

全自動ビル建設システム「ABC S」の開発（その5）

—在来工法を併用したシステムの大規模事務所ビルへの適用—

池田 雄一 淀川 桂

(本社建築本部特殊工法部)

黒田 義博 中本 修司

(本社東京建築事業部)

(本社東京建築事業部)

Development of Automated Building Construction System (Part5)

— Application of System Simultaneously Combining Conventional Construction Method —

Yuichi Ikeda Katsura Yodogawa

Yoshihiro Kuroda Syuji Nakamoto

Abstract

An Automated Building Construction System (ABCS) has been developed for the construction of high-rise structural-steel buildings. It applies the ideas of factory automation to the construction site and allows work to be done in a comfortable factory-type atmosphere, by utilizing automation, robotics, and computer technology in building construction. ABCS integrates the Super Construction Factory (SCF), which provides all-weather warehouse facilities, automated conveyor equipment and a centralized computer control system.

This paper describes the fifth application of ABCS to a 22-story office building, called project O. The building is large and square in plan. We examined the building part of the SCF and compared several application plans in terms of construction period, construction cost and so on. As a result, we decided to build the SCF by partially including the center core of the building, by simultaneously combining the ABCS and the conventional construction method.

概 要

全自動ビル建設システムは建設現場に製造業のFAの概念を導入して、建設工事の自動化・ロボット化・情報化を積極的に推進した建設システムであり、鉄骨造高層ビルを対象とした工法である。作業空間を全天候型のビル建設工場で覆うことによって天候に左右されない工事を実現できる。過去4回の適用工事では、建設業を取巻く環境や工事条件などに合せて、その都度最善と考えられるシステム構築および施工計画を行ってきた。その結果、生産性の向上や作業環境の改善ばかりでなく、工期短縮・労務削減・品質向上・環境保全などの成果を得た。

5回目となる事務所ビル新築工事は、対象が地上22階建てのセンターコアを持ち、平面形状が正方形のビルである。過去の事例に対して、基準階面積が最大で適用階数が最少である。このような特徴を有す工事に対して、ビル建設工場を基準階の部分的に架設して在来工法を併用したビル建設システムの工事計画を行った。本報では、その工事について、主に適用計画時の意思決定プロセスおよび実施計画、適用結果について報告する。

1. はじめに

1989年にシステムの構想を発表した全自動ビル建設システム「Automated Building Construction System (以下、ABC S)」は、継続的に工事適用を重ね、今回報告する最新事例で5度目となる。それらの工事への適用においては、計画・適用時期の時代背景および工事条件やプロジェクトの要求事項などに合せて適用目的やシステムの内容を継続的かつ柔軟に変化させて対応してきた。その結果、これまでの適用工事では、生産性の向上や作業環境の改善ばかりでなく工期短縮、労務削減、品質向上、

地球環境および周辺環境保全などの成果を得た³⁾。

今回、最新事例となる事務所ビル新築工事（以下、O工事）は、過去の適用事例に対して、適用対象のビルの基準階面積が最大で適用階数が最少である（ただし、初回の事例を除く）。このような特徴を持つプロジェクトに対して、全天候型のビル建設工場「Super Construction Factory (以下、SCF)」を基準階全範囲ではなく部分的に架設する在来工法を併用したビル建設システム（以下、併用型ABC S）の工事計画を行った。本報では、そのO工事について、適用計画時の意思決定プロセスおよび実施計画、さらに適用結果について報告する。

2. 工法採用理由と適用工事概要

2.1 工法の採用理由

高層ビルの平面形状・配置およびコアプランを分類するとTable 1のようになる。同表のように高層ビルは敷地の形状や面積の他、諸条件によって大きく3タイプに分類できる。過去の事例はすべて両サイドコア型の板状ビルへの適用であり^{1), 2), 4)}、構工法の適用機会の増加・選択幅の拡大を図るため、両サイドコア型以外のタイプにも積極的に適用検討を進める必要があった。また、ABC Sの工事適用を継続することで工法に関する技術力向上が図れ、関連技術の社内継承をより確実に行うことができる。対象となるビルの平面プランは長尺スパンを持つセンターコア型であるが、ABC Sの継続適用および両サイドコア型以外の平面プランへの対応を主目的として、本工事へのABC Sの採用を決定した。ABC Sの採用によって、在来工法の計画において必要であった大型タワークレーン (900ton・mクラス) が2基不要となり、代わりに社内保有の小型機械を有効活用することができた。

2.2 適用工事概要

適用工事の概要をTable 2に、当該工事を含む再開発地区のパースをFig. 1に示す。同図に示すように大規模再開発地区の建築計画である計3棟のうち唯一の事務所ビルであり (他の2棟は集合住宅)、近接の駅から連絡通路にて接続される計画となっている。建物高さは約100m、建物階数は22階建てである。敷地は鉄道営業線に接しており、周辺への確実な安全確保が要求された。平面プランは、約60m (8スパン) × 60m (8スパン) の大きさのセンターコア型で、外周部は長尺スパン・無柱空間の事務室となっている。ABC Sは構造がSRC造からS造に変化する2階立上り (3階) から20階までの合計18フロアに適用され、今回初めて適用される併用型ABC Sの適用床面積は延床面積の約8割に相当した。

Table 1 高層ビルの平面配置・コアプランの分類
Classification of Core Plan and Plan View for High-rise Building

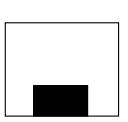
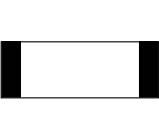
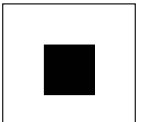
	サイドコア型	両サイドコア型	センターコア型
形状例			
	黒色部分：コア	黒色部分：コア	黒色部分：コア
平面形状	長方形 (正方形)	長方形	正方形に近い
特徴	最も一般的な形状・配置 コア以外は長尺スパン	相対的に物件数が少ない 制振デバイスを利用	大型物件が多い コア以外は長尺スパン
適用件数	なし	4件	なし

Table 2 工事概要
Outline of Project O

階数	地下1階 / 地上22階 / 塔屋1階
最高高さ	99.00 m
延床面積	82,451.20 m ²
建物用途	事務所
平面プラン	正方形 (約60m×60m)
構造	S造 (2階までSRC造)
コア配置	センターコア
鉄骨柱	ノンブラケットタイプ (一部ブラケット)
柱梁接合	溶接およびボルト接合
床材	合成デッキ、フラットデッキ
外装材	ガラス組込CW、ルーバー
工期	2004. 10. 01 ~ 2006. 12. 28 (27ヶ月)



Fig. 1 完成予想パース (左から3番目のビル)
Complete Expectation Perspective

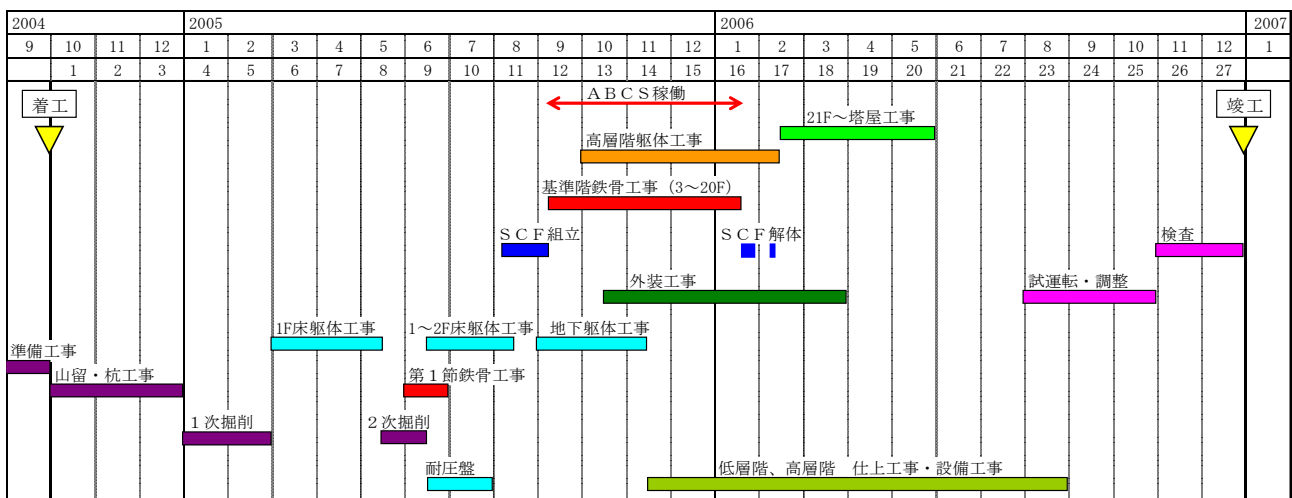


Table 3 全体工程
Total Progress Schedule for Project O

Table 4 SCFの規模と関連工期の関係
Comparison with Past Application for SCF

適用回数	プロジェクト名称	SCF組立期間(月)	SCF解体期間(月)	SCF重量 (ton)	SCF面積 (m ²)
2	N1工事	2.0	1.0	2,200	3,670
3	J工事	1.0	0.5	1,600	1,350
4	N2工事	1.5	0.5	2,200	3,360
5	O工事	1.0	0.5	1,200	1,300

Table 5 SCF架設範囲と施工数量比較
Comparison in Detail of Three SCF Plan

計画案	Ⅰ案(東西帯状)		Ⅱ案(コアのみ)		Ⅲ案(コア+東側)		
SCF架設範囲 実線:建物 点線:SCF							
揚重機	ジブクレーン×2基 貨物リフト×1基		ジブクレーン×2基		ジブクレーン×2基 貨物リフト×1基		
SCFクレーン	旋回式×2基 スライド式×1基		旋回式×2基 スライド式×1基		旋回式×2基 スライド式×1基		
揚重・搬送能力	4		2		4		
比較項目	工区	数量	全体比率	数量	全体比率	数量	全体比率
適用面積 (m ²)	ABC S	1,710	47%	830	23%	1,270	35%
	外周在来	1,940	53%	2,820	77%	2,380	65%
基準階ピース数 (個/F)	ABC S	205	60%	141	41%	173	50%
	外周在来	138	40%	202	59%	170	50%
低層階溶接長 (m/F)	ABC S	6,950	64%	4,300	40%	5,625	52%
	外周在来	3,925	36%	6,575	60%	5,250	48%
施工数量バランス	3	2		5		4.5	
総合評価	3.5		2.0		4.5		

3. システム適用範囲と工事計画

3.1 システム適用範囲

全体工程をTable 3に示す。全体工期は27ヶ月であり、最近の大規模事務所ビル新築工事としては標準的な工程であるが、地上階の鉄骨工事に割当てられる期間は約6ヵ月であった。一方、外装材はガラス組込みのカーテンウォール(以下、CW)の計画であった。CWが軽量であるため、コンクリート打設・養生後のスラブ上に貨物リフトで空き時間に揚重したCWをクローラ式のミニクレーンで取付ける計画とした。以上から、外装工事において大型揚重機が不要となったため、大型揚重機に関する稼働スケジュールの柔軟性が増すことが予想できた。また、外装工事にSCFクレーンを利用しない計画としたため、SCFを建物全体に架設する必要がなくなり、部分的に架設するという選択肢が生まれた。

3.1.1 SCF架設範囲の概略検討 全体工程において地上階の鉄骨工事に割当てられた期間が約6ヵ月であった。そのため、ABC S関連工事の目標工期として、SCF組立工事を1ヵ月、基準階鉄骨工事を4.5ヵ月、SCF解体工事を0.5ヵ月とそれぞれ定めた。過去の事例におけるSCFの重量および面積と工期の比較をTable 4に示す。同表から目標工期を満足するためには、J工事と同程度の規模(重量、面積)を有すSCFが適していることがわかる。センターコアの面積が約800m²であることから、SCFの架設範囲に含める計画とした。その理由は、コア部には部材ピース数が多く、開口部を多く有

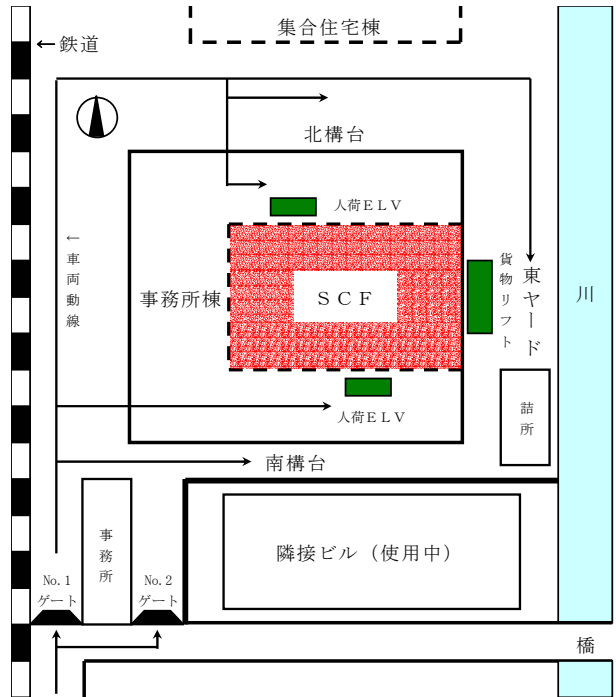


Fig. 1 総合仮設計画概要図
Situation around Construction Site

すため、施工性・止水性の点において、SCFを架設してABC Sにより施工するメリットが非常に高いからである。また、SCF屋上に設置するジブクレーンを並列搬送システムに組み込み、SCF架設範囲(以下、ABC S工区)への揚重およびそれ以外の範囲(以下、外周在来工区)の鉄骨建方に有効利用する計画とした。

3.1.2 SCF架設範囲の詳細検討 外周在来工区の鉄骨工事を積層で行い、ABC S工区と同一作業階で並行して進めることで工区境に設置する仮設設備が不要となり、作業床の段差をなくすることができる。その結果、ジブクレーンで揚重した資材をABC S工区に取込むことが可能になり、ABC Sの高い作業安全性を外周在来工区にも拡大できる。以上から、両工区の鉄骨工事を並行して進めるためには、両工区の施工数量バランスが重要となる。ここでは、鉄骨工事の工程に特に影響を与えると予想された1フロアあたりの鉄骨ピース数および隅肉溶接6mm換算の溶接長総和を比較項目とした。SCFをコア周りの東西方向に拡大・縮小して架設するⅠ~Ⅲの3つの計画案について、揚重・搬送能力およびABC S工区と外周在来工区の施工数量について比較検討した結果をTable 5に示す。同表に示すように揚重・搬送能力および施工数量バランスを総合的に判断した結果、第Ⅲ案のようにSCFを架設することに決定した。

3.2 総合仮設計画

総合仮設計画の概要をFig. 1に示す。低層部の躯体工事のボリューム、後施工部分の工事量や全体工程に与える影響など総合的に判断して構台を南北面にそれぞれ架設する計画とした。敷地南西にゲートを2ヶ所設けたが、

Table 6 システム構成と仕様
System Structure and Specification

SCF	29m×44m×4.1m, 約1,300m ² , 約1,200t
クライミング装置	油圧式, 1,960kN/基×12基
SCFクレーン	旋回式×2基, 定格荷重: 13.0t, 揚程: 15m スライド式×1基, 定格荷重: 7.5t, 揚程: 16m
貨物リフト	1基, 定格荷重: 13.0t, 定格速度: 70m/min
ジブクレーン	OTA-230走行式×2基
鉄骨建入計測	トータルステーション+専用システム
SCF位置計測	
生産管理システム	ICタグを利用した溶接施工管理システム
機械制御システム	クレーン衝突防止システム

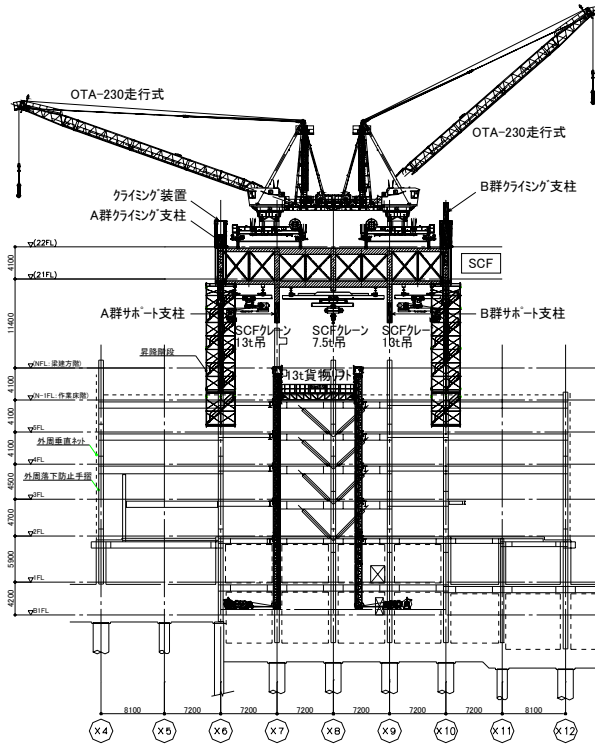


Fig. 2 システム断面図
Cross Section of System

大部分がNo.1ゲートを通過して建物奥へ資材の搬入を行った。このゲートは敷地奥側に位置する集合住宅棟2棟分の車両も通行する。鉄骨工事関係車両は工区ごとに北・南構台, 東ヤードに搬入を振り分けた。1階床躯体工事を先行する簡易の逆打工法を採用した結果, 生コン車両を早期に建物内部に入れるようにして, 搬入動線を大きく分割した。北・南構台に搬入された資材は主としてSCF屋上に設置するジブクレーンで揚重を行う資材であり, 東ヤードに搬入された資材は貨物リフトで揚重する資材である。人荷エレベータをコア付近の外周部に設置したため, 仕上材は建物内部に搬入した。

3.3 ABC Sに関する工事計画

ABC Sでは, 並列搬送システムの稼働効率向上のため, 鉄骨梁部材を専用パレットにパッキングして, 揚重・搬送を行ってきた。パレットに積載できない特異形状を有す梁部材数が少なく, 現場敷地内に専用ヤードを確保できる場合には前日までに鉄骨を搬入して, 現場内の専

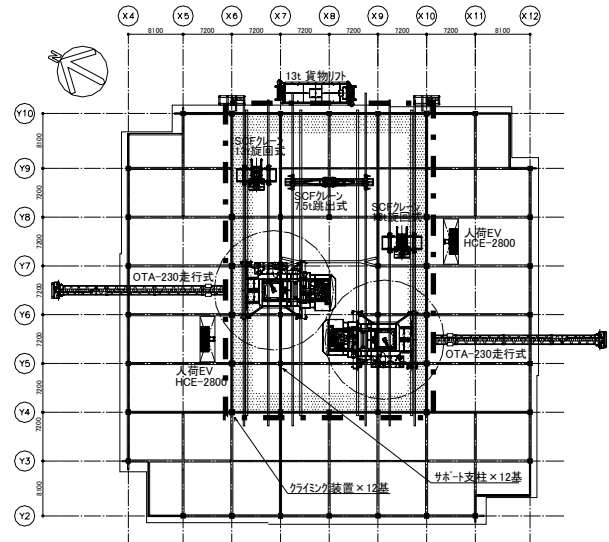


Fig. 3 システム平面図
System Plan of SCF

用ヤードにて梁をパレットにパッキングした^{1), 4)}。また, その条件を満たさない場合には, 鉄骨ファブの工場にてパッキングを行い, 現場搬入を行ってきた²⁾。

本工事では, 現場内にパッキング作業が可能な専用ヤードを確保できないため, 鉄骨ファブの工場にてパッキングする計画とした。鉄骨建方の方法・手順, 各部材の形状, パレットの荷姿などを考慮して工区をABC S工区, 部材を小梁・ブレースのみに限定した。

4. システム適用計画

4.1 システム概要

ABC Sは, SCFや機械設備などのハード技術と施工支援システムなどのソフト技術を組合せて構成される。ハード技術は主にSCFと並列搬送システム, ソフト技術はABC S総合管理システムと計測システムに分類される。システムを構成する要素技術をTable 6に示す。

4.2 システム適用計画

併用型ABC Sを適用した最初の工事であるため, 従来と異なるアプローチでシステム適用計画を進める必要がある。一方, 要素技術である工事機械や外周架構などの仮設材については基本的に転用として, 新規製作が必要な場合は, 自社保有ばかりでなくリースを視野に入れて検討した。システム断面図をFig. 2に, システム平面図をFig. 3に示す。以下, Fig. 2に示すように梁取付階をN階, 作業床のフロアをN-1階と呼ぶ。

4.2.1 SCF SCFは一般に最上階の本設鉄骨を骨組として利用した屋根架構および作業空間の外周を覆い足場を兼ねた外周架構によって構成される。工事計画時にSCFクライミング時のステップごとに構造解析を行い, 必要に応じて補強を施す。1フロアの施工が完了する度に建方の完了した本設柱に反力を取り, SCFを1フロア分上昇させる。

本工事では基準階部分の最上部である21階および22階部分をSCFとした。骨組は本設鉄骨（一部仮設）を利用し、補強や設置される機械などの重量を含めて約1,200tonとなった。クライミング装置は南北面の12本の柱に設置し、この部分の柱を鞘管状の外ダイヤフラム形式とした。建物内部のX7・X9通り柱にはサポート支柱と呼ぶ仮設支柱を取付けた。SCFの屋上には走行式のジブクレーンを東西方向に走行できるように南北に1基ずつ設置した。基準階鉄骨工事時にはABC S工区への揚重の他、外周在来工区の鉄骨建方、N-1階への設備配管ユニット・鉄筋・スタッドなどの先行揚重にも利用した。その他にN-2階の外周PCa床版の敷込みにも使用した。

4.2.2 外周架構 外周架構は外部足場と外周養生の機能を併せ持ち、全天候型の作業空間を構築する重要な設備となっている。部分的にSCFを架設する併用型ABC Sでは、ジブクレーンで揚重した資材をABC S工区へ取込むため、ABC S工区と外周在来工区の工区境に設置される外部足場および外周養生は揚重資材と干渉してしまう。以上のことから、外周架構の設置を見送った。唯一建物外周と接する建物東面には、SCFクレーンの稼働範囲と干渉しない場所に作業床となるN-1階からSCFまでの昇降階段を設置した。

4.2.3 並列搬送システム ABC Sでは、在来工法におけるタワークレーンによる連続した揚重・取付作業とは異なり、揚重と水平搬送・取付を別々の機械で同時並行して行う。主として、揚重を貨物リフトまたはSCFテルハ、SCF内の水平搬送・取付をSCFクレーンで行うのが一般的である^{1), 2), 4)}。

南北の構台がメインの荷捌き場所である。東ヤードは行き止まりで狭く、資材の仮置き勝手も良くない。これらを考慮して、メインの揚重機をジブクレーン、補助の揚重機を貨物リフトとして設置計画を進めた。メインの揚重機をジブクレーンとすると基準階鉄骨で最大重量となる鉄骨柱を揚重するため、230ton・mクラスの揚重能力が要求された。南北の構台からジブクレーンによって揚重された資材は、ABC S工区近傍の外周在来工区に一旦資材を仮置きし、SCFクレーンによってABC S工区に取込む計画とした。SCF内部には北・南側スパンに1基ずつ、中央の2スパンに1基、SCFクレーンを設置する計画とした。外側の2基は柱の建方が可能な旋回式として、ジブクレーンによってABC S工区近傍に揚重・仮置きされた資材をSCF内部に取込めるようにした。中央の1基は柱以外の資材用で両外側スパンへ跳ね出して資材の供給または取込みを可能にした。

4.2.4 計測システム 鉄骨建入精度の計測管理と毎回のクライミングおよびリフトダウン後におけるSCFの位置計測管理を効率良く実施するため、トータルステーションを利用した専用システムを第2回目の適用工事（N1工事）において開発した。本工事への適用に際して、操作端末を従来のペン入力型パソコンから小型の携帯端末（PDA）に変更し、無線遠隔操作機能を追加し



Photo 1 鉄骨工事用足場
Special Rolling Tower for Steel Frame Work

た。また、自動追尾・視準タイプの測量器へ対応可能にしたことにより、計測時の作業性を大幅に向上させた。

4.2.5 ABC S総合管理システム SCFクレーンの安全運行管理を行う衝突防止システム、クライミング装置の自動運転制御を行う機械制御システムなどの他、新たな試みとしてICタグを利用した溶接施工管理システムを試験適用した。施工の各フェーズにおいて溶接施工管理記録を次々にICタグへ追加記録することにより、施工管理の健全性を保ち、品質管理のトレーサビリティを確保することがその目的である⁵⁾。

4.3 構造設計の変化への対応

コア部はフラットタイプのデッキプレートであったが、外周部は合成床タイプのデッキプレートであったため、前回工事のN2工事で使用した軽量ローリングタワー⁴⁾のキャスターでは波形状のデッキプレート（合成デッキ）上をそのまま走行させることはできない。そのため、キャスターを幅広の特殊車輪を複数個配置した専用の走行架台に変更することで合成デッキ上でも走行可能にした。そのローリングタワーをPhoto 1に示す。同写真のようにABC S工区の鉄骨工事を中心に使用した。

5. 工程計画および実施工程

5.1 全体工程

全体工程をTable 3に示す。全体工期は27ヶ月であり、最近の大規模事務所ビルの新築工事としては標準的な工程であるが、低層部は近接する駅から再開発街区の3棟を2階部分で接続する通路があるため、低層部の躯体工事のボリュームは多い。そのため、基準階の鉄骨工事を早期に進め、高層棟を上棟させた後、地上に設置した仮設構

Table 7 基準階鉄骨工事標準工程 (6日)
Standard Schedule for Typical Floors (6 days)

日程	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目
ABC S	C工区			A・B工区		
N階	鉄骨建方		SCFリフトダウン 梁先行揚重	鉄骨建方		SCFリフトアップ 梁先行揚重
N-1階	設備配管ユニット(北)	柱溶接		柱溶接		
外周在来	F・E1工区			D1・D2, E2工区		
N階	鉄骨建方		鉄骨建方			
N-1階	鉄筋先行揚重	柱溶接		柱溶接		
N-2階		外周PCa床版(北)		外周PCa床版(南)		

台を速やかに解体する必要があった。工事の竣工は2006年の12月末の予定である。

5.2 ABC S 関連工程

ABC S の関連工程はSCF組立工事、基準階鉄骨工事、SCF解体工事の大きく3つに分割できる。

5.2.1 SCF組立工事 主として北・南の構台に重機を配置して行った。鉄骨建方および機械・仮設設備組立を行う重機として、北・南面に200tonクローラークレーンと相番機を1基ずつ配置した。これまでの事例の中では初めてとなる柱・梁接合部の溶接があり、鉄骨工事はUTを含めて2工程増加したが、クリティカルパスに重点を置いた工程管理を適切に行ったことにより、SCF組立工事は予定通り約1.0ヶ月で完了した。

5.2.2 基準階鉄骨工事 ABC S 工区および外周在来工区の一連の鉄骨工事のほか、設備配管ユニット取付、鉄筋などの先行揚重、N-2階のPCa床版敷込みなどを含めて6日工程で計画して実施できたが、中盤の11階タクトから5日工程へと工程を短縮した。

5.2.3 SCF解体工事 機械の解体およびSCFと基準階最終節鉄骨との定着作業が中心となる。本設に関連する工事を優先させ、断続的に約0.5ヶ月で完了した。

5.3 基準階鉄骨工事の標準工程

基準階鉄骨工事(N=奇数)の標準工程をTable 7, その工区割りをFig. 4に示す。同図中、A・B・C工区がABC S工区、D・E・F工区が外周在来工区である。ABC S工区では各クライミングステップにおける各柱の荷重負担を平準化させるため、柱の継手位置を半数ずつ2つのグループに分け、隣合う柱同士の柱頭高さを1フロア分ずらした。外周在来工区でも作業量の平準化の目的でABC S工区と同様に柱の継手位置を2つのグループに分けた。標準工程は大きく前半3日と後半3日に分けられる。奇数階

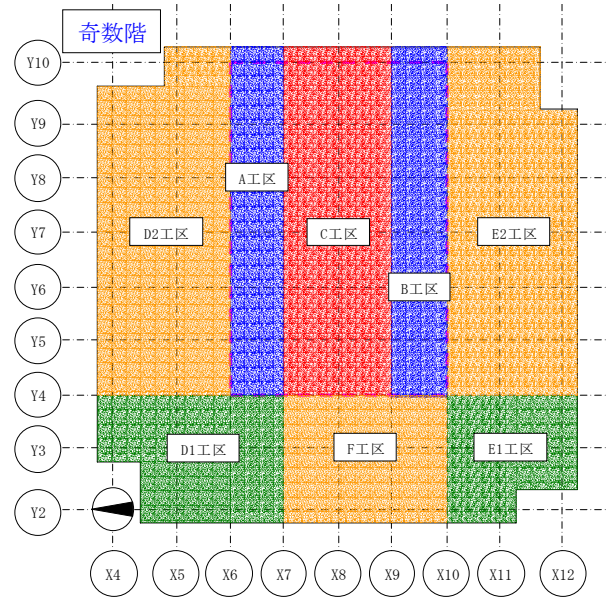


Fig. 4 工区割り
Divided Construction Area

工程では、前半にC工区とF・E1工区の鉄骨工事を中心に行い、後半にA・B工区とD1・D2, E2工区の鉄骨工事を中心に行う。工程計画は、SCFのリフトダウンとクライミングがあるABC S工区を基本的に先行させ、スケジュール通りに工事を完了させるようにした。前半の工事が完了した3日目の夕方にSCFをリフトダウンさせ、X7・X9通りの溶接が完了した柱に荷重をはずれる。後半の工事が完了した6日目の夕方にSCFを1フロア分クライミングさせて、次の偶数階工程へ移行する。

6. 適用結果および考察

6.1 SCF組立・解体工事

6.1.1 SCF組立工事 ABC Sによる基準階鉄骨工事をできるだけ低層階から開始するとSCF組立工事時の作業高さが低くなり、使用する大型クローラークレーンの機種を下げる事ができる。本工事の建築計画上の基準階は5階からであったが、一部吹抜があるものの構造がSRC造からS造に変化する2階立上り(N=3階)から基準階タクト工事を行うことでSCF組立工事時の作業床を4階から2階とすることができた。これにより作業高さを2フロア分(=9.2m)低くすることができ、大型クローラークレーンも300tonクラスから200tonクラスに機種を下げる事ができた。この結果、使用重機の賃貸料の他、構台の架設工事費用のコスト削減にも寄与した。

6.1.2 SCF解体工事 SCFの外周には基準階鉄骨工事で構築した外周在来工区の作業床があるため、大がかりな上下作業区画が不要であり、本設関連工事の作業中断を最小限にすることができた。したがって、過去の工事と比較して、SCF解体工事における作業安全性は大幅に向上した。また、外周架構を設置する必要がなかったため、解体工事作業量を大幅に削減でき、工期を

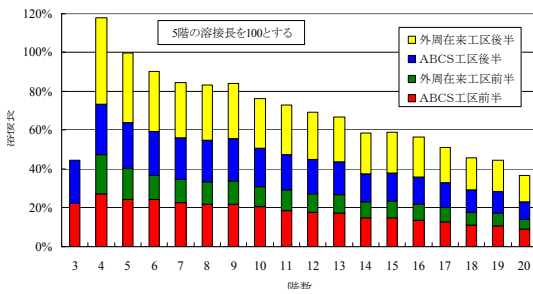


Fig. 5 フロアごとの溶接長の推移
Welding Length Per Floor

Table 8 基準階鉄骨工事短縮工程（5日）
Shorter Schedule for Typical Floors (5 days)

日程	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目
ABC S	C工区		A・B工区		
N階	梁先行揚重 鉄骨建方	SCFリフトアップ 梁先行揚重 鉄骨建方	SCFリフトアップ 梁先行揚重 鉄骨建方		
N-1階	柱溶接	設備配管アクト（北）	柱溶接		
外周在来	F・E1工区		D1・D2, E2工区		
N階	梁溶接（残） デッキプレートまとも（残）	ボルト本締め→梁溶接 デッキプレート先行敷き→まとも	ボルト本締め→梁溶接 デッキプレート先行敷き→まとも	ボルト本締め→梁溶接 デッキプレート先行敷き	7F前PCa版
N-1階	柱溶接（残）	柱溶接	鉄筋先行揚重		
N-2階			外周PCa床版（北）	外周PCa床版（南）	

短縮することができた。外周架構の構築によって生み出される全天候型作業空間はABC Sの大きな適用メリットであるが、併用型ABC Sではそれを構築することができない。今後の計画においても工期短縮効果を得るため、安易に併用型ABC Sを選択するのではなく、プロジェクトごとに工期短縮効果と失うメリットとを慎重に検討した上で外周架構の有無を決定する必要がある。

6.2 基準階鉄骨工事

6.2.1 工程短縮と作業平準化

低層階工事では現場に設置した溶接設備や溶接工の人員を加味して6日工程で工事を進めたが、作業の習熟度や鉄骨板厚減による溶接作業量の減少により、作業時間は徐々に短縮した。フロアごとにおける溶接長総和の推移をFig. 5に示す。低層階では、溶接長が非常に長く、100m/人日以上の溶接施工歩掛りが要求されたが、溶接長の減少とともに全体作業時間が徐々に短縮した。フロアあたりの溶接長や作業終了時刻を考慮して、タクト中盤の10階から前半1日を短縮した5日工程に移行した。その工程表をTable 8に示す。5日工程は、6日工程の前半1日を短縮した工程である。

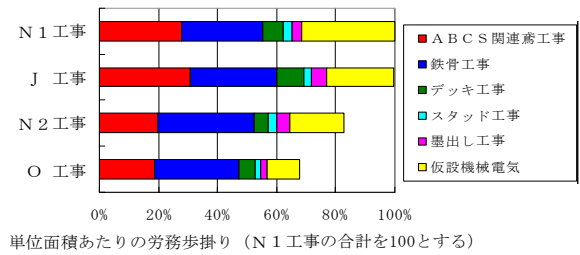


Fig. 6 労務歩掛り比較
Comparison of Labor Per Floor Area



Photo 2 SCF下部の施工環境
Construction Environment below the SCF

N2工事では鉄骨建方を先行させ、本締め・溶接作業と開始時刻をずらし、一連の作業をスムーズに流す工夫をした³⁾。本工事では前階工程の最終に行う梁先行揚重の開始を早め、連続して鉄骨建方を行うことで鉄骨建方と本締め・溶接の作業日をずらし、一連の作業をスムーズに流した。この結果、ABC S工区と外周在来工区との繁忙時期をずらし、作業人員の平準化も合わせて実現した。

過去の事例と本工事における基準階鉄骨工事の単位面積あたりに要した労務の比較をFig. 6に示す。同図において、N1工事の労務歩掛り合計値を100とした。大規模ビルを対象とした最近の4つの適用事例において要した労務は最小値を示した。これは、鉄骨工事を始めとする鳶工の人員の平準化やABC S工事機械のメンテナンスが必要最小限の工数で実施できたことが理由である。

6.2.2 新規適用技術

計測システムでは操作端末をPDAに小型化して無線操作化を行ったことにより、作業性が大幅に向上した。また、測量器に自動追尾・視準機能を持つ機種を使用してSCFの位置計測など一部で自動測量を行い、作業時間の短縮を図ることができた。また、生産管理においてICタグを利用した溶接施工管理システムを試行した。溶接施工に関する管理業務の省力化の他、システムの耐環境性・耐久性なども確認することができた。品質管理におけるトレーサビリティ確保という面で有効性を認められたため、在来工法への展開を検討している⁵⁾。さらに、合成床タイプのデッキプレー

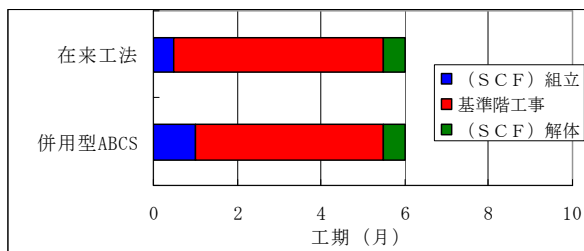


Fig. 7 工程比較

Comparison of Total Construction Period



Photo 3 併用型ABC Sによる施工中の建物外観
Building of Project O under Construction

トに対して、従来のキャスターから専用の車輪を複数個持つ走行架台に変更したことにより、波型のデッキプレート上においてもフラットデッキプレート上と同様に効率良く作業を進めることができた。

6.3 その他の適用効果

6.3.1 作業環境の改善 SCFには外周架構を設置しなかったため、風雨を完全に凌ぐことはできなかったが、数時間程度の雨であれば本締め・溶接作業に支障を来すことなく作業を進めることができた。SCF下部の施工環境をPhoto 2に示す。同写真から、N-1階の作業床はデッキプレートの敷込みが完了し、鉄骨工事用の足場が少ないため、非常に整然としているのがわかる。

6.3.2 事業の宣伝効果 ABC Sのような特殊工法でビルを建設すると少なからずとも世間の注目を集める。本工事では、事業広告と当社の施工に対する心構えを書いたデザインシートをSCF側面に設置した。施工中から積極的に事業の宣伝活動ができるため、テナントビル等の発注者にとっても得られるメリットは増大する。

6.4 在来工法との比較

SCF組立工事、基準階鉄骨工事、SCF解体工事を合せた工程をABC S全体工程と定義する。ABC S全体工程と在来工法による基準階鉄骨工事の工程比較をFig. 7に示す。同図において、在来工法のデータは工事

計画時の予測であり、組立・解体はタワークレーンの同期間を示す。本工事では、基準階が18フロアで少なかったにも関わらず、在来工法と工期はほぼ同等であった。このことから、同規模ビルへの適用工事では、基準階が20フロア以上であれば、在来工法に対して十分な工期短縮効果が得られることが予測できた。

施工中の外観をPhoto 3に示す。同写真のように併用型ABC Sを適用して1フロアごとの積層で基準階鉄骨工事を進めた結果、N-2階でコン止め・スタッド、PCa床版、N-3階で床配筋、N-4階でスラブコンクリート打設、N-6階でCWの取付を行うことができた。在来工法（3フロア／1節）の鉄骨工事に対して、後続の床躯体工事をフロア全体に渡り、早期に着手することができた。また、タワークレーン設置によるダメ穴開口がないため、建物全体の止水性が向上し、早期に仕上工事を着手しても品質的な影響を与えることなく工事を進められた。

7. まとめ

今回、SCFを部分的に架設したABC S工区と在来工法による外周工区を同時並行に工事を進める併用型ABC Sを初めてセンターコアを持つ平面形状が正方形の大規模事務所ビルに適用し、以下の結果を得た。

- 1) 適用階数が大規模現場に適用した最近の4事例中、最少であったにも関わらず、ABC S関連工事に関する工期は在来工法とほぼ同等であった。同規模の建物で基準階が20フロア以上であれば、併用型ABC Sは在来工法に対して工期短縮効果を見込むことができた
- 2) 基準階鉄骨工事における単位面積あたりの労務は最近の4事例中、最小であった
- 3) ABC Sの適用により、仕上工事を含む後続工事の開始を早め、全体工程を圧縮することができた

最後に本プロジェクトの計画および工事実施において、御協力頂いた関係者全員に感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 浜田耕史, 他: 全自動ビル建設システムの開発 (その2), 大林組技術研究所報, No. 61, pp. 51-56, (2000. 7)
- 2) 池田雄一, 他: 全自動ビル建設システムの開発 (その3), 大林組技術研究所報, No. 66, pp. 1-8, (2003. 1)
- 3) Ikeda Y. et al: The Automated Building Construction System for High-rise Steel Structure Building, Proceedings of the CTBUH 2004, Vol.2, pp.707-713, (2004. 10)
- 4) 池田雄一, 他: 全自動ビル建設システムの開発 (その4), 大林組技術研究所報 (CD-ROM), No. 69, (2005. 12)
- 5) 池田雄一, 他: ICタグを利用した溶接施工管理システムの開発と試験適用, 第22回建築生産シンポジウム論文集, 日本建築学会, pp. 165-172, (2006. 7)