

## 奥矢作第一発電所導水路 PC サージタンクの 設計と施工について

宮 口 友 延\*  
藤 川 朋 治\*\*  
谷 添 利 彦\*\*\*

### 1. ま え が き

今後の電力ピーク需要に対処するため、中部電力(株)は、愛知県北設楽郡稲武町に位置する既設の黒田ダム(中部電力(株))をかさ上げして上池とし、愛知県東加茂郡旭町に位置する既設の矢作ダム(建設省)を下池として、その間 5.5 km を水路トンネルで結ぶ、標高差約 600 m の 2 段式揚水発電所(最大出力 109.5 万 kW)の建設工事を行っている。

ここに述べる PC サージタンクは第一発電所導水路に建設するもので、わが国最大規模の PC 円筒シェル構造物である(図-1、図-2、写真-1 参照)。

以下においては、本構造物の設計・施工に関して主としてリング部より上部について述べる。

本構造物の形式、断面形状、工法の決定にあたっては

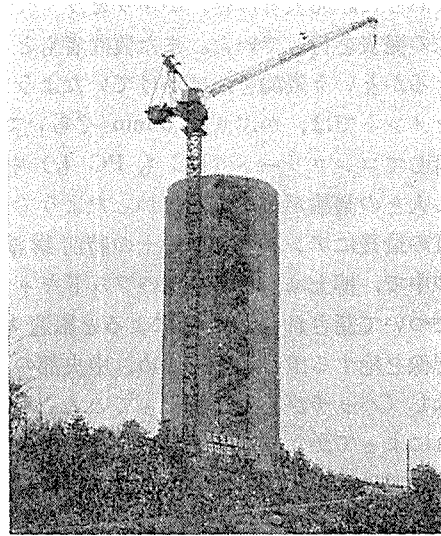


写真-1

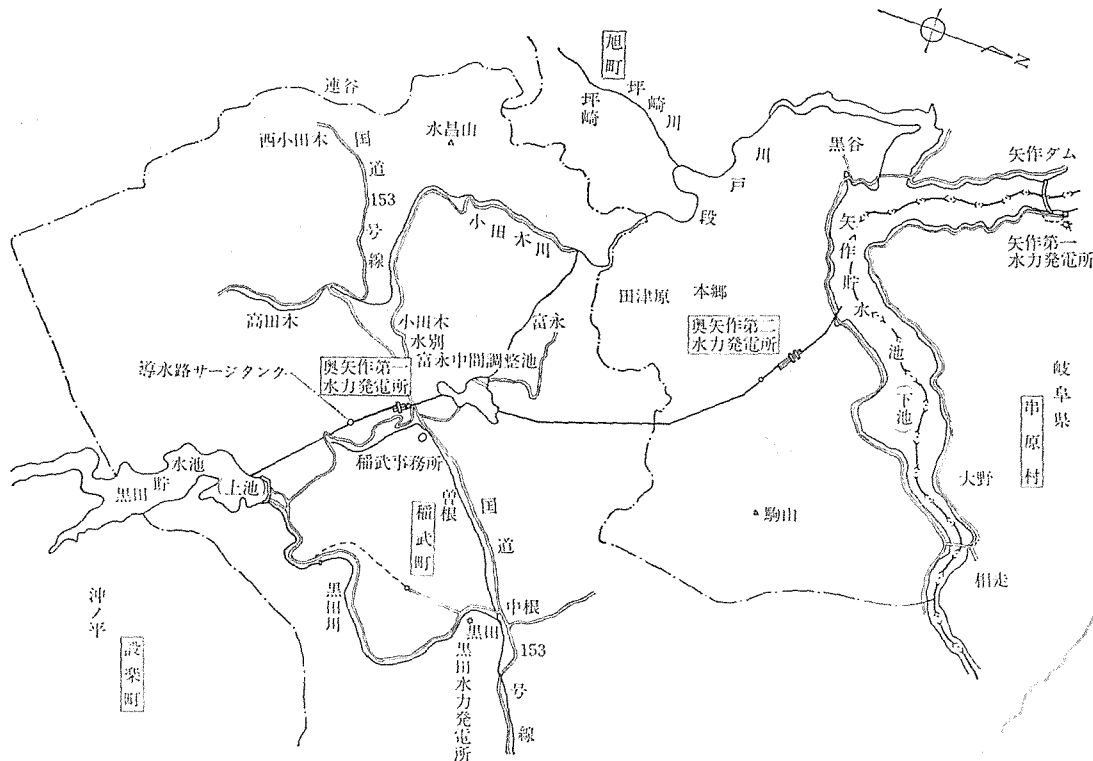


図-1 奥矢作第一、第二水力発電所水路計画平面図

\* 中部電力(株) 稲武事務所課長  
\*\* 住友建設(株) 名古屋支店

\*\*\* 住友建設(株) 土木部橋梁設計課

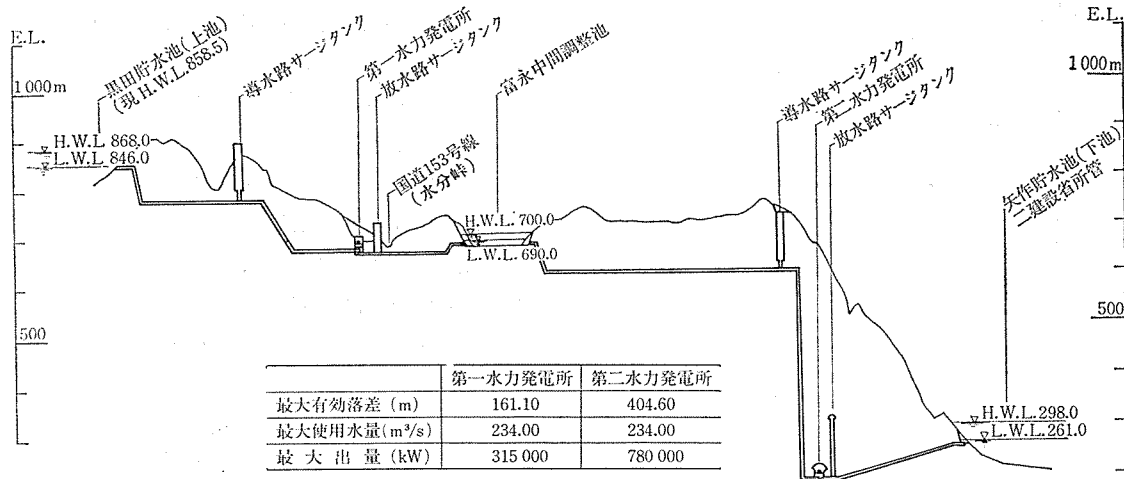


図-2 奥矢作第一、第二水力発電所水路計画縦断面図

施工性、経済性を比較検討すると同時に、建設地点が国定公園の指定区域となっていることから周辺環境との調和に特に注意を払った。さらに、当タンクの破壊は、黒田ダム全貯水の出水につながるもので、設計・施工上安全面をも十分考慮した。

施工は安全性、工期、建造物の品質等を検討した結果スリップフォーム工法を採用することに決定した。

## 2. 設計計画について

### 2.1 構造概要

本調圧水槽は内径 16.6～17.8 m、高さ地上部 55.0m、地下部 22.0 m の円筒シェル構造である。

構造概要、主要寸法は 図-3 に示すとおりである。

#### (1) 地下部

地下部は、本巻厚 220 cm 底盤からリング部下端までの壁高が 170 m である側壁部と、地上部直下に設けた高さ 50 m、厚さ 5.7 m のリング部、およびφ5.2 m の開口部を伴う厚さ 2.2 m、φ20.0 m の底盤部から成り立っている。

側壁における鉄筋は、フープ方向に D 32 mm 筋が 4 列 ctc 15 cm～20 cm、鉛直方向に D 29～D 25 mm 筋が 4 列 ctc 20 cm にてそれぞれ配置してある。地下部におけるコンクリートの設計基準強度はリング部の PC 鋼材を配置している個所を除き、 $\sigma_{ck}=240 \text{ kg/cm}^2$  である。

#### (2) 地上部

地上部の側壁厚は設計、施工、美観面および経済性から、最下端にて 1.8 m から順次上方に至るに従い 1.1 m、0.6 m、0.5 m へと漸減している。シェルの径については、サージタンク 周辺盛土部内となる壁厚 1.8 m の側壁より上方を外径一定とし、壁厚変化は内径変化により対処している。外径一定の方がスリップフォーム工法

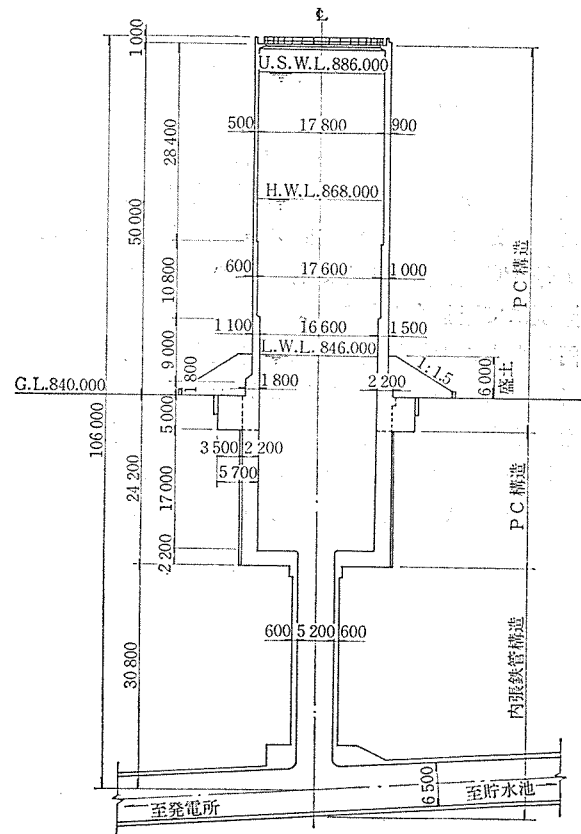
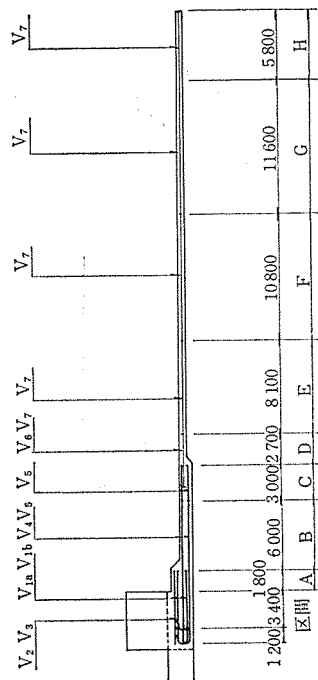


図-3 調圧水槽断面図

による壁体部の施工を容易にし、美観上も優れていると考えたからである。

地上部の壁厚が、1.8 m である壁体部より上方については、鉛直方向、円周方向ともに PC 鋼材を配置した PC 構造となっている。鉛直方向の PC 鋼材の配置は 図-4 に示すとおりであり、12 T 15.2 mm フレシネーケーブルおよびφ32 mm SBPR B種 1号 PC 鋼棒を使用している。12 T 15.2 mm フレシネーケーブルは配置形状が U ターン状のケーブル（以下においては U ターン



ただし  $V_1 \sim V_5$ は12T15.2。  $V_6, V_7$ は  $\phi 32$  95/110

図-4 鉛直鋼材配置図

ケーブルと呼ぶ)となっており、緊張力は両引き緊張にて与える(図-5、図-6 参照)。また  $\phi 32$  mm SBPR B種1号 PC 鋼棒の配置は 図-7 のとおりであり、片引き緊張にて緊張力を与える。

円周方向の PC 鋼材として大きな水圧に対処して配置する個所においては 12 T 12.7 mm フレシネーケーブルを、小さな水圧に対処して配置する個所においては 1 T 21.8 mm モノストランドケーブルを、それからの中間個所においては 12 T 12.7 mm, 12  $\phi 8$  mm フレシ

ネーケーブルを使用しており、その配置は 図-8 に示すとおりである。円周方向 PC 鋼材の定着は壁厚 1.1 m 以下において設けてある 8 個所のピラスター(柱型)および壁厚が 0.6 m 以上において設けてある 4 個所のピラスターにて行う。個々のケーブルは 180° 離れた 2 個所のピラスターにおいて定着するが、ケーブルの摩擦損失によるロスを平均化し、ほぼ一樣な緊張力をコンクリート壁体を与えるため側壁に沿い、壁厚 0.6 m 以下はケーブルを一段毎に 90° ずつずらしてあり、壁厚 1.1 m 以上は 2 列配置とするため内・外ケーブルを 45° ずつずらしてある。

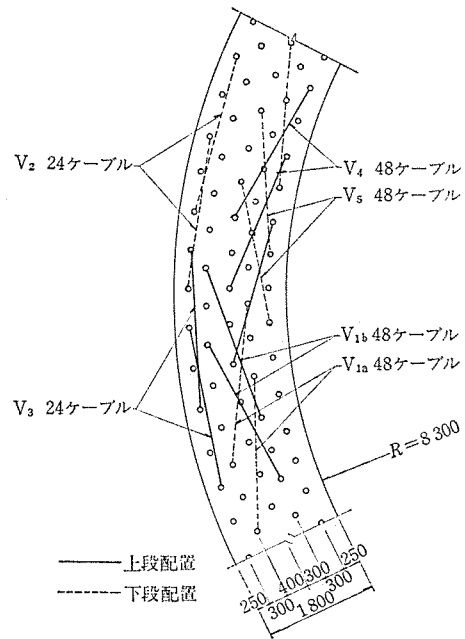


図-5 鉛直鋼材配置図 (12 T 15.2 mmケーブル)

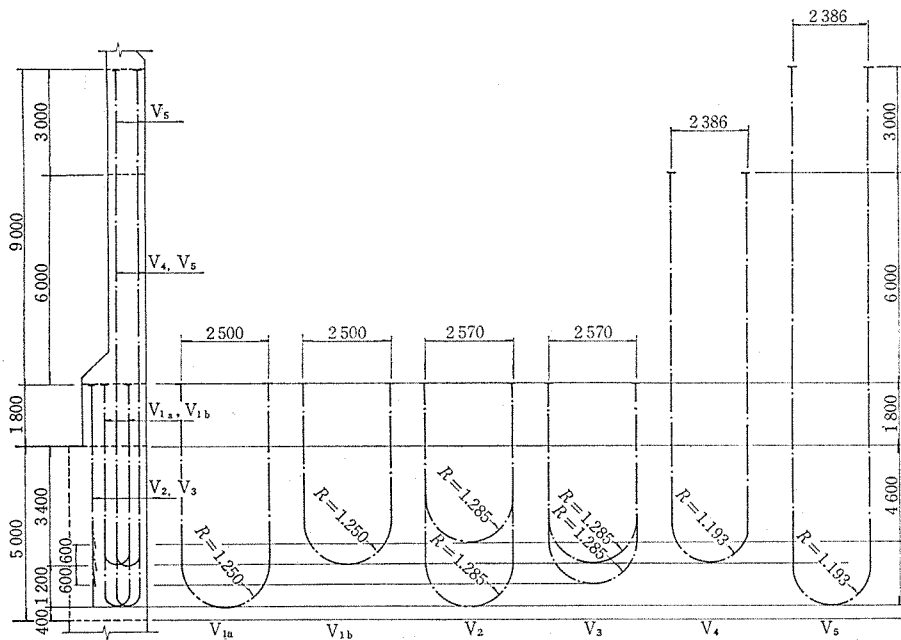


図-6 鉛直鋼材配置および形状図

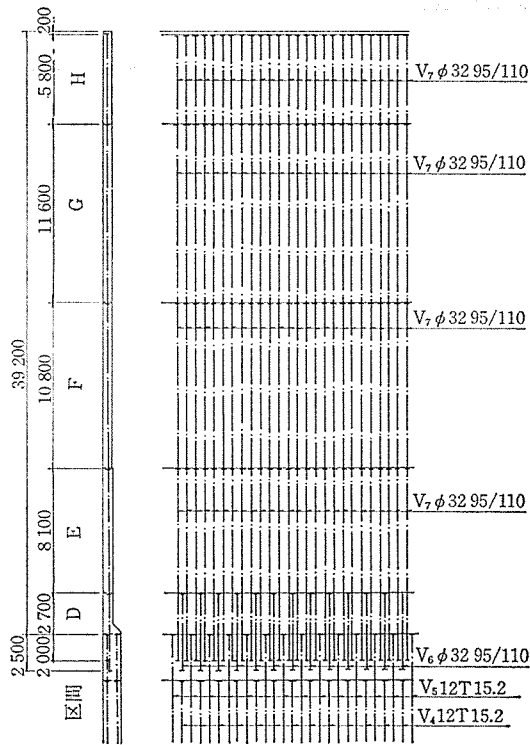


図-7 鉛直鋼材 ( $\phi 32, 95/110$ ) 配置図

## 2.2 設計条件

### (1) 荷重項

設計計算上考慮に入れた荷重は土圧、温度変化、乾燥収縮、水圧、風荷重、地震である。なお水圧に対しては、U.S.W.L., H.W.L., および L.W.L. の3種類を取

り上げ応力検討を行った。

### (2) 許容曲げ応力度および許容軸応力度

側壁曲げ応力度および軸応力度のチェックに際しては、本構造物が水密性を要するシェル構造であることから完成構造系については、H.W.L.の水圧作用時はコンクリート壁の円周方向、鉛直方向とも少なくとも  $10 \text{ kg/cm}^2$  の圧縮応力度となるよう緊張力を導入した。また、施工時における許容応力度は、鉛直方向については曲げ応力度であるので  $-15 \text{ kg/cm}^2$  とし、円周方向については軸応力であるので  $-10 \text{ kg/cm}^2$  とした。

設計荷重の組合せとそれに対応する許容値を表-1に一覧表として示す。

### (3) 構造解析上の仮定

本PC構造物の解析に際しては、側壁が地下部最上端に設けたリング部において固定状態と仮定し、下端固定円筒シェル構造として部材各点の応力度のチェックを行った。

温度変化により側壁に生ずる応力を低減するために設けた盛土における温度勾配については、図-9のごとく盛土下端から盛土上端にかけて直線変化とみなした。

なお温度変化による応力度の検討の詳細については、2.5において述べる。

### 2.3 リング部について

本構造物の設計計算に際しては、地上部をPC構造、地下部をRC構造と考え、各々別個に応力チェックを行ったのであるが、PC部とRC部を明瞭に区分し、地上

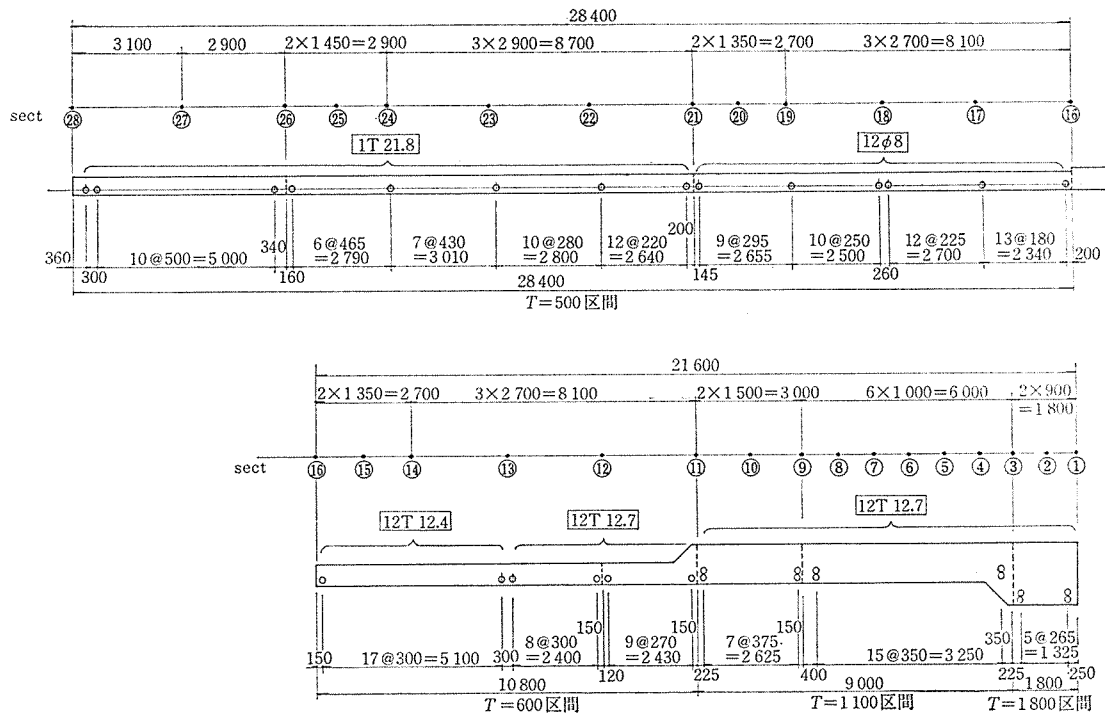


図-8 円周方向鋼材配置図

表-1 コンクリート許容応力度一覧表

荷重組合せを下表に○印で示す。

荷重組合せ	プレストレス		土 圧	温度変化+乾燥収縮		水 圧		許 容 応 力 度 (kg/cm <sup>2</sup> )				
	導 入	有 効		+10°C	-18°C	U.S.W.L.	H.W.L.	曲げ圧縮	軸 圧 縮	曲げ引張	軸 引 張	
①	1	○						160	140	0	0	
	2		○									
	3		○	○				135	100	(+10)	0	
②	1		○	○								
	2		○		○			155	115	(+10)	(+10)	
	3		○	○	○							
	4		○	○	○							
③	1		○			○		135	100	0	0	
	2		○	○		○						
④	1		○	○		○						
	2		○		○	○		155	115	-20	0	
	3		○	○	○	○						
	4		○	○	○	○						
⑤	1		○				○	135	100	(+10)	(+10)	
	2		○	○			○					
⑥	1		○	○			○					
	2		○		○	○		155	115	(+10)	(+10)	
	3		○	○	○	○						
	4		○	○	○	○						
⑦	④+風荷重							200	150	-30	0	
⑧	1	④+地震荷重 (水平震度 $K_H=0.1$ )							200	150	-30	0
	2	⑥+ " ( " $K_H=0.2$ )										

摘要 1) (+10)は最小残留圧縮応力度として10kg/cm<sup>2</sup>必要なことを示す。  
 2) 鉛直方向応力度を検討する場合は側壁コンクリート自重を考慮する。  
 3) 斜め引張応力度の許容値は使用状態で9kg/cm<sup>2</sup>とする。

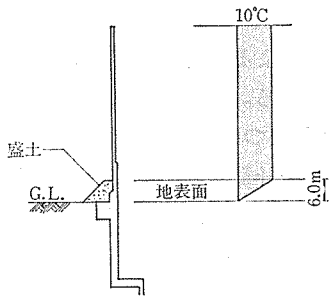


図-9

部の転倒に抵抗するベースを確保するために地下部の上にリングを設置した。

ここでリングのある場合とない場合について、鉛直方向曲げモーメントと円周方向軸力(図-10~図-13参照)を比較すると、鉛直方向、円周方向ともリングを有する場合の方が、側壁下端が固定という境界条件下における円形シェル構造としての解析結果に近似している。

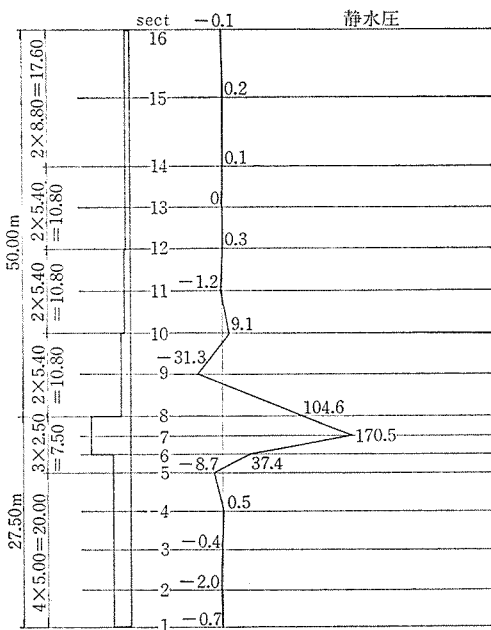


図-10 リングのある場合の鉛直方向曲げモーメント図

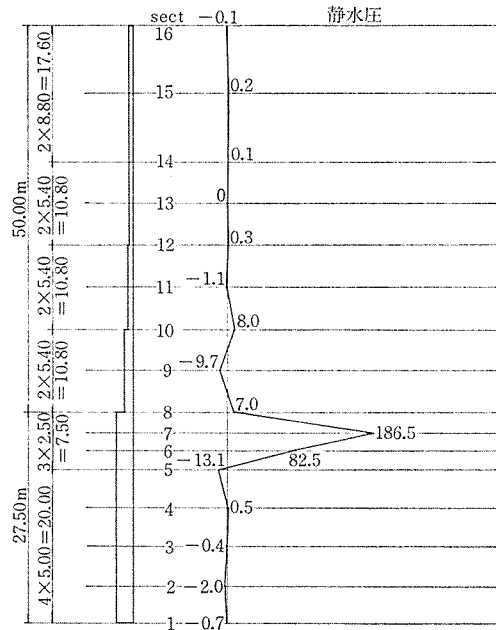


図-11 リングのない場合の鉛直方向曲げモーメント図

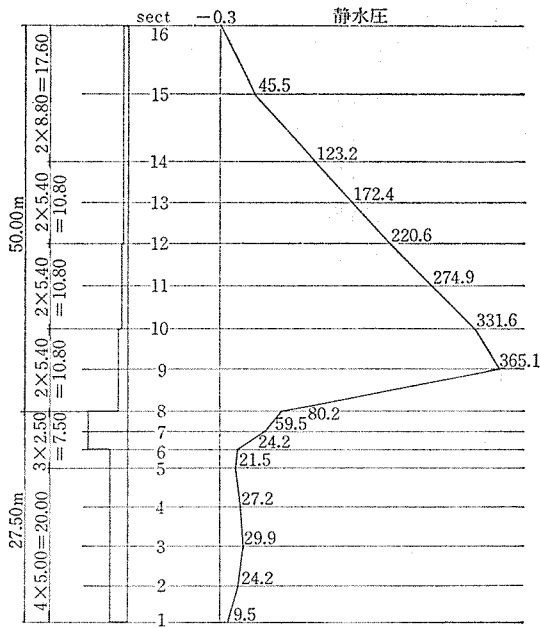


図-12 リングのある場合のフープ方向軸力図

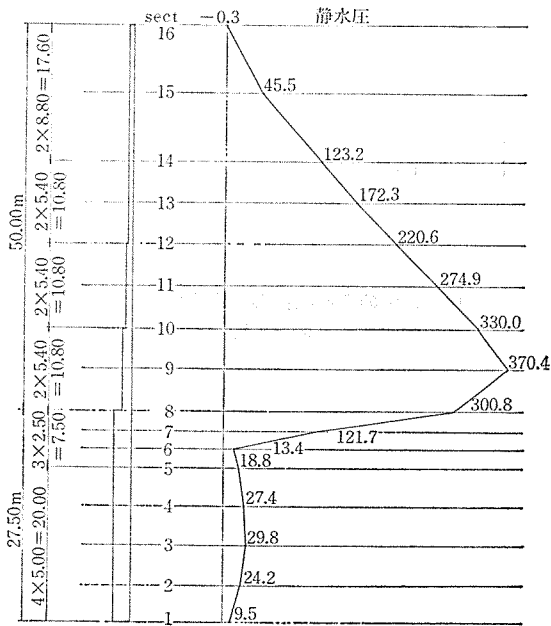


図-13 リングのない場合のフープ方向軸力図

#### 2.4 鉛直 PC 鋼材 (Uターンケーブル) の配置について

リング部から壁厚 1.1 m の側壁にわたって配置してある鉛直 PC 鋼材  $V_1 \sim V_5$  については、水圧および温度変化による応力に対処するため非常に大きな緊張力の導入が必要であり、PC 鋼材としてフレシネー工法の 12 T 15.2 mm ストランドケーブルを採用することにより 1 本当りの導入緊張力を大きくし、当該個所における鋼材配置に余裕を設けた。

さらにケーブルの配置を U ターン形状とし、定着個所を半減せしめ定着具個数の減少によりコストダウンをは

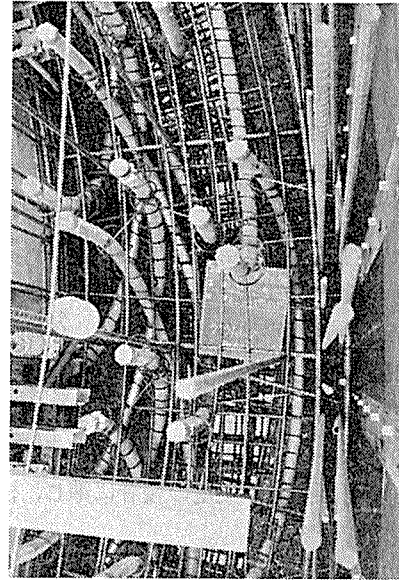


写真-2

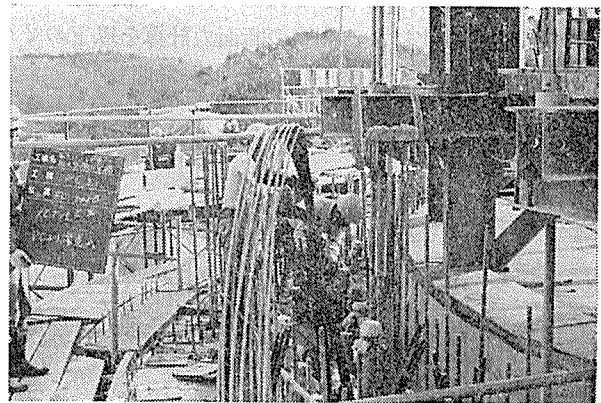


写真-3

かるとともに、必要本数ケーブルの配置を一層容易ならしめた。なお施工に先立ち実物大モデルにて PC 鋼材の挿入実験を行い、スムーズな挿入が可能であることを確かめ実施に移った。写真-2 は実施における U ターンケーブルの配置状況であり、写真-3 は挿入状況である。ところで、PC 鋼材の緊張時期が、鋼材をシース内に配置してから長時間経過している場合、鋼材にサビが発生する恐れがある。鋼材にサビが発生すると摩擦係数が増大し、緊張力が設計計算どおり入らなくなる可能性があるゆえ、当該 U ターンケーブルのシース内への配置は、緊張直前に鋼材を挿入することにより行った。なお、このケーブル配置法は鉛直 U ターンケーブルのみならず、すべての円周ケーブルにおいて採用した。この配置法によれば、コンクリート打設時にシースと定着具のみを配置すればよいことから、コンクリート打設に併行して鋼材配置をスムーズに行えた。

#### 2.5 温度変化による応力について

土木学会編の“コンクリート標準示方書・解説”によ

れば、「温度変化による断面力の計算を行う場合、一般に当該構造物に様な温度の昇降があるものとし、その標準温度差  $\pm 15^{\circ}\text{C}$  とする。しかも構造物の断面最小寸法が 70 cm 以上の場合、あるいは被覆が厚い場合、前記の標準温度を  $\pm 10^{\circ}\text{C}$  としてよい。また、箱形断面のような中空断面の最小寸法として完全に囲まれていて外気に接しない内空寸法を差し引かなくてよい。」とある。

本構造物の設計計算において温度変化による断面力を計算する際に、夏期平均気温を  $30^{\circ}\text{C}$ 、冬期平均気温を  $0^{\circ}\text{C}$ 、年平均気温を  $15^{\circ}\text{C}$  とすると、年間を通じての温度変化は  $\pm 15^{\circ}\text{C}$  である。しかし本構造物においてはサージタンク内部は外気に接していないマッシブな構造物と考えられるゆえ、前記の規定の後者に準じ、温度変化は  $\pm 0^{\circ}\text{C}$  と規定できる。

一方、地下部は岩中の構造物であるゆえ、年間を通じ外気温に無関係に  $15^{\circ}\text{C}$  であると考えられ、したがって温度変化はないと規定できる。

ここで温度変化による側壁の断面力計算を以下の2ケースについて行った(図-14、図-15 参照)。

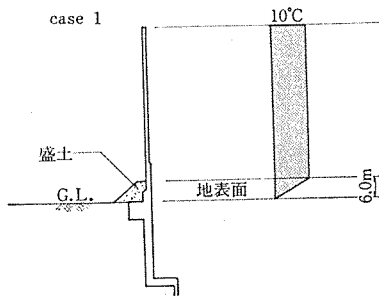


図-14 盛土のある場合の温度変化図

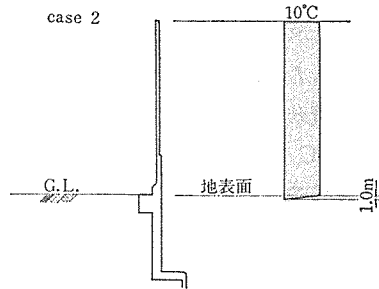


図-15 盛土のない場合の温度変化図

図-16～図-19 は有限要素法による円筒構造物としての温度変化による断面力計算結果である。以上の計算結果から地上部側壁周辺に盛土を行う方法(ケース1)は、温度変化による応力を軽減する方法として極めて有効である。したがって、本調圧水槽の設計・施工に際しては、地上部側壁下端に盛土を行うこととした。

## 2.6 緊張力導入手順

側壁下端から順次単位幅当りの総緊張力を減少して配置している円周方向鋼材と、側壁上端に至るに従って逐次単位幅当りの総緊張力を減少して配置している鉛直方向鋼材の緊張のために、本構造物の施工においてはスリップ型枠から吊り下げた足場を利用することとした。ここで、施工性、経済性、安全性の観点から吊り下げ足場はできるだけ短くする必要がある一方、設計計算上すでに

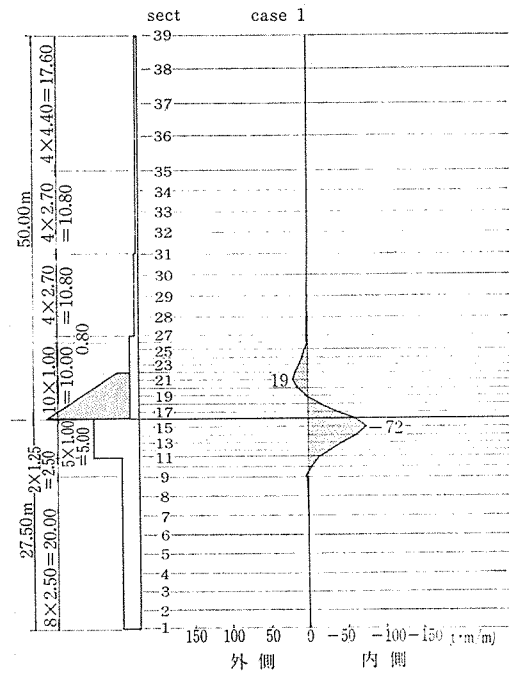


図-16 盛土のある場合の温度変化による鉛直方向曲げモーメント図

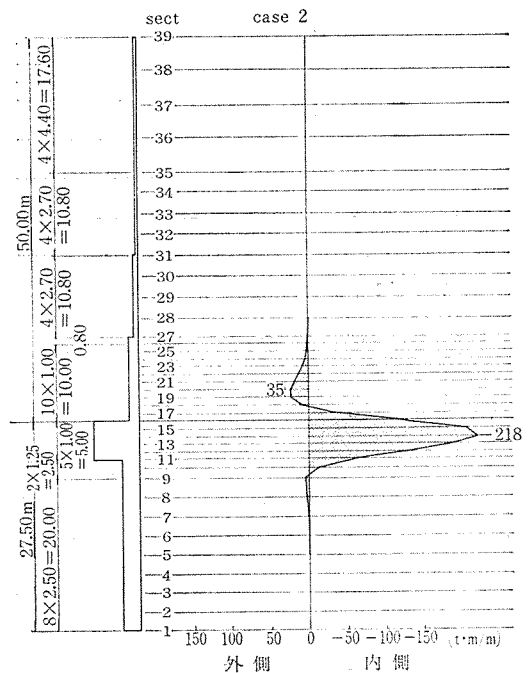


図-17 盛土のない場合の温度変化による鉛直方向曲げモーメント図

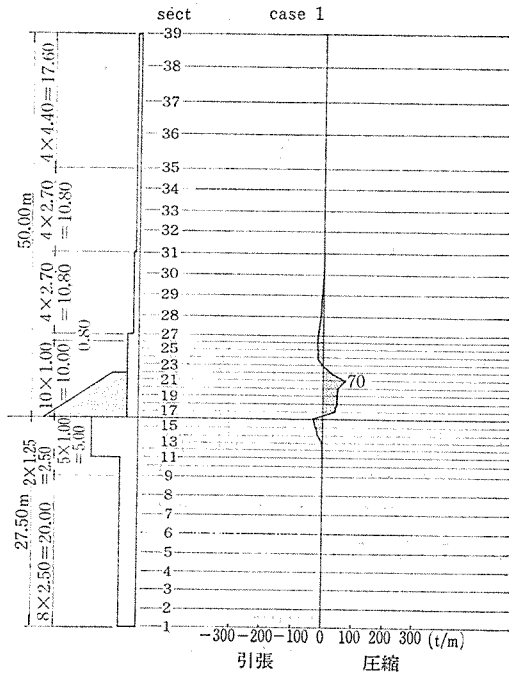


図-18 盛土のある場合の温度変化による円周方向軸力図

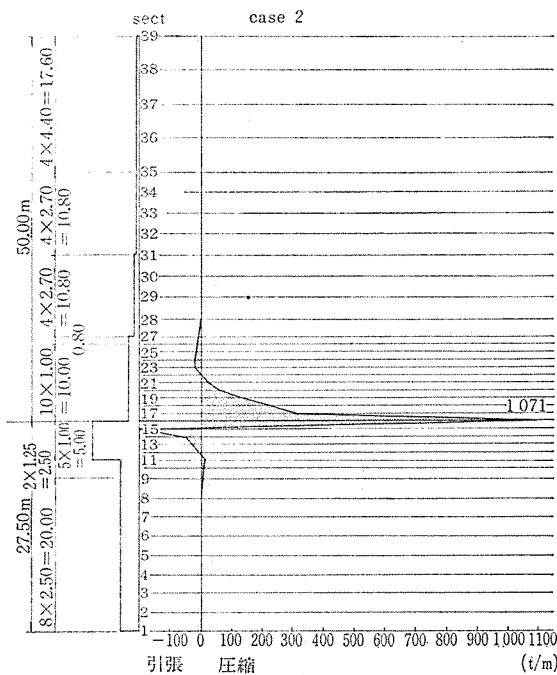


図-19 盛土のない場合の温度変化による円周方向軸力図

建ち上がった側壁における円周方向鋼材の緊張による未緊張側壁に対するフープテンションを考慮する必要がある。よって、以下において、すでに建ち上がった側壁コンクリートに対する円周方向テンドン、および鉛直方向テンドンの緊張力導入手順を決定するにあたり、次の3

通りのケースについて応力の比較検討を行った(図-20~図-22 参照)。

ここにケース1はすでに建ち上がっている壁体の1ブロック下方まで円周方向鋼材に緊張力を与える場合。

ケース2はすでに建ち上がっている壁体の2ブロック下まで円周方向鋼材に緊張力を与える場合。

ケース3はすでに建ち上がっている壁体の3ブロック下まで円周方向鋼材に緊張力を与える場合。

図-23、図-24、図-25に示した応力度の算定結果からも明らかなように、ケース3において施工時コンクリート側壁に生ずる引張応力度が最小となっている。したがって応力計算上からはケース3の施工手順を採ることが望ましいが、スリップ型枠から吊り下げる足場の長さをできるだけ短くしたいということを併せ考え、ケース2の施工手順を採用することとした。実施施工手順を図-26に、実施施工手順に従って生じる側壁応力度の集計を表-2、表-3に示す。

### 3. 実施施工について

#### 3.1 仮設設備

以下においては、本調圧水槽の施工に使用した主要な仮設設備について、設置目的、性能などを設備項目ごとに述べる。

##### (1) 荷上設備

地下基礎部の掘削およびRC壁築造のため、タワークレーン JCC 180 1基を設備する。

壁体1リフト当りの主要資材は、コンクリート 80~300m<sup>3</sup>、鉄筋 6~20t、PC鋼材 5t程度である。

クレーンは主としてコンクリート打設のほか、外部階段取付け、スリップフォーム組立て、解体に使用するために工事終了まで設置した。また、クレーンは壁体の高さに合せ3段階にわたり継ぎ足し、21m、39m、57mとクライミングさせた。高さが21mのときは自立構造とし、39mのときはトラを1段、57mのときは2段張りし、クレーンに補強を施した。タワークレーンの性能は以下のとおりである。

形 式：JCC 180 形 1230 式

作業半径：最大 30m

定格荷重：30m×6t、17.5m×12t

巻上げ電動機：40kW

起伏電動機：25kW

旋回電動機：8.5kW

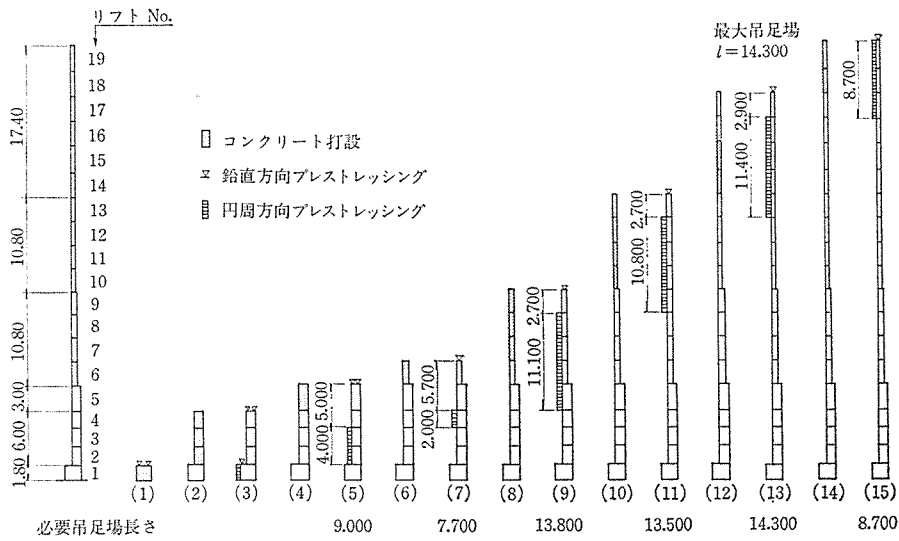
全負荷容量：73.5kW

電 源：220V (3φ)

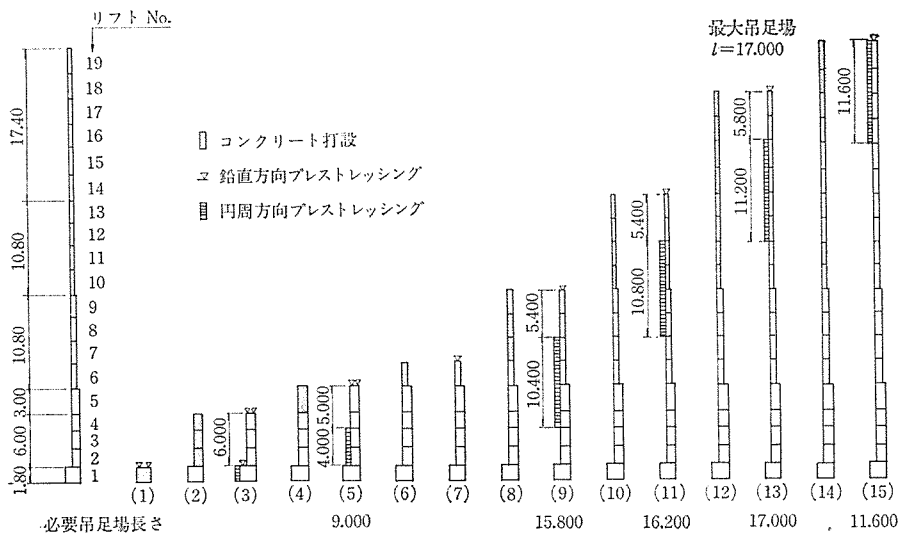
揚 程：100m

安全装置：過巻防止、起伏制限、過負荷安全装

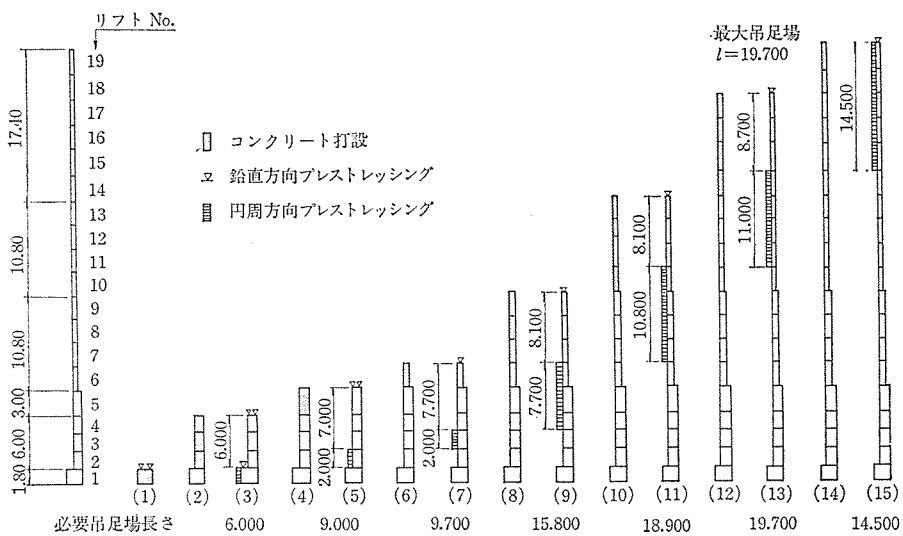




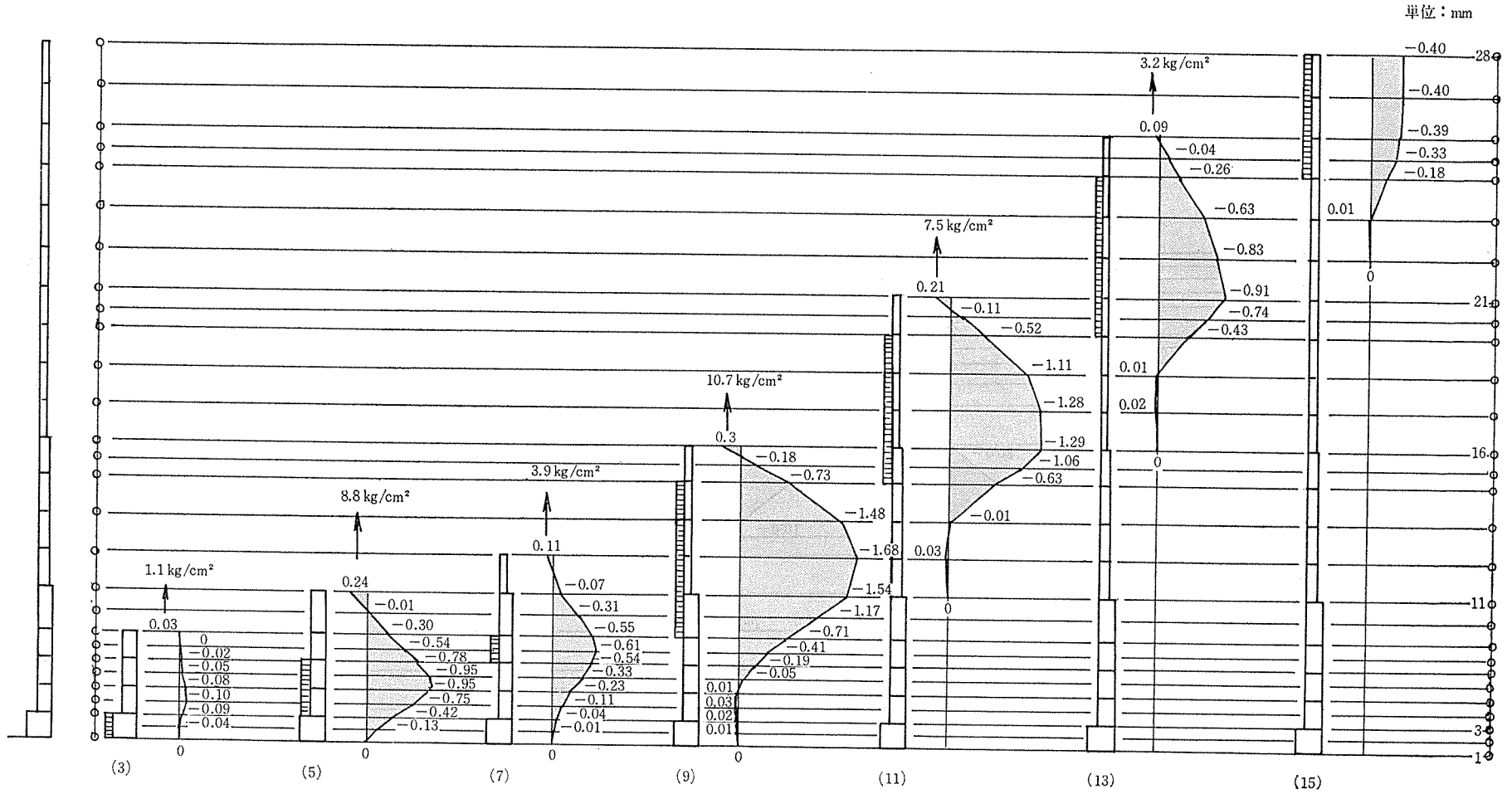
図—20 施工手順図 (第1案) ケース1 (1リフト下まで緊張)



図—21 施工手順図 (第2案) ケース2 (2リフト下まで緊張)



図—22 施工手順図 (第3案) ケース3 (3リフト下まで緊張)



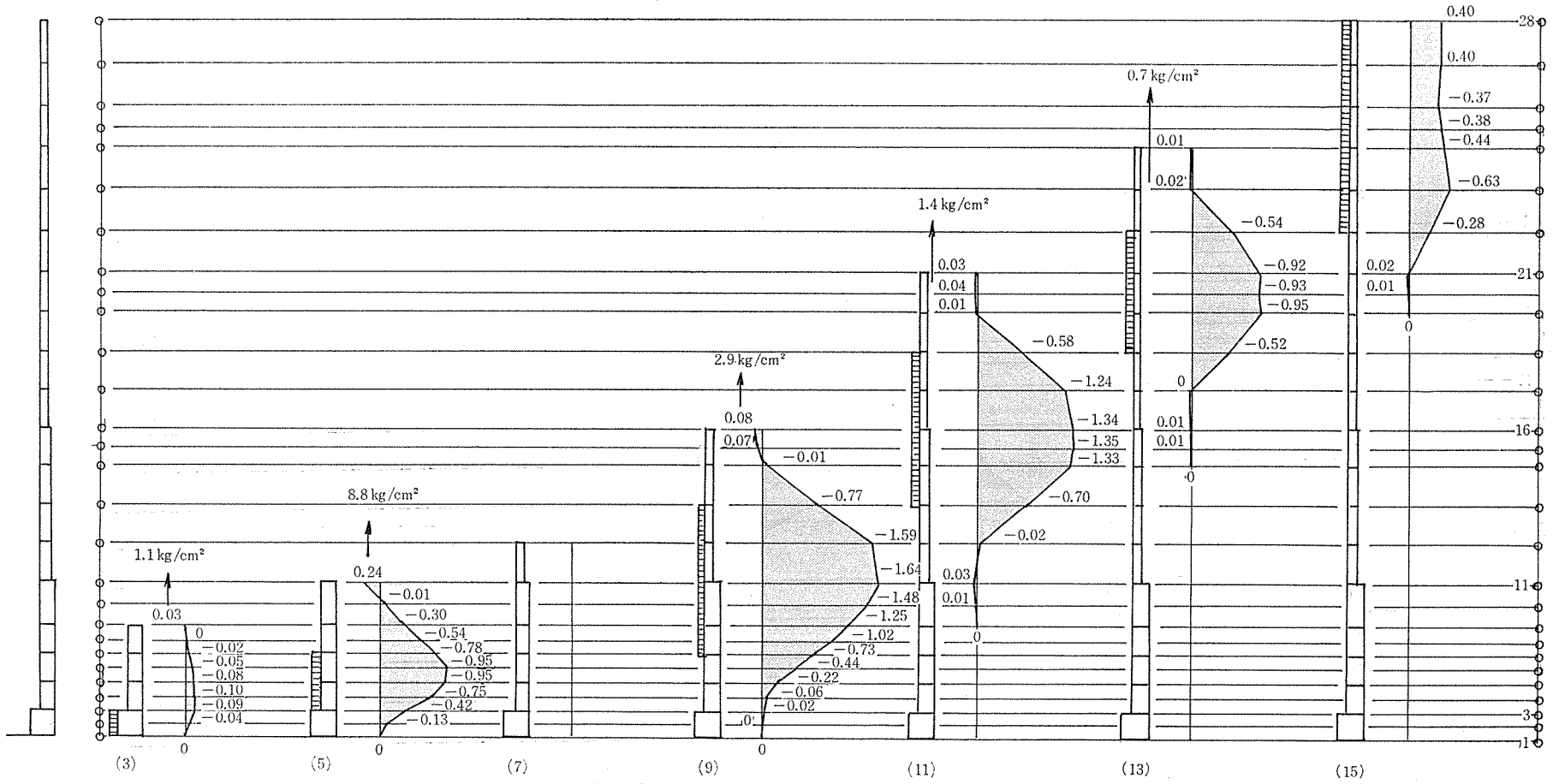
上記の値はすべて有効プレストレスによるもの。導入時フープテンションは

$$\sigma_0 = \frac{\sigma}{\eta} = \frac{\sigma}{0.82}$$

	(3)	(5)	(7)	(9)	(11)	(13)	(15)
$\sigma_0$ (kg/cm <sup>2</sup> )	1.3	10.7	4.8	13.0	9.1	3.9	—

図一23 施工手順第1案の緊張力による変位置と円周方向フープテンション

単位：mm



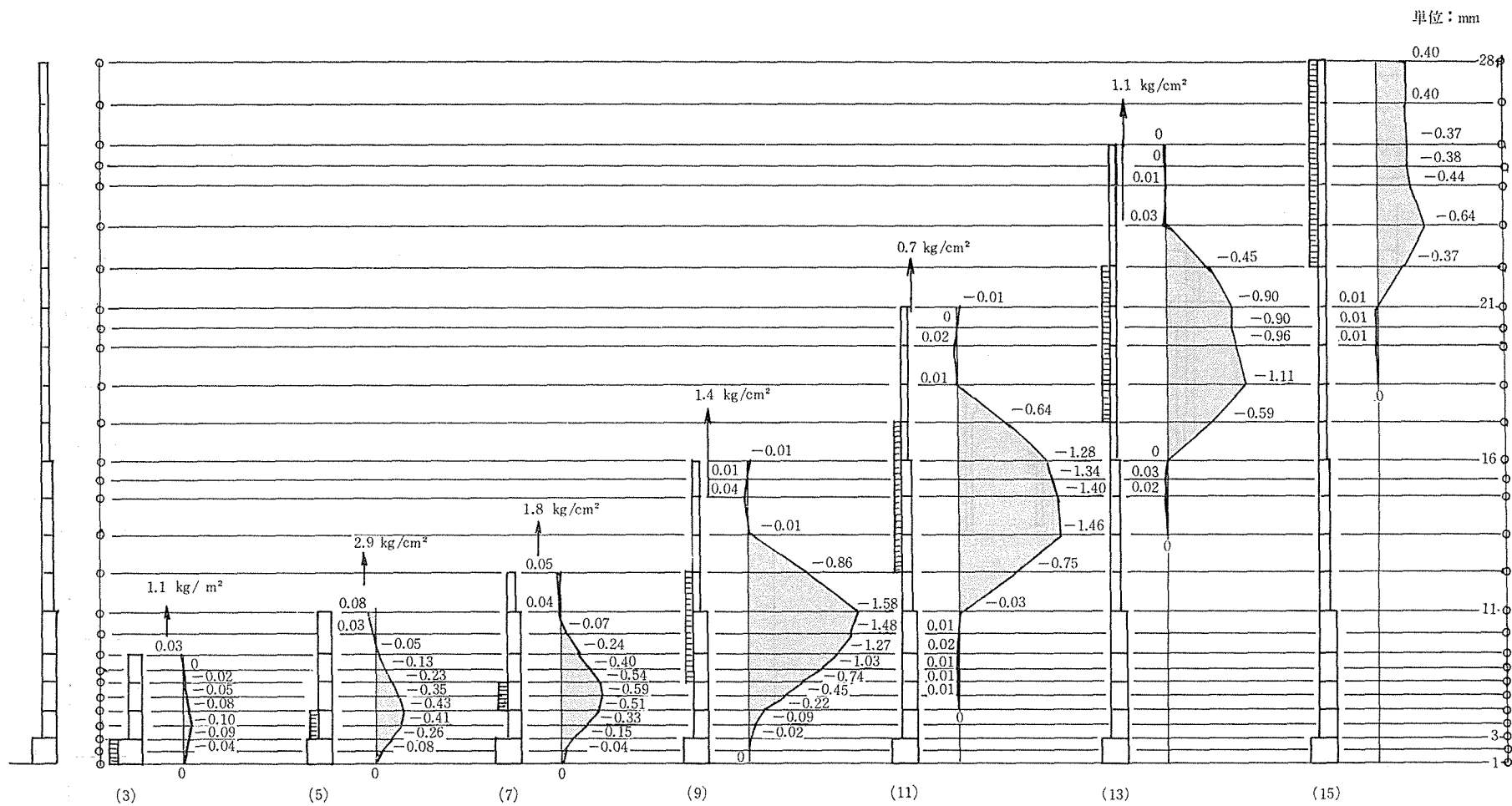
上記の値はすべて有効プレストレスによるもの。

導入時フープテンションは

$$\sigma_0 = \frac{\sigma}{\eta} = \frac{\sigma}{0.82}$$

	(3)	(5)	(7)	(9)	(11)	(13)	(15)
$\sigma_0$ (kg/cm <sup>2</sup> )	1.3	10.7	—	3.5	1.7	0.9	—

図一24 施工手順第2案の緊張力による変位量と円周方向フープテンション



上記の値はすべて有効プレストレスによるもの。導入時フープテンションは

$$\sigma_0 = \frac{\sigma}{\gamma} = \frac{\sigma}{0.82}$$

	(3)	(5)	(7)	(9)	(11)	(13)	(15)
$\sigma_0$ (kg/cm <sup>2</sup> )	1.3	3.5	2.2	1.7	0.9	1.3	-

図-25 施工手順第3案の緊張力による変位量と円周方向フープテンション

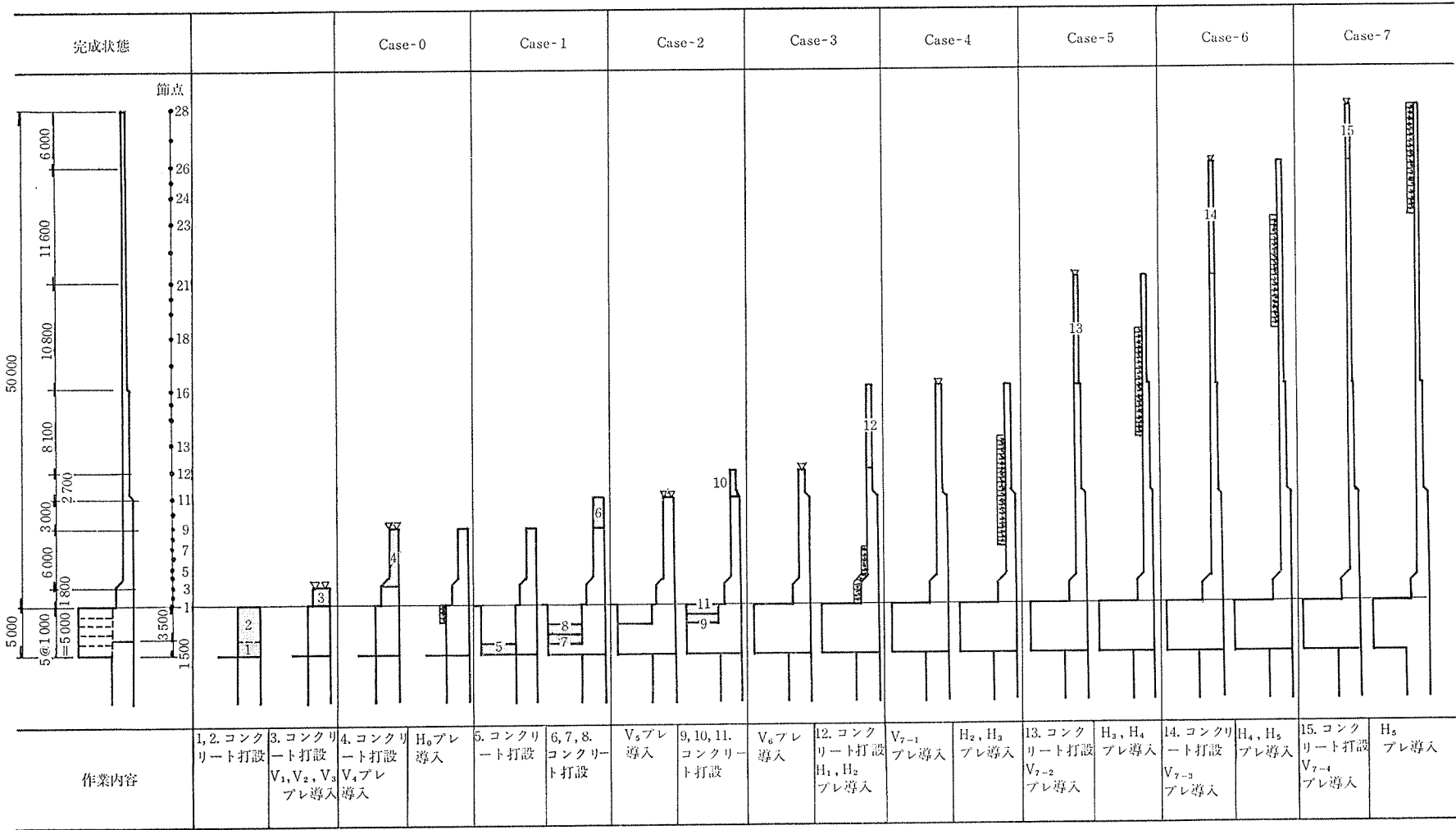


図-26 実施施工手順図

表一2 円周方向プレストレスによる変位および円周方向軸応力度（導入時）

$$\sigma = \frac{K_V \cdot \delta \cdot R}{t}$$

ここに、 $\sigma$ ：円周方向軸応力度  
 $K_V$ ：連続弾性支承バネ定数  
 $\delta$ ：側壁の変位  
 $R$ ：側壁の半径  
 $t$ ：側壁厚

施工時許容軸引張応力度  
 $\sigma_a = -10.0 \text{ kg/cm}^2$

単位： $\delta$ ；mm  
 $\sigma$ ；kg/cm<sup>2</sup>

SECT CASE		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28		
0	$\delta_0$	0.22	0.21	0.18	0.13	0.08	0.04	0.01	-0.02	-0.04																					
	$\sigma_0$	7.8	7.4	6.4 6.6	4.8	2.9	1.5	0.4	-0.7	-1.5																					
1	$\delta$	0.00	0.18	0.53	0.88	1.06	1.03	0.83	0.55	0.31	0.05	-0.08	-0.05	0.00	0.00	0.00	0.00														
2	$\sigma$	0.0	4.0	11.9 19.5	32.3	38.9	37.8	30.5	20.2	11.4	1.8	-2.9 -2.9	-1.8	0.0	0.0	0.0	0.0														
3	$\sigma_0 + \sigma$	7.8	11.4	18.3 26.1	37.1	41.8	39.3	30.9	19.5	9.9	1.8	-2.9 -2.9	-1.8	0.0	0.0	0.0	0.0														
4	$\delta$	0.00	0.00	0.02	0.08	0.23	0.46	0.77	1.10	1.37	1.68	1.94	2.01	0.97	0.01	-0.08	-0.10														
	$\Sigma\delta$	0.00	0.18	0.55	0.96	1.29	1.49	1.60	1.65	1.68	1.73	1.86	1.96	0.97	0.01	-0.08	-0.10														
	$\sigma$	0.0	4.0	12.3 20.2	35.3	47.4	54.7	58.8	60.6	61.7	63.5	68.3 66.4	70.0	34.6	0.4	-2.9	-3.6														
	$\sigma_0 + \sigma$	7.8	11.4	18.7 26.8	40.1	50.3	56.2	59.2	59.9	60.2	63.5	68.3 66.4	70.0	34.6	0.4	-2.9	-3.6														
5	$\delta$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.02	0.84	1.67	1.73	1.70	1.48	0.67	-0.02	-0.05	-0.04									
	$\Sigma\delta$	0.00	0.18	0.55	0.96	1.29	1.49	1.60	1.65	1.68	1.72	1.83	1.98	1.81	1.68	1.65	1.60	1.48	0.67	-0.02	-0.05	-0.04									
	$\sigma$	0.0	4.0	12.3 20.2	35.3	47.4	54.7	58.8	60.6	61.7	63.2	67.2 65.4	70.7	64.6	60.00	58.9	57.1 56.8	52.6	23.8	-0.7	-1.8	-1.4									
	$\sigma_0 + \sigma$	7.8	11.4	18.7 26.8	40.1	50.3	56.2	59.2	59.9	60.2	63.2	67.2 65.4	70.7	64.6	60.0	58.9	57.1 56.8	52.6	23.8	-0.7	-1.8	-1.4									
6	$\delta$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.02	0.00	0.63	1.14	1.08	0.97	0.77	0.33	-0.01	-0.02	-0.01				
	$\Sigma\delta$	0.00	0.18	0.55	0.96	1.29	1.49	1.60	1.65	1.68	1.72	1.83	1.98	1.81	1.68	1.64	1.53	1.46	1.30	1.12	1.03	0.93	0.77	0.33	-0.01	-0.02	-0.01				
	$\sigma$	0.0	4.0	12.3 20.2	35.3	47.4	54.7	58.8	60.6	61.7	63.2	67.2 65.4	70.7	64.6	69.0	58.6	56.4 56.1	52.6	46.2	39.8	36.6	33.0	27.3	11.7	-0.4	-0.7	-0.4				
	$\sigma_0 + \sigma$	7.8	11.4	18.7 26.8	40.1	50.3	56.2	59.2	59.9	60.2	63.2	67.2 65.4	70.7	64.6	60.0	58.6	56.4 56.1	52.6	46.2	39.8	36.6	33.0	27.3	11.7	-0.4	-0.7	-0.4				
7	$\delta$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	0.23	0.44	0.42	0.40	0.38	0.39		
	$\Sigma\delta$	0.00	0.18	0.55	0.96	1.29	1.49	1.60	1.65	1.68	1.72	1.83	1.98	1.81	1.68	1.64	1.58	1.48	1.30	1.12	1.03	0.92	0.76	0.56	0.43	0.40	0.39	0.38	0.39		
	$\sigma$	0.0	4.0	12.3 20.2	35.3	47.4	54.7	58.8	60.6	61.7	63.2	67.2 65.4	70.7	64.6	60.0	58.6	56.4 56.1	52.6	46.2	39.8	36.6	32.7	27.0	19.9	15.3	14.2	13.9	13.5	13.9		
	$\sigma_0 + \sigma$	7.8	11.4	18.7 26.8	40.1	50.3	56.2	59.2	59.9	60.2	63.2	67.2 65.4	70.7	64.6	60.0	58.6	56.4 56.1	52.6	46.2	39.8	36.6	32.7	27.0	19.9	15.3	14.2	13.9	13.5	13.9		

表-3 導入プレストレスによる鉛直方向合成応力度

SECT CASE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28		
1	$\sigma_{PV}$	67.9	67.9	29.7	29.7	29.7	29.7	29.7	29.7	—	—																			
	$\sigma_{PH}$	±10.4	±5.2	±5.3 ±2.0	±0.4	±1.6	±1.8	±1.2	±0.4	±0.0	—	—																		
	合成 応力度 外 縁 内 縁	78.3 57.5	73.1 62.7	35.0 31.7 24.4 27.7	30.1	28.1	27.9	28.5	29.3	29.7	—	—																		
2	$\sigma_{PV}$	86.9	86.9	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	29.7	29.7	29.7	—																		
	$\sigma_{PH}$	±10.4	±5.2	±5.3 ±2.0	±0.4	±1.6	±1.8	±1.2	±0.4	±0.0	—	—	—																	
	合成 応力度 外 縁 内 縁	97.3 76.5	92.1 81.7	65.3 62.0 54.7 58.0	60.4	61.6	61.8	61.2	60.4	29.7	29.7	29.7	—																	
3	$\sigma_{PV}$	86.9	86.9	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	29.7	33.9	7.5	7.5	—	—	—	—														
	$\sigma_{PH}$	±30.3	±7.5	±14.6 ±5.4	±31.9	±36.0	±29.8	±11.6	±6.0	±11.7	±9.3	±12.6 ±3.9	±1.0	±0.6	±0.0	±0.0	±0.0													
	合成 応力度 外 縁 内 縁	56.6 117.2	79.4 94.4	74.6 65.4 45.4 54.6	91.9	96.0	89.8	71.6	54.0	18.0	24.6	20.1 11.3	8.5	0.6	0.0	0.0	0.0													
4	$\sigma_{PV}$	86.9	86.9	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	29.7	41.9	22.1	14.9	14.9	14.9	14.9	14.9														
	$\sigma_{PH}$	±29.8	±8.9	±5.9 ±2.2	±18.1	±19.3	±15.2	±9.4	±3.8	±1.1	±5.3	±7.8 ±2.3	±16.9	±0.8	±12.3	±3.4	±0.0													
	合成 応力度 外 縁 内 縁	57.1 116.7	78.0 95.8	65.9 62.2 54.1 57.8	78.1	79.3	75.2	69.4	63.8	28.6	36.6	14.3 19.8	31.8	14.1	2.6	11.5	14.9													
5	$\sigma_{PV}$	86.9	86.9	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	29.7	41.9	22.1	14.9	14.9	14.9	14.9	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4									
	$\sigma_{PH}$	±29.8	±8.9	±5.8 ±2.2	±18.1	±19.3	±15.3	±9.6	±4.1	±0.5	±4.6	±7.0 ±2.1	±5.5	±1.0	±0.8	±1.5	±2.1 ±1.5	±6.8	±1.4	±7.7	±1.9	±0.0								
	合成 応力度 外 縁 内 縁	57.1 116.7	78.0 95.8	65.8 62.2 54.2 57.8	78.1	79.3	75.3	69.6	64.1	29.2	37.3	15.1 20.0	20.4	13.9	14.1	16.4	19.5 18.9	24.2	16.0	9.7	15.5	17.4								
6	$\sigma_{PV}$	86.9	86.9	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	29.7	41.9	22.1	14.9	14.9	14.9	14.9	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4
	$\sigma_{PH}$	±29.8	±8.9	±5.8 ±2.2	±18.1	±19.3	±15.3	±9.6	±4.1	±0.5	±4.6	±7.0 ±2.1	±5.5	±1.0	±0.5	±1.9	±2.6 ±1.8	±0.5	±0.2	±0.2	±0.7	±0.7	±2.3	±0.9	±3.3	±0.7	±0.0			
	合成 応力度 外 縁 内 縁	57.1 116.7	78.0 95.8	65.8 62.2 54.2 57.8	78.1	79.3	75.3	69.6	64.1	29.2	37.3	15.1 20.0	20.4	13.9	14.4	16.8	20.0 19.2	16.9	17.2	17.6	16.7	16.7	19.7	16.5	14.1	16.7	17.4			
7	$\sigma_{PV}$	86.9	86.9	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	29.7	41.9	22.1	14.9	14.9	14.9	14.9	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4
	$\sigma_{PH}$	±29.8	±8.9	±5.8 ±2.2	±18.1	±19.3	±15.3	±9.6	±4.1	±0.5	±4.6	±7.0 ±2.1	±5.5	±1.0	±0.5	±1.9	±2.6 ±1.8	±0.5	±0.2	±0.2	±0.5	±0.5	±0.0	±0.7	±0.9	±0.7	±0.5	±0.0	±0.0	
	合成 応力度 外 縁 内 縁	57.1 116.7	78.0 95.8	65.8 62.2 54.2 57.8	78.1	79.3	75.3	69.6	64.1	29.2	37.3	15.1 20.0	20.4	13.9	14.4	16.8	20.0 19.2	16.9	17.2	17.6	16.9	16.9	17.4	16.7	16.5	16.7	16.9	17.4	17.4	

施工時許容曲げ引張応力度  $\sigma_a = -15 \text{ kg/cm}^2$

置、風力計、避雷針

写真-4 はスリップフォーム解体作業中のタワークレーンである。



写真-4

(2) 昇降設備

主として作業員の昇降に利用するため、地上からの高さ 20 m までは登り階段を、20 m 以上ではゲージタイプ人荷兼用エレベーターを設置し、仮設階段と併用した。

〔エレベーター〕

形 式：ゲージタイプ、人荷兼用エレベーター

積載重量：1000 kg, 12 人

昇降速度：31 m/min

電 力：7.5 kW

(3) 積込設備

材料置場における鉄筋、および PC 鋼材等の積卸し、小運搬、整理のため 2.5t 吊りの門形クレーンを同場内に設置した。

〔門形クレーン〕

形 式：門形クレーン

吊上げ荷重：2.5 t

走 行：電動

横 行：電動

支 間：7 m

走行延長：30 m

電 力：3.7 kW

(4) その他の仮設設備

その他の仮設設備として、給気、給水設備、150 kW 容量の受電設備を設置した。表-4 に各種機械の使用工程を示す。

3.2 スリップフォーム工法による施工について

(1) スリップフォーム工法の概要

スリップフォーム工法とは、作業床や吊足場と一体となった側型枠をジャッキ等を使用してコンクリートの硬

表-4 主要機械使用工程表

機械名	年月	53												備 考	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
スリップフォーム	片面														
	両面														
タワークレーン (JCC 180)	21 m														
	39 m														
	57 m														
エレベーター	12人乗り														
門形クレーン	2.5t吊り														
受電設備	150kW														
給水設備	1式														
給気設備	1式														
フレッシュャッキ	SF型 4台														12T 15.2 mm
	S-6型 8台														12T12.7mm,12T12.4mm
	E型 8台														12φ8mm
DW ジャッキ	50t 2台														φ32mm 95/110
S M ジャッキ	21.8mm8台														1T 21.8mm
グラウトミキサー	2台														
グラウトポンプ	3台														
スチームウォッシャー	30kg/cm <sup>2</sup>														
ハイウォッシャー	60kg/cm <sup>2</sup>														
		地下RC 施工期間					地上PC 部施工期間								



化に合わせて上昇させることによって、連続してコンクリートを打設し構造物を築造する方法であり、スリップフォーム上昇に伴う型枠の形状変化が可能であるゆえ、高層建造物の建造等に適した工法である。スリップフォーム工法の特徴をあげると以下のとおりである。

- 1) コンクリートを連続して打設することができ、打継ぎ部の少ない一体化した構造物の築造が可能である。
- 2) 型枠については、側壁築造途中において解体、組立ての必要がほとんどない。したがって、型枠組立て、解体のために作業中断することなく、コンクリートを連続して打設することができるため、工期の短縮がはかれる。
- 3) 作業床や、吊足場等はスリップ開始時に組み立てておけば、型枠と同時に上昇するゆえ、途中での組立ては不必要である。
- 4) 作業床や吊足場は、設置当初において十分な設備を施しておけば、高所作業となってもそのまま十分に安全に利用できる。
- 5) 連続してコンクリートを打設できるため、施工は同一作業の繰返しとなり品質の安定した構造物の築造が可能である。
- 6) 型枠下方より未硬化のコンクリートがあらわれるため、コンクリートの品質管理には十分注意を払う必要がある。
- 7) コンクリートを連続して打設するため昼夜連続作業となることや、鉄筋組立て等もコンクリート打設と併行して行うため、全支保工施工法およびジャンピングフォーム施工法と比較して作業員を多く必要とする。
- 8) 全支保工施工法と比較して仮設備が大がかりとなる。

(2) スリップフォーム工法の施工手順

スリップフォーム構台は地下 RC 基礎底盤上で内面のみ組み立て、片面スリップの状態で G.L.+2.700 m まで地下部の側壁を打ち上げたあと両面スリップに組み替

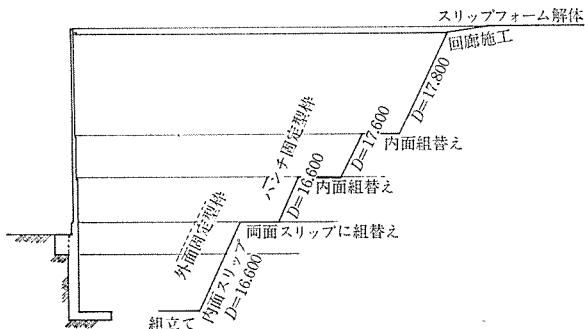


図-27 スリップフォーム施工手順図

え、壁厚変化に合わせて内面型枠を順次変化させて内径を大きくしながら上方にスリップしていき、側壁最上部で内面型枠を取りはずし、上部回廊の施工完了後、スリップフォームの解体を行う。スリップフォーム構台の組立て、組替え、解体は JCC 180 を使用して行った。スリップフォームの施工手順を 図-27 に示す。

(3) スリップフォームの構造

スリップフォームとは、硬化したコンクリート中のロッドを支点としてジャッキにより上昇滑動する移動型枠

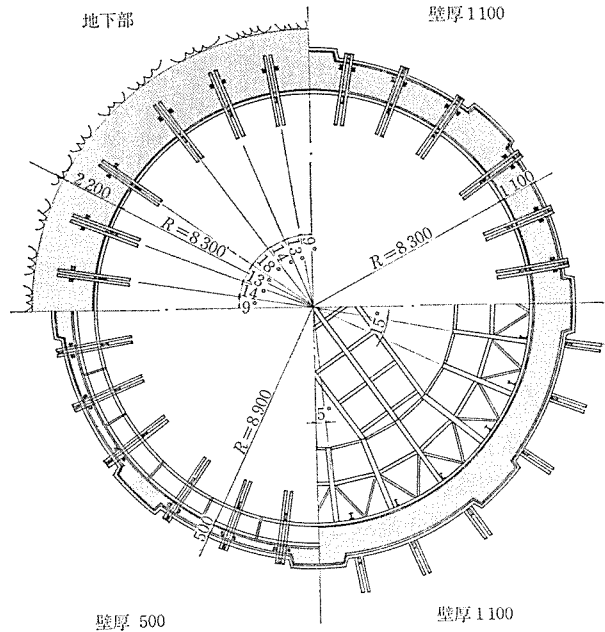


図-28 スリップフォーム骨組配置図

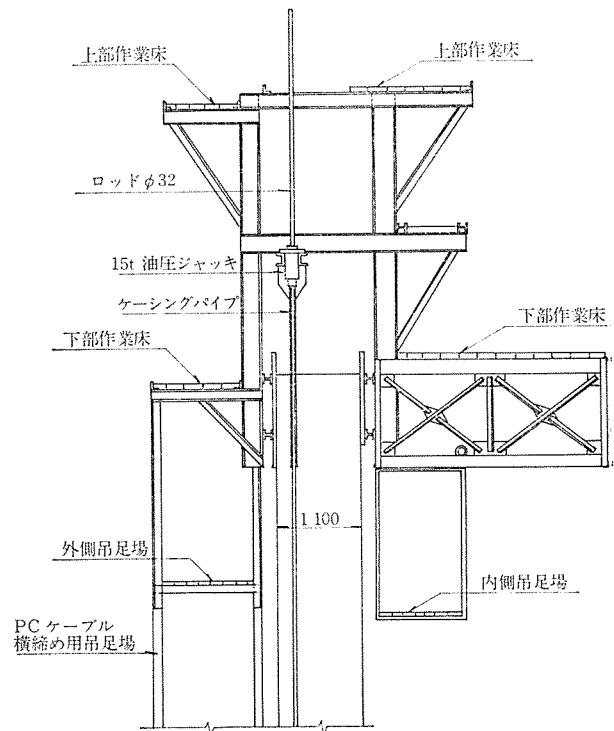


図-29 スリップフォーム断面図

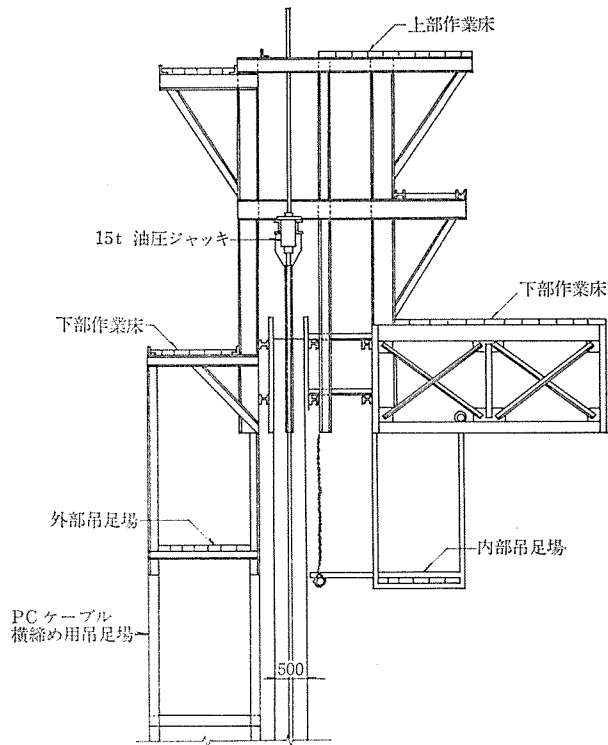


図-30 スリップフォーム断面図 (E.L. 861.600~890.000)

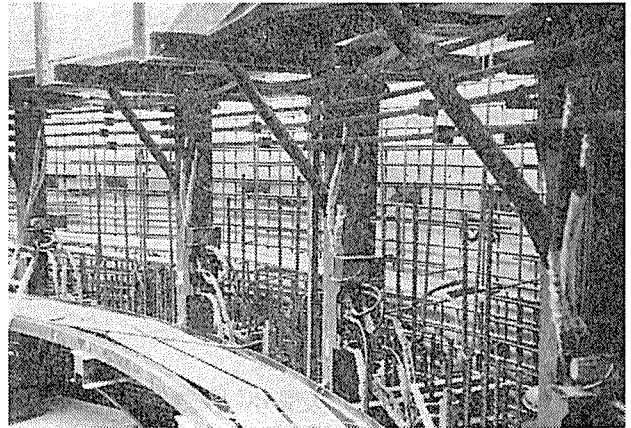


写真-7

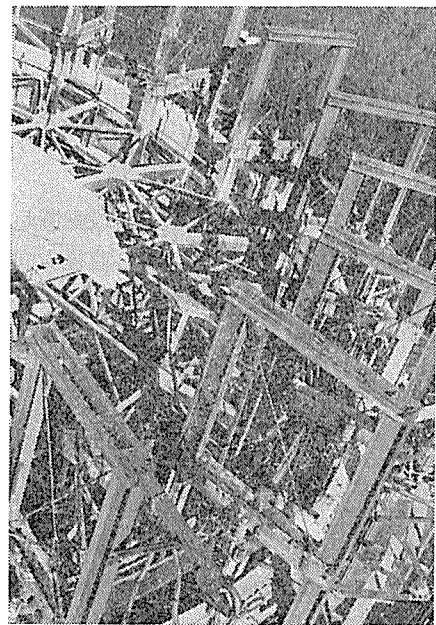


写真-8

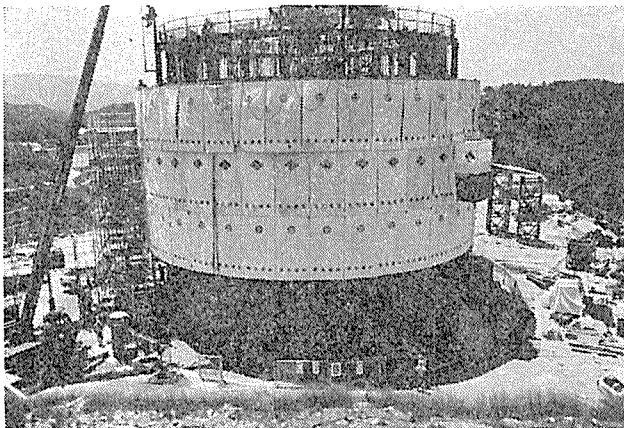


写真-5

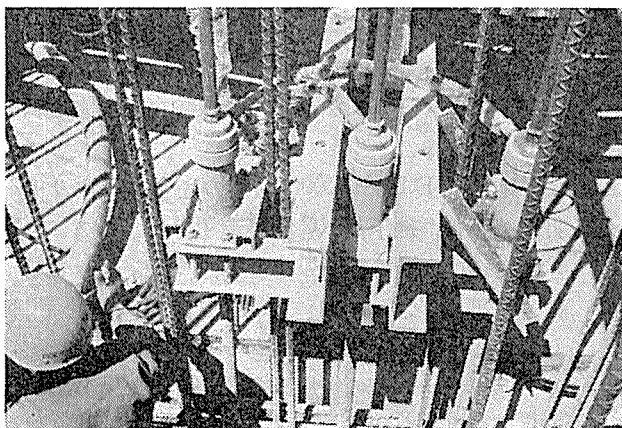


写真-6

作業台のことである。

部材は、メタルフォーム型枠、メタルを保持する腹起し、荷重を支持するジャッキ、ロッド、腹起しとジャッキを連結するヨーク(縦梁)円形トラス作業床、吊足場、操作機器、操作室、コンクリート投入設備等で構成されている。

スリップフォームの概略を 図-28~図-30 に示す。

写真-5~写真-8 はスリップフォームの外観、ジャッキ、水平制御装置、ヨーク等を示す。

〔スリップフォームの主要諸元〕

- 1) ヨーク数  $n=20$
- 2) 使用ジャッキ数 20 台
 

a. 12T ジャッキ	20 台	$12 \times 20 = 240 \text{ t}$	} 計 420 t
b. 6T ジャッキ	30 台	$6 \times 30 = 180 \text{ t}$	
c. 3T ジャッキ	1 台	(レベリング・水タンク用)	
- 3) メタルフォーム

報 告

亜鉛引き	1 500×300×55	外側
	1 200×300×55	内側

4) スリップフォーム構台重量 (概略)

a. 円形トラス	39 t
b. ヨーク関係	20 "
c. 作業足場関係	25 "
d. リング梁関係	10 "
e. 型 枠	6 "
計 100 "	

(3)-1 型 枠

本サージタンクの場合、大型 PC 構造物に特有であるケーブル縦締等による上昇休止が多く、非連続施工となり施工期間が約 10 か月となるため、発錆の危険がある。よって、スリップフォームに使用する型枠は、亜鉛メッキを施したメタルフォームとした。メタルフォームの長さは、スリップフォームのスライド速度およびスリップフォームの停止時の縁切り作業を考慮して、内側を 1.2 m、外側を 1.5 m とした。

腹起しは、H鋼を曲げ加工し上下 2 段配置して縦ヨークとボルトにより固定し、円周および直径方向にはトラス部材を配し、型枠の変形防止および作業床、コンクリート投入用ホッパー受台の機能を備えた。なお円周方向の剛性を上げるためにジャッキ受台部と上部作業床部にリングビームを 2 段配置した。

(3)-2 クライミングジャッキ

クライミングジャッキは  $\phi 32$  mm ロッドを支点として、構造物自重、スリップフォーム重量、作業荷重等の荷重を受け、かつ油圧作動の尺取虫運動により、型枠の上昇を司る装置である。

スリップフォームが円周方向各ポイントにおいて、同時に同一量上昇するために、各ヨークにレベル上昇制御装置を取り付けておき、自動制御によりヨークが一定の高さに達したときに各ジャッキの油圧圧送を停止するようになっている。また、最大ジャッキストロークは 12 t 用で 70 mm、6 t 用で 30 mm である。通常ストロークは、スライド速度およびコンクリートの硬化状態、縁切りの必要性等から決まるが、今回は 20~25 mm 程度を標準とした。

また、ジャッキ能力算定手順を示すと以下のとおりである。

① 構台重量	100
② 摩擦抵抗	$0.7 \text{ t/m} \times 18.0 \text{ m} \times \pi \times 2 = 79$
③ 使用機械重量	5
④ 作業床荷重	$250 \text{ m}^2 \times 150 \text{ kg/cm}^2 = 37$
⑤ コンクリート投入設備	11
⑥ 吊足場	$80 \text{ m}^2 \times 150 \text{ kg/cm}^2 = 12$

⑦ 鉄筋および PC 鋼材	10
	$\Sigma W$ 254 t

衝撃係数  $i=0.1$

ジャッキ受持ち総重量

$$\Sigma W_t = 1.1 \times \Sigma W = 1.1 \times 254 = 280 \text{ t}$$

ジャッキ能力  $P_a = 420 \text{ t}$

ジャッキ能力率  $K = \frac{280}{420} = 0.666 \quad 67\%$

(3)-3 クライミングロッド

クライミングロッドは、スリップフォーム構台自重および作業荷重等を下部構造に伝達するためのものであり、座屈防止ケーシングと一体にして使用した。ロッドは上部においてはヨーク型枠の剛性により固定されており、下部においては、硬化中および既硬化コンクリートによる側方拘束されている。

ロッドの径  $\phi 32$  mm

ケーシング径  $\phi 48.6$  ( $t=3.2$ )

ロッドは工事終了後引抜き回収し、ロッド穴はグラウト注入により充填処理した (図-31 参照)。

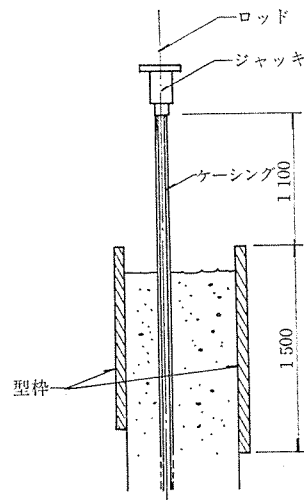


図-31 ロッドケーシング取付け

(4) スリップフォーム工法による施工

1) 作業順序の詳細

スリップフォーム工法による作業順序を示すと以下のとおりである。

- ① 地下部 E.L. 818.000 までの底盤コンクリート打設終了後、地下部 RC 壁築造用のスリップフォーム構台 (内面型枠のみ) を組み立てる。
- ② 地下 RC 部について、鉄筋組立て作業と併行し、E.L. 835.000 までコンクリート打設する。
- ③ 基礎リング部の壁厚 2 200 の個所に対して、外面に固定型枠を組み、下方より 1 500 と 3 500 に分割し、Uターンケーブルを配置して、E.L. 840.000

までコンクリート打設する。

④ E.L. 841.800 までの側壁に対して外面に固定型枠をセットし、鉛直、円周ケーブルのシースのみを配置したあと、内面のスリップフォームを所定位置に移動し、コンクリートを打設する。

⑤ 鉛直ケーブルの緊張、グラウチングの終了後、壁厚が 1 800~1 100 に変化するため外面にハンチ型枠を組み立て、内面はスリップ型枠を所定位置に移動し、E.L. 842.700 までコンクリートを打設する。

⑥ スリップフォーム構台の外面にも型枠を取り付け、両面スリップ型枠として壁厚 1.1 m を鉛直方向について 2 段階に区分し、鉄筋、シースの組立てを行いながら E.L. 851.800 までコンクリート打設する。本作業工程においては、中段にて鉛直ケーブルの緊張グラウチングを行うとともに、鉛直鋼材が 12 T 15.2 mm から  $\phi$  32 mm 鋼棒に変わるために PC 鋼棒の配置を併せ行った。また構台の上昇に合わせて外周吊足場を組み立てる。

⑦ 壁厚が 1 100 から 600 に変化するため、内側にハンチ型枠を組み E.L. 852.500 までのコンクリートを打設する。

⑧ 壁厚が 60 cm に変わるゆえ、スリップフォームの内型枠を 50 cm 前方に出し、E.L. 853.500 までのコンクリートを打設し、鉛直鋼棒の緊張グラウチングを行う。

⑨ E.L. 861.600 までの 8.1 m に対して鉄筋配置、円周ケーブルのシース配置、定着具取り付け鉛直鋼棒の配置を行いながらコンクリート打設し、外周吊足場を利用して下段の円周ケーブルの緊張を行い、次に鉛直 PC 鋼棒 ( $V_{r-1}$ ) の緊張、上段の円周ケーブルの緊張と当該作業における全ケーブルのグラウチングを行う。

⑩ 壁厚が 60 cm から 50 cm に変わるため、スリップフォームの内型枠を 10 cm 前方に出し、E.L. 872.400 までの 10.8 m を昼夜連続でコンクリート打設を行い、鉛直鋼棒の緊張、円周ケーブルの緊張とグラウチングを行う。

⑪ E.L. 884.000 までの 11.6 m をコンクリート打設し緊張とグラウチングを行う。

⑫ E.L. 889.800 までの 5.8 m をコンクリート打設し、緊張、グラウチングを行う。

⑬ スリップフォームの内型枠を解体し構台と外型枠を利用して回廊部の施工を行う。

⑭ JCC 180 を利用してスリップフォームを解体し、ロッドを抜き出し、ロッド穴にグラウチングを施す。

## 2) 型枠の滑動

スリップフォーム工法の場合、型枠より離脱したコンクリートが型枠内部のコンクリートを支持する必要があり、その必要強度は型枠高さを 1.5 m とした場合、

$$\sigma = h \times \gamma_w = 150 \times 0.0024 = 0.36 \text{ kg/cm}^2$$

ここで、

$\sigma$  : スリップフォーム離脱最小コンクリート強度  $\text{kg/cm}^2$

$h$  : 型枠高さ cm

$\gamma_w$  : コンクリートの単位重量  $\text{kg/cm}^3$

となるが、従来の実績および安全率を考慮し、離脱時最小強度は約 3 倍の  $\sigma_c = 1.0 \text{ kg/cm}^2$  とした。したがって、この強度確認のため、初期強度試験を行って型枠上昇に対してコンクリート離脱のないよう施工した。

コンクリート打設中、コンクリートと型枠の縁切りのため少なくとも 30 分に 1 回の割合にてジャッキアップが必要であった。

ジャッキアップによるコンクリートと型枠の縁切りはコンクリート打設中止時に必要であり、各ブロック最終コンクリート打設終了後も引続きジャッキアップを行い、完全にコンクリートと型枠を縁切りして、次回型枠滑動開始時において過大荷重がジャッキに作用することを防止した。

気温、コンクリートの配合等により、ジャッキアップによる縁切り作業の継続時間は変化するが、本工事では 4~6 時間行った。

## 3) 養生

本工法では、コンクリートが完全に硬化しない状態で大気中に露出するため、急激な乾燥を起し、壁体にクラックの発生する危険があるため、型枠より抜け出したコンクリートの表面仕上げ後、24 時間ほどで散水パイプを配置して、大略一週間散水養生を行った。

## 3.3 実施工程

本調圧水槽の築造地点は標高が 840 m の山間地であり、過去に冬期で最低  $-20^\circ\text{C}$  に達した記録があるゆえ、工程を立案するに際して、地上より上方における部分に対しての冬期施工は不可能であると考えた。

地下部は地表面より 22 m 下方にあり直下を通過している導水路トンネルより比較的暖かい風が吹き上げており、冬期でも養生を十分に行えば施工は十分可能と判断し、底盤の鉄筋組立てを 1 月 20 日より開始し、地上部コンクリート打設を 10 月中に完了することとした。

施工工程の実績は 図-32 の実施工程図に示すとおりである。

## 3.4 コンクリート打設と特徴

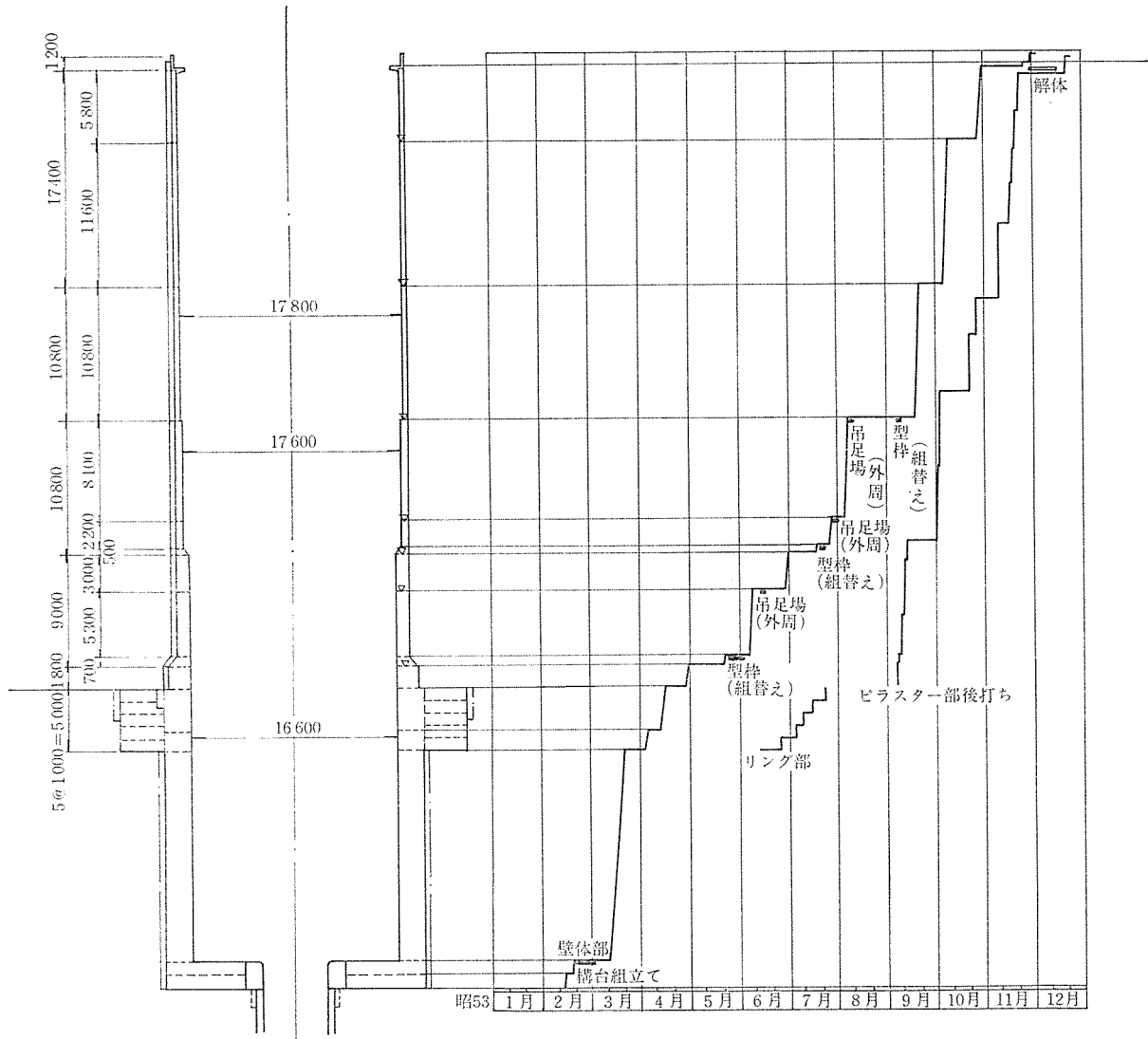


図-32 導水路調圧水槽工事実施工程表

(1) コンクリート打設

本構造物は、スリップフォーム工法による施工であるゆえ、コンクリートはできる限り連続打設すべきであるが、断面変化による型枠の組替えや、鉛直ケーブルの緊張のために連続打設ができず 図-26 に示す実施施工順序図のようにブロックに分割して施工せざるを得なかった。

また、コンクリートは現場より約 10 km の地点にある生コン工場 (JIS 工場) より購入・運搬し、打設は JCC 180 タワークレーンにてスリップフォーム中央に配置したホッパーに吊上げ、水平ベルト、コンベアーを使って打ち込み、高周波バイブレーターを使って十分に締め固めた。

作業員の平均的人員編成は 表-5 に示すとおりである。

(2) コンクリートの配合と特徴

本調圧水槽の壁厚は PC 部最下段 (リングビーム) よ

表-5 コンクリート打設時の作業員編成

作業内容	人員編成	
	昼間作業	夜間作業
世話役	1人	1人
クレーン運転手	1	2
生コン受けおよび投入	4	4
コンクリート締め固め	5	5
型枠清掃および壁面仕上げ	3	3
クライミングロッド継足し	1	
鉄筋組立て	5	3
シース定着具取付け	3	3
作業床清掃および雑工	2	1
スリップフォーム製作	1	1
機電工	1	1
計	27	24
総計	51	

夜間の作業は、打設速度を遅くした。

り上方に向うに従って、2 200、1 800、1 100、600、500 と変化しており、特に下方の壁厚 2 200~1 100 では硬化時の発熱が大きいと思われるため、セメントは中庸熱セ

表—6 コンクリート配合表

中庸熱ポルトランドセメント

種 別	粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプの範囲 (cm)	空気量の範囲 (%)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 S/a (%)	単 位 量 (kg/cm <sup>3</sup> )					単位混和剤 Pozz No.5L (g)	備 考
						水 W	セメント C	細骨材 S	粗 骨 材 G ○ ○			
A	40	6 以下	3±1	48.8	38.0	161	330	702	638	516	825	RC部
B	40	5 以下	4±1	44.0	34.0	132	300	656	391	907	750	PC部
普通ポルトランドセメント												
C	25	5 以下	4±1	44.1	43.0	150	340	794	1070		850	PC部

- (注) 1) A: 砕石 B, C: 遠山川産砂利, 砂  
 2) A: ① 40~20 mm, ② 20~5 mm, B: ① 40~25 mm, ② 25~5 mm, C: 25~5 mm  
 3) 壁厚 t による配合 A: t=2.2m, B: t=2.2m, 1.8m, 1.1m, C: t=0.6m, 0.5m

メントを使用したうえ、単位セメント量を 300 kg/cm<sup>3</sup> とした。壁厚 600~500 においては、普通セメントを使用し、単位セメント量は 340 kg/cm<sup>3</sup> とした。また骨材はすべて天然の川砂利、川砂を使用した。粗骨材最大寸法は中庸熱セメント配合の場合、40 mm、普通セメントの場合 25 mm とした。

上記の条件で設計必要強度 350 kg/cm<sup>2</sup> を出すためには、W/C を小さくする必要があったが、W/C を小さくしたことにより、練上りスランプが約 5 cm、現場着ス

ランプが約 3~4 cm となったため、コンクリート打設は非常に困難となった。したがって、スランプロスを回復するために、現場でコンクリート打設直前に、花王のマイター FD を混合し、スランプ 6 cm 程度でコンクリートを打設した。

本構造物の施工に使用したコンクリートの配合は表—6 に示すとおりである。

また、コンクリートの圧縮強度試験の結果を表—7、若令時強度試験結果を表—8 に示す。

表—8 若令試験結果表

採 取 年 月 日	配合種別	スランプ air 外 気 温	マイター 添 加 量	添 加 後 ス ラ ン プ air	若 令 強 度 (kg/cm <sup>2</sup> )					試 験 時 温 外 気 温
					4 H	5 H	6 H	8 H	10H	
53. 3. 2 試験線	300-5-40	6.8 cm 4.4%			0.4	0.9	0.9	1.2	1.8	
					0.5	0.8	0.9	1.5	1.7	
					0.45	0.85	0.9	1.35	1.75	
3.10 試験線	"	5.2 4.0	C×0.3%	7.7 cm 3.8%	0.25		0.8	1.3	2.53	
					0.34		0.76	1.26	2.56	
					0.29		0.78	1.28	2.54	
9.17	340-5-25				1.9					
					2.0					
					1.7					
9.19	"				3.0		10以上			
					2.6		10以上			
					2.8		10以上			
10. 6	"	3.8 4.0 23°	C×0.25%	9.0 4.2	1.8		4.9			4H 15°
					1.8		4.9			6H 16°
					1.8		4.9			
"	"	4.0 3.9 11°		6.0	1.0		1.8			4H 8°
					1.1		1.9			6H 8°
					1.05		1.85			
10. 7	"	4.0 3.8 19°	C×0.25%	7.0 4.3	2.3		5.3			4H 14°
					2.5		5.4			6H 16°
					2.4		5.35			
"	"	3.5 4.0 10°		5.9	0.9		2.2			4H 10°
					1.1		2.3			6H 10°
					1.0		2.25			
10. 8	"	3.5 4.1 21°	C×0.25%	6.9 4.1	1.3		4.3			4H 16°
					1.4		4.5			6H 16°
					1.35		4.4			
"	"	4.2 3.7 10°		6.8	1.2		1.6			4H 8°
					1.1		1.7			
					1.15		1.65			6H 7°







3.5 PC 工

PC 鋼材の配置は 図-4~図-8 に示すとおりであり、鉛直円周両方向の鋼材を合せて 6 種類の PC 鋼材を使用した。

各 PC 鋼材は  $\phi 32$  mm PC 鋼棒を除いてコンクリート打設時には、シースおよび定着具の一部のみを配置し、PC 鋼材のシース内への配置は挿入により、プレストレッシング直前に行った。PC 鋼材の配置を後挿入による方法としたのは、配置 PC 鋼材の中には、プレストレスを与えグラウトを施工するまでの期間が 3 か月をこえるものもあり、コンクリート打設時に PC 鋼材を配置しておく、PC 鋼材にサビが発生しプレストレッシング時の摩擦が大きくなり、設計計算どおりのプレストレスの導入が不可能なことや、PC 鋼材の品質に悪い影響を与えることを避けるためである。シースは上述の理由で、すべて亜鉛メッキを施し、肉厚も一般に使用する場合より厚くした。

各鋼材に使用したシースについて、径と肉厚を 表-9

表-9 鋼材別使用シース

方向	鋼材種類	シース径	シース肉厚	備 考
円	12 T 12.7	65	0.4	亜鉛メッキを施したもの
	12 T 12.4	65	0.4	〃
	12 $\phi 8$	50	0.3	〃
	1 T 21.8	35	0.3	〃
鉛	$\phi 32$	45	0.25	〃
	12 T 15.2	直線	81	0.4
Uター		94.6	3.5	(SGP) 〃

に示す。

緊張力導入は、図-26 に示す実施施工順序に従ってコンクリートの圧縮強度が  $270 \text{ kg/cm}^2$  以上に達したときに行った。各種 PC ケーブルのプレストレッシングは、以下のごときジャッキ台数を投入して行った。すなわち、 $\phi 32$  mm PC 鋼棒については、センターホールの DW ジャッキ 2 台、12 T 15.2 mm についてはフレシネージャッキを 4 台、12 T 12.7 mm, 12 T 12.4 mm, 12  $\phi 8$  mm については、フレシネージャッキ 8 台、1 T 21.8 mm については SM ジャッキを 8 台同時に使い施工した。円周方向のプレストレッシングにおけるジャッキの取付け位置は、図-33 に示すとおりである。

シース内へのグラウト注入は、鉛直、円周方向の各

PC 鋼材のプレストレッシング後、直ちに行った。

表-10 にグラウトの配合を示す。

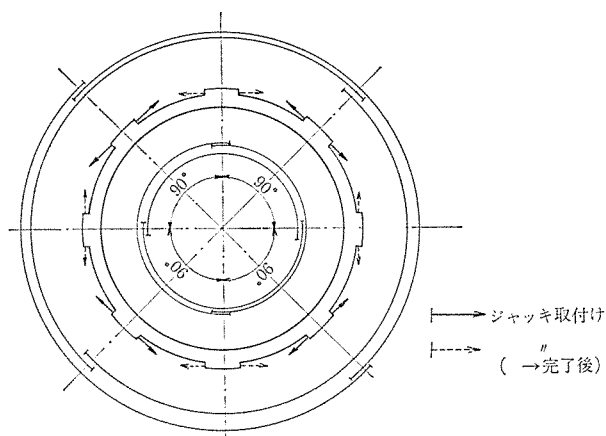


図-33 ジャッキ取付け位置

表-10 グラウト配合表

	水・セメント比 W/C	セメント C	水 W	ポゾリス (Po) No.8 C× 0.0025	アルミ粉末 (Al) C×0.005%
1 m <sup>3</sup> 配合	40%	1335.2kg	541.3 kg	3.38 kg	67.7 g
1 バッチ配合		160	64	0.4 kg	8 g

4. あとがき

わが国最大の規模をもつ、地上高約 50 m の調圧水槽を、プレストレスコンクリートで構築することを計画し、スリップフォーム工法により昭和 53 年 11 月コンクリートの打設を完了した。でき上がった構造物は、施工精度もよく、クラックやジャンカ等漏水の原因となるものは、全く認められなかった。これは、コンクリートの配合設計において、熱発生を極力小さくするよう配慮したこと、高流動減水剤の使用により施工性のよいコンクリートが施工できたこと、打設工程、打設設備計画が適切であったことによると思われる。そのうえ、スリップフォームの採用により、PC 工事の煩雑な施工もスムーズに行えた。

今後、巨大な PC 構造物の施工に、作業の安全性からも、スリップフォーム工法が多く用いられるものと考えられるが、設計段階でこの工法の特徴を生かすように配慮すれば、さらに効率のよい施工が可能である。

【昭和 54 年 8 月 23 日受付】