

設計基準強度 160N/mm²の高強度プレキャスト柱の製造 と品質管理

陣内 浩^{*1}・山本 佳城^{*1}・渡邊 悟士^{*1}・服部 敦志^{*2}・寺内 利恵子^{*3}・宮田 哲治^{*4}・森 康浩^{*4}

Keywords : high-strength concrete, high-rise building, precast member, quality control

高強度コンクリート, 超高層建築, プレキャスト, 品質管理

1. はじめに

近年, 超高層RC造住宅に設計基準強度 100N/mm²以上の高強度プレキャスト(以下, PCa)柱を使用する例が増加している¹⁾。昨今の研究では, 高強度PCa部材の利用は工程的なメリットをもたらすだけでなく, 環境配慮の面でもメリットがあることが示されている²⁾。図-1に, 当社が2000年以降に建設したPCa部材を活用した40階を超える3棟の超高層RC造住宅について, 環境負荷低減効果を分析した結果³⁾を示す。これより, PCa部材を活用した場合には, 在来工法に比べて搬出される産業廃棄物の量, 木材資源の消費量などが極めて少なくなる。筆者らは, 施工の合理化だけでなく, このような環境配慮の観点からも, 躯体工事のPCa化を推進してきた⁴⁾。ここでは, このような高強度PCa柱を使用した最新の工事例として, 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160N/mm²の高強度PCa柱の製造と品質管理について報告する。

2. 設計基準強度 160N/mm²の高強度PCa柱の製造

今回紹介する設計基準強度 160N/mm²の高強度PCa柱の製造は, 千葉県成田市にある自社工場で行った。製造工場の外観を写真-1に, 工場概要を表-1に示す。同工場では, 製造管理と品質管理について様々な検証を実施し, これまでに超高強度コンクリートの品質管理に関する日本建築総合試験所やプレハブ建築協会などの外部評価⁵⁾を受けている。

一方, 適用した建物は, 地上52階, 地下2階の超高層RC造住宅である。設計基準強度 160N/mm²の高強度PCa柱は, 高層直下となる各階40本の柱うち, 軸力の特に大きい1階の4本(総数約20m³)に適用している。なお, 1階の残り36本の柱には, 設計基準強度 150N/mm²の高強度PCa柱が適用されている。

設計基準強度 160N/mm²の高強度コンクリートの使用材料と調合を表-2および表-3に示す。結合材には, 普通ポルトランドセメント, スラグせこう系混和材⁶⁾, シリカフュームを7:2:1で組み合わせた高強度結合材(デイ・セイ社製:VKC100SF)を使用した。骨材には大月産の安山岩系碎石・砕砂を使用した。碎石に関しては, 確実に設計基準強度 160N/mm²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⁷⁾によって厳選したものだけを使用することとした。

コンクリートの水結合材比は14.5%とした。また, 収縮低減型の高性能減水剤の採用によって自己収縮を抑制することや, 爆裂対策繊維を用いて火災時の爆裂

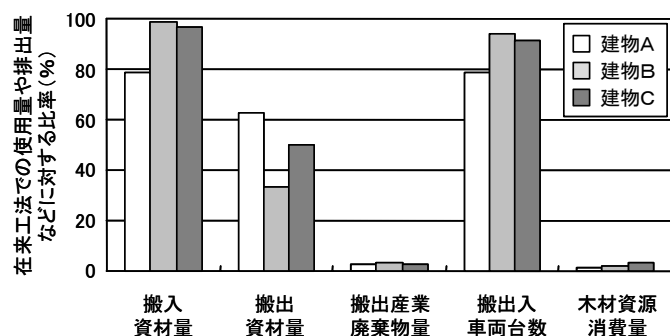


図-1 PCa化による超高層RC造住宅の
環境負荷低減効果の例³⁾

Fig.1 Reduction of environmental burdens of
high rise RC buildings using PCa members

*1 技術センター建築技術研究所建築構工法研究室

*2 設計本部構造グループ

*3 建築本部技術部建築技術部

*4 東京支店東池袋四丁目第2地区市街地再開発作業所



写真-1 大成建設千葉 PC 工場
Photo1 Taisei Precast Concrete Plant

表-1 大成建設千葉 PC 工場の概要

Table1 Outline of Taisei Precast Concrete Plant

名称	大成建設（株）東京支店千葉 PC 工場
所在地	千葉県成田市滑川 857-1
敷地面積	105,000m ²
ミキサ形式	強制二軸式（1.5m ³ ）
工場生産能力	日産 80m ³ ，年産 20,000m ³
型枠・定盤	固定鋼製型枠・72ベッド（480m）
認定等	（社）プレハブ建築協会認定工場
	ISO 9001 認定取得工場
	日本建築総合試験所 生産技術証明取得工場

表-2 使用材料

Table2 Materials for Precast Concrete

結合材	高強度結合材 VKC100SF （デイ・シー社製）
細骨材	大月産安山岩系砕砂
粗骨材	大月産安山岩系砕石
化学混和剤	ポリカルボン酸系高性能減水剤 （収縮低減成分型）
爆裂対策繊維	ポリプロピレン繊維

表-3 調合

Table3 Mixture Proportion of 160MPa Concrete

設計基準強度 (N/mm ²)	水結合材比 (%)	スランプ フロー (cm)	空気量 (%)	単位量 (kg/m ³)				爆裂対策 繊維 (kg/m ³)
				結合材	水	細骨材	粗骨材	
160	14.5	60	1.5	1034	150	465	817	2.2

を抑制することにも配慮したものとしている。

3. 実製造と品質管理

実製造では、4 日間にわたって 1 日に柱 1 本ずつ製造した。フレッシュコンクリートの品質管理では、強度に影響する空気量が過大なコンクリートが打込まれることがないように、全てのバッチにおいて空気量試験（管理値 1.5% 以下）を実施した。また、単位水量（管理値 160kg/m³ 以下）についても、全てのバッチについて水中質量法による試験を実施した。図-2 に空気量試験、および単位水量試験の結果を示す。これより、計 38 バッチ全てのバッチにおいて空気量を 1.5% 以下に管理できたことがわかる。また、単位水量につ

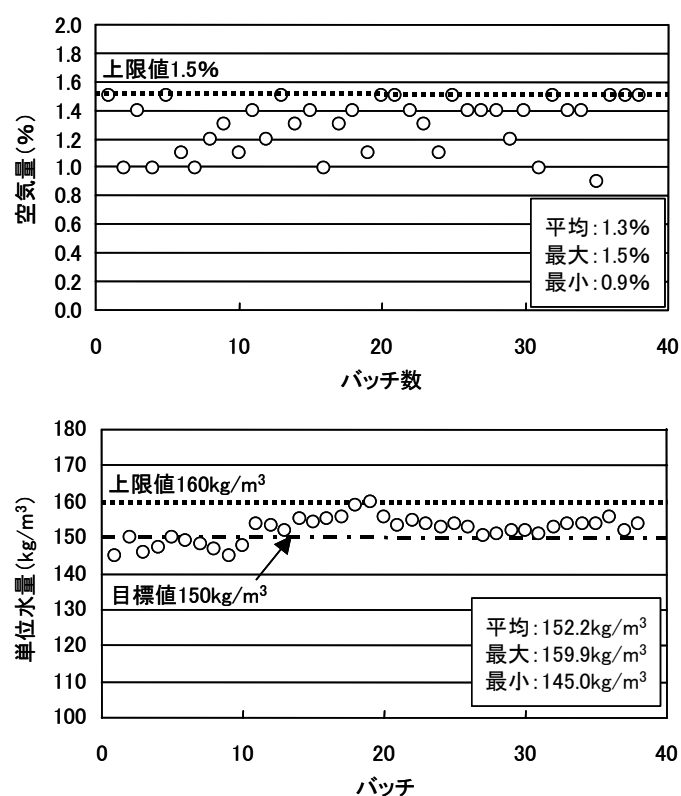


図-2 空気量および単位水量の管理結果

Fig.2 Quality control results of air contents and unit water content of fresh concrete

いても、所定の管理値（ 160kg/m^3 以下）を満足したコンクリートを製造することができた。

一方、PCa 柱の強度管理は、模擬柱部材のコア強度（材齢 91 日）による方法とした。模擬柱部材は、各打設日に PCa 柱 1 本ごとに 1 体作製し、所定の材齢でコア強度を確認した。写真-2 に、PCa 柱の脱型および保温材設置状況を示す。打設後の PCa 柱は翌日に脱型し、その後、水和熱による部材断面内での内外温度差が生じるのを抑制する目的で、側面に厚さ 50mm の保温材を設置した。また、写真-3 に示すように、コア供試体採取する模擬柱部材の側面についても、鋼製型枠脱型後に PCa 柱と同様に保温材を設置するとともに、高さ 550mm の位置において、柱内部（①中心、②側面から 250mm、③側面から 50mm）の温度分布を測定した。柱内部の温度計測例を図-3 に示す。図-3 には、比較用として保温材を設置しないで製作した比較実験での模擬柱内部温度の結果も示す。保温材を設置した実製造では、保温材を用いなかった比較実験よりも部材断面内の温度差を抑制できた。PCa 部材の保温材による養生期間は模擬柱部材の温度分布から判断することとし、内部温度が外気に近づくまで約 2 週間（約 350 時間）継続させた。

図-4 に、材齢 91 日における模擬柱部材のコア強度を示す。これより、所定の材齢（91 日）において、全ての PCa 柱に対応する模擬柱部材のコア強度が、いずれも 160N/mm^2 を満足している（平均 163N/mm^2 ）ことを確認した。なお、筆者らが過去に施工した設計基準強度 150N/mm^2 の高強度コンクリートの模擬柱部材を追跡調査した結果⁸⁾ では、材齢 2 年では模擬柱部材



(型枠脱型状況)



(保温材設置状況)

写真-2 型枠脱型および保温材設置状況

Photo2 Formwork removal and setting of adiabatic form



写真-3 強度確認用模擬柱の保温材設置状況

Photo3 Mock-up column with adiabatic form

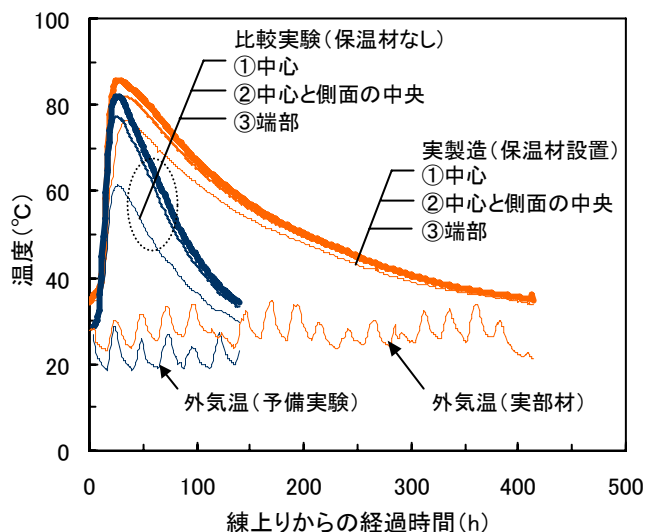


図-3 模擬柱部材の内部温度の測定結果の例

Fig.3 Temperature histories in mock-up columns

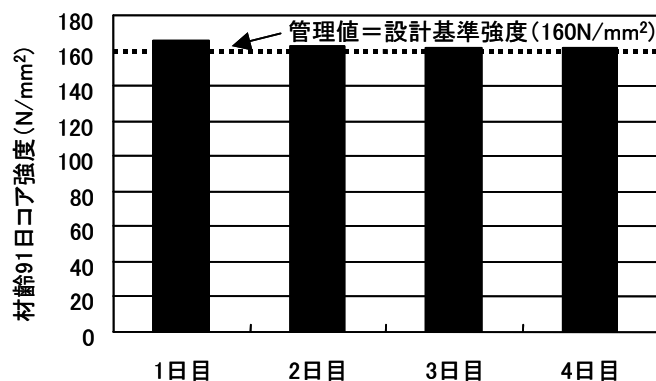


図-4 コア供試体による強度管理結果

Fig.4 Quality control results of core specimen

のコア強度は 180N/mm^2 にも達していた。今回のケースでも、長期的なコア強度のモニタリングをする予定である。

4. おわりに

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 160N/mm^2 の高強度PCa柱の製造と品質管理について報告した。製造された 160N/mm^2 の高強度PCa柱は、写真-4 に示すようにすでに建設中の建物の一部となり、上層階の荷重を支えている。

冒頭でも述べたように、高強度 PCa 部材の利用は、施工の合理化や品質向上といったメリットが得られるだけでなく、環境配慮の面でもメリットが得られるため、環境の時代といわれる昨今のニーズにはあっていると思われる。今後は、施工上の観点だけでなく、様々な視点で高強度 PCa 柱の有効利用について検討したいと考えている。

謝辞

今回の工事の実施にあたり、都市再生機構様の貴重なご助言を頂くとともに、(株)デイ・シイ、BASF ポゾリス(株)、甲州砕石(株)、東京検査(株)および他工事関係各位のご協力を得た。ここに深謝いたします。

参考文献

- 1) 陣内 浩・服部敦志・黒岩秀介・渡邊悟士：Fc 150N/mm^2 の超高強度コンクリートの実現と今後の課題，コンクリートテクノ，Vol.26，No.5，pp.9～12，2007.5
- 2) 日本建築学会，鉄筋コンクリート造建築物の環境配慮型施工指針（案）・同解説，2008.9
- 3) 河合邦彦・早川光敬・陣内 浩：高強度コンクリートを用いた超高層 RC 造住宅の工法計画に関する基礎的研究，日本建築学会構造系論文集，No.601，pp.1～8，2006.3
- 4) 例えば，陣内 浩・服部敦志・長田善紀・石岡 明：設計基準強度 100N/mm^2 のPCa柱の製造と高層RC造住宅への適用，コンクリート工学，Vol.40，No.12，pp.30～35，2002.12
- 5) 陣内 浩・寺内利恵子・小浜忠夫・服部敦志：設計基準強度 150N/mm^2 までの高強度プレキャストコンクリートの性能評価と品質管理について，コンクリート工学，Vol.46，No.7，pp.24～29，2008.7
- 6) 日本建築学会，建築工事標準仕様書 JASS5 鉄筋コンクリート工事 JASS5 M-701 附属書 3，p.719，2009.2
- 7) 渡邊悟士・寺内利恵子・小田切智明・阿部剛士：高品質粗骨材選定技術による超高強度コンクリートの品質の安定化，コンクリート工学，Vol.45，No.2，pp.32～40，2007.2
- 8) 渡邊悟士：進展するコンクリートの高強度化と粗骨材その2 超高強度コンクリートの品質管理手法の提案，セメント・コンクリート，No.742，pp.19～25，2008.12



写真-4 設置された Fc160 の PCa 柱
Photo4 160MPa precast concrete column