

HSPC 構真柱の開発

稲田博文

鉄筋コンクリート構造物の逆打工法において、超高層建物への適用も可能とした超高強度プレキャスト鉄筋コンクリート構真柱の製造と施工方法を確立させた。これにより、超高層建物における地下工事の更なる合理化と品質向上が図れるほか、工期短縮およびコスト削減なども期待できる。本稿では、設計基準強度 100 N/mm^2 のコンクリートを用いた超高強度プレキャスト鉄筋コンクリート構真柱を超高層建物に適用した事例について報告する。

キーワード：逆打工法、構真柱、プレキャスト、高強度コンクリート、 100 N/mm^2 、工期短縮、コスト削減

1. はじめに

都市部における敷地の有効利用の動きの中、建物の高層化とともに地下空間の大規模化が近年進んでいる。この地下工事において、工期短縮・安全性の確保・周辺環境への配慮等の必要性から逆打ち工法が、一般工法の一つとして採用されつつある（図—1）。鉄筋コンクリート構造物の逆打工法では、逆打躯体を仮設的に支持する構真柱として、通常、鉄骨柱が用いられるが、これをプレキャスト鉄筋コンクリート柱とすることにより、地下工事終了後においても、この構真柱を本設の地下柱としてそのまま活用できるようになる。この場合、地下の掘削完了と同時に地下柱の施工が終了することから、地下工事の合理化を図ることができる。しかしながら、近年、需要が増している超高層鉄筋コンクリート造建物の場合では、大きな軸力を支える地下柱をプレキャスト構真柱にしようとする、部材の大型化に伴う重量の増大により、建込みが困難となる問題が生じていた。このような問題に対し

て、コンクリートの高強度化により地下柱の断面を縮小させ、構真柱としての重量を軽減させた HSPC (High Strength Precast Concrete) 構真柱の製造と施工方法を確立させた。これにより、超高層建物へのプレキャスト構真柱の適用を可能とした。

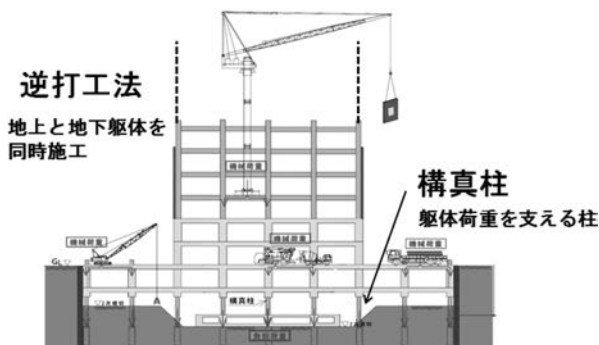
HSPC 構真柱を用いた逆打工法では、通常の鉄骨構真柱を用いた場合に比較して、超高層建物における地下工事の合理化と品質の向上が図れるほか、工期短縮や省力化なども期待できる。また、超高強度コンクリートの採用とこれによる部材断面の縮小は、高品質・高耐久な構造体の構築と、より自由度の高い地下空間を創生することができる。

本稿では、設計基準強度（以下、 F_c とする） 100 N/mm^2 の超高強度コンクリートを用いた HSPC 構真柱を超高層鉄筋コンクリート造建物に適用した事例を取り上げ、HSPC 構真柱の計画、施工およびその活用効果などについて報告する。

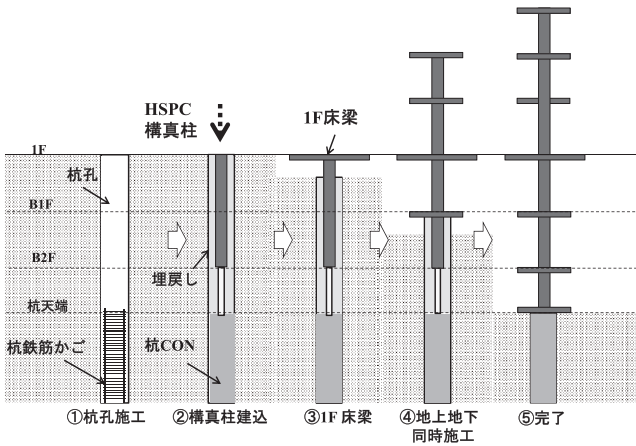
2. HSPC 構真柱を用いた逆打工法¹⁾

(1) HSPC 構真柱を用いた逆打工法の工程

HSPC 構真柱を用いた逆打工法の作業手順を図—2 に示す。詳細は後述するが、本工法では HSPC 構真柱を現場サイトにて地組み後、①現場打ちコンクリート杭孔掘削・鉄筋かご挿入、② HSPC 構真柱の建込・杭コンクリートの打設・埋戻し、③ 1F 床梁の構築、④ 地上階と地下階の同時施工（地下階は HSPC 構真柱がそのまま本設柱となるため、掘削完了後は床梁の構築のみ）、⑤ 地下躯体完了、となる。



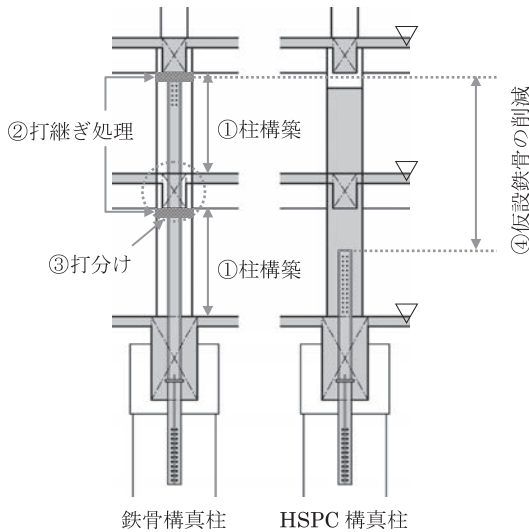
図—1 逆打工法と構真柱



図一2 HSPC 構真柱による逆打工法の作業手順

(2) 鉄骨構真柱を用いた逆打工法との比較

鉄筋コンクリート造建物における逆打工法について、HSPC 構真柱と通常逆打工法に用いられる鉄骨構真柱とを比較して図一3に示す。HSPC 構真柱では、以下の点について、鉄骨構真柱よりも有利であることから、超高層建物の地下工事においても、後作業の省力化と工期短縮が期待できる。



図一3 鉄骨構真柱と HSPC 構真柱の工法比較

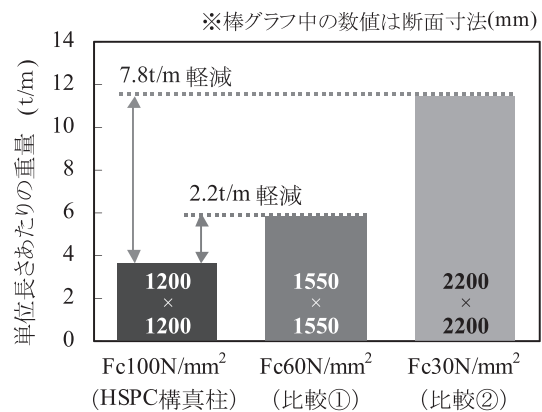
- 1) 先行床躯体の下における限られた作業空間での、地下柱の構築が不要となる (①)。
- 2) 鉄骨構真柱では地下 RC 柱を上階から施工するため、その下階を施工するときにはコンクリートの

打継ぎ面が打設上面となることから、グラウト注入などの打継ぎ処理が必要となるが、HSPC 構真柱ではこれが不要となる (②)。

- 3) 柱梁接合部における異強度コンクリートの打分けが不要となる (③)。
- 4) 仮設鉄骨が RC 柱断面内にないため、地下柱の配筋納まりが簡素化し、梁端部への水平ハンチの設置などによる措置が不要となる (④)。

(3) HSPC 構真柱の軽量化

プレキャスト構真柱の超高層建物への適用にあたっては、構真柱の建込みが可能となるように重量を軽減させることが不可欠となる。この解決手段として、HSPC 構真柱では、コンクリートの高強度化により地下柱の断面を縮小させ、構真柱の軽量化を図った。表一1および図一4は、 $Fc100\text{ N/mm}^2$ の超高強度コンクリートを HSPC 構真柱に採用した実施適用例（後述記載）について、所要の構造性能を確保するためのプレキャスト構真柱の仕様および重量を、コンクリートの Fc 別に比較したものである。これらに示したように、 $Fc100\text{ N/mm}^2$ を採用した HSPC 構真柱では、一般的な高強度コンクリート ($Fc60\text{ N/mm}^2$, 比較①)を用いた場合と比較しても、部材断面1辺あたりの寸法が350 mm 縮小されることとなる。これにより、構真柱の単位長さあたりの重量が4 t/m 未満（実施適用例では、構真柱のみの最大重量が50 t 未満）に抑制され、構真柱の建込みを可能とした。



図一4 プレキャスト構真柱の重量の比較

表一1 プレキャスト構真柱の仕様の比較

仕様	HSPC 構真柱	比較①	比較②
F_c (N/mm^2)	100	60	30
主筋	20-D41	20-D41	32-D41
せん断補強筋	D13 ④@100	D13 ④@100	D13 ④@100
断面寸法 (mm)	1200 × 1200	1550 × 1550	2200 × 2200

3. HSPC 構真柱の実施適用例

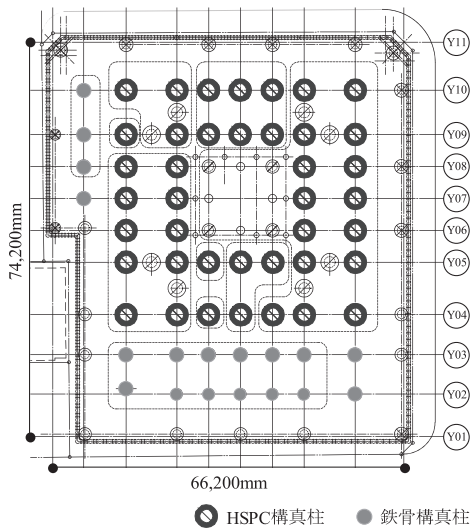
(1) 概要

HSPC 構真柱を実施適用した建物の概要を表一 2 に示す。本建物は、地下 2 階、地上 52 階の鉄筋コンクリート造であり、主な用途は集合住宅である。

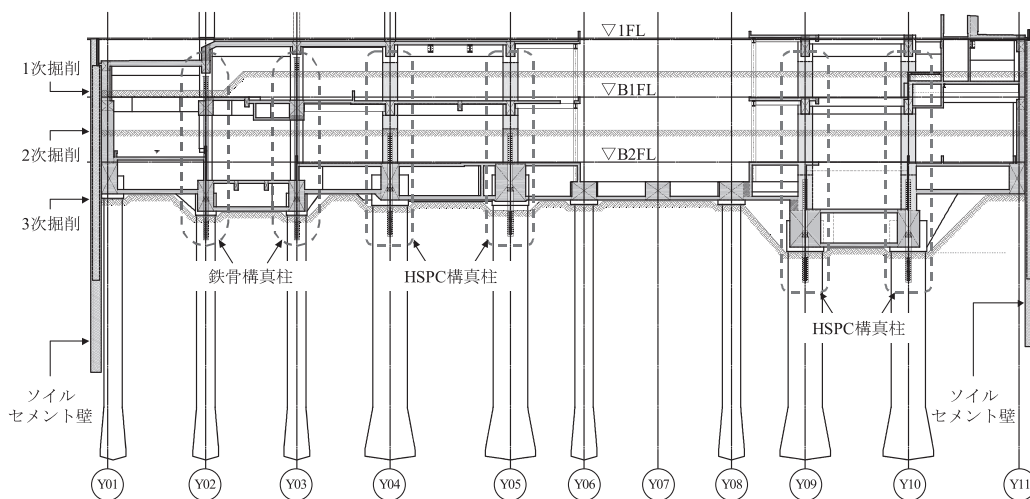
杭伏図を図一 5 に、地下断面図を図一 6 に示す。HSPC 構真柱とした地下柱は高層直下となる 40 本であり、低層階部分は通常の鉄骨構真柱である。HSPC 構真柱には、Fc100 N/mm² および Fc80 N/mm² の超高強度コンクリートを採用した。

表一 2 建物概要

用途	共同住宅、事務所
延床面積	79,230 m ²
構造形式	鉄筋コンクリート造（一部鉄骨造）
階数	地下 2 階、地上 52 階、塔屋 2 階
高さ／深さ	最高高さ：189.2 m / 建物深さ：17.4 m



図一 5 杭伏図



図一 6 地下断面図

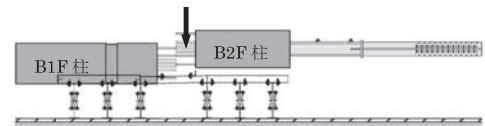
(2) 地組み・建て起し

写真一 1 および図一 7 に、HSPC 構真柱の地組み状況を示す。HSPC 構真柱は、プレキャスト工場のクレー

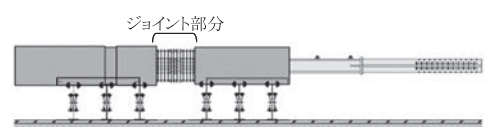


写真一 1 HSPC 構真柱の地組み写真

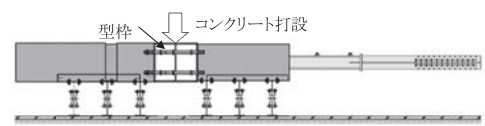
①搬入、ベッド架台への設置



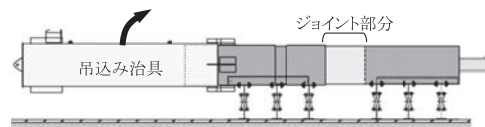
②ジョイント部の配筋、型枠の建込み



③コンクリートの打設、養生



④吊込み治具の取付け、構真柱の建込み



図一 7 HSPC 構真柱の地組み手順

ン能力や運搬車両の制限より構真柱を軸方向で2分割して製作した。HSPC 構真柱の地組みは、現場サイトの架台に設置調整 (①)、ジョイント部の配筋・型枠の建込み (②)、コンクリートの打設・養生 (③)、の順番にて一体化させる方式とした。

写真-2 に、HSPC 構真柱の建て起し状況を示す。全長約 9.0 m・重量約 50 t (仮設を含む：約 60 t) の HSPC 構真柱は、200 t クローラークレーン 2 台の合吊りにて建て起しを行った。



写真-2 HSPC 構真柱の建て起し状況

(3) 建込み²⁾

図-8 に、HSPC 構真柱の建込み状況と建込み精度の管理概要を示す。建込み時の精度管理は、位置調用のトランシット、XY 通り調整用のガイドローラー (①)、鉛直度調整用のパンタグラフ (②) および傾斜計 (③)、レベル調整用の油圧ジャッキ (④) などの、複数の調整機器を併用して精度管理を実施した。

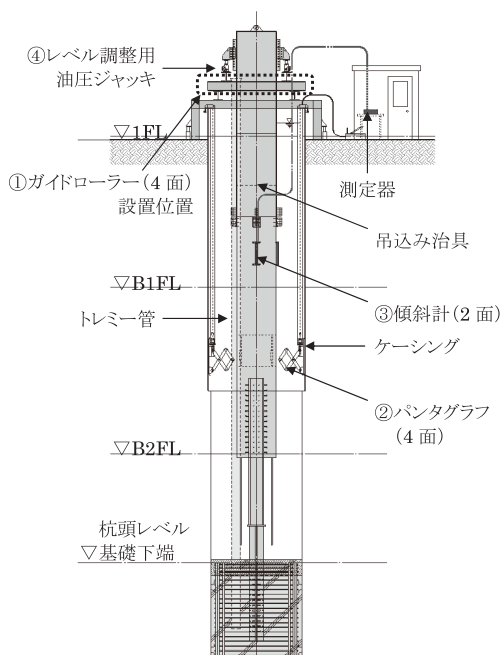


図-8 HSPC 構真柱の建込み精度概要

(4) 精度管理結果

図-9, 10 に、施工精度の実測結果を示す。HSPC 構真柱の施工精度の評価項目は、レベル誤差および鉛直度とし、全ての HSPC 構真柱 (計 40 本) を対象とし、掘削後の実測により確認した。レベル誤差の結果は +5 ~ -9 mm, 鉛直度の結果は半数の 20 本が 1/1000 未満, 最大でも 1/436 であり、全て管理値以内であることを確認した。

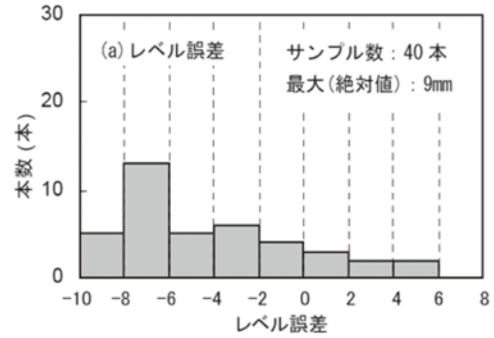


図-9 HSPC 構真柱のレベル誤差

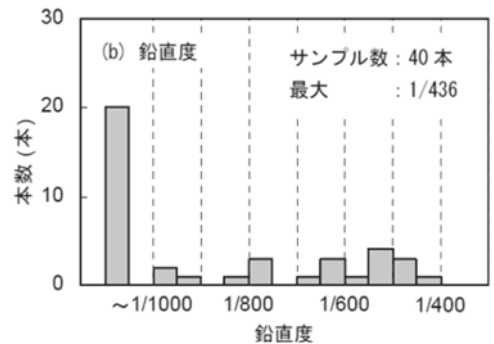
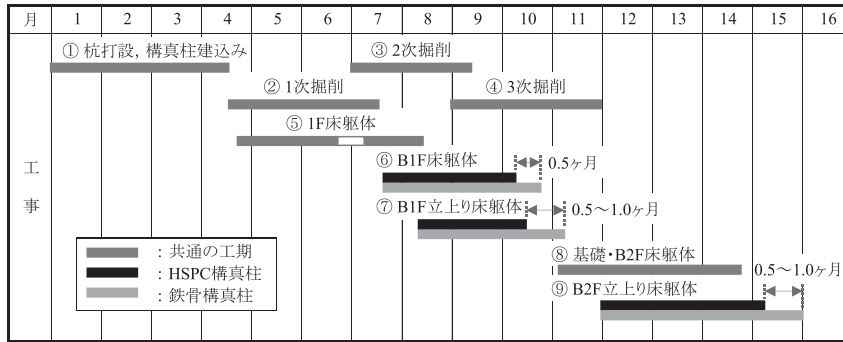


図-10 HSPC 構真柱の鉛直度

4. HSPC 構真柱の活用効果

(1) 工期短縮

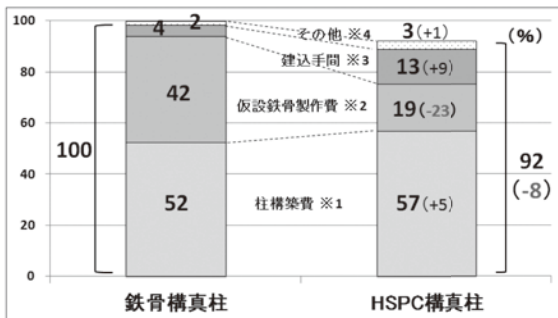
HSPC 構真柱の実施適用例における地下工事の工期について、通常の鉄骨構真柱を用いた逆打工法で想定される工期と比較して図-11 に示す。杭打設・構真柱の建込み (①)、掘削 (②~④)、1 階床躯体 (⑤) および基礎・地下 2 階床躯体 (⑧) の工期については、HSPC 構真柱と鉄骨構真柱のいずれも概ね共通の工期であると考えられる。一方、HSPC 構真柱では、地下 1 階床躯体 (⑥) における柱・梁接合部の異強度コンクリートの打分け、地下 1 階および地下 2 階立上り躯体 (⑦, ⑨) における柱の構築・打継ぎ処理が不要となるため、掘削後における後作業の大幅な削減が期待できる。以上のことから、実施適用例の場合では、地下各階の工期が 0.5 ~ 1.0 ヶ月程度、短縮されたものと考えられる。



図一 11 地下工事の工期の比較

(2) コスト削減

今回採用した HSPC 構真柱と通常の逆打工法に用いられる鉄骨構真柱のコストについて、鉄骨構真柱の合計金額を 100 とした指数 (%) を比較して図一 12 に示す。鉄骨構真柱に対して HSPC 構真柱の柱構築費は 5%、構真柱建込手間は 9%の増額となったが、仮設鉄骨製作費は 23%の減額となり、合計で 8%のコストダウンとなった。



図中の数字は、鉄骨構真柱の合計金額を100とした指数(%)

※1 柱構築費：鉄筋・コンクリート・型枠の材料と手間および関連仮設費、先行部取合いグラウト費(鉄骨構真柱のみ)、PCa製作費および関連仮設費

※2 仮設鉄骨製作費：鉄骨構真柱は、クロスH-600×250×16×40(仮設)に設定

※3 建込手間：構真柱建込み手間および揚重費

※4 その他：構真柱の清掃、安全設備他

図一 12 鉄骨構真柱と HSPC 構真柱の工法比較

5. おわりに

超高強度プレキャスト鉄筋コンクリート構真柱の製造と施工方法を確立させ、超高層建物の逆打工法への適用を可能にした。これにより、超高層建物における地下工事の更なる合理化と品質向上が図れるほか、工期短縮および環境負荷低減効果なども期待できる。

本工法の利用拡大は、超高層建物の建設を推進し、都市再生に伴う国土有効利用および超高強度コンクリートの使用による高品質・長寿命・低環境負荷な社会資本の整備に資することが考えられる。今後も施工効率と環境負荷低減の更なる向上を目指して開発を進めるとともに、本工法の積極的な展開を図る予定である。

JCMIA

《参考文献》

- 1) 山本佳城, 宮田哲治, 本岡功成, 服部敦志: 超高強度プレキャスト鉄筋コンクリート構真柱の開発と超高層建物への適用, コンクリート工学, Vol.47, No.8, pp.34~38, 2009.8
- 2) 宮田哲治ほか: 超高強度プレキャストコンクリート構真柱の施工 その2 建込状況, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp807-807 2009(東北)

【筆者紹介】



稲田 博文 (いなだ ひろふみ)
大成建設(株)
建築本部 建築技術部
次長