

9 600トン卵形消化タンクの設計・施工

出口 博昭*1・古橋 公二*2・角田 昌彦*3

1. はじめに

全国の下水処理場の実績をみると、最終処理プロセスに焼却プロセスが含まれている場合は、汚泥処理のコストの低減化、省エネ化等の観点から消化プロセスを除いている処理場が多い。

しかし、最近では消化タンク本来の効用である汚泥の安定化、減量化はもとより、脱水プロセスでの脱水の効率化、臭気対策、焼却プロセスにおける供給汚泥の質的安定化による焼却の安定化、臭気対策、メタンガス化によるエネルギー源の確保、および非常時における汚泥貯留タンクとしての二次的な効用を目的として、焼却プロセスが含まれる場合でも消化プロセスをシステムに組み入れる傾向にある。

洛西浄化センターでは、昭和54年10月より供用を開始して以来、1次タンク ($V_1=6\,265\text{ m}^3$) および2次タンク ($V_2=4\,660\text{ m}^3$) のRC消化タンクにより加温消化で運転してきたが、汚泥発生量の増加、年数経過による実質能力の減少、汚泥基質の変化による消化効率の悪化等により能力不足が生じてきた。そこで、消化タンクの増設の必要性により、構造上、消化機能上等に優れた特徴を持つPC卵形消化タンクが建設されることになった次第である(図-1、図-2参照)。

本報告は、日本国内において最大規模となるPC卵形消化タンクの設計と特に施工に重点をおいて報告するものである。

2. 工事概要

工事名：洛西浄化センター汚泥消化タンク(土木・建築)工事

工事場所：京都府乙訓郡大山崎町下植野地内

構造形式：PC卵形消化タンク

工法：ディビダーク工法

規模：容量 $V=9\,600\text{ m}^3$

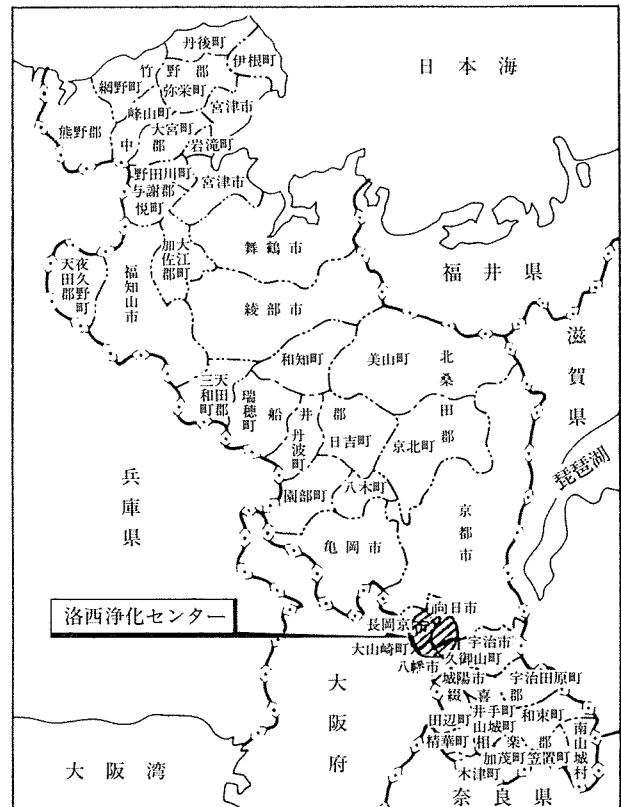


図-1 洛西浄化センター位置図

工期：平成元年10月7日～平成3年3月20日

発注者：京都府

施工：前田建設工業・ドーピー建設工業共同企業体

3. 設計

3.1 設計条件

(1) 構造諸元

本消化タンクの主な構造諸元は以下のとおりである。構造一般図を図-3に示す。

形式：本体 PC卵形消化タンク

*1 Hiroaki DEGUCHI：京都府

*2 Koji FURUHASHI：前田建設工業(株)大阪支店土木部

*3 Masahiko TSUNODA：ドーピー建設工業(株)技術本部技術部

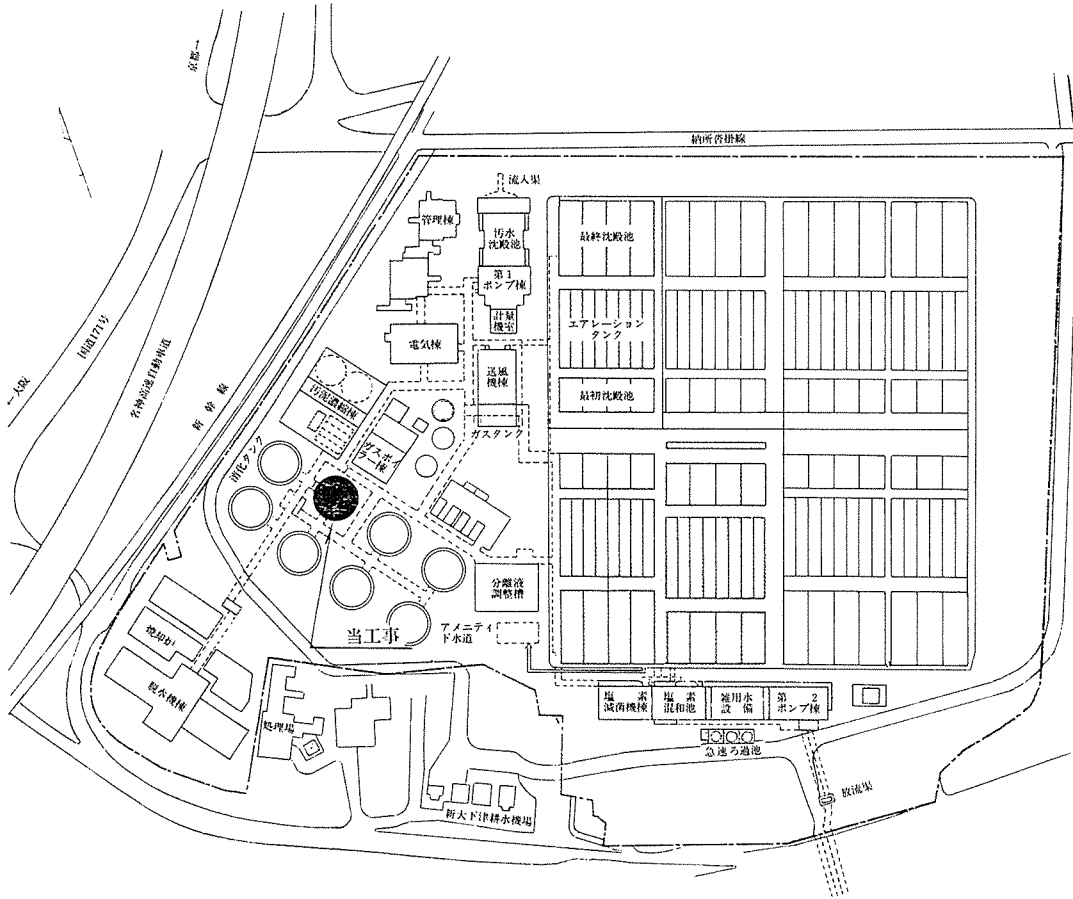


図-2 PC卵形消化タンク建設位置図

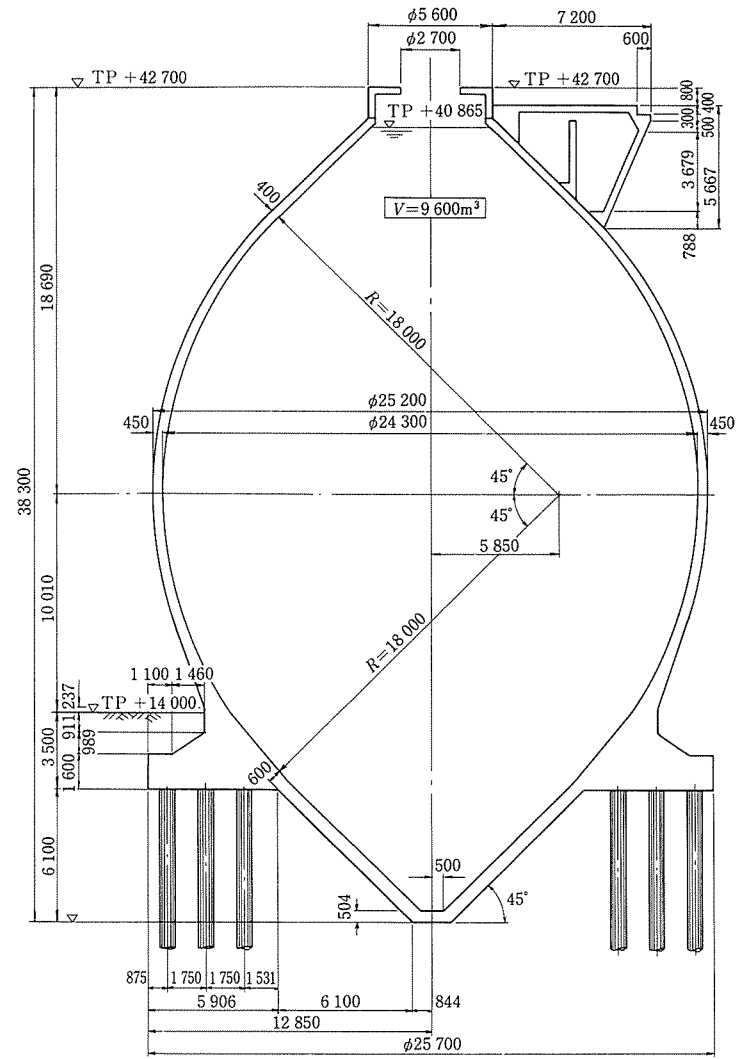


図-3 構造一般図

◇工事報告◇

基礎 杭基礎（上 SC 杭 $\phi 700$, $N=108$ 本）
 （下 PHC 杭 $\phi 700$, $N=108$ 本）

規模：容量 $V=9\,600\text{ m}^3$

全高 $H=38.3\text{ m}$ （タンク最下部～ガスドーム天端）

外径 $D=25.2\text{ m}$ （タンク本体部）
 $D=25.7\text{ m}$ （リング基礎部）

壁厚 $t=350\sim 600\text{ mm}$ （ハンチ部を除く）

消化タンクの形状は、図-4 に示す F. Pöpel の理論式に基づき、立地条件、施工性を考慮して頂部および底部の曲線部を円錐形とし、また、タンク頂部については内部機器の搬入、搬出を考慮して円部半径を $r=2.5\text{ m}$ とした。

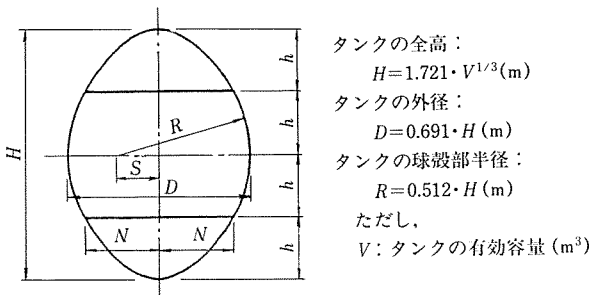


図-4 卵形タンクの理想形状

(2) 使用 PC 鋼材の選定

使用 PC 鋼材については、タンクを構成する各部材の構造特性に適したものを選定するものとした。図-5 に

最終決定した消化タンク全体の PC 鋼材配置を示す。

1) 底板部の PC 鋼材

底板部については円錐形状となるため、下部で曲率が大きくなること、また、PC 部材として円周方向と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 PC 鋼材配置をヘリカル形状とした。したがって、ここでは PC 鋼材の導入力の容量と配置形状を考慮して、PC 鋼より線 SWPR 7 B 12- $\phi 15.2\text{ mm}$ を採用した。

2) リング基礎部の PC 鋼材

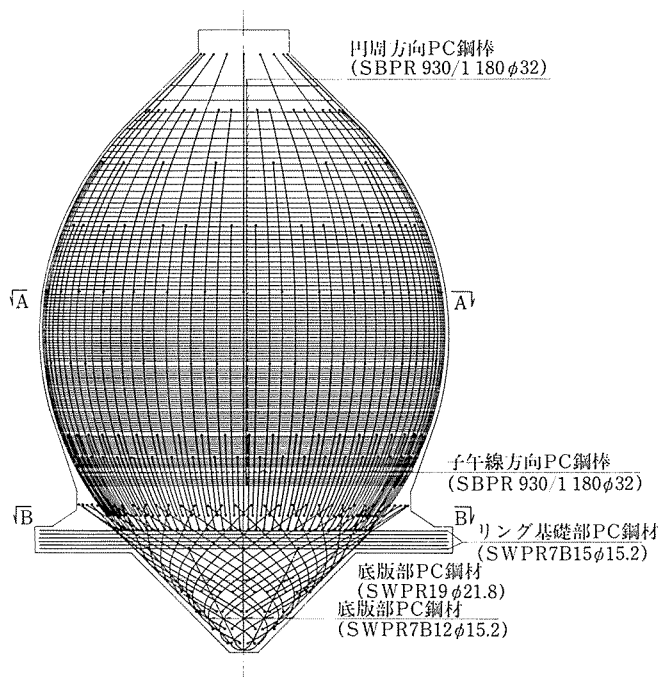
リング基礎部に用いる PC 鋼材には、導入力の容量を考慮して PC 鋼より線 SWPR 7 B 15- $\phi 15.2\text{ mm}$ を採用した。

3) 側壁部の PC 鋼材

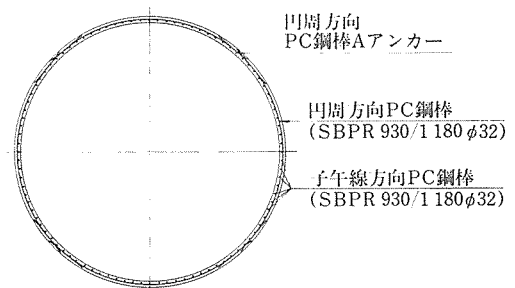
側壁部については 2 方向性（円周方向と子午線方向）の曲面を有する薄肉シェル構造となっており、また、内圧による側壁部の引張応力に対処するため、PC 鋼材を 2 方向に配置する必要がある。

(a) 円周方向 PC 鋼材：円周方向 PC 鋼材は、通常の間筒形タンクではピラスター（バットレス）を設けて定着されているが、ピラスターを設けることは、PC 卵形消化タンクでは薄肉コンクリートシェル構造の有する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好ましくない。したがって、本タンクで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および緊張力のロスを考慮して、ネジ定着方式の PC 鋼棒 SBPR 930/

PC 鋼材全体配置図



A-A 断面図



B-B 断面図

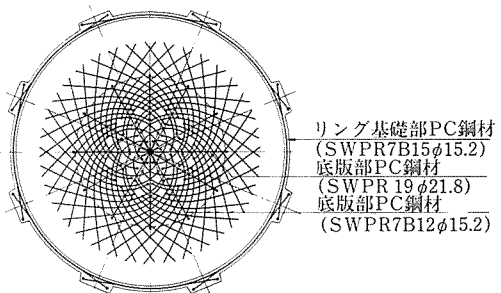


図-5 PC 鋼材配置図

1 180φ32 mm を採用した。

(b) 子午線方向 PC 鋼材 : 子午線方向 PC 鋼材については、薄肉コンクリート部材をリング状に子午線方向に分割して打上げ施工することから、PC 鋼材の継手を容易に設けることができ、また、細径で導入力が大きく緊張ロスの少ない PC 鋼材を選定する必要があり、本タンクでは円周方向 PC 鋼材と同様、ネジ定着方式の PC 鋼棒 SBPR 930/1 180φ32 mm を採用することとした。

(3) 設計条件

本消化タンクの設計にあたって使用した材料および許容応力度を表-1 に示し、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-2 に示す。また、設計に際し適用基準は以下のとおりとしたが、主に日本水道協会、日本道路協会および土木学会の各基準を適用した。

- ・ 下水道施設設計指針と解説
(1984年) [日本下水道協会]
- ・ 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・第2編 構造物設計指針
(1985年) [日本下水道事業団]

表-1 材料の仕様および許容応力度
○コンクリート

仕 様	応 力 度 の 状 態		許容応力度 (kgf/cm ²)	
$\sigma_{ck} = 350$ kgf/cm ²	曲げ圧縮応力度	プレストレッシング直後	170	
		使 用 状 態	135	
	軸圧縮応力度	プレストレッシング直後	132	
		使 用 状 態	105	
	曲げ引張応力度	使用状態	プレストレッシング直後	13.5
			満液時	0
		空液時	7	
		地 震 時	23.5	
	せん断応力度			5.0
	斜引張応力度			8.5

○PC 鋼材

仕 様	応 力 度 の 状 態		許容応力度 (kgf/mm ²)
SWPR 7 B 12φ15.2 mm 15φ15.2 mm	プレストレッシング中		144.0
	プレストレッシング直後		133.0
	使 用 状 態		114.0
SBPR 95/120 φ32 mm	プレストレッシング中		85.5
	プレストレッシング直後		80.7
	使 用 状 態		71.2

○鉄 筋

仕 様	応 力 度 の 状 態		許容応力度 (kgf/cm ²)
SD 35	引 張 応 力 度		1 800
	圧 縮 応 力 度		1 800

表-2 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

荷重の種類	荷重の状態		使用状態		地震時		備 考
	夏	冬	満液時	空液時	満液時	空液時	
			夏	冬	夏	冬	
死 荷 重	○	○	○	○	○	○	頂部付属物、保温材、内部機器の重量含む
地下水による浮力			○			○	
静水圧・ガス圧	○	○			○	○	消化ガス圧 0.5 tf/m ² を含む
プレストレス力	○	○	○	○	○	○	
温度の影響	夏	○			○		外気温 33℃
	冬		○			○	外気温 0℃
地震の影響					○	○	$K_H=0.22$
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	

- ・ 水道用プレ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Ⅲ コンクリート橋編
(1978年) [日本道路協会]
- ・ 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) [土木学会]
- ・ コンクリート標準示方書
(1986年) [土木学会]
- ・ LNG 地下式貯槽指針
(1981年3月) [日本瓦斯協会]
- ・ 国鉄建造物設計標準
(1983年5月) [土木学会]

3.2 躯体部の設計

(1) 構造解析

本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た弾性解析により断面力を算定した。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に分割し、シェル部とソリッド部を一体とした全体モデルで解析した。スラッジポケットや歩廊等の頂部付属物については構造部材として取り扱わず、荷重として取り扱った。図-6 に本解析に用いた解析モデルを示す。

支持条件としては、杭がリング基礎下端を支持するバネとして評価し、地盤の鉛直方向の支持力については、杭に比べ非常に小さいため解析モデルには評価していない。

断面剛性の評価としては、コンクリートの全断面を有効とし、コンクリートのヤング係数とポアソン比はそれぞれ 3.25×10^5 kgf/cm², 1/6 とした。

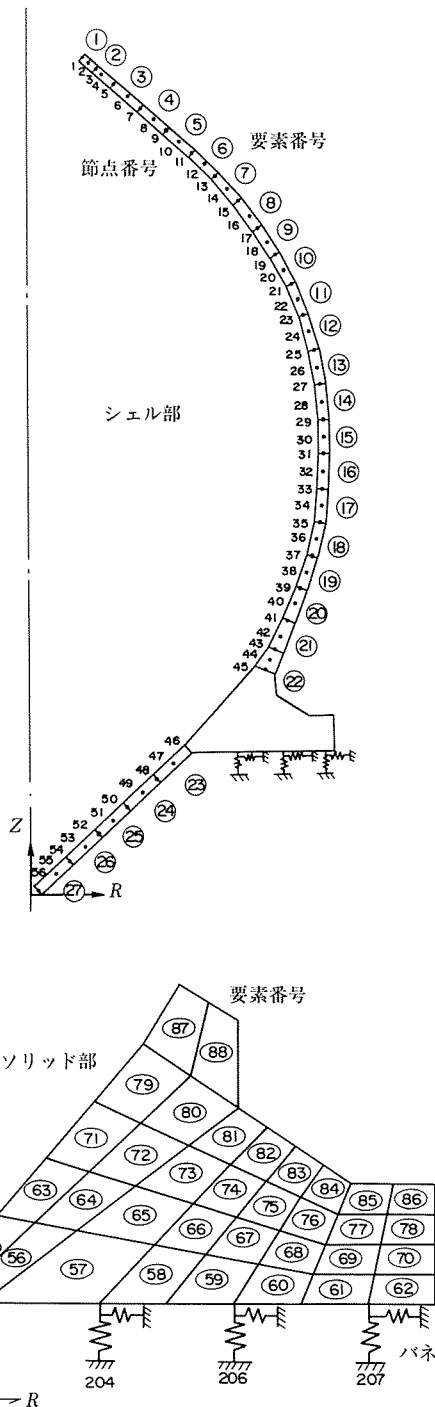


図-6 解析モデル図

(2) 側壁および底版の設計

側壁および底版は、「水道用プレストレストコンクリート標準仕様書」に従い PC 部材とした。

設計用断面力は、前述した構造解析により算出した結果に基づいており、応力度の照査は曲げおよびせん断について行った。

プレストレスを含めた合成応力度については、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、使用状態（満液時）での躯体のコンクリート応力度

が引張状態にならないフルプレストレス状態とした。また、地震時には躯体に 10 kgf/cm^2 程度のコンクリート引張応力度が発生したが、地震時のコンクリート許容曲げ引張応力度に比べ小さい値となり、地震時の安全性が確認された。

せん断に対する検討においても、いずれの荷重の組合せケースに対し斜引張応力度は許容値を満足していた。

(3) リング基礎の設計

リング基礎部には、リングの一体化およびシェル部に発生する局部応力の緩和等、構造物の安全性を確保する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。

リング基礎部に配置する鉄筋量の計算は、構造解析から得られたソリッド要素に発生した引張応力度に対し、これを鉄筋で受け持たせるものとして引張鉄筋量の計算を行った。

4. 施 工

ここでは、タンク頂部付属物のプレキャストを含めた施工の全容と、リング基礎部のマスコンクリートに発生する温度応力に対する対処方法および施工時応力度に対する管理を中心に報告するものである。

4.1 施工内容

本工事の施工順序は、① 土工および基礎工、② 底版工、③ リング基礎工、④ 側壁工、⑤ 頂部工であり、これを図示すると図-7となる。

本工事の特徴を次に示す。

- 1) 大容量 ($9\,600 \text{ m}^3$) の PC 卵形消化タンクである。
- 2) リング基礎部のコンクリートは、断面積 14.4 m^2 、打設数量 932 m^3 のマスコンクリートである。
- 3) 底版部は、前述の図-5に示すようにヘリカル状に PC 鋼材を配置する構造である。
- 4) 側壁部の施工は、写真-1に示すように 2 方向に曲面を有する側壁を連続的に施工できるディビダー



写真-1 側壁部施工状況

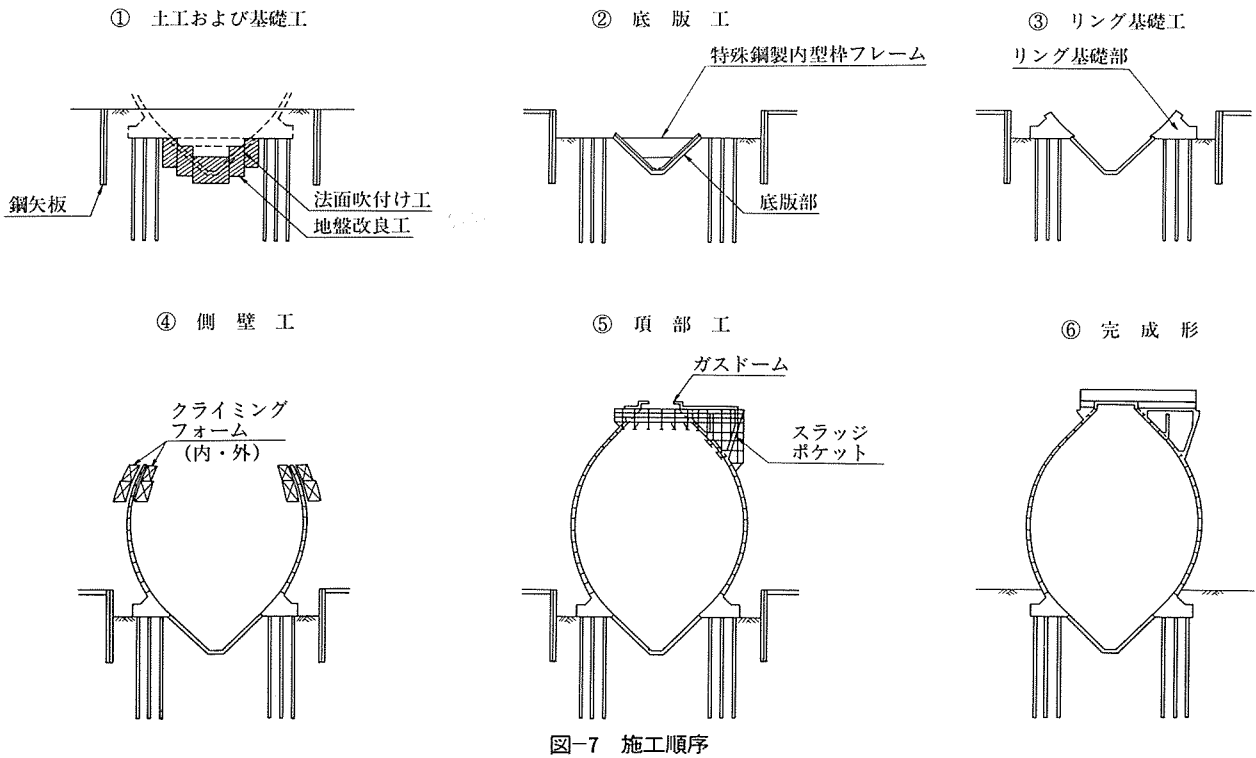


図-7 施工順序

ク式クライミング工法を採用している。

5) 我が国でも最大規模となる大容量のPC卵形消化タンクのため、工程管理、品質管理、安全管理、労務管理には入念な検討および迅速な対応が必要である。

本工事はこれらの項目を踏まえて施工を実施した。

実施工程表は表-3に示すとおりである。

(1) 土工および基礎工

土工および基礎工は、地盤一次掘削、基礎杭打設、地盤改良、地盤二次掘削、コンクリートリング施工、円錐部掘削、吹付けコンクリート打設の順序で施工を行った。

(2) 底版工

底版工は、壁厚60cmの円錐形部材を吹付けコンクリートを外型枠として以下の手順で施工した。

- 1) 底版吹付けコンクリート施工完了後、吹付けコンクリート面上にヘリカル鋼材、シングルストランド設置位置の墨出しおよびマーキングを行う。
- 2) 底版底部は、あらかじめ別の箇所では組み立てた鉄筋かごに、シングルストランド挿入用ガス管、型枠ガードー浮止め用アンカーボルトおよび円板、側量架台固定用ゲビンデスターブを取り付け、所定の位置に構内に構築したタワークレーン(3t吊り)を用いて設置した後、流動化コンクリートを打設した。
- 3) 底版吹付けコンクリート上に外側鉄筋を配置する。
- 4) 外側鉄筋上にヘリカルPC鋼より線用のhalter(支持架台)を取り付ける。取付け位置はあらかじめ吹付けコンクリート上にマークしておく。

表-3 工程表

年月日 作業項目	1年			2年												3年		
	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月		
土工および基礎工	■	■	■	■														
底版工					■	■												
リング基礎工							■											
側壁工								■	■	■	■	■	■	■				
頂部工															■	■		

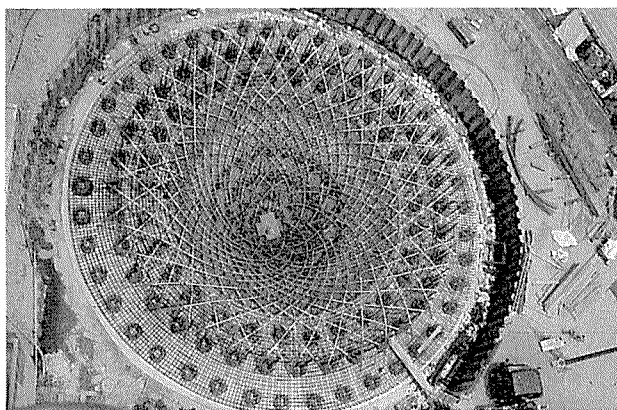


写真-2 ヘリカル PC 鋼材配置状況

- 5) ハルター上に4タイプ計72本のヘリカル PC 鋼より線をタワークレーンを用いて設置する。

シングルストランドは計12本で柵筋を取り付けてから設置した(写真-2参照)。

- 6) 内側鉄筋を配置する。

- 7) 内型枠ガーダー7セグメント(H-200×100のH鋼を56本、3本のリングビーム付き)をタワークレーンにて所定の位置に設置し、各セグメントどうしおよび底部浮止めアンカーボルトに連結、固定する。

次に、木製型枠パネル(下部で円周方向28分割、上部で56分割)を各ガーダー間にはめ込み、キャンバー材をガーダーフランジと型枠パネル栈木間に打ち込み、パネルを固定する。

なお、この時1分割ごとにコンクリート打設口とするため、型枠パネルの固定は行わない。

コンクリートの打上がりとともに打設口の型枠パネルは、順次はめ込み固定を行う。

- 8) コンクリート打設足場を型枠ガーダー上に単管パイプ、足場板等を用いて構築する。
9) 流動化コンクリートをポンプ車を用いて打設した。

打設完了後は凝結遅延剤を散布し、コンクリートの硬化状態を確認してからハイウォッシャーで洗い出しを行った。

(3) リング基礎工

タンクの基礎である高さ1.6m、外周25.7mのリング基礎部を施工する。

コンクリート断面積は14.4m²、打設数量は932m³となるマスコンクリートである。

施工は以下の順序で行う。

- 1) 作業の後もどりがないように鉄筋および円周方向 PC 鋼より線用シース、子午線方向 PC 鋼棒の組立順序を考慮して組立図の作成を行う。
2) 鉄筋および PC 鋼材の組立は、まず組立図にのっ

とり下筋幅止め筋、外周鉄筋を組み立てた後、PC 鋼材を円周方向 PC 鋼より線用シースを支持具(ハルター)に取付け後、ピラスター部より引き込み設置した。

円周方向 PC 鋼より線は後挿入のため、シース接合箇所は入念にテープで密封するとともに、へこみ箇所、穴さず等の点検を行い布テープで保護した。

子午線方向 PC 鋼棒は、円周方向に2列支持具(ハルター)を取り付け、順次タワークレーンにて吊込みを行う。

この時、曲げ加工された子午線方向鋼棒の回転には十分注意して固定を行った。

次に、ハンチ部鉄筋、内側鉄筋、ヘリカル鋼材定着部補強筋を組み立てた。

- 3) 外型枠は鉄筋組立に並行し、木製の型枠パネルを外周およびハンチ部に割り付けた。

円周方向 PC 鋼より線箱抜き型枠、ヘリカル鋼材箱抜き型枠は、あらかじめ製作しておいたものを型枠パネルに固定した。

内型枠は、ガーダー(H-200×100のH鋼を計84本)およびリングビーム(計3本)をタワークレーンにて順次吊り込み、所定の位置にボルトで固定する(写真-3参照)。

次に、各リングビームどうしを連結し、型枠パネル(円周方向84分割)をはめ込む。固定方法は底版工と同一である。

リング基礎部の型枠パネルは、底版部コンクリート表面の気泡跡を考慮して、布シートを敷設したものをを用いており、良好な結果を得ることができた。

また、リング基礎部上端には止め枠を設置して、コンクリートの締固め不良、コンクリートの落下防止を行った。

- 4) コンクリート打設用足場としてリング基礎外周に枠組足場を組み立てる。

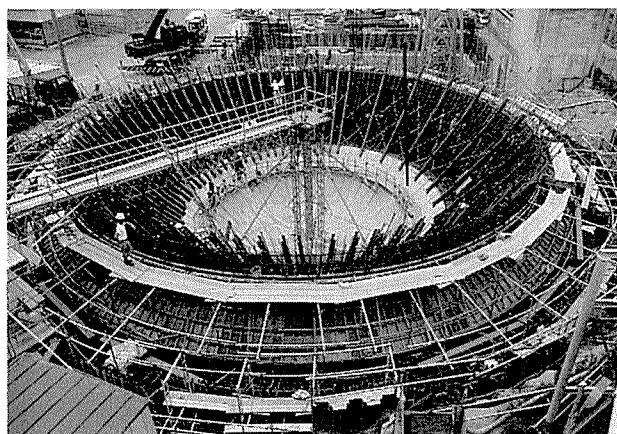


写真-3 内型枠用ガーダー設置状況

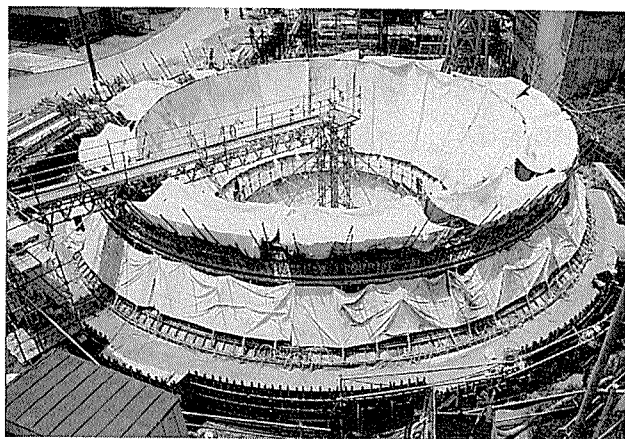


写真-4 養生状況

5) 流動化コンクリート 932 m³ を 2 台のポンプ車が半円周ずつ分担して打設した。

6) コンクリート打設完了後、写真-4 に示すように養生マットを敷設して 5 日間の養生を行った。

打継目には凝結遅延剤の散布を行い、コンクリートの硬化状態を確認してからハイウォッシャーで洗い出しを行った。

(4) 側壁工

側壁工は図-8 に示すように、リング基礎部上端から約 27 m を 22 段のリングセグメント状ブロックに分割して、ディビダーク式クライミング工法にて施工する(写真-5 参照)。

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とクライミング型枠とから成る。

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に独立したフレームを持つ。

本工事では、内・外それぞれ 28 基ずつ計 56 基を用いた施工である。

クライミング型枠は、型枠ガーダーと型枠パネル押え鋼板、型枠パネルとからなる(写真-6 参照)。

型枠のセットは、型枠ガーダーの傾きを勾配定規で仮

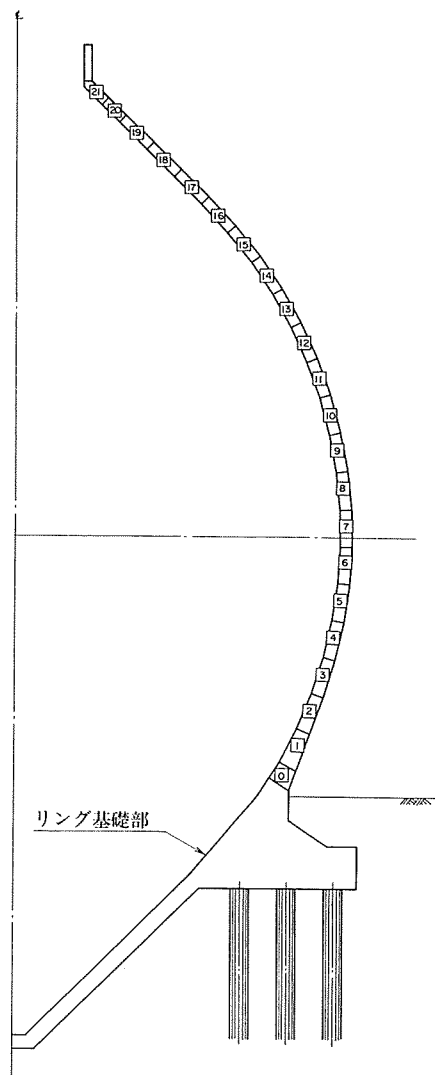


図-8 側壁部施工ブロックの分割

決められたちタンク中央部の測量架台から半径を計測することにより行う。

各ブロックの周長の変化は、型枠パネル押え鋼板と型枠パネルとの重ねしろで調整を行い、各ブロックでの転用を考慮して型枠パネルを製作した。

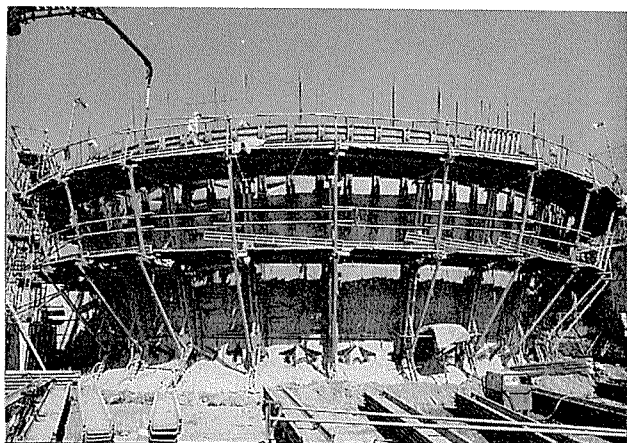


写真-5 クライミングフォーム設置状況



写真-6 クライミング外側型枠設置状況

◇工事報告◇

型枠の円周方向の分割は、0～18 ブロックでは 84 分割、19～21 ブロックでは 56 分割とした。

また、ブロック上端には止め枠を設置し、コンクリートの締固め不良、コンクリートの落下防止に対処した。

外側クライミング足場は、0～2 ブロック施工完了までは地盤面と接触するため取り付けられないので、外周部に枠組足場を組み立てて施工した。

また、0～6 ブロックの円周方向鋼棒緊張、跡埋めおよびグラウト作業は、応力検討の結果、枠組足場を組み立てた状態で行うこととした。

側壁部の施工手順は以下のとおりである。

- 1) 鉄筋、PC 鋼材を組み立てる。
- 2) 内側の型枠パネルを解体し、次ブロックに上昇して組み立てる。
- 3) 内側クライミング足場を上昇させる。
- 4) 外側の型枠パネルを解体し、次ブロックに上昇して組み立てる。
- 5) コンクリート打設前まで中下段でプレストレスングおよび跡埋め、グラウト作業を行う。
- 6) 外側クライミング足場を上昇させる。
- 7) コンクリートをポンプ車を用いて打設する。

2 ブロックまでは上記手順を用い、3～6 ブロックまでは外側を先行して上昇させ、7 ブロック以降は再度上記手順を用いる。

(5) 頂部工

頂部工は、側壁部 21 ブロック打設後、タンク頂部にスラッジポケット、ガスドーム、歩廊および連絡橋受け台の構築を行う。

頂部工は、工期および労務条件等により施工方法の検討が必要となった。

これに対し、図-9 に示すようにスラッジポケット、歩廊部をプレキャスト化し対処することとした。

プレキャスト部材の分割は、構造特性、施工性（クレーンの能力等）を考慮して、スラッジポケット部は、外壁部材を 2 分割、中間隔壁部材を 2 分割、床版部材を 2 分割とした。

歩廊部は、張出し床版部材を 6 分割、壁高欄部材を 4 分割とした。

なお、外壁部材、中間隔壁部材の下端接合部は、架設後逆打ちコンクリートを打設して一体化をはかった。

写真-7, 8 からわかるように、複雑な作業もなく良好な作業を行うことができた。

施工手順は以下のとおりである。

- 1) タワークレーンを用い、内・外クライミング足場を解体する。
- 2) タンク外側に単管およびブラケット足場を設置する。
- 3) タンク内側に測量用タワーを使用して支保工兼用

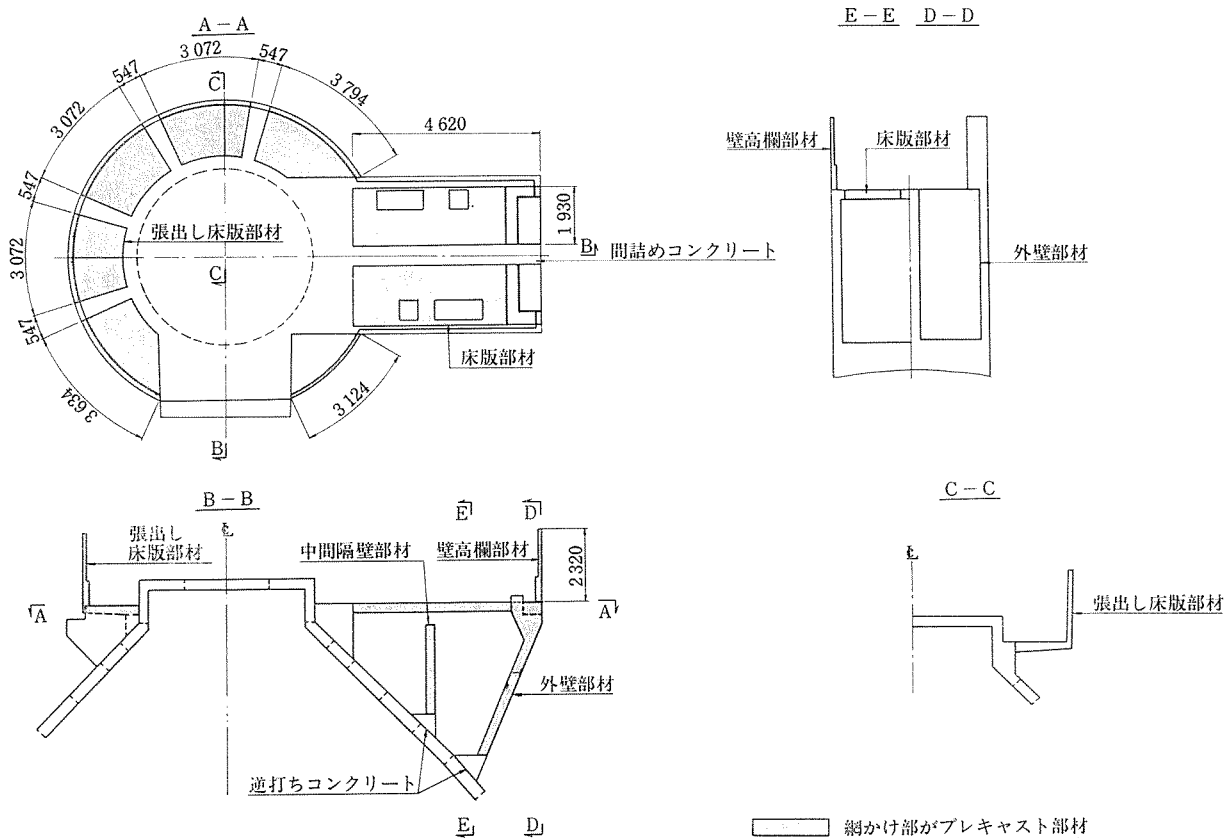


図-9 頂部プレキャストブロック分割図

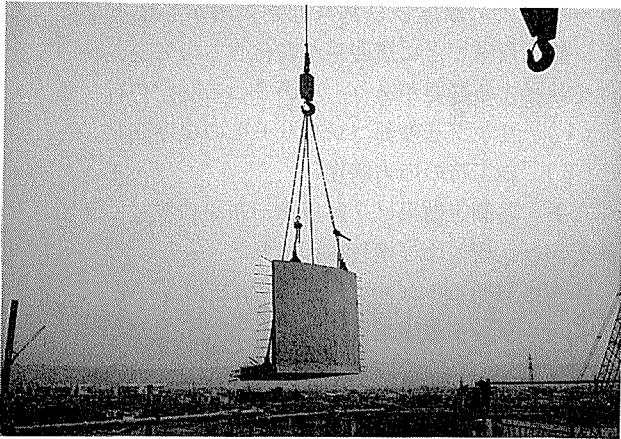


写真-7 プレキャスト部材吊上げ状況

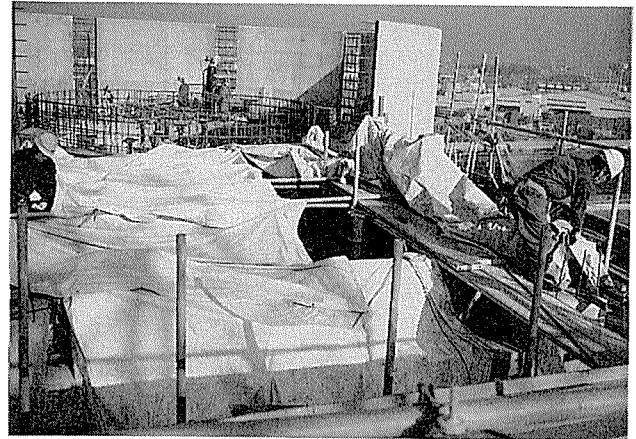


写真-8 プレキャスト部材設置状況

足場を設置する。

- 4) スラッジポケット部材（外壁，中間隔壁，床版部材），歩廊部材（張出し床版，壁高欄部材）用支持金具，控えワイヤー止め金具をそれぞれ所定の位置に取り付ける。
- 5) スラッジポケット部材，歩廊部材をトラッククレーンを用い順次架設する。
- 6) スラッジポケット部材および，歩廊部材間に鉄筋および型枠を取り付けコンクリートを打設する。
- 7) ガスドーム，連絡橋受け台部の鉄筋および型枠を取り付け，コンクリートを打設する。
- 8) 外側および内側の足場を解体する。この時アンカー孔等は無収縮モルタル等を用い防水処理を施す。

工事は，頂部工をプレキャスト部材を用いた施工により無事に工期内に終了できたが，プレキャスト部材接合部の構造等改良点があると思われた。

(6) プレストレッシング工

本工事は，各施工段階ごとに構造系が変化するため，全体系を考慮して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。

緊張順序は表-4 に示すとおりである。

各工種における施工内容を次に示す。

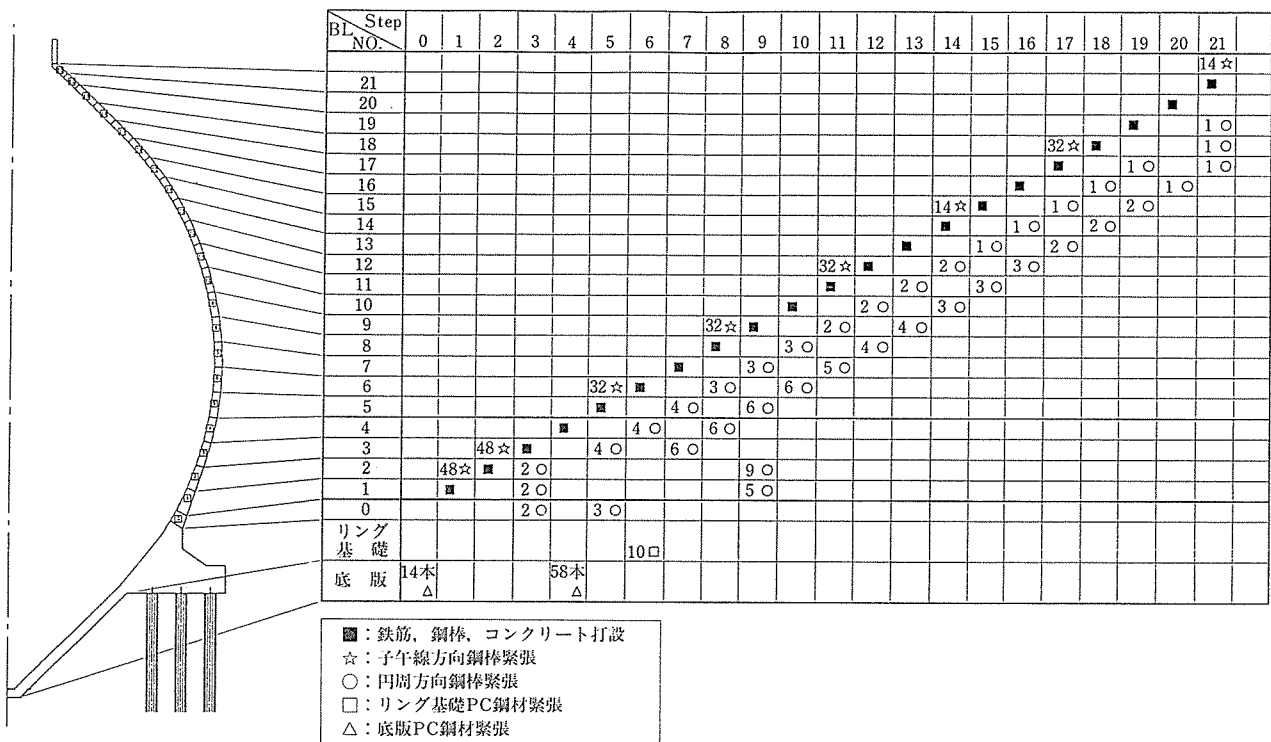
1) 底版部

(a) シングルストランド

底版部子午線方向に上下2段計12本U形に配置したシングルストランド (SWPR 19φ21.8 mm) を，底版部コンクリートが所定の強度に達したことを確認

表-4 PC卵形消化タンク緊張順序

(表内数字は緊張鋼材段数)



◇工事報告◇

した後、上端からモノストランド工法により緊張・定着した。

緊張は両引きで行い、プレストレスの管理は日本道路協会「コンクリート道路橋施工便覧」に従い管理限界を設定して実施した。

(b) ヘリカル PC 鋼より線

4 タイプ計 72 本のヘリカル PC 鋼より線 (SWPR 7 B 12φ15.2 mm) を、リング基礎緊張端からディビダークストランド工法により緊張・定着する。

緊張は片引きのため、 E_p (PC 鋼材の見かけのヤング係数)、 μ (見かけの摩擦係数) を仮定し、各ケーブルおよびケーブル群について管理図を設定する。

当初のケーブルはこの管理図を用い緊張を開始し、以後は実際の緊張より得られたデータに基づき、管理限界を修正して管理した。

緊張順序は、2 台のジャッキを用いて、一番長い A タイプの鋼材から順次中心軸に対して対称となるように緊張した。

2) リング基礎部

外周部に内側 4 段、外側 6 段配置した PC 鋼より線 (SWPR 7 B 15φ15.2 mm) を円周方向に 2 分割し、外周部に設けたピラスター部 (8 か所) にディビダークストランド工法により緊張・定着する。

管理限界は、試験緊張を実施して設定した。

緊張は両引きのため、双方の応力バランスが均等になるように、無線等を用いてポンプの応力を確認し合い作業した。

3) 側壁部

円周方向 PC 鋼棒 (円周方向 2 分割, 113 段配置) および子午線方向 PC 鋼棒 (計 192 本) をディビダーク工法により緊張・定着する。

(a) 円周方向 PC 鋼棒 (SBPR 930/1 180, φ32 mm)

緊張ジャッキは、円周方向 PC 鋼棒用に作成した特殊ジャッキを用いた。

緊張管理は、「ディビダーク工法設計施工指針 (案)」に従い管理した。

緊張は、クライミング足場の中段と下段にて両引きで行い、双方の応力バランスが均等になるように、無線等を用いポンプの応力を確認し合い作業した。

(b) 子午線方向 PC 鋼棒 (SBPR 930/1 180, φ32 mm)

緊張ジャッキは、2 台の標準型ディビダークジャッキ (70 t 型) を用いて、順次中心軸に対して対称となるように緊張した。管理方法は円周方向と同様である。

4.2 リング基礎部の温度測定と施工時応力について
本工事は、リング基礎部のコンクリートがマスコンク

リートのため温度ひび割れ抑制対策が必要となり、また、施工段階ごとに構造系が変化するので施工時の安全性を確認する必要があり、次の 2 つの測定を行った。

(1) リング基礎部コンクリートの温度測定

(2) 施工時の応力測定

なお、各測定結果は、解析モデルを作成して算出した解析値と比較および検討を行った。

各測定概要および検討結果を次に示す。

(1) リング基礎部コンクリートの温度測定

1) 測定概要

リング基礎部の温度ひび割れ抑制対策は、表-5 に示すように計画案の提示を行った。

表-5 ひび割れ抑制対策

	対 策
設計上	<ul style="list-style-type: none"> 設計上で考慮する事項 <ul style="list-style-type: none"> 1. 目地を設ける 2. 鉄筋で補強する 3. 表面塗布防水を行う
配合上	<ul style="list-style-type: none"> 発熱量の抑制 <ul style="list-style-type: none"> 1. 低発熱セメントの使用 <ul style="list-style-type: none"> a. 良質の混和剤の使用 b. スランプを小さくする c. 骨材寸法を大きくする d. 良質な骨材を使用する e. 強度判定の材令を延長する 2. セメント量の低減
施工上	<ul style="list-style-type: none"> 温度変化を小さくする——養生方法を検討する 温度上昇の抑制を図る <ul style="list-style-type: none"> 1. 材料のブレーキングを行う 2. リフト高さを低減する 3. パイクeringを行う 脱枠時期を調整する プレストレスの早期導入

温度ひび割れ抑制対策は、計画案を比較検討した結果、温度応力解析モデルを作成し、ひび割れ指数 (コンクリートの引張強度と温度応力の比で与えられる) の目標値を 1.2 以上になるようにセメントの種類、コンクリートの配合、養生方法および期間を決定することとした。

解析モデルは図-10 に示す。

コンクリートの配合および施工方法を決定するにあたり、表-6 に示す 4 案 (A 案—通常施工, B 案—プレ

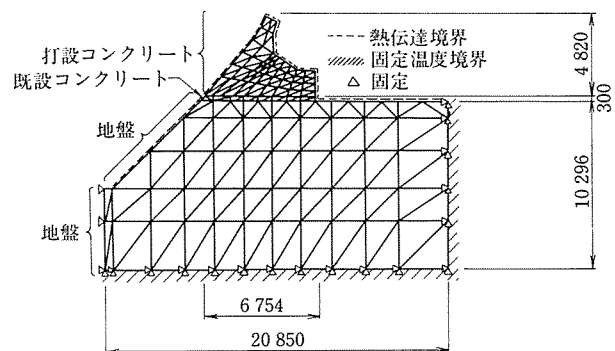


図-10 解析モデル

クーリング案, C案—養生案, D案—単位セメント量減少案)について検討を行った。

表-6 検討案と実施施工

	A-案	B-案	C-案	D-案	実施施工
打設温度	28℃	23℃	28℃	28℃	24℃
断熱温度上昇量	45℃	46℃	45℃	38℃	45℃
セメントの種類	普通	普通	普通	普通	高炉
単位セメント量	370 kg	370 kg	370 kg	300 kg	319 kg
養生方法	翌日脱型	翌日脱型	7日養生	5日養生	5日養生

検討の結果, A案からD案はそれぞれひび割れ指数1.2を確保できなかったが, 1.12という値が得られた4案をミックスした配合を実施施工に用いた(表-7参照)。

表-7 コンクリートの配合 (kgf/m³)

W/C	S/a	C	W	S	G
47%	42%	319	150	771	1083

リング基礎部の温度測定点は図-11に示すとおりである。

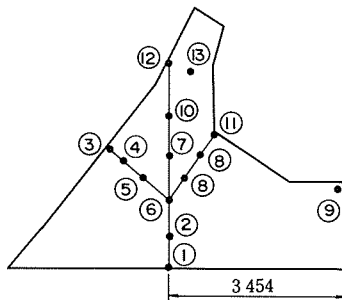


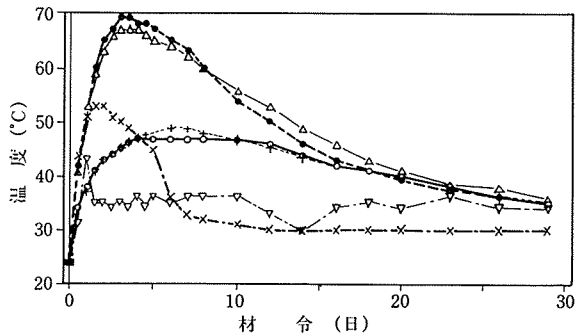
図-11 温度測定点

2) 検討結果

測点①, ⑥, ⑫の測定値および解析値を図-12に示す。

リング基礎部のコンクリート温度は, 図-12からわかるようにコンクリート内部では測定値および解析値ともほぼ同等な値を示した。

しかし, 型枠付近でのコンクリート温度については,



○①解析 +①測定 ●⑥解析 △⑥測定 ×⑫解析 ▽⑫測定

図-12 材令と温度の関係

その測定値は解析値に比べ温度上昇・下降の幅が小さかった。

これは, 型枠の熱伝達率等の相違によるものと考えられる。

コンクリート表面での温度の一致は見られなかったが, 測定値は温度低下の幅が小さいため解析値より温度ひび割れの発生確率が小さく, 目視によるひび割れの発見もなかった。

(2) 施工時の応力測定

1) 測定概要

施工時の応力検討は, 設計計算で用いた解析モデルを使用して各施工段階ごとに行った。

解析モデルは前述した構造解析モデルと同じである。

解析プログラムは, 軸対称有限要素法プログラムを用い, 側壁および底板部材を薄肉シェル要素, リング基礎部材をソリッド部材として解析を行った。

施工時の応力測定点は, 図-13に示すとおりである。

2) 検討結果

各施工ステップにおけるOブロック子午線, 円周方向の鉄筋応力度を図-14, 15に示す。

子午線方向の施工時鉄筋応力度が, 圧縮側に大きい傾向にあるのと, 円周方向鉄筋応力度の1,2ステップの値を除いてほぼ測定値, 解析値ともよい一致を示した。

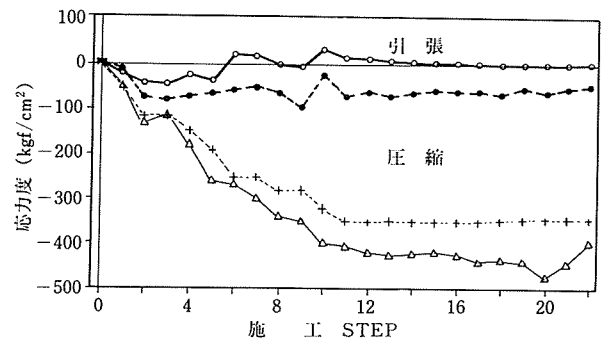


図-14 施工STEPと鉄筋の応力度の関係 (Oブロック子午線方向)

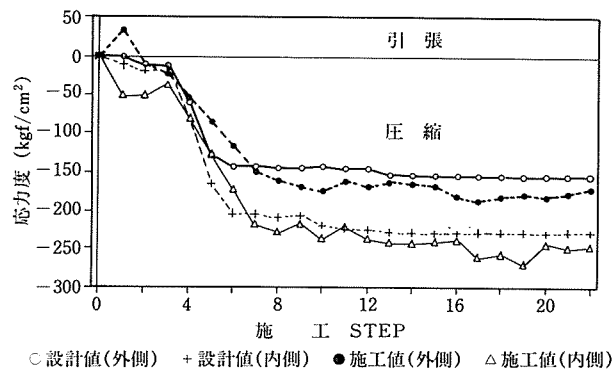


図-15 施工STEPと鉄筋の応力度の関係 (Oブロック円周方向)

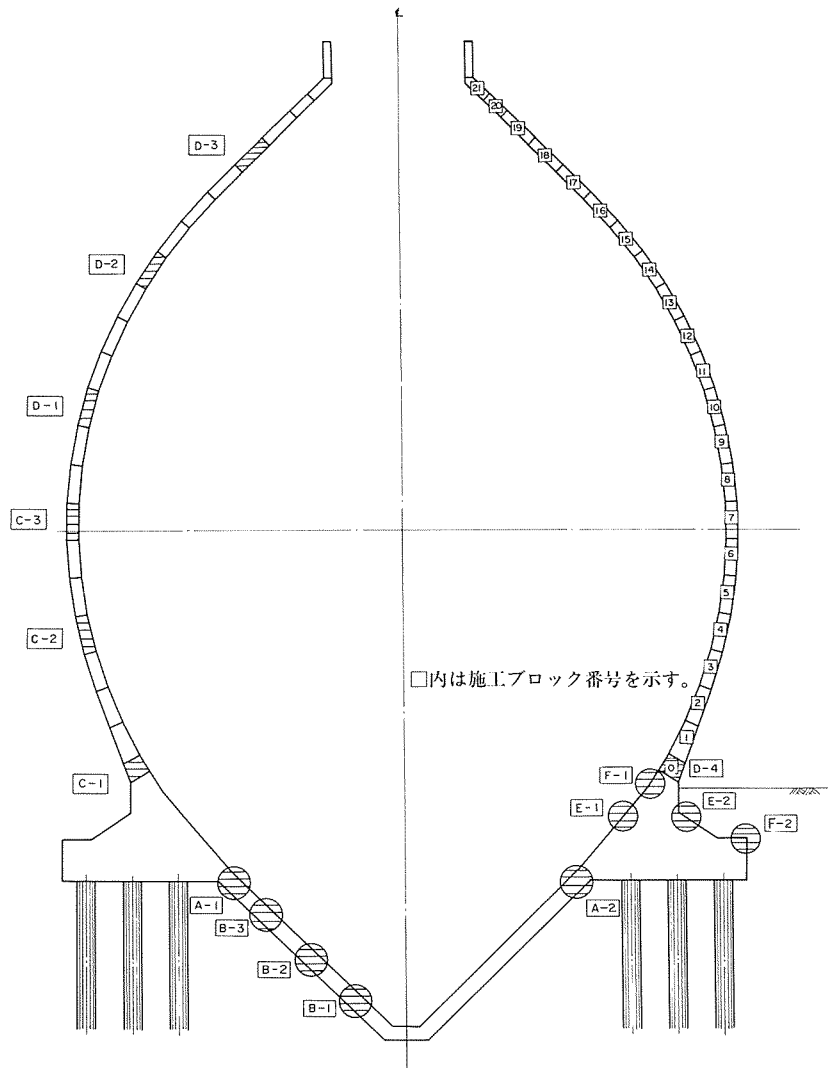


図-13 施工時応力測定点

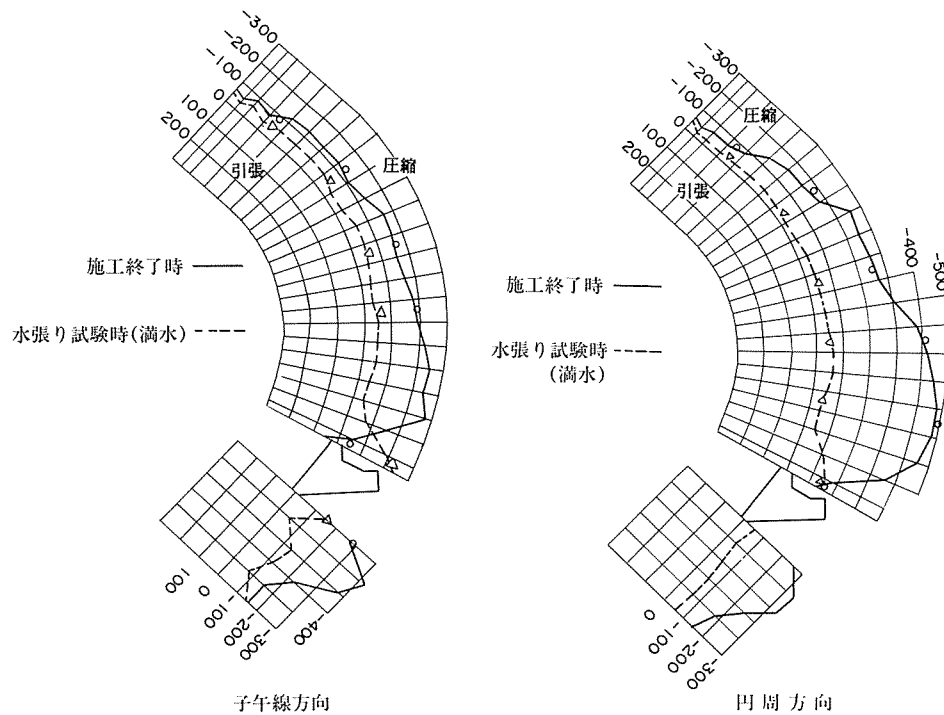


図-16 子午線方向および円周方向の鉄筋応力度

施工終了時、水張り試験満水時の子午線、円周方向側壁外側鉄筋応力度を図-16に示す。

施工終了時、水張り試験満水時とも側定値および解析値はほぼ一致した。

これらにより、完成した消化タンクは十分な構造機能を有していると判断できる。

5. あとがき

以上、我が国でも最大規模を誇るPC卵形消化タンクの設計および特に施工に重点をおき、その全般について報告したが、今までのPC卵形消化タンクと本タンクの施工上の相違点は、本工事では特に工期短縮および労務条件の改善を目的として、スラッジポケットと歩廊をプレキャスト化したことである。まだまだこれらのプレキャスト部材接合部の構造上における改良点はあるものの、今後このような施工上の制約を強いられる場合の対応策の一助となれば幸いである。

最後に、本PC卵形消化タンクの設計・施工にあたり御指導、御協力いただ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, 中田穂積ほか: 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-, プレストレストコンクリート, Vol. 26, No. 5, 1984年
- 2) 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
- 3) 斉藤正昭, 安久津尠ほか: 横浜市におけるPC卵形消化タンクの建設, 土木学会誌, 3月号, 1986年
- 4) 坂下貞美, 秋葉昇男ほか: 岩見沢市におけるPC卵形消化槽の設計・施工, プレストレストコンクリート, Vol. 27, No. 3, 1985年
- 5) 田中康夫: 横浜市におけるPC卵形消化タンクの施工, 横浜市における下水汚泥処理-PC卵形消化槽の計画・設計・施工-に関する講習会テキスト, 昭和60年2月
- 6) 安久津尠, 古山諭ほか: 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, プレストレストコンクリート, Vol. 29, No. 4, 1987年

【1992年1月6日受付】

◀刊行物案内▶

PC 斜 張 橋

(本誌第29巻第1号特集号)

現在、世界的にも、また我が国でも有力な橋梁施工法として台頭し初めたPC斜張橋を特集した本書は、その歴史、変遷から始まって、将来展望に関する座談会、斜張ケーブルの現状、既に実施された、または計画中の代表的な斜張橋（白屋橋、東名足柄橋、猪名川第2橋梁、衝原大橋、呼子大橋、新丹波大橋）の報告等、多岐にわたり収録してあります。PC橋梁の設計・施工関係技術者にとっては必携の参考書と確信します。

体 裁 : B5判 108頁

定 価 : 1500円 (送料 : 150円)