

# 藤沢市新庁舎の設計・施工

## — 免震とPC技術を組み合わせた防災機能強化施設 —

倉内 信幸\*1・矢口 歩美\*2・横溝 正\*3・中村 昌弘\*4

藤沢市新庁舎は、昭和26年より供用されてきた藤沢市役所本館の建替え計画で、平成29年12月に竣工した建物である。用途は、事務所（庁舎）とする地上10階、地下1階、塔屋1階の基礎免震とする防災施設である。敷地周辺の地震リスクに配慮し、想定し得る地震波に対して免震構造の計画を行っただけでなく、あらゆる災害にも対応できるように防災倉庫や自家発電機能も備えられた構造となっている。庁舎の上部構造は、PCaPC圧着工法を主体構造とし高い剛性と耐久性を確保することで免震効果を十分に発揮できる計画とした。施工上、短工期を目的に上部主架構をPCaPC造とするだけでなく、免震基礎や片持ちスラブもプレキャスト化し全体の計画として合理化を図った計画となっている。

キーワード：圧着工法、PCaPC造、防災施設、基礎免震

### 1. はじめに

本建物は、「人・環境にやさしい市民に親しまれる庁舎」をコンセプトとして、藤沢市の特徴である豊かな自然や海、環境への取組みを表現し、開かれた庁舎をイメージさせる外観・外構デザインとした。機能的・効率的な庁舎として、市民が利用しやすく、職員が働きやすい庁舎、将来の変化に柔軟に対応できる庁舎の実現を目指した（写真-1）。

本建物は、市民が集える場として、市民広場、市民利用会議室、屋上庭園、展望デッキなど市民交流の場を充実させている。安全安心を支える庁舎として、免震構造の採用、屋上に緊急・災害時にも対応できるヘリコプター用のホバリングスペース、非常用発電設備など防災施設としての機能の強化を図っている。環境にやさしい庁舎としては、建物中央のアトリウムによる自然採光・換気等自然エネルギーの活用、水平ルーバーによる熱負荷の低減、緑化の推進を図った（写真-2）。

### 2. 建物概要

建築名称：藤沢市新庁舎

建設地：神奈川県藤沢市朝日町1番地の1

主要用途：事務所（庁舎）



写真-1 外観



写真-2 サークルプラザからの入口



\*1 Nobuyuki KURAUCHI

(株) 梓設計  
エンジニア部門 構造部



\*2 Ayumi YAGUCHI

(株) 梓設計  
エンジニア部門 構造部



\*3 Tadashi YOKOMIZO

鹿島建設(株)  
横浜支店



\*4 Masahiro NAKAMURA

黒沢建設(株)  
設計部

敷地面積：16 291.09 m<sup>2</sup>（一団地認定敷地面積）  
 建築面積：4 799.43 m<sup>2</sup>  
 延床面積：35 435.03 m<sup>2</sup>  
 階 数：地上 10 階 地下 1 階，塔屋 1 階  
 最高高さ：設計 GL+47.20 m（建築基準法地盤面+48.05 m）  
 構造形式：基礎 直接基礎  
 上部構造 PCaPC 造，一部 S 造および RC 造  
 建築主：藤沢市  
 設計監理：(株) 梓設計  
 施 工：鹿島建設・門倉組共同企業体  
 PC 施工：黒沢建設(株)  
 工 期：2015 年 10 月～2017 年 12 月

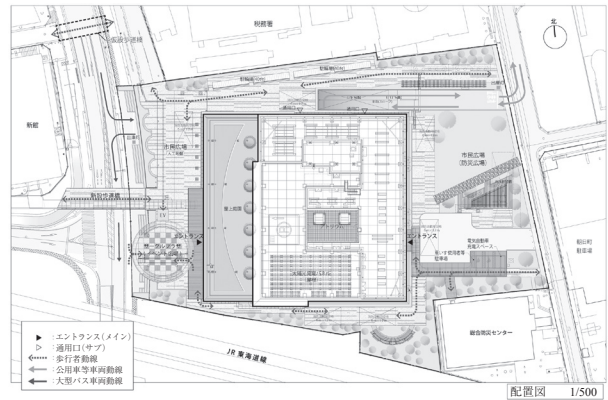


図 - 1 配置図

### 3. 建築計画

#### 3.1 設計主旨

本庁舎は、『機能的・効率的な庁舎』『市民に親しまれる庁舎』『安全・安心を支える庁舎』『人にやさしい庁舎』『環境にやさしい庁舎』の、5つのコンセプトに基づき計画されている。内部空間は、窓口部門を待合空間を中心としたゾーニングにすることで、来庁者にわかりやすい計画とし、縦動線と吹抜け空間との一体化により利便性も向上させている。ユニバーサルデザインはもちろんのこと、明快な平面、断面、動線計画により利用者のわかりやすさに重点を置いた計画としている。屋外空間は、市庁舎の「顔」となる中心空間「サークルプラザ」によって、駅からと国道からの2つの来庁者動線をまとめる計画としている。

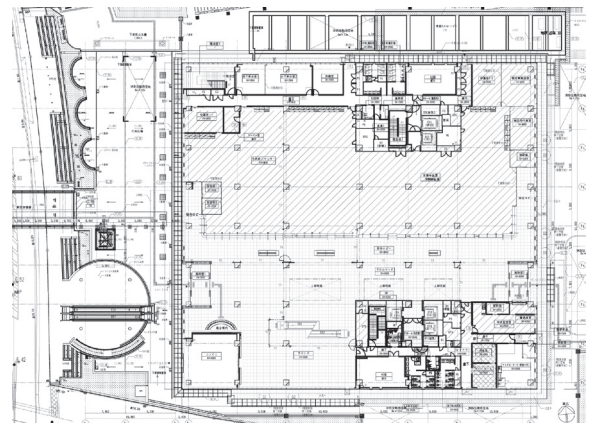


図 - 2 1階平面図

#### 3.2 建物用途・配置計画

本計画地は、JR 東海道線「藤沢駅」の東側にある藤沢市役所の敷地内に位置している。敷地と周辺敷地には高低差があり、とくに国道 467 号と新庁舎敷地西側の高低差（約 5.5 m）の有効利用として地下駐車場、イベント広場の計画を行うとともに、エレベーターおよびエスカレータを設置して高低差に対するバリアフリー化を行っている（図 - 1）。

本建物の用途は事務所（庁舎）である。庁舎を敷地中央に配置して、利便性と藤沢駅からのメインアプローチの正面性に配慮した計画となっている。庁舎本体と庁舎西側に位置する『イベント広場』とは地下躯体で一体として、上部構造は EXP.J を介して一つの建物としている（図 - 2）。

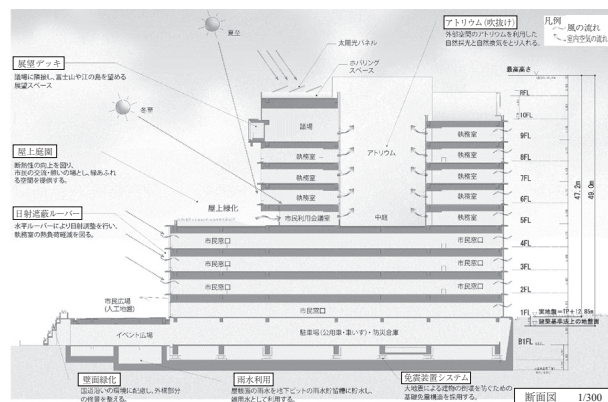


図 - 3 断面図

本計画は、地下 1 階に国道 467 号からの車寄せ、駐車場を計画し、地上 1～4 階に来庁舎の多い窓口部門を集約させている。5 階には市民利用できる屋上庭園、会議室を配置し市民交流の場を計画し、6 階に市長室等、7～8 階に執務室を設置し最上階となる 9 階に議場をはじめとする議会関係諸室を配置して市民ロビーや展望デッキを配置することで議会フロアを市民が気軽に見学できる計画としている。

#### 3.3 断面・ファサード計画

本計画の断面および立面ファサード計画については、デザインコンセプトと環境配慮がそのまま断面および建物ファサードに表現された計画となっている（図 - 3，4）。

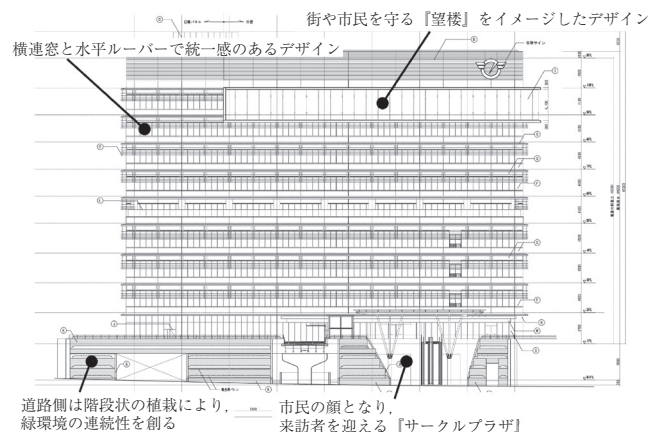


図 - 4 西側立面図

## 4. 構造計画

### 4.1 上部構造

本建物は地下1階・地上10階建ての庁舎である。建物全体の平面形状は、長辺方向82.0m、短辺方向67.8mの長方形をなしており免震構造となる庁舎本体は長辺方向63.0m、短辺方向57.6mの長方形をなしている。構成スパンは、庁舎本体は長辺方向が9.0m、13.5mを基本としており、短辺方向は7.2mで構成されている（図-5）。

構造種別は、剛性が高く耐久性、施工性、工期短縮を目的に免震建物の上部架構にPCaPC造を採用した。意匠的には、基本的に柱は被覆（仕上げ）せずにコンクリート現しの特徴ある空間となっている。床組として、小梁については躯体重量低減とローコスト化を図るために鉄骨を採用し、PCa部材に埋め込みインサートを設けて両端ピン接合として合理的な計画とした。下部構造および市民広場は耐久性、経済性に配慮し鉄筋コンクリート造とした。また、庇・屋根等は軽快で開放的な空間とするため、鉄骨造としている。

架構形式は、免震化を行った庁舎側はPCaPC造として長辺・短辺ともにラーメン構造とし、耐震構造である庁舎西側に位置する「市民広場」は鉄筋コンクリート造として長辺・短辺方向ともに耐震壁付きラーメン構造としている（図-6）。また、地震時の基礎部分と上部構造部分の設計クリアランスは600mm確保した計画としている。

### 4.2 免震層の計画

免震部材を地下1階床梁下と基礎の間に配置した基礎免震である。免震部材は、鉛プラグ入り積層ゴム支承を36基、弾性すべり支承を6基、天然ゴム系積層ゴム支承を21基を適宜配置した。配置計画は、偏心率0.03未満（100～600mm変形）におさえ各柱直下に1基ずつ計63基を配置した。安定した変位制御を目的にオイルダンパーを重心位置に対し左右対称になるようにX、Y方向8基ずつ計16基配置した。

各免震部材の性能や基数は、基準法施行令第82条第2項の規定により求めた風荷重によってダンパーが降伏しないこと、きわめて稀に発生する地震動において、積層ゴム支承が許容面圧を超えないこと、オイルダンパーが限界速度を超えないこと、応答変位が設計クリアランス以下となるように計画した（図-7）。

### 4.3 基礎構造

基礎形式は、GL-7m以深に分布するN値50以上の砂礫層を支持層とするマットスラブ形式の直接基礎とする。当該地盤はきわめて稀に発生する地震動時においても液状化の可能性は低く、地盤条件としては良い敷地である。地盤の許容応力度は、長期は350kN/m<sup>2</sup>として短期はその2倍とした。施工時において基礎底レベルで平板載荷試験を実施し、設計値を満足していることを確認した（図-8）。市民広場は、免震建物側と基礎を介してつながっており、かつ、免震建物の基礎（擁壁）と市民広場の外壁の75%以上が土に接しているため一体で挙動するものと考え検討を行った。地下震度は、告示波（レベル2）の基礎底レベルの加速度からC<sub>0</sub> = 0.4と設定し、短期許容応力度以下であることを確認した。

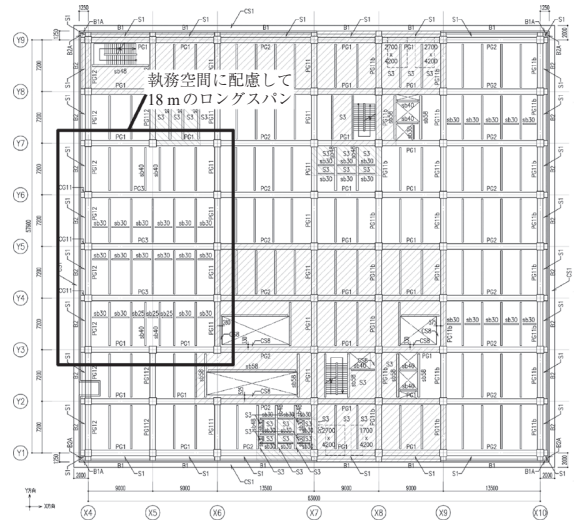


図-5 3階梁伏図

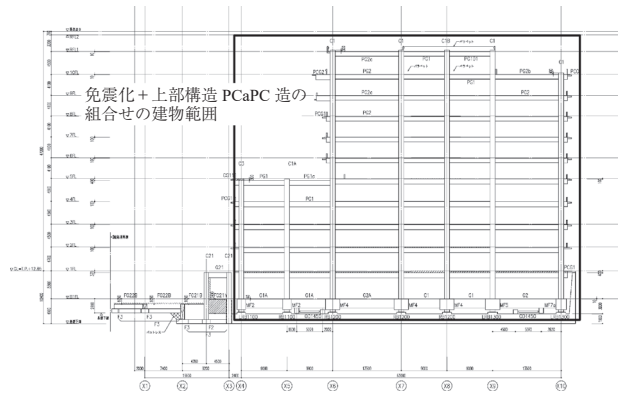


図-6 Y3通り軸組図

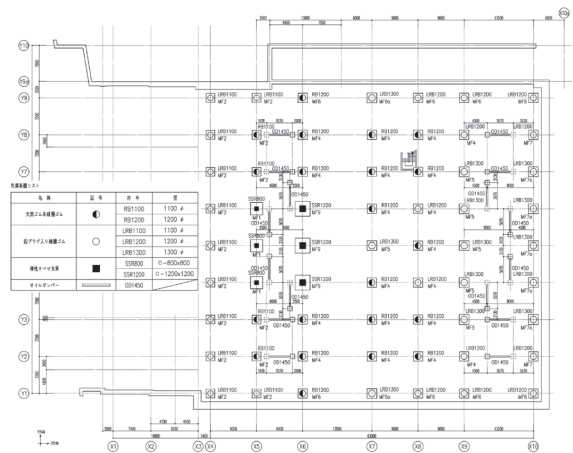


図-7 免震層伏図

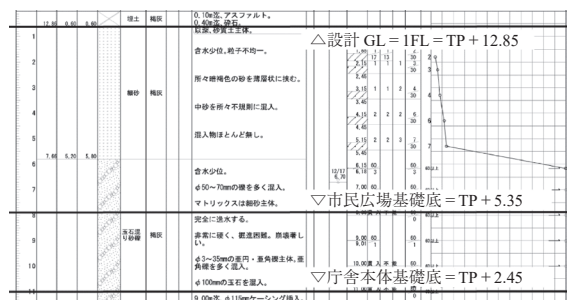


図-8 土質柱状図および基礎底レベル

#### 4.4 時刻歴応答解析概要

設計用入力地震動は告示波、観測波、サイト波の3種類を作成した。工学的基盤から地表までの地盤モデルの設定は、建物敷地で行われたPS検層および既往の文献をもとに地盤構造を推定した。

サイト波は、地震調査研究推進本部による強震動評価を基に検討した結果、「大正型関東地震」を参考波とし、「南海3連動」「三浦半島断層群主部衣笠・北武断層帯」はきわめて稀に発生する設計用入力地震動として採用した。きわめて稀に発生する地震動の告示波およびサイト波の基礎底面近傍の減衰定数5%とした擬似応答スペクトルの結果を示す(図-9)。

振動系モデルは、1層1質点の免震層も含め13質点となる等価せん断型並進モデルとした。免震層固定と全体系の固有周期の結果を示す(表-1~2)。減衰は、剛性比例型の内部粘性減衰として評価し、1次固有振動数に対して2%、免震層は0%として設定した。

免震装置の特性変動を考慮した解析結果において、きわめて稀に発生する地震動に対する最大応答結果がクライテリア(表-3)を満足していることを確認した。

- ・ばらつき(+)およびばらつき(-)ともに、最大応答せん断力係数は設計用地震力(許容応力)以下である(図-10)。
- ・上部構造の層間変形角は、ばらつき(+)のとき最大で1/466となり、クライテリア1/200以下を満足している。
- ・免震層の変位は、最大で36.35cm(ばらつき(-))となっており、クライテリア50.0cm以下を満足している。
- ・アイソレーターの面圧は、引張側(上下動0.3G考慮時)で-0.61N/mm<sup>2</sup>となっており、クライテリア-1.0N/mm<sup>2</sup>以上を満足している。
- ・免震層の速度は、最大で70.21cm/sec(ばらつき(+))となり、付加減衰装置の限界速度184cm/sec未満である。

なお、参考までに「大正型関東地震」の参考波においては免震装置の特性変動まで考慮した状態で、最大変位はばらつき(-)で59.87cm、免震層の最大速度は169cm/secがクライテリアに対してクリティカルな項目であった。ダンパーの限界速度の性能は、仕様を満足させることができた免震用フルード粘性ダンパーを採用している。

※ばらつきとは、免震材料の製造ばらつきや経年変化、温度による変化などを考慮した状態であり、(+)は剛性が大きくなった状態、(-)は剛性が小さくなった状態を表す。

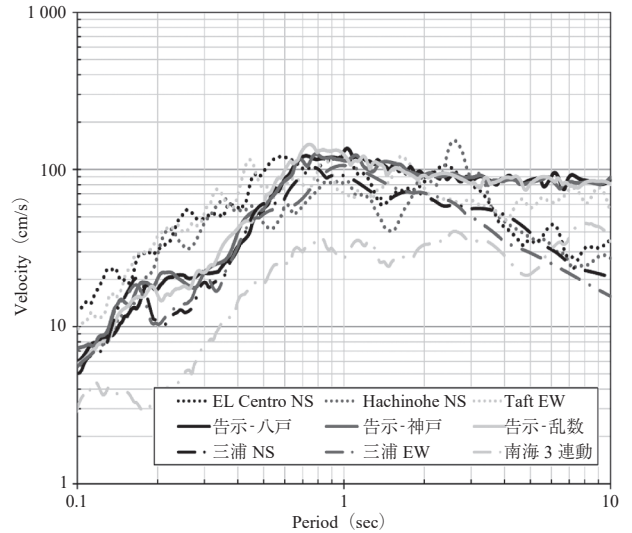


図-9 極めて稀に発生する地震動擬似応答スペクトル

表-1 固有周期(免震層固定時)

固有周期(sec)	方向	1次モード	2次モード	3次モード
	X	1.097	0.434	0.253
Y	1.002	0.390	0.229	

表-2 固有周期(免震層自由時)

1次固有周期(sec)	方向	微小変形 δ=20mm	レベル1相当 δ=100mm	最大変形 δ=600mm
	X	1.998	3.295	4.539
Y	1.961	3.275	4.525	

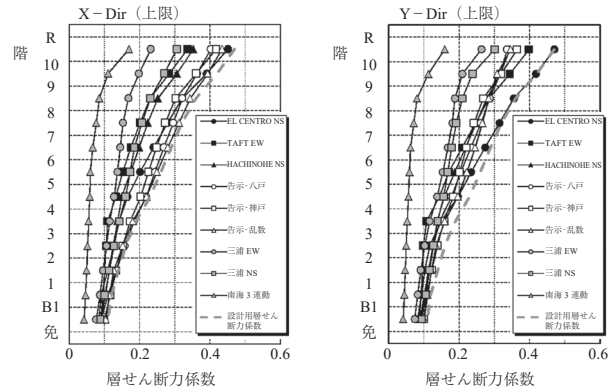


図-10 応答結果(ばらつき(+))

表-3 クライテリア

		基本方針	稀な地震(レベル1)	きわめて稀な地震(レベル2)
上部構造	部材応力(PCaPC造)	基本方針	終局強度設計 ※3	終局強度設計 ※3
	部材応力(RC造)	基本方針	短期許容応力度以下	短期許容応力度以下
		曲げ	$ML + ME \leq MA$ ※1	$ML + ME \leq MA$ ※1
		せん断	$QL + 1.5 QE \leq QA$ ※2	$QL + 1.5 QE \leq QA$ ※2
	層間変形角	1/300以下	1/200以下	
	免震材料検討用の軸力係数	0.37G	0.37G	
免震層	応答変形	300[mm]以下 ( $\gamma = 121\%$ )	500[mm]以下 ( $\gamma = 202\%$ )	
	水平クリアランス	設計クリアランス 600mm	設計クリアランス 600mm	
免震材料	支承	面圧	基準面圧 × 2.0	基準面圧 × 2.0
		引張	引張力を生じない	積層ゴム: -1.0[N/mm <sup>2</sup> ]以内 すべり支承: 引張力を生じない
	ダンパー	速度	限界速度 184[cm/s]以下	限界速度 184[cm/s]以下

※1 ML: 長期荷重時曲げモーメント, ME: 各地震動レベル時の曲げモーメント, MA: 短期許容曲げモーメント

※2 QL: 長期荷重時せん断力, QE: 各地震動レベル時のせん断力, QA: 短期許容せん断力

※3 終局強度設計とは、「PC規準に基づき、荷重係数倍した応力に対する終局強度設計」とする。

#### 4.5 PCaPC 部材の設計

本建物は、大梁・柱において工場生産の PCaPC 部材を用い、各部材をプレストレスで圧着接合する方式を採用している。ここでは PC 部材設計の設計概要について解説する。

##### (1) 断面設計

コンクリート強度はプレストレストコンクリート部材に適した  $F_c = 60 \text{ N/mm}^2$  以上の高強度コンクリートを採用している。強度が高いだけでなく高い耐久性を保持した部材となる。

図 - 5 に示すように、本建物のスパン割りは Y 方向 7.2 m、X 方向 9 m または 13.5 m で一部に 18 m の長スパン箇所があるが 4.5 m の倍数で両方向ともおおむねパターン化されており、プレキャスト (PCa) 化に適した建築計画である。また片持ち梁も PCa 化されている。これには先端で外壁を支持する展望室 ( $L = 3.7 \text{ m}$ ) の片持ち梁も含んでいる。

18 m スパンの大梁は上下動応答解析結果より安全性を確認している。きわめて稀な地震が発生した場合でもヒンジが端部と中央の 3 か所発生して崩壊しない検討を行っている。

梁せいは建物高さの制約から一般箇所は 1 階～5 階までが 1000 mm、6 階以上が 900 mm とする必要があった。このため低い梁せいで長期応力の処理と地震時の必要曲げ耐力を確保する必要がある。本設計ではこれを導入プレストレスと PC 鋼材量により調整している。また、本建物の基本的な用途は事務所であるが、機械室などの荷重が大きい一部の箇所は端部にハンチを設け、部材断面が大きく変わらないよう部材製作面に配慮している。

柱は 1000 × 1000 mm または 900 × 900 mm の断面を基本としている。建物は 6 階より東側にセットバックした建築計画となっており南北方向の地震時には偏心が発生するため、低層階で止まる区域の柱を 900 × 900 mm として、建物の剛心と重心の位置が大きく離れないように対応している。主な部材断面を示す (表 - 4、図 - 11)。

##### (2) プレストレスによる圧着接合

本建物は工場で生産した部材をプレストレスによる圧縮力で圧着接合する工法を採用した。圧着接合では、大梁と柱に導入されたプレストレスが接合部の復元性を向上させる。このため、地震時の挙動において、大変形時は目地部の回転 (離間) が支配的なことから除荷後の残留変形が小さくなり、母材部分の損傷を少なく抑えられる。

大梁は柱に設けられたアゴ (コーベル) に架設されたうえで圧着した。これにより施工時の安定性を確保したうえでプレストレスの導入ができる特徴がある。

##### (3) 柱梁接合部の特徴

端部の柱梁接合部は、柱の PC 鋼棒、大梁の二次ケーブル定着金物が入るためこれらの納まりに工夫を要する。本建物では外周の定着金物を大梁の外に出し、柱と一体製作した片持ち梁に納める計画としている。片持ち梁は接合部の納まり対応のほか、建物外壁の支持に活用されている。柱梁接合部の納まりを示す (図 - 12)。

#### (4) 免震構造と PCaPC 造の組合せ

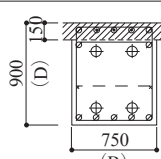
工場生産部材を現場で圧着接合し免震構造とすることによる特徴な事項を以下にあげる。

- i. 上部構造は躯体断面の高剛性と PC による高復元性で短周期となり免震装置による長周期化効果を得やすい。
- ii. 長スパンとすることで柱軸力を集約し免震装置および基礎の個数を減らせることができる。
- iii. 高い復元性によりひび割れが閉じるため大地震後も無補修で建物の使用が可能となる。
- iv. 繰返し荷重に対してもアゴにより大梁がずれ落ちることがなく、接合部の性能を保持できる。

プレストレストコンクリート建物は免震構造との組合せによる耐震効果が高いことが知られており、多くの施工事例がある。今回採用されたアゴ付き圧着接合と免震の組合せでは iii、iv が特筆すべき効果となる。

きわめて稀な地震において部材に損傷が発生せず、目地部分に多少発生したひび割れも除荷後には閉じることから、地震後無損傷の建物が実現できる。このため免震構造と PCaPC 造の組合せは、今回の庁舎のような防災拠点に相応しいと考えられる。

表 - 4 主な大梁部材断面

階	スパン	断面 (B × D)	断面形状
6 ~ R	7.2 ~ 13.5 m	750 × 900 mm	
1 ~ 5		750 × 1000 mm	
3 ~ 5	18.0 m	750 × 1100 mm ~ 1250 mm (端部)	PC 鋼材 (2次ケーブル): 4c-12 本 15.2 φ PC 鋼より線

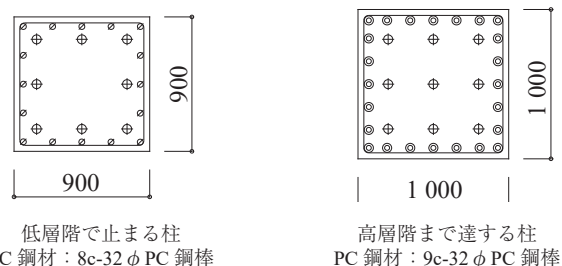


図 - 11 主な柱断面

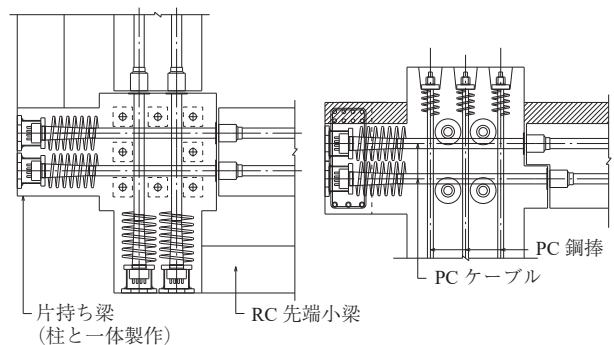


図 - 12 柱梁接合部納まり図

## 5. 施 工

### 5.1 全体施工概要

本計画の工事期間は、2015年10月に着工し、竣工は2017年12月の全27ヵ月であった。そのうち、PC部材の建方期間は2016年10月から開始し、2017年5月に上棟となる8ヵ月間を要した。その期間で、PH階も含め全12フロアを積み上げる工程であった（表-5）。

PCa工法の利点としてあげられる、鉄筋や型枠の組立て、コンクリートの打設といった現場作業の効率化を行うことで、建物の躯体自体を1フロアあたり約15日間というサイクルで施工が可能となった。

使用するコンクリート部材は1ピース長さ12.5m、重さ約20tもあるため、鉄骨造の事務所などの工事現場と比較しても、部材一つあたりの重量は大きく、各部材のピースは地上にある作業ヤードから2基のタワークレーンをを用いて、組み立てる位置まで吊り上げた。

タワークレーンの位置は、南側の建物の吹抜けと北側で建物の壁際に配置した（図-13、写真-3）。クレーンから最大27.5mの範囲に資機材を運搬できるようにタワークレーンは750t吊りのタイプを採用した。

2基のタワークレーンの特徴は、吊上げ能力の高さのほかに、ステーを用いず建物に支えられることなく、クレーンを地面から自立させている。その理由として、本建物は免震構造を採用しているため、地震時に建物と地面の揺れ方が異なる。地面に直接立つタワークレーンを建物と連結してしまうと、建設中仮に地震が発生した場合に建物へ影響を与える恐れがあったため建物とは構造的に切り離れた計画とした。地面から支柱の一番上にあたる操作室までの高さは最大48mとなり、ステーなしで使用できるほぼ上限の高さであり、自立するタワークレーンとしては、日本最大級の高さとなった。

なお、全工程を通じ、南側にJR東海道線が通っていることから近接工事での地下の掘削作業がもっとも配慮した点であった。

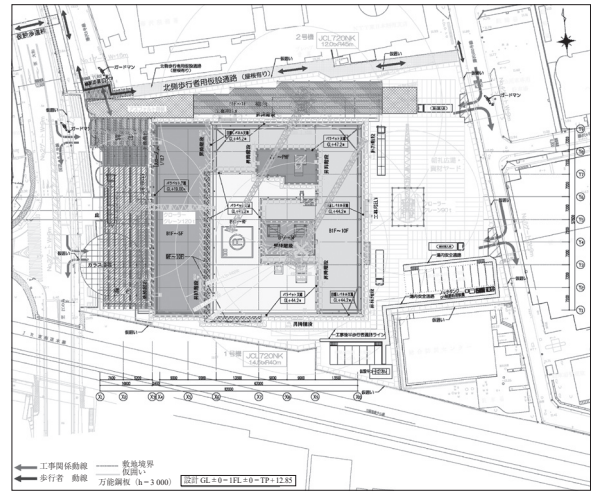
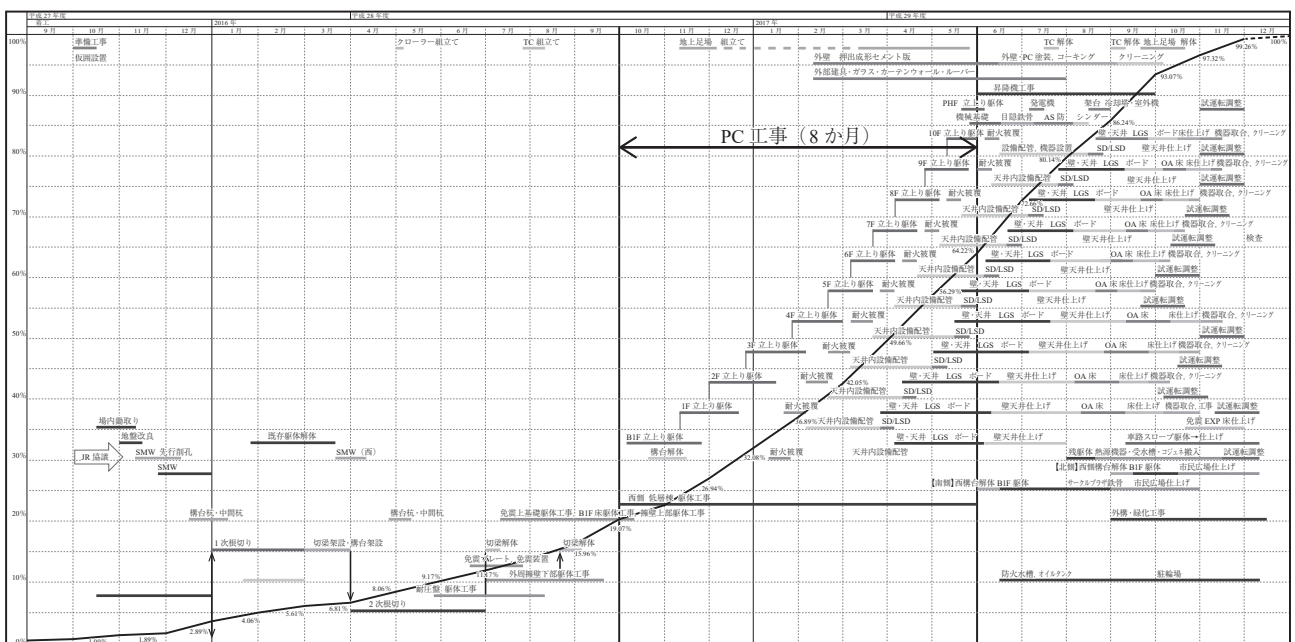


図 - 13 総合仮設計画図（地上）



写真 - 3 建方状況

表 - 5 全体工事工程表



### 5.2 PCa 部材の製作

PCa 部材は大梁を北海道の工場で作製を行った。2016年7月から開始し、2017年5月にかけて製作した。梁部材については片持ち梁を含め14種の型枠を稼働させ、一日あたりの平均製作数は6ピースで1サイクル15日間という工事工程に合わせて出荷した。大梁の一次ケーブルはプレテンション方式を採用しており、プレテンションアバット設備のある工場にて打設を行った。一次ケーブルは、現場で架設時に鉄骨小梁、デッキプレートを単純支持できる設計として、必要本数を配置した(写真-4)。

### 5.3 建方計画・緊張計画

免震装置基礎は、免震装置と接する最底部をPCa部材とした。これにより柱PC鋼棒のアンカーの位置出し、アンカーの施工が容易になった(写真-5)。この上に基礎上部と1階梁を打設し、PCa柱の建方を行った。

建方計画は柱の架設が一日10ピース、大梁の架設が一日15ピースを標準とした。5.1節に示すように2基のタワークレーンを用いて順次、架設した(写真-6~8)。

柱は1ピースあたりの重量を軽くすることが求められたため、一層一節として分割した。各層にてセンターホールジャッキで柱のPC鋼棒の緊張を行った。

18m程度のスパンの梁は通常は分割して現場に搬入し、ストックヤードにて一次ケーブルで圧着することが多く、支保工を省ける利点があるが、今回の施工に用いられたタワークレーンは18mの部材を吊り上げる能力を有していなかった。このため、梁内の圧着位置でサポートを設置して大梁設置個所で二次緊張で圧着する設計とした(写真-8)。施工時の判断で二次緊張までの安定性を確保するため、二次緊張に先行してサポート上で架設時圧着用ケーブルにより一体化した(図-14)。このケーブルによる導入力とは断面に対して十分に小さく、構造計算上は考慮していない。

本建物は全区間の大梁にプレストレスを導入するが、総区間で最長60m程度となり、一度に緊張すると柱の傾きが過大になってしまう。これを防止するために施工時可動端(move)を設けて段階的に緊張し、変位後に当該箇所を目地モルタルの打設を行った(図-15)。

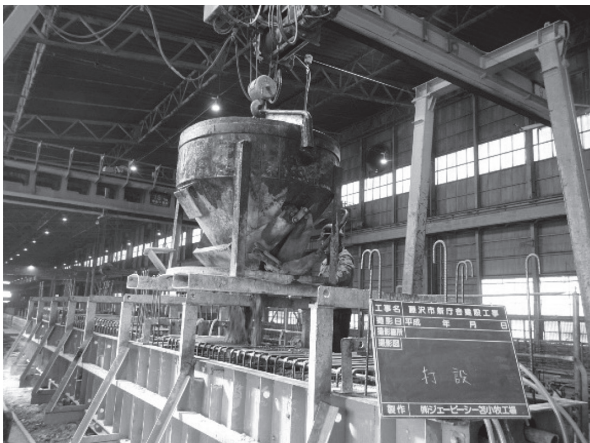


写真-4 PCa部材製作状況

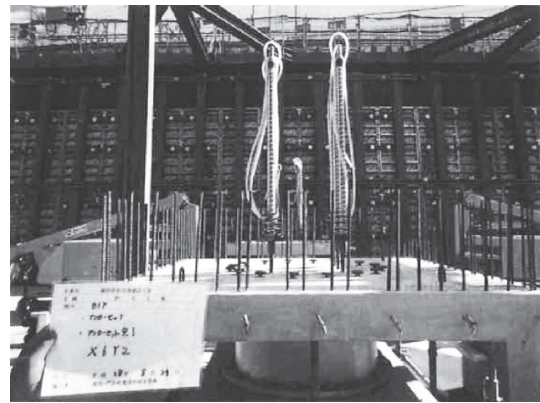


写真-5 PC鋼棒アンカーセット状況



写真-6 柱架設状況



写真-7 大梁架設状況



写真-8 18mスパン大梁架設状況

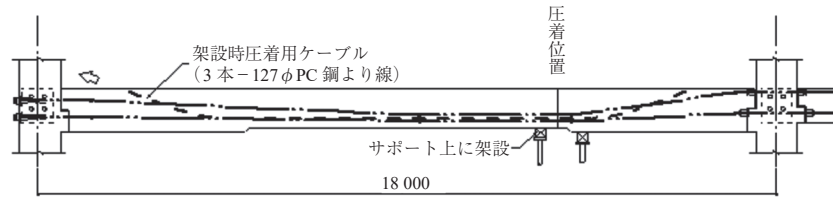


図 - 14 架設時安全確保用ケーブル

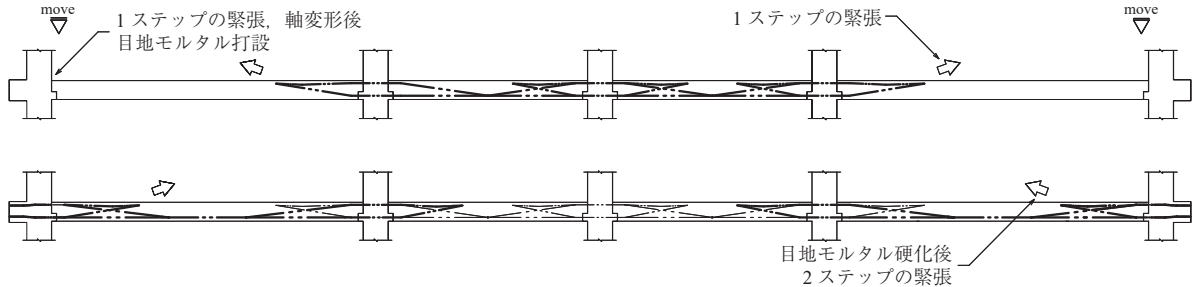


図 - 15 緊張方法概要

PC鋼材は12本-15.2mm PC鋼より線のケーブルを主として用い、2500kNジャッキを使用した。このジャッキは重量物のため、移動にはタワークレーンを用いた。チェーンブロックを取り付けたやぐらと一体で移動させた(写真-9)。



写真 - 9 PC大梁緊張状況

## 6. おわりに

本建物は、昭和26年より供用され続けて、平成23年東日本大震災後、耐震性の問題などから建替え計画を開始した。その後、工事に着工し昨年無事に竣工した防災拠点としての機能をもった新庁舎である。

建物のファサード計画は勿論であるが、内観についても市民の交流の場として親しまれる特徴ある空間を実現できた(写真-10, 11)。

最後に、今回の設計・施工の機会を与えてくださった藤沢市様、また設計・製作・施工において尽力くださった関係者の皆様に、この場を借りて厚く御礼申し上げます。



写真 - 11 竣工写真 内観9階市民ロビー



写真 - 10 竣工写真 内観3階吹抜け

【2018年5月1日受付】