

# 大規模ごみ処理施設建設工事の施工計画

## Construction Plan of Large-scale Waste Incineration Plant

當房 武道\*1 児玉 伸明\*1 外山 久泰\*1  
Takemichi Tobo Nobuaki Kodama Hisayasu Toyama  
橋本 和彦\*1 住 学\*2  
Kazuhiko Hashimoto Manabu Sumi

### 要旨

今回建設した東大阪都市清掃施設組合ごみ処理施設は、周囲を中小企業の工場に囲まれた東大阪市水走の敷地内にあり、老朽化してきた既設の第三工場と破碎工場の更新施設として計画された。

本報告では施設の概要を説明するとともに、広範囲な地下工事を考慮した仮設計画、プラント施設の施工工程に合わせた施工計画、マスコンクリート対応としたごみピット躯体の温度解析結果、ならびに3次元データと3Dプリンタを活用したラグビーボール型モニュメントの施工について報告する。

キーワード：工区割り 段切り マスコンクリート 温度解析 3次元データ 3Dプリンタ

## 1. はじめに

東大阪都市清掃施設組合ごみ処理施設（以下、本施設）は、歯ブラシから新幹線、そして人工衛星“まいど1号”まで、「モノづくりのまち」として全国的に名をはせている東大阪市に位置する。近くには日本ラグビーの聖地である花園ラグビー場があり、高校ラグビーの開催をはじめとして、平成31年にはワールドカップの開催が予定されている。

本施設は、昭和50年から稼働している第三工場と破碎工場の老朽化に伴う更新施設として、平成18年から計画が進められ、今回の施工に至っている。写真1に本施設全景、表1に工事概要を示す。

本施設は1日当たり400tの処理能力を有するごみ焼却施設および粗大ごみ処理施設を中心として、それに付随する炉室、排ガス処理室、回転破碎機室などで構成されてい

る。さらにごみ焼却時の廃熱を利用した蒸気タービン発電や太陽光発電による電力供給など、クリーンでかつ環境に配慮した施設として計画された。外観には建物を覆う形でゴールキックの際のラグビーボールの軌道をイメージした外装材があり、メインエントランスはラグビーボールをイメージした鉄骨フレームのモニュメントで覆われている。

本報告では工事概要を説明するとともに、広範囲な地下工事を有する仮設計画、プラント施設の施工工程に合わせた工程計画、マスコンクリートとなるごみピット躯体の温度解析結果およびラグビーボール型モニュメントの施工において採用した3次元データと3Dプリンタの活用事例などについて報告する。

表1 工事概要

工事名称	ごみ処理施設建設工事及び付帯工事
工事場所	大阪府東大阪市水走4丁目6番25号
発注	東大阪都市清掃施設組合
設計	JFEエンジニアリング株式会社
監理	株式会社日建技術コンサルタント
施工元請	JFEエンジニアリング株式会社
一時下請	株式会社鴻池組大阪本店
工期	(全体)平成25年2月26日～平成29年3月15日 (新設)平成26年6月10日～平成29年3月15日
用途	清掃工場（ごみ焼却施設、粗大ごみ処理施設）
構造規模 （工場棟）	RC造/S造/SRC造、地上5階 地下2階 建築面積 6,643.16㎡ 延床面積 15,477.11㎡
ごみ焼却施設	焼却能力 200t/日×2炉 計400t/日 焼却炉形式 連続運転式ストーカー焼却炉 蒸気タービン発電機 15,600kW 煙突 高さ70m
粗大ごみ 処理施設	処理能力 50t/5時間 処理方式 破碎・選別方式（鉄、アルミ回収）



写真1 本施設全景

\*1 大阪本店 建築部 \*2 技術研究所

## 2. ごみ処理施設の工事計画の概要

### 2.1 工区分割

本工事はごみ処理用プラントの様々な施設を敷地いっばいに収納する建築工事であり、諸施設の施工順序に配慮した施工計画が求められた。そこで、図1に示すように全体を7つの施工工区に分割し、狭い敷地条件から、プラント・建築工事で共有する作業ヤードを確保するため、A工区についてはあと施工工区とした。

工区分割：

- ① A工区：プラットフォーム（あと施工工区）
- ② B-1工区：ごみピット
- ③ B-2工区：粗大ピット
- ④ B-3工区：回転破砕機室・特高受変電室
- ⑤ C工区：炉室
- ⑥ D工区：排ガス処理室
- ⑦ E工区：タービン発電機室・蒸気復水器・電気室

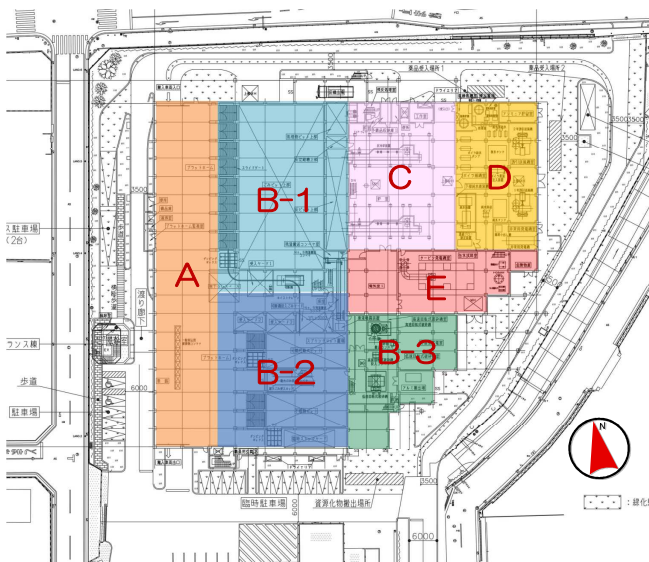


図1 工区分割

#### 2.1.1 地下工事計画

建設地周辺は非常に軟弱な地盤であり、また地下水位も高いことから、山留め壁には剛性の高いソイル連続壁による遮水工法を採用し、支保工は鋼製切梁とした。

建物平面のほぼ全体に地下を有する建物構造のため、地下工事は広範囲となっている。このため、形質変更に伴う汚染水対策工として建物周囲に設置したシートパイルを利用し、敷地全体を段切りすることで施工地盤の基準高さをGL-2.0mまで下げ、ごみピットおよび粗大ピットを除く工区の切梁を廃して、当該地下工事の単独施工を可能とした。

作業構台は工事動線を考慮してB-1工区（ごみピット）

に2箇所、B-2工区（粗大ピット）に1箇所の計3箇所に設置した。写真2に地下工事の施工状況を示す。



写真2 地下工事の状況

#### 2.1.2 揚重計画

建築工事主体の地下工事期間中は、クローラクレーン3台（90t、65t、50t）を主要揚重機とした。

プラント工事開始以降は、プラント施設用として定置式タワークレーン1基（700t・m）とクローラクレーン1台（200t）を、建築工事用として定置式タワークレーン1基（230t・m）とクローラクレーン2台（90t、65t）を配置した。写真3に地上工事の状況を示す。



写真3 地上工事の状況

### 2.2 工程計画

施工手順が異なる建築工事とプラント工事間の調整をするため、各工区のプラント工事着手日、大型機器の取込み期日を基準として、工区ごとに単独の施工工程を作成した。概略工程表を図2に示す。

各工区の基本的な施工工程は、まず建築工事ではプラント機器の基礎までの躯体を構築した後にプラント工事に引渡し、プラント機器の据付け後、再び建築工事にて上屋をかけ、仕上げを行う手順となる。また、作業ヤードとするあと施工のA工区が全体工程に影響を及ぼさないよう、その工事着手日を重要なマイルストーンとして設定・管理した。

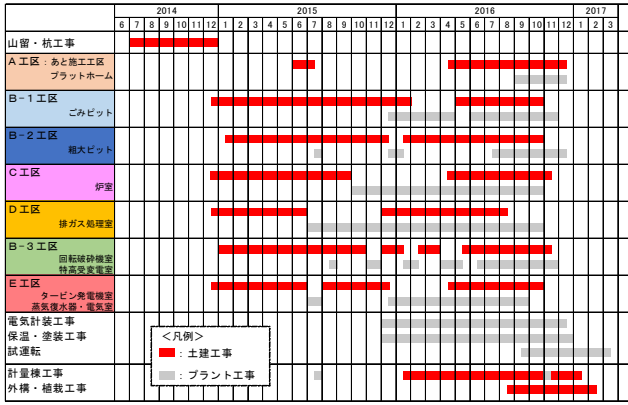


図2 概略工程表

### 3. ごみピットコンクリートのひび割れ対策

本工事におけるごみピット部コンクリートは、部材寸法が大きく、マスコンクリートとなるため、施工に先立ち、コンクリートの調合選定、温度応力解析を行い、温度ひび割れの発生に関する検討を行った。実施工時の品質管理では部材温度を測定して解析値との比較検証を行った。

#### 3.1 ごみピット部コンクリートの調合選定

##### 3.1.1 ごみピット部コンクリートの仕様

部材断面寸法の大きなコンクリートについては、打込み後のコンクリート部材内部温度をできるだけ低くする、内部温度が最高温度に達した後の温度降下をできるだけゆるやかにする、部材内部と表層部の温度差をできるだけ小さくするため部材表層部の急冷を避ける、などが有効と考えられ、調合面からは下記に示すような対策が効果的である。

- ① 調合管理材齢の延長や適切な温度補正值による単位セメント量の低減
- ② 低発熱系セメントによるコンクリートの採用

本工事では、調合選定にあたり、上記①、②を満足する調合として、中庸熟ポルトランドセメントを用い、調合管理強度を定める材齢を56日にすることとした。表2にコンクリートの仕様を示す。

表2 コンクリートの仕様

打込み箇所	ごみピット部
設計基準強度 (N/mm <sup>2</sup> )	30
品質基準強度 (N/mm <sup>2</sup> )	30
調合管理強度を定める材齢 m 日	56 日
構造体強度補正值 $_{56}SM_{91}$ (N/mm <sup>2</sup> )	打込みから材齢 56 日までの 予想平均養生温度 $\theta$ (°C) $7 \leq \theta : 3N/mm^2$
スランブ (cm)	15
調合管理強度 (N/mm <sup>2</sup> ) (呼び強度)	33
呼び方 (保証材齢 56 日)	33-15-20M

JASS 5 (2009) <sup>1)</sup>では、調合管理強度を定める材齢において、28 日を超えて構造体強度補正值  $_{56}SM_{91}$  を設定する場合には、試験または信頼できる資料をもとに定めることとされている。本工事の  $_{56}SM_{91}$  は、事前の温度解析結果および図3に示す実績値により  $3 N/mm^2$  とした。代表工場のコンクリートの使用材料を表3に、調合を表4に示す。

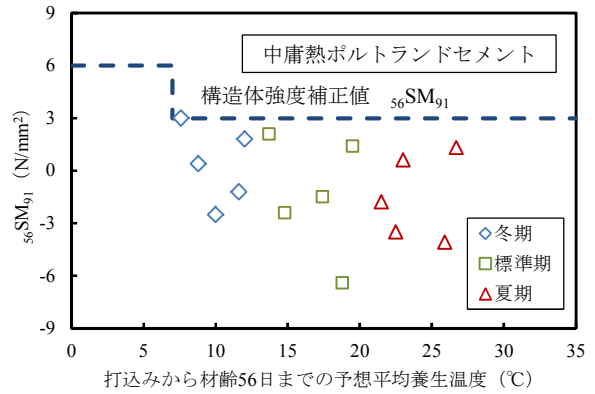


図3 構造体強度補正值  $_{56}SM_{91}$  (実績値)

表3 コンクリートの使用材料

工場	使用材料	品質
A	セメント	C: 中庸熟ポルトランドセメント, 密度 3.21g/cm <sup>3</sup> T 社製
	水	W: 回収水・地下水
	細骨材	S1: 砂 (海砂) 佐賀県唐津市呼子町小川島, 表乾密度 2.59g/cm <sup>3</sup> , 吸水率 1.23%, 粗粒率 2.60 S2: 砕砂 京都府亀岡市東別院町, 表乾密度 2.67g/cm <sup>3</sup> , 吸水率 1.63%, 粗粒率 2.90
	粗骨材	G1: 砕石 2005 京都府亀岡市東別院町, 表乾密度 2.69g/cm <sup>3</sup> , 吸水率 0.44%, 実積率 58.0% G2: 砕石 2005 高知県吾川郡仁淀川町, 表乾密度 2.90g/cm <sup>3</sup> , 吸水率 0.37%, 実積率 59.0%
	混和剤	Ad: 高性能 AE 減水剤 S 社製
B	セメント	C: 中庸熟ポルトランドセメント, 密度 3.21g/cm <sup>3</sup> T 社製
	水	W: 回収水 (上澄水)
	細骨材	S1: 砂 (山砂) 京都府城陽市, 表乾密度 2.56g/cm <sup>3</sup> , 吸水率 1.64%, 粗粒率 2.65 S2: 砕砂 大分県津久見市下青江, 表乾密度 2.67g/cm <sup>3</sup> , 吸水率 1.42%, 粗粒率 2.75
	粗骨材	G1: 砕石 2005 大阪府高槻市, 表乾密度 2.69g/cm <sup>3</sup> , 吸水率 0.62%, 実積率 58.0%
	混和剤	Ad: 高性能 AE 減水剤 B 社製

表4 コンクリートの調合

工場	W/C (%)	スランブ (cm)	空気量 (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )						
					W	C	S1	S2	G1	G2	Ad
A	54	15	4.5	46.1	175	324	486	333	492	494	2.59
B				47.9	175	324	507	339	952	—	2.59



### 3.1.2 温度応力によるひび割れ発生の検討

温度応力によるひび割れ発生の検討は、ごみピット耐圧盤 (FS1、部材厚さ 2250mm)、およびごみピット壁 (PEW230、部材厚さ 2500mm、増し打ち部 200mm) を対象とし、温度解析ならびに温度応力解析を行った。

解析では、部材温度は総じて低く推移し、各部材の最小ひび割れ指数は、ごみピット耐圧盤 FS1 において材齢 2.3 日で 1.58、ごみピット壁 PEW230 において材齢 1.5 日で 1.35 であった。この値は土木学会標準示方書に示される「ひび割れの発生を許容するが、ひび割れ幅が過大とならないように制限したい場合は 1.00 以上」を満足する結果となっており、構造体コンクリートに有害となるひび割れが発生する確率は小さいものと推定された。

## 3.2 温度測定結果

### 3.2.1 温度測定位置

温度測定位置を図 4 および図 5 に示す。ごみピット耐圧盤 FS1 における温度測定位置は、耐圧盤 1 層目中心部と表層部および 3 層目表層部の計 3 点とした。ごみピット壁 PEW230 では、中心部および表層部の 2 点とした。なお耐圧盤、耐力壁ともに外気温として周囲外気温を測定した。

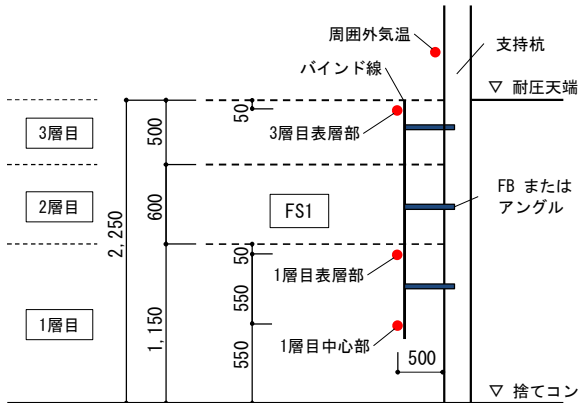


図 4 ごみピット耐圧盤温度測定位置 (断面)

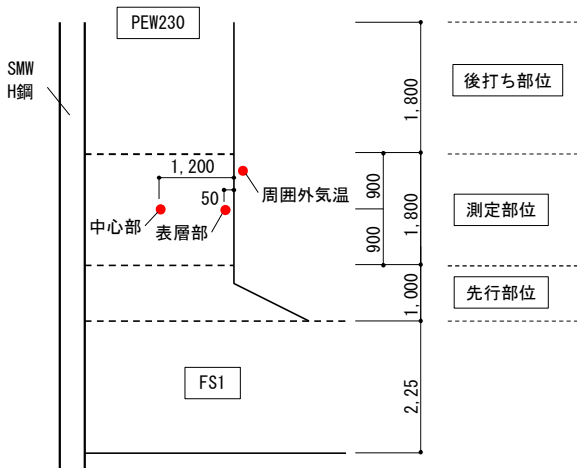


図 5 ごみピット壁温度測定位置 (断面)

### 3.2.2 温度管理状況と解析結果の比較

写真 4 に温度センサの取付け状況を示す。図 6 にごみピット耐圧盤 1 層目の温度管理結果と解析値、図 7 に同 3 層目、図 8 にごみピット壁の温度管理結果と解析値を示す。



写真 4 温度センサ取付状況 (左:ごみピット耐圧盤、右:ごみピット壁)

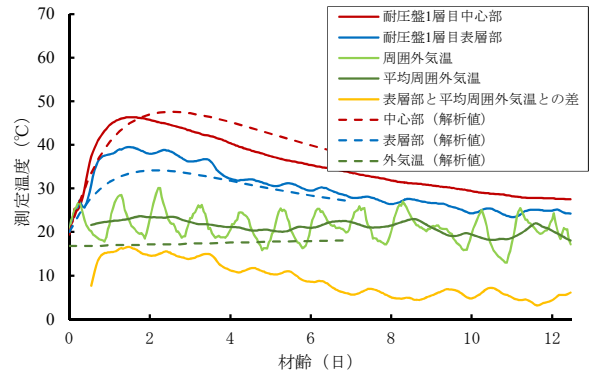


図 6 ごみピット耐圧盤 1 層目温度管理結果と解析値

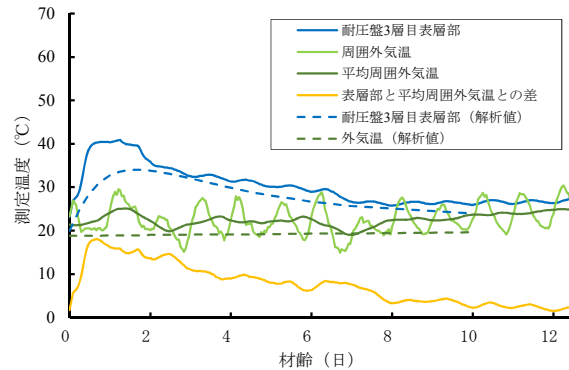


図 7 ごみピット耐圧盤 3 層目温度管理結果と解析値

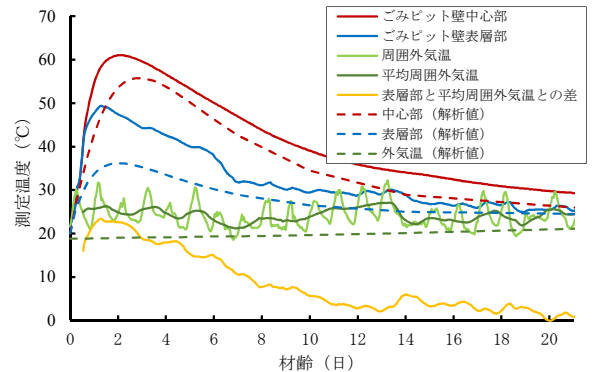


図 8 ごみピット壁温度管理結果と解析値

ごみピット耐圧盤1層目では、中心部において材齢1.42日で最高温度46.3℃、表層部において材齢1.46日で最高温度39.5℃となり、その後、緩やかに低下する状況であった。3層目表層部では、材齢1.25日で最高温度40.9℃となり、材齢2日において降雨による影響により温度低下した後、1層目と同様に緩やかに低下した。ごみピット壁の中心部では材齢1.96日で最高温度61.0℃、表層部では材齢1.54日で最高温度49.0℃であった。

温度解析結果との比較では、耐圧盤1層目の中心部の実測値は、解析値とほぼ同様の傾向を示した。一方、表層部の実測値は、解析値に比べ5℃程度高く推移する結果であった。これは温度解析時の測点が躯体表面であるのに対し、実測は表面から50mmの位置であったためと考えられる。

ごみピット壁では、実測値は中心部および表層部ともに解析値よりも全体的に高い結果であったが、打込み時の外気温やコンクリート温度の差異によるものと考えられる。

### 3.3 ひび割れ抑制筋

ごみピット壁の打込み形状は壁長に対し高さが低く、下部は先行打設部分に拘束されるのに対して上部は自由収縮するため、収縮ひび割れの発生が懸念された。このため、本工事では、躯体上面に拘束力を付与することを目的として、ひび割れ抑制筋(壁厚さに対しD16@200)を配置した。これにより、ひび割れ発生低減に効果が認められたことを確認した。なお、大断面の壁コンクリートを打設する際には、足場下地として使用することも可能となり、施工時の作業効率が向上するとともに、打継ぎ面の品質確保にも有効であったと考えられる。

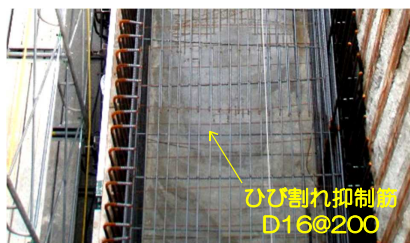


写真5 ひび割れ抑制筋配筋状況

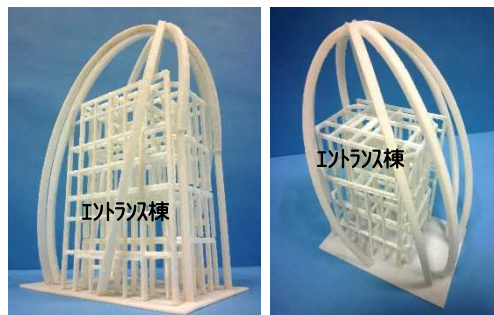


写真6 出力された3Dモデル

## 4. ラグビーボール型モニュメント

### 4.1 3次元データの活用

ラグビーボール型モニュメントは、写真6に示すようにエントランス棟を内包する特殊な形状をしており、2次元の図面データから詳細を把握することは難しく、このため3次元データを用いて詳細検討を実施することとした。

まず3Dプリンタにより縮小モデルを出力し、エントランス棟とモニュメント鉄骨の干渉具合や離隔距離の確認をするとともに、モニュメント鉄骨を部材ごとに分割することで、より具体的な検討を行った。

### 4.2 モニュメント鉄骨の建方時期

当初、モニュメント鉄骨はエントランス棟の外装が完成した後に建方する予定であった。しかし、検討を進めていく過程で、鉄骨建方途中の支持方法や建方そのものが、エントランス棟の外装完成後では困難であることが判明したため、建方時期を3ヶ月前倒しして、エントランス棟の鉄骨建方完了後、直ちに着手する計画とした。

### 4.3 バランスの悪い鉄骨の建方計画

モニュメント鉄骨は、各部材とも曲線形状で建方時のバランスにも配慮が必要であった。そこで、部材の分割、揚重・仮固定の方法や建方手順などの詳細かつ具体的な検討を行った。

#### 4.3.1 部材の分割と揚重方法

まず、鉄骨部材を柱と頭頂部に大きく分割した。さらに運搬の都合からそれぞれを2分割し、建方前に現場で地組することとした。なお、地組用エレクションピースは建方用吊り治具として転用した。図9に部材の分割を示す。

- 【柱】 建起し時は3点吊り、揚重時は2点吊りとし、吊り姿勢の微調整にチェーンブロックを用いた。
- 【頭頂部】 傾斜した柱頭に取り付けるため、傾斜に合わせた吊り姿勢の保持が必要であることから4点吊りとし、柱と同様にチェーンブロックで微調整を行った。

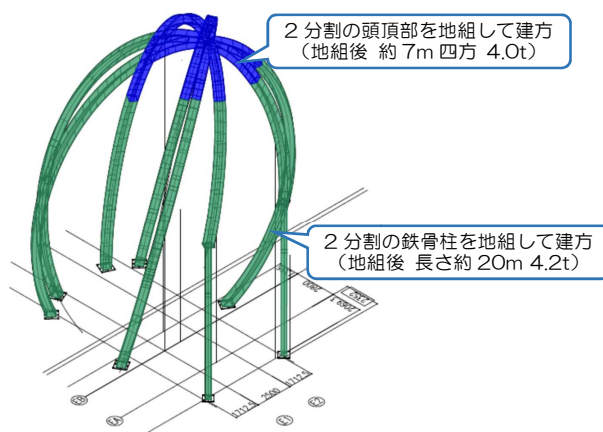


図9 部材の分割

### 4.3.2 鉄骨柱の仮固定

建方時には、不安定な姿勢となる曲線状の鉄骨柱を仮固定するための支保工と頭つなぎ材を設けることとした。

支保工として控え材（L-100×100）およびワイヤー（4分×2本）を使用し、支保工の足元はエントランス棟最上階の鉄骨梁から支持させた。鉄骨柱は、支保工と鉄骨柱を挟み込む形状の治具により一旦仮に位置決めし、柱頭部を頭つなぎ材（C-100×50）で相互に緊結しながら順次建方を進めた。全ての鉄骨柱が頭つなぎにより繋がった状態で再度位置を確認・調整した後、頭頂部の建方を行った。図10に鉄骨柱の仮固定方法を示す。

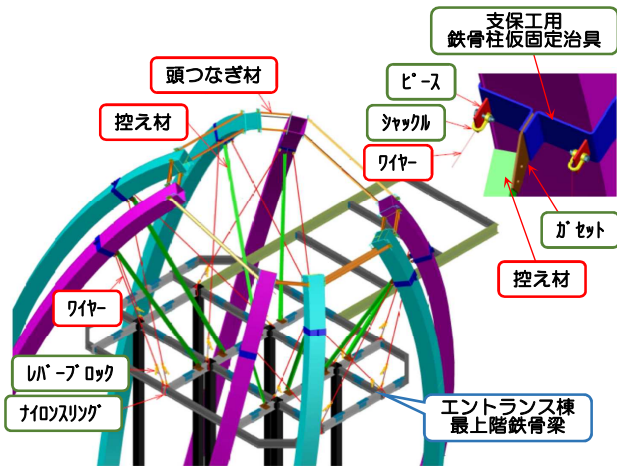


図10 鉄骨柱の仮固定方法

### 4.4 鉄骨建方

鉄骨柱の地組と頭頂部の建方および建方の合番は、クローラクレーン（90t）、鉄骨柱の建方にはラフテレーンクレーン（60t）を用いた。

写真7に建方状況（鉄骨柱・頭頂部）を示す。また、図11に建方イメージ、写真8に完成全景を示す。建方合番として高所作業車2台（30m、21m）を使用した。



写真7 建方状況（左：鉄骨柱、右：頭頂部）

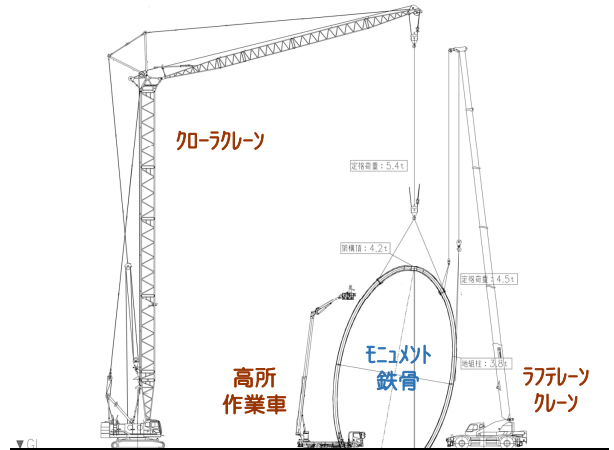


図11 建方イメージ



写真8 完了全景

## 5. おわりに

ごみ処理施設建設工事及び付帯工事に関して、工事の特徴に関連した施工技術を中心に報告した。

敷地が狭く、工期も短い中で、工事に関係された皆様のご協力を頂き、無事に竣工を迎えることができました。

この施設が地域の人々に愛され、末永く利用されることを願っている。

### 【謝辞】

本建物の施工にあたり、東大阪都市清掃施設組合様、株式会社日建技術コンサルタント様には、多大なるご協力・ご指導を賜りました。また、JFEエンジニアリング株式会社様および関係の皆様は厚く御礼申し上げます。

### 参考文献

- 1) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5 鉄筋コンクリート工事、2009.2