

中国上海市におけるLNGタンクの漏液時液密性の検討

東京ガス・エンジニアリング 広谷亮

大林組 正会員 永井秀樹 正会員 ○阿久津富弘

1. はじめに

中国上海市の液化天然ガス(LNG)貯蔵タンク建設プロジェクト(図-1)において、「LNG地上式貯槽指針」(日本ガス協会)に基づき日本で建設されているタンクと異なる形式を適用するため、PC(プレストレストコンクリート)製防液堤の漏液時の液密性能について検討した結果を報告する。

LNGタンクの外槽であるPC防液堤には、漏液時の要求性能として、内槽からLNGが漏洩した場合に、その漏液圧を二次バリアーとして受け止める耐荷性能/液密性能が要求される。

2. PC LNGタンク保冷形式の比較

中国上海市のタンクと日本のタンクの漏液時の保冷仕様は、各部位で異なる(表-1)。本タンクの基本構造は、英国規格(BS7777<sup>1)</sup>)を基準とし、海外において標準的に採用されている方式である。特に、漏液時にコ

ーナープロテクション(H=5.0m)の設置された部分を除いて、PC防液堤のコンクリート表面に直接にLNGが接触するという点が特徴的である。中国では、この形式のLNGタンクが数多く計画されており、今後、中国における主流の形式となる。

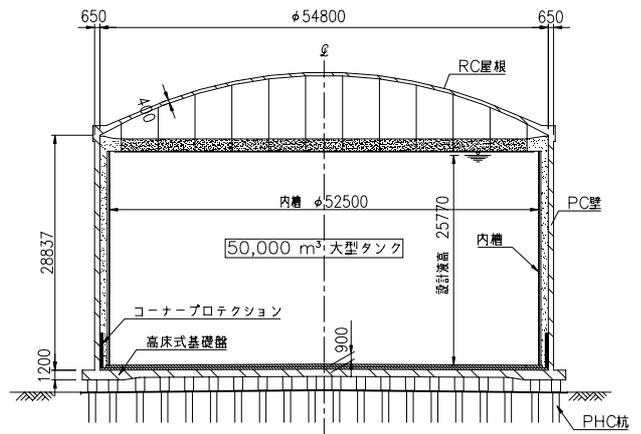


図-1 中国のLNGタンク構造

表-1 漏液時の保冷性能の比較

	中国上海市の形式(英国規格(BS7777))	「LNG地上式貯槽指針」(日本ガス協会)の形式
基礎版	高床式であるため、基礎版下面から自然換気による入熱がある。 2 <sup>nd</sup> バリアー(9%ニッケル鋼)下側の保冷性能が維持される。	基礎版内部にヒーターを設置して、地盤凍結を防ぐ。 底部冷熱抵抗緩和部の保冷性能が維持される。
PC壁	コーナープロテクション部分では、内部の保冷性能が維持され、その他の部分は、LNGがPC防液堤のコンクリートに直接接触する。	側部冷熱抵抗緩和部(PUF)により保冷性能が維持される。
屋根	RC屋根とサスペンションデッキ上の頂部保冷による保冷性能が残存すると考えられる。	鋼製屋根間の頂部保冷が残存すると考えられる。
一般構造断面図		

キーワード 大型構造物、LNG、液密性能、数値解析

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 (株)大林組東京本社 土木本部生産施設技術部 TEL 03-5769-1307

3. PC防液堤の漏液時の解析・照査

本タンクは、漏液時においてPC防液堤に、直接にLNGが接触するため、その内表面が-168℃まで冷却される。その温度分布の解析結果を図-2に示す。温度伝導解析は、軸対象ソリッドモデル（解析ソフト：ABAQUS）により実施した。定常状態においてPC壁一般部の外面が-20℃以下となる一方、コーナプロテクションのあるPC防液堤下部は、約4.0m高さまで内面でも-10℃以上の温度が維持される。基礎版、RC屋根については、漏液後も常時の保冷性能が維持されるため、通常状態からの温度変化は小さい。

本タンクの保冷性能の評価は、コンクリート部材の温度降下が大きく、温度応力によるひび割れが発生する温度応力が部材剛性に依存するため、線形解析による検討では難しい。本タンクでは、ひび割れによる応力分散が評価できるコンクリート非線形解析（解析ソフト：FINAL）を実施した。コンクリート、鉄筋、PC鋼材の材料特性には、温度依存の影響を考慮し、低温時の実挙動を適切に表現できるように設定した。PC防液堤の液密性は、漏液時に壁厚の1/10以上<sup>2)</sup>の圧縮ゾーンが確保されていることにより担保される。漏液時の解析結果（PC防液堤の圧縮領域長とその圧縮域の平均コンクリート応力）を図-3に示す。

最もクリティカルとなる位置は、コーナプロテクションの上方位置（高さ約5.0m付近）の円周方向応力であり、その位置での断面方向の応力分布を図-4に示す。PC防液堤外面から約13.2cmの圧縮域が確保されており、壁厚の1/10である6.5cmを満足する結果を得た。

PC防液堤の円周方向には19S15.2テンドンにより、漏液圧とガス圧の合計と同等のプレストレスを導入した。鉛直方向には、同サイズのテンドンにより約2.0N/mm<sup>2</sup>の圧縮応力を導入した。PC防液堤の内側鉄筋には、低温鉄筋を使用し、低温鉄筋の使用範囲はPC防液堤下部の約4.0mを除く全体とした。外側鉄筋は、漏液時に圧縮ゾーンとなるため、普通鉄筋を使用した。

4. おわりに

コンクリート非線形解析の適用により、漏液時のタンク外槽の実挙動を的確に把握することができたと考えられる。今後、漏液時にコンクリート表面にLNGが直接に接する形式について検討を進め、より合理的な構造形式のLNGタンクを提案したい。

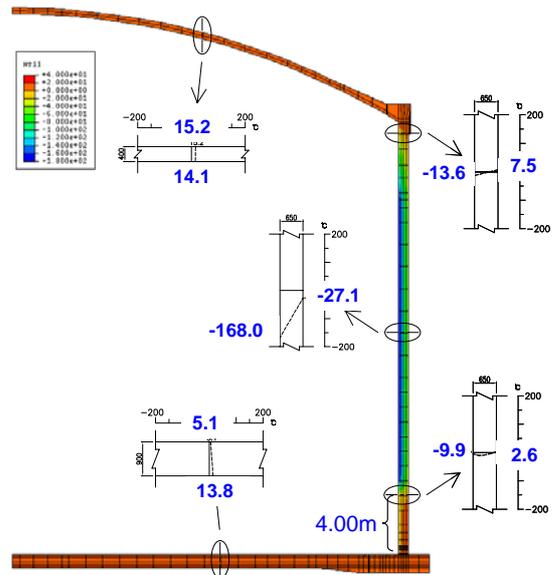


図-2 漏液時の温度分布

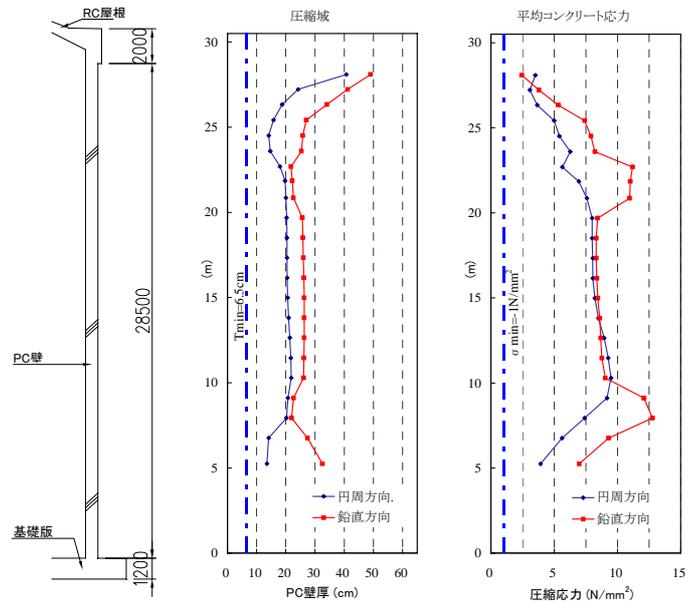


図-3 漏液時の圧縮ゾーンの解析結果

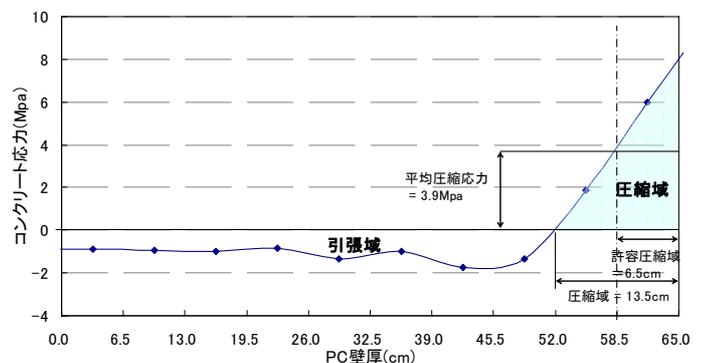


図-4 クリティカル断面のコンクリート応力

1) BS7777 : Flat-bottomed, vertical, cylindrical storage tanks for low temperature service , part3, 1993