

6. 三菱重工横浜ビル1期棟新築工事 におけるT-UP工法の適用

大成建設(株)：古田 新・*多和田哲雄

1. はじめに

建設業界ではこれまで他産業に比べ合理化がなかなか進まず、その生産性や安全性の向上が課題とされてきた。その上いわゆる3K（きつい、汚い、危険）という言葉で代表される作業環境のために若年労働者の入職が減り技能労働者の高齢化をまねいている。T-UP工法はビル建設現場をビル生産工場に見立て建築生産のハード、ソフト技術を機械化に向け変革し、生産性の向上や作業環境の改善を図り3Kイメージを打破するものである。

T-UP工法は1988年より基本コンセプトの研究がはじめられ、1992年4月に着工された三菱重工横浜ビル1期棟新築工事に初めて適用された。最上階部の上昇は1992年12月から実施され、1993年7月に建物の最上部の所定の位置へセットされることにより完了した。



写真-1 T-UP工法の施工状況

2. T-UP工法の特徴

T-UP工法は、建築工法、設計、材料に関する最新技術にメカトロニクス技術を加え、地上でビルの最上階を先に構築し、これをクライムアップさせながら全体を完成させるという、ダイナミックな総合機械化高層ビル施工システムである。この工法は工期短縮、品質及び作業環境の向上、そして省力化など、多くの特徴をもっている。写真-1にT-UP工法の施工状況を示す。

1) 特徴

A) 工期の短縮

最上階部の上下で作業が可能となつて、限られた施工空間を最大限に利用することができる。特にプレプロダクト化された大型部材を利用することにより、揚重作業の効率は飛躍的に向上する。またクレーン等の作業空間も最上階部の上下に区切られているので、建方作業時のクレーン同志の干渉も少なく機械の稼働率が上がる。

B) 作業環境の向上

最上階部により雨天による工事への影響を少なくすることができる。さらに機械化及びプレプロダクト化により建設廃材も減少し、クリーンな環境が得られる。

C) 省力化

機械化により従来の苦渋作業が軽減され、これにより延作業時間も短くなり省力化が可能となる。ま

た工区分けが容易なため作業の平準化ができ、一定の作業員で工事が進められる。

D) 品質の向上

外部工場やサイト工場で高度な品質管理体制の元で製造された大型部品を各階で機械により取り付けする。従って全体として高品位で安定した品質を確保できる。

E) 安全性の確保

建物を1階ずつ組み立てていく積層工法が用いられており、従来の工法に比べ高所作業等が減少し安全性も向上する。また最上階部は工期中の地震や風などの外力に対し十分な耐力を持っている。

2) キーテクノロジー

TUP工法は、最上階の本体鉄骨（ハット梁）を”ボディ”とし、その上下面に設置された天井走行クレーンや走行式ジブクレーンを”アーム”として、上昇のためのコアを自らが組み立てるといった特徴を持った超大型ロボットともいえる。写真-2に最上階部の構成を示す。地上で先行構築された建物のハット梁を上昇させていく技術と、天井走行クレーンは大成建設（株）と三菱重工業（株）との共同開発である。本工法は以下に述べる6つのキーテクノロジーにより構成されている。

A) 支持部先行構築と最上階部のクライムアップ

建物の一部を先行構築しこれを支持体として、地上で組み立てられた最上階部を油圧ジャッキを用いて上昇させる。この上昇作業を躯体のサイクル工程に合わせて繰り返す事により工事をリズムカルに進行させる事ができる。

B) 搬送の機械化

最上階部下の空間では役割分担毎に天井走行クレーンが配置され、これらにより柱、梁、床、外壁などの部材が揚重される。また最上階部により雨天等の影響を少なくすることができる。

C) 各階のロボット作業

下層階においては各種ロボットにより仕上工事、設備工事などが効率よく実施される。

D) 地下・地上工事の同時進行

逆打工法、リバース積層工法などにより地下と地上の工事を同時進行させ工期の大幅な短縮を図ることができる。

E) 地下部分の機械化施工

計測管理技術とリンクした各種の建設機械群の利用により施工のスピードアップを図る事ができる。

F) 資材の部品化とプレプロダクト化

資材の製作を外部工場へと上流移管し品質管理を徹底する。現場では材料ではなく部品を持ち込むものとしアセンブルをサイト工場で行なう。



写真-2 最上階部の構成

3. T-UP工法の適用

大成建設及び他14社の共同企業体は「三菱重工横浜ビル1期棟新築工事」を1992年4月に着工した。これは地下2階、地上33階、高さ151メートル、延床面積約11万㎡の事務所ビルであり、竣工は1994年3月である。工事概要を表-1に、工程表を表-2に示す。また、図-1、図-2はそれぞれ断面図、基準階平面図である。

1) T-UP工法の流れ

続いて本工事におけるT-UP工法の流れを以下に述べる。

- ①はじめにコア部の鉄骨を7階まで先行構築する。
- ②コア周辺部8ヶ所に油圧ジャッキ（能力300トン）を内蔵した上昇装置、ガイド柱を設置する。
- ③地上で最上階部の鉄骨（以下ハット梁と称す）の地組が行なわれる。そして走行式ジブクレーン及び全天候ルーフがハット梁にセットされる（写真-3参照）。さらにハット梁を少し上昇させ、その下に天井走行クレーンをセットする。
- ④ここで全システムの試運転を行なう。ハット梁は以後生産プラットフォームとして機能し、地上躯体工事サイクル工程を開始する事ができるようになる。
- ⑤ハット梁の上の2基の走行式ジブクレーンでコア部分の鉄骨建方を、下部の2基の天井走行クレーンで鉄骨建方、外壁PC板、ユニットフロアなどの取付けを1階分3日のサイクルでリズムカルに行なう（写真-4参照）。
- ⑥ハット梁が建物頂部に達すると全天候ルーフ及び揚重用のブラケット鉄骨は解体され、また天井走行クレーンも33階スラブ上で解体される。
- ⑦そしてハット梁を頂部躯体にセットし、周辺部の最終躯体工事を行なう（写真-5参照）。
- ⑧塔屋廻りの工事を完了させ、走行式ジブクレーンを解体することにより躯体工事は完了する。

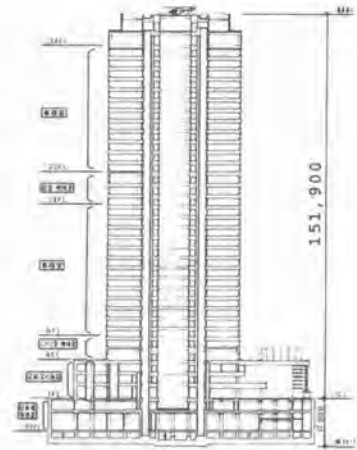


図-1 断面図

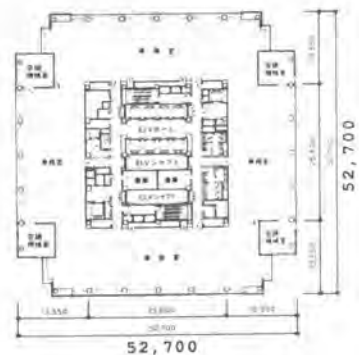


図-2 基準階平面図

表-2 工程表

表-1 工事概要

施主	三菱重工株式会社
設計	三菱重工株式会社 三菱地所株式会社 大成建設株式会社
施工	大成建設他14社JV
工期	1992年4月～1994年3月
敷地面積	20,176㎡
建築面積	6,178㎡
延床面積	110,918㎡
階数	地下2階、地上33階（法定34階）
構造	地下SRC造、地上S造
敷高高さ	151m
用途	事務所、文化施設、店舗

年月	平成4年												平成5年												
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
項目	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎	基礎
重要項目	工																								
地上部																									
地下部																									



写真-3 最上階部の地組状況



写真-4 基準階建方作業



写真-5 最上階部のセット

2) T-UP工法を構成する要素技術

A) ジャッキアップシステム

ジャッキアップシステム（図-3参照）の目的は重量約2000トンのハット梁を水平を保ちつつ上昇させることである。上昇はコア鉄骨に支持されたガイド柱（写真-6参照）に油圧ジャッキを組み込み、ガイド柱に設けた側穴にジャッキ上下に取り付けたピンを出し入れさせ、いわば尺取り虫の様な動きで行なわれる。ハット梁の1階分の上昇はジャッキの伸縮を約5回繰り返して行なわれる。8本のガイド柱はコア部周囲にバランス良く配置され、そのジャッキストロークは中央操作室のコンピュータにより制御される。



写真-6 ガイド柱の構成

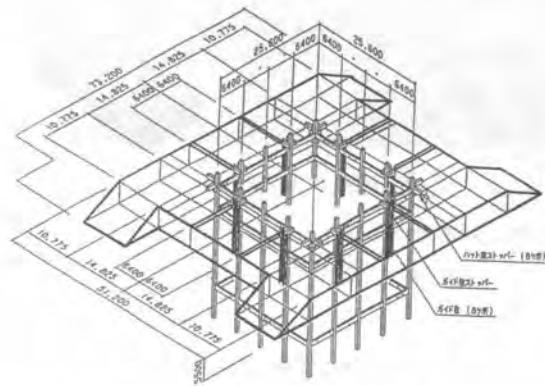


図-3 ジャッキアップシステムの配置

B) クレーン装置

天井走行クレーン（写真-7参照）はハット梁下を自由に移動し、外周部の鉄骨、床、外壁、設備資材等の揚重・組立てを行う。ハット梁下には吊能力10トンの天井走行クレーン2台と大ガーダー、横行ガーダーがそれぞれ2基ずつ設置されている（図-4参照）。また走行式ジブクレーンはハット梁上を移動し、主にコア部鉄骨の揚重・組立てを行う。ジブクレーンの吊り能力は150 t m、すなわち作業半径15mで10トンである。いずれのクレーンもオペレータからの作業の視認性がよく、安全確認が容易である。また建方場所での部材の取り付け時のワイヤー長さが比較的短い事から吊り荷の安定性が得られる。さらに天井走行クレーンでは吊り荷の動きが平面2方向及び鉛直という3方向に単純化されるためオペレータの負担も軽減でき、安全性の向上に寄与している。



写真-7 天井走行クレーンによる建方作業

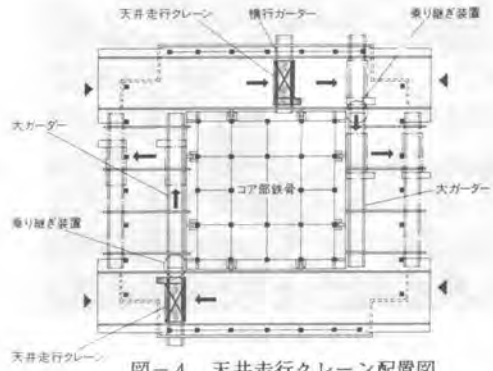


図-4 天井走行クレーン配置図

C) 生産進捗管理システム

T-U P工法においては高層躯体の基準サイクルが3日に1フロアであるため、各種作業の進捗状況を出来るだけ詳細に把握し、各工程の遅れが無いように管理する必要がある。例えば鉄骨の工場製作完了や建方、溶接作業の完了等はきめ細かな工程管理が必要である。生産進捗管理システム（図-5参照）ではスピーディに進む工事の進捗状況を速やかに管理する事が出来る。ハット梁上部と下部に2台ずつ設けられたハンディターミナルにより出来高情報をインプットすると、管理事務所内のモニターにはその出来高が3次元CADにて表示される（写真-8参照）。本工事では施工図のCAD化が実施されており、生産進捗管理システムにおける三次元データもこれを利用したものである。

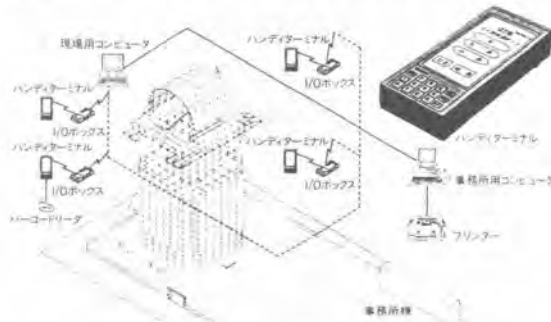


図-5 生産進捗管理システム概念図

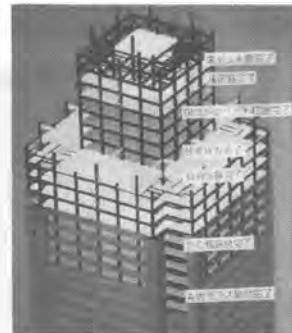


写真-8 出来高表示

D) ハット梁挙動計測システム

ハット梁挙動計測システムでは施工中における環境条件やハット梁の変位、応力状態等の自動計測を行っている。気温や風速等の環境条件（写真-9参照）をモニターすることにより建方作業等の安全管理、溶接作業時の品質管理が容易になる。また各階におけるハット梁の応力状態や鉛直方向変位等はほぼ一定であり、ハット梁が常に安定した状態でクライミング、固定されていることが確認されている。

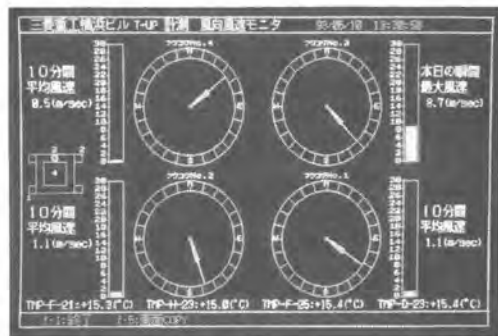


写真-9 風向風速モニター

3) 基準階工程サイクル

T-U P工法の大きな特徴は工期の短縮であるが、本工事では1フロアあたり3日で基準階サイクル工程が組まれている。したがってハット梁のクライミングは3日に1回の割合で実施されている。基準階工程サイクルを表-3に示す。

第1日目にはコア部分では走行式ジブクレーンを使っての鉄骨建方が行なわれる。鉄骨は建物外部から揚重され、クレーンの旋回により建物の内部、即ち全天候ルーフの下へ運搬される。ジブクレーン1基あたりの1日の揚重数量は約52ピースである。一方ハット梁下では外壁PC板の取付け作業が行なわれる。天井走行クレーンはハット梁先端の揚重ブラケット部でPC板を吊上げ、ハット梁内の所定の位置へ運搬する。また、走行レールの直交方向へは天井走行クレーンの乗り移りを行う。乗り移り完了後、天井走行クレーンはPC板を所定の位置へ運搬する。天井走行クレーン1基あたりの1日の揚重数量は約22ピースである。サイクル工程では第1日目にこれら2つの作業が同時に行なわれる。

第2日目にはコア部分では鉄骨の本締め・溶接作業が行なわれ、またハット梁下の建物外周部では鉄骨建方が行なわれる。さらに部分的に大組みされたユニットフロアなどの取り付けが開始される。天井走行クレーン1基あたりの1日の揚重数量は約44ピースである。

第3日目はコア部分では引き続き鉄骨の溶接作業が行なわれ、ハット梁下ではコーナー部分の鉄骨部材などが取り付けられる(1基あたり約26ピース)。コア部分の溶接作業が完了すると、上昇装置であるガイド柱が1階分上昇する。そして次にこのガイド柱に沿ってハット梁のクライムアップが行なわれる。写真-10にこの上昇作業が行われる中央操作室を示す。

4. おわりに

今回の三菱重工横浜ビル1期棟新築工事では従来の工法では30カ月が必要と考えられた全体工期をT-U P工法の適用により24カ月と約20%の大幅な工期短縮を見込んでいる。また現在既に完了した高層部躯体工事はハット梁上部の全天候ルーフにより悪天候の影響をあまりうけずに作業が出来、予定どりの工事進捗が可能であった。

今後はさらに躯体建方システムの高度化、全工事における機械化の推進、プレプロダクト化や情報化の推進を行い本工法の高度化をはかる予定である。

表-3 基準階工程サイクル

建方部位	1日目	2日目	3日目
コア部建方	鉄骨建方 (101ピース) 建入直し・本締め	床・設備資材搬運	
150TM ジブクレーン		溶接	ガイド柱上昇 ハット梁上昇
外周部建方	外壁PC板建方 (44ピース)	鉄骨・ユニットフロア建方 (88ピース)	(52ピース)
天井走行 クレーン	溶接	建入直し・本締め	溶接



写真-10 中央操作室