

(75) 松山市PC卵形消化槽における  
応力測定

大日本土木(株) 正会員 ○渡辺 巧  
大日本土木(株) 正会員 所 博之  
住友建設(株) 正会員 近藤 真一  
住友建設(株) 正会員 内田誠二郎

1. まえがき

松山市では、公共下水道整備計画として市内を中央、西部、北部の3つの下水処理区に分割し、それぞれ計画中または整備促進中である。このうち西部処理区での下水処理場(西部浄化センター)は松山空港南側の埋立造成地に建設され、平成4年度からすでに一部施設の供用が開始されている。西部浄化センターでは、四国地区で初めてPC卵形消化槽が採用され、今回その中の1基が完成した。

PC卵形消化槽は、構造的にも機能的にも従来の消化槽より優れているとされ、近年建設数が増加している。我が国では、軟弱地盤上に消化槽を建設する機会が多いため、リング基礎を介して杭基礎によって下部円錐部を吊り下げている構造形式が多く採用されている。

本稿では、PC卵形消化槽(図-1)の施工時において実施した静的応力の計測結果について報告する。

2. 構造概要

当該地区は埋立て地で、地盤が軟弱である。そのため基礎には支持杭(PHC杭φ600)を採用し、下部円錐部はリング基礎によって吊り下げられる構造となっている。躯体は基本的にPC構造である。経線方向には躯体の立ち上がりとともに3回に分割してプレストレスを導入し、円周方向には躯体完成後に1度に導入している。円周方向は満水時にも5kgf/cm<sup>2</sup>の圧縮力が作用するようプレストレスを導入し、ひび割れの発生を防止している。しかし、下部円錐部の円周方向はRC構造となっており、水圧によって生じる引張力を鉄筋に負担させている。

3. 構造解析

解析は、軸対称薄肉シェル構造として有限要素法により行った。また、完成系だけでなく、各施工段階毎に構造モデルを設定して、施工系の解析も実施した。

4. 計測

4-1 計測概要

図-2に計器設置位置を示す。リング基礎の剛性は側壁部に対して大きいので、リング基礎周辺に応力集中を生じやすい。したがって、図-2(a)に示すように計器はリング基礎の周辺部に重点を置いて配置した。これらの計器は図-2(b)に示すように、基本的には2測線に沿って配置した。ただし、下部円錐部には円周方向に引張力が作用するため、D点円周方向は4測線に配置した。計測は、主としてコンクリートひずみ計によったが、一部では有効応力計をひずみ計と並べて設置した。弾性係数は、ひずみ計・有効応力計のデー

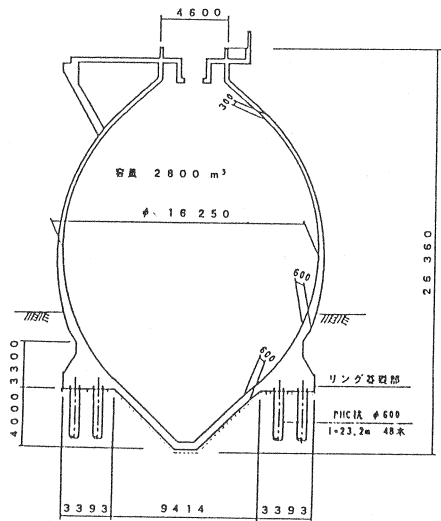


図-1 躯体形状図

タと静弾性係数試験の結果より決定した。また、杭頭反力および杭頭応力度を把握するため、杭体および中詰めコンクリートにも計器を配置した。計測結果は、弾性係数によってひずみを応力度に換算するとともに、平面保持の法則に従うと仮定して断面力を算出した。断面力を算出する際には鉄筋・PC鋼材量および剛性を考慮した換算断面定数を用いている。

以下ではプレストレス導入時および水張り試験時における計測結果について述べる。ここで、軸力は単位幅あたりの値で引張が正、杭頭反力は杭1本あたりの値で応力度は圧縮が正である。

4-2 プレストレス導入時

(1) 経線方向プレストレス

この荷重の支配的な力である経線方向の軸力について解析値と実測値を比較すると、図-3(ここでは第1回プレストレス導入時のみ)および表-1(ただし実測値は45度および315度方向の値を平均したものの)のようになる。

各回のプレストレスによる経線方向のコンクリートの圧縮力は解析値に近い値を示している。しかし下方にゆくに従って解析値と実測値の差は大きくなる傾向を示している。

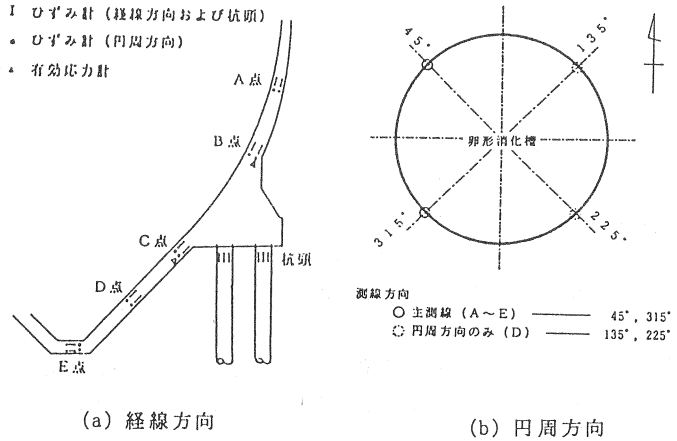


図-2 計器設置位置

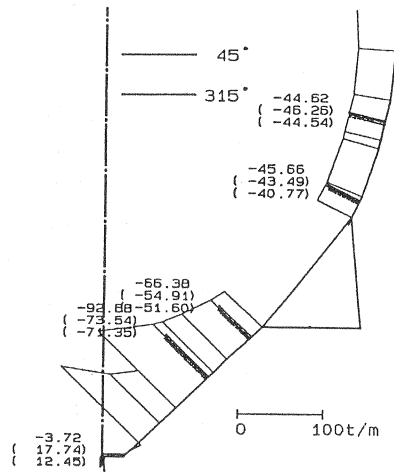


図-3 第1回経線方向プレストレスによる軸力

表-1 経線方向プレストレスによる経線方向軸力

	A		B		C		D	
	解析値	実測値	解析値	実測値	解析値	実測値	解析値	実測値
第1回	-44.62	-45.40	-45.66	-42.13	-66.38	-53.25	-92.88	-72.45
第2回	-18.55	-18.41	-18.97	-15.40	-28.24	-18.37	0.48	-0.68
第3回	-18.48	-18.51	-18.79	-16.71	-29.05	-22.43	0.08	1.31
合計	-81.65	-82.32	-83.42	-74.24	-123.67	-94.05	-92.32	-71.82

(2) 円周方向プレストレス

この荷重の支配的な力である円周方向の軸力について解析値と実測値を比較すると図-4のようになる。

A・B点ではほぼ解析値どおりの値を示している。また、C・D点についても解析値と類似の引張力を示している。

4-3 水張り試験時

(1) コンクリートひずみの経時変化

図-5は水張り試験時におけるコンクリートひずみの経時変化の1例を示す。躯体コンクリートは、水圧作用によって引張を受けて大きな引張ひずみを生じ、水位の低下とともに引張りひずみも減少している。しかしタンク内の水がなくなった後においてもひずみは水張り開始以前の状態に戻らず、大きな残留ひずみを生じた(表-2)。

この原因として次の事項が考えられる。

- ① 湿潤によるコンクリートの膨張
- ② 温度差・温度変化によるひずみの発生
- ③ 遅れ弾性(またはクリープ)によるひずみ

傾向としては、空中にあり乾燥していると思われるA・B点で残留ひずみが大きく、地下水位以下で湿潤状態にあるC・D点では小さい。一般には、乾燥したコンクリートの吸水膨張率は $50\sim 100 \times 10^{-6}$ 程度とされているが、A・B点の残留ひずみはこれに近い。これにたいして、温度・遅れ弾性によるひずみ量を試算したところ、その値は小さいものであった。また、タンク内への注水時間(約20日間)は、放水時間(約5日間)にたいして長い時間を必要とした。

したがって、①から③の原因の中では、①のコンクリートの吸水膨張による影響が最も支配的であると考えるのが、信頼性が高く自然である。以上のことより、当計測では、満水時の水圧作用による弾性ひずみ量は、放水開始時のひずみから放水完了時のひずみを差し引いて求めることとした。

以下では満水時における計測結果に付いて述べる。このとき底版からの水位は22.96mである。

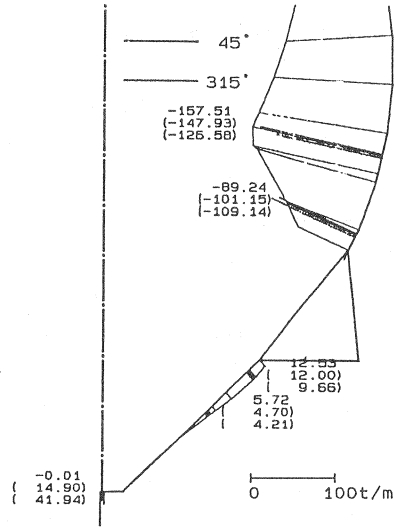


図-4 円周方向プレストレスによる軸力

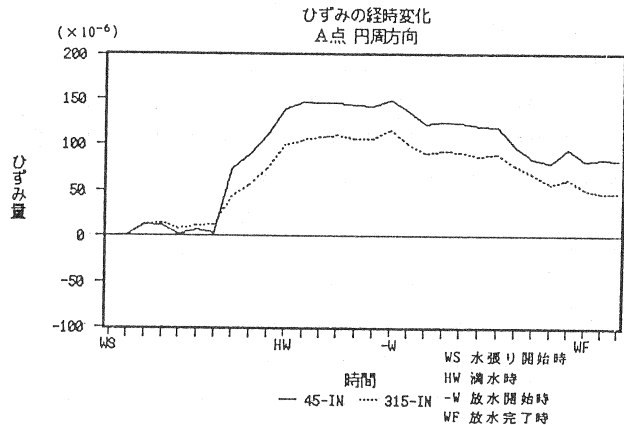


図-5 水張り試験時におけるコンクリートひずみの経時変化

表-2 残留ひずみ平均値(引張 正) ( $\times 10^{-6}$ )

測点	A	B	C	D	E	
経線方向	内側	43.2	40.0	10.7	3.1	10.5
	外側	72.8	54.6	-1.4	17.2	15.6
円周方向	内側	64.5	45.3	36.1	32.6	—
	外側	69.1	58.9	26.4	29.5	—

(2) 経線方向軸力 (図-6(a))

解析結果によると、下部円錐部では満液時の水重量により、リング基礎近傍に大きな引張力が発生する。一方、計測値では解析値の30~50%程度となっている。これは、水重量の半分ぐらいは基礎地盤により、直接支持されたためと考えられる。

(3) 円周方向軸力 (図-6(b))

下部円錐部円周方向はRC構造である。しかし鉄筋のみで引張力を負担していると考えれば軸力が解析値の10%以下(5t/m前後)となり、説明がつかない。そのため、コンクリートも引張力に抵抗していると考えて、全断面有効で円周方向の軸力を算出した。

リング基礎より上の部分ではほぼ解析値通りの値が計測されたが、下部円錐部の計測値は解析値より平均30%前後下回っている。また、解析値ではB、C点の軸力はリング基礎の剛性の影響で小さくなるが、実測値も同様の傾向が見られた。

(4) 杭頭反力 (図-7)

設計計算では、杭頭の中詰めコンクリートを見視し、P C杭本体だけで応力計算をしている。しかし、計測結果によると中詰めコンクリートも応力を負担しており、その分担比率は応力度比で杭本体にたいして約40%であることが確認された。

杭頭反力(軸力)は解析値に対して40~60%の範囲で測定された。これは、荷重の一部を直下の地盤でも支持しているためであると考えられる。このことは、前述の経線方向軸力の計測結果とも一致する。また、水圧は鉛直方向荷重が支配的であるため設計上の杭頭モーメントは小さいが、これは計測値でも確認された。

5. まとめ

今回の計測では以下の結論が得られた。

- ①各断面には所用のプレストレスが導入されていることが確認できた。
- ②荷重の一部は直下の地盤が負担しているものの、基本的に下部円錐部はリング基礎に吊り下げられてられていることが確認できた。

最後に本計測を実施するにあたって御協力を頂いた松山市役所の方々に深く感謝の意を表します。

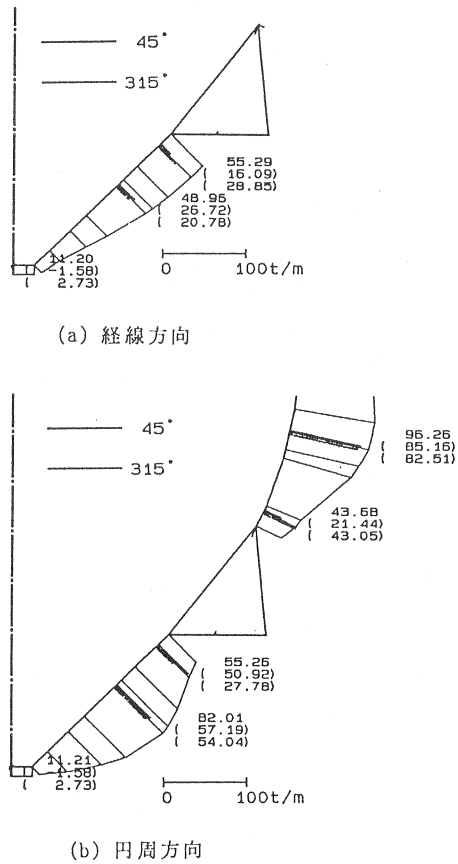


図-6 水張り試験時の軸力

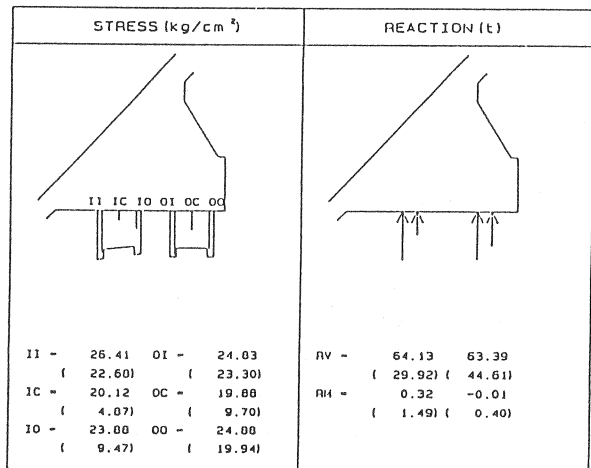


図-7 水張り試験時の杭頭反力および応力度