

PCaPC 工法による換気塔の施工

—SJ62 工区(1)換気所工事 (^{かなめちょう}要町換気塔) —

東京建築支店 PC 工事事部 石田雅宏

概要：要町換気塔は、首都高速中央環状新宿線に新設される9カ所の換気塔の1つとして建設された。他の換気塔と異なり PCa 柱・梁部材を架設し目地モルタル強度発現後、PC 鋼棒と PC 鋼より線にて圧着接合するラーメン構造を採用した。換気塔という建物の機能上スラブが無い為、内部には作業構台を兼ねた足場を設け、緊張側には連層システム足場を組みサイクル工程に合わせて順次せり上げし工事を行った。

Key Words：PCaPC 工法，換気塔，ラーメン構造，仮設計画，引っ掻き試験

1. はじめに

中央環状新宿線は都心環状線の慢性的な渋滞を解消すべく、都道環状6号線(通称 山手通り)の地下に2007年12月開通を目指して道路工事が進められている。全線がトンネルとなっているため換気塔は、坑内の「換気」および火災が発生した場合に煙を排出する「排煙」の2つの機能を有している。坑内の排気ガスは空気浄化装置を通して大気中に放出されるが、沿道にはマンションやビルが林立し地上高く舞い上げなければならないため、地上から45mの高さに設定された。本換気塔は、給排気用のファン数が多いため他8カ所の換気塔と規模が異なり PCaPC フレームによるラーメン構造が採用された。

2. 工事概要

2.1 工事概要

工事概要を以下に、建物外観を写真-1に示す。

工事名称 : SJ62 工区(1)換気所工事
主要用途 : 高速道路トンネル用換気所
工事場所 : 東京都豊島区千早町1丁目地先
発注者 : 首都高速道路(株)
設計 : (株)大建設計
監理 : 首都高速道路(株)
施工 : 間・東洋・太平特定建設共同企業体
PC 施工 : (株)ピーエス三菱 東京建築支店
全体工期 : 平成17年3月5日～平成19年12月31日
PC 工期 : 平成18年11月1日～平成19年3月31日
構造・規模 : PCaPC 造, G.L+45,000mm(11層)
建築面積 : 2,054m²
延床面積 : 9,154m²



写真-1 建物外観



石田雅宏

2.2 PC 構造概要

図-1に基準階平面図, 図-2に断面図を示す. 標準階高は基準階で 4,500mm であるが, 最上階で 4,000mm である. 1フロア当たり柱8P, スパン梁4P, 桁梁6P, 小梁5Pの構成となっている. (外壁カーテンウォール(以下, 外壁 CW)は施工範囲外) 表-1に PC 部材諸元を示す. なお PC 部材は当社茨城工場にて製作した.

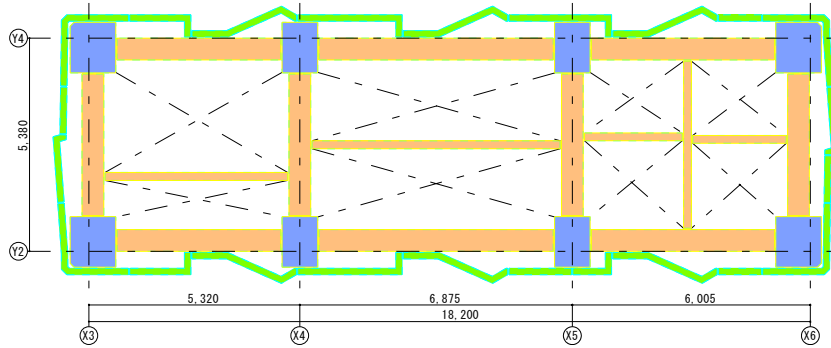


図-1 基準階平面図

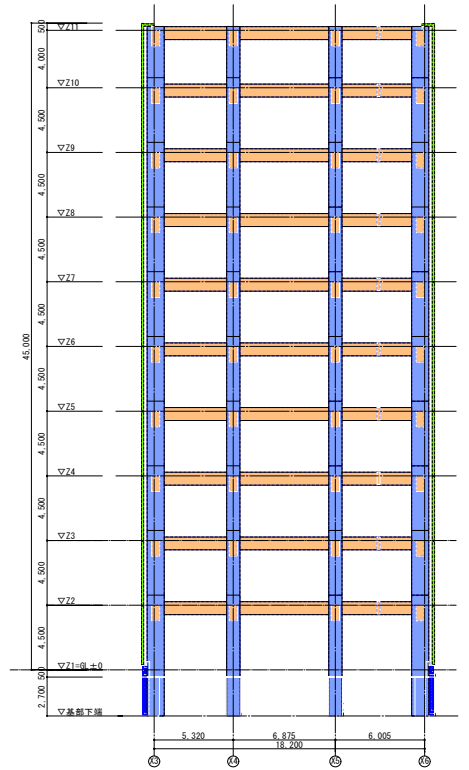


図-2 断面図

表-1 PC 部材諸元

部材種類		断面寸法 (mm)	使用鋼材	設計基準強度 (N/mm ²)	1P当り重量 (t)
柱	隅柱	1,100 × 1,150	20,16,12-36φ	60	17.9
	中柱	850 × 1,150			13.9
梁	スパン梁	550 × 1,100	12~4-15.2φ		5.4
	桁梁	550 × 900			5.7
	小梁	200 × 800		2.5	

図-3に柱梁パネルゾーン詳細の一例を示す. 柱部材にはPC 鋼棒 C種 36φ, 梁部材にはPC 鋼より線 15.2φおよび 17.8φを使用し PC 圧着工法によりフレームを構築した. また, 柱頭部分に関して定着具が取り付けく部分は収まりの関係上 100mm 外部側に, その他の部分は縁辺距離を確保するため 25mm それぞれ柱脚部分より大きな形状とした.

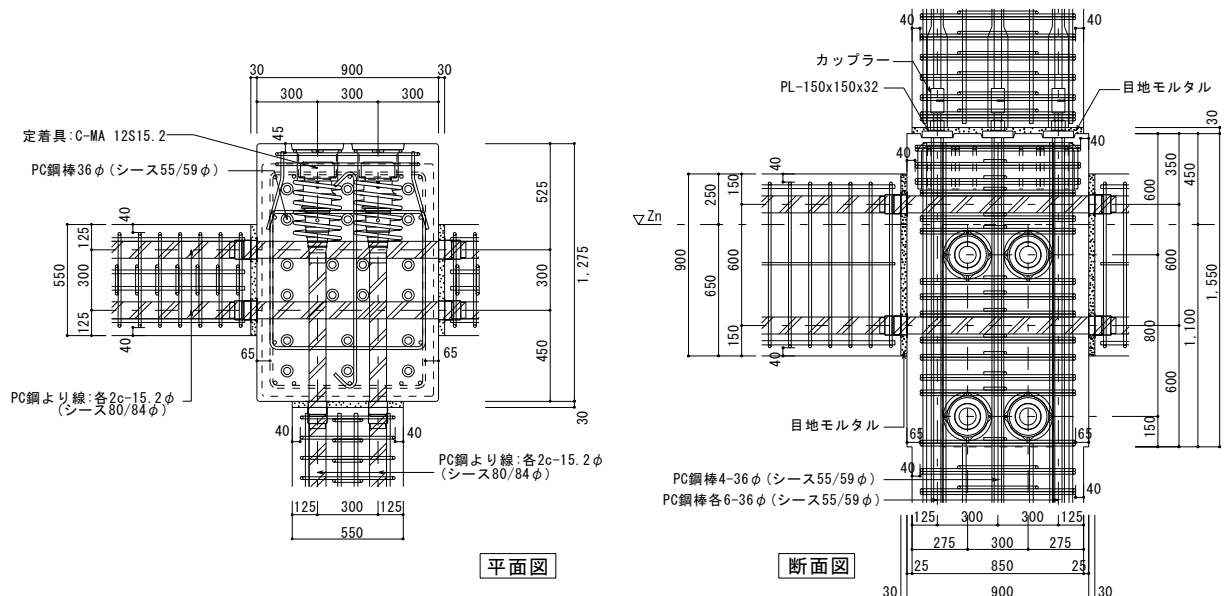


図-3 パネルゾーン詳細図

3. 揚重機・仮設計画

3.1 揚重機計画

図-4に揚重機配置図を示す。建物高さ、部材重量（柱部材でmax 17.9ton）を考慮して300tonクローラクレーン（48mブーム、ラフティング仕様）とした。土木トンネル工事との絡みでクレーン設置場所の構台補強が限定されたため、クローラクレーンの位置が計画当初より遠くなり39mジブを採用した。

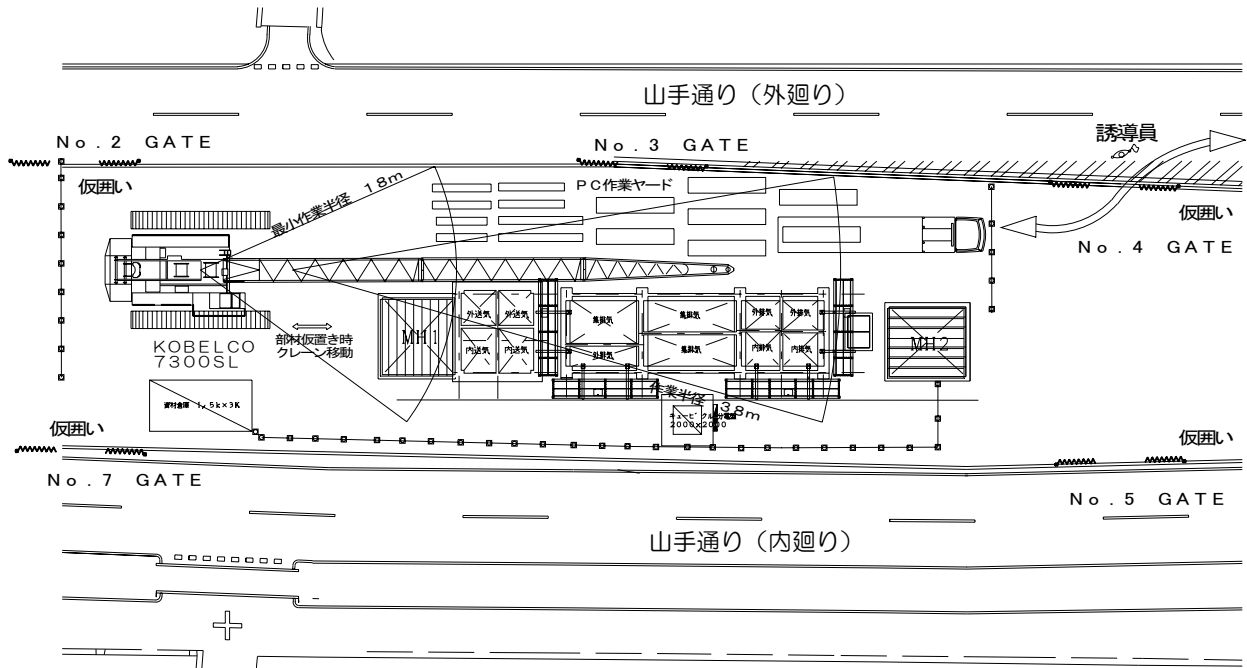


図-4 揚重機配置図

3.2 仮設計画

3.2.1 内部足場

通常工事の場合スラブ上が作業スペースとなる。しかし、換気塔という建物の機能上スラブが無いので、内部足場は作業構台を兼ねたTS部材による足場計画とした。写真-2に示すように、作業フロアまで内部足場が立ち上がっているため作業性・安全性の両面で良好であった。特に柱PC鋼棒の緊張作業では、通常ジャッキの横移動と梁架設が重なりクレーンの取り合いになる場合が多かったが、本工事ではジャッキの移動にクレーンを使用しないので作業効率が上がった。



写真-2 内部足場

3.2.2 外部足場

外部足場については、緊張端側は梁PC鋼より線の通線および緊張作業に対応するため、連層システム足場を1フロア分組み立てサイクル工程に合わせ、クレーンを使用して順次せり上げていった。概略図を図-5に、せり上げ状況を写真-3にそれぞれ示す。PC梁上に固定金物を取付け、製作もののフレームにて荷重を受けている。（状況を写真-4に示す。）足場材として日綜産業の3S材を採用し、水平材のピッチを細かくすることにより、床レベルを様々な状況に対応できるようにした。また、外壁CWを引き

込んで取り付けるため支障が無いように出寸法を 1,200mm に設定した。固定端側の足場は、跳ね出し足場を組み、盛り換えながら対応した。

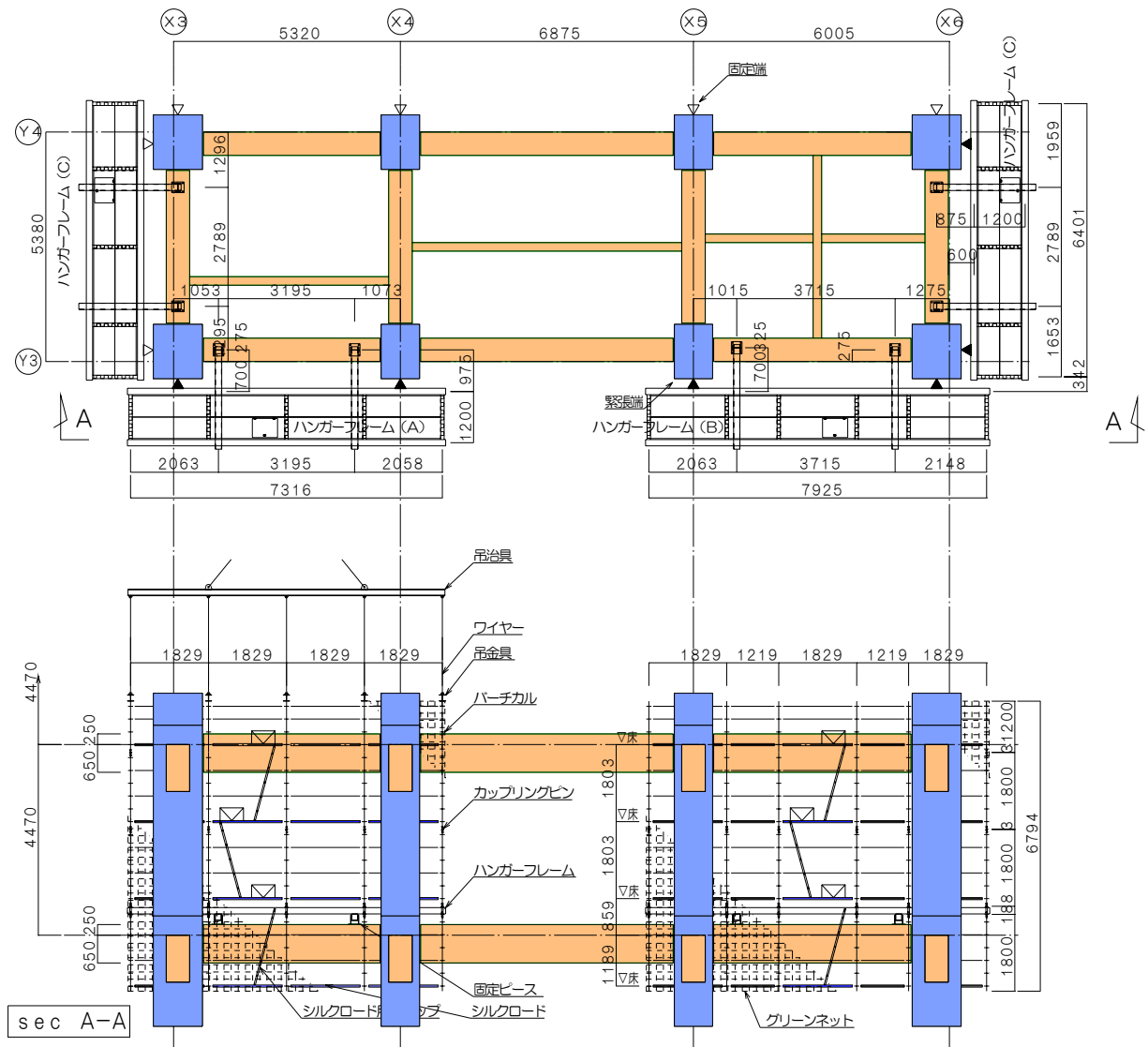


図-5 連層システム足場概略図



写真-3 連層システム足場せり上げ状況



写真-4 連層システム足場固定金物

4. サイクル工程

表-2にサイクル工程を示す。柱建て方から外部足場のせり上げまでを1サイクルとし、架設→目地→緊張→グラウトの一連作業を終了するように計画した。作業員の人数は8人で設定し、サイクル工程が軌道に乗るまでは2名ほど増員した。今回は冬季の施工となるので、目地モルタルの強度発現に伴うPC鋼棒の緊張時期が一番の問題となった。使用材料であるMG-15Mハイパーの性状試験では5℃の環境下で材齢2日強度が43 N/mm²であることから、1サイクルを6日に設定し柱の目地モルタルを土曜日に打設して、材齢2日目の月曜日に緊張することによってこの問題を解決した。

外壁CW取り付け用ファスナーを現場にて溶接する必要があるため、PC部材の先行搬入を5日目にして架設までに溶接が完了できるようにした。(事前の打合せでは、溶接箇所が柱16箇所、梁72箇所の合計88箇所あり溶接作業に2日要するとのことだった。)このファスナーは梁部材下面にもあり、溶接の作業性を考慮して梁を仮置きする際、部材を横倒ししなければならず手間を要した。また、建築主から近隣に対して外観のイメージを早く見せたいとの要望があり、7層のサイクル終了後PC工事を1週間中断し3層分の外壁CW取り付け工事を行った。

サイクル工程の利点で、作業員に慣れが生じたことや、上層階では鋼材数量が減るため工期途中から6日目に前倒しで柱の建て方を行えるようになった。

表-2 サイクル工程表

サイクル		1日目							2日目							3日目															
項目	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
作業工程	墨出																														
	養生(足場)		各種足場復旧						固定端側足場掛け																						
	柱・梁PC架設		柱PC建て方					建入れ調整																							
	目地工事	材料荷揚げ	柱目地型枠					柱目地モルタル注入																							
	柱緊張																														
	梁鋼線挿入																														
	梁緊張																														
	グラウト 柱																														
	グラウト 梁																														
	PC補工事																														
ヤード		柱PC 建て方						梁PC 搬入																							
クローラークレーン		柱PC 建て方						梁PC 搬入																							
サイクル		4日目							5日目							6日目															
項目	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
作業工程	墨出																														
	養生(足場)		内部足場嵩上げ																												
	柱・梁PC架設																														
	目地工事																														
	柱緊張																														
	梁鋼線挿入																														
	梁緊張																														
	グラウト 柱																														
	グラウト 梁																														
	PC補工事																														
ヤード																															
クローラークレーン																															

5. 施工

本工事の施工における特徴を以下に示す。併せて施工状況を写真-5から写真-10に示す。



写真-5 柱建て方状況



写真-6 梁架設状況



写真-7 柱PC鋼棒の緊張状況



写真-8 PC鋼より線通線状況



写真-9 PC鋼より線緊張状況



写真-10 グラウトプレート取付状況

5.1 第三者災害防止

供用中の山手通り中央部分に建設することから、飛来落下により第三者災害が発生することが懸念された。特に、ケーブル切断時に発生する火の粉およびグラウト注入時にグラウト漏れによるグラウトの飛散が問題となる。火の粉に関しては切断箇所をスパッターシートで覆い火の粉が落下しないようにした。グラウトの漏れに関しては、写真-11に示すようにグラウトプレート部分をビニールシートにて養生した。



写真-11 グラウトの漏れ養生

5.2 緊張時の目地モルタル強度確認

強度の確認方法は試験機関にて圧縮試験を行うのが一般的であるが、試験機関まで供試体を運搬し緊張する日の朝一番に試験しなければならないなど実務上困難な場合が多い。そこで今回は実験的に、日本建築仕上学会により提案されている引っ掻き試験器により強度を確認した。図-5に試験器概要図を、写真-12に試験状況を示す。これはトリガピン部分を供試体に押し当て、コンクリート表面に付いた引っ掻き傷の幅を測定することにより強度を推定する方法である。これにより煩雑な手間を省き、緊張作業に速やかに進むことが出来た。また引っ掻き試験と併せて再確認としておよそ半数に対して圧縮強度試験を実施した。この結果と比較すると引っ掻き試験は $15\text{N}/\text{mm}^2$ ほど低い値を示すが、これは安全側に出ているので引っ掻き試験の有用性が確認された。

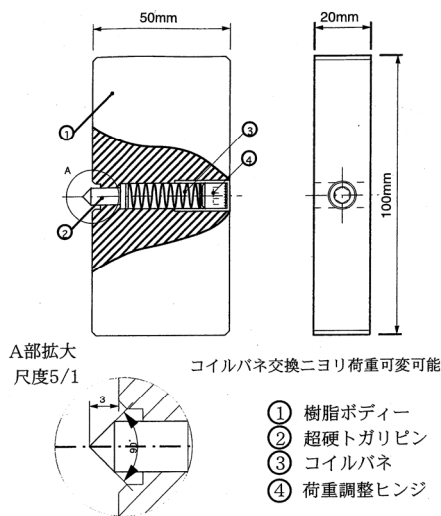


図-5 引っ掻き試験器



写真-12 試験状況

5.3 柱の建入れ確認

柱の建入れはPC鋼棒をインパクトレンチにて仮緊張することによって調整した。通常X,Yの2方向にトランシットを据えて確認するが、本工事ではトランシットを据える場所が無いため、風の影響を受けないダイヤル下げ振りを使用した。使用状況を写真-13に示す。これは部材表面に当てることにより部材の倒れがmm単位で表示されるので、品質管理上の取付け精度 $\pm 5\text{mm}$ を測定することができる。しかし、部材表面に凹凸があるとその部分を拾って測定してしまうので、型枠面にねじれがあると正確な値が測定できない。



写真-13 ダイヤル下げ振り使用状況

5.4 グラウトの洗い水処理

換気塔の地下部分では土木トンネル工事が行われているため、グラウト作業終了時に機材を洗う際の洗い水を地中に流すことができなかった。そこで練り場の床にコンパネを敷きブルーシートで覆い洗い水がこぼれないようにし、さらにミキサー、ホッパーの外面は養生テープを貼った。写真-14にグラウト練り場状況を示す。また、トンネル工事の共同溝埋め戻し部分に廃棄場所を確保し、そこにポンプでグラウトの余りと洗い水を捨てるようにした。



写真-14 グラウト練り場状況

6. まとめ

本工事において以下の点でPCaPC工法のメリットを発揮することができた。

① 高耐久性構造によるメンテナンスフリー

躯体外部は外壁CWに囲まれ、内部は押出成形セメント板が取付くために、竣工後は交通規制を敷きゴンドラなどを設置しなければ躯体の健全状況を確認することができない。そこで工場で製作された部材を現場にて組み立てるこの工法なら、品質および施工管理を適切に実施すればメンテナンスフリーで十分な性能が得られる。

② サイクル工程による工事内容の明確化

土木トンネル工事と並行して工事が行われているので、土木工事担当者の建築工事に対する理解を得ることが重要である。本工事ではサイクル工程を6日と設定したことで、曜日毎に作業内容が一定しているので、この曜日には換気塔はどのような作業をしているかということが容易にわかるので搬入の調整などはうまく行われた。サイクル工程を短縮することも可能であったが、この流れを壊すと土木工事の搬入などの絡みが複雑になるので、サイクル工程の短縮は図らなかった。

謝辞

トンネル内の換気塔として、都心にこのような建築物を建設するのは世界的に見ても例が無く、その中でもこの要町換気塔は工法・規模とも他の換気塔と異なっていた。道路内の建物で敷地も限られているという悪条件の中で無事に竣工できたのは、首都高速道路(株)東京建設局、(株)間組、当社本社設計部PC構造グループ、東京建築支店ならびに東京土木支店の皆様より、貴重な助言やご協力をいただいたからだと思います。紙面を借りてここに御礼申し上げます。