

都心の住居地域における PCa 積層工法住宅の施工

Construction of the PCa multistory dwelling in exclusive residential area

橋本雅夫*1 鍵市 祥*2 中野貴之*3

概 要

本工事は、総合設計許可要綱による容積率の規制緩和を受けた都心の住居地域における 18 階建て鉄筋コンクリート造の集合住宅である。工事中の騒音振動、また埃の飛散等、近隣住民への影響を最小限にするために、フル PCa による積層工法で計画された。

敷地四面共に道路に接していたが、うち三面の道路は狭隘で、対面は戸建て住宅であったために工事車両が進入できず、施工に使用できるのは北側のみであった。その北面道路は搬入車両がやっと一台停車できる程度の余地しか無く、綿密な施工計画が必要であった。本報では今回の施工をもとに、当社で培った PCa 積層工法の施工方法について報告する。

key words : プレキャスト鉄筋コンクリート造、積層工法、都心部住居地域

1. はじめに

当建物は当初 18 階建ての RC 造で計画されたが、都心の住居地域での施工ということで、PCa 工法で施工することになった。これまでに当社が蓄積してきた PCa 積層工法のノウハウを結集させ、円滑に施工を終えることができたので、報告する。

2. 工事概要

設計監理：銭高組一級建築士事務所

工 期：2015 年 11 月～2017 年 12 月

建物用途：共同住宅 92 戸

建築面積：約 680m²

延床面積：約 10,000m²

構造・規模：鉄筋コンクリート造（PCa 工法）

地下 1 階、地上 18 階

最高高さ：約 GL+65m

3. 工法概要

3.1 PCa 積層工法とは

図-1 に、PCa 積層工法の概念図を示す。

PCa 積層工法とは、鉄筋コンクリート造の構造体を全て工場で製作し、現場に搬入して組み立てる施工法である。

以下に本工法を構成する部材の概要を示す。

3.2 柱

写真-1 に PCa 柱の搬入状況を示す。

写真前面の鉄筋は上階柱と梁との接合部分（仕口部）であり、この部分のコンクリートは現場施工となる。

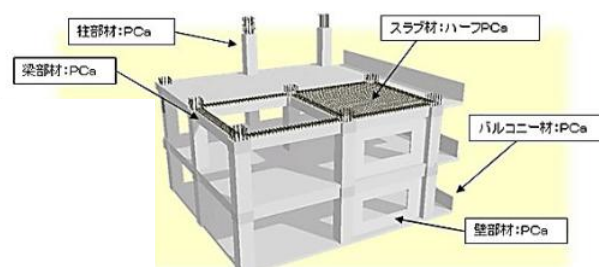


図-1 PCa 積層工法概念図



写真-1 PCa 柱（搬入状況）

3.3 大梁

写真-2 に工場検査時の大梁を示す。

当建物の外部はタイル仕上であり、梁と柱には工場製作時にタイルを打ち込んでいる。上主筋は仮固定であり、大梁を所定の位置にセットした後に接合する。下主筋はコンクリートに打ち込まれており、隣接部材と接合して接合部分（仕口部）のコンクリートを打設する。

*1 Masao HASHIMOTO

東京支社建築支店建築部 作業所長

*2 Sho KAGIICHI

東京支社建築支店建築部

*3 Takayuki NAKANO

東京支社建築支店建築部



写真-2 大梁（工場検査時）

3.4 床

写真-3 に工場検査時のハーフ PCa 床版を示す。

床はハーフ PCa 床版を現場にセットした後上筋を配筋し、トップコンクリートを打設して合成床版とする。



写真-3 ハーフ PCa 床版（工場検査時）

3.5 外壁

写真-4 に工場検査時の外壁を示す。

当建物では、外壁もタイル打込み PCa を採用した。ファスナー（固定金具）による乾式工法で固定する。

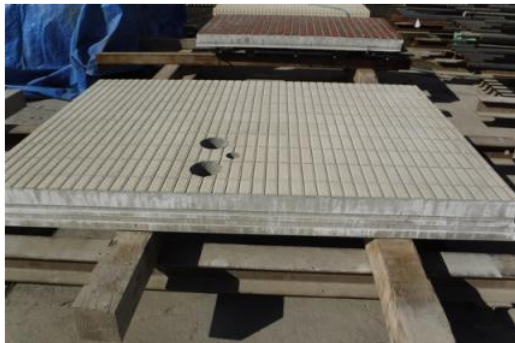


写真-4 外壁（工場検査時）

3.6 バルコニー

写真-5 に工場検査時のバルコニーを示す。

バルコニーは床面も含めたフル PCa 造である。梁への接続用の鉄筋を配置している。



写真-5 バルコニー（工場検査時）

3.7 接続部

図-2 に接続(仕口)部の詳細図を示す。

柱主筋の継手には、自由度の高いプレキャスト用のモルタル充填式継手を使用した。下の階の主筋を挿入し、モルタルグラウトを注入して一体化する。

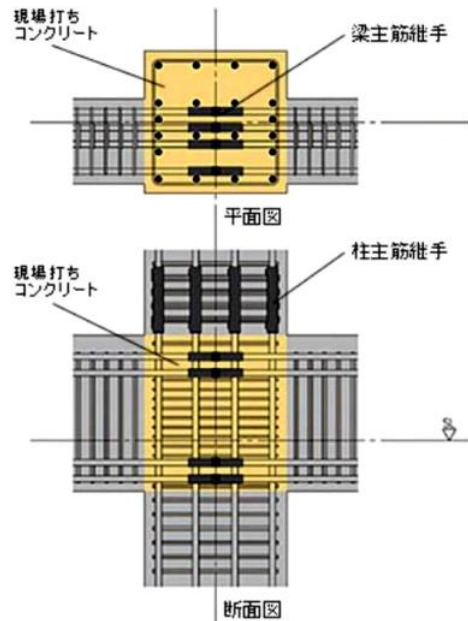


図-2 接続(仕口)部詳細図

写真-6 に柱主筋スリーブ継手の取付け状況を示す。



写真-6 柱主筋スリーブ継手

写真-7 に梁下筋接続部の状況を示す。

大梁下筋には、ネジ鉄筋の節ピッチを合わせなくても取り付け可能なグラウト充填継手を使用した。下筋はコンクリートに打ち込まれて固定されているので、大きめのカプラーをあらかじめ片側鉄筋に取付けておき、反対側の鉄筋を配置後にねじり戻して接続、グラウトする。



写真-7 梁下筋接続部

写真-8 に梁上主筋接続部の状況を示す。

大梁上筋はフリーな状態で接合出来るので、比較的安価なネジ式の継手を使用している。

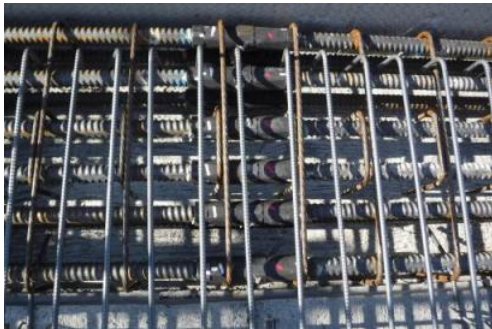


写真-8 梁上主筋接続部

写真-9 に梁主筋端部定着プレートの状況を示す。

梁主筋端部には曲げ定着が不要なネジ鉄筋専用定着物を使用している。



写真-9 梁主筋端部定着プレート

4. PCa 製作工程

全体工期 26 ヶ月の中で、PCa 部材の製作開始までには約 7 ヶ月かかる。建方開始はその約 3 ヶ月後、計画開始からは 10 ヶ月後という事になる。

PCa 部材の製作開始までに PCa 部材の単品図を全て造る必要があるが、そのためには設備を含めた平面詳細図や躯体図を作成し、接合部の鉄筋の位置まで決めなければならない。PCa 部材に打込むタイルの割付、手摺、ドレン、避難ハッチ、および仮設関係のインサートも忘れずに盛り込む必要がある。納まり検討を経て作成した PCa 施工図と部材図は合計 784 枚になった。

表-1 に PCa 製作図枚数の内訳、図-3 に PCa 製作工程表、図-4 に PCa 柱単品図を示す。

表-1 PCa 製作図枚数内訳

部位	枚数
柱	196
大梁	250
小梁	14
壁版	40
バルコニー	140
小庇、階段	11
床版	133
合計	784

	1ヶ月	2ヶ月	3ヶ月	4ヶ月	5ヶ月	6ヶ月	7ヶ月	8ヶ月	9ヶ月	10ヶ月	11ヶ月	12ヶ月	13ヶ月
一般図 柱・梁・壁PCa													
割付関連詳細													
配筋関係詳細													
パネルゾーン詳細													
各部詳細 (建築・設備・電気)													
柱・梁リスト													
壁関連詳細													
版図(PCa単品図)													
鋼製型枠													
製作													
PCa建方													

図-3 PCa 製作工程表

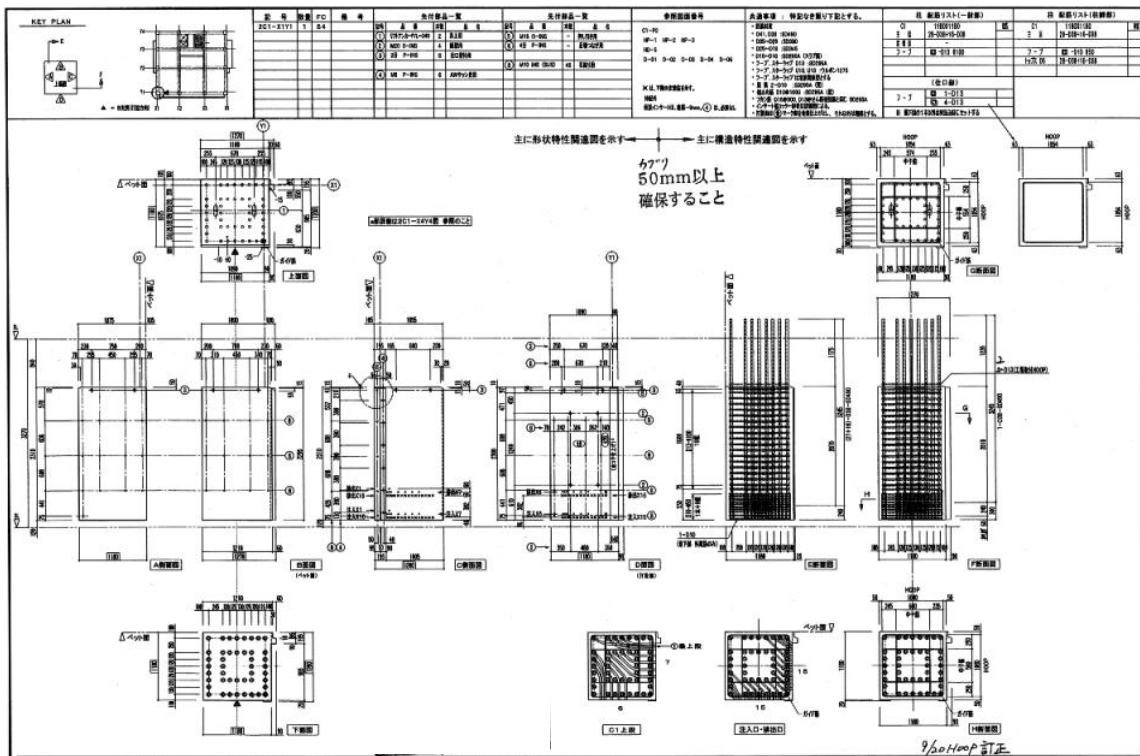


図-4 PCa 柱単品図

5. 仮設計画

PCa 積層工法の仮設計画では、揚重計画としてのタワークレーンと仮設エレベータの選定、およびせり上げ足場の計画が特徴である。

5.1 タワークレーンの計画

5.1.1 タワークレーンの選定

タワークレーンの選定は、以下の手順で進める。

- ① 設置台数及び配置の検討
- ② 必要作業半径の把握
- ③ 最大揚重部材の重量把握（単ピース）
- ④ 機種選定

揚重能力のほか、敷地の関係、および解体方法に留意しなければならない。当建物の最大重量は梁で約 11t、作業半径が 30m 必要であったので、作業半径 35m で定格荷重が 13.5t のタワークレーンを採用した。敷地に余裕が無く、建物の後ろ側に配置しなければならなかったために、解体時には小型のクレーンを 2 度設置して順に小さくし、最後は前面道路にレッカー車をセットして解体した。その他の留意事項は以下の通りとなる。

- ① 敷地境界との関係（本体カウンターウェイト越境の可否）
- ② 設置時期
- ③ 解体の時期と仕上げ工事への影響
- ③ 死角となる範囲を極力無くす
- ④ 最小分割部材の最大重量
- ⑤ 搬入可能な部材寸法と重量
- ⑥ 資材搬入ルート of 把握

- ⑦ 複数設置の場合は同一機種が手配出来るとは限らない（揚重能力は同等にて計画）

タワークレーンの決定後、クレーン能力を前提にした施工計画を以下の様に進める。

- ① PCa 部材の分割位置、形状
- ② コンクリート打設方法
- ③ 仮設部材の揚重
- ④ 外壁（ALC 等）の揚重
- ⑤ 仕上げ材の揚重
- ⑥ 標準的なサイクル日数
- ⑦ PCa 梁の連梁揚重は可能か
- ⑧ タワークレーンのクライミングと壁繋ぎの計画（フロアクライミングの際の躯体補強）
- ⑨ 強風等による作業不能日を考慮（当社の実績として 18 日/32F、25 日/40F 程度）
- ⑩ 地下躯体と下階 RC 造部分施工時期の揚重計画

強風時には吊荷が煽られて危険が増す。基本的には最大風速 10m/s 以上では作業を中止するが、階数が高くなると作業が出来ない日が生じる可能性が高くなる。当作業所では工程上の予備日を 10 日設定していたが、建方中は天候に恵まれ、実工程では作業不能日は生じなかった。

また、当作業所では、支柱の強度が高い新しい機種を選択したことから壁繋ぎは 1 箇所だけで良かったが、通常この高さでは 2 箇所以上必要になる。せり上げの度に壁繋ぎを設置するための日程が 3~4 日必要になるので、要注意である。

写真-10 に 17 階躯体施工時点の北東面外観を示す。



写真-10 北東面外観（17階躯体施工時点）

5.2 仮設エレベータの計画

5.2.1 仮設エレベータ計画の手順

- ①設置位置の検討
- ②設置台数および機種種の検討
- ③リフト決定

仮設エレベータは、主に仕上げ材の揚重に使用するので、仕上げの内容を踏まえて機種を選択する。当工事は18階建て92戸で、エレベータで揚重しなければならない資材はそれほど多くなかったため、高速では無く、昇降速度が通常のロングスパンエレベータの倍である20m/minの中速エレベータを選択した。写真-11に仮設エレベータの設置状況を示す。



写真-11 仮設エレベータ設置状況

5.2.2 検討時の留意点

仮設エレベータを計画する際の留意点を以下に示す。

- ①搬入ルート of 検討
- ②荷取りステージの検討
- ③仕上げ工事への影響考慮
- ④本設EV使用開始可能時期

- ⑤搬入材の数量把握
- ⑥1フロア当りの揚重回数
- ⑦タクト工程の検討
- ⑧揚重スピードの検討
- ⑨小分割資材のサイズ検討
- ⑩積込み方法の検討

5.3 せり上げ足場

5.3.1 連層足場

写真-12に連層足場を示す。

インナーバルコニータイプ（アウトフレーム）の工事では、PCaジョイントのコーキング、ウエット部分の仕上げ等、外部作業が発生するため外部に作業床が必要となる。この場合には連層足場を計画する。図-5に連層足場の計画図を示す。以下に留意点を示す。

- ①壁工事サイクルを考慮した段数の決定
- ②TCによるクライミングとなるため揚重計画に注意
- ③外部作業のため特に墜落・落下防止対策に注意



写真-12 連層足場

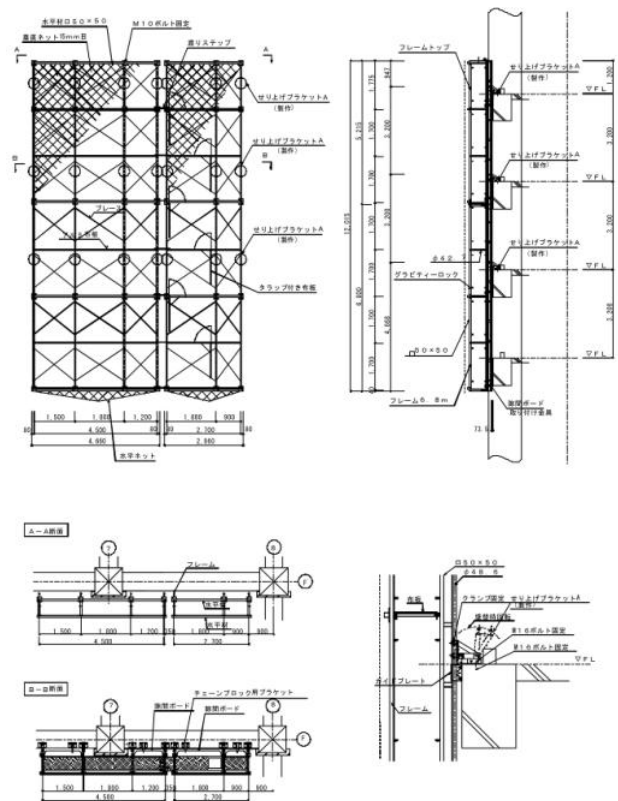


図-5 連層足場計画図

5.3.2 養生足場

写真-13に養生足場を示す。

バルコニータイプの場合、外部作業が発生してもバルコニー内部のため、外部の作業床が不要である。この場合には連層養生足場を計画する。以下に留意点を示す

- ①ユニットとして地組、解体となるため、ヤードの確保が必要
- ②クライミングはウインチ作業となり作業時間を考慮



写真-13 養生足場

5.4 その他の仮設設備

5.4.1 止水計画（止水階、止水方法の検討）

高層建物では、躯体が出来上がってくると下の階から仕上げ工事を始める。その際、止水階を定めてそれより下には雨水が入らないようにしなければ仕上げ工事を開始出来ない。スリーブや開口部から水が落ちないように排水設備を設ける等の止水方法を計画する。

5.4.2 仮設給水・排水計画（仮設トイレ含む）

作業員は上階での工事中は休憩時間の度に地上階まで下りて来なくなるため、上階にもトイレを計画する。今回は3フロアおきに設置した。水道も通常のハイウォッシャーでは上がらなくなるので、増圧ポンプを設置する。

5.4.3 仮設電気幹線の経路位置（キュービクル～末端分電盤）

仮設の配線は仕上げ工事が終わるまで残さなければならぬため、吹抜け等の最後まで邪魔にならない位置に配線する。

5.4.4 コンクリート打設配管の設置位置

タワークレーンを使ってホッパーで打設する方法もあるが時間がかかり、タワークレーンによるPCaの取付け工程に支障が生じる。電気配線同様、仕上げの支障にならない場所を決めてコンクリートポンプ車からの縦配管を設置する。

6. 施工

6.1 低層建物の躯体施工

比較のために、低層の鉄筋コンクリート工事の概要を写真14～17に示す。



写真-14 柱・壁配筋（圧接工事含む）



写真-15 柱・壁型枠



写真-16 梁配筋→スラブ配筋



写真-17 コンクリート打設

以上の工程を、1フロアあたり12日～14日サイクルで繰り返す。

6.2 高層建物の躯体施工（PCa 積層工法）

PCa 積層工法では、**図-6** に示すサイクルを、1 フロアあたり 4 日～6 日サイクルで施工出来る。

PCa 部材の取付けは、タワークレーンの能力と PCa 工の能力によって大きく異なる。そのため、階が上がって PCa 工の習熟が進むと、取付けは徐々に早くなってゆく。当現場では 1 日平均 30 ピースを取り付けたが、これはかなり速いペースであった。

PCa 取付け後は、鉄筋工や雑工による現場打設部の配筋や型枠取付け作業が行われてサイクルが確立する。これらの作業員が無理なく仕事に入れるように工程上の配慮を行う。

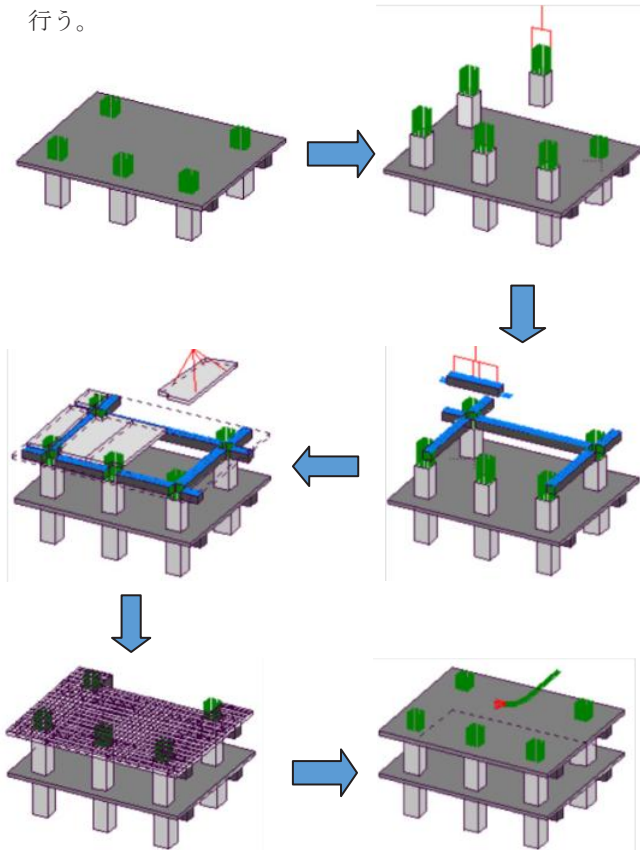


図-6 PCa 積層工法サイクル概略図

6.3 PCa 部材搬入計画

PCa 部材の搬入計画を決めるに当たっての留意点を以下に挙げる。

- ①フロアあたりのピース数の把握
- ②1 ピースごとの取付け時間算出
- ③1 日あたりの取付けピースの決定
- ④1 サイクル日数の決定
- ⑤PCa 建方順序の検討
- ⑥搬入荷姿(運搬車荷台との配置)

6.4 施工上の留意点

PCa 工事においては、柱主筋の位置(平面位置・倒れ)に細心の注意が必要で、配置が 9.8mm 以上ずれると柱 PCa の取付けが出来なくなる。

これを避けるために PCa 柱に切り替わる直下階、在来躯体最終部分の柱主筋位置を正確に施工する。しかし PCa 化する建物は高層建築が多く柱筋も太い(D41 等)ため、PCa 柱直下階の施工時だけで柱筋調整をするのは困難となる。基礎配筋時から、柱主筋の位置を正確に施工する事が重要になる。そのため、鉄筋の納まり図をしっかりと作図する必要がある。

写真-18 に杭頭部に設置された柱主筋調整用治具を示す。



写真-18 柱主筋調整用治具（杭頭部に設置）

PCa 直下階までの鉄筋頂部の固定は、**写真-19** に示すように木製のテンプレートを使用する。



写真-19 木製テンプレート

写真-20 に PCa 柱直下階に設置された柱主筋調整用治具を示す。



写真-20 柱主筋調整用治具（PCa 柱直下階に設置）

PCa 直下階の柱主筋頂部は、スラブ天端と鉄筋頂部の 2 箇所を鋼製のテンプレートで固定する。このテンプレートは 1 回しか使用しないが、これによって最終的に PCa 取付けのための精度を確保する。当作業所では±3mm を管理値としていたが、最大で 5mm のずれが生じた。しかし、許容値は 9.8mm で有ったため、問題なく PCa 取付けを行えた。

基準階のコンクリートの打設においても、木製のテンプレートは毎回使用し、鉄筋の正しい位置を確保する。

6.5 PCa 工事、グラウト注入

柱脚のグラウト注入は、PCa 工事において大変重要な工程である。これまで他社工事でグラウト注入忘れによる品質事故が発生している。グラウト注入完了確認のチェック体制を定めて管理する。当作業所では、施工当日は協力会社と当社の社員でダブルチェックを行い、翌日のパッキング撤去後は再び協力会社と当社の社員、および監理者が全数チェックを行った。都合、5 回のチェック体制で、注入忘れが生じない様に管理した。

写真-21 にグラウト注入状況と工事監理者のグラウト注入完了確認の様子を示す。



写真-21 グラウト注入状況、注入完了確認

8. 施工結果

当建物は、2015 年 11 月に着工し、事業主と当社設計担当者と良好な関係を築きながら工事を進めることが出来た。契約工期は 2017 年 12 月であったが、予定から遅れることは一度も無く、順調に工程を消化して 11 月 16 日から内覧会を開始した。計画通りに竣工引渡しをする事が出来たことは、PCa 積層工法の強みを活かした成果であると思う。現場打ちコンクリートの様な乾燥収縮によるひび割れは無く、養生期間も不要であった。施工中は型枠や鉄筋等の余分な資材も無く、躯体工事完了階ではスムーズに仕上げ工程に進むことが出来た。図-7 に全体工程表を示す。

9. おわりに

当社における PCa 積層工法集合住宅の施工は、2002 年 9 月の後原中央東地区第一種市街地再開発事業に遡り、本件で 8 件目となる。当建物はその集大成として、施工面ではこれまでの経験を最大限に活かした計画と実施を行えたと考えている。この報告が今後の同種工事の参考になれば幸いである。

最後に、発注者、近隣の皆様、監督官庁、設計者並びに社内営業・管理・技術支援担当者にこの場を借りて感謝の意を表します。

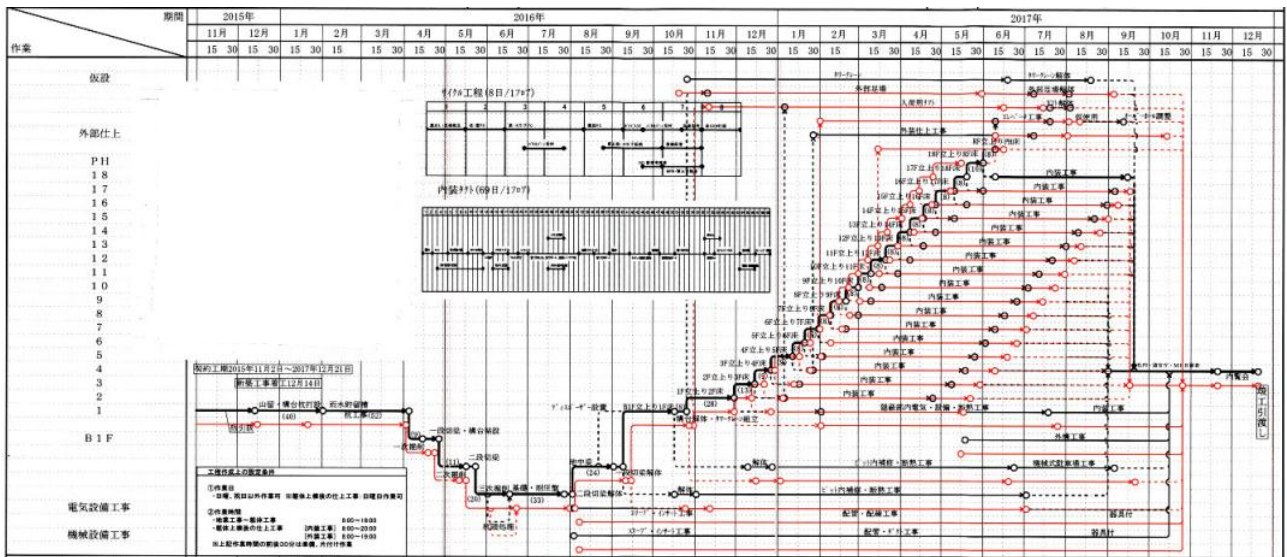


図-7 全体工程表