

PC製低温液化ガスタンクの世界の現状

田 村 富 雄*

1. ま え が き

1972年の暮れ、ワシントンで開催された第3回LNG国際会議に出席した折に、アメリカ、カナダにおけるLNGプラントを見学することができた。特に興味があったのは、プレストレストコンクリート（以下PCと称す）製のLNGタンクであった。アメリカにおけるLNGタンクの割合からいえば鋼製が大部分を占めるが、最近大容量のPC製のLNGタンクが数多く建設中で、これらを見学できた。

以下、われわれが見学したタンクおよび、その他の国々の現状を入手した資料をまじえてまとめたものを報告する。

2. 低温液化ガスタンクについて

天然ガス、プロパン、窒素などのガスの貯蔵は、一般には、高圧か低温の液化状態で行なわれている。高圧で、多量を貯蔵するには、タンクの構造上無理があり、多量の場合は、低温の液化状態で貯蔵する方法がもっとも経済的である。

含有成分によって若干異なるが、大気圧での天然ガスの液化温度は -163°C 、プロパンは -45°C である。このように低温であるので、これらの低温液体を貯蔵するには、従来のタンクとは異なった構造となり、低温での技術が必要となる。

現在、世界中で稼動している低温液化ガス（LNG、LPGに関して）のタンクは、数の上からいけば金属製二重殻タンクが圧倒的に多い。これは、魔法瓶のような二重構造になっていて、低温液体に接する部分は、低温脆性を生じないような9%Ni鋼、アルミニウムやアンバー材のメンブレン（薄膜）を使用し、外殻に普通鋼材を使用する。この二重壁の間に断熱材としてパーライトやウレタンなどを充填する。

その他、土壌凍結式地下タンクや連続地下壁とセグメントを組み合わせた地下タンク、PC製の地上、地下タ

ンクがある。

土壌凍結式の地下タンクは、あらかじめ地盤に凍結管をそう入してリング状に凍結させておいて、その内側を掘削し、ドームを作り、掘削した部分に低温液化ガスを充填する方法である。これは、建設費を安くすることができるが、対象とする地盤条件に左右されるために失敗例が多い¹⁾。

次の連続地下壁とセグメント式地下タンクは、日本で独自に開発されたユニークな構造で、現在、大阪と千葉で建設中である。

最後のPC製タンクは、タンクの壁体や底盤、ドームなどにプレストレストコンクリートを使用したタンクである。表-1に世界のPC製低温液化ガスタンクの一覧表を示す。これでわかるように、アメリカでの実績が容量、件数ともに最大である。日本の場合は、まだLPGタンクのみである。また、地上、地下の割合がほぼ半々である。

3. PC製低温液化ガスタンクについて

PC製低温液化ガスタンクの特徴として次のようなものがあげられる。

- 1) コンクリートおよびPCはすぐれた低温材料である。
- 2) 地下水に対して腐食しないので、地下タンクとして材料的にすぐれている。
- 3) PCは、止水性、液密性がよく、すぐれた靱性材料である。
- 4) 10万kl以上の大容量タンクが可能である。

湿潤状態のコンクリートをLNGの温度 -162°C まで冷却すれば、常温の場合の圧縮強度の約3倍に増加し、引張強度は2倍になると報告されている²⁾。また絶乾状態では、圧縮強度も引張強度もほとんど増加しない。 -20°C に冷却された湿潤状態のクリープは、載荷1週間以内に、 $+20^{\circ}\text{C}$ のコンクリートにおける終局のクリープ量の80%を生じ、それ以後、クリープはほとんど進行しない³⁾。

* 三井建設株式会社 土木技術部研究室

表一 PC 製低温液化ガスタンク一覧表

所在地		所有者	タンク		PC工法	側壁下部構造	凍上対策	一次障壁	運 転 開始年	建設業者	備 考
国名	地名		形 式	容 量 (kl)							
アメリカ	Illinois	American Gas Association	地下モデルタンク 後LPG用	200	プレロード	スライド	ヒーティングコイル	PC	1959 1963	プレロード	世界で初めてのPC製低温液化ガス用タンク
フランス	Nantes	Gaz de France	地上LNG	2000	プレロード	スライド	高床式	メンブレン(INVAR)	1966	プレロード	
日本	苫小牧	ブリヂストン液化ガス	地下LPG	5100	MDC	ヒンジ	置換工法	メンブレン(SM)	1969	三井建設	
スペイン	Barcelona	Gas Natural SA	地上LNG	40000×2	プレロード	スライド	ヒーティングコイル	PC	1969	プレロード	側壁をプレハブ化
アメリカ	New York	Texas Eastern Trans.	地下LNG	95000	プレロード	スライド	ヒーティングコイル	メンブレン(Mylar)	1971	プレロード	メンブレンに穴があき補修中、今年2月爆発
ドイツ	Stuttgart	T.W.S	地下LNG	30000	ディビダーク	剛 結	二重ヒーティングコイル	9% Ni 鋼	1971	ディビダーク	
アメリカ	Cumberland	Valley Gas Co.	地上LNG	4000	?	?	?	?	1971	LNG Co.	
アメリカ	Mass.	Buzzards Bay Gas Co.	地上LNG	8000	?	?	?	?	1973	LNG Co.	
アメリカ	Philadelphia	Philadelphia Gas Works	地上LNG	92500×2	プレロード	スライド	ヒーティングコイル	PC	1974 (予定)	プレロード	二重PC壁構造
アメリカ	New York	Distri Gas Co.	地上LNG	143000×2	プレロード	スライド	ヒーティングコイル	PC	1974 (予定)	プレロード	PCタンクとして世界最大
日本	石 川 県	ブリヂストン液化ガス	地下LPG	60000×2	SEEE	スライド	未 定	メンブレン(SM)	1975 (予定)	三井建設	LPG 用では世界最大

プレストレス用鋼材などの高張力鋼は、LNG 温度程度では、脆化、強度など性質はほとんど常温の場合と同一であると報告されている⁴⁾。

このように、コンクリートおよびPCは、他の金属材料に比し低温に対して経済的で安全性の高い材料といえる。

次にタンク容量に関して述べる。地上金属製二重殻タンク(LNGの場合)の最大容量は10万klといわれている。これは、大容量になれば9% Ni 鋼やアルミニウム材などの肉厚が非常に厚くなり、溶接方法に問題が生じることとクールダウン時に大きなひずみを生じる点である(PC材のクールダウン時の収縮量は9% Ni 鋼の約75%、アルミニウムの45%である⁵⁾)。以上に対しPCタンクの場合には、大容量に対しての問題点が少なく、大きいほど経済性を向上させることができ、最大40万klまで可能だといわれている。

以上は、地上式の場合であるが、地下式タンクの場合には、金属製は無理であり、コンクリート系の独壇場である。

一般的に地下タンクのメリットとして次のようなものがあげられる。

- 1) 地上タンクでは、広い面積の防液堤内用地を必要とするが、地下タンクの場合はその必要がなく、国

土の狭い日本などでは経済的である。

- 2) 地下に貯蔵されているので、地震や事故の際に液体が流出する危険がなく、安全性が高い。
- 3) 地上タンクに比較して外観の与える影響が小さいので近隣の住民に与える心理的影響が少ない。
- 4) コンパクトなレイアウトができるので配管等の付帯設備費が節約できる。

以上のように地下タンクは、メリット多い。この地下タンクの躯体の構成材料として、PC、RC、コンポジットセグメントの3種類がある。これらの材料の決定は、地盤条件によって左右される。

洪積性地盤や砂質地盤のように土留めなしで開削できる場合には、PC壁は剛性が大きく偏土圧に対して十分耐えることができ、耐震性、安全性、経済性の点で有利である。

地盤が埋立て地や沖積性の軟弱土よりなる場合には、ウエルかケーソン工法によりRCタンク躯体を沈下させるか、地中連続壁や鋼製矢板で土留めを行ない、その内側をRC、PCセグメント製タンクにする方法が考えられる。これらの方式にはそれぞれ一長一短があり、その決定には、地盤条件、タンク容量、敷地の問題、タンクの直径、深さなどを十分考慮しなければならない。

次に参考として、タンクではないがPC製の防液堤を

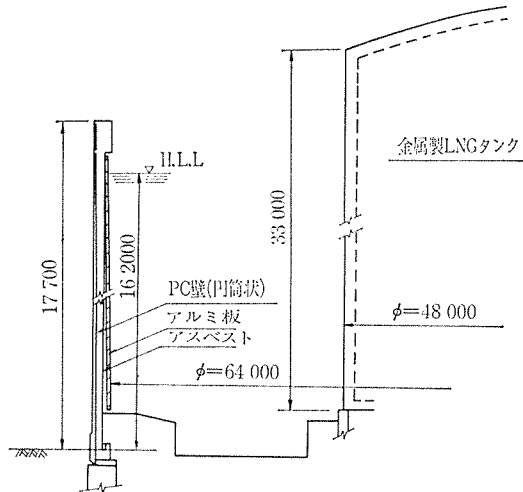


図-1 PC 製防液堤 (P.E.W の例)

アメリカで見ることができた。これは図-1のような構造で、在来の金属製 LNG タンクの外側に PC 円筒を設置し、内側のタンクが破損して LNG が流れ出ても、この PC 円筒部で貯え外部に流れ出ることを防ぐ防液堤である。一般に防液堤の容量は、アメリカの NFPA 基準⁶⁾ではタンク容量の 100% 以上必要である。従来の防液堤は、高さが 2m 程度の土盛りか RC 構造がほとんどである。このためタンクの周辺に非常に広い敷地を必要とした。この PC 製防液堤は、高さを高くできるので、それほど広い敷地を必要としない。用地費の高い日本では土地代の節約と PC 製 LNG タンクの応用という意味で参考になると思われる。アメリカではこの防液堤を High Dike と称している。写真-1 にその全体を示す。

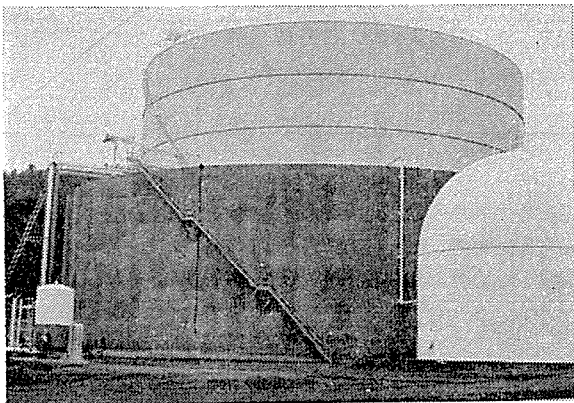


写真-1 PC 製防液堤

(1) 側壁構造について

タンクに低温の可燃性液体を多量に貯蔵するので、構造的にも材料の面でも従来の貯水タンクとは異なったものが要求される。

低温液化ガスタンクの側壁に作用する荷重として次のものがあげられる。

- ① 側壁自重による荷重

- ② 液化ガスの液圧による荷重
 - ③ 液化ガスの気化による内気圧 (負圧も含む)
 - ④ プレストレスによる荷重
 - ⑤ ドーム荷重
 - ⑥ 側壁の冷却による鉛直、円周方向の温度応力による荷重
 - ⑦ 断熱材、メンブレンの自重による荷重
 - ⑧ 断熱材のパージガスの外気圧による荷重 (PC 壁が一次障壁の場合)
 - ⑨ 静止土圧による荷重
 - ⑩ 地震時の偏土圧による荷重
 - ⑪ タンク周辺土の凍結膨張 (凍上) による荷重
- [⑨, ⑩, ⑪は地下タンクの場合のみ]

上記の内、③, ⑥, ⑦, ⑧, ⑪が、従来の貯水タンクと異なる荷重である。また、⑩, ⑪以外の荷重は、計算により精度よく算出できるが、⑩, ⑪に関しては、まだ未知な点が多い。特に凍上圧は、タンク側壁の求心方向、鉛直方向に作用する。鉛直方向に作用する凍上圧は、壁体に引張り応力を発生するので十分注意する必要がある。PC 構造では、この引張りを打ち消すことができる点でも有利である。

次に構成材料としては、次の点を考慮しなければならない。

- 1) 低温状態になる部材は、低温脆性の心配のない材料を選ぶ必要がある。
- 2) 貯蔵する液体が可燃性であるので液体や気化したガスのシールを完全に行なう必要がある。
- 3) 地下タンクの場合は、タンク内に地下水が浸透しないことや腐食しない材料を選ぶ必要がある。

側壁構造を大きく分けると次の二つがある。

- 1) PC 壁体を直接低温液体に接触させる構造 (PC 壁が一次障壁の役目をする)。
- 2) 液体接触部に低温脆性の心配のない金属を使用して、外殻に PC 壁を使う (PC 壁が二次障壁の役目をする)。

1) の方法は、コンクリートがすぐれた低温特性を有していることやプレストレスを導入するので液体の漏洩が少ないなどの特徴を有効に生かしたものである。またコストの高い金属を使用する必要がないので安価である。

このタイプの代表的な例としてアメリカガス協会が 1959 年から 1963 年にかけて行なった大規模の実験がある。この一連の開発研究の結果、PC タンクが低温液化ガスのタンクとして安全性と経済性の面より非常にすぐれていることが確認された⁷⁾。その後、スペインのバルセロナで 2 基、現在アメリカで 4 基建設中である。図-2 にその一例を示す。

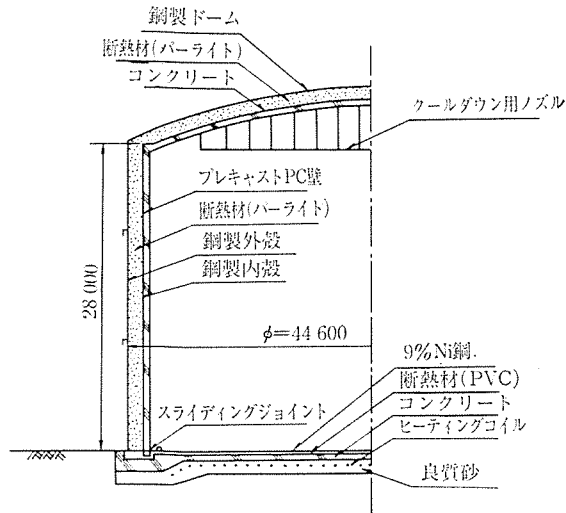


図-2 Gas Natural S.A の 40 000 kJ LNG タンク (Barcelona)

2) の外殻に P C を使うタイプは、P C 壁体が、液体、特に気化したガスを完全にしゃ断できないので、液体とガスのシール用として金属を使用する方法である。この金属を使う方法は、いままで地上金属製二重殻タンクで多くの実績があり問題はない。外殻に P C 壁を使用するので内側の金属製 1 次障壁が破損して貯蔵液体が漏洩しても 2 次障壁の P C 壁で完全にしゃ断できるので安全性が高い。

また、地下タンクの場合には、外殻の P C 壁が不透水性であるので地下水をしゃ断でき、腐食の心配もない。

このタイプの地上式はアメリカに 2 基、フランスに 1 基ある。地下式は、日本に 1 基、アメリカ、ドイツにそれぞれ 1 基ずつある。図-3~5 にその例を示す。

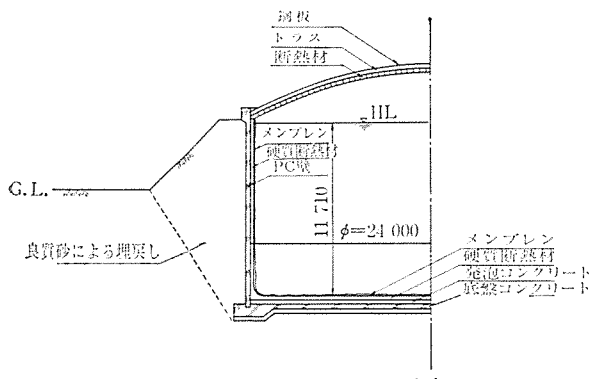


図-3 ブリクストン液化ガス(株) 5 100 kJ LPG 地下タンク (苫小牧)

以上の他に P C 壁を内側と外側に二重に使用した例がある。アメリカで建設中の Philadelphia Gas Works (図-6、写真-2) と Distri Gas Co. (後で詳細は説明) の場合である。このような使用方法では、建設費は割り高になるが安全性が非常に高くなる。

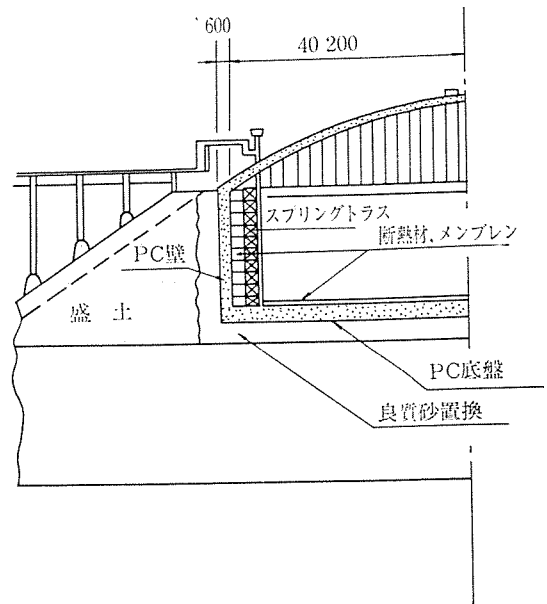


図-4 T.E.T の 95 000 kJ LNG 地下タンク

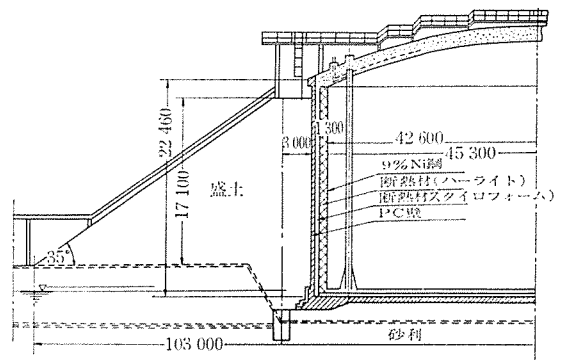


図-5 T.W.S の 30 000 kJ LNG 地下タンク (Stuttgart)

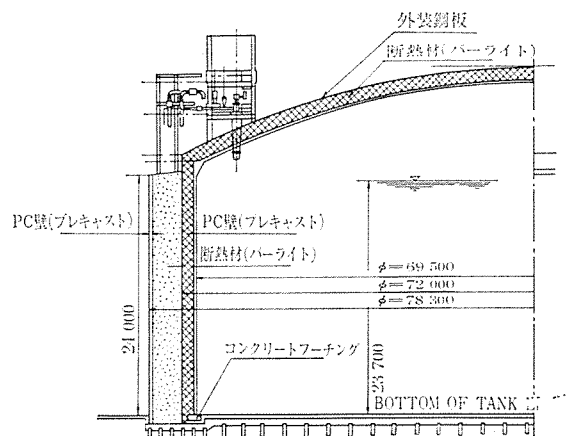


図-6 P C 二重殻タンク (92 700 kJ), Philadelphia Gas Works

P C 壁を内側に使うか外側に使うかあるいは二重に使うかでタンク側壁の構造は大きく変化する。いずれの方法も P C 壁体の低温材料としてのすぐれて

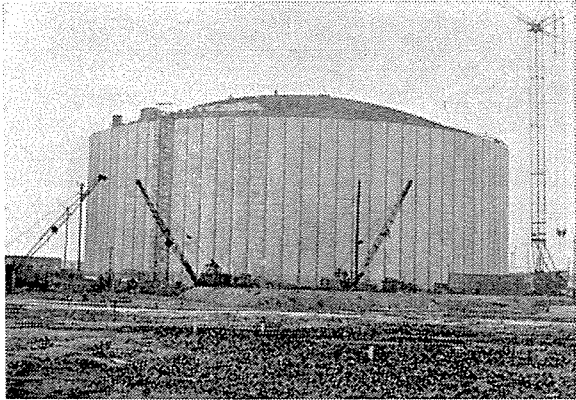


写真-2 Philadelphia Gas Works の 92 500 kL PC 製 LNG タンク

いる点を利用したもので、仮に飛行機の墜落や地震などの事故でタンクが破壊した場合に、鋼製タンクは急激に低温液化ガスが流出して、タンク全体が大きく破壊されることはまぬがれないが、PC製の場合は、貯蔵液体の局部的な流出に止まるという靱性の良さも特徴である⁸⁾。

(2) 側壁と底盤との接続方法

側壁に作用する荷重は、前に記したように複雑であるが、これらの荷重により壁体に生じる応力は壁体の下端で最も大きくなる。

この壁体下端の底盤との接続方法により側壁に生じるモーメントは異なる(図-7)。

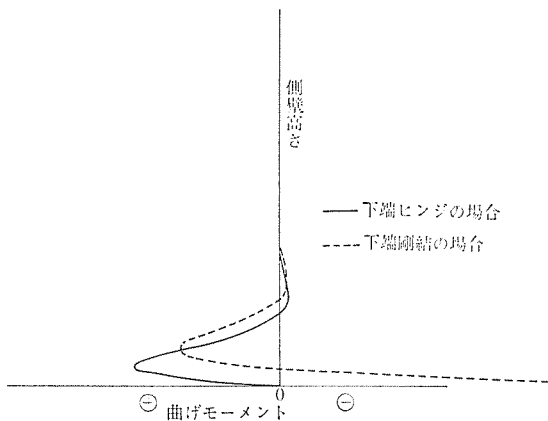
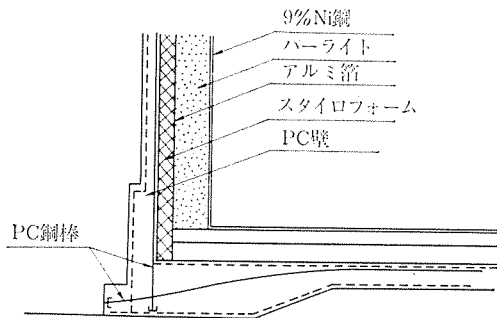


図-7 PC タンクの貯液時の縦方向曲げモーメント図



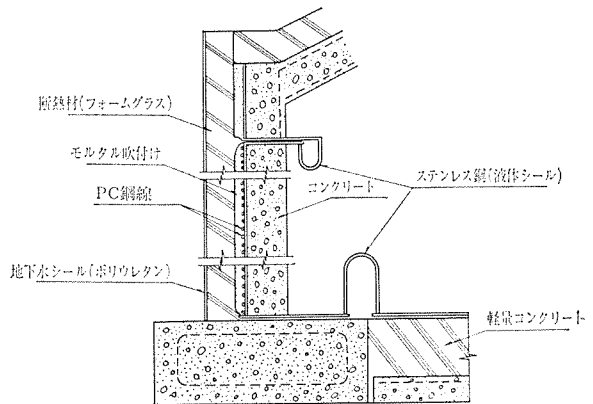
(T.W.S 30 000 kL LNG 地下タンク)
図-8 側壁下部詳細図

接合方法として次の3つがある。

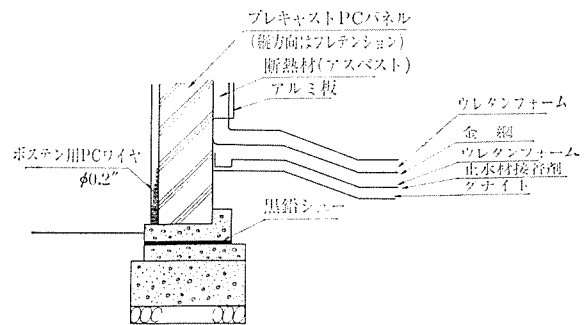
- ① 剛結
- ② スライド
- ③ ヒンジ

①の例として、ドイツの例がある⁹⁾(図-8), このように剛結にすることにより側壁の縦方向に大きな曲げモーメントを生じるので、側壁下部の厚みを厚くして補強する必要がある。

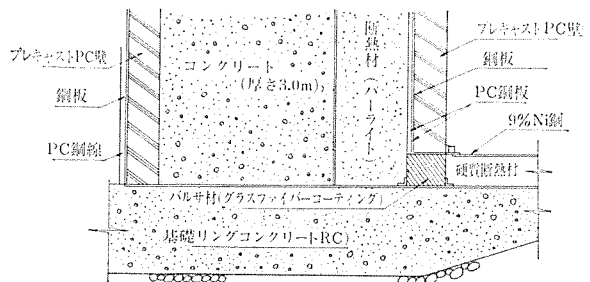
②の例を 図-9~12, 写真-3 に示す。このタイプの特徴は側壁下端が自由に滑動することにある。しかし、実際には滑動部分に摩擦抵抗があるので、側壁下部には縦方向の曲げモーメントを生じるが、その量は少ない。



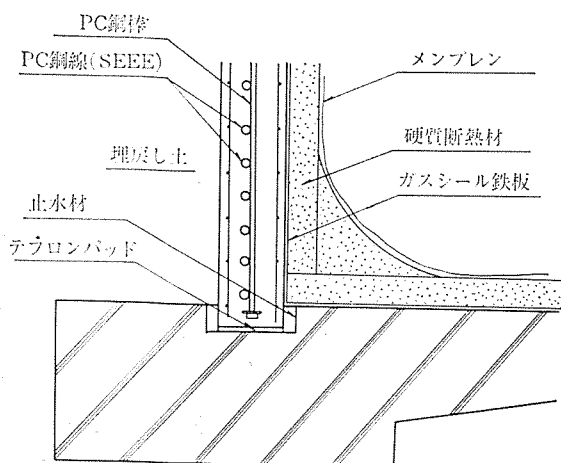
(A.G.A の 200 kL モデルタンク)
図-9 側壁下部詳細図



(アメリカの P.E.W の PC防液堤)
図-10 側壁下部詳細図



(Distri Gas Co. の 143 000 kL LNG タンク)
図-11 側壁下部詳細図



(建設中の BS 液化ガス (株) 60 000 kJ LPG 地下タンク)

図-12 側壁下部詳細図 (案)

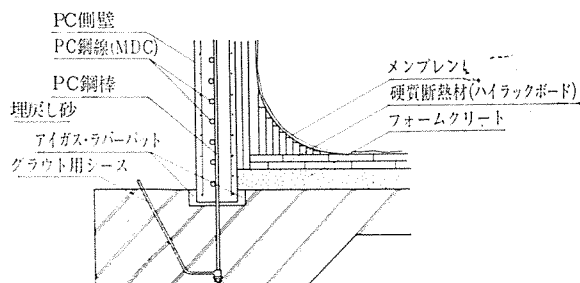


(Distri Gas Co. 143 000 kJ LNG 地下タンク)

写真-3 側壁下部の詳細

このように構造的には無理がないが、接合部での内部液体のシール、地震時の耐震性、地下タンクの場合には地下水の浸透などに十分な注意をはらう必要がある。

③のヒンジタイプは一般の貯水タンクに採用される方法で、低温用タンクとしてはブリヂストン液化ガスの苫小牧 LPG タンクの例がある。これを 図-13 に示す。



(BS 液化ガス 5 100 kJ LPG 地下タンク)

図-13 側壁下部詳細図

これは完全なヒンジ構造とはいいいくいが、実測結果ではほぼそれに近い挙動を示すことが裏付けられている。

この特徴としては、耐震性、地下水の浸透防止などの点ですぐれている点あげられる。しかし LNG などの超低温の場合には、温度収縮による側壁の水平移動量が大きくなるので問題がある。

(3) 底盤構造について

底盤に作用する荷重として次ようなものがある。

- 1) 液化ガスの自重による荷重
- 2) ドーム、側壁の自重による荷重
- 3) 基礎地盤の反力による荷重
- 4) 基礎地盤の凍上による荷重

以上の内、最もやっかいな問題は、4) の凍上である。この凍上現象に関しては、古くから研究が行なわれているが、まだ完全に解明されていない。一般に底盤は平板であるので、この凍上圧に対処するには困難であるので、次のような工法により、凍上を起こさないようにするか、凍上量を少なくすることが行なわれている。

- 1) ヒーティングコイルを入れて加熱する。
- 2) ヒーティングパイプを入れて加熱したブラインを循環させる工法。
- 3) 底盤下を非凍上性の材料 (砂利、砂など) で置換する工法 (置換工法)。
- 4) 底盤下を非凍上性の材料で置換し、地下水をくみ上げ、地下水を常に移動させておく (地下水揚水工法)。
- 5) 置換した部分に地上より水を補給し、熱交換を行なった後、ポンプで地上にくみ上げる。いわゆる強制循環工法

1), 2) の工法は、積雪地帯のロードヒーティングや、地上式低温タンクのヒーティング用として使用されている工法である。これは、確実に地盤の凍結を防ぐことができる最も信頼性の高い工法である。しかし運転経費が高つくことや、断線した場合の補修がほとんど不可能であること、ボイルオフ量が増加するなどの問題点がある。現在稼動している地上式、地下式低温タンクの大部分は、この工法を採用している。

3) の置換工法は、地盤の凍結進行深さが浅い場合 (数 m 程度) には、非常に効果的で経済的な工法であるが、それ以上深い場合には、置換深さが深くなり経済的でなくなる。表-1 の苫小牧の地下 LPG タンクは、基礎地盤が透水性の良い砂質土であったので成功した数少ない例の一つである。

4), 5) は、地下水をポンプアップするか、循環するので、経費は安い、配管のピッチや流量などの計算方法に仮定が多く、その確実性に疑問があるので、これらの工法の施工例は、まだ聞かない。

4. 世界最大のPC製LNGタンク

アメリカのニューヨークで現在建設中の Distri Gas Co. のPC製LNGタンクは、容量143000klで完成すれば世界最大のPCタンクとなる。このタンクはPCのメリットを十分に生かし、大幅にプレキャスト化を進め、しかも安全性に十分な注意をはらっている点に特徴がある。

タンク断面を 図-14 に示す。このように二重のPC

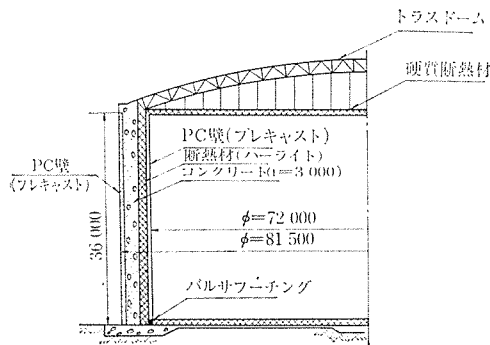


図-14 Distri Gas Co. の143000kl LNGタンク (New York)

壁の間に3.0mのコンクリートを打設している。これは、タンク建設地点が飛行場から16kmしか離れていないので、ニューヨークの市当局が地上式の金属製タンクに難色を示したために丈夫な構造になったという。ボーイング747(ジャンボジェット)が200ノットの速度で側壁に衝突しても破壊しないと担当者は胸を張っていた⁸⁾。

このタンクの施工過程を説明すると次のようになる。

- 1) プレキャストPC板の製作：図-15に示すような、幅2.4m、長さ18.0mのプレキャストPC板を工場で製作する。このPC板の外側は鋼板(t=5.0mm)がスタッドで張り合わせてある。プレストレスは、縦方向のみにプレテンション方式でプレストレスが与えられている。このパネルをトレーラーで運搬し、現場で組み立てる。

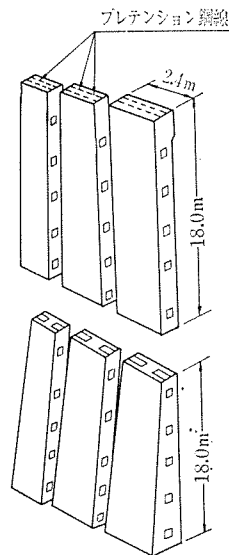


図-15 プレキャストPC板

- 2) プレキャストPC板の組み立て：まず第一段のPC板を円周上に組み立て、PC板とPC板の間に外

側より鋼板をあて溶接する。内側に型わくをあてPC板の間にコンクリートを打設する。次に第二段を組み立て、同様な操作を繰り返す。写真-4はタンクの外部より、写真-5は内側より見た組み立て図。写真-6はPC二重壁の間。図-16は第一段、第二段のPC板の結合方法、このように、はめ込み式で縦方向のPC鋼線は縁が切れていて、外槽鋼板のみが溶接されているので耐震構造上は問題がある。

- 3) 円周方向プレストレスの導入：PC板の組



写真-4 外部より見たPCパネルの組み立て

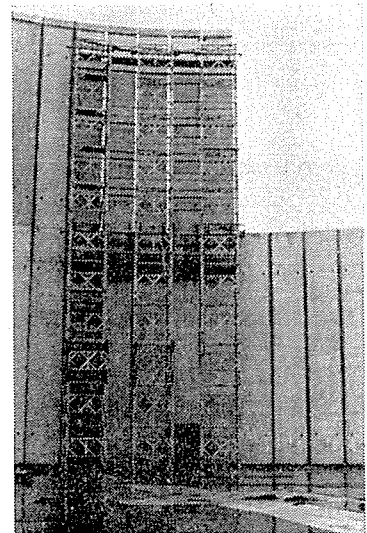
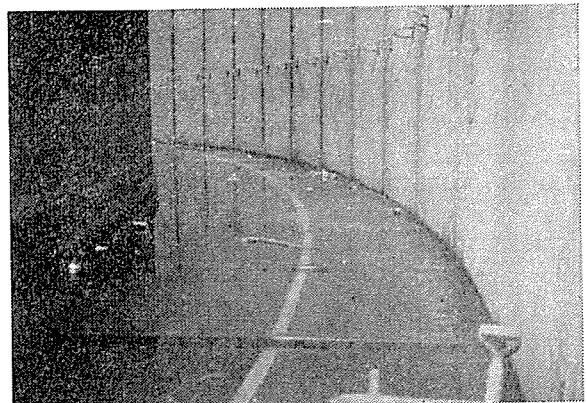


写真-5 内部より見たPCパネルの組み立て



(Distri Gas Co. の143000kl LNGタンク)
写真-6 PC二重壁、右側が外壁、左側が内壁

み立てが終了した後、円周方向にφ4.4mmの鋼線(ASTM 227)をプレロード式ワインダーで緊張しながら巻いて行く。一層巻き終ると表面にグナイト

プレストレス コンクリート

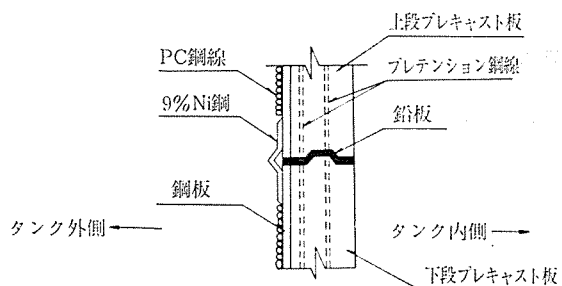


図-16 プレキャスト側壁の結合方法

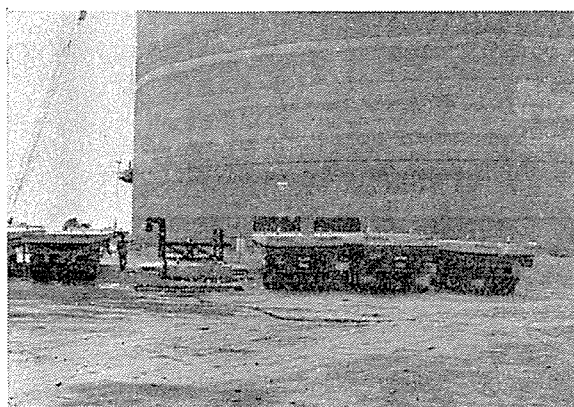


写真-7 ワインダーによる円周方向プレストレス
ング風景。手前にPCパネルが見える

(モルタル)を吹きつけ、所定の層だけ巻く。写真-7は緊張作業。タンクの手前に工場より搬入されたPC板がトレーラーの上に載っている。

- 4) 側壁コンクリート (Concrete Dike) 打設：二重のPC側壁の緊張作業が終了した後、二重壁の間にコンクリートを打設する。
- 5) ドーム架設、断熱材設置：ドームに鋼製のトラスを組み、その表面を鋼板で覆う。ドームの下部にドームよりの入熱を防ぐためにアルミトラス構造の吊り天井 (Suspension Deck) を吊るし、断熱材を設置する。次に側壁の断熱材としてパーライトを充填する。これらの作業と平行して底盤の断熱材および9%Ni鋼を敷く作業が行なわれる。これでPCタンクは完成する。

5. あとがき

渡米前、雑誌や資料でアメリカのPC製LNGタンクの建設がブームを呈していることを知り、金属製タンク

* クリーブランドの例

1941年アメリカのクリーブランドに建記された金属製LNGタンクが、3年後の1944年に鋼材の低温脆性のために爆発し、死傷者数百名を出す大惨事となった。この事故のため、その後10年間はLNGタンクが建設されなかった。

に比してコストの高い地上式、地下式PC製LNGタンクがなぜぞくぞく建設されるのか疑問であった。

しかし、現地でownerやcontractorと話をしていくうちにその疑問が少しずつ氷解していった。その理由は、現在アメリカにおいてLNGタンクの安全性に再検討が加えられていることである。クリーブランドの例*をひくまでもなく、LNGタンクの事故は、他の石油タンクなどに比して大惨事になる可能性がある。第3回国際LNG会議でも現状の防液堤基準に対する疑問がなげかけられており、LNGタンクそのものを安全な構造にすることはもちろん、事故時の安全装置を二重、三重にすることが要求されてきている。飛行場近くに建設されるLNGタンクが飛行機の衝突に対しても十分安全であるというニューヨークのDistri Gas Co.の例も決して例外ではなくなるかもしれない(参考までに、このタンクは金属製に比し2倍のコストがかかる)。

その点、地下式LNGタンクは、安全性の点で有利であるが、アメリカにおける地下式タンクはほとんど失敗しており、地盤を凍結させることにより生じる種々の問題を避けるためには、地上式のPCタンクにするか地下式でもPCタンク周囲に盛土するいわゆるEarth Dike methodの方法がベストだと考えている。このように安全性の点でPCタンクは非常にすぐれており、今後ますますアメリカにおいて盛んになるであろう。

わが国の場合には、アメリカと地盤条件が異なりいちがいはいえないが、PC製タンクや地下タンクの建設が今後増加していくことは確実である。

参 考 文 献

- 1) 田村富雄：米国におけるLNGタンクの現状と事故例，米国LNG利用技術講演会資料
- 2) Lents, A.E., Monfore G.E. : Physical properties of concrete at very low temperatures
- 3) Gerd Wischers und Jürgen Dahms : Das Verhalten des Betons bei sehr niedrigen Temperaturen, Beton Herstellung Verwendung Jg. 20, Heft 4, 5, April/Mai 1970
- 4) 富岡敬之, 田中義人, 松原光治 : PC鋼線の高温および低温における特性について, プレストレストコンクリート技術協会第9回研究発表会講演概要, 1969年
- 5) Closner, J. : LNG貯蔵用の超大容量PSコンクリートタンク, 第2回LNG国際会議レポート, 天然ガス鉱業会
- 6) NFPA (National Fire Protection Association) 59 A : Storage and Handling L.N.G. 1972
- 7) Eakin, B.E., Closner, J.J. : Belowground storage of L.N.G. in prestressed concrete tanks, American Gas Association
- 8) Preload Tanks for the Storage of LNG : PRELOAD TECHNOLOGY, INC.
- 9) "Planung und Baueiner Flüssig-Erdgas-Speicher-Anlage zur Spitzenlastdeckung", Mitt ver Groskesselbesitzer, Vol. 52, No. 2, 1972

1973.5.7・受付