

世界最大級 LNG 地下タンクの円筒土留めの設計および山留め計測結果

(株)大林組 ○正会員 前田敬一郎, 正会員 仙名宏
東邦ガス(株) 小林且典, 佐々木高士

1. はじめに

東邦ガス(株)知多緑浜工場では、容量 22 万 KL の世界最大級の LNG 地下タンク(No.3 タンク)を建設中である。タンク概要図を図 1 に示す。本タンクの建設は、RC 地中連続壁(以下、連壁と称す)を円筒土留めとして(写真 1)、内部掘削完了後、順巻き工法で躯体を構築する。本稿では、この円筒土留めの連壁について、既設に対して壁厚の薄型化を図った設計および内部掘削時の計測結果について報告する。

2. 円筒土留めの設計および留意事項

本連壁は、内径約 80m、床付け深さ約 48m の空間を構築することが要求される。連壁には完成後において止水壁としての機能を持たせるため、その先端を不透水層へ根入れすることとし、連壁深さは、盤ぶくれの検討から 89.3m (平均)とした。また、壁厚の薄型化を目指し、土圧・水圧によって発生する円周方向軸圧縮力 ($N\theta$) が大きくなる床付け位置付近のコンクリートの設計基準強度を既設の $50N/mm^2$ から $60N/mm^2$ とすることで、1.2m から 1.0m へ削減した。円筒土留めは $N\theta$ を連壁コンクリートが負担することにより、その構造安定性が保たれる。そのため、壁厚が薄くなることにより、コンクリートの充填不良やパネル間ジョイント部の誤差(ずれ)によって、連壁の圧縮負担に与える影響が相対的に大きくなる。そこで、対策として、①使用する鉄筋の強度を既設の SD345 から SD390 へ変更による鉄筋量の低減(鉄筋のあきの確保による充填性向上)、②パネル構築の鉛直精度を 1/2000 以下で管理(圧縮負担断面の減少防止)を行った。さらに、設計上想定した地盤物性等の不確定要素の存在を考慮して、内部掘削時の計測管理を強化することとした。

3. 山留め計測管理

3.1 管理方法

円筒土留めは、主荷重の土圧・水圧による円周方向軸圧縮力が卓越することより、計測管理は、円周方向の応力および半径方向変位計測を主体とし、ばらつきを考慮して、8 方向(45°ピッチ)とした。円周方向の応力は鉄筋応力計と、クリープ等の影響を把握するため、有効応力計によって計測した。また、変位は挿入式傾斜計により計測し、深度方向の分布を求めた。計測管理値は、3段階で設定するとともに、経時的挙動、すなわち応力度の増加速度、変位の増加速度にも留意し、円筒土留めの安全性を判断した。

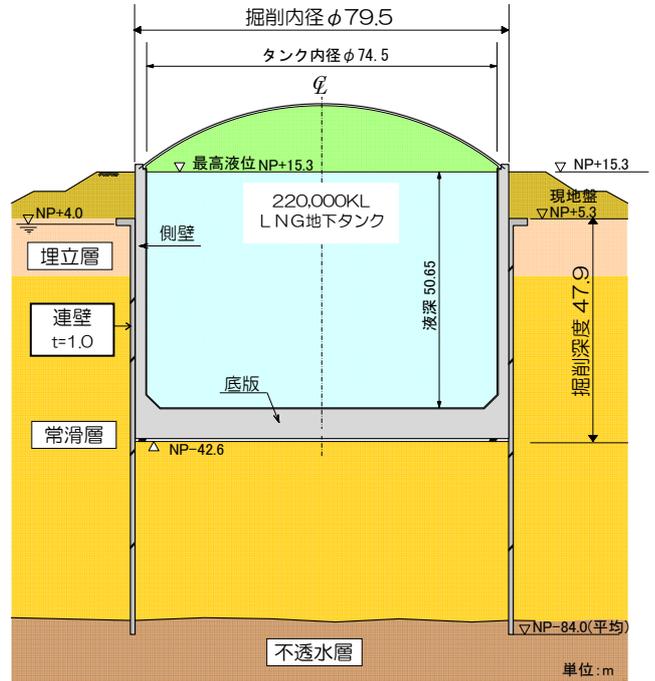


図 1 タンク概要図



写真 1 構築した地中連続壁の外観

キーワード LNG 地下タンク, 地中連続壁, 円筒土留め

連絡先 〒478-0000 愛知県知多市緑浜町 1 番地 (株)大林組 東邦ガス緑浜工事事務所 TEL: 0562-54-0081

3.2 計測結果

(1) 円周方向コンクリート応力の経時変化
 発生応力度が最大になると予測した NP-36m レベルにおける 0° 方向 (北側) および 180° 方向 (南側) のコンクリート応力 (鉄筋応力をコンクリート換算) の経時変化を 図 2 および 図 3 に示す。計測値は、設計荷重作用時の逐次掘削解析結果である一次管理値 (設計値) 以下でおおむね推移した。常滑層は固結したシルトであるため、 $K_0=0.5$ を下回る土圧が作用することが予想され、実測においても内側と外側の平均応力は一次管理値を下回った。

一方、特に 0° 方向 (北側) については内側の圧縮応力を増大させる曲げ成分の存在が確認された。これは、北側の壁面が南向きであるため、日射による内側の温度上昇が他の方向の壁面よりも大きく、連壁の内側と外側の温度差により発生した曲げ成分と考えられる。

(2) 半径方向変位

変位が最大となると予測した NP-36m レベルにおける半径方向変位分布を 図 4 に示す。設計荷重作用時の解析結果は、最大変位は 26 mm であり、計測された変位の平均値は解析値を下回っていた。内部掘削は、偏荷重を極力避ける方法で実施したが、土留め内部の土を掘削撤去することにより、南北方向に押された変形形状 (半径方向最大変位差 10 mm) が観測された。この傾向は、当該工場および隣接地の円筒土留め掘削時にも確認された現象であり、地殻応力に由来する初期地圧の異方性が原因と考えられる¹⁾。過去の評価において、この偏土圧の大きさは、静止土圧 ($K_0=0.5$) の 20% の偏圧 (両押しモード) によって再現されることを報告している。今回についても、同様の偏圧によって算定される半径方向最大変位差は 8 mm であることより、同等の偏圧が作用したことが想定される。

3. まとめ

本稿では、連壁コンクリートの設計基準強度を増加させることにより、壁厚の薄型化を図った円筒土留めの計測結果について報告した。今回の計測結果においても、過去の同種工事と同様の偏圧現象が確認されており、当該地域の地盤特性の裏付けとなった。円筒土留めは、偏圧に対して留意する必要があるため、不確定要素も含めて設計上、見込んでおくとともに、偏載荷が確認された場合は、計測結果を吟味し、その原因を推定し、必要に応じて対策を行うことが重要である。なお、本タンク工事は、2016 年の竣工に向けて、現在、側壁工事を実施中である。

[参考文献]

1) 高木ら：堆積軟岩地域の大規模円形山留め壁挙動に関する考察，土木学会論文集 No.630/VI-44,1-10,1999.9

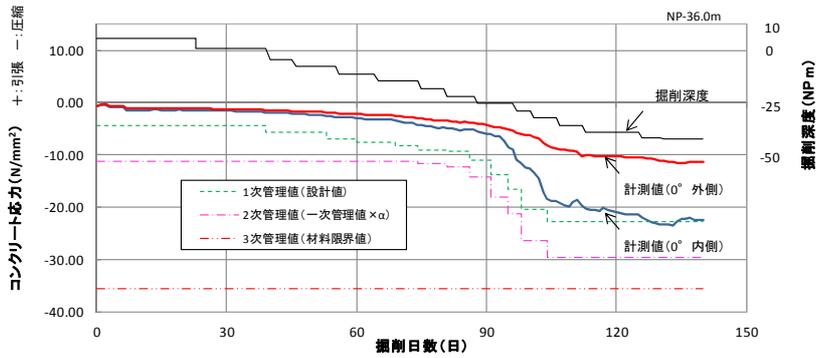


図 2 円周方向応力度経時変化 (0° 方向, 北側)

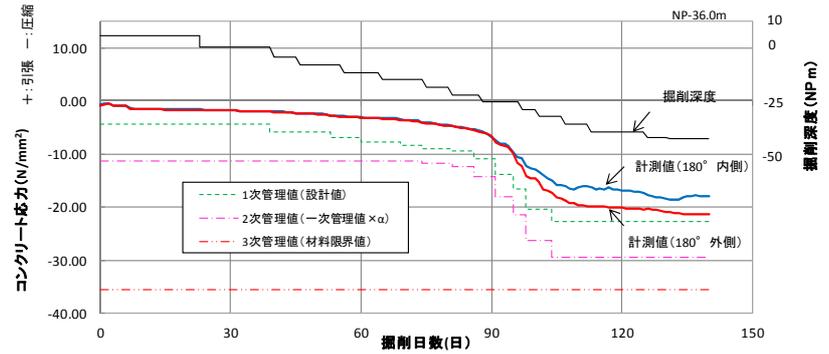


図 3 円周方向応力度経時変化 (180° 方向, 南側)

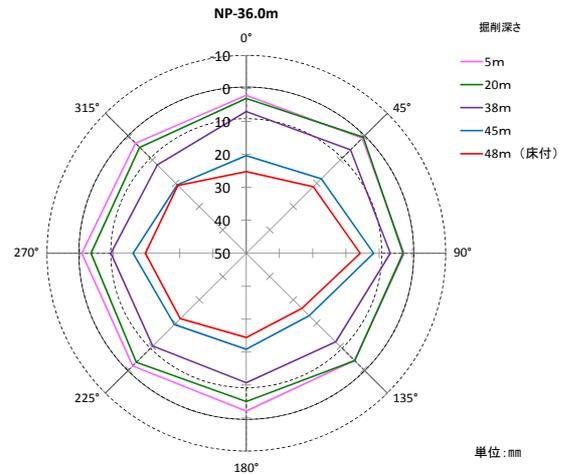


図 4 半径方向変位分布