

# 5. 全自動ビル建設システムによる 超高層ホテルの施工

株大林組：\*池田 雄一、田中 俊次、川上 宏伸

## 1. はじめに

全自動ビル建設システム「A B C S」は、建設現場に製造業におけるF Aの概念を導入することによって建設工事の自動化・ロボット化を図り、情報化の導入を積極的に行なった鉄骨造を対象とした建設システムである。作業空間を全天候型のビル建設工場「S C F (Super Construction Factory)」で覆うことにより天候に左右されない工事を実現できる。1993、1998年に実施された過去2回の適用工事では、生産性の向上や作業環境の改善を実現し、労務の削減、施工品質の向上などの成果を得た。

2001年、第3回目となる地上33階建超高層ホテルの施工へA B C Sを適用するにあたり、S C Fの組立・解体工事期間を含んだ適用工事全体の工期短縮および労務削減を高い次元で達成するため、前回までの工事実績を踏まえシステムを一部改良した。本報では、工事計画・システム改良および工事実績・システム改良効果について報告する。

## 2. 工事概要

適用工事現場の周辺の様子を写真1に示す。現場は昨年大阪市にオープンした世界的テーマパークの最寄駅街区の一部であり、直下に鉄道営業線やテーマパーク来場者用商業施設が隣接している。適用工事（以下、J工事）の概要を表1に示す。建物は、地上33階建の高層客室棟と5階建の低層部ホテル施設に大きく分けられる。高層棟は約16m（2スパン）×70m（7スパン）の形状で両サイドにセットバックしたコアを配置し、その間は客室空間となっている。地下階はなく、全体工期20ヶ月の短工期である。

J工事計画上のポイントは、1) 高層部施工の早期完了と低層部仕上工事期間の十分な確保、2) 飛来落下災害の防止と周辺環境との調和である。1) を満足するため、A B C Sの要素技術である並列搬送システムの適正配置を行い、低層部に資材搬入用の後施工部を残さず、かつ高層部の上棟を待たずに低層部の仕上工事に着手できる計画とした。2) を満足するため、S C Fで作業空間を覆い高層部と低層部の工事を分離し、飛来落下災害の防止や周辺環境との調和などのメリットを見出せる計画とした。これらの計画経緯から、工法としてA B C Sを採用することになった。

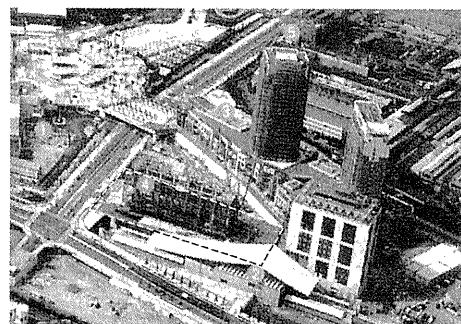


写真1 現場周辺状況

表1 工事概要

所在地	大阪市此花区
建物用途	ホテル
階 数	地上33階、塔屋1階
構 造	S造
敷地面積	6,975.82m <sup>2</sup>
建築面積	5,573.07m <sup>2</sup>
延床面積	47,538.62m <sup>2</sup>
最高高さ	約137.75m
工 期	2000.8.01～2002.3.31（20ヶ月）
適用床面積	約1,100m <sup>2</sup> ×26F=28,600m <sup>2</sup>

### 3. システム適用計画

#### 3. 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を始めとするソフト技術を組み合せることで成立している。ハード技術は主としてSCFと並列搬送システムと共に、ソフト技術は計測システムとABC S総合管理システムとに分類される。システムを構成する要素技術について表2に、システム断面図を図1に、システム平面図を図2にそれぞれ示す。

#### 3. 2 システム適用計画

前回工事（以下、N工事）から建物用途および形状・寸法の変化に起因した項目およびN工事の実績を分析して改良の必要性が特に高い項目についてシステムの改良を実施して、J工事に適用する計画とした。

##### （1）SCF

SCFは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クライミングの各ステップごとに構造解析を行い、必要に応じてSCFに補強を施す。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。クライミング装置は屋根架構の柱を貫通するクライミング支柱上部に設置する。J工事では、建物は塔屋部分で桁方向が全体的にセットバックするため、その下階すなわち基準階の上階となる31、32階部分をSCFとした。SCFは、補強や設置される機械などの重量を含めて約1,600tとなつた。クライミング装置は外周の柱に設置し（写真2）、こ

表2 システム構成

SCF	■18m×175m×H21m、重量：約1,600t
クライミング装置	油圧式、1,960kN／基×16基
SCFクレーン	旋回式×2基、定格荷重：10t、揚程：15m
貨物リフト	1基、定格荷重：11t、定格速度：70m/min
ジブクレーン	JC-150H走行式×1基 (解体時JCC-120N×1基増設)
鉄骨計測	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／機械制御システム	ABC S総合管理システム

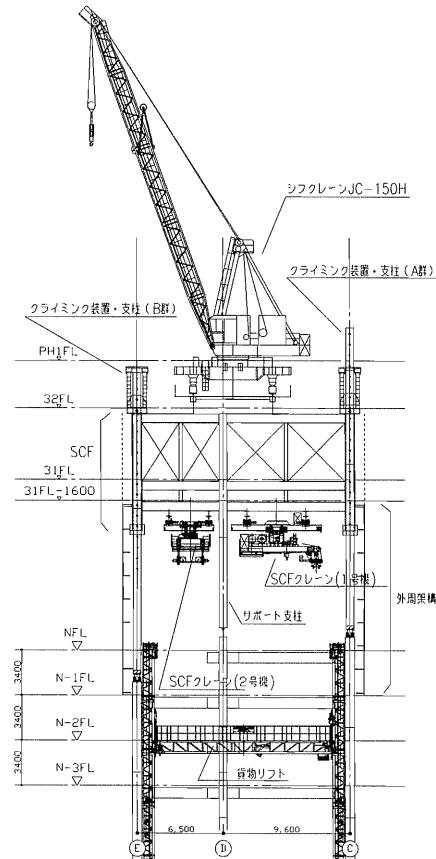


図1 システム断面図

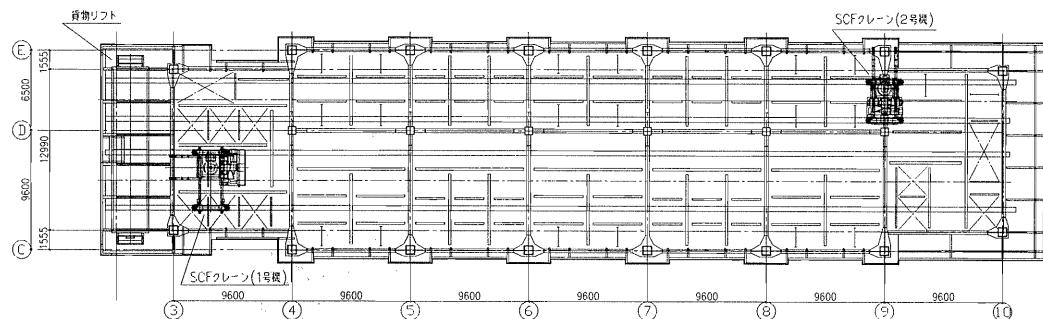


図2 システム平面図

の部分の柱を外ダイヤフラム形式とした。内部の柱には、サポート支柱と呼ぶ仮設の柱を取付けた。S C F屋上にはジブクレーンを1基設置し、S C F組立・解体工事、外装工事に使用した。

## (2) 外周架構

外周架構には外部作業のための外周足場とS C Fを覆う養生壁の2つの機能がある。N工事では外装工事に外部足場を必要としたため、外周架構はN-3階まで覆うものとなり、規模が大きく組立・解体に予想以上の労務と工期を費やした。ただし、N-1階を鉄骨工事の作業床とする。J工事の外装工事は外部足場を特に必要としない收まりであること、S C F組立・解体工事の工期短縮を図ることを理由に外周架構の機能を見直した。外周架構を簡略化し、組込む足場を鉄骨工事用に限定するとともに外装工事を基準階サイクル工程から外した。鉄骨フレームのユニット足場を柱周りのみ取付け、ユニット間を上弦材と下弦材で接続し、ワイヤー巻取り方式の養生シートを設置した。ユニット足場はN階の本締め用足場とN-1階の溶接用足場である。

## (3) 並列搬送システム

A B C 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、揚重および水平搬送・取付を別々の機械で同時並行して行う。タワークレーンによる揚重と比較して搬送効率が向上し、単位時間あたりの部材供給量が大幅に増加するため、生産性の向上が図れる。主として揚重を貨物リフト、S C F内部の水平搬送をS C Fクレーンにて行う。

長期間に渡って敷地奥への搬入動線を確保できないことと低層部の後施工範囲を縮小するため、資材揚重用の貨物リフトを道路側の建物妻側外部に1基設置した。水平搬送を行うS C Fクレーンは建物短辺スパンに1基ずつ計2基設置した。建物平面プランの形状に合わせて、主桁・レールスパンなどを改造した(写真3)。N工事と異なり、現場敷地内に鉄骨やP C a部材のストックヤードを十分に確保できなかつたため、梁パレットへのパッキングを鉄骨ファブの工場にて実施し、その荷姿で現場へ搬入した(写真4)。

### 3. 3 システム改良点のまとめ

システムの改良点を要素技術ごとにまとめる。各項目末尾の丸数字は改良の目的を分類したもので、①物理的制約の回避、②工期短縮、③労務削減・作業効率向上、をそれぞれ表す。

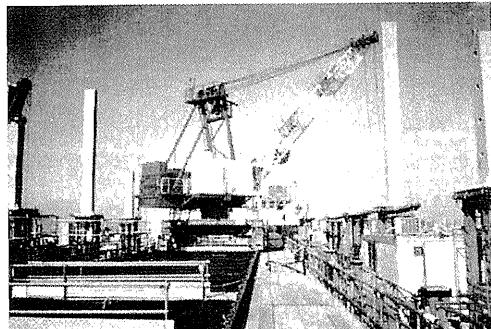


写真2 クライミング装置



写真3 S C Fクレーン

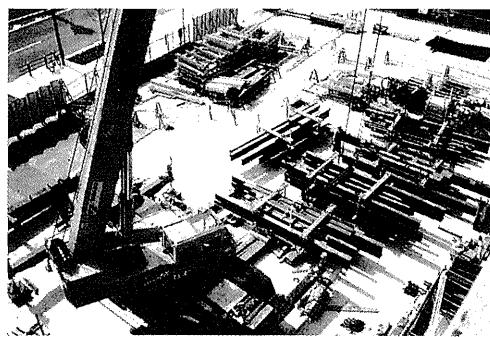


写真4 ストックヤード

### <クライミング装置>

- ・荷重検出精度の向上……………③
- ・ジャッキ固定方法の見直しと耐久性向上……………③
- ・上下クライミング支柱の分割組立……………①③

### <外周架構>

- ・外周足場を鉄骨工事用に限定、ユニット化…②③
- ・ユニット足場間は巻取り式シート養生化…②③
- ・基準階工事から外装工事を外す……………②

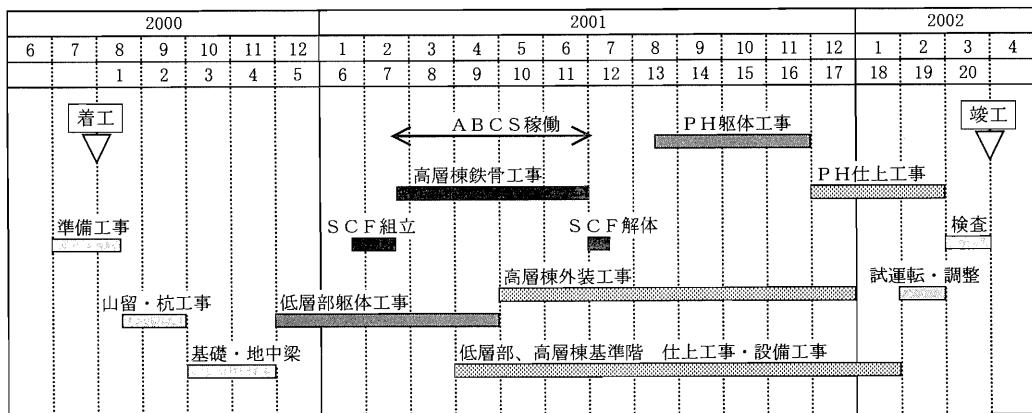
### <貨物リフト>

- ・内部仕上工事を考慮して建物外部に設置…②③
- ・クライミング作業を2階に1回の実施…②③
- ・長尺梁揚重のため搬器の大きさ拡大…①
- ・鉄骨ファブで梁のパッキングを実施…①③

### <S C F クレーン>

- ・建物形状に合わせ主桁長・アーム長の改造…①
- ・鉄骨柱建て起こし機能の追加…①

表3 全体工程



## 4. 適用結果

### 4. 1 工程

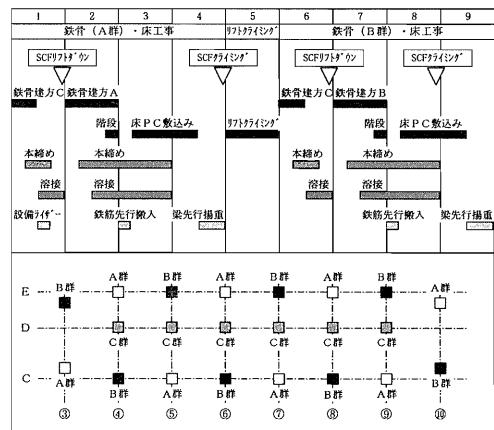
#### (1) 全体工程

J工事の全体工程を表3に示す。全体工程上の必要条件は、(A)搬入動線確保と高層部施工開始のため3階人工地盤の早期構築、(B)高層部と低層部施工の分離および低層部仕上工事期間の十分な確保、の2点である。ABC Sの適用によって、高層部の上棟を待たずに低層部仕上工事の着手が可能になり、(B)を満足することができた。計画工程通り順調に工程を進捗させ、2002年3月末に竣工を迎えた。

#### (2) ABC S工事期間

工事規模の違いはあるが、S C F組立・解体工事をN工事の半分に短縮するという目標を挙げた。外周架構の簡略化をはじめシステムの改良を行い、組立・解体工事における作業量を大幅に削減したことによって目標通り組立工事を1ヶ月、解体工事を0.5ヶ月で完了させることができた。ABC Sを適用した基準階工事は26階分の施工を約4.3ヶ月で終えた。

表4 基準階サイクル工程



### (3) 基準階サイクル工程

工期短縮効果を得るために、目標として在来工事の1節15日サイクルを上回るサイクル工程を計画した。鉄骨・床工事を1フロア4日で計画し、N工事で毎フロア実施していた貨物リフトのクライミングを2階に1回の実施としたので、2フロア9日サイクルの計画となった。計画したサイクル工程を表4に示す。鉄骨・床工事は大きく前半（1日）と後半（3日）に分かれる。前半にC群の柱とそれにジョイント可能な大梁の建方、ボルト本締め・柱溶接後、SCFをリフトダウンさせ、C群の柱にSCFの荷重をあずける。後半にA群またはB群の柱と残りの鉄骨工事を行い、床PCの敷込みを行う。A群（1～4日目）とB群（6～9日目）の間の日（5日目）に貨物リフトのクライミングを実施した。

5階から19階の低・中層部の工事では、計画通り2フロア9日の工程で実施した。作業の習熟とともに工数は徐々に減少し、習熟率は約90%を示した。その結果、20階工事から2フロア8日、さらに26階工事から2フロア7日へとサイクル工程を短縮できた。

#### 4. 2 労務実績

##### (1) SCF組立・解体工事

SCF組立・解体工事に要した労務をN工事と比較するため、要した工数を基準階面積で除した単位面積あたりの労務を指標として用いた。SCF組立・解体工事に従事した全職種について職種別の集計を図3に示す。同図ではN工事における労務の合計を100%とした。全体では鳶工の労務が大きく削減したことによって、N工事に対し全体労務を約2割削減した。鳶工労務を作業内容別に分析すると、外周架構に関する労務がN工事と比較して8割以上削減し、鳶工の労務削減分の大半を占めている。この結果、鳶工全体で約4割の労務を削減できた。その他、貨物リフト、SCFクレーンなどの機械に関する作業の削減率が大きく、双方とも3割以上の減少となった。

##### (2) 基準階工事

基準階工事に要した労務をN工事と比較するため、要した工数を適用基準階延床面積で除した単位面積あたりの労務を指標として用いた。基準階工事に従事した全職種について作業内容別の集計を図4に示す。同図では、N工事の労務の合計を100%とした。作業内容別には、床工事とA

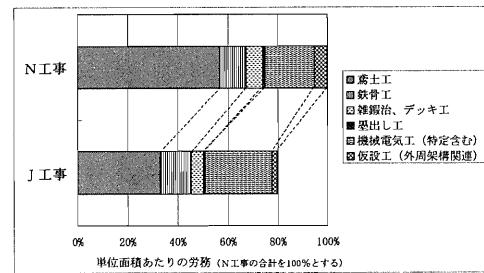


図3 SCF組立・解体工事労務実績

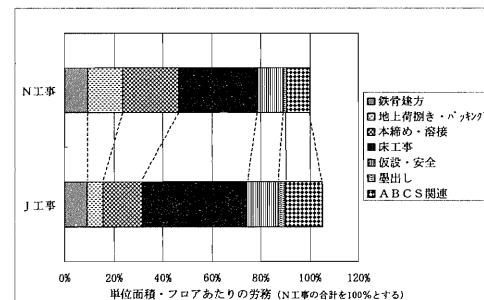


図4 基準階工事労務実績

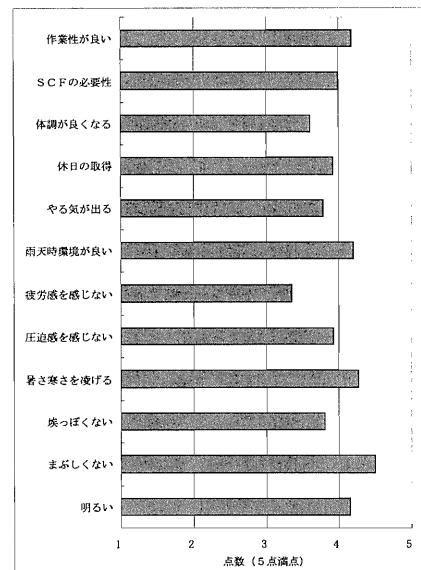


図5 作業アンケート結果

ABC S関連工事が増加し、地上荷捌き・パッキング、本締め・溶接作業が減少した。合計では、N工事とほぼ同等の結果を得た。

#### 4. 3 環境保全

##### (1) 作業環境

A B C S稼働期間中に基準階工事に従事した職種を対象に作業環境アンケートを実施した。アンケートはS C F内での作業環境に関する項目について、5点満点(在来工事での評価を3点)で評価する方式である。点数が大きいほど評価は高い。アンケートの分析結果を図5に示す。同図から、「まぶしくない」、「暑さ寒さを凌げる」、「雨天時の環境が良い」などの項目で高い評価を得ており、S C F内での作業環境が優れていることが読み取れる。作業環境が向上した結果、「S C Fの必要性」、「作業性が良い」といった項目も2次的に高い評価を得ており、A B C Sの基本コンセプトである良質な作業環境の提供が実現できたと言える(写真5)。

##### (2) 周辺環境

A B C S稼働時の様子を写真6に示す。テーマパークの隣接地区での施工であったが、来場者に対して未来の建設現場を強く感じさせ、テーマパーク周辺とも調和した環境を創出できた。また、隣接直下の鉄道営業線に対しても、外周架構の養生シートによって飛来・落下災害を完全に防止することができた。

## 5. おわりに

A B C Sのコンセプトを発表して以来10年以上が経過した現在、建設業を取り巻く状況は大きく変化した。昨今の厳しい受注環境においては、開発のベクトルはコストダウン・工期短縮をシビアに追求する方向へ向かわざるを得ない。J工事適用にあたっては自動化をはじめ性能向上に關係する項目の適用は最小限に留め、工期短縮・労務削減に向けたシステム改良を行った。その結果、厳しい要求をほぼ満足することができた。A B C Sの継続的な工事適用と普及を図るには、システムの汎用性を拡大し、工事の標準化を推進する必要がある。今後も研究開発を継続的に実施し、A B C Sを発展させていきたい。

## <参考文献>

1. 森他：「全自動ビル建設システムの適用実績」，第8回建築施工ロボットシンポジウム論文集
2. 池田他：「全自動ビル建設システムによる高層ビルの施工」，平成12年度建設機械と施工法シンポジウム論文集

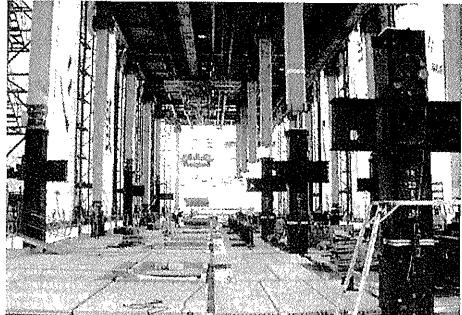


写真5 S C F内部環境



写真6 稼働時の外観