

41. 超高層RC造建設(HIRC工法)施工システムの開発

～高強度材を用いた鉄筋コンクリート造超高層集合住宅の
施工システムおよび施工機械～

鹿島：*鶴岡 松生・久保 正道

1. はじめに

HIRC工法（高強度材を用いた超高層鉄筋コンクリート造建設工法）は、経済性、居住性はもちろん、鉄筋コンクリート構造による利点である建築計画への適応性や柔軟性が評価され、集合住宅を中心に多くの施工実績が報告されている。

高強度のコンクリート・鉄筋の開発・実用化が進む中で、この高強度材料の管理手法や施工システム・施工機械を開発し、その開発技術を45階建て、軒高160mのRC造超高層集合住宅の施工に採用しているため、その施工システムの概要を報告する。

2. 工事概要（写真-1参照）

工事名称：ザ・シーン城北新築工事

建築主：積水ハウス株式会社

工期：1993年7月8日～1996年3月31日

建設地：名古屋市北区成願寺1丁目609番地

超高層棟建物概要

| | |
|-------|--------------|
| 住居数 | ： 381戸 |
| 構造・規模 | ： RC造・地上45階 |
| 建築面積 | ： 2,290.69㎡ |
| 延床面積 | ： 54,002.73㎡ |
| 基準階面積 | ： 1,193.88㎡ |
| 軒高 | ： 160m |
| 基準階階高 | ： 3.25～3.80m |



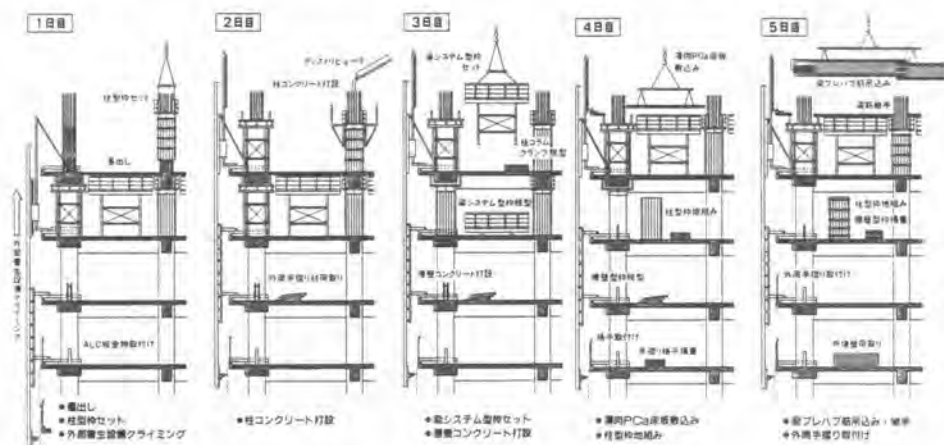
写真-1 ザ・シーン城北工事全景

3. 工事の特徴

建物平面形状は外壁が曲面をなした楕円形のユニークな外観となっており、室内からの眺望改善のため躯体外周部に背の低い幅広梁・曲り梁を配し、水廻りなどの床段差を新しく開発した段差梁によって解消し、居住性を高め、基準階の階高の変化や高層部での柱抜き架構等、グレードの高い構造となっている。本工事の場合、高さ、基準階床面積とも従来の約1.5倍の規模となっている。そのため、躯体階当りの揚重量が増大し施工階での資機材と人の錯綜、風の影響による揚重効率の低下や外部風散といった安全面での対策を含めた作業環境の確保が重要となる。

高層RC躯体の施工は一般的に、柱コンクリート、鉄筋、型枠をはじめ諸資機材の揚重・盛り替えは、クライミングクレーンが頼りであり、施工方法の合理化とクライミングクレーンの稼働率・揚重効率の向

上（回数低減・サイクル時間の短縮）が躯体工期を左右する大きな要因となる。



4. 施工システムの概要とねらい

○ 安全で合理的な無足場躯体施工法の追求

積層・無足場工法である当工事は、墜落・転落・飛来落下災害の防止を図る必要があるため、安全対策として、自昇式外部養生設備を設けている。

○ 高強度コンクリートの圧送打設の実現

柱・梁・床には施工性を考慮し、流動性の高い高強度コンクリートを採用し、高压コンクリートポンプ及び自昇式ディストリビュータの組み合わせにより施工速度、作業環境の両面を改善している。

○ 基準施工サイクル時間の短縮

主揚重は、クライミングクレーン2基で、内1基はフロアクライミング方式を採用している。仕上げ材や人用に人荷エレベータ2連1基と1連1基を配置し、汎用リフトを設置しないかわりに、2連のエレベータケージの1台を長尺の仕上げ材用として改良型を搭載している。

従来施工法では、躯体施工に必要な材料、仮設機材は全てクライミングクレーンによる揚重に頼っていたが、躯体施工サイクルを短縮するためクライミングクレーンの揚重負荷の軽減を狙い施工システムの改善をはかった（図1、図2参照）。今回の主な施工機械に関する改善点は以下のとおりである。

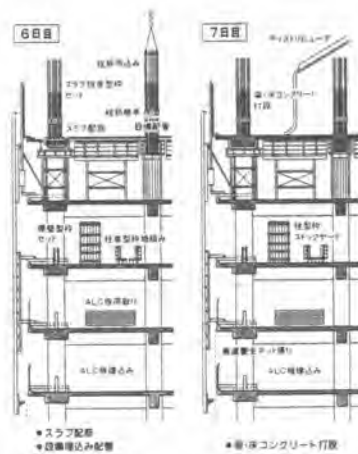


図-1 基本施工サイクル図

- ① 柱・梁床コンクリートは全てコンクリートポンプによる圧送とする。(従来、柱コンクリートはバケット打設が一般的である。)
- ② 柱打設を安全に施工するため自昇式ディストリビュータを組み合わせる。
- ③ 外部養生設備は、自昇式とする。
- ④ 型枠材料の一部、及び仮設資機材を躯体施工最上階迄サービスする機械を導入する。
- ⑤ ④の機械を荷取り構台兼用とする。施工方法としての特徴は、柱・梁の高強度鉄筋を地組みヤードで組立ててプレハブ化し、柱にパネル型枠、梁にシステム型枠、床に合成床用薄肉PCCa板を用いて躯体精度を高めていることである。

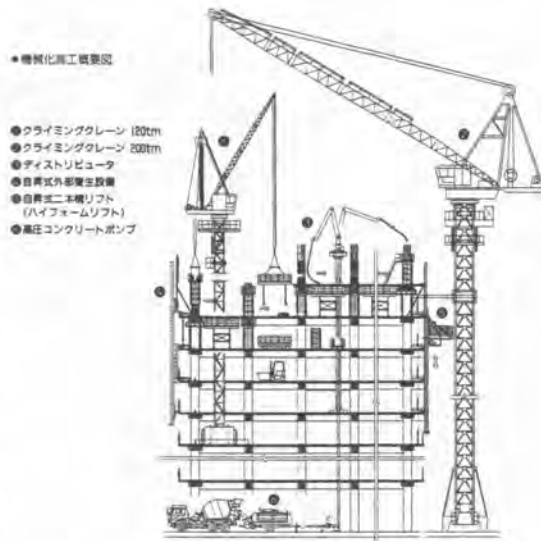




図-2 施工システム概念図

既存技術を用いた施工システムのサイクルを100とした場合、今回の開発、改善により、基準施工サイクル時間は67%に短縮される。(図-3参照)

- ① 既存技術による施工法
 - ② 梁・床、高圧ポンプ圧送
 - ③ 自昇式外部養生設備
ハイフォームの採用
 - ④ 柱、高圧ポンプ圧送
柱・梁床、ディストリビュータの採用
 - ⑤ 施工方法、積重方法の改善
- 凡例
 : クライミングクレーンの構架時間
 : その他構架時間

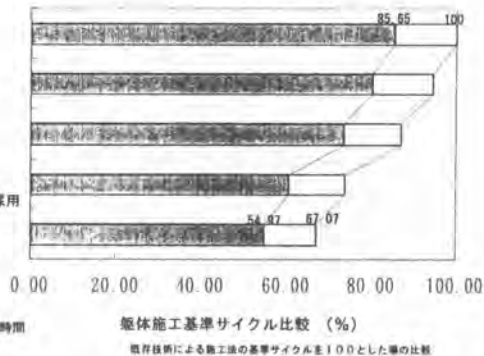


図-3 躯体施工基準サイクル比較図

5. 自昇式外部養生設備

型枠パネルや飛散落下防止養生設備のように軽く、かつ受圧面積の大きな資機材の揚重は、風の影響を受けやすく躯体外周部での作業は特に危険となる。従来外部養生設備は、クライミングクレーンにより盛り替えを行っていたが、クライミングクレーンに頼らず自昇可能な外部養生設備を採用することにより、安全かつ確実に迅速な盛り替えを可能にしている。自昇機能によりクライミングクレーンの揚重負荷が軽減できることも大きな効果である。建物外周約14.6mを高さ約1.6mで幅8mから1.3mの1.4枚

のパネルに分割し、1パネル当り2ないし3基のマイティクリーバ（小型特殊昇降装置、表-1、図-4参照）を組んだ構成で曲面に対応した形状となっている（写真-2参照）。パネルは鉄骨構造で、全面メッシュシートで覆い暴風時にも耐える設備としている。



写真-2 自昇式外部養生設備

自昇式外部養生設備の主な特徴は、以下のとおりである（図-5参照）。

- ① 同調精度の高い油圧駆動の昇降方式で、昇降高さを記憶し自動昇降する。
- ② 5階分の高さをカバーしているので本設手摺の設置等外部の施工を完了させて昇降可能。
- ③ コンパクトな昇降装置で、設置スペースが少なくなくて済むので、型枠、足場等に組み込み自昇機能を付加することができる。

表-1 マイティクリーバ主要諸元

| | |
|--------|------------------------|
| 昇降方式 | ラチェット型油圧順次昇降方式 |
| 昇降能力 | 5 ton (max) |
| 昇降速度 | 28 cm/min |
| 油圧ユニット | |
| 最大圧力 | 210 kg/cm ² |
| 出力 | 3.7 kw |
| 流量 | 2.4 l/min |

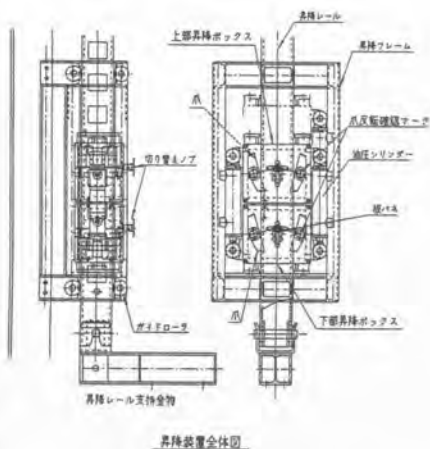


図-4 マイティクリーバ本体

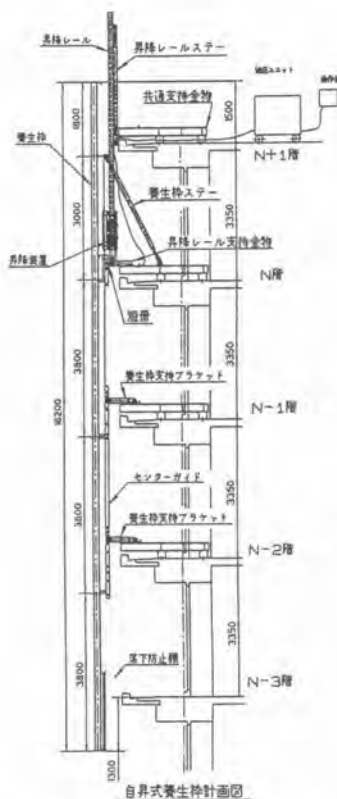


図-5 外部養生設備組立て図

6. 高強度コンクリート圧送システム

本工法の特徴である高強度コンクリートは、一般的にフレッシュ時の“粘り”が大きくコンクリートポンプの圧送負荷の増大や圧送による品質変化が懸念されるためバケット揚重案が一般的である。しかし、梁・床の施工性や施工速度を比較検討し、ポンプ圧送の利点を生かし、高圧定置式コンクリートポンプ及び自昇式ディストリビュータを採用している。このシステムにより梁・床コンクリートだけでなく柱コンクリートも含めポンプ圧送施工が可能になった。

当然、ポンプ圧送性の改善のため、高強度コンクリートのフレッシュ時の改善やコンクリート強度管理手法・圧送性評価手法の確立、コンクリートポンプの選定・無負荷試験、実大圧送実験による評価・確認を行っている（図-6、図-7参照）。

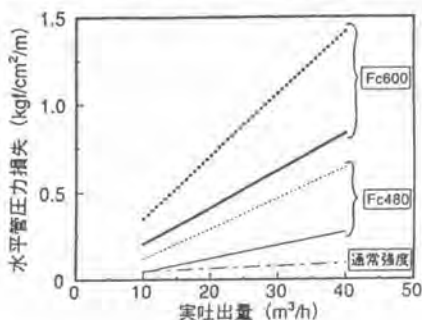


図-6 実吐出量と圧力損失の関係

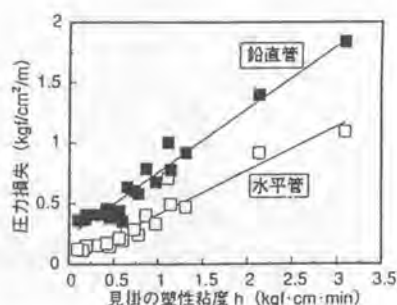


図-7 見掛けの塑性粘度と圧力損失の関係

現在国内で使用されているコンクリートポンプの理論吐出圧力は、80~100kgf/cm²程度であるが、設計基準強度 Fc=600kgf/cm² といった高強度コンクリートの圧力損失は、一般に通常のコンクリートの10倍以上になる。このようなコンクリートの圧送を可能にするためドイツツッツマイスター社の理論吐出圧力 230kg/cm² 級の超圧コンクリートポンプ（表-2、写真-3参照）及び自昇式ディストリビュータ（表-3、写真-4参照）を輸入し国内向けに一部仕様変更し使用している。

表-2 超圧コンクリートポンプ主要諸元

| | |
|----------|----------------------|
| 圧送ポンプ | ダブルピストンポンプ |
| 理論最大吐出量 | 54 m ³ /h |
| 理論最大吐出圧力 | 230 bar |
| ストローク長 | 2100 mm |
| シリンダー切替 | S型揺動管 |
| 最大制御油圧 | 350 bar |
| 駆動装置 | ディーゼルエンジン |
| 出力 | 300 Kw |

表-3 ディストリビュータ主要諸元

| | |
|--------|----------------------------|
| 型式 | MXR28-4-DN125 |
| 最大作業半径 | 28 m (max) |
| マスト | 12 m |
| クライミング | フロアーフレームを用いた フロアクライミング |
| 操作 | リモートコントロール又は、 ラジオコントロール |



写真-3 高圧コンクリートポンプ



写真-4 自昇式ディストリビュータ

高強度コンクリート圧送システムの特徴は以下のとおりである。

- ① 高所、長距離圧送に適した高圧、高出力の大型コンクリートポンプで現場ニーズにより高圧タイプ、大容量タイプの選択が可能である。
- ② 長いシリンダーストロークとフリーフロー油圧システムにより振動・脈動を控えコンクリートの安定圧送が可能で運転時の騒音レベルも低い。また、シリンダー切換え時の異常圧力が発生しないため、械効率も良い。
- ③ 柱コンクリートや床コンクリート打設の効率向上と作業環境の改善に役立つ自昇式ディストリビュータで打設以外の作業時ワンタッチでブームの取り外しが可能である。
- ④ 高圧コンクリートポンプに適した耐圧を保證する安全で確実な高圧用配管とジョイントの採用。
- ⑤ 圧送時の安全確保と残コン処理作業を合理化した切換えバルブとストップバルブの採用。

高強度コンクリート圧送施工システムの検討の場合、材料、方法、施工機械、といった多面からの検討が必須であり同種の検討において圧送実験又は圧送性評価による確認が重要と思われる。

7. おわりに

R/C造超高層の施工は、鉄骨造とは異なり躯体施工階に仮設、資機材が集中するため、特に安全で作業しやすい環境を作り上げる必要がある。今回、計画段階の内容に絞り報告させて頂いたが、高圧コンクリートポンプははじめ導入機械は、現在順調に移動している。本報告では、紙面の都合もあり一部割愛させて頂いたため不十分な内容となったが、ご容赦願いたい。

〔参考文献〕

- 1) 日本建築学会：大会学術講演要覧 高強度コンクリートのポンプ圧送実験 鹿島 技術研究所 坂本文敏 1994年9月