

## 62) 洛西PC卵形消化槽の温度測定と 施工時応力について

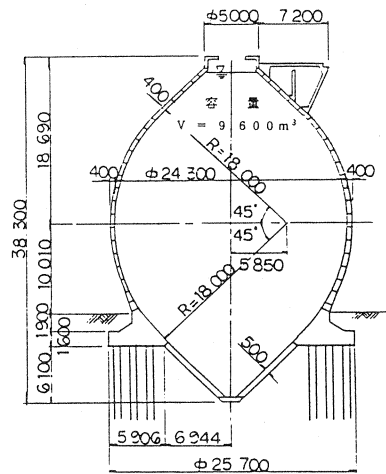
京 都 府 出口 博昭  
前田建設工業(株) 古橋 公二  
ドービー建設工業(株) 正会員 寺下 貢  
ドービー建設工業(株) ○ 和田 教志

### 1. はじめに

京都府桂川右岸流域下水道は、桂川右岸地域の3市1町の区域を対象とし、昭和54年10月より供用を開始した。その終末処理場の洛西浄化センターではRCタンクで汚泥を消化してきたが、流入下水道量の増加にともない構造上、消化機能上すぐれた特徴を持つ、PC卵形消化タンクを新たに建設することになった。本報告は、京都府洛西浄化センター内に建設中の9600m<sup>3</sup>のPC卵形消化タンクの施工に際して、リング基礎部コンクリートの打設時の温度分布、応力の解析、および、測定結果と施工時の側壁の応力解析、測定結果について行う。

施工は杭基礎を有するリング基礎部を施工した後、側壁をクライミング足場を使用して行った。リング基礎部はコンクリートの設計基準強度が $\sigma_{ck}=350\text{ kg f/cm}^2$ で断面積が14.4m<sup>2</sup>、打設コンクリート容積は932m<sup>3</sup>であり、高強度のマスコンクリートとして、コンクリートの温度ひびわれの検討を行った。ひびわれ指数の目標値は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した。側壁部の施工は埋設したひずみ計の計測により各施工段階の応力を照査しながら行った。

洛西PC卵形消化槽の主要構造諸元を図-1-1に示す。



工事数量 図-1-1

コンクリート	2095m <sup>3</sup>	( $\sigma_{ck}=350\text{kg/cm}^2$ )
型枠	5035m <sup>2</sup>	
鉄筋	149t	(SD30)
PC鋼より線	27.1t	(SWPR19- $\phi$ 21.8, SWPR7B12- $\phi$ 15.2)
PC鋼棒	73.4t	(SBPR95/120- $\phi$ 32)
基礎杭	108本	( $\phi$ 700, 上杭SC 下杭PHC)

### 2. 検討概要

リング基礎部のマスコンクリートの温度応力検討と側壁部の施工時応力検討の概要を以下に記述する。

(1) リング基礎部のマスコンクリートの温度応力検討

解析にはJCI(日本コンクリート工学協会)の「マスコンクリートの温度応力計算プログラム」を使用した。温度解析は2次元の非定常熱伝導解析により求め、応力解析はコンクリートの経時変化を考慮した平面ひずみ解析として行った。解析を行ったモデルを図-2-1に示す。コンクリートの配合、施工方法を決定するにあたり表-2-1に示す4案(A案-通常施

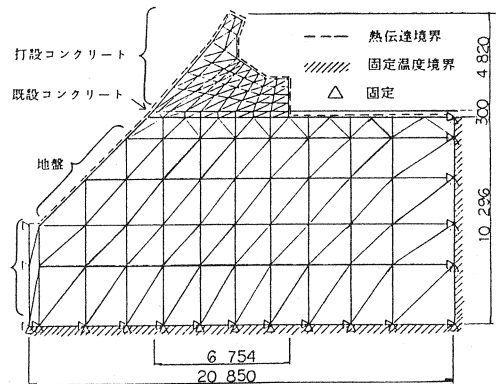


図-2-1 解析モデル

工、B案-プレクーリング案、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。検討解析の結果、4案ともひびわれ指数は1.0以下となった。従って、4案をミックスした方法で再度検討を行った。結果、ひびわれ指数は目標としていた1.2は確保できなかったが、1.2という値が得られた。施工は表-2-1、表-2-2に示す施工方法、コンクリートの配合で行った。また、リング基礎部は軸対称構造物であるのでC-案、2日目の温度分布を用いて平面ひずみ問題と軸対称問題を比較しほぼ同じ値が得られることを確認した。

(2) 側壁部の施工時応力の検討

施工時の応力検討は設計計算で行ったものと同じ解析モデルで施工時の検討を行った。解析モデルを図-2-2に示す。解析は弾性理論に基づいた軸対称回転シェル有限要素法により行い、リング基礎部はソリッド要素として取り扱った。解析の結果、0, 3ブロックの子午線方向の応力が施工上最も厳しくなった。0, 3ブロックの側壁内外のコンクリート表面の応力と施工STEPの関係を図-2-3に示す。引張応力は0ブロックで17 kgf/cm<sup>2</sup>、3ブロックで19 kgf/cm<sup>2</sup>となった。しかし、3ブロック内側の引張応力は施工終了時には圧縮応力になっている。また、0ブロック外側の引張応力は施工終了時にも引張応力のまま残っているが満水時には38 kgf/cm<sup>2</sup>の圧縮応力となるので問題ないものと判断した。また、図-3-6に示すように外側鉄筋応力度は解析値満水時には圧縮応力となった。よって、タンク使用時の応力度は全断面圧縮応力の状態であるので問題はないと判断した。

表-2-1 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	370kg	370kg	370kg	300kg	319kg
養生方法	翌日脱型	翌日脱型	7日養生	5日養生	5日養生

表-2-2 コンクリートの配合 (kgf/m<sup>3</sup>)

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

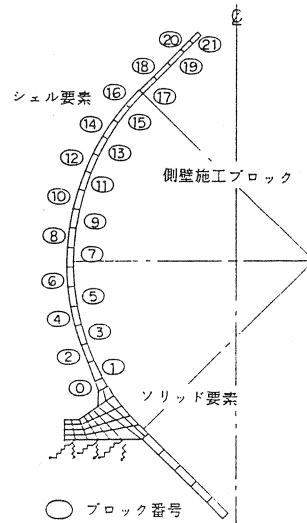


図-2-2 解析モデル

3. 測定結果

(1) マスコンクリートの温度応力の測定

リング基礎部での温度測定点を図-3-1に示す。なお測点③, ⑪には子午線、円周方向の鉄筋の応力を、測点⑨, ⑫には円周方向の鉄筋の応力も測定した。コンクリートの材令と測点①, ⑥, ⑫の温度の関係を図-3-2に、材令と測点③, ⑨, ⑪, ⑫鉄筋の応力の関係を図-3-3に示す。

コンクリート中心部測点⑥の温度は解析値が測定値より最高温度で3℃程度大きくなったがほぼ一致した。測定最高温度(67℃)は打設温度(24℃)と断熱温度上昇量(46℃)の和(70℃)とほぼ一致した。また、

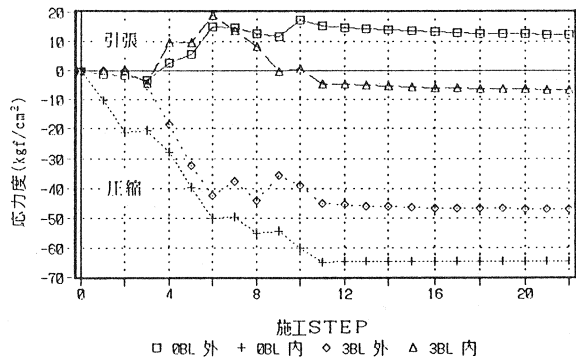


図-2-3 0, 3ブロックの子午線方向の応力度

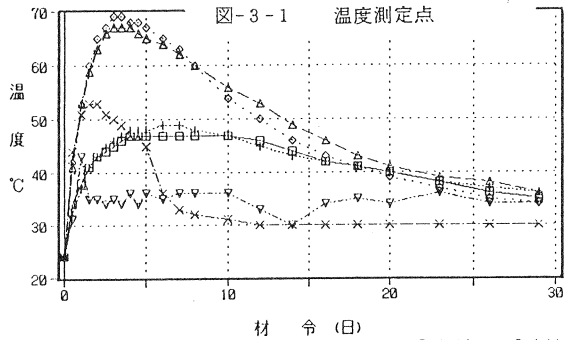
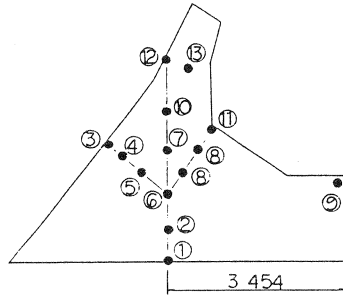
コンクリートと地盤との境界近くでの測点①での温度は解析値と測定値がほぼ一致した。これはコンクリートと地盤の熱伝導率の値が良く評価できたものと思われる。しかし、型枠近くでの測点⑫のコンクリート温度は材令6日までは解析値より温度が1.5℃程度低かった。材令6日以降の脱型後のコンクリート温度は解析値より5℃程度高くなった。これは養生中の型枠の熱伝達率が低かったためと脱型後の外気温の影響と熱伝導率の違いによるものと考えられる。測点⑫と同様な結果が測点③、⑨、⑪にもあらわれた。

全測点に着目すると、コンクリート温度はコンクリート内部では解析値とほぼ同じように上昇、下降したが、外気に近い型枠付近では解析値より温度上昇が小さかった。コンクリートの内外で温度差が解析値より大きくなったことにより、コンクリートの表面で温度ひびわれの発生が考えられたが目視による観測ではひびわれは発見できなかった。

図-3-3より、鉄筋の応力度は測点⑨で材令3.5日において181 kgf/cm<sup>2</sup>であり若材令でのコンクリートのヤング係数(197000 kgf/cm<sup>2</sup>と仮定する)を考慮すると、その時のコンクリートの応力は16 kgf/cm<sup>2</sup>程度となり引張強度18 kgf/cm<sup>2</sup>より小さな値となった。解析の値は14 kgf/cm<sup>2</sup>であった。

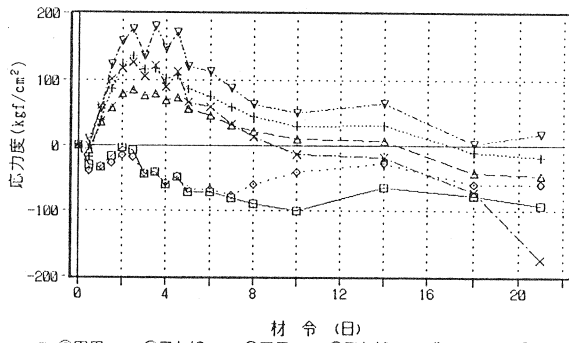
(2) 側壁部の施工時応力の測定

図-3-4、図-3-5に0ブロックの子午線、円周方向の鉄筋の応力度と施工STEPの関係を示す。子午線方向の鉄筋の応力値は外側内側とも圧縮側に50 kgf/cm<sup>2</sup>程度大きくなった。この値はコンクリートのヤング係数を295000 kgf/cm<sup>2</sup>と仮定しコンクリートの応力度に換算すると7 kgf/cm<sup>2</sup>となる。円周方向の鉄筋の応力値は側壁の外側内側とも施工STEP 1, 2を除いて解析値とほぼ一致した。このことより、0ブロックでの応力は、施工時検討で行ったものと同じ応力状態であると考えられる。図-3-6、図-3-7に施工終了時、水張り試験満水時の



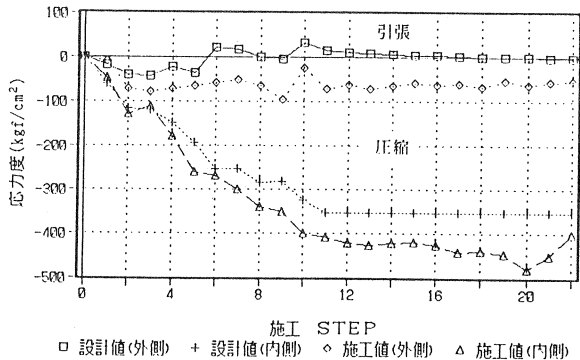
□ ① 解析 + ① 測定 ◊ ② 解析 △ ③ 測定 × ④ 解析 ▽ ⑤ 測定

図-3-2 材令と温度の関係



□ ⑥円周 + ⑦子午線 ◊ ⑧円周 △ ⑨子午線 × ⑩円周 ▽ ⑪円周

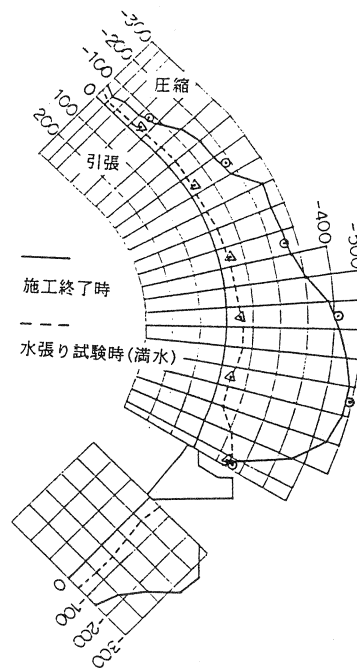
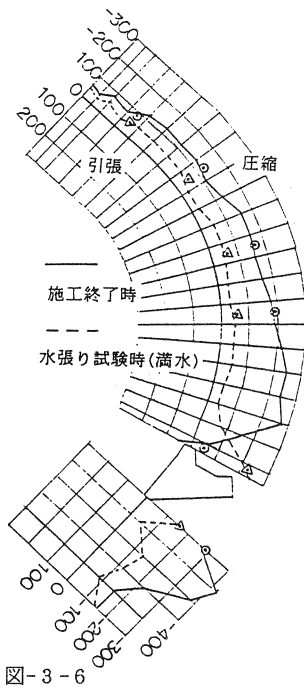
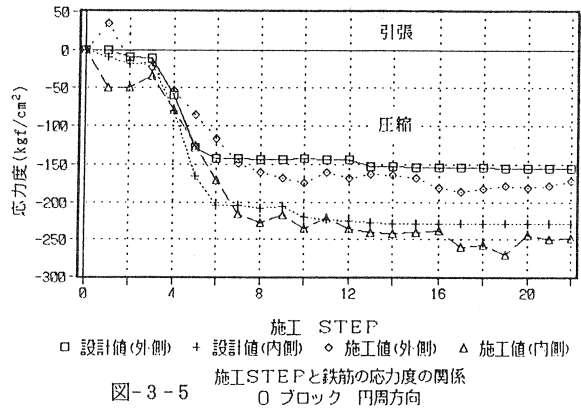
図-3-3 材令と鉄筋応力の関係



□ 設計値(外側) + 設計値(内側) ◊ 施工値(外側) △ 施工値(内側)  
0 ブロック 子午線方向

図-3-4 施工STEPと鉄筋の応力度の関係

子午線、円周方向の側壁外側の鉄筋の応力度の値を示す。施工終了時、水張り試験満水時において、解析値と測定値の差は±40 kgf/cm<sup>2</sup>程度あり解析値とほぼ一致したものと考えられる。このことより、側壁部での応力は施工時検討、設計計算で行った応力状態と同じであると考えられる。



#### 4. おわりに

本施工に関しては、リング基礎部のマスコンクリートの温度応力解析にJCIの「マスコンクリートの温度応力計算プログラム」を使用することにより、温度ひびわれを十分制御できたと思われる。また、施工は側壁部に応力計を埋め込むことにより施工途中での応力状態を確認しながら行えた。タンク使用状態での応力は水張り試験を行い空液時、満水時ともを設計計算と比較し良好な結果がえられたと思う。

本P C卵形消化槽の本体工事は平成元年10月に着手し、平成3年3月、無事完成しました。御尽力をいただいた関係各位に深く感謝致します。また、リング基礎部の温度解析におきましては、立命館大学 児島孝之教授 にご指導いただきました。ここで深くお礼申し上げます。