

建設現場の安全性と作業性を改善する エレベーターのガイドレール据付技術

Elevator Guide Rail Installation Technology Improving Construction Site Safety and Workability

高草木 康史 TAKAKUSAKI Yasufumi 田原 真介 TABARA Shinsuke 横山 裕基 YOKOYAMA Hiroki

エレベーターのガイドレールの据付工事は、作業者の熟練技術を必要とするが、据付現場では、少子高齢化と働き方改革による人手不足が問題になっており作業時間の短縮が求められている。

そこで、東芝エレベータ(株)は、安全性と作業性を向上させる要素技術を開発した。ブラケットの接合では、ドリルねじによる溶接レス工法を開発し、強度を保ちつつ作業の負担やリスクを改善した。ガイドレール調整技術では、レール調整最適化手法を開発し、乗りかごの水平振動を最小化するように調整位置を自動計算することで、作業負荷軽減と乗り心地改善を両立した。更に、自動化技術として、可搬性と作業性を両立したロボットアームを製作し、様々な現場環境に対応したボルト位置検出や、熟練作業者の臨機応変な施工技術を再現する制御を実現した。

Installation of elevator guide rails requires an experienced skillset, however, issues such as the declining birth rate, aging society, and workstyle reforms have resulted in manpower shortages at work sites amid demands for shortened work times.

With this in mind, Toshiba Elevator and Building Systems Corporation has developed component technologies to improve safety and workability. In the area of joinery, we have developed a weldless bracket that uses drill screws which maintain strength while lightening the workload and reducing risk. We also developed a guide rail adjustment optimization method which automatically calculates the adjustment position to minimize horizontal vibration of the elevator car, reducing the workload and improving passenger comfort. Lastly, in the area of automation, we have developed a robotic arm that provides both portability and workability. It can detect bolt positions in a variety of working environments and replicate the adaptability of skilled worker construction techniques.

1. まえがき

エレベーターの据付作業は熟練技術を必要とする。一方で、建設現場は少子高齢化や働き方改革により人手不足に陥っており、安全性と作業性の改善が求められている。据付工事において、時間的なウェイトが大きく、特に技術と経験を必要とする作業が、ガイドレールの据付作業である。

ガイドレールは、人や荷物を載せる乗りかごや、それと釣り合いを取る重りを鉛直方向に案内するレールである。一般的なエレベーターのレール配置を図1に示す。レールはレールブラケットで昇降路に固定される。

代表的なレール据付作業の手順を図2に示す。この中で特に熟練を要する作業として、溶接作業とレール調整作業が挙げられる。溶接作業は、ブラケットを固定するために行うが、人体に有害なヒュームや強い紫外線と高熱を発生するため、作業者の健康と火災のリスク対策が必要である。レール調整作業は、レールの曲がりやずれを直すためにブラケット位置を調整する作業であり、乗りかごの水平振動を抑えて乗り心地を快適に保つために必須となる。位置調整によって複数のレールの曲がりやがどう変化するかは、熟練者で

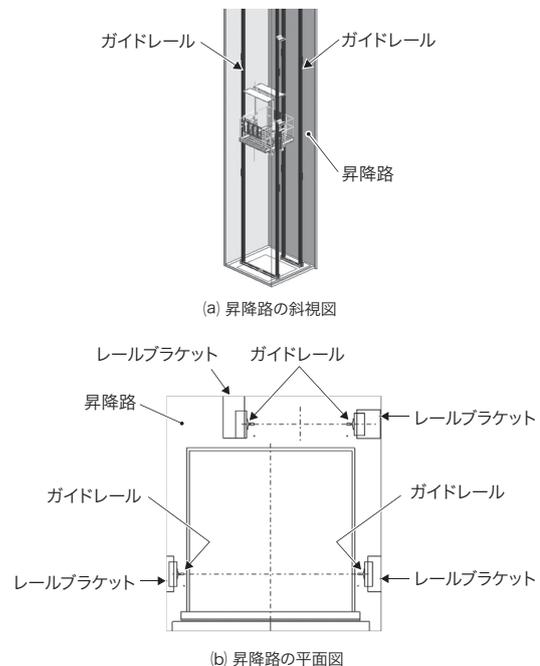


図1. 昇降路におけるレール配置

ガイドレールは、複数のレールを鉛直方向に連結したものが4か所に配置されている。

Rail arrangement in elevator hoistway

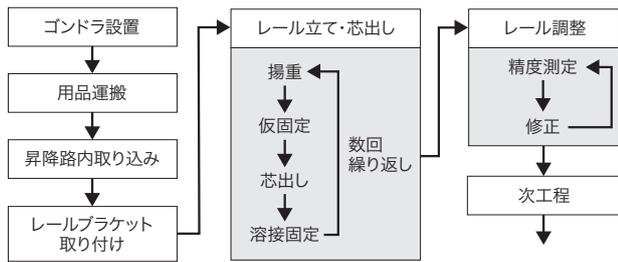


図2. ガイドレール据付手順

揚重機でつって昇降路内に下から順に立て、昇降路に配置したプラケットで据え付ける。

Guide rail installation process

ないと見極めが難しく、とりわけ経験の浅い作業者にとっては後戻りが多く負担が大きい。

ここでは、これらのガイドレール据付作業の課題に対する取り組みについて述べる。また、更に根本的な人手不足解消のため、自動化や、省人化、重労働による身体的負荷軽減への取り組みも並行して進めており、この試みの一つとして、ロボットアームによる自動化技術の開発についても述べる。

2. 溶接レス工法の採用

東芝エレベータ(株)は、図3のように、溶接に代わるプラケットの接合方法として、ドリルねじによる溶接レス工法を採用した。ドリルねじは、一般的な電動工具だけで施工できるため、これまで溶接作業のために準備していた専用機器や200V電源が不要となり、電力使用量も1/200程度とな

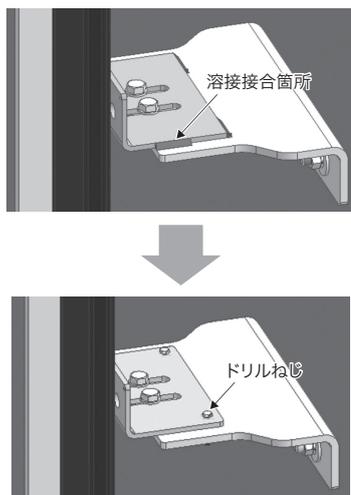


図3. 溶接接合と溶接レス接合

溶接レス接合に用いるドリルねじは、先端がドリル状になっており、下穴あけ、タップ加工、締め付けを一度に行える。

Joining via welding and weldless brackets

る。施工に必要な技術習得や施工後の検査が短時間で実施でき、溶接による作業員の健康や火災のリスクもない。また、溶接施工後には、発生したスラグを除去して防さび塗装をする必要があるが、ドリルねじ施工で発生した鉄くずは磁石で回収してリサイクルでき、防さび塗装も不要である。

ドリルねじは、別途位置合わせに必要なボルトと合わせて地震荷重に耐えられるよう設計されている⁽¹⁾。また、作業者が作業場所から身を大きく乗り出すことなく安全な姿勢で施工できるよう、人間工学に基づく配置設計とした。当社の標準形マシンルームレスエレベーター SPACELは、この工法を適用することで溶接レスを実現している。

3. レール調整技術

当社は、レール調整を非熟練者でも短時間で終わられるよう、情報技術を活用した新工法の開発を進めている。

情報技術の活用には、まず現場でのデータ収集が必要である。レール位置の測定と記録は、図4に示すレール芯測定器で行う。この機器は、レール上を走行させながら、レール先端と、基準位置である天井からつり下げたピアノ線の位置をレーザーで測定し、高さごとのレール位置を連続的に記録する。データは、リアルタイムにタブレットへ転送され、測定結果を分析できる。

このデータの分析活用技術の一つとして開発したのが、レール調整最適化手法⁽²⁾である。この手法は、乗り心地を快適にする調整位置を作業者に指示することを狙いとしている。この手法では、図5に示すように、デジタル空間上のシミュレーションモデルを用い、乗りかごの水平振動を最小化する調整位置を繰り返し計算で求める。現実空間では、計算結果に調整位置を合わせればよいため、作業時間が短縮でき、熟練度によらず品質が安定する。この手法による作業負荷軽減と乗り心地改善の両立は、実機検証で確認されており、あるケースでは、従来の半分以下の作業時間で、乗りかごの振動を調整前から35%低減した⁽²⁾。この手法は、

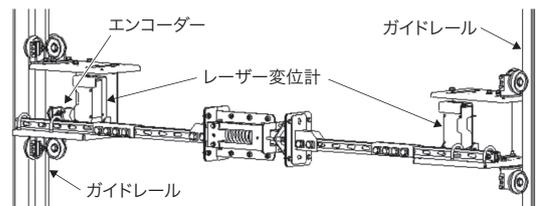


図4. レール芯測定器

レール先端と基準位置(ピアノ線の位置)は、両側のレーザー変位計で測定し、昇降路内の高さはエンコーダーで記録する。

Measuring instrument for rail centering

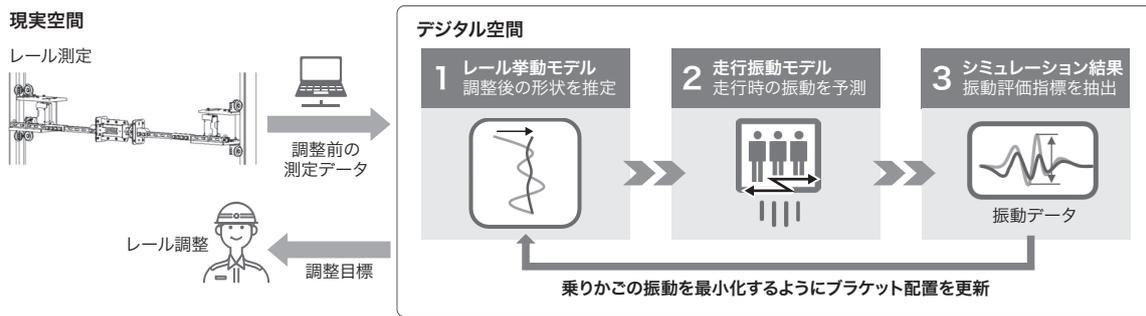


図5. レール調整最適化手法の概念

デジタル空間上のシミュレーションで最適なブラケット配置を計算することで、現実空間での後戻りを回避できる。

Rail adjustment optimization method conceptual diagram

レール芯測定器の機能として実装され、現場での活用を計画している。

測定データの活用法は、これだけでなく、例えば、作業者育成において、調整結果のフィードバックに活用すれば効率的な技術習得を補助できる。また、測定データを蓄積し、遠隔で乗り心地の経年変化を監視することで、故障予測への活用も見込んでいる。更に、地震発生後にエレベーターを再起動するときの安全確認や不具合発生箇所の特定が迅速に実施できると考えている。

4. ロボティクス技術

エレベーターの据付工事は、工場内の量産品製造ラインと違い、毎回、異なる建物に持ち込むので、異なる環境で様々な作業内容に対応する必要がある。これが、ロボティクス技術活用の課題と考えている。そのため、ロボットアームには、まず持ち運びに配慮した小型化と軽量化が求められる。また、対象物までの距離や作業環境の照度などが異なっても、対象物を検出でき、対象物ごとに異なる施工内容を、作業床の揺れなどによる誤差に対応しながら実施する必要がある。

図6は、当社で開発した持ち運び可能なロボットアームである。アームの質量は10 kgで、同程度の性能を持つ既存アームの半分程度になっている。

アーム先端に取り付けられた電動ドライバーは、三つの水平関節と先端部の上下方向の移動により、障害物を避けて対象物にアクセスできる。また、図7のように、あらかじめ学習した検出対象をカメラと距離センサーで特定する機能を備えている。異なるサイズや照度のボルトをCG（コンピューターグラフィックス）で作成して学習させ、様々な環境下での作業に対応できるようにすることで、初めて入る現場でのボルト検出率が、現物画像から手動で教師データを作る場

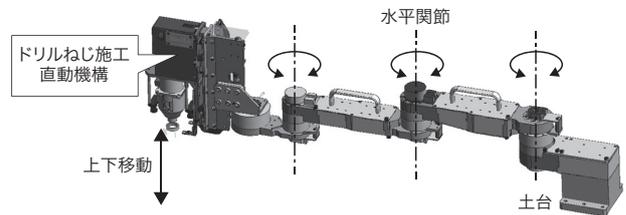


図6. ロボットアーム

キャリアケースに収納可能で、三つの水平関節と先端部の上下移動により、障害物を避けて対象物にアクセスできる。

Robot arm

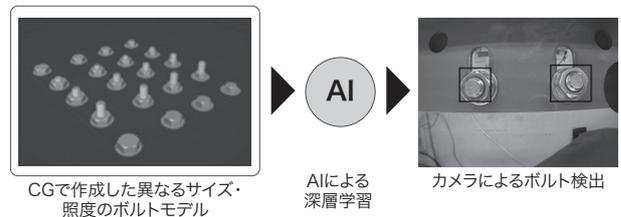


図7. 様々な環境を想定したボルトの検出機能

CGの活用により、ボルトの検出率が向上し、様々な環境下での作業に対応できるようになった。

Bolt detection for various environments

合よりも向上した。

更に、作業者が環境条件に応じて臨機応変に対応している作業を分析した自動化についても取り組んでいる。ボルト締結作業では、電動工具のボルトへのはめ込みやアームに掛かる反力に応じた制御について、カメラとセンサーを用いて成功率を高めた。ブラケットのドリルねじ施工（図8）では、破損を防ぐ回転数や押し付け力、トルクの加減を、人の感覚と同じように施工段階に応じて制御できるようにした。

ロボットアームを活用することで、電動工具の使用による

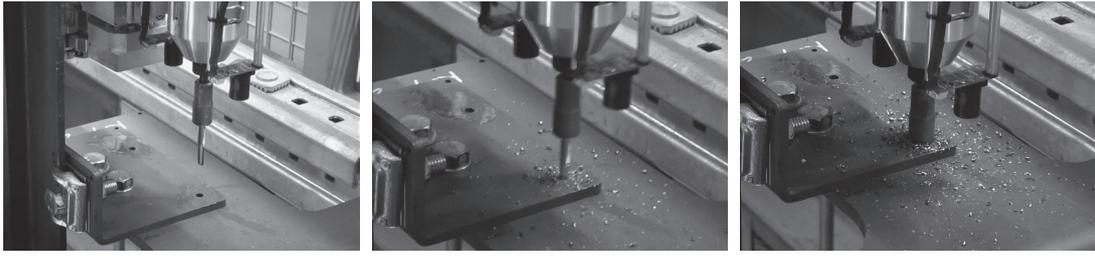


図8. アームによるドリルねじの施工

施工段階に応じて回転と押し付け力を制御することで、熟練作業者と同様の施工ができる。

Drill screw work via arm

手のしびれなどの作業者の健康障害リスクを回避でき、引き渡し品質も平準化できる。今後はアームを昇降路外から遠隔操作することで、より安全な作業を目指していく。

5. あとがき

近年、現場で働く作業員の人材不足が問題となっているが、ここで述べた安全性と生産性を改善する取り組みが、人材の雇用と早期育成につながると考える。

今後は、BIM (Building Information Modeling) やAIを活用した現場のDX (デジタルトランスフォーメーション) 化によって、計測作業や位置決め自動化や現場管理の効率化を進めていく。また、建設業と連携して建物への事前加工や材料運搬を前倒して実施することで、更なる短工期化を目指し、建設工期の短縮にも貢献していく。

文 献

- (1) 村上満洋, ほか, “エレベータレールブラケット締結におけるドリルねじの静的および疲労強度評価”. 技術講演会 昇降機・遊戯施設等の最近の技術と進歩 講演論文集, 東京, 2020-01, 日本機械学会, 2020, p.31-36.
- (2) 丸山 裕, ほか, “エレベータ据付におけるレール調整最適化手法の提案”. 技術講演会 昇降機・遊戯施設等の最近の技術と進歩 講演論文集 (CD-ROM), オンライン, 2021-12, 日本機械学会, 2021, EL3-1.



高草木 康史 TAKAKUSAKI Yasufumi
東芝エレベータ (株)
CX 推進部 CX 推進企画第三部
Toshiba Elevator and Building Systems Corp.



田原 真介 TABARA Shinsuke
東芝エレベータ (株)
研究開発センター システム開発部
Toshiba Elevator and Building Systems Corp.



横山 裕基 YOKOYAMA Hiroki
東芝インフラシステムズ (株)
インフラシステム技術開発センター
電機応用・パワーエレクトロニクス開発部
Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corp.