

技術ノート

キーワード

PC卵形消化槽
嫌気性消化
シェル構造

PC卵形消化槽の概要と施工報告

Construction Report of PC Egg-Shaped Sludge Digestion Tanks

森 本 洋 三*
Yozo MORIMOTO東 義 隆**
Yoshitaka HIGASHI鈴 木 直 人***
Naoto SUZUKI

1. まえがき

わが国は世界有数の経済大国であるが、下水道事業については、他の先進国に比べかなり立ち遅れているのが現状である。わが国における下水道普及率は、昭和61年度末現在37%(大都市圏においては70%)である。このため、近年、官民あわせて下水道整備に取り組み、下水道普及率も年々向上している。

しかし、このような下水道整備の充実に伴い、下水処理の過程で発生する汚泥量も増加しており、汚泥の効率的処理が重要な問題となっている。

一方、処理場の諸施設の建設に当たっては、周辺環境との調和、処理場公害の防止などの問題もあり、より一層の配慮が必要となっている。

現在、わが国の下水処理場で用いられている汚泥処理システムの40%以上は、効率的エネルギーの回収が可能な嫌気性消化プロセスを中心とした処理システムである。嫌気性消化システムを採用するに当たっては、汚泥

の効率的処理という観点から消化槽の形状が問題となり、近年、PC卵形消化槽が注目されている。

本文では、消化槽の形状に卵形を採用した松本市宮渕浄化センターのPC卵形消化槽(2 000 m³, 写真-1)を例に、PC卵形消化槽の概要と施工について報告する。

2. PC卵形消化槽^{1),2)}

汚泥消化の目的には、汚泥の減量化・安定化、さらには資源化等があり、その一手法として嫌気性消化システムが挙げられる。

消化槽の形状には、円筒形・亀甲形・卵形があり、特に卵形は、他の形状と比較して次のような特徴を有している。

- ① 消化槽の底部が急勾配のため、砂が1カ所に集まり、消化汚泥と一緒に引き抜くことが可能である。
- ② 形状が滑らかに連続して死水領域が少ないため、エネルギーが少なくても十分な攪拌効果が得られる。
- ③ 消化槽頂部の半径が小さいため液面が狭く、スカムの発生が少ない。
- ④ 同一容量の消化槽に比べて表面積が少ないため、放散損失熱量が少ない。
- ⑤ 攪拌効率が高いため、嫌気性菌と生汚泥がよく接触し合い、温度も均一化されるためメタンガスが安定して発生する。
- ⑥ プレストレストコンクリート構造であるため、ひび割れが発生せず、水密性・気密性に富み、耐久性に優れている。
- ⑦ 消化槽は、2方向に曲面を有するシェル構造で、滑らかな連続形状であるため、応力集中がない。



写真-1 完成写真

*川田建設㈱工事本部開発部技術開発課課長 **川田建設㈱東京支店工事部工事二課 ***川田建設㈱工事本部開発部技術開発課

3. 設計

松本市における消化槽本体では、構造面および機能面で優れているPC卵形消化槽が採用されており、基礎は地盤条件と消化槽の構造を考慮して、耐震上有利なリング基礎となっている。

(1) 構造形式および形状寸法

構造諸元：プレストレストコンクリート卵形消化槽

有効容量：2 000 m³/槽(2 槽)

基礎形式：直接基礎(リング基礎)

形状寸法：全高 $H=22.65$ m

最大内径 $D=15.17$ m

曲率半径 $R=10.70$ m

側壁厚 $t=0.35$ m(標準部)

リング基礎厚 = 0.80 m

本消化槽の構造図を図-1に示す。

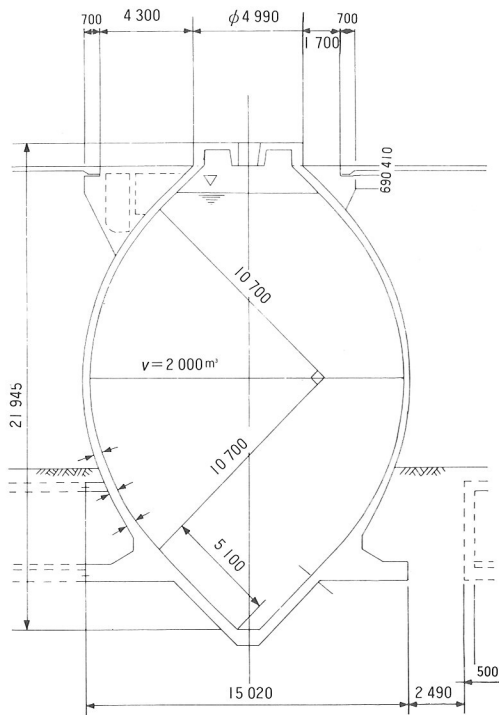


図-1 構造図

(2) 基礎の選定および設計

一般に、PC卵形消化槽の基礎形式には、消化槽下部を地中に埋め込む直接基礎が最も有利な形状と考えられる。しかし、わが国のような地震国では、地震時における消化槽本体の安定を確保することが重要であり、そのために基礎を設けた方が耐震的に有利である。本設計では、地盤条件(N 値50)・施工性・経済性を考慮して直接基礎(リング基礎)が採用されている。

なお、リングの一体化およびシェル部分に発生する局部応力の低減などの目的で、リング基礎にはプレストレスを導入するが、基本的にはRC構造と考えている。

(3) 消化槽本体の設計

消化槽本体は、側壁部分や円錐部分のように部材の厚さが消化槽の半径に比べ小さい薄肉シェル構造の部分と、リング基礎のようにマッシブな部分から成る。側壁および円錐部は、通常のPC部材として設計されている。

プレストレス量の算定に際しては、コンクリートのクリープ・乾燥収縮および温度の影響を考慮して、常時満液時に軀体の応力が通常のPCタンクの目安である 5 kg/cm^2 程度の圧縮状態になるように設計されている。

(4) PC鋼材の選定

円周方向は、本消化槽が小規模で内径が小さいために最小曲げ半径が小さくなること、および緊張作業が比較的簡便で大きな導入力が得られることなどからPC鋼より線SWPR19 ϕ 21.8 mmを使用している。円周方向PC鋼材の定着では、通常の円筒形PCタンクではピラスター(定着柱)を用いているが、卵形消化槽は2方向に曲面を有する薄肉シェル構造であるため、その特質を損なわないよう、また、美観上の配慮から部材に切り欠き部を設けて定着する方法を採用することが多い。

子午線方向は、薄肉コンクリート部材をリング状に分割して施工することから、PC鋼材の継手を容易に設けることができ、また、ある程度鋼材の自立性が必要なことから、細径で導入力が大きいPC鋼棒SBPR95/120 ϕ 32 mmを使用している。

なお、大規模容量の消化槽のPC鋼材には、円周方向および子午線方向ともPC鋼より線を使用することが多い。特に、円錐部はPC鋼より線をヘリカル状に配置し、リング基礎上に設けた緊張端で緊張、定着する。

PC鋼材の配置を図-2に示す。

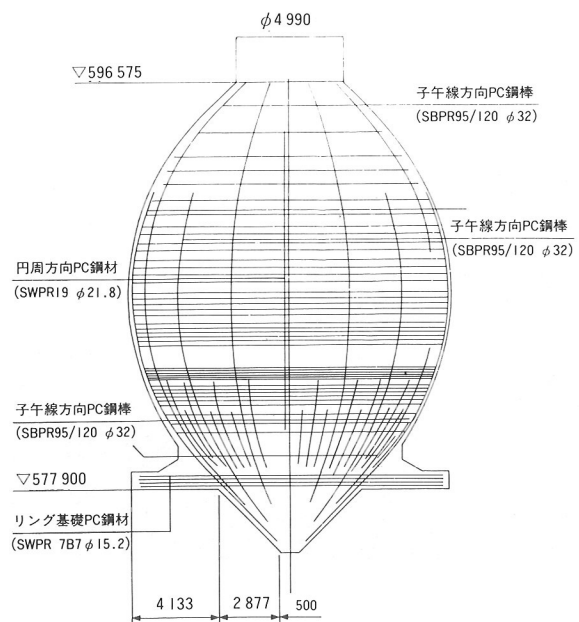


図-2 PC鋼材配置図

4. 工事概要

工事名称：松本市宮渚浄化センター建設工事(その2)

工事場所：松本市宮渚本村8-1

施工期間：昭和62年7月～昭和63年10月

工事内容：PC卵形消化槽2 000 m³/槽×2 槽

施 主：日本下水道事業団

発 注 者：飛鳥建設(株)・松本土建(株)

タンク施工：川田建設(株)(外装工事を除く)

5. 施工

(1) 施工概要

本工事の施工手順を図-3に示す。

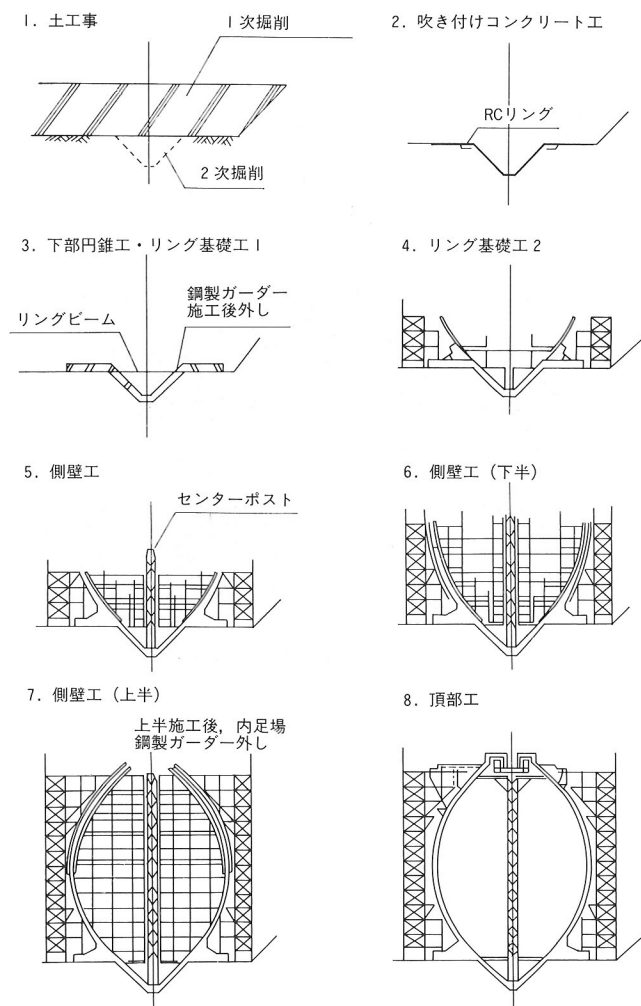


図-3 施工手順

(2) 土工事

施工ヤード内部の掘削は、リング基礎下端までの1次掘削と円錐部の2次掘削に分けて次の手順で行う。

- ① 1次掘削は、施工ヤード全体をGL-5.1mまでバックホウで掘削する。
- ② 2次掘削は、各消化槽の円錐部をすり鉢状に掘削する。なお、施工精度が躯体の形状に及ぼす影響が

大きいので、床付面手前までをバックホウで掘削し、残りを人力で掘削する。

(3) 吹き付けコンクリート工

円錐掘削部分の法面保護および下部円錐部の外型枠兼用の吹き付けコンクリートを施工する。なお、吹き付けは、躯体の厚みを決定するため精度よく施工しなければならない。ラス鋼材は2 mm (50 mm×50 mm)のものを使用した。

(4) 下部円錐部工

下部円錐部は壁厚50 cmであり、吹き付けコンクリートを外型枠として使用し、次の手順で施工する。

- ① 底部に鉄筋と型枠フレーム浮き上がり防止用アンカーボルト(8本)をセットする。
- ② 吹き付けコンクリート上に外側鉄筋および子午線方向PC鋼棒用のホルター筋(支持架台)を配置し、ホルター筋上に子午線方向PC鋼棒を付置する(写真-2参照)。
- ③ 内側鉄筋を配置し、底部の型枠フレームを組み立て、底部のコンクリート打設を行う。
- ④ 内型枠の支保工にH形鋼製ガダーを使用した。この支保工は、コンクリートの側圧に抵抗するための円周方向に3本、子午線方向に48本の構成とした。型枠は合板($t=12$ mm)を台形に加工し、H形鋼のフ

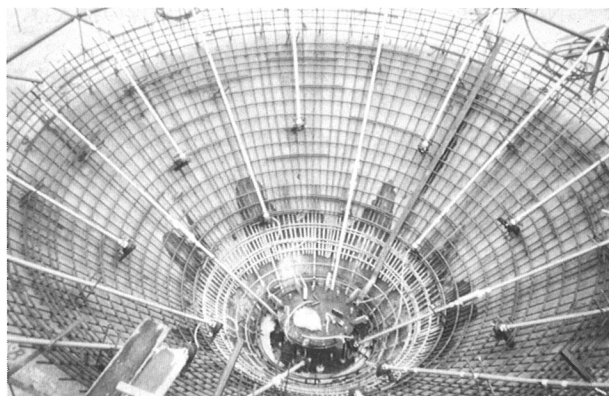


写真-2 下部円錐PC鋼材配置状況

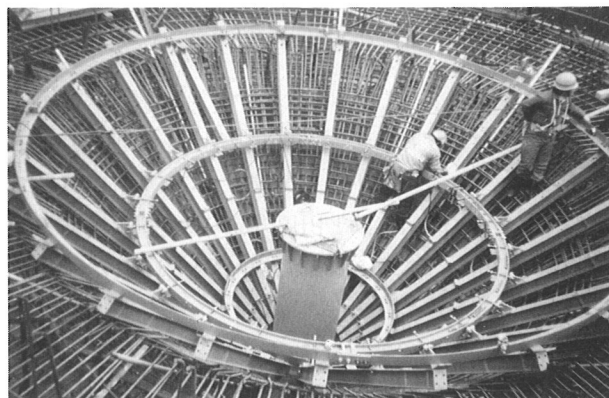


写真-3 下部円錐型枠ガダー施工状況

ランジ間へ角材とキャンバーで固定する(写真-3参照)。

- ⑤ コンクリート打設は、リング基礎部分と一括して行う。

(5) リング基礎工

リング基礎の形状は、内側が曲線、外側が円筒形から円錐、円筒さらに逆円錐と複雑な形状であるため、図-4に示すように基礎を2分割し、次の手順で行う。なお、No.1部分のコンクリート打設は、下部円錐部と一括して行う。

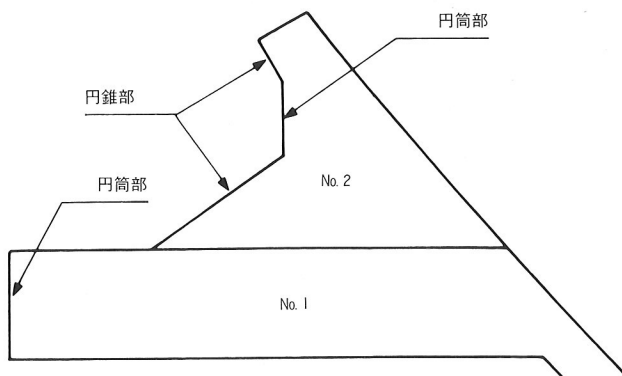


図-4 リング基礎

- ① 鉄筋・ハルター筋およびシースの配置は、No.1、No.2とも一括して行う。なお、PC鋼線の挿入は、コンクリート打設前に行う。
- ② No.1における内型枠は、コンクリート打設が下部円錐部と同時に行われるため、下部円錐部で使用しているH形鋼に固定する。また、外型枠については、メタルフォームを使用し、セパレータなどで固定する。
- ③ 内型枠および支保工を解体し、子午線方向PC鋼棒をセットする。
- ④ No.2部分の内型枠は、側壁工で使用する子午線方向に曲率を有するH形鋼に固定する。また、外型枠については、合板とセパレータなどで対処し、円錐部・円筒部・逆円錐部と順次合板を裁断して調整する(写真-4参照)。

(6) 側壁工

側壁部分は、設計上リング基礎上端から上部約18mを13段のリングセグメント状に分割しているが、子午線方向に曲率を有するH形鋼と円周方向のリングビームを支保工として用いて大枠を組むため、2～3ブロックを一括して施工する。

型枠の円周方向の分割数は、1～11ブロックが48分割、12～13ブロックが24分割とした。また、側壁の半径が変化するため寸法の異なる型枠が必要であり、現場にて合



写真-4 リング基礎外型枠組立状況

板を加工して調整する。

支保工の位置決めは、タンク中心部に測量用架台を設置し、これを規準点として調整する方法により行う。

側壁部の施工手順は次のとおりである。

- ① 内・外側のガーダーを組み立てた後、測量を行いガーダーの位置決めをする。
- ② 内・外足場の設置後、外型枠を組み立てる。

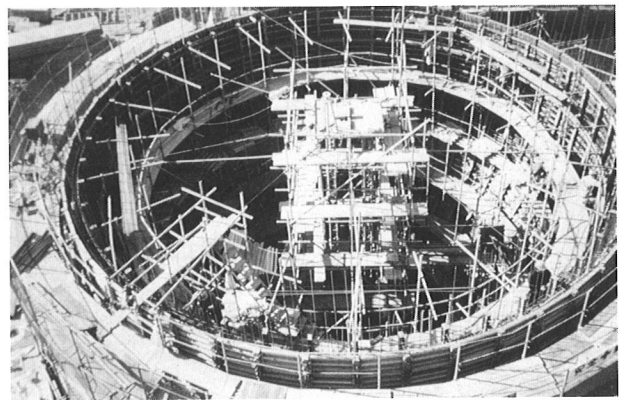
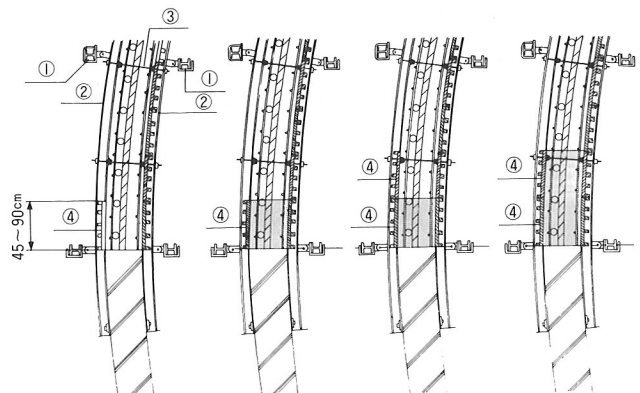


写真-5 側壁部PC鋼材配置状況

1. 型枠組立 2. コンクリート打設 3. 型枠組立 4. H形鋼組立



型枠組立1.3.コンクリート打設2.4.を連続して行う。

- ①円周方向H形鋼
- ②子午線方向H形鋼
- ③セパレータ
- ④型枠

図-5 型枠組立とコンクリート打設の作業手順

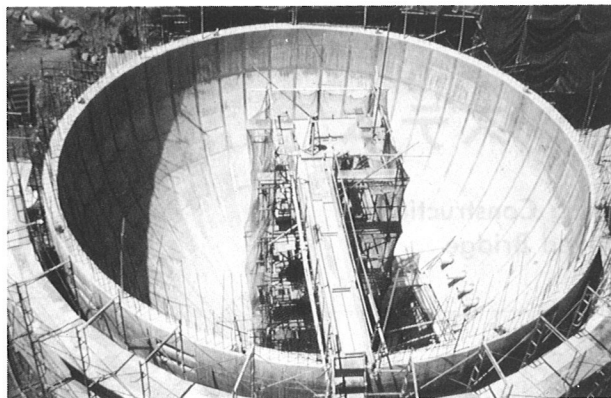


写真-6 側壁下半施工終了

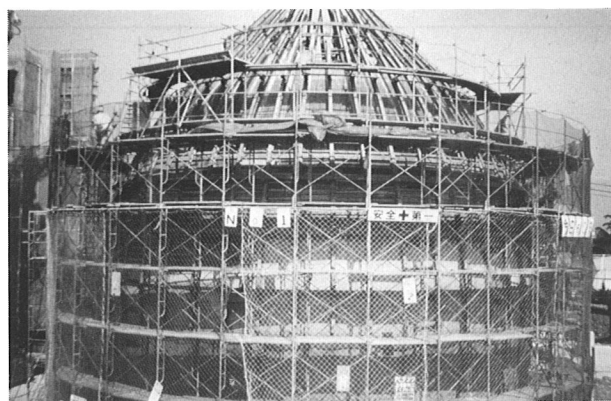


写真-7 側壁上半施工状況

③ 鉄筋・ハルター筋およびPC鋼材の配置後、内型枠を組み立てる(写真-5参照)。なお、下半(5ブロック)までは外側を先行し、上半(6ブロック)からは内側を先行して作業を行う。

④ コンクリート打設は、ポンプ車により行った。

⑤ 子午線方向PC鋼棒の緊張後、グラウトを行う(図-5, 写真-6, 7参照)。

(7) PC工

本消化槽は、下部円錐部、リング基礎および側壁より構成されており、おのおのに各種PC定着工法が採用されている。以下ではリング基礎および側壁のPC工の概要について述べる。

リング基礎にはVSL工法を使用し、外周部分に配置した4段のPC鋼より線(SWPR 7 B 7 ϕ 15.2 mm)をピルaster一部(4カ所)で緊張・定着する。緊張は両引きで行い、管理限界は試験緊張を実施し、この結果に基づいて設定した。

側壁については、円周方向に配置したPC鋼より線(SWPR19 ϕ 21.8 mm)をVSL工法で、子午線方向に配置したPC鋼棒(SBPR95/120 ϕ 32 mm)をFAB工法で緊張・定着した。

① 円周方向のPC鋼より線は、シェル構造の特質を損なわないよう部材に切り欠き部を設けて緊張・定着

する。緊張にはVSLジャッキを用い、両引きで行う(写真-8参照)。

② 子午線方向は、 $R=10.875$ mに曲げ加工された長さ2.1 m~5.67 mのPC鋼棒をカップラーで連結し、1, 2, 8, 13ブロック施工終了時に片引きで緊張する。

側壁円周方向PC鋼より線の緊張は、下半施工終了時および上半施工終了時の2回に分けて行った。なお、各位置での緊張作業は躯体に一律なプレストレスを導入することを基本に、円周方向PC鋼より線を2分割で緊張する場合は、双方の緊張力のバランスを取りながら緊張することに留意して施工を行った。

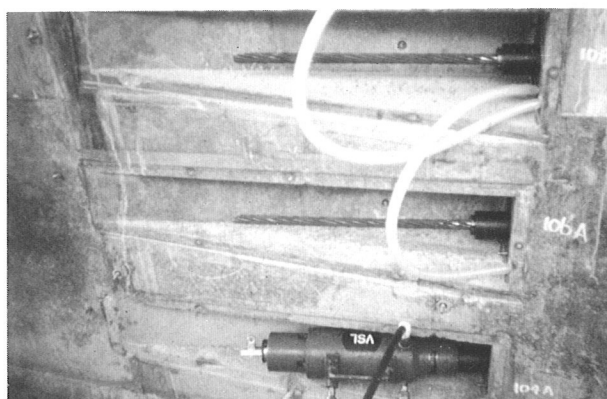


写真-8 円周方向PC鋼材緊張状況

6. あとがき

これまで、PC卵形消化槽の概要と施工について報告してきたが、施工については、型枠や足場および作業環境など検討すべき点が多少見受けられた。特に足場については、今回総足場を採用したため、埋め戻しおよび下半施工終了時、何度も足場の組立、解体をするなど、必ずしも作業効率が良いとは言えなかった。

今後は、今回使用したH形鋼ガーダータイプや従来タイプの施工だけでなく、プレキャスト部材を使用した施工方法などについても検討すべきであると思われる。

参考文献

- 1) 長沢弘巳・理崎好生：PC卵形消化槽の日本における適用，環境技術，Vol.12, No.4, pp.253~261, 1983年。
- 2) 栗林宗人：下水汚泥消化タンクの形状に関する建設費の比較検討，環境技術，Vol.12, No. 4, pp.262~269, 1983年。
- 3) 田中康夫：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, pp.261~268, 1985年。