

(63) 大容量プレキャストPCタンク  
(9000 m<sup>3</sup>) の設計・施工

掛川市役所 田 辺 明  
掛川市役所 榛 葉 孝 男  
ドーピー建設工業(株) 正会員 岡 島 武 博  
ドーピー建設工業(株) ○田 中 侃

1. まえがき

掛川市五明地区では、各種の農地開発事業等により基礎整備が行われ、農業生産性も高まっていたが、近年相次ぐ遅霜被害及び夏場の干害に悩まされていた。そのため、凍霜害防止を主目的とした、灌水、防除等多目的利用の畑灌施設を整備し、農業経営の安定化を図るべく、受益地25ヘクタールを対象に9000 m<sup>3</sup>のファームポンドの整備を行った。

今回の9000 m<sup>3</sup>ファームポンドの構造は、現場打PCタンク、現場打RCタンク、鋼製タンクとの比較より、工期・工費・構造面で優れたプレキャストPCタンクを採用した。

大容量のプレキャストPCタンクは、海外では多数の実績が報告されているが国内では少ないこともあり、ここでは設計上特に留意した事項と施工についての概要を報告する。

2. 構造概要

工 事 名：団体営灌漑排水事業五明地区第1揚水機場築造工事

工事場所：掛川市五明地区

形 式：円筒形プレキャストPCタンク

容 量：V = 9000 m<sup>3</sup>

内 径：D = 40.0 m

側 壁 高：H = 7.8 m

側 壁 厚：t = 0.24 m

水 深：H<sub>w</sub> = 7.2 m

PC工法：円周方向；ポストテンション方式  
鉛直方式；プレテンション方式

側壁支点：プレストレス導入時；可動支持  
タンク完成時；ヒンジ支持

3. 設 計

本タンクは、現場打施工による底版部とプレキャスト部材によって組み立てられる側壁部に大別される。側壁部は図-1に示すような構造で、フラットなプレキャストPC版より構成され、これらを底版部の可動支承上に建込み、円周方向にプレストレスを与え一体とした後、側壁下端部をヒンジ連結とする。

プレキャスト側壁部の設計は次の事項に留意して行った。

3.1 設計荷重

設計荷重としては、通常考慮する自重、静水圧、温度差、地震時自重慣性力、地震時動水圧の他に、コン

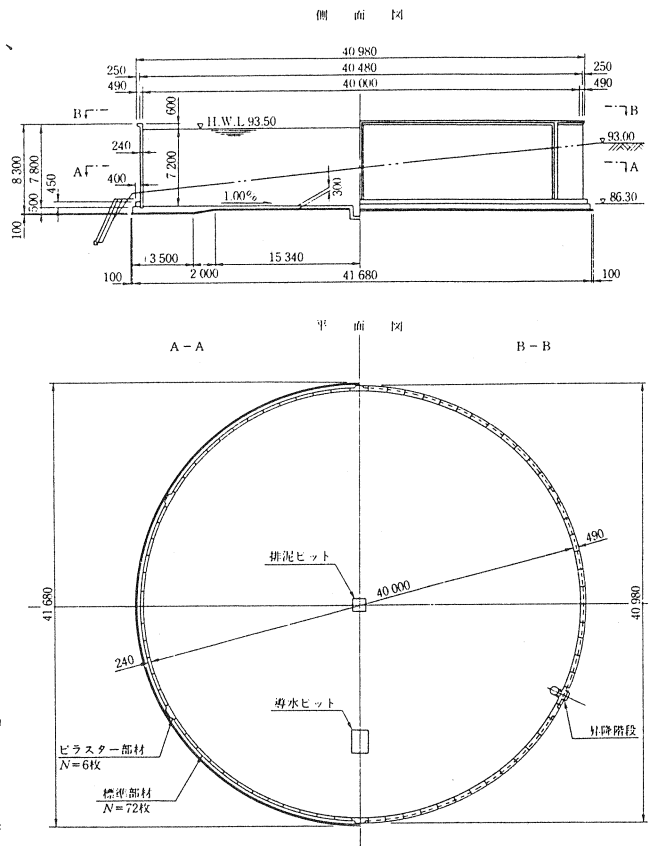


図-1 一般図

クリートのクリープによる不静定力、常時偏土圧、地震時偏土圧についても考慮した。

1) . コンクリートのクリープによる不静定力について

側壁下端部はプレストレスを与えてからヒンジ支持とするためプレストレスによるコンクリートのクリープ変形が拘束され、側壁下端に不静定反力が生じる。

クリープによる不静定反力の算出は、Troost, Hの式を用い次の近似式によって求めた。

$$\Delta R_k = \Delta R(t_\infty) - \Delta R(t_1) = R_p \frac{\phi(t_\infty, t_0)}{1 + \rho_k \cdot \phi(t_\infty, t_0)} - R_p \frac{\phi(t_1, t_0)}{1 + \rho_k \cdot \phi(t_1, t_0)}$$

ここに  $\Delta R_k$  : コンクリートのクリープによる側壁下端水平反力

$\Delta R(t_1), \Delta R(t_\infty)$  : コンクリート材令 $t_0 \sim t_\infty, t_0 \sim t_1$ までに発生するクリープによる側壁下端水平反力

$R_p$  : 平均プレストレス力( $P_t + P_e$ )/2を与えたときに生ずる弾性ひずみを側壁下端で拘束したときに生ずる水平反力

$P_t, P_e$  : 各々、直後及び有効プレストレス力

$\phi(t_1, t_0), \phi(t_\infty, t_0)$  : コンクリートの材令 $t_0 \sim t_\infty, t_0 \sim t_1$ までのクリープ係数

$t_0, t_1$  : プレストレス導入時及び構造系変化時コンクリート材令

$\rho_k$  : コンクリートのクリープ変形と共に生じる応力減少に関する係数(表-1)

表-1 応力減少係数

t0(日)	$\rho_k$
7	0.83
14	0.85
28	0.86
90	0.89
360以上	1.00

この不静定反力による側壁部の影響は、可動支持状態のタンク側壁にこの不静定反力を荷重として載荷して求めた。

2) . 常時偏土圧、地震時偏土圧について

タンク本体は傾斜面に半分以上埋設されるようになるため、土圧は側壁円周方向に偏載荷となる(偏土圧)。本設計では、この偏載荷状態を次のように想定して解析を行った。

常時偏土圧は、円周方向に偏載荷された土圧がタンク中心方向に働くものとして解析を行った。地震時偏土圧は、地震時土圧と常時土圧の差を地震力として求め、円周方向に偏載荷された地震力が地震方向に働くものとして解析を行った。

3.2 側壁部の解析

本タンクの解析は、軸対称薄肉シェル要素による有限要素法とし、電子計算機を用いて行った。

この解析方法は、静水圧などの軸対称荷重の他に、地震時の動水圧・自重慣性力のように円周方向にCos, Sin分布するような非軸対称荷重に対しても有効な方法である。

この方法では、円周方向の荷重については、円周方向にフーリエ積分して等価節線荷重として評価するため、フーリエ級数の展開次数の設定が解析精度に大きく影響する。荷重の種類によるフーリエ級数の設定次数は、軸対称荷重では0次、前記の地震荷重では1次となるが、本タンクの偏土圧のような特殊な荷重では高次となる。今回の偏土圧の解析では、実際に載荷される荷重分布形状に対し5ケースの展開次数(5次、10次、15次、20次、30次)によって求められた等価節線荷重との比較を行い、フーリエ級数の展開次数を20次と設定し、解析を行った。

3.3 部材の安全性の照査

供用時の部材の安全性の照査は、円周方向に $\theta = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ, 180^\circ$ の5断面で次項について行った。

1) . 側壁部円周方向軸力に対する照査

側壁部の部材接合目地部は、構造物の弱点とならないよう、側壁円周方向に与えるプレストレス力は、常時ならびに地震時について想定される全ての荷重状態において、常に圧縮状態(フルプレストレス)になるように決定した。

2) . 側壁部鉛直方向曲げモーメント及び軸力に対する照査

鉛直方向は側壁部材としての照査の他に、プレキャスト部材単体としての照査も行った。常時ではプレキ

キャスト部材単体での場合が設計状態となり、地震時では偏土圧の影響で空水時が設計状態となった。

3) 側壁下端部半径方向せん断力に対する照査

せん断力はクリープ、偏土圧の影響で、常時、地震時共に空水時が最大となった。また、斜引張応力度の計算では、鉛直方向プレストレスによる圧縮応力度は考慮しないこととした。

4) 側壁下端部面内せん断力に対する照査

面内せん断力は偏土圧の影響で、常時、地震時共に空水時の $\theta = 45^\circ$ 断面が最大となった。斜引張応力度の値は、半径方向のせん断力の場合より非常に小さくなった。

3.4 破壊に対する安全度の検討

本タンクは9000m<sup>3</sup>とプレキャスト工法としては大容量であり、また偏土圧等の特殊荷重も考慮するため、破壊に対する安全性の検討を行った。タンクの重要な特性の一つは、主たる荷重である水圧が極めて確実性の高い荷重である点である。よって、タンクが破壊に至ると考えられる荷重状態は地震時に限定した。

破壊の検討に用いる安全係数は、材料係数 $\gamma_m$ 、荷重係数 $\gamma_f$ 、部材係数 $\gamma_b$ とした(表-2)。

本設計では、面外、面内各せん断力による斜引張応力度の値が極め小さいことなどより、破壊に対する検討は、円周方向軸引張力、鉛直方向曲げモーメントについて行った。破壊安全度は、軸引張力に対しては1.5、曲げモーメントに対しては2.7となった。軸引張力に対する設計断面耐力は、現行の地震荷重の2.7倍の地震が働いてはじめて安全度が1.0となるため、極めて破壊に対する安全度が高いことがわかる。

4. 施工

本タンクは、図-2に示すような近似円筒形状の構造である。側壁部は長さ7.8m、幅1.53m、厚さ0.24mのフラットなプレキャストPC版78枚より構成され、これらを底版部の支承上に建て込み、部材間目地に無収縮モルタルを注入する。

プレキャスト版には水平方向にケーブル孔が設けてあり、そこにPC鋼材を挿入し定着壁(ピラスタ部)にて円周方向プレストレス力を与え側壁部を一体構造とする。次に側壁下端部と底版より出ているアンカー筋とを連結するため、側壁下端部に現場打コンクリートを打ち足しヒンジ構造とする。目地部に防水処理を施して本体の完成となる。

4.1 プレキャスト部材製作工

プレキャスト部材は、専用工場ではプレテンション方式によりロングアバットを用いて製作を行った。

プレキャストPCタンクの部材は高い組立精度が要求されるため、プレキャスト部材のたわみ等の変位が進行しないよう保管には留意した。

4.2 底版工

底版部コンクリートは500m<sup>3</sup>と大量であったので、打設はコンクリートポンプ車2台で行い、打継ぎ目が発生しないように片押しで行った。打設に7時間コテ仕上げに7時間を要し、湿潤養生を5日間行った。

表-2 破壊の検討に用いる安全係数

材料係数 $\gamma_m$	コンクリート 鋼材	1.30 1.0
荷重係数 $\gamma_f$	自重、静水圧、土圧 プレストレス、クリープ 地震荷重	1.05 1.0 1.4
部材係数 $\gamma_b$	曲げ領域 (圧縮) 軸力領域 (引張)	1.15 1.3 1.15

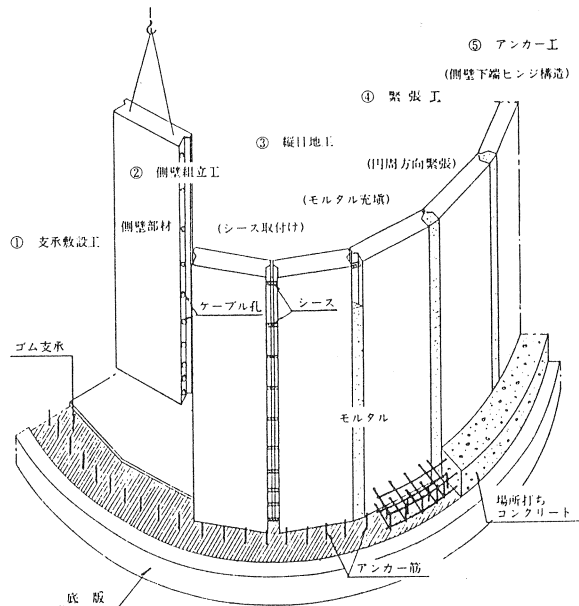


図-2 施工概要図

4.3 支承工 (写真-1)

側壁部材据付け部のレイタンス処理後、高さ調整モルタルを打設し支承材を敷設した。調整モルタルは、プレミックスタイプのセルフレベルング材を使用し高いレベル精度を得た。

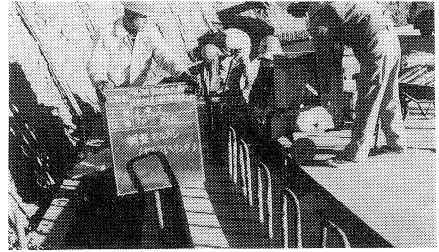


写真-1 支承工

4.4 部材組立工 (写真-2)

現場はすり鉢状の形状に掘削しており、またタンク外周部の工事用地の確保が無理であったため、部材の組立はタンクの内側より行った。

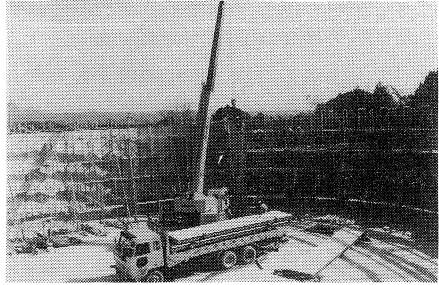


写真-2 部材組立工

側壁部材の組立支保工は枠組み式とし、部材据付け部の両側に円形状に組立て、単管、ワイヤーで補強し強度を高めた。

組立支保工は、重機、部材搬入の関係で一部分開口部となるため、その近辺は特に十分な補強を加えた。

部材の組立は45tトラッククレーンで行い、ピラスター部材(11.7t)6枚、標準部材(7.4t)66枚を5日で組立、残り6枚は外側より組立て当初の予定より早く終了した。

4.5 縦目地工 (写真-3)

シースを配置し鋼材を挿入し、鉄筋型枠を組み立て、無収縮モルタルを注入した。無収縮モルタルは逆止弁を利用して側壁下端から注入し均一なモルタルを得ることが出来た。

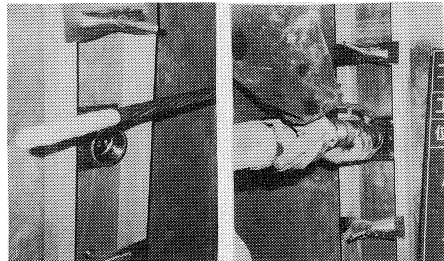


写真-3 モルタル注入工

4.6 PC工

PC鋼材は、シングルストランドφ21.8を28段(84ケーブル)使用した。緊張は、1次緊張で設計緊張力の20%を全ケーブルに、2次緊張で残りの80%を与えた。

緊張は3日、グラウトに3日要した。

4.7 アンカー工

外側足場を解体した後、底版より突出されているアンカー筋(D25, ctoc25cm)を、側壁下端部と連結させるため、側壁下端部にコンクリートを打ち足し一体とした。

4.8 防水工

縦目地部、支承部、アンカー部外周部に弾性シーリング材(ポリウレタン系)を充填し、さらに防水塗装(エポキシ樹脂系)を行った。

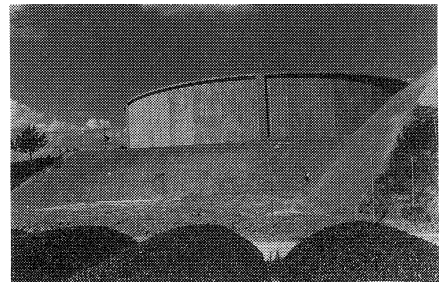


写真-4 完成全景

5. あとがき

施工は、大型工事の割には少人数(平均10名程度)で行うことができ、品質管理、工程管理も容易に行うことができた。プレキャスト化による省力化、工期短縮化の効果も十分あらわれた。

作業量の多い縦目地部の改良を行えば、プレキャスト化の効果は格段に上がるものと思われる。今後の検討課題としたい。

参考文献:

田辺、椋葉; 大容量プレキャストPCタンク(9000m<sup>3</sup>)の設計  
 岡島、田中 プレストレストコンクリート、Vol. 33, No. 2, Mar. 1991

Trost, H.; PC構造物に於ける拘束力の働きについて  
 Mainz, B. Beton und Stahlbetonbau, Aug. 1970

表-3 実施工程表

工種	年月		11.2.1		12		11.3.1		2		3	
	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20
底版工	[ ]		[ ]		[ ]		[ ]		[ ]		[ ]	
支承工	[ ]		[ ]		[ ]		[ ]		[ ]		[ ]	
組立支保工	[ ]		[ ]		[ ]		[ ]		[ ]		[ ]	
側壁組立工	[ ]		[ ]		[ ]		[ ]		[ ]		[ ]	
縦目地工	[ ]		[ ]		[ ]		[ ]		[ ]		[ ]	
PC工	[ ]		[ ]		[ ]		[ ]		[ ]		[ ]	
アンカー工	[ ]		[ ]		[ ]		[ ]		[ ]		[ ]	
防水工・その他	[ ]		[ ]		[ ]		[ ]		[ ]		[ ]	