

横浜市金沢下水処理場における PC 卵形消化タンクの設計と施工

安久津 起*
 古山 諭**
 北沢 正彦***
 野永 健二†
 百合山 哲三††

1. はじめに

横浜市は人口が昭和 61 年に 300 万人を超え 全国第二位の都市である。下水道事業については、他の大都市に比べ若干の立遅れはあるものの、近年の急ピッチな整備により、昭和 63 年には人口普及率で 75% に達する

予定である。また昭和 59 年には計画の 11 下水処理場がすべて運転を開始し、全市で日量約 100 万 m³ の下水を処理している。

このような人口の増大と下水道整備の進捗に伴い、下水処理において発生する汚泥量も年々増加し、汚泥の処理処分が近年重要な課題となっている。

一方、下水処理場の周辺は、市街化の進行が著しく、周辺住民の公害防止に対する要求が高まり、各処理場における汚泥処理施設の増設が困難となっている。

このような問題に対し、横浜市では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と金沢下水処理場に汚泥処理センターを建設し、将来は市内で発生するすべての汚泥を汚泥処理センターで集約的に処理することとした。両汚泥処理センターでは、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中心とした処理システムを採用している(図-1)。

本市では、嫌気性消化システムを採用するにあたり、大量の汚泥を効率的に処理するために、我が国ではじめて PC 卵形消化タンクを採用し、北部第二下水処理場で昭和 58 年度より着工し、昭和 62 年度には運転を開始するに至った。金沢下水処理場では、地質状況から北部第二下水処理場と若干異なる基礎形式を採用し、昭和 59 年度に着工し昭和 62 年度末には完成の予定である。本文では、現在金沢下水処理場で建設を進めている、PC 卵形消化タンクの設計と施工について報告する。

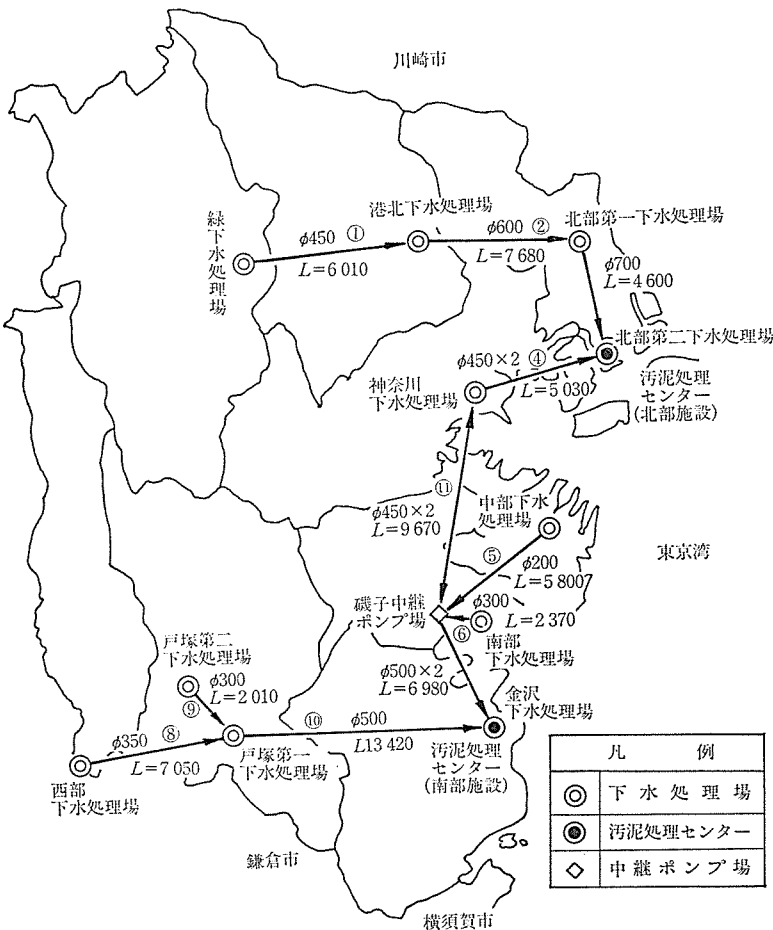
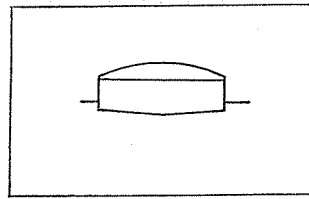


図-1 下水処理場位置および送泥系統図

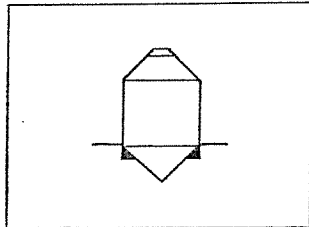
* 日本下水道協会技術部参事兼工務課長(元:横浜市下水道局建設部施設課長)
 ** 横浜市下水道局建設部施設課
 *** 日本下水道事業団東京支社東神奈川工事事務所工事第一係長
 † (株) 銭高組土木本部 PC 部技術課副課長
 †† (株) 銭高組土木本部 PC 部技術課補佐

2. PC 卵形消化タンク

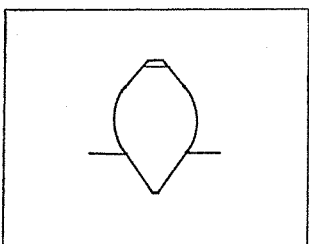
消化タンクの形状には図-2 に示すような各種の形状があるが、卵形の形状については、他の形状に比較し、主に次のような



(a) 同筒形



(b) 亀甲形



(c) 卵形

図-2 消化タンクの形状

利点がある。

- ① 攪拌が容易で死角が生じにくく、消化効率が安定している。
- ② タンク底部の勾配が大きいため、汚泥中の砂分が堆積しにくく、常にタンク容量を確保できる。
- ③ 応力集中が生じない構造体であるため、大容量のタンクを建設できる。
- ④ PC 構造であるため、水密性、気密性に優れている。

このような特長から、ヨーロッパ、特に西ドイツでは多くの PC 構造による卵形消化タンクが建設されている。

しかし日本では、現在まで消化タンクのほとんどが、RC 構造の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ほとんどない。その理由としては、我が国ではヨーロッパと異なり地震が多いため、耐震設計に対する問題や、施工技術上の問題が多かったこと、最近では PC 卵形消化タンクの利点の一つである大容量のタンクを必要とする大規模下水処理場の建設が少なくなったこと等が考えられる。

ところが、本市の場合、汚泥を集約的に処理することから、大量の汚泥を効率的に処理する必要があり、スケールメリットを生かせる大容量の消化タンクが必要となった。また、近年の技術開発により、設計・施工上の問

題がほとんど解決されたことから、PC 卵形消化タンクの実用化について検討した結果、北部第二下水処理場で採用することとしたのを始めとし、金沢下水処理場でも採用する運びとなった。

3. 設 計

3.1 設計諸元および配置

金沢下水処理場の PC 卵形消化タンクの設計諸元は以下に示すとおりであり、配置を図-3 に示す。

- ① 投入汚泥量 約 1 270 m³/日 (濃度 5%)
- ② 消化方式 嫌気性消化法 (二段消化)
- ③ 消化温度・日数 35°C・30 日
- ④ 消化タンク容積 約 6 400 m³/1 槽
- ⑤ 消化タンク数 3 槽/1 系列×2 系列=6 槽

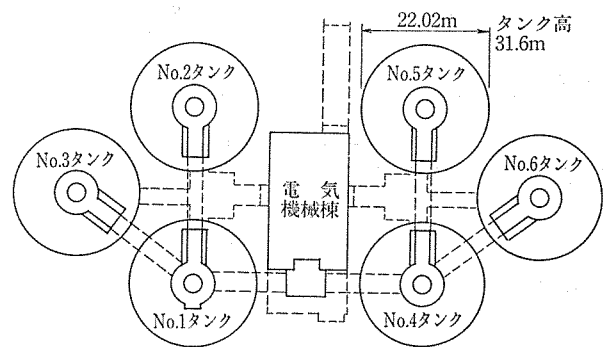


図-3 消化タンクの配置

3.2 設計基準および概要

本設計では、PC 卵形消化タンクの機能上・構造上の特性を踏まえ、以下の諸規準に準拠し、検討を行った。

- ・「下水道施設設計指針と同解説」(1972 年)
- ・「下水道施設地震対策指針と解説」(1981 年) [日本下水道協会]
- ・「土木設計指針案第Ⅱ編構造物設計指針」(1982 年) [日本下水道事業団]
- ・「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) [日本水道協会]
- ・「道路橋示方書・同解説Ⅳ下部構造編」(1980 年) [日本道路協会]
- ・「プレストレストコンクリート標準示方書」(1978 年)
- ・「コンクリート標準示方書」(1980 年)
- ・「ディビダーク工法設計施工指針(案)」(1966 年) [土木学会]

本消化タンクの設計で考慮した荷重条件を表-1 に、荷重の組合せを表-2 に、使用した材料の仕様および許容応力度を表-3 に示す。

これらのうち、温度荷重およびガス圧は、消化タンク

表-1 荷重条件

荷重	摘 要	
自重	構造部材の重量 (タンク本体, 底版, 支え壁) コンクリートの単位重量 PC部 $\gamma=2.45 \text{ tf/m}^3$ RC部 $\gamma=2.40 \text{ tf/m}^3$	
積載荷重	スラッシュポケット重量 $W_1=227.0 \text{ t}$ 頂部付属物重量 $W_2=321.0 \text{ t}$ (内部機器, 配管の重量含む) 保温材, 外装材 $q=0.03 \text{ tf/m}^2$	
液 圧	汚泥の単位重量 $\gamma=1.00 \text{ tf/m}^3$	
ガ ス 圧	消化ガス圧 $q=0.50 \text{ tf/m}^2$	
温度荷重	内外面温度差 夏 0°C 外気温 30.3°C (消化温度 35°C) 冬 3°C 外気温 0.6°C	
地震荷重	躯体慣性力 (自重, 積載荷重)	$K_H=0.20$
地震荷重	地震時動液圧	$K_V=0.00$
土 圧	土の単位重量 $\gamma=1.50 \text{ tf/m}^3$ 土の単位重量 (水中) $\gamma'=0.50 \text{ tf/m}^3$ 地表載荷荷重 $q=1.00 \text{ tf/m}^2$ 静止土圧係数 $k=0.50$	
地下水圧	地下水位	GL-1.80 m

表-2 荷重の組合せ

荷重組合せ番号	空液時		満液時		地震時	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1. 自重	○	○	○	○	○	○
2. 積 載 荷 重	○	○	○	○	○	○
3. 液 圧		○	○		○	○
4. ガ ス 圧		○	○		○	○
5. 温 度 差			○			○
6. 軀 体 慣 性 力				○	○	○
7. 地 震 時 動 液 圧					○	○
8. 土 圧	○			○		
9. 地 下 水 圧	○	○	○	○	○	○
10. プレストレス力	○	○	○	○	○	○

の機能上,稼働時には常時作用するものであることから,主荷重として取扱うものとし,許容応力度の割増しを行わないとともに,使用状態(通常満液時)における曲げ引張応力の発生を認めない方針とし,コンクリートのひび割れ発生抑制に留意している。

また,地震時の解析は,過去における動的解析の結果を参照し,貯留汚泥の動水圧等に配慮したが,固定水として扱っても十分であるとの結果を得ているので静的に取扱うものとした(水平震度 $K_H=0.2$,鉛直震度 $K_V=0.1$)。

構造解析は,以上示した種々の荷重に対する汎用性および構造部材の特性(軸対称回転シェル)を考慮し,本体構造については,円錐台要素による有限要素法(薄肉シェル)を用いた。

表-3 材料の仕様および許容応力度

種 別	仕 様	応 力 度 の 状 態		許 容 応 力 度 (kgf/cm ²)		
		P C 部 材				
コ ン ク リ ー ト	$\sigma_{ck}=400$ kgf/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	満液時	0	
				空液時	8	
			使用状態	地 震 時	25	
				せん断応力度	5.5	
		R C 部 材	$\sigma_{ck}=300$ kgf/cm ²	曲げ圧縮応力度		100
				軸圧縮応力度		85
せん断応力度	斜引張鉄筋の計算をしない場合			梁	5	
	斜引張鉄筋の計算をする場合			スラブ	10	
P C 鋼 材	PC 鋼より線 SWPR 19 $\phi 21.8 \text{ mm}$ (ネット定着)			プレストレッシング中		14 525
		プレストレッシング直後		13 065		
		使用状態		11 200		
鉄 筋	SD 30	引張応力度		2 000		
		圧縮応力度		2 000		

設計概要に基づく作業フローは,図-4に示すとおりである。

3.3 タンク形状の選定

消化タンクは,放熱によるエネルギー消費の面,あるいは施工費用の面からも,容量に対する表面積の比を最小にすることが望ましい。卵形消化タンクの理想形状に関する主要寸法は,F. Pöpelにより,図-5のように提案されている。

本設計では, $V=6400 \text{ m}^3$ より定まる曲率半径 $R=16.4 \text{ m}$ を中心に, $R=12.0 \text{ m} \sim 20.0 \text{ m}$ の5種類のタンク形状に対し,表面積,コンクリート体積,地震時の作用水平力・転倒モーメント等を比較した結果,曲率半径が小さいほど有利であることが確認できたが,その差は僅少であった。

このことから,タンクの攪拌効率,移動足場の施工限界,仮設材撤去等の所要開口面積等を条件として,壁部曲率半径をF. Pöpelの理想形状とほぼ等しい, $R=16.0 \text{ m}$ とした。

以上のことより,消化タンクの主要構造諸元を以下のように決定した。また,構造の概要は,図-6に示すと

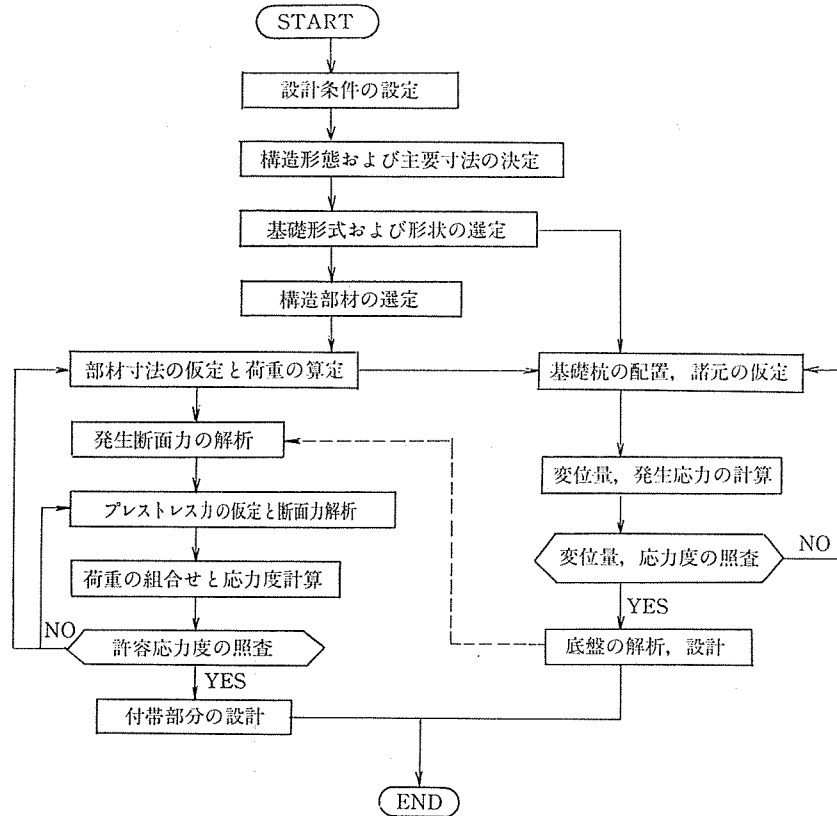
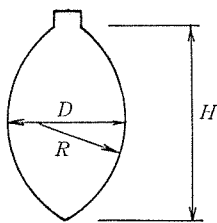


図-4 設計フローの概要



消化槽の高さ： $H=1.721 \times V^{0.333}$ (m)
 消化槽の直径： $D=1.188 \times V^{0.333}$ (m)
 側壁曲率半径： $R=0.881 \times V^{0.333}$ (m)
 消化槽表面積： $F=1.84 \times H^2$ (m²)
 ただし、 V ：消化槽の有効容積 (m³)

図-5 卵形の形状

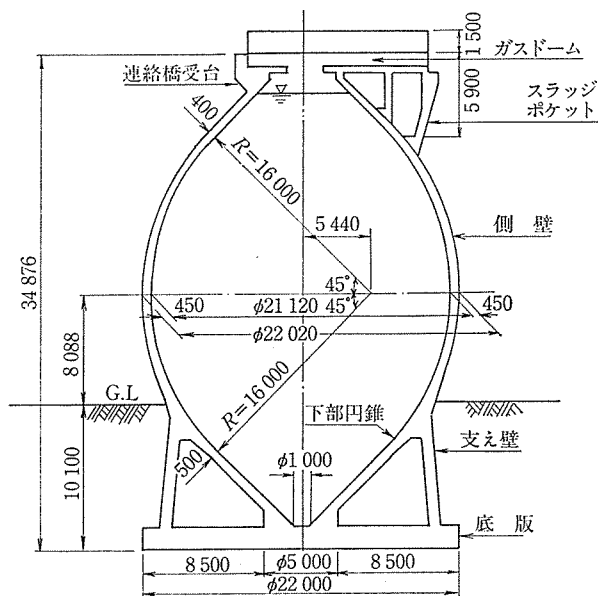


図-6 構造断面図

おりである。

最大外径：22.020 m
 全 高：36.376 m (上部点検歩廊を含む)
 壁 厚：350 mm～500 mm (タンク本体)
 有効容量：6400 m³/1 槽

3.4 基礎部の設計

本設計における、消化タンク建設予定地の地盤は、土丹層であり、十分な支持力を有するが、支持層の深さはタンク底面直下の GL -10.0m～GL -35.0m と大きく変動している。また支持層の上部は、 N 値 0～5 の埋土層、シルト質土層であることから、重量構造物の支持地盤としては不適當であり、支持層の深さに応じてタンクごとに杭基礎と直接基礎を使いわけることとした。

基礎杭の設置形式は図-7に示す3通りの形式を検討したが、次に示すようなことから、支え壁式基礎を採用するものとした。

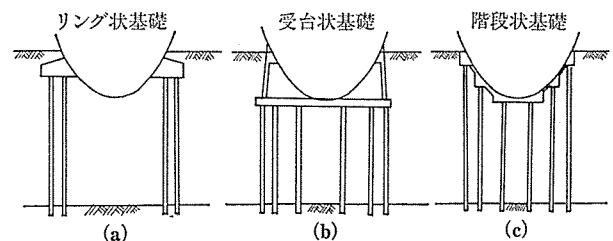


図-7 杭基礎の設置形式

◇工事報告◇

- ① タンク本体に、直接に杭を配置する階段状基礎の場合には、下部円錐部をRC構造とすることが適当と考えられ、ひび割れによる悪影響が憂慮される。
- ② 杭の根入れ地盤が軟弱なうえ、短杭となる部分が生じ、設置本数が多くなるため、設置スペースの大きな形態が望ましい。
- ③ 直接基礎の採用が可能な部分と、共通な構造を採用することが、付帯設備の計画、施工管理等の面から適当と考えられる。

杭の設計においては、既製杭および場所打ち杭の各々について、検討を行った結果、傾斜の急な土丹層での施工の確実性、地震時の水平変位量の抑制および短杭部分の水平耐力の増強が必要とされた。そのため本設計では、杭頭を固定としたモーメント杭の採用が経済性の面からも適していると考え、径700mm(厚さ=16mm~9mm)の鋼管杭を1槽当たり118本配置するものとした(図-8)。

基礎杭を配置する底版は、地震時に作用する杭頭モーメントの影響、あるいは底版自体の弾性変形による上部構造への影響を抑制するため、必要かつ十分な剛性をもたせるものとし、部材厚1500mmのRC平板構造を採用した。

同部の構造解析は、杭をバネ支承とした、弾性地盤上の連続梁と軸対称回転シェルモデルの双方により検討した。

3.5 支え壁部の設計

今回採用した基礎構造形式では、タンクおよび貯留汚泥の荷重は、側壁中央部付近に設けた支え壁と、タンク最深部から底版に伝達される。

このことから、支え壁は重要な部材と考えられ、タンク本体と直接結合している形状からも、同部の剛性が本体構造に与える影響は少なくないと判断できる。

そのため、支え壁を本体と一体の回転シェルとして、解析するものとした。

解析結果を要約すれば、以下のようである。

- ① 支え壁と本体タンク 接合部は、断面剛性の変化、境界条件の変化により、比較的大きな曲げモーメントが子午線方向に発生する。PC鋼材は、このような状況に有効に対処するため、構造部材図心から偏心して配置し、発生モーメントを打ち消す

よう配慮した。

- ② 支え壁と本体構造を一体化し、断面剛性を高め、円周方向の引張力を抑制するとともに、不測の局部応力の発生を抑制するため、同部の円周方向PC鋼材を外面に配置した。
- ③ 本体との接合部の一部分を除けば、支え壁部に発生する断面力は、圧縮力が卓越しており、地震時に若干の引張力が作用する場合でもその値は数 kg/cm²程度であり、発生モーメントも小さい。

また、タンク本体と異なり、特に高い水密性等を必要としないことから、RC構造として設計を行うものとした。

3.6 PC部材の設計

PC鋼材は、以下のような観点から、子午線方向、円

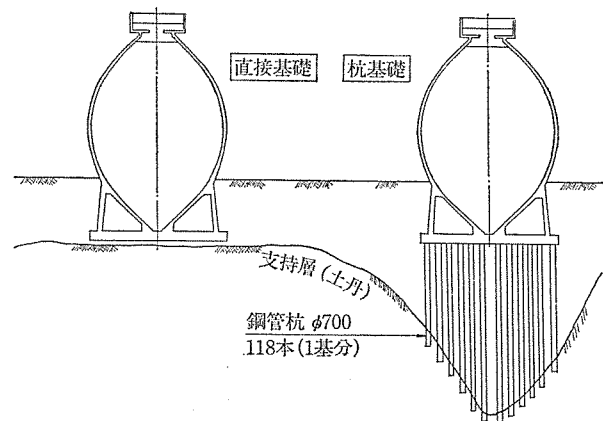


図-8 基礎構造説明図

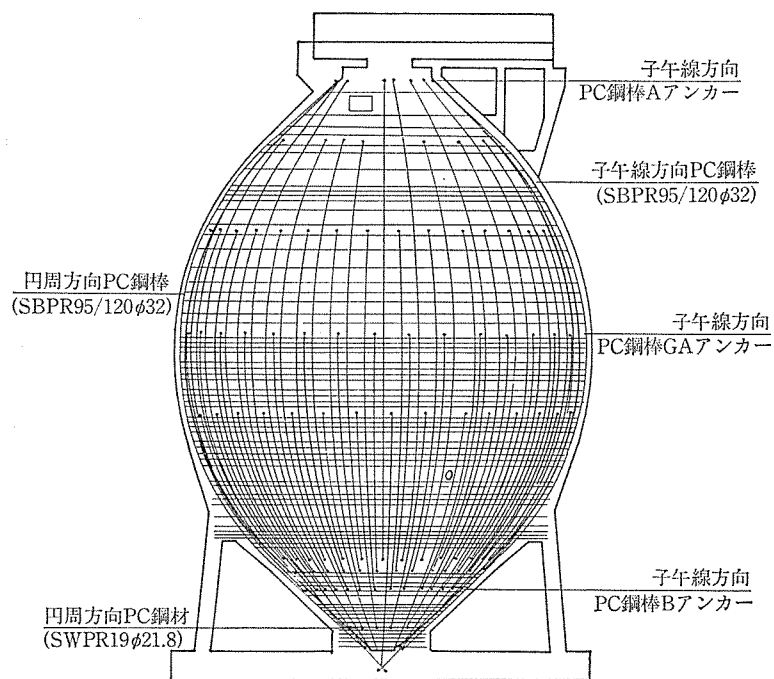


図-9 PC鋼材配置図

周方向とも、PC 鋼棒 SBPR 95/120 φ32 mm を原則として採用するものとした。

- ① タンクの構造上の均一性、不測の局部応力の減少、断熱材設置の容易性等から、鋼材定着部が小さく、ピラスターを設ける必要のないものとするのが望ましい。
- ② PC 鋼材の曲率変化による摩耗損失が小さく、1本当りの緊張力が大きなものが望ましい。
- ③ 壁厚を小さくし、プレストレスの導入効率を高め、経済性の向上を図るうえから、シース径の小さいものが望ましい。

本設計では、下部円錐部外側に支え壁を設ける構造としたことから、下部円錐部についても従来用いられているヘリカル(ら旋)状のPC 鋼材配置でなく、図-9に示すように地上部分と同様のPC 鋼材を用い、同様な方式でプレストレスを導入することが可能となり、すべてPC 鋼棒を用いるものとした。

ただし、曲率半径 3m 以下の円周方向部分では、ピラスターを設け、最小曲率半径が小さく大きな導入力が得られる PC 鋼より線(SWPR 19 φ21.8mm)を用いた。

なお、PC 鋼棒と PC 鋼より線は円周方向に2分割で配置した。下部円錐部の子午線方向には、支え壁接合部以下の水圧により、多数の PC 鋼材の配置が必要となったが、アンカー設置スペースの確保および底版と本体構造との一体化をはかるため、子午線方向 PC 鋼材の1/3(6本)を底版に埋め込み、定着した。

3.7 局部の設計

スラッジポケット部の側壁は、3辺固定1辺自由な平板として所要鉄筋量を算出した。スラッジポケットが取り付くタンク側壁部の局部応力は、3次元有限要素法解析を行って、補強鉄筋を配置した。マンホール部および切欠き定着部周辺は、2次元有限要素法解析を行って、局部応力状態を把握するとともに、その補強鉄筋を配置し、切欠き定着部の間隔に対して照査した。

4. 工事概要

工事名称：金沢下水処理場汚泥処理施設建設工事

工事場所：横浜市金沢区幸浦 1—9

施工期間：昭和 59 年 9 月～昭和 62 年 3 月(既発注分)

工事内容：PC 卵形消化タンク容量 6 400 m³/槽×6 槽

事業主体(設計)：横浜市下水道局

発注者(施工監理)：日本下水道事業団

施工：銭高・紅梅建設共同企業体

5. 施工

5.1 施工概要

本工事の施工は、図-10に示すように基礎工、土工、底版工、支え壁工、下部円錐工、側壁工、頂部工に分けられる。全体施工工程は、表-4に示すとおりである。

5.2 基礎工および土工

杭基礎は、タンク 6 基のうち 3 基であるが、支持地盤(土丹層)の起伏が激しく、1本ごとに杭長が異なるため、杭打ちにあたっては、全部の杭(354本)について支持層の深さを事前に探査し、施工した。

杭はφ700mmの鋼管杭(杭長5.50m～24.50m)で、山留掘削の前に施工するため、やっここを使用して地下10mのところの杭頭が位置するように打ち込んだ。

土工は、地下水位の高い軟弱地盤を10m掘削する工事であり、最大掘削幅100mと大規模な山留掘削を行った。鋼矢板(IV型～VL型)で締切りし、1段目はタイロッドおよびアースアンカーで、2～3段目は切梁で山留を行い、施工した(写真-1)。

5.3 底版・支え壁工

床付けが終了した後、厚さ1.50mの基礎底版を施工した。鉄筋を組立てから、下部円錐型枠フレームの浮上り防止用にM27アンカーボルト24本をセットし、底版コンクリート(圧縮強度300kg/cm², 570m³)をポンプ車により打設した(写真-2)。

底版工終了後、底版の周辺にコンクリートのスラブ状

表-4 工程表

	60年					61年												62年				
	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2
土留・掘削工	■					■												■				
No.1 タンク	■					■												■				
No.4 "	■					■												■				
No.2 "	■					■												■				
No.3 "	■					■												■				
No.6 "	■					■												■				
No.5 "	■					■												■				

◇工事報告◇

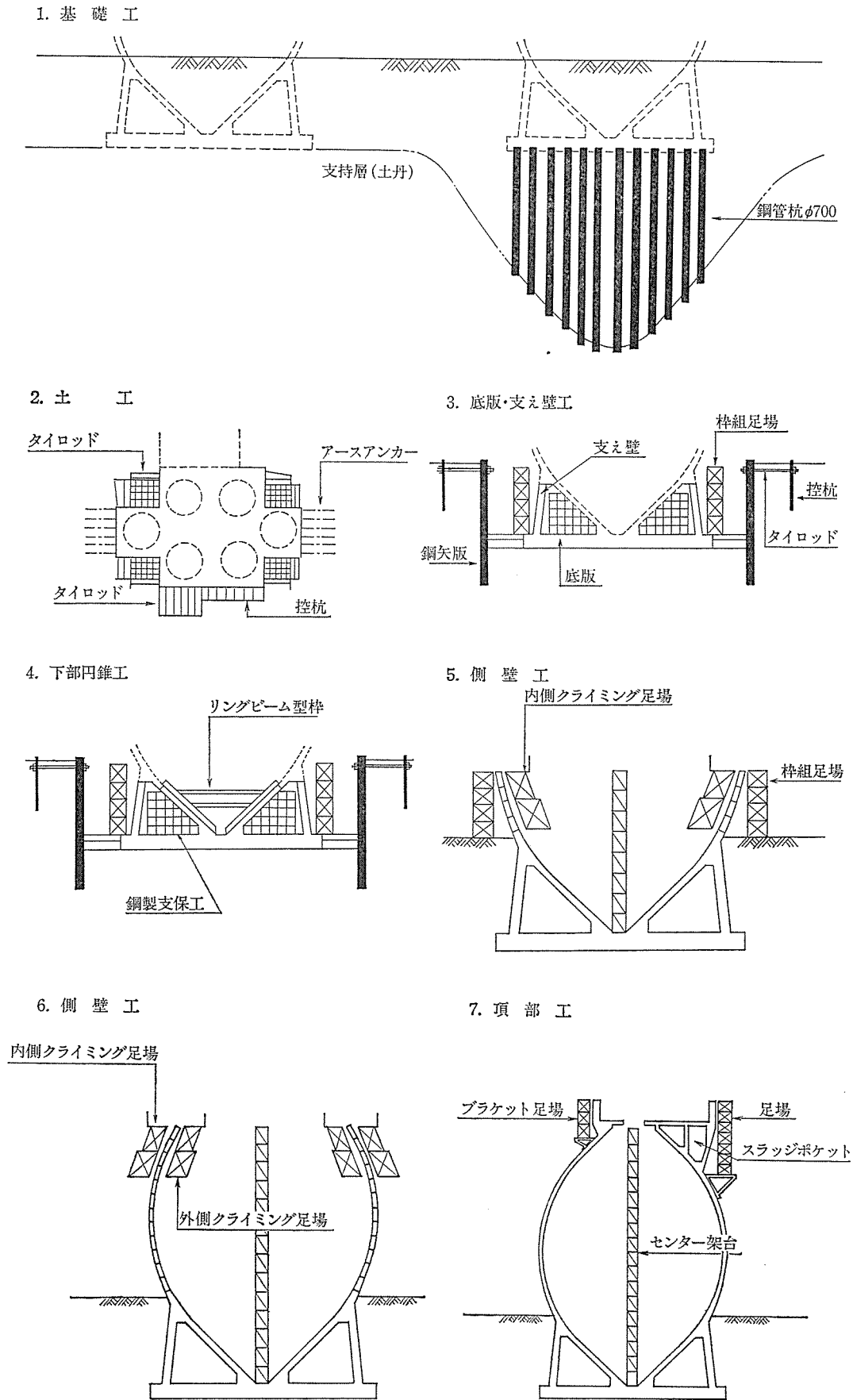
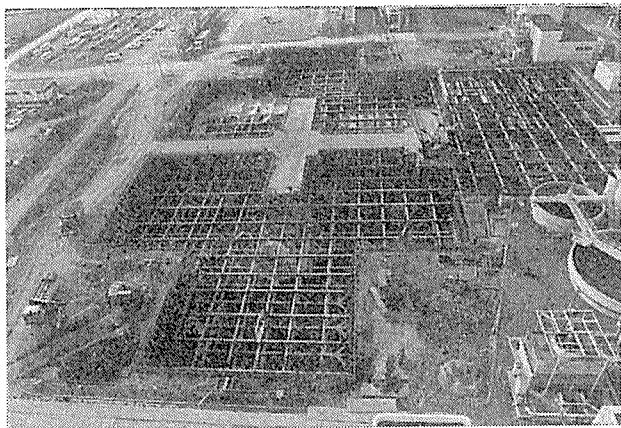
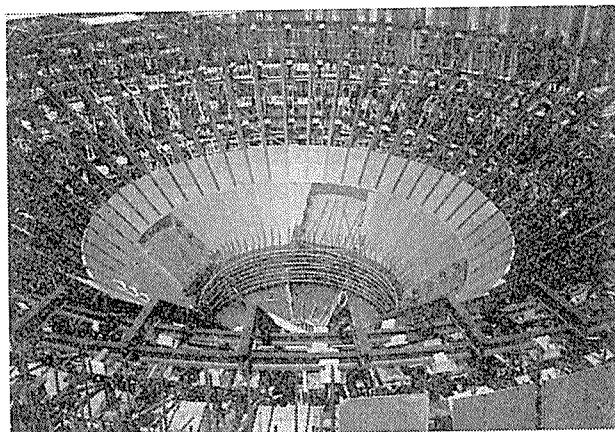


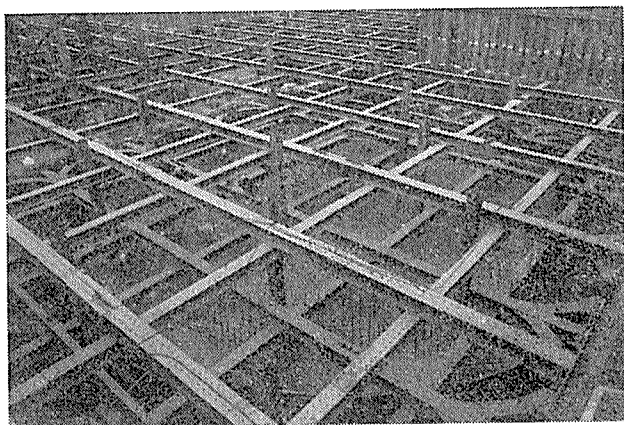
図-10 施工順序図



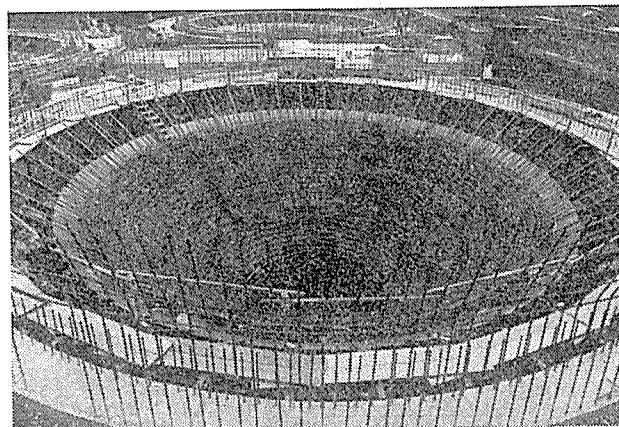
写真一 山留工・土工



写真三 下部円錐型枠支保工施工状況



写真二 底版工



写真四 下部円錐 PC 鋼材配置状況

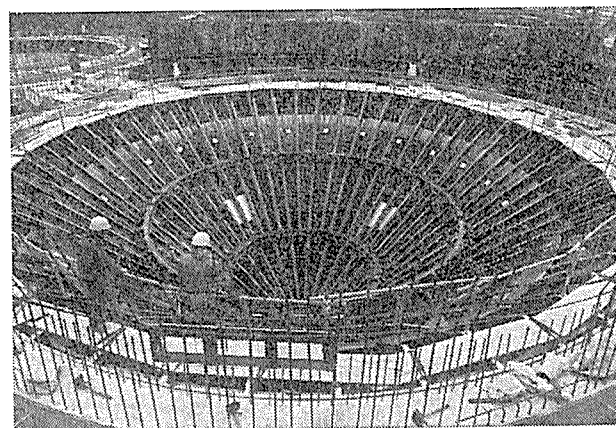
の捨て梁を施工し、2段目および3段目の切梁を撤去して、支え壁と下部円錐部を施工した。

支え壁は、 $H=6.20\text{ m}$ の高さを2回に分けて施工し、型枠は木製パネルを用いて、72面体とした。打継ぎ面はコテ仕上げの後、処理剤を散布し、翌日にレイタンスの除去を行った。

5.4 下部円錐工および下部側壁工

ピラスター部は、型枠パネルの施工が困難なため、木製型枠支保工を大組みし、施工した。下部円錐外側については、管廊にリング状の鋼製支保工を組み立て、子午線方向の48本の型枠ガーダー ($H-175\times 90\times 5/8$) と4段のリングビーム ($C-150\times 75\times 6.5$) により構成された鋼製枠に、木製型枠パネルをはめ込み、角材とキャンバーとで固定した。下部円錐内側の鋼製枠は、24~48本の型枠ガーダー ($H-200\times 100\times 5.5/8$) とコンクリートの側圧に抵抗するための2段のリングビーム ($H-125\times 60\times 6/8$) とで構成され、外側と同様に型枠パネルを固定した。

コンクリート (圧縮強度 400 kg/cm^2 , 90 m^3) の打設は、施工部分が 45° の勾配であるので、流動性を高めるため添加剤を用い、また、空気の混入を防ぐため支障となる型枠パネルを部分的に取りはずし、下部から順次行



写真五 下部円錐型枠ガーダー施工状況

った。また、下部円錐部には、セパレータのような貫通材は使わないようにした (写真-3, 4, 5)。

下部側壁部は、支え壁と下部円錐部が交差結合する重要な部分であり、PC鋼材と鉄筋が複雑に配置されている。形状も内側と外側で異なっているため、内・外それぞれ独立した型枠を用いて施工した。

5.5 側壁工

側壁部は、図-11に示すように、GLから上部23mを1ブロックの高さ約1.45mのリングセグメント状の18ブロックに分割して、ディビダーク式クライミング

◇工事報告◇

工法を用いて施工した。このクライミング工法は、互いに独立したクライミング足場(図-12)とクライミングフォーム(図-13)とから成る。

クライミング足場は、高さによる周長の変化に対応できるように、個々の独立したフレームを内・外それぞれ24組ずつ配置した。足場は、集中制御により油圧装置(ジャッキおよびポンプ)で同時に上昇できるようなっている。また、施工に先がけ、クライミング足場を3組試作し、足場の安全性、作業性、機能性について実証実験を行い、必要な改良を行った。

クライミングフォームは、隣り合う型枠ガーダーとその間に落とし込む木製型枠パネルとから構成され、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ようにし、内・外各々7種類のパネルを用意した。型枠円周方向のパネル分割は、1~14ブロックを72分割、15~18ブロックを36分割とした。

側壁1ブロックあたりの作業サイクルは、子午線方向PC鋼棒の緊張作業がないブロックでは平均5日サイクルであった(図-14)。

1日目は外型枠の解体組立、2~4日目は外側クライミング足場の上昇、鉄筋・PC鋼棒の組立、先行打設し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、5日目は内側クライミング足場の上昇、コンクリート(圧縮強度400kg/cm²)のバケットによる打設、養生、レイタンス処理を行った。

なお、コンクリートについては、養生期間を少なくし、作業サイクルを短くするため、早強コンクリートを

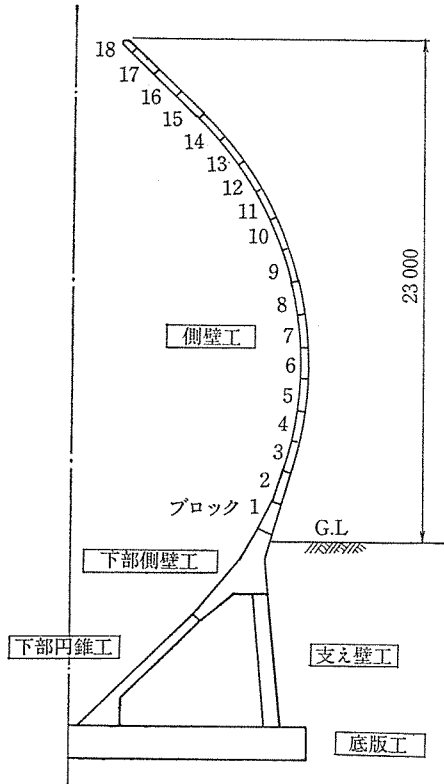


図-11 施工ブロック図

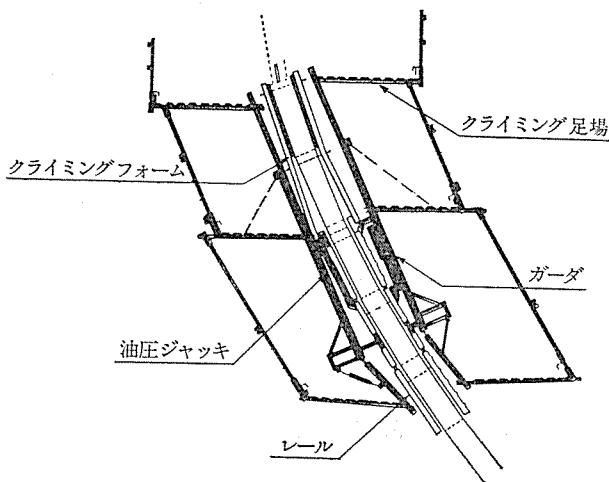


図-12 クライミング足場

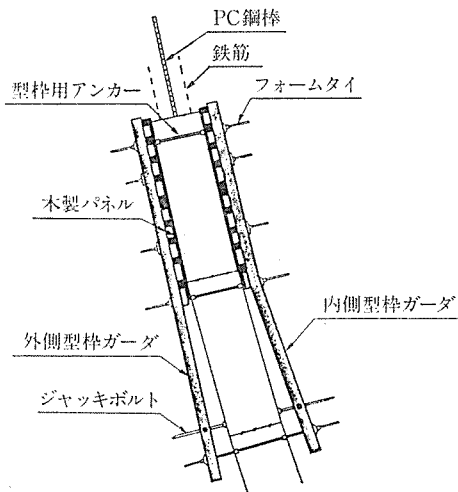


図-13 クライミングフォーム

作業項目	日	1	2	3	4	5
型枠解体・組立		■			■	
クライミング足場移動			■			■
鉄筋・PC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				■	■	

図-14 側壁部作業サイクル

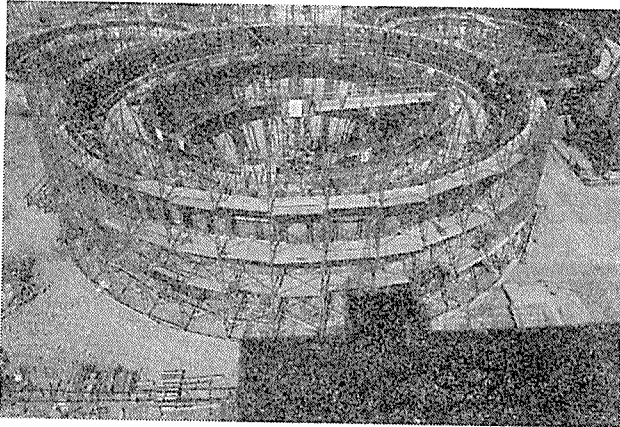


写真-6 側壁工 (その 1)

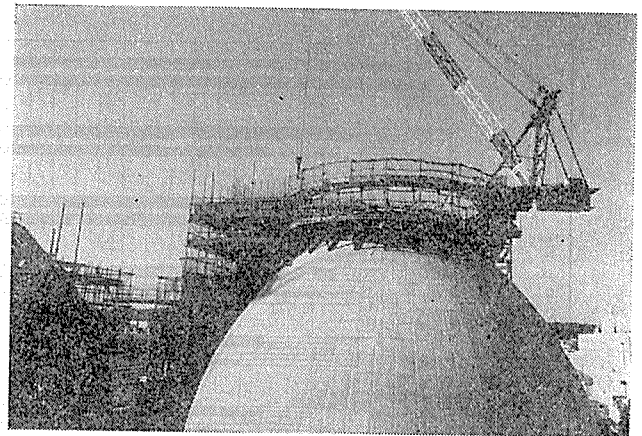


写真-9 頂部工

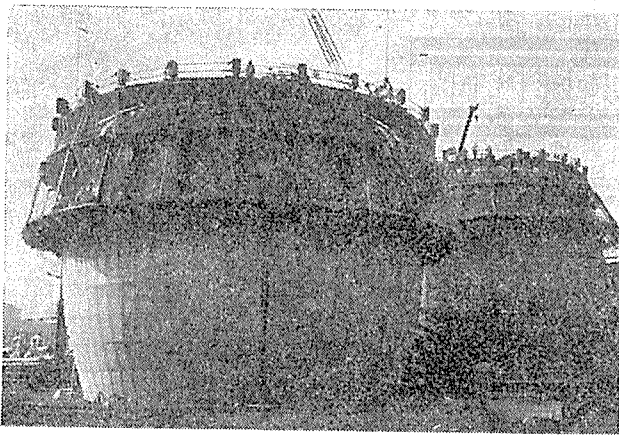


写真-7 側壁工 (その 2)

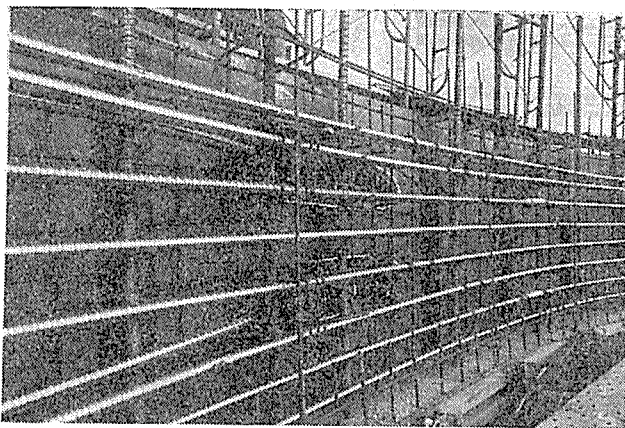


写真-8 側壁部 PC 鋼材配置状況

使用した (写真-6, 7, 8)。

5.6 頂部工

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等を施工するために、外部にはブラケット足場を、内部には測量用架台を利用した作業足場を設置し、行った (写真-9)。

5.7 PC 工

5.7.1 施工時応力度の検討

本消化タンクの構造は、底版、支え壁、下部円錐部、下

部側壁部、側壁により成っており、その構造の特徴から拘束部分の影響でプレストレスの導入順序によって、躯体に不利な応力が発生する。したがって、プレストレス直後の導入力による施工時応力度の検討を、軸対称薄肉シェル有限要素法プログラムを用いて、各施工段階に応じた解析モデルを自動的に作成し、各施工時の応力度を算出する電算システムで行った。

荷重条件は、コンクリート自重、導入プレストレス力、クライミング足場作業荷重を考慮した。施工時の許容応力度は 25% の割増しとした。側壁円周方向 PC 鋼棒の緊張は、クライミング足場の中段と下段で各々緊張作業を行い、また、子午線方向プレストレスが導入されていないブロックは、円周方向 PC 鋼棒を緊張しないこととした。

コンクリートの曲げ引張応力度については、施工中にひび割れが生じないように 15 kg/cm^2 程度とし、各施工段階に応じた適切なプレストレス量および導入順序を決定した。その結果、プレストレス順序は、図-15 に示すとおりとなった。

5.7.2 円周方向 PC 工

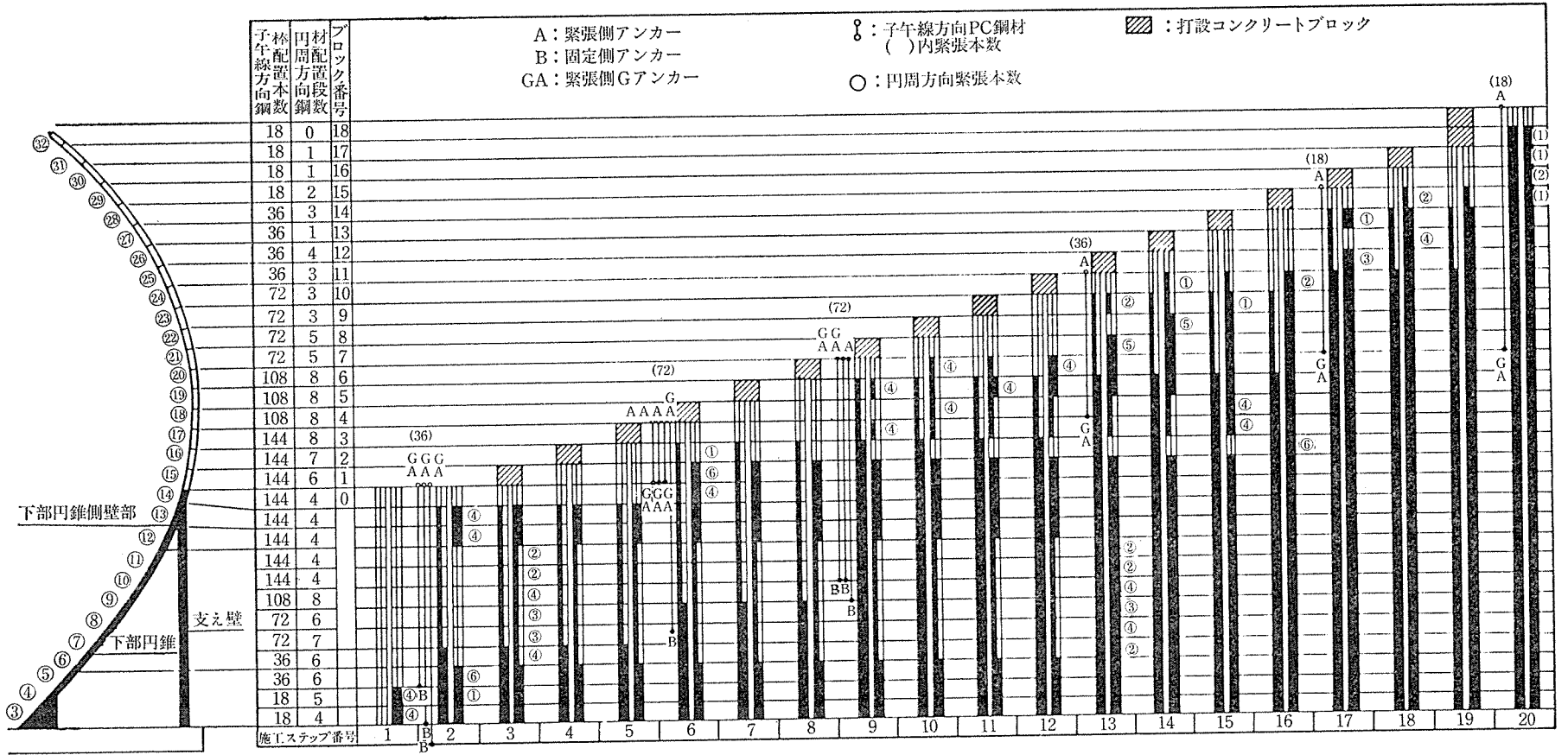
(1) PC 鋼より線の施工

下部円錐部下端付近に 15 段合計 30 本の PC 鋼より線 (SWPR 19, $\phi 21.8 \text{ mm}$) をピラスターを用いて、緊張・定着した。PC 鋼より線は後挿入で施工し、緊張は両引き方式でジャッキ 4 台を同時に作動させ、導入プレストレスが均一になっていることを確認しながら、緊張作業を行った。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。

試験緊張は 5 ケーブルを選んで行った。試験緊張による見かけの摩擦係数の平均値は 0.35、見かけのヤング係数の平均値は $1.75 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ であった。

(2) PC 鋼棒の施工

下部円錐部、下部側壁部、側壁に PC 鋼棒 (SBPR 95/120, $\phi 32 \text{ mm}$) を切欠きを設けて、ディビダーク工



○：要素番号

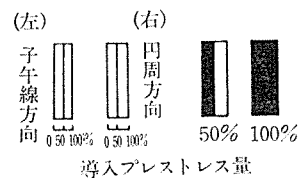


図-15 緊張順序図



写真-10 円周方向 PC 鋼棒緊張状況

法にて、緊張・定着した。定着具には、切欠き定着を小さくできるディビダーク式リブ付きアンカープレートを用い、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使用し、両引き緊張で行った（写真-10）。

プレストレスングの管理は、PC 鋼棒の伸びと荷重計の示度の両者により、導入引張力を確認した。

5.7.3 子午線方向 PC 工

子午線方向 PC 鋼棒（SBPR 95/120, $\phi 32$ mm）は、7 タイプ 144 本あり、下部円錐部および下部側壁部の所定の箇所で固定した。これらの PC 鋼棒は、側壁ブロック施工中、所定の 6 か所（うち 3 か所は、GA アンカー）で、緊張・定着した。定着具は、ディビダーク式アンカーグロツケを使用し、緊張は片引き方式で行い、プレストレスングの管理は、円周方向と同様である。また、異なるタイプの PC 鋼棒は、長いものから順に緊張を行った。

5.8 応力測定

なお、本消化タンクは、コンクリートシェル構造物として、前例のない特異な構造特性を持つので、設計における解析手法および解析モデルの妥当性と、施工における各施工段階毎の所要プレストレス量およびコンクリー

トの応力度を確認する意味で応力測定を実施した。

測定方法は、ひずみ計と熱電対を併設して埋め込み、応力レベルの大きいと考えられる部分には、有効応力計を使用した。その結果、所要のプレストレス量が導入され、有害な応力が発生していないことが確認できた。

6. おわりに

以上、北部第二下水処理場に続く、金沢下水処理場の大容量 PC 卵形消化タンクの設計および施工の概要について報告したが、昭和 62 年 1 月現在先行し施工している 3 槽は側壁の施工を終了し、頂部工の施工中であり、残りの 3 槽はクライミング足場により側壁を施工中である。また、内部配管工事、内部塗装工事、保温外装工事を引き続き行う予定である。

はじめての基礎構造形式となる本工事の報告が、現在施工または計画している PC 卵形消化タンクに何らかの参考となれば幸いである。

なお、施工管理および応力測定の結果については、今後別の機会に報告したいと考えている。

最後に本タンクの設計にあたり多大なる尽力をされた株式会社日水コン並びに計画・設計・施工にあたり御指導と御協力を頂いた関係各位に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 吉田作治, 山下 博ほか：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, No. 250, 1985 年
- 2) 吉田作治, 中田穂積, 久保田宗孝ほか：横浜市における卵形消化タンク, プレストレストコンクリート, Vol. 26, No. 5, 1984 年
- 3) 齊藤正昭, 安久津昶, 久保田宗孝：横浜市における PC 卵形消化タンクの建設, 土木学会誌, 1986 年 3 月号
- 4) 安久津昶：横浜市における汚泥処理計画, 環境技術 Vol. 15, No. 11, 1986 年
- 5) 久保田宗孝, 野永健二：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

【昭和 62 年 2 月 12 日受付】