

横浜市における卵形消化タンク ——PC 卵形消化タンクの設計について——

吉 田 作 治*
 中 田 穂 積**
 斉 藤 廣 三 郎***
 竹 下 了†
 久 保 田 宗 孝††
 石 原 重 孝†††

1. はじめに

横浜市では、11 か所の下水処理場から発生する汚泥を臨海部にある2か所の汚泥集約処理基地により処理する計画である。その処理方法の一つとして、嫌気性消化法を採用することになり、PC 構造による卵形消化タンクを建設するに至った。

ヨーロッパでは、多くの PC 構造による卵形の汚泥消化タンクが建設されているが、わが国では今日まで、汚泥消化タンクは、ほとんど RC 円筒形で建設されており、PC 卵形消化タンクの施工実績は、皆無である。PC 卵形消化タンクは、消化機構の面から他の形状と比較して混合状態が良く、消化効率が安定していることが報告されており、構造的には、PC 構造であるため、クラックの発生を押さえ、消化ガスの漏出がない。

今日までわが国において、PC 卵形消化タンクが建設されなかった理由は、主に、施工技術上の問題点が多かったためと考えられる。しかし昨今、それらに対する技術開発が進み、実用化の段階に至った。本文は、わが国で初めて PC 卵形消化タンクを建設する運びとなったので、その設計および施工計画の概要について報告するものである。

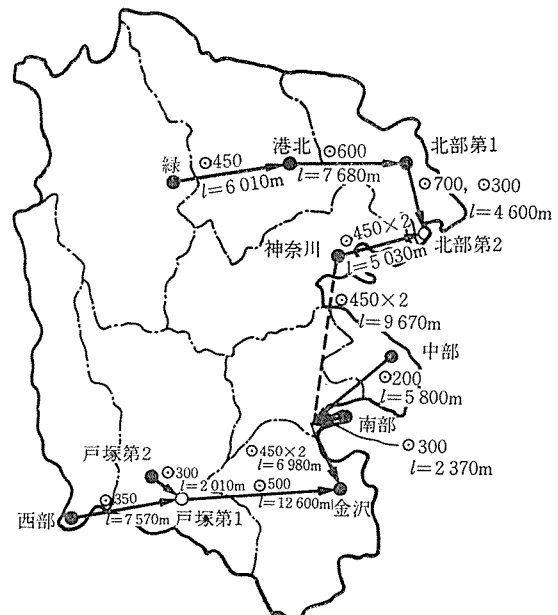
2. 横浜市の下水汚泥処理計画

2.1 概 要

本市の下水道計画では、市域約 43 000 ha を 9 処理区に分割し、各処理区に 1~2 か所の下水処理場を配置し、計 11 か所の下水処理場を計画している。このうち既に

10 か所が稼働し、残り 1 か所も今年中には、運転を開始する見通しである。その結果、水洗化普及率も昭和 58 年度末で 55% に達している。また、下水道整備の進捗に伴って、これらの下水処理場から発生する汚泥も年々増加している。

昭和 57 年度末現在、本市の下水汚泥発生量は、年間 103 000 トン（脱水ケーキ）に達しており、下水道普及率の向上、更には、公共用水域の水質規制強化に伴う下水処理の高度化等を考え合わせれば、今後の汚泥量の増大は、避けられない。



凡 例	
→	送泥管
---	処理区界
●	既設下水処理場
○	建設中下水処理場(一部稼働も含む)
▽	中継ポンプ場

図一1 送泥系統図

* 横浜市下水道局建設部施設課課長
 ** 横浜市下水道局建設部中部設計課
 *** 日本上下水道設計(株)取締役機械部長
 † 日本上下水道設計(株)取締役横浜事務所長
 †† 鹿島建設(株)土木設計本部次長
 ††† 鹿島建設(株)土木設計本部副主査

表—1 基地における計画汚泥処理プロセス

受持 処理場名	集 泥量*	汚泥処理プロセス
北 部 第二下水 処理場	緑 北 部 第一 北 部 第二 神 奈 川 45 600 m ³ /日	濃 縮—嫌気性消化—脱 水—乾燥 (重力式) (遠心) (遠心) (遠心) 濃 縮—湿式酸化—脱 水 (重力式) (加圧)
金 沢 下 水 処 理 場	中 部 南 部 金 沢 戸 塚 第 一 戸 塚 第 二 西 部 30 900 m ³ /日	濃 縮—嫌気性消化—脱 水—焼却 (遠心式) (加圧・遠心) (加圧・遠心) 濃 縮—湿式酸化—脱 水 (浮上式) (加圧)

* 含水率 99% 汚泥

一方、下水処理場の周辺は、市街化の進行が著しく、周辺住民の各種公害防止対策の要求も高まり、今後更に厳しくなることが予測され、各処理場における汚泥処理施設の増設が困難となりつつある。

以上のような状況から、環境対策の容易な臨海部に位置する北部第二下水処理場および金沢下水処理場を各々北部方面および南部方面の汚泥処理基地とした汚泥集約処理計画を策定した。

各下水処理場から発生する汚泥は、図—1 に示すようにパイプラインにより南北各々の基地へ圧送され、集約処理される。両基地の汚泥処理施設の概要は、表—1 に示すとおりである。北部汚泥処理基地では、3種類のプロセスを、南部汚泥処理基地では、2種類のプロセスを計画しているが、将来の技術革新にも柔軟に対処できるようにした。このうち、集約処理することで、効率的なエネルギー回収が可能な嫌気性消化プロセスを先行して行うものである。

2.2 消化プロセス

下水汚泥は、有機質を多量に含有し、衛生上危険な病原菌を含む可能性がある。このような病原菌を含み、また悪臭を放つような腐敗性物質はその量を減少させ、また分解させなければならない。

嫌気性消化法は、密閉された容器（消化タンク）内の嫌気的条件下で生育する嫌気性細菌の働きにより、下水汚泥の生化学的、衛生学的安定化と固形物の減量化を行う方法である。

汚泥の嫌気性消化プロセスは、普通二段階に分けられる。第一段階では汚泥中の複雑な有機物（高分子物質）が、通性嫌気性菌の働きで低分子化（液化）され、低分子中間生成物を生ずる。第二段階では、これらの低分子有機物は絶対嫌気性菌（メタン菌）の働きで二酸化炭素とメタンガスに分解される。

メタン菌の生育条件は非常に厳しく、したがって、消

化効率を高めるには、メタン菌の最適生育条件を維持することが大切である。

消化温度の範囲は、利用する嫌気性細菌群の最適温度、すなわち、メタン菌生育の最適温度である中温領域で、一般的には 30~37°C、滞留時間は 30 日を原則としている。

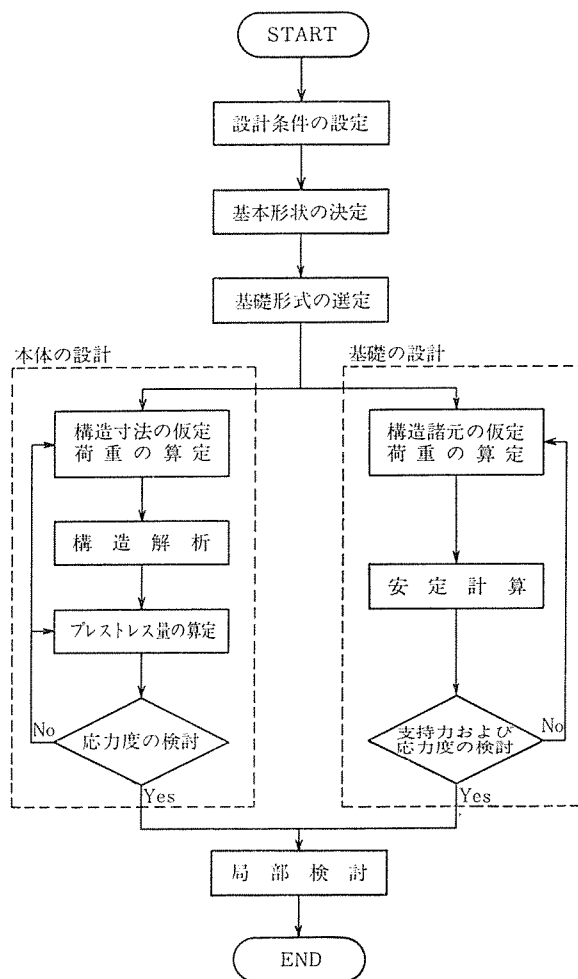
なお、消化タンク内の温度は、加温装置によって一定温度に維持する。また、タンク内で発生するガスのガス圧上昇等によるコンクリートスラブおよび付帯設備等の破損を防止するための設備を取り付け、一定圧になるようにする必要がある。

3. PC 卵形消化タンクの設計

3.1 設計概要

本消化タンク躯体には、構造的にも、機能的にも優れている PC 卵形構造を採用し、基礎形式には、地盤条件を考慮して、耐震上有利なリング基礎による杭基礎形式を採用することを基本方針とした。

適用基準としては、日本下水道協会「下水道施設設計



図—2 PC 卵形消化タンクの設計フロー

指針と同解説」(1972年)(以下「下水道設計指針」と略記する)および「下水道施設地震対策指針と解説」(1981年)(以下「下水道地震対策指針」と略記する)としたが、これらの指針に明示されていないPC構造に関する事項については、主に、土木学会「プレストレストコンクリート標準示方書」(1978年)および、日本水道協会「水道用プレストレストコンクリートタンク標準仕様書」(1980年)(以下「水道用PCタンク標準仕」と略記する)に準拠した。

本消化タンクはわが国で最初のPC卵形消化タンクとなるため、有限要素法による数値解析のほか、必要に応じて構造確認実験等を行い、安全性には十分に配慮した。

以上のような観点から実施した設計のフローを図-2に示す。

本消化タンク躯体に使用した材料の仕様および許容応力度を表-2に示す。また、設計で考慮した荷重の種類、荷重の組合せおよび許容応力度の割増し係数を表-3に示す。

このうち、温度荷重については、消化タンクの機能上、常に汚泥の温度を一定に保つ必要があることから、この温度による影響(温度差)を主荷重に相当する特殊荷重と考えた。また、消化ガス圧についても、静水圧と同時に作用するものとして取り扱った。

3.2 基本形状および基礎形式の選定

消化タンク躯体の基本形状を決定するために、容量6800m³のタンクに対して図-3に示すようなI~IV案の4タイプについて概略検討を行った。

概略検討の結果を比較すると、表-4に示すように躯体の高さが低くなるにつれて、基礎に作用するモーメントは小さくなっている。しかし、必要杭本数および躯体のコンクリート量には殆んど差はなく、建設コストの面からは4案の間には優劣が少ないと判断した。

したがって、これら4案のうち、タンクの容量に対する表面積の比が最小で、放熱による熱損失が最も少なく、熱力学的に有利なPöpelの方法による形状に最も近いII案を基本形状とした。

PC卵形消化タンクの基礎形式としては、西ドイツを中心としたヨーロッパで数多く見られるタンク下部を地中に埋め込むだけの直接基礎が、そのシェル構造の優れた特質を損なうことのない最も有利な形式と考えられる。しかし、わが国のような地震国では、地震時におけるタンク本体の安定性を確保することが重要であり、そ

表-2 材料の仕様および許容応力度

種 類	仕 様	応 力 度 の 状 態		許容応力度 (kg/cm ²)	
		曲げ圧縮応力度	使用状態		
コンクリート	$\sigma_{ck}=400 \text{ kg/cm}^2$	曲げ圧縮応力度	プレストレッシング直後	190	
			使用状態	150	
		軸圧縮応力度	プレストレッシング直後	145	
			使用状態	120	
		曲げ引張応力度	プレストレッシング直後	15	
			使用状態	満液時	0
				空液時	8
			地震時	25	
		せん断応力度			5.5
		斜引張応力度			9
PC鋼材	SWPR 7 B 9-φ15.2 mm	プレストレッシング中	14700		
		プレストレッシング直後	13400		
		使用状態	11500		
	SBPR 95/120 φ32 mm	プレストレッシング中	8550		
		プレストレッシング直後	8070		
		使用状態	7120		
鉄 筋	SD 35	引張応力度	2000		
		圧縮応力度	2000		

表-3 荷重の種類、組合せおよび許容応力度の割増し係数

荷重の種類	荷重の状態		使用状態		地震時		備 考
	満液	空液	満液	空液	満液	空液	
死 荷 重	○	○	○	○	○	○	頂部付属物、保温材、内部機器の重量含む
静 水 圧	○	○			○	○	消化ガス圧 0.4 t/m ² 含む
プレストレス力	○	○	○	○	○	○	—
温 度	冬	○			○		外気温 0°
	夏		○			○	外気温 30°
浮 力	○	○	○	○	○	○	—
地震の影響					○	○	$k_H=0.2$ $k_V=0$
荷重組合せによる許容応力度の割増し係数	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	1.5	—

注) ただし、風荷重の影響は地震の影響よりも小さいので除外した。

表-4 基礎に作用する断面力の比較

断面力	タイプ	I	II	III	IV	備 考
鉛 直 力 $N(t)$	満液	10300	10400	10400	10500	—
	空液	3500	3600	3600	3700	—
水 平 力 $H(t)$	満液	2060	2080	2080	2100	地震時のみ
	空液	700	720	720	740	〃
モーメント $M(t\cdot m)$	満液	25800	23200	20200	18300	〃
	空液	8750	8040	6980	6440	〃

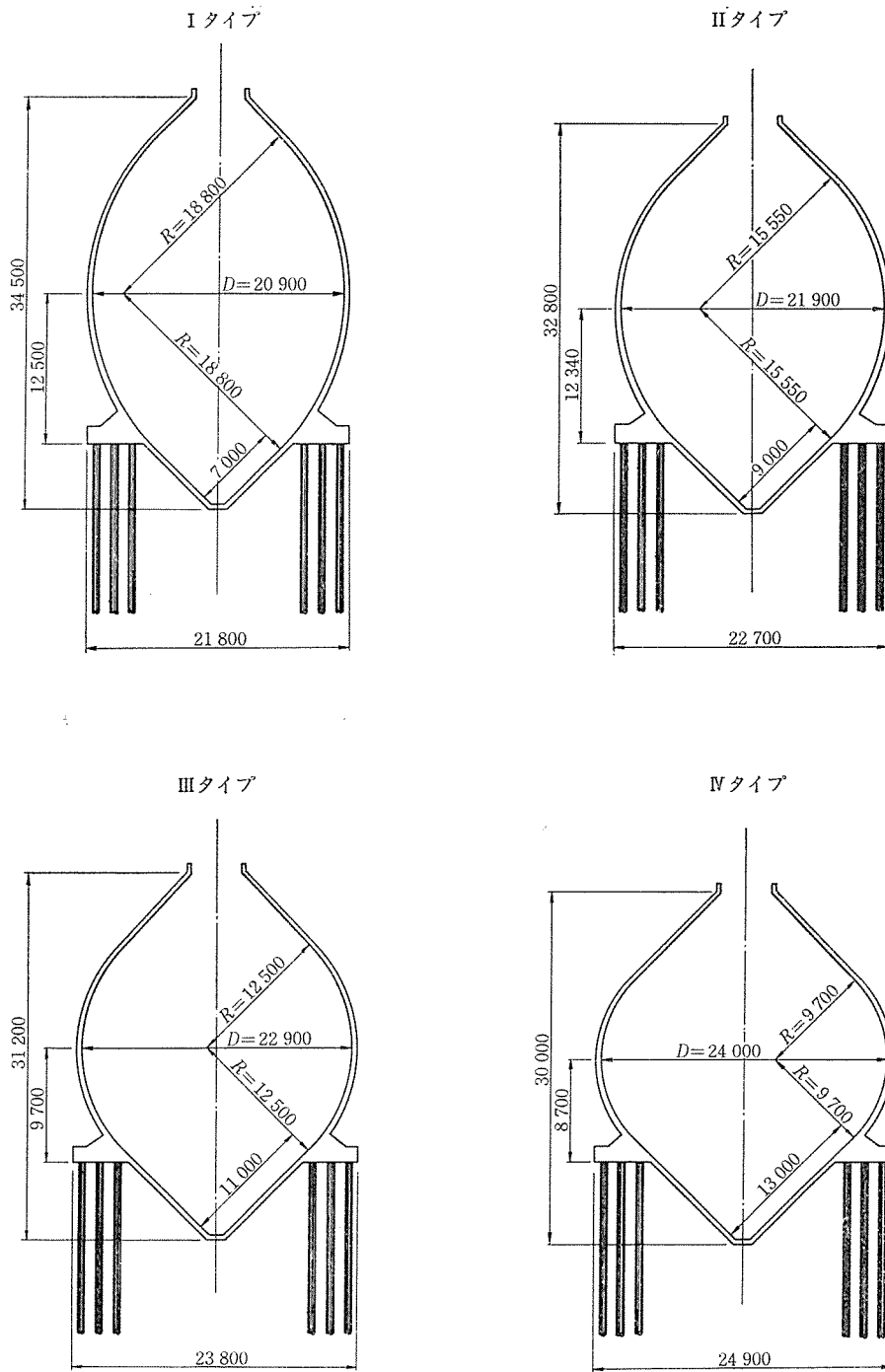


図-3 タンク躯体形状の比較

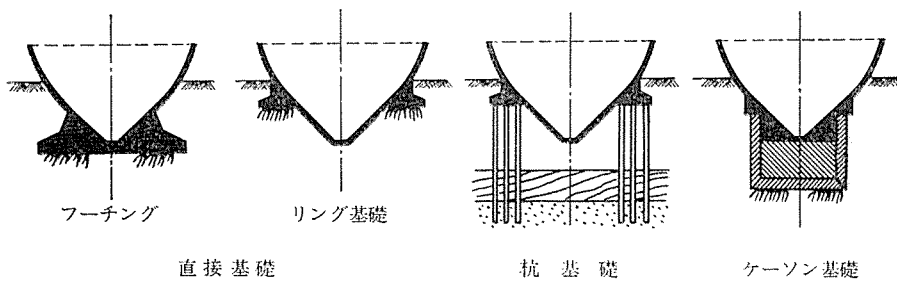


図-4 タンク基礎形式の比較

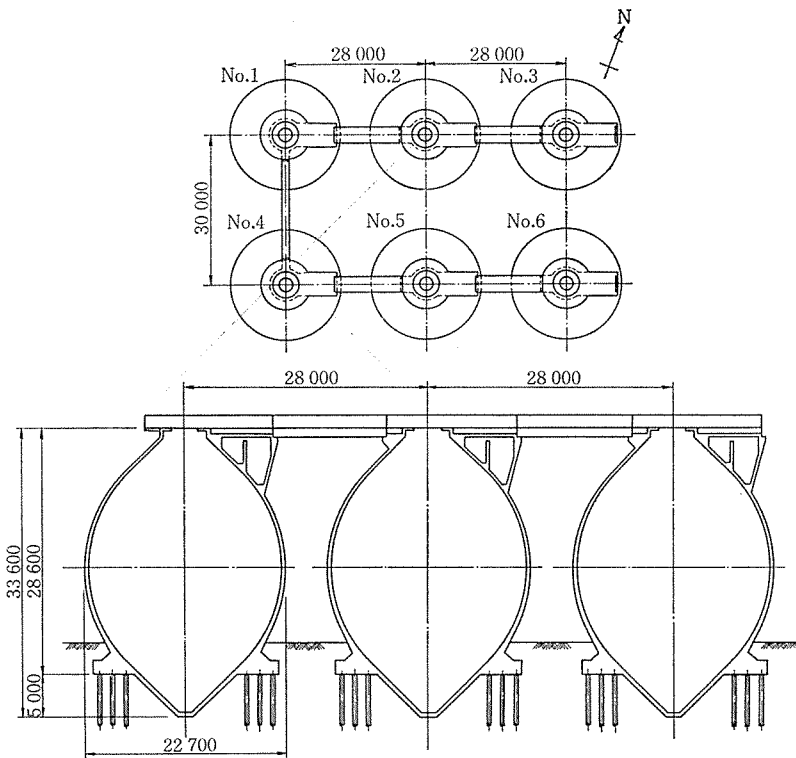


図-5 一般図

のため図-4に示すような基礎を設けた方が耐震上有利である。今回は、地盤条件、施工性、経済性並びに有地震地区ロサンゼルスでの実績等を考慮して、これらの基礎形式のうちから、リング基礎を介して支持する杭基礎形式を採用した。

基礎杭については、PHC杭、SC杭および鋼管杭の3種類について種々比較検討し、このうち最も経済的なPHC杭を採用した。

以上の検討から最終決定した本タンクの主な構造諸元を以下に示す。また、一般図、構造図をそれぞれ図-5、6に示す。

規模：容 量 $V=6800\text{ m}^3$
 全 高 $H=33.6\text{ m}$
 最大外径 $D=22.7\text{ m}$
 壁 厚 $t=350\text{ mm}\sim 500\text{ mm}$
 (ハンチ部除く)

形式：本 体 PC 構造

基 礎 杭基礎 (PHC 杭, $\phi 600\text{ mm}$, $N=96$ 本)

3.3 PC 鋼材の選定

PC 卵形消化タンクは、大別して基礎杭、リング基礎、底版、側壁の各構造部材から成っている。

本項では、底版、リング基礎および側壁の各構造部材に用いた PC 鋼材の選定について述べる。また最終決定したタンク全体の PC 鋼材配置図を図-7に示す。

(1) 底 版

本消化タンクの建設地点の地盤は、軟弱であるため、底版円錐部は地盤反力を期待せず、リング基礎部を支持点とした PC 部材として設計した。

底版には、液圧により円周方向と子午線方向の両方向に引張力が発生するため、これに対処できるようにプレストレスを導入する必要がある。この場合、円周方向の PC 鋼材配置においては、底版部が地中に位置することから、通常円周方向 PC 鋼材配置、すなわち、緊張端をタンク躯体の外側に設置することは困難である。

このため、本設計では、ヘリカル状に PC 鋼材を配置し、円周方向および子午線方向の両方向に同時にプレストレスを導入できるようにした。

ヘリカル PC 鋼材には、導入力容量および配置形状を考慮し、PC 鋼より線 SWPR 7 B, 9- $\phi 15.2\text{ mm}$ を採用した。

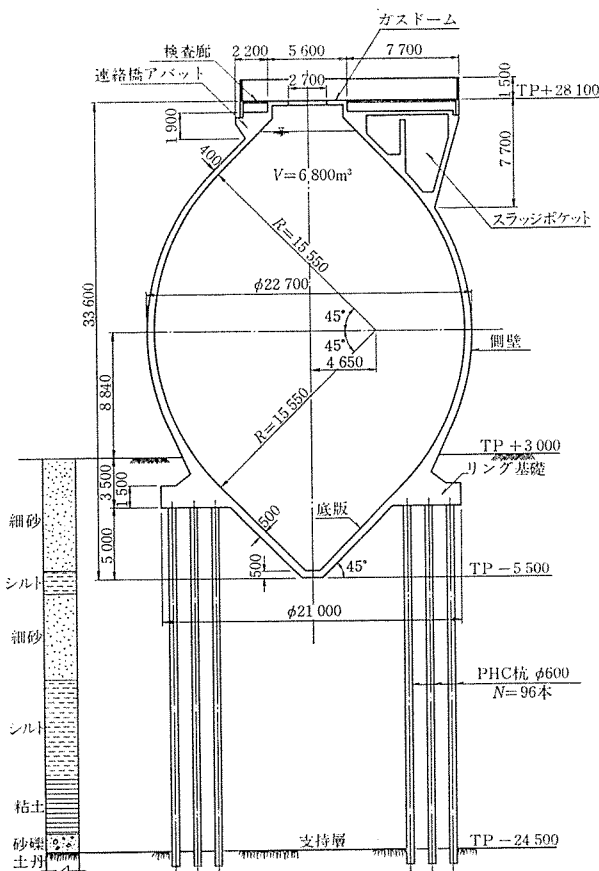


図-6 構造図

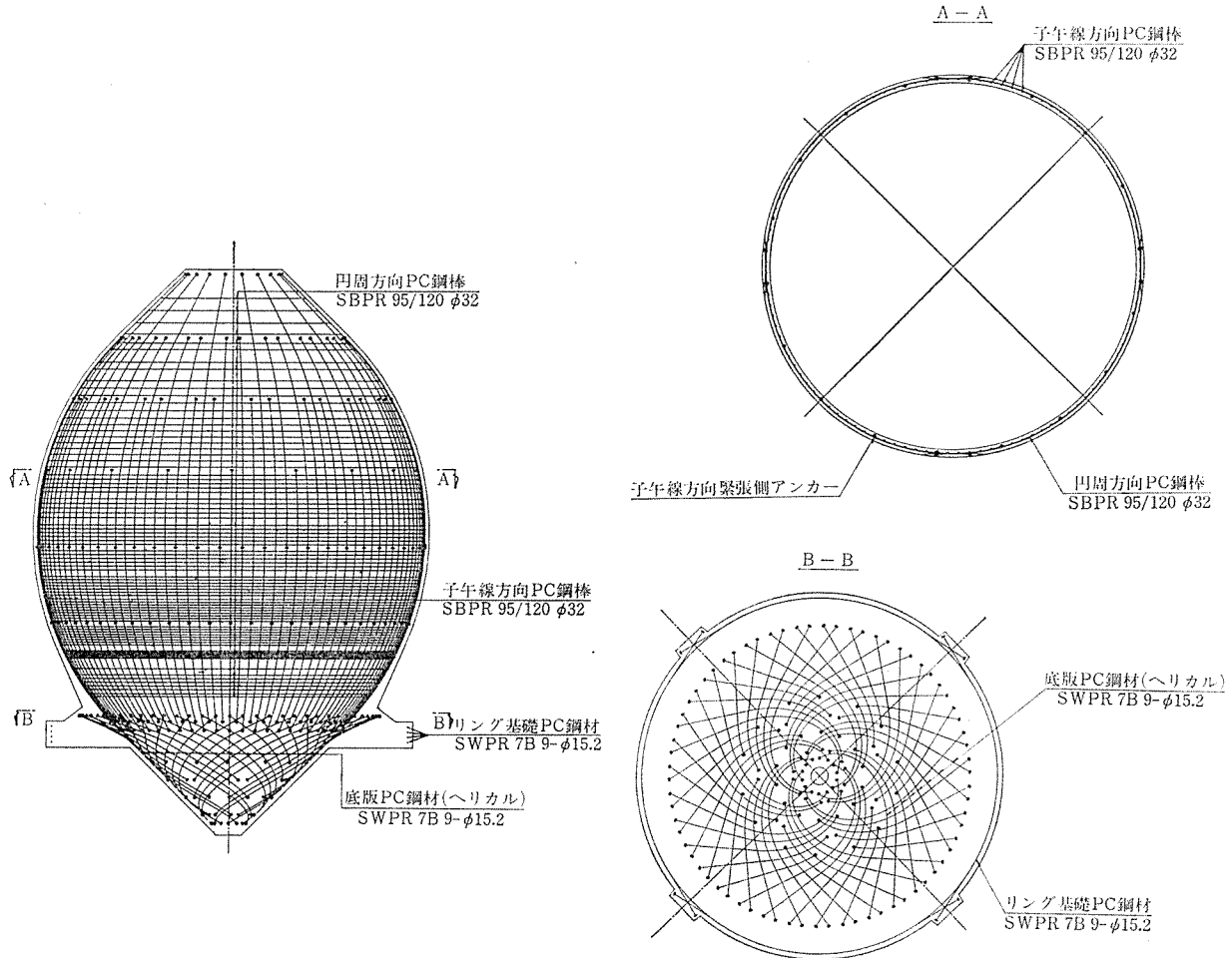


図-7 PC 鋼材配置図

(2) リング基礎

リング基礎は、基本的には RC 構造として設計を行うものとしたが、次の理由により、リング基礎の外周部に円周方向のプレストレスを導入した。

- ① 底版部の PC 鋼材と側壁部子午線方向の PC 鋼材が交差して定着される部分であるため、リングの一体化を図る必要がある。
- ② 側壁および底版は剛なリング基礎に剛結されているため、静水圧によりシェル部に発生する局部応力の低減を図る必要がある。

プレストレス量の算定は、液圧によるリング基礎部の変形量に見合う量とした。PC 鋼材には、必要プレストレス量と導入力の容量および配置形状を考慮して、PC 鋼より線 SWPR 7B, 9-φ15.2 mm を採用した。

(3) 側 壁

側壁は 2 方向に曲面を有する薄肉シェル構造であり、PC 鋼材を円周方向と子午線方向の 2 方向に配置し、内水圧による引張力に対処する必要がある。

一般に、側壁部のような薄肉コンクリートシェル部材に配置する PC 鋼材はなるべく細径で高強度の PC 鋼材

が適している。

以下に円周方向と子午線方向の PC 鋼材の選定理由について述べる。

i) 円周方向 PC 鋼材

円周方向 PC 鋼材は、通常の円筒形タンクではピラスター (バットレス) を用いて定着されている。しかし、PC 卵形消化タンクでは、ピラスターを設けることは、2 方向に曲面を有する薄肉コンクリートシェル構造の持

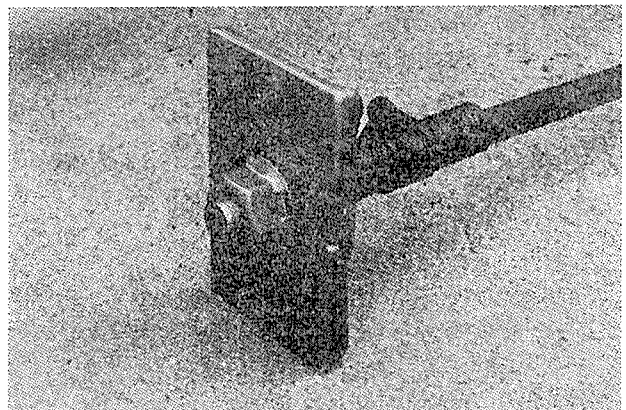


写真-1 リブ付きアンカープレート

つ特長を妨げるばかりでなく、局部応力および断熱材の設置上からも不利となり、また美観上からも好ましくない。

したがって、本設計においては、薄肉コンクリートシェル部材内に切欠き部を設けて定着する方法を採用し、PC 鋼材には、導入力レベル、緊張力の定着ロスを考慮して、PC 鋼棒 SBPR 95/120, $\phi 32$ mm を採用した。また、定着具には、定着に要する切欠き部を小さくできる西ドイツの PC 卵形消化タンクに数多く用いられているディビダーク式リブ付きアンカープレート (写真-1)

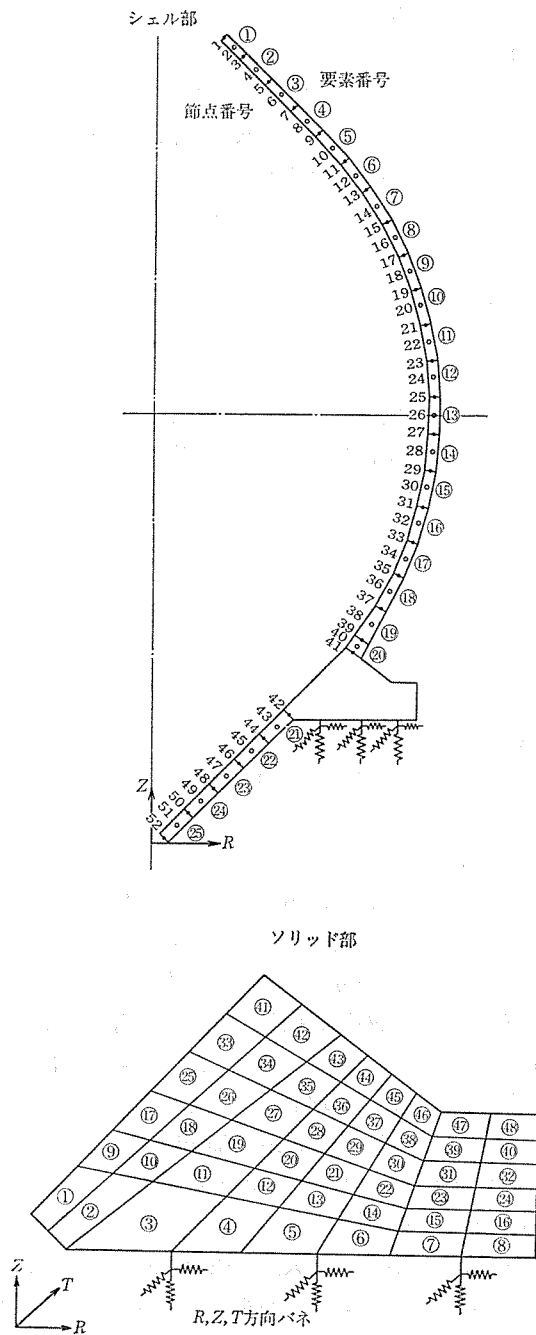


図-8 解析モデル図

を使用した。

ii) 子午線方向 PC 鋼材

子午線方向 PC 鋼材については、側壁をリングセグメントにして打上げ施工するため、継手を自由に設けることができ、また、薄肉部材であるため、細径で、導入力が大きく、定着ロスの少ない PC 工法が有利である。

したがって、本設計では、PC 橋のブロックカンチレバー架設に数多く使用されている PC 鋼棒 SBPR 95/120, $\phi 32$ mm を採用した。

3.4 構造解析

「水道用 PC タンク標仕」では、タンク躯体の断面力は構造特性を十分考慮し、薄肉シェル構造として求めることを原則としている。

したがって、PC 卵形消化タンク躯体の構造解析には軸対称回転シェル有限要素法解析プログラムを用いて断面力を算定することを基本とした。ただし、マッシュなリング基礎部についてはソリッド要素として取り扱い、シェル部と同時に解析を行った。図-8 に本解析に用いた解析モデルを示す。

杭はリング基礎下端を支持するバネとして評価し、地盤については鉛直方向の支持力は杭に比べて非常に小さく殆んど期待できないと考えられるので、解析モデルには考慮していない。

また、断面剛性の評価では、コンクリートの全断面を有効とし、ヤング係数およびポアソン比は、それぞれ 3.5×10^8 kg/cm², 1/6 とした。

載荷荷重については、前述した各荷重毎に解析し、荷重の組合せ毎に設計用断面力を算出した。その一例とし

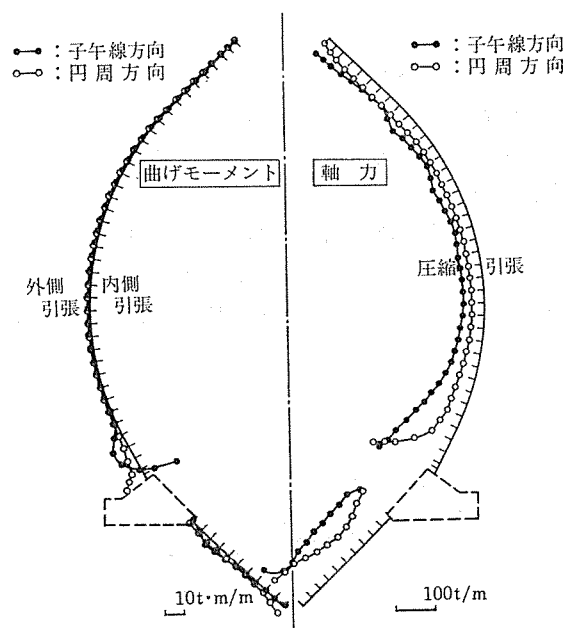


図-9 常時満液時(冬)の断面力

て 図-9 に、常時満液時の断面力の状態を示す。

3.5 基礎の設計

(1) 杭基礎の設計

杭基礎の設計に際しては、日本下水道事業団「土木設計指針」(1982年)および日本道路協会「道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編」(1980年)(以下「道示、下部構造編」と略記する)にしたがい、杭反力および変位量の計算は次の仮定に基づいて、簡略法で行った。

- 1) 杭はすべて直杭とし、バネ定数は等しいものとする。
- 2) 杭配置は杭群図心線に対して対称とする。
- 3) 杭頭の結合条件はヒンジとする。

なお、杭の横抵抗に対する解析は Y.L. Chang の方法にしたがった。

(2) リング基礎の設計

リング基礎は、リングの一体化、およびシェル部に発生する局部応力の低減等の目的でプレストレスを導入するが、基本的には RC 構造として設計した。すなわち、補強筋の算定には構造解析におけるソリッド要素の応力算定結果を用い、必要鉄筋量を求め、また、「道示、下部構造編、フーチングの設計」にしたがい最小鉄筋量を求め、この両者を満足するように補強筋量を決定した。

3.6 底版・側壁の設計

底版および側壁は、「水道用 PC タンク標仕」にしたがい、通常の PC 部材として設計した。

設計に用いた断面力は、3.4 で述べた構造解析結果により算定したものをを用いた。また、応力度の照査は曲げ、およびせん断について実施した。

本項では、部材の設計上、特に留意した点について述べる。

プレストレス量の算定の基本には、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、常時満液時に躯体の応力が通常の見安である 5 kg/cm^2 程度の圧縮応力状態になるようにした。

また、側壁部の PC 鋼材の配置は、図-6 から明らかのように施工性についても十分に配慮した。

側壁部の最小壁厚は、円周方向 PC 鋼材の定着部切欠

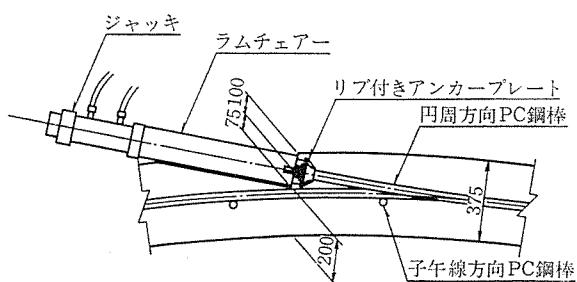


図-10 円周方向 PC 鋼材定着部

きによる欠損部分を考慮しても、「水道用 PC タンク標仕」にしたがい、部材厚が最低 20 cm 確保できるようにした。そのため、最上段の円周方向 PC 鋼材定着位置で 図-10 に示すように 37.5 cm とした。また、スラッジポケット、検査廊等の付属施設が側壁に直接結合されるタンク最頂部では、側壁の壁厚を 35 cm とした。

側壁下端部においては、応力集中のため特に子午線方向の曲げおよびせん断応力度が厳しくなる。したがって、この部分ではハンチを設け、これらの応力度に対処した。

3.7 地震に対する安全性の検討

(1) 検討方針

本 PC 卵形消化タンクは、卵形のユニークな形状をしているが、基本的には PC 製の比較的剛なタンクであるので、その耐震性については従来の円筒形 PC タンクと同様に扱えるものと考えられる。したがって、「下水道地震対策指針」および「水道用 PC タンク標仕」を準用し、耐震計算法には震度法を用いた。ただし、内容液による動水圧については、固定水としてモデル化を行った。

(2) タンク本体の安定性の検討

タンク本体の安定性は、地震時においてリング基礎下面に作用する荷重に対して、杭の支持力、応力度および変位が許容値以下に収まっていることを照査することによって確認した。

(3) 構造部材の断面強度の検討

構造部材の断面強度についての安全性は、地震時に生じる躯体の応力度が許容応力度以下に収まっていることを照査することによって確認した。

地震荷重としては、コンクリート躯体の自重および上載荷重による慣性力並びに内容液による動水圧を考慮した。

(4) 地震応答解析によるシミュレーション

卵形タンクの場合は、円筒形タンクで使われる Housner 式のような設計用動水圧算定式がない。

そこで、動水圧の分布形状および大きさを調べるために、躯体と内容液の連成振動を考慮した有限要素法(軸対称)による地震応答解析を行った。本解析では、内容液は速度ポテンシャル理論に基づく運動を行うものと仮定している。地震波には、最大加速度を 200 gal に修正した EL. CENTRO (NS) 1940 年を用い、リング基礎下面に 10 秒間作用させた。

この結果によれば、最大動水圧を支配するのは、衝撃圧であり、スロッシングやバルジングの占める割合が小さいことがわかった。また、最大動水圧の分布について、内容液を固定水とみなして求めた静的計算値との比

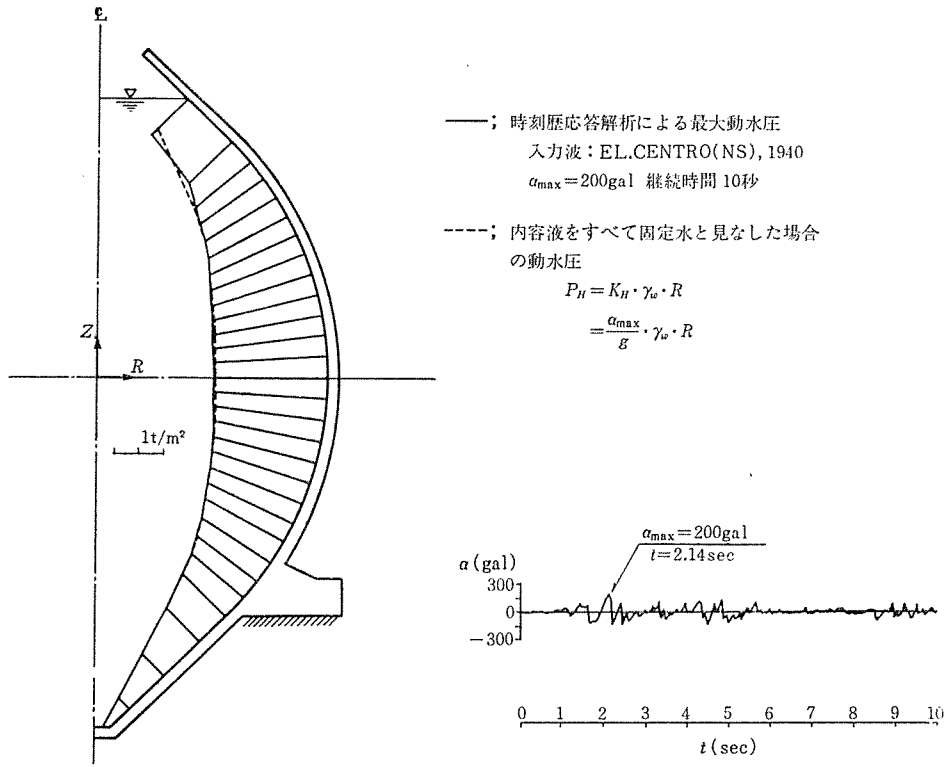


図-11 動水圧の比較

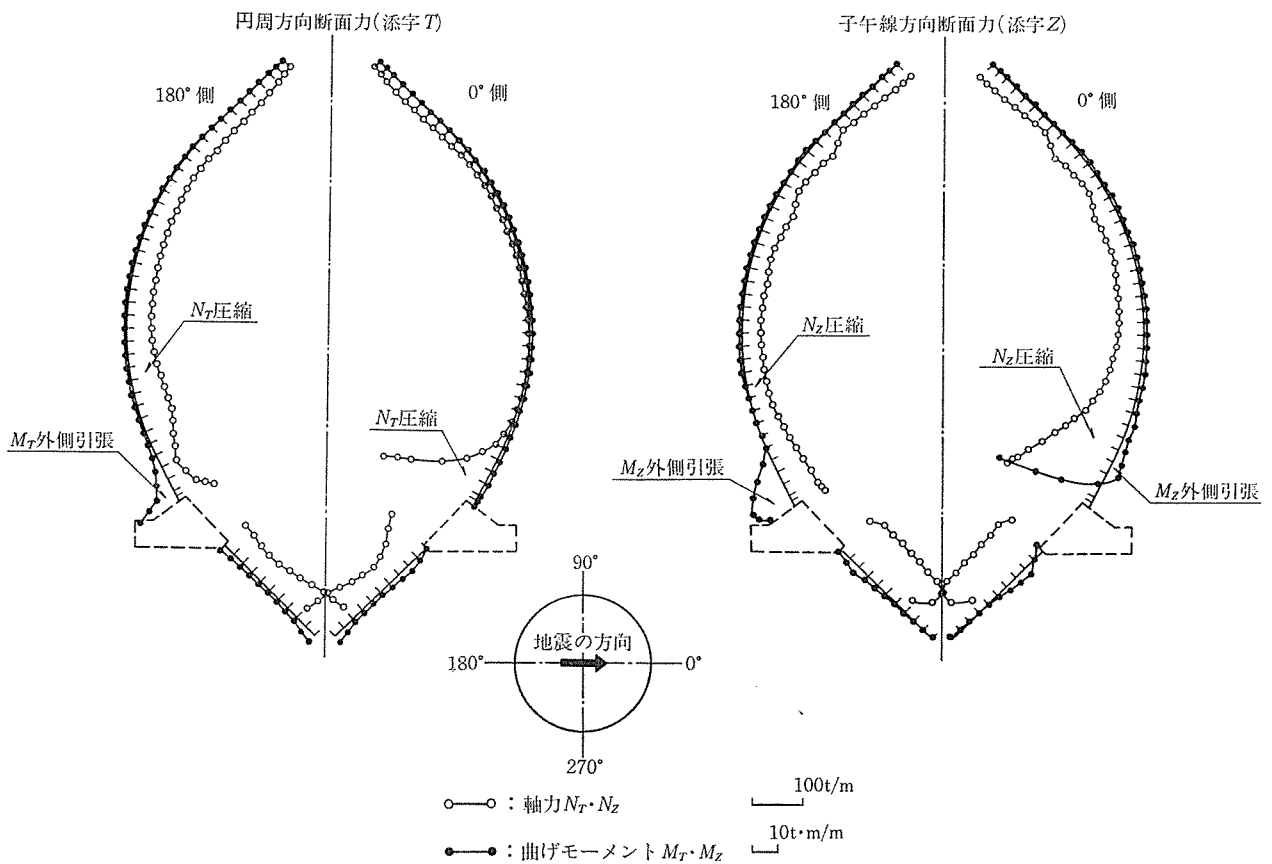


図-12 地震時満液時(冬)の断面力

較を 図-11 に示すが、両者はよい対応を示しており、設計的には、動水圧は今回用いた分布形状および大きさで十分であると考えられる。

参考のため、地震時満液状態の 躯体断面力を 図-12 に示す。

3.8 局 部 検 討

本設計の局部検討としては、配管貫通部およびスラッジポケット取付け部の応力状態の有限要素法解析による検討、並びに側壁部に用いる PC 鋼材定着部の実験による検討を実施した。

以下にその概要について述べる。

(1) 配管貫通部の検討

本検討では、貫通部が密集するタンク下部の管廊部について 2 次元有限要素法解析を実施し、それによって局

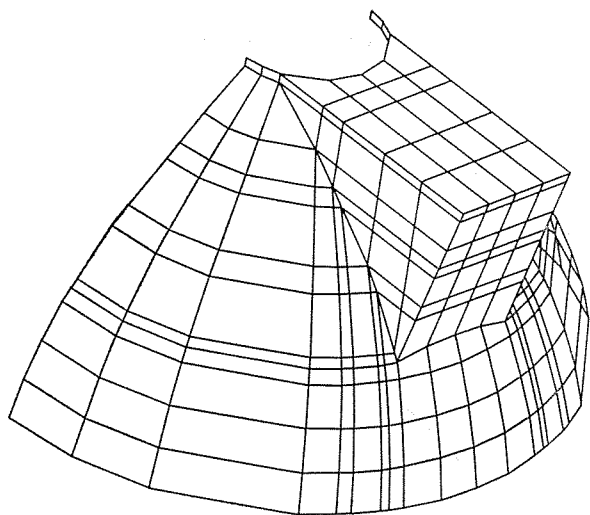


図-13 3次元有限要素法解析モデル

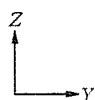
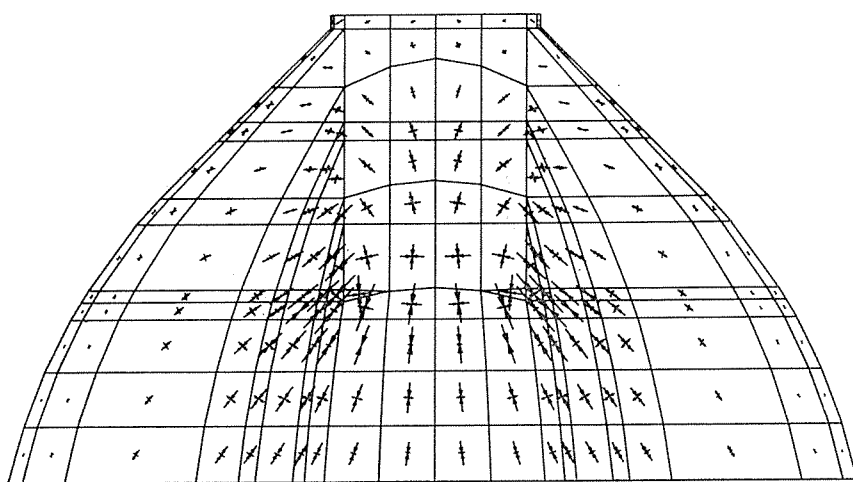


図-14 側壁部主応力図(常時満液時)



写真-2 定着部破壊強度試験

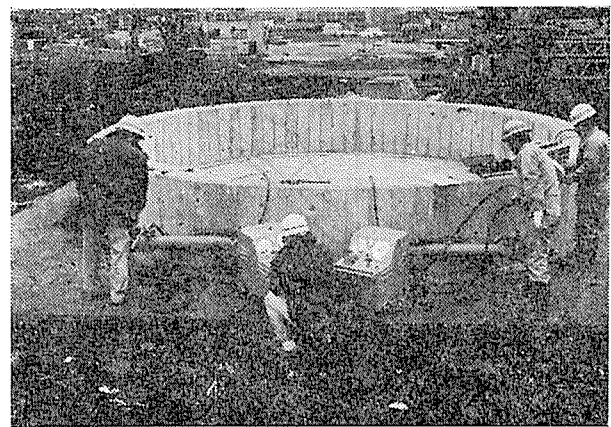


写真-3 円環体による確認実験

部応力状態を把握するとともに、その補強筋を決定した。

(2) スラッジポケット取付け部の検討

本検討では、スラッジポケットが取り付けられている側壁部の応力状態を把握するため、図-13 に示すような 3 次元有限要素法解析を実施し、それによってタンク躯体の検討では十分把握できない局部応力状態を把握するとともに、その補強筋を決定した。

図-14 にその解析結果の一例を示す。

(3) 円環体による PC 鋼材定着部確認実験

本設計に採用した側壁円周方向 PC 鋼材の定着具は、わが国で初めてのリップ付きアンカープレートである。そこで事前に定着具が所要の耐荷性能を有しているかどうかの定着部破壊強度試験(写真-

2) を実施した。それに引き続き、実規模のタンクをリング状に取り出したモデルでの円環体による定着部確認実験(写真-3)を実施した。この実験では、実際に曲げ加工した PC 鋼材を実構造物の配置形状どおりに配置し、引張装置も実構造物用のものを用いて緊張し、その作業性を確認するとともに、定着部付近の応力度等設計・施工上必要な諸データを整備し、設計にフィードバックした。

4. 施工計画

4.1 工事概要

本工事は、わが国で初めての PC 卵形消化タンクを構築するものであり、その工事概要は以下のとおりである。

工 事 名：北部第二下水処理場汚泥消化タンク築造工事

企 業 者：横浜市下水道局

工事場所：横浜市鶴見区末広町 1-6

工事規模：容量 6 800 m³ の PC 卵形消化タンク 6 基

工 期：昭和 58 年 12 月～昭和 60 年 9 月

工事数量：コンクリート……………8 070 m³ (6 基分)
 PC 鋼材……………360 t (")
 鉄 筋……………660 t (")
 PHC 杭(B種) φ600……576 本 (")

本工事場所は、鶴見川左岸南部地区に位置しており、横浜港に直接面しているため、強い海風を受ける場所である。また、地盤は、GL-27 m まで N 値 5~20 の砂・シルトで構成され、杭の支持地盤はそれ以深にある土丹層であり、地下水位も GL-1.5 m と高い状況にある。

一方、消化タンクは、高さ 33.6 m あり、躯体の構築工は高所作業となる。

以上のような点を考慮して、施工計画を立案したので、以下にその概要を紹介する。

4.2 施工計画

本消化タンクの施工順序および施工工程を図-15、表-5 に示す。また、躯体の構築は、施工工程上、3 基同

表-5 工事工程表

工種	年月	59年											60年								
		5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
土工工事		底版リング基礎											側壁								
本体工事	3号タンク	底版リング基礎											側壁								
	5号 "	底版リング基礎											側壁								
	1号 "	底版リング基礎											側壁								
	6号 "	底版リング基礎											側壁								
	2号 "	底版リング基礎											側壁								
	4号 "	底版リング基礎											側壁								

注) ○----○はクライミングフォームの転用を示す。
 基礎杭工事については省略した。

時施工するものとした。

本工事の PC 工事上の大きな特徴は次の 2 点である。

- ① 底版円錐部にヘリカル状に PC 鋼材を布設し、特殊型枠を用いて施工すること。
- ② 側壁部にわが国では初めてのディビダーク式クライミングフォームを使用し、躯体をリングセグメントに分割して打上げ施工すること。

ここでは、この 2 点を踏まえて、底版円錐部と側壁部の施工要領について説明する。

(1) 底版円錐部の施工

本体構築に先がけ、土工工事を行うが、この地盤は地下水位の高い、シルト混りの砂質地盤であるため、その手順は次のように行う。

- ① 施工ヤードを控え式鋼矢板工法により土留めする。
- ② 底版円錐部掘削時の法面崩壊防止のため、深層混合攪拌工法により地盤改良を行う。
- ③ リング基礎下端まではバックホーで、また底版底部まではクラムシェルを用いて掘削する。
- ④ 円錐部の法面防護および底版部の外型枠兼用のための吹付けコンクリートを施工する。

吹付けは、1 次吹付け(厚さ 50 mm)と 2 次吹付け(厚さ 100 mm)の 2 段階とし、外型枠としての精度を確保する。

土工事終了後、通常の PC 工事を行うが、ヘリカル PC 鋼材の配置精度は、あらかじめ吹付けコンクリート部に埋設しておいたアンカーボルトを利用して、ヘリカル鋼材専用のハルター(支持架台)により確保する。

また、内型枠には底版円錐部専用の放射状のガードーとリングビームから成る鋼製フレームと型枠パネルを使用し、コンクリートはポンプ車により打設する。

なお、底版円錐部については、コンクリート打設からプレストレスングに至るまでの状況を十分把握するた

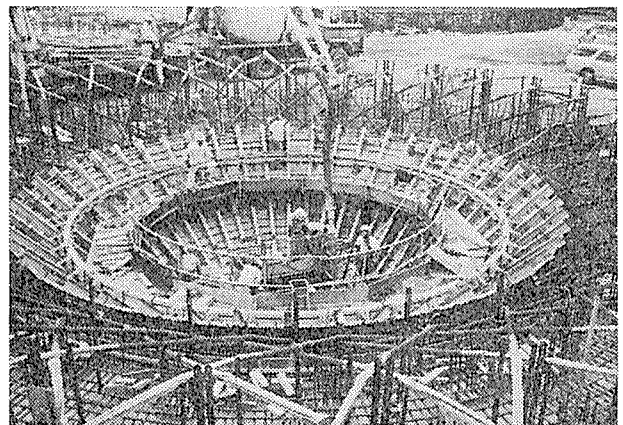


写真-4 底版円錐部施工状況

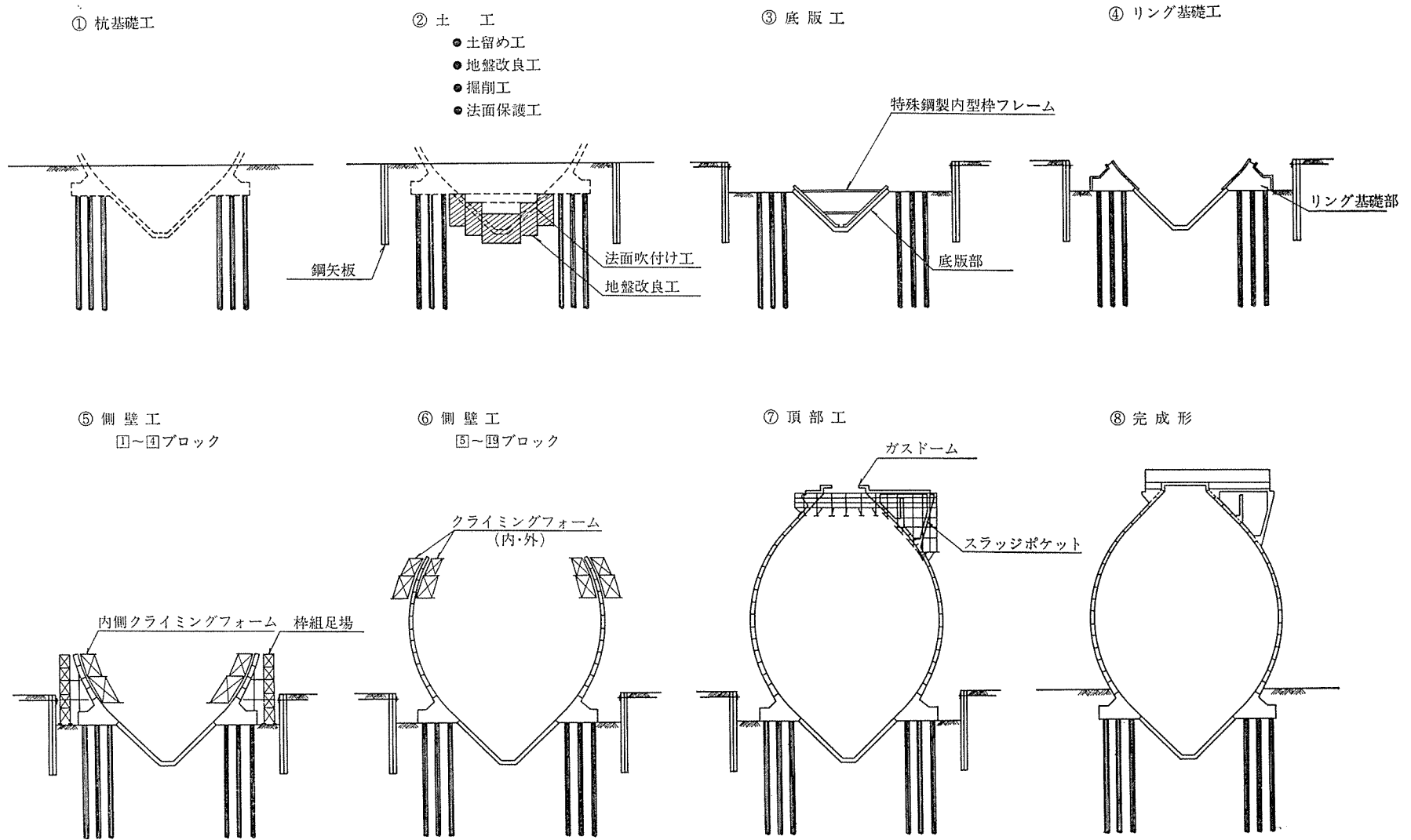


図-15 施工順序図

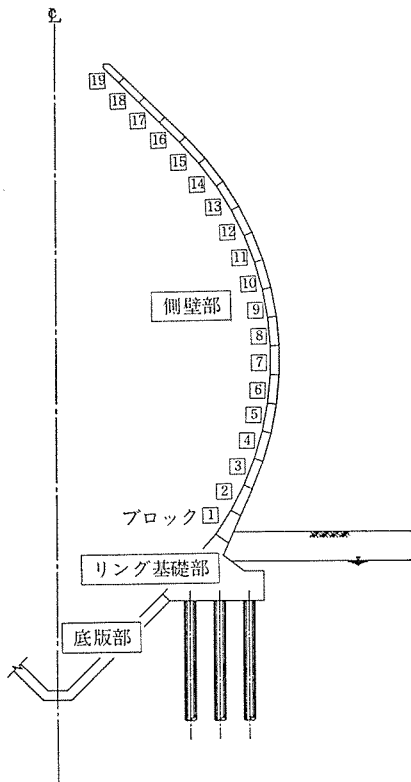


図-16 施工ブロック図

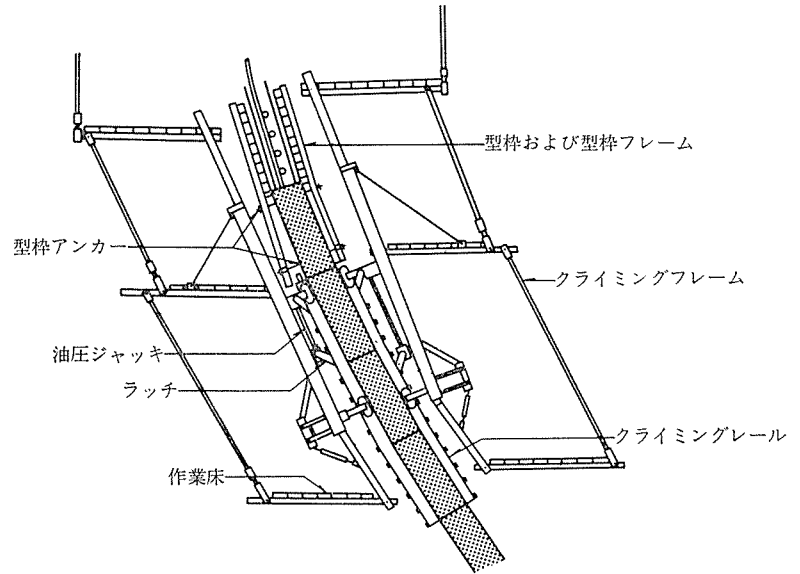


図-17 ディビダーク式クライミングフォーム



写真-5 クライミングフォームの実用性確認実験

め、施工性試験を実施し、実施工に反映した。現在の施工状況を写真-4 に示す。

(2) 側壁部の施工

側壁部は、図-16 に示すように、19 段のリングセグメント状のブロックに分割して、ディビダーク式クライミング工法を用いて打上げ施工する。

このクライミング工法は、図-17 に示すように、互いに独立したクライミング足場とクライミング型枠から成り、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しながら上昇していくものである。

本工法は、わが国では初めての使用になるため、施工計画に先がけ、写真-5 に示すように実物大の試作品を製作し、組立てから上昇、解体に至るまで、その作業性、安全性を検証するための実用化確認実験を実施した。この結果、わが国での安全基準を十分満足していることが確認できた。

以上の成果を踏まえて、本工事ではタンク 1 基当り 24 ユニットのクライミング足場と 72 セットのクライミング型枠を使用することとした。

なお、参考のため側壁 1 ブロック当りの標準作業サイクルを表-6 に示す。

表-6 側壁部標準作業サイクル

作業項目	H	1	2	3	4
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			■	■	■

5. おわりに

以上、わが国で初めての PC 卵形消化タンクの設計および施工計画の概要について報告してきたが、本工事は昭和 58 年に着工したばかりであり、特に施工については十分な報告ができなかった。

現在、設計へのフィードバック用データ収集および施工管理を目的とした諸計測および施工の品質向上、合理化、省力化を目的としたマイコンによる緊張管理についても検討中であり、別の機会に施工報告とともにこれらの成果についても報告したいと考えている。

最後に、本消化タンクの設計・施工計画に際し、御助力、御助言を頂いた方々に深く感謝するとともに、また

今回の報告が今後のわが国における PC 卵形消化タンクの設計・施工上の何らかの参考になれば幸いである。

参 考 文 献

- 1) 中田穂積, 吉田作治, 他 : 横浜市における卵形消化タンク, 第 21 回下水道研究発表会講演集, 昭和 59 年度
- 2) 平岡正勝, 他 : 下水汚泥の嫌気性消化システムに関する研究 I~III, 環境技術, Vol. 10, No. 9・11・12, 1981
- 3) 岩井重久, 申丘 澈, 名取 眞 : 改訂下・廃水汚泥の処理, コロナ社, 昭和 56 年
- 4) 平岡, 吉野 : 汚泥処理工学 (プロセスの計画と設計), 講談社, 昭和 58 年
- 5) デイビダーク式卵形消化槽技術研究会 : PC 卵形消化槽の日本における適用, 環境技術, Vol. 12, No. 4, 1983
- 6) H. Bomhard : Faulbehälter aus Beton, Bauingenieur Vol. 54, 1979

【昭和 59 年 7 月 4 日受付】

◀ 刊行物案内 ▶

プレストレストコンクリート世界の動向と 新道路橋示方書による設計計算例

本書は第 7 回技術講習会のためのテキストです。その内容は、前半は世界における PC の動向として、諸外国の特殊な PC 橋施工例 Alm 橋ほか数橋と LNG タンクについて、また建築構造物については最近世界的に関心の高まってきたアンボンド PC 工法をとりあげ、その理論と利用法について詳しく説明されている。後半には新しいコンクリート道路橋示方書に基づいた設計計算例として、静定構造物についてはポストテンション単純 T げた橋について、また不静定構造物については連続げた橋について詳細折込付図を添付し詳述されている。実務者には必携の図書としてお勧めいたします。希望者は代金を添えプレストレストコンクリート技術協会にお申し込みください。

体 裁 : A 4 判
 定 価 : 3,000 円 送 料 : 450 円
 内 容 : プレストレストコンクリート世界の動向——(A) 土木構造物——Alm 橋, Ruck-A-Chucky 橋, Columbia 斜張橋, Brotonne 橋, Carpinto 橋, Fos-sur-Mer, Montori-en-Bretagne の各 LNG タンクほか, (B) 建築構造物——アンボンド PC 工法の発達の歴史, アンボンド PC 鋼材と防せい材, アンボンド PC 部材の曲げひびわれおよび曲げ破壊耐力, 曲げひびわれおよびたわみ特性と普通鉄筋の必要性, アンボンド PC 部材の曲げ疲労耐力, フラットスラブ構造, III 種アンボンド PRC 構造, 新コンクリート道路橋示方書による設計計算例, (C) 静定構造物設計計算例——設計計算の対象, 材料強度・許容応力度等, 曲げモーメントが作用する部材としての設計, せん断力が作用する部材としての設計, (D) 不静定構造物設計計算例——不静定構造物の断面力の算定, 設計条件, 各部の設計ほか, 折込付図 4 枚