# 北区立田端中学校
# —PCaPC工法による新しい都市型高層校舎—

シーラカンスK&H　　渡邉　祐宏
KAP　　萩生田　秀之

## １．はじめに

東京都北区の学校適正配置計画の一環として，旧滝野川第七小学校の跡地に計画された中学校である。敷地は，大正から戦前にかけての田端文士村と呼ばれる雰囲気をかすかに残している地区で，北側には地形から生じた大きな擁壁を抱え，隣接した寺社などとともに，この地域の貴重なオープンスペースを形成している。住宅などに囲まれた7,200㎡ほどの狭い変形した敷地に，体育館，プール，通常の教室（12クラス），防災拠点機能などが求められた。校舎を8階建て，体育館を2階建てとし，それぞれの屋上をプール，運動場として利用したコンパクトで立体的な中学校として計画した。

高層となる校舎棟は，高い耐久性と工事精度の確保，周辺が住宅街であることから工事騒音の削減に配慮し，プレキャスト・プレストレストコンクリート(PCaPC)による構造体とした。この精度の高い高品質な躯体そのものが外装となる計画で，地域の景観の継承とともに学校が新しい地域のシンボルとなる（写真−１，２）。

写真−１※　南東側高台より校舎棟を見る

写真−２※　グラウンドから校舎棟と体育館棟を見る

## ２．建物概要

建物名称：北区立田端中学校
所 在 地：東京都北区田端 4-17-1
建 築 主：東京都北区
設計・監理：建築　シーラカンスK&H
　　構造　KAP
施　　工：越野・川田・髙山異業種特定建設共同企業体
ＰＣ工事：オリエンタル白石 ㈱
建築面積：2,312.08㎡
延床面積：8,255.72㎡
階　　数：地上8階
最高高さ：31.804m
構造種別：PCaPC造，一部S造，RC造（校舎棟）

## ３．建築計画

### 3.1　新しい都市型高層校舎

田端中学校は，ほかの公立中学校と同じプログラムでありながら，非常にかぎられた敷地面積，変形した形状，高低差など特別な条件が重なっている敷地である。5回行われたワークショップでの議論や関係者の夢や要望，意見をうかがうなかで，コンパクトに高層立体化した校舎によって，広いグラウンドを確保し，隣接した大龍寺，八幡神社と繋がる田端地区の歴史と文化を伝承する地域のオープンスペースをつくる方針となった。これは新しい都市型高層校舎のプロトタイプとなるものと考える（図-１）。

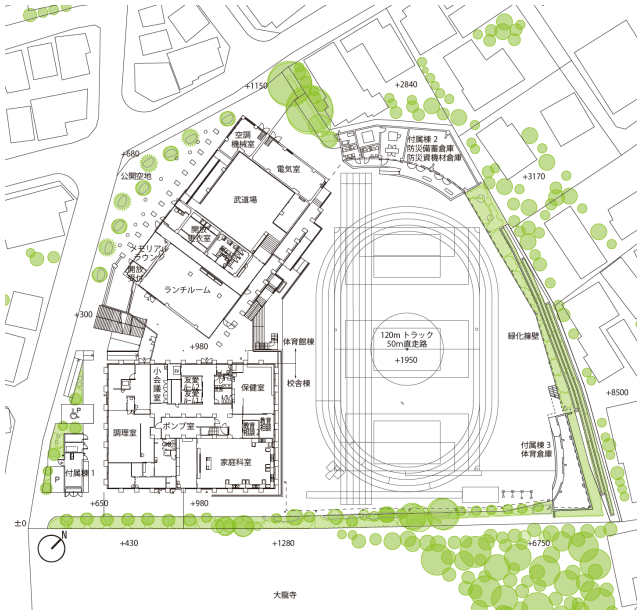



図-１　１階配置平面図

### 3.2　校舎の中央に位置する緩やかなX型の階段

生徒は校舎棟の2階昇降口から登校し，3～5階が各学年ワンフロアで構成される。6,7階は特別教室フロアとなり，最上階の8階にプールを配置した。建物中央には，PCaPCの柱梁で構成された吹抜け空間に，X型の緩やかな階段を設けた。階段は単なる移動手段ではなく，生徒たちが立ち止まって話ができるような空間とし，出会いや交流のきっかけとなることが意図されている。生徒の移動は主に階段となるため，上下階の連続性やオープンスペースの繋がりを強める意味で，階段の出入り口は2カ所設けた（図-２，３写真-３）。

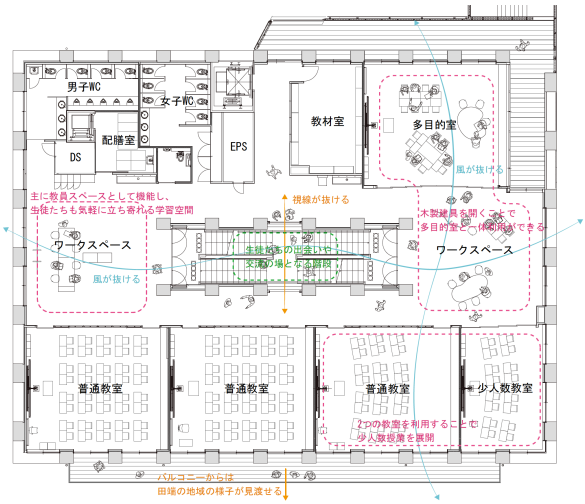



図-２　５階平面図

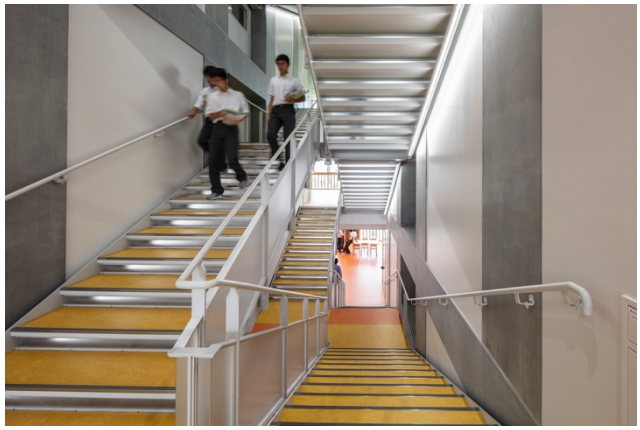


写真-３※　X型の緩やかな階段

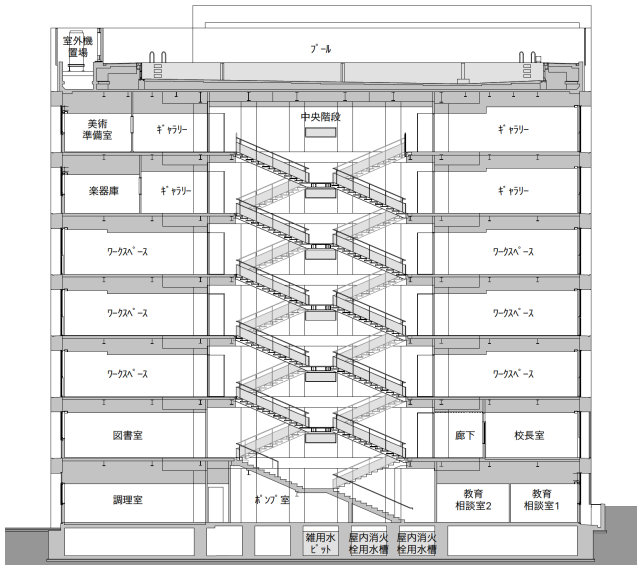



図-３　断面図

### 3.3　梁上の排水ディテール

実施設計時は，梁側の雨垂れによる汚れ防止のために，先端にSUSのフラットバー（FB）を取り付けて水を切るディテールとしていたが，現場に入り，施工者およびPC施工者と協議を行い，コストダウンも兼ねてFBを使わない製作可能な形状へ変更を行った。具体的には，梁上に横樋状の溝を設けて，梁中央に水を集め，梁側の縦目地から下へ排水する形状とした。途中段階では，3種類の1/2模型を作成し，水を流して実験を行い最終形状を決定した（**図-４ 写真-４，５**）。

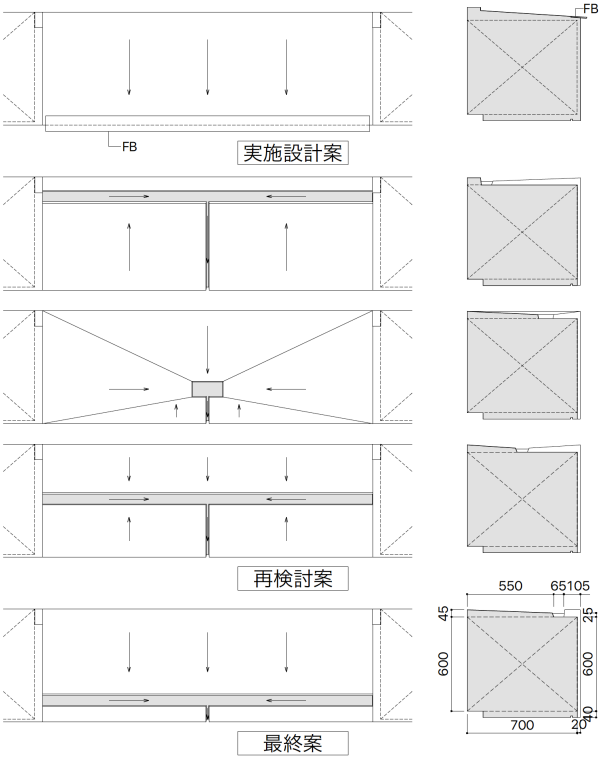



**図-４　梁上の排水検討図**

**写真-４　PCa梁製作状況**

**写真-５※　東側ファサード見上げ**

### 3.4　軽やかなPC階段

昇降口の2階へ上がる階段もPC版でできている。厚さ80mm，奥行き400mm，幅3.5～4.5mで，版と版の間は25mmのスリットを設けてグラウンドに抜ける見通しを確保した。PC版の下は4枚のFBにささら桁のみとし，PC版は梁の役目も兼ねている。この構成により，コンクリートでありながら軽やかな階段が完成した（**写真-６，７**）。

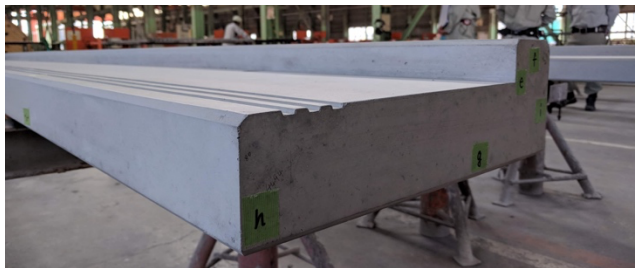


**写真-６　PC版製作状況**

**写真-７※　昇降口階段**

## ４．構造計画

### 4.1　PCaPC採用の経緯

面積7200㎡程の敷地に，グラウンドを最大限確保しつつ必要な建物面積を確保する必要があった。学校建築の場合，面積の近いプールと体育館は，積層して配置されることが多い。しかし，体育館棟は北側斜線により最高高さおよび面積が制限されており，動線上の理由で武道場と体育館を一体的配置とし，プールが体育館から切り離され校舎棟の最上階に配置されることになった。敷地面積の制約から校舎棟は高層化され，最上階に重量の大きいプールを配置したこともあり，高耐力・高耐久のPCaPC構造を基本設計段階から提案していた。公立の小中学校校舎がPCaPCにより建てられた例はきわめて少ないが，品質，性能，工期・騒音対策上のメリット，コストへの影響および後述する今回の建築計画との親和性を丁寧にプレゼンした結果，施主の新しいモノへチャレンジしたいという意思も手伝い，PCaPC化が実現した。

### 4.2　構造計画

校舎棟の大きな特徴は中央吹抜けに配置されたX型階段である。センターコアのように見えるが，吹抜けであるためこの間に梁を配置していない。短手方向は，外周柱からこの吹抜け境界を結ぶように門型ラーメンフレームを構成するのが一般的である。しかし，周辺敷地に配慮して校舎棟もできるかぎり高さを抑えるべく基準階高を3800mmに設定していることから，設備配管スペースを考慮すると内部の梁せいは600mm程度に抑える必要がある。この場合，短手方向門型フレームを有効に耐震要素として効かせることが難しくなるため，内部は鉄骨小梁として梁せいを抑え，耐震要素を外周に集約させる方針とした。これは同時に内部空間のフレキシビリティ確保，軽量化による杭コスト縮減などのメリットもある。

中央階段の両脇にはPCa柱を配置しており，長手方向にはラーメンを形成して耐震要素とすることができるが，短手方向は，純粋に妻面のみが耐震フレームとなる。現場打ち耐震壁付きPCaPCラーメンも考えられたが，外周面はファサードも兼ねるため，意匠設計者の要望もあり両方向とも純ラーメン形式とした。とくに短手方向はかぎられたスペースのなかで必要な耐力を確保しなければならない。せん断設計に影響を及ぼす柱梁のプロポーションと運搬上ネックとなる１部材あたりの重量を考慮し，柱は短手方向B×D=700mm×1,100mm－@3.6m，長手方向B×D=700mm×800mm－@3.0mで配置する計画とした。

一般的に，RC造の場合このような短スパン梁ではせん断設計が成立しないが，せん断耐力の大きいPCaPCならではの構造架構といえる。一方で，圧着部分のせん断保証設計が困難であった。長手方向は梁部材の曲げ降伏時せん断力が小さいため，圧着耐力確保が可能であったが，短手方向は圧着工法を採用した場合，必要摩擦係数は0.65程度となった。コッターなどを配したうえで実験を行えば上記を満足することも予想されたが，時間の関係もあり短手方向のみ，高強度コンクリートによる現場打ち継手とした（**写真-8　図-5，6，7**）。

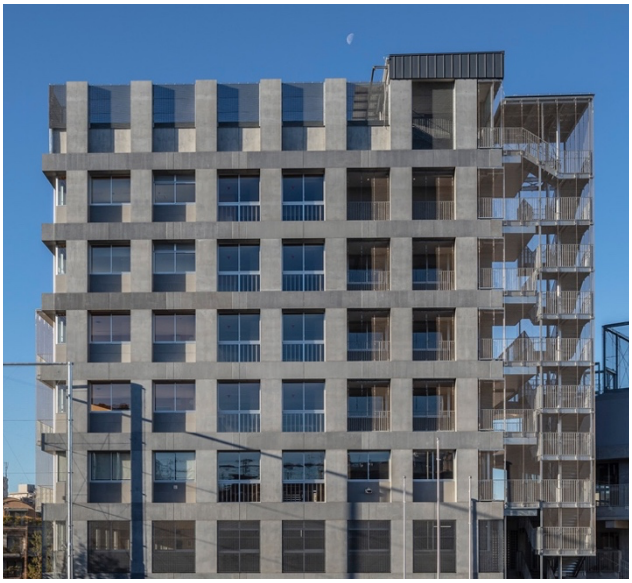


写真-8※　東側ファサード

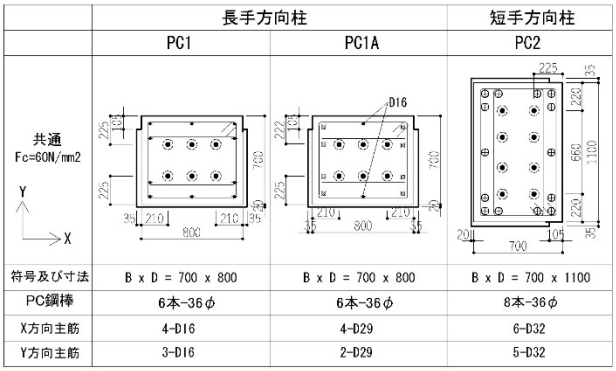



図-5　柱断面

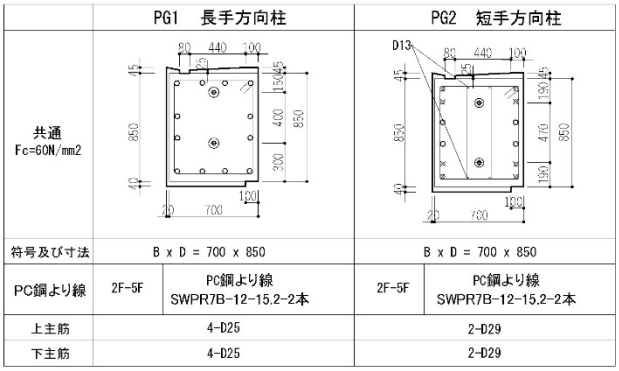



図-6　梁断面

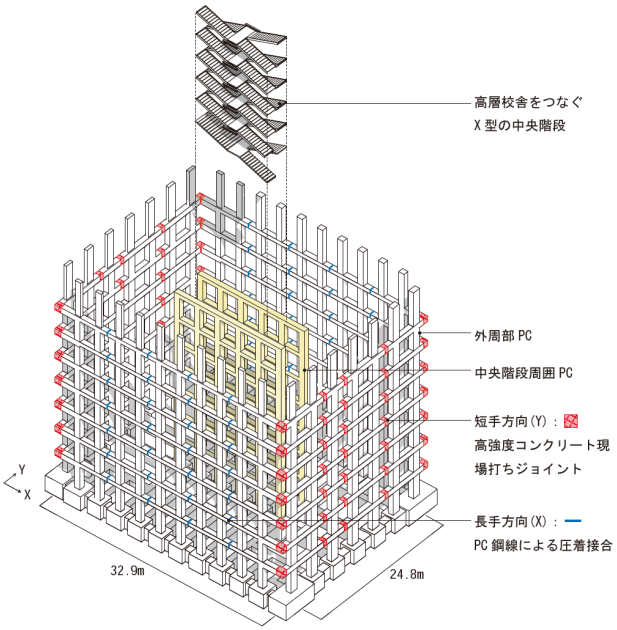



図-7　構造アクソメ

### 4.3　建方計画

搬入経路が狭く120tを超えるクレーンの搬入は困難であったため，後述する揚重計画では部材重量は10t程度が限界と分かった。これより柱は１層１節，梁は7m以下で継手を設けることにした。耐震要素を外周に集中させる計画であり，柱-柱間スパンが短いことから，当初は柱と梁を一体化した十字型のPCa部材を想定していた。しかし，十字型部材では重量が超過するため，各層の梁を柱上に載せる梁勝ち架構にシフトした（**図-8**）。

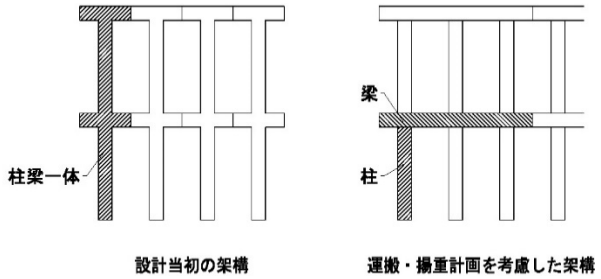



図-８　部材の継手計画

都内ゆえの狭小敷地であり，８階建て，24.8m×33m平面の周囲は西側，南側に道路と隣地が迫っており，北側には体育館棟が接続する。建方・揚重計画は，検討を進めていくに従い①②③と進化をしていった。

**計画① 中央部タワークレーン（図-９）**

中央階段室吹抜け部に配置したタワークレーンですべてを架設する方法。移動式クレーンより揚重能力が低く価格も高価である。クレーン直近の一部のPCaPC部材架設が困難なため，別途建物外側にクレーンを配置する必要があったり，タワークレーン解体用クレーンを設置するため，最上階鉄骨梁を補強する必要があるなど，コストと部材断面（重量）の制約などから不採用とした。

**計画② 北側ラフテレーンクレーンによる建逃げ（図-１０）**

体育館棟の一部を残工事として，北側に60tクレーンを配置し校舎棟短手方向に建逃げる案。揚重能力は十分で部材寸法に影響はないが，本計画は外殻構造であるため，建逃げでは建方時の構造安定性に不安が残る。施工方法としては１層ごとに積み上げていくのがベストと判断し，不採用とした。

**計画③ クローラークレーン+タワークレーン（図-１１）**

北側，東側にクローラークレーンを配置し，上階では届かない南西側の架設用のため，西側道路と校舎棟の隙間にタワークレーンを配置する計画。高価なタワークレーンを使うことになり，クレーン台数が多く前２案に比較して効率は劣るが，PCaPC部材に制約がほとんどないため，設計段階ではこの計画で検討した。

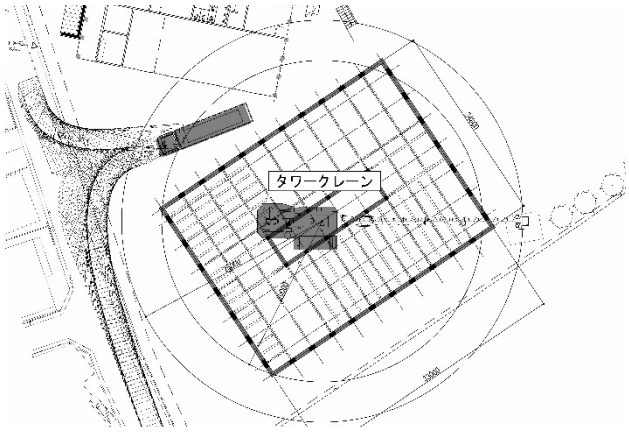



図-９　①タワークレーンによる建方計画（不採用）

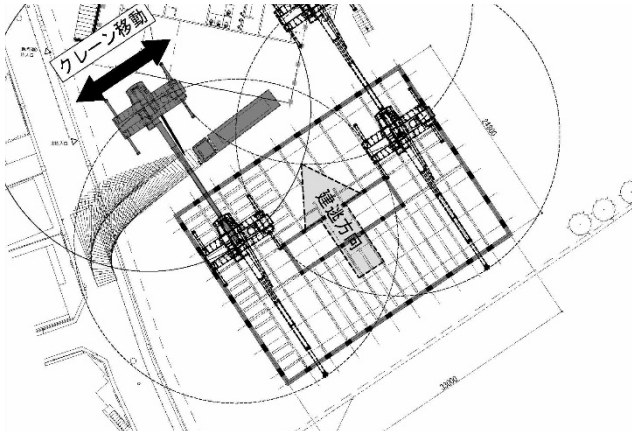



図-１０　②建逃げによる計画（不採用）

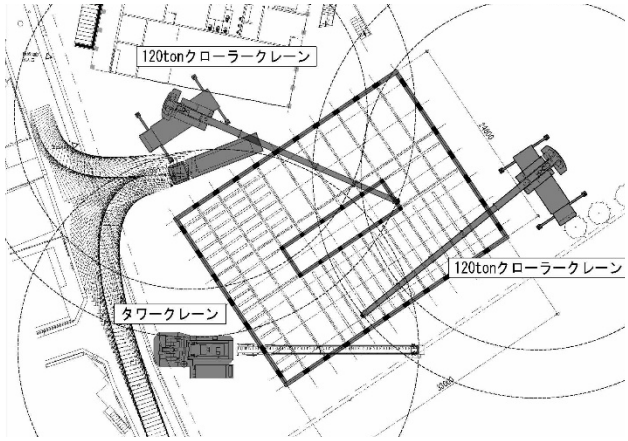



図-１１　③クローラー＋タワー併用による建方計画（不採用）

**計画④クローラークレーン＋ラフテレーンクレーン**

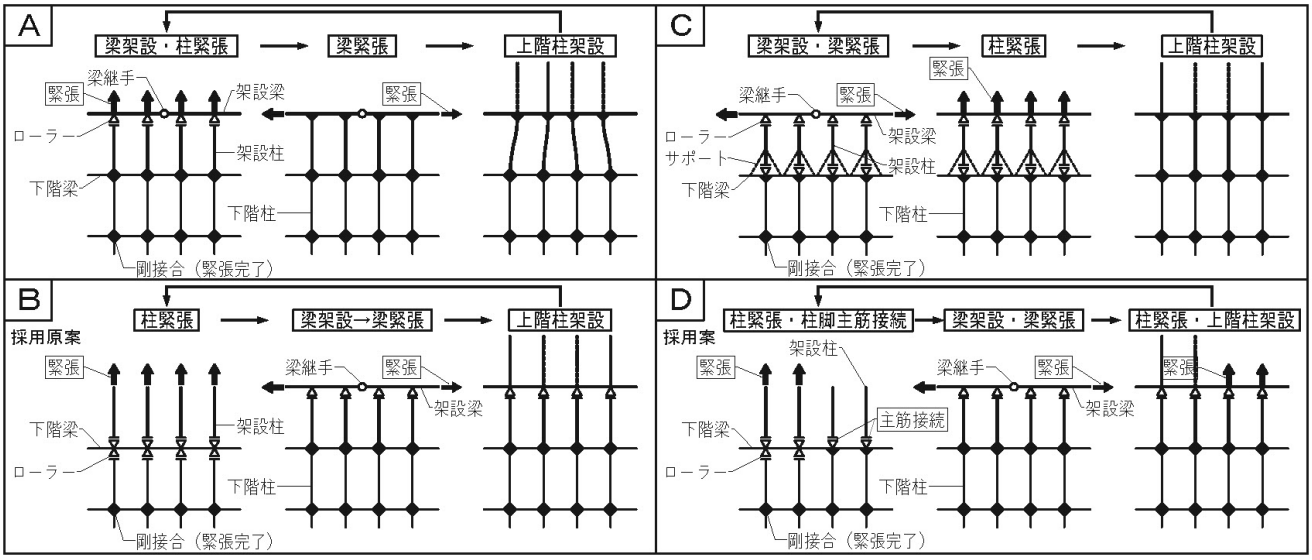
実際に採用したのは，計画③のタワークレーンの代わりに65tラフテレーンクレーンを配置する計画だった。搬入計画を工夫し，南西角の少し広がった敷地に65tクレーンを配置することで，タワークレーン案よりも低コストを実現している。

### 4.4　緊張計画

本計画では，柱は１層１節，梁は柱２スパンに１か所の継手を設けることになったため，上下の柱（パネルゾーンを含む）と梁軸方向を圧着工法により接合する計画である。耐震要素を外周に集約したこと，隅角部を現場打ちとし緊張範囲から除外したことで，PCストランドが交差しない計画となった。緊張計画概念図を図-１２に示す。

一般的に考えられるのが，Ａ案：柱架設→梁架設→柱緊張→梁緊張であるが，今回はＢ案：柱架設→柱緊張→梁架設→梁緊張の順序を採用した。Ｂ案は梁緊張時には柱と梁が接合されていないため柱天端を梁が滑ることで，梁の圧縮変形による不静定２次応力が生じることがない。大スパン架構の場合には不静定２次応力が有利に働く場合もあるが，本計画は短スパンであるため、この方が設計がシンプルになるうえに柱に２次応力が生じないことで、合理的な設計になる。

不静定２次応力を発生しない工程として，Ｃ案：柱架設→梁架設→梁緊張→柱緊張という順序もあり，柱と梁の緊張作業を連続してできるため，施工性は良いという考えかたもあろう。しかし，先行して柱を緊張しない場合，Ｃ図のように柱がモデル上は両端ピンのまま梁緊張を行うことになる。本計画では安全性を考慮すると梁緊張時にはサポートが柱の２方向に必要になると判断し、施工性を考慮してＢ案を採用した。なお、柱梁接合にPC鋼棒の圧着のみではなく、主筋のスリーブジョイントを用いる部材（PC1A、PC2）では、PCa梁上端から出ている主筋と柱脚主筋を接合することで柱脚固定として、PC鋼棒緊張を梁下ではなく梁上で施工した部材もある（D図、平面図）。これは後述するようにグラウト施工の合理化のためである。



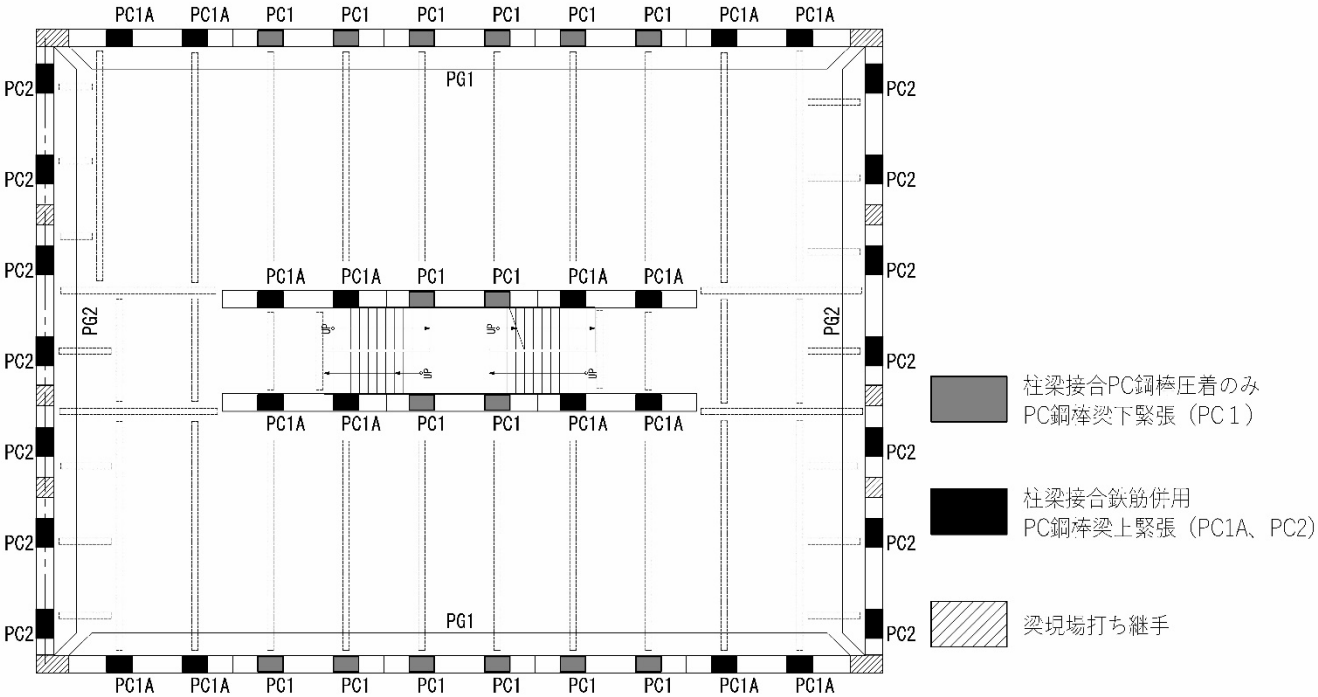




図-１２　緊張計画

## ５．施工と製作

### 5.1　クレーン計画とサイクル工程

本工事では 120ｔクローラークレーンを軸に，65ｔラフテレーンクレーンをサブに使用することで，平面作業範囲をカバーするクレーン計画を行った。

作業工程における 120ｔクローラーの作業優位性を向上させ，65ｔクレーンの使用工程を充実させることで１層あたりのサイクル工程短縮とそれに伴うコストの低減を目指した。また，プレキャスト部材，鉄骨を架設開始前日に搬入ストックを行い，１日あたりの架設数量を上げることでサイクル工程と労務環境を充実させ，全体工程の短縮化を可能とした。クレーン計画図を図-１３に示す。

体育館棟の一部を後工事とすることでスペースを確保し，120t クローラーの揚重性能が生かされたストック計画が実行でき，架設前に部材へ仕込む鉄骨のベースプレート取付けなどの先行作業がスムーズに行えた。

本計画では，PCa 柱と PCa 梁の接合方法において，PC 鋼棒圧着のみと接合鉄筋併用の２つの工法がある（図-１２参照）。PCa 柱梁を PC 鋼棒圧着のみで行う PCa 柱については、柱目地モルタルの圧縮強度発現が必要である。柱目地モルタル施工工程や強度発現までの時間が必要であることにより、PCa 柱架設順番の優先性が決まる。柱目地モルタル施工と PCa 柱架設の工程が重ねられる事で PC 鋼棒緊張までの工程をスムーズに進められる。その後の PC 鋼棒グラウト、PCa 梁架設開始を早められ工程短縮のメリットとなっている。1 層タクト工程を**図-１４**に示す。

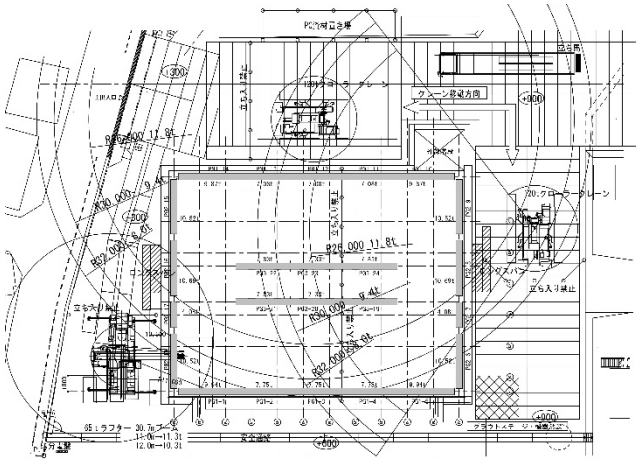


図-１３　プレキャスト部材架設計画図

### 5.2　プレキャスト部材の組立

前項で述べたとおり，PCa 柱と PCa 梁の接合は柱主筋の接続をモルタル充填式機械式継手にて行い，PC 鋼棒で圧着する架構と，PC 鋼棒のみで PCa 柱と PCa 梁を圧着している工法を採用している（**写真-9，１０**）。

PC 鋼棒圧着用目地は主筋接続継手用の無収縮モルタルを使用し，継手と同時注入にて目地モルタル施工を行い，強度のばらつきを防止し，同一条件での圧着性能を有するよう計画を行っている。

PCa 梁の継手は揚重可能な最大長さになるよう，柱２本を跨ぐごとに設けている。PCa 柱本数に対し PCa 梁が少なくなるため，架設工程の短縮化，目地本数を減らす意匠的意図をもった架構となっている。

写真-９　外周柱梁組立て状況

写真-１０　内周柱梁組立て状況

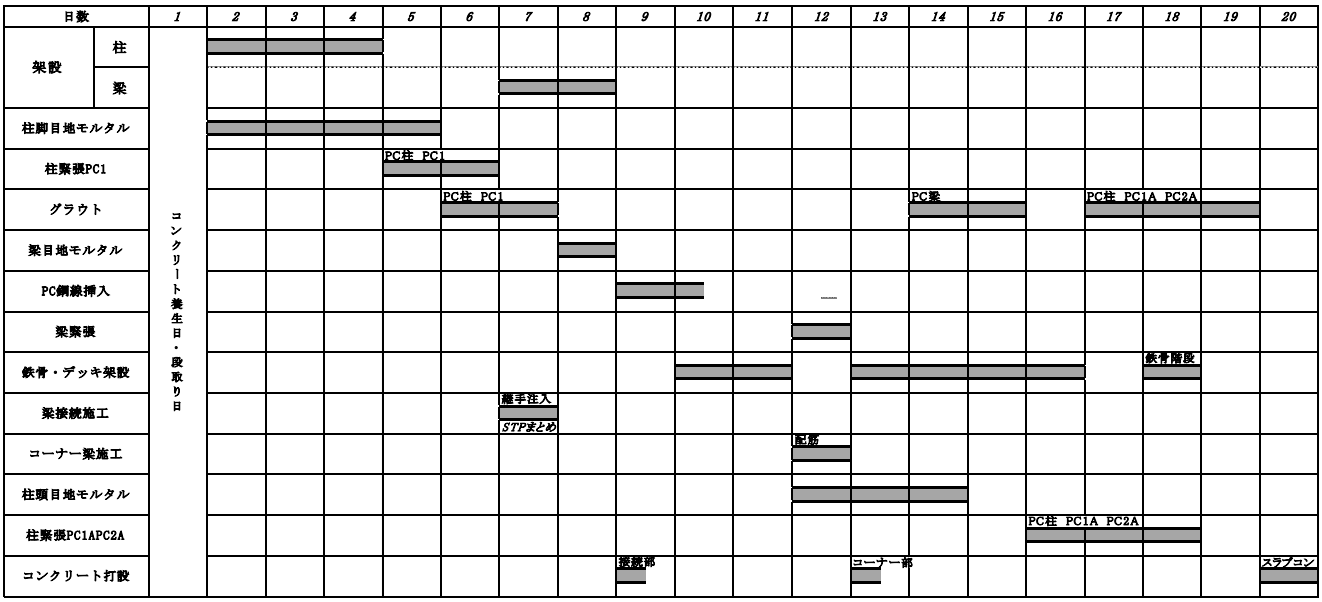



図-１４　1層タクト工程

### 5.3　梁コーナー部の施工

隅角部梁は PC 鋼線の干渉を避けるため，RC 造となっている（**写真-１１**）。PCa梁緊張を行う際に梁主筋が干渉するため，PC 緊張後に配筋を行いコンクリートを打設する。仕口部の定着用主筋は，梁側面にモルタル充填式機械式継手を設け，接続を行っている。さらに，コンクリート強度はPCa 梁と同一強度の 60N/mm$^2$を採用している。

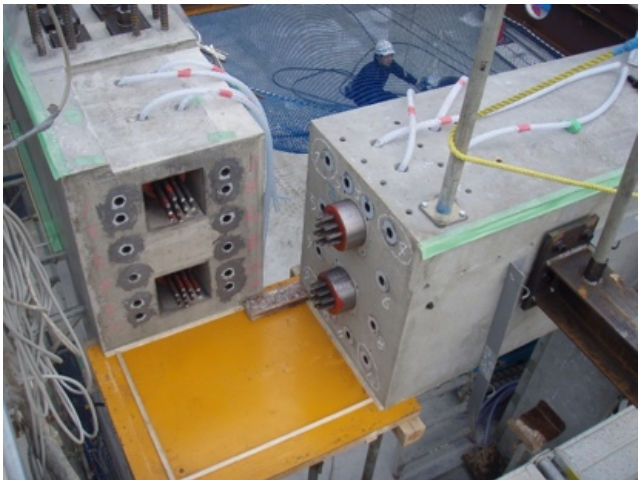


写真-１１　PCa 梁コーナー部配筋前状況

### 5.4　PC 鋼棒の緊張

柱に偏りない緊張力を与えるために PC 鋼棒緊張ジャッキを２台使用した。また，工程を考慮し，緊張ジャッキは作業効率向上が図れるものを選定した（**写真-１２**）。

緊張前に PC 鋼棒へマーキングを行い，PC 鋼棒が確実に緊張されているかを確認できるように管理を行った。また，緊張前後にテンプレートにて柱芯と PC 鋼棒芯配置誤差を確認し，上層階で PCa 柱梁と PC 鋼棒とが接し架設が困難にならないように確認を行った。さらに，緊張中に PCa 柱の倒れが発生しないか確認を行うことで正常の PCa 梁架設につなげている。

写真-１２　PC鋼棒緊張状況

### 5.5　PC 鋼線の緊張

PC 鋼線の緊張後に柱頭および梁下目地の施工をするため，PC 鋼線緊張に際し，PCa 梁の縮み移動量の計算および実測を行うことで，鉄骨梁や上階柱の架設誤差に対する影響を最小限に留めている。縮み移動量は 5～6 mmであったので架設時に，これを見越した架設を行い，緊張後の精度確保に努めている。

精度確認において，地墨からレーザーポインターにて建て込みの確認，レーザー距離計にてスパンの確認を行い計測の精度も上げている。

写真-１３　PC 鋼線緊張状況

### 5.6　プレキャスト部材の製作

プレキャスト部材の製作においては，梁部材はとくに PC 鋼棒貫通用シース，鉄骨小梁用インサートおよび上下階接続用柱主筋が混在し、その打設前取付精度が必要とされた。それらの取付精度を脱型後の検査において，テンプレートを用いた確認を行うことで，現場での架設誤差を最小限にすることを図っている（**写真-１４**）。

写真-１４　PCa梁埋込物精度確認状況

## ６．おわりに

住宅に囲まれた狭小敷地に建てられた PCaPC による８階建ての公立中学校が実現した。短スパン外殻ラーメン構造をファサードとしてそのまま表現し、躯体梁天端に排水溝を施すなど、PCaPC ならではの工夫も凝らした。この校舎が地域の景観の継承とともに新しい地域のシンボルとして長く愛されることを願う。

(※付写真　撮影：淺川敏/ZOOM)