

伊予市本庁舎の設計・施工

— PCa 部材により構成された地域に開かれた庁舎 —

佐藤 慶太*1・土屋 博訓*2・向井 昇*3・近松 浩史*4

庁舎執務室空間のロングスパン（11.3 m）部分には PCaPC 床版を採用し、意匠・構造・設備が一体となった天井を設計した。また、庁舎外観は旧庁舎の縦基調のデザインの面影を残すため、類似のリップ上のデザインを採用したが、このデザインの実現のために大きく貢献したのが PCaRC 柱と柱頭のピンディテールである。主にこの2つの PCa 部材の設計および施工に関して報告する。

キーワード：PCaPC 床版，PCaRC 柱，免震

1. はじめに

伊予市本庁舎は、この地域を代表する伊予・中山・双海の旧3行政区の合併により、これまでの伊予市庁舎を解体撤去し、新たに改築した新庁舎である（写真-1）。新庁舎は、これまでの約50年間を継承し、次の50年・100年を見据え高耐久、防災性能を有した市役所サービスのほか、文化情報発信・市民協働拠点としての機能を兼ね備えることとした。庁舎のデザイン要素には、伊予にみられる「棚田」を想起させる屋上緑化（写真-2）、「海や空」に向かって一体となる開放テラスの創出など、伊予らしい風景を取り込みながら市民協働の場を各所に内包した新たな庁舎を創出した。

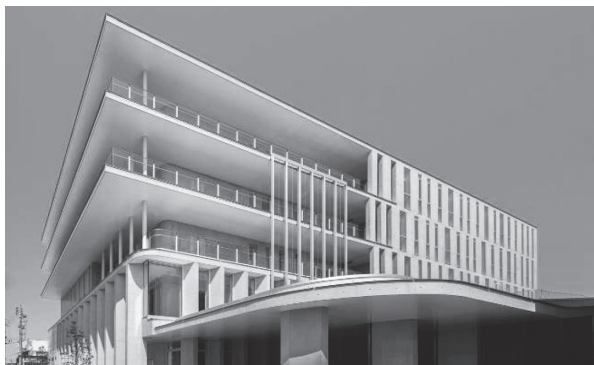


写真-1 建物外観

2. 建物概要

- ・建物名称：伊予市本庁舎
- ・建設地：愛媛県伊予市米湊 820
- ・設計・監理者：株式会社 日本設計
- ・施工者 建築工事：株式会社 奥村組四国支店
PC 施工：株式会社 建研
- ・工期：1 期（庁舎本体） 2014 年 10 月～2015 年 12 月
2 期（庁舎本体） 2015 年 12 月～2017 年 7 月
3 期（主に外構） 2017 年 7 月～2018 年 3 月
- ・建築面積：2 095.06 m²，延床面積：6 284.21 m²
- ・階数：地上 5 階，塔屋 1 階
- ・構造：鉄筋コンクリート造
一部プレストレストコンクリート造
基礎免震構造
- ・最高高さ：GL + 21.19 m



写真-2 「棚田」を想起させる屋上緑化



*1 Keita SATO

(株) 日本設計
構造設計群



*2 Hirokuni TSUCHIYA

(株) 日本設計
技術管理部



*3 Noboru MUKAI

(株) 奥村組
四国支店 建築部



*4 Hiroshi CHIKAMATSU

(株) 建研
大阪支店 設計部

3. 建築計画

庁舎1, 2階は日常的な市民活動エリアとして、窓口サービスのほかに情報コーナーやギャラリー、多目的スペースなどを充実させた。3～5階は主に執務室等を計画して市庁舎機能を満足させるほか、海の見えるラウンジや、市民利用可能な会議室など市民が気軽に利用できる活動拠点スペースを計画し、市民に開かれた庁舎としている。5階の議場はトップライトの面積を広く取り、自然光を取り入れた明るい議場を目指した。図 - 1, 2 に平面・断面図を示す。

庁舎内環境には伊予の温暖で穏やかな気候を活かすべく、通年利用可能な日照（自然採光）、通風（自然換気）、地中熱、日射（ソーラー発電）といった、身近にある環境資源を取り入れ、環境配慮型の庁舎として設計した。

外観は、旧庁舎の縦基調の立面の面影を引き継ぐよう、1, 2階はリブ上のPCaRC柱（以下、PCa柱）を採用し、3～5階は現場打ちの壁柱により開口部をランダムに配した。低層部の縦長の開口とリブ形状の柱は、西日を遮りつつも適切な日照を室内の奥まで導くことが可能で、風向の制御にも役立っている。

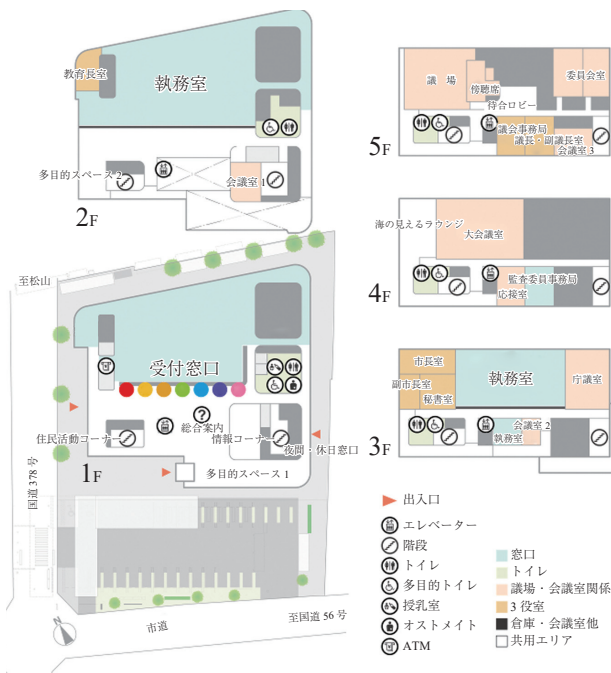


図 - 1 各階平面図

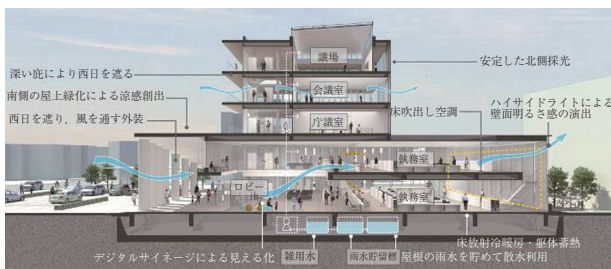


図 - 2 断面図

なお、新庁舎は旧庁舎と同敷地に建設したが、建設工事中も庁舎機能を損なわないよう、旧庁舎の部分的な解体と新庁舎の部分的な施工を2期に分けて行った（図 - 3）。

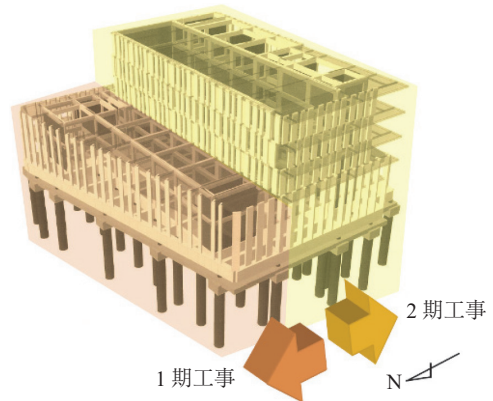


図 - 3 1, 2期の工事範囲図

4. 構造計画

建物形状としては、開放的で広がりをもつ低層階（1, 2階）と、執務室・会議室等が多く計画されている高層階（3～5階）で平面形状が切り替わるため、それぞれの形状に合わせた合理的な構造計画を行った（図 - 4）。

1階床下には基礎免震構造を採用し、大地震後も庁舎機能を維持できる計画としている。上部構造は鉄筋コンクリート造、耐震壁付きラーメン構造であり、コア部に耐震壁を配置し効率よく地震力を負担させることで、開放的なエリアの構造部材を地震力から解放した。なお、上部構造の大地震時の層間変形は1/1000程度である。

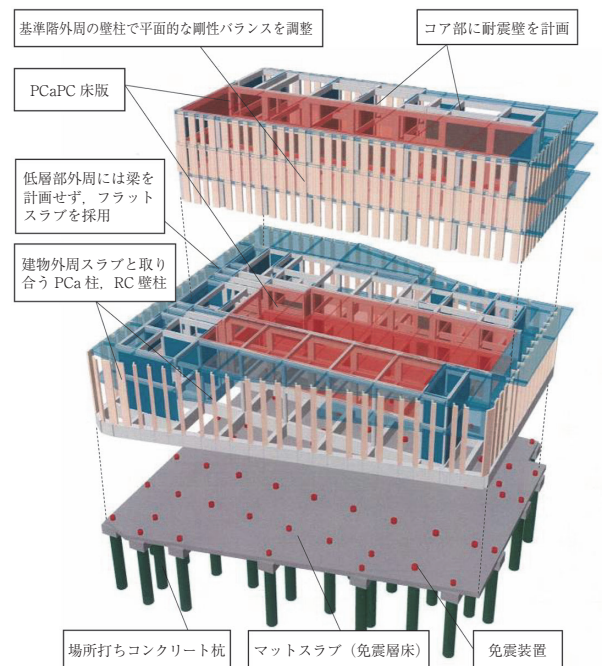


図 - 4 構造計画概念図

○ 特集 / 工事報告 ○

各階の執務室空間および議場の最大 11.3 m スパン部分には PCaPC 床版を採用し、コンクリート部材そのまま建築表現の要素として用いた。リブ間の溝をダクト経路や照明の設置スペースとして有効利用し、リブのデプスの中に機能を集約する設計とすることで意匠・設備と一体となった天井計画を実現した (図 - 5、写真 - 3)。階高 3.96 m (1、2 階) の中で 3 m 以上の天井高を確保することが可能となり、快適な執務室環境を作り上げた。なお、ロングスパン架構により、免震装置に適切な軸力を集め、免震装置の面圧が不足することを避けた。適切な免震性能を発揮させるとともに装置の数を削減することができるので、コストの合理性という面でも PCaPC 床版の採用は有効である。

議場の天井に関しては、床版の間にトップライトを確保するため、トッピングコンクリートは打設せず、それぞれの床版を独立させて設計した (図 - 6、写真 - 4)。

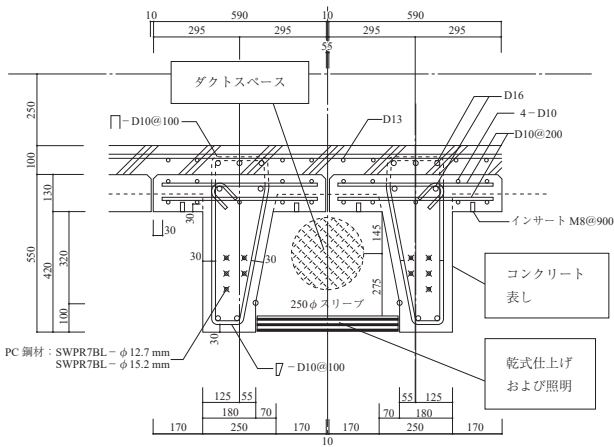


図 - 5 PCaPC 床版 (ST 版) の形状【一般部】



写真 - 3 ST 版を用いた天井

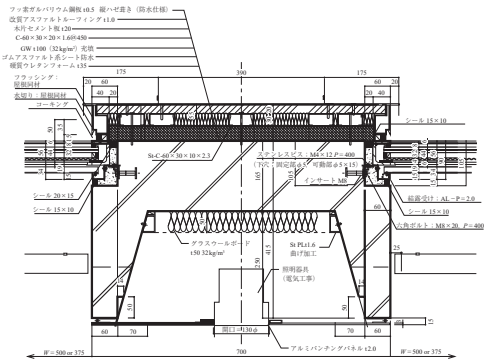


図 - 6 PCaPC 床版 (SU 版) の形状【議場】



写真 - 4 SU 版を用いた天井

平面的な広がりをもつ低層部 (1、2 階) 外周には、縦長の開口部を計画し、できるかぎり多くの日照や通風を確保することが求められた。そのため、建物外周には梁を計画せずフラットスラブ ($t=250$) とリブ形状の PCa 柱を接合する計画としたが、剛接合の場合、接合部に発生する曲げモーメントが大きく、配筋量が過多になる (図 - 7、8)。そこで、このデザインを実現するためには PCa 柱の柱頭部は曲げを負担しないピンディテールが必要だと考え、コッターにゴムを巻き付けることで回転を許容するディテールを考案した。前述のように層間変形角は大地震時でも 1/1000 程度であるため、ゴムの微小な伸縮で変形を吸収することが可能である。

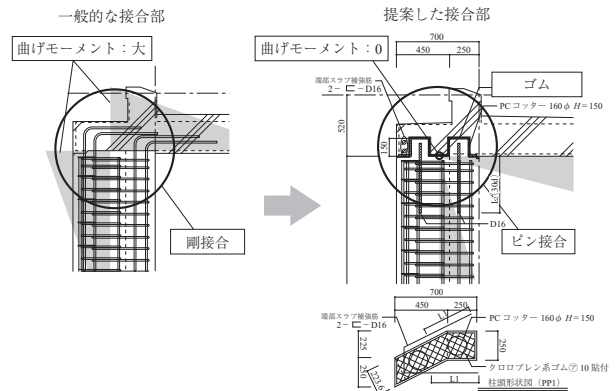


図 - 7 PCa 柱の柱頭ピンディテール概念図

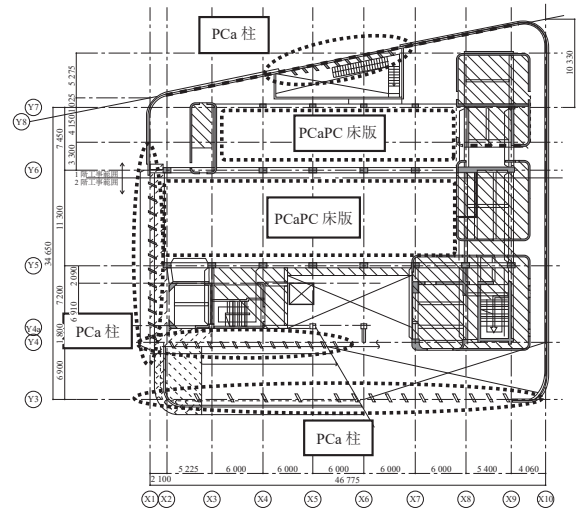


図 - 8 PCaPC 床版、PCa 柱の配置

5. PCaPC 部材の設計

5.1 PCaPC 床版の設計

PCaPC 床版は T 型断面形状のハーフ PCa 床版（以下 ST 版）として、スパン 7.45 m, 11.3 m の部分に使用している。ST 版せいは一般階 550 mm, R 階 650 mm で、リブのピッチを 600 mm で割り付けている。ST 版上部には厚さ 100 mm のトッピングコンクリートを打設してスラブの一体化を図っている。プレストレスの導入は、工場においてプレテンション方式で行い、パーシャルプレストレッシングとして設計を行った。

ST 版端部は、現場打ち梁側面の受けアゴで支持をしている。ST 版リブと受けアゴは、版長方向および高さにおいて同じ位置で取り合う。ST 版の断面配筋形状（一般階）を図 - 9、端部詳細を図 - 10 に示す。

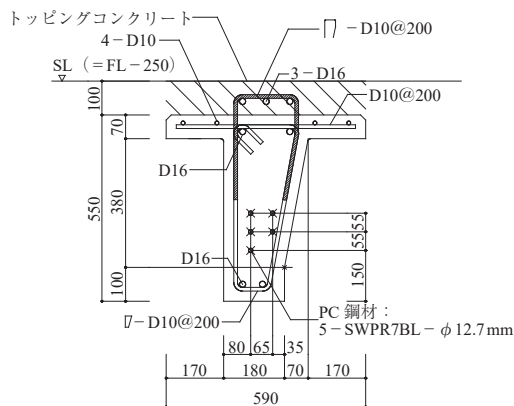


図 - 9 ST 版断面配筋形状（一般階）

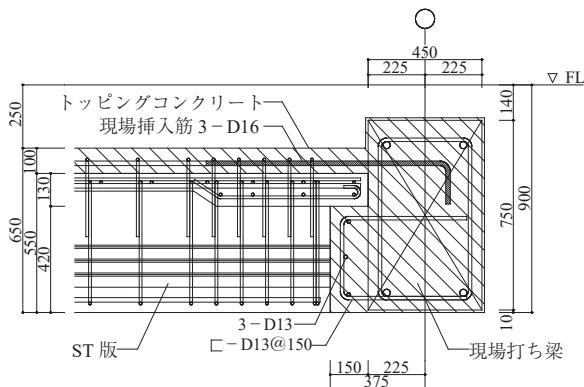


図 - 10 ST 版端部詳細

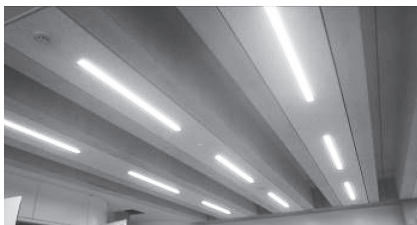


写真 - 5 ST 版の下面状況

5 階議場の屋根部分は、逆 U 字型断面形状のフル PCa 床版（以下 SU 版）として、スパン約 8 m の部位に使用している。SU 版せいは 405 mm, 幅 700 mm で、ピッチ 1 200 mm

で割り付け、SU 版と SU 版の間は、トップライト採光を取り入れる計画となっている。プレストレスの導入は ST 版と同じで工場製作のプレテンション部材で、パーシャルプレストレッシングとして設計を行っている。

SU 版の接合は、片側をパイプアンカー（鋼管による溶接接合）とし、片方はトップライト建具の熱環境による変形に追従するものとして、ボルトアンカーを採用している。SU 版の断面配筋形状を図 - 11、躯体接合詳細を図 - 12 に示す。

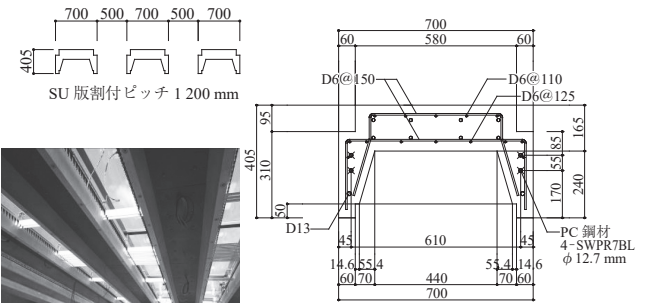
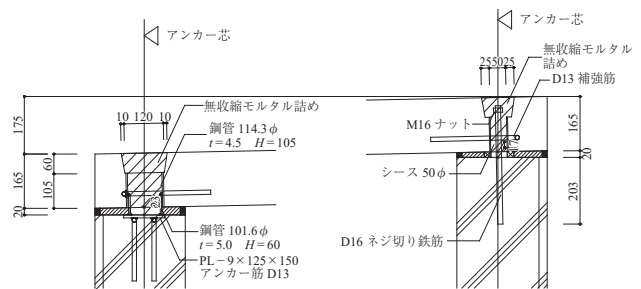


写真 - 6 SU 版の下面状況

図 - 11 SU 版断面配筋形状



パイプアンカー部

ボルトアンカー部

図 - 12 SU 版躯体接合詳細

ST 版・SU 版の PC 鋼材の配線において、意匠上の配慮として、プレストレスによる変形が過大とならないような配線計画を行った。また SU 版と SU 版の間にはトップライト建具を設置するため、トップライトの取付精度の確保、施工後の変形を考慮して、プレストレスによるそりと設計時のたわみの合計が 0 となるように計画を行った。ST 版・SU 版の下面状況を写真 - 5, 6 に示す。

5.2 柱の PCa 化

エントランス・吹抜け部分の意匠の重要な柱については、同形状の柱を効率的かつ高品質に施工するために、PCa 化が図られている。柱断面は 250 × 700 ~ 850 mm の細柱で、意匠的に折れ曲がった断面（への字型）形状となっている。PCa 柱の断面配筋形状を図 - 13 に示す。

PCa 柱の接合について、柱脚部はモルタル充填式の機械式継手を用いて主筋を接合し、柱頭部は円柱状の突起を設けた柱頭全面に支承ゴム（クロロプレンゴム）を貼り付け、現場打ちスラブコンクリートを打設する納まりとなっている。柱脚部の状況を写真 - 7、柱頭の状況を写真 - 8 に示す。

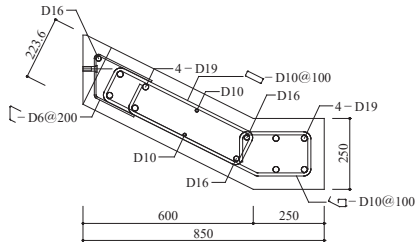


図 - 13 PCa 柱断面配筋形状



写真 - 7 柱脚部

写真 - 8 柱頭部

5.3 アンボンド PC 屋根スラブの設計

エントランスからロビーに至る多目的スペース上部の屋根スラブは、上面が階段状で屋上緑化が図られている。スラブ下面是天井がなく、現場打ちスラブが表しとなるため、美観・防水上の観点から、ひび割れ抑制のためにプレストレスを導入している。屋根スラブは、建物本体から片持ちスラブ形状ではね出し、外部側のスラブ先端を PCa 柱で支持されている。過大なプレストレスを導入することは、建物本体の剛性が高いため、プレストレスによるスラブの変形が拘束され、建物本体とスラブの変形差よりひび割れを生じさせるおそれがある。ひび割れ制御を行う PRC 造のプレストレス導入量は、平均圧縮応力度が $1.5 \sim 2.5 \text{ N/mm}^2$ 程度になることが多いが、今回は上記の理由により鉄筋コンクリートとして取り扱うレベルの、平均圧縮応力度 1.0 N/mm^2 以下になるように計画している。PC 鋼材の配線は、スラブ厚 400 mm の部材断面中央位置に、 21.8 mm 径のアンボンド PC 鋼材を配置している。図 - 14 に PC 鋼材配線形状を示す。

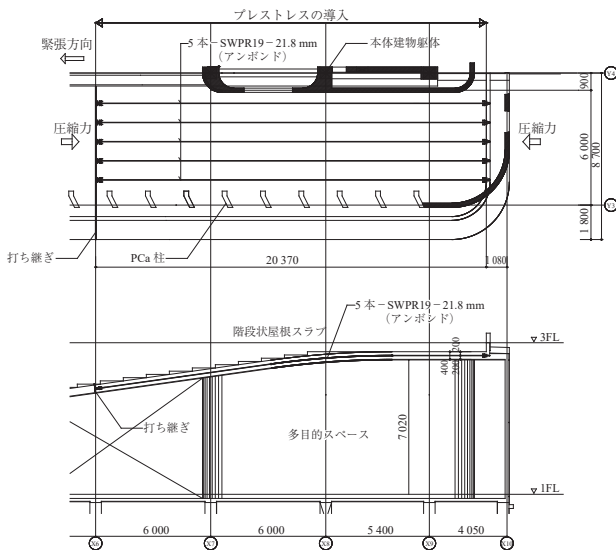


図 - 14 PC 鋼材配線形状

6. PCa 柱ピンディテールの性能確認実験

6.1 実験概要

5.2 に示す PCa 柱とスラブをピン接合するためのディテールについて、実大の試験体を用いて変形性能を確認する目的で実験を実施した。図 - 15 に試験体詳細図、図 - 16 に載荷装置および変位計 (DG1 ~ 14) 位置を示す。試験体の柱は実部材の PCa 細柱と同様の断面 (幅 250 mm 、せい 850 mm) で高さは 700 mm としている。柱頭には柱とスラブを接合するためのコッター ($\phi 160$ 、高さ 150 mm) を 2 個設けている。柱 - スラブ接合部は、柱上面およびコッター表面には硬度 60、厚さ 10 mm のクロロプレングムを貼り付けたのち、幅 800 mm 、長さ 2200 mm 、厚さ 250 mm のスラブを打設している。試験体のスラブ中央にはスラブ自重の影響を考慮し、載荷による浮き上がりを防止するための油圧ジャッキ (以下、中央ジャッキ)、スラブ右端には載荷用の油圧ジャッキ (以下、加力ジャッキ) がそれぞれ取りついている。実験変数として中央ジャッキによって柱に作用するスラブの自重を ① 100% 、② 50% 、③ 0% の状態に維持したまま加力ジャッキによって一方の単調載荷を行った。

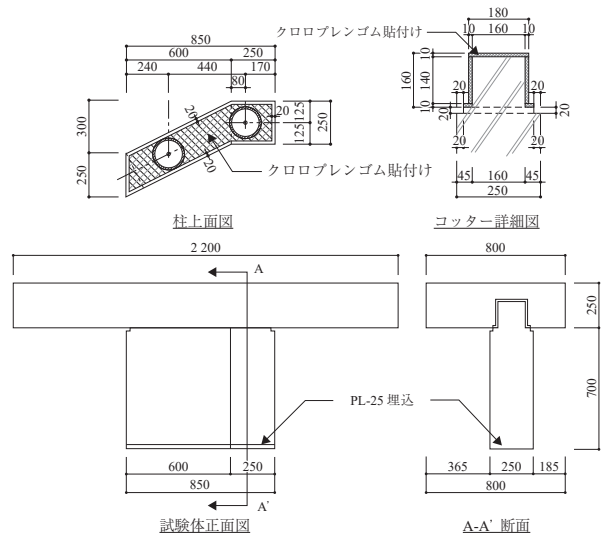


図 - 15 試験体詳細

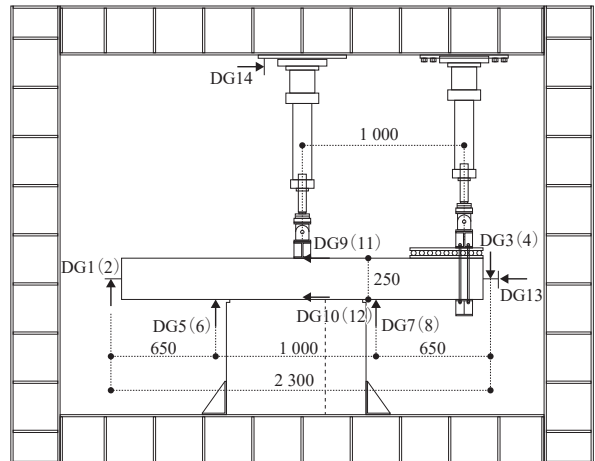


図 - 16 載荷装置

6.2 実験結果

図 - 17 に各加力パターンの $M-\theta$ 関係、図 - 18 に $M-\theta$ 関係における接線剛性履歴を示す。本実験においてはスラブ両端の変位差を測定位置間距離で除したものをスラブ回転角と定義する。それぞれの図中にはスラブ回転角 0.001 rad 時を示している。接線剛性はその変形角において前後 2 点ずつのデータを含む計 5 点から最小二乗法を用いて算出した。

加力によってスラブに曲げモーメントが作用すると、加力している側が鉛直下向きに沈み込もうとし、柱上面の支承ゴムに圧縮変形が生じる。その後、変形が進み支承ゴムが変形限界に達すると、柱先端を起点とした回転に伴いスラブ後方が浮き上がろうとして拘束している中央ジャッキに圧縮軸力が作用する。そのため、スラブの変形量に対する接合部の曲げモーメントの増加量が小さくなり、スラブ回転角 0.0005 rad 付近までの範囲において剛性の低下がみられる。したがってスラブ回転角 0.001 rad 時点においていずれの加力パターンにおいても接線剛性が 4 000 kNm/rad 以下まで低下する。ここで、跳ね出し長さ 1 m の同断面の片持ちスラブで計算した回転剛性（約 42 500 kNm/rad）と比較すると、計算値に対して 1/10 以下の剛性であることが確認できた。また、設計で要求された層間変形角の倍の変形角である 0.002 rad まで載荷したが、剛性が急激に上昇することはなかったため、スラブの回転によるコッターとの接触は生じなかったものと考えられる。以上の結果より、本試験体の接合ディテールを有した柱 - スラブ接合部は想定している変形の範囲内において十分な回転変形追従性能を持ち、水平変形によってスラブにほとんど曲げモーメントを生じさせないピン接合として機能しているといえる。

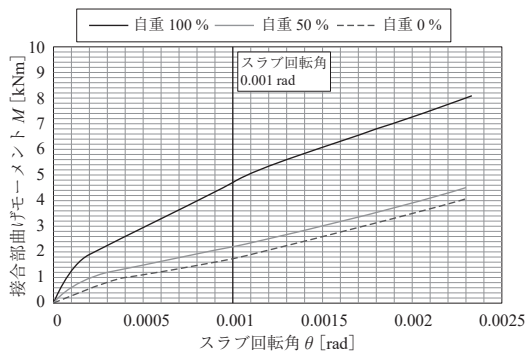


図 - 17 実験結果 ($M-\theta$ 関係)

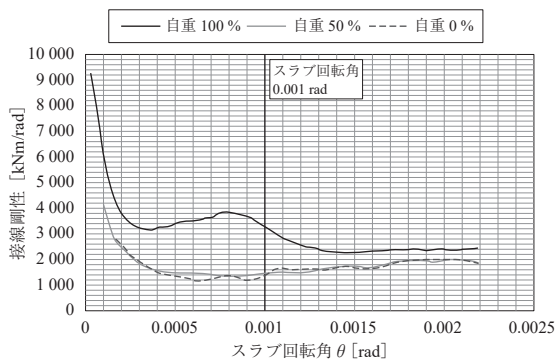


図 - 18 実験結果 (接線剛性)

7. PCa 部材の製作

7.1 概要

PCa 部材は床版 377 ピース、柱 64 ピースについて、現場工程に合わせて製作を行っている。製造数量および最大重量は以下のとおりである。

I 期工事

ST 版	: 94 ピース	2.4 t/ピース
PCa 柱	: 10 ピース	4.2 t/ピース

II 期工事

ST 版	: 268 ピース	4.2 t/ピース
SU 版	: 15 ピース	4.2 t/ピース
PCa 柱	: 54 ピース	4.2 t/ピース

7.2 製造

PCa 部材 (ST 版・SU 版・PCa 柱) 表面は打放し仕上げとなるため、部材の角欠け・ピンホール・色むら等の抑制を重点管理ポイントとして製造計画を立てた。また型枠の継目位置については、施工図作成時に配置計画を行った上で型枠の製作を行い、スペーサーの配置 (スペーサー跡) についても、同じ位置になるように計画している。

PCa 柱は断面がへの字形状となっているため、棒状パイプレーターが奥まで入らず、ピンホールの元となる空気を抜くことが課題となった。板状パイプレーター (写真 - 9) を使用し、使用時間と方法、コンクリートの打設順等を周知・確認のうえ、慎重に製造を進めた。PCa 柱のストックについては、断面を立てた状態では自立できないため、ストック・運搬時の欠け・ひび割れを防止する目的で、専用の架台を用いて工場ストック (写真 - 10) を行い、専用架台とともに部材の運搬を行っている。



写真 - 9 PCa 打設状況

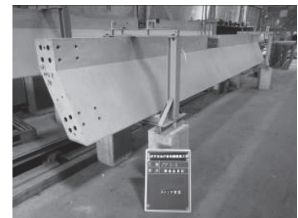


写真 - 10 PCa 柱ストック状況

ST 版・SU 版は、プレストレスを導入による上下方向の変形 (そり) と軸方向の縮みが生じる。部材同士の変形差が大きくなるように、製造の順番を隣合う版として、材齢の違いによる変形差を少なくし、ストック位置の管理を徹底した。以下に ST 版・SU 版の配筋およびストック状況を写真 - 11 ~ 14 に示す。



写真 - 11 ST 版配筋



写真 - 12 ST 版ストック状況

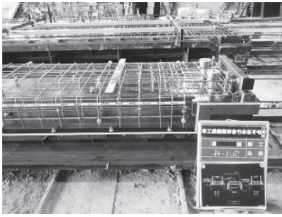


写真 - 13 SU版配筋

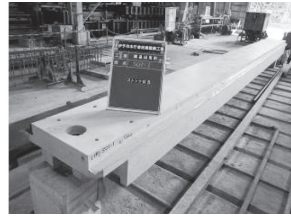


写真 - 14 SU版ストック状況

8. PCa部材の施工

8.1 揚重計画

本工事は、I期工事終了後に北庁舎解体を挟んで、II期工事を行う計画となっている。PC部材の建て方は、ラフタークレーン（I期）およびクライミングクレーン（II期）で行っている。I期・II期工事範囲を図-19、II期工事揚重計画図を図-20に示す。

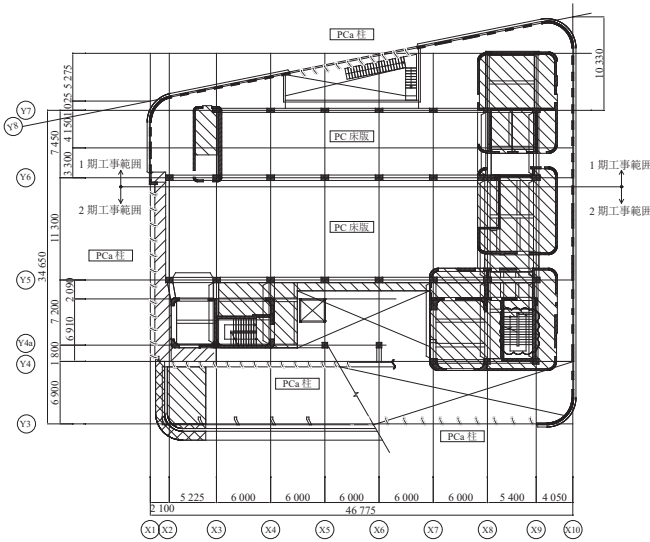


図 - 19 I期・II期工事範囲

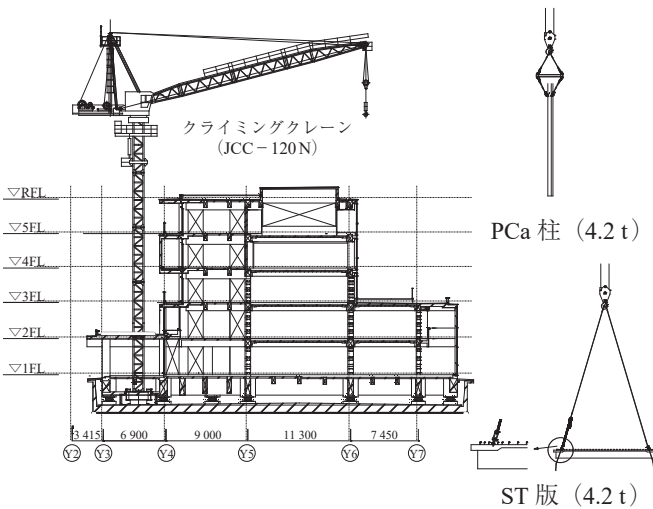


図 - 20 II期工事揚重計画図

8.2 PCa部材の施工フロー

PCa部材の建て方は、PCa柱で6ピース/1日、PC床版で20ピース/1日を施工している。PCa柱・ST版の施工フローを図-21、22に示す。

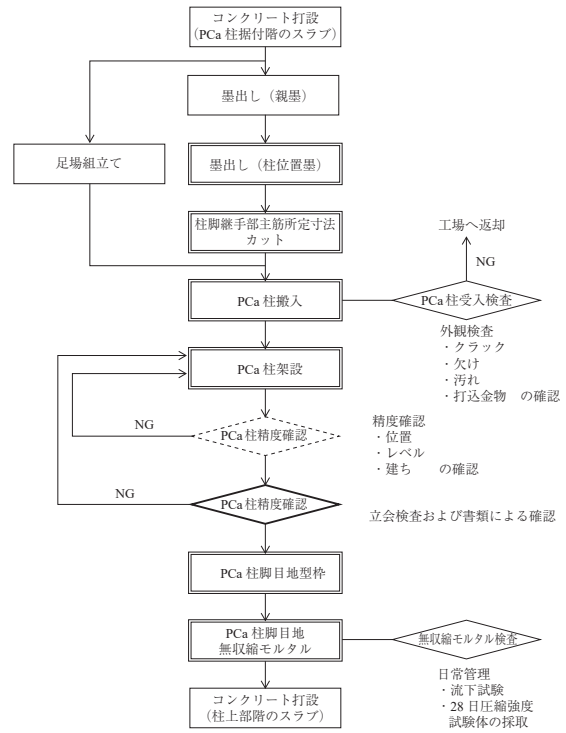


図 - 21 PCa柱施工フロー

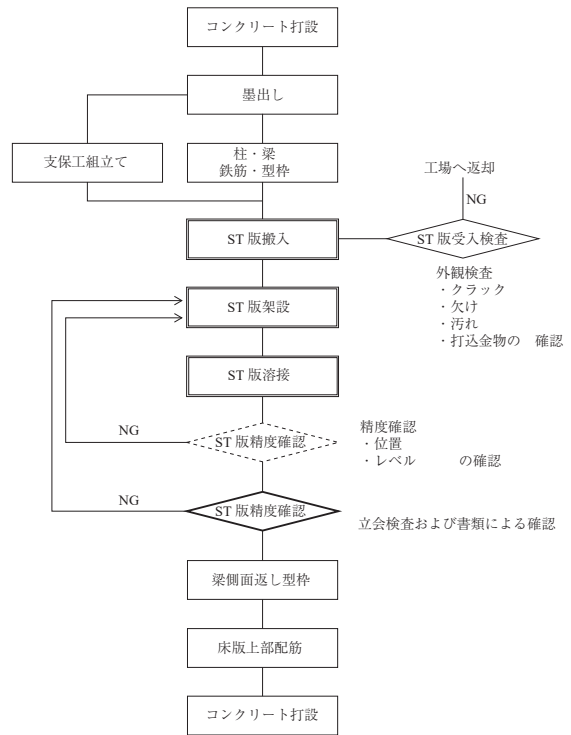


図 - 22 ST版施工フロー

8.3 PCa 柱の施工

PCa 柱の施工順は、現場打ちコンクリート基礎内柱主筋の精密セット後、基礎コンクリート打設、吊上げは相番クレーンにより柱を建て起こし、PCa 柱脚部の鉄筋継手に柱主筋を差し込む状態で架設を行う。建込み位置精度 3 mm 以内として、柱脚面のボルトでレベル調整を行い、仮設のサポートで傾きの調整を行っている。PCa 柱の施工状況を写真 - 15 ~ 17 に示す。



写真 - 15 PCa 柱建て起こし 写真 - 16 PCa 柱架設状況



写真 - 17 PCa 柱設置状況

8.4 ST 版の施工

ST 版の施工は、ST 版材端位置に支保工の設置し、ST 版を受ける現場打ち梁の側面型枠は空けた状態で、支保工上に乗せ掛ける。支保工でレベル調整を行い、ST 版の面戸部分に型枠を取付け、現場打ち梁・トッピングコンクリートの打設を行う。ST 版の施工状況を写真 - 18 ~ 21 に示す。



写真 - 18 ST 版架設前



写真 - 19 ST 版架設状況



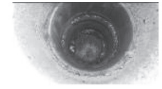
写真 - 20 ST 版設置状況



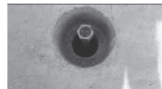
写真 - 21 ST 版面戸部の型枠

8.5 SU 版の施工

SU 版の施工は、支持する壁躯体コンクリートの打設を行い、その上に SU 版を乗せ掛ける。躯体接合用の埋込みプレート・アンカー鉄筋は躯体側に仕込んでおく。支承ゴム・ライナーによりレベル調整を行い、躯体と SU 版の接合工事後、目地詰め（無収縮モルタル）を行う。SU 版の設置状況・躯体接合状況を写真 - 22 に示す。



パイプアンカー接合



ボルトアンカー接合

写真 - 22 SU 版設置・躯体接合状況

8.6 施工精度

本工事における PCa 部材は、PCa 面が意匠上の表しとなり、現場打ちコンクリートと PCa 断面が同じ位置で取り合い、PCa 柱・SU 版については、施工後にサッシュ・トップライト等が直に取り付け納まりとなっている。したがって PCa 工事を進めるうえで、部材の欠け・汚れへの配慮、高い施工精度が要求された。施工前の事前検討、施工時の重要管理ポイントを周知、施工段階ごとのチェックを確実に行うことで、結果として、各部材 3 mm 以内の施工精度を確保し、意匠上の要求にも応えることができた。施工後の状況を写真 - 23 ~ 25 に示す。



写真 - 23 PCa 柱外観



写真 - 24 ST 版リブ下端状況

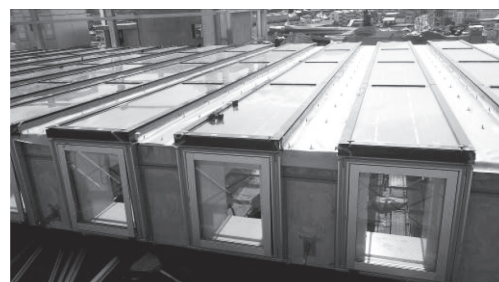


写真 - 25 SU 版外観

9. おわりに

本建物では PC・PCa 部材を採用することで、利用者にとって心地よい建築空間と、高品質な構造躯体を造り上げることができた。設計・施工の期間に渡ってご協力いただいた多くの皆様には心より感謝申し上げます。

【2018 年 4 月 26 日受付】