

LPG・PC外槽式低温貯槽の設計・施工

齊藤 勉^{*1}・岡本 剛治^{*2}・宮内 雅美^{*3}・園部 文明^{*4}

1. はじめに

液化石油ガス(LPG)は、利便性、クリーン性の特性が評価され、現在では家庭用、自動車用、工業用等極めて幅広い分野で使用されている。我が国のエネルギー消費の約5%を占める国民生活上の重要なエネルギーの一つとなっている。

現在、ゼネラル石油(株)川崎工場内にLPG貯蔵施設および受入/出荷設備が建設されている。

本報告では、このプロジェクトのうち、容量43,000TONのLPG・PC外槽式低温貯槽のPC外槽について報告する。本貯槽は、従来の鋼製二重殻タンクにプレストレストコンクリート(PC)製防液堤を限りなく接近させ、外槽と一体化させたPC外槽式低温貯槽である。PC外槽が防液堤を兼ねているため用地の有効利用ができ、万一内槽から液漏れが起きても貯槽外への液の流出はなく、ガスの拡散も外槽屋根(鋼製)があるため最小限に抑えられ、安全性の向上が図れる。

本プロジェクトのように既設の貯槽、設備に隣接して増設される貯槽では、PC外槽式低温貯槽が、土地の有効利用を図ることができ、経済性および安全性にもすぐれている最適の貯槽形式といえる。

2. 工事・構造概要

2.1 工事概要

施主：ゼネラル石油(株)

工事名称：ゼネラル石油(株)川崎工場
低温LPG貯蔵設備建設工事

工事場所：川崎市川崎区浮島町6番1号

工期：平成2年5月1日～平成5年5月31日

貯蔵物：液化プロパンガス

法規：高圧ガス取締法

構造形式：PC外槽式低温貯槽

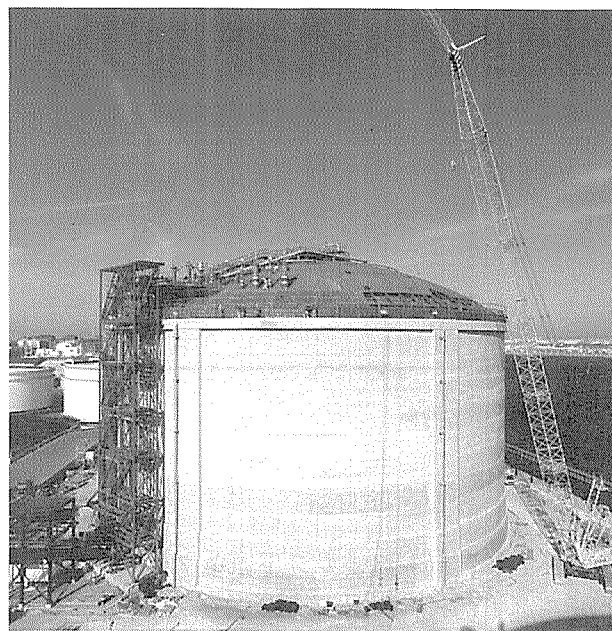


写真-1 PC外槽式低温LPG貯槽全景

2.2 構造概要

本LPG・PC外槽式低温貯槽は、鋼管杭により支持された基礎スラブ上に設置された鋼製内槽(球面屋根式)と、同じ基礎スラブ上に設置されたPC外槽(金属製屋根)からなる。PC外槽は、万一内槽から液漏れが生じた場合、内槽の全容量を貯蔵でき、この状態で耐震性能を有している。

PC外槽の内面には、気密性を確保するためライナープレートが取り付けられている。このライナープレートは、施工時には型枠材として利用される。さらにこの内側には、 -45°C のLPGのボイルオフガス(BOG)量を低減するため、保冷材が取り付けられる(図-1参照)。保冷材と鋼製内槽との間には点検スペースが設けられ、通常使用時には窒素ガスが封入され -45°C の雰囲気になっている。

*1 Tsutomu SAITO : 大成建設(株) 土木設計部 副課長

*2 Gouji OKAMOTO : 大成建設(株) 土木設計部 主任

*3 Masami MIYAUTI : 大成建設(株) ゼネラル石油基地作業所 課長

*4 Humiaki SONOBE : 大成建設(株) ゼネラル石油基地作業所

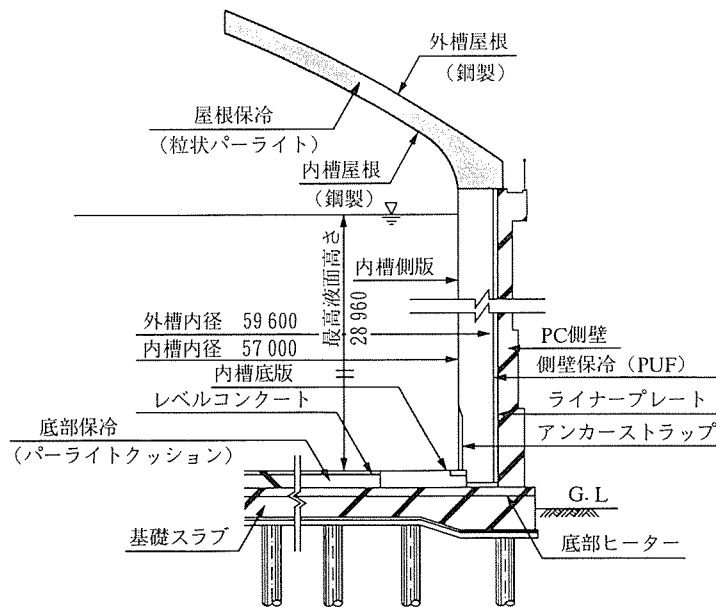
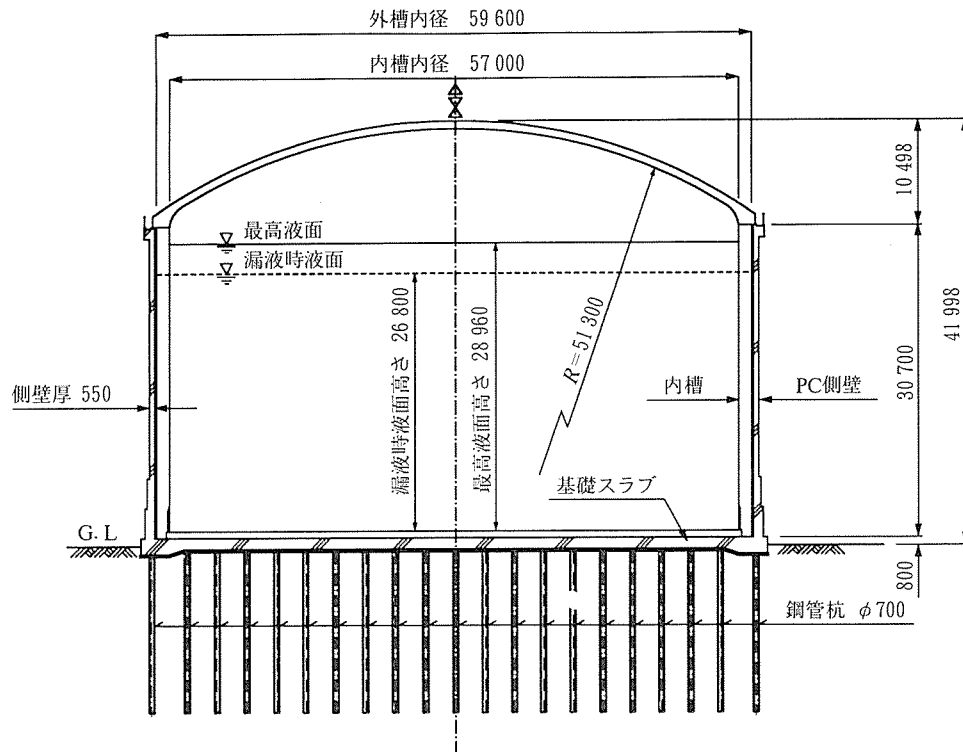


図-1 貯槽構造図

3. 設 計

3.1 設計条件

本 LPG・PC 外槽式低温貯槽は、要求される貯蔵容量に対し、形状寸法を決定している。

以下、本設計に用いた設計条件を示す。

(1) 構造諸元

本 LPG・PC 外槽式低温貯槽の構造諸元は以下のとおりである。また、構造図を図-1 に、PC 鋼材配置図

を図-2 に示す。

- 有効容量：43 000 t
- PC 外槽内径：59.600 m
- 漏液時液面高さ：26.800 m
- 鋼製内槽内径：57.000 m
- 最高液面高さ：28.960 m
- 内容物比重：0.58
- 設計温度：-45°C
- PC 工法：VSL 工法

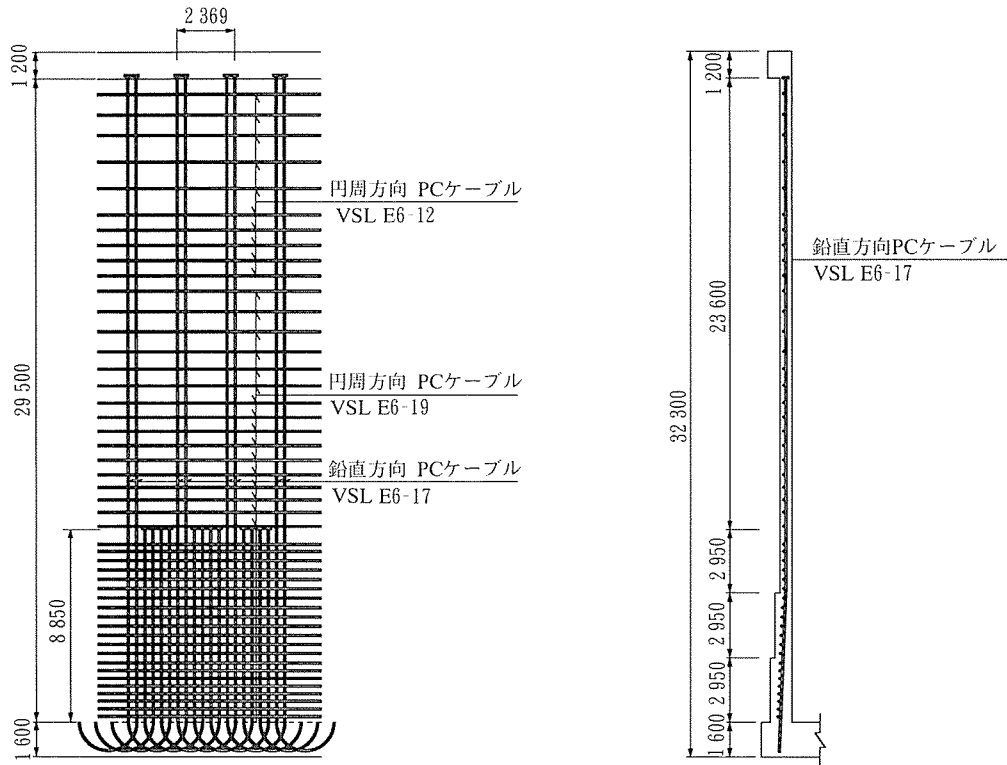


図-2 PC 鋼材配置図

基礎形式：杭基礎（鋼管杭φ700）

(2) 荷重条件

設計に当たり考慮した荷重を表-1に、荷重の組合せを表-2に示す。

この中で従来設計とは異なり、異常時の考え方を新た

に導入している。異常時の“内槽漏液時に地震が発生する”および“内槽の漏液した直後に静液圧の2倍の液圧を受ける”という極限のコンセプトをコンクリートの設計に反映するために、従来のPC構造物における終局耐力の検討を準用している。

表-1 荷重

荷重項目	自重	屋根荷重	プレストレス	内槽荷重	温度荷重
荷重分布					
荷重条件	単位体積重量 $W_c = 2.45 \text{ tf/m}^3$			A_s : アンカー引抜き力	最高外気温度 32.2°C 最低外気温度 -1.6°C 内容液温度 -45.0°C
荷重項目	漏液時静液圧	地震時躯体慣性力		地震時動液圧	
荷重分布					
荷重条件	単位体積重量 $\gamma = 0.58 \text{ tf/m}^3$ 漏液直後は2倍の静液圧が作用する	水平震度 $K_h = 0.396$ (側壁) 0.264 (底版) 水平震度 $K_v = 0.24$ (側壁) 0.12 (底版)		水平震度 $K_h = 0.396 \times 2/3 = 0.264$ 鉛直震度 $K_v = 0.24 \times 2/3 = 0.16$ 終局状態では躯体慣性力と動水圧が作用する	

表-2 荷重組合せ

荷重組合せ		通常運転時						異常時			
		長期		短期				終局状態			
		①		②		③	④		⑤	⑥	⑦
		温度荷重無		温度荷重有		水張試験	地震時		漏液時	漏液+地震	漏液直後
内槽空液	内槽満液	内槽空液	内槽満液	内槽空液	内槽満液						
自重	重	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
屋根荷重 積雪荷重含	通常時	○	○	○	○			○		○	
	地震時						○	○		○	
プレストレス	使用状態	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
内槽荷重	試験時					○					
	通常時	空液時	○		○						
		満液時		○		○					
	漏液時	空液時							○		○
		満液時							○		○
	地震時	空液時						○			
		満液時							○		
漏液+地震									○		
漏液時液圧									○	○	○*1
温度荷重	運転時			○	○		○	○			○
	漏液時								○	○	
地震荷重	通常時						○	○			
	異常時									○*2	
設計法		許容応力度法		同左	同左	同左	同左	同左	終局耐力	同左	

*1 漏液直後は、2倍の静液圧が作用する。

*2 漏液時+地震のPC外槽に作用する設計震度は2/3とする。

3.2 設計フロー

PC外槽の設計は、実質的に図-3の設計フローに示すように2つのステップに分けて行っている。FEM解析は、部材寸法の決定、PC鋼材量の決定などの繰返し設計作業に不向きなため、第1ステップで概略の構造を決定し、第2ステップでの設計を円滑に行えるように配慮している。

第1ステップは、通常の水道用PCタンクの設計方法と同様に、温度荷重等の理論解では扱いにくい荷重を除き、主要荷重（自重、液圧、プレストレス、地震時荷重等）を用い理論解により設計を行う。PC外槽を側部のPC側壁と底部の基礎スラブとに分け、PC側壁の設計は円筒形下端固定の条件で理論解により行い、PC鋼材配置等を設定する。また、上部工反力を算定し、基礎スラブおよび杭の設計（杭種、杭配置）等を行う。

第2ステップでは、PC側壁と基礎スラブを一体とし、杭基礎をバネ要素とした解析モデル（図-4）により軸対称シェルFEM解析を行い、最終的な設計照査を行う。なお、温度荷重については、PC側壁と基礎スラブを一体としたモデルにより、FEM熱伝導解析を行う。

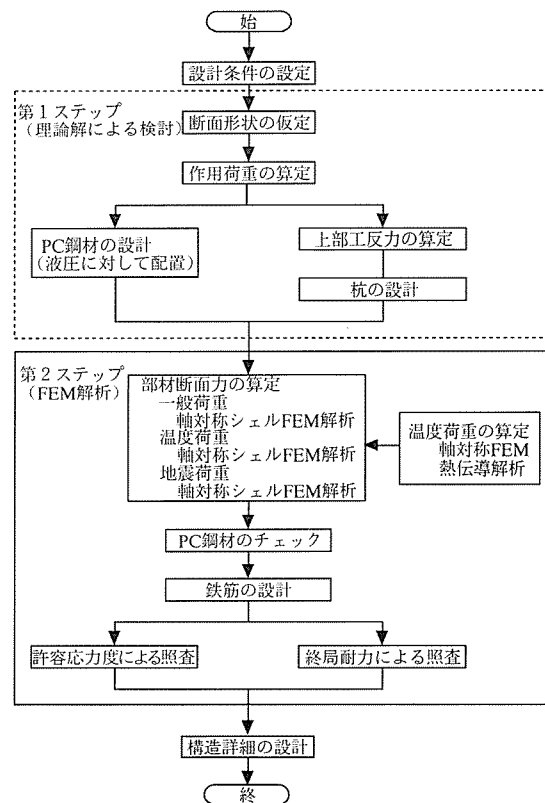


図-3 設計フロー

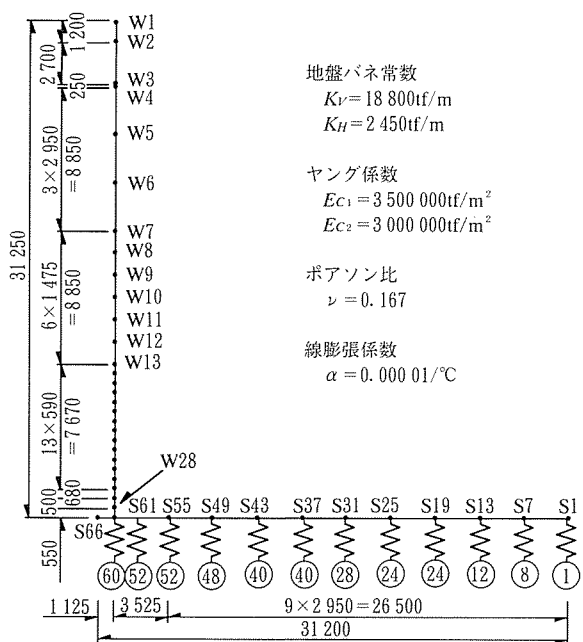


図-4 解析モデル

3.3 躯体の設計

(1) 設計方針

PC 側壁および基礎スラブとも、以下の設計方針に従い、許容応力度法あるいは終局耐力の検討を用いて、各荷重組合せに対して設計を行う。

1) 許容応力度法

表-2 の荷重組合せのうち

- ① 通常運転時
- ② 通常運転時+温度荷重
- ③ 水張試験時
- ④ 通常運転時+地震荷重
- ⑤ 漏液時

の5 ケースについては、許容応力度法により設計を行う。

PC 側壁は上記荷重組合せのうち①~④に対して、通常の PC 構造と考え設計を行う。コンクリートに生じる圧縮応力度、引張応力度がそれぞれ許容値を満足するように設計し、側壁コンクリートのひびわれ発生の確率を小さくして長期使用状態における部材の耐久性を高める。なお、許容応力度は、水道用 PC タンクの基準（水道用プレストレストコンクリート標準仕様書）に準じ決定している。

漏液時の⑤に対しては、RC 構造と同様にひびわれを許す PRC 構造として設計する。漏液時には、液圧に加えて低温液化プロパンガスの温度（-45℃）によりコンクリートに大きな温度荷重が作用する。漏液時の温度荷重に対してひびわれを発生させない PC 構造として設計することは、むしろ不経済な設計と考えられる。曲げひびわれを許す設計となるが、貫通ひびわれではないた

め、コンクリート自体の液密性は確保されている。

2) 終局耐力の検討

以下の2 ケースの異常時については、終局耐力の検討を行い、安全性の確認を行っている。

⑥ 漏液時+地震時：漏液時にさらに通常運転時の2/3の地震力を受ける。

⑦ 漏液直後：静液圧の2倍の液圧を受ける。

⑦の状態のおそれはほとんどないと考えられるが、急激な内槽の破壊を想定し、大量の内容液が内槽と PC 外槽の間のスペースを流れ、180°の反対側で液どうしがぶつかり合ったときの衝撃圧を想定して設計している。

(2) 耐震設計

通常運転時および漏液時に地震を受けた場合にも、機能を損なわず安全であるように設計を行っている。PC 外槽の受ける地震荷重は以下のとおりである。

④ 通常運転時+地震荷重：躯体慣性力

⑥ 漏液時+地震荷重：躯体慣性力と動液圧

PC 外槽の設計震度は、内槽の設計と同様に PC 外槽の固有周期を計算したうえで、「高圧ガス設備等耐震設計指針」および「神奈川県高圧ガス協会：高圧ガス設備等耐震設計基準」に準じて設定する。この設計震度に基づき慣性力や動液圧の算定、応力計算、終局耐力の検討を行い、鋼製内槽と同等以上の安定性を有するように設計している。

なお、漏液時に地震荷重を受けた場合の⑥については、神奈川県「平底円筒形可燃性ガス低温貯槽設置基準」に準じ、上記の算定の設計震度を2/3として設計を行っている。

(3) PC 鋼材配置

漏液時に PC 外槽には、内容液の静液圧によりフープテンションが発生する。このフープテンションを打ち消すために、円周方向プレストレスが必要となる。一般の水道用 PC タンクでは、余裕圧縮力として 10 kgf/cm² 程度を考慮するが、本 PC 外槽では、温度荷重による影響を考慮してさらに全体の 15 % 程度の割増しを行っている。

漏液時を配慮して円周方向プレストレスを導入するため、静液圧が作用しない通常運転時には、図-5 に示す

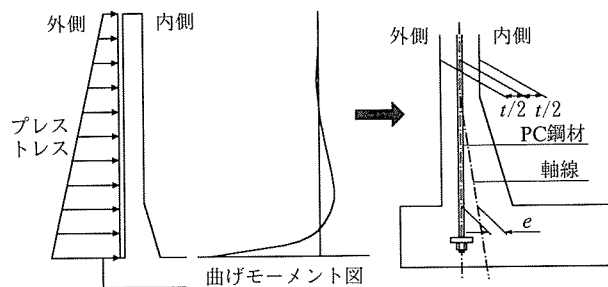


図-5 鉛直方向曲げモーメントおよび軸線の変化

よう PC 側壁下端に外側引張となる鉛直方向曲げモーメントが発生する。一般の水道用 PC タンクでは、PC 側壁下端の部材厚を内側に厚くし軸線を変化させ、偏心モーメントを発生させることにより、外側引張に対処している。

本 PC 外槽では、温度荷重および内槽の内容液の有無等により、PC 外槽の鉛直方向の曲げモーメントが大きく変化する。図-6 に示すように、通常運転時（温度変化：無し、内容液：無し）と、通常運転時（温度荷重：夏、内容液：有り）、漏液時（温度荷重：夏）で鉛直曲げモーメントの向きが反転する。このため、図-2 に示すように PC 鋼材を部材の軸線上に配置し、曲げモーメントによって発生する引張力に対して PC 鋼材による圧縮力のみで抵抗するように設計している。

なお、PC 鋼材として、低温特性⁴⁾および導入力の大きさを考慮し、円周方向、鉛直方向ともに PC 鋼より線・マルチタイプを使用している。定着工法は VSL 工法を、鉛直方向の定着方法は L タイプ（ループタイプ）を採用している。L タイプを採用した理由は、施工中

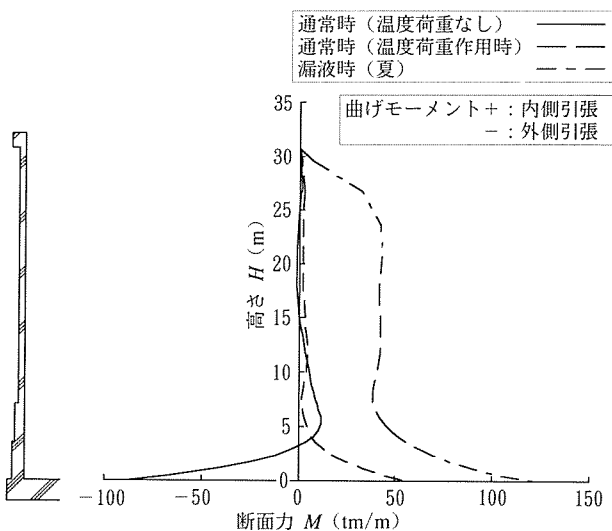


図-6 軸方向曲げモーメント図

シースのみ配置し PC 鋼より線を後挿入できること、および工事開口での PC 鋼材の取扱いが後挿入であるため容易であることにある。

4. 施 工

4.1 施 工 概 要

LPG・PC 外槽式低温貯槽の施工は、表-3 に示すとおり平成 3 年 6 月に杭基礎工事を着工、RC 基礎スラブ工事終了後、鋼製内槽工事と並行して PC 側壁工事を行い、PC 緊張工事を含めて平成 4 年 12 月に完了している。その後、鋼製内槽については、水圧・気密テスト、内外槽保冷工事、塗装工事を実施し、平成 5 年 4 月にすべての貯槽工事を完了する予定である。本工事の特徴を以下に記す。なお、内外貯槽全体の工事手順を図-7 に、工事状況写真を写真-2~5 に示す。

(1) 基礎工事

事前に実施した土質調査結果より、当該地点の土質性状および基盤層は埋立て地盤であるが、貯槽下全域にわたりほぼ均一であり、ほとんど不陸は見られない。基盤層への必要貫入量も含め、杭の発注長さを決定するために試験杭を 5 本打設し、その結果を考慮し杭長（平均：67.5 m）を決定している。杭打設手順としては、打設に伴う土の側方移動により、近傍護岸に有害な変形を与えないように、先行して護岸に平行に 3 列杭を打設する。後続杭は基本的にタンク中心から外側へ向って打設し、地盤の盤ぶくれ等の影響が少なくなるように配慮している。

杭打設機は、安全最優先という観点から D-608、D-508 を採用している。リーダー長を 24 m とし、油圧ハンマー NH-100 を用いて、5 本継ぎで杭打設を行っている。

(2) 基礎スラブ工事

杭頭処理完了後、基礎スラブの下側鉄筋を組み立て、上側鉄筋等の配置用アンカーフレーム、ボトムヒーター

表-3 工事工程表

	1991												1992												1993				
	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4						
基礎工	鋼管杭打設RC底版																												
PC外槽/側ワイアプレート													1	2	3	緊張	4	5	6	7	8	9	緊張	10	11				
内槽側板工													屋根浮上																
屋根工																													
保冷工																													
塗装工																													
配管工																													
耐圧/気密																													

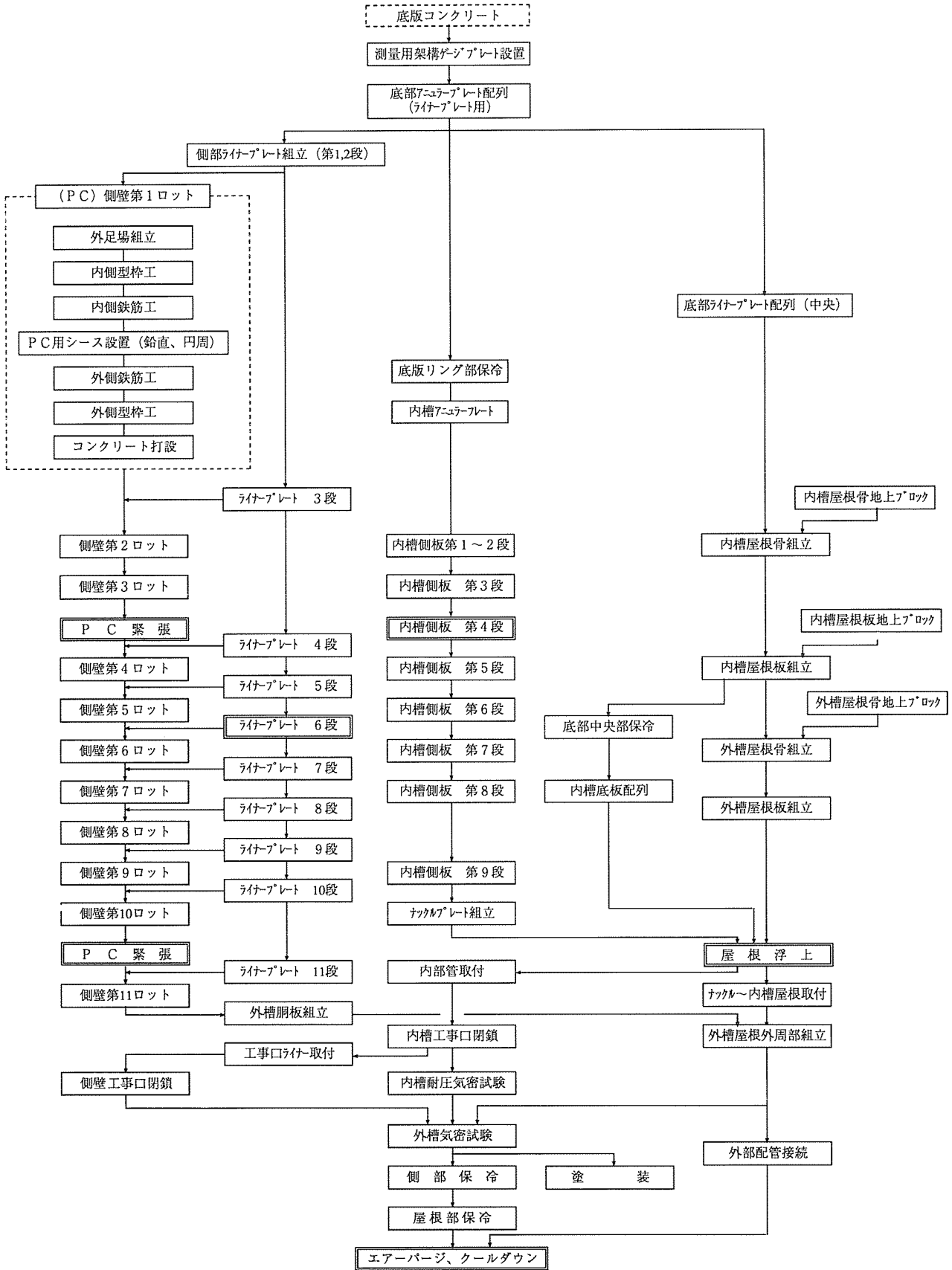


図-7 施工フロー

管を設置する。さらに、鋼製内槽を定着するアンカーストラップおよび鉛直締めPCケーブル用鋼管シース据付け後、基礎スラブの上側鉄筋を組み立てる。

基礎スラブのコンクリートは、打設量約3770 m³ マスコンクリートのため、水和熱によるひび割れ等を最小限少なくするように、高炉セメントを使用する配合とする。基礎スラブコンクリートの配合は表-4のとおりである。

表-4 基礎スラブコンクリート設計配合
($\sigma_{28}=300 \text{ kgf/cm}^2$)

粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプの範囲 (%)	空気量 (%)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 S/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)						
					水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G		混和材料	
								砕石		混和材	混和剤
20	18	4	49.5	44.4	165	334	780	1009	-	-	0.835

(3) PC 側壁工事 (第1~3 ロッド)

基礎スラブ構築後、底部ライナープレート、鋼製内槽のアンジュラプレートを配列・溶接し、側壁部ライナープレート (4.5 mm) を組み立てる。

PC 側壁は、1 ロッド=2.95 m の打上がり高さで、各ロッドとも側壁部ライナープレート組立て後、

1) 内側型枠工 (側壁部ライナープレート利用)

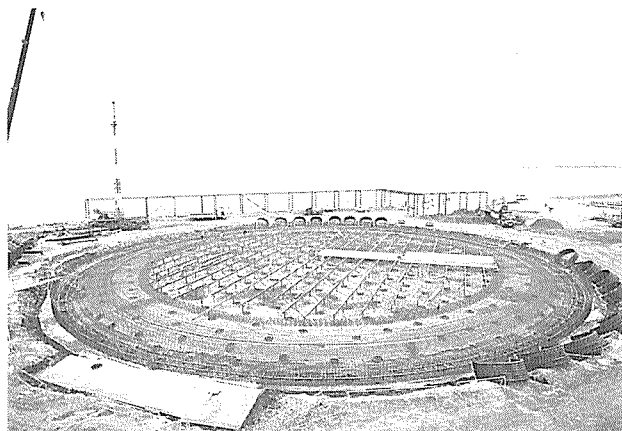


写真-2 基礎スラブ工事



写真-3 PC 側壁工事 (第1~3 ロッド)

- 2) 内側鉄筋工
- 3) PC 工 (鉛直, 円周方向シース組立て)
- 4) 外側鉄筋工
- 5) 外側型枠工
- 6) コンクリート工

の順序で構築する。第1~3 ロッドは、設計上、鉄筋、PC 鋼材が密に設置されており、通常のコンクリートでの締固めを行う施工が困難なため締固め不要コンクリート (ビオクリート 21) を採用する。第3 ロッドのコンクリート打設後、所定の圧縮強度を確認し鉛直方向、円周方向のプレストレスを行う。なお、鉛直方向のPC ケーブルは、第3 ロッドで全数の約2/3を緊張し、残り1/3は側壁上部の第10 ロッドで緊張する。

なおPC 側壁工事と並行して、アンジュラプレート下部の保冷材を打設し、内槽アンジュラプレートの配列・溶接、内槽側板の組立て・溶接を行う。

(4) PC 側壁工事 (第4~11 ロッド)

内外貯槽間の空間が狭いため内外貯槽の側壁の同時並行作業ができないので、鋼製内槽の側板を先行して施工する。また、鋼製内槽の中では、屋根施工用の仮ベントを組み立て、内外貯槽の鋼製屋根骨、屋根板の組立て・溶接を開始する。



写真-4 PC 側壁工事 (第4~9 ロッド)

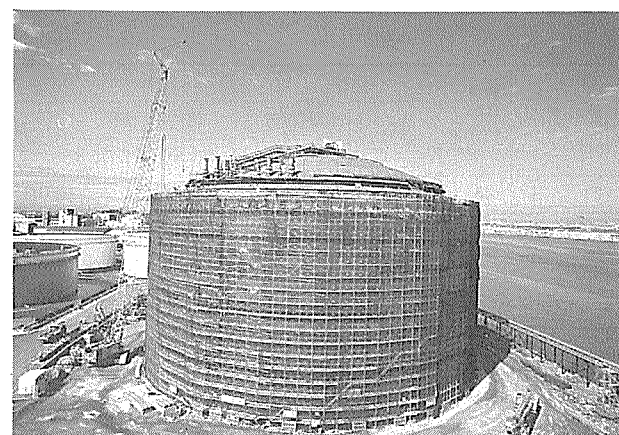


写真-5 PC 側壁工事 (PC ケーブル挿入)

◇工事報告◇

PC 側壁の第 9 ロッドを施工中に鋼製内槽の側板の組立・溶接を完了し、基礎スラブ上で組み立てた屋根を空気圧により浮上させ、内槽側板ナックルプレートに固定する。PC 側壁の第 10 ロッド打設後、鉛直方向、円周方向のプレストレスングを行う。グラウトを終了し最終第 11 ロッド施工後、側壁部ライナープレートに鋼製外槽屋根リングプレートを溶接する。

鋼製内槽では、内部段階および配管工事終了後、水張り・耐圧・気密試験を行う。さらに、側壁部ライナープレート上に冷熱抵抗緩和材 (PUF ボード) を設置、および屋根部内外槽間に粒状パーライトを充填し、屋根塗装を行い貯槽工事は完了する予定である。その後、貯槽のエアパーージ、N₂ パージ、クールダウンを実施して、貯槽の実稼働に入る。

4.2 コンクリート・PC 工事の特徴

(1) コンクリート工事

側壁コンクリートの壁厚は 1 000 mm~550 mm であり、マスコンクリートとしての挙動を示すことから、コンクリートの水和発熱により発生する応力を緩和させる必要がある。また断面の小さい場所に PC ケーブル用シース、鉄筋が密に配置されるため、ワーカビリティの改善を考慮する必要がある。これらの条件を考慮し、三成分系低発熱セメントを使用した締固め不要コンクリートを第 1~3 ロッドに採用する。型枠は大型パネル工法 (シャタリングとメタルファオームの組合せ) を採用し、コンクリートの側圧を液圧 (7.1 tf/m²) として考慮し、セパレータ、セパレータ取付け用のアンカーナット、および型枠構成材の設計を行っている。

締固め不要コンクリートの打設に際して、コンクリートポンプ車 3 台を使用し、そのうち 2 台はブーム打設、1 台は試験的に 4 分岐配管打設によりコンクリート打設を行う。4 分岐配管打設では、1 台当たり円周方向約 60 m に対して、各吐出口から均等に吐出したコンクリートは、ほぼ水平の状態では打ち上がることが確認され

ている。PC 側壁のコンクリート設計配合を表-5、6 に示す。

(2) 締固め不要コンクリート

締固め不要コンクリートとは、流動性と材料分離抵抗性を高め、バランスさせることにより、パイブレータ等の振動締固めを使用することなく打設が可能なコンクリートである。このため本 PC 側壁のように、鉄筋、PC ケーブル用シースが高密度に配置された構造物のコンクリート打設には、高品質化・省力化の観点からも非常に有効であると思われる。

今回採用した締固め不要コンクリートは、分離低減剤として微生物の作り出す天然高分子 (ビオポリマー) を使用している。

(3) L (ループ) タイプ定着具

PC 側壁の鉛直方向には、PC ケーブル (SWPR 7 B, φ15.2, 17 本) を配置し、下端定着部に L タイプ定着具を、上端定着部にキャストイング (EC) タイプ定着具を使用する。

L タイプ定着具の配置のために、基礎スラブ内にアンカーフレームをセットし、U 字形に曲げ加工した鉛直締め PC ケーブル用鋼管シース (φ125 mm) を設置する。U 字形鋼管は配置上お互いに交差するため、予め部材軸線からのずれ角度の違う 2 種類を製作し、交互の U 字形鋼管が重なり合うように据え付ける。グラウトホースは U 字形鋼管最下端部にセットする。

第 3 ロッド定着の鉛直方向 PC ケーブルは、プッシュスルーにより PC 鋼より線を 1 本ずつ挿入し、450 t ジャッキをクレーンで吊り緊張する。第 10 ロッドで定着の鉛直方向 PC ケーブルは、切断した PC 鋼より線 (L=68 m) を所要本数に束ね、ケーブルグリップを用い、クローラークレーンとウインチでリードワイヤーを引いて挿入する。緊張管理は、緊張力と PC 鋼材の伸びによる μ (摩擦) 管理法を採用する。

緊張作業を完了後、引き続きグラウト注入 (セメントミルク) 工事を行う。グラウト注入工事は、U 字形鋼管最下端部から水押し、空気排気、注入作業の手順で行う。アンカーヘッドとくさびにより固定されている PC 鋼より線の隙間に、セメントミルクが十分に行きわたるように、アンカーヘッドに縦長のキャップを取り付け流出防止を行い、くさびからグラウトをオーバーフローさせて注入を終了する。

5. あとがき

平成 5 年 2 月現在、PC 外槽の工事はほぼ完了し、PC 外槽式低温貯槽として最後の設備、保冷工事を施工中であり、5 月の全プロジェクト完成を目指している。本報告が、今後の PC 外槽式低温貯槽の計画・設計・施

表-5 側壁コンクリート設計配合
第 1~3 ロッド (σ₂₈=400 kgf/cm² ビオポリマー添加)

粗骨材の最大寸法 (mm)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 S/a (%)	単 位 量 (kgf/m ³)							
			水 W	セメント FMKC C	細骨材 S	粗骨材 G	混 和 剤			分 離 低 減 剤
							FP-200	NO.70	775 S	
20	34	45	170	500	714	902	1.7	0.15	-	0.8

表-6 側壁コンクリート設計配合
第 4~11 ロッド (σ₂₈=400 kgf/cm²)

粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプの範囲 (%)	空気量 (%)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 S/a (%)	単 位 量 (kgf/m ³)						
					水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和材料		
									砕石	混和材	混和剤
20	18	4	39.9	40.9	181	454	670	994	-	-	1.135

工の参考になれば幸いです。

最後に、本 LPG・PC 外槽式低温貯槽工事の設計および施工に際して多大なご指導をいただいたゼネラル石油(株) 関係者各位に厚く御礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 岡本剛治ほか：PC 外槽低温貯槽の設計について、土木学会第 46 回年次学術講演会，1991
- 2) 岡本剛治ほか：PC 外槽低温貯槽の設計について、プレストレストコンクリート技術協会 第 2 回シンポジウム論文集，1991. 11
- 3) 斉藤勉：コンクリートを用いた石油，低温液化ガス（アンモニア，LPG，エチレン，LNG）貯槽の紹介，ペトロテック，石油学会，VOL. 15，NO.7，1992. 7
- 4) H. Sibata, H. Okanura, T. Takagi : Ductility of Prestressed Concrete at Extremely Low Temperature for PC-LNG-Aboveground Storage Tank, 11th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology, August, 1991
- 5) 進藤竹文ほか：締め固め不要コンクリートのフレッシュな状態における性状，土木学会第 45 回年次学術講演会，1990
- 6) 進藤竹文ほか：超流動コンクリートの基礎物性に関する研究，日本コンクリート工学協会：第 13 回コンクリート工学年次講演会，1991

【1993 年 3 月 2 日受付】

◀刊行物案内▶

Prestressed Concrete in JAPAN

—1990—

(FIP Hamburg, 1990)

[日本のプレストレストコンクリート (1990 年 FIP ハンブルグ大会)]

<英・和文併記>

本書は、1990 年の FIP ハンブルグ大会に提供するために本協会において編纂・発行したもので、最近の日本の代表的な PC 構造物 28 件についての設計・施工概要を英文・和文併記の形で、報告しています。写真・図も豊富で、海外において好評を博しました。

体 裁：A 4 判 140 頁

頒布価格：会員 2 500 円，非会員 3 000 円（送料：350 円）

内 容：鉄筋コンクリート固定アーチー別府明礬橋／バイプレ工法による中央公園橋／PC ラーメン橋—東名阪高架橋—／本州四国連絡橋 児島・坂出ルートの PC 橋梁群／PC・V 脚ラーメン橋—常磐自動車道 十王川橋—／CLCA 工法により施工されたコンクリートアーチ橋—城址橋—／PC ケーブルを用いた曲線桁の片持ち張出し工法—万江川橋（下り線）—／逆ランガーコンクリートアーチ橋—中谷川橋—／PC 斜張橋—新綾部大橋—／PC 5 径間連続ラーメン箱桁橋—岡谷高架橋—／複線 3 主 PC 下路式鉄道橋—大北川橋梁—／北陸自動車道“親不知海岸高架橋”の施工／新素材による PC 橋—新宮橋—／人工軽量骨材コンクリートを使用した鉄道橋—汐見川橋—／PC 斜張橋における新しい片持ち張出し工法—衝原大橋—／架設アウトケーブルを用いた不等径間 T ラーメン橋—筒石川橋(上部工)—／大型移動吊り支保工により施工した都市内 PC 高架線／PC 斜張橋—呼子大橋—／FC 合成床工法による人工地盤／プレキャスト PC 高層建物—日立物流ハイテクセンター—／出雲大社神楽殿／LNG 地上式タンク用 PC 製防液堤／横浜市における PC 卵形消化タンク／PC タンク—大名調整池—／PC プレキャスト版による供用中の滑走路の改修舗装工事／横浜博覧会「海のパビリオン」—H.M.S. (多角形浮体構造物)—／PC スノーシェルター—正善寺シェルター—／プレストレストコンクリート構造ウエーブジェット