

21. 建築仕上・設備資材の自動化 搬送システムの開発

榎大林組：*堂山 敦弘、汐川 孝、

浜田 耕史

1. はじめに

仕上・設備材を仮設リフトやエレベータ（以下、E V）で搬送する揚重作業は、特に超高層建物の施工において隘路となる場合が多く、効率化が求められる。また、資機材の搬送作業そのものは付加価値が低く、機械化・自動化を進展させたい要素でもある。

こうした背景から、1995年に56階建ての超高層建物を対象に、1) 建物の1階部分にストックヤードを設置、2) 自動化搬送設備の開発、3) コンピュータによる揚重管理システムの開発と揚重専従班による運用、を特長とする自動化搬送システムを開発・導入し、当初の目標を上回る成果を得た¹⁾。この適用実績から、1) 狭いスペースでの適用、2) よりフレキシブルな搬送、3) 夜間自動揚重の実現、4) 揚重予約データのパソコンへの入力手間の軽減、といった課題が残された。そこで、これらの課題を解決し揚重効率を高めることにより、揚重関連費用を削減することを目的として、自動化搬送システムを開発した。本論文では、開発システムの概要と実工事への適用と結果について述べる。

2. 自動化搬送システムの概要

自動化搬送システムの概要図を図1に示す。図のように、自動フォークリフト（AGF：Automatic Guided Fork-lift）と建設資機材に対応した立体ラック棚・自動移載装置等の自動化搬送設備とインターネット利用によるWeb揚重管理システムによって構成される。

自動化搬送設備は物流業等で用いられる立体自動倉庫を建築工事現場内に導入した概念である。搬入トラックと揚重機の間にはストックヤードとなる立体自動倉庫を設けることで、搬入に影響されていた従来の揚重作業の効率が著しく改善されることが事前評価²⁾により明らかとなった。さらに、夜間に資機材を搬入することなく夜間無人揚重作業を可能とするバッファの役目も担う。

Web揚重管理システムはE Vの予約と運用の管理をインターネットを通じて行うものである。E Vの予約や実績の情報は、Webを通じて協力会社間で共有されるため、E Vを効率よく管理できる。また、従来は、各協力会社からのFaxや電話連絡による揚重申込みデータを工事事務所の職員が入力していたが、Webを利用することによって協力会社の事務所からの入力が可能となり、職員の省力化が見込まれる。本システムは、大阪市内の新築工事に適用された。表1に工事の概要を示す。

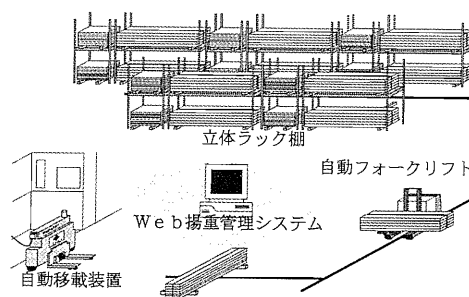


図1 自動化搬送システムの概要図

表1 自動化搬送システム適用工事概要

建物用途	事務所
施工場所	大阪市福島区
工期	H10年3月17日～H13年10月末
階数	地上24階・塔屋2階・地下3階
構造	S造+SRC造（地下部分）
敷地面積	11,140.20m ²
建築面積	2,233.32m ²
延床面積	62,581.60m ²
最高高さ	120.00m

3. 自動化搬送設備

自動化搬送システムの適用工事では、システム導入による揚重効率の向上により当初の揚重機設置台数を削減した。このため、仕上工事の最盛期には最大で1日に4時間程度の残業を見込んだ。自動化搬送設備は、残業時間帯の揚重作業を中心に、仕上・設備工事で多用されるボード類・軽鉄材・電気盤等の定型化された資材を主な対象として使用した。

仮設の立体自動倉庫となる1階部分のレイアウトを図2に示す。資材を積載したトラックは3通りと4通りの間から建物内に入り、仮置きヤードに荷降しされる。AGFは資材の入庫、出庫、および人荷EV（図中のHCE2800）前までの無人搬送を行う。人荷EV内の自動移載装置が資材を自動で受け取り所定階において自動で荷降しする。

3.1 AGFと立体ラック棚

写真1にAGFの外観と寸法・形状を示す。AGFの可搬重量は1,500kgfであり、走行の際の誘導に、電磁誘導方式を採用している。これは、床下面に埋設された誘導線内の電流を認識しながら、動作するもので、誤動作やトラブルは光反射方式と比べ少ない。開発に際しては、一般製造業等で多用されるAGFの標準機種をベースに、建築工事で必要となるセンサー・無線装置や特有の制御ロジックを組み込むことでコストを抑えた。揚重機前の荷取場において、自動移載装置との干渉防止のために、インターロック信号の授受により装置間の同期をとった。AGFへの指令は、各ラックに付けられた番地を入力することによって行う。全てのラックの資材を続けて搬送することが可能である。また、AGFはスピントーン機能を有するため、狭い場所でも安全かつ効率的に資材を搬送する事ができる。

狭所に対応した多段式ラックを採用することで、フレキシブルな入出庫が可能となった。ラック棚は、対象資材の形状に合せた2m幅と4m幅の2種類を用意した。ラック棚で事前に梱包材を除去したり、

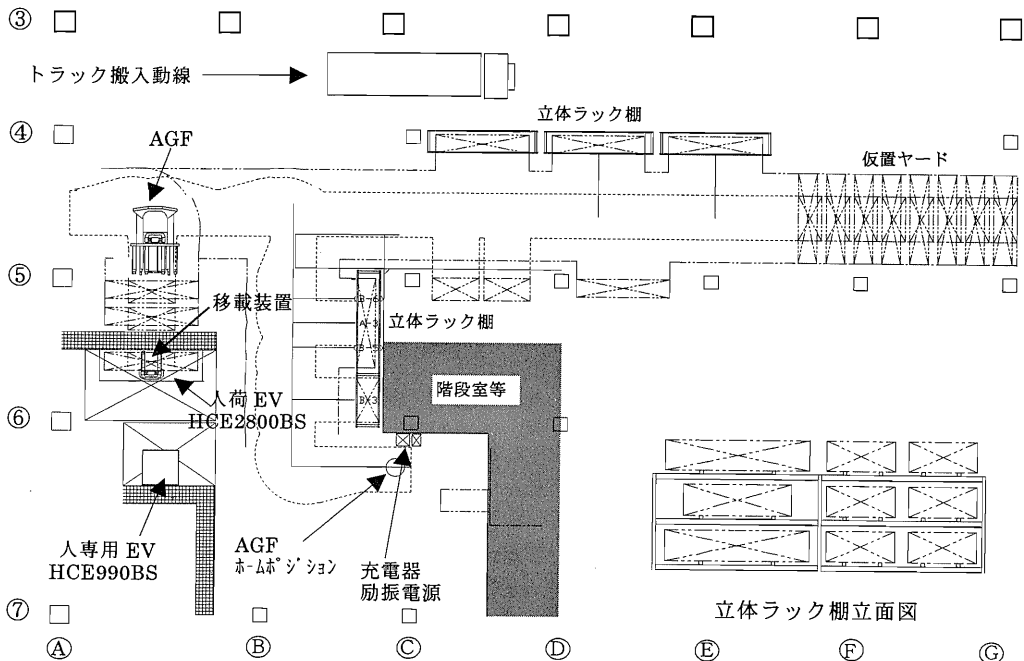


図2 自動化搬送システム1階配置図

各階に少量ずつ揚重する資材を他と混載することで、揚重作業の効率化を図った。

3.2 自動移載装置

自動移載装置は、人荷E V内に取付けられオペレータのボタン操作によって、荷積み・荷降しを自動的に行う。自動移載装置の外観を写真2に示す。移載作業の自動化により、揚重時間の短縮と荷積み・荷降し作業員の省力化を可能にした。装置の可搬重量は2,000kgfで、E Vから直接電源を供給されて動作するため、バッテリーを搭載する必要がなく、自重は800kgfと軽量である。E Vから容易に取り外すことができるため、作業員の移送時には障害とはならない、また、軽量の資機材や網台車の揚重時等には、人荷E Vの搬器を最大限に利用することができる。

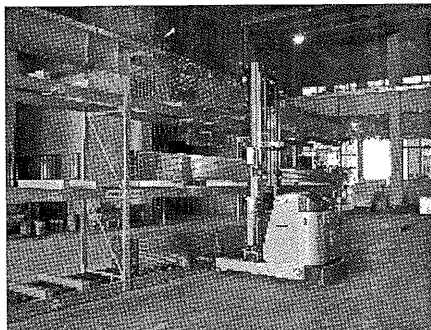


写真1 無人フォークリフトの外観

4. We b揚重管理システム

4.1 システムの構成

We b揚重管理システムの機能構成を図3に示す。各協力業者の事務所に設置された端末（揚重申込み端末）からインターネットに接続し、揚重申込み状況の確認・新規申込み・揚重申込みの削除や修正・調整後の揚重予定や揚重実績を確認する。揚重申込み時には、資材・揚重機・揚重階・揚重回数を入力すると、揚重作業の制約条件から申込みの可否が判定される。揚重可能であれば、推定所要時間が提示され、予約申込みが実行される。揚重申込み端末は、協力会社の事務所や工事事務所に設置された、インター

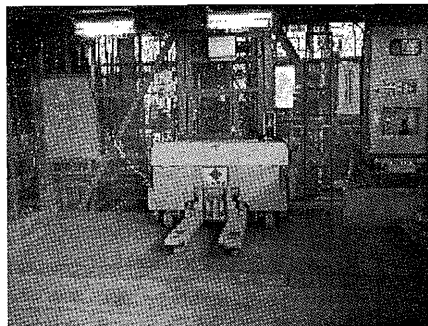


写真2 移載装置の外観

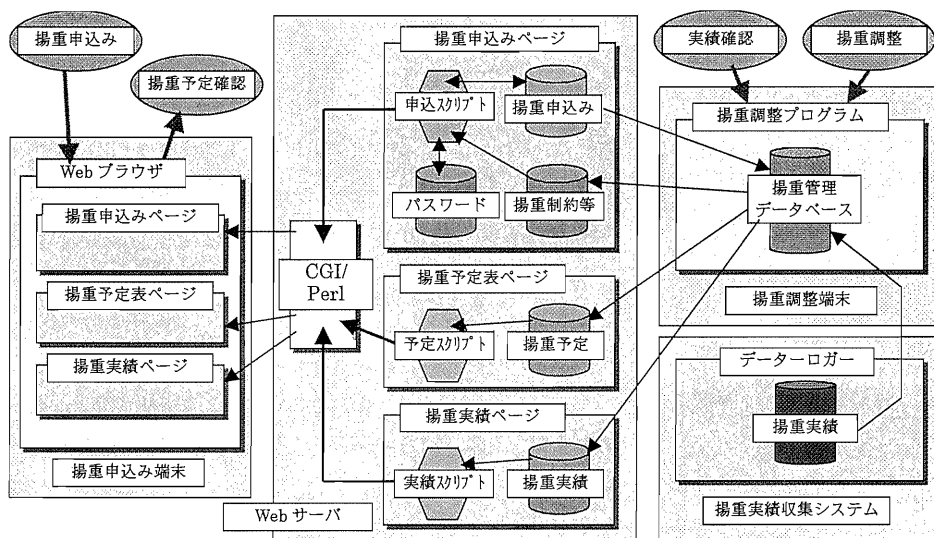


図3 We b揚重システムの構成

ネットを利用できるパソコンである。利用者はWebページを通して、揚重の申込みを行う。

Webサーバは、揚重申込み端末での操作に応じてスクリプトを実行する。スクリプトにはCGI/Perlを利用するため、一般のインターネットサービスプロバイダーが提供するホスティングサービスの利用が可能である。

揚重調整端末は揚重調整を行うプログラム用のパソコンで、工事事務所に設置する。揚重調整端末では、Webサーバから一定期間分の揚重申込みデータを取込み、一定の手法に基づく自動調整と簡単なマウス操作による手動調整で揚重予定を作成し、サーバに確定情報として転送する。また、事前に揚重機のクライミングや工事現場の休日等の制約条件を作成し、サーバに転送することによって、揚重機の予約を制限することができる。さらに、実績収集システムより得られた揚重実績データを受取り、揚重予定と比較して表示できる。また、Web揚重管理システムは携帯電話から操作することが可能である。協会会社の担当者は外出中でも揚重予約状況の確認や予約の申し込みを行うことができる。

図4は申込み状況を示したカレンダー表示である。揚重機を使用したい日を選択することで図5に示すバーチャートによる詳細な申込み状況を確認できる。

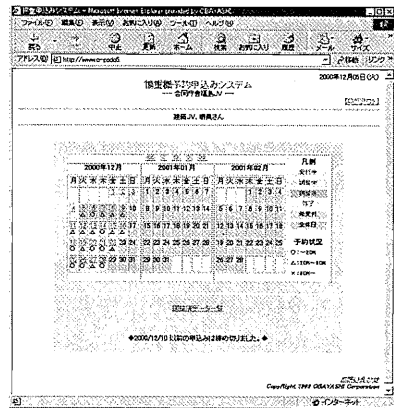


図4 予約状況のカレンダー表示

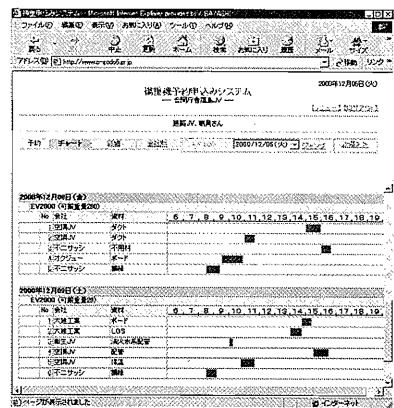


図5 予約状況のバーチャート表示

5. 適用結果

5.1 自動フォークリフトの稼働調査

AGFの制御信号は内部のマイクロコンピュータに自動的に記録され、この記録を分析することにより、AGFの稼働状況を知ることができる。図6はシステム稼働期間中における、AGFの搬送時間と搬送回数の推移を示したものである。AGFが稼働した日数は105日となり、仮設揚重機の設置期間である168日の約2/3となった。搬送時間を搬送回数で除した

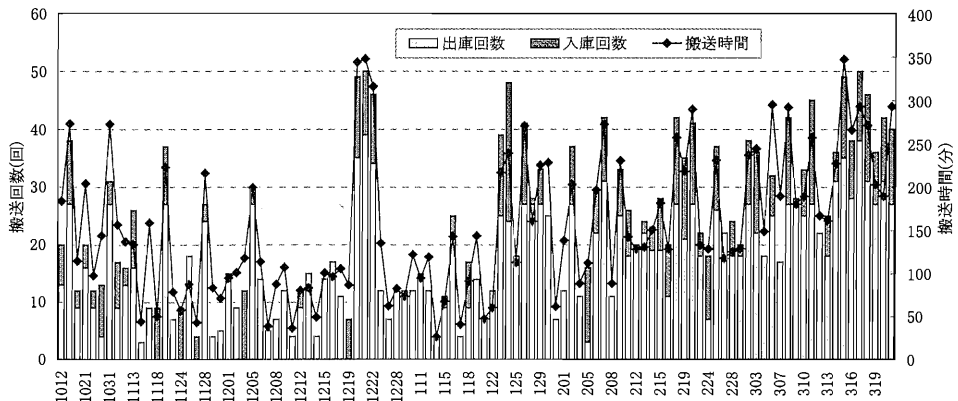


図6 AGFの搬送時間と搬送回数の推移

平均搬送時間は約7分/回となった。これらの値はシステム稼働前に算出した値と合致しており、作業が計画通り行われたことがわかる。また、AGFによって搬送した資材の回数を算出したところ、内装資材の約8割（全体の20%、建築仕上げ材の43%）の資材をAGFによって搬送したことが確認された。これらの作業は残業時間に少ない作業員で行うことができたため、揚重機の効率向上（設置台数の削減）と労務の削減に貢献したと考える。

5.2 EVの稼働率と揚重効率

揚重作業の効率を評価する指標として、揚重機の稼働率を分析した。ここでの稼働率の定義は、1日当りの揚重時間を、1日の作業終了時刻から作業開始時刻を減じた作業時間から、昼休み時間などの休憩時間を除いた正味作業時間で除した値とした。図7に稼働率の日ごとの推移を、在来の揚重方式による同規模の物件での実績と比較して示す。自動化搬送システムを用いた揚重機の稼働率は85.4%、在来方式は77.1%となった。揚重実績に関する各種の指標を、在来方式を100とした場合の割合で示したものが図8である。在来方式と比べ平均揚重重量は同等であったものの、他の揚重実績の値は在来方式を上回っていることが分る。特に、揚重関連労務の45%が省力化されているのが顕著である。これらの数値を基に、単位時間あたりの揚重量を算出すると、自動化搬送システムは、在来方式の約1.44倍となることが分かった。自動化搬送システムが在来方式より効率的であった理由として、以下の要因が考えられる。

1) 揚重専従班の導入により、EVの空き時間にラック棚にある資材を揚重することができた

2) 立体ラック棚の設置によって、トラックの遅れ等による現場外の事象に影響される事なく、揚重作業を行う事ができた。

3) 自動化搬送設備の導入により、作業の効率化と作業員の省力化が可能となった

5.3 Web揚重管理システム

Web揚重管理システム稼働期間（2000年8月～2001年3月）にサーバー内に蓄積されたログデータの分析を行った。この間

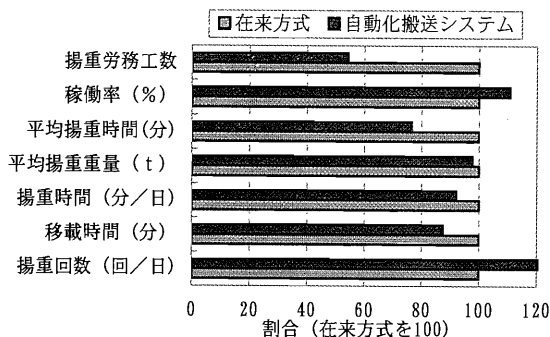


図8 揚重効率の比較

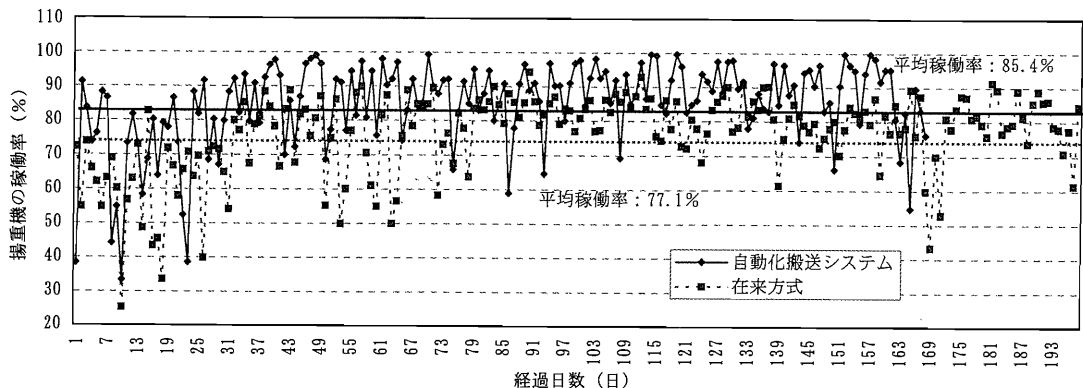


図7 揚重機稼働率の推移

の総ログイン件数は約2,700件、1週間当たり平均ログイン件数は約84回となり、1日あたり最大で45件のログインがあった。システム利用者の業種別割合は、設備関連業者が55.4%、建築仕上業者が26.4%であることがわかった。図9はシステムへログインした端末機の場所を分析した結果である。工事事務所内のPCからのログインが7%となり、大半が協力業者のバックオフィス等からのログインだった。また、揚重管理者による予約データの入力や揚重調整作業時間が従来の約20%となり、業務が大幅に軽減された。

図10に時間帯別のログイン状況を示す。工事現場の定時作業時間帯（午前8時から午後5時）でのログインは全体の58%、深夜や早朝といった時間外が40%、工事事務所の休業日は2%の予約受付が行われていた。以上のように、「いつでも」「どこからでも」揚重予約が可能となり、インターネットを利用した効果が活かされていた。

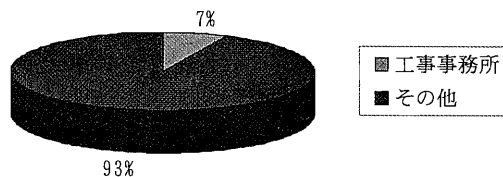


図9 システムへのログイン場所の比率

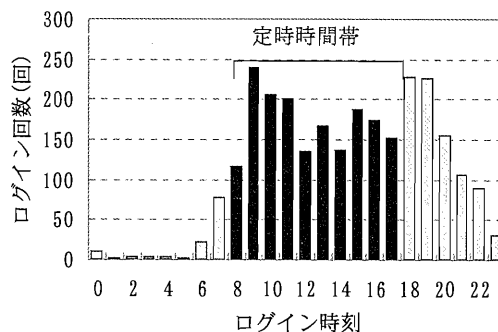


図10 システム利用者の割合

6. おわりに

仕上・設備材の搬送作業の効率化を目指して、自動化搬送システムの開発を進めてきた。新規開発の自動化設備によって狭所のスペースにおいても夜間の自動揚重作業も含めたフレキシブルな搬送を実現し、インターネットによる情報共有によって揚重管理業務を軽減した。今回の自動化搬送システム適用工事では、新規導入したAGF等の搬送設備の開発費用を1工事でまかなったが、揚重機の設置台数の削減や揚重関連労務の省力化効果によって、在来方式による当初計画揚重費用とほぼ同等に抑えられた。今後、今回の適用から得られた様々なノウハウを基に、自動化搬送システムの適用対象範囲を拡大するように改善し、人専用の揚重機も削減することで、さらなる揚重関連費用の削減が期待できると考える。さらに、ストックヤードでの資材管理方法の改良やWeb揚重管理システムの機能拡大を行うことにより、本システムは建築工事における中型揚重から物流全般へ対象範囲を拡大することが可能であると考えられる。

参考文献

- 1) 浜田ほか：超高層建物における仕上資材自動搬送システムの開発、大林組技術研究所報、No.52、(1996.2)
- 2) 浜田ほか：建築工事における搬送作業の自動化に関する研究、(その1)搬送作業の実態把握と評価の方法、第15回建築生産シンポジウム論文集、(1999.7)