

# 建設現場の資機材の運搬を省力化する フレキシブル水平搬送システムの開発

土井 暁・大本 絵利

近年、建設作業の労務事情の悪化に伴い、自動化・機械化への期待が高まっている。そこで、内装資材の搬送作業の省力化を目指し、低コストで建設現場特有の状況変化にフレキシブルに対応できる水平搬送システムを開発した。本システムは、現場で使用する資機材に搬送先を明示したICタグ看板を置くだけで、潜込み式AGV（Automated Guided Vehicle）台車が、自動で資機材を積込み、目的位置に搬送することができる。搬送経路には磁気テープを使用しており、貼り付け・盛替が簡易にできるため、経路変更が容易である。これにより、従来の方式に比べ搬送作業を省力化でき、作業員を技能作業に集約できることを確認した。

キーワード：搬送、自動化、物流、AGV、ICタグ

## 1. はじめに

近年、建築作業員の高齢化・就業労働者の減少など労務事情が悪化している。今後、労働生産性の向上は必須であり、その1つの対策として単純作業や重筋作業の工事機械への代替が求められている。特に、資機材の運搬作業は建設工事全体の中でも多くの時間を占め、繰り返し作業であるため、これらの機械化による省力化のメリットは大きい。

筆者らは、今までいくつかの自動搬送システムを開発してきた<sup>1), 2)</sup>。これらの多くは完全自動化を目指していたため、現場導入の際は、計画段階からストックヤードの配置、システムの動線、搬送機材や揚重機の改造などを詳細に検討する必要があった。また、自動機器を工事条件に対応して特注で制作したため、システムが高額となり現場で容易に採用できないという課題もあった。そこで、内装資材の搬送作業の省力化を目的とし、低コストで、現場の施工条件の変化にフレキシブルに対応できる水平搬送システムを開発した。

本稿では、開発したシステムの概要とこのシステムを適用した現場での運用状況について報告する。

## 2. 水平搬送システムの構成

開発したシステムは、仕上げ・設備工事で使用される内装資機材の水平搬送を対象としており、従来、荷取ヤードにおいてフォークリフトや電動パレットなど

で行っていた搬送作業を自動化することによってさらに省力化を図る。

システム全体の概要を図-1に示す。待機位置・荷取位置・ストックエリアにより構成される磁気テープ（厚さ約1mm）の走行経路上を、潜込み式AGV（Automated Guided Vehicle）がICタグによる行先の指示に従い搬送作業を行う。システムの中核となるAGVの仕様・外観を表-1および写真-1に示す。このAGVは、以降に示すAGVキット・ICタグ看板を用いた制御部・低床ジャッキ機構の3つの要素から構成されている。

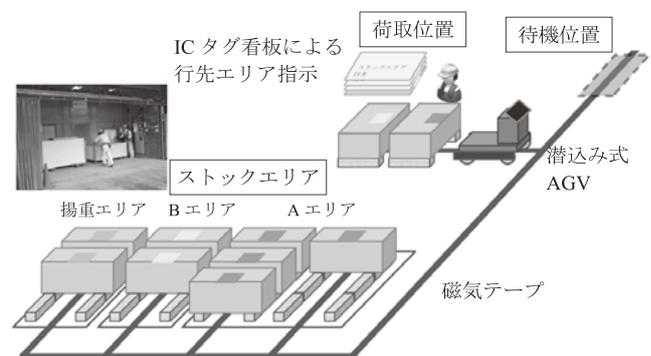
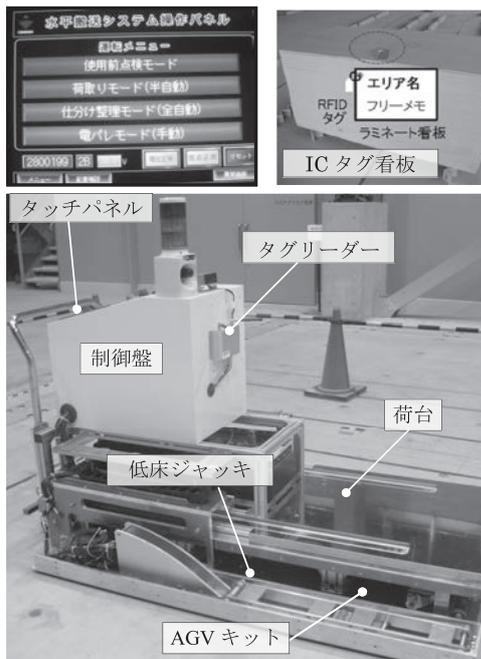


図-1 水平搬送システムの基本構成

表-1 潜込み式AGV仕様

サイズ	L2,030 × W1,250 × H1,600 (mm)
最高速度	30 (m/min)
積載荷重	900 (kg)
本体重量	350 (kg)



写真一 水平搬送システムの基本構成

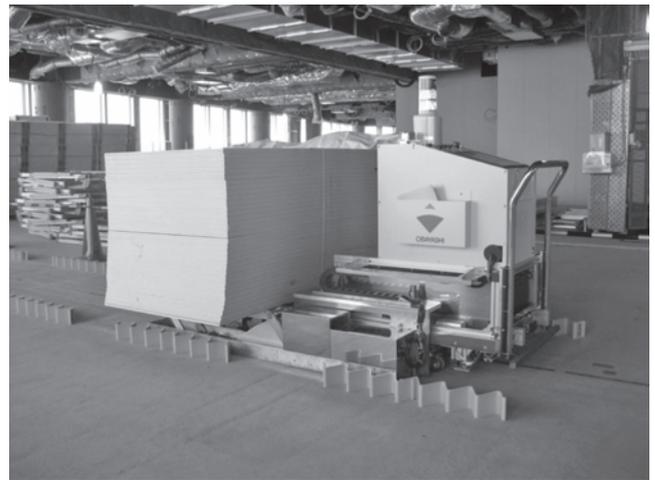
### (1) 無人搬送車 (AGV) キット

採用した AGV キットは、機械・食品・医薬品など様々な業種の工場や物流センターで広く普及しており、信頼性が高い。また、積載重量や走行方式によって複数種類のものがあるため、利用者が低価格で自由に AGV を組み上げることができる。

走行制御には磁気テープを用いるため、工事の進捗状況に合わせて、配置・盛替えを簡易に行うことができる。さらに、利用者が作成したプログラムで AGV を制御できるため、フレキシブルな運用を可能とする。

### (2) IC タグ看板を用いた制御部

資材上に IC タグ看板を置くことで、搬送先の場所を自由に指定できる。看板にはアクティブ型非接触式の IC タグを使用しており、AGV に搭載されたタグリーダーによって資材の積載時にタグ情報を読み込み、行先を把握し、搬送を行う。電子機器の操作が不得手な作業員でも簡単な操作で搬送先を指示できるので、臨機応変な対応を要する工事現場での運用には有効である。また、ストックヤードのレイアウト変更等



写真一 2 資材の積載

には操作用タッチパネルで管理者やオペレータが対応する。

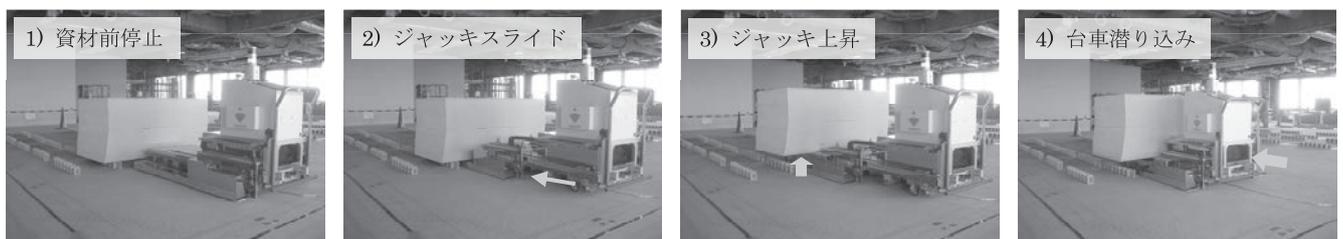
### (3) 低床ジャッキ機構

AGV は、荷台の左右に低床ジャッキ機構を備えている。これらのジャッキをスライドさせることで、資材の下に潜り込んで積載することが可能である (写真一 2)。そのため、フォークリフトのようなカウンターウェイトが不要となり、台車本体を 350 kg と軽量化できた。通常、上層階にて搬送にフォークリフトを使用する場合は、床補強等の工事が必要になるが、本システムの場合はそれが不要である。

ジャッキのストロークは 90 mm から 350 mm であり、100 角の輪木が利用できる。このため、現在、現場内の資材搬送として最も使用されている電動パレットなどの機器との併用が可能である。

AGV による積載動作フローは以下の通りである (写真一 3)。

- 1) 積載位置に近づくと台車前方に搭載された赤外線センサーで積載対象を検知し、停止する。
- 2) 低床ジャッキを資材下部にスライドさせる。
- 3) ジャッキを上昇し資材を持ち上げる。
- 4) 持ち上げた資材の下に台車荷台部が潜り込み、資材を積載する。



写真一 3 資材の積載動作フロー

### 3. 現場におけるシステム運用

#### (1) 適用対象工事条件

システムを適用した工事現場では、建物の構造上の制約から、低層用と高層用の工事EVが分離されるため資材の乗換が生じた。そこで、図-2に示すように、乗換階にストックヤードを設け、EV間の水平搬送作業を行う計画とした。昼間の揚重作業中には、低層用EVで揚げられた資材をストックヤードへ効率よく仮置きし、それ以外の空いた時間に、必要資材を高層用EV前へ並び替える必要がある。これらの水平搬送作業を自動化し搬送作業員を削減することを目的として、システムを導入した。

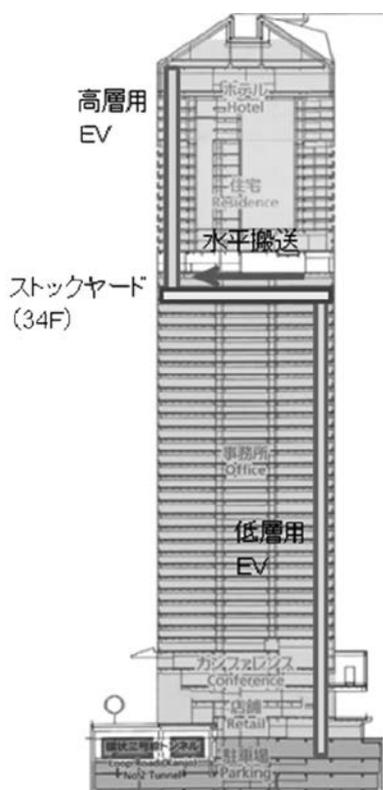


図-2 資材の揚重条件

高層階は住宅・ホテル部となるため、内装材として石膏ボードが多用される。これまでの他現場での実績から、総揚重回数の3割程度と大きい割合を占めると予想される。また、石膏ボードは定型であり、自動化の対象物としても扱いやすいと考えられるため、主たる搬送対象とした。

#### (2) スtockヤードの配置計画

対象工事現場のストックヤードでシステムを運用するにあたり、図-3のようにレイアウトを計画した。システムの稼働領域は関係者以外立入禁止とし、安全を確保した。また、本領域を、

- (a) AGVの運転を開始する「待機位置」
- (b) 低層用EVで揚重されたボードを置く「荷取位置」
- (c) 資材の用途別にストックする「ストックエリア」
- (d) (c)の中で特に高層用EVへの揚重用を「揚重エリア」

の4種類に分類した。ただし、これらの経路配置は工事の進行に合わせて磁気テープを貼り替えることにより柔軟に変更した。ボード山の配置方法は、構造計算により確認した、長期保管しても躯体に影響が無い数・配列とした。

システム運用時の作業員の人数は、従来と同様に各工事EVのオペレータ要員に1人ずつ、また、搬送システムのオペレータ要員として、1人を図-3に示すように配置した。

#### (3) システム運用方法

本システムは、以下に示す3通りの運転モードで運用した。

- (a) 荷取運転（半自動モード）

揚重作業時に運用する。低層用EVでストックヤードに揚げられ、荷取位置に荷降ろしされたボードをス

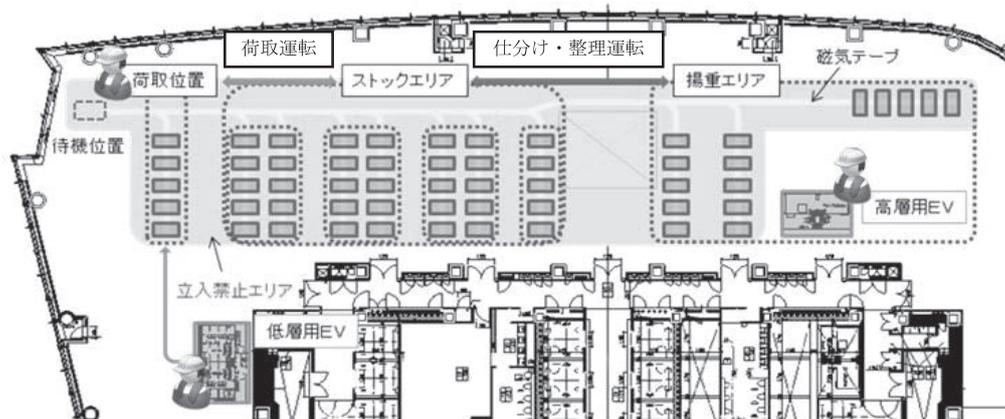


図-3 スtockヤードのレイアウト

トックエリアに内装業者別・ボードの種類別に順次仮保管する。システムの動作順序を以下に示す。

- ①管理者は、AGVの自動運転を開始する待機位置にて、当日の揚重内容に合わせて業者やボードの種類ごとにストックエリア内の搬送先を設定する。
- ②荷降ろし作業員は、低層EV到着後、ボードをEVから荷取位置まで搬送し、ボード上に各エリアへの行先のタグ看板を置く。
- ③管理者がスタート指示を出すとAGVは荷取位置に向かって走行を開始する。
- ④荷取位置において、ボードがあることを認識すると、停止し、積載・タグ認識を行う。
- ⑤ストックエリア内の指示エリアに搬送を開始し、最も揚重エリアに近い位置から詰めて、順次ボードを仮置する。
- ⑥④、⑤の動作を揚重が終了するまで繰り返す。揚重作業中でも荷取位置にボードが無い場合は、待機位置に戻り、停止・待機する。

#### (b) 仕分け・整理運転（完全自動モード）

主に、揚重作業時以外に運用する。高層用EVによる揚重効率を上げるため、ストックエリア内と揚重エリアとを高層EVの揚重計画に合わせて整理する。

- ①管理者が現在のストックエリアと揚重エリアのボード配置状況をタッチパネルより入力するか、AGVによって、自動で把握する。
- ②管理者は現在の配置に対して整理後の配置を設定し、システムをスタートさせる。
- ③AGVは、ボードを指示されたエリア内の列の奥から詰めて、順次整理する。全ての作業が終了するまで完全自動で動作する。

#### (c) 手動運転（電動パレットモード）

上記2つの運用時以外の空いた時間では、電動パレットとして使用する。この場合、磁気テープによる走行経路は不要であり、無軌道上で作業員が手動で自由にAGVを操作できる。

### (4) システムの適用結果

#### (a) 稼働状況

現場適用したシステムの稼働状況の実績データを収集するため、台車使用日報を作成した。台車のオペレータがシステム稼働時に以下の項目を日報に記入した。

- ①低層用EV揚重開始～荷取終了時間
- ②荷取人数
- ③ボード種類
- ④搬送山数

- ⑤荷取場所と搬送先
- ⑥AGV使用終了時間
- ⑦終了時のストックヤード山数
- ⑧高層用EV揚重内容
- ⑨備考

システムを適用した約3ヶ月間の稼働状況の概要を表一2に示す。3ヶ月間で工事現場の休日やストックヤード階の工事等で資材の搬入がなかった日数を除くと63日となった。この間に、主要な搬送対象とした内装ボードの総揚重量は2,208山となった。しかし、台車の可搬重量の制約から、900kg/山(3×6尺サイズの石膏ボード)のみ搬送したため、システムが実稼働した日数は21日間(67.5時間)にとどまった。この結果、システムが扱った物量は、内装ボード全体の約3割の660山となった。今後、システムの取り扱える資材を増やすために、可搬重量の増大は不可欠である。

表一2 日報データの要約

システムの稼働可能日数	63日
システムの実稼働日数	21日
内装ボードの総揚重量	2,208山
システムが扱った搬送量	660山
システムの総稼働時間	67.5h
荷取運転モードの時間	57.2h
仕分け・整理運転モードの時間	10.3h

システムが扱った物量の内、107山は仕分け・整理運転によってストックヤード内で自動整理された。このような前日夕方の自動整理により、内装ボードの搬入が無い日も朝から高層用EVで揚重を行えた。この結果、EVの効率的な運用ができるという効果も得た。

#### (b) 省力化効果

従来、EVから降ろした資材の搬送には3名の作業員が必要であったが、システムの導入によりオペレータ1人となり、搬送作業員が2名削減される。つまり、揚重作業時の荷取運転では4人(EVオペレータ1人と搬送作業員3人)を2人(EVオペレータ1人とシステムオペレータ1人)に、水平運搬のみの整理運転時は3人(搬送作業員3人)をオペレータ1人に省力化できる。

前述の63日分の日報データを基に、自動搬送した660山の内装ボードも作業員が搬送したと仮定して、システムの省力化効果としてまとめた(図一4)。63日間における全ての対象資材を作業員が搬送した場合の工数を100%として示した。なお、システムの主た

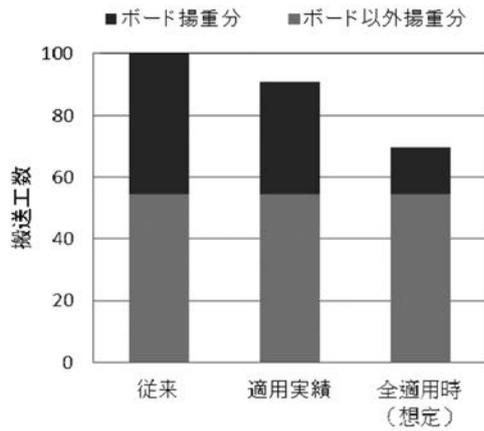


図-4 従来との工数比較

る対象であるボードと、他の資材とに分けて示した。内装ボードは重量が大きく多量に搬送されたため、全工数の約46%を占めた。前述の可搬重量の制約等により、システム適用による省力化の割合は、全体の約9%にとどまった。今後、可搬重量の増大により内装ボード全てを搬送できれば、約30%の省力化が実現できると想定できる。

#### 4. おわりに

工事現場の施工条件の変化にフレキシブルに対応できる水平搬送システムを開発し、超高層建物の新築工事へ適用した結果、省力化効果を確認することができた。

労務事情が好転しない中、水平搬送距離が長い工場や大型商業施設等の工事現場や、超高層建物での地上階の荷取作業や各階への夜間荷配り等、搬送作業省力化に対する要請は多い。また、他の資材への適用の要求もある。今後は、本適用で抽出した課題を改善すると共にシステムへの機能追加を進めて適用範囲の拡大を目指す。

最後に、本研究開発においてご協力いただいた関係者の皆さまに感謝の意を表します。

JCMMA

#### 《参考文献》

- 1) 浜田他：超高層建物における仕上資材搬送の自動化に関する研究 その1～6, 建築学会大会梗概集, 1995.7
- 2) 浜田他：仕上・設備資材の自動化搬送システムの開発 その1～3, 建築学会大会梗概集, 2001.7

#### 【筆者紹介】



土井 暁 (どい さとる)  
 (株)大林組  
 技術研究所 生産技術研究部  
 担当課長



大本 絵利 (おおもと えり)  
 (株)大林組  
 技術研究所 生産技術研究部