同工程に従事する労働者を支援する目的で、人からの意図を受けて動作し、一部でも自身で判断を行う自律作業を行う装置または機械等」と定義（第9章 用語集）し、適用する。ただし、既に使用規定や指針が整備されているもの（サービスロボット、無人搬送台車、産業用ロボット、ドローン、アシストスーツなど）は、本指針のみを適用するのではなく、それぞれの指針や使用規定に則った上で、現場導入時のリスクアセスメントに関して本指針を適用することが望ましい。

本指針は、建築ロボットの普及を促進するため、以下の通り「完成度」を定義する。（詳細は第7章参照）

- ・完成度1：製品化されたロボット 現場への導入者は元請け企業、協力会社
- ・完成度2：開発段階、もしくは現場で検証できていない機能を有するロボット
現場での試行者は元請け企業、メーカー

上記の完成度2の建築ロボットを現場で試行する場合は、ロボットが開発段階であるため、現場実証実験となることもあり予期せぬ不具合が起こる可能性が高い。このため、事故や不具合が起こった際の責任の所在を明確にする必要がある。本指針で扱うリスクアセスメントは、後述の3-1に示す通り、導入する現場におけるものであるため、基本的にはロボット使用者（以下、使用者）が実施するものとしてまとめている。しかし、完成度2のロボットのリスクアセスメントは、使用者では判断が難しい項目が生じることが予想される。このため、以下の点について責任の所在をロボット製造者、メーカー、使用者間でよく協議することが望ましい。

- ・第5章におけるロボットのクラス分けの実施
- ・第6章においてクラス2となるロボット導入時の対策
- ・第7章において、すべてのロボットで考慮すべき基本対策

以降、本指針ではロボットを建築現場で運用するにあたって実施すべきリスクアセスメントの手順を第3章、ロボットの機種や能力の決定における考え方を第4章で示し、第5章、第6章、第7章において危険度によるロボットのクラス分けから各々の対策について示す。第8章はロボットの現場導入に際しての安全管理、教育・訓練に関する留意事項を示す。

第3章 ロボットのリスクアセスメント手順

本章では、建築現場にロボットを導入する際に実施する、リスクアセスメントの手順の概要について述べる。本指針では、「第4章 ロボットの機能・能力の決定」から「第7章 ロボット導入時の基本対策」までの一連の流れをリスクアセスメントとして取り扱っており、そのフローは図3-1に示すようになる。なお、リスクアセスメントの各段階での詳細は実例を含めて各章に述べられているので、実際にロボットを導入する際はそれらを参考にしてリスクアセスメントを実施してほしい。

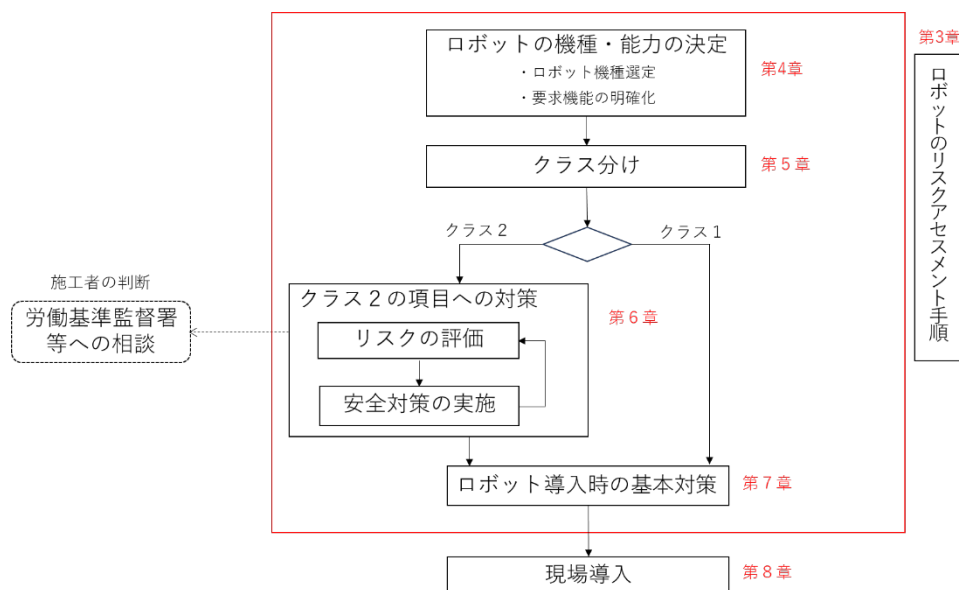


図3-1 建築ロボットの現場導入に関するリスクアセスメントのフロー

3-1 リスクアセスメント

リスクアセスメントとは、製品または職場の潜在的な危険性または有害性（危険源＝ハザード）を見つけ出し、これを低減させる手法である。

リスクアセスメントの標準的な手順は、① 対象となる使用者や触れることが予見されるものを特定し、意図される使用を特定して、予見可能な誤使用を見積もる「使用要件および合理的に予見可能な誤使用の明確化」、② 使用の全段階・全条件で発生するハザード（危険源：危険状態および危険事象を含む）を特定する「ハザードの特定」、③ ハザードが引き起こすリスクを見積もる「リスクの見積もり」、④ リスクが許容可能かどうかをリスクアセスメント実施者が判断する「リスクの評価」になる。リスクが許容可能でなかった場合、⑤ 許容可能なレベルまでリスクを低減する「リスクの低減」を行い、リスクが許容可能なレベルになるまで繰り返す。これを図にすると図3-2のようになる。

なお、本指針では図 3-1 に示す様に「リスクの低減」(第 6 章 クラス 2 の項目への対策、第 7 章 ロボット導入時の基本対策) まで含めて「リスクアセスメント」としている。

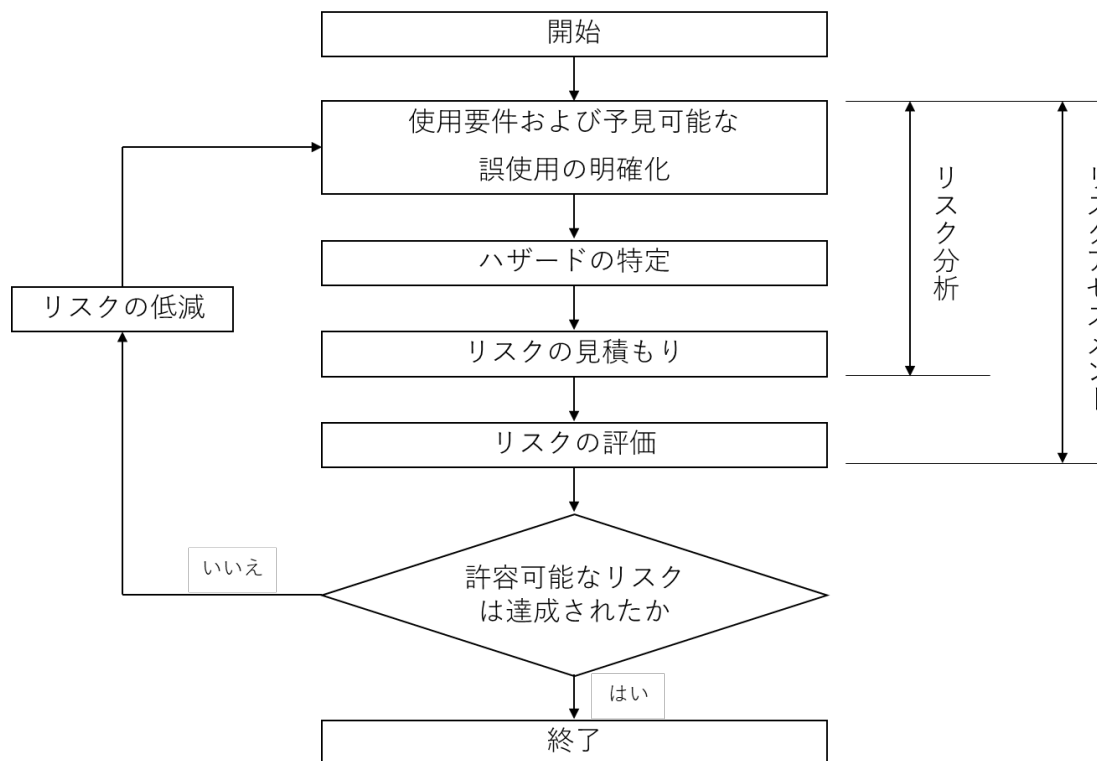


図 3-2 リスクアセスメントおよびリスク低減のプロセス

ロボットに関するリスクアセスメントには大きく分けて 2 種類ある。1 つは設計・製造者が行う製品(ロボット)の企画・設計段階でそのライフサイクル全般(製造から廃棄まで)に渡って予想される危険源や危険な状態を特定し、その影響の重大さを評価し、それに応じた対策を事前に盛り込むことで、製品の安全性を高めるためのものである。もう 1 つは、製品(ロボット)を使用する現場において、使用する場所の潜在的な危険性または有害性を見つけ出し、これを除去、低減するためのものである。

本指針では、第 2 章に示す適用範囲に該当する現場に導入されるロボットすべてを対象としており、開発段階のロボットの現場実証試験なども含む。その一方で、ロボット本体の開発は含まれていないため、ロボット開発者は後述する ISO12100 をはじめとする諸規格や基準に則って開発を進めてほしい。

3-2 リスクアセスメントの必要性

従来の労働災害防止対策は、発生した労働災害に対してその原因を調査し、類似災害を含めて再発防止策を展開していくという手法が基本であった。

しかし、建築現場でのロボットは今までにない生産手段であり、実運用の実績も乏しく、労働災害に対する知見の蓄積も十分ではない。また、実証段階の運用は労働災害が起らないよう十分以上の対策を施したうえで実施している。

このように災害が発生していない生産手段・生産現場であっても潜在的な危険性や有害性は存在しており、これが放置されると、いつかは労働災害が発生する可能性がある。そのため、潜在的な危険性を見つけ出して事前に対策を講ずるリスクアセスメントを実施することにより、適切な安全対策をとることができる。

建設業において「リスクアセスメント」の考え方は、COHSMS に「危険性又は有害性等の調査」として導入されているが、言葉自体はあまりなじみ深いものではない。さらにこれまでになかった「ロボットの導入」となると判断に迷いが生じる人もいられる。

しかし、リスクアセスメントという言葉やロボットの導入という事柄に対して過剰に身構えることなく、本指針に沿ってロボットの現場導入に取り組んでいただきたい。

3-3 ロボットの安全性を取り巻く環境

中央労働災害防止協会（中災防、JISHA）のホームページには、「機械設備による労働災害（以下、「機械災害」という）は依然として死傷災害の約 1/5 を占めており、製造業においてはその比率は約 4 割（令和 5 年は 33%）に増加します。機械災害は、機械のエネルギーが大きいことから、はさまれ・巻き込まれ等により身体部位の切断・挫滅等の重篤な災害や死亡事故につながる事が多いのが特徴です。一方、機械はその使用状況をあらかじめ想定できますので、設計・製造段階でリスクアセスメントを実施し保護方策を織り込んだ機械を使用者に提供し、使用者がさらにリスクアセスメントを実施して機械を安全に使用すれば確実に機械災害の大部分は防止できます。」とある。ロボットも機械の一種であり、建設現場へのロボットの導入に際してもリスクアセスメントの実施は災害防止に貢献する。

また、国においても平成 19 年 7 月 31 日付で『「機械の包括的な安全基準に関する指針」の改正について』という通達を公表し、機械の安全を図ってきている。この通達には、「機械の製造等を行う者の実施事項」と「機械を労働者に使用させる事業者の実施事項」がそれぞれ記載されている。ロボットを導入しようとする建築現場の元請会社は、この通達でいう「機械を労働者に使用させる事業者」に該当するため、「機械の製造等を行う者から提供される使用上の情報を確認し、労働安全衛生法第二十八条の二に規定する危険性又は有害性等の調査を実施するとともに、調査の結果に基づく適切な保護方策を検討し実施することが必要」である。図 3-1 におけるリスクアセスメントはこのプロセスを含んでいるが、図 3-2 におけるリスクアセスメントはこの「使用上の情報を確認し、危険性又は有害性等の調査を実施する」ことを「リスク分析」、リスクを評価することまでを加えて「リスクアセスメント」としている点が異なっている。

なお、ロボットに関する基準や法律は整備されつつあるが、残念ながら建築現場での使用

を前提としたロボットに関するものはほとんど整備されていない状況である。建築ロボットが普及するにつれ基準や法律は整備されていくことが予想されるが、それまでは本指針に沿って現場への導入に取り組んでいただきたい。

3-4 建築ロボットの現場導入の流れ

導入の目的には、製品化されたロボット（完成度1のロボット）では導入により得られる利益があり、開発中のロボット（完成度2のロボット）では効果の検証や運用の試験がある。ロボットを導入する目的に対し、目標とする導入効果を設定し、それに適した能力のロボットを探索し、現場の条件に合ったロボットを選定する。（第4章）。

次に、導入しようとするロボットが持つ移動速度等の性能や重量、大きさ等ごとに設けたクラス分け判定項目により、クラス1とクラス2に大別する（第5章）。

クラス分けでクラス2と判定されたロボットについて、図3-2に示すフローに沿ってリスクアセスメントとリスクの低減を実施する。なお、現行法規等との関係から、労働基準監督署等所轄官庁への事前相談をした方が良い場合がある（第6章）。

建築現場にロボットを導入する場合、クラス分けで判定されたクラスに関わらず、ロボットの完成度とロボットの使用者に応じた基本方針に沿った基本安全対策を実施する（第7章）。

リスクが許容可能なレベルまで低減され、基本安全対策が施されたロボットを現場に導入する。ロボットの導入に際して、現場では基本安全対策に則った安全管理体制を構築し、教育・訓練を通じてロボット運用に関する注意事項等を周知する（第8章）。

3-5 ISO12100 との関係

ISO12100 は、国際標準化機構によって策定された、機械類の安全性を確保するための国際標準規格であり、機械を設計するうえで考慮しなければならないすべての安全規格に共通する概念と基本原則およびリスクアセスメントとリスク低減が記載されている、機械安全の基本概念規格である。機械類の安全性に関する国際規格は、「基本安全規格」であるISO12100を頂点とし、その下に広範囲の機械に共通して適用できる安全または安全装置を扱う「グループ安全規格」と更にその下に個別の機械や特定のグループに対する詳細な安全要件を規定する「個別機械安全規格」から成る階層化された構成となっている。図3-3に国際安全規格の階層化構成を示す。なお、建築ロボットは基本的にこの階層化構成の上2層の規格に準拠すべきであり、産業用ロボット安全規格は参照可能である。

ISO12100に示されるリスクアセスメントおよびリスクの低減は、図3-2で示される手順で行われる。機械の設計者・製造者は、設計段階でリスクアセスメントを行い、製造する機械の残留リスクが許容可能なレベルを達成できるまでリスク低減を行う。リスク低減には

優先順位があり、スリー・ステップ・メソッドと呼ばれる安全原則に則って実施される。図 3-4 にスリー・ステップ・メソッドを示す。

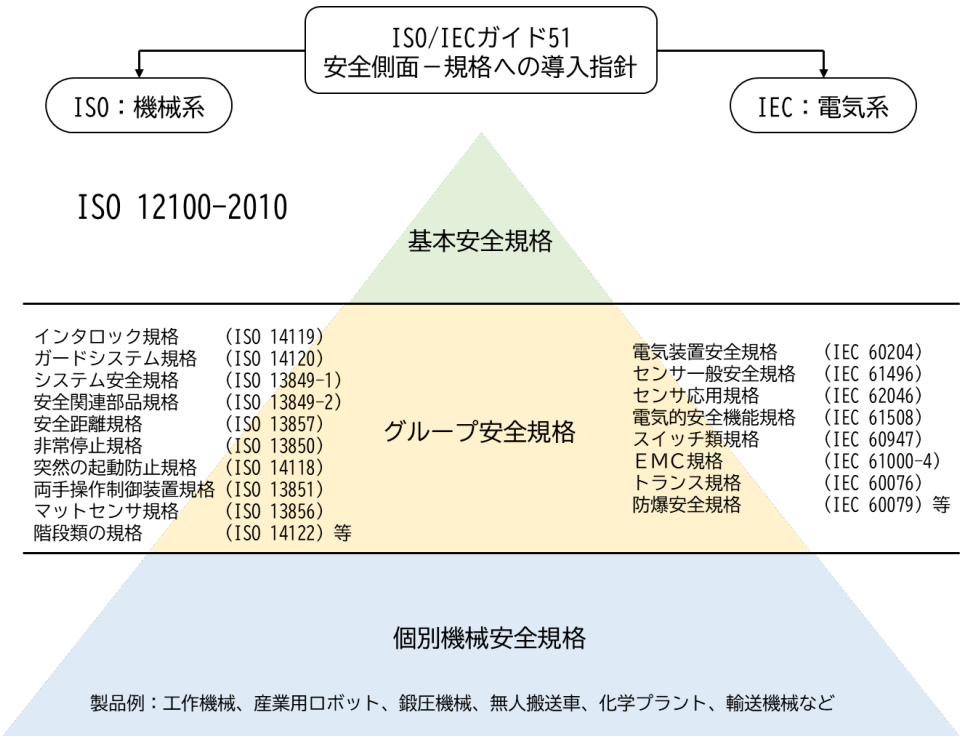


図 3-3 国際安全規格の階層化構成

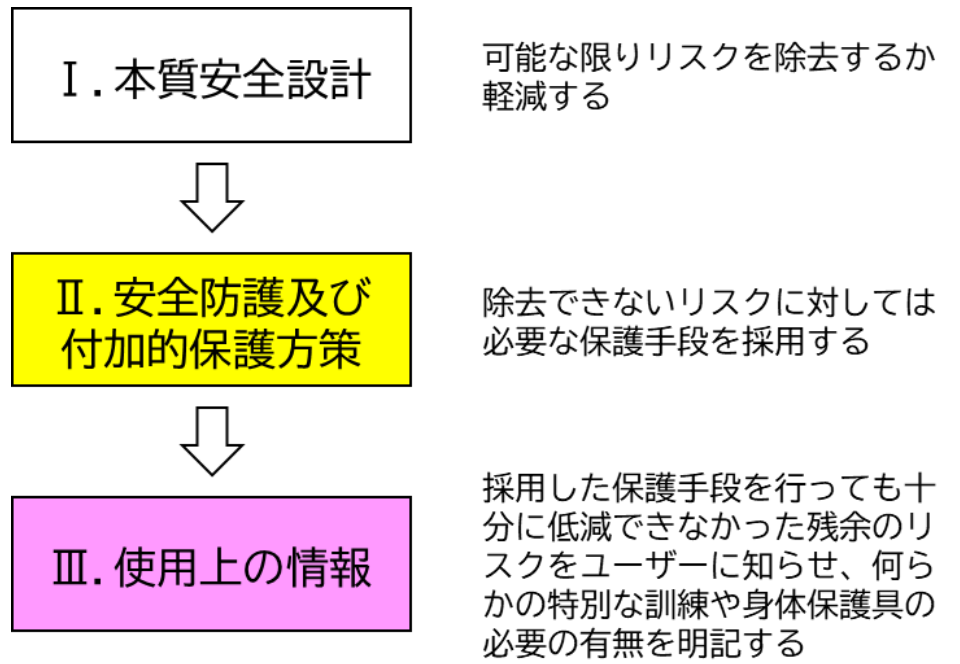


図 3-4 スリー・ステップ・メソッド（リスク低減の優先順位）

機械の設計者が保護方を講じた後もリスクは残留する。それらの内、使用者により講じられる防護方策によって低減されるリスクもあるため、設計者は使用上の情報として使用者に知らせる。使用上の情報には、機械に取り付けられる警報標識や信号、警報装置、取扱説明書などがある。使用者はその情報に基づいて防護方を講じることになる。図 3-5 に機械設計者・製造者と機械使用者によるリスク低減を示す。

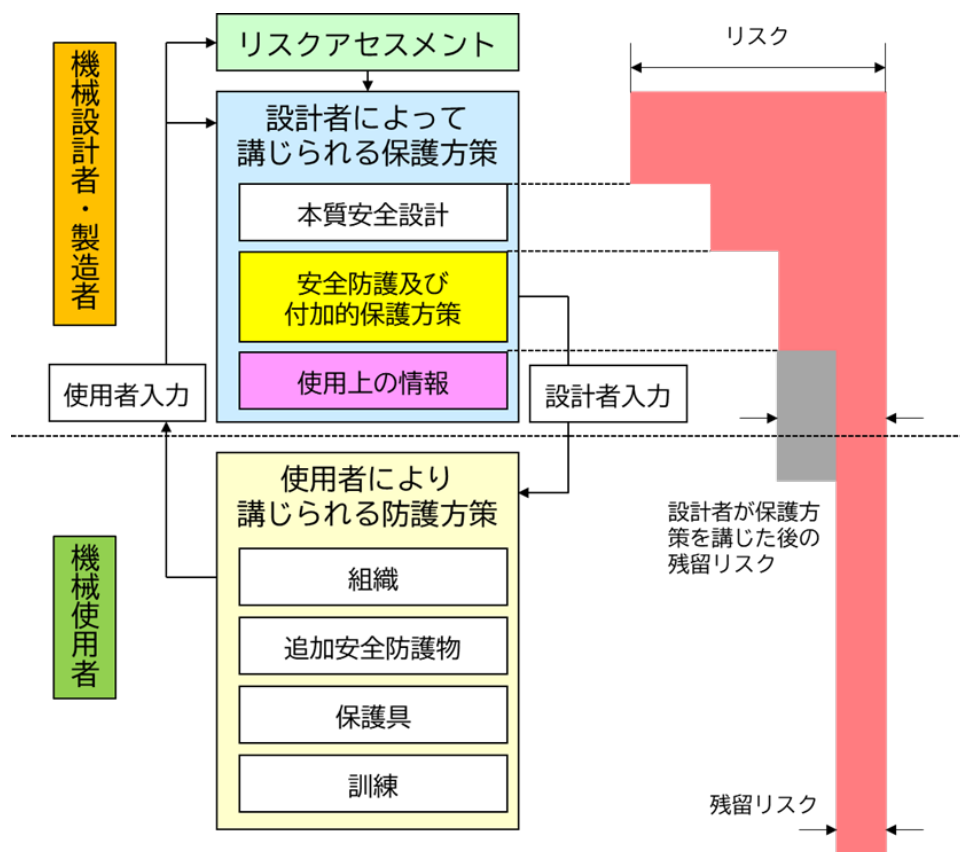


図 3-5 機械設計者・製造者と機械使用者によるリスク低減

図 3-5 の右側に示すリスクの内灰色で示している部分は、使用上の情報に基づいて使用者が適切に方策を実施した場合に低減が期待されるリスクである。ここまでの機械の設計者・製造者によるリスクの低減であるが、図 3-1 で示す建築ロボットの現場導入に関するリスクアセスメントは機械使用者側によるリスクアセスメントであり、図 3-5 には表現されていないことに注意が必要であり、ISO12100 と異なる点である。

建築現場はその立地や建築物の種類、工事の進捗等によりロボットを使用する環境が多様に変化し、その全てを設計・開発段階で事前に網羅して対策をとることは実作業としてもコスト的にも非常に困難である。また、完成度 1 のロボットは図 3-3 に示す ISO12100 に連なる基準等に則った対策やリスクアセスメントを実施済みであろうが、多くのロボットは、工場や倉庫、空港といったような整備された環境で、固定されて一定のエリア内で動く

ロボット（ピッキングロボット等）や固定物の変化のない通路を走行するロボット（AGV等）であり、建築現場での使用を想定しているとは言い難い。そのため、実際に導入しようとする現場に合った対策はリスクアセスメントを含めて個々の現場で対応する必要がある。一方で、完成度2の建築ロボットには既存のロボットを複数種類組み合わせたものも考えられる。組み合わせる個々のロボットに対する基準等が整備されている場合、それぞれの基準等に適合している必要がある。しかしながら、組み合わせることによりロボット全体として個々の基準に合致しない部分が出てくることが予想される。また、組み合わせる技術によっては基準等が整備されていない場合も考えられる。そのような場合には、本指針に従って現場導入の際の安全対策を取る様にしてほしい。これらをフローに示すと図 3-6 のようになる。

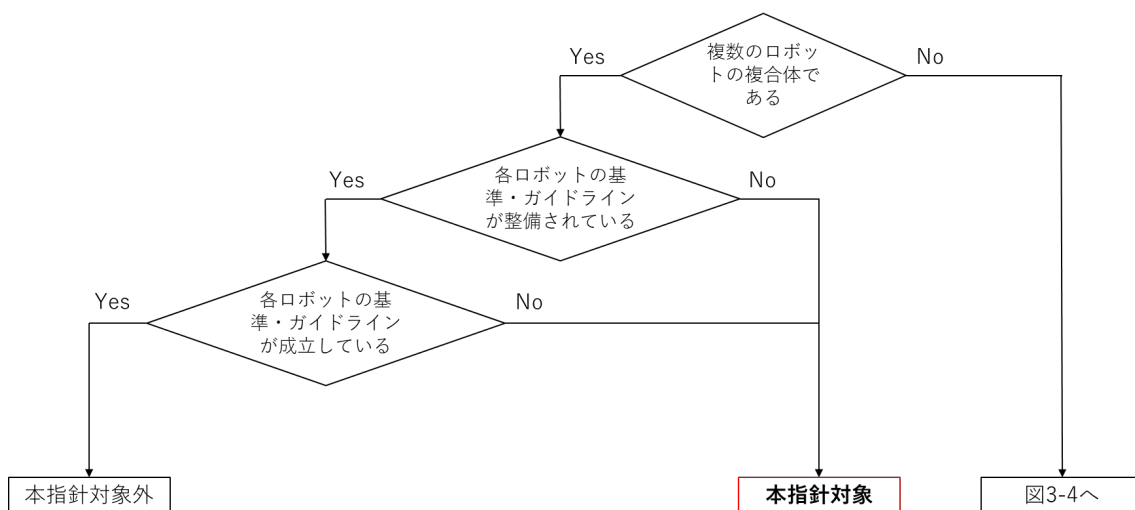


図 3-6 複数のロボットを組み合わせた場合の本指針の対象範囲判定フロー

なお、完成度2のロボットの現場実証試験などでは、ロボットの設計者と使用者が同一となる場合が多いが、設計段階でのリスクアセスメントとリスク低減を実施したうえで、対象となる現場に則したリスクアセスメントとリスク低減の実施に努めていただきたい。また、現場実証試験等において設計段階や現場での運用前に予測していなかったハザードが見つかった場合は、次回以降のロボット使用時に改めてリスクアセスメントを実施した上でリスクを低減させるための対策を忘れずに織り込んでいただきたい。

参考文献

- ・ 中央災害防止協会ホームページ；リスクアセスメント：
<https://www.jisha.or.jp/oshms/ra/about01.html>
- ・ 一般社団法人 日本機械工業連合会ホームページ：標準化活動：
<https://www.jmf.or.jp/standard/>

- ・ リスクアセスメントハンドブック【実務編】：2011年6月、経済産業省
- ・ 機械安全規格を活用して災害防止を進めるためのガイドブック
：2015年3月、中央災害防止協会
- ・ 機械設備のリスクアセスメントマニュアル 機械設備製造者用
：2010年3月、中央災害防止協会
- ・ 改訂 COHSMS ガイドライン 目次（平成30年4月から有効）
：2018年4月1日、建設業労働災害防止協会

図出展一覧

図 3-2：リスクアセスメントハンドブック【実務編】 P.5

図 3-3：（一社）日本機械工業連合会 HP 『機械類の安全性』国際規格と JIS

図 3-4：機械安全規格を活用して災害防止を進めるためのガイドブック P.17

図 3-5：機械設備のリスクアセスメントマニュアル 機械設備製造者編 P.5

第4章 ロボットの機種・能力の決定

本章では、ロボットの導入において考慮すべき、ロボットの機種の選定、能力の決定について解説する。実際の導入においては、本章の解説内容を鑑みたうえで、第5章から第8章で後述するロボットの能力や特性に基づくクラス分け、リスクアセスメントの実施、施工計画の策定、安全管理体制の構築を行うものとする。

4-1 完成度1のロボットの機種の決定

(1) 製品化されたロボットの導入

ロボットの導入目的は、工期の短縮、施工の高品質化、省力化および省人化による生産性向上といった導入効果を得ることである。現場導入においては、工程、労務状況、現場環境などを鑑み、対象工種および目標とする導入効果を設定し、対応可能なロボットの機種を調査、選定する。ロボットの検討および調査にあたっては、各社の担当部署と相談することでも良いが、詳細に関してはレンタル会社やメーカーのホームページ、カタログを確認し、問い合わせるとよい。この時、ロボットの大きさ、重量、移動速度といった能力だけでなく、起動や停止方法などを含めた基本的な操作方法、非常停止方法、再起動の方法等の説明を受けることが望ましい。また、現場導入前に実機の確認やデモンストレーションを受けるようにすると、第7章で後述する工程計画や配置計画がしやすくなる。

4-2 完成度1のロボットの能力の決定

選定したロボットによる導入効果はロボットの能力によることとなるが、目標とする導入効果と能力に乖離がないようにすることが重要である。ロボットの能力が低すぎると人による補助作業等が頻繁に生じることが考えられ、想定した導入効果が得られないばかりか、作業の煩雑化による想定外の事故の発生といったリスクが増大する。例えば、可搬重量20kgのロボットでは、重量30kgの部材を施工することができず、人がロボットを補助する、あるいは、別の機械を併用する状態となってしまう。その結果、ロボットとの接触事故や挟まれ事故の危険が増大してしまうことになる。また、能力が高すぎるロボットの場合では、ロボットの大きさ、重量、移動速度、可動範囲等が過大となり、安全に使用できなくなってしまう。例えば、狭小エリア内で重量物を搬送するような場面で大型の搬送ロボットを用いた場合、接触防止機能により動作不能に陥る、もしくは、機能が正常に作動せず、挟まれ事故等につながってしまうことが考えられる。

以上のことから、目標とする導入効果の設定とともに、ロボットの能力、作業エリアの大きさや周辺の状況といった現場環境などを考慮したうえで、人とロボットの役割分担や線引きを行い、最も適合する能力を有するロボットを選定することが重要となる。

4-3 完成度1のロボットの機種および能力の最終決定

4-1、4-2 では、目標とする導入効果や現場環境等に対して、適合するロボットを選定する際の考え方について解説した。しかしながら、建築現場において実際にロボットを導入し、安全に使用するためには、ロボットの能力だけでなく安全設備や機能等の確認、考えられる残留リスクを把握する必要がある。そのうえで、選定したロボットに関係するリスクアセスメントの実施、導入や施工計画の策定を経て最終的にロボットの機種や能力が決定する。選定したロボットが導入効果や現場環境に適合していても、第5章「クラス分け」、第6章「クラス2の項目への対策」、および、第7章「ロボット導入時の基本対策」の実施により、リスクを許容できるレベルまで低減できないと判断した場合、もしくは、安全に運用できないと判断された場合は、ロボットの機種や能力の再選定、さらには、目標とする導入効果の再設定が必要となることに留意しなければならない。

図 4-1 に完成度1のロボットの機種および能力の最終決定を含めた導入までの全体フローの一例を示すので参考としてほしい。

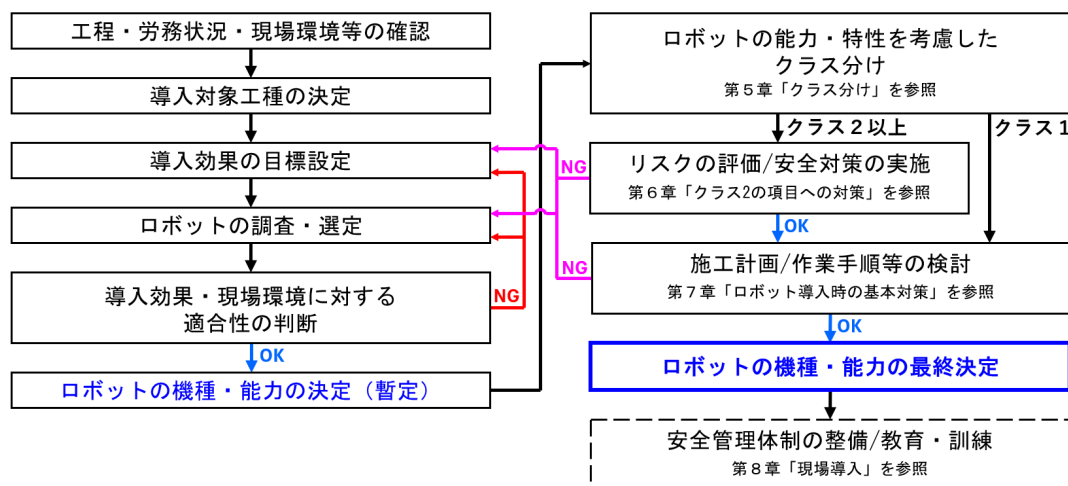


図 4-1 完成度1のロボットの選定フローの一例

4-4 完成度2のロボットの取扱い

開発中のロボットは、効果検証や試験運用といった目的で導入することとなるため、対象工種や適用範囲、目標とする導入効果があらかじめ決定されており、それらに適合するように動作特性や能力が設定されている。ただし、完成度1のロボットとは異なり、検証によっては能力が暫定的であること、可動範囲等の動作特性の変更を伴う可能性があることから、元請け会社は操作手順、安全設備や機能、残留リスク等を慎重に確認する必要がある。元請け会社は、開発担当者や開発メーカーと導入に関して協議し、適切にリスクアセスメントを実施したうえで安全措置・対策の内容を決定し、現場で実践しなければならない。

第5章 クラス分け

5-1 クラス分けの考え方

第3章の 図 3-1 建築ロボットの現場導入に関するリスクアセスメント のフローに従い、本章では建築ロボットのクラス分けを行うためのクラス分け表を取りまとめた。(後述する表 5-1 クラス分け表 参照)

クラス分けは、建築ロボットが持つ性能等ごとに設けたクラス分け判定項目により、クラス1とクラス2に大別できるように設定した。クラス1は、クラス2と比較し安全性における導入リスクが小さくなるよう設定した。

5-2 クラス分け判定項目の設定

クラス分け判定項目は、判定対象とする建築ロボットの規制対象となる法律や規則、当該建築ロボットの操作方法や駆動動力、保有性能など数項目で構成されており、項目別に客観評価をする為に設定した。

5-3 クラスの設定

クラスはクラス1、クラス2に分けられ、クラス1よりもクラス2のほうが安全性における導入リスクが高くなることを意味する。クラス分け判定項目ごとに具体的な判定基準を定め、対象ロボットのクラスを客観的に把握認識できるよう設定した。

5-4 クラス分け判定（第5章）後の検討フロー

本章におけるクラス分け判定の結果、1項目でもクラス2の判定があった場合検討フローに基づき第6章において必要なリスクアセスメントを実施したのちに第7章へ進み導入時の基本対策を行ってから現場導入することとする。また、クラス分け判定項目が全てクラス1となったロボットについては第6章を経由せずに直接第7章へ進み導入時の基本対策を行って現場導入することとする。

また、クラス分け判定の結果、1項目でもクラス2と判定されたロボットについては、労働基準監督署を始めとする諸官庁との事前協議を推奨する。

5-5 クラス分け判定項目とクラス分け基準の更新

今後新たな技術革新などに伴う現状の想定を超えるロボットの出現や、本ガイド

ラインの指標が実態に整合しない状況の発生に際し、クラス分け判定項目やクラス分け基準の追加修正については、実状に合わせて必要に応じて改正する。

5-6 ISO 12100 との関係

表 5-1 に表したクラス分け判定項目は、ISO 12100 の危険源を参考にとりまとめている。ロボット製造者及び使用者によるリスクアセスメントを進める際には参考にすることを推奨する。しかしながら、ロボットにあるクラス分け判定項目は、記載の内容が全てではなく、製造者及び使用者が他の危険源、危険状態、または、危険事象も見つけてリスクアセスメントに反映する必要がある。(参考図書：ISO 12100 附属書 B 表 B.1～B.4)

表 5-1 クラス分け表

クラス分け判定項目	クラス	
	クラス 1	クラス 2
本体重量（荷役時最大重量） ※ 積載・牽引とも	50kg未満	50kg以上
本体移動速度	4km/h未満	4km/h以上
本体高さ（伸縮時最高高さ）	0.75m未満	0.75m以上
	重心高さ < h / 2	重心高さ ≥ h / 2
火気使用	火気使用無し	火気使用有り
回転体（露出部）の有無 ※ 走行用の車輪に類するものは除く	回転体無し	回転体有り
電氣的動力（商用電源・バッテリー等）	30A未満	30A以上
燃料動力（化石燃料等）	5リットル未満	5リットル以上
操縦資格・免許等（本体または一部） ※（注 1）参照	無し	有り
現行法規や規制による届出（本体または一部） ※（注 2）参照	無し	有り

注)「熱」「電波・電磁波」「圧力」「薬品の使用」などの特殊性能が付帯されているロボットについては、第 6 章で後述するリスクアセスメントで対応してほしい。また産業用ロボットなど既存規格や規制が有るもの、その他現行法が存在しているものに関しても既存ルールを優先してほしい。

※1 参考とすべき資格や免許 等

①技能講習

- ・足場組立作業主任者 ・型枠支保工の組立等作業主任者 ・地山掘削作業主任者
- ・土止め支保工作業主任者 ・酸素欠乏危険作業主任者 ・有機溶剤作業主任者
- ・鉄骨組立作業主任者 他
- ・クレーン運転 ・玉掛 ・車両系建設機械運転 ・フォークリフト運転
- ・高所作業車運転 ・ガス溶接
- ・安衛則（第 78 条）に記載が有る業務 他

②特別教育

- ・グラインダー ・アーク溶接 ・ウインチ ・クレーン ・建設用リフト
- ・ゴンドラ ・車両系建設機械 ・車両系荷役運搬機械 ・高所作業車
- ・電気作業 ・玉掛作業 ・酸欠作業 ・解体作業
- ・安衛則（第 36 条）に記載が有る業務 他

③免許等

- ・クレーン運転 ・ガス溶接作業主任者 ・電気工事 ・自動車運転 他

※2 参考とすべき届出書類

①工事計画届

- ・クレーン設置（変更） ・工事用エレベーター設置（変更）
- ・建設用リフト設置（変更） ・ゴンドラ設置（変更） 他

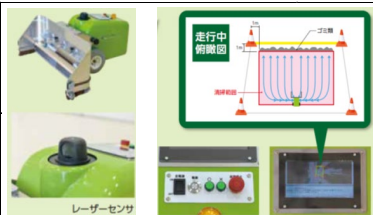
②建設物・機械等設置届

- ・足場（つり足場、張出し足場以外の足場にあつては高さ 10m 以上、60 日以上）
- ・型枠支保工（支柱の高さ 3.5m 以上）
- ・架設通路（高さ及び長さ 10m 以上、60 日以上）

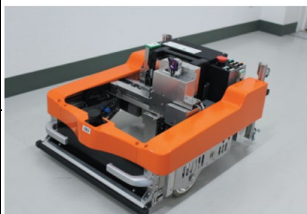
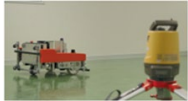
5-7 実在ロボットのクラスの例示

実際に建築ロボットを製造・販売・賃貸している企業に、建築ロボット導入時のクラス分け表に基づき、実施したアンケートの結果を次頁より示す。

御社名またはメーカー名：	株式会社レンタルのニッケン	現場オペレータによる 現場作業フェーズ   ペンプロッター方式を採用 本体の軽量化と描画のランニングコストを 削減	
ロボット名：	次世代墨出しロボット「SUMIDAS」		
クラス分け判定項目	クラス		
	クラス 1	クラス 2	
本体重量（荷役時最大重量） ※ 積載・牽引とも	50kg未満	50kg以上	
	22kg		
本体移動速度	4km/h未満	4km/h以上	
	370mm/sec (1.332km/h)		
本体高さ（伸縮時最高高さ）	0.75m未満	0.75m以上	
	重心高さ < h/2	重心高さ ≧ h/2	
	385mm		
火気使用	火気使用無し	火気使用有り	
	○		
回転体（露出部）の有無 ※ 走行用の車輪に類するものは除く	回転体無し	回転体有り	
	○		
電氣的動力（商用電源・バッテリー等）	30A未満	30A以上	
	リチウムイオン電池		
燃料動力（化石燃料等）	5リットル未満	5リットル以上	
	○		
操縦資格・免許等（本体または一部） ※（注1）参照	無し	有り	
	○		
現行法規や規制による届出（本体または一部） ※（注2）参照	無し	有り	
	○		

御社名またはメーカー名：	株式会社レンタルのニッケン		
ロボット名：	自律型清掃ロボット「TOギャザー」		
クラス分け判定項目	クラス		
	クラス 1	クラス 2	
本体重量（荷役時最大重量） ※ 積載・牽引とも	50kg未満	50kg以上	
	37kg		
本体移動速度	4km/h未満	4km/h以上	
	0.7km/h		
本体高さ（伸縮時最高高さ）	0.75m未満	0.75m以上	
	重心高さ < h/2	重心高さ ≧ h/2	
	480mm		
火気使用	火気使用無し	火気使用有り	
	○		
回転体（露出部）の有無 ※ 走行用の車輪に類するものは除く	回転体無し	回転体有り	
	○		
電氣的動力（商用電源・バッテリー等）	30A未満	30A以上	
	30W,24V,1.25A		
燃料動力（化石燃料等）	5リットル未満	5リットル以上	
	○		
操縦資格・免許等（本体または一部） ※（注1）参照	無し	有り	
	○		
現行法規や規制による届出（本体または一部） ※（注2）参照	無し	有り	
	○		

御社名またはメーカー名：	株式会社レンタルのニッケン	 安全装置  異常停止スイッチ衝突停止/リバーシスイッチ (前後)	
ロボット名：	ライトレース台車「ひもーん」		
クラス分け判定項目	クラス		
	クラス 1	クラス 2	
本体重量（荷役時最大重量） ※ 積載・牽引とも	50kg未満	50kg以上	
		210Kg	
本体移動速度	4km/h未満	4km/h以上	
		最大4.5 k m/h	
本体高さ（伸縮時最高高さ）	0.75m未満	0.75m以上	
	重心高さ < h / 2	重心高さ ≧ h / 2	
	全高さ：1175mm 荷台高さ：360mm		
火気使用	火気使用無し	火気使用有り	
	○		
回転体（露出部）の有無 ※ 走行用の車輪に類するものは除く	回転体無し	回転体有り	
	○		
電氣的動力（商用電源・バッテリー等）	30A未満	30A以上	
	20A		
燃料動力（化石燃料等）	5リットル未満	5リットル以上	
	○		
操縦資格・免許等（本体または一部） ※（注1）参照	無し	有り	
	○		
現行法規や規制による届出（本体または一部） ※（注2）参照	無し	有り	
	○		

御社名またはメーカー名：	西尾レントオール株式会社	  	
ロボット名：	墨出しロボット（SumiROBO）		
クラス分け判定項目	クラス		
	クラス 1	クラス 2	
本体重量（荷役時最大重量） ※ 積載・牽引とも	50kg未満	50kg以上	
	30kg		
本体移動速度	4km/h未満	4km/h以上	
	360mm/sec (1.296km/h)		
本体高さ（伸縮時最高高さ）	0.75m未満	0.75m以上	
	重心高さ < h/2	重心高さ ≧ h/2	
	420mm		
火気使用	火気使用無し	火気使用有り	
	○		
回転体（露出部）の有無 ※ 走行用の車輪に類するものは除く	回転体無し	回転体有り	
	○		
電氣的動力（商用電源・バッテリー等）	30A未満	30A以上	
	リチウムイオンバッテリー		
燃料動力（化石燃料等）	5リットル未満	5リットル以上	
	○		
操縦資格・免許等（本体または一部） ※（注1）参照	無し	有り	
	○		
現行法規や規制による届出（本体または一部） ※（注2）参照	無し	有り	
	○		

第6章 クラス2の項目への対策

本章では第5章の判定によってクラス2以上と判定された項目を対象とし、リスクアセスメントの実施手順及び事例について紹介する。

リスクアセスメント実施後に建築ロボットの現場導入中に想定外の状況が発生した場合には一旦作業を中断するとともに、リスクアセスメントの見直しをその都度実施することが望ましい。

6-1 リスクアセスメントの手順

リスクアセスメントの具体的実施については、リスクが低減するまで繰り返す必要がある。危害の程度と発生頻度をそれぞれ定量的に見積りすることができれば、ロボットが持つリスクを定量的に表すことができ、リスクが定量化されていればそのリスクが許容可能であるかどうかを判断しやすくなるため手順及び実施例を以下に示す。

(1) 使用上・スペース上・時間的制限の決定

① 安全性を確保すべき範囲を明確にする

「意図する使用」「予見可能な誤使用」において安全性を確保する、ただし「無謀使用」「異常使用」は除く。

② ライフサイクルの全てで抽出する

一般的な製品事故の多くは「使われ方の想定甘さ」に起因する。また、特定の使われ方が想定されていなかったために発生する事故は、重大な結果を招きやすくなる為、リスクアセスメントにおいても、使われ方を抜け・漏れなく抽出することが非常に重要となる。

建築ロボットにおけるライフサイクルは下記に示す段階ごとに検討し、検討内容を関係者間で周知徹底する必要がある。

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">・ロボットの搬入、組立て、設置・試運転、試運用・本運用・保守・点検・清掃・トラブル処理・ロボットの移設、組換え・ロボットの撤去、解体、搬出 |
|--|

(2) 危険源の特定

製品にどのような危険源（ハザード）があるかを特定する。災害に繋がるかどうか

かにとらわれずに漏れなく抽出することが一番のポイントとなる。想定した使用方と危険源（ハザード）を組み合わせ、どのような危害の発生が予想されるかを検討する。

例：有害物質、回転体、電気回路、伸縮などの機構、重量、速度など

（３） リスクの見積もり、評価

危害の程度と発生頻度をそれぞれ定量的に見積りすることができれば、ロボットが持つリスクを定量的に表すことができ、そのリスクが許容可能であるかどうかを判断しやすくなる。

リスクの見積もりに関してはいくつかの手法があり、それぞれ特徴があるので適した手法を採用する必要があるが、本章では実際に開発された耐火被覆吹付ロボットを具体例として述べる。

リスクの見積もり手順は表 6-2 のように予知される危険・不具合を列挙し、低減方策前の各項目について表 6-1 の①危害の発生頻度、②危害の程度を参考に点数を入力していき、各項目についての低減方策を決定する。再度リスクを評価し、許容されるリスクの大きさになるまで上記を繰り返すのが一般的である。

（４） 保護方策の採用

リスク評価の結果、目標レベルよりも高い場合は本質的安全設計、安全防護対策、付加保護方策、使用上の情報提供という優先順位で目標を達成できるよう努力する。安全防護対策とはカバー、柵、電気的な保護装置の採用によるものである。付加保護方策とは非常停止装置の採用などが挙げられる。上位のリスク低減方策を採用しても残るリスクを情報として使用者へ提供することで運用時に対処すべきリスクを明確にすることができる。

（５） 使用者が行うリスク低減方策

使用者は、設計・製造者が実施した方策に関する情報をもとに、現場にてさらなるリスク低減方策の検討を行う。具体的な方策としては保護具対策、適切な教育・訓練などが挙げられる。

（６） 事前相談

本指針の策定時点では、建築ロボットを安全に導入、運用するための法律、条例等の整備が不十分であるため、現場導入においては都度、労働基準監督署、行政、発注者、近隣等（以下、関係先）へ事前に相談することが望ましい。特に開発段階のロボットに関しては、関係先の理解、承諾を得るためにロボットの導入目的や範囲、効果等を明確にしたうえで、本指針に沿って、具体的な安全対策、リスクアセスメントを示せるようにすることが必要になると考えられる。

表 6 -1 リスク評価参考事例

①発生頻度

発生頻度	点数	目安
ほとんど起こらない	1	数年に1回
たまに起こる	2	1年に1回
かなり起こる	3	数ヶ月に1回以上

②危害の程度

危害の程度	点数	目安
微傷・軽傷	1	休業4日未満
重傷	3	休業4日以上
致命傷	5	死亡・重篤

③リスクの大きさ

		②重大性		
		1	3	5
①可能性	1	2	4	6
	2	3	5	7
	3	4	6	8

④リスクの評価

リスクの見積もり	評価	リスクレベル	対策
2	問題は少ない	1	対策の必要なし
3	多少の問題がある	3	必要に応じて対策する
4	かなり問題がある	4	速やかに対策が必要
5以上	直ちに解決すべき問題がある	5	直ちに中止または即座に対策を直ちに行う

表 6-2 リスクアセスメントシート

実施案件名称：耐火被覆吹付ロボット開発					実施段階： 初期 中期・後期		機械の全ライフサイクルについてリスクを想定する。 設計・製造・保管・運搬・設置・試運転・運用・メン・改造・廃棄・他		
No.	ライフ サイクル	予知される危険・不具合事象	低減方策前		3ステップメソッドに基づくリスク低減方策 (採用するものに◎マーク)		低減方策後		備考・総評
			発生 頻度	危害の 大きさ			発生 頻度	危害の 大きさ	
1	自動運転	・漏電による感電や火災	2	3	本質的安全設計	漏電時、自動で電源を遮断	1	3	
					安全防護/付加保護方策	絶縁性能のあるカバー			
					使用上の注意	◎日常点検 自動運転時作業員の保護員着用			
2		・吹付の粉塵が入ることによりセンサが誤検出し、想定外の動作を実行して周囲に接触する	3	2	本質的安全設計	粉塵防止カバー、誤作動を抑制する機構 ◎非常停止SW	2	2	誤検出が想定されるセンサ ・伸縮計の上昇加工高さ(転倒は別途記載) ・2D-LiDARの自己位置
					安全防護/付加保護方策	◎粉塵を清掃しやすいようにカバーの付け外しを容易にする			
					使用上の注意	◎作業開始時及び終了時に清掃			
3		・床穴、障害物によるロボットの転倒	2	3	本質的安全設計	◎緊急停止SW	1	3	
					安全防護/付加保護方策	◎穴塞ぎ、段差養生の実施 障害物検知センサ(障害物のみ)			
					使用上の注意	◎緊急停止を準備、目視による確認 ◎ロボットから常に一定の距離をとる			
4		・機械的接続部のゆるみによる部品落下やロボット転倒に伴う打撲、創傷、刺傷等	2	3	本質的安全設計	緩まないような構造設計	1	3	
					安全防護/付加保護方策				
					使用上の注意	◎日常点検 ◎ロボットから常に一定の距離をとる			
5		・ロボットが移動する際の加速や停止により、バランスを崩し転倒	2	3	本質的安全設計	移動時の加速度制限、安定度を考慮した設計	1	3	
					安全防護/付加保護方策				
					使用上の注意	◎ロボットから常に一定の距離をとる			
6		・外部の電磁波(EMS)、電源ノイズの影響による誤作動	2	3	本質的安全設計	EMS認証済み機器を使用 ノイズフィルタ ◎緊急停止SW	1	3	
					安全防護/付加保護方策				
					使用上の注意	◎EMSを発生しうる機器から離して使用する			
7		・ロボットから発生する電磁波で他の機器が誤作動	2	3	本質的安全設計	技適(EMS認証済み)の機器を使用	1	3	
					安全防護/付加保護方策				
					使用上の注意	◎影響が出うる機械から離して使用する			
8		・アクアボールの自動下降時、作業者が挟まれる。	2	2	本質的安全設計	◎緊急停止ボタン 駆動音・横断灯点灯	1	2	
					安全防護/付加保護方策				
					使用上の注意	◎アクアボール動作中は近づかない			
● ユーザの設定：					特記事項： ○ 危害の重さについては、作業継続も含めて検討する。				
● 時間的要素：									
● 空間的要素：									

6-2 リスクアセスメントの事例

本節では、搬送ロボットシステムに関するリスクアセスメントを事例として取り上げる。まず、対象の概要を示す。次に、第5章に従ってクラス分けを行う。そして、現行の関連規則への準拠を前提とした上で、想定されるリスクについて安全対策を検討する。

なお、本事例は、開発段階のロボットを対象としており、開発者（機械設計者・製造者）および現場運用者（機械使用者）の2つの観点からのリスクアセスメントの例となっている。

（1） リスクアセスメント対象の概要

水平搬送台車（自動搬送台車）、工用エレベータ（搬器外操作式）およびそれらを統合管理するサーバ（統合管理システム）から構成される。統合管理システムからの指令に従い、資材を下階のストックヤードから上階の指定したストックヤードまで自動で搬送するシステムとなっている（図6-1）。

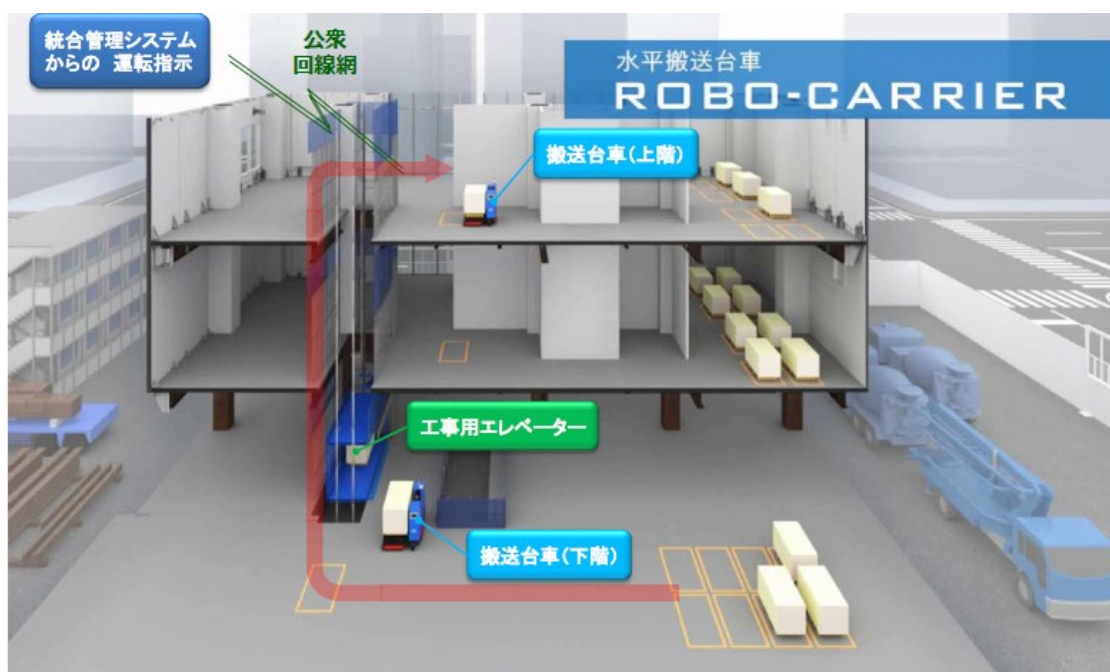


図6-1 搬送ロボットシステムの概要

① 自動搬送台車

自動搬送台車を図6-2にその諸元を表6-3に示す。

自動搬送台車は主に以下の特徴がある。

- 1) 自重 (1.16[t]) + 積載重量 (max0.99[t]) = 機械総重量 max 2.15[t]である。
- 2) SLAM による自律走行する。
- 3) 管理サーバの指令により動作する。



図 6 -2 自動搬送台車

表 6 - 3 自動搬送台車の諸元

寸法	全長	2,000	mm
	全幅	1,400	mm
	全高	1,930	mm
重量		1,160	kg
その他	積載荷重	990	kg
	走行速度	2.4	km/h
	通過可能段差	15	mm
	電源	蓄電池式	
	稼働時間	4 時間 (50% 稼働)	
	操作	手動 / 自動	
	安全装置	警告灯・警報器	
		非常停止ボタン	
		障害物検知センサ	
		バンパセンサ	
		段差センサ	
		在荷センサ	
		フォーク差込センサ	
		フォーク荷重センサ	
	制御システム	SLAM システム	
		2 眼距離測定システム	

② 搬器外操作式エレベータ

工事用仮設エレベータは、水平搬送台車と連携することで資材を搬送する。
主に以下の特徴がある。

- 1) 運転者が搭乗して操作していない
- 2) クラウドからの指令により動作

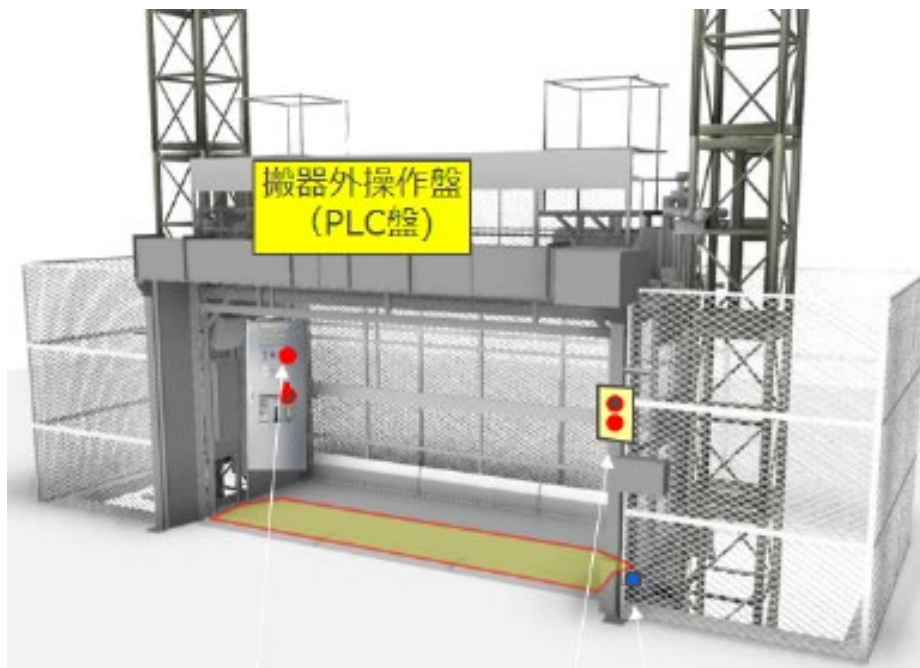


図 6-3 搬器外操作式エレベータ

(2) クラス分け

自動搬送台車を第5章（危険度の判定）に基づいてクラス分けを行う。

- ・ 本体重量：（機械総重量） $1,160\text{ kg} + 990\text{ kg} = 2,150\text{ kg}$ であり、 50 kg 以上となる。
→ クラス 2
- ・ 本体高さ： $1,930\text{ mm}$ であり、 750 mm 以上となる。
→ クラス 2
- ・ 移動速度： 2.4 km/h であり、 4 km/h 未満となる。
→ クラス 1

となっており、本体重量および本体高さの危険度レベルがクラス 2 のため、主に重量および高さを考慮し、必要と考えられるリスクアセスメントを実施する。

（３）現行の関連規則からの方針

搬送ロボットシステムは、①自動搬送台車と②搬器外操作式エレベータおよび③これらを統合管理するシステムから構成されている。それぞれについて以下の現行の関連規則が適用される。

① 自動搬送台車

工場や倉庫などで運用されている自動搬送台車は、JIS D6802 無人搬送システム安全通則が適用される。工事現場での運用においても JIS D6802 に準拠した機械計画／運用計画を行う必要がある。

なお、当該台車はフォークリフト非該当のため、フォークリフト運転資格は不要である。

② 搬器外部操作式エレベータ

工事用エレベータには、労働安全衛生法のクレーン等安全規則（５章エレベータ）およびエレベータ構造規格が適用される。搬器外操作式エレベータは、運転者が搭乗して操作していない工事用エレベータとなる。

③ 自動搬送台車と搬器外操作式エレベータ（統合管理システム）

JIS D6802 により自動搬送台車と無人搬送システムとはインタロックをとる必要がある。

（４）リスクアセスメントの実施

現行の関連規則に準拠した上で、リスクを想定し、危険レベルの高い事象に関して、追加の安全対策を施す。ライフサイクルのうち自動運転について以下の対象に対するリスクアセスメントシートの例を示す。

① 水平搬送台車（表 6 -4）

② 搬器外操作エレベータ（表 6 -5）

③ 水平搬送台車と搬器外操作式エレベータの連動（表 6 -6）

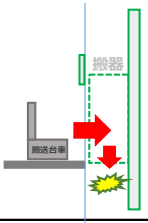
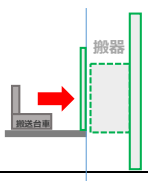
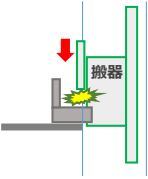
表 6-4 水平搬送台車の自動運転時のリスクアセスメント

	予知される危険・不具合事象	イメージ	低減方策前		3ステップメソッドに基づくリスク低減方策 (◎：採用，×：採用見送り)		低減方策後	
			発生 頻度	危害 レベル			発生 頻度	危害 レベル
1	自動搬送台車が作業員に衝突		2	3	本質的安全設計		1	3
					安全防護／付加保護方策	◎障害物センサ(非接触/接触)を設ける ×搬送エリアを堅固な金属などで囲う		
					使用上の注意	◎搬送作業は作業員が退去後の夜間に実施		
2	自動搬送台車が開口へ落下		2	3	本質的安全設計		1	3
					安全防護／付加保護方策	◎障害物センサ(非接触式/接触式)を設ける ×開口養生をH鋼などで堅固に行う		
					使用上の注意			
3	荷崩れにより近くの作業員に飛来物落下		2	3	本質的安全設計		1	3
					安全防護／付加保護方策	◎障害物センサ(非接触式/接触式)を設ける ◎床段差センサを設ける ×搬送エリアを堅固な金属などで囲う		
					使用上の注意	◎搬送作業は作業員が退去後の夜間に実施 ◎仮設資材/差筋/床段差/床勾配/養生蓋/小落下物がある部分は走行ルートに設定しない		
4	積荷パレットにフォークを差し込み、台車本体側へ引き込む際に、積荷と本体の間に作業員が挟まれる		2	3	本質的安全設計		1	3
					安全防護／付加保護方策	◎挟まれ検知センサを設ける		
					使用上の注意	◎フォークを引き込む際に積荷と車体の間に体を入れないことを周知する		
特記事項：障害物センサ(非接触/接触)は、エリアセンサ：安全水準SIL2、バンパーセンサ：安全水準SIL3で2重に対策								

表 6-5 搬器外操作エレベータのリスクアセスメント

	予知される危険・不具合事象	イメージ	低減方策前		3ステップメソッドに基づくリスク低減方策 (◎：採用，×：採用見送り)	低減方策後	
			発生 頻度	危害 レベル		発生 頻度	危害 レベル
1	搬器の経路に障害物（モノ/ヒト）が発生し，昇降時に衝突		1	2	本質的安全設計		1
					安全防護／付加保護方策	◎シャフトを梁下まで頑固な養生材で囲う ×搬器上下に監視カメラを設置し監視 ×搬器上下にエリアセンサを設置	
					使用上の注意	◎搬送作業は作業員が退去後の夜間を実施	
2	運転者が搭乗しないため，非常時にELVの非常停止ボタンを押せない		1	3	本質的安全設計		1
					安全防護／付加保護方策	×各階外扉にELVの非常停止ボタンを設置 ×機器フレームに振動検出センサを設置 ◎搬器内にカメラを設置し，監視室にELV停止ボタンを設置	
					使用上の注意		
3	搬器外操作モード時に，荷積み階/荷降ろし階で，無関係な作業員が乗り込んでしまう		3	2	本質的安全設計		1
					安全防護／付加保護方策	×搬送エリアを強固な金属柵で完全に囲う	
					使用上の注意	◎搬器内にカメラを設置し監視 ×各階外扉に搬器外操作モード表示器を設置 ◎搬器に搬器外操作モード表示器を設置 ◎搬送作業は作業員が退去後の夜間を実施	
4	資材/搬送台車/そのほかのモノ/ヒトがドア位置に残留した状態で閉るドアにぶつかる		2	3	本質的安全設計		1
					安全防護／付加保護方策	◎扉部残留物を検出するエリアセンサを設置 ×扉駆動部に過負荷検出装置を設置 ×扉端部に感圧センサを設置	
					使用上の注意		

表 6-6 水平搬送台車と搬器外操作式エレベータの連動

	予知される危険・不具合事象	イメージ	低減方策前		3ステップメソッドに基づくリスク低減方策 (◎：採用，×：採用見送り)		低減方策後	
			発生 頻度	危害 レベル			発生 頻度	危害 レベル
1	ELVが着床していないのに、 ELV外扉が開き、自動搬送台車 がELVに進入してELVシャフト 開口に落下		2	3	本質的安全設計	◎ELVは着床しているフロアの外扉のみ開く機構とする	1	3
					安全防護／付加保護方策	◎自動搬送台車に床段差センサを設ける ◎サーバはELV着床互に積込指示を出す		
					使用上の注意			
2	ELVの扉が閉じている時に、自 動搬送台車がELVに進入して、 扉に衝突		2	2	本質的安全設計		1	2
					安全防護／付加保護方策	◎自動搬送台車に障害物センサ(非接触/接触)を設置 ◎サーバはELV扉開確認後に積込指令を出す		
					使用上の注意			
3	自動搬送台車がELVに進入中ま たは、ELVから退出中にELVが 扉を閉めようとして自動搬送台 車に衝突		2	2	本質的安全設計		1	2
					安全防護／付加保護方策	◎扉部残留物を検出するエリアセンサを設置 ×扉駆動部に過負荷検出装置を設置 ×扉端部に感圧センサを設置		
					使用上の注意			
特記事項：障害物センサ(非接触式/接触式)は、エリアセンサ：安全水準SIL2，バンパーセンサ：安全水準SIL3で2重に対策								

第7章 ロボット導入時の基本対策

本章では、ロボットを建築現場に導入する際の基本安全対策について説明する。建築現場において主体的にロボットを使用するのは、元請け職員、協力会社職員および開発メーカーと様々な場面が想定されるが、安全対策については元請けが責任を負うこととする。また、労働者を守る立場の事業会社には、日常から安全啓蒙活動を徹底し、職員の安全意識向上に努めることとする。

7-1 ロボットの完成度による区分

基本対策を検討する上で、ロボットの完成度を以下の2段階に区分する。

(1) 完成度1：製品化されたロボット

現場への導入者は元請け企業、協力会社

(2) 完成度2：開発段階、もしくは現場で検証できていない機能を有するロボット

現場での試行者は元請け企業、メーカー

以下に、基本対策検討フローを示す。

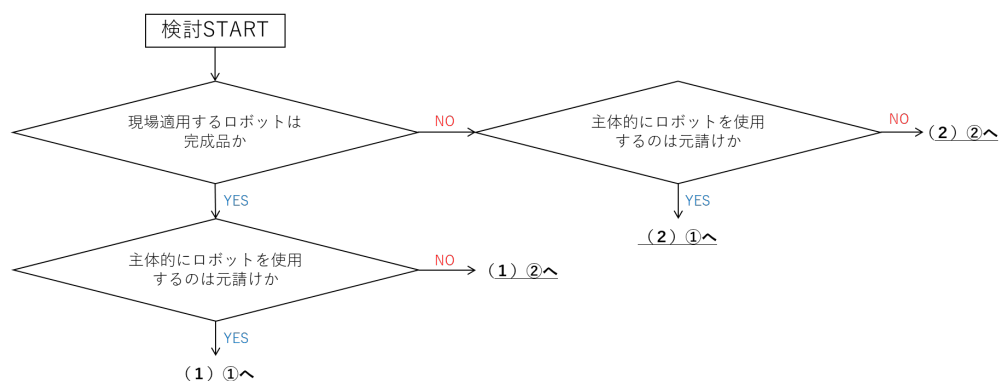


図 7-1 基本安全対策の検討フロー

7-2 ロボットの区分と使用者ごとの基本対策

以下に検討すべき基本対策を説明する。元請け企業は、以下のすべてのケースにおいて、元請け企業の職員の中からロボット担当責任者を任命する。また、ロボット担当責任者は現場においてロボットの運用を主体的に実施する組織（元請け、協力会社、メーカー等）からロボット管理責任者を選任する。

(1) 完成度1の基本対策

- ①元請け企業がロボットをレンタル会社から借りる、あるいはロボット開発メーカー（代理店）から購入して現場適用する場合。ロボットの使用者は元請け職員、あるいは元請け職員が協力会社職員に支給する場合。

基本方針：メーカーが作成した取扱説明書に従い、安全管理を実施する。

また、現場使用後に必要に応じて開発者にフィードバックする。

1) ロボット管理責任者の任命

元請け企業責任者は、元請け企業担当者をロボット管理責任者に任命する。

2) メーカーが指定する適用範囲の確認

ロボットの取扱説明書を参照し、適用範囲を確認する。確認後、作業所で利用する作業内容を決定する。

このとき、用途外使用となるような作業内容としてはならない。

3) メーカーが提示している取扱説明書上の安全注意事項の確認

2) で決定した作業内容について、取扱い説明書で指示されている安全注意事項の該当項目を抽出する。

4) メーカーが指定する保守点検項目の確認

取扱い説明書などに記載されている保守点検項目から、2) で決定した作業内容に関連する項目を抽出する。

5) ロボット適用に該当する関係法令の確認と抽出

労働安全衛生規則等の法令を参照し、2) で決定した作業内容に関連する項目を抽出する。

6) 施工計画書の作成

上記1)～5)を踏まえて、ロボット管理責任者は、ロボットを適用する作業の施工計画書を作成し、安全対策計画を記載する。この際、メーカーが指定する取扱い時の注意事項や適用範囲を逸脱した場合、ロボットの適用に関する責任は元請け企業が負うこととなる。

7) 作業手順書の作成

6) の施工計画書を踏まえて、協力会社の責任者はロボット適用作業の作業手順書を作成し、安全対策事項を記載する。ロボット管理責任者は、内容を確認し、必要に応じて修正を行う。

8) ロボット管理台帳の作成

6) の施工計画書を踏まえ、ロボット管理責任者がロボット管理台帳（チェック表）を作成する。

※ロボット管理台帳：施工計画書に明記した安全対策のチェック表

9) 使用前教育（有資格のロボットは資格確認）の実施（職員、協力会社）

ロボット管理責任者が、ロボット使用者（元請け企業職員、協力会社）に機械利

用に関する危険性を通知し、使用前教育を実施する

10) 現場パトロールの実施

ロボット管理責任者は、施工計画書で記載した安全対策事項について、現場パトロールでの確認および是正を実施する。

②協力会社がロボットをレンタル会社から借りる、あるいはロボット開発メーカー（代理店）から購入して現場適用する場合。

基本方針：メーカーが作成した取扱説明書に従い、安全管理を実施する。

また、現場使用後に必要に応じて開発者にフィードバックする。

1) ロボット管理責任者の任命

元請け企業担当者は、担当する協力会社職長をロボット管理責任者に任命する。

2) メーカーが指定する適用範囲の確認。

ロボット管理責任者は、ロボットの取扱説明書を参照し、適用範囲を確認する。
確認後、作業所で利用する作業内容を決定する。

このとき、用途外使用となるような作業内容としてはならない。

3) メーカーが提示している取扱説明書上の安全注意事項の確認

ロボット管理責任者は、2) で決定した作業内容について、取扱説明書で指示されている安全注意事項の該当項目を抽出する。

4) メーカーが指定する保守点検項目の確認

ロボット管理責任者は、取扱説明書などに記載されている保守点検項目から、2) で決定した作業内容に関連する項目を抽出する。

5) ロボット適用に該当する関係法令の確認と抽出

ロボット管理責任者は、労働安全衛生規則等の法令を参照し、2) で決定した作業内容に関連する項目を抽出する。

6) 作業手順書の作成

上記1)～5)を踏まえて、ロボット管理責任者がロボット適用作業の作業手順書を作成し、安全対策事項を記載する。この際、メーカーが指定する取扱い時の注意事項や適用範囲を逸脱した場合、ロボットの適用に関する責任は協力会社が負うこととなる。

7) ロボット管理台帳の作成

6) の作業手順書を踏まえて、ロボット管理台帳（チェック表）を作成する。

8) 施工計画書の作成

6) の作業手順書を踏まえて、元請け企業の担当者は施工計画書を作成する。

9) 使用前教育（有資格のロボットは資格確認）の実施（協力会社）

ロボット管理責任者が、ロボット使用者（協力会社の作業員等）に機械利用に関する危険性を通知し、教育を実施する。

10) 現場パトロールの実施

元請け企業の担当者は、施工計画書で記載した安全対策事項について、現場パトロールでの確認および是正を実施する。

(2) 完成度2の基本対策

①元請け企業が開発中のロボットを現場試行する場合の技術試行（メーカー等との共同開発、委託開発）。

基本方針：元請けとメーカーが協力して、安全管理を実施する。

また、現場使用後に必要に応じて開発者にフィードバックする。

1) ロボット管理責任者の任命

元請け企業担当者は、開発責任者をロボット管理責任者に任命する。

2) ロボット試行において該当する関係法令の確認と抽出

ロボット管理責任者は、実施する技術試行について、労働安全衛生規則等の法令を参照し、関連する項目を抽出する。

3) 施工計画書の作成および危険項目の抽出と対策案の記載

ロボット管理責任者は、協力メーカーと協力して施工計画書を作成する。

施工計画書の内容について、元請け安全責任者のチェックを受け、必要に応じて修正する。

4) 使用前教育の実施（職員、協力会社）

ロボット管理責任者は、試行メンバーに対して教育を実施する。

5) 現場パトロールの実施

施工計画上の安全対策について、現場パトロールでの確認および是正を行う。

②メーカーが開発中のロボットを現場試行する場合

基本方針：元請けとメーカーが協力して、安全管理を実施する。

1) ロボット管理責任者の任命

元請け企業担当者は、開発責任者（メーカー担当者等）をロボット管理責任者に任命する。

2) ロボット試行において該当する関係法令の確認と抽出

ロボット管理責任者は、実施する技術試行について、労働安全衛生規則等の法令を参照し、関連する項目を抽出する。

3) 施工計画書の作成および危険項目の抽出と対策案の記載

ロボット管理責任者は、作業所の安全担当者の協力を得て、施工計画書を作成する。施工計画書の内容について、元請け安全責任者のチェックを受け、必要に応じて修正する。

4) 使用前教育の実施（職員、協力会社）

ロボット管理責任者が、試行メンバーに教育実施する。

5) 現場パトロールの実施

施工計画上の安全対策について、現場パトロールでの確認および是正を行う。

7-3 施工計画

本節では、前節で述べた施工計画のうち、ロボットの導入期間の検討、および、配置計画について解説する。

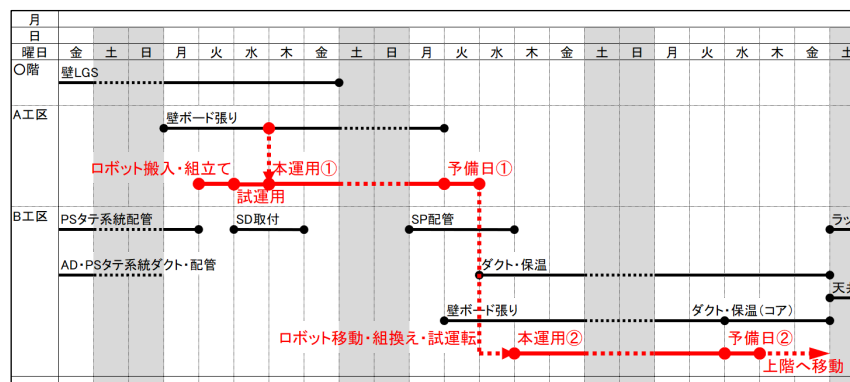
(1) ロボットの導入期間の検討

ロボットの導入範囲に近接する工事状況の把握および工事関係者との作業間の連絡調整を行うために、ロボットの導入に関連する事項を実施工程表内に記入し、工事関係者全員に周知することが必要である。工程内に記入する内容としては次の事項が挙げられる。

関連事項：ロボットの導入前に完了すべき前工程、搬入日、組立て日、試験運用期間、本運用期間、組換え日、移設日、撤去日、搬出日、予備日、他

試験運用期間はロボットの導入において重要であり、リスクアセスメントに沿った安全措置が行われたうえで、動作や施工品質などに問題がないことを確認するために必ず確保すべき期間である。また、ロボットの動作不具合に伴う対応や点検などによる工程への影響をあらかじめ見込むために、予備日を設けておくことが望ましい。なお、工程表への記入方法は従来の作業と同様であるが、線色を変えるなどの工夫により周知しやすくするとよい。各日において、ロボットが稼働する時間帯を区分することも他の工事業者との交錯を回避することが可能であり、安全の観点から有効である。

内装工事における「せっこうボード張りロボット」の導入を想定した場合の実施工程表へのロボット導入期間の追記例を図 7-2 に示す。ロボットの導入に関する工程表は別に作成するのではなく、他工種との連絡調整をすることを考慮し、実施工程表内に追記するとよい。



（２）配置計画の検討

ロボットの機種や能力の決定後、あらかじめ確認した現場状況に基づき、配置計画を行う。配置計画では、安全にロボットを運用できるように配慮するとともに、目標とした導入効果を得るためにロボットが有する能力や性能を発揮できる配置としなければならない。そのためには、ロボットの大きさ、重量、移動速度、稼働範囲といった動作特性、および、下記に示す事項を考慮し、配置計画に反映する。

- ・ロボットの動作特性に対する空間の大きさ（平面寸法、高さ寸法）
- ・ロボットの移動や稼働範囲内の柱、壁、段差、資材ヤード、通路等の有無や寸法、距離
- ・他工種との近接作業、交錯作業の有無
- ・ロボットの使用範囲と安全通路および作業通路の関係
- ・立入禁止措置の範囲・方法
- ・監視員の配置
- ・他、当該使用場所において配慮すべき事項

ロボットの稼働特性、および、配置計画で検討、周知した事項については、現場内に目に見える形で明示すると良い。ロボットの移動ルート、可動範囲、立入禁止範囲だけでなく、ロボットの重量、移動速度、くわえて、導入期間や緊急時の連絡先等をロボットの使用場所に明示することは安全の観点で効果的である。

配置計画は、ロボットの種類や規模、動作特性、運用方法などにより以下の３種類に大別することができる。

- a) ロボットの作業領域（移動範囲、アーム等の可動範囲など）を立入禁止とする場合
- b) ロボットの移動範囲内の一時的な通行や立入りを許容できる場合
- c) ロボットと人が同一の作業場所で協業する場合

一般的に、配置計画 a) は一定の範囲内で稼働するロボット、配置計画 b) は現場内を広く移動するロボット、配置計画 c) は人との協業を目的とするロボットが該当する。

なお、本指針策定時点では、労働安全衛生法などでは建築工事で使用するロボットを対象とした規則が整備されていない状況である。ただし、前述した作業間の連絡調整や作業者の労働災害および健康障害を防止するために必要となる措置は、ロボット使用者のみならず元請け会社としても実施しなければならない義務として労働安全衛生法で定められている。

ロボットの導入に際しては、本指針を参考にロボット周辺の区画や安全通路、監視員の配置や安全標識による注意喚起といった安全措置を検討し、ロボットの導入計画を策定したうえで、管轄の労働基準監督署などに相談するとよい。労働基準監督署などから指示があった場合は、策定した導入計画に当該指示内容を反映し、必要に応じて再度、相談したうえでロボットを導入することとする。

①配置計画 a) ロボットの作業領域を立入禁止とする場合

配置計画 a)に該当するロボットは、建築材料等の取付けのため、一定の範囲内で自らが移動し、アーム等を稼働させる施工系のロボット等が考えられる。内装工事におけるせっこうボード張りロボットの配置計画図の例を図 7-3 に示す。ロボットの導入や運用に際して、開発担当者や使用者は、第 3 者の接触事故や挟まれ事故などを防止するために図 7-3 に示すような立入禁止区画や表示などの安全措置を行うこととする。元請け会社は、安全措置が施工計画書や作業手順書通りに実施されていることを始業前や現場巡視時に確認し、問題がある場合は是正を指示するとともに、日々の安全朝礼や工程打合せでロボットの作業範囲や立入禁止範囲などを工事関係者に周知することとする。

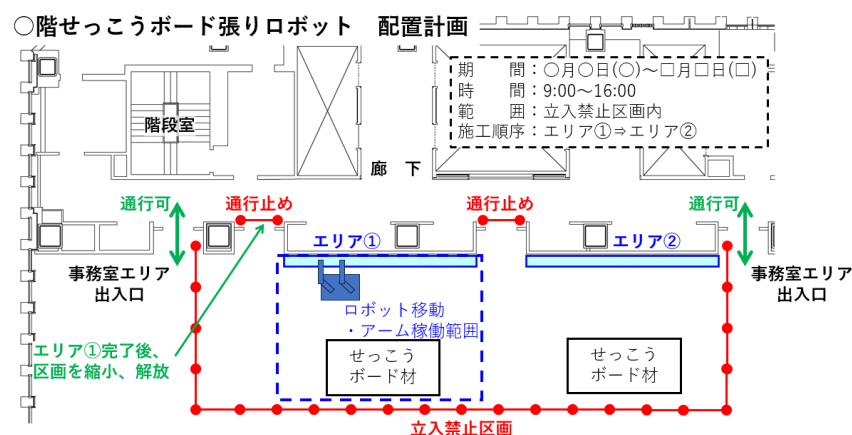


図 7-3 セっこうボード張りロボットの配置計画図の例

②配置計画 b) ロボットの移動範囲内の一時的な通行や立入りを許容できる場合

配置計画 b)で対象となるロボットは、現場内を動き回るような資機材の搬送ロボットなどが該当する。ロボットは一定のルートを通行する、もしくは、特定の地点間を自律的に通行するため、通行中のロボットと接触しないような措置を講ずることで、他の工事関係者等の一時的な立入りや通行を許容することができる。一定のルートを通行する搬送ロボットの配置計画図の例を図 7-4 に示す。図 7-4 は、搬送ロボットのルートをカラーコーン及び掲示物により明示することで第 3 者災害の防止を図った例である。決まったルートを持たず、各種センシングにより人や障害物を検知、回避しながら特定の地点間を通行するようなロボットの導入においては、音や音声、光で通知する機能を持たせることが接触事故等の対策として有効である。配置計画 a)と同様にいずれの場合においても、ロボットの通行ルートの明示といった安全措置は、使用者もしくは開発担当者を行うことを原則とする。また、元請け会社は工程打合せでの他の協力業者への連絡調整、および、安全朝礼での工事関係者への周知を行い、現場巡視時にロボットの稼働状況や安全措置の履行状況を確認するなど、安全への配慮が必要である。

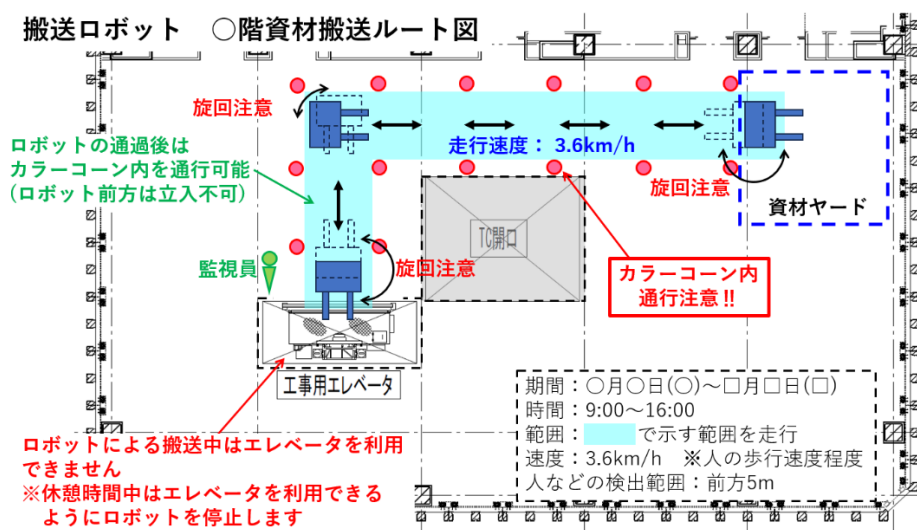


図 7-4 搬送ロボットの配置計画図（搬送ルート図）の例

③配置計画 c) ロボットと人が同一の作業場所で協業する場合

配置計画 c)は、同一の作業場所で人とロボットが協業することを想定しており、自動もしくは自律稼働を可能とするロボットが対象となると考えられる。本指針策定時点では、対象工種のすべての作業を自動稼働もしくは自律稼働により施工するロボットの製造や運用がされていないが、一部の作業に対応可能なロボットに関しては、通常の作業と同様に配置計画を考えても差し支えない。ただし、配置計画と並行し、人とロボットの役割や作業範囲の明確化、作業場所での緊急時連絡体制の掲示などにより、万が一の事故に備えることが重要である。

7-4 導入環境の整備

選定したロボットの現場導入において、あらかじめ確認した現場状況、および、策定した配置計画に基づき、安全性に配慮したうえで導入環境を整備する必要がある。作業床については、ロボットが安全に移動や稼働をするために段差や開口部のない平坦な領域を確保することが望ましい。スロープの設置や開口部養生などを行う場合においては、それらの仮設材を堅固に固定するとともに、スロープ勾配や仮設材による段差等がロボットの移動や稼働に支障がないことを取扱説明書や仕様書で確認する。壁や天井等に先行設置される仕上げ材や設備機器等の既設物には養生材を取り付ける。移動や稼働範囲を制限できるロボットであれば、既設物の位置や高さを設定、登録することで接触防止を図ることができるため、試運転の際に動作を確認するとよい。他の作業等が近接するおそれがある場合はロボットの作業範囲と作業通路や他工種の作業範囲とを明確に区分けするとともに、ロボットの稼働時は監視員を配置する。ロボットの搬入出、組立てや組換え、試運転、および、解体などにおいても同様に現場環境の整備が必要である。

作業範囲外や遠隔地からの操作や状況監視が可能なロボットを導入する場合、キャリア通信や Wi-Fi 通信などの通信環境も併せて整備する。地下階や高層階、建物の中央部にロボットを設置、運用する場合においては、通信強度が低下しやすいため、ブースターやアクセスポイントなどの中継器を設置し、通信強度を確保する。また、5G 通信は大容量のデータを高速で送受信できるが、電波の性質上、直進性が強く、障害物を回り込めないため、やはり、中継器が必要となる。これらの中継器の設置作業、および、通信強度の確認は専門的な知識や技術を有する者を手配し、実施することが望ましい。

7-5 ロボットの保管・保守点検

(1) ロボットの保管

ロボットは使用者の責任において安全に保管される必要がある。ロボットの保管にあたっては、第 3 者との接触事故等が発生しないよう明確に区画および表示を行うとともに、動力の停止、電源の遮断、始動キーの取外しなど、不意に稼働することがないようにしなければならない。ロボットの保管は、移動や転倒のないよう安定設置を行い、そのままの姿勢を保持できるようにアームをはじめとする各可動部等に負荷がかからない状態とすることを原則とする。ロボット保管中の措置はその種別や用途によって異なるため、取扱説明書等を確認するとともに、現場環境を踏まえたうえで必要な措置を講じることとする。

(2) ロボットの保守点検

ロボットの保守点検では、取扱説明書等に従って使用前、使用後の点検を実施する。建築現場での使用において、アーム等の可動部分、移動機構、各種配線等の接続部分、各種センシング部分、操作画面やボタン等に粉塵等が付着、堆積、侵入してしまうとロボットを正常に運用できなくなってしまうため、清掃状況には常に配慮しなければならない。点検により、各部にゆるみ、脱落、劣化や消耗等の異常が認められた場合、もしくは、動作不良等がある場合はロボットの使用を中止し、是正措置を行ったうえで使用を再開する。元請け会社は、是正を行わない状態でロボットを使用することのないよう、使用者や開発担当者に周知徹底し、指導しなければならない。ロボットの使用責任者は、点検結果や措置内容の記録を残し、元請け会社に提出することとする。メーカーによる定期の点検が必要な場合は、あらかじめ点検の頻度や時期、所要時間等を確認し、工事工程に反映させると良い。

第8章 現場導入

8-1 安全管理体制

ロボットとは、経済産業省「ロボット政策研究会」の平成 17 年 5 月 12 日公表の中間報告書において、『センサ』、『知能・制御系』および『駆動系』の 3 要素技術があるものを『ロボット』と広く定義することとする。(中略) ロボットの定義を別の言葉で示すとすれば、「知能化した機械システム」という表現が適切である」と定義されている。さらに建築ロボットとは「特定の建設工程の作業を行う、または同工程に従事する労働者を支援する目的で、人からの意図を受けて動作し、一部でも自身で判断を行う自律作業を行う装置または機械等」と第 2 章で定義した。例えば、スイッチを起動して人がその場を離れるもの、モニターを通して監視するもの、自動で追尾するものはロボットという扱いとなるが、今後、建設現場でも様々なロボットが導入されていくと考えられる。

工場を対象とした規格に ISO12100 があるが、建設現場でロボットを使用する場合はこれとは異なる。ISO12100 では、残留リスクが許容リスク以下でないとロボットを使用者に渡してはならないフローとなっている。しかし、それでは建設現場に使用するロボットとして許容されないものが多くなることから、残留リスクを小さくすることによって、安全装備が過剰になり、逆に使用できなくなった例も存在する。導入までの道のりが近いロボットは残留リスクが小さいとは限らない。残留リスクが大きい取るべき対策が明確で安全に使用できるもの、残留リスクが小さくても対策を考えなければならないものもあり得る。

ロボットの目的や稼働状況、作業の手順等を明確にしなければ、ロボットの保守や改修を正しく行えなくなる。そこで、ロボットのブラックボックス化を防ぐため、開発から運用、破棄まで一貫して管理し、責任を持つ「ロボット管理責任者」(主・副)となる責任者を設けることが必要である。このロボット管理責任者を配置した上で、全てのロボットとロボット管理責任者を一覧化したロボット管理台帳(チェック表)を整備する。この台帳には、ロボット管理責任者の情報やロボットの稼働開始日のほか、担っている業務や参照先として、いるシステム、関連ドキュメントの保管場所などを記録し、管理する。参照先システムを明示しておくことで、関連システムの改修が行われる際に、影響が出るロボットがあるかどうかをチェックできる。また、関連ドキュメントとして、ロボットの適用対象となる業務の目的やそのプロセス、インプットやアウトプットなど業務に必要な情報を文書化しておく、ロボット管理責任者の引き継ぎの際に役立てることができる。ただし、建設現場においては既に十分な安全管理体制が整っていることから、既存の現場安全管理体制において、個々の現場における特有な条件などを加味して工夫することで安全性を向上させるほか、建築ロボットの安全管理を行うために緊急連絡体制表など、必要な体制の補足を追記することとする。さらに、建設機械との混在作業では、作業員が危険箇所へ立ち入らないよう監視員が監視業務を行うが、加えてロボットの取扱いにあたっては、ロボット管理責任者が日常のロ

ボットの管理に十分注意し、各部分に異常がないか定期的に自主検査を行い、その結果を記録として残しておくことが重要である。台帳や日常の記録について、具体的には以下の場面での活用方法が想定される。

- ・作業前の安全対策活動（朝礼、KY 活動、安全ミーティング等）において、作業内容、手順、ロボットの経路等を工事関係者に周知する
- ・新規入場者への説明資料として活用する
- ・現場事務所や詰所に掲示し、現場における作業内容のチェック、確認を行う
- ・社内の安全教育資料として活用する

このように、ロボットと作業員を近付けないなど、使用環境を限定し、製作側と使用側でバランスを取って安全対策を講じることが重要である。

8-2 教育・訓練

現場管理の上で、工事関係者の安全確保は重要であるため、定期的または随時、現場状況について周知を徹底するとともに、従事する作業に関しての安全教育及び指導が必要である。また、現状の課題として、建設業は一品受注生産型の産業であるため、ロボットを導入しやすいような現場条件を一律で設定することが難しく、これまでロボットの導入が進んでいなかった。ロボット導入により、操作の複雑性や安全装置が適切に働かないことによる事故が発生する危険性がある。建設現場において各工種の作業員が互いに連携しながら安全に作業を進めるためには、これらの作業に従事する作業員を指導監督する職長や安全衛生責任者の役割が大きく、能力向上のための教育が必要であるとともに、ロボットを活用する場合には、各現場でルールを定め、関係各所に合意を得た上で、その仕様や安全性などを評価している現状である。このような課題から、建築ロボットの性能を十分に活用するためにも現場におけるルールの統一が必要である。

そこで、現場入場の際には、現場でロボットを扱う人（元請け企業の職員、協力会社）を対象とし、そのオペレーションのための最低限の使用前教育（有資格のロボットは資格確認）を義務付ける。具体的に使用前教育は、導入現場毎に元請け会社の職員が、ロボット管理責任者、レンタル会社、CRSP（クラウドベースのロボットサービス統合基盤などの各所有者）に適宜協力を仰いで主催し、作業員が受講して使い方を熟知してからロボットを使用することを基本とする。その際には、各現場の使用環境を踏まえ、現場内ルールを策定することが望ましい。

さらに、安全な現場を維持管理していくために、ロボットの現場搬入時の点検、作業前点検、定期自主検査を行い、結果を記録し、不具合箇所が生じている場合には速やかに対応を行うことがロボット管理責任者に求められる。定期的にロボットの点検整備を行うことにより、ロボットの不具合を防止し、安全な現場運営を実現できるため、以下 1)～2)の事項が必要である。

1)ロボットに関する管理内容

- ・現場搬入時の適正な整備状態にあることの確認
- ・現場搬入後の使用期間中における適正な整備状況の維持及び監視
- ・適正使用・取扱い方法に関して、安全点検・確認・対策及び教育訓練の実施

2)ロボット使用に関する一般的安全措置事項

- ・取扱い説明書を保管しておく
- ・ロボット持ち込み時の確認、打合せを実施
- ・現場内走行前には十分な計画を行い、ロボット操作者や誘導員に周知を行う
- ・作業エリア及び運行経路、制限速度の確認、計画通りの使用の徹底
- ・稼働範囲への立ち入り禁止・表示措置
- ・必要に応じた監視員・誘導員の配置
- ・ロボットの用途以外の使用厳禁の周知
- ・ロボット稼働時の合図の設定と周知
- ・機械に関する危険性の通知（安衛則第24条の13第1項）

労働者に危険を及ぼし、又は労働者の健康障害をその使用により生ずるおそれのある機械を貸与する者は、文書の交付等により当該機械に関する以下①～⑤の事項を、当該機械の貸与を受ける相手方の事業者へ通知するよう努める。

- ①型式、製造番号その他の機械を特定するために必要な事項
- ②機械のうち、労働者に危険を及ぼし、又は労働者の健康障害をその使用により生ずるおそれのある箇所に関する事項
- ③機械に係る作業のうち、上記②の箇所に起因する危険又は健康障害を生ずるおそれのある作業に関する事項
- ④上記③の作業ごとに生ずるおそれのある危険又は健康障害のうち最も重大なものに関する事項
- ⑤その他参考となる事項

現状では建築ロボットに関する規定がないため、労働基準監督署等所轄官庁で判断できない。そこで、ロボット導入後の事故・災害を防止するための一般的な安全対策、責任の所在について示すことを目的に本指針を策定した。第5章で述べた「クラス分け表」は、ロボットをその特性に応じて2つのクラスに分類したものである。ロボットの本体重量、本体移動速度、本体高さ、操作方法、駆動動力、保有性能などの判定項目を設け、クラス1とクラス2に設定している。ロボット製造者側及び現場使用者側が他の危険源、危険状態、または、危険事象を見つけてリスクアセスメントに反映する必要がある。これにより、クラス1のロボットは速やかに現場導入を進めることができ、クラス2のロボットは対象となる項目ごとにリスクアセスメントを実施した上で安全に現場導入できる。ただ

し、今後新しいロボットの出現により、想定範囲を超える場合にはクラス分け基準の見直しが必要となる。現状のクラス分け判定項目は、労働基準監督署と擦り合わせ、具体的な線引きをするための基準として設定したものであるが、目安のため強制力はないものとする。責任の所在について、現場の施工時は施工会社が責任を持ち、労働基準監督署に相談してマニュアル通りに使用することで責任を果たすことができる。ただし、労働基準監督署の方で判断が難しい状況の場合には、施工会社が各自でリスクアセスメントの結果に基づくリスク低減措置を講ずる。

参考文献

建設機械施工安全マニュアル：2010年4月、国土交通省 総合政策局 建設施工企画課

第9章 用語集

アクアボール	水圧式多目的昇降ボール。
安全防護	本質的安全設計方策によって合理的に除去できない危険源また十分に低減できないリスクから人を保護するために、安全防護物（ガードまたは保護装置）を適用すること。
安全リレー	強制ガイド接点機構を備えた安全回路の構築に最適ナリレー。過負荷や回路の異常により接点溶着やバネの溶断、あるいは万一のリレーの故障や開閉寿命が尽きた場合でも、次の動作を確実に停止、あるいは自力で安全位置に復帰させることができる安全機構をもっている。
インタロック	危険状態にある、あるいは危険状態に陥ると判断されるような状況において、機器への操作を無効にする仕組みのこと。例えば、ヒューズ、温度ヒューズ、安全柵の扉など。
危険源	ハザードとも言う。製品または職場の潜在的な危険性または有害性。
危険事象	危険状態から結果として危害に至る出来事。
危険状態	労働者が危険源にさらされる状態をいう。
危険度	機械等の仕様から想定される危険源を特定し、リスクの程度を見積もったもの。
危険度判定項目	機械等の危険度を総合的に評価するための、危険源の一つ一つ。
危険予知活動	事故・災害を防止するため、業務を始める前に危険源を洗い出し、対策を決め、行動目標や指差し呼称項目を設定し、一人ひとりが指差し呼称で安全衛生を先取りしながら教務を進めるプロセスのこと。
危険レベル（危険性）	危険度判定項目における仕様から想定される、機械等から起こり得る危害のひどさおよびその発生確率。
基本安全対策	従来用いられているロボット以外の機材や重機等に必要な安全計画や対策。
許容可能なリスク	社会における現時点での評価に基づいた状況下で受け入れられるリスク。
クラウド	クラウドコンピューティング（Cloud Computing）の略称。データやアプリケーション等のコンピュータ資源をネットワーク経由で利用する仕組みのこと。
建築ロボット	特定の建設工程の作業を行う、または同工程に従事する労働者を支援する目的で、人からの意図を受けて動作し、一部でも自身で判断を行う自律作業を行う装置または機械等。
工事管理者	工程管理、品質管理、原価管理、安全管理を行う人。

残留リスク	保護方策を講じた後に残るリスク。設計者が保護方策講じた後の残留リスクと、すべての保護方策を実施した後の残留リスクとに区別される。
接近警報	接触を防止することを目的とし、ある物体と物体が一定の距離となった際に発する警告。
接触緩衝	接触の可能性がある事象に対し、緩衝効果を施す措置。
耐火被覆ロボット	主に鉄骨工事行われる耐火材の吹付作業を自動または半自動で行う建設ロボット。
ドローン	航空の用に供することができる飛行機、回転翼航空機、滑空機、飛行船その他政令で定める機器であって構造上人が載ることができないもののうち、遠隔操作または自動操縦により飛行させることができる、200g以上の重量のもの。
パワーアシストスーツ	人体に装着される電動アクチュエータや空圧、人工筋肉などの動力を用いた、外骨格型、あるいは衣服型の装置。
付加保護方策	労働災害に至る緊急事態からの回避等のために行う安全方策（本質的な安全設計、安全防護及び使用上の情報の提供以外のものに限る）。
保護方策	リスクの低減（危険源の除去を含む）のための手段をいう。この安全方策には、製造者等が行う本質的な安全設計、安全防護、追加の安全方策及び使用上の情報提供並びに事業者が行う作業の実施体制の整備、作業手順の作成、安全防護物の設置、保護具の備付け及び労働者に対する教育訓練の実施等を含む。
本質的な安全設計方策	危険源の根本的な除去によって適切なリスク低減を図る保護方策をいう。
リスク	労働災害の発生する確率とその労働災害の大きさを組み合わせることによって表す、危険性の評価のための指標をいう。
リスクアセスメント	作業における危険性又は有害性を特定し、それによる労働災害や健康障害の重篤度（被災の程度）とその災害が発生する可能性の度合いを組み合わせ「リスク」を見積もり、そのリスクの大きさに基づいて対策の優先度を決めた上で、リスクの除去又は低減の措置を検討し、その結果を記録する一連の手法のこと。
リスクの評価	リスクの分析に基づき、リスク低減目標を達成したかどうかを判断すること。
リスク分析	機械の制限に関する仕様、危険源の同定及びリスク見積りの組合せ。
リスクの見積もり	起こり得る危害のひどさ及びその発生確率を明確にすること。
ロボット管理責任者	建設現場でロボットを導入する際、ロボット運用における安全計画を作成し、管理を行う者。

ロボット担当責任者	建設現場でロボットを導入する際、運用全般を計画し、管理を行う者。
ロボット管理台帳	建設現場で使用する建設ロボットの情報を一元化し、整理・管理するための帳票のこと。
AGV	Automated Guided Vehicle の略称で、無人搬送車または無人搬送機のこと。
BIM/CIM	Building/Construction Information Modeling, Management の略称。建設事業で取扱う情報をデジタル化することにより、調査・測量・設計・施工維持管理等の建設事業の各段階に携わる受発注者のデータ活用・共有を容易にし、建設事業全体における一連の建設生産・管理室手無の効率化を図ること。
CRSP	Construction Robot Service Provider の略称。建築ロボットを用いてサービスを提供する事業者のこと。
i-Construction	ICT の全面的な活用等の施策を建設現場に導入することによって、建設生産性システム全体の生産性向上を図り、もって魅力ある建設現場を目指す取組。
SLAM	Simultaneous Localization and Mapping の略称。自己位置推定と環境地図作成を同時に行う技術のこと。
2 眼距離測定	2 つのカメラで測定した視差を利用し、ある物体までの距離を求める手法。

<参考文献>

- 1) 国土交通省, i-Construction, <https://www.mlit.go.jp/tec/i-construction/index.html>, (参照 2023/12/06)
- 2) 中央労働災害防止協会, リスクアセスメント等関連資料・教材一覧, 付録 1. 用語の定義と追加説明, 厚生労働省, 2007.3, <https://www.mhlw.go.jp/bunya/roudoukijun/anzeneisei14/>, (参照 2023/12/06)
- 3) 中央労働災害防止協会編集, 産業用ロボットの安全必携ー特別教育用テキストー, 2019
- 4) JIS B 9700, 機械類の安全性ー設計のための一般原則ーリスクアセスメント及びリスクの低減, 2013
- 5) Panasonic INDUSTRY, 安全リレーと一般リレーの違いは何ですか? <https://ac-faq.industrial.panasonic.com/ja-jp/knowledge/control/relay/mechanical/safety/safe-relay-general-relay-difference>, (参照 2024/01/31)