

フリー・ヒンジ支持構造PC貯水槽の試験測定及び解析

琉球大学工学部建設工学科 正員 大城 武

オリエンタルコンクリート

阿部利行

織戸鉄太郎

オリエンタルコンクリート

田中正昭

正員 小山内 裕

今般、大容量のPCタンクにおいて、フレストレス導入時には壁下端フリー構造、使用時にはヒンジ構造とするフリー・ヒンジ構造が用いられるようになってきた。本研究は、フリー・ヒンジ構造PCタンクのフレストレス導入時の試験測定と有限要素法による解析を行い、その挙動の解明を目的としたものである。

試験体及び試験方法 試験体の形状寸法を図1に示す。内径4.3m 壁高7m 水深6m 有効容量8700m³ 壁厚0.25mの無屋根円筒形PCタンクである。フリー・ヒンジ構造のため壁下端には止水板を納める突起がある。下端支承詳細を図2に示す。フレストレス導入時にはネオプレンのせん断変形によって下端は半径方向変位可能である。エラストイトは壁と底版から絶縁するためのものである。フレストレス導入後はハッチ部コンクリートを打設し、下端が氷圧により外側へ変位するのを拘束するヒンジ構造とした。測定は図3に示す南北の位置において側壁内外の円周方向及び鉛直方向の2軸にひずみゲージをコンクリート表面に貼付して行なった。南北とも断面変化のある定着柱の影響を避けて定着柱の中間を選んだ。

鋼材とフレストレス導入 PC鋼材の位置を図4に示す。使用鋼材は円周方向12-φ7.19段、鉛直方向SBPR^{95/10} φ26、360本とした。フレストレス導入力は円周方向43.06T本、鉛直方向39.14T本である。円周方向フレストレスは水压を打消してなお有効残留圧縮応力度10kg/cm²が得られるように導入するが、実際には鋼材による集中荷重となり図5の荷重状態となる。鉛直方向フレストレスは、ヒンジ構造において、水压により発生する側壁の曲げ引張応力度を打ち消すべく導入される。単位巾当りの分布荷重は103.8Tである。初めに円周方向のフレストレスを導入し、次に鉛直方向フレストレスを導入し、各々鋼材1本を緊張する毎のひずみ量を測定して累加し導入過程におけるPCタンク全体のひずみの変化をみた。

構造解析 構造解析は図5のモデルと荷重を用いて軸対称回転シェルとして有限要素法により行なった。下端部の折れ曲りは突起部の図心に構造材が存在するとしているためである。また下端部のバネはネオプレンのせん断弾性変形による弾性拘束力を等価なバネに置換したものである。壁体に生じるひずみと断面力を各々図6に示しこれらの関係式は次式で表わされる。

$$\epsilon_{x0} = \frac{N_x - \nu N_y}{E \cdot t} - \frac{M_x - \nu M_y}{E \cdot Z}, \quad \epsilon_{x1} = \frac{N_x - \nu N_y}{E \cdot t} + \frac{M_x - \nu M_y}{E \cdot Z}, \quad \epsilon_{y0} = \frac{N_y - \nu N_x}{E \cdot t} - \frac{M_y - \nu M_x}{E \cdot Z}, \quad \epsilon_{y1} = \frac{N_y - \nu N_x}{E \cdot t} + \frac{M_y - \nu M_x}{E \cdot Z}$$

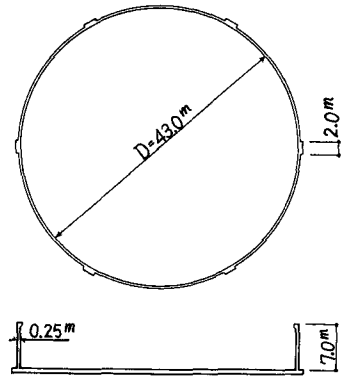


図1 形状寸法図

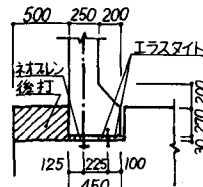


図2 壁下端詳細図

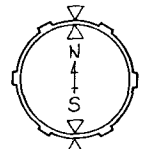


図3 ゲージ貼付箇所

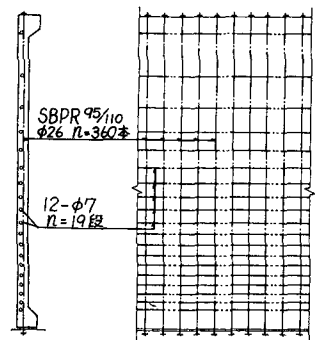


図4 PC鋼材配置図

結果 円周方向スラストレス導入時のひずみ及び断面力を図7, 8, 11~14に示す。図7の鉛直方向ひずみ図において内外面にひずみの違いが表われている。これは図12に示されるモーメントによるものである。図8, 13で下端の円周方向のひずみ及び軸力が小さくなっている。これらの性状は下端突起部の断面増加に伴う円周方向軸剛性の増加とネオフレンを置換した等価バネによる半径方向変位拘束によるものである。鉛直方向軸力(図11)は殆んど生じていない。図14の円周方向モーメントは鉛直方向モーメントからポアソン比を用いて算出したものと一致する。

鉛直方向スラストレス導入時のひずみと断面力を図9, 10, 15~18に示す。鉛直方向ひずみ図9の内外面の差は図16の鉛直方向モーメントによるものである。このモーメントの発生原因は図2に示されている鋼材位置、側壁図心、ネオフレン支承位置の違いによるものと思われる。図10に示される円周方向ひずみは図17に示される円周方向軸力と関連しており鉛直方向モーメントによる下部の回転に伴う半径方向変位によるものである。図15において鉛直方向軸力は 100T/m 程度であり設計通りに導入されていることがわかる。図18の円周方向モーメントは図16の鉛直方向モーメントからポアソン比を用いて算出したものと一致する。

まとめ 当測定試験のPCタンクでは下端部のひび割れは皆無で、フリーヒンジ構造はひび割れに対して有効であるといえる。測定値と構造解析の結果は全般によく一致しており、これから次のことがまとめられる。

- ① 円周方向スラストレスに対して下端部断面増加やネオフレンは半径方向変位を弾性的に拘束する。
- ② 鉛直方向スラストレスに対して鋼材位置、側壁図心、支承位置は鉛直方向モーメントの発生に影響する。

謝辞

本研究の試験及び構造解析を行なうにあたり御協力下さった関東学院大学土木工学科浜田純夫助教授、琉球大学建設工学科有佐康則助手、ならびに試験に御協力下さった沖縄県企業局、(株)国場組の方々に、未筆ながら深く感謝の意を表します。

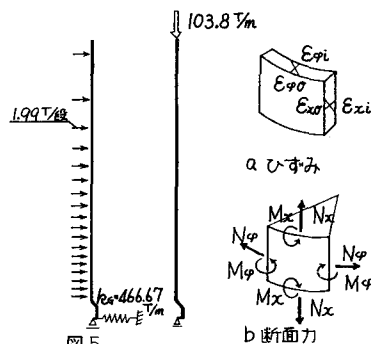


図5 解析モデル

図6 ひずみ及び断面力

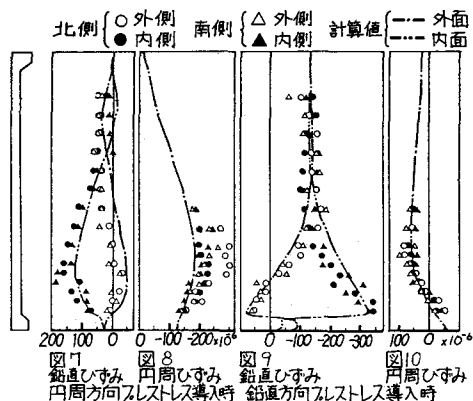


図7

図8

図9

図10

鉛直方向ひずみ

円周方向ひずみ

鉛直方向スラストレス導入時

鉛直方向スラストレス導入時

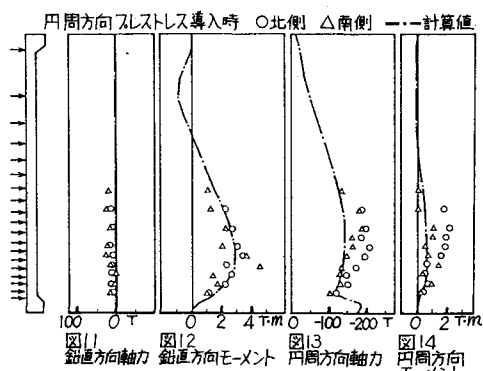


図11

図12

図13

図14

鉛直方向軸力

鉛直方向モーメント

円周方向軸力

円周方向モーメント

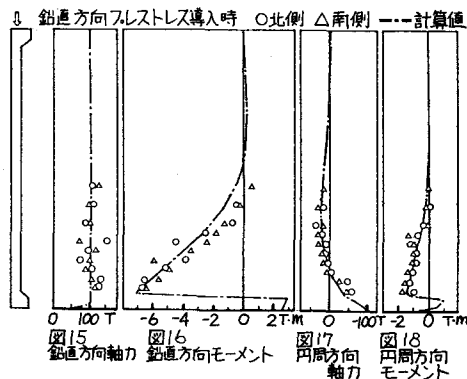


図15

図16

図17

図18

鉛直方向軸力

鉛直方向モーメント

円周方向軸力

円周方向モーメント