

大阪ガス(株) 正会員 浅井邦茂
 大阪ガス(株) 正会員 隅野哲郎
 (株)大林組 正会員 宇梶賢一

1. はじめに

大阪ガスは、昭和47年より都市ガスの原料としてLNG(液化天然ガス)の導入を開始し、現在年間約230万tを受けいれている。LNGは天然ガスを -162°C まで冷却・液化したもので、これを受入れる基地として東北製造所第一、第二工場に引き続いて、このたび姫路製造所が稼動を開始した。姫路製造所でのLNG地上式タンク(8万KL)の防液堤6基の内、2基分について大阪ガスでは従来より採用してきたRC製とは異なるPC製防液堤を採用した。これは、この防液堤が高さ14mの高防液堤型式であることから、PC円筒構造物の持つ優れた耐震性に着目したものである。PC製LNG防液堤は、我国では初めてのものであり、その規模は直径約90m、液深14mであり、PC円筒構造物としても最大級のものである。

2. 防液堤構造型式

防液堤の構造型式は、タンクからの万一の漏液に対し、確実にその貯液機能を発揮するため、(i)冷熱抵抗部および冷熱緩和部……保護コンクリート壁+保冷材(硬質ポリウレタンフォーム)、(ii)液圧抵抗部……耐力壁、から構成されるPC円筒構造物である。(図-1)

3. 設計および構造

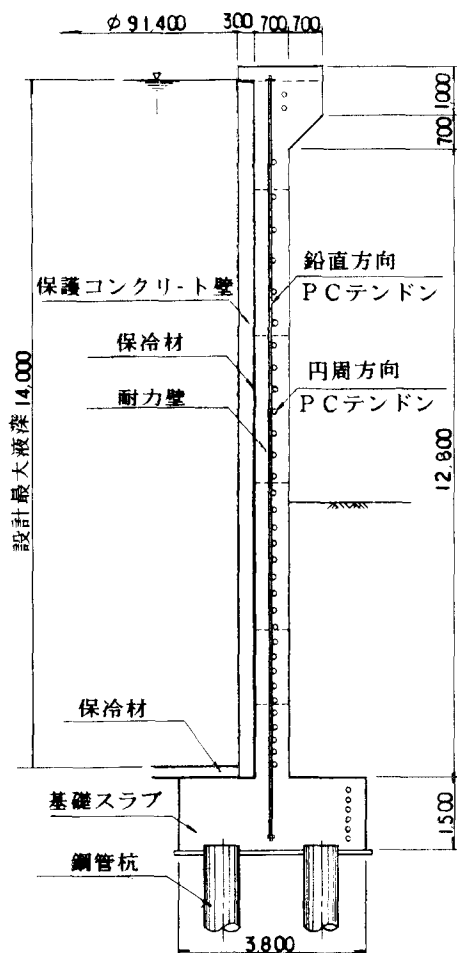
(1) 設計 設計は、「LNG地上式貯槽指針」に準拠し、設計条件は表-1に示すように設定した。

(2) 荷重条件と設計手法 荷重条件は表-2に示す設計荷重を組合せたもので、それぞれの設計手法については、荷重条件別に「プレストレスコンクリート標準示方書」に基づいて表-2に示すように設定した。破壊安全度の検討は、地震時、漏液時について行ない、この場合の材料強度および荷重作用に関する安全係数は「プレストレスコンクリート標準示方書」に準じた値を用いた。

(3) 設計方法 各荷重に対する応力解析は、有限要素法による軸対称モデル(軸対称荷重に対して)もしくは、3次元シェルモデル(非軸対称荷重に対して)により行なった。鋼管杭は、水平、鉛直およびロッキングバネとしてモデル化した。耐震設計は、修正震度法により行なったが、時刻歴応答解析を別途行ない、PC防液堤の動的挙動の把握を行なうとともに、修正震度法との対比により地震時の安全性について総合的に検討した。その結果、PC防液堤は優れた耐震性を有することが確認された。

(4) 構造 基礎部……基礎杭は $\phi 70\text{cm}$ の鋼管杭で地表面下約30mの洪積砂礫層を支持層とし、2列で4°間隔の配置とし、基礎スラブは幅3.8m、厚さ1.5mのPC構造と

図-1 構造図



した。壁部……壁部と基礎スラブとの結合方式には、スライ
ド、ヒンジおよび剛結があるが、液密性および耐震性の面か
ら剛結構造とし、壁厚は70cmとした。壁部上端に円筒構造
の剛性を高めるために、厚さ140cmの補強リングを設けた。

(5) プレストレス

円周方向プレストレスは液圧が作用した状態で、コンク
リートの圧縮応力度が 10 kg/cm^2 程度確保できるプレストレ
ス量とし、円周方向PC tendonとして、PC鋼より線12
T15.2を40段配置した。1本の鋼より線の長さは、円周の
 $1/4$ とし、8ヶ所の定着柱にフレシネー工法で定着する。

鉛直方向プレストレスは、円周方向プレストレス力により
発生する鉛直方向曲げ応力に対応するプレストレス量とし、
鉛直方向PC tendonとしてPC鋼棒 $\phi 32\text{mm}$ を壁中間部以下
は35cm、中間部以上は70cm間隔で配置した。

4. 施工

(1) 施工方法 基礎杭を
打込んだのち、基礎スラブと壁
1.5m部分を全周同時にコンク
リートの打設を行ない、それよ
り上部の壁は全周の3/4部分
を1リフト約3mの高さでコン
クリートを打設する。
3/4部分の壁完了後鉛直方向
の緊張を行なう。1/4部分は、
仮開口部としてタンク本体工事
用の通路として利用される。こ

の開口部は、タンク本体完了後コンクリートを打設して閉合する。仮開口部の鉛直方向の緊張を行なった
後、円周方向の緊張を行なって防液堤は完成する。

(2) ひびわれ防止対策 水和熱による温度応力および乾燥収縮によるコンクリートのひびわれ防止
のために、中庸熱セメント、流動化剤、膨張剤の使用、パイプクーリング、基礎スラブと壁第1ロットと
のコンクリート一体打設、モデルートプレストレッシングなどの低減手段を併用して実施し、良好な結果
を得ている。

(3) 施工管理 本工事においては、鋼管杭およびコンクリート躯体にひずみ計、温度計、有効応力
計、変位計、傾斜計などを取付け各施工段階での施工管理、品質管理およびPC導入管理に利用するとと
もに、防液堤完成後のコンクリートおよびPC鋼材の経年変化を計測し将来の設計施工に反映させる予定
である。

(4) 工期 防液堤の施工期間は、途中のタンク本体工事期間を除いて18ヶ月の予定である。

5. まとめ

PC製LNG防液堤については、昭和51年より調査・研究に取組み、その実現に向けて設計、施工法
について十分な検討を行ない、今回、実施の運びとなった。実施に当っては、種々のひびわれ防止対策お
よび計測による品質管理、施工管理等を行なっている。これらについては、今後発表してゆく予定である。

最後に、研究段階から一貫して御指導いただいた東京理科大学樋口芳朗教授に謝意を表する次第であり
ます。

表-1 設計条件

LNG比重	0.485 t/m ³
LNG温度	-162℃
設計修正係数	壁部 $k_H = 0.48$ $k_V = 0.24$
	基礎スラブ $k_H = 0.24$ $k_V = 0.12$
風荷重	120ksh ^{1/4}
乾燥収縮度	$\epsilon = 15 \times 10^{-5}$
クリープ係数	$\phi = 1.7$
コンクリート 単位体積重量	2.45t/m ³
コンクリート 設計基準強度	$\sigma_{ck} = 400\text{ kg/cm}^2$
円周方向PC鋼材	PC鋼より線 S#PR-7A 12T15.2
鉛直方向PC鋼材	PC鋼棒 SBPR-95/110.φ32

表-2 荷重条件および設計手法

荷重条件	設計荷重	プレストレスの種類	備考
通常運転時	有効プレストレス 自重 土圧	I 種	
地震時	有効プレストレス 自重 地震荷重 (慣性力、地震時土圧)	II 種	コンクリート許容 曲げ引張応力度 25 kg/cm^2
漏液時	有効プレストレス 自重 土圧 液圧 温度荷重	III 種	○温度荷重が作用しない 状態ではI種 ○温度荷重による断面力 算定時の剛性は全断面 有効の場合の1/2