

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 (1)〕

竹 田 哲 夫*
 百合山 哲 三**
 吉 岡 民 夫***

1 はじめに

昭和 58 年に横浜市が我が国最初の卵形消化タンクの建設に着手して以来^{1),2)}, 表-1 に示すように我が国には建設中のものも含めて容量にして 15 万 m³, 数にして 30 基以上の卵形消化タンクがある。その一部はすでに運転が開始され、当初の予想を上回る好成績を上げている。消化タンクの運転効率を見る最も代表的なバロメータのひとつにガス発生倍率（投入汚泥量に対する発生ガス量の体積比）がある。この値は汚泥濃度にも影響されるが、従来 7~10 倍³⁾といわれているものが横浜市北部汚泥処理センターの実績では 20 倍に達している^{4),5)}。

このように急速に普及しつつある卵形消化タンクを今回講座に取り上げることとなったが、我が国では卵形消化タンクに関する指針や示方書はまだ整備されておらず

表-1 我が国の卵形消化タンクの実績 (1989 年 3 月現在)

発注年月	処 理 場 名	規 模
1983. 12	横浜市北部汚泥処理センター (一期工事)	6 800 m ³ ×6
1984. 7	岩見沢市南光園処理場	1 600 m ³ ×1
1984. 9	横浜市南部汚泥処理センター	6 400 m ³ ×6
1984. 11	横浜市北部汚泥処理センター (二期工事)	6 800 m ³ ×6
1986. 1	北九州市皇后崎処理場	4 000 m ³ ×2
1986. 8	石狩川流域奈井江浄化センター	3 900 m ³ ×2
1986. 10	周南流域下水道浄化センター (一期工事)	3 100 m ³ ×1
1987. 7	網走市公共下水道スラッジセンター	1 600 m ³ ×2
1987. 7	松本市宮淵浄化センター	2 000 m ³ ×2
1987. 11	周南流域下水道浄化センター (二期工事)	3 100 m ³ ×1
1988. 11	木津川流域洛南浄化センター	4 000 m ³ ×2

* 鹿島建設 (株) 技術研究所 (元: 土木設計本部)

** (株) 錢高組土木本部 PC 部

*** オリエンタルコンクリート (株) 技術部

確立された設計・施工法があるわけではない。そこで当講座では実績を中心に取りまとめて紹介することとする。特に卵形消化タンクが数多く建設されている西ドイツでは、ライン川やドナウ川に沿った内陸の良好な地盤に建設されることが多いのに対し、我が国では埋立地などの軟弱な地盤に設置されることが多く、また我が国は屈指の地震国であることも、西ドイツとは条件が大きく異なるところである。よってこれらの問題に重点をおいて触れることにする。

当講座は 3 回に分けて掲載されるので、初めに全体の構成を以下に示す。

1. はじめに
2. 卵形消化タンクの計画
3. 構造設計 (耐震設計を含む)
4. 施工
5. おわりに

2

卵形消化タンクの計画

2.1 消化タンクの機能

下水処理は水処理プロセスおよび汚泥処理プロセスに大別される。水処理プロセスでは流入してきた下水を機械的かつ生物学的 (活性汚泥法) に処理し、静置したあと上澄み水を放流する。水処理プロセスでの残渣が汚泥であるが、泥とはいってもその 98~99% は水で、水を分離し残りの固形物を処理処分するのが汚泥処理である。汚泥の処理処分には様々の方法があり、そのうち最も一般的なのが嫌気性消化プロセスをふくむシステムで、我が国の汚泥処理施設の 45% 以上で採用されている⁶⁾。嫌気性消化プロセスのメリットは、システム内に大容量の貯留槽 (消化タンク) を持つことにより、これがクッションとしての役割を果たすため、日々変化する量と質の汚泥を安定して処理できることである。嫌気性消化プ

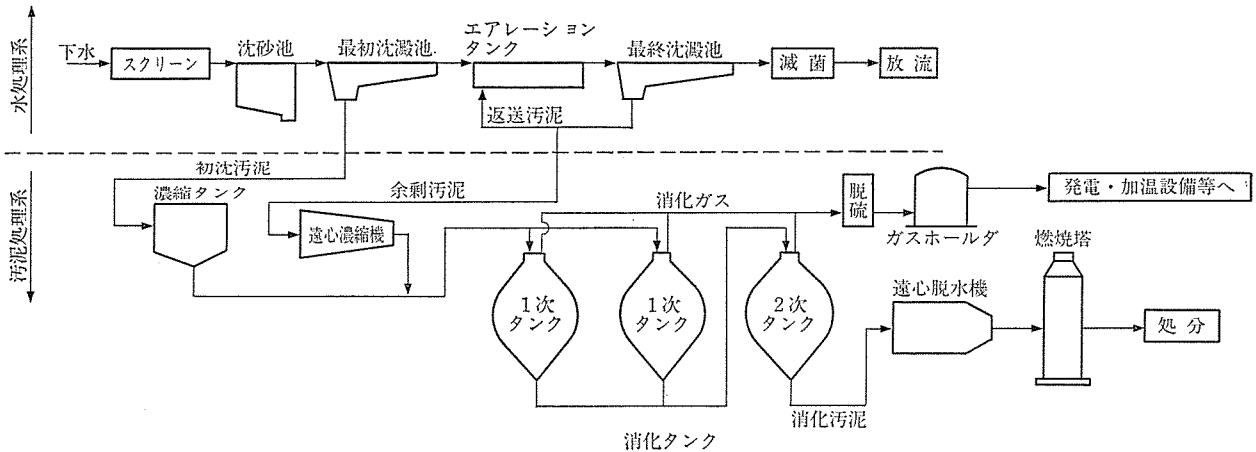


図-1 嫌気性消化プロセスを含む概略システムの一例

プロセスを含む汚泥処理システムの一例を図-1に示す。

汚泥処理の目的は汚泥の安定化と減量化である。約35°C（中温消化）に加熱された消化タンク内ではバクテリア（嫌気性菌）の働きにより有機物が分解され、メタンガスや二酸化炭素が生成される。その結果約50%の有機物が消化され、減量化されるとともに、においのない安定した消化汚泥が得られる。

2.2 卵形消化タンクのメリット

(1) 背景

1954年に西ドイツ・ディビダーク社が最初の卵形消化タンクを手がけて30年も経たず今日、何ゆえに我が国で卵形消化タンクが注目されることとなったのであろうか。それはまず我が国の下水道の歴史の中からうかがうことができる。下水道の普及と処理の向上につれて下水汚泥は日々増大しているにもかかわらず、処分地（おもに埋立地）の確保が日増しに困難となり、その技術がおおむね完成された水処理に代わって汚泥処理が下水道事業にとって最も重要かつ緊急の課題となってきた。また、2度のオイルショックを経験し、それまでは消エネルギー型であった汚泥処理を、省・創エネルギー型へ転換する要望が高まり、嫌気性消化プロセスから得られる消化ガスが注目されることとなった。

(2) 汚泥消化プロセスの問題点

一方、我が国の嫌気性消化プロセスは、汚泥濃度の低下（食生活の変化によって汚泥が有機物の多い基質に変化し、重力濃縮機能が大幅に低下した）による消化効率の悪化、消化タンク底に堆積する砂のために容量が漸減することによる消化日数（汚泥が消化タンク内に滞留する日数、約30日）不足、不完全消化のためにその脱離液（汚泥から分離された水、再び水処理系に戻される）の水処理系への高負荷などと、その処理機能の根底にかかわる問題を抱えていた。

そこで嫌気性消化プロセス全般の見直しが行われ、消

化タンクの形状にも注意が払われ、西ドイツで多用されていた卵形消化タンクが注目されることとなった⁷⁾。

(3) 卵形消化タンクの特長

卵形消化タンクは、1) 上述した問題を解決できると期待されるほかに、2) 汚泥液面に生ずるスカム（油脂や固形物の集まったもの）が発生しにくく、発生したとしてもその除去が容易である、3) プレストレストコンクリート構造であるために発生した消化ガスが漏洩することなく完全に捕集できる、4) その形状特性から攪拌効率がよい、5) 形状が球に近いので表面積が小さく放熱エネルギーが少ない、6) 砂が堆積しないので内空容量を100%利用でき、危険な作業である堆砂の浚渫の必要がない、7) 背が高く径が小さいので敷地面積が小さくなる、などの特長を有している。

特に攪拌効率が最も重要な要素で、重力濃縮機能の悪化に伴う機械濃縮の導入により、汚泥濃度が上昇し、それに伴ってその粘性が急激に増大し、攪拌が困難となるかもしれないが、卵形消化タンクではその形状特性から高濃度汚泥でも低い消費動力で効率的に攪拌でき⁹⁾、またスカム破碎に効果的で攪拌エネルギーの伝播が直接的かつ効率的な機械攪拌（汚泥液面直下にスクリーを設置して攪拌）を採用することができる。高濃度消化が可能となれば投入汚泥量が減少するので（一緒に入ってくる水の量が減少する）、消化タンクの容量を小さくすることも可能である。

ところで従来から用いられてきた水道用タンクとほぼおなじ形状のタンク（従来型）に比べ、卵形消化タンクは初期建設コストが上昇するといわれている^{9),10)}。しかし上述した特長が発揮されると運転維持コストが大幅に低減し、また1.で述べたように大量の消化ガスが得られ、長期的には経済的に有利となることが期待される。

(4) 建設技術

卵形消化タンクの採用については建設技術上からの要

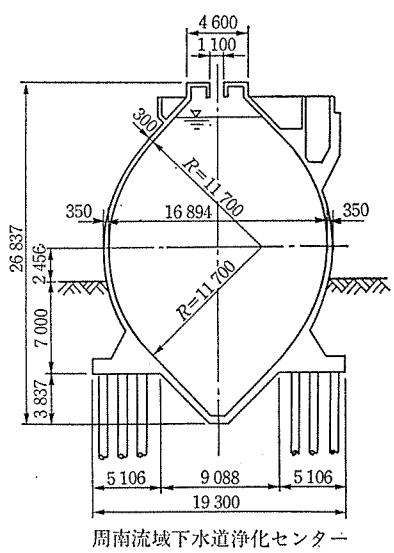
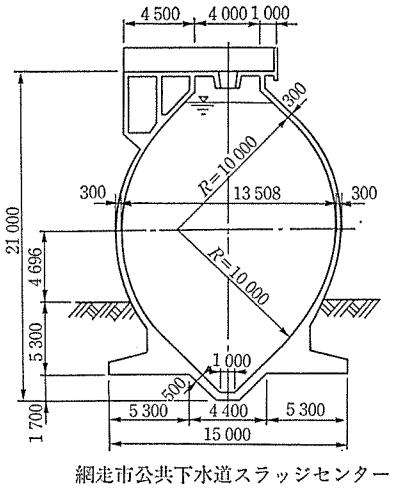
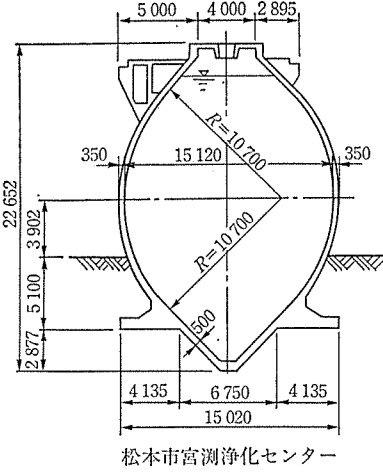
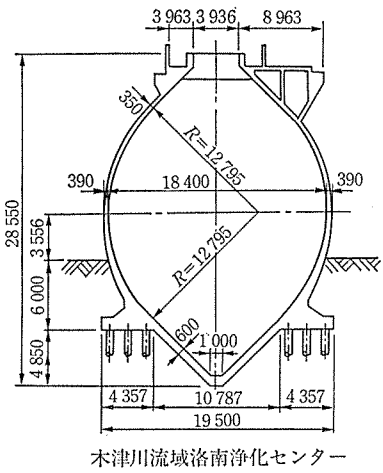
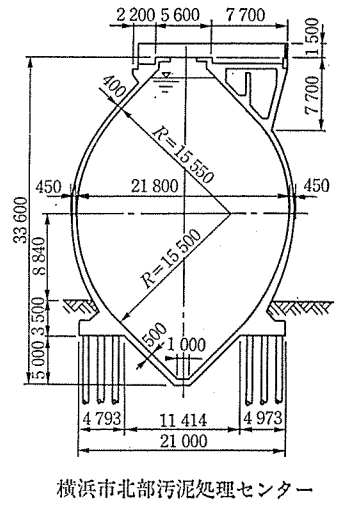
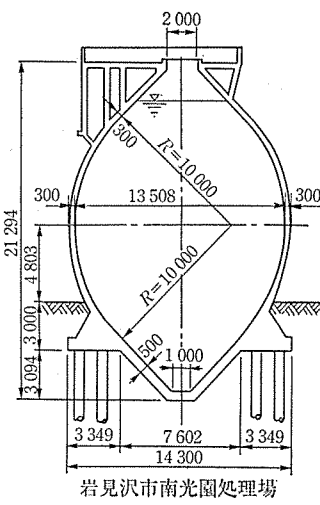
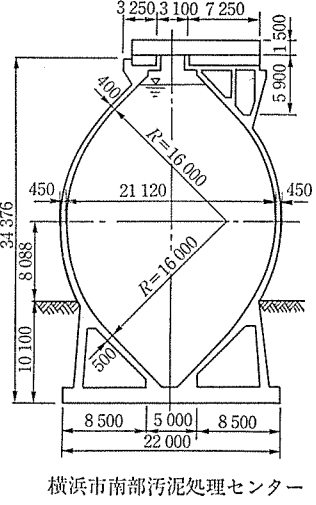
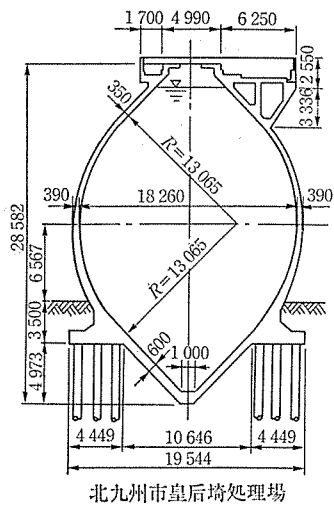
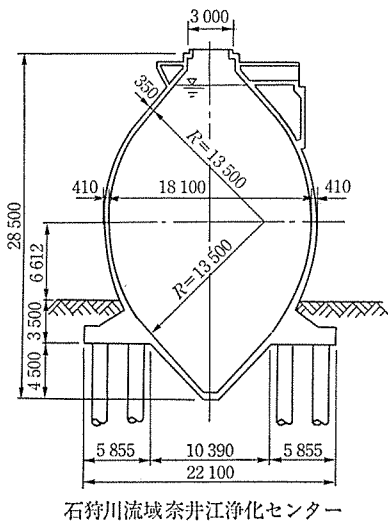


図-2 我が国の卵形消化タンクの形状

◆ 脚 ◆

素もあった。西ドイツでは当初卵形消化タンクを縦に5～6分割し順次施工する工法（縦割のセグメント工法）が採用されていたのが、1970年代に急激に発達した足場・型枠の機械化により、タンクを横に分割してリング状に施工できる合理的な足場・型枠システム（クライミング工法）が開発され、それまでの縦割のセグメント工法では避けられなかった施工中の不安定感がなくなった¹¹⁾。またコンピュータの発達に伴い、構造解析や振動

解析の信頼度が高まり、一見不安定そうに見える卵形消化タンクの耐震設計を十分信頼できる確かさで行えるようになってきたことも見逃せない要素であった。

2.3 基本形状寸法の決定

図-2に我が国で実績のある卵形消化タンクの形状を示す。すべての形状は、上下部が円錐で、その間を一つの円で結んでおり、赤道最大径に対する全高の比が1.5～1.6程度である。ペーパルは卵形消化タンクの最適形状として、全高/赤道最大径=1.45を与えている¹²⁾、これらはほぼこれに適している。

一般に形状の決定に当たっては、次のことが考慮されている。

- a) 消化汚泥および細砂が自然沈降によって槽底の汚泥引き抜き口まで達するように、タンク下部は傾斜角45°の逆円錐とする。
- b) スカム発生を抑制し、発生した場合にも容易に除去できるように、タンク上部は傾斜角45°の円錐とする。
- c) 表面積をできるだけ小さくするために、上部および下部円錐部の間を一つの曲率を有する円で結合する。
- d) 攪拌装置の据付けおよび施工中にタンク内で用いた機材の搬出を考慮して、上部開口部の半径を1～2.5mとする。

以上の条件を満足する形状は、与えられた容量に対して図-3から求められる。

2.4 基礎

卵形消化タンクの基礎は、支持地盤や立地条件に応じて適切に選定しなくてはならない。図-4に我が国および西ドイツで実績¹¹⁾のある基礎の例を示す。西ドイツではa)、d)の実績が多いが、我が国ではタンクの設置される地盤が軟弱であることおよび耐震性を考慮してb)、c)、e)の実績が多い。

参 考 文 献

- 1) 斎藤：横浜市における汚泥集約処理施設—卵形消化タンク

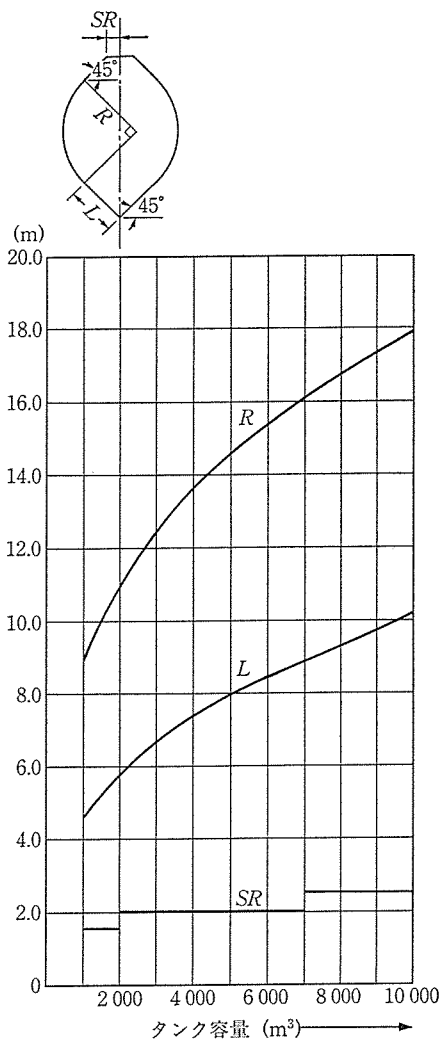


図-3 卵形消化タンクの基本形状

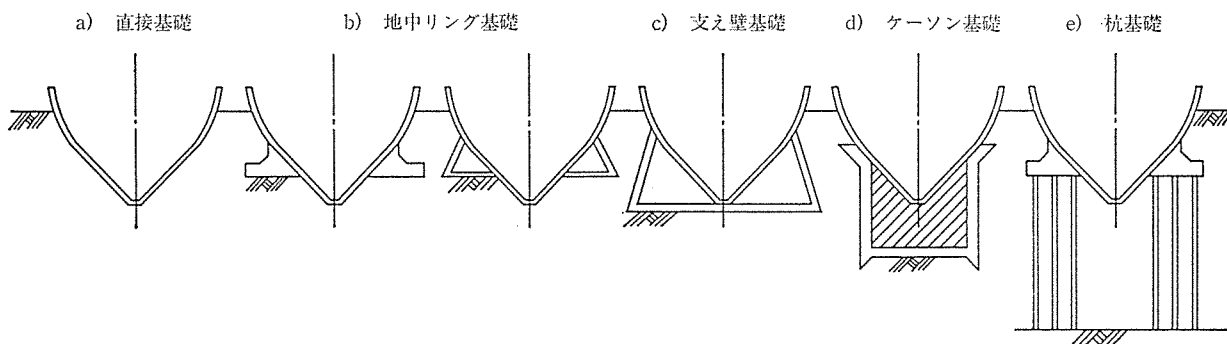


図-4 卵形消化タンクの基礎

- クを中心とする汚泥処理システム一, 下水道協会誌, Vol. 24, No. 280, 1987/9
- 2) 吉田, 他: 横浜市における卵形消化タンク (1) (2), 下水道協会誌, Vol. 22, No. 249, 250, 1985/2,3
 - 3) 日本下水道協会: 下水道施設設計指針と解説, 1984 年版
 - 4) 野本, 他: 汚泥処理センター北部汚泥集約処理の初期運転状況について, 第 12 回横浜市下水道研究発表会講演集
 - 5) 金沢, 他: 汚泥処理センター北部の集約処理初期運転における汚泥の固形物質収支及び熱収支について, 同上
 - 6) 下水道統計: 日本下水道協会, 昭和 53~55 年版
 - 7) 平岡, 他: 下水汚泥の嫌気性消化システムに関する研究 (第 1~3 報), 環境技術 Vol. 10, No. 9, 11, 12 (1981)
 - 8) F. Wiedemann: Einrichtungen zur Umwälzung des Schlammes in Faulräume, gwf-wasser/abwasser
 - 9) 栗林: 下水泥汚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 (1983)
 - 10) デイビダーク協会: デイビダーク式 PC 卵形消化槽標準積算要領, 平成元年度版
 - 11) H. Bornhard (鈴木訳): 下水道用プレストレストコンクリート消化タンク, プレストレストコンクリート, Vol. 24, No. 3 (1982/5)
 - 12) Pöpel: Sludge Digestion and Disposal, Lehrstuhl für Siedlungs-wasserbau und Stadtbauwesen, 1963

◀刊行物案内▶

第 28 回 研究発表会講演概要

体 裁: B 5 判 130 頁

頒布価格: 3 000 円 (送料 350 円)

内 容: (1) プレストレッシングストランドの 3% NaCl 環境における腐食疲労強度, (2) アフターボンド工法用 PC 鋼材について, (3) U型断面をした PC 小梁の載荷実験, (4) 高強度鉄筋を用いてプレストレスを導入した PRC はりの持続荷重下における曲げ性状, (5) 高強度鉄筋を用いてプレストレスを導入した型枠兼用プレキャスト板に関する実験的研究, (6) JIS PC 波形矢板の載荷試験, (7) 架設工法を考慮した PC 斜張橋の斜材張力及び主桁プレストレスの最適化, (8) PC 斜張橋の精度管理における斜材張力調整法に関する研究, (9) 目地を有する PC 部材のねじり強度, (10) 箱抜き部を有するプレキャスト PC 版の載荷試験, (11) PC—鋼合成構造の鋼桁の座屈による崩壊, (12) バージ用 PC スラブの集中面外荷重に対する強度, (13) 横方向 PC ケーブルと鋼板接着で補強された PC 橋の実橋載荷試験, (14) 実桁定着部のプレストレス導入時のひずみについて, (15) 15 年間交通供用された PC 橋の撤去工事に伴う施工法の検討および材料強度試験—広島市・工兵橋—, (16) プレストレス導入における摩擦係数の再検討, (17) 呼子大橋 (PC 斜張橋) の風洞実験, (18) PC 斜版橋の設計について, (19) PC 斜版橋の構造解析モデルの検討, (20) 急曲線形 PC 下路桁の三次元解析, (21) 新素材による PC 橋—新宮橋の建設, (22) プレキャスト PC 床版を用いた鋼合成桁橋の設計と施工—大根田橋の床版打替え工事—, (23) 水面下にある中路式 PC 桁の設計と施工—水辺の散歩道 (新高橋連絡通路) 新設工事—, (24) 池間大橋の設計と施工 (プレキャストブロック工法長大橋), (25) 「合成アーチ巻き立て工法」による旭橋の設計と施工, (26) 布施田浦橋 (仮称) の設計と施工, (27) PC 吊床版橋の設計と施工, (28) 人工軽量骨材コンクリートを用いた PC 連続桁について—日豊本線・汐見川橋梁—, (29) 筒石川橋の施工, (30) ロアリング工法によるコンクリートアーチ橋の施工—内の倉橋—, (31) クレーン船の衝突によって損傷した PC 橋 (青海大橋) の復旧工事, (32) シンガポール MRT 202 工区上部工の施工, (33) PC 大型矢板の砂礫層での施工