

設計基準強度 $F_c = 200 \text{ N/mm}^2$ の プレキャストコンクリート柱を使用した設計・施工事例

服部 敦志・中島 徹

近年、 F_c100 以上の高強度プレキャスト部材を採用する事例が増加しており、今回のプロジェクトでは超高層集合住宅への適用として日本最高強度となる設計基準強度 $F_c = 200 \text{ N/mm}^2$ を採用した。本稿では国内初となる F_c200 プレキャスト部材の採用にあたって建物の計画概要、部材製造管理、現場への取り付けに関し報告する。

キーワード：高強度プレキャスト柱, F_c200

1. はじめに

近年、超高層 RC 造集合住宅において設計基準強度 100 N/mm^2 以上の高強度プレキャスト柱を使用する例が増加している。また、最近の研究では高強度部材を採用することは、部材そのものの性能（耐震性および耐久性）のみならず、使用材料の縮減に起因する環境配慮型躯体となることも注目され始めている。

ただ、高強度材料は工事現場での施工管理が難しく、また、建設地毎に供給できる生コンプラントの大臣認定が必要となるなど、実施工においては様々な課題があることが懸念されており、品質管理や現場への安定供給・施工性を考慮して、積極的にプレキャスト部材が推進されている。

ここでは、超高層集合住宅への適用として日本最高の設計基準強度となる $F_c = 200 \text{ N/mm}^2$ の高強度プレキャスト柱を採用した事例を取り上げ、計画概要および部材の製造管理、現場への取り付けについて報告する。

2. 建物の計画概要

対象建物の外観パースを図-1に示す。建物および工事の概要は以下の通りである。

建物名称：クロスエアタワー
建設地：東京都目黒区大橋一丁目
建物用途：共同住宅・店舗・事務所・公益施設他
設計：大成建設(株)一級建築士事務所
施工：共同企業体

延床面積：83,583.50 m^2

建築面積：3,788.19 m^2

階数：地下2階 地上42階 塔屋1階

高さ：最高高さ 155.27m

構造種別：地上階 RC 造（一部 S 造）

地下階 RC 造

架構形式：地上階 純ラーメン構造（制震構造）

地下階 耐震壁付ラーメン構造

使用材料：コンクリート（ $F_c30 \sim F_c200$ ）

鉄筋（SD590, SD490, SD390, SD345
SD295A, SBPD1275/1420）



図-1 外観パース

3. 設計基準強度 $F_c = 200 \text{ N/mm}^2$ の採用部位と効果

$F_c = 200 \text{ N/mm}^2$ の高強度プレキャスト柱は、今回、建物の地下1階および地下2階の2層分で採用しており、この部分は計画上、地上階から最も多くの荷重を支える内部柱の基壇部分に該当している。図-2および図-3に地下平面図と適用部位を示す（図中丸印部）。

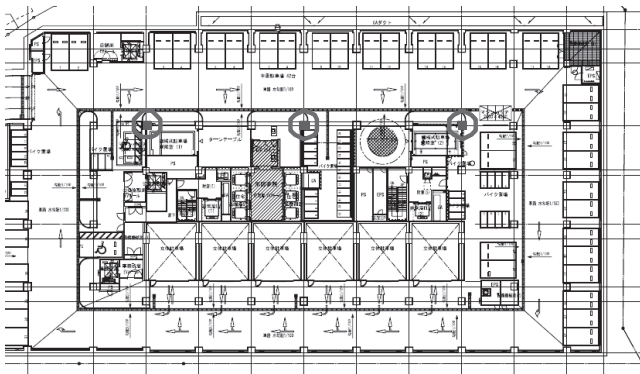


図-2 地下1階平面図と $F_c = 200 \text{ N/mm}^2$ の柱位置

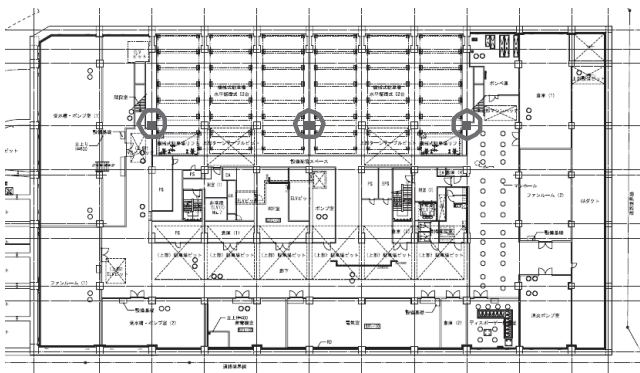


図-3 地下1階平面図と $F_c = 200 \text{ N/mm}^2$ の柱位置

従来、高強度プレキャスト柱は鋼製型枠の転用による効率的な製造のため、地上の基準階で適用することが多いが、今回のPJにおいては、工期を短縮することを目的として地下にプレキャスト柱を採用することが当初より計画されていた。

このような条件下、プレキャスト部材を効率よく製造するためには、部材断面を統一することが有効であるが、地上部の架構形式により、各階の平面における柱1本の支える荷重は、それぞればらつきが生じる。そこで、設計段階において最も多くの荷重を支える3箇所の柱を、その他の柱と同一断面とするため $F_c = 200 \text{ N/mm}^2$ の採用を決定した。

この結果、最も初期に計画していた $F_c = 80 \text{ N/mm}^2$ のコンクリートによる現場打設工法と比較して、

部材断面を大幅に縮小することが可能となり、地下の機械式駐車場の台数増など、建築計画としても大きな効果を得ることができた。図-4に柱断面寸法とコンクリート強度の関係を模式図で示す。

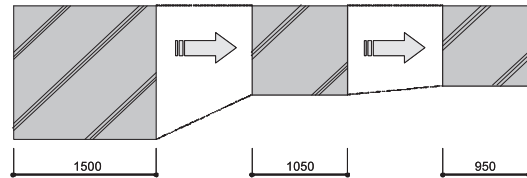


図-4 部材断面寸法とコンクリート強度
 Fc80とした場合の断面 (基本設計時:現場打設) Fc140とした場合の断面 (プレキャスト柱) Fc200を採用した場合の断面 (一般柱(Fc140)と同一サイズ)

柱断面寸法の縮小

図-4 部材断面寸法とコンクリート強度

さらに近年では、より環境配慮型の建築構造が大きくクローズアップされているが、これまでより高い強度のコンクリートを使用することで、耐久性や耐震安全性が高まるばかりでなく、部材としての資材数量を大幅に削減し、よりいっそうの環境配慮型躯体を構築することが可能となる。図-5に同一の鉛直荷重支持を仮定した場合の部材断面における、コンクリート強度毎に対する排出 CO_2 の比率を示す。これによれば、 $F_c = 80 \text{ N/mm}^2$ の計画段階に比べ、 $F_c = 200 \text{ N/mm}^2$ を採用することで約30%もの CO_2 削減に寄与していることが分かる。

高強度コンクリート部材の積極的な採用は、このように建築計画の自由度を高めるばかりではなく、性能を高め、かつ、環境配慮に貢献できるとの理由から、今後も益々需要が拡大するものと考えられる。

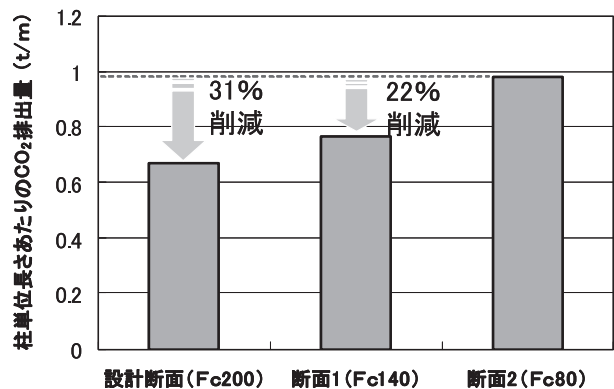


図-5 高強度コンクリートの環境配慮効果

4. 高強度プレキャストコンクリートの実績

これまで、業界に先駆けて高強度コンクリート部材を積極的に開発し製造を行ってきたが、その結果、現場

打設コンクリート、プレキャストコンクリートを合わせて $F_c = 100 \text{ N/mm}^2$ 以上で約 $25,000 \text{ m}^3$ 、 $F_c = 150 \text{ N/mm}^2$ 以上で約 $1,500 \text{ m}^3$ の施工実績を有している。

このうち $F_c = 100 \text{ N/mm}^2$ を越えるプレキャストコンクリートの製造は、自社が保有する千葉 PC 工場で行うことを原則としている。これは品質管理を一元化すると共に、自社で研究開発した新しい調合や製造方法を速やかに具現化し、実施 PJ への早期適用など、客先ニーズへの対応という観点から非常に大きな役割を果たしている。

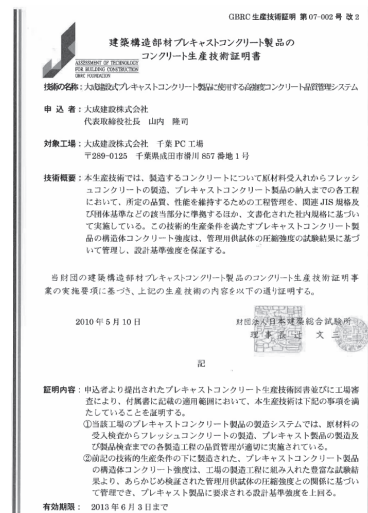
また、千葉 PC 工場はプレキャストコンクリート製品の品質管理システムについて、財団法人日本建築総合試験所より生産技術証明を取得している。この証明はプレハブ協会の認定工場制度とは異なり、任意の評価であるが、設計基準強度 $F_c = 200 \text{ N/mm}^2$ までの製品が対象となっている。写真—1, 2 に千葉 PC 工場の外観、図—6 に生産技術証明書の写しを示す。



写真—1 千葉 PC 工場外観



写真—2 千葉 PC 工場ストックヤード



図—6 千葉 PC 工場生産技術証明書

5. $F_c = 200 \text{ N/mm}^2$ の調査

$F_c = 200 \text{ N/mm}^2$ の超高強度コンクリートの使用材料と調合を表—1 および表—2 に示す。

コンクリートの水結合材比は 14% である。結合材には中庸熱ポルトランドセメントを使用し、練混ぜ時に混和材メーカーと共同で開発を進めてきた高強度混和材 CPS II を別計量で混合している。また、自己収縮の抑制などに対しては、膨張材と収縮低減型の高性能減水剤の併用での対策を行っている。

骨材には大月産の安山岩系砕石・砕砂を使用しているが、砕石に関しては、確実に $F_c = 200 \text{ N/mm}^2$ の強度を満足できるようにするため、採石場から取り寄せた原石の強度・変形特性を試験する独自の管理手法

表—1 使用材料

セメント	中庸熱ポルトランドセメント
混和材	高強度用混和材 CPS II
水	地下水
細骨材	大月産安山岩系砕砂
粗骨材	大月産安山岩系砕石
膨張材	石灰系膨張材
化学混和剤	ポリカルボン酸系高性能減水剤 (収縮低減型)

表—2 コンクリートの調合

Fc N/mm ²	W/B %	スランプ フロー c m	空気量 %	単体量 kg/m ³					
				セメント	混和材	水	細骨材	粗骨材	膨張材
200	14	70	2.0	729	312	150	616	620	30

によって厳選したものだけを使用することとした。

練混ぜたコンクリートは型枠に打込み、翌日、必要強度を確認した後に脱型して蒸気養生を実施した。蒸気の温度は90℃とし、部材に最低120時間以上の高温を与えている。

6. $F_c = 200 \text{ N/mm}^2$ の製造管理

製造した $F_c = 200 \text{ N/mm}^2$ のプレキャスト柱は全7ピース、使用したコンクリートの練混ぜバッチ数は39バッチである。

実製造は、4日間に亘って行った。製造したコンクリートのスランプフロー試験の一例を写真-3に、型枠への打込みの状況を写真-4に示す。製造したコンクリートは、スランプフロー試験、空気量試験などのチェックを受け、品質を満足していることを確認して打ち込むこととした。打込みを完了した部材は、翌日に脱型するまで、発泡スチロールなどで周りを保温した。

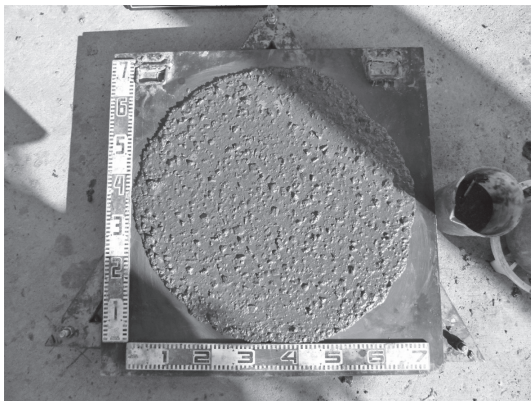


写真-3 $F_c = 200 \text{ N/mm}^2$ のスランプフロー



写真-4 打ち込み状況

打込みの翌日、脱型に必要な強度を満足したことを確認した後、型枠の脱型を行った。脱型後の部材は、表面に塗布型の収縮低減剤を塗布し、業務用ラップでコーティングした後、強度確認用の供試体などと一緒

に蒸気養生槽に設置した。蒸気養生槽への部材などの設置状況を写真-5に示す。



写真-5 蒸気養生槽内設置状況

養生槽に吹き込む蒸気は、養生中の部材の強度が必要強度に達したことを確認してから切ることとした。そこで、蒸気養生槽には供試体取出用の開閉窓を設置し、蒸気を切らずに蒸気養生供試体を取り出せるようにした。実際の製造では、槽内温度が90℃となつてから120時間以上経過した時点で、蒸気養生槽から任意の3バッチから3個ずつ採取した計9個の管理用蒸気養生供試体を取り出して第三者機関に発送した。この結果、供試体の3本の平均となる1回の試験では、最高値は 216 N/mm^2 、最低値は 203 N/mm^2 、また、供試体の9本の平均となる1ロットの試験では、最高値は 214 N/mm^2 、最低値は 206 N/mm^2 であった。

第三者機関で実施された強度試験の結果を確認した後、工場では蒸気養生を終了し部材を取り出した。蒸気養生槽から取り出された部材の状況を写真-6に示す。取り出された部材は、内部の温度が常温よりも高いため、発泡スチロールで断熱して内部温度の降下を緩やかにした。全体工程としては、コンクリートの練混ぜから蒸気養生の終了までが約1週間、部材の温度を降下させるのに約2週間程度、合計3週間程度で



写真-6 蒸気養生槽から取り出した部材

部材が製作できることになる。

製造した部材は工場内にストックし、現場の取付け工程に合わせて出荷した。現場での建て込みの状況を写真一七に、設置後の柱を写真一八に示す。製造工場での品質管理は難しい部分を多く含むが、現場に搬入された後の管理は一般的な高強度プレキャストの管理にかかる労力と極端には異ならないため、比較的容易に取り付けを行うことができた。



写真一七 プレキャスト柱の建て込み状況



写真一八 プレキャスト柱の設置状況

7. まとめ

超高層 RC 造住宅への適用としては日本最高の設計基準強度となる 200 N/mm^2 の高強度プレキャスト柱の製造と品質管理について報告した。今後も、現場打ちの超高強度コンクリートと超高強度プレキャストコンクリートを上手に使い分けることで、合理的に超高層 RC 造住宅を建設する提案をしていくことができれば幸いである。

最後になりますが、本プレキャストコンクリート柱の開発・設計・施工において混和材メーカーのデイ・シイ社の方々には多大の協力を頂きました。ここに心より謝辞を申し上げます。

JCMA

【筆者紹介】

服部 敦志 (はっとり あつし)
大成建設㈱
設計本部構造グループ
グループリーダー



中島 徹 (なかじま とおる)
大成建設㈱
設計本部構造グループ
シニアエンジニア

