

講座

PC タンクの設計と施工

〔PC 卵形消化タンクの設計と施工 (3)〕

竹 田 哲 夫*
 百 合 山 哲 三**
 吉 岡 民 夫***

4

施 工

卵形消化タンクは、2方向に曲率が変化する形状であるため、施工法も従来型の円筒形タンクと異なり、足場、型枠、PC 鋼材の定着および保温外装方式に次のような特徴を有する。

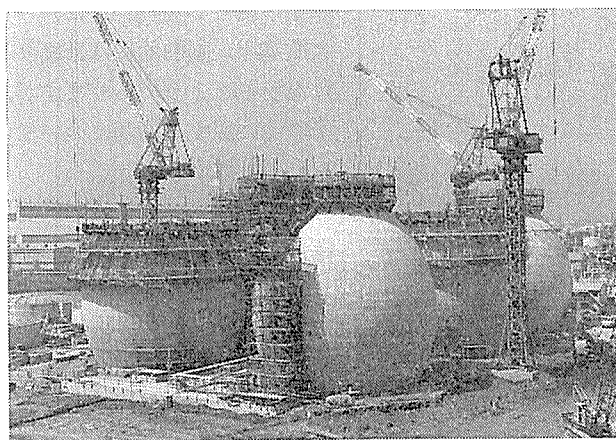
- 下部円錐部は、放射状の型枠ガーダーとリングビームにより構成された特殊型枠を用いて施工されるが、リング基礎タイプの場合は、一般にこの部分のPC 鋼材はヘリカル状に配置される。
- 側壁部は、躯体をリングセグメント状ブロックに分割し、クライミングフォーム工法を用いて施工する場合と、総足場工法を用いて施工する場合がある。
- 円周方向 PC 鋼材の定着は、3.4 に述べたように箱抜き型枠（舟型）を用い、定着柱（ピラスター）を設けない構造で施工する。
- 卵形消化タンクの保温は、従来型タンクのようにコンクリートブロックにより空気層を形成することは困難なので、一般に現場発砲ポリウレタンフォームを用いて施工する。
- 施工中、構造系および荷重状態が逐次変化していくため、各施工段階に応じてプレストレス導入量や導入順序の検討を行う必要がある。

本講座では、リング基礎タイプで施工された横浜市北部汚泥処理センター（写真—1）と、支え壁基礎タイプで施工された横浜市南部汚泥処理センターの施工実績を紹介しながら、卵形消化タンク施工上の留意点を述べることとする^{13),14)}。

* 鹿島建設（株）技術研究所（元：土木設計本部）

**（株）銭高組土木本部 PC 部

*** オリエンタルコンクリート（株）技術部



写真—1 PC 卵形消化タンク工事全景

4.1 施工順序

施工は 図—12 に示すようにリング基礎タイプの場合、基礎部工（杭基礎工，土工，下部円錐工，リング基礎工），側壁工，頂部工および内外装工に分けられる。

支え壁基礎タイプの場合は、図—13 に示すように基礎工がリング基礎タイプと異なる。

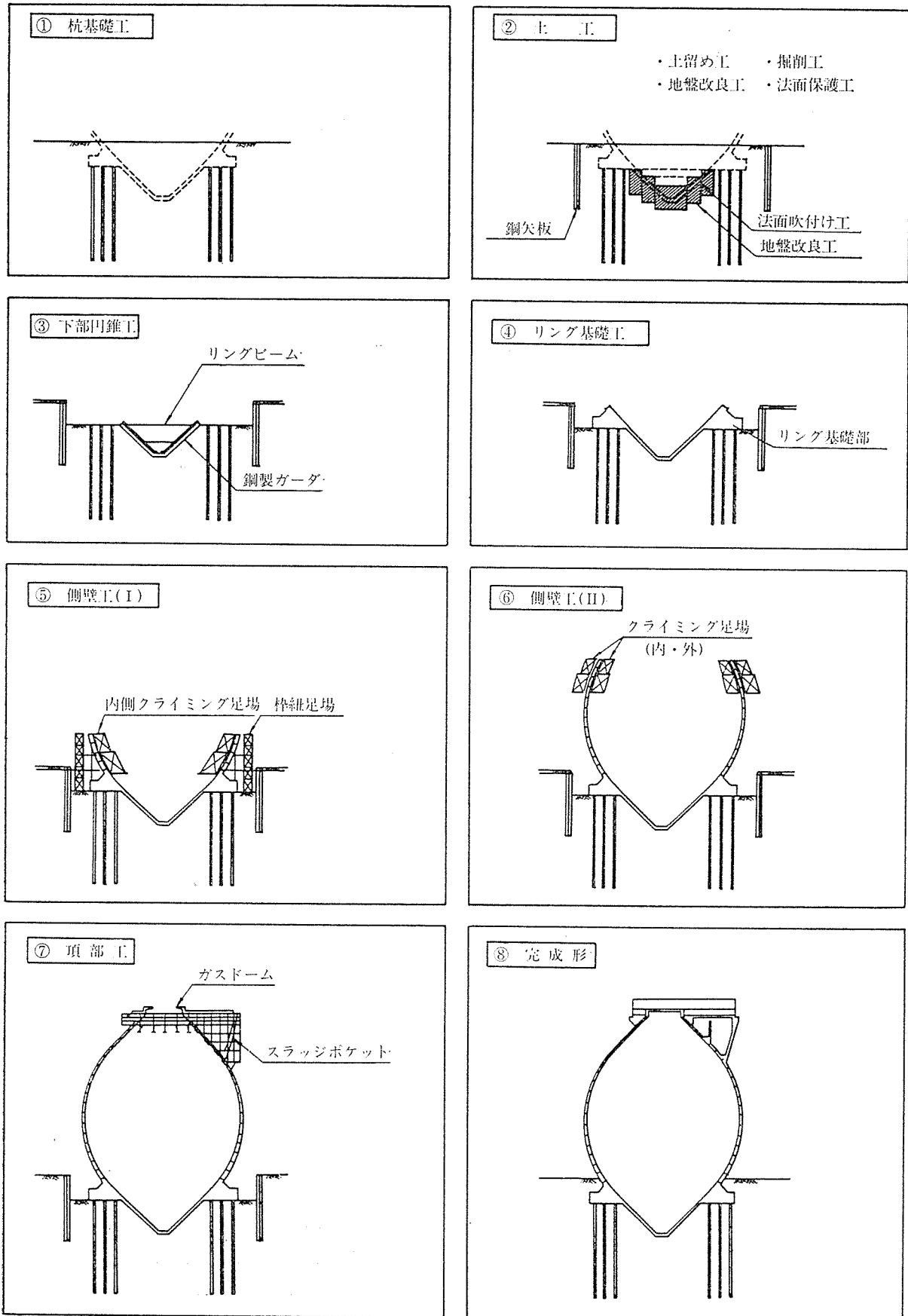
全体施工工程として、横浜市北部汚泥処理センターの例を 表—5 に示す。

また、クライミングフォーム工法を用いた場合の1サイクル標準工程を 表—6 に示す¹⁰⁾。

4.2 プレストレス導入順序の検討

クライミングフォーム工法の場合、側壁部円周方向 PC 鋼材はクライミング足場の中段と下段で緊張するがその場合、プレストレスの導入順序によっては躯体に不利な応力が発生する。したがって、各施工段階に応じた解析モデルを作成し、そのときの応力度を照査しながら適切なプレストレスの導入順序を決定しなければならない^{14),22)}。

施工時のコンクリートの許容曲げ圧縮応力度の割増しは 25% とし、コンクリートの曲げ引張応力度について



図一12 施工順序 (リング基礎タイプの場合)

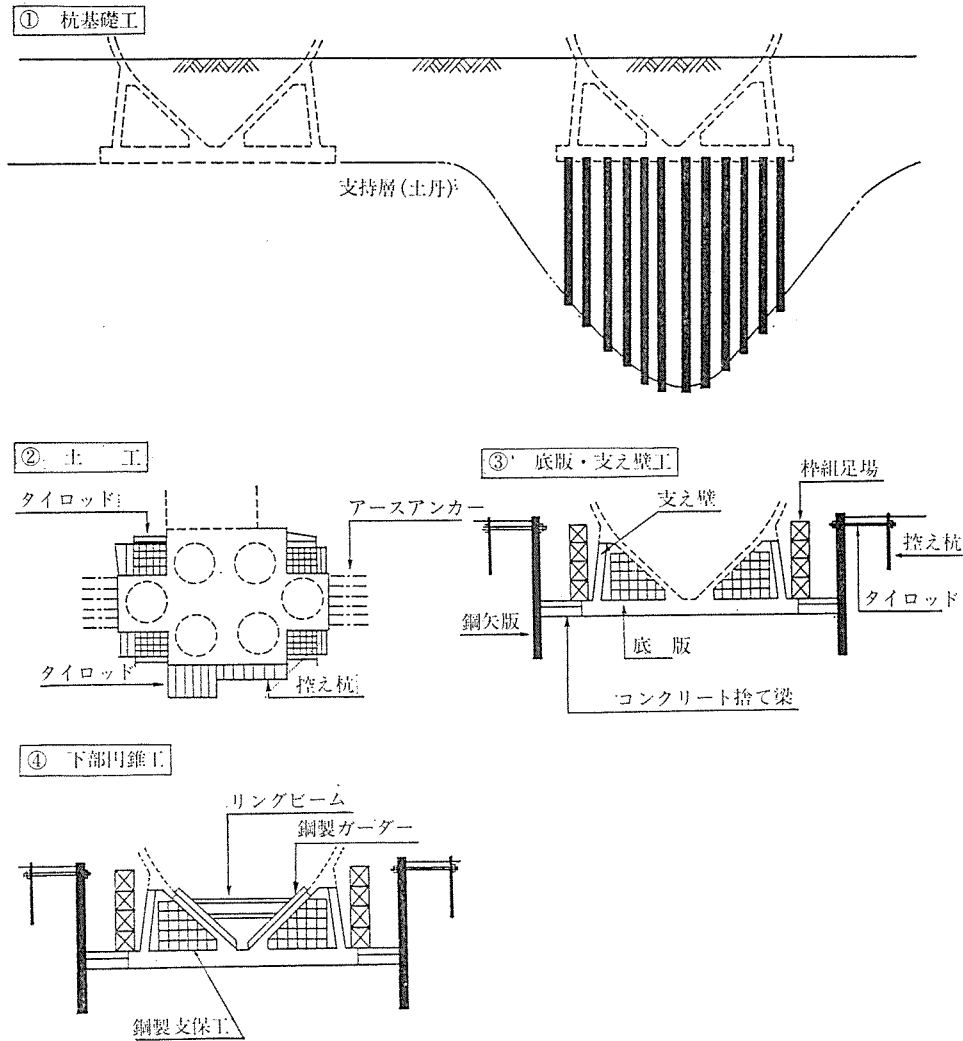


図-13 施工順序 (支え壁基礎タイプの場合)

表-5 全体施工工程

($V_e = 6800 \text{ m}^3 \times 6 \text{ 基}$)

| | 59 年 | | | | | | 60 年 | | | | | | | | | | | |
|----------|--------------------|---|---|---|---|----|------|----|---|-------------------|---|---|---|---|---|---|---|--|
| | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| 土留・掘削工 | 底版リング基礎 | | | | | | 側壁 | | | スラッジポケット ガスドーム | | | | | | | | |
| タンク No.3 | [Construction bar] | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| " No.5 | [Construction bar] | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| " No.1 | [Construction bar] | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| " No.6 | [Construction bar] | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| " No.2 | [Construction bar] | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| " No.4 | [Construction bar] | | | | | | | | | | | | | | | | | |

表-6 クライミング工法を用いた場合の
1 サイクル標準作業工程

| 作業項目 | 日 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------------|---|---|---|---|---|---|
| 型枠解体・組立 | | | | | | |
| クライミングフォーム移動 | | | | | | |
| 鉄筋・P C 鋼材組立 | | | | | | |
| コンクリート打設 | | | | | | |
| プレストレッシング | | | | | | |
| グラウト | | | | | | |

は、水密性・気密性に対する配慮から、施工中に有害なひび割れが生じないように 15 kgf/cm^2 程度以下となるようにしている。

4.3 基礎部の施工

(1) リング基礎タイプの施工

杭はヤットコを使用して打ち込む。

施工ヤードの土留め工 (鋼矢板, タイロッド) 実施後、掘削時の法面安定と止水のために地盤改良を行い、

リング基礎下面までと下部円錐部を1次、2次の2段階に分けて掘削する。

掘削終了後、法面防護および下部円錐の外型枠を兼ねて吹付けコンクリートを施工する。

最底部に型枠ガード・浮上がり防止用アンカー等をセットし、コンクリートを打設する。なお、地下水位の高い場合は、ウェルポイント等の補助工法を用いて対処しなければならない。

吹付けコンクリート上に、鉄筋を組み立て、ヘリカル(螺旋)状にPC鋼材を配置する。この場合、ハルター(支持架台)の位置をあらかじめ計算しておき、これを正確にセットしておけば、PC鋼材の配置を円滑に行うことができる(写真-2)。

下部円錐の内側型枠は、図-14に示すような放射状の型枠ガードとリングビームより構成された鋼製枠に、木製パネルをはめこんだものである。

下部円錐の躯体勾配は45°と急であり、PC鋼材が複雑に配置されているため、流動化コンクリートを用いる。コンクリートの打設に当たっては、写真-3に示すように下部から木製パネルを部分的に取りはずし、十分な締固めができるよう配慮しなければならない。

リング基礎部は、鉄筋組立て後、リング基礎外周のPC鋼材用シースを配置し、外型枠をセットする。その後、内側のクライミング足場の取付けと外周の枠組足場

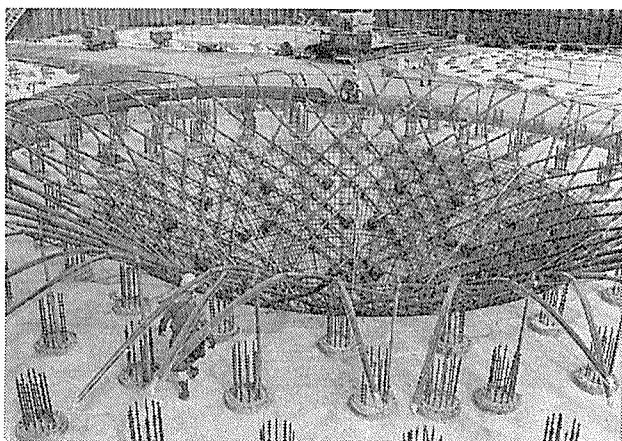


写真-2 下部円錐 PC 鋼材 (ヘリカル) 配置工事 (リング基礎タイプ)

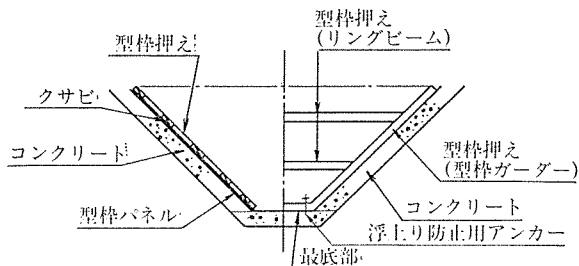


図-14 下部円錐内側型枠

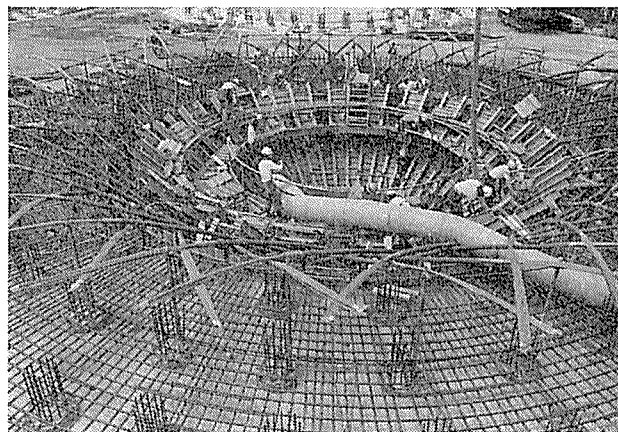


写真-3 下部円錐工事 (リング基礎タイプ)

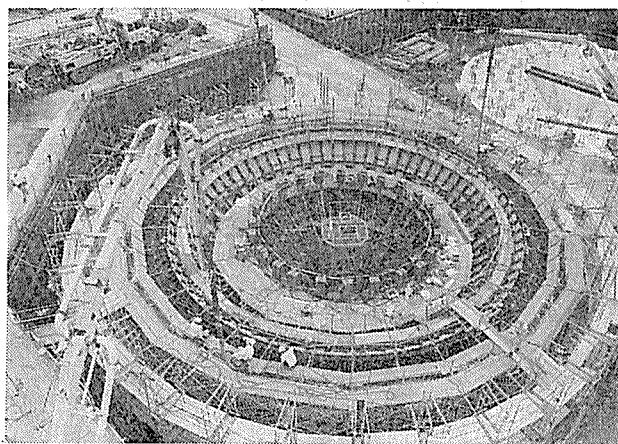


写真-4 リング基礎工事

の組立てを行い、内型枠をセットして、コンクリートの打設を行う(写真-4)。なお、リング基礎部はマスコンクリートであるので、配合、養生等には特に留意しなければならない。

(2) 支え壁基礎タイプの施工

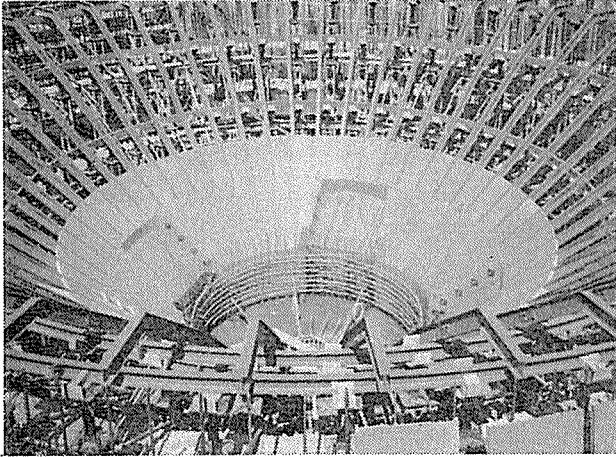
地下水位の高い軟弱地盤を掘削する場合は、鋼矢板、タイロッド、アースアンカー、切梁等を用いて土留めを施工する。

床付け終了後、底版の鉄筋を組み立て、型枠ガードの浮上がり防止用アンカー等をセットし、コンクリートを打設する。

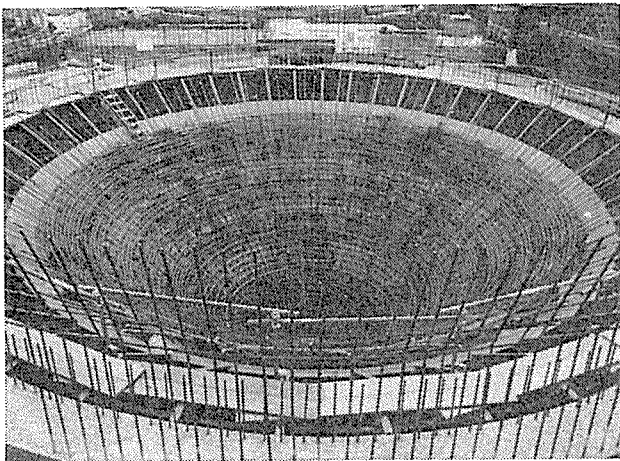
コンクリートの捨て梁を施工した後、切梁を撤去して支え壁と下部円錐部を施工する。

支え壁は壁高も高いので、2ロットに分けて施工する。

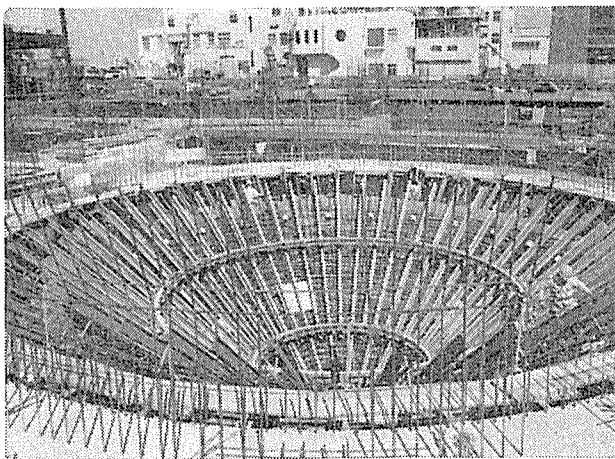
下部円錐の付根部は、曲率が小さいことから木製の型枠支保工とし、上部は、管廊部にリング状の鋼製支保工を組み立て、型枠ガードとリングビームにより構成された鋼製枠に木製パネルをはめ込み固定する。内側はリング基礎タイプと同様な方法で施工する(写真-5, 6, 7)。



写真—5 底版・支え壁工事（支え壁基礎タイプ）



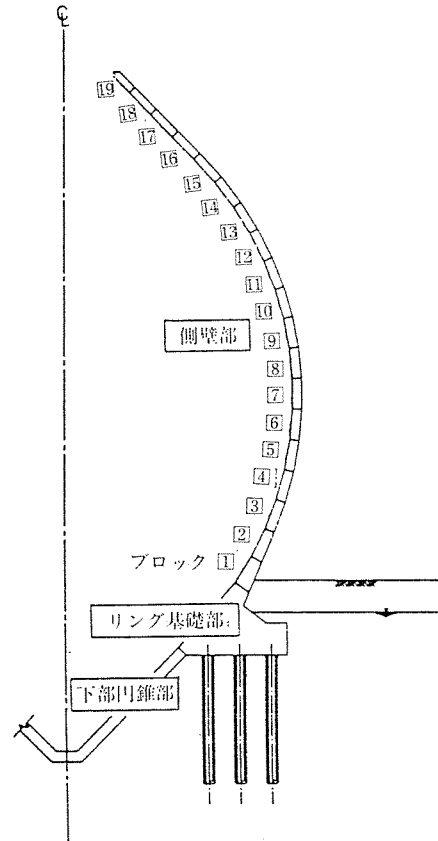
写真—6 下部円錐 PC 鋼材配置工事
（支え壁基礎タイプ）



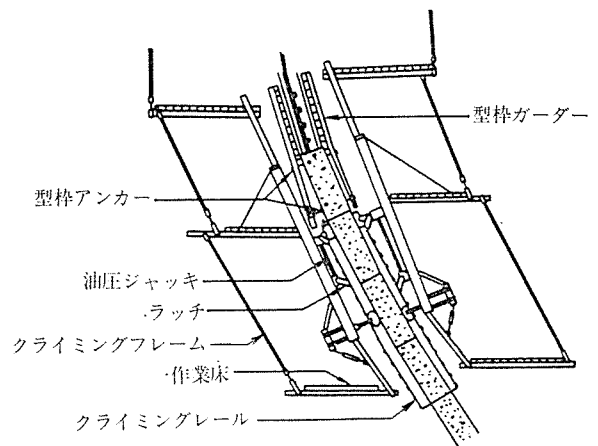
写真—7 下部円錐工事（支え壁基礎タイプ）

4.4 側壁部の施工

側壁部は、図—15 に示すようにリングセグメント状のブロックに分割し、クライミングフォーム工法を用いて施工する。この場合、1ブロックの高さは、施工性を考慮して 1.45 m としている。



図—15 側壁部施工ブロック



図—16 クライミング足場

PC 卵形消化タンク用のクライミングフォーム工法は、2方向に曲面を有する薄肉のコンクリート壁体を、連続的に施工するために開発されたものであり、自走式クライミング足場とクライミング型枠が互いに独立していることに特徴がある。

クライミング足場の所要ユニット数は、タンクの最大外径によって定められる。一般に、円周方向足場最大配置間隔は 3.0 m であり¹⁰⁾、今回は内、外 24 ユニットずつ配置した。この足場は、図—16 に示すようにアン

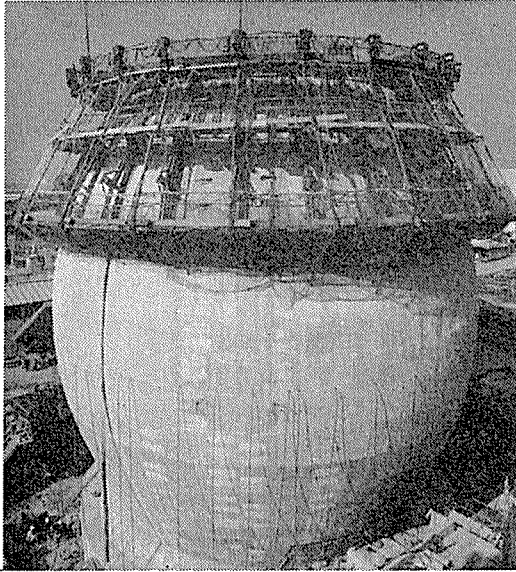


写真-8 側壁工事



写真-9 PC 鋼材緊張工事

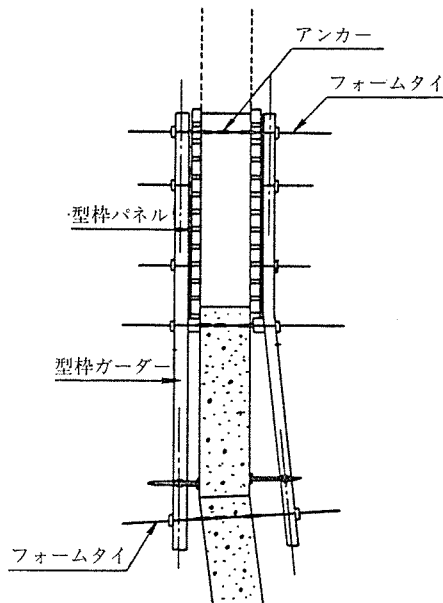


図-17 クライミング型枠

カーで固定されたレール上を集中制御方式による油圧装置（ジャッキおよびポンプ）で上昇する（写真-8）。

クライミング型枠は、図-17 に示すように既設コンクリートに固定された型枠ガーダーに、木製パネルをはめ込む構造である。型枠ガーダーの位置決めは、タンク中央に設置された測量用架台を基にテープおよびレベルを用いて行う。型枠ガーダーは、クライミング足場のユニット数および木製パネルの施工性を考慮して、内、外 72 セットとした。ただし、半径が小さくなる上部では型枠ガーダーを 36 セットとし、くし形型枠を用いて標準部と同じ 72 角形とする。各ブロックごとの周長の変化には、型枠ガーダーとパネルの重ねしろで調整できる

ので、19 ブロックに対して内、外各々 7 種類のパネルを用いて対処している。

赤道面より下のブロックの 1 サイクル作業手順は、表-6 に示すように、外型枠解体組立て、外側クライミング足場の上昇、鉄筋・PC 鋼材組立て、先行打設された下段ブロックの緊張、グラウト注入および切欠き部の跡埋め、内型枠の解体組立て、内側クライミング足場の上昇、コンクリートの打設、養生、レイタンス処理となる。赤道面より上のブロックでは、内側の型枠、クライミング足場の上昇を先行させたほうがよい。これは、側壁の勾配が逆転するためであり、上向きの作業を少なくするためである。

また、打継ぎ面には、コンクリート打設後遅延剤を散布し、コンクリート硬化後高圧水を用いてレイタンス除去処理を行っている。

円周方向および子午線方向の PC 鋼材は、PC 鋼棒（SBPR 95/120、 $\phi 32$ mm）を用い、緊張・定着する。

円周方向の PC 鋼棒は、部材に切欠きを設置して定着し、定着具には切欠きを小さくできるリブ付きアンカープレートを用いる。また、PC 鋼棒は円周方向で 2 分割し、緊張は切欠きに合ったラムチェアの長い特殊ジャッキを用いて、両引き方式で行う（写真-9）。

子午線方向の PC 鋼棒は、底版部、下部円錐部、リング基礎部に固定し、片引き方式により緊張・定着する。緊張管理は、PC 鋼棒の伸びと荷重計の示度により行う。

4.5 頂部工および内外装工

頂部工は、内外クライミング足場を解体した後、タンク頂部にスラッジポケット、ガスドーム、連絡橋アバウト等を構築するため、外部にブラケット足場を、内部には測量用架台を利用した作業用足場を設置し施工する（写真-10）。

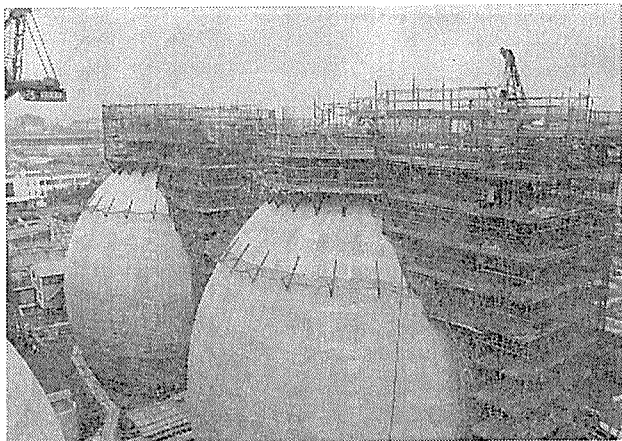


写真-10 頂部工事

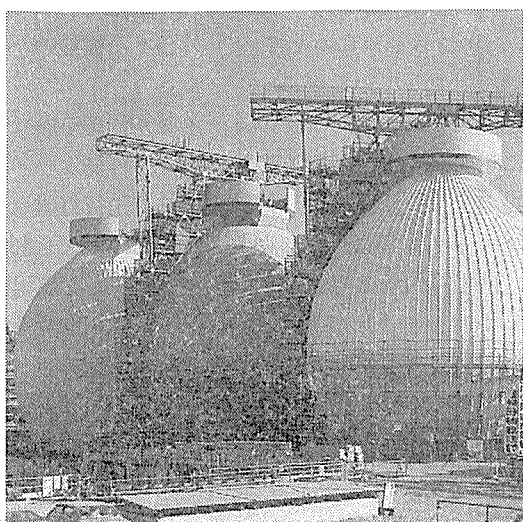


写真-11 外装工事

消化タンクの躯体内面は、汚泥の pH 変動や硫化水素からコンクリート表面を保護するために、液相部はタ

ールエポキシ樹脂を、上部水位の増減する部分および気相部にはあらかじめガラスクロス下地を施工する。施工に当たっては、上下および 360° の回転ができる特殊内部回転足場または通常の総足場を使用する。

消化タンクの断熱材は、加温された消化タンクの汚泥の保温と、タンク内外の温度差により躯体コンクリートに生じる温度応力の低減を図るためのもので、現場発砲ポリウレタンフォーム（厚さ 30 mm~50 mm）が用いられている。

断熱材の外側には、断熱材の耐水性、耐候性を維持するために防水材とフッ素樹脂鋼板による板金材を設置する。施工に当たっては、旋回ができる特殊外部回転足場と枠組足場を併用する（写真-11）。

また、躯体工完了後に水張試験および気密試験を行って品質の検査をする。

5 おわりに

以上、PC 卵形消化タンクの計画・設計・施工について紹介したが、詳細については参考文献を参照していただきたい。

我が国での施工実績が 30 基以上に達した現在、卵形消化タンク機能の調査研究を踏まえた設計基準の整備および検討が進められるとともに、今後ますます卵形消化タンクが発展することを願っている。

参 考 文 献

- 22) 田中：横浜市における PC 卵形消化タンクの施工 環境技術, Vol.14, No. 3, 1985 年
- 23) 久保田他：横浜市の PC 卵形消化タンクの施工, 環境技術, Vol. 15, No. 11, 1986 年