

プレキャスト換気塔の製作・架設

東京土木支店 PC 工事部 千田秀之
東京土木支店 茨城工場 木暮明仁

概要：首都高速中央環状新宿線は、池袋・新宿・渋谷などの主要拠点を結ぶ環状線として工事が行われている。この工区のほぼ全線（11km）はトンネル構造である為、トンネル内の空気を循環させ吸気・排気を行う施設（換気所）を9ヶ所設置する。換気塔はこれら換気所の排気を行う煙突であり、全13塔の設置を行う。構造的には正六角形状のプレキャスト部材で構成され、阪神・淡路大震災クラスの大震災に耐えられる耐震構造である。製作・架設にはセグメント桁やPCウエル等の従来の技術を採用しているが、本稿では換気塔の製作・架設手順を解説するとともに、当工事で要求された安全・品質・工程管理について報告を行うものとする。

Key Words：換気塔，プレキャスト部材，ブラケット足場

1. はじめに

換気塔は、地上高さ約45mで断面形状が六角形（一辺が約3m）であり、外周面は周囲の景観との調和を考慮して斜め方向に凹凸が施されており、光触媒塗装の仕様としている。

プレキャスト部材のブロック割りは、鉛直方向で18分割（高さ2.5m，重量44t）とし、また、運搬可能な重量・大きさから水平方向で2分割（約3m×6m，重量22t）とした。

水平方向2分割の部材は型枠1体によるマッチキャストで製作する。鉛直方向については、20mmの水平目地を設けているが、組立精度として出来形寸法の規格値及び部材の目違いを±5mm以内とするので、高い製作精度が要求された。

2. 工事概要

換気塔は、山手通り（片側2車線）の中央分離帯のエリア内に構築するが、その作業帯幅は18m程度と狭く、45m上空の作業高さからは第三者（車両・歩行者・建築物）通行帯は作業直下に等しい。

第三者通行帯の頭上または換気塔周囲の地上からの防護設置は、そのスペースの確保及び管理上の理由より適当でないと判断し、プレキャスト部材架設時毎に設置するブラケット型の防護兼足場を採用した。

プレキャスト部材は茨城工場で作成後、運搬に低床トレーラーを用い、取り出し・架設にトラッククレーン（またはクローラー）を使用した。現場では部材を水平方向接合する接合ヤードと接合した部材を仮置いてブラケット足場をセットする仮置きヤードを設置した。（架設ヤード平面図を図-1に示す）

水平方向の接合は、接合面（マッチキャスト面）に接着剤を塗布し、PC鋼棒にてプレストレスを与えた。

鉛直方向の接合は、鉛直鉄筋を機械継手にて接続し、目地モルタルの硬化後、PC鋼棒でプレストレスを与えた。架設工程は、当初3.0日/段を1サイクルと想定していたが、2.5日/段の工程短縮を図り、換気塔1塔の施工日数は2.5日×18段=45日（実働）を目標とした。（全体工程は表-1に示す）



千田秀之



木暮明仁

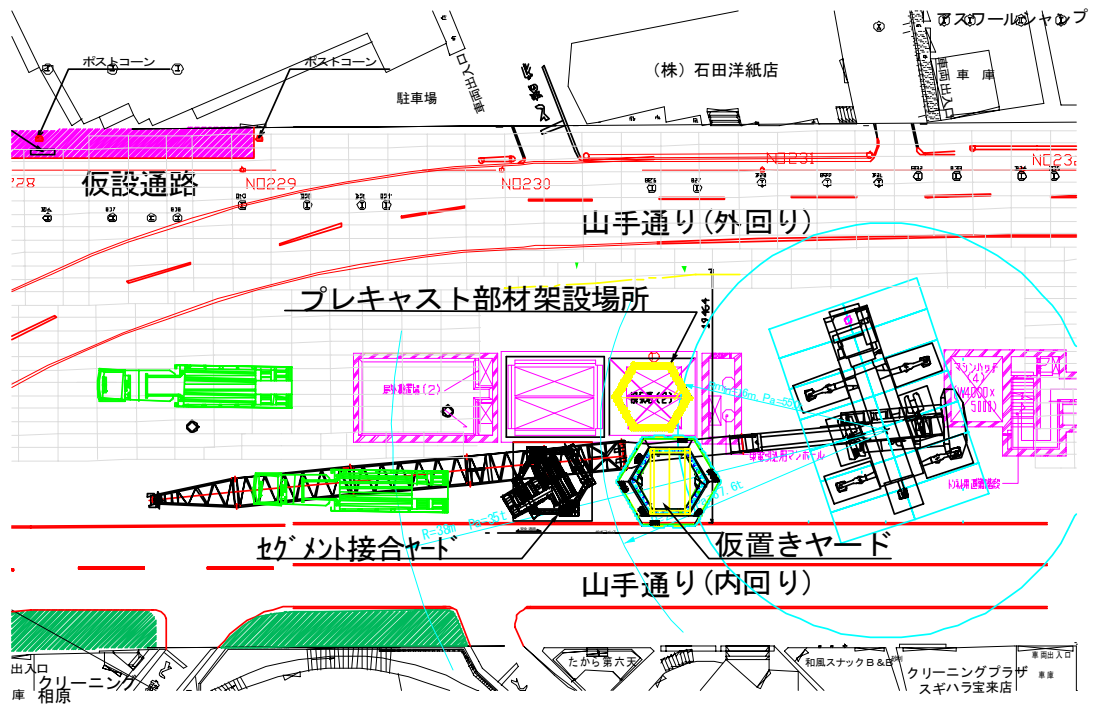


図-1 架設ヤード平面図

表-1 全体工程表 (換気塔 1塔当たり)

工種	細別	年 月								摘要	
		1	2	3	4	5	6	7	8		
工場製作	準備・材料手配	■	■								
	型枠整備	■	■								
	部材製作			■	■	■	■	■	■	■	■
	外面塗装			■	■	■	■	■	■	■	■
部材架設	準備・材料手配			■	■	■	■	■	■	■	
	部材搬入・接合・架設					■	■	■	■	■	
	設備工							■	■	■	
	内足場解体									■	

3. 工場製作

3.1 部材の特徴

プレキャスト部材は、図-2に示す様に六角形を水平接合面で2分割にして製作した。1部材の重量は約22tであった。外周面は、斜め方向に凹凸模様が有る為、ゴム製の化粧マートを鋼製型枠面に貼り付けて、製作を行った。

プレキャスト部材製作にあたり、安全・品質・工程管理上留意した事項は、以下の通りである。

- 安全**・・・アンバランスな形状の製品の吊り込み方法
- 品質**・・・出来形精度の確保
- 工程**・・・1段分(2部材)を2日間で製作する工程の確保

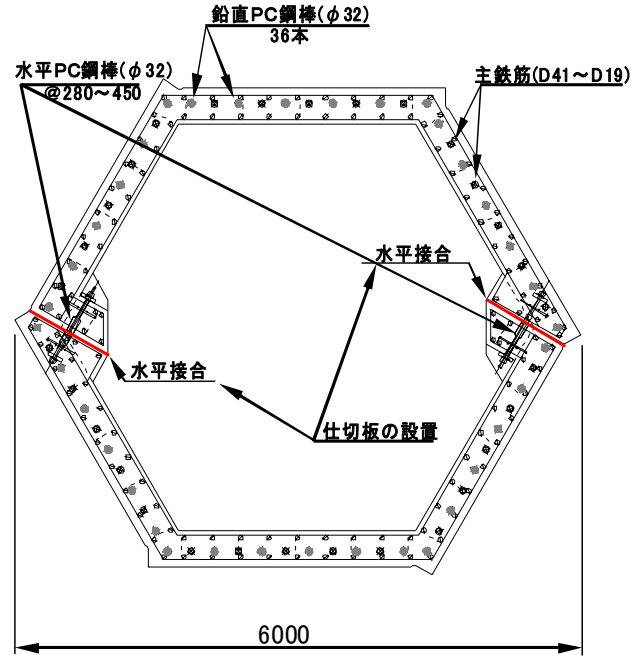


図-2 換気塔断面図

3.2 製作フローチャート

製作のフローチャートを表-2に示す。

鉄筋は、鉄筋組立ヤードにて予め組立てて工期短縮を図り、組立ゲージにて組立精度を確保した。

製作は、2日で1段のサイクルとした。各段で鉛直鉄筋の径・水平PC鋼棒の位置・インサートの位置等が異なるので、型枠の改造作業が必要であった。

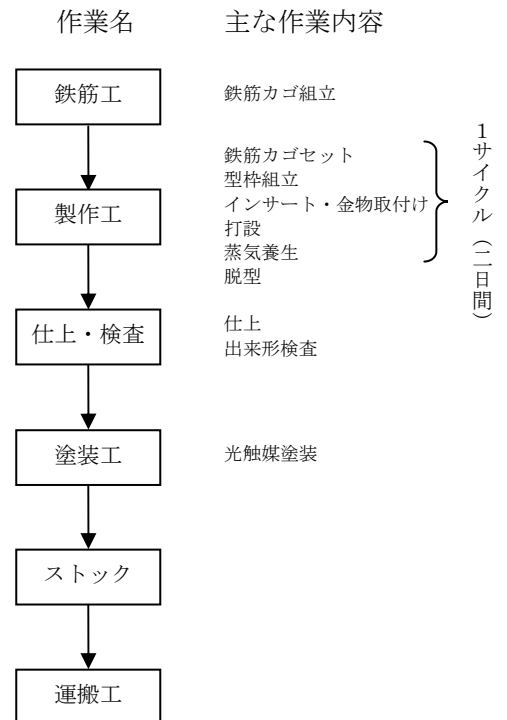
コンクリートの打設は、1.5m³ホッパーにてクレーン打設を行った。内部振動と外部振動の併用で、締め固めを行った。

脱型後、部材の仕上げ・出来形検査を行い、ストックヤードで外面部の光触媒塗装を行った。

工場でのストックは、最大で2塔分(72ピース)であった。

運搬は、低床トレーラーを使用し1台に1ピース(半割り形状)を積み込み、運搬した。

表-2 製作フローチャート



3.2 製作状況

3.3.1 鉄筋組立

鉄筋は工程短縮を図るため、予め組み立てて置いた。図-3、写真-1に示す鉄筋組立架台を使用し組立精度を確保した。

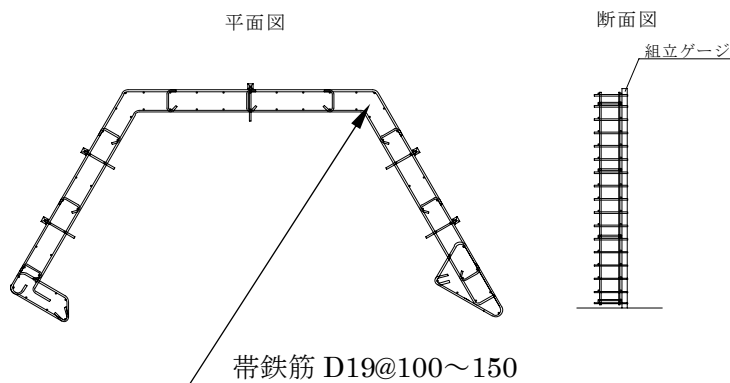


図-3 鉄筋組立架台



写真-1 鉄筋組立

3.3.2 型枠組立

型枠は出来形寸法、PC 鋼棒及び鉛直鉄筋の位置の精度を確保するため、剛性の高い鋼製型枠を使用した。

(写真-2)

外型枠面には、斜め方向の凹凸模様のゴム製化粧マットを貼り付けて製作を行った。

六角形の外枠は、スライド方式にして組立・脱型を容易にした。(写真-3)

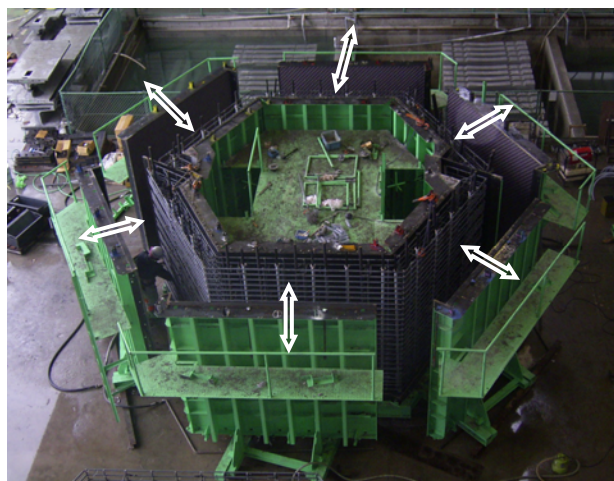


写真-2 型枠全景

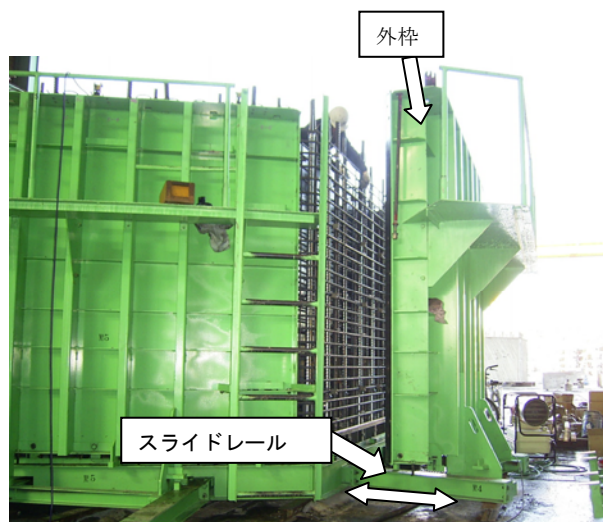


写真-3 外枠スライド方式

水平接合面は、仕切板（鉄板 $t=9\text{mm}$ ）を挟んで組み立てた。(写真-4)

固定側 PC 鋼棒は、アンボンド PC 鋼棒を使用し、カップラーもアンボンド処理を施した。(図-4)

このアンボンド処理により、製作時のグラウトホースの仕込みを省き、現場での PC 鋼棒の接続を容易に行えるようになった。

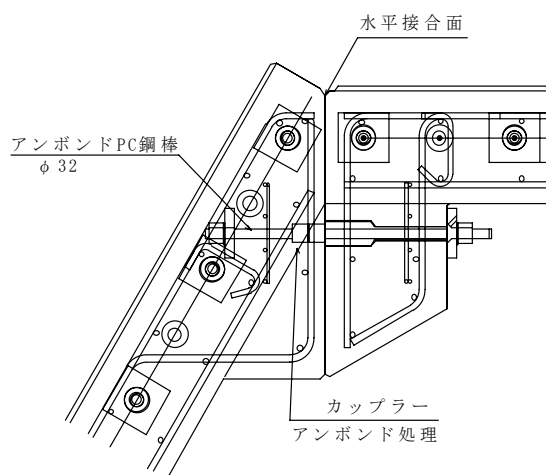


図-4 水平接合部詳細図

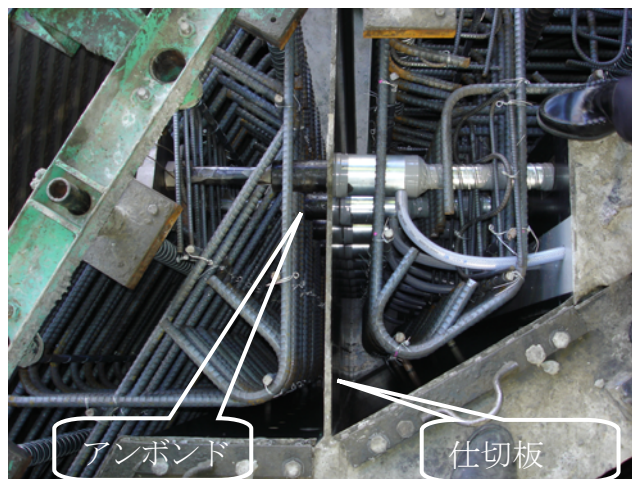


写真-4 水平接合部

3.3.3 コンクリート打設

コンクリートは、リブ面に回り込む様に、スランブ 18cm とし流動性を確保した。打設面は、鉛直主鉄筋やアンカープレートが密にあるため、投入には、専用の打設シュートを使用し打設した。(写真-5)

打設後の養生は、大型のシートで型枠ごと覆い、一晚高温促進養生(蒸気養生)を行った。(写真-6)



写真-5 コンクリート打設



写真-6 養生状況

3.3.4 脱型・光触媒塗装

プレキャスト部材の吊り込みは、専用の吊り治具を製作し、アンバランスな形状の部材を水平に吊れる様に工夫した。(写真-7)

ストックヤードでは、部材養生後、部材外面に自浄効果がある光触媒塗装を行った。(写真-8)

塗装作業は、洗浄・下塗り・上塗りの3工程とした。

3.3.5 ストック・運搬

ストックヤードでは、換気塔2塔分(72ピース)をストックした。(写真-9)

運搬には低床トレーラーを使用し、1台に1ピースを積み込み・運搬を行った。その際、塗装面を傷めないように、細心の注意を払った。(写真-10)

なお、運搬に際しては特殊車両通行許可を申請し、夜間の運搬となった。



写真-7 吊り込み状況



写真-8 光触媒塗装



写真-9 ストック状況



写真-10 積載状況

4. 現場架設

4.1 施工上の留意点

プレキャスト部材は、埋め込みアンカー4ヶ所で吊り込むため、取り出し時および架設時それぞれ専用の吊り治具を製作した。この吊り治具の使用により荷重を吊りワイヤー4本に確実に効かせ、水平度の微調整を可能にした。(写真-11, 12)

部材接合架設にあたり、安全・品質・工程管理上留意した事項は、以下の通りである。

安全・・・高所からの資機材飛来・落下の防止

品質・・・出来形精度の確保、水平目地部(20mm)の無収縮モルタル充填確認

工程・・・架設1サイクルを2.5日間で行う工程の確保



写真-11 プレキャスト部材
取り卸し
(吊り治具使用)

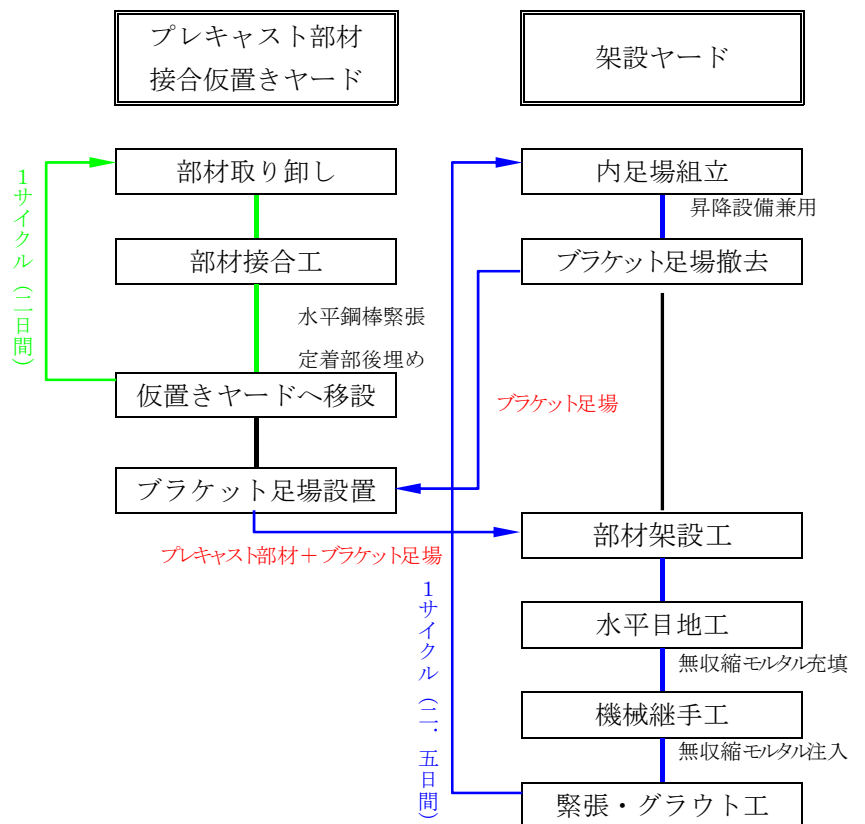


写真-12 プレキャスト部材
架設
(吊り治具使用)

4.2 施工フローチャート

施工フローチャートを表-3に示す。

表-3 施工フローチャート



作業エリアが充分確保できない現場条件の中で、部材仮置きヤードの設置は必須条件であった。

搬入・接合したプレキャスト部材を仮置きヤードに移設することにより、架設工程に左右されず次の部材を搬入して接合工の施工を進め、作業効率の向上を図った。また、架設完了した部材から吊り降ろしたブラケット足場を直接仮置き部材に設置し、部材と共に吊り上げることで作業工程を短縮した。

4.3 施工状況

4.3.1 プレキャスト部材水平接合工

接合ヤードはベースコンクリートを打設し、接合台をレベルに設置した。プレキャスト部材をスライドして接合するため、底版には塩ビ板 (10mm+10mm, グリス塗布) を配置した。

2分割の部材を 20cm 程度の間隔を空けて取り出し、水平PC鋼棒を接続する。(写真-13, 14)

接着剤塗布後、部材内面に予め埋め込んだインサートアンカーを使用してレバーブロックにて引き寄せ作業を行った。(図-5)

PC鋼棒の緊張は接合面のなじみを取るため、片側3本の予備緊張(本緊張の60%)後、本緊張を行った。緊張ジャッキは2台使用し、左右同時に緊張した。(写真-15)

緊張後、定着部後埋めとして無収縮モルタルを打設した。(写真-16)

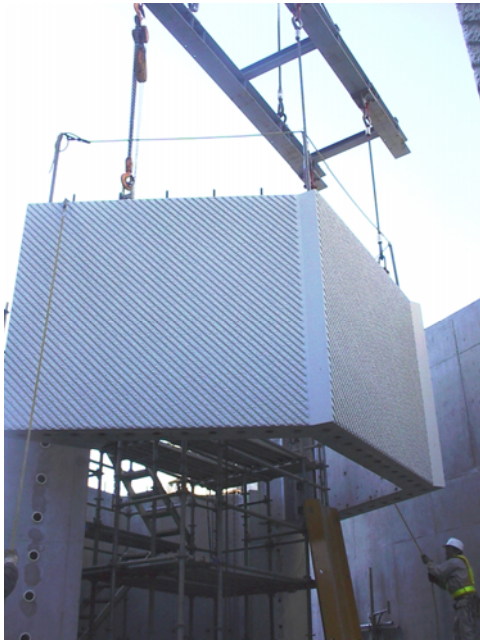


写真-13 部材取り出し



写真-14 PC鋼棒接続、
接着剤塗布

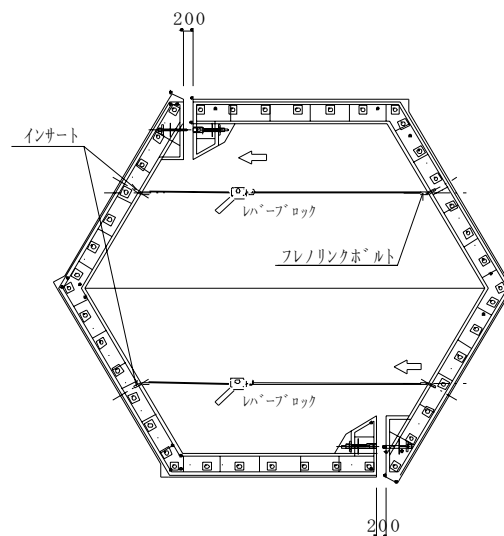


図-5 部材引き寄せ作業

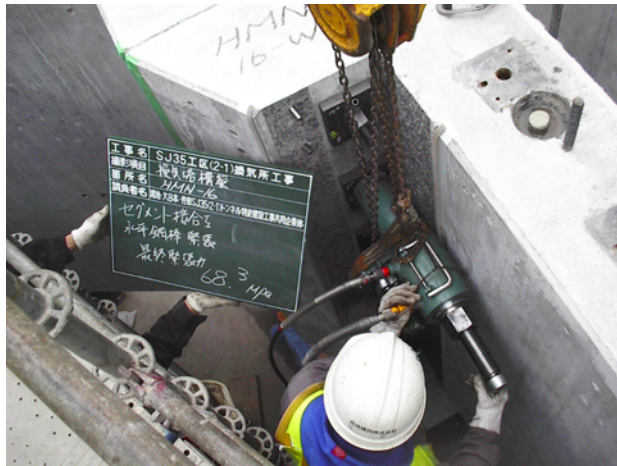


写真-15 水平部鋼棒緊張

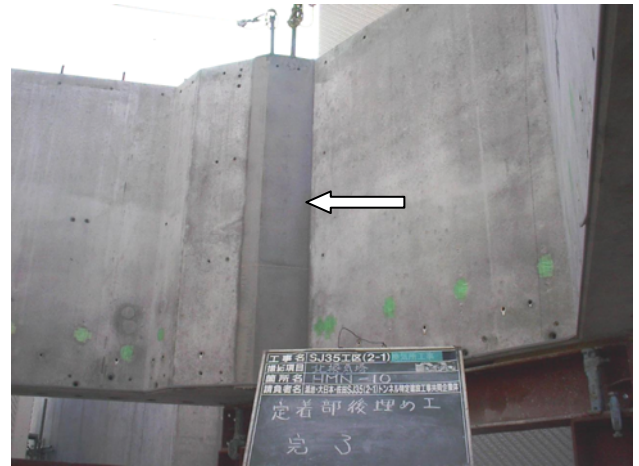


写真-16 定着部後埋め

4.3.2 プレキャスト部材仮置き・ブラケット足場

水平接合したプレキャスト部材を仮置きする架台を設置した。ブラケット足場を設置するため、H鋼材を井型に組み立てて架台とした。(図-6、写真-17)

ブラケット足場は、チャンネルで加工したブラケットを鋼管パイプと縞鋼板で六角に組み立てた構造で、一般道路と隣接しているため、足場外面は全面メッシュシート養生を行って墜落落下および飛散防止の徹底を図った。(写真-18) また、ブラケットにガイドローラーを取り付けてプレキャスト部材に通す際の定規とし、設置後の振れ止めにゴム製の押さえ金具を使用して部材外面の養生を行った。(写真-19)

部材外面とブラケット足場の隙間(4cm)は、合板をスライドさせて養生した。(写真-20)

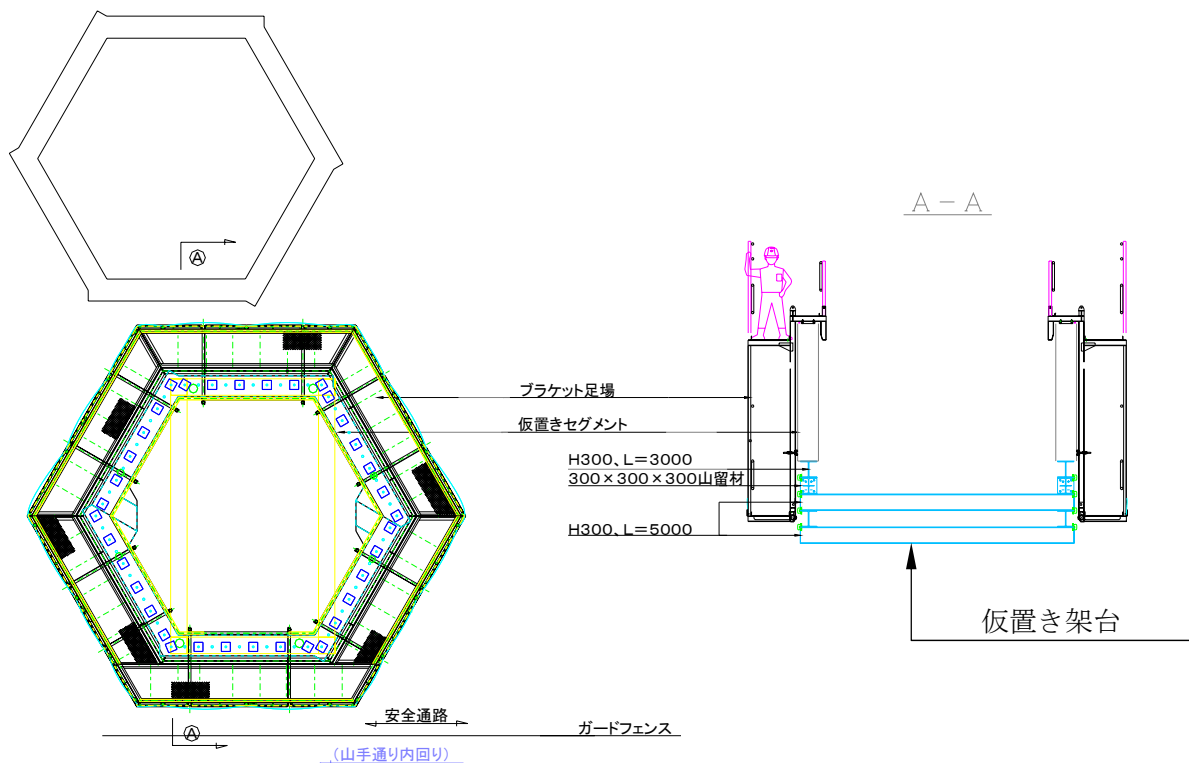


図-6 部材仮置き、ブラケット足場設置図



写真-17 ブラケット足場設置
矢印方向へ降下



写真-18 足場防護内側

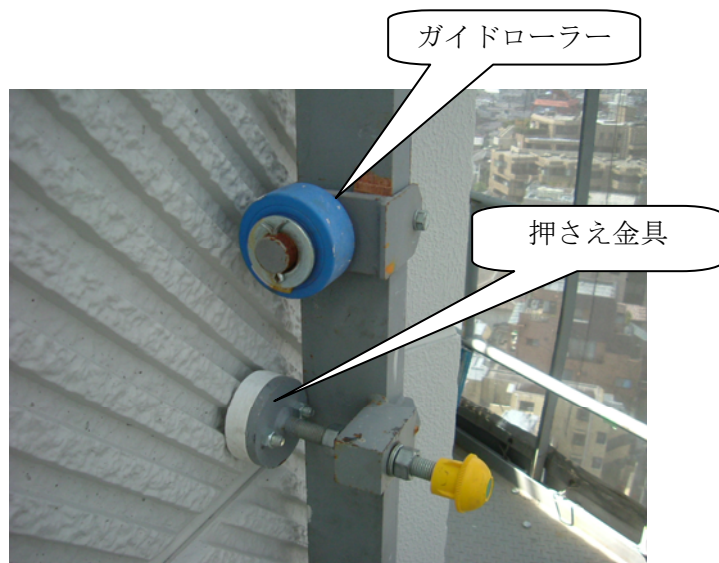


写真-19 ガイドローラーおよび
押さえ金具



写真-20 部材と足場の隙間養生

4.3.3 内足場組立

プレキャスト部材架設時の施工用足場として換気塔内側全面に支柱式足場を組立て、地下の設備階からの昇降設備兼用とした。

4.3.4 プレキャスト部材架設

架設前に予めレベル測量を行って、既設のプレキャスト部材天端に塩ビ製ライナー（板厚 $t=1,3,5,10\text{mm}$ ）を配置し、水平度の許容値を $\pm 5\text{mm}$ で高さ調整を行った。また、天端外周に無収縮モルタル充填用のゴムガasketを強力粘着テープにて張り付け、ゴムガasketの縁に止水コーキングを施してモルタル漏れ防止対策を行った。（写真-21）

PC鋼棒を接続するカップラーおよび機械継手のスリーブに差し込まれる鉄筋の部分には、水平目地部に充填される無収縮モルタルの進入を防止するための治具をセットした。（写真-22）

仮置きヤードより吊り上げた部材は、既設部材上に置いた仮置き台（堅木）に預けて鉛直PC鋼棒を接続した。

部材の組立精度は、鉛直度の許容値を（ $\pm 5\text{mm}/1$ 段毎）とし、（ $\pm 10\text{mm}/0$ 段～累計）を管理値として毎回下げ振り（東西南北4方向）にて確認を行ったが、プレキャスト部材の製作精度と組立時の目違いの誤差が複合された見掛けの鉛直度の測定となり、下げ振りの振れ誤差も相まって正確な鉛直度の把握に時間を要した。架設完了状況を写真-23に示す。

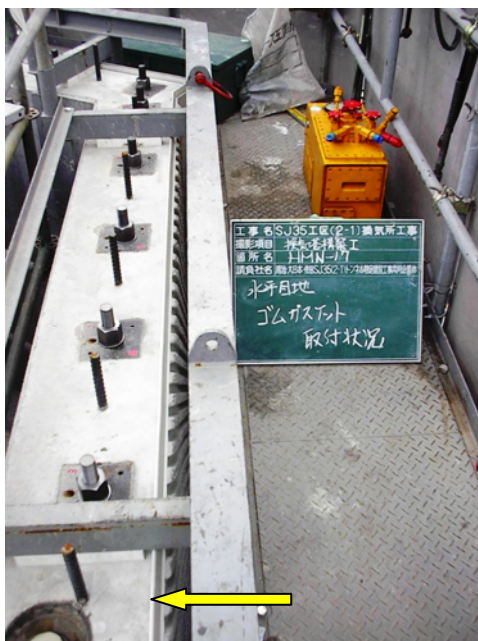


写真-21 ゴムガasket取付
(←)



写真-22 PC鋼棒接続状況
モルタル進入防止治具
(←)

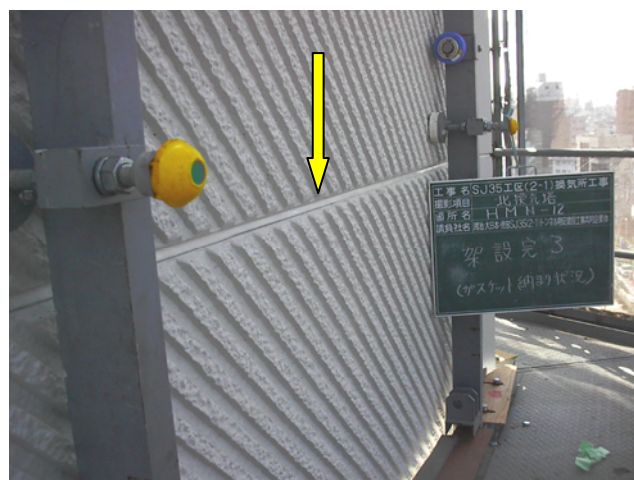


写真-23 架設完了状況

4.3.5 水平目地工

プレキャスト部材内面の目地型枠は、透明塩ビ板を使用し、無収縮モルタルの充填状況が確認できるようにした。型枠は予め部材に埋め込まれたインサートアンカーを使用して組み立てた。(写真-24)

型枠に等間隔に設けたスリーブにグラウトホースを取付け、無収縮モルタルの注入・排出口とした。

充填材料は高強度タイプの無収縮モルタルを使用し、電動モルタルポンプにて充填作業を行った。注入は片押しで1周し、隣のグラウトホースからの排出を確認しながら充填していった。(写真-25)

注入作業時のポンプの圧力は0.1MPa以下を目安とし、注入時間は約60分であった。

圧縮強度は毎回テストピースを採取し、材令18H~24Hで35~50N/mm²の強度発現を確認した。



写真-24 目地型枠組立状況



写真-25 無収縮充填状況

4.3.6 機械継手工

目地型枠脱型後、機械継手のスリーブに無収縮モルタルの充填を行った。

充填材料は、機械継手で評定を取得している指定モルタルを使用し、電動モルタルポンプにて作業を行った。(写真-26)



写真-26 無収縮充填状況

4.3.7 鉛直鋼棒緊張・グラウト工

水平目地の無収縮モルタルの圧縮強度 ($\sigma=35\text{N/mm}^2$) 確認後、緊張作業を行った。

強度確認は無収縮モルタルの材料メーカーの試験所にて行った。

緊張による構造物へ偏心がかからないよう、2台のジャッキを対角線上に配置し、**図-7**に示すと通りの順序で緊張を行った。(写真-27)

緊張完了後、グラウト注入を行った。(写真-28)

○数字は緊張順序

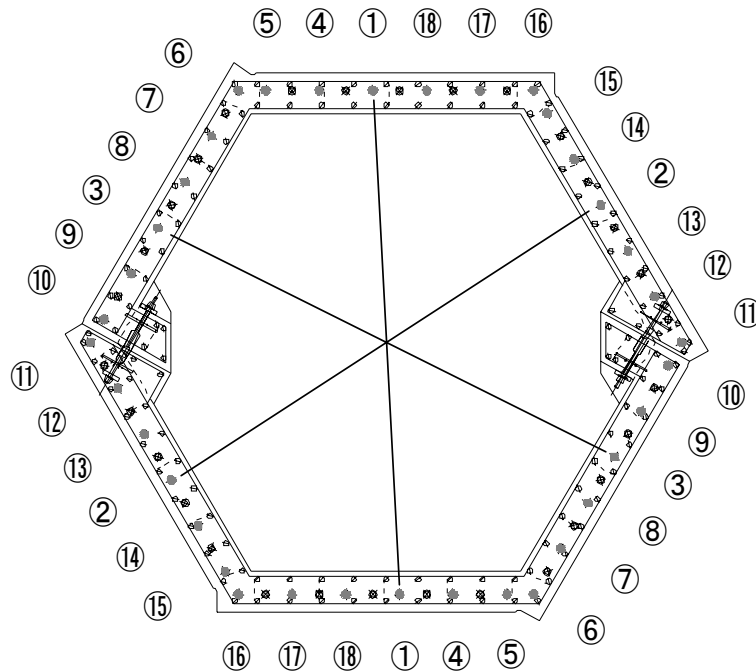


図-7 鉛直鋼棒緊張順序



写真-27 鉛直鋼棒緊張



写真-28 鉛直鋼棒グラウト

5. まとめ

今回4塔の換気塔の施工を行ったが、第三者に対する重要な安全対策としたブラケットによる防護設備は、有効に機能したと考える。できる限りの隙間養生を行い、客先（施主および元請け）からも安心感を保たれる足場として評価をいただいた。また、足場として使用する作業員からも、「メッシュシートによるブラインド効果により高所作業の不安度を押さえられ、スムーズな作業ができた。」との感想があった。

プレキャスト部材は、スライド方式の鋼製型枠の採用により要求された製作精度を確保し、かつ1サイクル2日の工程で製作した。

現場での架設は、当初は不慣れな作業の中で1サイクル3日の工程であったが、塔施工の回数を重ねる毎に1サイクル2.5日の工程は安定的に確保され、より作業効率を良くすれば、1サイクル2日の架設工程も可能とした。

品質管理では、水平目地の無収縮モルタル充填が透明型枠の採用により目視確認ができた。

プレキャスト部材の組立精度については、部材の鉛直度の管理方法に課題を残した。

最後に、換気塔全景を写真-29に示す。

煙突構造物として今回初めてプレキャスト工法が採用されたが、都市土木ではトンネル構造による道路において、同種の換気設備の計画が考えられる。本報告が今後の同種工事の参考となれば幸いである。



写真-29 換気塔全景

謝辞

本工事では、首都高速道路(株)東京建設局施設工事グループの方々の多大なご支援をいただいている。

また、各工区の換気所工事JVの方々の貴重なご助言、ご指導をいただいている。これら関係各位に心よりお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説（I～V），2002.3
- 2) プレストレスト・コンクリート建設業協会：PC橋 コンクリート施工管理の手引き(案)，2002.7
- 3) 奥谷裕介・藤本晋矢：塔状構造体，公開特許公報 実用新案登録 第3117906，2007.4