

## 固定式 PC タンクの現場実験と考察

齋 藤 利 一 郎\*  
 内 谷 保\*\*  
 榎 並 利 征\*\*\*  
 渡 辺 明†  
 小 深 田 信 照††

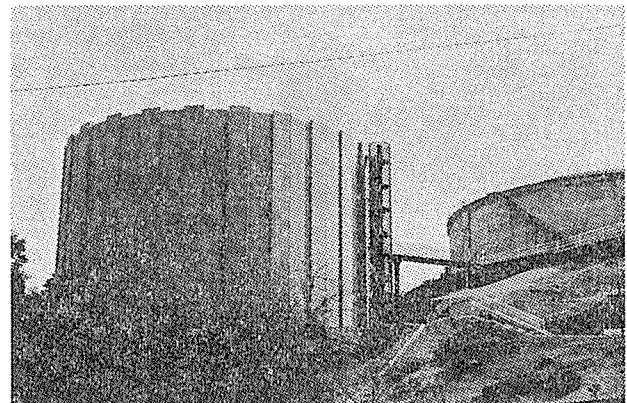
### 1. ま え が き

近年、鹿児島市における人口増加は著しく、その生活圏も市街地に留まらず市周辺のしらす台地へと拡大しつつある。更に、頻発する桜島の噴火活動によって夏期に入ると厄介な降灰砂に見舞われ、生活用水ばかりでなく、これを排除するための二次的な水の使用量も年々増加の一途を辿っている。したがって、円滑な上水の供給を確保するために供給施設の増設や整備が重要な課題となり、その対策が急がれている。本現場実験の対象となった固定式 PC タンクは上記対策の一環として、鹿児島市水道局により計画・設計されたものである。

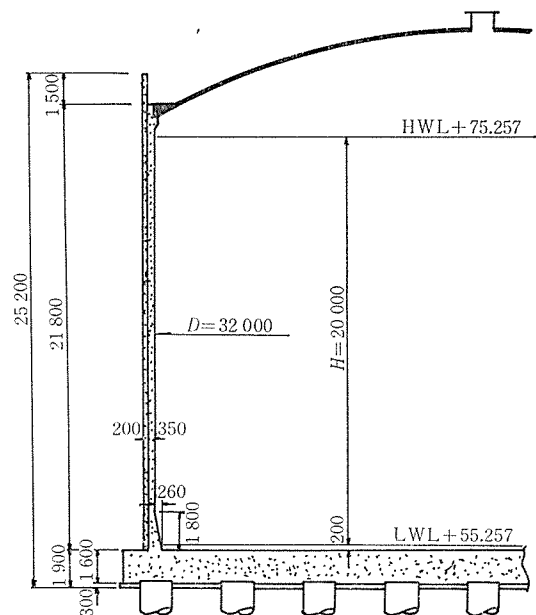
PC タンクの上水用配水池への施工例は今日まで数多く、なかでも固定式はその施工性の良さから採用実績が他の形式に比べてかなり多いようである。しかし、固定式 PC タンクには施工過程で、貯水槽として最大の欠点であるひびわれが側壁脚部付近に生ずることがあり、大きな問題の一つとされている。本現場実験の対象となった固定式 PC タンクでは、上記のひびわれを防ぐために、底版と側壁脚部付近に無収縮材を混入した収縮補償コンクリートが用いられており、ひびわれ防止に対するその有効性の確認を主な目的としていくつかの実験を試みた。また、本実験は底版施工段階から通水時まで長期間にわたるうえ、測定予定箇所も多く、測定値の数が膨大な量となることが予想されたため、測定値の記録およびその処理方法についても一工夫を行ったので、それらを報告する。

### 2. 実 験 概 要

本現場実験の対象となった固定式 PC タンクの規模は、内径 32 m、有効水深 20 m、容量 16 000 m<sup>3</sup> であり、その全景を 写真—1 に、側面図を 図—1 にそれぞれ示



写真—1 固定式 PC タンクの全景



図—1 固定式 PC タンクの側面図

す。周知のように、固定式 PC タンクは底版と側壁を剛結したものであり、他の形式に比べ施工上の容易さがある反面、側壁の剛性に比べて底版のそれがかなり大きいため底版近くの側壁コンクリートの収縮が拘束され、側壁脚部付近にひびわれが生じる懸念がある。この対策として、経済性および施工性の面から従来、一般にはひびわれを補修する方法がとられてきた。これに対して、本タンクでは事前にひびわれ発生を防止する目的で側壁脚

\* 鹿児島工業高等専門学校土木工学科教授  
 \*\* 鹿児島工業高等専門学校土木工学科助教授  
 \*\*\* 鹿児島工業高等専門学校土木工学科技官  
 † 九州工業大学開発土木工学科教授  
 †† オリエンタルコンクリート(株)福岡支店技術課長代理

表-1 底版および側壁 1, 2 段目コンクリートの配合設計表

	セメントの種類	単位セメント量 (kg/m <sup>3</sup> )	単水量 (kg/m <sup>3</sup> )	水セメント比 (%)	細骨材 (kg/m <sup>3</sup> )	粗骨材 (kg/m <sup>3</sup> )	細骨率 (%)	混和剤 (kg/m <sup>3</sup> )	混和材 (kg/m <sup>3</sup> )
底版コンクリート	フライアッシュ	395	174	44	658	1039	40	0.158	
側壁 1,2 段目コンクリート	フライアッシュ	430	178	41.4	638	1004	38	0.172	30

実験項目は (1) コンクリート内部の温度測定, (2) コンクリートのひずみ測定, (3) ひびわれ発生の有無とひびわれ幅の測定および (4) コンクリートの材料試験である。これらの測定は前述のとおり, 底版の施工段階から通水時までの約 8 か月

部付近に無収縮材を混入した収縮補償コンクリートを用い, コンクリートの収縮を抑制することとした。このような特殊なコンクリートをタンクに用いた実績はあまりないので, その有効性の確認を実験の主目的としたのである。なお, 収縮補償コンクリートにおいて, 混和材としては小野田エクспан (単位混和材料: 30 kg/m<sup>3</sup>) が用いられ, セメントにはフライアッシュセメントが, AE 剤にはチュポール C (単位混和剤: 0.172 kg/m<sup>3</sup>) がそれぞれ用いられた。底版および側壁 1, 2 段目コンクリートの配合設計を表-1 に示す。

間にわたって行い, その膨大な測定データは東京測器製デジタルカセットレコーダ (RM-1HA) を用いてテープに記録させ, RC-232 C の出力で再生させるとともに, パーソナルコンピュータ (PC-8800) で処理することとした。表-2 に測定器および測定値処理器材を示す。

表-2 測定器および測定値処理器材

		型 名	使用台数
測定器	ストレインメータ	TDS-256 DC	1
	スイッチボックス	ASW-324 B	6
	タイマー	T-24 P	1
処理器材	パーソナルコンピュータ	PC-8800	1
	データレコーダ	PC-6082	1
	プリンター	PC-8822	1
	デジタルカセットレコーダ	RM-1HA	1

### 3. 各種測定

#### 3.1 コンクリート内部の温度測定

コンクリート内部の温度変化は一般に打設後が大きいと言われているので, コンクリート打設終了時を起点として, 最初の 2~3 日は 1~2 時間ごとに, それ以後は 4 時間ごとにタイマーを用いて常温に至るまで測定した。温度ゲージは TK-F (φ15×50 mm) を用い, コンクリート内部の温度測定であることを考慮してゲージ取付けの方向性は無視し, 図-2 に示すように, 底版の南北にあたる場所に 2 か所ずつ, 側壁の南北面に 11 か所ずつ計 26 か所にそれぞれ埋設した。また, 外気温も

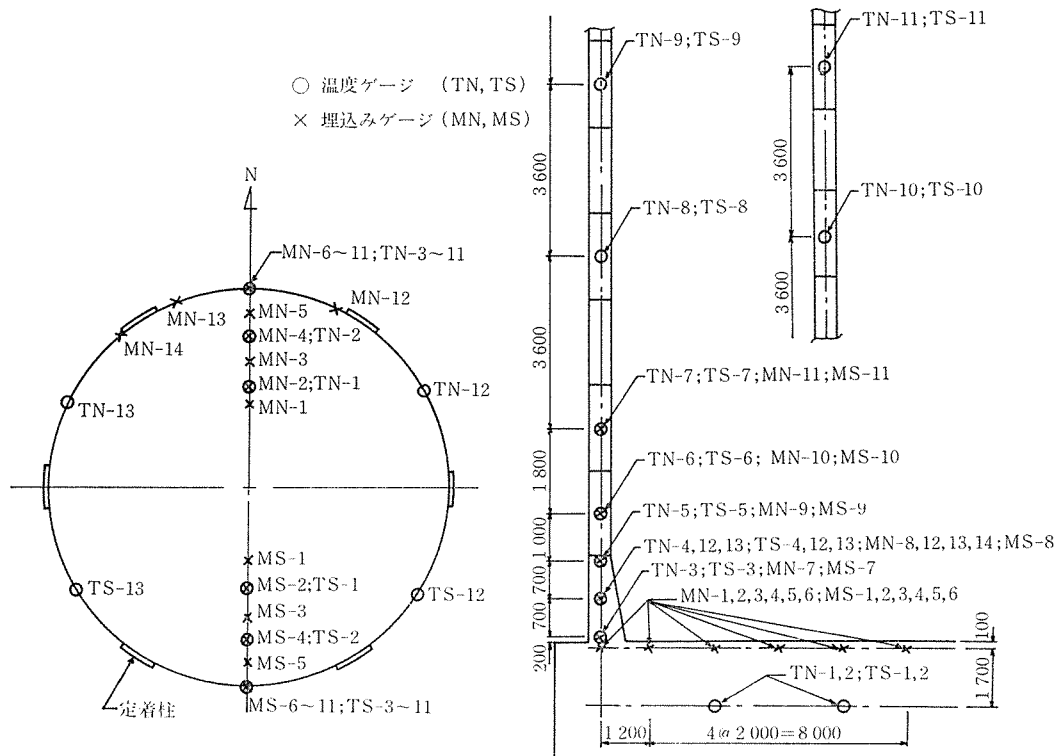


図-2 温度ゲージおよび埋込みゲージの設置位置

上記温度ゲージを用いて、コンクリート内部の温度測定に対応させて測定した。

### 3.2 コンクリートのひずみ測定

コンクリート打設後の温度変化や硬化・乾燥収縮に伴うコンクリートの内部ひずみは埋込み型ひずみゲージ KM-100 を用いて測定した。また、鉛直・円周方向プレストレス導入時および通水時には、上記埋込みゲージのほかに側壁コンクリート表面に貼布した表面ゲージ PL-60 MB (金属ベース) を用いて測定した。埋込み型ゲージは図-2 に示すように、底版の南北に 6 か所ずつ、側壁の北面に 6 か所、南面に 6 か所、計 27 か所にそれぞれ埋設した。表面ゲージは図-3 に示すように、側壁の南北面にそれぞれ 48 枚ずつ、計 96 枚貼布した。

コンクリート内部のひずみ測定は、コンクリート打設直後から温度測定と並行して行った。鉛直・円周方向プレストレス導入に伴うひずみ測定は、1 回のプレストレス導入が終了するごとに行った。また、通水時のひずみは水深が 1 m 増すごとに測定した。なお、側壁コンクリートの表面ひずみ測定用リード線の長さは、ひずみゲ

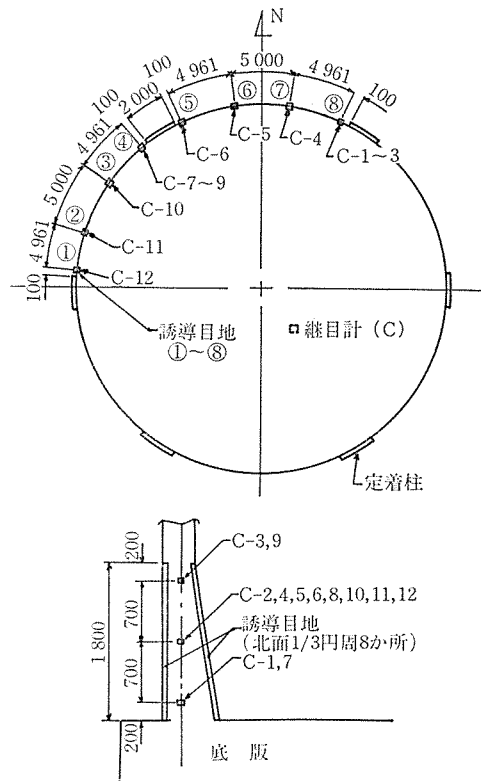


図-4 誘導目地および継目計設置位置

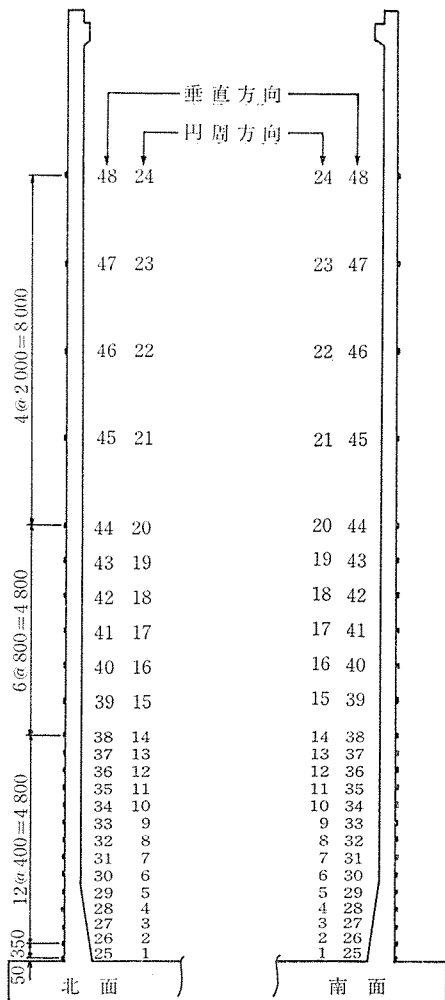


図-3 側壁表面ゲージの貼布位置

ージの取付け位置によってかなりの差が避け難いので、本実験ではこの影響を最小限にとどめるため、3 線式結線法を採用してスイッチボックスに結線した。

### 3.3 ひびわれ発生の有無とひびわれ幅の測定

本実験では収縮補償コンクリートのひびわれ防止に対する有効性の確認が主な目的であることを前記した。そこで、ひびわれに関する測定および補償を容易にするためにあらかじめ人為的にひびわれが生じ易い状態を考え、側壁脚部に誘導目地を設置した。この誘導目地は側壁コンクリートを V カットして側壁厚を薄くしたものであり、タンクとしては、浜田らが沖縄県の PC タンクで初めて採用したものである<sup>1),2)</sup>。誘導目地の設置位置は図-4 に示すような北面 1/3 円周 8 か所とし、その位置にはひびわれ幅を測定するための継目計 KT-10 A ( $\phi 36 \times 270 \text{ mm}$ ) を埋設した。その向きは円周方向とし、埋設位置を図-4 に示す。

## 4. 測定値の処理方法

本実験では膨大な量の測定値を得たが、その処理は表-2 に示したカセットレコーダ (RM-1HA) とパーソナルコンピュータ (PC-8800) を用いて行った。デジタルカセットレコーダは自動ひずみ測定器 (TDS-256) のデジタルデータをデジタルカセット式カセットテープに記録させ、このテープを RS-232 C の出力で再生する

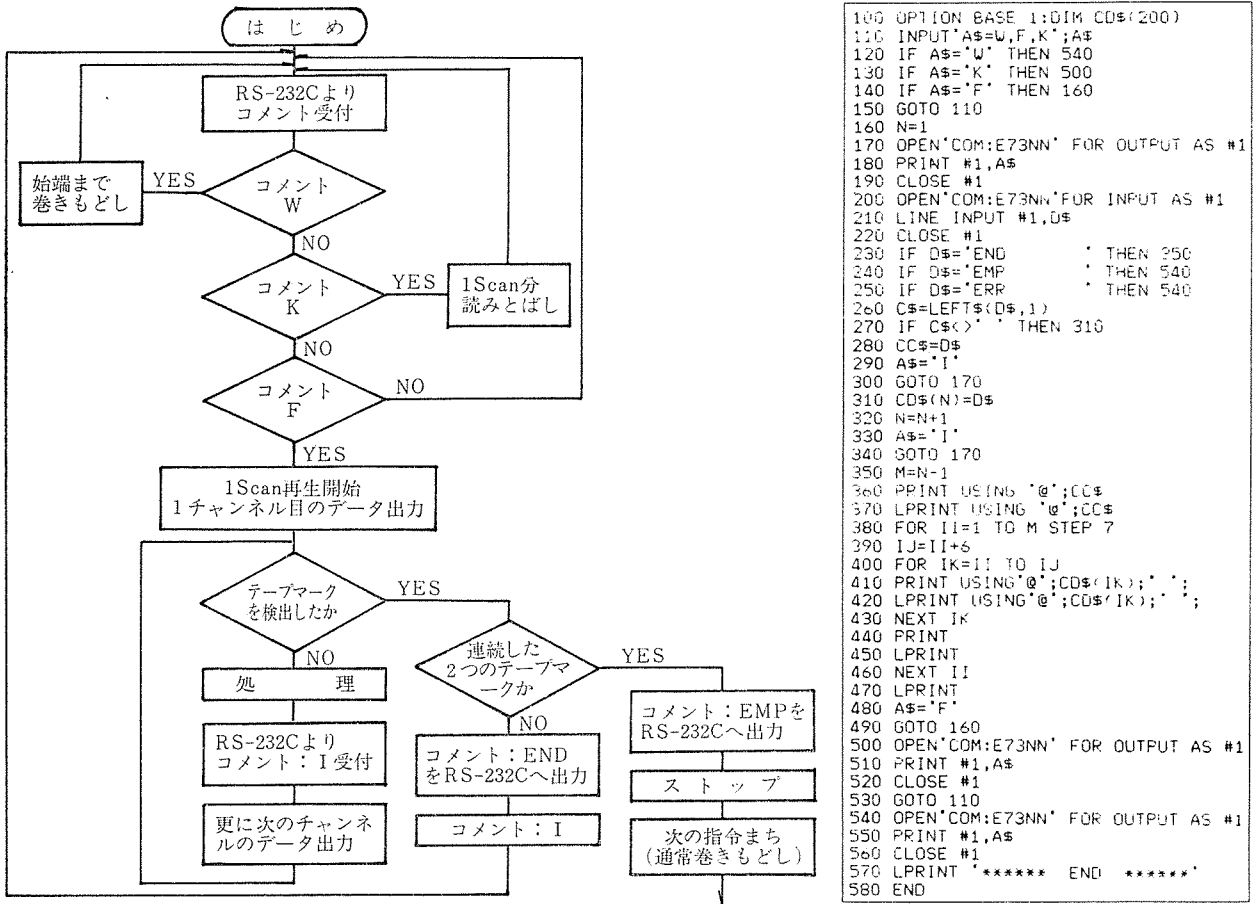


図-5 データ再生流れ図と基本プログラム

装置である。RS-232C の出力は市販のコンピューターを改造することなく1本のケーブルを用いて測定値の転送を行うため、本例のような膨大な量の測定値を処理するのに適した端末器である。図-5 にデジタルカセットレコーダによるデータ再生の流れ図と基本プログラム例を示す。

## 5. 測定結果と考察

### 5.1 コンクリートの温度変化

コンクリート打設後の温度測定結果の一例を図-6, 7などに示す。図中の記号 TN, TS などはそれぞれ北側,

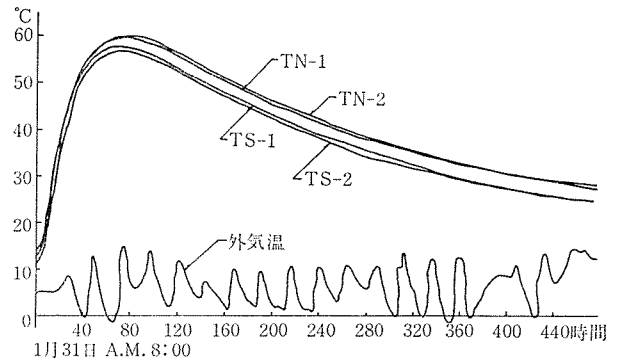


図-6 底版コンクリートの温度変化

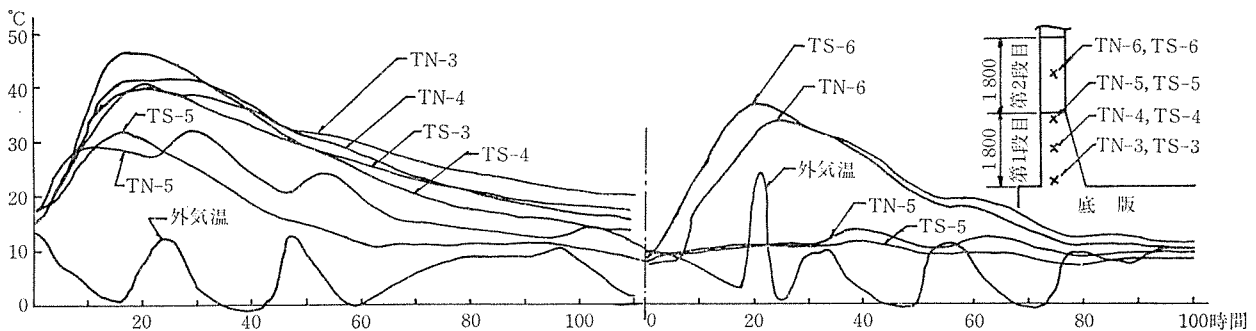


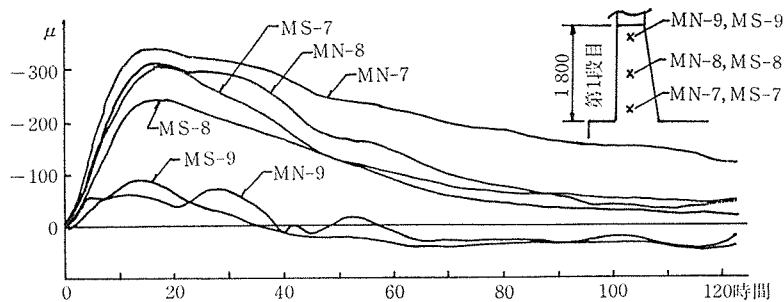
図-7 側壁第1段目および第2段目のコンクリート内部の温度変化

南側の各測定値である。図—6 より、底版の最高温度は60°C で、それに到達する時間はかなり長く、70~80 時間であることがわかる。温度降下の勾配は格段に緩やかで、440 時間(約 18 日)経過した後でもなお外気温との差が10°C 前後残った。急激な温度変化を避けるべく、底版にフライアッシュセメントを用いた効果と考えられる。ちなみに、底版にはひびわれが全然認められなかった。図—7 は側壁第 1, 2 段目の温度変化を示すが、これより、コンクリート打設後 16~20 時間で最高温度30~45°C に達していることがわかる。温度降下は底版の場合と同様にかなり緩やかな勾配を示している。側壁第 1, 2 段目にもフライアッシュセメントを用いたので、前記同様の効果と考えられる。なお、TN-5 と TS-5 の温度が他の測定値に比して若干低いのは、これらの測定位置が第 1 段目コンクリートの頂部近傍であり、外気温の影響を強く受けたためと考えられる。また、第 2 段目コンクリートにおける温度降下の勾配が第 1 段目コンクリートにおけるそれよりも若干急なのは、側壁厚の違いによるものと思われる。更に、第 2 段目コンクリート打設に伴う既設の第 1 段目コンクリートの温度変化はほとんど認められなかった。

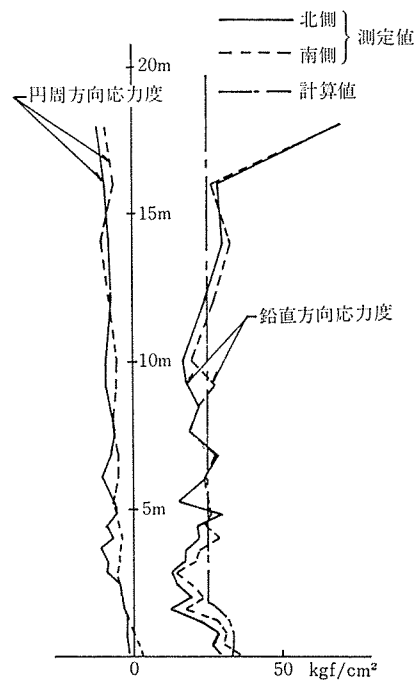
5.2 コンクリートのひずみ

コンクリート打設後の硬化・乾燥収縮、温度変化などに伴うコンクリート内部のひずみ測定結果の一例を図—8 に示す。同図は、側壁第 1 段目コンクリートに対するもので、MN は北側、MS は南側の各測定値である。コンクリートの内部ひずみに急激な変動はなく、硬化・乾燥収縮、温度変化などに追従して比較的緩慢に推移していることがわかる。このことは側壁に全くひびわれが発生しなかったこととも関連して理解することができよう。

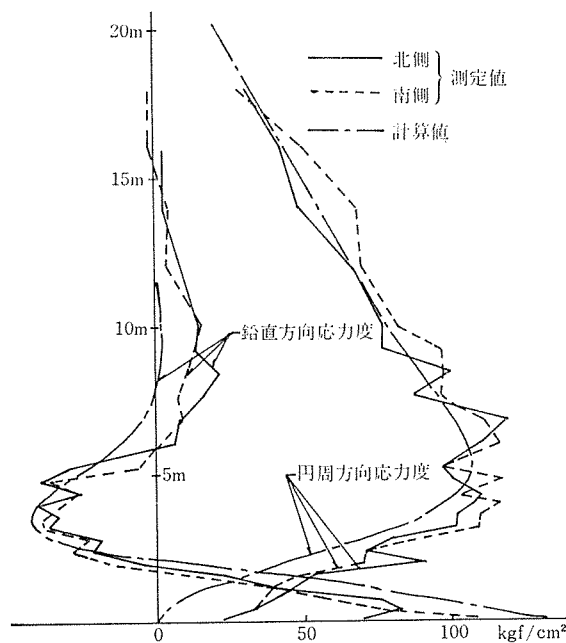
次に、鉛直・円周方向プレストレス導入および通水に伴う側壁コンクリートの表面ひずみ(表面応力度)の測定結果を図—9, 10, 11 などにそれぞれ示す。南北両面の測定値は良好に合致しており、信頼性の高い測定結果と考えられる。また、本タンクの設計は F.E.M. を用いて行われたが、これらの図からわかるように計算値も測



図—8 側壁第 1 段目コンクリートの内部ひずみの経時変化



図—9 鉛直方向プレストレス導入時の側壁表面応力度



図—10 円周方向プレストレス導入時の側壁表面応力度

定値と極めてよい近似を示している。

5.3 側壁脚部のひびわれ

側壁第 1 段目に設置した誘導目地の位置に埋設した継目計によるひずみの測定結果を図—12 に示す。図からわかるように、誘導目地位置のコンクリートのひずみ変化はほとんどなく、ひびわれの発生も全く認められなかった。底版および側壁脚部付近(第 1,

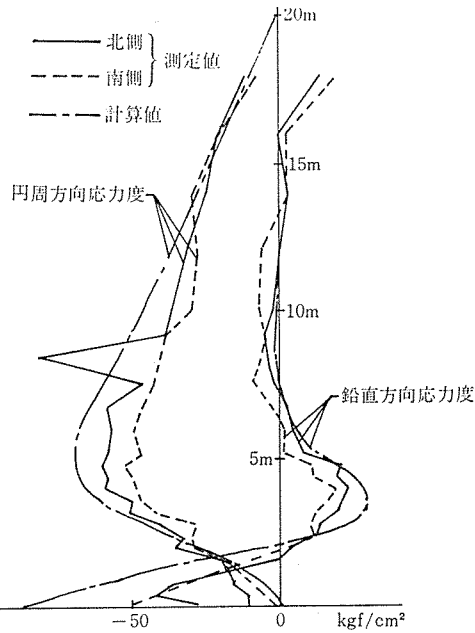


図-11 水張時の側壁表面応力度

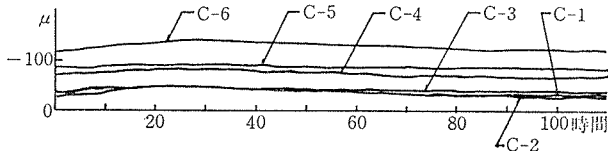


図-12 継目計のひずみ測定結果

2 段目) に用いられた収縮補償コンクリートが、ひびわれ発生の防止に対してある程度有効に働いたこと、また、本タンクでは、型枠として保温性の良い木製型枠が用いられたこと、養生期間が十分長く保たれたこと、などが相乗的にひびわれ発生防止に有効に働いたものと思われる。

## 6. 結 言

本実験は昭和 57 年の 1 月末から 9 月始めまでの約 8 か月間にわたる長期的なものであったが、大したトラブルもなく進捗し、興味ある測定結果を得ることができた。要約すれば次のようになる。

- 1) 打設後の急激な温度変化を避けるため、底版および側壁脚部付近のコンクリートにフライアッシュセメントを用いた規格外配合が試みられた。結果は良好で、測定された温度変化は非常に緩やかなものであり、温度昇降の制御に対して有効に働いたものと

考えられる。ただし、底版および側壁脚部付近のコンクリート打設は 6 月中旬までには終了しており、外気温の昇降度合が小さかったこともこのような測定結果をもたらした要因の一つにあげられよう。

- 2) 側壁脚部のひびわれに関する調査結果については、誘導目地およびその他の側壁円周を詳細に観察した結果、ひびわれの発生が全く認められなかった。また、継目計によるひずみの経時変化にも著しい変動は見られなかった。無収縮材を混入した収縮補償コンクリートのひびわれに対する有効性がある程度確認できたものと思われる。ただし、この場合も 1) の場合と同様、型枠として保温性の良い木製型枠が用いられたこと、コンクリート打設後の養生期間を十分長く保ったこと、更にはコンクリート打設時期が季節的に良かったことなど種々の好要因も寄与したものと考えられる。そして、これらは今後の同種タンクの施工、管理に対し非常に有用な示唆を与えるものと言えよう。
- 3) 本実験は前述のとおり長期間に及び、その測定値が膨大なものとなった。そこで、測定値の記録にはデジタルカセットレコーダを用い、マイクロコンピュータと接続してその処理を行う記録・処理システムを工夫した。このシステムにより、測定値の正確な記録と処理時間の省力化が達成できた。測定量の多い実験には今後とも有効に利用できるものと思われる。

## 謝 辞

本実験に関して、鹿児島市水道局中村行次氏およびオリエンタルコンクリート(株)永野吉秋所長をはじめとする現場関係者各位から暖かい御理解と御協力を賜ったことに対し深甚の謝意を表するとともに、実験計画等に直接の御助言を戴いた山口大学浜田純夫助教授にも御礼申し上げたい。

## 参 考 文 献

- 1) 浜田, 長崎, 甲斐, 照屋: 固定式 PC タンクの温度, ひずみおよびひびわれ幅に関する一実験, 琉球大学工学部紀要, 第 22 号, pp. 23~32, 1981.
- 2) 浜田, 阿部, 浜崎, 長崎: 固定式 PC タンクについての一考察, プレストレストコンクリート, Vol. 23, No. 3, pp. 53~60, May 1981.
- 3) 鈴木: 円形構造物の設計例(配水池), コンクリート工学, Vol. 16, No. 2, 1978.

【昭和 58 年 9 月 24 日受付】