

## 大型 PC 低温タンクの設計・施工

——大分油化興産（株）68 000 k $\ell$  LPG タンク——

堀 泰 三\*  
平 野 敏 則\*\*  
佐々木 正 廣\*\*

### 1. ま え が き

昭和 48 年来の石油危機を境にして原油価格が高騰したため、石油代替エネルギーとして、石油ガスを冷却液化させた LPG (Liquified Petroleum Gas) が見直され、その需要が急増してきた。

LPG は低温液体で、常温、常圧の大気中では気化する。そのため、貯蔵には「低温タンク」と呼ばれる低温を保つ機能を備えた特別のタンクを使用しなければならない。

従来、低温タンクとしては、金属二重殻タンクが主体であった。これは、受液槽としての強度を有する金属内槽と、保冷材保持のための薄鋼板の外槽および万一の液漏れ時に液の流出を防止する防液堤とから成り立っている。これに対して、今回大分に建設された PC 低温タンクの形式は、PC・金属・二重殻タンクであり、内槽は金属で従来型のタンクとほぼ同じであるが、外槽を PC 構造としたことに特徴がある。この PC 外槽が内槽と同じく受液槽としての強度を有しているため、万一内槽から液漏れが起きてもタンク外への液の流出はなく、ガスの拡散も最少限に抑えられる。

また、PC 外槽は防液堤として認可されているため、あらためて従来型の防液堤を設置しなくて済み、用地の有効利用がはかれる。このように、安全性と経済性にすぐれた PC 低温タンクは、海外を中心にすでに数十基建設されている。今回報告する大分の LPG タンクは、本格的規模の PC 低温タンクとしては我が国初めてのもので、昭和 56 年度プレストレストコンクリート技術協会作品賞の荣誉に与った。

### 2. 工 事 概 要

本工事は、大分油化興産（株）が昭和電工大分石油化学コンビナートの東北端用地（図-1）に建設した LPG 基地のうち、40 000 t (68 000 k $\ell$ ) $\times$ 2 基の LPG タンク

\* 鹿島建設（株）土木設計本部設計主査

\*\* 鹿島建設（株）土木設計本部副主査

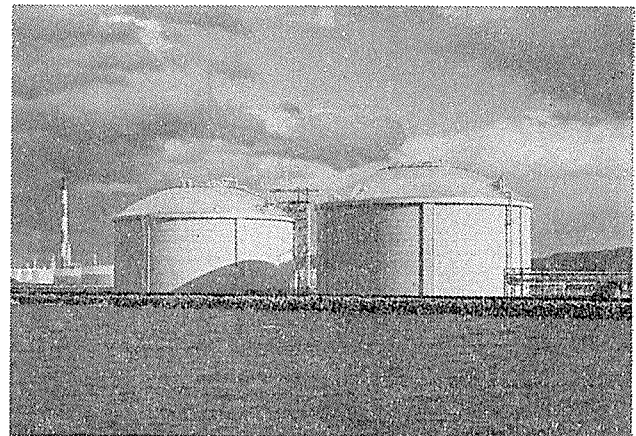


写真-1 68 000 k $\ell$  LPG タンク全景

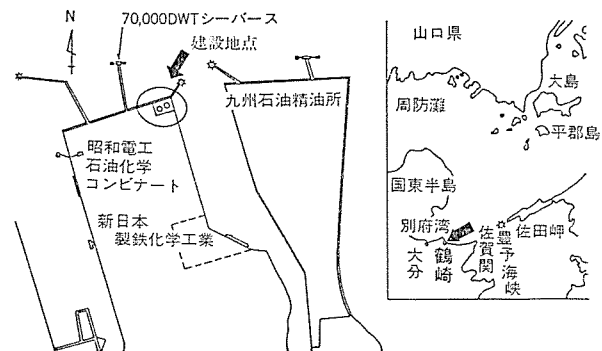


図-1 LPG タンク建設地点

工事であり、その概要は次のとおりである。

工 事 名：大分油化興産（昭電）LPG タンク建設他  
工 事

企 業 名：昭和電工（株）

場 所：大分県大分市字中の州 2 番地昭和電工構内  
（図-2）

工 期：昭和 55 年 5 月～昭和 56 年 10 月

設計施工：タンク基礎および PC 外槽…鹿島建設（株）  
金属内槽……………（株）石井鐵工所

貯 蔵 物：V 301 タンク…液化プロパンガス (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>)

V 401 タンク…液化ブタンガス (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>)

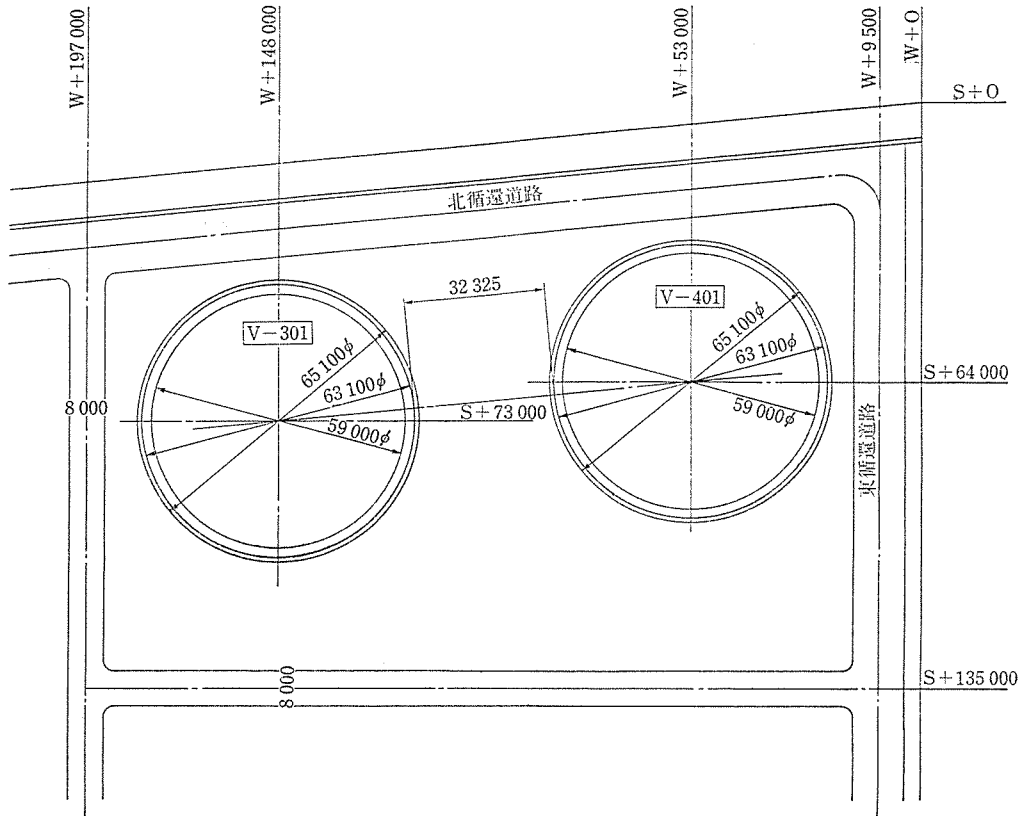


図-2 タンク配置図

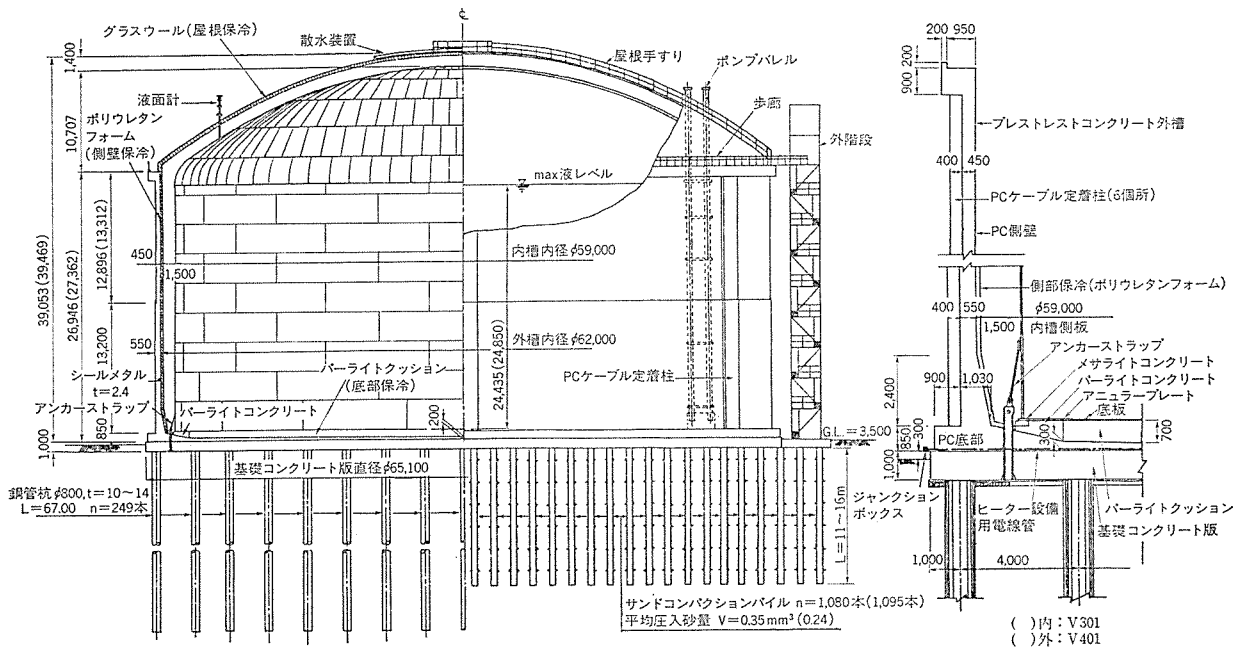


図-3 LPGタンク一般図

容 量：V 301 タンク…40 000 t (67 900 kJ)  
 V 401 タンク…40 000 t (66 800 kJ)

構造寸法：(図-3)

工事数量：(表-1…PC 外槽のみ示す)

本工事の特徴は、低温液化ガス貯槽に PC を採用し

たことにある。したがって、本文ではこの PC 外槽の設計・施工を中心として報告し、今後の PC 低温タンク工事の参考に供したい。

### 3. 設 計

表-1 PC 外槽工事数量 (例: V 301)

種 別	仕 様	単 位	数 量	備 考		
コンクリート	底 版 部	$\sigma_{ck}=400 \text{ kg/cm}^2$ , 中庸熱	m <sup>3</sup>	1,242		
	側 壁 部	$\sigma_{ck}=400 \text{ kg/cm}^2$ , 普通, その他	〃	2,994		
	緊張端保護部	$\sigma_{ck}=400 \text{ kg/cm}^2$ , 普通	〃	42		
型 枠	底 版 部	合 板 $t=12 \text{ mm}$	m <sup>2</sup>	173		
	側壁部	内側	合 板 $t=12 \text{ mm}$	〃	5,031	
		外側	メタルフォーム 300×1800	〃	5,795	
	保 護 部	合板, メタルフォーム	〃	259		
鉄 筋	SD-30	t	445			
PC 鋼 棒	鋼 棒	$\phi 32$ B種1号	〃	95		
	カップラー	$\phi 32$ 用	個	1,567		
	ア ン カ ー	165×165×35	〃	1,474	プレート	
	シ ー ス	$\phi 42.7 \times 1.6$	m	14,760	薄肉鋼管	
PC 鋼より線	鋼より線	15.2 mm SWPR-7 B	t	130		
	ア ン カ ー	6809 用	個	240	グロッキング型	
	ア ン カ ー	6907 用	〃	174	グロッキング型	
	シ ー ス	6809 用, $\phi 75$	m	8,178	スパイラル, メッキ加工	
	シ ー ス	6807 用, $\phi 65$	〃	5,910	スパイラル, メッキ加工	
シールメタル取付け用メタル	F.B. 65×6	〃	5,760	コンクリート埋込		
足 場	外 側	鉄骨足場	空m <sup>3</sup>	7,280		
	内 側	単管パイプ足場	〃	5,650		
排 水 設 備	SGP 白, $\phi 150 \text{ A}$	m	171	6か所		

3.1 基 礎

(1) 液状化対策

タンク建設地区の地質条件は、地表面下約 15 m 区間は、 $N$  値 10 以下の軟弱な埋立層であるため、地震時の液状化対策として、サンドコンパクションパイルによる地盤改良を行った。

(2) 基礎杭

地表面下約 40 m~60 m 区間に  $N$  値約 10 前後の洪積粘性土層が存在するため、地表面下約 20~25 m 付近の  $N$  値 30 前後の砂層で杭を打止めた場合、将来、過

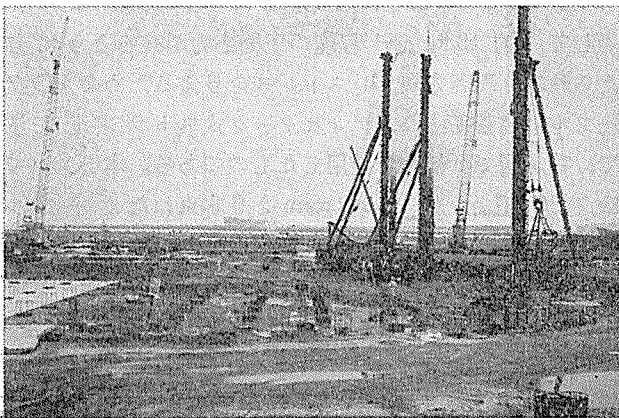


写真-2 基礎 鋼管 杭

大な圧密沈下が生ずることが予想されたので、この砂層を貫き、洪積粘性土の下にある  $N$  値約 40 の砂層を支持層とする鋼管杭基礎 ( $\phi 800$ ,  $l=67 \text{ m}$ ,  $n=249$  本/基) を採用した (写真-2)。

(3) 基礎スラブ

基礎スラブは、枕間をスパンとするフラットスラブ構造とし、外力のみならず、LPG の低温により発生する温度荷重に対しても十分安全であるよう設計されている (写真-3)。

なお、鋼管杭と基礎スラブとの結合は、ピン構造とし、杭頭処理方法としては、KP ヘッドを使用した。

(4) 解 析

基礎の構造解析は、静的解析により実施した。加えて、動的耐震解析として、タンク下の基礎地盤と杭の地震時挙

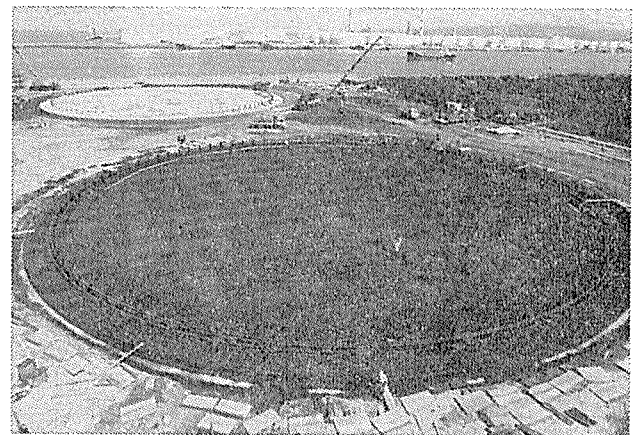


写真-3 基 礎 ス ラ ブ

動がタンクに及ぼす影響についても検討した。

地震波としては、EL-Centro 波を用い、高圧ガス製造施設等耐震設計基準により、支持層での最大入力加速度を決定し、並進振動とロッキング振動に注目して解析を行った。すなわち、多質点系モデルにより、地盤・杭タンク系の地震応答解析を行い、杭基礎上のタンクの地震応答特性を調べた。また、地盤の動的特性については、連続体モデルで、基盤入力加速度の大きさをパラメータとした解析を行い補足した。

報 告

解析の結果、次の事柄がわかった。

- 1) 耐震設計基準に準じて支持層に 72 Gal, 150 Gal を入力した場合の最大応答加速度, 最大回転角は, 表-2 に示すようになっており, 応答波形の周波数

表-2 最大応答加速度, 最大回転角

基盤入力加速度	72 (Gal)	150 (Gal)
タンク本体	80	95
タンク基礎版	74	82
地 表	53	70
最大回転角	$1.515 \times 10^{-4}$ (rad)	$2.087 \times 10^{-4}$ (rad)

成分は, 地盤の影響により, 入力地震波に比較して長周期化している。また, タンクのロッキング振動による影響は少なく, タンクの応答加速度は主としてタンクの並進振動によりもたらされている。そして並進震動には若干杭基礎の影響が加わっているが, 大半は地表の地震応答に支配されている。

- 2) 地盤のみについて, 連続体モデルにより, 入力加速度をパラメータとして解析した結果, 本タンク建設地点の地盤条件では, 地表で数百ガルというような, 短周期の地震が発生する可能性は極めて小さい。

3.2 PC 外槽

PC 外槽は, 最大貯蔵量の状態で内槽より液漏れが発生し, かつ地震等の影響を受けても十分安全であるように設計されている。

表-3 に PC 外槽の設計条件を示す。

表-3 設 計 条 件

項 目	V 301	V 401	備 考
液 比 重	0.59	0.60	
設 計 液 温	-45°C	-10°C	
最 大 液 深	23.105m	22.780m	
設 計 内 圧	0.05 t/m <sup>2</sup>		
屋 根 荷 重	0.10 t/m <sup>2</sup>		
ク リ ー プ 係 数	$\varphi=2.0$		
乾 燥 収 縮 度	$\epsilon_s=15 \times 10^{-5}$		
温 度	上部外槽	T=12°C	底版と側壁の温度差
	基礎スラブ	T=5°C	
レラクゼーション	PC鋼棒 3% PC鋼より線 5%		
プレストレス	II種設計		
風 荷 重	$60\sqrt{H}$		
地 震	外槽 $k_h=0.3$ $k_v=0$ 基礎 $k_h=0.24$ $k_v=0$		
コンクリート	外槽 $\sigma_{ck}=400$ kg/cm <sup>2</sup> 基礎 $\sigma_{ck}=240$ kg/cm <sup>2</sup>		
PC 鋼 材	鉛直縦締め	PC鋼棒 SBPR 95/110 $\phi 32$	ディビダーク式 ストランド工法
	円周横締め	PC鋼より線 SWPR-7B T=15.2	
鋼管杭許容支持力	長期 $R_a=269$ t/本 短期 $R_a=404$ t/本		$\phi 800$ $l=67.0$ m

- (1) 荷重組合せ

① 通常運転時

永久荷重 (自重, 屋根, 内圧)+プレストレス+変動荷重 (温度, 風)

② 地震時…①の状態地震力が作用した場合

③ 漏液時…①の状態に液圧が作用した場合

以上の3ケースで, 考えられるあらゆる荷重組合せを想定して検討した。なお, 設計手法は, 土木学会のプレストレストコンクリート標準示方書に準拠しており, 設計種別は, II種設計法を採用し, コンクリートの許容引張応力度は,  $-25$  kg/cm<sup>2</sup> となっている。

破壊安全度については, 漏液時+地震時の荷重に対して, 安全性を確認している。

(2) 解析モデル

各荷重による断面力の算定は, 下端固定の薄肉円筒シェルモデルにより解析した。手法は FEM によった。

(3) 構 造

側壁と底版は剛結構造である。底版は RC 構造で, 側壁付根部で 85 cm, 中央部で 20 cm である。側壁は PC 構造で, 内径 62 m, 壁厚は一般部で 55 cm および 45 cm で, 側壁下端部で 103 cm である。側壁頂上には, 外槽屋根を支持するとともに, 回廊の役目をするリングビームがある。外壁外側に円周方向 PC ケーブルを緊張, 定着するための幅 3.0 m, 厚さ 40 cm の定着柱が 6 か所ある。また, 側壁には施工時に内槽材を搬入するための開口部を設けている。内槽底部施工用として側壁 2 ロットに幅 7.0 m, 高さ 1.8 m の開口を 2 か所, 内槽側壁鋼板搬入用として側壁 4 ロットに幅 14.0 m, 高さ 1.8 m の開口 1 か所を設けており, これらは, 内槽施工後, 外槽プレストレス導入前に無収縮コンクリートにて閉合される。

(4) プレストレス

a) 円周方向プレストレス

円周方向には漏液時に液圧および内圧が作用するためフープテンションが作用する。プレストレスはこの力に対して, 約 10 kg/cm<sup>2</sup> 程度の圧縮応力が残るように与えられる。円周方向プレストレスを与えるための PC ケーブルの定着工法は, ディビダーク式ストランド工法で, 我が国では初めて使用したものである。本タンクでは, PC 鋼より線  $\phi 15.2$  mm を 9 本束ねたケーブル (6809) を側壁 6 ロットまで, ケーブル段数 40 段使用し, 側壁 7 ロットより上, ケーブル段数 29 段は, 7 本束ねたもの (6807) を用いている (図-4, 写真-4)。

プレストレスの導入は, 側壁コンクリート施工完了後, 鉛直 PC 鋼棒緊張後に行う。なお, ケーブルの引張力は, 次のとおりである。

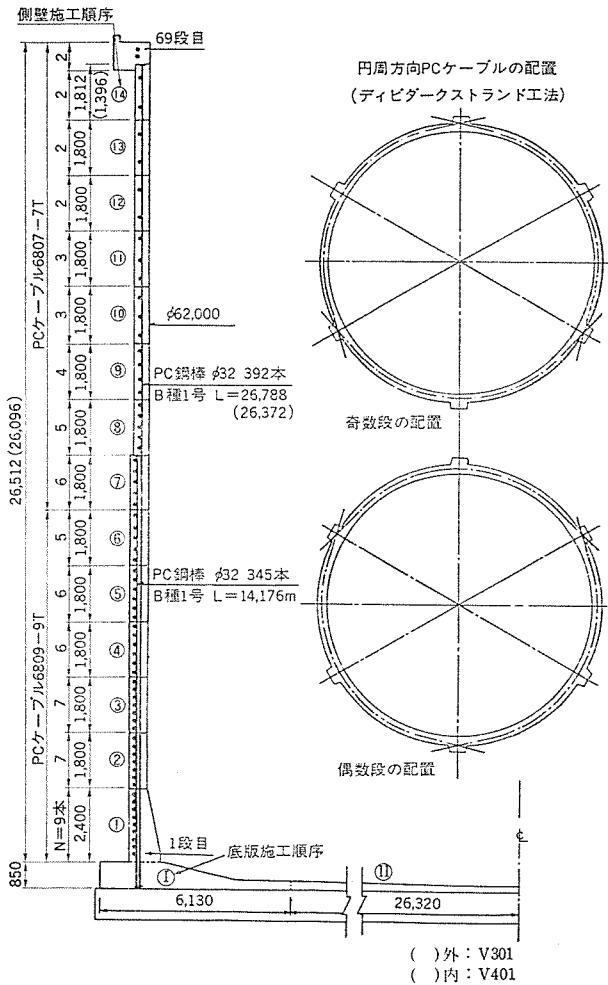


図-4 PC 鋼材配置およびコンクリート施工区分



写真-4 鉄筋および PC 鋼材の配置

6809 : (破断)  $P_u = 237.2 \text{ t}$   
 (降伏)  $P_y = 199.7 \text{ t}$   
 6806 : (破断)  $P_u = 184.5 \text{ t}$   
 (降伏)  $P_y = 155.2 \text{ t}$

b) 鉛直方向プレストレス

側壁コンクリートは鉛直方向に分割施工であること、円周方向プレストレスによる鉛直方向曲げモーメントに対応するために、PC 鋼棒を配置した (写真-5)。

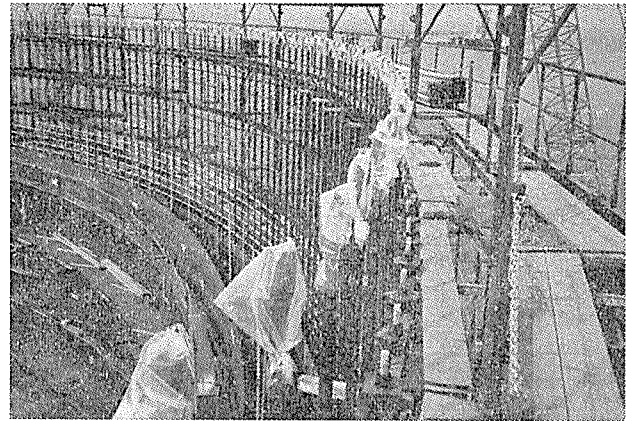


写真-5 PC 鋼棒の配置

壁厚 55 cm は 28.5 cm 間隔, 45 cm は 57 cm 間隔, 外側に配置されている PC 鋼棒は側壁④ロット施工後, 内側は 14 ロット施工後にプレストレスの導入を行った。

c) PC 鋼材

a), b) で述べた円周方向, 鉛直方向 PC 鋼材の仕様は表-4 のとおりである。

3.3 保冷工その他

コンクリートの内面はすべて保冷材で覆われている。したがって, タンク内は低温に保たれ, 気化ガス量は規格値以内に保たれる。また, コンクリート内表面には, 全面にわたりシールメタル (鋼板  $t=2.4 \text{ mm}$ ) を貼付け, 気密性構造としている。さらに, 地盤凍結防止として, 基礎スラブ部にヒータ設備を設置している。

4. 施 工

4.1 施工順序

基礎工事完了後, PC 外槽工事および内槽工事を同時施工し, 次に保冷工その他を施工した。図-5 に詳細な LPG タンクの施工順序を示す。以下に PC 外槽工事に

表-4 PC 鋼材仕様

種類	仕様	径, 本数	定着方法	備考	
PC鋼棒	B種1号 SBPR 95/110	φ 32 mm	アンカープレート 165×165×35	鉛直縦締め	
PC鋼より線	SWPR-7B 160/190	6809	9本-T15.2 mm	ディビダークストラッド工法	円周横締め
		6807	7本-T15.2 mm		

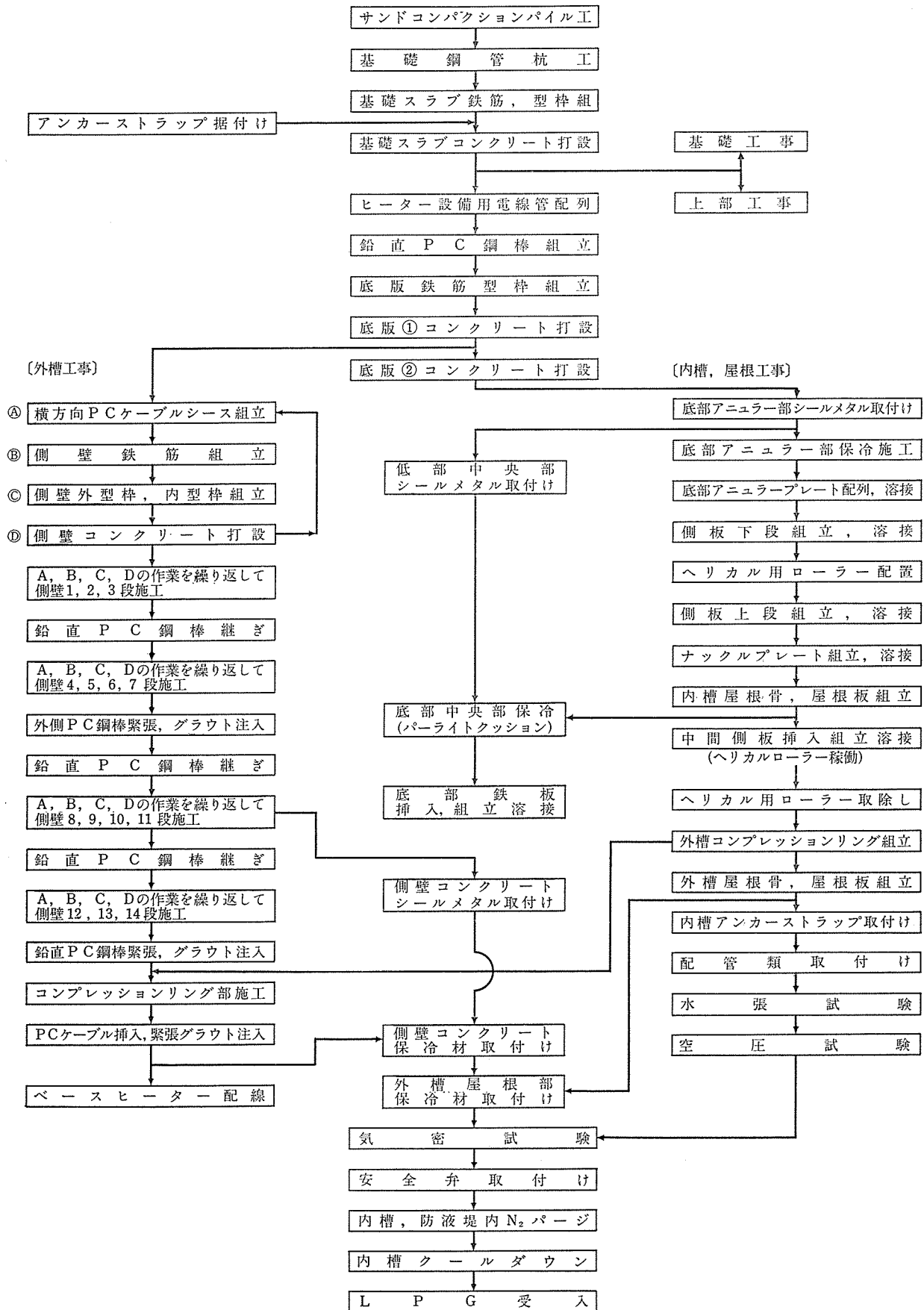
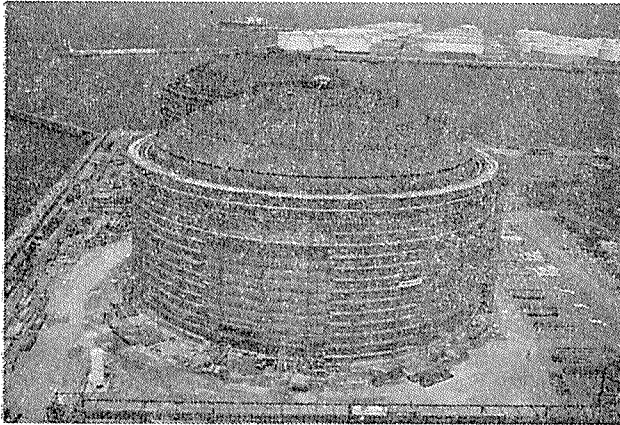


図-5 LPG タンクの施工順序

着目してその概要を述べる（写真—6）。



写真—6 施工中の LPG タンク

PC 外槽の施工区分は、前出の図—4 に示すとおりで底版部（Ⅰ、Ⅱ部：RC）および側壁部（①～⑭、回廊部；PC）とから成り立っているので順に説明する。

（1）底版部

（i）外足場（高さ 10.8 m）組立→（ii）鉄筋、PC 鋼棒建込み→（iii）側壁 1 ロットケーブル用シース配置→（iv）外型枠、内側棲型枠組立→（v）コンクリート（Ⅰ部）打設→（vi）中央部（Ⅱ部）の施工

（2）側壁①ロット（壁厚 103 cm～55 cm、高さ 2.4 m）

（i）外側メタルフォール組立→（ii）PC ケーブル用アンカー取付け→（iii）内側合板型枠組立→（vi）内外槽間足場組立→（v）コンクリート打設

（3）側壁②ロット～⑦ロット（壁厚 55、高さ 1.8 m）

（i）PC ケーブルシース組立→（ii）鉄筋組立→（iii）外枠組立→（iv）内外槽間足場組立→（v）コンクリート打設

②～⑦ロットの施工は（i）～（v）のサイクルを繰返す。途中、③ロットにて、鉛直方向 PC 鋼棒を継ぎ、⑥ロットで、外足場を組立てる。⑦ロット施工後、鉛直

方向 PC 鋼棒の半数を緊張し、グラウト注入する。

（4）側壁⑧ロット～⑭ロット（壁厚 45 cm、高さ 1.8 m）

施工のサイクルは、②～⑦ロットと同様である。途中⑭ロット施工後、外足場および PC 鋼棒を継ぐ。⑭ロット施工後、PC 鋼棒を緊張し、グラウト注入する。

（5）回廊部（リング梁）

側壁⑭ロットにブラケット支保工を取付け、回廊部の施工を行う。リング梁中に外屋根胴板を埋込む。

（6）円周方向プレストレス

円周方向プレストレスは、回廊部コンクリート打設後あらかじめ側壁内に配置されているシース内にプッシングマシーンによりストランドを挿入し、緊張後グラウトする。

（7）保護コンクリート

PC ケーブル緊張端部に保護コンクリートを打設する。

4.2 コンクリート工

コンクリート工でのポイントは、配合および施工方法（打設、養生、継ぎ目処理等）である。以下に概要を述べる。

（1）配 合

品質確保と施工性向上のために、表—5 に示す 7 種類の配合を使用している。各施工区分に用いたコンクリートの配合を表—6 に示す。

表—6 各施工区分における配合

区 分	タンク	V 401	V 301
底 版		A	A
側 壁—1		B	B
側 壁—2		C	D
側 壁 3～7, 9～15		C	C
側 壁—8		D	D
開口部閉合		E	F
緊張端部保護		G	G

表—5 コ ン ク リ ー ト の 配 合

種別	設計強度 $\sigma_{ck}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	セメントの種類	スランブ S (cm)	空気量 A (%)	粗骨材の最大寸法 (mm)	W/C (%)	セメント C (kg)	水 W (kg)	細骨材率 S/A (%)	細骨材 S (kg)	細骨材 G (kg)	混和材 (kg)	混和剤 (kg)
A	$\sigma_{01}=400$	中庸熟	10	3.5	20	49.0	333	163	42.1	753	1 063		0.832
B	$\sigma_{01}=400$	中庸熟	10	3.5	20	49.0	310	153	40.4	701	1 063	FA=60 Ex=30	0.775
C	$\sigma_{28}=400$	普通	10	3.5	20	39.0	423	165	39.7	678	1 058		1.057
D	$\sigma_{28}=400$	中庸熟	10	3.5	20	44.0	370	163	40.0	702	1 082	Ex=30	0.925
E	$\sigma_{28}=400$	早強	10	3.5	20	37.0	430	170	38.2	634	1 053	Ex=30	1.150
F	$\sigma_{28}=400$	普通	10	3.5	20	39.0	393	165	39.7	675	1 054	Ex=30	0.983
G	$\sigma_{28}=240$	普通	12	3.5	20	54.0	311	168	43.7	781	1 032		0.778

FA; フライアッシュ Ex; 小野田エキスパン 混和剤; ポゾリス No. 70

## 報 告

### (2) 施工方法

コンクリートの打設は、すべてコンクリートポンプ車で行った。使用台数は、底版Ⅱ部に4台、他部はすべて2台である。ポンプ車の圧送能力から、側壁⑩ロット(高さ約20m)まではブーム打設とし、それ以上は配管式打設とした。また、ポンプ打設を容易にするため、側壁⑩ロット以上の打設には、流動化剤(NP-20)を混和剤として使用し、スランブを設定値10cmから15cmに高めた。養生については、底版部は、養生マットで全面を被覆し、散水水張り養生した。また側壁部は、メタルフォーム表面に養生マットを巻付けた。コンクリート打継ぎ目の処理は、処理面積が1ロット当たり約100m<sup>2</sup>もあり、ワイヤーブラシによる方法では、処理が困難なため、小型ハイウォッシャー2台を使用した(写真-7)。

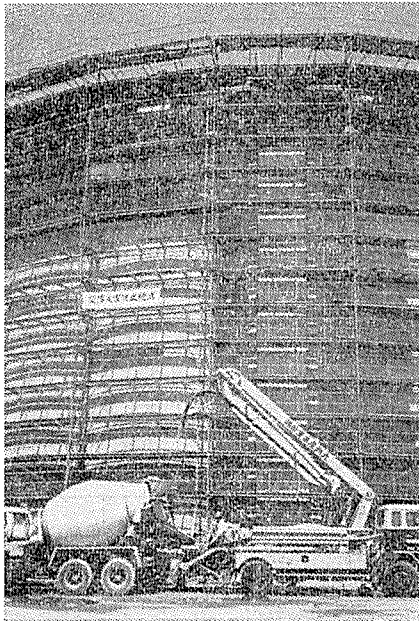


写真-7 コンクリート打設

### 4.3 型 枠 工

底版、回廊部および側壁部内側型枠として、合板(厚さ12mm)、側壁部外型枠としてメタルフォーム(180×30)を使用した、型枠は2段分用意し、ジャンピング方式で施工した。また、型枠鉛直度セットには、レーザー光線で、垂直度を測るレーザーマーカを使用した。型枠の固定方法は、外側の鉄骨足場と型枠をパイプサポートおよびチェーンで支持する方式とした。

### 4.4 PC 鋼棒工

鉛直 PC 鋼棒総本数は737本であり、このうち、345本は側壁⑦ロット施工後緊張し、残り392本は側壁⑭ロット施工後緊張した。鋼棒は、1本の長さが約7mで、側壁⑦ロットで緊張する鋼棒は2本継ぎ、側壁⑭ロットで緊張する鋼棒は、4本継ぎである。鋼棒の固定は、外側鉄骨足場にゲージプレートの控材を取付け、これにシ

ース管を番線止めした。シース管としては、薄肉鋼管(φ42.7mm、肉厚1.6mm)を用いた。PC 鋼棒の建込みは、トラッククレーンにより行った。

### 4.5 PC ケーブル工

#### (1) ディビダーク式ストランド工法

円周方向の PC ケーブル定着工法として、ディビダーク式ストランド工法を採用した(写真-8、図-8、表-7)。

この工法の主な特長は、φ15.2mmのPC鋼より線を1本~19本まで任意に選定でき、導入力は、22t~

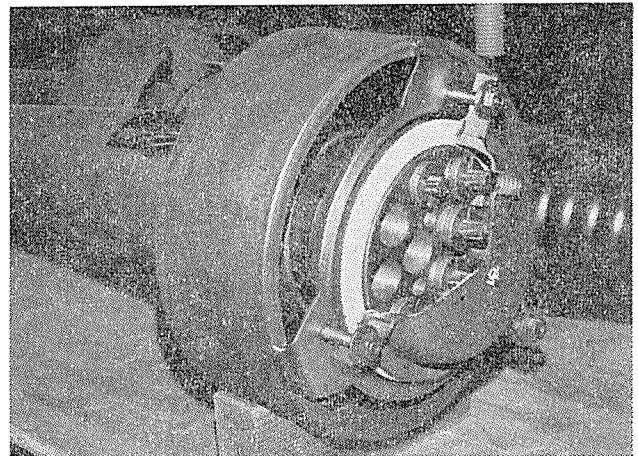


写真-8 ディビダークストランドアンカー

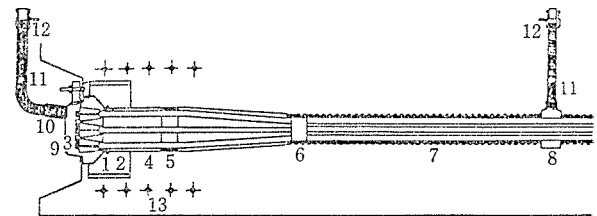


図-6 ディビダークストランドアンカー組立図

表-7 部品名称

番 号	部 品 名 称
1	アンカーディスク
2	グロッキング
3	ウエッジ
4	トランペットシース
5	ストランドスペーサ
6	テ ー プ
7	シ ー ス
8	グラウトスリーブ
9	グラウトキャップ
10	ソ ケ ッ ト
11	グラウトホース
12	グラウトバルブ
13	補 強 鉄 筋



426 t (破断荷重) で、使用目的に適合した種類を選定できる点、ストランド全本数を同時緊張し、定着はウェッジを自動圧入するシステムであるため、セットロスが少ない点等である。なお、本工事の実績では、セット量は平均 2.5 mm であった。

(2) PC ケーブル配置

PC ケーブルの配置は、図-4 に示すとおり、円周3分割、1本の長さ 70 m であり、緊張端はクロスしている。円周 6 か所の定着柱に 1 段おきに 3 か所ずつ交互に定着している。ケーブルの段数は、回廊部も含め総計 69 段である。

(3) シース

コンクリート打設後にストランドを挿入する方式のため、厚さ 0.4 mm のスパイラルシースを用いた。シース径は、6809 用 80 mm、6807 用 70 mm である。また現場が臨海地区のため、防錆上亜鉛メッキ加工品を用いた。シースの固定は、鉛直方向 PC 鋼棒に番線止めする方法とした。

(4) ストランドの挿入

ストランドは、側壁コンクリート施工完了後、プッシングマシン (写真-9) にて挿入した。ストランドの荷ほどこき用として、ターンテーブル式リールレススタンドを用いた。



写真-9 プッシングマシーン

(5) プレストレスの導入

プレストレスの導入は、回廊部コンクリート打設完了後行った。使用ジャッキの性能は、表-8 に示すとおりである。緊張に用いたジャッキは、ケーブル1段当り 6 台、3本のストランドの両端を同時に緊張した。緊張順序は、最初に側壁⑥ロット以下の 6809 タイプの鋼材の偶数段を緊張し、次に奇数段を緊張した。6809 タイプ完了後、6807 タイプの緊張を行った (写真-10)。

PC ケーブルの緊張管理は、事前に実施した試験緊張結果にもとづいて行った。表-9 に PC ケーブルの導

表-8 ジャッキの性能

緊張シリンダー	
最大出力	260 ton
最大油圧力	473 kg/cm <sup>2</sup>
ストローク	250 mm
受圧面積	549.78 cm <sup>2</sup>
定着シリンダー	
最大出力	15.3 ton
最大油圧力	100 kg/cm <sup>2</sup>
ストローク	30 mm
受圧面積	153.15 cm <sup>2</sup>
重量	245 kg
寸法	125×49 cm

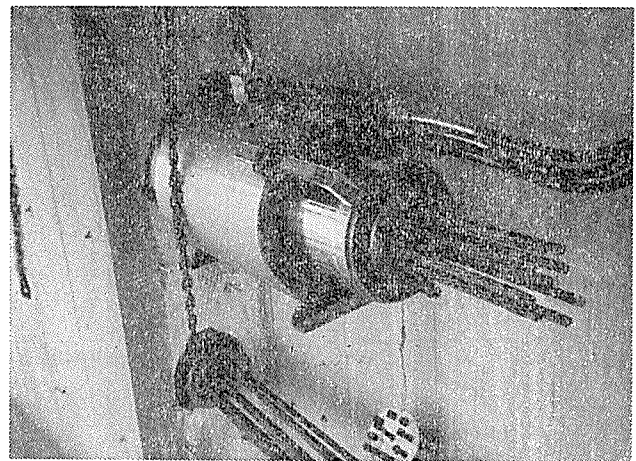


写真-10 PCケーブルの緊張

表-9 PCケーブルの導入力

ケーブルタイプ	緊張端導入力	平均導入力
6809	155.0	121.8
6807	115.0	90.3

表-10 摩擦係数および管理限界

μ の値	ケーブルの種類	μ の値	
		6809	6807
μ (1本毎)	U.C.L	0.25	0.40
	C.L	0.12	0.15
	L.C.L	0.0	-0.09
μ (グループ毎)	U.C.L	0.17	0.25
	C.L	0.12	0.15
	L.C.L	0.07	0.05
R (バラツキ範囲)	U.C.L	0.22	0.42
	C.L	0.11	0.21
	L.C.L	0.0	0.0
標準偏差 √V		0.0432	0.0819

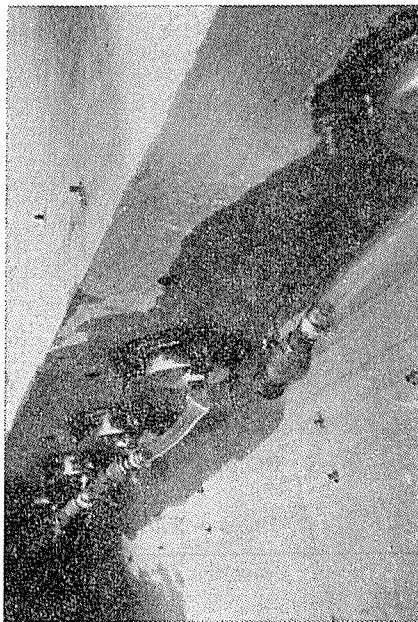
入力、表-10 に試験緊張による摩擦係数および管理限界、表-11 に本緊張による管理限界を示す。

この結果、弾性係数は、各タイプとも  $2.0 \times 10^6$  kg/

報 告

表—11 本緊張結果による管理限界

$\mu$ の値	ケーブルの種類	$\mu$ の値	
		6E09	E807
$\mu$	U.C.L	0.17	0.19
	C.L	0.05	0.05
	L.C.L	-0.10	0.11
$\bar{\mu}$	U.C.L	0.09	0.11
	C.L	0.03	0.05
	L.C.L	-0.03	0.03
R	U.C.L	0.22	0.24
	C.L	0.11	0.12
	L.C.L	0.0	0.0



写真—11 グラウトキャップ

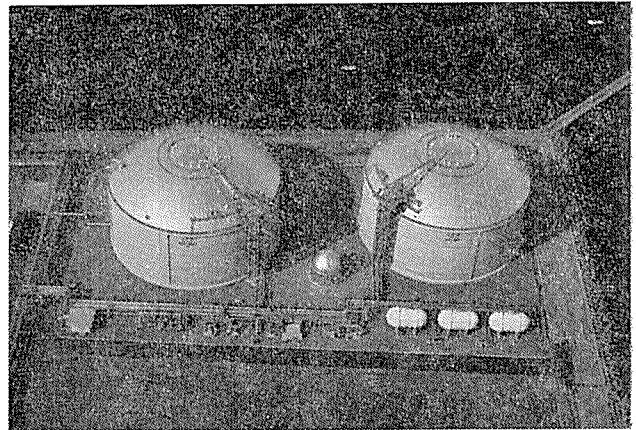
cm<sup>2</sup> 程度で計算上の仮定値とほぼ等しかったが、摩擦係数  $\mu$  は、計算値 0.3 の 1/2 以下と小さい値であった。

(6) グラウト注入工

グラウト注入用ポンプは、日本産業(株)の NS ポンプ S-38 F 型を用いた。PC 鋼棒の長さは 26 m、PC ケーブルの注入最大高さは 27 m、水平長さ 70 m である。ポンプを地上に置き圧入した際のポンプの最大圧力は、PC 鋼棒で 15 kg/cm<sup>2</sup>、PC ケーブルで 10 kg/cm<sup>2</sup> であった。ディビダークストランドの注入、出口は、写真—11 のようなグラウトキャップをボルト止めし、このキャップにグラウトホースを取付けた。すべてのケーブル共完全なグラウト注入ができた。

(7) その他

グラウト完了後、PC ケーブル緊張端部保護のための保護コンクリートの施工を行い PC 外槽工事は完了した。



写真—12 完成した LPG タンク

表—12 実 施 工 程 表

工 種	工事期間	昭和55年										56年									
		5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月		
基礎工	サンドコンパクションパイル工	▨	▨																		
	鋼管杭打ち工		▨	▨	▨																
	基礎コンクリート工				▨	▨	▨														
外槽工	底版コンクリート工						▨	▨													
	側壁コンクリート工								▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨		
	PCケーブル、緊張、グラウト工																				
内槽工	外槽屋根工																				
	底部鉄板工																				
	側壁鉄板工																				
保冷工	内槽屋根工																				
	保冷工																				
	配管、塗装、テスト																				

## 5. あとがき

今回報告した PC 低温タンクの PC 外槽の容量は、80 000 m<sup>3</sup>、PC タンクとしては我が国最大である。このような大きな円形構造物を施工するにあたり、当初種々の問題点が予想されたが、設計、施工両面の技術開発により、ほとんどトラブルもなく施工することができた(表-12)。

本工事で得られた貴重なデータは、今後の大型 PC タンク建設に大いに参考になると思われる。

我が国初めての、大型 LPG 用 PC 低温タンクの完成は、今までのタンクのイメージを変えた安全性と経済性に優れたタンクとして、関係各方面に大きな反響を呼び、今後の需要の増大が見込まれている(写真-12)。

【昭和 57 年 7 月 15 日受付】

## ◀刊行物案内▶

## プレストレスト コンクリート橋の設計・施工上の最近の諸問題

体 裁：A 4 判 116 ページ  
 定 価：1 500 円 送 料：450 円  
 内 容：(1) PC 橋の施工開始前の諸問題、(2) PC 橋の工事ならびに施工管理について、  
 (3) 新しい PC 設計方法について、(4) 最近の話題の橋梁  
 お申込みは代金を添えて、(社)プレストレストコンクリート技術協会へ

## ◀刊行物案内▶

プレストレストコンクリート世界の動向と  
新道路橋示方書による設計計算例

本書は第 7 回技術講習会のためのテキストです。その内容は、前半は世界における PC の動向として、諸外国の特殊な PC 橋施工例 Alm 橋ほか数橋と LNG タンクについて、また建築構造物については最近世界的に関心の高まってきたアンボンド PC 工法をとりあげ、その理論と利用法について詳しく説明されている。後半には新しいコンクリート道路橋示方書に基づいた設計計算例として、静定構造物についてはポストテンション単純 T げた橋について、また不静定構造物については連続げた橋について詳細折込付図を添付し詳述されている。実務者には必携の図書としてお勧めいたします。希望者は代金を添えプレストレストコンクリート技術協会にお申し込みください。

体 裁：A 4 判  
 定 価：3,000 円 送 料：450 円  
 内 容：プレストレストコンクリート世界の動向——(A) 土木構造物——Alm 橋, Ruck-A-Chucky 橋, Columbia 斜張橋, Brotonne 橋, Carpinto 橋, Fos-sur-Mer, Montori-en-Bretagne の各 LNG タンクほか、(B) 建築構造物——アンボンド PC 工法の発達の歴史, アンボンド PC 鋼材と防せい材, アンボンド PC 部材の曲げひびわれおよび曲げ破壊耐力, 曲げひびわれおよびたわみ特性と普通鉄筋の必要性, アンボンド PC 部材の曲げ疲労耐力, フラットスラブ構造, III 種アンボンド PRC 構造, 新コンクリート道路橋示方書による設計計算例, (C) 静定構造物設計計算例——設計計算の対象, 材料強度・許容応力度等, 曲げモーメントが作用する部材としての設計, せん断力が作用する部材としての設計, (D) 不静定構造物設計計算例——不静定構造物の断面力の算定, 設計条件, 各部の設計ほか, 折込付図 4 枚