

超高層集合住宅におけるリフトアップ工事

嘉本 敬樹・石川 善弘

博多湾の新しい埋立地アイランドシティに位置する「アイランドタワースカイクラブ」は、3棟の細長いプロポーシヨンの建物を、空中3層のスカイガーデンで連結した超高層集合住宅である。建設に際して、短工期という施工条件に加え、施工途中においても構造上の限界アスペクト比を超えない段階でスカイガーデンを構築し、3棟を連結することが求められた。この課題に対し、竹中移動架構工法の一つであるリフトアップ工法を本プロジェクトの特性に鑑みて改良を加え、「多段階リフトアップ工法」を開発した。本工法の採用により2008年8月に無事工事を完了させたので、計画及び工事の実施状況について報告する。
キーワード：超高層集合住宅、3棟連結、スカイガーデン、移動架構工法、リフトアップ工法、多段階リフトアップ工法

1. はじめに

アイランドシティは、高質な住環境と、新しい産業の集積拠点の形成など、先進的モデル都市づくりを目的に近年埋め立てられた人工島である。このアイランドシティに、地上42階建て、最高高さ145.3mの3棟連結という新しい構造形式の超高層集合住宅「アイランドタワースカイクラブ」が竣工した。

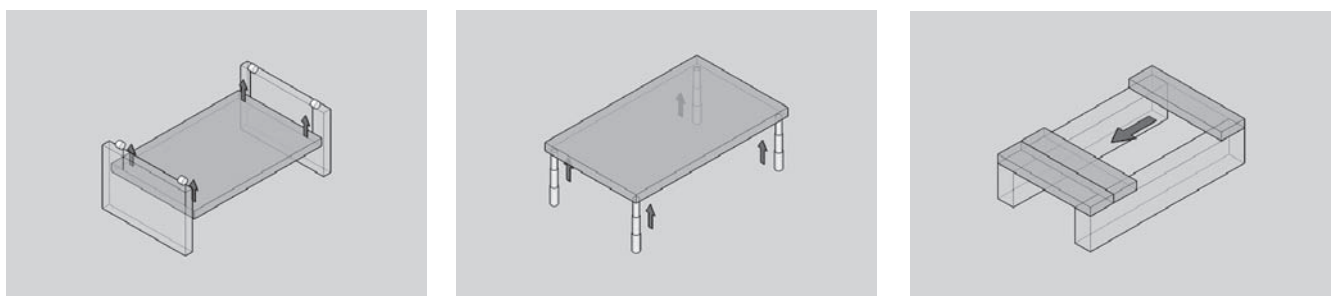
このプロジェクトは、アイランドシティが、街として早期熟成することを目指して、先進的でシンボリックなタワーを形成する事を基本構想としており、免震・制振技術等の構造設計技術、高強度コンクリート $Fc70\text{ N/mm}^2$ 、プレキャストコンクリート(PCa)工法、および建物を空中部分で連結するスカイガーデン(鉄骨造)の多段階リフトアップ工法など、多くの設計・施工技術を組み合わせた建物である¹⁾。

本稿では、リフトアップ工法の特長と歴史を主な施工物件を通して紹介すると共に、従来のリフトアップ工法に改良を加え、本プロジェクトで新たに開発した「多段階リフトアップ工法」の計画、実施について報告する。

2. リフトアップ工法の特徴と歴史

リフトアップ工法は、地上で組み立てた架構を、本設柱(あるいは仮設柱)に反力を取りワイヤ等で吊り上げる工法である。架構を下方から押し上げるプッシュアップ工法、架構を横引きするトラベリング工法と共に「竹中移動架構工法」として位置付けられる(図-1)。

リフトアップ工法は、1913年にアメリカで考案され、高所作業の削減による安全性の向上、工期短縮の



a. リフトアップ工法

b. プッシュアップ工法

c. トラベリング工法

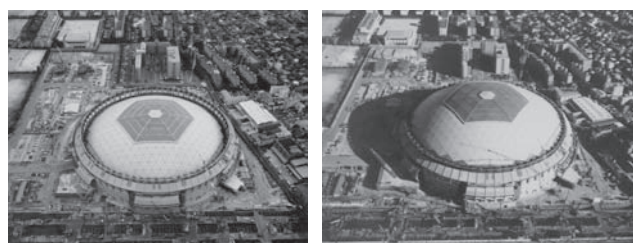
図-1 竹中移動架構工法

面で特に効果を発揮する工法である。当社では、1958年に、東京タワーのアンテナ部施工に際し、リフトアップ工法を採用している。建築においては、1962年銀座三愛ビルで、5階からR階までのスラブを、先立てしたコア鉄骨から吊り上げたのが最初である。その後、施工監視・制御システムの開発を経て、1992年には梅田スカイビル（写真—1）で1,040t、147mという空中庭園のリフトアップに成功、さらに1995年にはナゴヤドーム（写真—2）で、世界最大級のリフトアップ重量となる10,300tのドーム屋根を施工するなど多くの実績がある。



a. リフトアップ前 b. リフトアップ後

写真—1 梅田スカイビル



a. リフトアップ前 b. リフトアップ後

写真—2 ナゴヤドーム

3. アイランドタワースカイクラブの概要

(1) 建築概要

アイランドタワースカイクラブの最大の特徴は、アスペクト比1:7という、地震国である日本では、構造的に成立し難い細長いプロポーションの建物を3棟連結するという独自の構造形式で、ランドマークとしてのシンボル性と、超高層集合住宅の新しい住環境を両立させたことである（図—2）。各棟は、1辺20mの正方形をした平面形状で、建物中心に対して120°回転配置し、コア部分を最小限に抑えることで、超高

層住宅では初めて、すべての住戸について角部屋2面採光を可能とした。また、3棟の連結部分は、積層の屋上庭園「スカイガーデン」とすることで、超高層の眺望を享受しながら大地を身近に感じるというコンセプトも実現している。表—1に建築概要をまとめて示す。



図—2 アイランドタワースカイクラブ

表—1 建築概要

建物名称	アイランドタワースカイクラブ
建築地	福岡県東区照葉3丁目
建築主	新栄住宅株式会社
設計監理	竹中工務店・司建築設計事務所 設計監理共同企業体
施工	竹中・松本建設工事共同企業体
建物用途	共同住宅
階数	地下1階、地上42階
最高高さ	145.3m
建築面積	6,997.58m ²
延床面積	60,831.26m ²
構造種別	鉄筋コンクリート造 鉄骨造、鉄骨鉄筋コンクリート造
構造形式	耐震壁を有するラーメン構造 基礎免震構造、制振構造
基礎形式	鋼管場所打ちコンクリート拡底杭
工期	2006.6～2008.8

(2) 構造概要

3棟をつなぐ「スカイガーデン」は、1フロア分の階高を成に持つ鉄骨トラスで、15F、26F、37Fの床レベルに連結される。上弦材は本体建物と剛接、下弦材はオイルダンパーを介して建物と接合することにより、建物全体の制振装置としての機能も持たせている

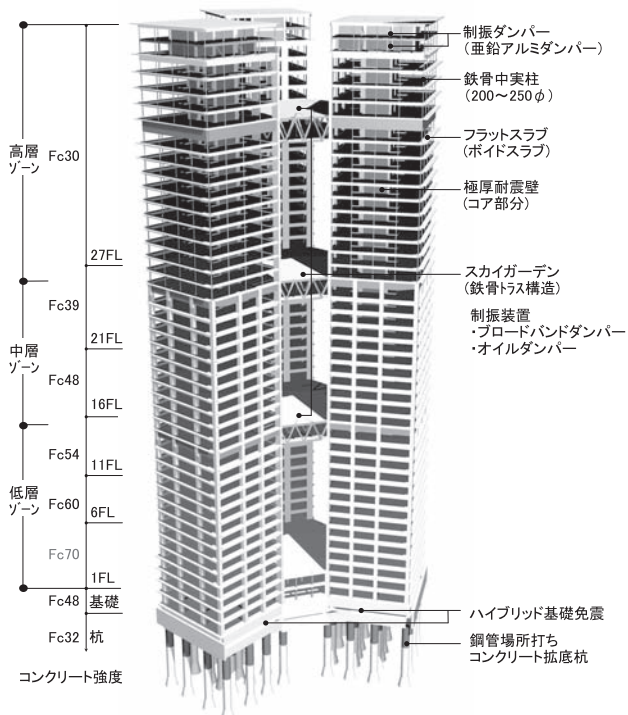


図-3 構造概要

(図-3)。

本体の住居棟は、ハイブリッド免震用の各種装置（低摩擦弾性すべり支承・天然ゴム系積層ゴム支承・U型ダンパー・オイルダンパー）を1階床下部分に配置した上に、最頂部まで貫通する耐震壁を中央コアに配した。

建物低層部は純ラーメン構造、中層部は外周のみに梁（はり）型を配置したフラットスラブ、高層部は外周部を鉄骨無垢柱で支えるフルフラットスラブ、「スカイガーデン」が接続するフロアはSRC造と段階的に構造形式を変えることにより、垂直方向にゾーン分けして部材断面の設計を合理化すると共に、建物全体の重量を抑えることで免震装置及び杭を含めたトータルコストの低減を図った。

4. 工事概要

(1) 工事工程

当建物の特殊かつ多彩な構造形式を実現するために、施工計画を構造設計と並行して進め、各種合理化工法を設計段階から盛り込んだ。特に、総合的なスケジュールの関係上、本体建物の躯体構築においては、基準階の工程は6日タクトが厳守となり、短工期施工は最重要課題であった。

そこで、工法面では、PCa柱および、仕口一体型のPCa大梁を用いると共に、在来部分は鋼製型枠のユニット化や鉄筋先組みにより、現地での作業の大幅

な低減を図った。さらに3棟をそれぞれ2日毎ずらして作業していくタクト工程を組み立て、奇数日と偶数日の作業内容を、棟をスライドさせながら繰り返す明らかな施工リズムとすることにより、施工効率を向上させている。

(2) 総合仮設計画

タワークレーン、工事用エレベータは各棟に1台ずつ配置し、綿密な揚重計画及び作業調整を行った上で、現地で確実に実施した（図-4）。

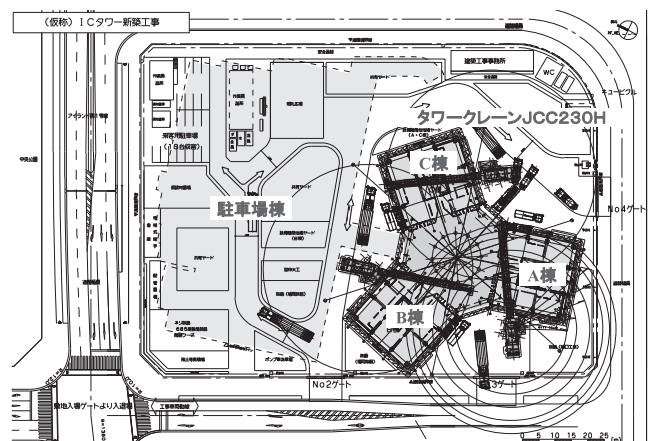


図-4 総合仮設計画図

5. 多段階リフトアップ工法

(1) スカイガーデン施工条件

住居棟3棟は、施工中に発生する可能性のある地震に対し、本体各棟が限界アスペクト比に達する前に、「スカイガーデン」を連結することが構造上求められた。具体的には、24階立ち上り躯体打設までに1層目（15階）のスカイガーデンを連結、35階立ち上り躯体打設までに2層目（26階）のスカイガーデンを連結する必要があった。また、住居棟の6日タクトの施工を中断することなく、合理的かつ安全な施工を行うことが絶対条件であった。

(2) 多段階リフトアップ工法概要

前述の施工条件を満たす工法実現へ向けて、全社の技術力を結集させた検討会を実施した。この検討会において、スカイガーデンの構築手順を、様々な工法について比較検討・協議した結果、躯体工事の進捗に合わせて段階的にスカイガーデンのリフトアップを行う「多段階リフトアップ工法」を採用することに決定した（図-5）。また、過去のリフトアップ工事事例と

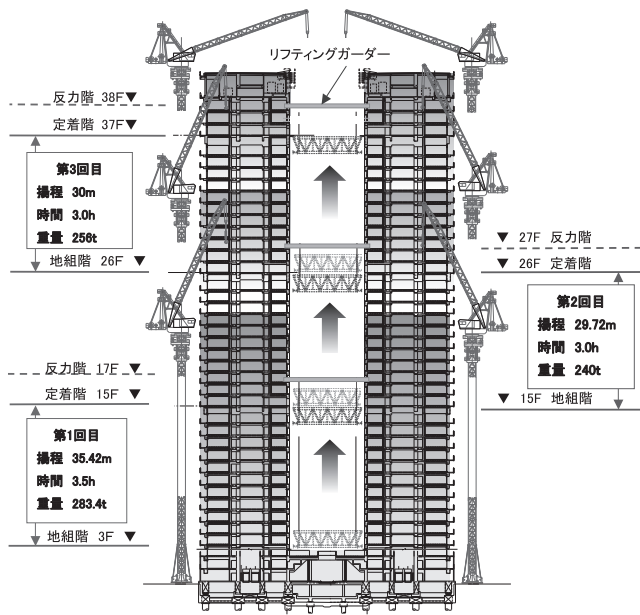


図-5 多段階リフトアップ工法

して、高揚程、高速リフトアップという点で梅田スカイビル、積層という点で大阪国際会議場のリフトアップ工事を参考にし、課題抽出を行った。

リフトアップする揚体としては、スカイガーデン主架構（鉄骨トラス）及び仕上げ材（外装パネル）とし、計画総荷重は約 300 t となる。また、揚体地組みヤードとしては、直下層のスカイガーデン上とし、1 回のリフトアップ揚程は約 30 m となる。

今回のプロジェクトは、主架構が RC 造であるという点で上記 2 事例とは異なり、高密度に配筋された PCa 部材に、リフトアップ荷重を受ける鉄骨ブラケットを固定させることが困難であったことから、棟間に仮設のリフティングガーダー（写真-3）を架け渡す機構を採用した。また、リフティングガーダー上を作業通路とすることで、棟間の往来が自由にでき、作業性が向上するという効果もあった。このリフティングガーダー上には各 2 台の油圧ジャッキを配置し、6 点吊りのリフトアップとした。ジャッキシステムは、工程上の制約から 1 日でリフトアップを完了する必要があったため、毎分 25 cm の高速運転が可能なダブルツインジャッキ（写真-4）を採用した。

定着部には回転式のブラケット（写真-5）を配し、一旦上げ越したスカイガーデンを、ブラケットを閉じて短時間で仮受けできる納まりとした。また、施工誤差を吸収するために間詰め材を設け、リフトアップ完了後に寸法を実測した上で製作し、現地溶接を行い、施工品質を確保できるよう工夫した。



写真-3 リフティングガーダー架設状況

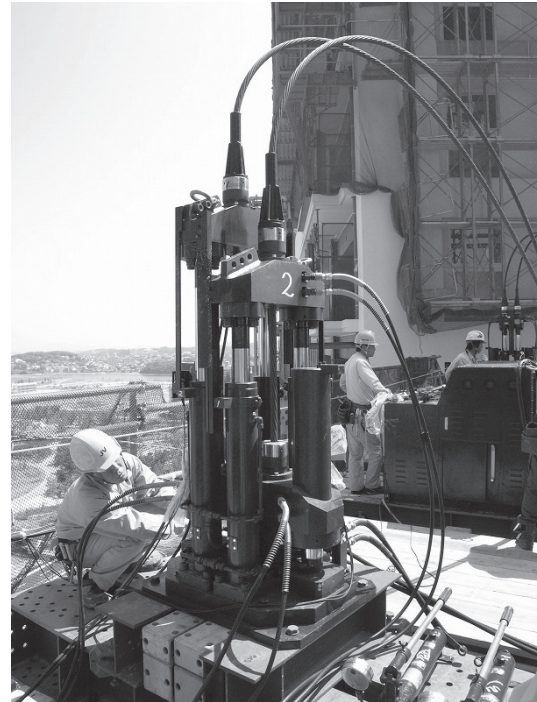


写真-4 ダブルツインジャッキ



写真-5 回転式ブラケット

6. 工事実施状況

(1) 施工フロー

第 1 回リフトアップ時の施工フロー及びタイムスケジュールを図-6 に示す。リフティングガーダーを設置し、スカイガーデンを定着するまでの期間は、外装仕上げ用のスライディング足場盛り替え工程及び、先に説明した本体建物躯体工程の関係から、18 日間という非常にタイトなスケジュールが要求された。リフトアップ当日の 4 日前に、テストリフトアップを行い、各吊り点の荷重と変位のバランス、揚体の変形を確認した。

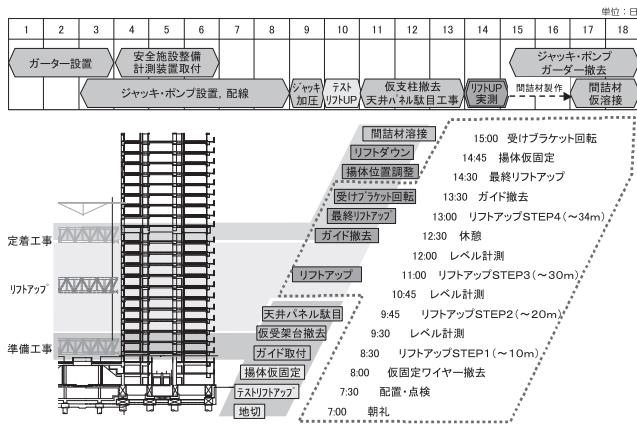


図-6 施工フロー図

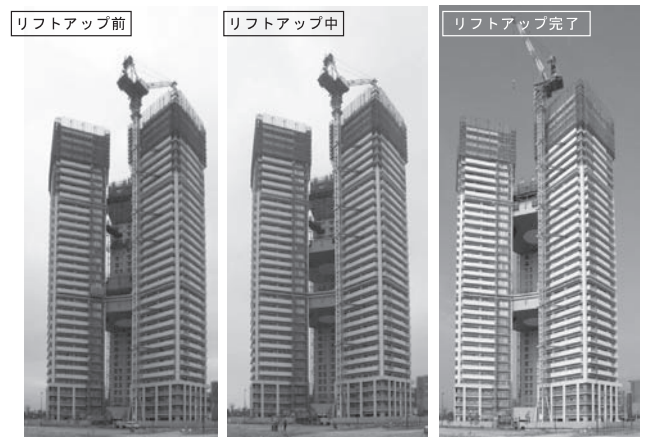


写真-6 第2回リフトアップ状況 (15F → 26F)

また、この間に揚体仮受け部の天井パネルを施工し、完全に仕上げた状態でリフトアップ当日を迎えた。

リフトアップ中はジャッキに作用する荷重、揚体の相対変位差にそれぞれ管理値を設け、6台のジャッキの盛り替えスピードを個別にコントロールした。また、揚程10m毎に光波距離計でリフトアップ量を計測し、エンコーダーの公差修正を行った。

スカイガーデンの鉄骨トラスは、当初の予想よりも剛性が高かったことから、荷重、変位差の調整に時間を要し、当初予定していたタイムスケジュールよりも若干の遅れを生じたが、ほぼ計画通りにリフトアップを完了することができた。

(2) 結果

多段階リフトアップ工法の採用により、スカイガーデン部における高所作業の削減と共に、外部足場が不要となり、安全性・生産性が著しく向上した。また、第2回リフトアップ (写真-6)、第3回リフトアップと回を重ねる毎に、細かい改善を行い、当社の移動架構工法として新たな固有技術を確認することができた。

7. おわりに

世界にも類を見ない、3棟連結構造の超高層集合住

宅を、最先端の構造・施工技術の展開により短工期で実現させることができたのは、設計施工の協業体制と、各分野の知見結集の結果である。本プロジェクトで実施した多段階リフトアップ工法のノウハウ・要素技術は、リフトアップ工法だけではなく他の移動架構工法においても水平展開可能であると考える。



【参考文献】

- 1) 西村章・白石洋介・鈴木健・木村秀樹：免震・制振構造を用いた3棟連結超高層RC建築物の設計と施工, コンクリート工学, Vol.46, No.4, 2008

【筆者紹介】



嘉本 敬樹 (かもと けいじゅ)
 ㈱竹中工務店
 技術研究所
 先端技術研究部



石川 善弘 (いしかわ よしひろ)
 ㈱竹中工務店
 技術研究所
 先端技術研究部