

八代 PC セメントサイロの設計と施工

櫻 田 文 雄*
 土 橋 吉 輝**
 阿 部 宗 人***
 浜 崎 健 雄***

1. まえがき

熊本県の南部に位置する八代港は、熊本県有数の工業港としてさかえており、セメント各社のサービスステーション (SS) も多く、セメントサイロが数多く見られる。

この八代港の埋立地内新港のほぼ中央にある三菱鉱業セメント八代 SS 内に有効容量 5000 トンの PC セメントサイロが築造された。

これまで、我が国におけるセメントサイロは、鋼製かまたは RC 造であったが、本 PC サイロの築造に際しては、RC 造と PC 造との比較・検討を、コスト、工期、品質の点から行い、RC 造に遜色なく品質的にすぐれている PC 造に決定した。

また、本サイロの設計・施工にあたって、特に問題となったのは次の 2 点であった。

(1) サイロの気密性の保持

セメントサイロの機能上から、気密性が必要であり、気密を完全に保持するために、通常のタンクで側壁の施工に使用されているセパレーターを使用しない方法でコンクリートを打設した。

(2) 側壁の開口部周辺の応力状態

セメントサイロは、側壁に点検口と払出口の 2 か所の開口部が必要である。円周方向、鉛直方向の PC 鋼材は曲げ加工して開口部をかわして配置するので開口部周辺の応力状態が不明確であり、FEM 解析および応力測定を実施した。以下、本 PC セメントサイロの設計・施工および開口部周辺の FEM 解析、応力測定について、上記 2 つの問題点の解決法を含めて報告する。

2. 設 計

2.1 概 要

工事名称：三菱鉱業セメント八代 SS 5000 T セメントサイロ増設工事
 場 所：熊本県八代市新港町一丁目 8 番

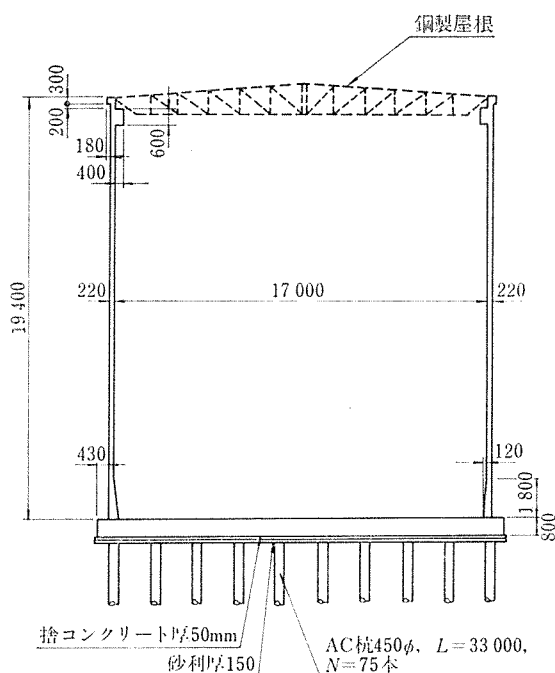


図-1 サイロ断面図

用 途：セメント貯蔵サイロ (図-1 参照)
 規 模：サイロの内径 $D=17$ m, サイロの高さ GL
 +20.0 m, 有効容量 5000 トン
 構 造：基礎 AC 杭
 壁体 PC 造
 屋根 鉄骨トラスの上を鋼板で蓋う。

施工期間：昭和 57 年 1 月～57 年 7 月
 全体施工：西松建設 (株)・三菱建設 (株) 共同企業体
 本体施工：ピー・エス・コンクリート (株)

2.2 構造計画

2.2.1 設計条件等

(1) セメントの物性

単位体積重量 $\gamma=1.5$ t/m³
 内部摩擦角 $\phi=40^\circ$
 温度・セメント 70°C

(2) 応力解析

側壁の粉体圧および内圧 (± 0.4 t/m²) による応力解析は電算によって算出する。

(3) 採用規準

* 三菱鉱業セメント (株)

** 西松建設 (株)

*** ピー・エス・コンクリート (株)

日本建築学会「プレストレストコンクリート設計・施工規準」

(4) 耐震設計

建築基準法（新耐震設計法）による。

(5) 設計基準強度

底版： $\sigma_{ck}=300 \text{ kg/cm}^2$

側壁： $\sigma_{ck}=350 \text{ kg/cm}^2$

2.2.2 構造計画

(1) 基礎、底盤

建設場所は埋立地内で地盤が悪く、GL -33 m 付近に支持層がある。このため、杭打ちが必要であるが、本サイロは直径の割に高さがあり、地震時の杭反力が大きくなるため AC 杭 $\phi 450$, 75 本を使用し、基礎盤（厚 800）に支持させた。

(2) 壁 体

壁脚は底盤に剛接しているため、この付近には鉛直方向に局部的な曲げ応力が働くので、この部分は壁厚を大きくする必要があり、ハンチを設けた。

また、壁体下部には払出口および点検孔の2つの開口部を設けるので、まえがきでも述べたように、FEM 解析および応力測定を行うことによって応力状態を明確にした。

(3) 屋 根

屋根は鉄骨梁の上を鋼板（CE 4.5）で蓋った。

また、屋根と側壁との継目部の気密性については、側

壁コンクリート上部に鉄板を埋込み、屋根の鉄板と溶接する方法によった（図-2 参照）。

2.3 構造計算

2.3.1 壁体の設計

(1) 側圧の計算

サイロの粉体圧は深槽か浅槽かによって異なってくるので、判別をした。

$$D/h=17.0/16.832=1.01 > \frac{1}{\frac{1}{2} \cdot \cot\left(45^\circ - \frac{\phi}{2}\right)}$$

$$=0.933$$

ゆえに浅槽として設計した。

荷重としては、粉体圧（ $=Krh$ ）と内圧（ $\pm 0.4 \text{ t/m}^2$ ）を考慮した。ここに、

$$K=\tan^2(45^\circ - \phi/2)=0.217$$

(2) 円周方向プレストレス

水平ケーブルはストランド 17.8 ϕ を使用し、4本のピラスターを使って通常の水タンクと同様にプレストレスを導入した。導入時の端部緊張力 $P_1=24.64 \text{ t/ケーブル}$ とし、シースの摩擦による損失量を考慮すると導入時のケーブル1本の平均緊張力 $P_2=20.19 \text{ t/ケーブル}$ となった。

有効緊張力 P_e は、クリープ、乾燥収縮、レラクセーションによるロスを考慮し、 $P_e=17.2 \text{ t/ケーブル}$ とした。

水平ケーブル本数は、次式によって求めた。

粉体圧に相当する水平ケーブル本数 N_1

$$N_1=K \cdot r(h-y) \times \frac{R}{P_e}$$

内圧に相当する水平ケーブル本数 N_2

$$N_2=0.4 \times \frac{R}{P_e}$$

(3) 鉛直方向プレストレス

PC 鋼棒 $\phi 23$ (B-1) を 50 cm 間隔に配置し、導入時の部端緊張力 $P_1=31.0 \text{ t/本}$ とした。有効緊張力 P_e は、 $P_e=24.9 \text{ t/本}$ （側壁周長 1 m 当りに換算すると 49.8 t/m）とし、側壁脚部の設計断面では、PC 鋼棒の偏心距離を考慮して、プレストレスを計算した。

(4) 側壁応力の検討

側壁下端を完全固定とし、空槽時と満槽時について、電算によって応力度を計算した。

紙面の都合上、鉛直方向プレストレスと荷重による曲げ応力との合成応力度については省略する。

(5) 温度応力

セメントの温度 $T_i=70^\circ\text{C} \times 0.7$ (熱ロス) $=49^\circ\text{C}$ 、外気温度 $T_e=0^\circ\text{C}$ として計算を行った（図-3 参照）。

温度勾配 Δt は、

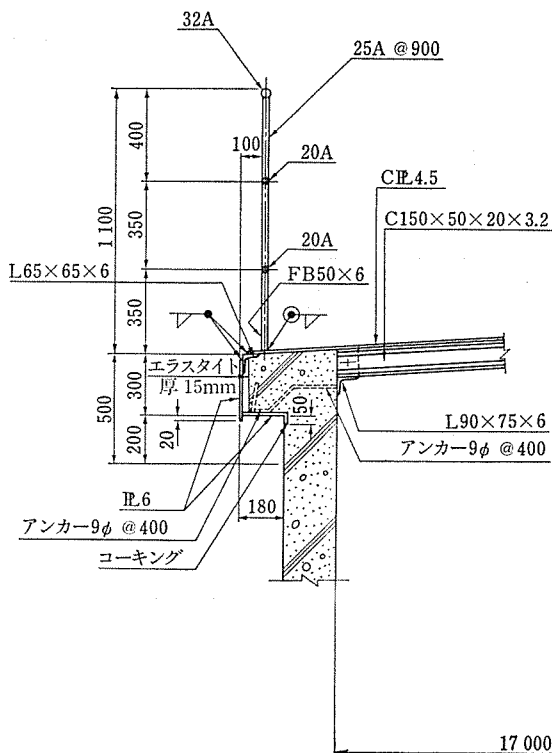
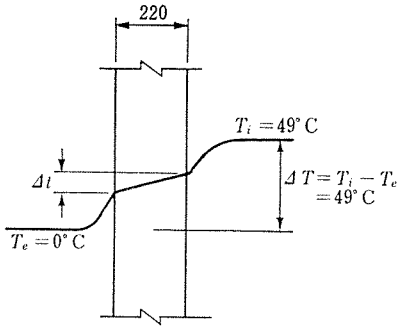


図-2 屋根と側壁の継目部



図—3

$$\begin{aligned} \Delta t &= \frac{h_0}{0.35 + h_0} \times \Delta T \\ &= \frac{0.22}{0.35 + 0.22} \times 49^\circ\text{C} \\ &= 18.9^\circ\text{C} \end{aligned}$$

温度差による引張側最大縁応力 σ_t は、

$$\sigma_t = \frac{E}{2(1-\nu)} \left(1 - \frac{m}{3}\right) \cdot \alpha \cdot \Delta t$$

E : コンクリートのヤング率 $2.95 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$
 コンクリートの乾燥収縮, クリープを考慮して E を $1/2$ とした。

α : 線膨張係数 10^{-5}

ν : コンクリートのポアソン比 $1/6$

m : $(b/a-1) = 0.026$

a : 外表面までの半径

b : 内表面までの半径

$$\begin{aligned} \sigma_t &= \frac{2.95 \times 10^5 \times 10^{-5} \times 18.9}{2(1-0.167) \times 2} \left(1 - \frac{0.026}{3}\right) \\ &= 16.6 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

単位幅当りの引張力 T は、

$$\begin{aligned} T &= \frac{1}{2} \times 11 \times 100 \times 16.6 \\ &= 9130 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

必要鉄筋量は, $\sigma_{sa} = 2000 \text{ kg/cm}^2$ とすると、

$$a_t = \frac{9130}{2000} = 4.6 \text{ cm}^2$$

D13 を 20 cm ピッチに配置した。

3. 施 工

3.1 施工法概要

工事内容を大きく分けると次の5項目である。

- ① 杭打ち基礎工事……AC 杭 $\phi 450$, $N=75$ 本
- ② 基礎底盤工……………RC 構造
- ③ 側壁工事……………ジャンピング工法
- ④ 屋根工事……………鉄骨トラスおよび鋼板屋根
- ⑤ 附帯設備工事………ピット, 栈橋

なお, 実施工程は表—1 参照。

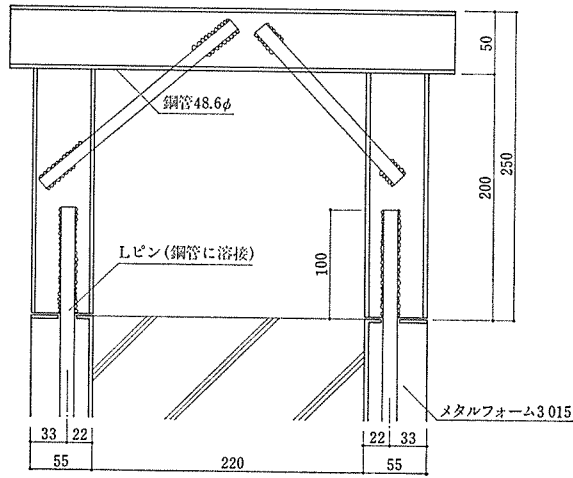
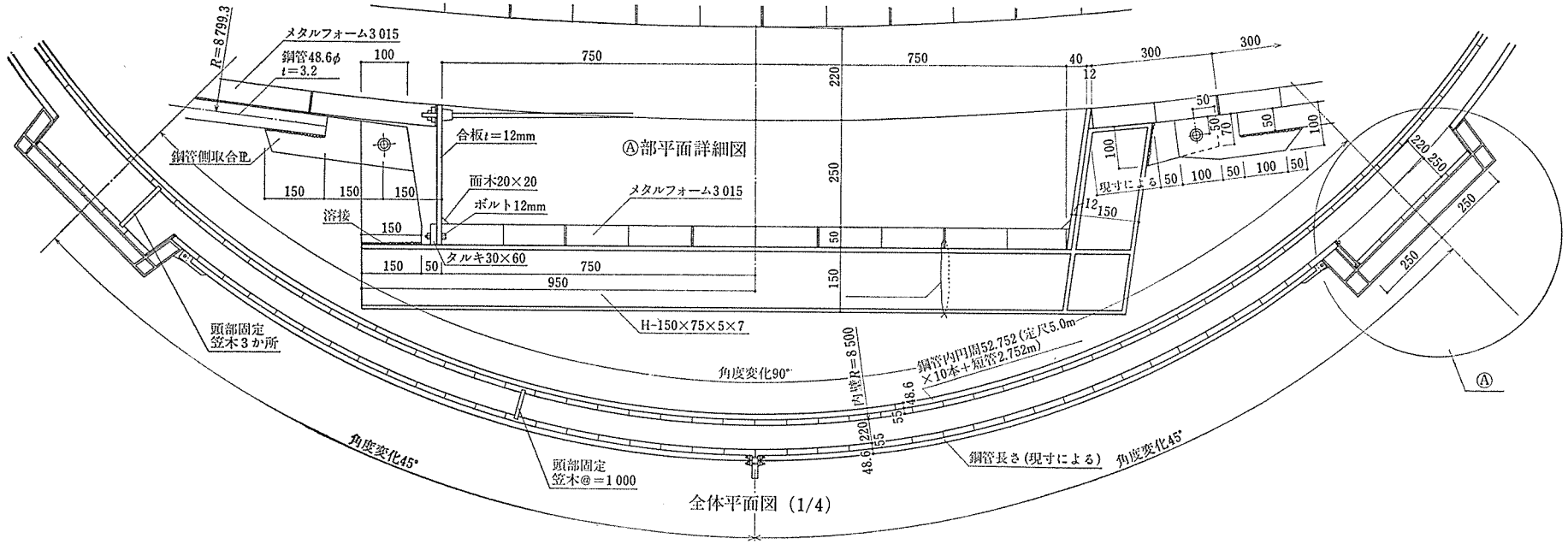
3.2 側壁工事

壁工事はサイロ工事の中で最も重要であり, 技術的にも工期の面からも綿密な計画をたてて行わなければならない。型枠組立はジャンピング工法で行い, 工程は, 1 ロットの高さ 1.8 m とすると, 全部で 11 ロットあり, 1 ロットを平均 5 日で施工した。

また, 型枠には, 気密性をよくするためにセパレーターを使用できなかったのが, 施工にかなり困難をきたした。セパ無し工法なので, 慎重にコンクリート打設計画をたてた。コンクリート打設は, 第 2 ロットまでは 1 ロットの高さ 1.8 m を 3 段にわけて, 3 周して打設が終了するようにした。また, 第 3 ロット以降は, 4 段にわけて, 4 周して打設が終了するようにした。1 周目のコ

表—1 実 施 工 程 表

2 月				3 月				4 月				5 月			
1	5	10	20	1	10	20	31	1	10	20	30	1	10	20	31
市のため休む															
ステコン打ち				底盤コン打ち				一段目コン打ち				二段目コン打ち			
				三段目コン打ち				四段目コン打ち				五段目コン打ち			
				六段目コン打ち				七段目コン打ち				八段目コン打ち			
				九段目コン打ち				十段目コン打ち				十一段目コン打ち			
				養生				1 ヲタテコン緊張				2 ヲタテコン緊張			
				グラウト				外壁補修				内部足場解体			
				外足場解体				埋戻し							



頭部固定笠木断面図
ピッチ1000で取付け

図-4 ノンセパレーター型枠施工図

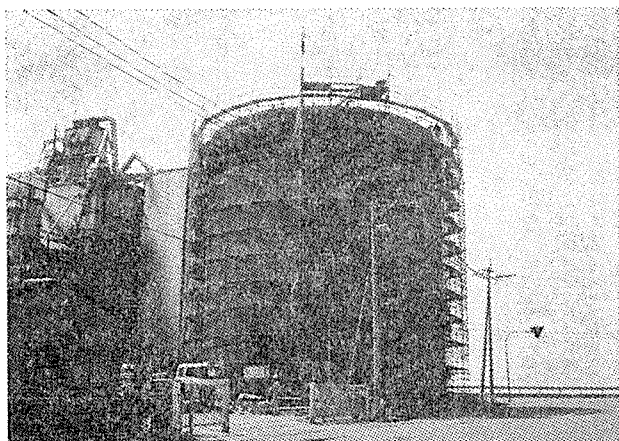


写真-1 サイロ施工中

ンクリート打設後、次のコンクリート打設は最初のコンクリートの側圧に大きい影響を与えないようある程度硬化した後、打設した。

硬化の程度は、目視によったが、棒等でコンクリート面をかるくつついて硬化の程度を測ってみた(写真-1)。

3.3 外部型枠

外部型枠は、払出口まわりおよび点検口を除くすべてを鋼製型枠で組立てた。また払出口付近のエア管(5B, SGP管, 22本)埋込み部には、セパレーターを使用した。

横桟には、 $\phi 48.6\text{mm}$, $t=3\text{mm}$ のパイプを曲げ加工し、単管の端部は羽子板状の鉄板を溶接し、それぞれをボルト、ナットで接合した。

PC 定着部の柱型は、H鋼を \sqcap 形に加工し、R状単管とつないだ(図-4, 写真-2 参照)。

1ロットの1周目(1/3段)のコンクリート打設によ

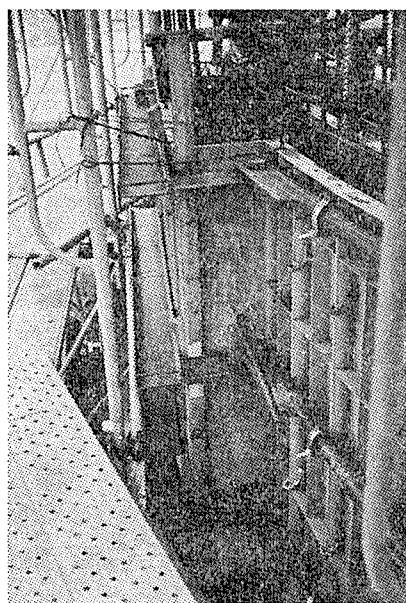


写真-2

って起こるコンクリートの側圧は、約12tの引張力である。

この引張力が、R状の単管によってささえられるわけだが、外部足場からも、単管パイプでR状の単管をささえ、コンクリートの側圧に対する補助材を使用した。

3.4 内部型枠

内部型枠も外部と同じように、払出口まわりおよび点検口を除くすべてを鋼製型枠で組立てた。

内部型枠にもコンクリートの側圧がかかるので、外部と同様に単管パイプ($\phi 48.6$, $t=3\text{mm}$)をR状に加工し、単管ジョイントでつないで型枠パネルにそわせた。また、外部と同じように、内部足場から単管パイプで型枠をささえ、型枠の立ちおよび側圧に対する補助材とした。内部は外部に比べて、側圧に対する処理がしやすく、実際打設したコンクリートの打継部の段差も外部より小さくできた。

また、壁厚を一定にするために、型枠の頭部に、図-4に示すような頭部固定笠木を取付けた。

3.5 埋込み金物

機械設備の多いサイロは、壁体に埋込まれる金物も多く、1ロットに平均4~5個の金物を埋込んだ。

小さい金物は別としても、大きくて長い物は、埋込みが非常に難しく、点検口等の厚みのある大きい金物は、型枠の円と合わず、型枠の打継段差の原因となり、施工に困難を伴った。また、小さい金物でも型枠幅30cmより広い鉄板類は、型枠と合うようにR面にするとか、十分な検討を加えて使用するようにしたい。

3.6 コンクリート打設

コンクリートは生コンを使用した。打設方法は、ポン

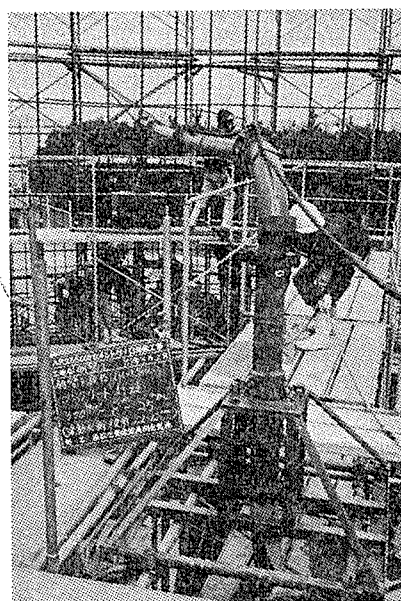


写真-3 コンクリート打設

表-2 側壁コンクリートの配合

呼び強度 (kgf/cm ²)	スランプ (cm)	空気量 (%)	水セメント比 (W/C)	絶対細骨材率 (S/a)	骨材最大寸法 (mm)	単位重量 (kg/m ³)				混和剤材 (g/m ³)	備 考
						セメント	水	細骨材	粗骨材		
350	8→12	4±1.0	39.5	37.9	25	395	156	683	1150	988	高流動化剤使用

ブ車1台を使用し、払出口よりサイロ中央まで配管し内部足場にそわし、打設高さまで配管を上げた(写真-3)。

壁への打設は回転シュートを使用し、1ロットを1/3段または1/4段ずつ打設した。硬化の程度によっては、コールドジョイントの心配もあり、打設時間については充分な注意をはらった。コンクリートの配合は表-2に示す。

コンクリートは施工性をよくするために、打設前に高流動化剤を現場で添加し、スランプ8cmを12cmまで上げた。しかし、コンクリートの硬化に時間がかかりすぎて、1ロットの1周目から2周目、2周目から3周目へ移るのに時間を要し、コンクリート打設が長びいた。当初の計画では、1ロットを3段打設する予定であったが、コンクリートの各一段の側圧を小さくするため

に、第3ロット以降は4段打設に変更した。

1ロットのコンクリート打設に要した時間は、
 コンクリート打設 1段 30分×4段=120分
 硬化時間 30分×3段= 90分
 計 210分

3.7 PC 工 事

鉛直方向は、PC鋼棒φ23(B-1)109本を50cm間隔に配置した。PC鋼棒の総長さ20.2mを、10.5m+9.7mの2本にわけて、カップラーで接続した。払出口および点検口まわりのPC鋼棒は、あらかじめメーカーで曲げ加工し現場へ納入した。

水平方向は、モノstrandケーブルφ17.8を使用した。また、海の傍の構造物なので、鉄筋に対するカブリには細心の注意をはらって施工した。

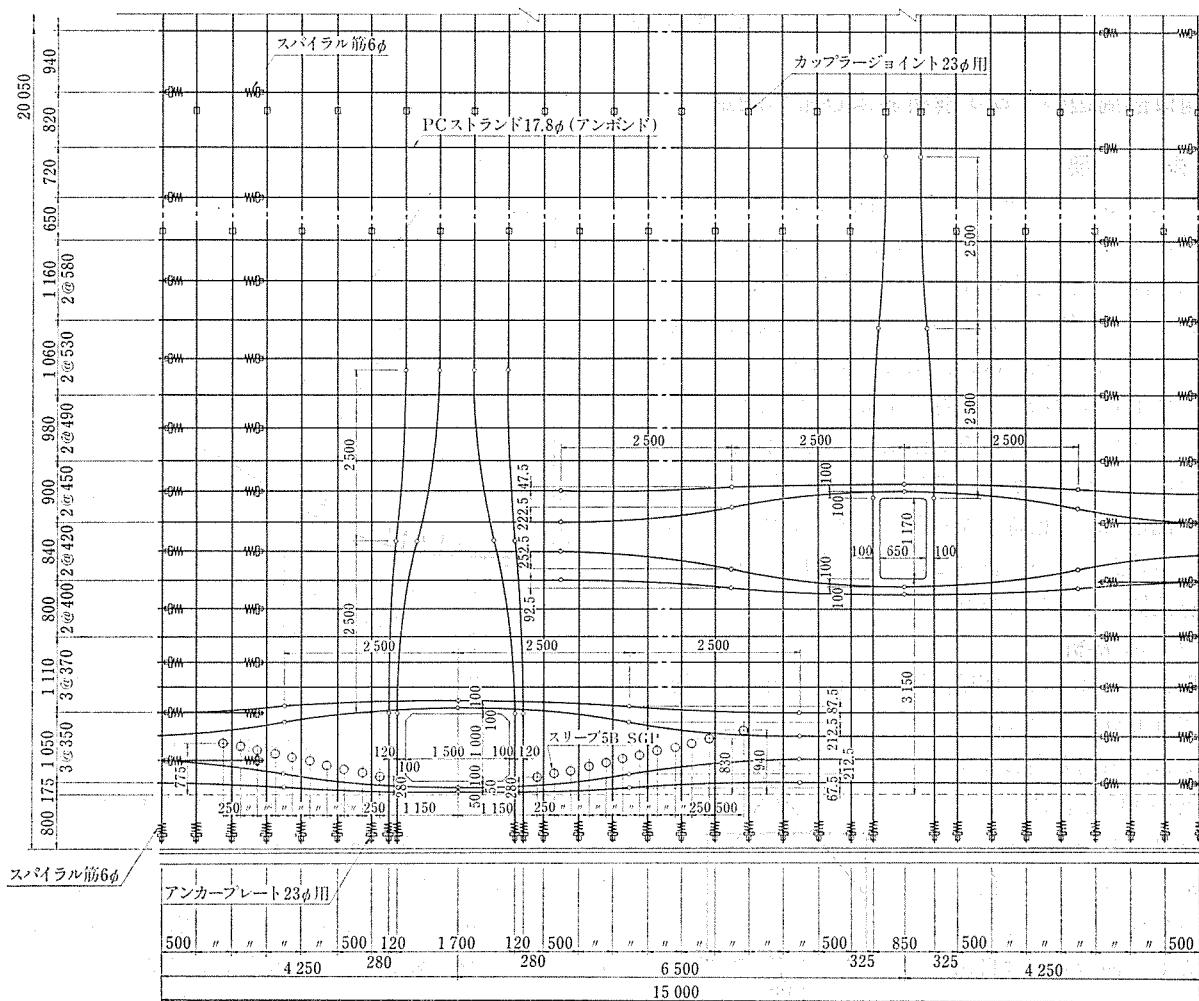


図-5 開口部周辺のケーブル形状図

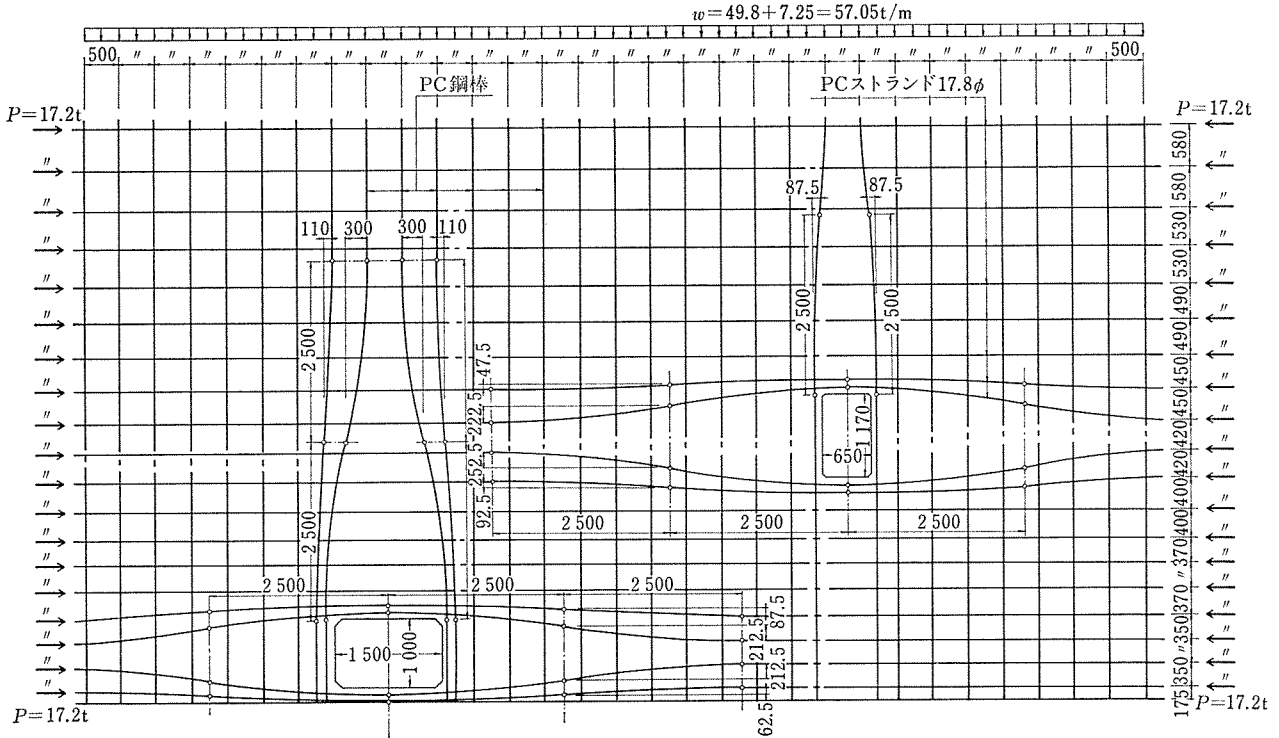


図-6 外力分布図

4. 開口部周辺の FEM 解析および応力測定

4.1 概 要

本 PC セメントサイロの PC 側壁部には、図-5 に示す点検口と払出口の 2 か所の開口部が設けられており、円周方向、鉛直方向の PC 鋼材は開口部をかわして配置されている。PC サイロの荷重状態は、満槽時と空槽時が考えられ、満槽時は粉体圧とプレストレスが作用し、プレストレスは粉体圧を打消すように作用する。

空槽時はプレストレスのみが作用し、最も不利な荷重状態となる。このことから、開口部周辺の FEM 解析および応力測定は、空槽時すなわちプレストレスのみが作用している状態について行うことにし、FEM 計算値と実測値を比較、検討してみた。

4.2 FEM 解析

図-6 に示すように、側壁円周の 1/4 を取出し、平板として FEM 解析を行った。

各要素は、円周方向および鉛直方向の PC 鋼材によって囲まれる部分を一要素とし、開口部周辺はさらに細分化した。境界条件は、壁脚部を完全固定とし、他の 3 辺は自由とした(図-7 参照)。

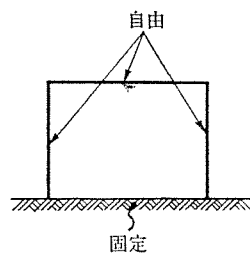


図-7 境界条件

また、開口部周囲のリブ

例……No.1ケーブル

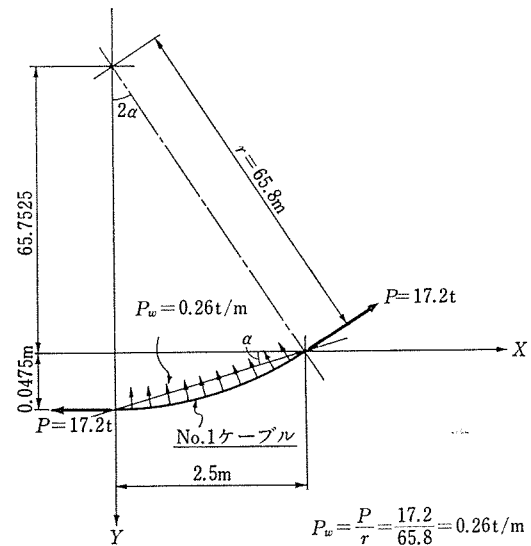


図-8 ケーブルの曲げ形状

は、プレストレス導入後に打継ぐので無視した。

外力としては、図-6 に示すように鉛直方向は PC 鋼棒によるプレストレス力 49.8 t/m と躯体自重 7.25 t/m とし、円周方向は PC ストランドの平均有効緊張力 17.2 t/ケーブル を各ストランドの位置に作用させた。

ケーブルの変形による影響は、図-8 に一例を示すように、各ケーブルの曲率半径から荷重を算定し、その部

分の要素に外力として作用させた。

4.3 開口部周辺の応力測定

4.3.1 使用材料, 機器

(1) ひずみゲージ

埋込み型ひずみゲージ (KM-100 T) : コンクリート打設時に, コンクリート中に埋込んでおき, プレストレス導入時にひずみを測定する。

ポリエステルひずみゲージ : プレストレス導入時に, 側壁内外のコンクリート表面にはりつけ, ひずみを測定する。

(2) 使用機器

静ひずみ測定器 2 台, スイッチボックス 5 台, タイマー 1 台。

4.3.2 測定方法

(1) ヤング係数, ポアソン比の測定

測定用供試体 (150 mm × 300 mm) は, 払出口, 点検口周辺のコンクリート打設時に 3 個ずつ, また, 側壁最上段のコンクリート打設時に 3 個, 合計 9 個を採取した。ヤング係数, ポアソン比の測定は, ASTM C 469-65 (円柱供試体によるヤング係数およびポアソン比の測定) に従って求めた。ひずみゲージを供試体にはりつけ, 2~3 回, 繰返し荷重 (最大荷重は破壊荷重の 40% とする) をかける。

また, 載荷速度は, 2~3 kg/cm² ピッチで連続して載荷した。

(2) プレストレス導入時のひずみ測定

プレストレス導入前に初期値をとり, それ以降は 30 分毎に測定を行った。

4.4 測定結果

4.4.1 ヤング係数, ポアソン比の測定値

(1) ヤング係数 E

$$E = (S_2 - S_1) / (\epsilon_l - 0.000050)$$

E : ヤング係数 (kg/cm²)

S_2 : 破壊荷重の 40% の荷重作用時の圧縮応力度 (kg/cm²)

S_1 : 縦方向ひずみが 50×10^{-6} に達した時のコンクリートの圧縮応力度 (kg/cm²)

ϵ_l : 40% 荷重時の縦ひずみ

(2) ポアソン比 ν

$$\nu = (\epsilon_{t2} - \epsilon_{t1}) / (\epsilon_l - 0.000050)$$

ϵ_{t2} : 応力 S_2 によって供試体の高さの中央に生じる横ひずみ

ϵ_{t1} : 応力 S_1 によって生じる横ひずみ

開口部周辺から採取した供試体 6 個について, 上記の 2 式によって, ヤング係数, ポアソン比の平均値を計算してみると, $E_c = 253500$ kg/cm², $\nu = 0.168$ となった。

4.4.2 緊張作業記録

(1) PC 鋼材配置

PC 鋼材は, 2.3 構造計算の項で述べたように, 鉛直方向に PC 鋼棒 $\phi 23$ mm (B-1) を 50 cm 間隔, 合計 109 本配置し, 端部緊張力 31.0 t/本, 平均緊張力 30.07 t/本 とした。

また, 円周方向には, PC ストランド $\phi 17.8$ mm (19 本より) を 27 段配置し, 端部緊張力 24.64 t/ケーブル, 平均緊張力 20.19 t/ケーブル とした。

(2) 緊張作業

最初に鉛直方向を緊張し, すべて完了した後, 円周方向の緊張を行った。

鉛直方向緊張 4 月 28 日 9 時~14 時半

円周方向緊張 4 月 29 日 8 時~4 月 30 日 12 時

4.4.3 ひずみ測定結果

(1) ひずみの計算

埋込み型ゲージ (KM 100 T) : 温度センサーがついているので, 次式でひずみを計算した。

$$\epsilon_s = \frac{K_m}{K_g} \cdot \epsilon_i + (\beta - \nu)t$$

ϵ_i : ひずみ測定器の読み

β : 補正係数

t : 温度差

ν : コンクリートの線膨張係数

K_g : KM 型ゲージのゲージ率

K_m : ひずみ測定器のゲージ率設定器の値

ϵ_s : 求めるひずみ

4.4.4 コンクリート応力の計算

(1) 2 方向のゲージで測定の場合

1 か所に 2 枚のゲージでひずみを測定したものについては, それぞれの方向を主応力の方向と考えて計算する。

ひずみ ϵ_1, ϵ_2 , 応力 σ_1, σ_2 とすると,

$$\epsilon_1 = \frac{\sigma_1}{E} - \nu \frac{\sigma_2}{E} \dots \dots \dots (1)$$

$$\epsilon_2 = \frac{\sigma_2}{E} - \nu \frac{\sigma_1}{E} \dots \dots \dots (2)$$

(1), (2) 式より

$$\frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} = A', \quad \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} = B'$$

$$\frac{\epsilon_1 + \epsilon_2}{2} = A, \quad \frac{\epsilon_1 - \epsilon_2}{2} = B$$

とおくと,

$$A' = A \cdot \frac{E}{1 - \nu}, \quad B' = B \cdot \frac{E}{1 + \nu}$$

となる。ゆえに,

$$\sigma_1 = A' + B'$$

$$\sigma_2 = A' - B'$$

(2) 3方向のゲージで測定の場合

1か所に3枚のゲージを図-9のように設置して、ひずみを測定したものについては、下記の式によって、主ひずみ ϵ_x, ϵ_y , 主応力 σ_1, σ_2 , 角度 θ を求めた。

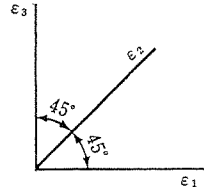


図-9

$$A = \frac{\epsilon_1 + \epsilon_2}{2}, B = \sqrt{\frac{1}{2}\{(\epsilon_1 - \epsilon_2)^2 + (\epsilon_3 - \epsilon_2)^2\}}$$

とおくと、

$$\epsilon_x = A + B, \epsilon_y = A - B$$

$$A' = A \cdot \frac{E}{1-\nu}, B' = B \cdot \frac{E}{1+\nu}$$

$$\sigma_1 = A' + B'$$

$$\sigma_2 = A' - B'$$

$$\tan 2\theta = \frac{\epsilon_1 + \epsilon_3 - 2\epsilon_2}{\epsilon_1 - \epsilon_3}$$

θ : ϵ_1 軸と主軸とのなす角

4.5 考 察

4.5.1 計算値と実測値の比較

全体的な傾向としては、計算値と実測値はよく合っているといえる。計算値のほうが実測値に比べて全体的に小さいのは、以下の理由によると考えられる。

1) 実測値は、導入直後のプレストレスによる値であり、平均緊張力は、鉛直方向 30.07 t/本、円周方向 20.19 t/ケーブル である。これに対して、計算値は設計時の値を使用しており、鉛直方向 24.9 t/本、円

周方向 17.2 t/ケーブル である。

2) 実測値には、コンクリートのクリープによるひずみもある程度含まれてきていると考えられるので、実測値の応力は大きめの値となる。

4.5.2 点検口周辺の応力

点検口周辺の計算値と実測値の比較したものを図-10に示す。これを見ると、開口部の四隅の部分の応力の方

向に違いがみられるが、これはゲージが図-11のような位置にあった時、実測値との比較のための応力は、ゲージをかこむ要素の応力を採用したが、実際には、ゲージの位置は要素の中心になく、このために誤

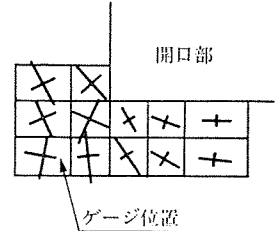


図-11

差を生ずる。特に隅角部においては、この影響が大きい。

また、点検口には、図-12に示す金具が埋込まれており、開口部周辺の応力に影響を及ぼすと考えられたが、今回の測定では判定できなかった。

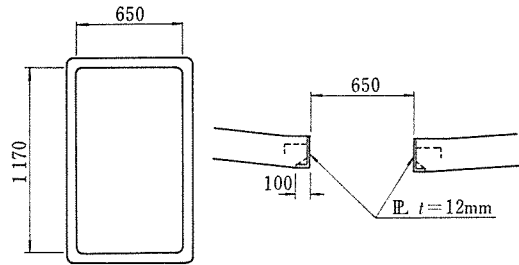
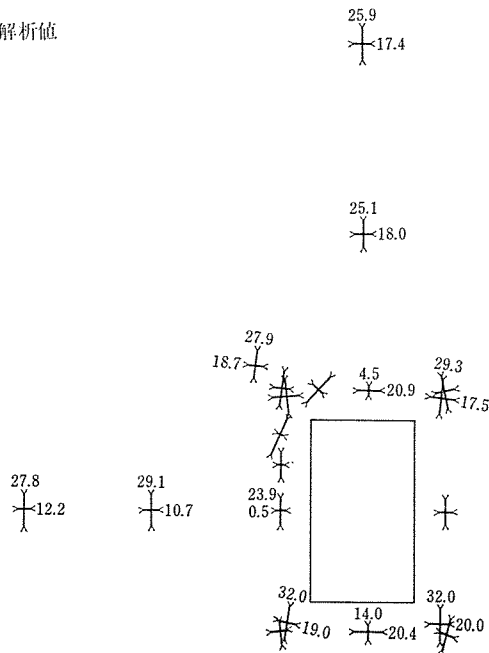


図-12 埋込み金具

解析値



実測値

- ◎コンクリート表面ゲージによる
応力はタンク内外の平均値
- ◎破線は片側のみの値

図-10 点検口周辺の比較 (kg/cm²)

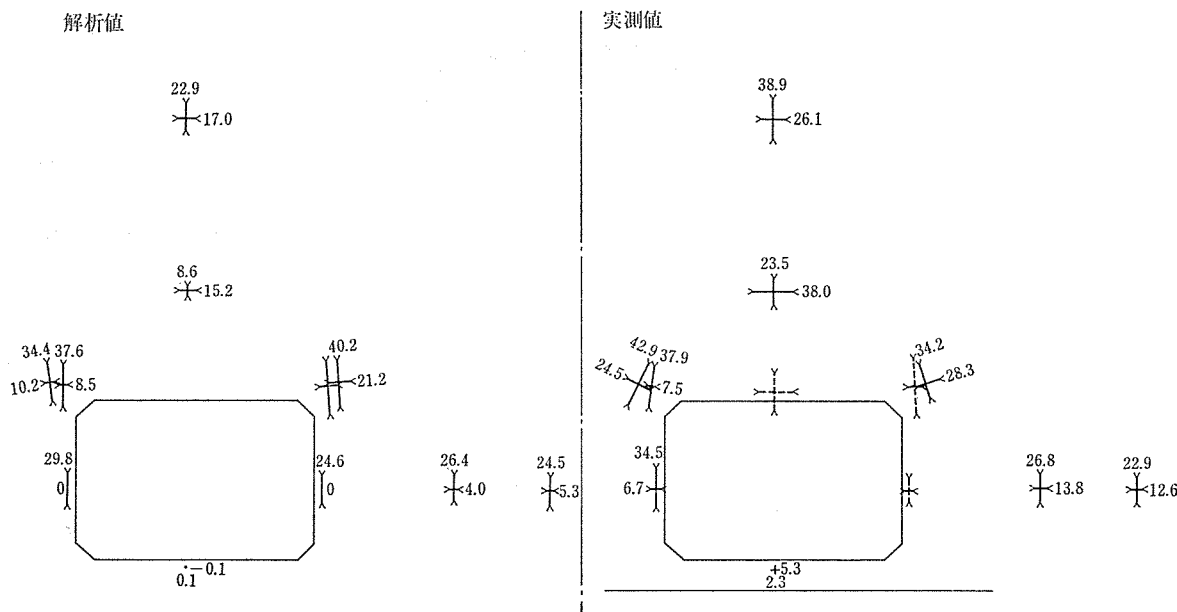


図-13 払出口周辺の比較 (kg/cm²)

4.5.3 払出口周辺の応力
 払出口周辺の計算値と実測値の比較したものを図-13に示す。実測値において、サイロの内側と外側の値、特に、鉛直方向応力について差異がみられたが、これは、鉛直方向曲げモーメントの影響と考えられる。

4.5.4 開口部から離れた位置の応力

図-14に示すゲージ No. A, B の位置について、計算値と実測値の比較を試みる。

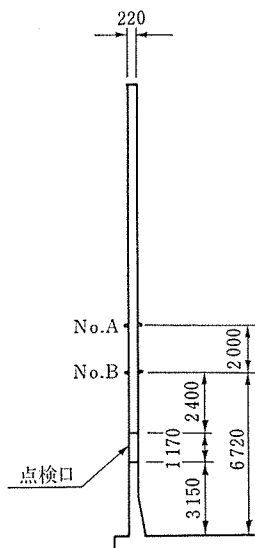


図-14

(1) 計算値
 [鉛直方向]

1 m 当りの緊張力 P は、PC 鋼棒 1 本当りの平均緊張力が 30.07 t/本 で 50 cm 間隔に配置されているので、

$$P = 30.07 \times \frac{1}{0.5} = 60.14 \text{ t/m}$$

よって、プレストレス σ_v は、

$$\sigma_v = \frac{P}{A_c} = \frac{60.14 \times 10^3}{22 \times 100} = 27.3 \text{ kg/cm}^2$$

[円周方向]

<No. A>

表-3 計算値と実測値の比較

		実 測 値			計 算 値
		壁の外側	壁の内側	平均	
No. A	鉛直方向	24.6	25.0	24.0	27.3
	円周方向	12.5	12.9	12.7	13.4
No. B	鉛直方向	25.2	30.6	27.9	27.3
	円周方向	14.3	16.6	15.5	16.5

PC スtrand 1 本の緊張力は 20.19 t/ケーブル で 0.685 m ピッチに配置されているので、m 当りの緊張力 P_1 は、

$$P_1 = 20.19 \times \frac{1}{0.685} = 29.5 \text{ t/m}$$

よって、プレストレス σ_{h1} は、

$$\sigma_{h1} = \frac{P_1}{A_c} = \frac{29.5 \times 10^3}{22 \times 100} = 13.4 \text{ kg/cm}^2$$

<No. B>

PC スtrand が 0.555 m ピッチに配置されているので、m 当りの緊張力 P_2 は、

$$P_2 = 20.19 \times \frac{1}{0.555} = 36.4 \text{ t/m}$$

よって、プレストレス σ_{h2} は、

$$\sigma_{h2} = \frac{P_2}{A_c} = \frac{36.4 \times 10^3}{22 \times 100} = 16.5 \text{ kg/cm}^2$$

計算値と実測値を比較すると、表-3 のようになり、比較的好く合っていると考えられる。

【昭和 58 年 2 月 2 日受付】