

# 50. 自動ビル建設システムの開発

～リフトアップシステムの開発と施工実験結果～

ハザマ：\*木川田一弥・須沢 覚  
丸山 能生

## 1. まえがき

建設熟練技能工不足への対応や建築生産性の向上、良好な作業環境の確保などを主な目的とした「自動化施工システム」がゼネコン各社で積極的に開発・適用されている。当社においても、1991年より建築生産の合理化、自動化を目指した自動化施工システムの検討を進め、以下のようなシステムから構成される「ハザマ自動ビル建設システム」を提案している。

- ① リフトアップシステム      ⑤ 地下躯体施工システム
- ② 地上躯体施工システム      ⑥ 地下掘削工事システム
- ③ 揚重・搬送システム      ⑦ 統合管理システム
- ④ 仕上げ工事システム

本報は、これらのうち先行開発システムであるリフトアップシステムを中心に、システムの概要および本システムの現場施工への適用性を確認するために行った実大施工実験について述べる。写真-1に実験建物にてリフトアップしている状況を示す。



写真-1 リフトアップ状況

## 2. リフトアップシステムの概要

### 2.1 システムの構成

リフトアップシステムは、先組みした屋上階を施工の進捗にしたがって上昇させるシステムである。システムの構成を図-1に、システムの外形を図-2に示す。また表-1に概略仕様を示す。

### 2.2 システム各部の機能

#### (1) リフトアップ装置

リフトアップ装置は、屋根梁の下面に取り付けて屋根を上昇させるジャッキ装置、屋根上昇中の鉛直・水平荷重を支えるポスト、屋根荷重を既設躯体に伝達する下部上段・下段支持装置から構成される。ポストに設けたピン穴に、上下2段×2本、計4本の四角形ピンを交互に脱着しながら、ジャッキ装置に設けた油圧シリンダを伸縮することにより、屋根を上昇・下降させる。図-3にリフトアップ時の装置の動きを示す。

#### (2) 油圧装置

油圧装置は、リフトアップ/リフトダウンを行うリフトアップシリンダ、角ピンの脱着を行うピン脱着用シリンダ、およびこれらを駆動する油圧ユニットから構成される。

リフトアップシリンダには、通常はシリンダとピストンがメカニカルロックされているベアロックシリンダを用いている。シリンダ作動時には、ピストン周囲に高圧の作動油を送り、シリンダを弾性変形

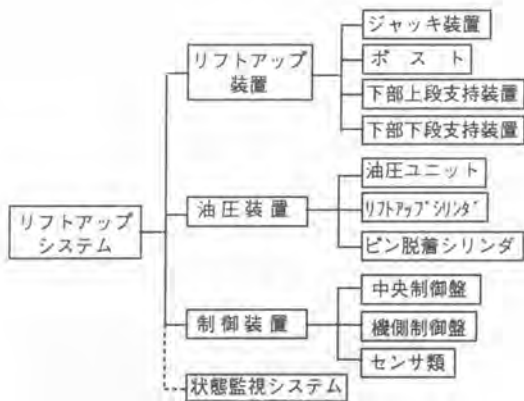


図-1 リフトアップシステムハード構成

表-1 リフトアップシステム仕様

分類	項目	主な仕様
リフトアップ装置	システム適用階高	3,700~4,400mm
	許容荷重	鉛直荷重50t, 水平荷重10t
	最大揚程	9m
	ポスト形状・寸法	□700×19×17,700mm
	リフトアップ速度	30cm/min
	リフトアップ同調精度	偏差20mm以内
	下部支持装置	モートルシリンダ駆動
油圧装置	リフトアップ装置重量	約20t (1ポストあたり)
	油圧ユニット数量	1台 (1ポストあたり)
制御装置	リフトアップシリンダ	油圧ベアロックシリンダ 推力25t×2セット/ポスト
	中央制御盤台数	1台
	機側制御盤台数	1台 (1ポストあたり)

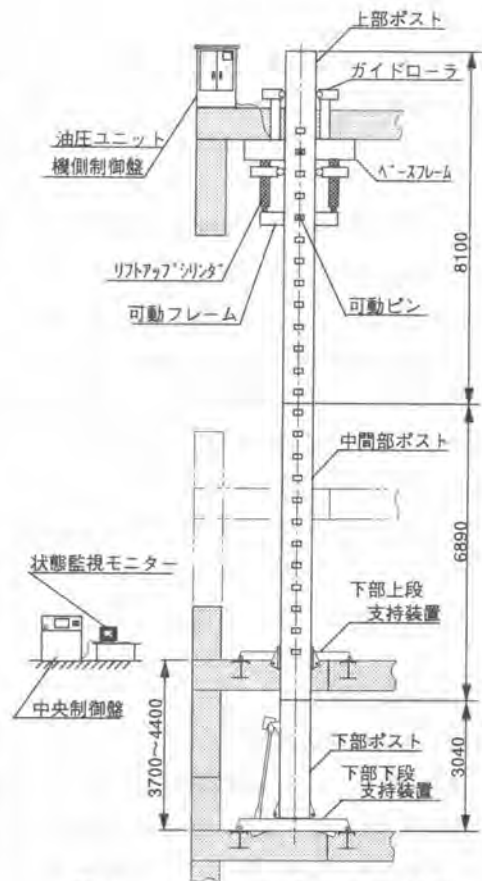


図-2 リフトアップシステム外形

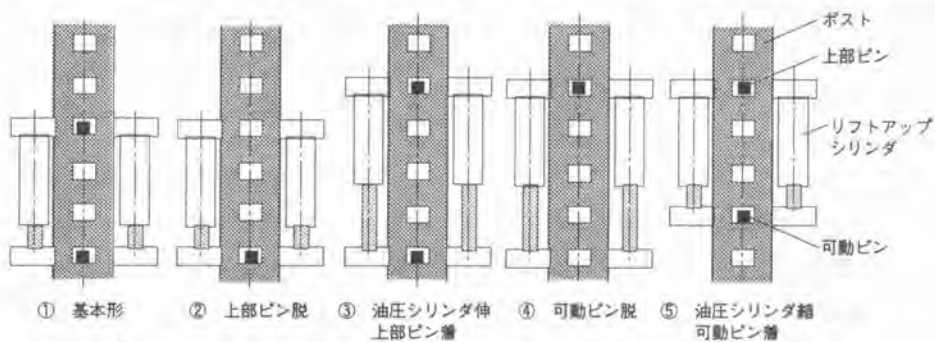


図-3 リフトアップ装置の動作

させて(膨らませて)ピストンを移動させるものである。これによって、何らかの油圧トラブルが発生した際にも、シリンダの落下を防止できる安全性の高いシステムとなっている。

油圧ユニットは、各ポストに1台ずつセットして、油圧ユニットと各油圧シリンダ間のホース配管作業を容易にただけでなく、各現場での必要ポスト本数の違いに柔軟に対応できるようになっている。

### (3) 制御装置

制御装置はシステムの操作を行う中央制御盤と、各ポストに配置した油圧ユニットと一体化されている機側制御盤、制御盤にシステムの状態信号を送るセンサ群から構成される。中央制御盤と各機側制御盤は、データ通信の高速化とノイズに対する信頼性を向上させるため光ケーブルで接続している。

### (4) 状態監視モニター

リフトアップシステムの中央制御盤に表示される情報は文字/数値情報であり、オペレータがシステムの状態を直感的に把握することが難しい。そのため、システムの状態を視覚的に把握する目的で、中央制御盤に取り込まれる情報から約500点のデータを選択し、RS-232C通信インターフェイスを介してモニター画面にリフトアップ装置の状況、屋上階の移動状態などをグラフィック表示したものが状態監視モニターである。写真-2に代表的な表示画面を示す。

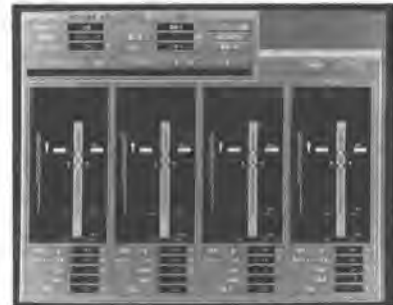


写真-2 リフトアップ装置状態表示画面

## 3. 実大施工実験

### 3.1 実験建物の概要

実験建物は、一般的な鉄骨構造物のスパン割をもつ事務所ビルの、最上階から4層分を取り出したものとした。実験建物の概要を以下に、実験建物を図-4に示す。

実験場所 ハザマ技術研究所屋外実験場

実験期間 1994年1月～1994年10月

構造規模 S造 地上4階

建築面積 82.5㎡

延床面積 330㎡

最高軒高 15.4m

柱間隔 11.0×7.5m(各1スパン)

基準階階高 3.85m

### 3.2 施工実験内容

実大施工実験における調査・計測項目を以下に記す。

- ① リフトアップシステムの設置に要する時間、人員、重機の把握
- ② サイクルタイムの計測
- ③ ポスト設置精度の確認
- ④ 状態監視モニターの性能把握

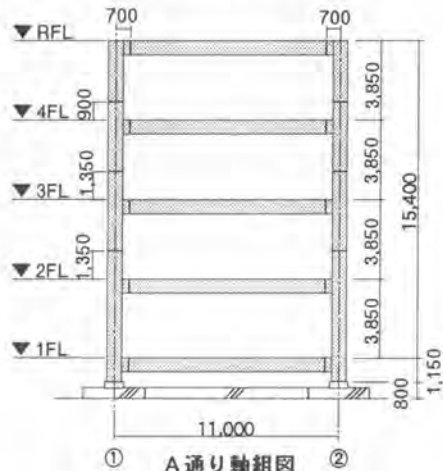


図-4 実験建物

⑤ リフトアップシステム運転中の騒音

⑥ リフトアップシリンダの耐久性

なお、今回の実験では、「揚重・搬送システム」を設置していないため、リフトアップシステムの設置および躯体鉄骨の建方はすべて移動式クレーンにより行った。

#### 4. 実験結果および考察

##### 4.1 リフトアップシステムの設置に要した時間、人員、重機

今回の実験規模(ポスト4本)における躯体へのリフトアップシステムの設置から、第1回のリフトアップを実施するまでの所要日数、作業人員および使用した重機台数を表-2に示す。さらに、実験結果を基に工程的に短縮できると思われる所要日数も合わせて示した(実施可能な工程：表中の二重線)。ポスト4本規模の場合、システム設置作業開始から第1回のリフトアップまでに23日を要したが、システム資材搬入時期の適正化などにより、設置にかかる日数を15日程度に短縮できると考えられる。

表-2に示した所要作業日数、人員の実績と短縮可能工程をまとめると表-3ようである。これにより今回の実験程度の施工規模におけるシステム設置の施工性を把握できる。

表-2 リフトアップシステムの設置

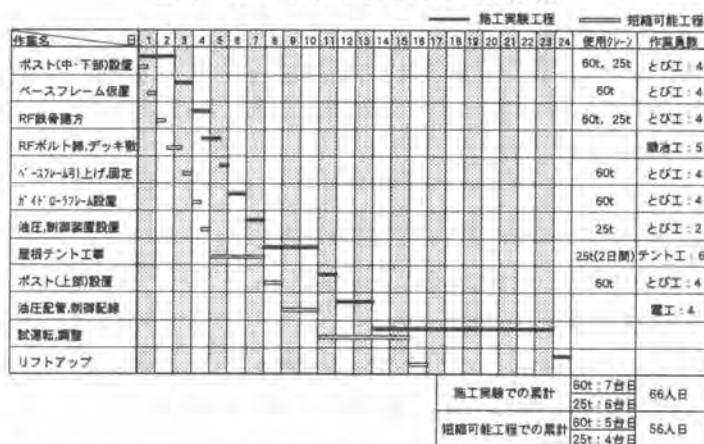


表-3 システム設置のまとめ

項目	施工実験	短縮工程
作業日数	23日	15日
作業人員 (内訳)とび工	66人日	56人日
鍛冶工	30	20
テント工	10	10
電工	18	18
電工	8	8
使用重機 (内訳)60tクレーン	13台日	9台日
25tクレーン	7	5
	6	4

##### 4.2 リフトアップサイクルタイム

リフトアップシステムの稼働サイクルタイムを図-5に示す。図より、一連の動作に必要な時間は5時間20分であり、当初の目標である4時間以内(半日作業)を達成することはできなかった。

また図-6は各作業のサイクルタイムを詳細に示したものである。サイクルタイムの63%がポスト盛替えに伴う作業時間であり、その中でもポスト盛替えに伴う下部支持装置のセット(押ボルトの脱着)が人手を介した作業になっていることもあり、時間を要していることがわかる。

リフトアップ、リフトダウンの各作業は、ポスト本数が増加しても時間的には変わらないのに対し、ポスト盛替えに伴う下部支持装置のセット作業は、作業員をポスト本数に比例して増やさない限り、時間が増加する性質のものであることから、省力化の意味からも下部支持装置セット作業を改善する必要があると考えられる。

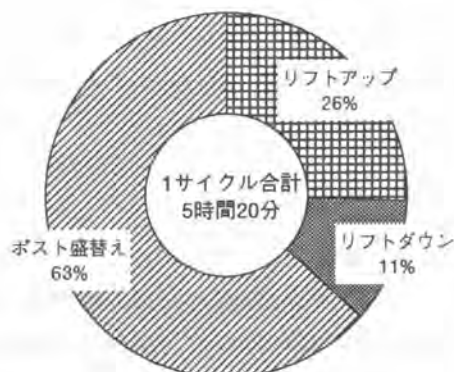


図-5 リフトアップサイクルタイム

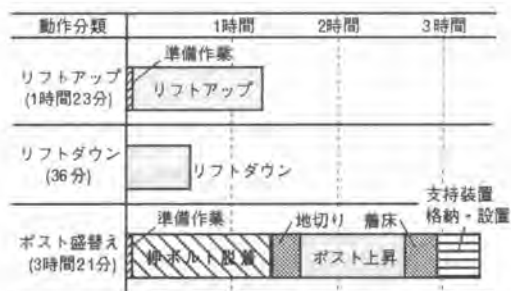


図-6 各作業のサイクルタイム

また、本システムではポスト盛替えのため、リフトアップした屋根を一度リフトダウンする作業が必要である。当初作業時間面でネックになると考えていたこのリフトダウン作業は、全サイクルタイムの11%(36分)を占める程度であり、サイクルタイム上のネックにはならないと考えられる。

#### 4.3 ポスト設置精度

リフトアップの方向を鉛直に保つため、当初の施工においては下部支持装置が設置される梁レベルを計測し、下部支持装置下にシム(ライナー)を入れてポスト鉛直精度を確保した。しかし、その後の施工ではポスト盛替え後、下部支持装置の押しボルトにより、ポスト設置精度を調整できることから、このボルト調整のみでポストの鉛直・水平精度を確保した。

#### 4.4 状態監視モニター

本装置の操作は、立ち上げ時・終了時ともに1~2コマンドの入力操作のみを行えばよいため、コンピュータの操作に不慣れな者でも、容易な取り扱いが可能であることを確認した。

画面表示機能については、システム状態の表示により装置の動きや、ピン、リフトアップシリンダの状態が一目で確認でき、モニター画面の内容だけからシステムの動きを把握することができた。ただし、屋根状態表示については、実際の屋根の移動速度が遅いため、画面上では動きを十分に認識できるとはいえず、画面内へのスケール表示と屋根移動量の数値表示などの、屋根移動状況の認識を容易にする工夫が必要と思われる。

また、今回の実験条件でのサンプリング間隔は3秒以上であれば、任意の間隔を指定できることが実験によりわかった。しかし、サンプリング間隔3秒では、動画の動きが多少ぎこちない感じがすること、数値表示の内容が中央制御盤CRTの表示内容より常に遅れてモニターに表示されることなどの問題もあり、通信データ量が増える場合、あるいはよりスムーズな画面上の動きが求められる場合には、高速の通信インターフェイスの採用を検討する必要があると考える。

#### 4.5 リフトアップシステム運転中の騒音

リフトアップシステム運転中の発生騒音(A特性値)を計測した結果を表-4に示す。施工フロア上の騒音は「ややうるさい事務室」程度であり、実際作業時では騒音発生源である油圧ユニットが8~9m上方へ遠ざかるため、作業上問題のないレベルといえる。一方、屋上階の油圧ユニット側方では「交通量の

多い道路」程度の騒音があり、この場合は、騒音源が遠ざかることはないので、長時間では不快を感じる。したがって、油圧ユニットと同じレベル(屋根上)に中央制御室を配置する場合には、制御室の防音対策を考慮すべきであろう。

表-4 リフトアップシステムの騒音

計測位置	平均値	最大値
施工フロア(4F)中央	76.5 dB(A)	77.8 dB(A)
油圧ユニット側方1m	82.3	83.8

さらに、システム運転中のビルから約10m程度離れた位置(地上1.5m)での騒音を計測したが、システムから発生する騒音を計測できない程度のレベルであった。以上より、本システムから発生する騒音による作業への支障、および近隣への影響はほとんどないと思われる。

#### 4.6 リフトアップシリンダの耐久性

実大施工実験に使用したものと同型のリフトアップシリンダを製作し、工場にて繰り返し作動試験を行った結果、施工実験と同様の荷重条件では、繰り返し作動4,000回でも動作トラブルがなく、また分解調査の結果、内部のパッキン類なども健全であることを確認した。

階高4m、30階建てのビルへの適用を考えた場合、ストローク500mmの油圧シリンダの動作回数は、ポスト盛替えも含めて1棟あたり1,200回程度であることから、現在使用しているリフトアップシリンダは、高層ビル3棟分を施工する程度の耐久性があり、十分な耐久性を有していると考えられる。

#### 4.7 実験で明らかになった課題

本システムを現場へ展開するにあたり、施工実験により明らかになった課題を以下に列記する。

##### (1) リフトアップシステム

- ① 作業時間の短縮および作業性の改善：主にポスト盛替え時の下部支持装置セット作業の改善。
- ② 運転操作の簡易化：中央制御盤表示情報の検討。
- ③ 容易なメンテナンス：ピンなどの摺動部メンテナンスの省力化。

##### (2) 状態監視モニター

- ① 動作フローの表示画面を追加し、現在どの作業が行われているかが簡単に把握できる表示方法。
- ② ポスト本数の増加に対応した表示画面。
- ③ 異常個所の図上表示など、異常発生時における助言機能の充実。

## 5. あとがき

今回の実大施工実験により計画通りの建物を施工することができ、リフトアップシステムの現場施工への適用性を検証することができた。しかし、自動ビル建設システムの主要建築生産ツールである「揚重・搬送システム」については、今回の実験システムに組み込むことができず、性能検証はまだできていない。

今後は、施工実験結果をもとに本システムの改造を検討し、より実用化レベルへ近づけるとともに、揚重・搬送システムの開発を重点的に進め、地上部の躯体施工を行う最小限のシステムを描いて、実現場への早期適用・展開を図りたいと考えている。なお、リフトアップシステムの設計・製作は、住友重機械工業(株)との共同開発である。