

# 台湾初の大容量（16万 KL）PCLNG タンクの施工

山本 義人・宅和 大助・日下 桂一

本編は、台湾中部台中港内に建設中の LNG 受入基地の中の、台湾初の大容量地上式 PCLNG タンク建設工事のうち、土木工事について報告するものである。建設された PCLNG タンクは、1 基あたりの容量 16 万 KL × 3 基で、PHC 杭で支持された基礎版と PC 防液堤からなる土木構造物とその内部の鋼製内槽および屋根で構成されている。土木工事は 2004 年 7 月に着手、1 号および 2 号タンクの工事を完了し、現在 3 号タンク工事の最終段階を迎え、2008 年秋の完成をめざし、鋭意施工中である。

キーワード：PCLNG タンク、プレストレストコンクリート、地盤改良、PHC 杭、マスコンクリート

## 1. プロジェクト概要

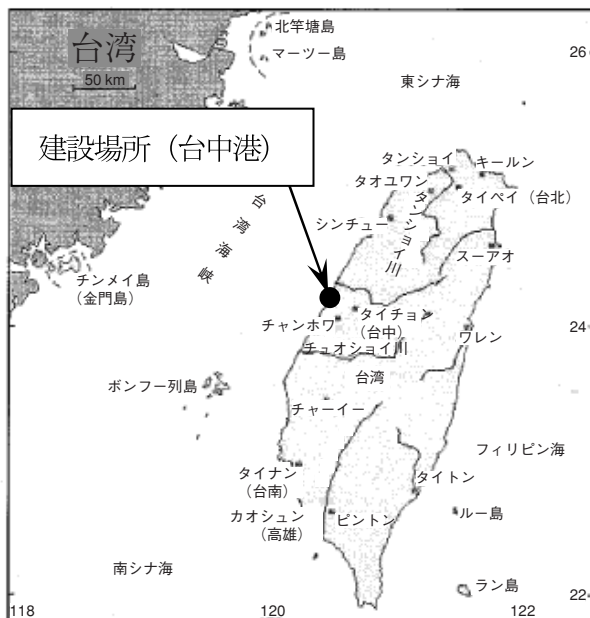
CPC Corporation, Taiwan（台湾最大の国営石油会社）殿が台湾、台中港内に建設中の LNG 受け入れ基地“CPC NORTHERN LNG RECEIVING TERMINAL PROJECT”は、タンク（地上式 16 万 KL × 3 基）、ターミナル（気化設備およびその他関連機器一式）およびジェットイからなる（図—1）。CTCI Corporation（台湾の大手エンジニアリング会社）と JV を組み、2004 年 6 月にタンクとターミナル部分を受注した。1 号および 2 号タンクの工事を完了し、現

在 3 号タンク工事の最終段階を迎え、2008 年秋の完成をめざし、鋭意施工中である。

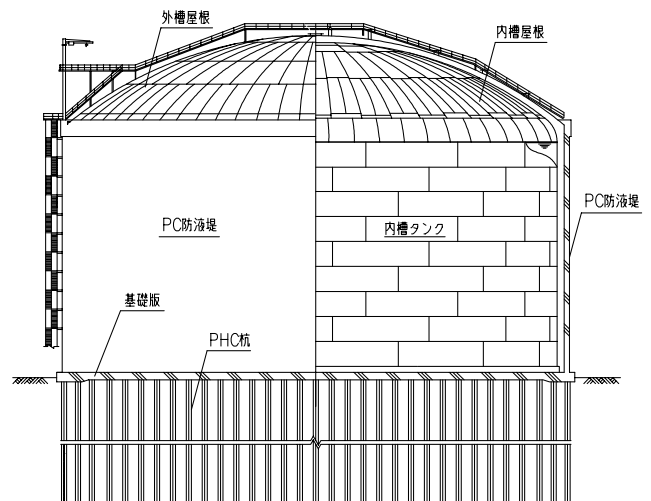
本報文では上記工事のうち、主に担当したタンク工事のうち、土木工事の概要を報告する。

## 2. タンク土木工事概要

PCLNG タンクの標準断面図を図—2、仕様を表—1 に示す。タンク構造はフルコンテイメントの思想に基づく、9% Ni 内槽タンク + PC コンクリート製外槽の組合せであるが、内槽屋根は球面屋根タイプ（LNG 地上式貯槽の国内仕様タイプ）が採用された。なお、コンクリート構造設計に適用すべき基準は BS7777 + BS8110 である。一方、建設地点の地質構



図—1 建設場所



図—2 PCLNG タンク標準断面図

表一 1 PCLNG タンクの仕様

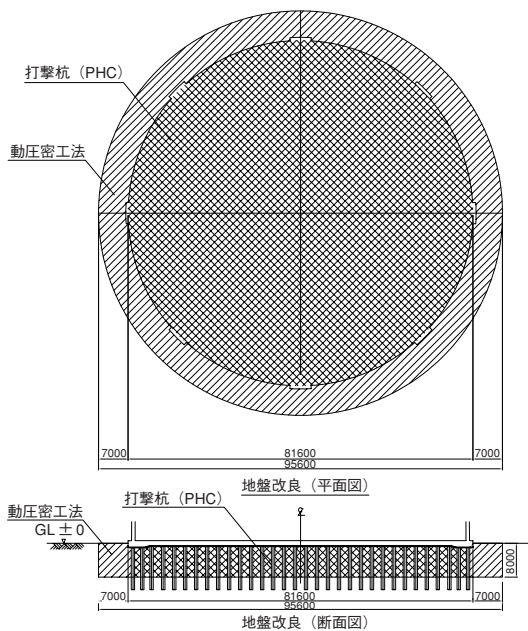
貯蔵液	LNG (- 166 ℃)	
容量	160,000 KL (3 基)	
内槽 (9% Ni)	内径	76.00 m
	液深	35.44 m
外槽 (PC 防液堤)	内径	78.20 m
	高さ	39.80 m
	厚さ	0.70-0.85 m
杭	PHC φ 800 × 774 本/基 (L = 29-26 m)	

成は、表層近くは緩い砂，その下に第4紀の砂層が厚く堆積しており明瞭な支持層 (N > 50) が現れない状況であった。これらを考慮し，基礎構造としてPHC 杭と地盤改良 (液状化軽減対策工+横方向地盤抵抗増大) の組合せを採用した。

### 3. 基礎杭および地盤改良の施工

#### (1) 地盤改良工

基礎杭の施工に先立ち，液状化軽減と地盤の横方向抵抗増大を目的とする地盤改良工を実施した。図一3に示すように，タンク外周部分は動圧密工法を採用し，タンク基礎版直下についてはPHC 杭打撃による締め効果も期待した。

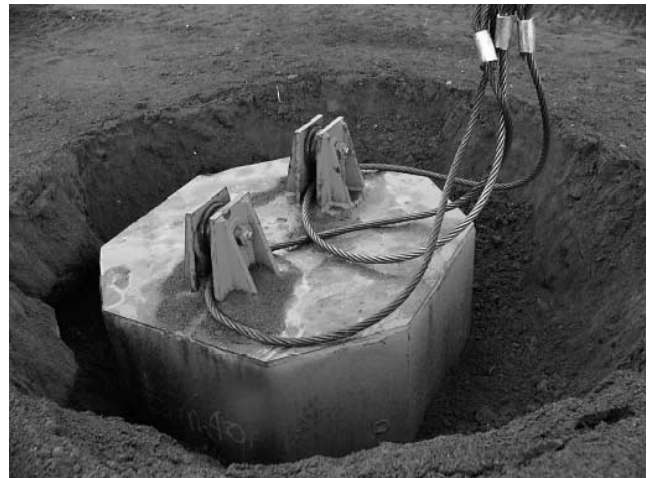


図一3 地盤改良工

動圧密工法の改良仕様は，マス重量：250 kN，落下高さ：20 m，1 箇所当りの落下回数：10 回，落下間隔：@8.0 m とした。施工状況を写真一1 および写真一2 に示す。



写真一1 動圧密工法 (1)



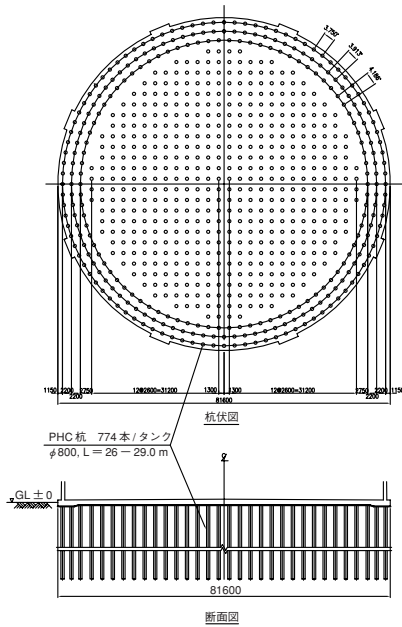
写真一2 動圧密工法 (2)

#### (2) 地盤改良効果

周辺部の動圧密工法およびタンク基礎版直下の杭打撃による密度増大効果として，設計段階ではN 値の増加を5 と見込んだ。工事中は，N 値の増加をモニタリングし，動圧密工法実施箇所については平均で10 以上，タンク直下部 (杭打設箇所) については平均で8 以上のN 値増加を確認した。

#### (3) PHC 杭 (打撃工法)

基礎杭には，性能・価格の両面からPHC 杭 (φ 800) が最適と考え，これを採用した。杭本数は，1 タンクあたり774 本 (杭長は29 - 26 m) で，打撃方法にて施工した (図一4)。杭の支持力管理は本打設に先立って杭の鉛直載荷試験を実施し，設計支持力を満足することを確認した。実施工中には，PDA および動的支持力公式により全数管理を行った。



図—4 杭伏図

前述のとおり、明瞭な支持層 ( $N > 50$ ) が現れないため、杭の打ち止め深さとしては、支持力（周面摩擦力+先端支持力）が確保できる深さとし、沈下量についてはある程度許容するものとした。許容沈下量は、BS7777に記載されている不同沈下量の規制値を満足することおよび配管設計に支障をきたさないことを確認して設定した。

#### 4. 基礎版の施工

##### (1) 施工概要

基礎杭打設後、碎石地業工事、均しコンクリート打設に続き、基礎版工事を行った。基礎版は、直径81.6 m、外周部厚さ1.5 m、中央部厚さ1.2 mで、基礎杭により地盤上に設置され、貯槽本体およびPC防液堤を支持する。基礎版は、外周部から中央部に向かって施工を進め、下端筋組立て、内槽タンク固定用アンカストラップ、挿入式傾斜計用配管、底部ヒーター管およびPCシースを設置した後、上端筋の組立てを実施した。

##### (2) 基礎版コンクリート工事

基礎版のコンクリートは、外周部および中央部の2分割打設とし、コンクリート量はそれぞれ、約1,600 m<sup>3</sup>、5,500 m<sup>3</sup>、コンクリート強度は、外周部40 N/mm<sup>2</sup>、中央部30 N/mm<sup>2</sup>である。外周部はPC防液堤のNo.1ロット（キッカー）と同時打設とし、全周を4班に分け、コンクリートポンプ車4台により約10時間で打設を完了した。中央部のコンクリート

打設前に、PC防液堤下部に必要な十分なプレストレスを効果的に導入するために、基礎版外周部およびPC防液堤No.2ロットにプレストレスを一部導入した後、6班編成、コンクリートポンプ車6台で昼夜連続の約24時間で打設を完了した（写真—3）。



写真—3 基礎版コンクリート打設

このようなマッシュパなコンクリートにおいては、温度ひび割れ対策が重要となる。従来、日本国内におけるPCLNGタンクでは、有害な温度ひび割れの発生を抑制するために、コンクリートのプレクーリングやパイプクーリングなどが行われていたが、本工事においては、コスト抑制、工期短縮を目的として、配合面での対策を実施した。配合における温度ひび割れ抑制対策として、(1)低発熱ポルトランドセメントの使用による発現温度の抑制、(2)日本から輸入した高性能減水剤の使用によるセメント量の低減を図り、現地におけるマスブロック試験により、パイプクーリングを実施した場合と同等の効果が得られることを確認した。施工時養生は散水養生とし、温度センサーによりコンクリート温度をモニタリングして、養生期間や型枠脱型時期の検討を行った。

#### 5. PC防液堤の施工

##### (1) 施工概要

PC防液堤は、プレストレス構造であり、基礎版との接合構造は、地震時および内容液漏液時の荷重や不等沈下に対する抵抗性が大きい剛接合を採用している。PC防液堤は、高さ39.8 mを11分割して施工した（図—5）。基準ロット高さは4.1 m、最下段のNo.1ロット（キッカー）は高さ0.3 m、最上段のNo.11ロットでは高さ2.6 mとなっている。PC防液

堤厚さは、No.1ロットからNo.5ロットまでは0.85m～0.7mの可変断面、No.5ロット以上は0.7mの等断面（No.11ロットは0.95m）となっており、PC防液堤構築にあたっては、ジャンピングフォーム工法を採用した。また、鉄筋、PCシースおよび機械工事用の埋込金物はできる限り地上でユニット化して組立て、クレーンで建て込むことにより、高所作業の低減による安全性、作業性の向上を図った。

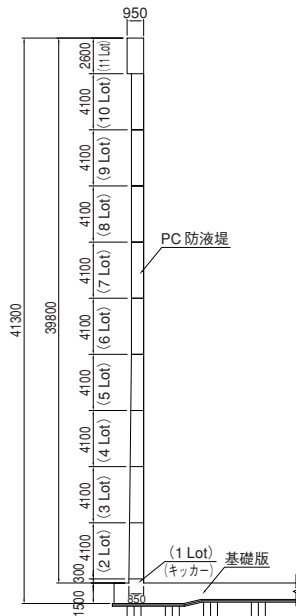


図-5 PC防液堤ロット割り

## (2) PC防液堤コンクリート工事

PC防液堤のコンクリートは、ロットごとに打設し、各ロットのコンクリート量は、可変断面部（キッカーを除く）で平均800m<sup>3</sup>、等断面部で約740m<sup>3</sup>で、それぞれ鉛直施工目地は設けず、一括打設とした。コン

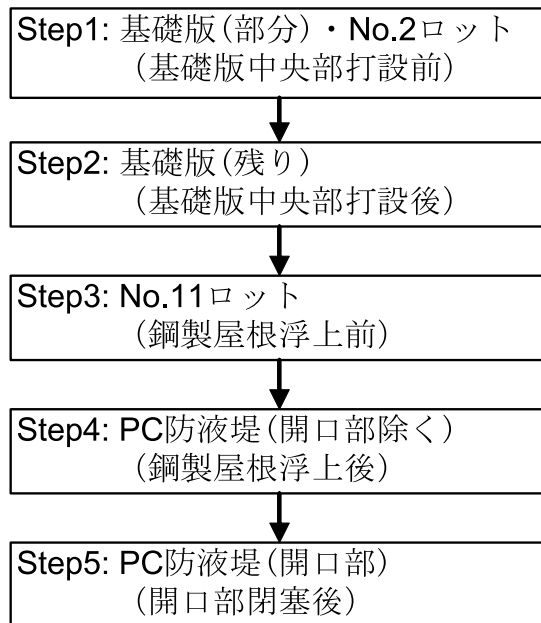


写真-4 PC防液堤コンクリート打設

クリート強度は、一律40N/mm<sup>2</sup>である。No.5ロットまでは、基礎版外周部と同じく、全周を4班に分け、コンクリートポンプ車4台により約7時間で打設し、No.6ロット以上については、コンクリート打設用配管を全周に設置して、コンクリートを地上のコンクリートポンプ車から圧送して約6時間で打設した（写真-4）。PC防液堤においても、基礎版と同様の温度ひび割れ対策を行っている。また、PC防液堤は、基礎版上で同時施工される鋼製屋根をスムーズに浮上させる必要があることから、特に内面において、mm単位での厳しい施工管理が要求されるため、各ロットの上・下端に周方向に2.5°ピッチで測定点を設けて、出来形管理を行った。

## (3) プレストレス工事

PCシステムには、VSL工法を採用し、1基あたり約600tのPCケーブルを使用した。プレストレスの導入にあたっては、次の5ステップに分けて実施した。



## (4) 開口閉塞工事

PC防液堤工事と並行して基礎版上面で行われる機械工事の搬出入口として、PC防液堤下部に大小2箇所の開口部を設けた。大開口部の有効寸法は、幅20m×高さ5m、小開口部の有効寸法は、幅6m×高さ3.5mである。開口部閉塞は、内槽機械工事の完了後、水張り試験前に行った。外型枠には、PC防液堤施工時に使用した型枠をそのまま使用し、内型枠については、気密性確保のため、PC防液堤内面に設置されるライナープレートを流用した。

開口部コンクリート打設にあたっては、内容液漏液

時の液密性確保のため、既設 PC 防液堤といかに一体化させるかがキーポイントになる。本工事においては、コンクリートを開口部上面打継目よりも高く増打ちし、バイブレーターによる締固めを十分行って、密実なコンクリートを打設した。

## 6. その他

### (1) 沈下計測

基礎版および PC 防液堤施工中および水張り試験時において、タンクの沈下計測を実施した。施工中においては、基礎版外周部上面に等分設置した 8 点の計測点を用いて、基礎版外周部コンクリート打設完了時点を初期値として、基礎版中央部打設完了時および PC 防液堤各ロット打設完了時にそれぞれ沈下計測を行った。水張り試験時においては、8 点の計測点に加え、あらかじめ基礎版に埋設しておいた沈下計測用の配管に傾斜計を挿入して、より詳細に沈下量の計測を行い、規定の性能を有していることを確認した。

### (2) 塗装工事

PC 防液堤構築完了後、コンクリート表面に塗装を行った。下塗り、中塗りはエポキシ系塗料をそれぞれ 1 回、上塗りは弾性ポリウレタン塗料の 2 回塗りとした。塗装に先立ち、コンクリート表面の補修、清掃を実施し、塗装作業はゴンドラを使用して実施した。

## 7. 機械工事との調整

以上、土木工事について概要を述べたが、PCLNG タンク建設の重要な要素として、機械工事と土木工事の取合いの最適化がある（要求精度確保、引き渡し時期の厳守、工事錯綜の最小化など）。この点について具体的な事例を説明できなかったが、本工事において

は、機械側の要求精度を満足し、かつ、引き渡し時期を厳守して機械工事に引き渡すことができた。また、開口部閉塞時のプレストレス工事と水張り試験を並行に行うことにより、工期短縮を実現できた。

## 8. おわりに（謝辞）

PCLNG タンクの土木工事は 2004 年 7 月に着手、1 号及び 2 号タンクの工事を完了し、2008 年 4 月現在 PC 防液堤の塗装工事を残すのみとなっている。

本工事を施工するにあたり、大阪ガスエンジニアリング株式会社殿には、技術監理の面で適切な指導をいただき、心より御礼申し上げます。

また、非常に短納期の工事を台湾という気候や国柄など難しいものがあるなか、工期厳守、品質確保および安全への配慮を行い、工事を遂行していただいた株式会社 大林組殿に心より感謝致します。 JCMA

#### 【筆者紹介】



山本 義人（やまもと よしと）  
 ㈱ IHI 環境・プラントセクター  
 エンジニアリング統括部  
 土建グループ



宅和 大助（たくわ だいすけ）  
 ㈱ IHI 環境・プラントセクター  
 エンジニアリング統括部  
 土建グループ



日下 桂一（くさか けいいち）  
 ㈱ IHI 環境・プラントセクター  
 エンジニアリング統括部  
 土建グループ