

超高層 RC 造の PCa 化とその施工

Construction of High-Rise RC using Precast Concrete

松本 靖司* 近藤 晴貞*
Seiji Matsumoto Harusada Kondou
岩沢 徹* 楠谷 淳士*
Tetsu Iwasawa Hitoshi Kususako

要 約

近年、RC 造による超高層建築物が急激に増加し、特に、超高層集合住宅については最も標準的な構造として定着している。超高層 RC 造は、1974 年に 18 階建ての集合住宅を皮切りに、現在では 50 階を超える高層 RC も実現している^{1), 2)}。このような短期間において RC 造が発展したのは、鉄筋コンクリート造の特徴である「高い剛性と経済性」を活かした技術の発展と社会のニーズに依るところが大きい。

技術の進歩は、100N/mm² を越える高強度コンクリート、SD 685 などの高強度鉄筋の開発によって高い剛性が得られ、多くの構造形態がとれるようになり設計の自由度がより多く取れるようになった。また、住宅性能表示制度（品確法）の制定により、購入者の共同住宅に対する基本性能の関心も高まってきており、建物の品質及び性能の向上を確保する必要がある。その結果、品質確保とともに施工の合理化、生産性、工期短縮のためにプレキャスト（PCa）化のメリットは非常に大きく、超高層 RC 建築物ではなくてはならない存在となっている。

本報告では、実際に施工を行った超高層 RC 造のプレキャスト（PCa）化の現場を基に、品質確保、施工の合理化、工期短縮など一連の施工結果を報告するものである。

目 次

- § 1. 計画概要
- § 2. PCa 化のメリット
- § 3. PCa 部材
- § 4. PCa の施工
- § 5. 高強度コンクリートの施工
- § 6. まとめ

§ 1. 計画概要

1-1 全体計画

本建物は、神保町一丁目南部地区の再開発を目的として計画されたものである。神保町再開発は、大きく分けて3つの街区からなっており、東街区（23F）、北街区（13F）の事務所棟、そして、今回報告する西街区の超高層 RC 造のプレキャストを採用した住宅棟〔駐車場（B1F～B3F）、商業施設（1F～2F）、共同住宅（3F～29F）〕である。

敷地周辺は、本の街として古くから知られており、大手町・丸の内－オフィス街、霞ヶ関－中央官庁、東京ドーム、武道館－アミューズメント施設に近く、さらに目の前に皇居がひろがっており、豊かな自然に隣接する充実した都市機能を持ち合わせている。また、敷地内には、都営三田線の神保町駅があり、さらには半蔵門線のシールドトンネルが通っている（図-1 参照）。

当初、本建物は、一部を PCa 化にしているものの、大半を在来工法で計画していた。しかし、建物の耐久性を長期と定める、100 年以上住める建物を目標とした設計がなされており、さらには共同住宅に対する基本性能の関心も高まったことから、建物の品質及び性能の向上を確保する必要が生じた。

その結果、品質確保とともに施工の合理化、生産性、工期短縮のために以下に示すプレキャスト（PCa）の複合化を実現させた。

*関東（支）神保町再開発工事事務所

1-2 工事概要

工事件名：神保町一丁目南部地区第一種市街地再開発事業新築工事（J city TOKYO）

発注者：神保町一丁目南部地区市街地再開発組合

設計者：株式会社 山下設計

工事場所：東京都千代田区神田神保町 103

工期：平成 12 年 8 月 10 日～平成 15 年 2 月 28 日

施工形態：西松・大成・鹿島建設共同企業体

敷地面積 5352.52m²

建築面積 3479.98m²

延床面積 48704.06m²

最高高さ 104.79m

構造種別 SRC, RC 造

階数 地下 3 階, 地上 29 階, 塔屋 2 階

建物用途 駐車場, 店舗, 共同住宅

§ 2. PCa 化のメリット

2-1 品質の安定

在来工法による躯体構築は、作業員の技量、天候、施工条件によるコンクリートの不安定さによって、躯体の品質が大きく変動する。PCa 化を行えば、こういった不安定要素を工場で取り除くばかりではなく、配筋、型枠の精度の向上あるいは一部に機械化が施されるなど安定した製品を生み出すことができる。

2-2 工期短縮

在来工法による 1 フロアの工程は、およそ、7～11 日程度でサイクル工程が進んでいるのが通常である。これが、PCa 化を実現すると、5～8 日程度まで短縮することができる。これは、超高層 RC にとっては、数ヶ月の単位で工期を短縮することが可能である。また、躯体自身が、既に強度を保有しているために、サポートの低減や、早期撤去が可能であり、コンクリート打設の翌日から次のフロアの工事あるいは、内装工事を早期に開始することができる。特に、天候に左右されることが少なく、工程管理がしやすいことも PCa 化のメリットの一つであると考えられる。

以上の 2 項目が、PCa 化によって得られる最大のメリットであると思われる。ただし、その他にも、高所での鉄筋、型枠の作業が大幅に減少し、安全性の向上や、型枠の使用が大幅に減少するために、地球環境にも優しい工法であると考えられる。

§ 3. PCa 部材

一言で PCa 化といっても、様々な PCa が考えられる。一般的には、フル PCa、ハーフ PCa を各部材の適材適所で使い分け、現場で接合していくのが PCa 工法である。その中でも柱は、梁下までを PCa 化し、梁は、床

下部分までを PCa 化する場合が多い。一方で、床は多くの形状があり、施工条件によって決定されている。その他にも、バルコニー、階段なども PCa 化されている。

当現場においては、当初一部 PCa であった各部材を、以下に示す PCa 化へ変更を行った。

各部材の PCa 化は、重量の問題、工場からの運搬の制限、現場での施工性及び現場のコンクリート打設量の低減等の諸条件を考慮して決定した。

3-1 柱の PCa

今回の外部柱は、当初タイル打込み型枠 PCa を考えていた。しかし、鉄筋、型枠、コンクリート打設量など現場での作業量が増加するために、外部柱を梁下までのタイル打込みフル PCa として採用した。また、同様の考えで、内部柱に関しても梁下までのフル PCa を採用した。柱主筋の継ぎ手方法は、フル PCa を採用したために、ガス圧接、ねじ継ぎ手を採用できないため、スリーブ式継ぎ手を用いた（写真-1 参照）。スリーブ式継ぎ手は、柱を建て込んだ後（スリーブ継ぎ手に主筋を挿入）



図-1 建築計画周辺



写真-1 柱 PCa (スリーブ継ぎ手)

にグラウト材にて先行している柱と接合させる。ただし、スリーブと主筋の許容差は、あまり大きくないため、コンクリート打設による移動を抑えるための工夫が必要である（鉄板によるテンプレートを使用）。

3-2 梁の PCa

今回の梁は、外周部が逆梁でタイル打込みハーフ PCa、内部梁もハーフ PCa を採用した。基本的に梁は、フル PCa 化することが難しいために、部材上部のスラブと取り合う部分以外を PCa 化させて柱のフル PCa と組み合わせた。梁部材の接合部は、柱梁の仕口部と梁中央で行った。この接合部分では、配筋が非常に複雑になるために、かぶりが確保でき、施工性のよい機械式継ぎ手を採用した。また、今回使用した機械式継ぎ手の施工は、技術講習による作業認定資格を取得することによって、誰にでも施工することができるため、PCa を建て込む職人に講習を受けてもらい、接合部の施工を行った。その後鉄筋工が接合部の状況を確認し、グラウト注入を行い接合部の施工を終了する（写真-2 参照）。

PCa 化を実現すると、5~8 日程度まで短縮することができる。ここで、実際に行った基準階での施工サイクルを在来工法のサイクル工程と合わせて以下に示す。また、各工区での PCa 部材のピース数と現場打ちコンクリートのボリュームも示した（表-1 参照）。



写真-2 梁 PCa（機械式継ぎ手）

3-3 床の PCa

床の PCa は、柱、梁の PCa 状況より、トラス筋とラチス筋で構成された一般的な溶接組立鉄筋が突出したハーフ PCa を採用した。床 PCa は、柱、梁を建て込んだ後に、それぞれの部材にかかり代約 20mm で設置し、床版と床版の接合部には、ジョイント筋として既製のワイヤーメッシュ筋をガスで溶断し、設置した（写真-3 参照）。

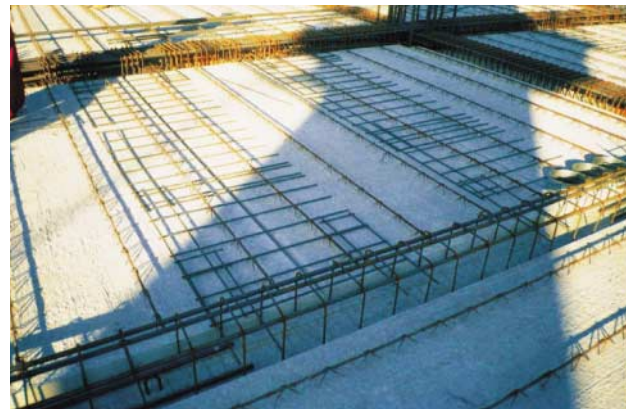


写真-3 床 PCa（ジョイント筋）

§ 4. PCa の施工

上述したように、在来工法による 1 フロアのサイクル工程は、およそ、7~11 日程度で進んでいる。これが、

表-1 基準階サイクル工程表

	第 1 日目	第 2 日目	第 3 日目	第 4 日目	第 5 日目	第 6 日目	(第 7 日目)	(第 8 日目)
先行工区	墨出 柱 PC 建方	大梁 PC 建方	梁下筋継手 鉄骨階段取付 小梁・床 PC 建方	梁上筋配筋 スラブ内設備配管	スラブ配筋 段差型枠・配筋検査 コンクリート打設			
後行工区	梁上筋配筋 スラブ内設備配管	スラブ配筋 段差型枠・配筋検査 コンクリート打設	スラブ配筋	墨出 柱 PC 建方	梁下筋継 鉄骨階段取付 大梁 PC 建方	小梁・床 PC 建方		
NHRC-在来 (参考)	墨出外周部柱型枠 PC 型枠材揚重	柱・梁型枠組立	柱型コンクリート打設	外周部梁型枠 PC 床 PC 建方		梁筋エット 梁継 スラブ配筋 設備配管	上階柱筋エット 配筋検査	梁・床コンクリート打
主要資材数量 (基準階)	項目	柱 PC (タイル打込)	柱 PC	大梁 PC (タイル打込)	大梁 PC	小梁	床 PC 版	現場打ちコンクリート
	A 工区	14 P	12 P	12 P	23 P	24 P	67 P	155 m ³
	B 工区	10 P	8 P	9 P	16 P	20 P	57 P	155 m ³
	合計	24 P	20 P	21 P	39 P	44 P	124 P	310 m ³

今回行った、1フロアの施工サイクルは、1フロアをA、Bの2工区に分割して、計画を行った（図-2参照）。各工区の工程は、3日ずらすことによって労務の平準化を図り、6日サイクル工程を実現することができた（在来工程は、8日）。したがって、1フロア2日短縮することができ、PCaだけをとりためても、約2ヶ月の工期短縮を可能にした。PCaの楊重は、平面図にも示したが、タワークレーンを3機利用して行った。また、現場打ちのコンクリートは、開口部を利用して縦配管を設置し、圧送にてコンクリートを打設した。外周部柱・梁PCa取付時の作業用足場は、スライド足場を採用し、その他の躯体作業の養生および外周部PCaのシール目地作業もこのスライド足場でおこなった。

図-3に基準階の施工サイクルの流れを示す。

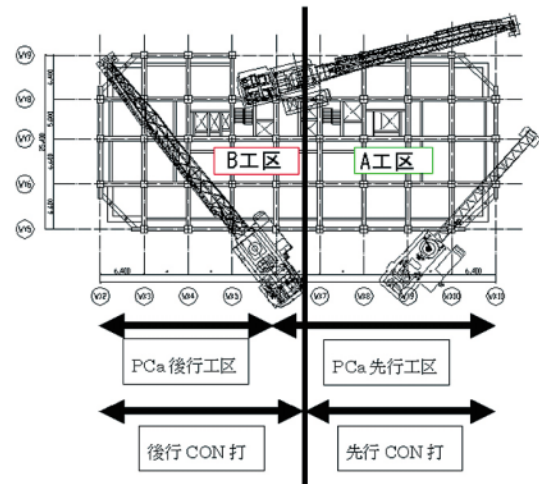


図-2 基準階平面計画

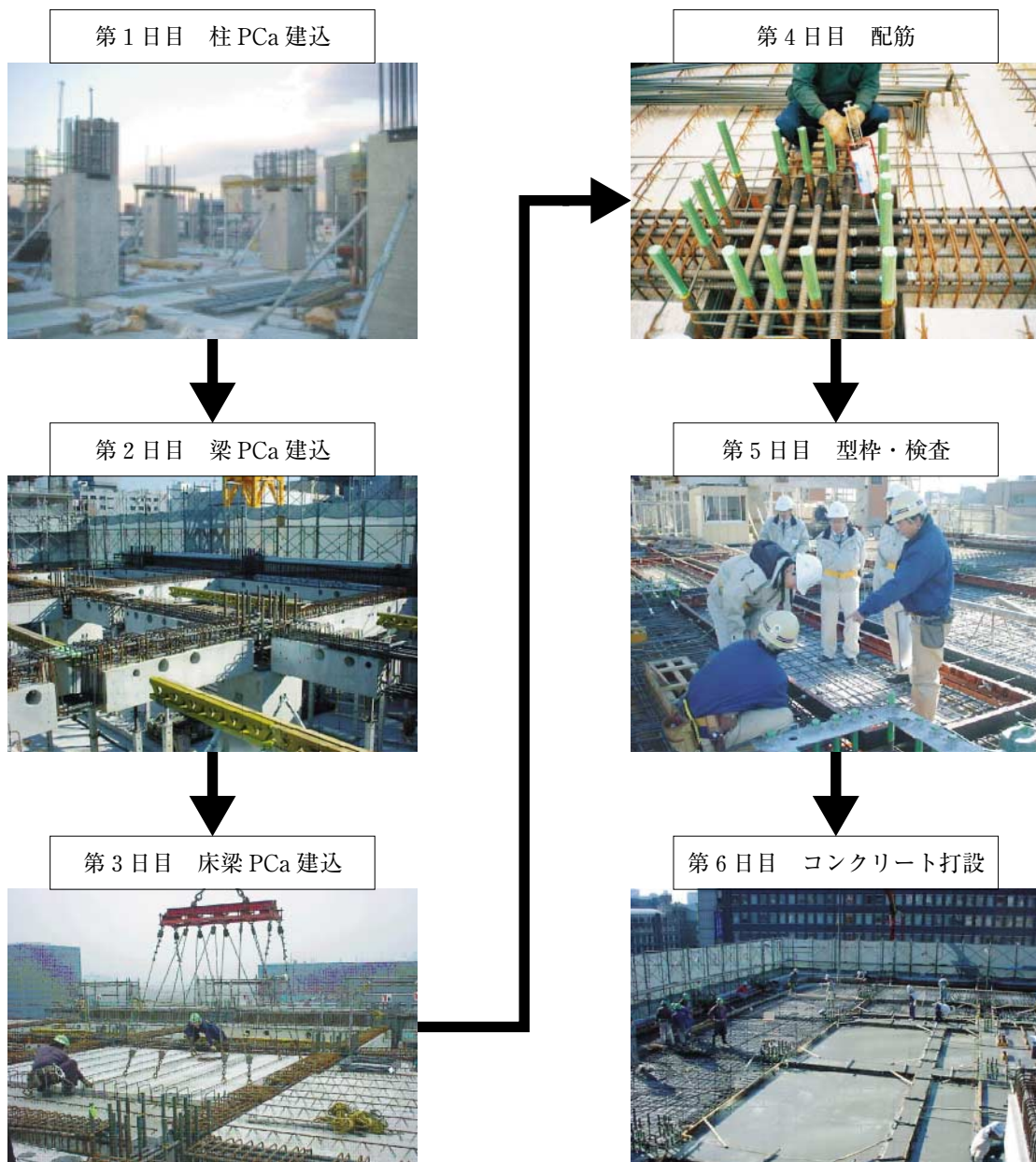


図-3 基準階施工サイクル

§ 5. 高強度コンクリートの施工

超高層 RC 造を実現するためには、主要材料であるコンクリート、鉄筋の高強度化が必要である。その中で、鉄筋に関しては安定した材料と継ぎ手方法が提案されているが、コンクリートは、プラント、天候、施工状況によって大きく変化する。特に、高強度コンクリートは、通常の配合計画、施工方法、管理体制では、品質の確保が難しい。さらに、建築基準法の改正により（建築基準法第 37 条）平成 12 年 6 月から JIS A 5308 に適合しないコンクリートは、大臣認定を取得する必要がある。現在の JIS A 5308 での呼び強度の最大値は $40\text{N}/\text{mm}^2$ であるので、それ以上の呼び強度のコンクリートは大臣認定が必要である。このように、高強度コンクリートを使用する場合は、施工の準備段階で多くの検討事項が必要である。

なお、基準法の改正時には、PCa 工場のコンクリートについては、性能評価の対象外であった。

5-1 評定取得

上述したように建築基準法の改正により、施工する事前に大臣認定の申請が必要である。

この大臣認定は、通常施工会社とプラントの共同で申請している。当現場においては、設計基準強度 $42.48\text{N}/\text{mm}^2$ であったため大臣認定の必要があった。申請するためにコンクリート打設の約 1 年前から実機試験を行い、申請から取得までには各審査機関にもよるが、おおむね 5 ヶ月程度で取得できる。

また、申請は使用する各プラントが必要であるために、当現場では 3 プラントで（財）建材試験センターに対して申請を行った。

5-2 高強度コンクリートの調合

高強度コンクリートの調合は、所定の強度を得ることが目標であるが、高強度になるほどセメント量が大きく、単位水量、粗骨材の量の変化が少ないために、非常に粘性が強いコンクリートとなる。スランプが小さい調合では、粘性が強くコンクリートを打設することが難しい。したがって、高強度コンクリートでは、スランプフローで管理することになるが、骨材の変動、セメントと混和剤との相性、温度、運搬時間、水量の誤差などで、コンクリートの品質は微妙に変化してしまう。このような性状を十分把握した上で、調合を決定する必要がある。また、コンクリート打設方法をポンプ車で圧送するのか、バケットで打設するのかによる調合の検討も必要である。

5-3 コンクリートの打設

コンクリートの打設は、A、B 工区共に約 150m^3 のコンクリートボリュームが有ることから、打設時間を考慮してバケット打ちは採用せず、1F~8F までをポンプ車

のブームをのぼして打設を行い、9F~最上階までは縦配管をセットし、圧送でコンクリートを打設した。コンクリートが高強度の場合は、スランプフローの管理で 55、65cm とし、普通の強度の場合は、スランプ管理の 21cm とした。打設状況は、圧送による配管の圧力負荷が高くなり、流動性が低下する状況が見られた。ただし、プラントによって流動性の低下が大きく違い、セメントと混和剤などの相性の問題があるのではないかと思われる。余力が有るようならば、圧送試験などを行うべきである。また、逆梁、立ち上がり部分は、浮き型枠となっており、流動性の高いコンクリートでは、この部分を 1 回では決めることができなかった。したがって、立ち上がり部分などは、コンクリートの流れ出しを抑える型枠や、数回に分けてコンクリートを打設した（写真-4）。しかし、高強度コンクリートは、硬化も早いので、コールドジョイントにならないように打設順序を十分に検討する必要がある。

5-4 コンクリートの養生

高強度コンクリートは、セメント量が非常に多いため、ブリーディングがほとんどない。そのために、表面が非常に乾燥しやすく、直射日光及び風などを遮る方法がないために初期の段階から、プラスチックひび割れが発生しやすい。したがって、コンクリート打設直後から、散水あるいは、養生シートで養生する必要がある。

5-5 管理体制

高強度コンクリートの施工は、施工監理者、製造者、工事業者の施工経験が少ないために、コンクリートの性状、コンクリートの打設方法、施工手順、仕上げ方法及び養生方法など事前に通達し、施工管理体制に関して十分に理解をさせる必要がある。

5-6 コンクリートの品質

高強度コンクリートの品質は、普通コンクリートよりも厳しい検査内容となっている。当現場で打設した PCa 工場及び現場打ちコンクリートの圧縮強度の結果について



写真-4 逆梁のコンクリート打設

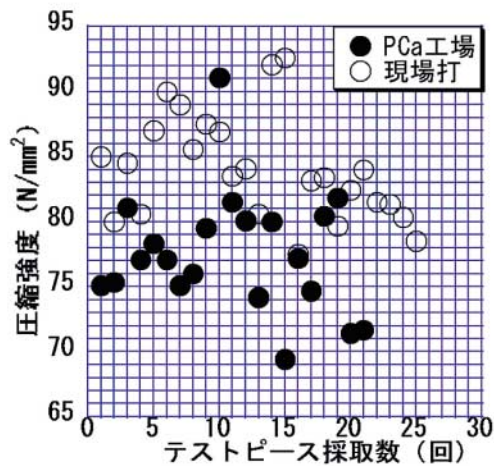


図-4 コンクリート強度比較 (Fc=48N/mm²)

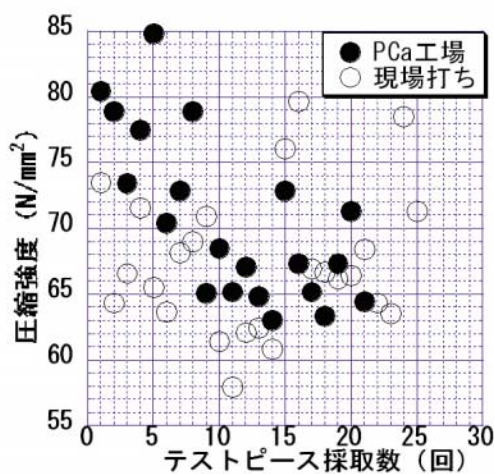


図-5 コンクリート強度比較 (Fc=42N/mm²)

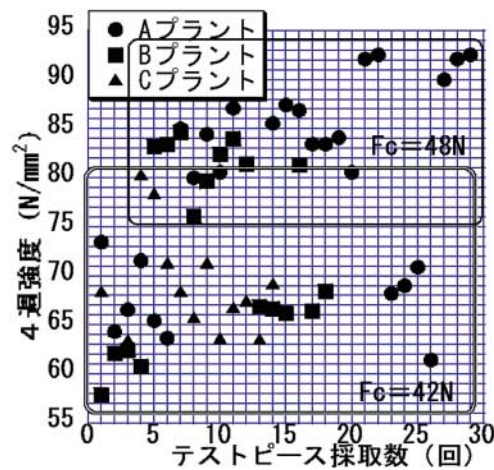


図-6 生コンプラント別強度比較

て、図-4 および図-5 に示した。Fc=48N/mm²では、PCa 工場の強度が若干低い傾向が見られたが、Fc=42N/mm²ではそれほどの差が見られなかった。いずれも十分な強度発現を得られていた。

また、現場打ちコンクリートのプラント別の強度を比較すると、プラントの違いによって、強度の発現に違いが生じていたが、プラント毎を見ると、強度の上下変動はないように思われる (図-6 参照)。

§ 6. まとめ

PCa 化は、社会のニーズである品質確保とともに施工の合理化、生産性、工期短縮のために超高層 RC 建築物ではなくてはならない存在となっている。しかし、闇雲に PCa 化を実現しても、結果的にコストの大幅アップ、施工性などが悪化する場合がある。したがって、品質、施工性、生産性、工期短縮、安全など総合的な判断によって、建物にあった PCa 化を採用すべきである。

参考文献

- 1) 建築工事標準仕様書・同解説 JAS S 10 プレキャストコンクリート, 1991.
- 2) 超高層 RC 造の設計と技術, 建築技術, pp. 103-203, 2002.