

AZU Pool の設計・施工

— 公園施設としての開放性をもつプール —

町 慎一郎^{*1}・渡瀬 利則^{*2}・中島 康行^{*3}・山口 祥^{*4}

板橋区立 AZU Pool（あずプール）は、小豆沢公園の中心施設のひとつとして新設された。公園内施設であることから、周辺環境に配慮し建物高さを抑えながら、プールとして開放的な空間を確保する課題があった。この相反する要求に対して、プレストレストクロス梁と扁平六角柱からなるフレームを採用した。プレストレストクロス梁と扁平六角柱の仕口部は、施工前に接合部 BIM モデルを作成し、主筋とシースとの干渉チェックや配筋組立順序の検討を行い高い品質と良好な施工を実現した。

キーワード：プレストレストクロス梁、扁平六角柱、接合部 BIM モデル、PCaPC 階段

1. はじめに

本計画は、東京 2020 大会のレガシーとすべく、再整備を行う板橋区立小豆沢公園の中心施設のひとつとして計画されたプールおよび武道場である。

施設は隣接する体育館や管理棟、その他の公園内施設との連携を重視した計画・整備が求められた。高低差のある敷地における公園とのつながりをもち、地域に開かれた施設を実現すべく、梁せいの小さなプレストレストクロス梁を採用し、高さを抑えながら柱本数を減らした開放的な施設とした。また、前面道路に面するプロムナードに計画された外部階段は、PCaPC 版による片持ち階段とすることで、公園全体につながるルーフガーデンへのアプローチとして期待感を高めるデザインを試みた。



写真 - 1 公園内施設と連続するプール棟

2. 建物概要

- ・建設地：東京都板橋区小豆沢 3-1-1
- ・主要用途：プール、武道場
- ・建築面積：2 079.54 m²
- ・延床面積：3 560.92 m²
- ・階数：地下 1 階、地上 3 階
- ・建物高さ：19.72 m
- ・構造種別：鉄骨 (S) 造、鉄筋コンクリート (RC) 造、鉄骨鉄筋コンクリート (SRC) 造
- ・基礎：杭基礎
- ・工期：2016 年 10 月～2018 年 12 月
- ・設計・監理：株式会社久米設計
- ・施工：鴻池・瀧島・古川建設共同企業体
- ・PC 工事：オリエンタル白石株式会社

3. 建築計画概要

建物は、北側住宅への日影や歩行者への圧迫感に配慮し、前面道路からセットバックさせ、地下階にプールを設置する施設構成とした。外部には、公園利用者の憩い・交流の場として、プール屋上のルーフガーデン、建物入り口付近のエントランス広場、歩道と連続するプロムナードを整備した。それらを北側前面道路から南側の公園内散策路まで連続させ、公園内のネットワークを構成し、公園全体の活性化を図った（写真 - 1）。



^{*1} Shinichiro MACHI

(株) 久米設計
建築設計部



^{*2} Toshinori WATASE

(株) 久米設計
構造設計部



^{*3} Yasuyuki NAKAJIMA

(株) 鴻池組
東京本店



^{*4} Jyou YAMAGUCHI

オリエンタル白石 (株)
大阪支店



写真 - 2 背面の公園から連続する緑と傾斜地に水平・垂直に伸びる軽やかなファサード

施設は、武道場をコンクリート打放しのマス（塊）、プールをプリントガラスのボーダー（帯）とし、それらをガラスボックス（吹抜け）でつなぐ構成とした。また、既存管理棟の特徴的なテラコッタルーバーを隣接する階段室の外装に設け、連続性をもたせている（写真 - 2）。

ルーフガーデンや前面道路に緑化を行い、公園内や周辺緑地との「みどりの連続性」をもたせ、武蔵野の森らしい季節が感じられる植栽計画とした（図 - 1, 2）。

環境面においては、敷地の傾斜に応じた断面構成とし、光庭やドライエリアを利用し自然採光・通風を確保し、地下階から最上階屋上までつながる吹抜け（エコボイド）を設置することで効果的な重力換気を行っている。

また、屋上緑化によりヒートアイランド対策に寄与し、Low-E ガラスや複層ガラスの採用により断熱性を高め、環境負荷を軽減している。設備については、地下流水が豊富な敷地の特徴から杭を利用した地中熱ヒートポンプシステムや太陽光発電設備（10 kW）を採用し、省エネに配慮している（写真 - 3, 図 - 3）。



写真 - 3 地下階で自然採光・自然通風を確保したプール

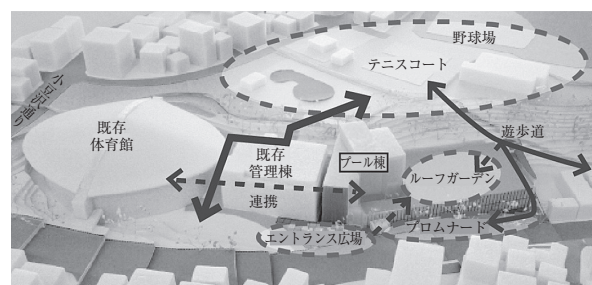


図 - 1 公園ネットワークの形成

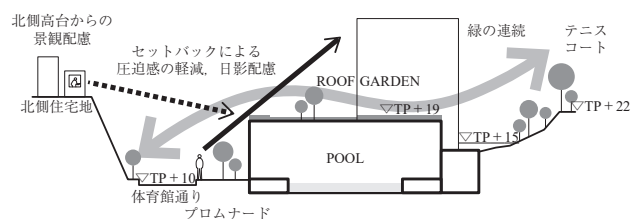


図 - 2 断面コンセプト

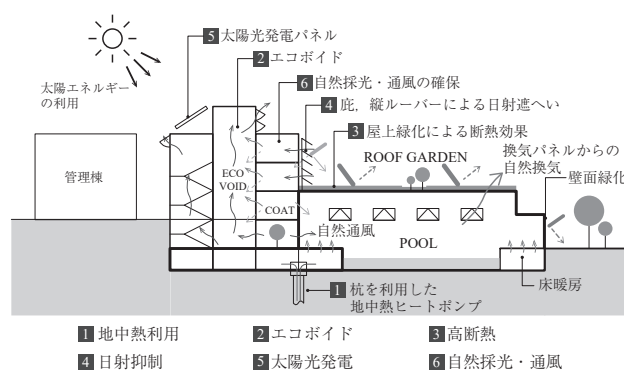


図 - 3 環境断面

4. 構造計画概要

4.1 建物全体の構造計画

本建物は、建築計画的に運営、武道場、プール部分の3つの用途で構成される。敷地全体では、既存建物である体育館、管理棟と連続する施設でもある。構造種別は、異なる用途に合わせて、適材適所となるようにS造、SRC造、RC造を平面的に連続させた構造体を採用している。図-4に構造架構概要を示す。

既存管理棟と隣接する管理部分は、施設全体の連続性を重視し、構造軸を既存棟に合せている。既存管理棟との接続部分にはトップライトをもつコンクリート庇を設置しアプローチの視認性を高め、存在感のある表現としている(写真-4)。



写真-4 既存施設と軸を合せたアプローチ

武道場部分は、建物全体の中心部でありもっとも高層となる部分である。剣道場、柔道場は、連続する2層構成となっている。双方とも、階高さ5.2m、平面15.6×15.6mの大空間を必要としているためSRC造としている。武道場の床面の振動、防音、たわみを考慮して格子梁を採用し、構造体を表した格子天井の仕上げとすることにより、武道の力強さと精神性を表現した(写真-5)。



写真-5 武道場の格子梁

プール部分は、地下1階と連続した半地下構造となっている。プール特有の耐塩素性、防水、結露への対応、また、屋根は、公園と連続するルーフガーデンがあり振動を嫌うため、RC造を採用している。空間の大きさは、25mプールと子供用プールを連続させるために階高さ9.2m、平面36.6×24.8mを無柱とした建物の中での最大空間となる(写真-3)。

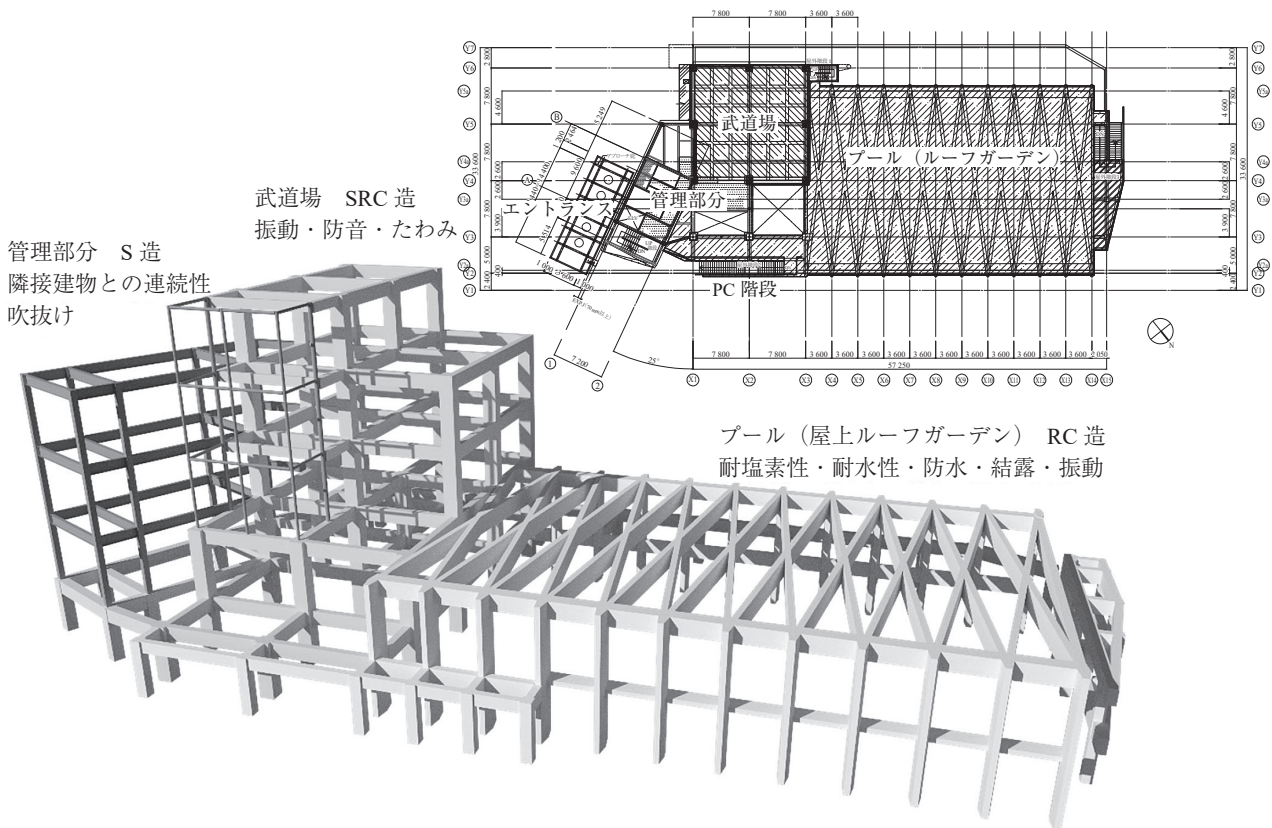


図-4 構造架構概要

4.2 プール部分架構計画

プール部分は、建物内で最大のボリュームとなる。一方で建物は公園内の施設であり、周辺環境に対してできるかぎり建物を低く抑えることが求められた（写真 - 6）。内部空間は、それに反して屋外プールの様に開放的で、広々とした空間とする必要があった（写真 - 3）。

架構計画は、プールとしての基本性能である耐塩素性を維持するために主体構造をRC造とした。また、開放性を確保するために柱本数をできるかぎり少なくし、階高さ9.2 m、スパン24.8 mをできるだけ小さな梁せいで実現できるプレストレストクロス梁+扁平六角柱を採用した。

応力解析では、シングルスパンの場合、最適解として柱ピッチ1.8 m、梁は $B \times D = 400 \times 1400$ mmと試算された。内部空間として、柱梁ピッチ1.8 mの平行架構は、圧迫感があることから、柱ピッチを3.6 mとし、梁せいが同じとなるように梁を交差させることにより、梁せいを変更することなく1.8 mの倍である柱ピッチ3.6 mを実現している（図 - 5）。



写真 - 6 階高を抑えたプールの外観

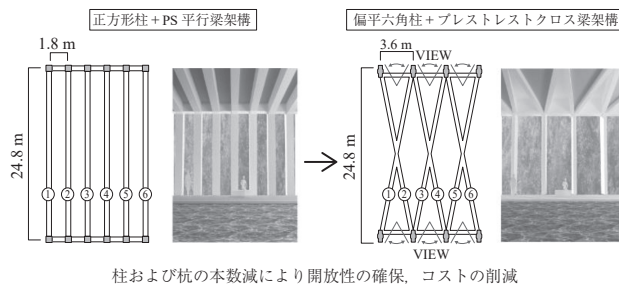


図 - 5 プレストレストクロス梁の概要

4.3 柱梁接合部の計画

柱の見付寸法をできるかぎり小さく、かつ合理的にプレストレストクロス梁を実現するために、柱形状を扁平六角形とした（図 - 6）。柱形状を六角形にすることにより、クロスするプレストレスト緊張端部が直線的に納まり、応力の伝達を明解にした。また、意匠的な要素として、柱見付を300 mm、最大幅600 mmとし、柱成1800 mmの途中で、折れ線があることにより柱成1800 mmの存在感を軽減し、より軽快な空間を実現している（写真 - 7, 8）。

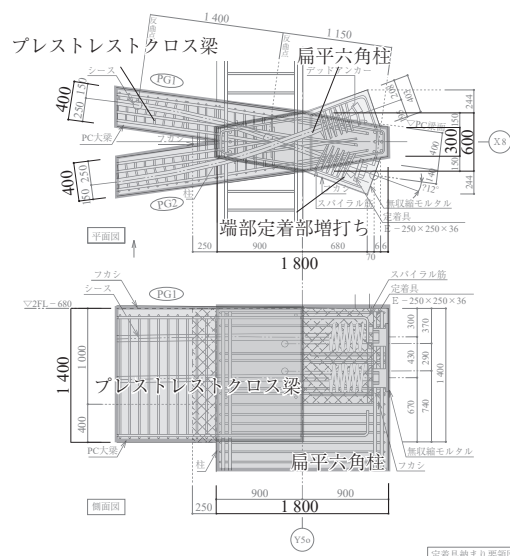


図 - 6 プレストレストクロス梁仕口図



写真 - 7 扁平六角柱とプレストレストクロス梁の内観



写真 - 8 扁平六角柱とプレストレストクロス梁の外観

5. プレストレストクロス梁の設計概要

プレストレストクロス梁の設計ルートは、昭和 58 年建設省告示第 1320 号、平成 19 年国土交通省告示第 600 号によりルート 3b で設計した。またプレストレストクロス梁の荷重計算、長期応力、地震時応力およびプレストレスによる不静定応力解析は、任意形状立体解析プログラムにて行った。ただし、緊張力の計算および断面算定については平面応力解析 PC 計算プログラムにより行った。

プレストレストクロス梁の設計クライテリアは以下のとおりである。

- 1) PC 導入時の検討として、コンクリート躯体のみの応力（長期応力の 6 割程度）に対して、プレストレストクロス梁の断面縁応力度が導入時の許容圧縮応力度、許容引張応力度以下、せん断力については導入時許容斜張応力度以下とする。
- 2) 長期曲げモーメントに対しては、コンクリートの許容引張応力度（パースシャルプレストレストコンクリート）以下とし、曲げひび割れの発生を許容していない。長期せん断力に対しては長期許容斜張応力度以下とする。また長期プレストレストクロス梁中央部の変形量については、プレストレス寄与率により算出した変形増大係数を考慮した長期たわみがスパンの 1/250 以下とする。
- 3) 地震時の検討は、曲げモーメントは、 $G + P + X + 1.5 K$ （ G : 固定荷重、 P : 仕上げ+積載荷重、 X : 不静定応力、 K : 地震時荷重）に対して曲げ終局耐力（ M_u ）が上回ることを確認し、せん断力は、 $G + P + X + 2.25 K$ と $G + P + X + 1.2 Q_m$ （ Q_m : メカニズム時せん断力）の小さい方に対して、トラスアーチ式にて算出したせん断終局耐力（ Q_u ）以下とする。
- 4) PC 柱梁接合部に対する検討については二方向から接続するプレストレストクロス梁の設計せん断力の単純和に対して長辺方向の PC 柱梁接合部せん断耐力が上回ることを確認する。

2 次設計においてプレストレストクロス梁は、材端に曲げひび割れと降伏を考慮したトリリニア型の復元力特性を有する弾塑性曲げばねモデルとし静的荷重増分解析を行い、プレストレストクロス梁架構の保有耐力が必要保有水平耐力を上回ることを確認した。なお、プレストレストクロス梁の軸剛性、曲げ剛性の評価にあたっては、スラブの曲げ有効幅を考慮した。図 - 7 にプレストレストクロス梁の断面図、配線図を示す。

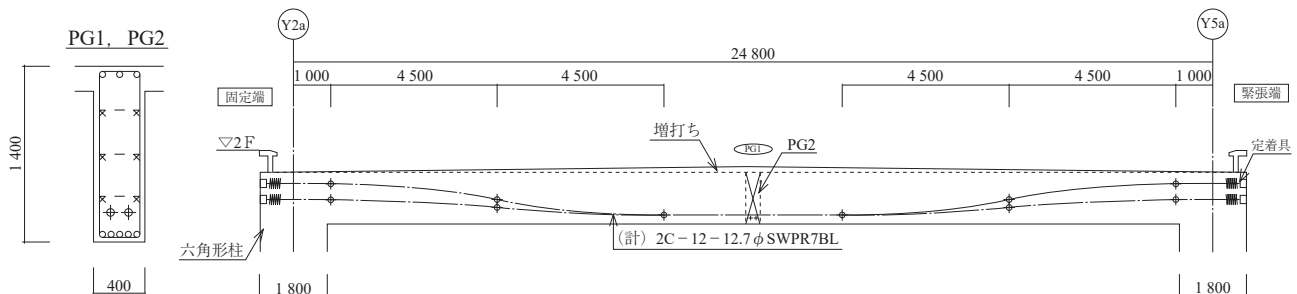


図 - 7 プレストレストクロス梁断面図（左）と配線図（右）

プレストレストクロス梁が接続する六角形柱には、緊張端の定着具を納めるため、プレストレストクロス梁の平面的な角度に合せた増打ちを設けている。接合部は、定着金物、主筋、帯筋など、納まりが複雑なため、施工段階において、接合部 BIM モデルを作成し、主筋とシースとの干渉チェックや配筋組立て順序の検討を行った（図 - 8）。

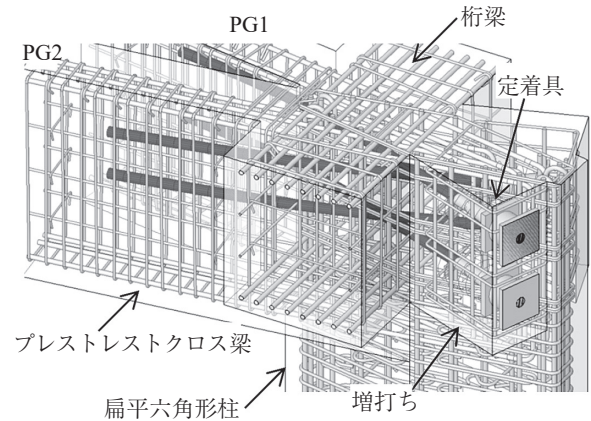


図 - 8 接合部 BIM モデル

6. PCaPC 階段の設計概要

プール側のプロムナードに面する屋外階段は意匠的な要求から、現場打ちの壁から跳ね出す PCaPC 階段とした。現場打ち壁との接合部は、PCaPC 階段からの主筋とアンボンド PC 鋼棒により一体化している。

PCaPC 階段の設計クライテリアは下記の通りである。

- 1) 長期曲げモーメントに対しては、フルプレストレストコンクリートとし、長期せん断力に対してはコンクリート断面のみで算定した長期許容せん断力以下とする。
- 2) 長期の先端部の変形量は長期たわみがスパンの 1/250 以下とする。
- 3) 上下動 1.0 G の検討として、 $2.5 \times (G + P)$ に対して曲げ終局耐力（ M_u ）以下とする。 $3.25 \times (G + P)$ に対してせん断終局耐力（ Q_u ）以下とする。

終局せん断耐力は、短期許容せん断力にプレストレスの効果を加算した従来式により算定した。

PCaPC 階段はアンボンド PC 鋼棒とコンクリート断面のみで長期、上下動共に必要耐力を満足しているが、フェールセーフとして引張側 2-D16 および圧縮鉄筋 1-D16 を PCaPC 階段から現場打ち壁に定着させている（図 - 9）。

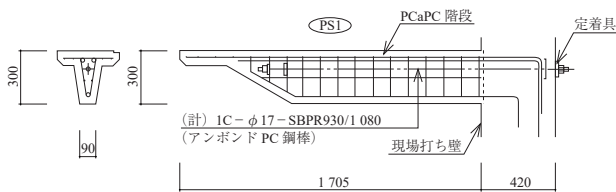


図 - 9 PCaPC 階段断面図 (左) と配線図 (右)

7. プレストレストクロス梁の施工概要

7.1 PC 工事施工フロー

図 - 10 に PC 工事施工フローを示す。PC 工事では、梁型およびスラブ型枠を配置し、梁配筋作業後に PC 配線作業を行うことが一般的である。しかしながら、本物件の特徴であるクロス梁であること、また梁幅 400 mm、梁せい 1 400 mm であることから、梁側およびスラブ型枠の設置前に配筋組立てと PC 配線作業を行う計画とした。

7.2 配筋作業計画と PC 配線作業

本物件はプレストレストクロス梁の梁せいが大きく、梁幅が狭いうえ、1 階の階高も高い。そのため、梁配筋および PC 配線作業を安全に施工するために梁下端のレベルで梁底型枠兼用の型枠を全体に設置し作業床を確保する計画とした (写真 - 9)。

設置された作業床兼型枠に梁の位置の墨出しを行い、梁筋を組み立て、梁配筋終了後にシース管の配置を行った。シース管の高さを保持するために、あらかじめ計算された位置に穴をあけたフラットバーを梁筋両側にセットし、その穴にセットした D13 の棚筋にシース管を乗せ、棚筋と結束することで所定の高さを保持した (写真 - 10)。

PC ケーブルの挿入は、定着具を取り付けた型枠の外部より、常設されたタワークレーンとラフタワークレーンを使用して挿入を行った (写真 - 11, 12)。

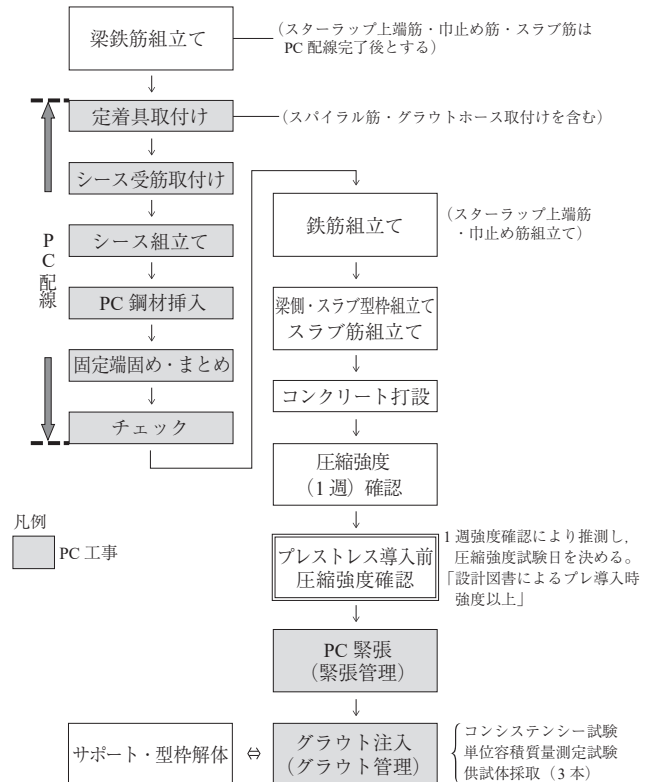


図 - 10 PC 工事施工フロー

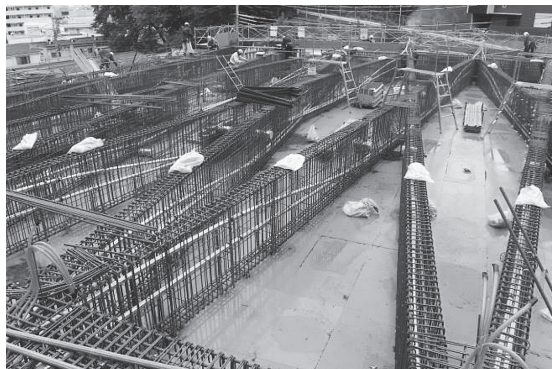


写真 - 9 配筋およびシース配置状況

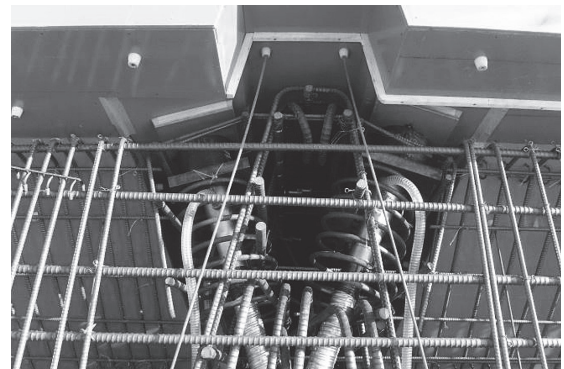


写真 - 11 定着具取付け

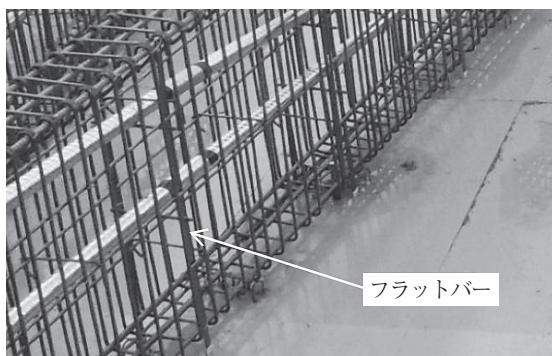


写真 - 10 シース高さの保持



写真 - 12 通線状況

7.3 プレストレストクロス梁のプレストレス導入計画

プレストレストクロス梁のプレストレス導入にあたっては、プレストレス導入力が偏らないように、X4 通りから X14 通りに向かい、順に Y2a 側と Y5a 側より同時にプレストレス導入を行った（図 - 11）。写真 - 13 にプレストレストクロス梁の緊張状況を示す。

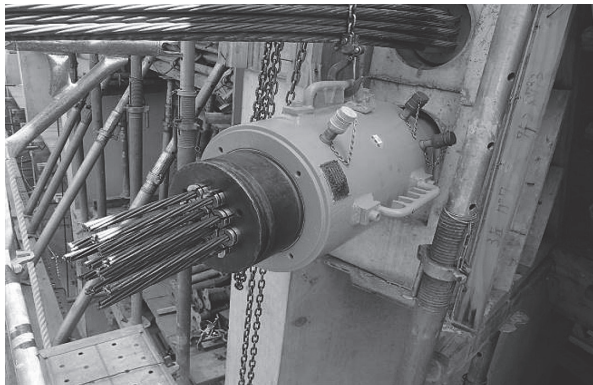


写真 - 13 プレストレストクロス梁緊張状況

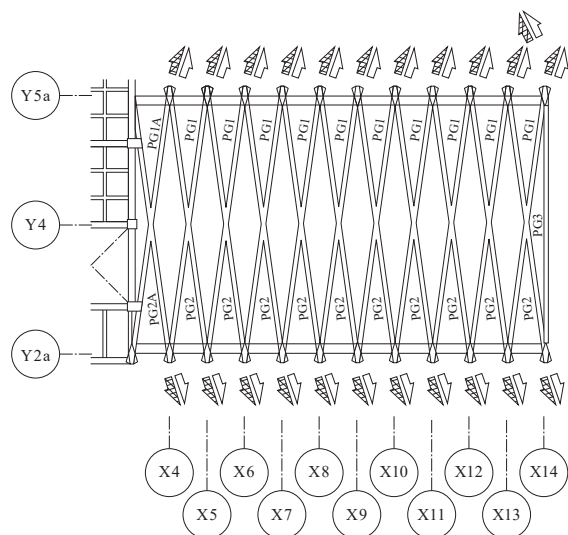


図 - 11 プレストレス導入順序

8. PCaPC 階段の施工概要

8.1 PCaPC 階段の製作

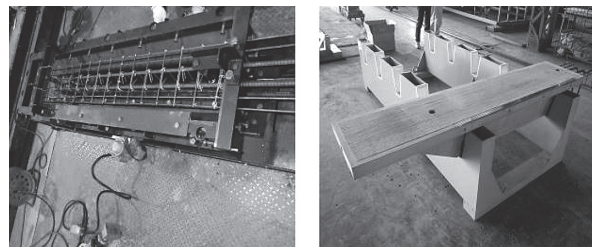
PCaPC 階段は全部で 17 ピースであり、工場製作とした。

PCaPC 階段は構造躯体をデザインとして見せる計画のため、仕上りにはとくに留意して丁寧に製作を進める必要があった。そのため、製作担当者との打合せを入念に行い、品質向上に努めた。型枠は鋼製とし、特殊な部材形状のため、専用構台を製作し、部材をストックした（写真 - 14）。

8.2 PCaPC 階段の施工計画

PCaPC 階段は、部材がそのまま段床となるため、セットした部材がコンクリート打設時に動かないことが課題となった。基端側の型枠を部材のリブ形状と同じ形状に加工し、部材受け兼用とすることで部材のズレを防止した。また、同じ形状の型枠を外側に設置して部材を受けることで、全体の位置の確保を行った。さらに、部材の先端には固定アングルをボルトで固定することで、部材間隔と通り精度を確保した（写真 - 15）。

写真 - 16 に完成後の PCaPC 階段を示す。



(a) PCaPC 階段鋼製型枠状況 (b) 部材ストック状況

写真 - 14 PCaPC 階段製作状況



(a) PCaPC 階段設置状況 (b) 固定アングル

写真 - 15 PCaPC 階段施工状況



写真 - 16 PCaPC 階段





写真 - 17 構造フレームが浮かび上がるプールタ景



写真 - 18 空へ視線が抜ける地下1階多目的ロビー

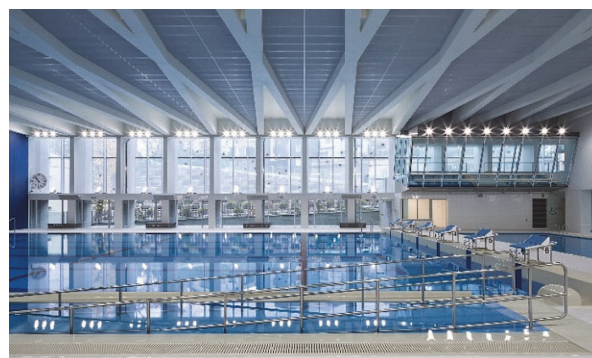


写真 - 19 外部へ開放的な地下1階25mプール

9. おわりに

計画地はもともと屋外プール敷地であった。運動公園内の施設で、緑に囲まれた開放的なプールは人々に親しまれてきたが、老朽化や区民のニーズに応じて、屋内化されたプールが今回計画された。このような経緯を踏まえ、屋外プールの魅力である開放性を維持することは屋内化するうえで重要であると考えた。プール外周の柱の本数を減らし外が見える空間を実現し、ロビーでは以前の屋外プール同様に空が見える風景を創出した。

2020年のレガシーとしてだけでなく、かつてこの地で親しまれた屋外プールのレガシーとして、この開放的なプールがこれからも区民に親しまれることを期待している(写真 - 17, 18, 19)。

【2020年4月30日受付】