

大型PC卵形消化タンクの施工事例

(株)大林組 正会員 ○森田 寿
 (株)大林組 清水 厚延
 (株)大林組 村中 博
 (株)大林組 正会員 新倉 一郎

1. はじめに

卵形消化タンクとは、下水処理施設における汚泥消化タンクの一つであり、側壁が円周方向および鉛直方向のいずれにも曲率を有しているシェル構造物である。卵形消化タンクの形状は、上・下部が円錐形で、その中間を単円曲線で結んだものが一般的である。この形状の特徴は、タンク内面が滑らかに連続しているため、汚泥の攪拌効率がよく、底面に砂が堆積しにくく、液面のスカムや発生したメタンガスの収集および除去が容易であることが挙げられる。さらに、内容積に対する表面積の比率が小さく、汚泥の消化に必要な保温効率が良好である。

わが国の汚泥消化タンクは、円筒形が主流であったが、1980年代以降、ドイツからの技術を導入し、卵形の消化タンクが建設され始めた。建設当初は、従来の円筒形と同容量の5,000m³以下が大半であった¹⁾が、下水処理の需要が高まり、消化タンクの大型化が必要とされ始めている。このような背景の下、本稿では、わが国最大級の容量10,000m³の卵形消化タンクの施工概要とコンクリートのひび割れ防止対策を報告する。

2. 工事概要

本工事の概要を表-1に、卵形消化タンク建設時の支保工兼足場とPC鋼材配置の断面図を図-1に示す。

表-1 工事概要

| | |
|------|--|
| 工事名称 | 神戸市東灘処理場建設工事その1 3 |
| 事業主 | 神戸市 |
| 発注者 | 日本下水道事業団 |
| 施工場所 | 兵庫県神戸市東灘区魚崎浜(東水環境センター内) |
| 工期 | H18.3.7~H20.3.17 |
| 工事内容 | 卵形消化タンク：容量10,000m ³ 、全高38.8m、直径25.4m |
| | コンクリート2,390m ³ 、PC鋼材95.9t、鉄筋202t、大型パネル4,538m ² |
| | 撤去工：旧消化タンク(有筋コンクリート)3,265m ³ |
| | 防食塗装2,466m ² 、外装板1,831m ² |
| | 基礎杭：鋼管補強場所打杭+アースドリル工法 直径1000mm、杭長38.2m×66本 |

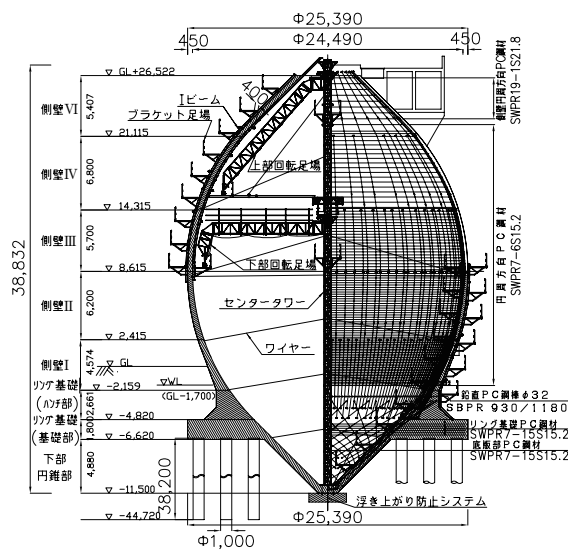


図-1 卵形消化タンク断面

3. 本工事の特徴

(1) 大型パネル工法

大型パネル工法は、現場にて鉛直部材のIビーム(I-160×82)と水平部材の角鋼材で骨格を作り、工場で加工された木製パネルをはめ込んで、一枚の大型パネル(最大B5.0m×H6.8m)を組立て、その後、組立てられた大型パネルを円形状に連結して施工するものである(写真-1)。従来のクライミング工法では、1ステップのコンクリート打設高さが約1.5mであったのに対し、大型パネル工法の採用によ



写真-1 大型パネル工法

り、約6.0mの施工が可能となった。そのためコンクリートの打設回数が4分の1となり、工期の短縮が可能となった。さらに、水平打継部の数が削減でき、タンクの水密性が向上した。

(2)底版部PC鋼材ヘリカル配置

消化タンク内に汚泥を貯めると、液圧やガス圧などの荷重により、円周方向には引張軸力、鉛直方向には曲げモーメントが発生する。その発生引張応力を相殺するために、円周方向と鉛直方向にプレストレスを導入する。一般部においては、円周方向にはPC鋼より線、鉛直方向には自立可能なPC鋼棒を用いた。円周方向の緊張端は躯体の外側に、鉛直方向の緊張端はコンクリートの水平打継部に設け、緊張作業を行った。しかし、底版部は土中に位置されるため、円周方向の緊張が躯体の外側から行えない。そこで、PC鋼より線を水平軸と鉛直軸に対して45°に配置、緊張端をハンチ部まで延長し緊張することで、円周方向と鉛直方向に同時にプレストレスを導入した。この配置形状をヘリカル(らせん)配置という(写真-2)。本工事で使用したPC鋼材の使用場所、種類、本数、一本当たりの緊張力を表-2に示す。



写真-2 底版部PC配置(ヘリカル配置)

4. 施工手順

(1)基礎工

基礎杭は、直径φ1,000mm、長さL38.2mで、上部11.0mは鋼管で補強された、場所打ち鋼管コンクリート杭である。旧消化タンクの底版が、GL-2.4m~-25.4mの範囲に残置されているため、全旋回オールケーシング(φ1,300mm)にて撤去した。その後、アースドリルで掘削し、場所打ち杭を施工した。土質柱状図および、施工基盤以下の断面図を図-2に示す。

(2)土留め掘削

施工場所は沿岸部の埋立地で、地下水位がGL-1.7mと高く、気中掘削を行うためには、不透水層(GL-15.3m)まで土留め鋼矢板を根入れする必要があった。鋼矢板は、杭施工時と同じ要領で、旧既設構造物を撤去した後、不透水層まで打設した。その際、鋼矢板の高止まりを防止するため、矢板下端以下-1.0mまで先行掘削を行った。鋼矢板下端の地盤は、先行掘削により乱された状態となっていたため、この部分に薬液注入を行って、内部掘削中の湧水対策とした。また、下部円錐部床付法面の崩壊を防止するため、掘削前にディープウェルにて水位をGL-15.3mまで低下させた。土留支保工は、H-500を円形に加工し、切梁不要のリング支保工とした。

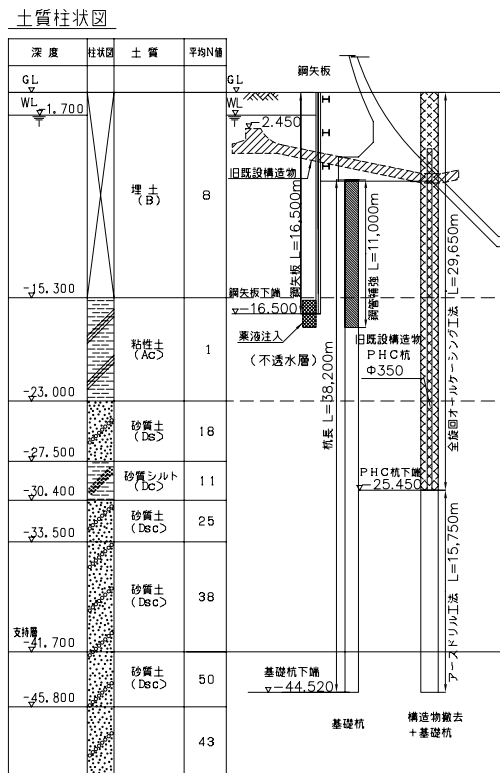


図-2 土質柱状図と地下断面図

(3) 下部円錐部(Step①～④)

消化タンクの施工手順を図-3に示す。円錐部の掘削終了後、法面保護のために吹付コンクリートを施工した。その後、円錐部の底板コンクリート打設時に、内型枠の浮き上がりを防止するためのアンカーブロックを円錐部下端に打設した。その後、吹付コンクリート上に、鉄筋、PC鋼材を組立て、内型枠を設置し、コンクリートを打設した。

(4) リング基礎部(Step⑤～⑥)

リング基礎は、円筒部とハンチ部に分けて施工した。円筒部のコンクリート打設後、円筒部上面に外型枠をアンカーにて固定し、内型枠は円錐部に型枠に継ぎ足す形で設置し、コンクリートを打設した。

(5) 側壁部(Step⑦～⑫)

側壁部は、5ブロック(側壁Ⅰ～Ⅴ)に分割してコンクリートを打設した。側壁部の外径がもっとも大きいところを赤道と称し(GL+8.615)、赤道下と上に分けて施工手順を以下に示す。

①赤道下側壁(側壁Ⅰ～Ⅱ)

測量用架台兼回転足場サポートとなるセンタータワーを設置した。その後、側壁部の外型枠をリング基礎部の外型枠に継ぎ足し、外鉄筋、円周PCシース、鉛直鋼棒、内鉄筋、内型枠の順で組立て、コンクリートを打設した。鉛直鋼棒は、水平打継部に緊張端があるため、コンクリート打設ごとに緊張作業を行った。以上の過程を繰り返し、赤道までの側壁を施工した。水平方向、ヘリカル部の緊張端は、躯体外側に位置するので、大型パネルの解体後に、緊張作業を行った。

②赤道上側壁(側壁Ⅲ～Ⅴ)

赤道上の側壁型枠は、赤道を軸として形状が上下対称となっているので、赤道下で使用した大型パネルを赤道上に転用し、回転式足場を使用して、内型枠のすべてを最上部まで架設した。コンクリートの打設、鉛直鋼棒の緊張は、ブロック毎に行った。側壁部の施工完了後、大型パネル型枠を解体し、側壁にあらかじめ設置しておいた埋込みインサートを使用して、外部ブラケット足場を組立て、円周方向PC鋼より線の挿入、緊張、グラウト作業を行った(写真-3)。

施工手順図

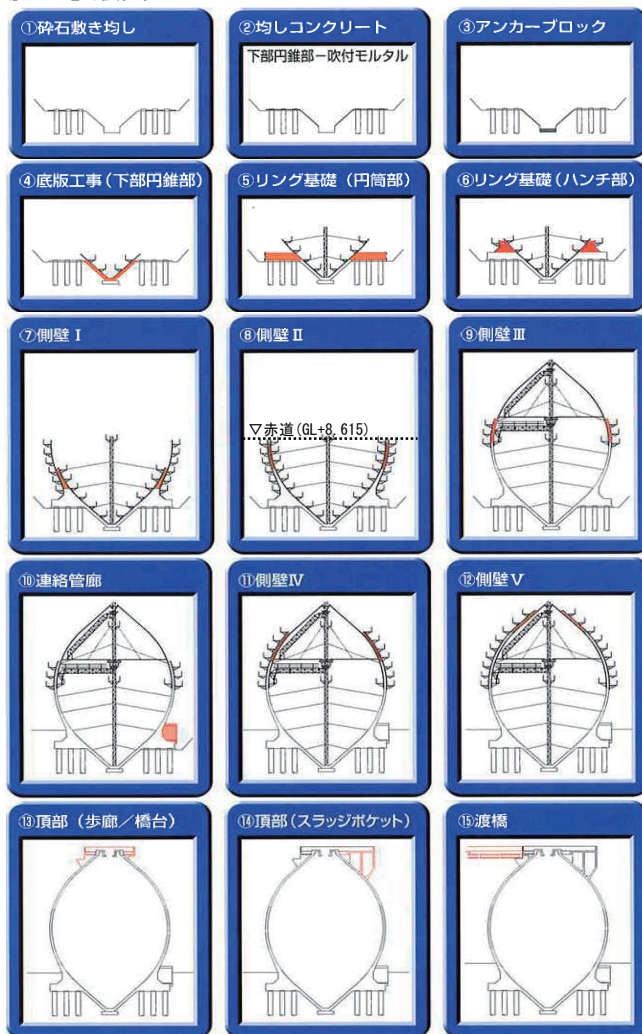


図-3 消化タンクの施工手順



写真-3 側壁部(赤道上)

(6) 頂部工 (Step⑬～⑭)

頂部躯体は、側壁施工時に設置しておいた埋込みインサートを用いて、型枠支保工兼作業足場を設置して施工した。

5. ひび割れ対策

消化タンクは、躯体そのものが容器という性能を満足させる必要があり、躯体のひび割れ発生は許されなかった。しかしながら、工事着手前から、部材厚が 1.0m 以上の基礎部において、温度ひび割れが懸念されたため、コンクリート打設後の水和熱を低減し、緊張作業に必要な所定の強度が早期に得られる高強度型低発熱ポルトランドセメントを採用した。さらに、施工に先立ち、温度解析と温度応力解析を行い、その効果を確認した。解析は、杭を除く躯体全域と地盤を対象とし、軸対称 FEMモデルで行った(図-4)。目標ひび割れ指数は、1.40 とした。温度・温度応力解析結果を表-3 に、温度解析結果のコンター図を図-5 に示す。円筒部(2LIFT)、ハンチ部(3LIFT)では、コンクリート打設後の上昇温度が高く、ひび割れ指数も小さく、ひび割れの発生確率が高いことが分かる。そこで、膨張材を添加することで、ひび割れ指数を改善した。また、コンクリート打設後には、土留め内とタンク内に水を湛水させて養生を行った。これは、水が木製型枠よりも熱伝導率が小さく、急激な表面温度変化を避けることができ、内外温度差を小さくすることが可能となるからである。同時に、コンクリートの強度発現を促進でき、乾燥収縮を低減することも期待できる。これらの対策により、ひび割れ発生を防止することができた。

表-3 温度・温度応力解析結果

| 打設箇所 | 使用セメント | 膨張材 | 最高温度(°C) | 上昇温度(°C) | 最大引張応力度(N/mm ²) | 最小ひび割れ指数 | 最小ひび割れ指数(膨張材入) |
|-------------|----------------------|-----|----------|-------------|-----------------------------|-------------|----------------|
| 8LIFT 側壁V | 高強度 低発熱 ポルトランド | なし | 31.9 | 9.4 | 1.78 | 1.80 | — |
| 7LIFT 側壁IV | | なし | 38.0 | 10.1 | 0.51 | 2以上 | — |
| 6LIFT 側壁III | | なし | 43.1 | 13.5 | 1.92 | 1.64 | — |
| 5LIFT 側壁II | | なし | 37.9 | 13.3 | 2.11 | 1.50 | — |
| 4LIFT 側壁I | | なし | 40.8 | 20.4 | 1.37 | 1.59 | — |
| 3LIFT ハンチ部 | | あり | 46.6 | 28.8 | 2.36 | 0.99 | 1.19 |
| 2LIFT 円筒部 | | あり | 38.8 | 26.4 | 1.94 | 1.39 | 1.77 |
| 1LIFT 底版部 | | なし | 25.4 | 14.1 | 1.14 | 1.71 | — |

中心軸(軸対称モデル)

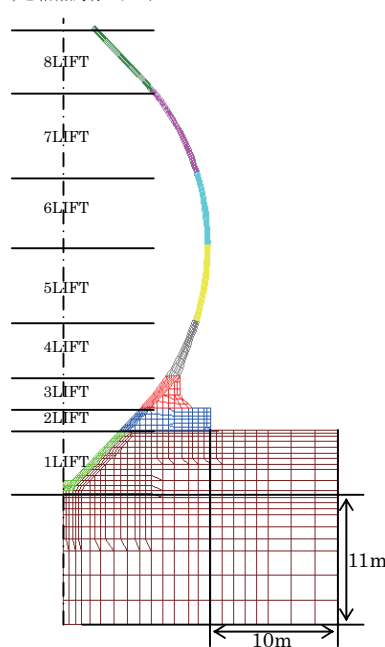


図-4 解析モデル

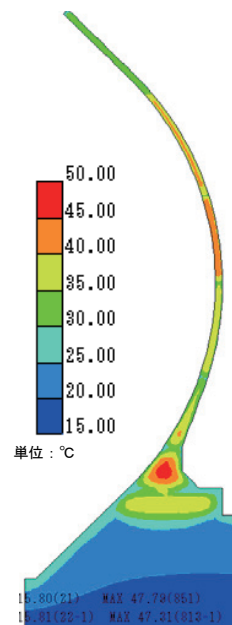


図-5 温度解析結果

6. おわりに

当工事は、「ひび割れ発生ゼロ」を目標に掲げて工事をスタートした。できる限りの事前検討を行い、万全の体勢で工事を実施し、無事卵形消化タンクを完成させることができた(写真-4)。本報告が今後の参考になれば幸いである。

最後に本工事を進めるにあたり、ご指導、ご鞭撻をいただいた関係各位に深く感謝します。



写真-4 完成した卵形消化タンク

【参考文献】1) デレタガク協会：デレタガク式 PC 卵形消化槽 標準積算要領, 2000