

全天候型自動化施工システムの開発と実施

—その2：構成技術と現場適用—

谷 雄一* 小田 康弘* 田中 靖之*
金川 武雄* 内田 俊司* 増谷 正治*

要 旨

本システムの基幹技術であるリフトアップおよび資材搬送は、適用性・転用性・施工効率の向上などを基本とし、さらに機械と人との協調作業の実現を開発のコンセプトとしている。これらの機械化・自動化技術は、既存技術の特徴を比較検討した上で独自の観点から開発した。

リフトアップ装置は、ピン挿入孔を持つ2本の仮設支柱と油圧シリンダにて構成し、リフトアップ時は建物本設柱に反力を取り、躯体施工時は本設梁に着床して荷重を受ける方式としたため、柱の建て入れ調整が容易となり、精度の高い建物の構築が可能であった。

搬送装置は、吊荷旋回機能を備えたブーム付天井走行クレーンである。垂直揚重と水平搬送の機能を併せ持ち、タワークレーンの高い作業性および汎用性を確保しながら自動搬送も実現した。

本システムの適用において、計画した仕様、制御方式および自動化のレベルなどいずれも所期の目標通りに機能したが、いくつかの改善要素もあった。

1. まえがき

建築施工において機械化・省力化を推進する目的は安全性向上も含めたトータルな生産性向上である。

自動化施工システムは、この手段として建築施工全体を系統的に自動化・機械化したものととらえられる。同時に建築工事特有の細分化された工種個々の工事レベル、いわば機械と人が直接協調する場での自動化・機械化をはかることも必要不可欠である。

本システムにおいては資材搬送装置（クレーン）の自動化をはかるとともに、自動化・省力化吊具の開発もおこない、この両者を併せてはじめてクレーン作業の効率を向上させることができた。

本システムはリフトアップフレーム、機械化・自動化、ユニット化など数分野の基幹技術にて構成されている。これらの技術は施工効率・適用性および転用性の向上などを目的として構築した。

またリフトアップおよび資材搬送は、施工の機械化・自動化という面から「人と機械の協調作業の実現」をコンセプトとし、これにもとづいて装置の機能、仕様および自動化レベルなどを計画した。

本報は、これらの基幹技術の計画内容、採用した方法の特徴、現場適用の結果について報告する。

2. システムの概要

本システムは93年から開発に着手し、基本設計を終えた後、95年6月に実物件への適用が決まった。この後、機械装置の製作、同年12月モックアップテストを経て96年2月から現場組立を開始し

た。システム内観（施工階）を写真-1に示し、以下各構成技術について概要を述べる。

2. 1 全体の概要

全天候の作業空間を確保するリフトアップフレームは、屋根フレーム、支柱フレームおよび側壁フレームの3つの部分から構成されている。

東西の妻側には荷取り開口を設け、屋根フレーム内部には、クレーン操作、リフトアップ制御および各種計測を行なう中央制御室、リフトアップ油圧装置、電気設備を配置している。図-1、2に設備配置とシステム構成を示す。

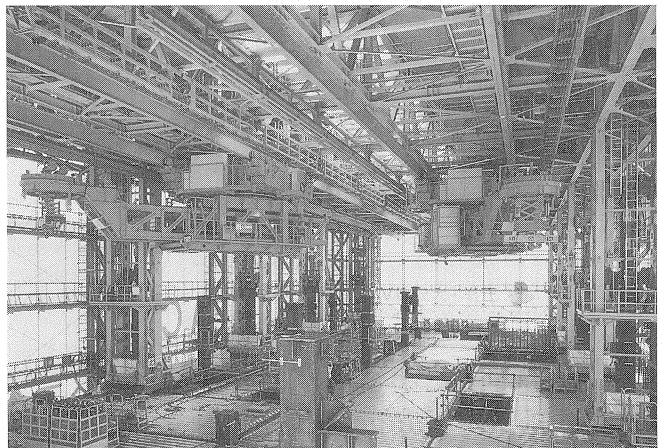
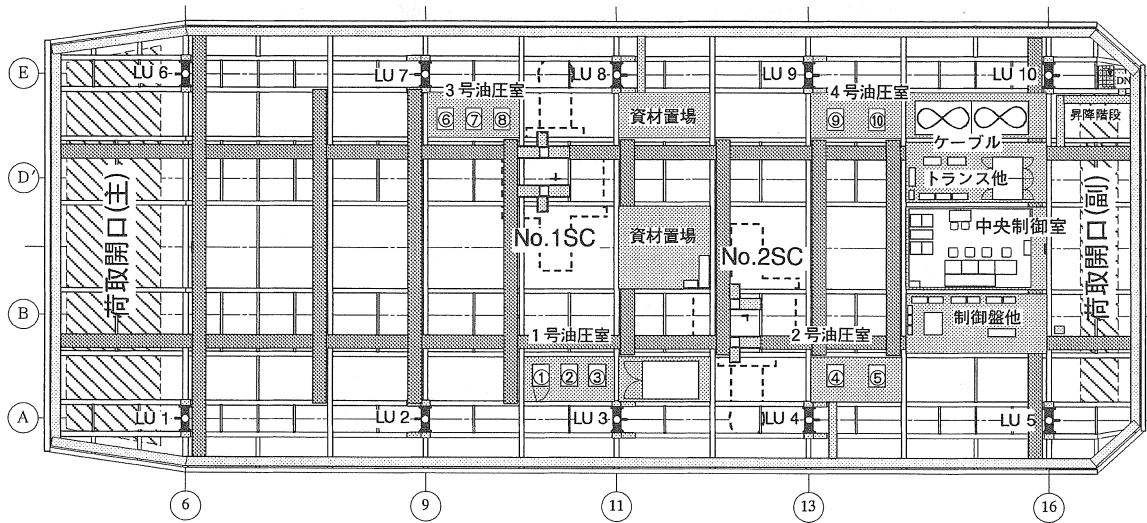


写真-1 システム内観

*技術本部 FACES プロジェクトチーム



図一 リフトアップフレーム内設備配置

2. 2 リフトアップ装置の概要

対面する内側面にピン挿入孔を有し、支柱フレームに組み込まれた2本の仮設支柱と、その間を尺取り虫状の動きで上下に移動する250tf油圧シリンダにて構成される。10組のリフトアップ装置は中央制御室にて集中制御され、約1時間で1階分のリフトアップをおこなう。

2. 3 資材搬送装置の概要

資材搬送装置は、旋回ブームを有する2台の天井走行クレーンであり、垂直揚重と水平搬送の用途を兼ねている。巻上・走行・ブーム旋回・ブーム伸縮の主機能に加え、ビーム状のフックを水平に±90度旋回する大きな特徴を持っている。

また、コンピュータが最適搬送経路を自動生成し、吊荷の自動搬送をおこなう。

2. 4 その他の関連技術の概要

(1) 自動化・機械化要素技術

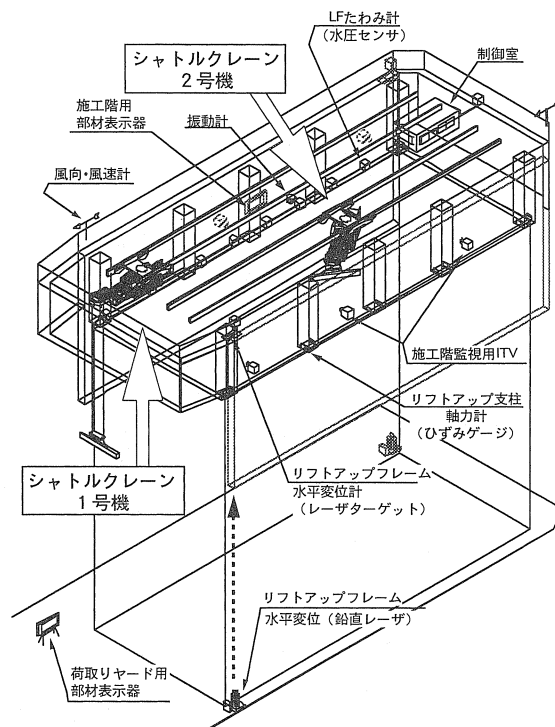
施工の安全性および効率向上を目的とし、自動玉外し装置・梁まとめ吊り装置など、クレーンに組み合わせる吊具、および柱自動溶接ロボット、柱建入れ調整装置を開発した。

(2) 挙動計測

リフトアップフレームの水平変位およびたわみなどの挙動、支柱フレームの荷重（柱の軸力）およびリフトアップフレーム周囲5ヶ所の風向・風速を計測・記録している。

(3) 情報化施工

品質・労務安全・出来高・工程管理などの業務の電子化、施工階監視システムなどにより現場管理業務の省力化と情報の共有化を図った。



図二 システム構成および配置

3. リフトアップ装置

全天候屋根の昇降（リフトアップ）機構は、これまで様々な実施例が報告されているが、本システムにて採用した方法の選定経緯と特徴を述べる。

3. 1 リフトアップ方式の分類と比較

既存のリフトアップ方式を、駆動装置の位置とリフトアップ時および躯体施工時の荷重位置で分類し、表一にまとめて示す。

他の機構の多くが上昇時の反力と施工時の屋根荷重

表-1 リフトアップ方式の比較

項目	リフトアップ（せりあげ）時の反力位置	
	柱頭部	柱側部・梁
躯体施工時の荷重位置	<p>A</p> <p>・柱建込みの際、一部から半数の柱の踏替が必要</p>	<p>該当無し</p>
	<p>B</p>	<p>C</p> <p>・建込み柱に荷重負担が無い ・ダメ穴が残る (C)</p>
	<p>D</p>	<p>凡例</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ リフトアップ駆動装置 ↑ 荷重の状態 □ 仮設支柱 ▨ 建込柱 ■ 本設鉄骨（建物）
	<p>FACES</p> <p>・溶接完了まで、建込み反力柱に荷重負担が無い ・反力柱の建て込みに工夫が必要</p>	

を同じ部位にとっているのに対し、本システムではそれぞれ柱と梁にとるという違いがある。

3. 2 本方式の特徴

リフトアップ装置の構成と動作の手順を図-3に示す。リフトアップの際、全天候屋根の荷重は孔明き支柱から上クランプのピンを介してメインシリンダに伝えられる。メインシリンダは下クランプを介し反力柱に載っているため、メインシリンダを伸ばすと柱頭に反力をとりながらフレームを持ち上げるという形になる。また躯体の施工時は支柱フレーム基部がカンヌキを介して梁ブラケットに載っているためリフトアップ装置は荷重を受けておらず、次の反力柱建て込みのため、支柱フレーム上部に待避させている。

これらのことから、本機構は以下の特徴がある。

- ①リフトアップの反力となる本設柱は荷重負担が無く自由な状態で建て入れおよび溶接ができるため躯体精度の調整が容易である。
- ②全リフトアップシリンダを同時に上昇させ、リフトアップの反力となる本設柱の建て込みを直ちに開始できるため、時間のロスが少ない。
- ③反力柱の踏み替えなど荷重負担箇所への入れ替えが無いため、油圧シリンダなどのリフトアップ装置の台数が少なくすむ。（表-1のA方式に比較し、約1/2）
- ④計画時点から外観面も考慮し、全天候屋根上に駆動装置・マスト等が突出しない機構としたため雨仕舞の必要がない。

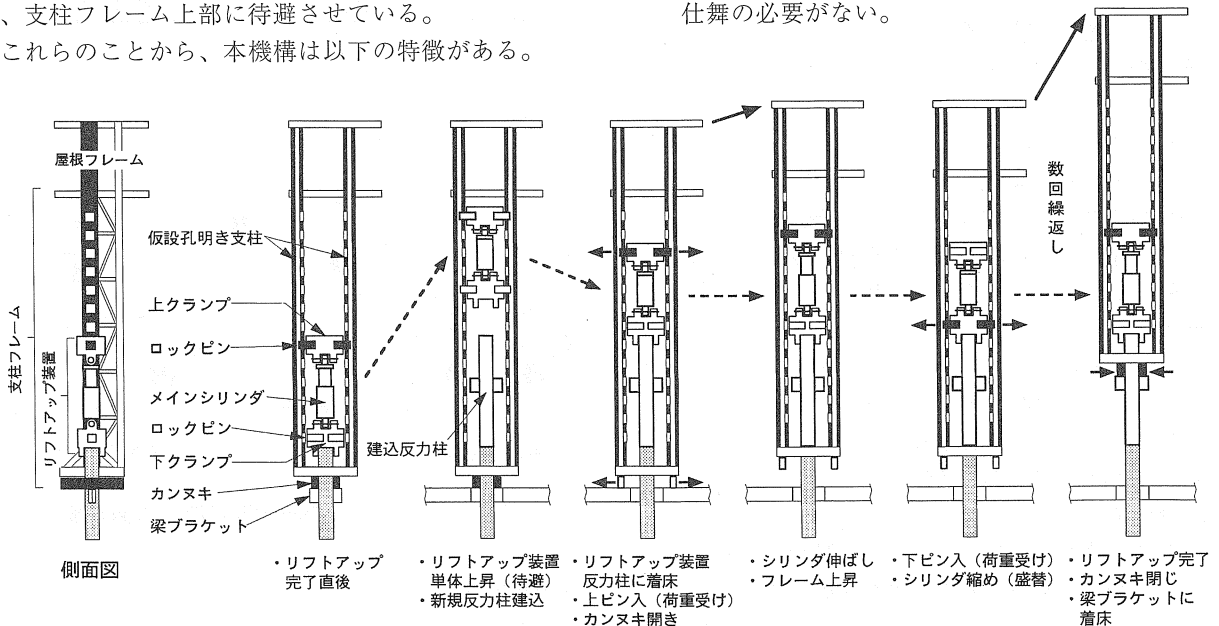


図-3 リフトアップ手順

⑤構造面では、本設柱を孔あき仮設支柱2本で囲みこの支柱を主材とした剛性の高い支柱フレームを構成したため、屋根重量を負担する反力柱本数を最小限とすることができる。

(本例では基準階柱本数の約1/3)

また、支柱フレームは、低層階の階高および転用性を考慮し、5mの柱まで建て込み可能な高さとした。

リフトアップ装置の外観を写真-2、装置の仕様を表-2に示す。

3. 3 リフトアップ制御

リフトアップ装置における制御の内容は、上昇時に10組のリフトアップメインシリンダのストローク差を5mm以内とする同調制御、およびカンヌキ開閉・上下クランプピン入抜・メインシリンダ伸縮等のシーケンス動作などである。

ストロークの同調制御は、先行したシリンダと一番遅れているシリンダのストローク差が5mmになった場合、先行シリンダの上昇速度を負荷時全速(2mm/sec)から半速(1mm/sec)になる様に油圧装置の吐出量を切替え、差が一定値まで縮まったのち、全速にもどすという形でおこなっている。

この他、各シリンダ荷重・フレーム挙動・着床時の各柱の荷重などを監視し、基準階(階高3.75m)の場合、約1時間で1階分のリフトアップをおこなう。

4. 搬送装置

本システムのもう一つの基幹技術である資材搬送装置について概要と選定経緯を述べる。

4. 1 搬送方式の基本構成

搬送装置の開発における留意点は、汎用性が高いことである。このため、不定形な平面の建物においても効率よい搬送が可能となる、ブームが旋回および伸縮する天井走行クレーンを基本とした。図-4にいくつかの建物平面形状に対する本方式のクレーンの適用概念を示す。

また既存の搬送装置を、垂直揚重装置と水平搬送装置の組み合わせおよびクレーン機能の面から比較し、表-3にまとめて示す。本システムを除く6例のうち水平・垂直分離方式が4例、水平・垂直一体式が2例となっており、分離方式の方が多い。

本システムにおける搬送部材で特殊なものとして、鉄骨では14mの長尺梁、外壁ではガラスCWユニット、設備関係ではトイレユニット・空調ユニットがあり、これらは既存のリフトでの揚重は困難である。

本システムでは専用の垂直揚重装置を設けず、これらの搬送対象を含め、すべてクレーンにて垂直揚重・水平搬送をおこない、設備数を削減するとともに、設

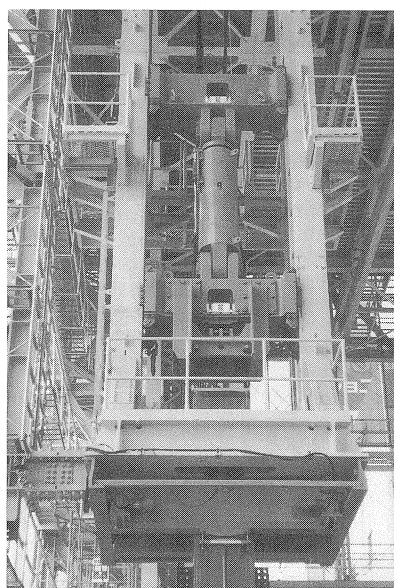


写真-2 リフトアップ装置外観

表-2 リフトアップ装置の仕様

項目	仕様
リフトアップ支柱	<ul style="list-style-type: none"> 断面 600 mm × 350 mm 孔ピッチ 600 mm
メインシリンダ	<ul style="list-style-type: none"> 能力 250 tf × 700 mm st. 速度 (負荷時全速) 2 mm/sec (無負荷時全速) 4 mm/sec
上下クランプ装置	<ul style="list-style-type: none"> ピン径 180 mm □ ピンシリンダ 2 tf × 100 mm st.
油圧ユニット	<ul style="list-style-type: none"> 油圧 250 kgf/cm² 油量 20 lit./min

(1 tf=9800 N, 1 kgf/cm² = 9.8 × 10⁴ Pa)

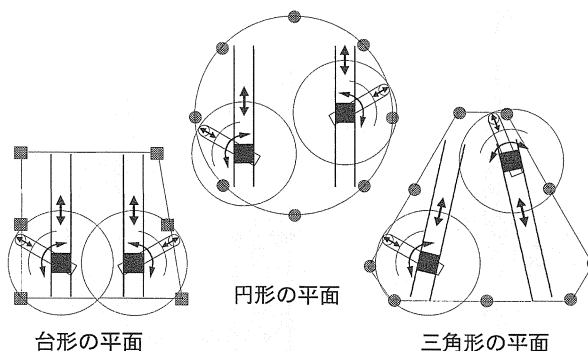


図-4 クレーンの不定形平面への適用概念

備稼働率を高めていく方針とした。

この結果、本システムでは2基の高機能なクレーン(以下シャトルクレーン)にて搬送装置を構成した。

表-3 搬送システムの比較

システム例	垂直揚重装置		移載作業		水平搬送装置		クレーン機能等			
	地上→施工階	台数	水平/垂直	施工階	台数	走行	横行	旋回	揚程	その他
FACES	兼用	-	-	旋回ブーム付天井クレーン	2	○	(○)	ブーム 吊荷	大	・吊荷旋回±90° ・横行はブーム旋回+走行の自動連動動作
A	リフト	1	有り	旋回ブーム付天井クレーン	1	○	○	ブーム -	小	・首振り機能
B	兼用	-	-	旋回ブーム付天井クレーン	2	○	○	ブーム -	大	・首振り機能
C	特殊リフト	1	(乗移り)	天井走行ホイスト	5~10	○	○	- 吊荷	小	・レール乗継
D	ジブクレーン	1	有り	天井走行ホイスト	1	○	○	- -	小	・スライドガーダー
E	兼用	-	-	天井走行クレーン	2	○	○	- -	大	・レール乗継
F	リフト	1	有り	天井走行式	2	○	○	- 吊荷	小	・非クレーンタイプ

4. 2 搬送装置の機能

シャトルクレーンは部材の搬送だけでなく、取付作業にも必要な多くの機能を持っている。

一般に、クレーンは鉄骨建て方作業などの場合、細かい位置合わせに人が介在するという前提のもとでは効率の高い作業機械であるが、人が介在しない場合、吊荷の姿勢制御は難しい。

そこでシャトルクレーンはブームの旋回および伸縮の他に、フックを旋回する機能を持たせ、部材取付時や自動搬送の際に必要な吊荷の姿勢制御を実現した。

その他、不定形な建物においても搬送の死角が少なく適用性・汎用性が高いことを背景に、作業効率の向上に必要な機能を検討し、表-4に示す仕様を決定した。写真-3にクレーン外観、図-5にクレーンの主要機能概念図を示す。

これらの機能によりシャトルクレーンは部材の x、y、z の各座標と各軸回りの回転の計 6 軸の自由度の中で、5 軸までの動きを制御できる。残る 1 軸は梁部材などを水平に吊る際の材軸まわりの回転であるが、これは鉄骨部材搬送の際の障害物回避動作や部材取付の際の姿勢制御において重要度は低い。

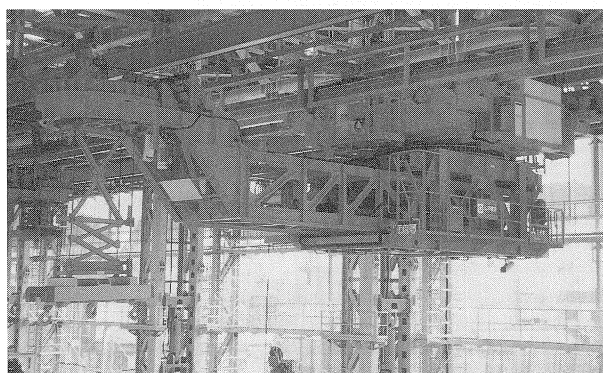


写真-3 シャトルクレーン外観

表-4 シャトルクレーン仕様

項目	仕様
巻上げ・巻下げ	・吊上げ荷重 10 tf
	・巻速度 (無負荷) 70 m/min
	(5 tf) 50 m/min
	(10 tf) 35 m/min
走行	・最大揚程 120 m
	・走行速度 20 m/min
ブーム旋回	・走行範囲 約 61 m
	・レールスパン 4.3 m
ブームシャトル (ブーム伸縮)	・旋回速度 1.0 rpm
	・旋回範囲 360°
フック旋回 (吊荷旋回)	・伸縮速度 20 m/min
	・作業半径 10 m~6 m
その他 微速巻下げ	・旋回速度 0.5 rpm
	・旋回範囲 +90° ~ -90°
フック横行	・巻下げ速度 0.45 m/min
	(左右独立操作によるフック傾斜可能)
	・走行方向に対して直角方向の直線的移動 (ブーム旋回・フック旋回・走行の連動動作)

(1 tf=9800 N)

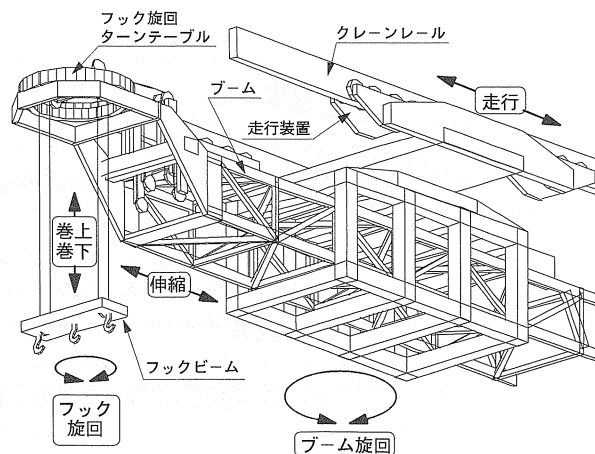


図-5 シャトルクレーン主要機能概念図

4. 3 機能の特徴

シャトルクレーンの機能の中で最も特徴的なフック旋回機能について述べる。ブーム先端部の機構概要を図-6に、シャトルクレーンの特徴を以下に示す。

- ①フックブロックはビーム状で3フックを有する。
- ②巻上装置は2ドラムであり反ドラム側のワイヤー戻手には電動シリンダを設けている。
- ③ブーム先端の主巻ワイヤーに折畳み式の荷振防止装置を取り付けている。

例えば鉄骨梁を水平に吊った場合、一般のスイベル付き1フックでは吊荷の水平回転の制御ができない。

シャトルクレーンでは長尺部材がフック旋回に追従するようビーム状のフックブロック両端2ヶ所のフックで水平に吊る。また、電動シリンダは左右独立して伸縮することができるため、フックおよび吊荷を傾斜することができる。

荷振防止装置は、施工階における吊荷の水平搬送における障害物回避や位置合わせの際、フック旋回装置に対する吊荷の旋回遅れおよび荷振れを抑制するために設けたパンタグラフ状の装置で、フック旋回ターンテーブルに吊り下げられている。

4. 4 自動搬送制御

シャトルクレーンによる搬送は自動搬送経路生成ソフトによる自動搬送と、オペレータによる手動運転の2通りの運転がある。オペレータは自動搬送中クレー

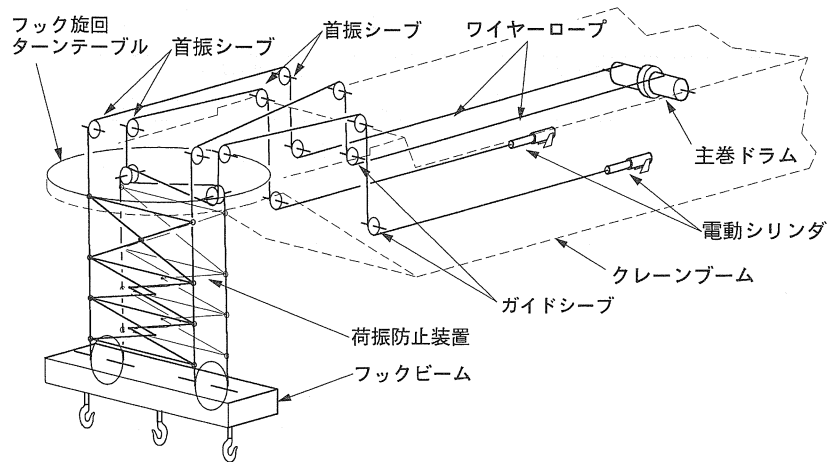


図-6 シャトルクレーンブーム先端部機構概要

ンの挙動を監視し、部材取付の際は鷹工の誘導により搬送された部材の細かい位置合わせをおこなう。

自動搬送の範囲は施工階の水平搬送であり、地上より吊荷を垂直揚重し上限まで巻上げた後、取付位置近傍まで既設物および他のクレーンや吊荷を回避しながら自動的に搬送するものである。図-7にシャトルクレーンの稼働範囲と鉄骨の配置を示す。建て込まれた鉄骨などは建込完了の操作により、新たな既設物として認識され、回避の対象となる。

自動搬送する部材の建て方順序、部材寸法、取付位置などのデータをあらかじめ現場事務所においてコンピュータに入力し、中央制御室との間に敷設された光ファイバーを使用したLANにて搬送制御コンピュータに送る。これら自動搬送制御についての詳細は別稿「同題その4」を参照されたい。

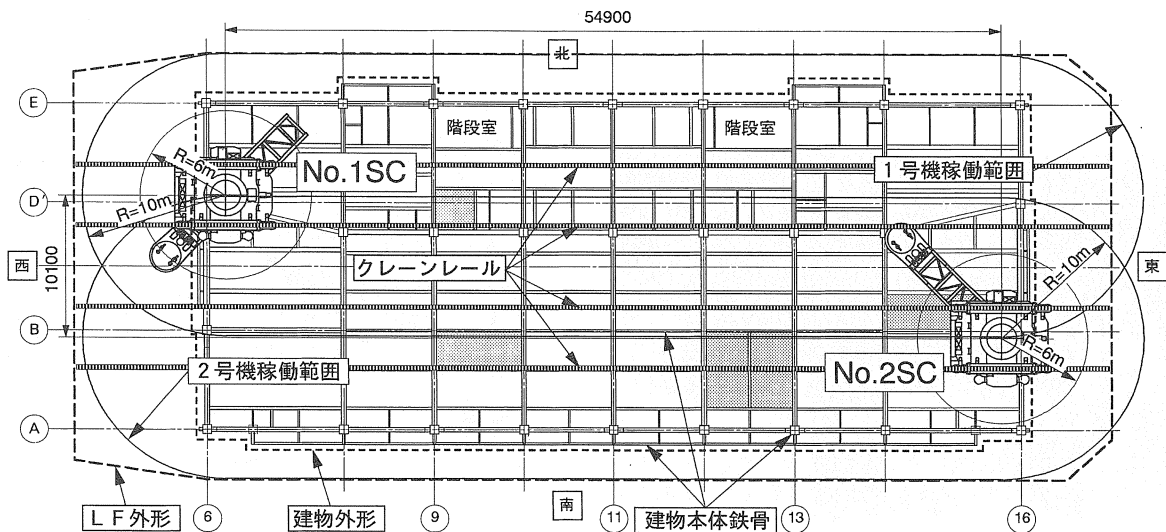


図-7 クレーン稼働範囲

表-5 自動化吊具概要

項目	自動玉外し装置	梁まとめ吊り装置	バランス吊具
概要	<ul style="list-style-type: none"> 高所における鉄骨等の玉掛けワイヤー取外しを遠隔にておこなう シャックル部分のみシャトルクレーンフックに脱着 	<ul style="list-style-type: none"> 鉄骨梁の玉掛け・外しを遠隔で行なう装置であり、かつ一度に3本の梁をまとめて吊る 専用仮置ラックと組み合わせて使用 	<ul style="list-style-type: none"> リフトアップ支柱下など、クレーンが真上から荷を吊る事が出来ない所で荷を偏芯させて吊上げる固定ウェイト式のバランスビーム
用途	<ul style="list-style-type: none"> 鉄骨柱、鉄骨梁 	<ul style="list-style-type: none"> 鉄骨梁 	<ul style="list-style-type: none"> 外壁石装パネル（PC板）
概念図			

5. 機械化・自動化要素技術

本システムの要素技術は各種吊具、溶接ロボット、柱建て入れ調整装置などであるが、資材搬送に直接関係する吊具について簡単に述べる。

資材搬送および取付作業の効率向上のため、吊具の開発はクレーンの自動化とともに重要である。本システムでは吊具をクレーンのアタッチメントと考え、用途に応じた吊具の開発を並行して進めた。

なお、これらの吊具は今後の展開を考慮し、在来施工においても有効であることを念頭に置いた。各吊具の概要を表-5にまとめて示す。

この中でバランス天秤は、シャトルクレーンのビーム状フックの特徴を最大限に応用し、カウンターウェイトを移動することなく、負荷・無負荷いずれの状態においても天秤が水平となる機能を持っている。

各吊具の詳細は、別稿「クレーン吊具の自動化開発(その2)」を御参照願いたい。

6. 施工状況

95年12月に一部のフレームによるモックアップテストをおこなった。機械面ではリフトアップ装置および制御の確認を行ない、いくつかの改善を実施したのち、96年2月から現場でのシステム組立を開始した。

6.1 施工概要

(1) 適用建物

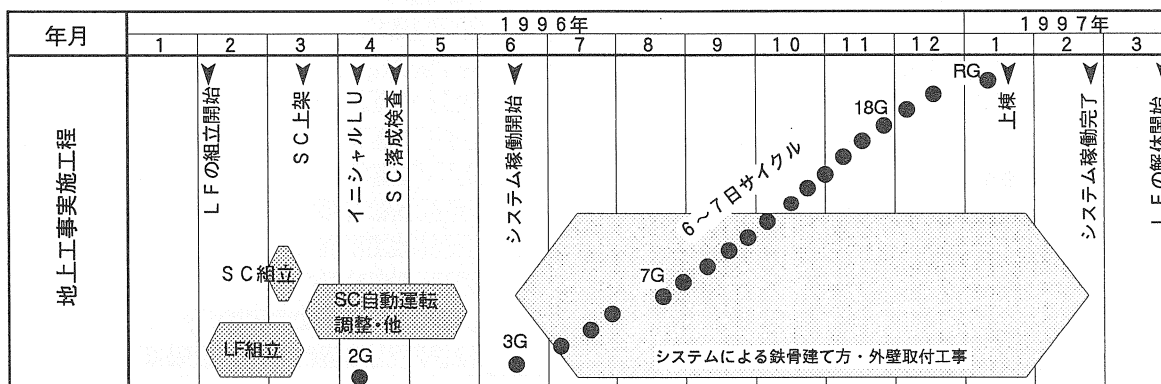
本システムは鉄骨造20階建の複合施設(事務所、住宅、店舗、他)に適用した。建物詳細は別稿「同題その1」を御参照願いたい。

(2) 実施工程

96年6月中旬からシステムを適用し、97年1月上棟を迎え、現在システムの解体をおこなっている。

側壁フレーム下部の取付が完了した8月中旬以降、自動化施工を6~7日サイクルでおこなった。表-6に地上工事の工程を示す。

表-6 システム適用の実施工程



SC : シャトルクレーン LF : リフトアップフレーム LU : リフトアップ

6. 2 リフトアップ装置の適用状況

6. 2. 1 組立

リフトアップ装置の組立は、カンヌキなどを先組・取付した支柱フレーム基部をレベル調整をおこない地上に据え付けた後、この上に支柱フレームおよび屋根フレームを組み立て、最後に上下のクランプ装置と一体化したメインシリンダを支柱フレーム中央に吊り込むという手順でおこなった。油圧ユニットおよび制御装置は屋根フレームに順次設置し、最後にまとめて配管・配線工事をおこなった。

6. 2. 2 運用

屋上階にリフトアップフレームを載せるまで20回のリフトアップを実施した。中央制御室およびリフトアップ制御画面を写真-4、5に示し、運用結果を以下に述べる。

(1) リフトアップ作業時間

図-8にリフトアップ作業時間の実績を示す。

2階から7階までの低層階のリフトアップは、地上の敷地境界近くまで側壁フレームがあり、地上の仮設設備との干渉が予想されたため、細心の注意を払ってリフトアップを実施した。この結果、この期間のリフトアップ作業は時間を要している。

正味のリフトアップ時間は、階高の大きい1階、2階および18階が長い。基準階では階高が一定であるため時間も計画通りの約1時間とほぼ一定となった。

このことは、当初よりリフトアップの制御が最適におこなわれたことを示している。

(2) 梁ブラケット荷重支持の効果

梁ブラケットにてリフトアップフレームの荷重を支持しているため、リフトアップ完了後、一斉に10組のシリンダを上昇・待避できた。また反力柱建ての際、柱を踏替える必要が無いため、リフトアップ装置の操作は不要であった。

(3) リフトアップフレームの挙動

本方式による建て方において、建物本体の躯体精度は基準を上回る結果となった。これに伴いリフトアップフレーム長辺方向の水平変位はリフトアップ中最大で5mmあったが着床後は3mm以内となり、さらにリフトアップの繰り返しによる変位の累積も無かった。

6. 2. 3 改善課題

リフトアップ装置では作業が中断するような問題は発生しなかったが、改善すべき点があるので以下に述べる。

(1) 柱頭レベルの調整

リフトアップ開始の際、10組のメインシリンダストロークをほぼ同じ値に揃えるため、反力柱天端のレベ

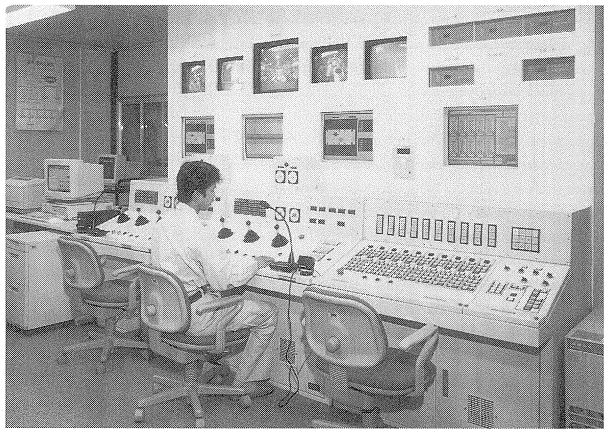


写真-4 中央制御室

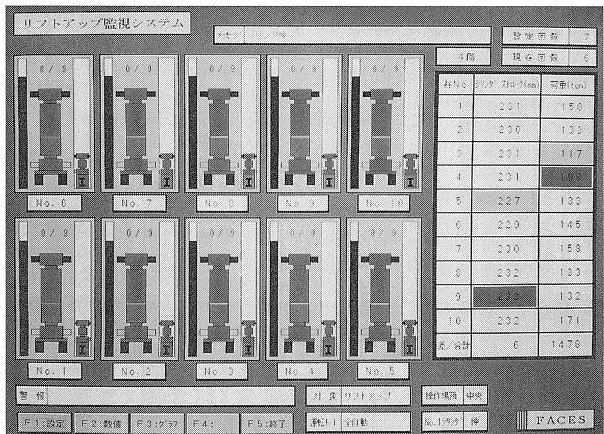


写真-5 リフトアップ制御モニタ画面

階数	1	2	3	4	5	6	時間
20F	1.2						
19F	1.5						
18F	1.9						
17F	1.5						
16F	1.4						
15F	1.2						
14F	1.3						
13F	1.8						
12F	1.4						
11F	1.7						
10F	1.6						
9F	1.8						
8F	1.8						
7F	2.0						
6F	2.4						
5F	2.3						
4F	2.5						
3F	4.2						
2F	4.9						

図-8 リフトアップ作業時間

ル調整をおこなった。あらかじめ計算にて調整用シムの厚さを算出し、敷設してレベル調整した後、リフトアップ制御画面のシリンダストロークにて確認した。

(2) 梁ブラケットレベル調整

リフトアップ完了の際、着床する梁ブラケットレベルは、カンヌキ荷重が設計値を基準とした一定の範囲内に入るように荷重管理による調整をおこなった。

これについてもシムによりレベル調整をおこない、支柱フレーム軸力計測により確認した。

今後、この2点の作業は機械化・自動化することなどにより省力化を図る必要がある。

6. 3 資材搬送装置の適用状況

6. 3. 1 組立

シャトルクレーンは地上にて2台を組み立て、引続き重量物据付に使用する油圧リフト装置を用い、屋根フレームに走行レールごと持ち上げて取り付けた。

組立作業の省力化を図るため、工場で仮組した後、陸路で運搬可能な最大の寸法に分割して搬入した。

6. 3. 2 運用

クレーンは主要機能の調整、労働基準監督署による落成検査の後、側壁フレームの取付、地下工事などと並行して自動搬送の調整をおこなった。計画機能などに関する施工への適用結果について述べる。また、写真-6に鉄骨建て方時の搬送制御画面を示す。

(1) シャトルクレーンの機能

機能使用実績(回数)を図-9に示す。グラフに示す様にクレーン基本の機能である巻上が最も多く、次が走行、最少がブーム伸縮(シャトル)機能である。

この頻度の差は、建築面積に対するクレーン稼働範囲の関係などと考えられ、今後の検討課題である。

(2) 施工能率

図-10に主要搬送対象の搬送作業時間を示す。鉄骨建方におけるタワークレーンの搬送時間は、一般に1部材あたり15~20分程度であるが、シャトルクレーンの搬送時間もこれとほぼ同等であった。また、吊荷の姿勢制御機能の活用および荷振れの減少などにより、取付作業における安全性向上と省力化を実現した。

小梁は、一部を除いて梁まとめ吊り装置による搬送をおこなったため、大梁に比較し約半分の作業時間となった。

(3) 自動搬送

自動搬送制御は施工階の水平搬送に適用した。大梁における自動搬送と手動搬送の作業時間比較グラフを図-11に示す。この結果、自動搬送による作業時間は、オペレータ手動による作業時間より約5%短縮しており、制御が有効に機能していたと判断できる。

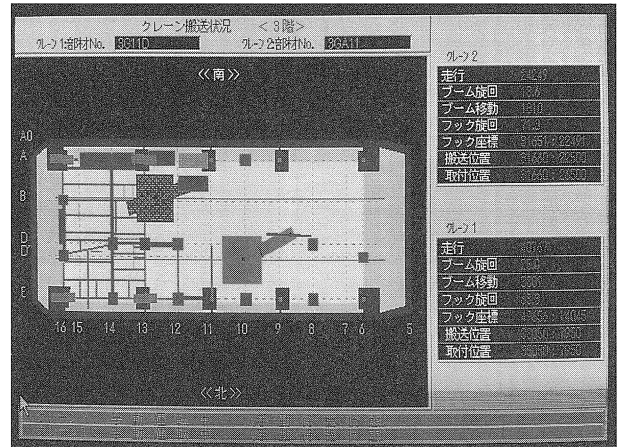


写真-6 搬送制御画面

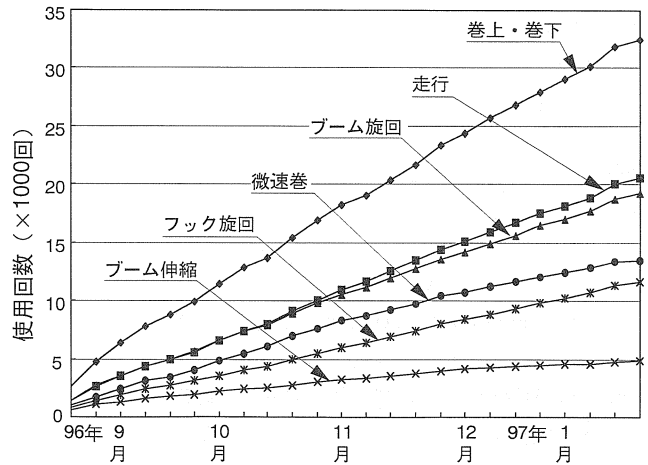


図-9 クレーン機能使用実績 (1号機)

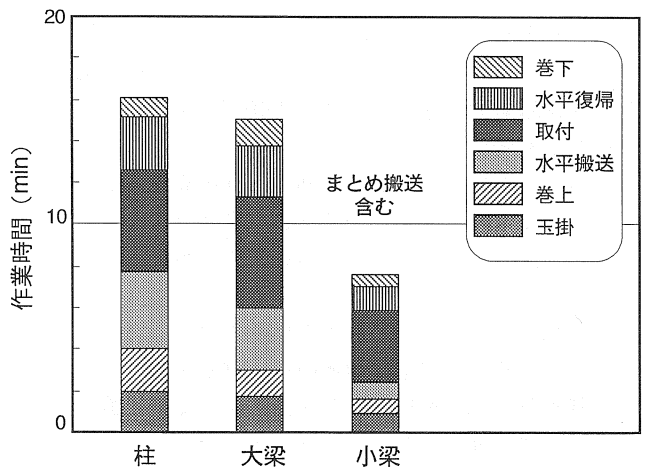


図-10 鉄骨部材搬送時間

また、自動搬送適用率の結果を図-12に示す。調査を実施した12階および14階において、雑揚重も含めた搬送物全体では適用率が25%程度であるが、鉄骨

部材では40%以上となり、さらにこの中で大梁の適用率が高かった。50%前後の結果となった。

大梁は柱等に比較し、長さがあるため搬送時の軌跡は大きな面積を占め、搬送作業には多大な注意を必要とする。この大梁がもっとも自動搬送の適用率が高い結果となったことは、必要性の高さを示している。

今後は自動搬送の適用率をさらに向上させるため、今回得られた結果の解析を進める予定である。

(4) 垂直揚重・水平搬送一体方式

一体方式は移載作業が無いなど搬送効率が高いが、垂直揚重時に風の影響を考慮する必要がある。このため、重量の割に風圧面積の大きいガラスカーテンウォールユニットは、工場にて運搬と現場での立て起こしに使用する専用架台に収納し、強風時はこの架台ごと水平状態で施工階に揚重し、施工階で立て起こしをおこなった結果、強風による作業中止は発生しなかった。

(5) 機械の保守管理

シャトルクレーンは、リフトアップ装置より多くの機構を有しているため、保守管理が重要となる。施工中、主巻ドラムのワイヤー乱巻が発生したが、予防的な保全を実施することにより、現場工程に影響をおよぼさずことなく施工を完了した。

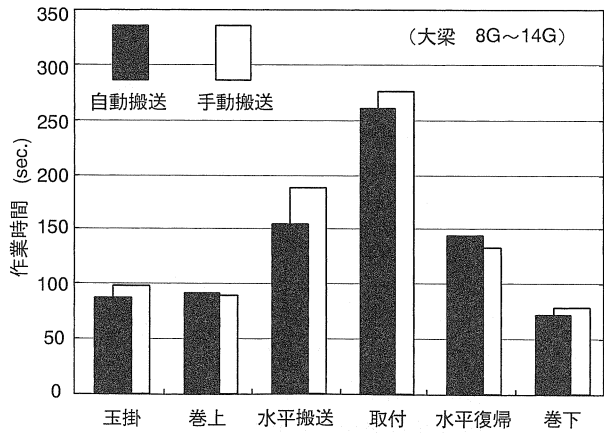
一方、保守管理には体制を作ることも重要である。

本システムではシャトルクレーンのオペレータに、知識と経験を有する関連会社の技術系職員を配し、さらに開発要員が常駐することにより、両者一体となって機械全般の保守管理をおこなったが、この体制により的確な対応が可能となった。

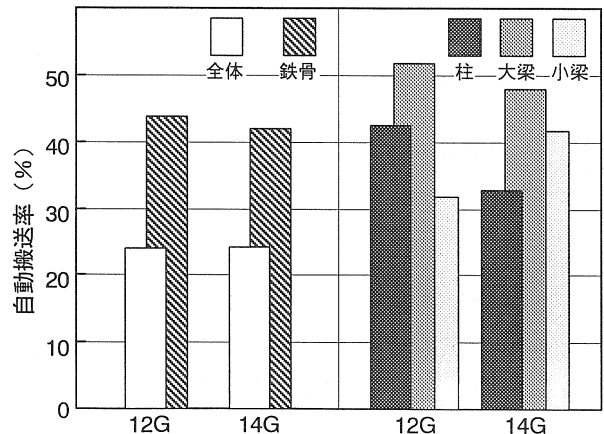
7. まとめ

本システムの基幹技術であるリフトアップ装置および資材搬送装置の開発および施工適用結果について以下にまとめる。

- ①本リフトアップ装置は、建物本体の躯体鉄骨を精度よく建て込むことができ、20回リフトアップした後においてもフレーム自身の水平変位は累積しなかった。
- ②リフトアップの手順および制御方法は適正であったが、リフトアップ開始時および着床時のレベル調整方法は、今後機械化・自動化による改善をはかっていきたい。
- ③シャトルクレーンによる垂直揚重・水平搬送一体方式は、施工方法の工夫などにより風による作業中止も無く、移載が無いことから作業人員も少ない結果となった。
- ④シャトルクレーンに装備したほとんどの機能は有



図一 1 自動・手動搬送作業時間比較



図一 2 自動搬送適用率

効に使用されたが、使用頻度に差があった。

- ⑤自動搬送は有効に機能したが、今後さらに適用率を向上させるため、適用結果の解析を進める。

シャトルクレーンをはじめとする施工機械は、人との協調作業の中でその機能が問われ、高い効率を得られるか否かがきまる。それゆえ機械の個々の機能や自動化のレベルは、人の側から見て感性に合致したものであることが重要であるとともに、逆に人の側にも自動化機械側から要求される質の変化が求められる。

本システムを構成する機械化・自動化技術は、適用結果から判断すると、概ね適正レベルであった。

今後、施工システムから個々の施工装置にいたるまでの様々なレベルにおいて、施工の実情に適合した技術開発を進めてゆきたい。