

側壁・底版剛結合同型 LNG 地下式貯槽の設計と施工（その１）

東京ガス（株） 正会員 川村 佳則^{*1} 青木 浩之^{*1}
○大成建設（株） 正会員 渡部 昭一^{*2}
（株）大林組 正会員 渡辺 伸和^{*3}

1. はじめに

従来，耐水压強度版（地下水圧に対し強度的に抵抗できる底版）形式の地下式貯槽では，側壁と底版の結合形式として，両者を分離し目地を設けるピン構造が用いられてきた．東京ガス(株)扇島工場では，この目地をなくした側壁・底版剛結合同型 LNG 地下式貯槽(20 万 KL)を建設中である．本報は，この LNG 地下式貯槽の設計概要について示したものである．

2. 側壁・底版剛結合同型 LNG 地下式貯槽の特徴

従来，耐水压強度版形式の地下式貯槽では，側壁と底版の結合部に図 - 1 の左側に示すような目地を設け，側壁と底版を分離したピン構造を採用している．この目地部には，側壁・底版間の荷重を伝達するとともに目地部の変形(変位)を制御するための結合材が設置されるなど複雑な構造となっている．一方，側壁と底版が連続した剛構造は，単純であるが，過大な応力集中による側壁下端部の鉄筋の過密化および，経済性の面で課題があった．そこで，表 - 1 に示すようにハンチ構造の採用，大容量 PC ケーブルの使用など種々の構造的工夫を施すことや最先端の土木技術を取り入れることにより従来の課題を克服した．

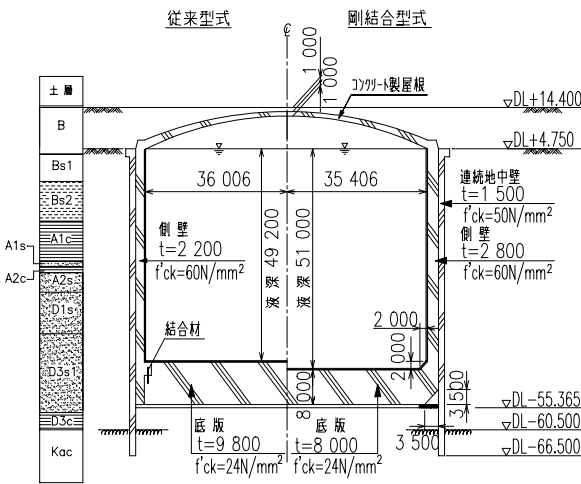


図 - 1 貯槽構造図

表 - 1 剛結合同形式の特徴

構造上の特徴	効 果	本構造が採用となった背景
(1) 底版と側壁が剛結合	従来のピン結合タイプの構造目地をなくすることが可能．	埋設式 RC 製屋根型式地下式貯槽の側壁頂部での使用により，地下式貯槽における大容量 PC ケーブルの使用実績ができた．
(2) 側壁下端部に鉛直方向プレストレスを導入	側壁下端部の鉛直方向鉄筋（外側）の過密化を防止することが可能．	
(3) 側壁下端部に円周方向プレストレスを導入	底版断面内の圧縮ゾーンを増すと同時に側壁下端部の貫通クラックを抑制することにより，隅角部の止水性を確保することが可能．側壁下端部の円周方向鉄筋の過密化を防止することが可能．側壁下端部に円周方向圧縮応力を入れ，施工時の温度応力による有害なひびわれを防止することが可能．	
(4) 側壁下端部にハンチを設ける	側壁下端部の応力集中を緩和し，鉛直方向鉄筋の過密化を防止することが可能．	埋設式 RC 製屋根型式地下式貯槽の屋根側壁隅角部への対応実績により，機械側のコストアップなしでハンチをつけることが可能となる．
(5) 底版外周部の下側に切欠き部を設ける	水压に半径方向内向き成分を生じさせ，底版に圧縮応力を入れるとともに，隅角部の応力の流れをスムーズにすることが可能．	

キーワード：地下式貯槽，剛結合，プレストレス

*1：〒230-0055 横浜市鶴見区扇島 4-1	TEL. 044-392-7182	FAX. 044-287-2180
*2：〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1（新宿センタービル）	TEL. 03-5381-5417	FAX. 03-3342-2084
*3：〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟	TEL. 03-5769-1308	FAX. 03-5769-1971

3. 側壁・底版剛結合型 LNG 地下式貯槽の設計

3.3 設計概要

LNG 地下式貯槽の要求性能としては安全性と使用性の 2 つがあり，これらを満足するためのコンクリート製躯体に必要な構造性能としては，耐荷性能（あるいは変形性能）と止水性能の 2 つがある¹⁾．設計はこの 2 つの構造性能を満足するよう行った．LNG 地下式貯槽の形状寸法，地盤条件は図 - 1 に示すとおりである．

3.4 耐荷性能の照査

耐荷性能の照査は，LNG 地下式貯槽の躯体に作用する諸荷重について，図 - 2 に示すような 3 次元ソリッドモデル（180° モデル，円周方向 7.5° ピッチ）を用いた FEM 解析により算定した断面力を用いて，許容応力度法及び限界状態設計法により行った．地盤及び連壁はバネとしてモデル化した．

耐震設計は，LNG 地下式貯槽指針に基づく地震動（耐震基盤面で水平震度 0.15 もしくは水平加速度 150Gal，鉛直はそれぞれ 1/2）に加え，当該工場の LNG 地下式貯槽を対象として設定したレベル 2 地震動に対しても行った．

検討方法は，前者の地震動については，静的震度法及び貯槽 - 地盤連成系動的解析，後者の地震動については，応答変位法及び貯槽 - 地盤連成系動的解析とした．

上記の照査をもとに決定した側壁・底版隅角部の配筋図を図 - 3 に示す．

3.5 止水性能の照査

LNG 地下式貯槽の止水は，「凍結止水」により確保しているが，より高い信頼性水準で止水性を確保するため，プレストレスを導入することにより通常運転時には，部材断面内に圧縮ゾーンを 10cm 以上確保するか，または鉄筋応力度を 100N/mm^2 以下にすることとした．FEM 弾性解析による止水性能の照査結果の一例を図 - 4 に示す．また，地震後の止水性能については，残留ひびわれ幅でチェックするのが合理的であるが，本設計では，地震時の鉄筋応力度が降伏応力度以下であり，残留ひび割れが発生しないため止水性は確保されている．

3.6 プレストレス量の設定

プレストレス量は下記目標値を満足するよう設定した．

- (1) 側壁下端部鉄筋については施工性を考慮し，D51@200 × 2 段程度とする．
- (2) 通常運転時に側壁・底版隅角部の断面内に圧縮ゾーンを 10cm 以上確保する．または，鉄筋応力度を 100N/mm^2 以下に抑える．
- (3) 側壁下端部の温度ひび割れ指数を 1.2 程度以上とする．

4. おわりに

本 LNG 地下式貯槽は，側壁と底版を剛結合とした初めての地下式貯槽であり，種々の工夫，綿密な施工計画を立案しながら，現在底版工事を行っている．従来のピン構造形式の貯槽に比較し，経済的な剛結合を実現できたが，今後，より合理化を図ることによりさらなるコストダウンしていく必要があると思われる．

（参考文献）

- 1) 土木学会コンクリートライブラリー 98 「LNG 地下タンク躯体の構造性能照査指針」，1999.12

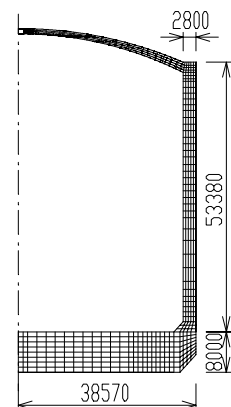


図 - 2 解析モデル図

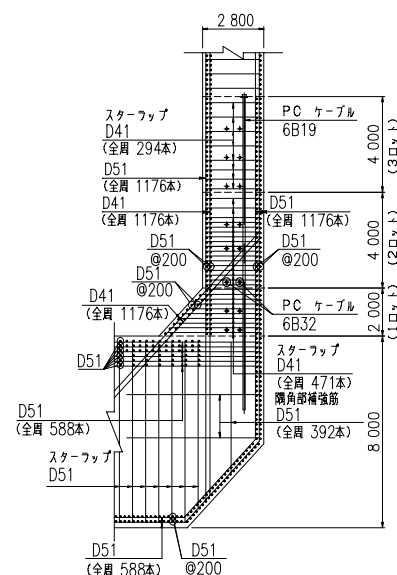


図 - 3 側壁・底版隅角部配筋図

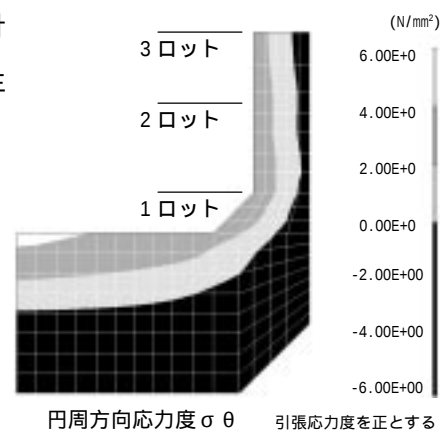


図 - 4 止水性能の照査結果の一例
（常時・高水位・満液・温度荷重有り）