

相模女子大学新 5 号館の設計・施工

— PC 技術で実現するフレキシビリティ高い長寿命建築 —

原 健一郎^{*1}・佐々木 敏^{*2}・大塚 夕^{*3}

教育施設は、教育カリキュラムに応じて教室の大きさや機能が定まるが、教育カリキュラムはその時代に応じ内容が変化し続ける。そのため長く使うことのできる教育施設には、あらゆる変化に柔軟に対応できるフレキシビリティが必要とされる。本建物は、時代に応じて移り変わる教育カリキュラムに柔軟に対応し、教育施設として長く使い続けることが出来る建築物を目標として、意匠・構造・設備設計が一体となり、PC 技術を適切に駆使することによりこの目標の実現を意図した作品である。

キーワード：長寿命建築、フレキシビリティ、構造と設備の融合、インテリア PC

1. はじめに

建物の寿命を決める要因として、「物理的な要因」と「社会的要因」がある。「物理的な要因」としては、構造躯体の劣化や耐震性等があげられる。また、建築は「社会的な要因」のなかの「機能的な要因」による価値損失も多い。社会の急激な変化に伴い建築空間に対する要求も多様化・高度化し、今までの建築のスケルトンでは限界があり、電気設備・機械設備の多様化する要求にこたえきれない状況が生じている。

一方、建設時に発生する地球温暖化ガス（CO₂）の量はライフサイクル CO₂ の 1/5~1/3 にも及ぶといわれている。地球環境の観点からみると、建築物が長寿命であることは CO₂ の削減につながるといえ、長寿命建築が CO₂ 排出削減のための解決策のひとつであり、今後もさらにその必要性が高まっていくことは必至である。

PC は多くの土木構造物で使われているように構造体の品質・信頼性も高く、高い強度とプレストレスの導入などにより特殊な部材形状も可能である。

本建物は、更新性に優れフレキシビリティが高い機能的な建築を、PC のメリットを活かした構造体により構築した、これからの長寿命建築の一例である。

PC は積極的に素材を表し、とくに内部には素材感のあ

るインテリアとして構造体の枠組みを超えた活用を図っている。

2. 建物概要

- 建設地：神奈川県相模原市南区文京 2-1-1
- 主要用途：大学（実習室）
- 建築面積：1 211.76 m²
- 延床面積：4 190.02 m²
- 階数：地上 4 階
- 最高高さ：18.4 m
- 構造：鉄筋コンクリート（RC）造、一部プレキャスト鉄筋コンクリート（PCaRC）造、プレキャストプレストレストコンクリート（PCaPC）造
- 架構：耐震壁つきラーメン架構
- 基礎：杭基礎
- 工期：2014 年 2 月～2015 年 2 月
- 設計・監理：(株)石本建築事務所
- 施工：大成建設 (株)横浜支店



^{*1} Kenichiro HARA

(株)石本建築事務所
プロジェクト推進室



^{*2} Satoshi SASAKI

大成建設 (株)横浜支店
建築部



^{*3} Yuu OHTSUKA

(株)ピーエス三菱
東京建築支店



写真 - 1 北西側外観

3. 建築計画

本建物は、老朽化した校舎の建替えとして相模女子大学内に新たに建設された、実験実習室を中心とする新棟である。

時代が変わっても「清楚でやさしい女性らしさ、知性に裏づけられた勇気と強さを併せ持つ自立した女性の育成」を目標とする、歴史ある相模女子大学にふさわしいキャンパス空間を創出することを目標とし、「いつでも、どこでも、いつまでも」をコンセプトに、時代によって移り変わる教育カリキュラムに応じて改修・更新が可能なフレキシビリティの高い施設づくりを目指した。

コンセプトの実現に向けて、設計では具体的に以下の3つの課題を解決する必要があった。

1. 構造体に制約されない自由なレイアウト
2. 将来の更新性も備えた給排水設備ルートの確保
3. 構造体の躯体品質および耐震性の確保

さらに、計画建物はキャンパス内の東端に位置し、道路をはさんで集合住宅と向き合う立地であるため、周辺環境との調和にも配慮が必要であった。大学キャンパスの配置図を図 - 1 に示す。

基準階は、長さ 60 m、幅 11 m の実習室ゾーンを南北軸



図 - 1 配置図

に配置し、階段・EV 等コアが北西側に寄り添うような形状をしている。平面計画は、東側をメカニカルバルコニーとして縦系統の配管ルートを確認し、構造柱はアウトフレーム化して、メカニカルバルコニーのパイプスペースと形状的に一体化した。間仕切り壁は乾式壁とし、実習室ゾーンは柱型のない自由なレイアウトが可能となった。基準階平面図を図 - 2 に示す。

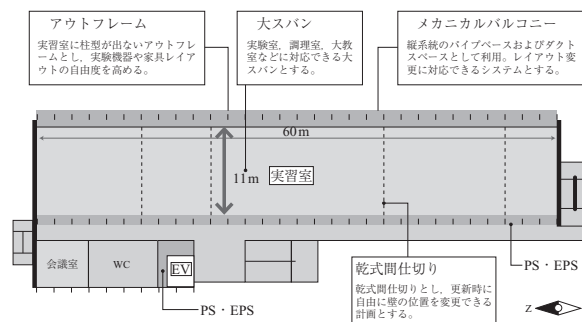


図 - 2 基準階平面図

メカニカルバルコニーは安全で効率的な維持管理のため 60 m の長さですべて連続させている。空調ダクトは実習室上部からダクトでバルコニーに至り、さらにバルコニー内で横引きして配管を集約して効率化した。排水は実習室の二重床内を通りバルコニーに至る。(図 - 3, 4) このことにより将来にわたって柔軟な更新が可能となった。バルコニーのパイプスペースは柱にエキスパンドメタルの目隠し壁を組み合わせることで外観を形成し、東側からの日射

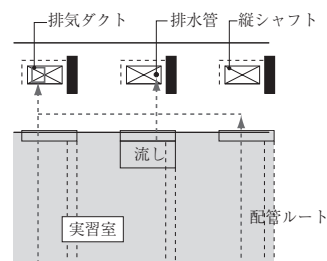


図 - 3 メカニカルバルコニーの配管イメージ (平面)

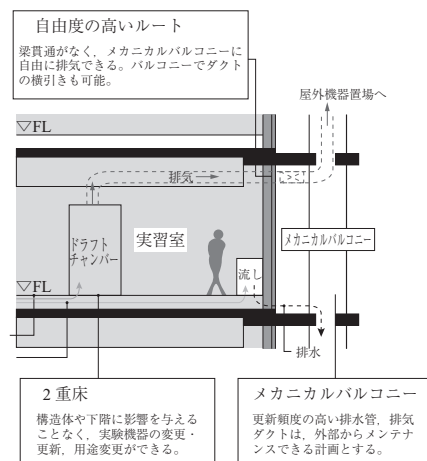


図 - 4 メカニカルバルコニーの配管イメージ (断面)

を制御し空調負荷を抑えることにも役立っている。

4. 構造計画

4.1 構造計画方針

メカニカルバルコニーを活かしたフレキシビリティの高い施設づくりに向け、将来にわたり配管ルートが確保できる建物をつくることが命題であった。空間が肥大化しないことを設計チームの目標とし、必要機能をコンパクトに収めるために構造的にも多くの工夫を行った。

4.2 実習室床梁の構造

実習室の柱をアウトフレーム化すると、12.6 m の柱スパンとなる。実習室は、いかなる変更にも対応できるよう、均質なスケルトンが望ましく、構造体は規則正しい部材配置が適合すると考えた。

また、メカニカルバルコニーではダクトの横引きに対応するため、部材せいを極小とする必要があった。

上記を解決するため、プレキャストプレストレストコンクリート (PCaPC) 変断面梁 (ST 版) を一方向に敷き並べる方式とした。ST 版は強度が高くプレストレス力を導入できることから、形状はメカニカルバルコニー範囲で扁平梁として、配管横引きスペースを最大限確保している。図 - 5 に ST 版形状図を示す。

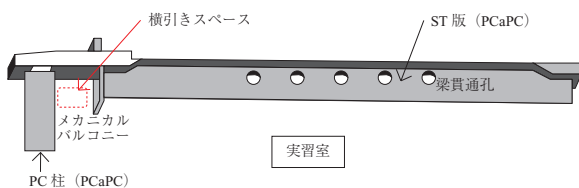


図 - 5 ST 版形状図

2 m 間隔で配置する ST 版を受けるバルコニー側の柱は PCaPC として鉛直荷重のみを負担する計画とし、最小限の細柱とすることで縦シャフトの有効寸法を確保しながら、軽快で繊細な外観を演出している。

ST 版は、ステムから細柱までの間隔が 980 mm と比較的長くなっている。また、柱接合部近傍に開口が設けられるため、ST 版のスタブ部分に梁型を設定し、応力がスム

ーズに細柱へ伝達されるよう PC 鋼材および太径の鉄筋を配置する計画とした。接合部は 3 次元弾性 FEM モデルにより応力解析を行い、梁型を介して応力伝達が行われていることを確認し、梁型の配筋量を決定した。図 - 6 に FEM 解析結果を示す。

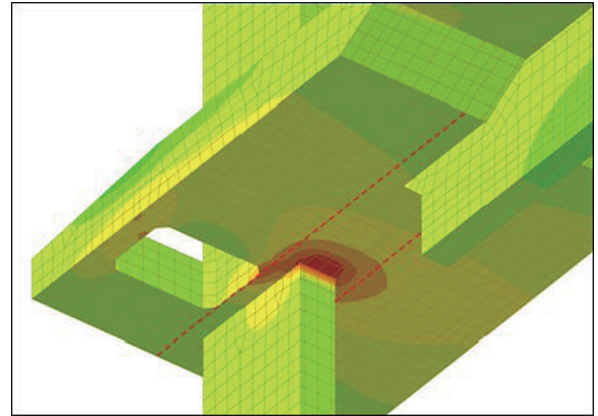


図 - 6 接合部の FEM 解析

4.3 架構計画

本計画は耐震架構を形成できる構面が非常にかぎられていることが特徴といえる。メカニカルバルコニー細柱の地震力負担を無くするためには、残された構面で、フレキシビリティを保ちながら耐震性能を確保できる構造が必要とされた。

実習室と廊下の間にあるフレームを長辺方向の耐震構面と位置づけ、地震力はこの架構で負担する計画とした。ある程度長い耐震壁を数枚設置できると耐震性を確保しやすいが、教室の間仕切り位置変更の際には耐震壁が決定的な制約となってしまう。そこで設計チームは 2 m モジュールの柱に市松配置耐震壁を組み合わせた架構を提案した。

想定される教室の最小寸法に対して、2 m 程度の長さの壁であれば将来改変の自由度は確保できると考えたためである。耐震壁を市松配置としたのは、境界梁の梁せいを抑え配管ルートを確認することと、架構全体におけるブレース効果を狙ったためである。図 - 7 に架構イメージを示す。

短辺方向は妻面両側に設置する耐震壁で地震力を負担す

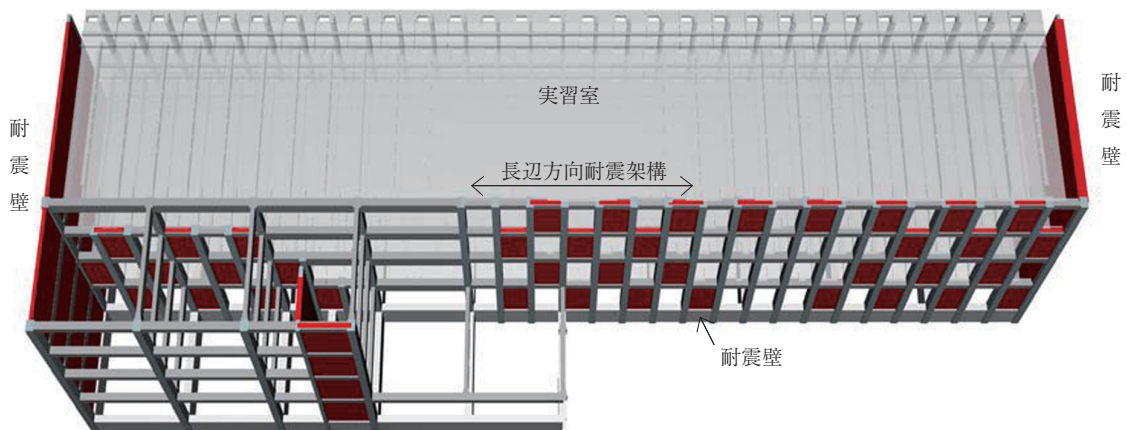


図 - 7 架構イメージ

る計画とした。XY 両方向とも十分な壁量を確保することで、大地震時にも変形の少ない強度型架構を形成し、高い耐震性を確保した。

4.4 PCa 計画

新教室の使用開始予定が迫っていたことと、計画地周辺が集合住宅であるため、工期短縮および施工時の騒音を抑えるために地上躯体全般をプレキャストで計画した。柱は圧着および機械式継手による接合、梁は PCaPC の圧着接合とした。市松配置耐震壁は両側の柱と一体に工場製作を行い、耐震上重要な部分の高品質化を図った。壁と梁との隙間は無収縮モルタル充填が目視確認できる形状の目地とした。ST 版上にはトップコンを打設し一体化している。コア部分の床はスパンクリート、水周りは床開口に対応しやすい F デッキスラブとした。図 - 8 に部材構成イメージ図、図 - 9 に基準階伏図、図 - 10 に Y2 通り軸組図を示す。

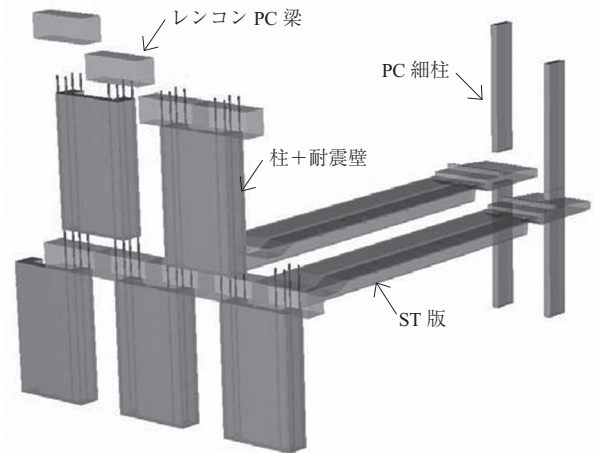


図 - 8 部材構成イメージ図

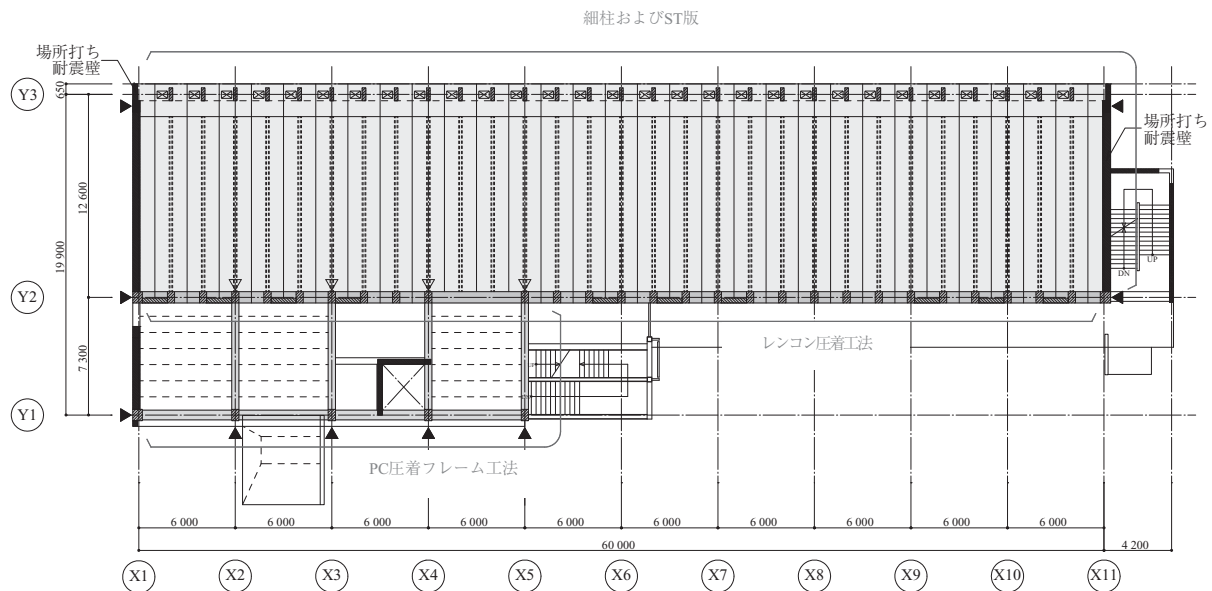


図 - 9 基準階伏図

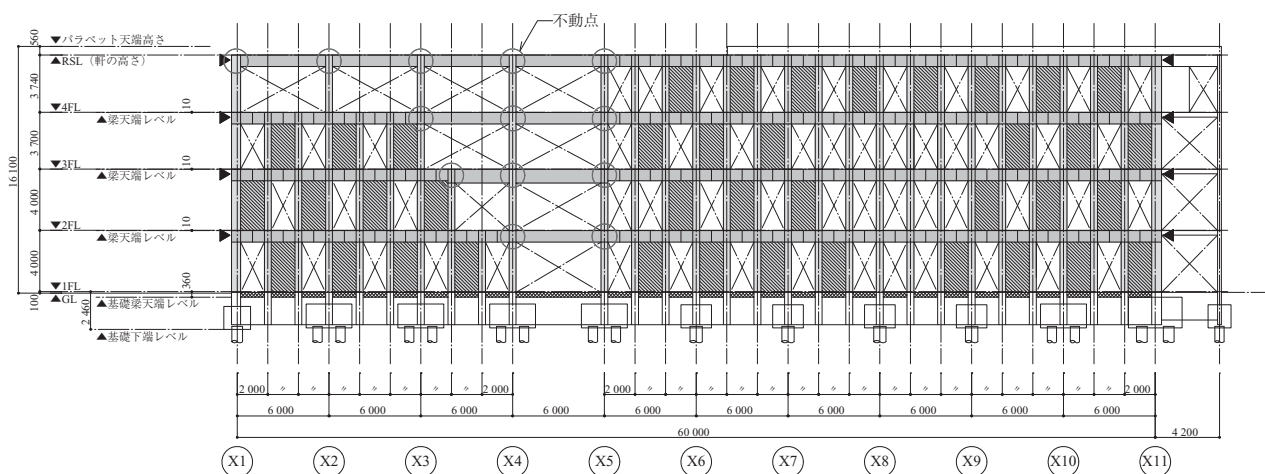


図 - 10 Y2 通り軸組図

5. 製作・施工概要

5.1 PC 工事概要

本建物は3種類のプレキャスト・プレストレストコンクリート（PCaPC）工法をひとつの建物に用いたきわめて稀な事例である。建物西側のコア部分がPC圧着フレーム工法，Y2通りの構面がレンコン圧着工法，東側の実習室を配する無柱の大空間が細柱およびST版により形成されている（図 - 10）。

Y2通りの構面は全長 60.0 m で，耐震壁の付帯梁（レンコン梁）はPCaPC 圧着接合としている。構面をPCaPC 工法で形成するためには，耐震壁へプレストレス力が流れないように，プレストレス導入時に耐震壁と付帯梁とを分離しておく必要があった。そのため，壁柱部材とレンコン梁部材の目地を施工する前に，レンコン梁の圧着に必要なプレストレスを導入する計画とした。図 - 11 にプレストレス導入時の概念図を示す。

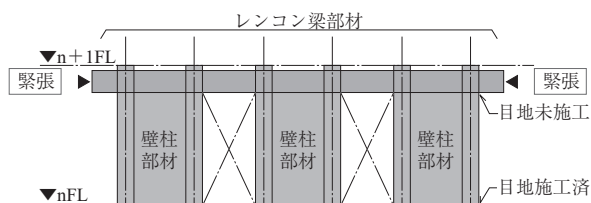


図 - 11 プレストレス導入時概念図

プレストレスの導入に伴い，X11 端では最大で 11 mm の変形量となることが予測された。壁柱部材とレンコン梁部材の接合は，壁柱部材より突出した柱主筋および壁主筋をレンコン梁部材に設けたシース内に挿入し，無収縮モルタルを充填することで行われる。図 - 12 に接合部詳細図を示す。一般的な円形シースを用いた場合，プレストレス導入による変形と製作・施工の誤差を考慮すると，鉄筋とシースとのあきが不足することが懸念された。そこで，円形シースを加工した楕円形シースを用いることで鉄筋とシースとのあきを片側で 16 mm 確保し施工を可能とした（図 - 13，写真 - 2）。



写真 - 2 壁柱部材とレンコン梁

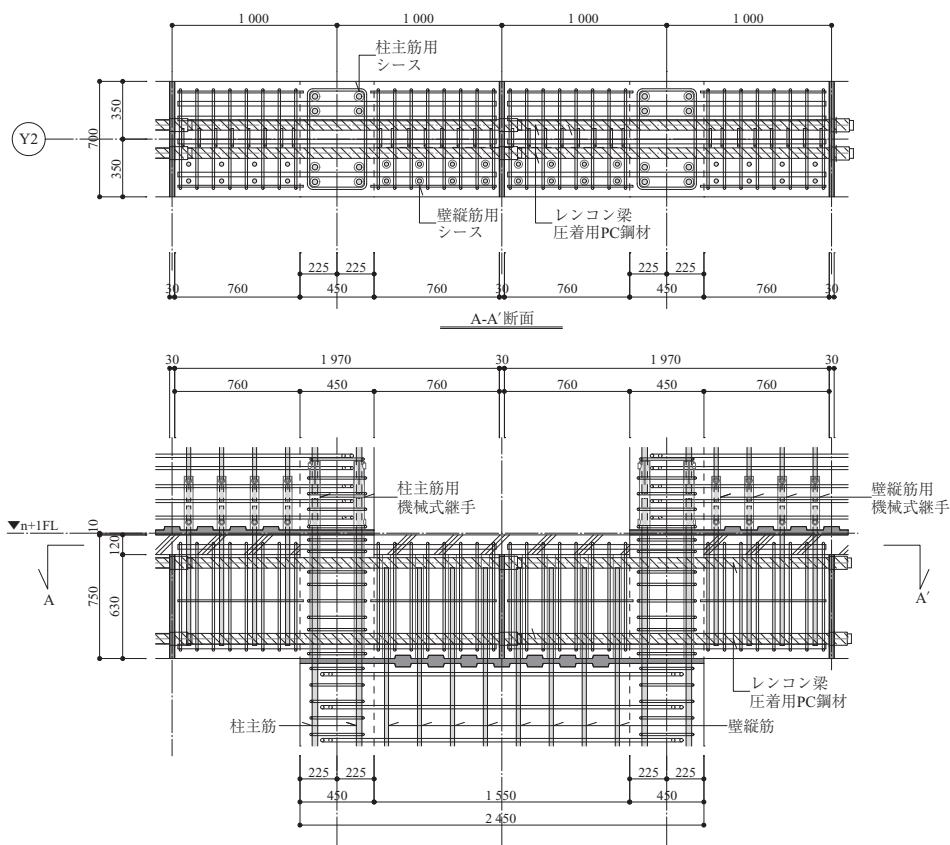


図 - 12 接合部詳細図

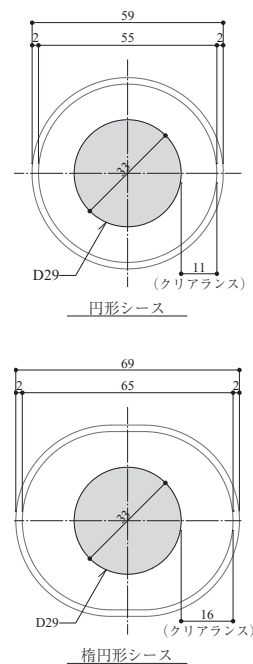


図 - 13 シース形状

5.2 PC 工事工程

本建物は3種類のPCaPC工法を構築するため、施工手順が設計段階において限定されていた。施工手順は、Y2通りのレンコン圧着部材を施工した後に西側コアのPC圧着フレーム部材の施工を行い、最後に東側の細柱およびST版を施工する手順とした。

PC工事の施工フローについては、以下の手順である。

- ① Y2通り 壁柱部材 架設および柱脚目地モルタル施工
- ② Y2通り レンコン梁部材 架設および梁-梁目地モルタル施工
- ③ Y2通り レンコン梁部材 PC鋼より線通線および緊張
- ④ Y2通り レンコン梁部材 柱頭目地モルタル施工
- ⑤ Y1通り 柱部材 架設および柱脚目地モルタル施工
- ⑥ X2～X5通り-Y1～Y2通り 梁部材 架設および柱-梁目地施工
- ⑦ X2～X5通り-Y1～Y2通り 梁部材 PC鋼より線通線および2次緊張
- ⑧ X2～X5通り-Y1～Y2通り 床部材 架設
- ⑨ Y3通り 細柱部材 架設および柱脚目地モルタル施工
- ⑩ X1～X11通り-Y2～Y3通り ST版部材 架設および柱-床目地施工
- ⑪ Y3通り 細柱部材 PC鋼棒緊張
- ⑫ トッピングコンクリート打設
- ⑬ X2～X5通り-Y1～Y2通り 梁部材 3次緊張

なお、本建物は複合的なPCaPC工法に加え、両妻面の場所打ち耐震壁の施工など一部在来工法が混在する建物で

あるため、前述のようにPC工事の施工手順が限定されている中で在来工法の施工が躯体サイクル工程上ロス無く進められるよう工夫が求められた。そのため、両妻面の場所打ち耐震壁に隣接するY2通りの壁柱部材およびレンコン梁部材を優先して架設した。また、Y2通りの架設に並行してST版の仮受け支保工の組み立てを先行することで、西側のPC圧着フレームの通線および緊張と同時に、東側のST版の架設を行うことができた。さらにST版を工区の半分のみ架設した状態で、トップコンのスラブ配筋作業に着手できるよう架設工程を決定した。これにより、全体工程においても労務および工期の面でロスの少ないサイクル工程を実現した。図-14に躯体サイクルフローを、写真-3に施工状況を示す。

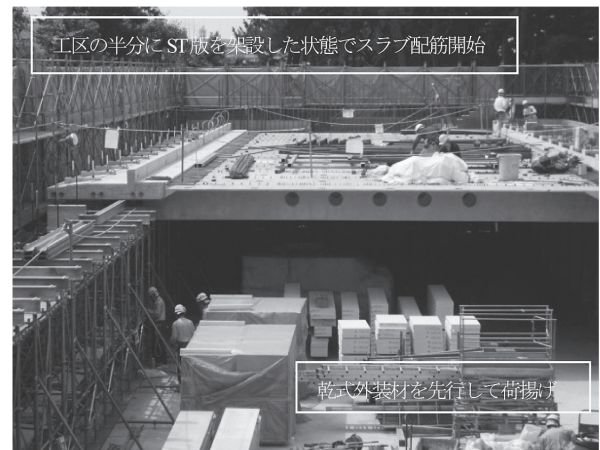


写真-3 ST版の架設状況とスラブ配筋

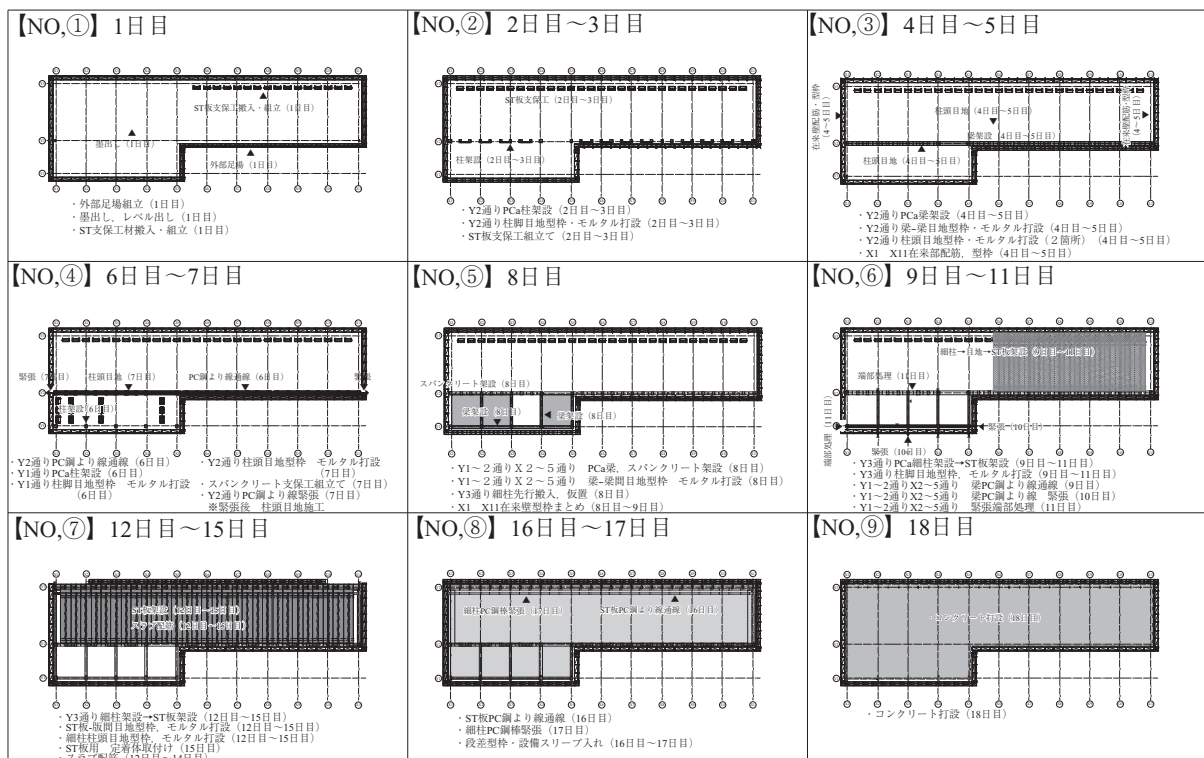


図-14 躯体サイクルフロー

5.3 PC レンコン梁の架設および緊張

Y2 通りのレンコン梁部材の緊張は、プレストレス力を耐震壁に流さないように、レンコン梁部材と壁柱部材の目地を施工する前に行う計画となっていた。レンコン梁部材は柱主筋だけではなく壁筋もシース内に定着させるため、十分な施工精度を要した。しかし、レンコン梁部材の架設においては部材重量が 1.4 ～ 2.3 t と非常に軽く、かつ架設時には各柱の柱頭に配置された架設調整用の天丸ボルト(4 箇所)のみで支持されているため、隣合う部材を架設する際、すでに位置決めされた部材がずれてしまう現象が生じた。そのため、部材の位置決めおよび固定については、隣合う部材が架設された後で行う、後追いによる施工を行った。



写真 - 4 架設精度の確認状況

また、架設精度の管理については、①位置決め後、②梁-梁目地型枠取付け後、③目地モルタル注入後の 3 回に分けて実施し、施工精度を追求した(写真 - 4)。

また、各柱の柱頭に配置した天丸ボルト(写真 - 5)は、緊張の際にレンコン梁部材下部との摩擦抵抗を少なくするために採用した。



写真 - 5 柱頭部天丸ボルト

施工検討において、プレストレス導入時に X1 通り側で 6 mm、X11 通り側で 11 mm の変形が生じることが予測さ

れていたため、架設の際にも X1 通り側を 5 mm、X11 通り側を 10 mm 外側に出して架設した。緊張後に部材の変形量を測定した結果、X1 通り側では 4 ～ 6 mm、X11 通り側では 9 ～ 12 mm の変形が生じた。検討結果に対して ± 2 mm の範囲内であったことから、設計どおりのプレストレスがレンコン梁部材に導入されたものと判断した。また、緊張後における X1 通りおよび X11 通りの壁柱部材とのチリが 3 mm 以内であったことから施工誤差範囲内であり、架設時に想定した数値はおおむね妥当な値であったものと判断した。写真 - 6、7 に施工時の状況を示す。

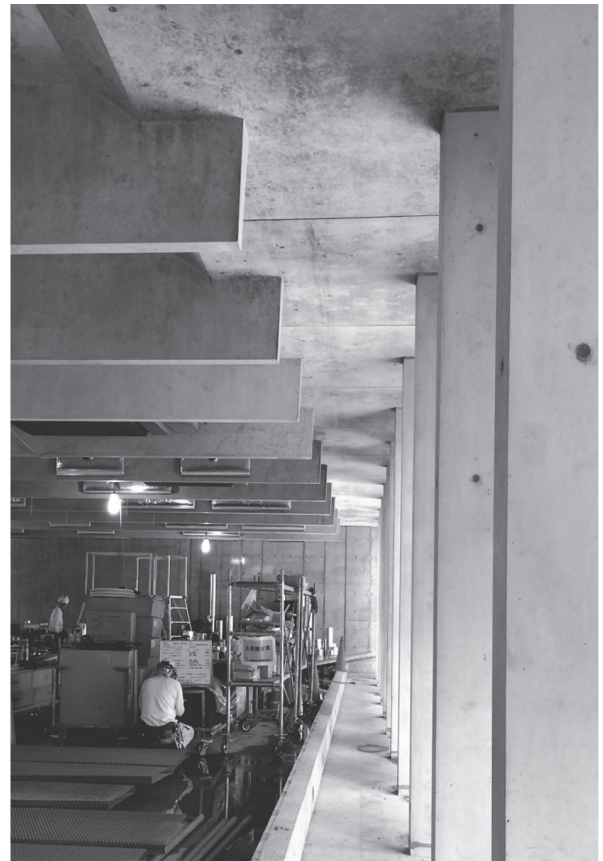


写真 - 6 メカニカルバルコニー躯体状況



写真 - 7 PC 壁柱建方状況



写真 - 9 東側外観

6. ま と め

PC 技術により、空間を立体的に有効活用して、フレキシビリティの高い、永く使うことのできる教育空間を実現した。写真 - 8 に実習室内観を示す。

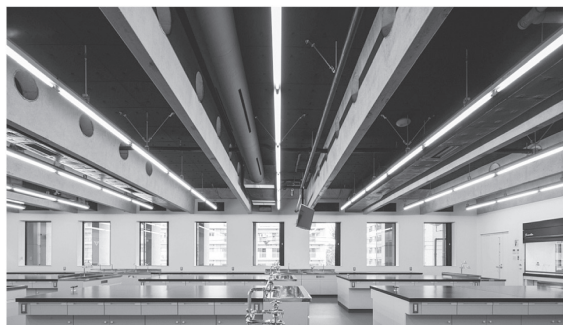


写真 - 8 実習室内観



写真 - 10 廊下内観

更新性のために計画されたメカニカルバルコニーは、外観の特長となっており、同時にルーバー効果で空調負荷を抑えている（写真 - 9）。内部にそのまま表された PCa の構造体は、繊細に設計された仕上げ材と相まって、女子大学キャンパスのインテリアに溶け込み、端正で居心地の良い空間を演出している。自然光で明るい廊下にリズム良く並ぶ壁が、構造的には耐震上なくてはならない、重要で強靱な壁だとは意識されないであろう（写真 - 10, 11）。

建物の寿命を決める要因に「物理的要因」と「社会的要因」があることはすでに述べたが、本建物はそれらを十分に先取りした長寿命性能をもっている。さらに、外観デザインや内部空間の心地よさなど、使用者に愛される建築の面がもつ「心理的要因」を加え、‘超’長寿命建築となった。

最後に本建物の設計・施工を行うにあたり多くのご指導とご協力をいただいた相模女子大学の皆様に感謝の意を表します。また、短い工期のなか、意欲的に取り組んでいただいた施工および製作を担当された皆様に、心より御礼申し上げます。

何千何万という学生さんがこの作品のもとで学び、自立して社会に羽ばたいていくことを想像すると、こんなにわくわくすることはありません。



写真 - 11 ラウンジ内観

【2016 年 4 月 29 日受付】