

(44) 小判形プレキャストPCタンクの設計・施工

真鶴町水道課 露木 賢一
 (株)中央水道コンサルタント 設計部 黒田 順一
 トービ-建設工業(株) 本社技術部 正会員 岡島 武博
 トービ-建設工業(株) 本社技術部 正会員 ○松岡 篤

1. はじめに

神奈川県真鶴町は、箱根、熱海、伊豆等の近隣に位置し日本でも有数の観光地である。水産資源も豊富であり、この地の魚介類は美味との評判である。このような背景から観光シーズンである夏期には観光客が多数訪れ、この時期は水の供給量が多くなる。また、近年の社会的情勢の中で、民間開発による急激な水需要増加に加え、生活水準向上に伴う生活用水の増量など、水道事業における課題もみられるようになってきた。このようなことから、将来的な水需要の増量も考え水道拡張事業を行ってきた。そして、この事業の中の一つに今回紹介する並松配水池築造工事が含まれる。

並松配水池は、平面形状が小判形と特殊であり、この形状にプレキャスト工法を採用したという点ではほかに例を見ないものである。本稿は、この並松配水池を取り上げ、その設計・施工法に関する一考を紹介するものである。

2. 計画概要

真鶴町は、全町域が起伏に富んだ複雑な地形をなしている。並松配水池は、その中でも斜面の中腹に位置するため、用地的な面で大きな制約を受けている。タンク本体構造を配置するための幅は、短軸方向で9~10m程度と制限を受けている。計画でのタンクの必要容量は $V=1000\text{m}^3$ となっているため、全体的なバランスを考え壁高を11.5mとすれば平面形状は小判形となった。

本タンクは、現在使用している既設配水池を撤去し建設することになるため、また、真鶴町は前述したように春~夏期にかけ水需要が集中するため工期をできるだけ短くする必要性があった。このことから、大幅に工期を短縮できるプレキャスト工法を採用することとなった。表-1に並松配水池の工事概要を示す。

表-1 並松配水池工事概要

工 事 名	平成7年度並松配水池築造工事
工 事 箇 所	神奈川県足柄下郡真鶴町岩宇並松地内
発 注 者	足柄下郡真鶴町
監 理 者	株式会社中央水道コンサルタント
請 負 者	鈴木組・トービ-建設工業特別共同企業体
工 期	自 平成7年8月 至 平成8年3月
形 式	プレキャストPCタンク
容 量	$V = 1000\text{m}^3$
側 壁 高	$H = 11.500\text{m}$
水 深	$H_e = 11.000\text{m}$
内 径	$D_i = 13.040\text{m}$ $D_s = 9.000\text{m}$
側 壁 厚	$t = 0.300\text{m}$
設 計 震 度	$K_h = 0.4$
PC工法	水平方向・シングルストランド 鉛直方向 プレテンション方式

3. 設計

本タンクは、平面形状が小判形であるということ、部材は工場製品であり種類をできるだけ少なくすることの二つを考え、2種類の曲率を組み合わせることとした。図-1に本タンクの形状寸法を示す。側壁部は、フラットなプレキャスト版と現場施工による目地部分からなり、水平方向をPC鋼材で緊張して一体とする構造である。側壁部材は製作時にプレテンション方式によりあらかじめ緊張しておき、供用時には鉛直方向の応力に抵抗させるようにしている。屋根部は、2種類のフラットスラブ18枚を、側壁と本体中心部に設置した受梁で支持する構造としている。受梁は、2本の支柱により支持されている。屋根・受梁部材はRC構造、支柱は鋼棒を用いてあらかじめ緊張したPC部材としている。

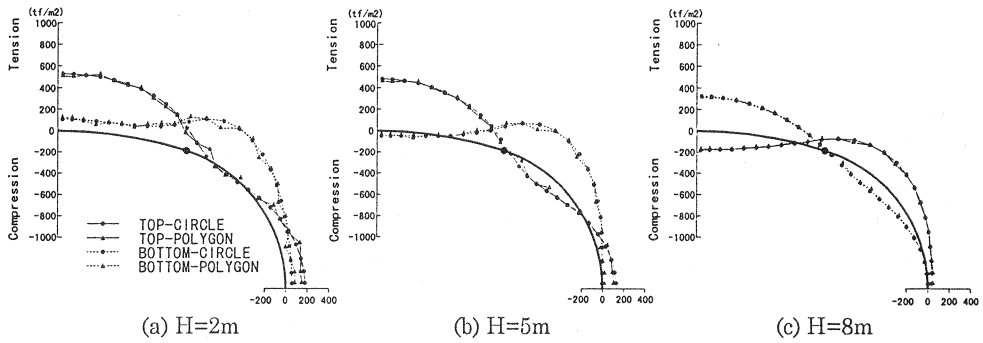


図-3 円周方向応力度の平面分布

図-3に側壁下端からの高さが2m, 5m, 8mの場合の円周方向応力度の平面分布を示す。なお、図中の太実線が本体構造線、黒丸が部材軸線の曲率の変化点を示し、TOPは外面側、BOTTOMは内面側を示す。応力度の分布より、水圧によるフープテンションに比べ円周方向曲げモーメントの影響が大きなことがわかる。また、このモーメントは曲率の変化点で正負が反転する。曲線モデル、多角形モデルともに同様な傾向を示している。曲線モデルの場合と多角形モデルの場合を比較すると、曲線モデルの場合は滑らかな分布形状であるのに対し、多角形モデルの場合はややばらつきのある分布形状となっている。しかし、高さが高くなるにつれてこのばらつきは次第に小さくなるのがわかる。

図-4は、各水平高さでの円周方向応力度の最大値を鉛直方向にプロットしたグラフである。プレストレスは、これらの値を打ち消すように設定される。またここでも二つのモデル間にそれほど数値的には差がないことがわかる。

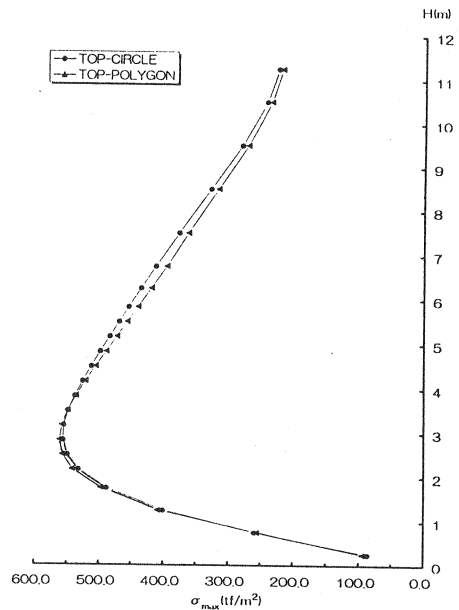


図-4 円周方向応力度の鉛直分布(最大値)

以上の結果より判断して、どちらのモデルを用いて設

計を行っても十分な精度が得られるものと考えられる。今回の設計における解析モデルの選定に当たっては、解析作業・モデル化作業等が容易である曲線モデルを採用することとした。

3. 2. 設計荷重と断面力計算結果

設計に用いた荷重とその組み合わせを表-2に示す。側壁下端部はプレストレス導入時は自由支持とし主荷重載荷時にはヒンジ支持とする構造のため、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。このクリープによる不静定反力も荷重として考慮するもの

表-2 設計に用いた荷重とその組み合わせ

	常時		X方向加震時		Y方向加震時	
	満水時	空水時	満水時	空水時	満水時	空水時
自重	○	○	○	○	○	○
積載荷重	○	○				
静水圧	○		○		○	
自重慣性力(X方向加震)			○	○		
自重慣性力(Y方向加震)					○	○
動水圧(X方向加震)			○			
動水圧(Y方向加震)					○	
プレストレス	○	○	○	○	○	○

※全ての合成状態でクリープの影響を考慮した場合と考慮しない場合を検討

とし、解析上では不静定反力に相当するだけの変位を側壁下端に強制的にかけることにより求めるものとした。

地震時においては、本タンクのような小判形状に用いる動水圧の算定式は現在は与えられていないため、本設計では円筒形の場合の算定式を近似式として用いることとした。算定式は速度ポテンシャル法によるものとした。動水圧を算定する場合、問題となるのはタンクの半径と加速度方向からの角度である。そこで本設計では地震の加速度の方向をX軸方向から入射する場合とY軸方向から入射する場合の2ケースを検討することとした。その場合のタンクの半径は、X軸方向から入射する場合が長軸方向長さ、Y軸方向から入射する場合が短軸方向長さとした。また、加速度方向からの角度はタンクの中央を中心とした角度を用いることとした。(図-5参照)

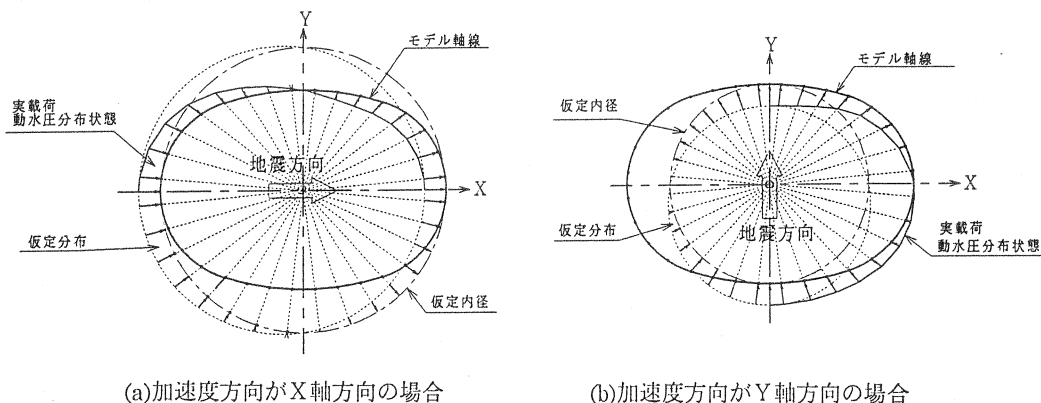


図-5 動水圧平面分布の概念

断面力計算結果の一例として図-6に静水圧荷重作用時の円周方向応力度が最大となるA断面での鉛直方向分布を、図-7に鉛直方向応力度が最大となるB断面での鉛直方向分布を示す。

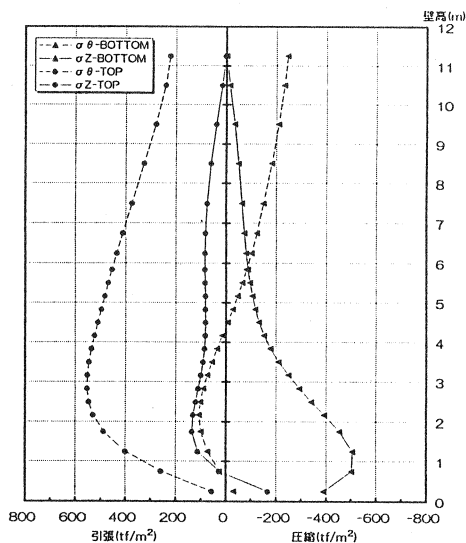


図-6 鉛直方向分布(A断面)

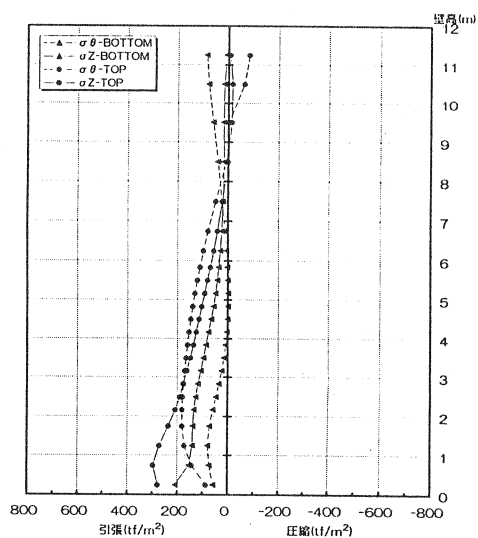


図-7 鉛直方向分布(B断面)

静水圧のほかに設計上の主要な荷重となる動水圧の断面力計算結果を図-8に示す。動水圧による影響は、Y軸方向に入射する場合が大きいものであった。

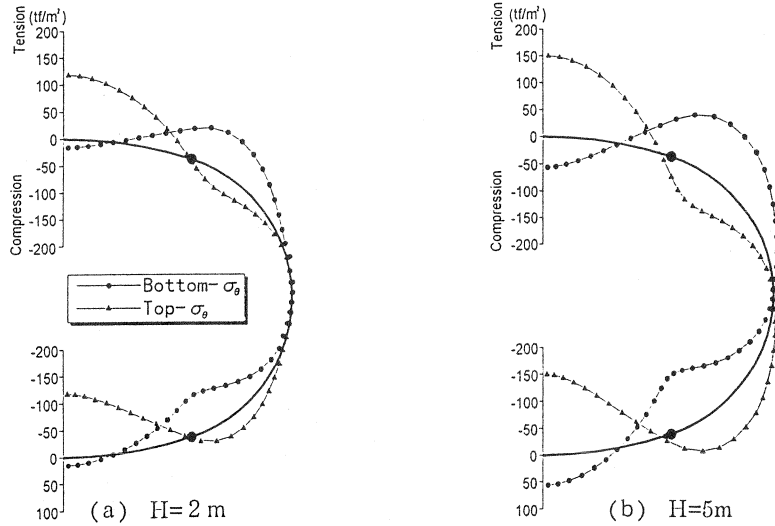


図-8 動水圧の平面分布

静水圧による円周方向応力度は、最大値がY軸上に現れX軸上に向かって減少した。動水圧による傾向と同じであった。フープテンションによる断面力は、円筒形の場合では水深と半径に影響されるが、本タンクでも同様であった。円周方向に生じる曲げモーメントは小判形状の影響を強く受け、曲率変化点を境として正負が反転した。プレストレスは、フープテンションに加え曲げによって生ずる応力度を打ち消すよう決定した。本設計では全ての荷重状態で円周方向フルプレストレス設計として照査を行った。地震時においても全ての断面で圧縮応力を十分に残した状態とすることができ、全体としては非常に安全性の高い結果となった。

4. 施工

- 本工事は平成7年9月より平成8年3月の間に行われた。現場は敷地が狭いため、配管工はタンク基礎部をまず行い本体完成後に残りの部分の作業を行った。以下施工概要を記述するが、本体工の中でも側壁工を主に記述するものとする。
- 部材組立は100tトラッククレーンにより行った。側壁建て込み後、支柱を建て込み支柱上に受梁を架設した。建て込みは4日で完了した。
 - 部材間の縦目地はプレミックスタイプの高強度無収縮モルタルを打設した。壁高が11.5mと高いため打設は2回に分けて行った。1段目打設後1時間ほど養生し上端まで打ち上げた。ドライジョイント等の発生もなく良質な目地が打設できた。
 - PCケーブルはシングルストランドφ21.8を87段配置となった。緊張は1次緊張で設計値の20%を与えた後最終緊張を行った。緊張には3日要した。
 - 屋根部は、架設後部材を連絡し目地モルタルを注入し完成した。
 - 本体部は90日程度と短期間で終了することができた。

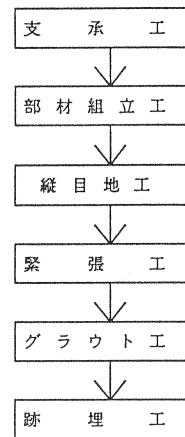


図-9 側壁の施工フロー

5. まとめ

プレキャスト工法を用いた小判形タンクの概要をここまで記述した。設計面では、解析モデル、設計荷重

表-3 工程表

項目	9月			10月			11月			12月			1月			2月			3月			
	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	
準備工	■																					
既設配水池撤去工		■																				
配管工					■	■											■					
底版工				■	■																	
側壁工							■	■	■	■	■						■					
屋根工											■											
防水工													■	■	■							
付帯設備工													■	■	■	■	■					
場内整備工																	■	■	■	■	■	
後片付け工																						■

について検討を加え、施工面においては、プレキャスト工法についての特徴を記述した。以上の結果を要約すると、

- 1) プレキャストタンクは厳密に言うとは多角形となるが、円曲線モデルを用いて断面力計算を行っても設計上問題とならないものと考えられる。
- 2) タンクの主要な断面力であるフープテンションは小判形であっても水深と半径の要素に大きく影響される。円曲線の組み合わせで小判形状とする場合はできるだけ曲率半径の差が少ない組み合わせが望ましい。また、通常円筒形では無視できる円周方向曲げモーメントも組み合わせ半径の差によっては設計面での影響は大きい。
- 3) プレストレスはこれらによる引張応力を打ち消すために用いる。今回のように応力度の分布が一樣とならない場合には、最大の応力度がプレストレス量の決定の基準となる。このため部分的にはプレストレスが余ってしまうような結果となった。プレストレス量を部分的に調整できるような工夫も必要である。
- 4) プレキャスト工法を本体に採用することにより工期短縮は可能となったが、本体外での工期もより短縮する全体的なシステムを今後は検討したい。

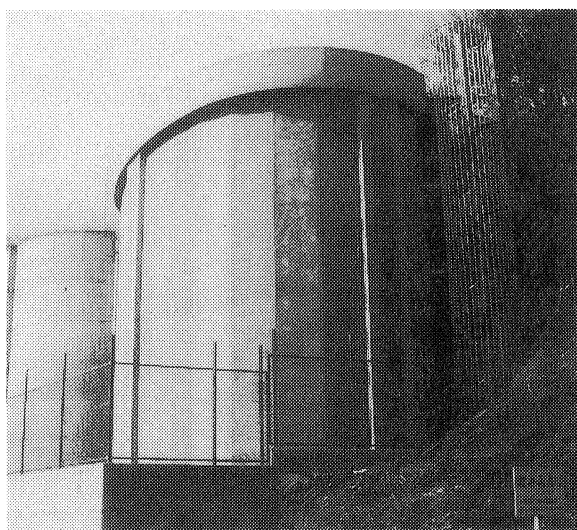


写真-2 完成状態