

55. 全天候型自動ビル建設システムの改良と適用例

前田建設工業(株)：*秋山 直一，後藤 泰三
仁ノ平 栄，白石 正勇

1. はじめに

近年、日本の建設産業は技能労働者の不足や高齢化、労働生産性の低さや景気の低迷を反映した建設コストの削減など多くの問題を抱えている。このような問題を解決するため、当社ではメカトロニクス技術や情報処理技術などを応用し、施工の機械化・自動化を目指す次世代の建設システムとして全天候型自動ビル建設システム（MCCS）を開発した。本工法は1992年に東京都千代田区の世界文化社本社ビル新築工事において第1号の実施工を行い、全天候化や自動化による効果を確認した。その施工結果を踏まえシステムに改良改善を加え、さらに新たな装置を導入、システムの完成へ向けて開発を行ってきた。1996年に改良改善を加えたシステムを、第2号物件として東京都港区の三田共同ビル新築工事に適用した。

本報では改良改善を加えたシステム、三田共同ビルにおける適用概要について述べる。

2. システム概要

2. 1 システム構成要素

CF（クライミングフロア）は最上階の本体鉄骨を利用した上・下弦材および仮設の斜材で構成されており、それらはマスト（上層部本設柱）で支持されている。CF下部には資材の垂直・水平搬送を行うアクティブクレーン（旋回ジブ式天井クレーン）2基が設置され、各マストにはCFをせり上げるクライミング装置が組み込まれている。また、CF内には各装置を制御するコントロール室が設けられている。これらのシステム全体をシェルターで覆い、全天候化を図っている。また、仕上げ材、設備資材などの垂直・水平搬送を行う自動移載式リフトを設置している。MCCSの主な装置構成を図-1に示す。



図-1 装置構成

2. 2 システムの改良・改善、機能追加

第1号実施工適用後の改良・改善点、機能追加を以下に示す。

(1) クライミング装置

a) 油圧ユニット

マスト下の柱の建方を行う場合、システムの特長上マストを上昇させ、柱を建込みマストを下降させるという作業があり、マスト上昇・下降時間はマスト下鉄骨建方のクリティカルパスになっている。そこで油圧ユニットのポンプ（電動機7.5kw、吐出量45.6ℓ/min）を増設し、マスト上昇速度を0.7m/minを2.45m/minにし、下降速度を0.7m/minを1.20m/minにして、マスト上昇・下降作業のスピードアップを図った。

b) 上部フレーム

鉛直ブレース材の取付け角度の調整ができるようにピン構造とし転用性を図った。また、各部のぜい肉を取り去ったり、ガイドローラの縮小化を行い、全体の軽量化を図った。

c) 中間フレーム

構造のシンプル化を行い軽量化を図った。また、ジャッキストロークの変更に対応できるような構造とし軽量化を図った。

d) 下部フレーム

上フレームと同様に軽量化を図った。

e) キャットウォーク

装置の組立・解体時に仮設足場の組み直し手間を省くために、上部・下部フレームに折り畳み式のキャットウォークを設置した。

(2) アクティブクレーン

a) 衝突防止機能の導入

アクティブクレーンの作業範囲内にはマスト、シェルター、CFへの昇降階段などが設置されており、また、2機のアクティブクレーンの作業範囲が重なっているエリアがある。このため、クレーンとマストやクレーン同士の衝突が発生する危険性がある。そこでこのような危険を防ぐために衝突防止機構を導入した。この衝突防止機構はアクティブクレーンから送られてくる位置情報を元に、コンピュータのモニター上にアクティブクレーンの位置を表示し、その周りに停止エリア、減速エリアを設け、その各エリアが障害物や他方のアクティブクレーンと重なり合った時に警報の発令や自動停止を行い、衝突を防止するものである。

b) 操作場所の変更

世界文化社では主となる操作は機側で行っていたが、荷取りの様子を確認できないなどの安全上の問題があった。そこで今回はコントロール室で手動・自動運転をできるようにした。なお、機側の無線機では非常停止をかけることができるようにし、安全性の向上を図った。

c) ランウェイガーダの改造

ランウェイガーダとランウェイガーダブラケットの間に吊りビームを設置し、建物寸法の変更に対応できるようにして転用性を図った。また、ランウェイガーダのレールの一部を走行ガーダ上架・解

体用の取外し可能なレールに改造して作業性の向上を図った。さらに、組立・解体の作業性や安全性を高めるため点検歩道を設置した。

d) 走行ガードの改造

トロリー上架・解体のために取外し可能なレールに改造して作業性の向上を図った。また、点検歩道を設置して安全性を高めた。

(3) 組立・解体が容易なシェルターの採用

組立・解体時の安全性の向上と作業性の効率化を図ることを目的に、ワイヤーによる吊り下げタイプの構造に変更した。また、シェルター内部で最上階部の外壁取付けをできるようにし、シェルターの解体時には建物が完成した姿を現すようなシェルター支持部の構造とした。

(4) 解体用クレーン (JCC-105) の導入

前回の実施工では、システムの解体時に必要なクレーンを地上からトラッククレーンで組立を行ったが、今回はアクティブクレーンを使用して建屋内部で組み立て、ジブをマストとして上昇し、CFの屋上で走行式ジブクレーンとなるクライミング機構を有するクレーンを導入した。その仕様を表-1、組立ステップ図を図-2に示す。

(5) マスト結合装置の採用

マスト下の柱の建方を行う場合、システムの特性上マストを上昇させ、柱を建込み、マストを下降させ、マストと建込んだ柱を接続させるという作業がある。前回の実施工ではマストとマスト下の柱の接合がエレクションピース方式の高力ボルトによるものとしていたため、接合作業に20分、払し作業に15分の時間を要した。さらに一度使用したボルトはスクラップとなっていた。今回は接合作業に5分、払し作業に3分を目標にマスト結合装置を開発し、接合部の機械化と自動化を図った。外観を写真-1に示す。

表-1 解体用クレーンの仕様

定格荷重 (t)	8~8~4
作業半径 (m)	5.5~13~20
揚程	最大150 m
巻上速度	60 m/min 2t以下
	20 m/min 8t以下
旋回速度	0.47 rpm
昇降速度	伸 0.9 m/min
	縮 1.4 m/min
走行速度	4.8 m/min

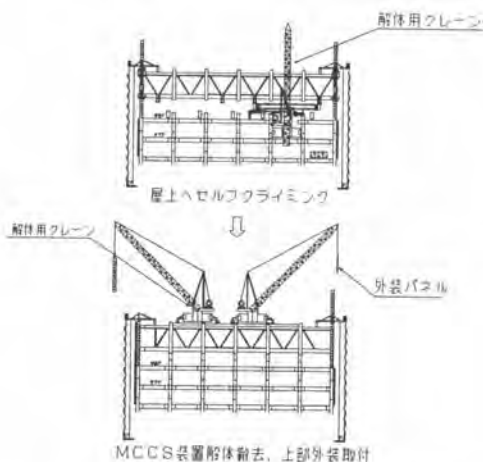


図-2 解体用クレーン組立ステップ図



写真-1 マスト結合装置

(6) 基準墨出しシステムの採用

基準点が常に施工階でレーザースポットによって表示されるように、遠隔レーザーセオドライ、受光装置、レーザー発振器およびトータルステーションで構成した基準墨出しシステムを開発し採用した。

3. 適用物件

3.1 工事概要

今回のMCCSを適用した工事概要を表-2、基準階平面図を図-3に示す。

3.2 システムの適用

施工手順ははじめに1階床上でCFとなる建物の最上階部を構築し、システムの各装置を取付ける。次にCFをクライミング装置により上昇させ、外部養生材であるシェルターを取付ける。次にシェルターによって囲まれた作業空間内で、CFの下部に設置されたアクティブクレーンにより躯体および仕上げ工事を行う。1フロア分の工程終了後、CFを上昇させ次フロアの工程を行う。以降この作業を繰り返す。最後にマストおよびCFを本設の構造体として固定し、装置を解体して本システムによる工事を完了する。

(1) クライミングシステム

a) CF (クライミングフローアー)

クライミング装置、アクティブクレーン、計測装置およびそれらの制御を行うコントロール室をCFに設置している。当工事のCFは長辺方向37.8m、短辺方向21.4m、面積808.9㎡であり、鉄骨、装置などの総重量は630tであった。

b) クライミング装置

クライミング装置は上部フレーム、油圧ジャッキ、中間フレーム、下部フレームと油圧ユニットからなり、1マストあたり2本の油圧ジャッキを有している。

表-2 工事概要

工事名称	(仮称)三田共同ビル新築工事
建設場所	東京都港区三田2丁目3番地1他
建築主	テコビルディング株式会社 全国電力関連産業労働組合総連合 毛受豊治
設計者	東電設計株式会社 室町都市設計株式会社
監理者	同上
施工者	前田、戸田、奥村建設共同企業体
工期	平成7年4月10日～平成10年3月31日
用途	地下：変電所、地上：事務所、共同住宅
敷地面積	1,647.76㎡
建築面積	951.887㎡
延床面積	10,807.039㎡
階数	地下4階、地上8階、塔屋1階
最高高さ	GL+35.42m
構造	地下躯体：鉄骨鉄筋コンクリート造 地上躯体：鉄骨造



図-3 基準階平面図

表-3 クライミング装置の仕様

ジャッキ推力	100 t	
ジャッキストローク	610 mm	
CF上昇速度	0.30 m/min	
CF下降速度	0.20 m/min	
マスト速度	上昇	2.45 m/min
	下降	1.20 m/min

当工事では1フロア分(3.71m)の上昇で約20分、段取りを含めても40分程度でクライミング作業が完了した。クライミング装置の仕様を表-3に示す。

c) マスト

マストはCF全体を支える支持柱であり、CFの上昇・下降はマストをガイドとして行い、マストには一定間隔でロックピン用の孔($\phi 20$)を設けている。孔の間隔は530mmで1フロアの上昇を7ストロークで行うようにした。システム施工終了後本設の柱(当工事では7階、8階、塔屋の本設柱)となる。



写真-2 柱現場溶接ロボット稼働状況

d) シェルター

シェルターはCFおよび施工空間の外周養生材であり、各装置を雨風から保護するとともに、天候に左右されない快適な作業空間を創り出す。資材搬入のために電動の開閉式ゲートを2ヶ所設けている。シェルターの面積は側面が約3,200 m^2 、屋根部が約1,140 m^2 、ゲートは15.1m \times 15.3mである。ゲートの開閉はアクティブクレーンからの命令を主としてオペレータの操作でも開閉できるようにした。

(2) 搬送システム

a) アクティブクレーン

ランウェイガード、走行ガード、トロリ、巻上装置とジブからなり、巻上げ・下げ、走行、横行、旋回および首振りの機能を有している。部材を地上から指定された位置まで垂直・水平に自動搬送し、組立作業に必要な全ての範囲をカバーすることができる。また、衝突防止機構を設けている。

b) 自動移載式リフト、ローリフト

自動移載式リフトは仕上げ材や設備資材などを指定した階から階へ自動搬送する。また、搬器に組み込まれたスライドテーブルにより資材の積み降ろしを自動で行う。降ろされた資材は、ローリフトで指定された位置に自動水平搬送される。

(3) 組立システム

今回の工事では柱現場溶接ロボットを本格的に採用した。以下に本ロボットの特徴を示す。

- ①ワイヤタッチセンシングにより開先形状を自動計測することができる。
- ②1本の柱に対して、2台のロボットで対面溶接を行い、溶接ひずみが小さい。
- ③柱のコーナー部においても連続溶接するため、ムラのない均一な溶接を行うことができ、熟練溶接工と同等以上の品質が得られる。

本工事では600 \square \times 19~25の柱を33本溶接を行った。本ロボットの稼働状況を写真-2に示す。

(4) 計測システム

施工中のCFの高さ、水平変位、鉛直変位、風向風速および気温をリアルタイムに計測し、コントロール室と事務所のディスプレイに表示し施工管理に活用した。

(5) MCCS生産管理システム

本システムはクライミング装置、アクティブクレーンや計測システムなどとネットワーク（LAN）を組み、機械の稼働状況の監視と記録、進捗状況の把握、計測システムの監視と記録を行った。

3.4 システム施工結果

システムの改良・改善、機能追加についての適用結果を以下に述べる。

(1) サイクル工程

a) マスト運転のスピードアップ化によりマスト運転時間は上昇・下降で約30分の短縮効果を得ることができ、またマスト結合装置の採用によりマスト下の柱の接続時間を約30分短縮することができた。この結果、サイクル工程8日を余裕を持って施工することができた。また、サイクル工程を1日短縮し7日サイクルで施工できることを確認できた。

b) アクティブクレーンの衝突防止機構を導入することにより、オペレータの精神的負担を軽減することができた。

(2) 組立・解体工事

a) 各装置・機器の軽量化を図ったことより、組立・解体時のブロック化を行うことができた。

b) 各装置・機器にキャットウォークなどの設備を設けたことによって、作業性が向上し安全に作業を行うことができた。

c) アクティブクレーンのランウェイガードおよび走行ガードに上架・解体用の取外しレールを設置したことにより、上架・解体時の複雑な作業手順を容易にすることができた。

d) ワイヤーによる吊り下げタイプのシェルターの採用により、容易にかつ安全に組立・解体作業を行うことができた。

e) 解体用クレーン（JCC-105）の導入により、アクティブクレーンで解体用クレーンを組立てることが可能になり、超高層物件への対応を確認することができた。

5. おわりに

本工事では、第2号適用物件としての目標をほぼ達成できたと考えている。しかし、生産性の向上、作業環境の改善やコスト低減などに向けて、施工の機械化・自動化への取り組むべき課題は非常に多い。今後、各装置の機能拡大や構工法の改良・開発を行い、次世代の建設システムの一つとして確立していきたい。