

TODA BUILDING 作業所における垂直・水平自動搬送システムの適用

APPLICATION OF A VERTICAL AND HORIZONTAL AUTOMATIC TRANSFER SYSTEM
AT THE TODA BUILDING CONSTRUCTION SITE岡田大輔^{*1}, 松岡明彦^{*1}
Daisuke OKADA, Akihiko MATSUOKA

An automatic vertical/horizontal transfer system was developed to save labor for loading work at construction sites. This system automatically transports materials and equipment to their destinations by linking construction elevators and AGVs. In this report, we describe the application of this system to the delivery of interior materials at the TODA BUILDING construction site.

Keywords: Automatic Transport, Labor Shortage, Increased Productivity, Automated Guided Vehicle

自動搬送, 作業員不足, 生産性向上, AGV

1. はじめに

建設業界では、少子高齢化に伴い労務不足や熟練技能者の減少が進んでいる。また、2024年度に入り時間外労働の上限規制の適用が開始されることとなったため、所定の労働時間内作業の効率化が課題となっている。

従来の建設現場における建築資機材の搬入では、搬入車両からの荷下ろしをはじめ、工事用エレベーターによる目的フロア移動後の所定の位置への移動のすべてを人の手で行ってきた。これらの運搬作業は重労働であり、多くの人手を必要とするため、作業の省力化が求められていた。

そこで筆者らは、現場資機材の搬入作業の生産性向上を目的として垂直・水平自動搬送システム（以下、自動搬送システム）を開発し、現場試行を実施してきた¹⁾。本報では、これまでに実施した主な改良内容^{2),3)}と TODA BUILDING 作業所への適用結果について報告する。

2. 自動搬送システムの概要

自動搬送システムの概要図を図1に示す。自動搬送システムの一連動作は以下の通りである。①搬入階に配置された超低床型 AGV（以下、SL-AGV）が仮置き場にて資材を荷取り、工事用エレベーター内に積み込む。②資材の積み込みが完了すると直ちに工事用エレベーター前に設置された自動開閉扉が閉まり、工事用エレベーターが搬送階へ移動する。③搬送階へ着床すると、搬送階の自動開閉扉が開き、SL-AGV が工事用エレベーター内から資材を取り出してストックヤードまで搬送する。資材の取り出しが完了すると自動開閉扉が閉まり、工事用エレベーターは搬入階へ戻る。この一連動作を繰り返し行うシステムである。

3. 自動搬送システムの改良

これまでに当社の現場において自動搬送システムの試

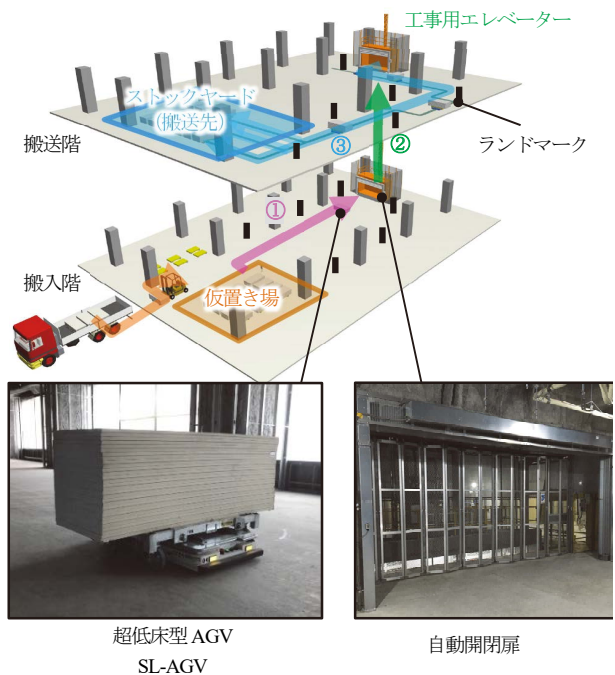


図1 垂直・水平自動搬送システム概要図

行を行い、問題点を踏まえて改良を実施した。以下に問題点とその改良内容を報告する。

3.1 連続荷取り機能の追加

従来システムでの作業中における問題点のイメージ図を図2に示す。従来システムでの作業中における問題点として、仮置き場から資材を荷取る際、管理 PC にて資材の真下に SL-AGV が停止するように荷取座標を設定し、SL-AGV がその座標に到着すると荷取りが行われる制御となっていた。しかし、搬送が終わるごとに管理者が次の搬送資材を荷取座標の位置まで移動し、管理 PC にてスタート指示を行う必要があるため、人力による作業が発生してしまう。

^{*1} 戸田建設(株)技術研究所

この問題点を解決するために下記の2つの改良を実施した。1つ目として、荷取停止時の制御を接触式センサーを用いて行う形式に改良した。SL-AGVに接触式センサーを搭載し、管理PCで目標座標を設定することで、目標座標に向かう途中で専用台車の縁にセンサーが触れるとその位置で停止し、荷取りが行われる制御とした。これにより、仮置き場のガイドレール間に専用台車を配置すれば、人力による作業を発生させることなく、連続して荷取りを行うことが可能となった。接触式センサーを搭載したSL-AGVを写真1に示す。

2つ目として、仮置き場に配置された複数の資材に対応したRFIDタグを一度に読み込むため、専用の読み込みアプリの開発と無線アンテナへの切替えを行った。従来は有線アンテナでRFIDタグを一度に最大2個ずつしか読み込むことができなかったが、これによって複数のRFIDタグを一度に読み込み、一度のスタート指示で仮置き場に配置された専用台車を連続的に搬送することが可能となった。写真2にRFIDタグ読み込み状況を示し、連続荷取り機能のイメージ図を図3に示す。

3.2 ランドマーク測位の採用

SL-AGVは自己位置推定方式としてSLAM技術(Simultaneous Localization and Mapping: レーザー測域セ

ンサー等を用いて、自己位置推定と周辺環境の地図作成を同時に行う技術)を採用しており、自動搬送を行う前に搬送エリア周辺の地図を作成する(マッピング)。作成した地図と走行中の周辺環境を照合することで自己位置推定しているが、建設現場では日々周辺環境が変化するため、搬送を行う度にマッピングする必要があり、準備作業に多くの時間を要する。また、通路の両側に隔て板を配置し、外側の周辺変化に対応する場合も隔て板の準備に手間がかかる。

そこで、高反射テープを貼り付けたポール(以下、ランドマーク)を自己位置推定の検知対象物とするランドマーク測位を採用した。これにより、マッピング時にランドマークを常時3本以上検知可能となるように配置することで、周辺環境が変化しても自己位置推定が可能となり、一度作成した地図を転用することができ、準備作業に要する時間を低減することができた。写真3にランドマークを示し、写真4にランドマーク設置状況を示す。

4. 建設現場における搬入作業の課題

TODA BUILDING 作業所のような超高層ビル現場では、通常は、1階を資材搬入時の仮置き場とするが、搬入された資材を工事用エレベーターで各搬送階に揚重し

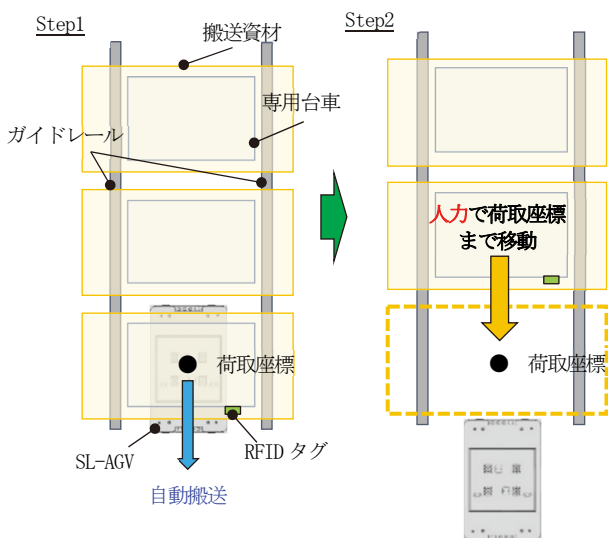


図2 従来システムでの作業中における問題点のイメージ図

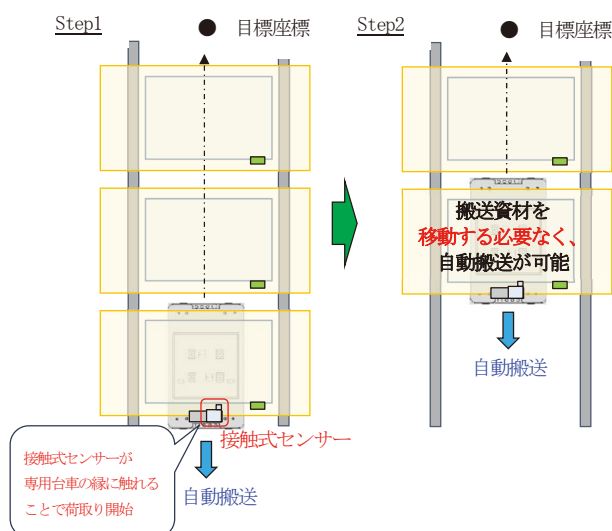


図3 連続荷取り機能のイメージ図



写真1 接触式センサーを搭載したSL-AGV



写真2 RFIDタグ読み込み状況



写真3 ランドマーク



写真4 ランドマーク設置状況

ないと次の車両の資材の仮置きスペースを確保できない状況となることが多い。そのため、以下の2点が課題として挙げられる。1つ目として、トラック運転手の拘束時間の削減が挙げられる。上記で述べた通り、就業時間規制を遵守する必要があるため、建設現場における現場入場までの待ち時間を含めた、資材の積み下ろし時間を削減し、荷捌きをいかに早くするかが重要となっている。

2つ目として、工事用エレベーターの搬送効率の低下が挙げられる。超高層ビル現場のような多層階現場における資材の搬入は主に工事用エレベーターで行われることが多く、高層になるほど工事用エレベーターによる搬送時間が長くなり、1日当たりの搬送可能な資材数が減少する。そのため、工事用エレベーターの搬送効率を向上させることが工程管理を行う上で重要となる。

5. TODA BUILDING 作業所における適用の概要

2024年2月より、せっこうボードの一部の実搬送に自動搬送システムを採用した。従来は昼間に1階から12、17、21階への搬送を実施する必要があるが、前述の課題を解決するため、TODA BUILDING 作業所では、仮置き場を10階、搬送階を12、17、21階に計画し、せっこうボードの実搬送を夜間にて実施した。昼間に12、17、21階への搬送資材を載せた搬入車両が入場した後、現場に常駐している揚重専門会社がフォークリフト等にて資材を荷下ろしする際に専用台車に資材を載せる。その後、搬送資材を10階の仮置き場に手動搬送し、夜間に自動搬送システムにて各階のストックヤードに自動搬送した。

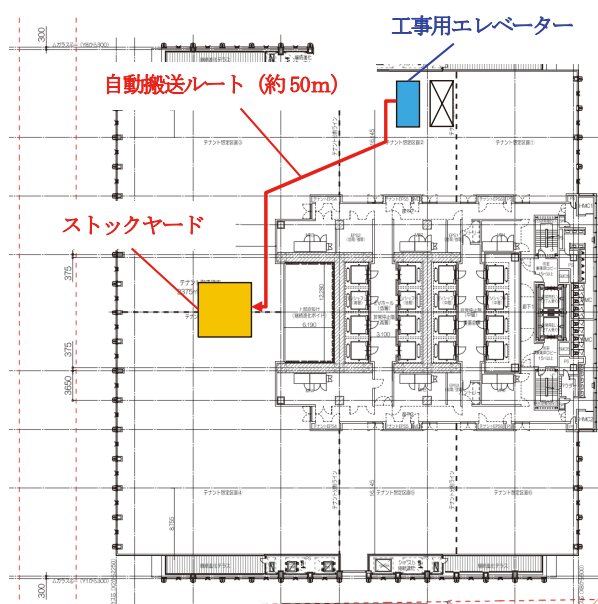
従来搬送と今回の搬送の比較イメージ図を図4に示し、17階ストックヤードの状況を写真5、10階の仮置き場の状況を写真6、搬送計画図を図5に示す。10階の仮置き場からストックヤードまでの搬送を夜間に実施することにより、本来必要となる昼間の1回あたりの搬送

時間が短縮され、1日当たりの搬送可能な資材数が増える。これにより、荷捌きを早くすることができ、トラック運転手の拘束時間の削減にも寄与できる。

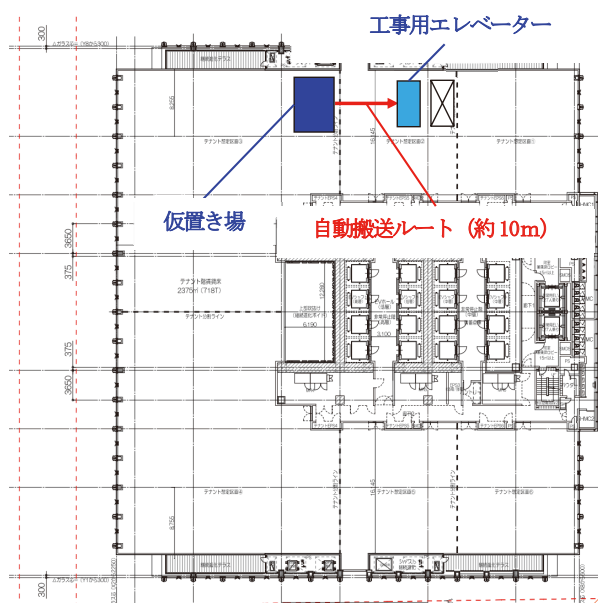


写真5 17階ストックヤード
状況

写真6 10階仮置き場状況



(a) 12, 17, 21 階平面図（搬送階）



(b) 10 階平面図（仮置き場）

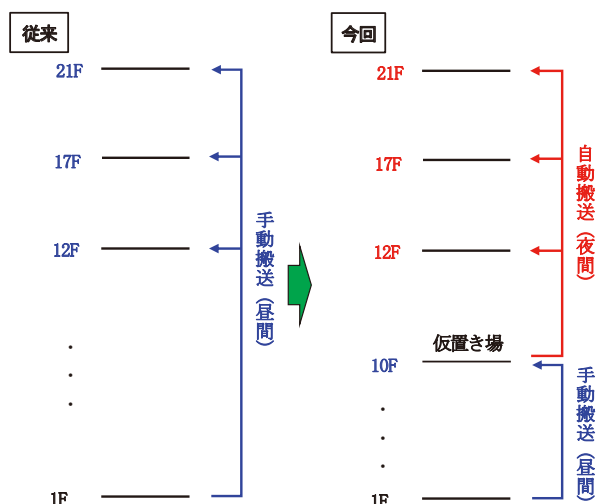


図4 従来搬送と今回の搬送のイメージ図

図5 搬送計画図

6. 適用結果及び考察

自動搬送システムを用いた自動搬送と従来方法での搬送との搬送効率を比較するため、10階の仮置き場から17階のストックヤードまでせっこうボード10セット（1セット約750kg）を搬送した。

自動搬送システムを用いた自動搬送では、10階と17階にそれぞれ SL-AGV を2機ずつと管理者1人を配置して搬送を行った。一方、従来方法での搬送では、作業員4人で10階と17階に2人ずつに分かれ、工事用エレベーターの操作は10階の作業員の1人が積み込み作業完了後に行う形式で搬送した。それぞれの搬送の実施条件を図6に示す。

図7に自動搬送における一連の流れを示す。1・2セット目の搬送における所要時間は、10階の SL-AGV がスタート地点より発進してから、17階の SL-AGV がストックヤードに資材を搬送し、工事用エレベーター前に戻ってくるまでの時間とする。ただし、10階で工事用エレベーター内に資材を積み込んだ後、SL-AGV がスタート地点に戻る時間(②)や17階で SL-AGV が工事用エレベーター

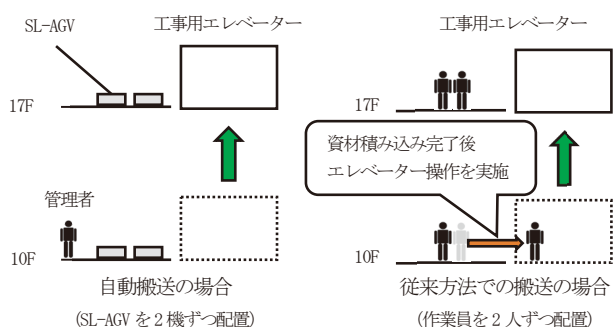


図6 自動搬送及び従来搬送の実施条件

【凡例】

- ①：10階の SL-AGV が仮置き場から工事用エレベーターに搬送
- ②：10階の SL-AGV がスタート地点に戻る
- ③：工事用エレベーターが17階に搬送
- ④：工事用エレベーターが10階に戻る
- ⑤：17階の SL-AGV が工事用エレベーターからストックヤードに搬送
- ⑥：17階の SL-AGV が工事用エレベーター前に戻る

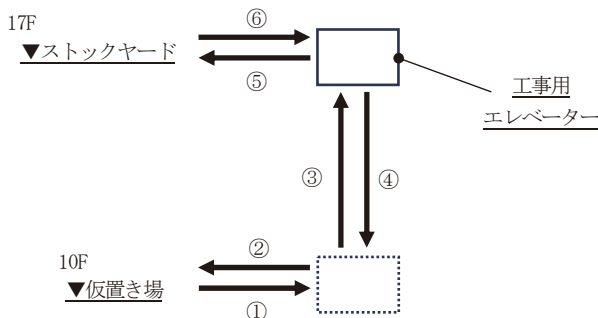


図7 自動搬送における一連の流れ

ターから資材を取り出した後、工事用エレベーターが10階に戻る時間(④)は他の動作と並行して行われるため、考慮しないこととした。また、工事用エレベーターは17階の SL-AGV が資材を取り出した後、3・4セット目の搬送を行うため10階まで戻る。したがって、17階の搬送と並行して10階で3・4セット目の搬送を行うことができる。17階での搬送時間(⑤+⑥)よりも10階での搬送と工事用エレベーターによる搬送の合計時間(①+③)が短いため、3・4セット目以降の搬送については10階の搬送時間(①)、工事用エレベーターの搬送時間(③)は考慮しないこととして合計時間を算出した。

搬送効率を図8に示す。せっこうボード10セットを搬送した結果、自動搬送の場合が50分29秒となり、従来方法での搬送の場合が20分23秒となった。

自動搬送の場合、10セットを1時間程度で搬送可能なことから、夜間での搬送時間6時間（＝就労時間8時間－準備・休憩時間2時間）における搬送台数は60セットということになる。これを従来方法での搬送に換算すると、4名の作業員での2時間程度の作業量に相当する。このことから、昼間の2時間程度に相当する搬送を夜間に実施することができ、昼間の1回当たりの搬送時間を低減できることとなる。

7. 今後の展開

今回、TODA BUILDING 作業所で自動搬送を実施する中で2つの新たな課題が見つかった。今後はこれらの課題について検討していきたいと考える。

1つ目の課題は、搬送階における資材の水平搬送の問題である。TODA BUILDING 作業所では、工事用エレベーター揚重後の搬送階での水平搬送を内装工が行うこととなっているが、搬入スケジュールがタイムリーなため、作業員手配が難しい場合が多い。そのため、内装工自らが工事を一時中断し、搬入作業を行っていた。これを踏まえ、揚重専門会社の1人が昼間の搬送階の水平搬送を複数の SL-AGV で効率良く実施し、内装工の代替となることで内装工事を中断せずに搬入作業を行うことができるような運用方法を検討していく予定である。

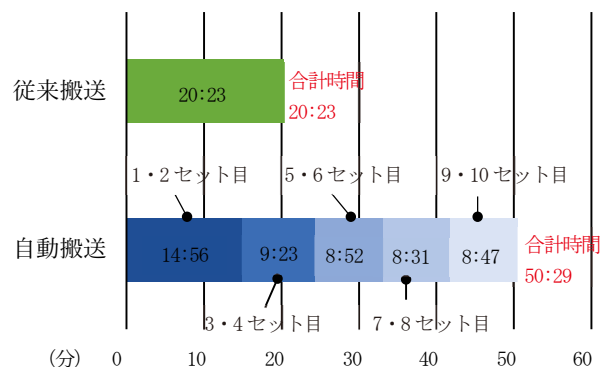


図8 搬送効率



これらの課題を解決するとともに、現場へのヒアリングを通じてメリットのある運用方法を提案し、さらに現場の生産性向上に貢献できる技術としていきたいと考える。

また、前章に記載した課題が新たに明らかとなったため、今後はこれらの課題解決に向けて開発を進めていきたいと考える。

- 1) 岡田大輔, 市村元, 松岡明彦, 鈴木信也, 山本真之:「垂直・水平自動搬送システムの概要と現場適用」戸田建設技術研究報告第46号, 2020.11
- 2) 岡田大輔, 市村元, 松岡明彦, 鈴木信也:「垂直・搬送の自動化システムの開発 その5:連続荷取り機能の追加と緩勾配渡し板の開発」日本建築学会大会学術講演梗概集 材