

# 全自動ビル建設システム

## —在来工法併用型システムの工事適用—

池田 雄一

大林組は、全自動ビル建設システム、(Automated Building Construction System)を開発し、これまで最新事例を含めて5現場に適用してきた。過去の事例では、資材搬送用の搬送設備を設置したビル建設工場で建物全体を覆い工事を行ってきたが、最新事例では、過去の適用事例の中で基準階の階数が最少かつ基準階面積が最大であるため、ビル建設工場を建物全体ではなく部分的に架設する在来工法併用型のシステムを採用した。その結果、目標工期で工事を進められ、関連労務を低く抑えることができた。本報文では、在来工法併用型システムの採用経緯とそのためのシステム変更内容および適用結果について中心に報告する。

キーワード：鉄骨構造、高層ビル、全天候、天井クレーン、ジブクレーン、全自動ビル建設システム

### 1. はじめに

1989年に株式会社大林組は、全自動ビル建設システム (Automated Building Construction System, 以下 ABCS) の構想を発表した。同システムは、その後、継続的に工事適用を重ねてきており、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に合せて適用目的やシステムの内容を柔軟に変化させて対応してきた。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、地球環境および周辺環境保全などの成果を得た<sup>1),2),3)</sup>。

最新事例となる事務所ビル新築工事 (以下、O工事) は、過去の適用事例中、適用対象である高層棟の基準階面積が最大で、適用階数が最少であった (ただし、初回の事例を除く)。このような特徴を持つO工事に対して、ビル建設工場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 ABCS) を適用した。本報文では、そのO工事について、ビル建設工場の設置計画および適用結果について報告する。

### 2. 工法採用経緯とシステム適用範囲

#### (1) 工事概要とシステム採用経緯

適用工事概要を表一1に示す。O工事は大規模再開

表一1 適用工事概要

建物用途	事務所
階数	地下1階、地上22階、塔屋1階
構造	鉄骨造 (鉄骨鉄筋コンクリート造)
敷地面積	11,229 m <sup>2</sup>
延床面積	82,451 m <sup>2</sup>
最高高さ	約99 m
工期	2004年10月~2006年12月
適用床面積	約3,650 m <sup>2</sup> ×18 F=65,700 m <sup>2</sup>

発地区に計画された約60×60mの平面プランを持つセンターコア型の地上22階建て事務所ビルである。建物平面プランやコア配置は工法採用上の制約条件とはならないが、過去の適用対象はすべてサイドコア型の板状ビルであった。そのため、様々な平面プラン、コア配置に対する適応性向上および工法の継続適用による関連技術に関する社内継承の円滑化や技術力の向上を図るため、O工事への工法採用を決定した。

その結果、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 (900 ton・mクラス) が2基不要となり、代わりに社内保有する小型機械を有効活用することができた。

#### (2) システム適用範囲

ABCSによる施工は、在来工法のタワークレーンによる施工に対して、基準階工事の施工性は大幅に向上し、工期短縮や労務削減といった効果を生む。一方で、タワークレーンの組立て、解体に対して、ビル建設工場の組立て、解体に長い期間および多くの労務を要する<sup>1),2),3)</sup>。したがって、ビル建設工場の規模をプロジェクトによって変化させ、基準階工事を高効率化する

ることによって、工法採用のメリットがより明確になる。

○ 工事は、過去の事例中、基準階床面積が最大で適用階数が最少であり、平面形状が正方形であるセンターコア型のビルに対して初めての適用であった。

上記のような不利な条件下においても、在来工法に対する工程面におけるメリットを享受できるようにするため、建物全体ではなく部分的にビル建設工場を架設することとした。

建物の規模や形状、揚重を含めた仮設計画、工程、コストなど総合的な比較検討を行った結果、センターコアを含む基準階面積の約 1/3 の範囲にビル建設工場を架設することに決定した。併用型 ABCS は、構造が SRC 造から S 造に変化する 2 階立上がり (3 階) から 20 階までの計 18 フロアに適用され、適用床面積は延床面積の約 8 割に相当した。

### 3. システム適用計画

#### (1) システム構成

ABCS は、主にビル建設工場および IT を利活用した施工支援システムを組合せて成立っている。ビル建設工場は、Super Construction Factory と呼ぶ工場建屋 (以下、SCF) と搬送設備で構成される。

システムを構成する要素技術を表一2、システム断面図を図一1、システム平面図を図一2にそれぞれ示す。以下、図一1に示すように梁取り付け階を *N* 階、作業床となるフロアを *N-1* 階と呼ぶ。また、図一2において SCF を架設した範囲を ABCS 工区、それ以外の範囲は在来工法による施工範囲であるため、外周在来工区と呼ぶこととする。

#### (a) ビル建設工場

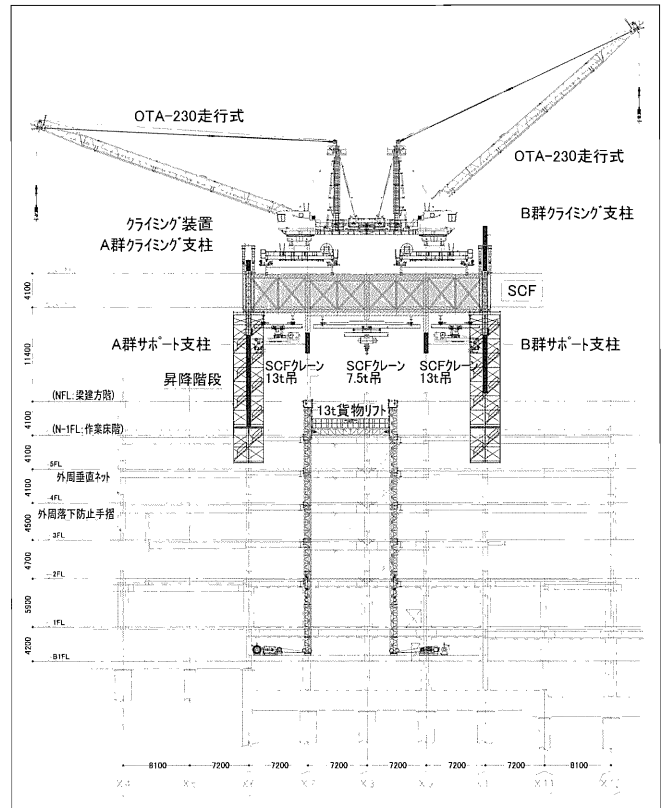
SCF は一般に最上階の本設鉄骨を骨組として利用した屋根架構および作業空間の外周を覆い足場を兼ねた外周架構によって構成される。工事計画時に SCF クライミング時のステップごとに構造解析を行い、必要に応じて補強を施す。

1 フロアの施工が完了するたび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。○ 工事では基準階部分の最上部である 21、22 階部分を SCF とした。SCF の重量は、鉄骨補強や設置される機械などの重量を含めて合計で約 1,200 ton となった。

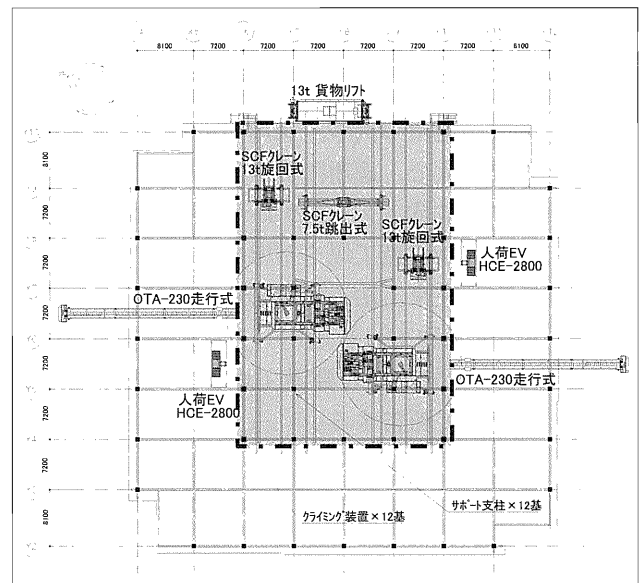
クライミング装置を南北面の 12 本の柱に設置し、建物内部の X7・X9 通り柱にはサポート支柱と呼ぶ仮設支柱を取付けた。外周架構は外部足場と外周養生の機能を併せ持ち、全天候型の作業空間を構築する重

表一2 システム構成

SCF	w 29 m × L 44 m × H 4.1 m, 約 1,300 m <sup>2</sup> , 約 1,200 t
クライミング装置	油圧式, 1,960 kN/基 × 12 基
SCF クレーン	旋回式 × 2 基, 定格荷重: 13.0 t, 揚程: 15 m スライド式 × 1 基, 定格荷重: 7.5 t, 揚程: 16 m
貨物リフト	1 基, 定格荷重: 13.0 t, 定格速度: 70 m/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



図一1 システム断面図



図一2 システム平面図

要な設備である一方、工区を明確に分割する特徴がある。

○ 工事では、ABCS 工区と外周在来工区の工区境において両工区接続部分の作業が多数あるため、外周架構の設置を見送った。

(b) 搬送設備

ABCS では、通常、在来工法におけるタワークレーンによる連続した揚重・取付け作業とは異なり、揚重と水平搬送、取付けを別々の機械で同時並行して行う。

○ 工事では、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。SCF の屋上に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。南北に架設した構台からジブクレーンによって揚重された資材は、ABCS 工区近傍の外周在来工区にいったん資材を仮置きし、SCF クレーンによって ABCS 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 ABCS 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出して資材の供給または取込みを可能にした。

(2) IT の利活用

施工支援システムには、クレーン衝突防止システム、鉄骨建入計測 (SCF 位置計測) システムおよび IC タグを利用した溶接施工管理システムがある。

(a) クレーン衝突防止システム

ビル建設工場内に設置された SCF クレーンや SCF 屋上に設置されたジブクレーンは、それぞれ設置場所が近接しており、互いの稼働領域に侵入するケースがある。また、クレーン同士以外にも柱に設置されたクライミング装置および支柱などのビル建設工場に設置された機械設備への衝突危険性も考えられる。そこで、クレーン衝突防止システムを専用に開発した。

衝突防止システムの管理画面を写真-1 に示す。写真-1 のように、管理パソコン上に構築した仮想ビル建設工場に障害物を正規の位置に実寸法で設定し、クレーン本体の大きさを加味して障害物との距離や干渉をリアルタイムにチェックすることにより、障害物への衝突防止制御を行っている。障害物との距離に応じて、管理パソコンから各クレーンへ減速、停止などの指令を出し、自動制御を行うとともに状態をオペレータに警報で知らせる仕組みになっている<sup>4)</sup>。

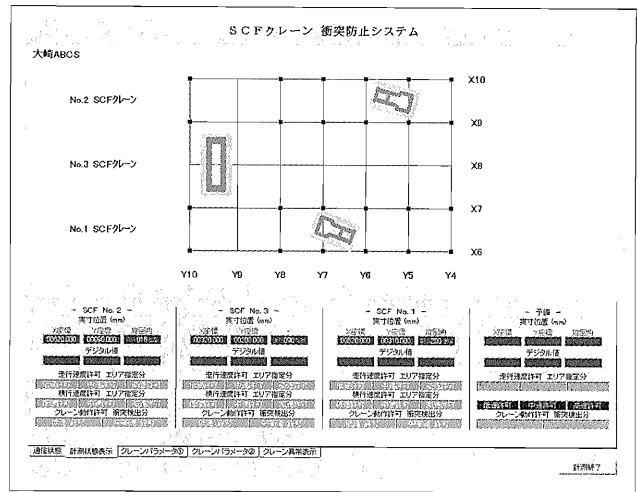


写真-1 クレーン衝突防止システム管理画面

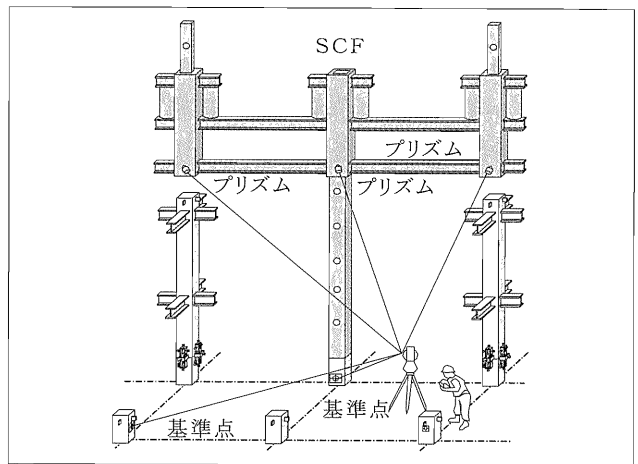


図-3 SCF 位置計測における自動計測

(b) 鉄骨建入計測 (SCF 位置計測) 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開発した。○ 工事では、操作端末をペン入力型パソコンから小型の携帯端末 (PDA) に変更し、無線遠隔操作ができるようにした。

さらに、SCF 位置計測では、図-3 に示すように自動追尾、視準可能な測量器とターゲットにプリズムを利用して複数の計測点をまとめて自動計測できるようにし、鉄骨建入計測では、操作端末を PDA 化して操作性を向上させ、無線遠隔操作ができるようにしたため、両計測作業とも作業性が大幅に向上した<sup>5)</sup>。

(c) IC タグを利用した溶接施工管理システム

溶接施工の各フェーズ (溶接前、溶接中、溶接後、検査) において、施工管理記録を 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システムであり、○ 工事にて実証試験を行った<sup>6)</sup>。システム利用状況を写

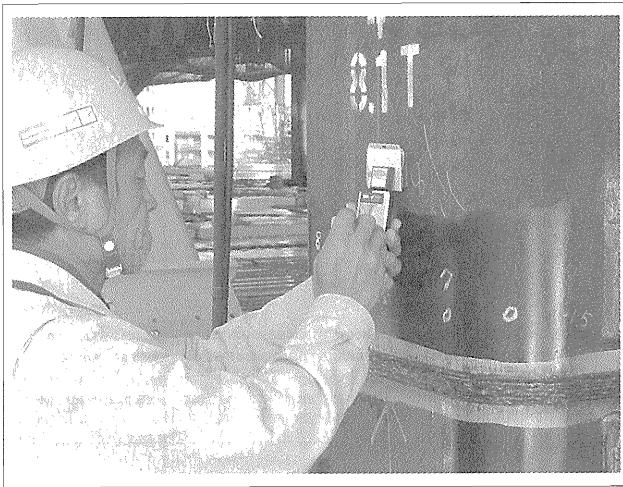


写真-2 IC タグを利用した溶接施工管理システム

真-2 に示す。

写真-2 のように品質記録を IC タグへ入力するだけでデータが蓄積され、作業終了後に施工管理報告書や検査記録を始めとする帳票の自動出力が可能である。実証試験の結果、システムの利用効果が認められたため、在来現場への展開を検討している。

(3) システム変更点

併用型 ABCS のシステム構成について、ABCS との相違点を表-3 に示す。

表-3 ABCS と併用型 ABCS の相違点

項目	ABCS	併用型 ABCS
SCF	ビル全体に架設	部分的に架設
外周架構	全周に設置	一部設置または未設置
揚重機	主として貨物リフト	主としてジブクレーン
建方重機	SCF クレーン	SCF クレーン、ジブクレーン

表-3 から、大きな相違点は外周架構と揚重機であることがわかる。外周架構は一部設置または未設置であるため、完全な全天候型作業空間を構築できなくなる。また、ABCS 工区は揚重機としてジブクレーンまたは貨物リフトを選択することで揚重効率が向上し、ジブクレーンの有効活用によって基準階面積の大きな建物へ対応可能となった。

4. 適用結果

(1) 工 程

ここでは、併用型 ABCS がビル建設システムとして稼働する基準階鉄骨工の工程を中心に説明する。工程は大きく分けて、

- ①鉄骨建方や資材揚重に関連する揚重機の稼働スケジュール工程

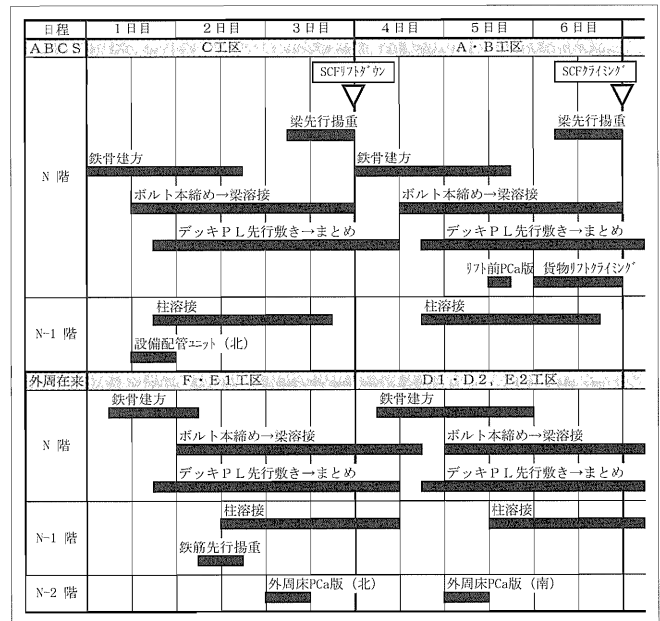


図-4 鉄骨工の標準工程(6日)

- ②鉄骨のボルト・溶接接合やデッキプレート敷込みといった構造体構築の工程を基に作成される。

特に前者は、メインの揚重機であるジブクレーンを中心に SCF クレーンと貨物リフトを含めた稼働スケジュールを施工手順にしたがって効率良く計画する必要がある。作成した標準工程を図-4 に示す。

図-4 から工程は大きく前半と後半に分割できる。まず、前半の工事終了後に SCF をリフトダウンさせて建方および溶接の完了した柱に SCF の荷重をあずける。次いで後半の工事終了後に SCF を1フロア分クライミングさせ、次の階の工事に移行する。3~9階の鉄骨工事は、図-4 に示す6日工程で実施した。

上層階工事に進むにつれ、作業の習熟効果によって揚重機の稼働スケジュールを、鉄骨の重量減および板厚減によって構造体構築の工程をそれぞれ短縮でき、10階工事から前半を1日短縮した5日工程で鉄骨工事を進捗させた。

(2) 労 務

○工事では、ビル建設工場の組立て・解体工事に要した労務が直前の事例の N2 工事に対して、合計で約 15% 減となった。工種別には、外周架構を設置しなかったことにより、外周架構の組立て、解体に要する分の嵩工の労務が大幅に削減し、柱・梁継手が ABCS としては初めて溶接接合となり、2工程増加したため、鉄骨工の労務が若干増加した。

一方、基準階鉄骨工事において基準階単位面積あたりに要した労務工数を過去の工事と比較したものを図

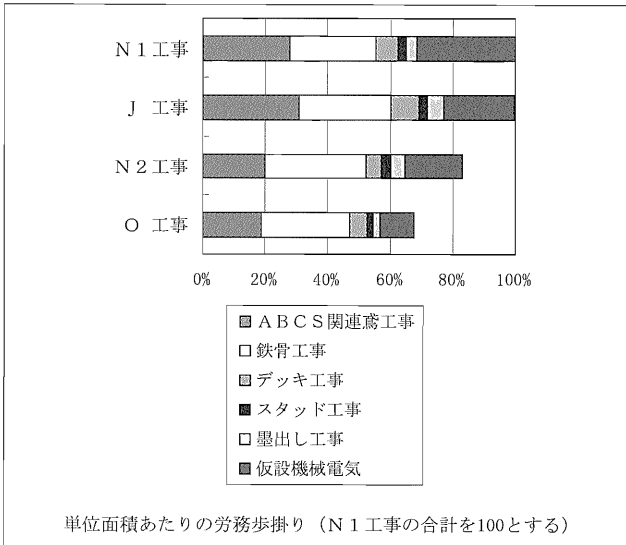


図-5 過去のプロジェクトとの基準階鉄骨工事の労務比較

—5に示す。

図-5において、過去の事例中、O工事の労務は最小となったが、これはO工事の基準階面積が最大であり、特に外周在来工区は鉄骨ピース数や継手箇所数が相対的に少なかったため、面積的に有利な効果が表れたと考えられる。工事別には、仮設機械電気に関する労務が最小となった。

過去の機械メンテナンスに関するデータベース（不具合内容、原因、対応、防止策など）が蓄積され、メンテナンス作業が大幅に効率化したことがその理由であると推測できる。

### (3) その他

#### (a) 施工支援システムの効果

SCF下部の状況を写真-3に示す。写真-3に示すように各クレーンの稼働範囲は非常に近接していたが、クレーン衝突防止システムの運用によって、オペレー

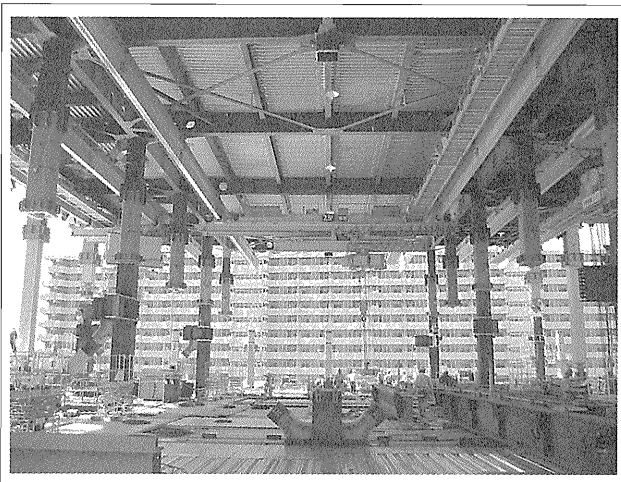


写真-3 SCF下部の状況

タは安全かつ迅速にクレーンを運行させることができ、鉄骨工事の標準工程短縮に貢献した。その他の施工支援システムである鉄骨建入計測システムや溶接施工管理システムの利用によって、鉄骨建入精度管理や溶接施工管理といった品質管理業務の省力化に貢献した。

#### (b) 全体工程の圧縮

併用型 ABCS の施工状況を写真-4に示す。写真-4に示すように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、外周PCa床版の敷込み、N-3階でスラグ配筋、N-4階でスラブコンクリート打設、N-6階でCWの取付け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わたって早期に着手できた。

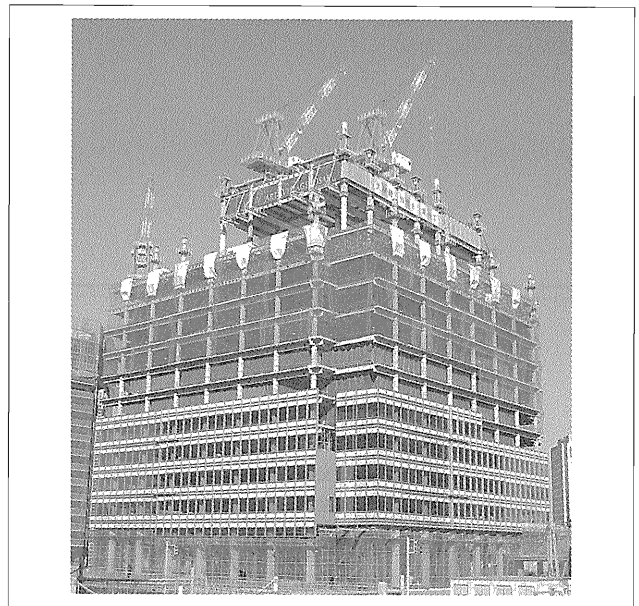


写真-4 併用型 ABCS の施工状況

## 5. おわりに

SCFを部分的に架設した ABCS 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 ABCS を初めて O 工事に適用した。本報文では、システム適用計画とその内容および適用結果について報告した。

併用型 ABCS は、床デッキプレート、鉄筋、設備配管等の取付けや先行揚重を含めて、次工程へのタイムラグを在来工法に対して大幅に短縮できる。

O 工事では、鉄骨工事のみでは在来工法と同等の工期であったが、適用階数が多い建物においては、鉄骨工事の後続工程を含めた全体工程の圧縮効果をより向上させることができる。一方、労務に関しては、大

型タワークレーンの代わりに小型の ABCS 機械を分散配置させたことによって、工事を複数区同時に進捗させることができるため、作業員の効率的な配置、日々の作業員の増減を最小限に抑えた平準化が可能になり、労務削減効果が得られた。

以上の結果から、併用型 ABCS を ABCS の有力な選択肢の一つとして発展させるとともに工法の改善に努めたいと考えている。

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) 池田雄一・宮川宏・大島勝之：全自動ビル建設システムによる高層ビルの施工，建設機械と施工法シンポジウム論文集，pp.2-7，2000
- 2) 池田雄一・川上宏伸・宮嶋秀則・大島勝之：超高層ホテルへの全自動ビル建設システムの適用，第14回建築施工ロボットシンポジウム予稿集，pp.77-84，2002

- 3) 池田雄一・原田恒則：全自動ビル建設システムの改良と超高層ビルへの適用，第10回建設ロボットシンポジウム論文集，pp.289-296，2004
- 4) 笹原大介：複合型ビル建設システムの実用化，第27回全国クレーン安全大会研究発表論文集，2006
- 5) 内田茂・池田雄一・金子智弥：三次元計測システムの開発と工事適用（その1）システム概要と鉄骨工事への適用，日本建築学会学術講演梗概集，A-1 材料施工，pp.807-808，2006
- 6) 池田雄一・西田雄三・伊達政明・丹羽克彦：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，pp.165-172，2006

J C M A

#### 【筆者紹介】

池田 雄一（いけだ ゆういち）  
株式会社大林組  
技術研究所  
建築生産システム研究室  
自動化グループ  
副主査



## 橋梁架設工事の積算 ——平成18年度版——

### ■内 容

国土交通省の土木積算基準，建設機械等損料並びに材料費・労務費の改正等に併せて内容の改訂・補充を行いました。

主な項目は以下のとおりです。

- (1) 架設用機械損料及び機械設備複合損料の改訂
- (2) 施工歩掛の新規及び一部追加掲載
  - ・歩道橋及び側道橋架設工
  - ・PC バイブレ工法セグメント桁の主桁組立工，及び同場所打桁の圧縮鋼材工
  - ・コンクリート床版の炭素繊維補強工法
  - ・その他（鋼床版吊り金具切削工，敷鉄板設置工，検査路用足場・アンカーボルト設置工，橋名板・高欄・排水設置工，PC コンポ橋床

版の側部足場設置工等)

- (3) 施工歩掛の改正
  - ・諸雑費率（主桁全断面溶接工，補修工事等）
  - ・補修コンクリートアンカー工
- (4) その他
  - ・TEG 工法の紹介
  - ・工種内容の説明補足

■B5判 約1,100頁（カラー写真入り）

### ■定 価

非会員：8,400円（本体8,000円）  
会 員：7,100円（本体6,800円）  
送 料：会員・非会員とも  
沖縄県以外 700円  
沖縄県 450円（県内に限る）

※学校及び官公庁関係者は会員扱い

## 社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8（機械振興会館）

Tel. 03(3433)1501 Fax. 03(3432)0289 <http://www.jcmanet.or.jp>