

シンガポール マリーナ・ベイ・ファイナンシャル・センター 建設工事

シンガポールにおける RC 超高層建築の省力化・機械化施工

大 高 広 之・太 田 秀 岐・香 林 洋

マリーナ・ベイ・ファイナンシャル・センター（MBFC）プロジェクトは新たな世界的金融ハブとして建設されるシンガポール都市開発の目玉となる大型プロジェクトである。合計約 46 万 m² のハイグレードなオフィススペースを有する超高層オフィスタワー 3 棟と 1 万 7,000 m² の商業施設、住宅タワー 2 棟からなる複合施設を 2 期に分けて建設した（図-1、2）。当社 JV は住宅棟を除く全てを受注し、成功裏に竣工を迎えることができた。本報では主に上部躯体工事に関して建設機械を中心に紹介した。

キーワード：建築、躯体、タワークレーン、オートジャンプフォーム、コンクリートディストリビューター



図-1 プロジェクト全景

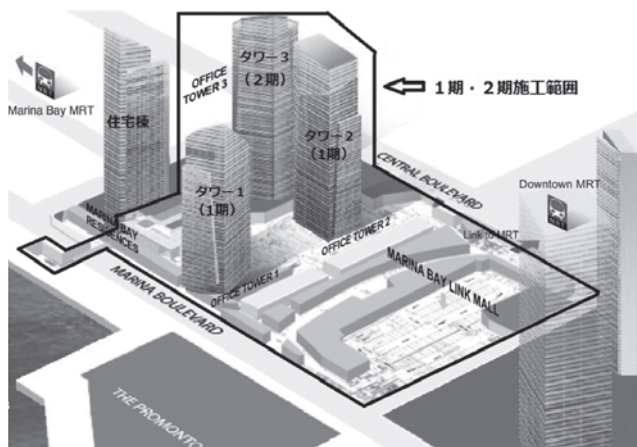


図-2 プロジェクト配置図

1. はじめに

本プロジェクト、マリーナ・ベイ・ファイナンシャル・センター（MBFC）は、シンガポールビジネス街に程近いマリーナ・ベイ新街区の中心（ウォーターフロント）に、新たな世界的金融ハブとして建設計画されたシンガポール政府肝入りの都市再開発の目玉となるプロジェクトである。敷地面積 3.55 ヘクタールに総面積約 300 万平方フィート（約 279,000 m²）のグレード A のオフィススペースを有する高層オフィスビル 3 棟、17 万 6,000 平方フィート（約 16,400 m²）を占める施設利用者および住居者のための商業スペース、総戸数 649 室の高層住宅ビル 2 棟から成り立つ複合施設となっている。当社は、住宅棟を除く全てを受注した。

このマリーナ・ベイ地区は、今後 10 数本の超高層ビル等が計画されており、既に我々と同時期にカジノを主とする総合複合リゾート施設（マリーナ・ベイ・サンズ）も竣工した。近くでは、F1 の夜間レースが行われることでも有名となった今後最も注目される地域である。

本報では、主に地上躯体工事における仮設機器を紹介しながら、超高層 RC 建築における施工計画とその実施内容に関して紹介する。

2. 工事概要

工事名：マリーナ・ベイ・ファイナンシャル・センター・プロジェクト
(Marina Bay Financial Centre Project)

所在地：シンガポール共和国 マリーナベイ地区
 発注者：Keppel Land
 Hong Kong Land
 Cheung Kong
 以上3社同額出資連合
 基本・意匠設計：Kohn Pedersen Fox Associates PC
 (USA)
 実施設計：DCA (Tower1&2)/A61 (Tower3) = 建築
 意匠
 Meinhardt = 構造・設備
 契約コンサルタント：DLS
 その他設計コンサル10社 例)ALT：カー
 テンウォール等
 施工：KAJIMA OVERSEAS ASIA PTE LTD-
 TIONG SENG JV
 工期：タワー 1&2 = 2007年9月～2010年3月
 (31ヶ月)
 タワー 3 = 2009年9月～2012年4月
 (31ヶ月)
 敷地面積：約 43,000 m²
 延床面積：約 460,000 m²
 建物高さ：タワー 1 = 地下 2 階～地上 32 階
 基準階床面積：2,500 m²
 建物高 188m
 タワー 2 = 地下 2 階～地上 50 階
 基準階床面積：3,000 m²
 建物高さ 239m
 タワー 3 = 地下 3 階～地上 46 階
 基準階床面積：3,600 m²
 建物高さ 239m
 構造：RC 造

3. 地上躯体工事計画

タワー 3 は、タワー 1 & 2 の一期工事における地上
 躯体工事計画からのフィードバックを受け、施工性・
 安全性をさらに向上することができた。ここでは、タ
 ワー 3 (図-3, 4) の計画に関して紹介する。

図-2 に示すように、住宅棟が敷地に隣接してい
 るため (建物間の距離は最短約 20 m)、当プロジェク
 トでは騒音基準における最も厳しい住宅地域が適用さ
 れている。その騒音値は 24 時間モニタリングされて
 いる上にオンラインで常時確認出来るため、近隣から
 の騒音苦情で制限値を超過していると確認されると環
 境庁から高額な罰金を徴収されるシステムである。そ
 のため 1 期工事で想定、稼働した純粋な躯体工事、特

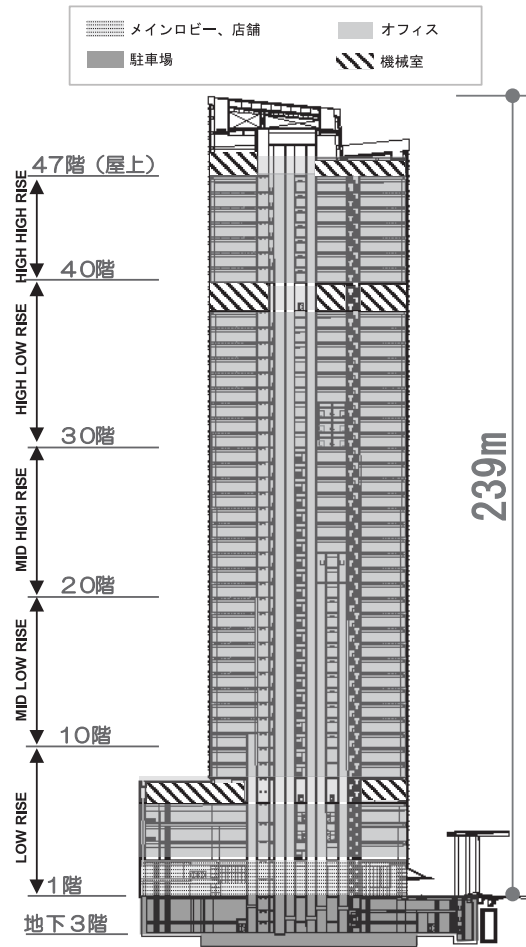


図-3 タワー 3 断面図

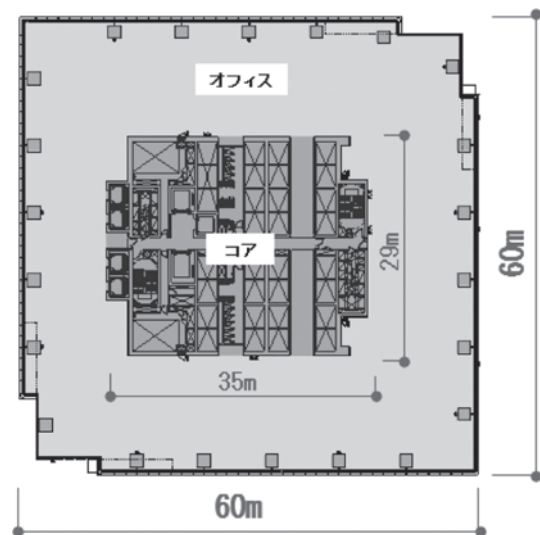


図-4 タワー 3 基準階平面図

にコンクリート打設や型枠建込み・解体作業などの騒
 音作業での 24 時間作業は困難であることが予想され
 た。

また、1 期工事で竣工した隣接する 2 棟の高層オフィ
 スビル (貸事務所面積計約 15 万 m²) と 1 棟の住宅棟
 (300 戸) の入居が始まると敷地周辺は一挙に第三者

の通行が増えるため、飛来落下災害を防ぐことが最優先のリスク管理項目となる。そこで最も作業量の多い躯体上部施工階にはセーフティスクリーンと呼ぶ外部飛散養生と外部足場を兼ねたシステムを全周に取付けること、その直下には朝顔を設けること、またテーブルフォームと呼ばれる梁底型枠一体型支保工の揚重には自動昇降する専用リフトを2基設置することでクレーンでの揚重作業中に起こりやすい飛来落下災害を撲滅させることとした。これらを踏まえ以下の計画を行った(図-5, 6)。

- ①タワークレーン4基、仮設エレベーター4+1基
- ②コア壁のオートクライミングフォームの使用
- ③テーブルフォームおよびテーブルリフターの設置
- ④テーブルフォームホイスト用ウインチの設置
- ⑤セーフティスクリーンの設置

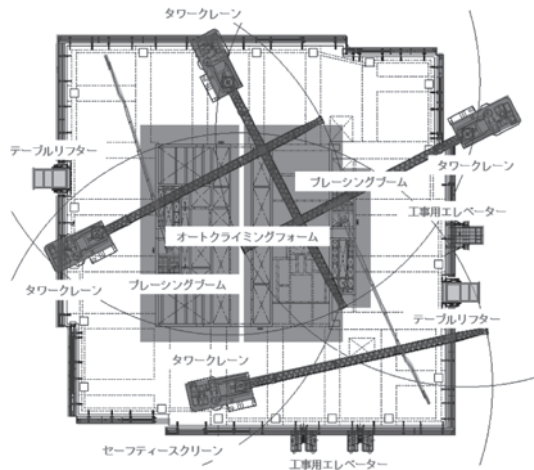


図-5 地上躯体総合仮設図(タワー3平面)

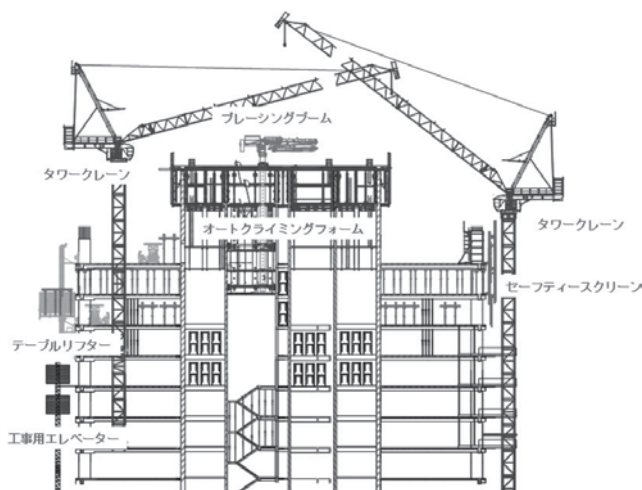


図-6 地上躯体総合仮設図(タワー3断面)

4. 地上躯体工事と各種建設機械

タワー3における地上躯体工事の実施結果を以下に述べる。なおタワー部の基準階床面積は、3,600 m²で

ありシンガポールにおいて最大級であるが、7日サイクルを計画し達成した。

(1) 揚重機及び仮設エレベーター

超高層ビル建築工事にスムーズな人や資材の縦移動は非常に重要な要素となる。当工事では基準階3,600 m²に対しイタリア製タワークレーン180tを3基と260t1基の計4基で計画した。ピーク時の作業員が1500名と想定し、作業員の垂直搬送用として小型仮設エレベーター(1.5m×3.5m, 2t)4台、荷物の搬送用大型仮設エレベーター(2.5m×5.0m, 3t)1台を設置した。十分な揚重設備と、ロジスティック部門を設置したことでスムーズな人・資材の移動を実現し、順調な工程進捗に寄与した。

(2) コア壁のオートクライミングフォーム

シンガポールではエレベータシャフト等のコア壁を床に先行して施工することが一般的であり、超高層RC造において計画段階より懸念されたのがコア壁先行施工の際の安全性、作業効率、そして鉛直精度を確保することである。これらを念頭に、1期工事を検証し、市場を調査検討した結果、当現場では図-7に示すような作業床一体型の壁専用型枠システム(オー

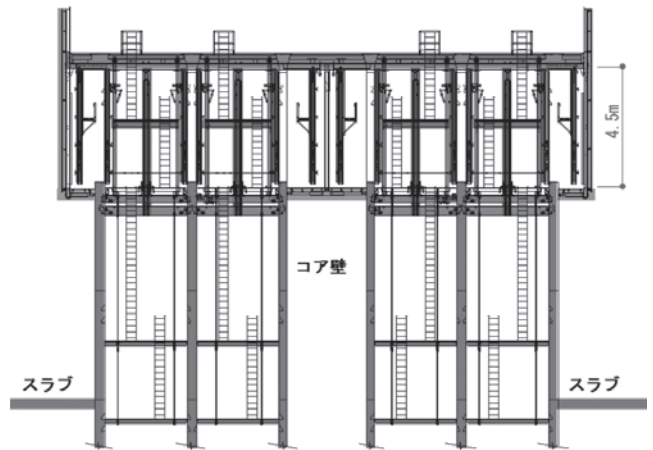


図-7 オートクライミングフォーム断面図



写真-1 オートクライミングフォーム写真(俯瞰)



写真-2 オートクライミングフォーム写真(仰視)

トクライミングフォーム)をオーストラリアから調達した(写真-1, 2)。基準階(高さ4.5m)におけるコア壁の数量は水平投影面積約1,000 m^2 、コンクリート約650 m^3 、鉄筋約120t、型枠約3,500 m^2 という大きなものであるが、このシステムを採用したことにより、コア壁に関しては、5日サイクルでのコンクリート打設を達成した。

(3) テーブルフォーム及びテーブルリフトの採用

原設計は梁スラブ共に在来工法のポストテンション構造であったことから、RC造における簡易化としてハーフプレキャストスラブの採用を提案し了承を得た。それに伴い従来型の全面型枠支保工から梁下のみの支保工に減少出来、またハーフプレキャストスラブ(長さ6.6m)は梁側型枠および支保工で支持することとした(写真-3)。このように基準化することで図-8に示すような梁底型枠付き支保工(テーブル



写真-3 テーブルフォームとハーフPCスラブ

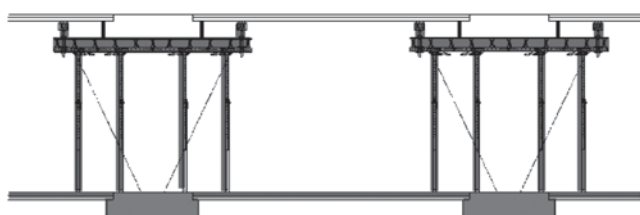


図-8 テーブルフォーム(断面)

フォーム)をユニット化し転用したため組立解体の時間を大幅に短縮することが出来た。

また床用システム型枠(テーブルフォーム)は7日サイクル工程達成のためコンクリートの養生期間等から2フロア分を用意した。その転用には2フロア下からの揚重を繰り返すこととなるが、型枠材の揚重時における飛来落下災害を確実に防止するために図-9に示すテーブルフォームを揚重する専用のリフトとしてテーブルリフター(最大積載荷重1.6t)を2台設置した。これによりタワークレーンを使用せずに型枠支保工材を揚重することが出来、安全かつ揚重作業効率も向上することが出来た。

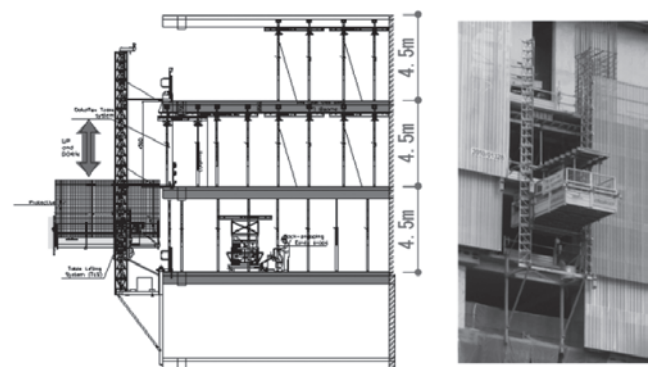


図-9 テーブルリフター

(4) テーブルフォームの揚重用ウインチ設置案見直し

ここでは、採用に至らなかった事例を紹介しておく。当初計画では前述したテーブルフォームはコア壁用オートクライミングフォームに取り付けたウインチを用い、建物内に設けた仮設開口から揚重する計画であった。しかし仮設開口をコア壁の内部に設けたため、十分な大きさが取れなかったこと、そのためにテーブルフォームのサイズを小さくする必要があり、揚重回数が増え作業効率が落ちてしまう懸念があった。この計画のリスクを認識した時点で前述のテーブルリフターの採用を決断した。このように、施工計画時に、複数の工法から最適解となる施工法を選定するためには、その地域における、工事の詳細を理解し、選択できる能力が担当者に求められる。

(5) セーフティースクリーン

超高層ビルの施工において外部飛散養生は最重要課題といえる。特に当敷地は海に面しており強風時には風速が10mを超えることも多々ある。そのため、絶対に物を落とさない、というコンセプトの元、セーフティースクリーンと呼ぶ外部飛散養生と外部足場を兼

ねたシステムを採用した。市場で汎用されているものは2層をカバーするものであるが、我々は3層（施工階、型枠階、型枠解体階）をカバーするものを提案し（図-10）、さらに安全性を高めた。またポストテンションの梁の緊張端が全て外周部であったためセーフティースクリーン上の作業床の高さを調整し安全に作業することが出来る設備とした。スクリーンを上昇させる機構として油圧ジャッキを用いることで、当スクリーンを上昇させるためにタワークレーンの使用を避けることが可能となった。外周は穴開き鋼板で囲いプロジェクト名等を表示し、世界有数の観光地であるシンガポール（年間観光客数1,300万人）のマリーナや高速道路から望めるように配置し、発注者共に広告効果を得た。



図-10 セーフティースクリーン

5. おわりに

当2期工事（タワー3）を海外の施主から特命受注で得ることが出来たことは1期工事（タワー1, 2）で得た、日本の建設技術者に対する信頼の表れである。さらにタワー3では、工期短縮・品質管理・安全

管理を向上することにより、施主の期待に沿うことが出来た。我々が当地にて永年培ったハードとソフト両面での現場運営管理手法が活かされた結果である。

成熟しきった日本国内での建設市場に加えて、海外ODAへの予算まで縮小する昨今、日本の建設業はこれから世界の顧客を相手に勝ち抜いてゆく必要がある。この報文を読まれた若いエンジニアの方には是非とも海外に出て、世界の建設現場に挑戦していただきたい。日本での経験は、必ず海外でも生かすことができるはずである。

謝辞

最後に、当工事にご協力いただいた関係各位の皆様方と本報文の編集に御尽力いただいた方々に、篤く御礼申し上げます。

JCMA

【筆者紹介】

大高 広之（おおたか ひろゆき）
KAJIMA OVERSEAS ASIA PTE LTD
Project Director



太田 秀岐（おおた ひでき）
KAJIMA OVERSEAS ASIA PTE LTD
Senior Project Manager



香林 洋（こうりん ひろし）
KAJIMA OVERSEAS ASIA PTE LTD
Construction and Engineering Manager

