

## 松本市上水道 PC 配水槽の設計と施工について

鳥羽 茂三郎\*  
 鈴木 茂\*\*  
 細川 久雄\*\*\*

### 1. ま え が き

本 PC 配水池は、松本市水道局が市街地給水量の需要増に対処して、配水池容量の増加と給水圧の適正化を計るために、蟻ヶ崎に新設したものである。この計画は、昭和 35 年度より実施され、市街地および未給水地区を対象とした拡張事業の一環として実施しているもので、その基本計画は次に示すとおりである。

給水区域：市街地南西部の低地域

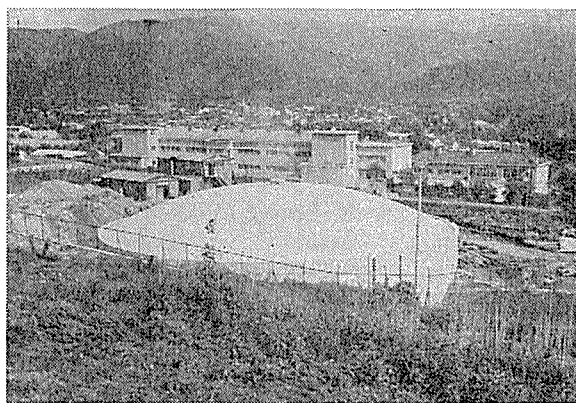
給水人口および給水量：40 000 人，1 日最大給水量 14 830 m<sup>3</sup>

有効容量：1 基 2 500 m<sup>3</sup> × 2 基 = 5 000 m<sup>3</sup>

この配水池の構造と形状の決定にあたっては、鉄筋コンクリートと鋼製水槽に対し、構造物の水密性、耐久力、施工の難易、維持管理、工費、美観等について、比較検討を行なった。その結果、プレストレストコンクリート構造による半地下式円筒シェル体の採用となった。屋根の構造は、美観上より円形ドーム形式をとった。

また、この配水池の建設用地は、盛土にて整地したところであるため、地耐力が十分期待できる在来地盤まで、掘削する必要が生じ、半地下式とした。したがって、露出部は構造物の外形検査が、簡単に行なえることを考慮した。

写真-1 完成した PC 配水槽



\* 松本水道局工務課長

\*\* 日本鋼弦コンクリートKK取締役工場長

\*\*\* 日本鋼弦コンクリートKK設計課長

以上の主旨にもとづき、計画された PC 水槽は、約 7 カ月の工期を経て完成したので、その設計と施工の概要をとりまとめ報告する。

### 2. 構造概要

#### (1) 構造要旨

構造設計における、諸元は次のとおりである。

形 式：半地下式円形ドーム屋根 PC 配水槽

工 法：フレッシュナー方式

有効水深：5.00 m（地上 2.00 m，地下 3.00 m）

水槽全高：9.35 m

内 径：25.30 m

貯水量：2 500 m<sup>3</sup>

側壁厚：20 cm

建設地：松本市蟻ヶ崎

この PC 配水槽の一般形状を図-1 に示す。

#### (2) 基礎および底版

建設地点の基礎地盤は、硬質粘土層で、十分な支持力が期待できる状態であった。したがって、不等沈下の生ずる危険もなく、基礎杭の必要性はなかった。

図-1 構造一般図

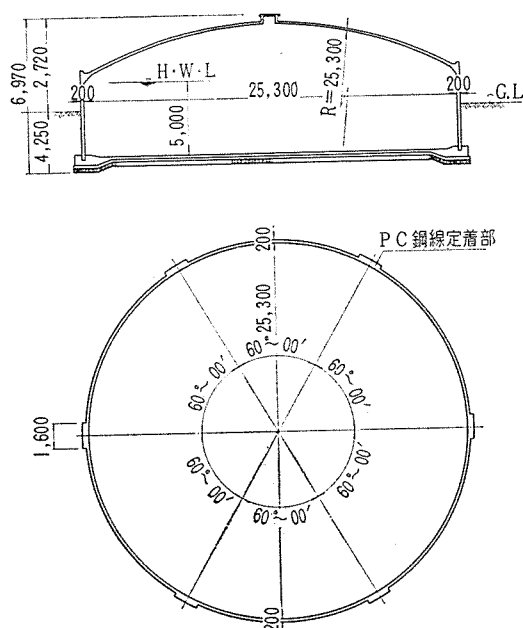
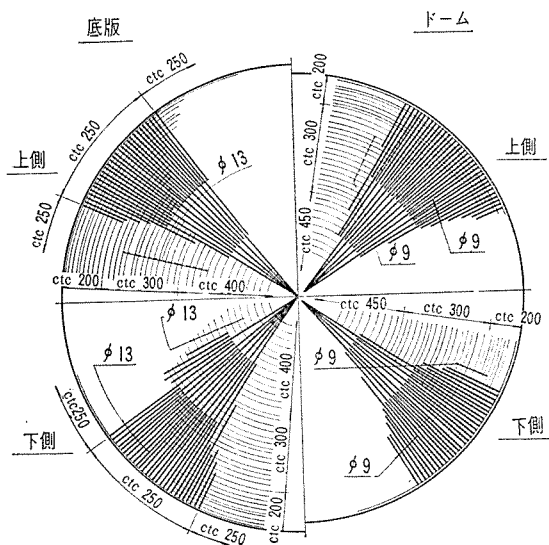


図-2 底版および屋根版配筋図



底版は、最下部に割栗石を 30 cm の厚さに敷きならし、十分つき固めを行なった。その上に、厚さ 20 cm の無筋コンクリートを施した。鉄筋コンクリート底版の配置方法は、図-2 のごとく底版の中心より放射状に、φ13 mm 筋を ctc 25~30 cm の間隔に配置した。また、円周方向に対しては、φ13 mm を ctc 25~40 cm の間隔に配筋した。この底版の厚さは 20 cm で、表面には配水ピットの方角に向って、約 0.3% の勾配を施した。底版周辺の側壁支承部分は、70 cm の底版厚として、十分な剛性をもたせるようにした。

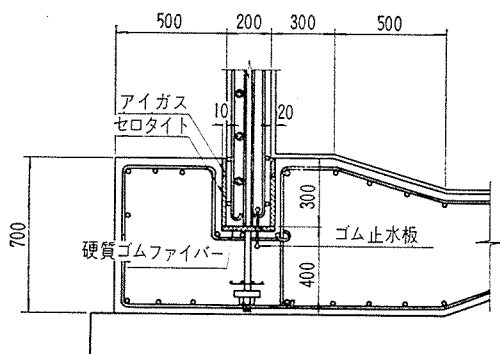
最後に、この鉄筋コンクリート底版の表面は、防水モルタルを 20 cm の厚さに施した。

(3) 底版と側壁との接合部

側壁下端部と底版面との接合部は、ヒンジ構造とするか固定構造とするかによって、側壁のフープテンションおよび鉛直方向曲げモーメントは相当異なってくる。本水槽においては、図-3 のようなヒンジ形式を採用した。

この側壁支承部は、漏水に対し弱点となりやすい部分なので、その条件とプレストレス導入の条件を満たすた

図-3 側壁下端部と底版面との構造



めに、側壁と底版は硬質ゴムファイバーとゴム質止水板をそう入して、φ24 mm 鋼棒で定着した。したがって、P C 鋼棒とシーすとの間に空げきがあるため、円周方向のプレストレス導入時において、側壁は自由滑動端とヒンジ端との中間の半滑動形式と考えることができる。しかし、水圧が作用する時期は、その空げきをグラウチングにより満たしているため、ヒンジ構造と考えた。

側壁内外側の目地部は、セロタイトの上にアイガスの填充を行ない、ヒンジ機能と防水に対処した。

(4) 側壁

側壁厚は計算上では、20 cm 以下でもよいが、鉄筋および P C ケーブルの配置、コンクリートの打設等を考慮し、20 cm 厚とした。この側壁の円周方向には、12-φ5 mm の P C 鋼製よりなるケーブルで、プレストレスを導入した。そのケーブルの間隔は、側壁下方で ctc 20 cm、上方では ctc 40 cm である。P C ケーブルの定着はフレッシェー方式で行ない、図-4 に示すように、一周ごとに 60° ずつ定着箇所をずらし、プレストレスの平均化を行なった。

P C 鋼線の緊張は、円周の 1/3 を巻いたケーブルの両端より、フレッシェー ジャッキ 6 台を同時に作動して行なった。その場合、定着部分の構造は、図-5 に示すような幅 1.60 m、厚 23 cm のリブを側壁の外側に設け

図-4 円周方向ケーブルの配置方法

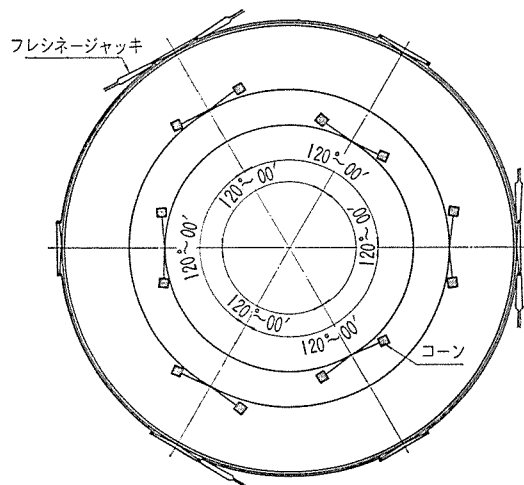
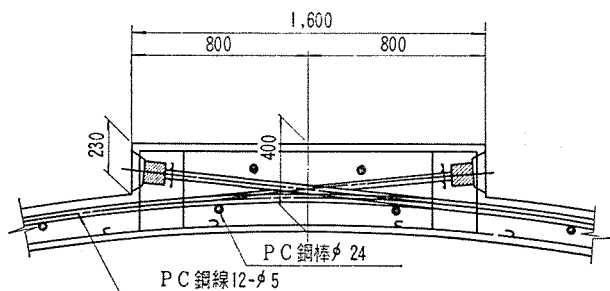


図-5 ケーブル定着部詳細図



定着を行なった。

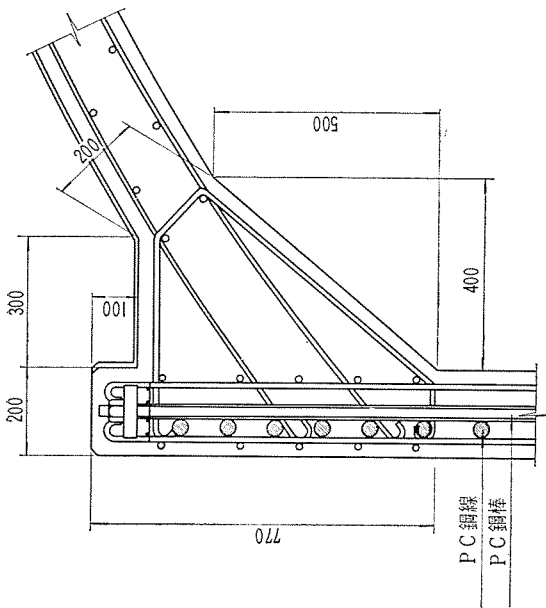
水圧による鉛直方向の曲げモーメントに対しては、 $\phi$  24 mm の P C 鋼棒 (3 種) を使用してプレストレスを導入した。その間隔は側壁下端より 2.50 m の高さまでは円周を 200 等分し、平均長さ ctc 40.0 cm とした。それ以上、頂辺までは ctc 80 cm の間隔に配置した。

側壁の防水工は、底板と同様に 20 mm 厚さの防水モルタルを施した。

(5) ドーム屋根

屋根は美観上より、半径 25.50 m のドーム形式とし、10 cm 厚の鉄筋コンクリート構造とした。屋根上の荷重は、積雪等を考え 200 kg/m<sup>2</sup> をとった。

図-6 ドーム基部リングはり断面



このドーム基部の周辺には、74.20 t の水平力が作用するので、P C 鋼線 12- $\phi$ 5 mm のケーブルを 6 本用いて、基部のリングはりに円周方向にプレストレスを導入した。このドーム基部のリングはりの断面形状は、図-6 に示すとおりである。

また、屋根の配筋は図-2 に示すように、中心より放射状に  $\phi$ 9 mm 筋を約 ctc 25 cm 間隔に、円周方向に 20~28 cm ピッチに配筋した。防水モルタルは表面に 20 mm 厚に施した。

3. 構造設計

(1) 水槽壁体の設計

a) 水圧および土圧によって生ずる応力

壁体に生ずるフープテンション、鉛直方向曲げモーメント、せん断力の計算は、弾性支承上の半無限長のはりと考えた。その場合、水槽壁

のたわみは、Timoshenko の理論により、次の一般式で表わされる。

$$\frac{d^2}{dy^2} \left( F \frac{d^2 w}{dy^2} \right) + \frac{Et}{r^2} w = p$$

ここに式中

$$F = \frac{E \cdot t}{12(1-\nu^2)}$$

E: 弾性係数

t: 水槽の壁厚

r: 水槽の半径

p: 弾性支承上のはりがうける分布荷重

$\nu$ : ポアソン比

また、弾性支承上のはりの解析に用いられる係数 B は、次式で求められる。

$$B = \sqrt[4]{\frac{\frac{Et}{r^2}}{4E \frac{t^3}{12(1-\nu^2)}}} = \sqrt[4]{\frac{3(1-\nu^2)}{r^2 t^2}}$$

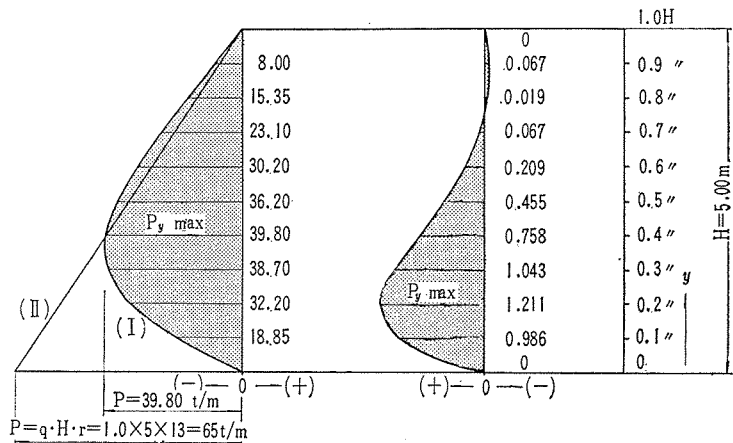
したがって、壁体に作用する水平方向および鉛直方向の荷重分布は、水槽高さ h、半径 r、壁厚 t に関するもので、 $\beta = h^2/2rt$  なる係数が要因となり、B は h の関数となる。

$$B = \frac{\sqrt{3(1-\nu^2)} \cdot \sqrt{2\beta}}{h}$$

以上の計算式によって、水圧と土圧によるフープテンション、鉛直方向曲げモーメントおよびせん断力を計算した結果は、図-7, 8, 9 のようになる。ここで設計上、一般に問題になるのは、フープテンションと鉛直方向曲げモーメントである。

b) 円周方向プレストレス 円周方向のプレストレ

図-7 水圧によるフープテンションおよび鉛直方向曲げモーメント



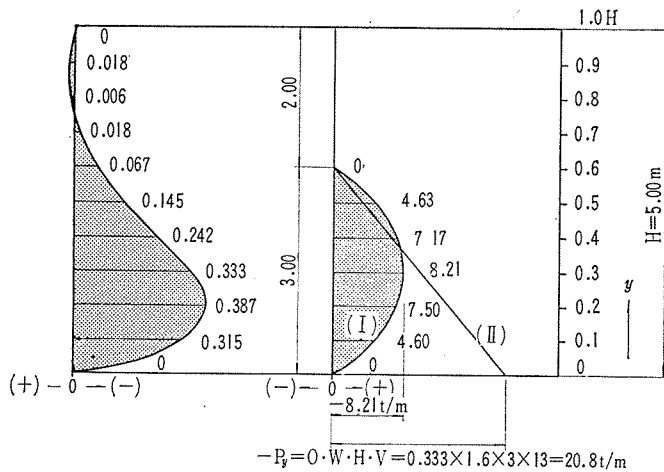
(a) 水圧によるフープテンション(t)

(b) 水圧による曲げモーメント(t-m)

(I): 側壁下端部ヒンジで変位のない場合

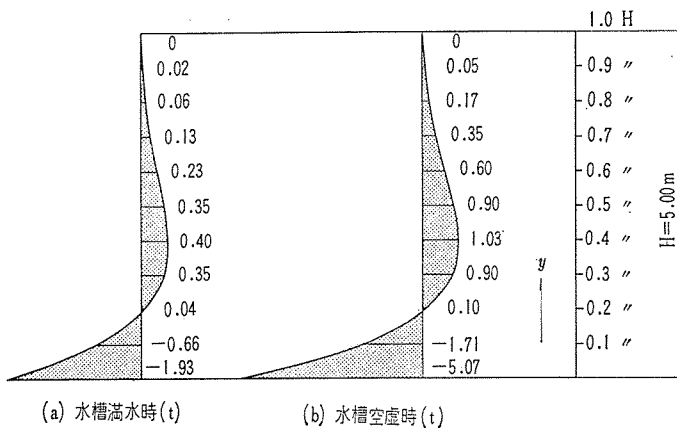
(II): 側壁下端部自由活動で完全に変位する場合

図-8 土圧によるリング圧縮力および鉛直方向曲げモーメント



(a) 土圧による鉛直方向曲げモーメント (t-m) (b) 土圧によるリング圧縮力 (t)  
(I), (II) とも図-7 に同じ

図-9 水槽が満水時および空虚時のせん断力



(a) 水槽満水時 (t) (b) 水槽空虚時 (t)

すは水圧のフープテンションに対し、 $10 \text{ kg/cm}^2$  程度余分にコンクリートの圧縮応力度を与えた。そして、土圧によるリング圧縮力の影響は、水槽が満水時および空虚時について加算し、その安全性の確認を行なった。

そこで、水槽の側壁に一樣な圧縮応力度  $10 \text{ kg/cm}^2$  を与えるために、必要な側壁高さ単位あたりのプレストレス力は  $20 \text{ t}$  である。PC鋼線は  $12-\phi 5 \text{ mm}$  を使用し、有効引張応力度を  $\sigma_{pe} = 75 \text{ kg/mm}^2$  とすると、1ケーブルあたりの有効緊張力は  $P_e = 17.60 \text{ t}$  となり、側壁  $1 \text{ m}$  あたりのPCケーブル数は  $20/17.60 = 1.14 \text{ 本/m}$  となる。

次に、水圧に対して側壁の外側より、水圧と同一のリング圧縮力を与えるために、必要なPCケーブル数は側壁の高さに沿って直線的に変化する。側壁下端における水圧  $65 \text{ t/m}$  に相応するPCケーブルの本数は、 $65.00/17.60 = 3.7 \text{ 本/m}$  である。したがって、以上の結果より、側壁の高さに沿って必要な円周方向プレストレスを示せば、図-10 のようになる。また、任意の位置における円周方向のPCケーブルの本数およびピッチは、図-11

図-10 円周方向プレストレス

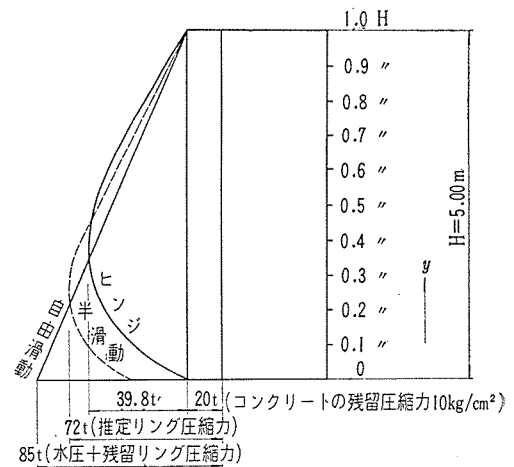
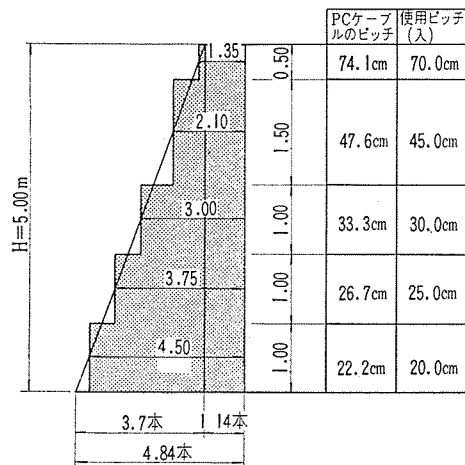


図-11 水槽高さに沿ってのPCケーブル本数



に示すようになる。

その場合、PCケーブルの間隔は 図-11 のように、側壁の高さを一定の区間ごとに分割し、この区間においては、PCケーブルのピッチを一定にした。

以上のケーブル配置により、水槽が満水時および空虚時における応力度の状態を示すと、表-1 のとおりである。この応力度の算式は次による。

$$\text{有効プレストレス: } \sigma_{ce} = \frac{P_e}{t \cdot \lambda}$$

$$\text{円周方向の応力度: } \sigma_c = \frac{P_y}{t \cdot b}$$

ここに式中

- $P_e$ : 有効プレストレスによるフープ方向の推定圧縮力 (図-10 参照)
- $t$ : 側壁の厚さ  $20 \text{ cm}$
- $\lambda$ : PC鋼線のケーブル間隔
- $P_y$ : 円周方向引張力または圧縮力
- $b$ : 単位巾

c) 鉛直方向プレストレス 側壁に作用する曲げモーメントに抵抗させるため、鉛直方向にプレストレッ

表-1 側壁の円周方向合成応力度 (kg/cm<sup>2</sup>)

側壁に沿っての高さ (m)	満水時				空虚時		
	有効プレストレス	水圧による引張力	土圧による応力	合成応力度	有効プレストレス	土圧による圧縮力	合成応力度
0	22	0	0	22	22	0	22
0.5	31	-9.4	2.3	23.9	31	2.3	33.3
1.00	35.2	-16.1	3.8	22.9	35.2	3.8	39
1.50	35	-19.4	4.1	19.7	35	4.1	39.1
2.00	31	-19.9	3.6	14.7	31	3.6	34.6
2.50	28	-18.1	2.3	12.2	28	2.3	30.3
3.00	25.1	-15.1	0	10	25.1	0	25.1
3.50	21.6	-11.6	-	10	21.6	-	21.6
4.00	17.7	-7.7	-	10	17.7	-	17.7
4.50	14	-4.0	-	10	14	-	14
5.00	10	-0	-	10	10	-	10

シングを実施する。この曲げモーメントによる引張応力度が小さい場合は、鉄筋コンクリートとして設計することも考えられるが、本水槽においては壁厚も薄いし、鉄筋コンクリートではきけられない、ひびわれの問題を考慮して、鉛直方向にもプレストレスを導入した。

プレストレスはP C鋼棒 (第3種) φ24 mm を使用し、その有効引張応力度を  $\sigma_{pe}=65 \text{ kg/mm}^2$  とすると、1本の有効引張力は  $P_e=26.30 \text{ t}$  となる。したがって、プレストレスは側壁下端より2.50 mの高さまでは、円周を200等分して、平均長さ ctc 40 cm 間隔に配置し、それ以上ドーム基部までは ctc 80 cm 間隔に配置した。

この側壁に作用する水圧および土圧による曲げ応力度、ドーム屋根の自重による軸方向と有効プレストレスの合成応力度について、水槽が満水時空虚時の状態を示すと、表-2 のとおりである。しかし、水槽が満水時においては、水圧による曲げ応力はこれに相応する円周方向のプレストレスによって消し合うから、結局土圧による曲げ応力度と自重による軸方向応力度との合成値とな

る。

d) プレストレスを与えた直後の応力度 プレストレスを与えた直後より応力度は、コンクリートの乾燥収縮、クリープおよびP C鋼線のレラクゼーションによって、P C鋼線および鋼棒の応力は減少する。したがって、P C鋼線および鋼棒のレラクゼーションを5%と3%にとると、プレストレスを与えた直後の応力度は次式で求められる。

$$\sigma_{pt} = \frac{\sigma_{pe} + S_s \cdot E_p}{0.95 \text{ or } 0.97 - n \varphi \cdot \frac{\sigma_{ce}}{\sigma_{pe}}}$$

そこで、クリープ係数  $\varphi=2.0$ 、乾燥収縮度  $\epsilon_s=15 \times 10^{-5}$  を採用して計算すると、円周方向のP C鋼線のプレストレス導入直後の引張応力度は  $\sigma_{pt}=87 \text{ kg/mm}^2$  となる。また、コンクリートの応力度は、水槽空虚時における側壁下端より1.50 mの点で圧縮応力度が最大になるため、この断面について求めると  $\sigma_{ct}=44.8 \text{ kg/m}^2$  となる。

鉛直方向のプレストレス導入直後のP C鋼棒の引張応力度は、 $\sigma_{pt}=74.8 \text{ kg/mm}^2$  となる。この場合、コンクリートの応力度は、水槽空虚時の側壁下端より1.00 mの点で、最大  $63.4 \text{ kg/cm}^2$  となった。

(2) ドーム屋根の設計

ドーム屋根はこの程度の直径になれば、ドーム基部周縁につくられたリングはりにプレストレスを導入することによって、経済性も生じてくる。

このドーム屋根は基部周縁につくられたリングはりに、自重と載荷重によって74.20 tの水平力が作用する。この水平力に対応して、P C鋼線 12-φ5 mm を6ケーブル使用し、105.50 tのプレストレスを拡大リングはりに導入して抵抗させた。

ドームの厚さは10 cmで、基部拡大リングの付近で20 cmは拡巾している。この設計は、シュルの薄膜理論

表-2 水槽が満水時および空虚時の場合の応力度 (kg/cm<sup>2</sup>)

側壁に沿っての高さ (m)	鉛直方向有効プレストレス $\sigma_{ce}$	土圧による曲げ応力度	自重による軸方向応力度 $\sigma_{co}$	円周方向プレストレスによる応力 $\sigma_{cf}$	満水時の応力 ( $\sigma_{ce} + \sigma_{cs} + \sigma_{co}$ )		空虚時の応力 ( $\sigma_{ce} + \sigma_{cf} + \sigma_{cs} + \sigma_{co}$ )	
		外縁/内縁			外	内	外	内
0	32	0	2.9	0	34.9	34.9	34.9	34.9
0.5	32	±4.7	2.8	±14.8	39.5	30.1	54.3	15.3
1.00	32	±5.8	2.7	±18.2	40.5	28.9	58.6	10.7
1.50	32	±5.0	2.5	±15.7	39.5	29.5	55.2	13.8
2.00	32	±3.6	2.4	±11.4	38.5	30.8	49.4	19.4
2.50	32	±2.2	2.3	±6.8	36.5	32.1	43.3	25.3
3.00	16	±1.0	2.2	±3.1	19.2	17.2	21.3	14.1
3.50	16	±0.3	2.1	±1.0	18.4	17.8	19.4	16.8
4.00	16	±0.1	1.9	±0.3	17.8	18.0	17.5	21.0
4.50	16	±0.3	1.8	±1.0	17.5	18.1	16.5	19.1
5.00	16	0	1.7	0	17.7	17.7	17.7	17.7

によって計算すると、その基本式は次に示すとおりである。

$$\frac{\sigma_1}{r_1} + \frac{\sigma_2}{r_2} = \frac{p}{t}$$

ここに式中

- $\sigma_1$ : 緯線方向の応力
- $\sigma_2$ : 経線方向の応力
- $r_1$ : 緯線方向の半径
- $r_2$ : 経線方向の半径
- $p$ : 圧力度
- $t$ : 厚さ

したがって、本ドームは球殻であるから  $r_1=r_2=r$  であり、次式にて表わされる。

ドーム自重

$$\sigma_1 = \frac{qr(1-\cos\theta)}{\sin^2\theta} = \frac{qr}{1+\cos\theta}$$

$$\sigma_2 = \frac{qr(\cos^2\theta + \cos\theta - 1)}{1+\cos\theta} = qr\left(\cos\theta - \frac{1}{1+\cos\theta}\right)$$

等分布載荷重

$$\sigma_1 = \frac{w_s r}{2}$$

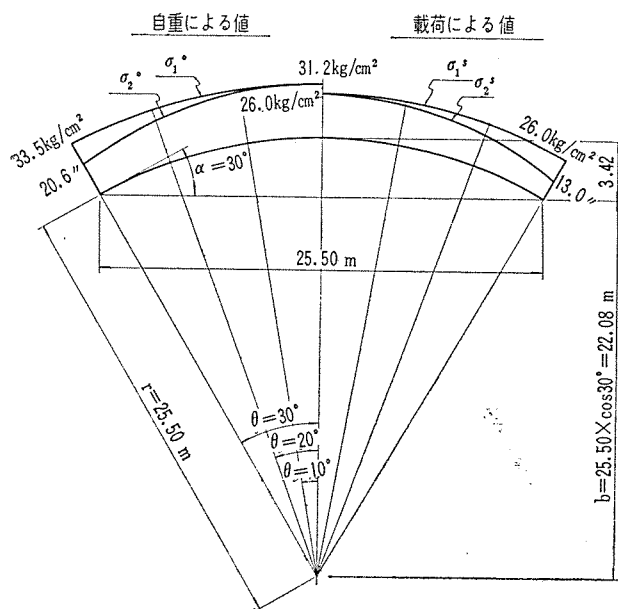
$$\sigma_2 = \frac{w_s r}{2} \cdot \cos 2\theta$$

ここに  $q$ : ドームの単位面積あたりの自重

$w_s$ : 投影平面の単位面あたりの荷重

以上の算式にて応力計算を行なった結果、図-12 に

図-12  $\sigma_1, \sigma_2$  の分布



示すように、最大コンクリートの応力は 59.5 kg/cm であり、いずれの場合も圧縮応力度となる。

#### 4. 施 工

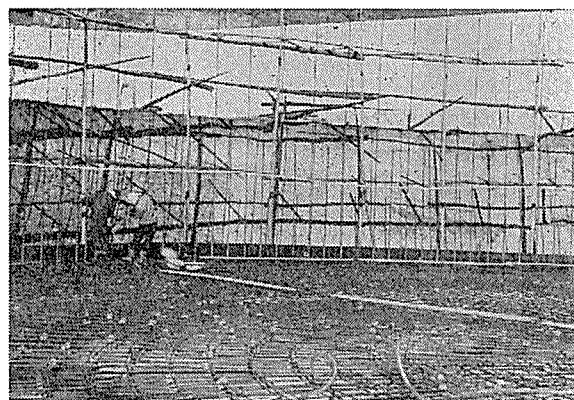
##### (1) コンクリートの配合

コンクリートは、側壁と底版、屋根の3種類を使用した。骨材は梓川産のものを使用し、最大粗骨材寸法は側壁と屋根用のコンクリートに 25 mm、底版用コンクリートに 30 mm を使用した。セメントはすべて早強ポルトランドセメントを使用し、その示方配合は表-3 に示すとおりである。

##### (2) 基礎および底版工

基礎地盤は前述のごとく、硬質粘土層であるため、地盤支持力は十分期待できた。したがって、基礎杭の必要はなく、ショベルローダー1台とダンプトラック2台にて、約4m掘削を行なった。その上に割栗石を30cmの厚さに敷きならし、不等沈下の生じないよう十分につき固めを行なった。この割栗石の上に厚み20cmの無筋コンクリートを打設し、底版コンクリートの配筋を行なった(写真-2)。

写真-2 底版鉄筋の配置



底版コンクリートの打設順序は、図-13のように6区分に分割して行ない、そのコンクリートの打継目はクリートボンドを使用した。

底版と側壁との接合部は、底版の厚さ70cmの中に、側壁鉛直方向のPC鋼棒を定着した。そして、センターエキスパンション式ゴム止水板を取付けて、第1回目の底版コンクリートを打設した。この場合、グラウト用孔はPC鋼棒の定着板の部分より、ビニールパイプを用

表-3 コンクリートの配合 (1m³)

種別	諸元	所要強度 $\sigma_{28}$ (kg/cm²)	最大粗骨材寸法 (mm)	スランブの範囲 (cm)	単位水量 W(kg)	単 位 セメント (kg)	水セメント 比 w/c(%)	絶対細骨材 率 S/A(%)	細骨材 S(kg)	粗骨材 G(kg)
底 版		300	20	5~7.5	145	335	43.2	36	705	1270
側 壁		400	25	7.5~10	168	420	40	37	678	1162
ドーム屋根		350	25	3~5	144	375	38.5	39	758	1185

図-13 底版コンクリートの打設順序

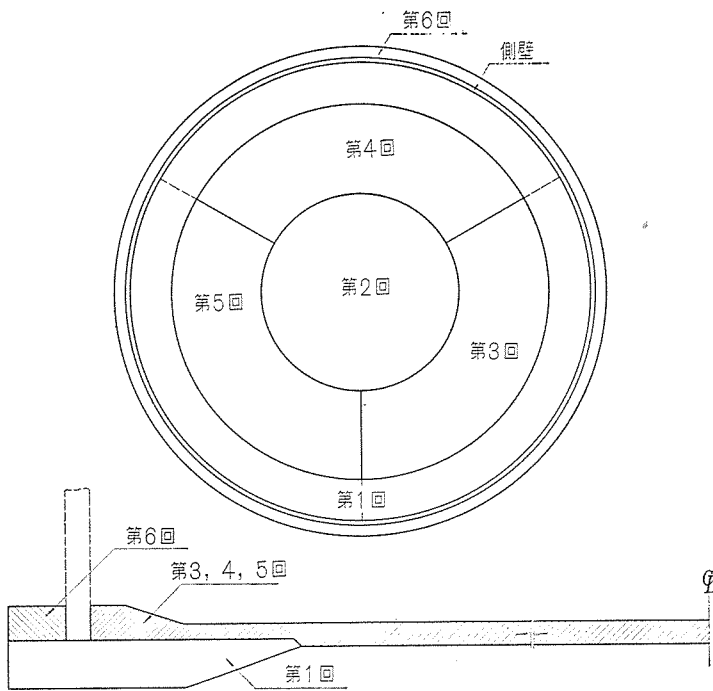


写真-3 底版と側壁との接合部配筋

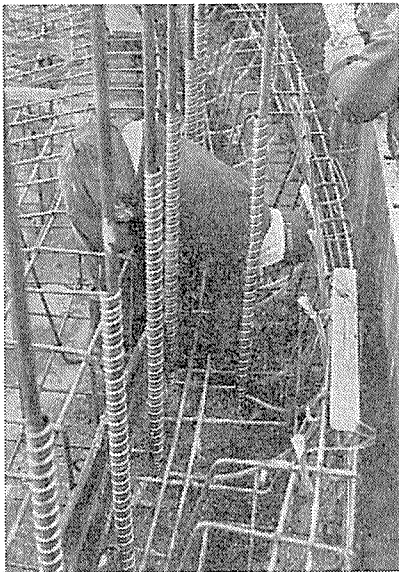
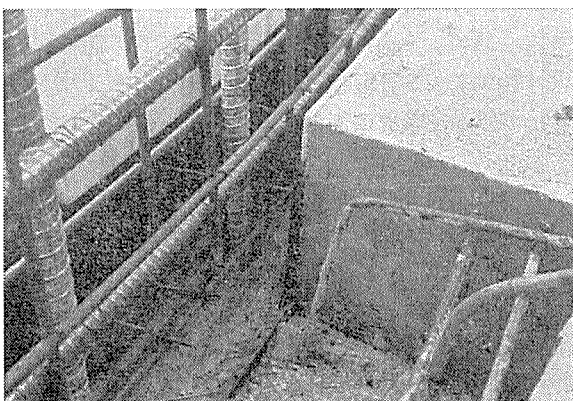


写真-4 側壁下端ヒンジ部分

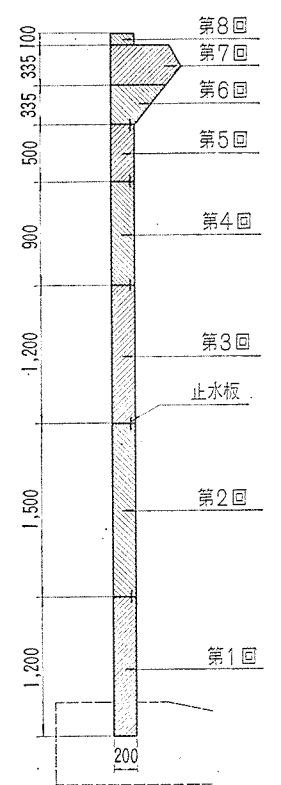


い外に出すようにした(写真-3)。かくして、硬質ゴムファイバー 230×20 を設置し、側壁下端部は仮型わくを入れて、底版コンクリートの第3回目～第6回目を打設した。しかるのち、この仮型わくを取り除きセロタイト 220×10 or 20 を設置し、アイガスの部分は発泡性スチロールを代用して、側壁コンクリートの打設を行なった(写真-4)。この発泡性スチロールは、のちにアセチレンの炎にて融解させ、アイガスでシールを行なったのである。

(3) 側壁工

側壁コンクリートの打設は、全円周について壁高 90 cm を一回の打設量とした。その打込順序は、図-14 に示すよう

図-14 側壁コンクリート打設順序



に、側壁下部よりドーム縁端拡大リングはりの基部までを5回に区分して行なった。ドーム基部の部分は、3回に分割し

コンクリート打設を行なった。

コンクリートの打設方法は、側壁の外側にコンクリート運搬用足場を壁全周に沿って作り、その上を運搬用一輪車で運び打設した。コンクリートはミキシングプラントからベルトコンベアによって、足場の上に待機している一輪車に投入した。この状況は写真-5 に示すとおりである。コンクリートの締固めは、200V用棒状振動機(φ38)4台と(φ27)を2台併用して行なった。

コンクリートの打継目は、す

写真-5 側壁コンクリート打設時の全景

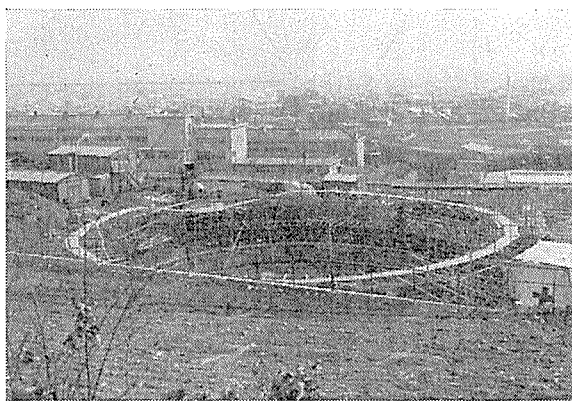


写真-6 コンクリートの養生状況



べてフラット式ゴム止水板 150 mm を全周に沿って埋込み、クリート ボンドを使用し、漏水防止に配慮した。

ちょうど、コンクリート打設時期が、1月～2月の厳寒期に遭遇したため、養生には多くの困難をともなった。その方法は、写真-6 に示すように、壁の内外側ともに、シート (2K×3K) 140 枚にて完全におおい、練炭コンロ 80 個と ポータブル ボイラー 2 台を使用して行なった。

側壁用型わくは、鋼製型わくを使用した。その型わくは厚さ 3.2 mm、巾 30 cm、高さ 90 cm のものを内側3段分、外側2段分と、巾 30 cm、高さ 60 cm のものを外側1段分用意した。その他に、PCケーブル定着部の特殊型わくを高さ 90 cm のもの 18 枚使用した。これを壁体の形状に固定するため、軽量型鋼 2.3×75×45×15×6 m を 310 本、2.3×100×50×20×9 m のもの 200 本使用した。この型わくの組立状況を示すと写真-7 のとおりである。

型わくの回転方法は、側壁下端に 90 cm の高さに組立てて、第1回目のコンクリート打設を行なった。その上に、第2回目コンクリート打設用型わくとして、壁の内側に 90 cm の型わくを2段に、外側に 90 cm と 60 cm の型わくを1段目の型わくに固定して、第2回のコンクリートを 1.50 m の高さに打設した。そののちは、最下

写真-7 鋼製型わくの組立

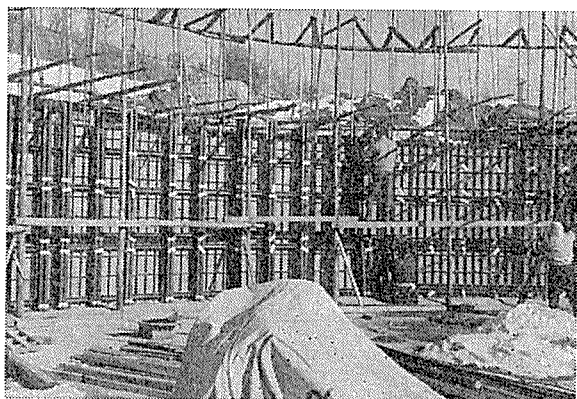
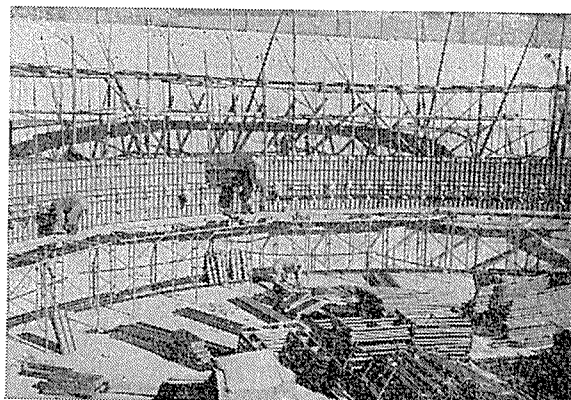


写真-8 型わくの回転状況



段の型わくを取りはずし、2回目コンクリートの型わくに、3回目打設用の型わくを固定させて組立てる方法を取ったのである。以下同様に、下段の型わくに固定させながら、うってがえしに使用した。その状況は写真-8 に示すとおりである。

#### (4) プレストレッシング

プレストレッシングは、側壁コンクリートを下端より 2.80 m 打ち上り、所定 ( $\sigma_c=350 \text{ kg/cm}^2$ ) の強度に達したとき、そこで定着されている鉛直方向PC鋼棒 100 本の緊張を行なった。ついで、側壁コンクリートが頂部まで打設されたのち、側壁全高に沿って配置されている鉛直方向PC鋼棒 100 本のプレストレッシングを行なった。

円周方向のPCケーブルは鉛直方向のプレストレス導入後に、1ケーブル間隔に下方より上方に向かって、緊張を行なった。

ドーム基部拡大リングはりのPCケーブル (6ケーブル) は、屋根自重の水平力に相当する3ケーブルを、ドームコンクリート打設前に、プレストレッシングを行ない、載荷重の水平力に抵抗する残り3ケーブルは、ドームコンクリート打設後に緊張し、足場の撤去を行なった。

鉛直方向PC鋼棒  $\phi 24 \text{ mm}$  (第3種) の緊張力は、壁中段の定着に対し  $P_i=29.00 \text{ t}$  ( $l=3.01 \text{ m}$ )、壁頂部定着の鋼棒は  $P_i=29.10 \text{ t}$  ( $l=6.37 \text{ m}$ ) である。この全鋼棒に対する平均値の緊張力と伸びの関係を、計算値と比較すると、図-15 に示すとおりである。

円周方向のケーブルは、緊張前に摩擦測定を行なった。このPCケーブルは、円周上に同一曲率半径で配置されているため、どの部分の単位長さにおいても、角変化およびシースとPC鋼線との間の摩擦係数 ( $\mu\alpha + \lambda l$ ) は同一である。したがって、ケーブル長 1 m あたりに対する ( $\mu\alpha + \lambda l$ ) の値を実測値より求めると、0.05/m となった。

PCケーブルの引張端は、 $60^\circ$  ずつずらして配置され



図-15 PC鋼線の緊張力と伸びの計算値と実測値の比較

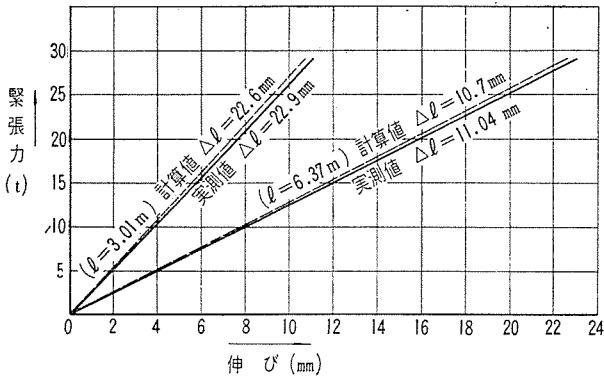
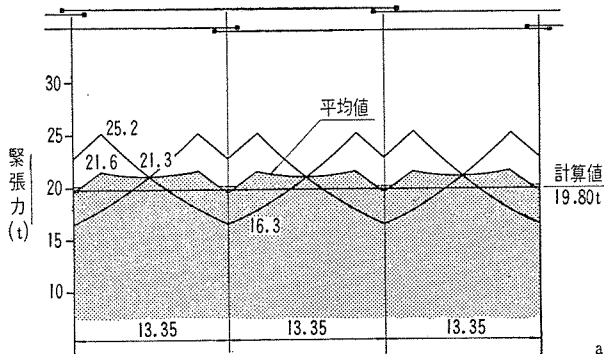


図-16 PCケーブルの平均緊張力分布



ているので、緊張応力度は平均化される。そのうち最小となる点は、ケーブル長の1/4点であるため、上記測定摩擦係数を用いて、ケーブル端引張力を計算すると、次のようになる。

$$\begin{aligned} \mu\alpha + \lambda l &= 0.05 \times 26.70 \times 1/4 = 0.334 \\ P_i &= P_0(1 + a) \cdot e^{\mu\alpha + \lambda l} = 84.25 \times (1 + 0.04) \times e^{0.334} = 122.2 \text{ kg/mm}^2 \\ &< 0.9 \sigma_{py} = 130.5 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

このときの伸びの計算値は 124.4 mm である。全PCケーブルについて、伸びの測定平均値は 131.4 mm、戻り量の平均値は 4.2 mm であった。この戻りの影響を考慮すると、コーン前面より 3.20 m の点までおよぶものと推定された。

以上のPCケーブルの緊張力より、壁に対する円周方向のPC鋼線の引張力分布状態を示すと、図-16のごとくなる。

円周方向PC鋼線を1ケーブル間隔に緊張した場合について、鉛直方向のひずみを図-17に示す測点にて、実測した結果を示すと、図-18のようになった。図-19は、全ケーブル緊張後の円周方向プレストレスの状態を示したものである。また、水平方向ケーブルの緊張によって、側壁下端の内方移動量をダイヤルゲージにて測定した結果、その平均値は 0.30 mm の移動を生じた。

(5) ドーム屋根工

図-17 ワイヤーストレインゲージの貼付位置

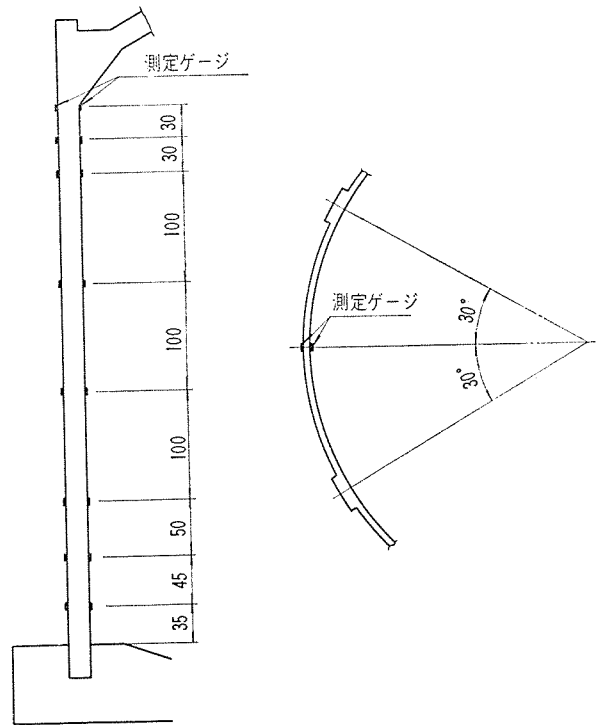


図-18 円周方向ケーブル緊張による鉛直方向の曲げ応力

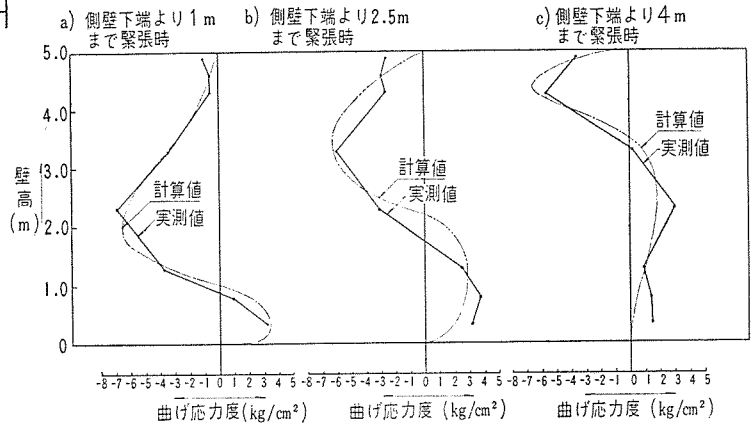


図-19 円周方向プレストレスの分布図

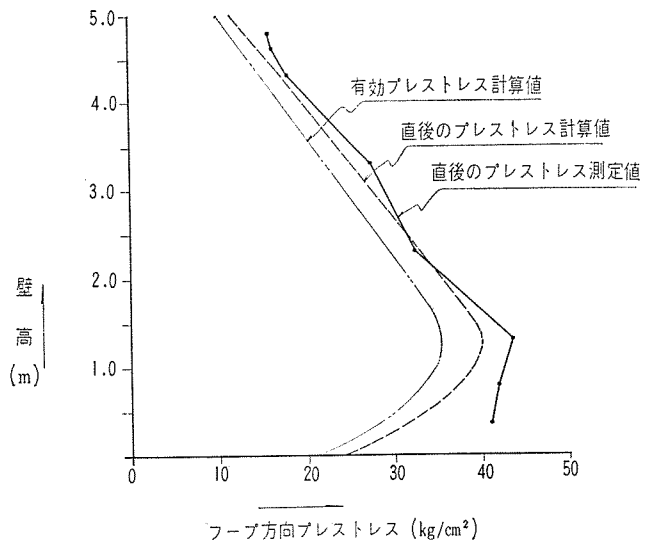
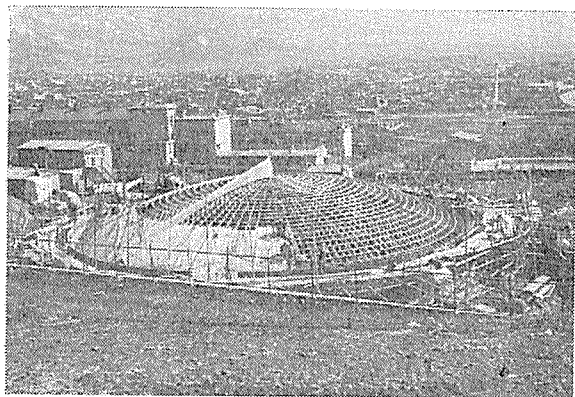


写真-9 ドーム支保組立の全景



ドーム屋根のコンクリート打設は、支保工の沈下が非常に少ないため、側壁頂部側より円周に沿って5区分に分割し、ドーム中心に向かって打設した。

支保工はピティ足場を組立てて、その上に三寸角材を経線方向および緯線方向にわたし、板張りをドーム中心より放射状に緯線方向に行なった。その状況は写真-9に示すとおりである。この支保工はコンクリート打設の際、マンホール部分を2.00mm程度打ち残しておき、その部分より取り出した。

### 6. 工事使用機械器具、工程

水槽本工事に使用した機械器具を示すと、表-4のとおりである。また、実施工程を示すと図-20のとおりである。表-5は水槽

本体の主要材料である。

### 7. あとがき

以上の上水道PC配水槽は、2基建設される予定であるが、そのうち1基が昭和37年10月に着工され、昭和38年4月に完成したので設計、施工について概要を述べた。その間、外気温 $-10^{\circ}\text{C}$ というもとの施工することを余儀なくされ、コンクリートの管理に非常な困難を要する場合もあった。

特に、この種の構造物では、全周に沿って一度にコンクリートを打設する場合は、コンクリートの乾燥収縮に十分な配慮を要する。しかし、本水槽においては完成後、試験湛水を行ない3昼夜放置した結果、水密性が完

図-20 実施工程表

工種	37年10月		11月		12月		38年1月		2月		3月		4月	
	10	20 31	10	20 30	10	20 31	10	20 31	10	20 28	10	20 31	10	20 30
仮設														
基礎掘削														
割栗石工														
型枠工														
鉄筋組立														
コンクリート打設														
止水板鋼棒取付														
足場工														
鉄筋PC鋼棒組立工														
型枠組立工														
コンクリート打設														
PC鋼棒緊張工														
PC鋼線緊張工														
クラウト工														
支保工														
型枠工														
配筋工														
コンクリート工														
リングPC鋼線緊張クラウト工														
支保型枠撤去														
防水工														
跡片付け														

表-4 工事用機械器具

名称	規格	数量	形式	名称	規格	数量	形式
ミキサー	16切	1台	自動投入エレベーター式	振動機	200V	2台	MF-27 $\phi$ 27
計量機	21~24切	1台	セミバッチャー	一輪車	25切用	7台	
モーター(ミキサー用)	15HP 4P	1台	全閉式	グラウトミキサー	200V 1000~3000回	1台	無段変速プーリー
ベルトコンベアー	7m	4台	1kWモーター付	グラウトポンプ		2台	手押し式
シート	2K $\times$ 3K	140枚	防水の場合	緊張ジャッキ	$\phi$ 5mm用	7台	
組立ハウス	1.5K $\times$ 2K:1	1		鋼棒ジャッキ		2台	
"	2.5K $\times$ 5K:1	1		足場丸太	2.5K $\times$ 4K	260本	
"	2.5K $\times$ 5K:2	1		足場板	厚さ1.2寸	200m <sup>2</sup>	
メタルフォーム	300 $\times$ 900	1500枚		ランマー		1台	
"	300 $\times$ 600	270枚		酸素		10本	
"	900 $\times$ 1100	18枚		アセチレン		6本	
パイプサポート		一式		ボイラー	A-9号型		スチーム式 礮山式
軽量型鋼	2.3 $\times$ 75 $\times$ 45 $\times$ 15 $\times$ 6m	310本		ショベルローダー		1台	
"	2.3 $\times$ 100 $\times$ 50 $\times$ 20 $\times$ 9m	200本		トラック		2台	
振動機	200V	4台	MF-38 $\phi$ 38	レンタンコンロ	6寸用	80個	