

LNG地下タンクの設計施工における合理化

清水建設（株） 正会員 ○土屋 雅徳
 清水建設（株） 正会員 永島 三雄
 清水建設（株） 正会員 若林 雅樹

1. はじめに

我が国の LNG 需要は、CO₂ 排出削減への社会的取組み等を背景に、今後も大幅な伸びが見込まれている。このような中、LNG タンクの建設においては、高品質なタンクをより短期間に供給することが求められるようになってきている。筆者らが 2006 年 4 月から 2009 年 10 月にかけて施工した LNG 地下タンクは、図－1 に示す諸元を有する容量 16 万 kl の大型貯槽であるが、表－1 に示すように既往の同規模タンクと比較して大幅な工期短縮を実現した。

本稿は、この 16 万 kl LNG 地下タンクの設計施工における合理化について報告するものである。

2. RC 地中連続壁の合理化

RC 地中連続壁（以下、連壁）は、止水壁兼仮設山留壁としてタンク外周に円筒状に構築されるものである。施工数量削減と工期短縮を図るための合理化として、連壁薄肉化とエレメント数削減の 2 点について以下に述べる。

a) 連壁薄肉化

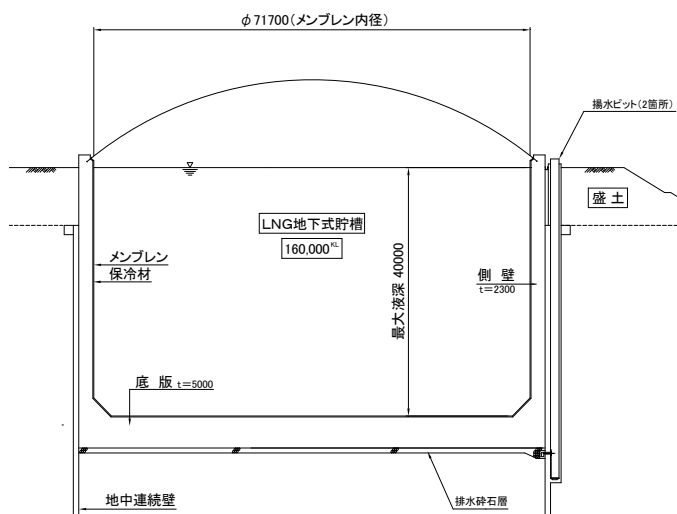
図－2 は、連壁の壁厚について、既往の地下タンクにおける実績と今回の連壁を比較したものである。今回連壁の壁厚は 90cm であり、内径に対する比あるいは土水圧に対する比という点で、既往実績に比べて大幅に薄肉化されていることが分かる。薄肉化における技術上のポイントとして、高強度コンクリートの採用と座屈安定性の確保が挙げられる。前者については、既往実績（51N/mm²）を上回る設計基準強度 60N/mm² のコンクリートとし、かつ水和熱に起因する温度ひびわれを抑制するため、単位セメント量を極力減らすよう配合設計を工夫した。後者については、掘削時のガット割の見直し等により壁厚と真円度を確保し、座屈の要因となる不整量を極小化した。

b) エレメント数削減

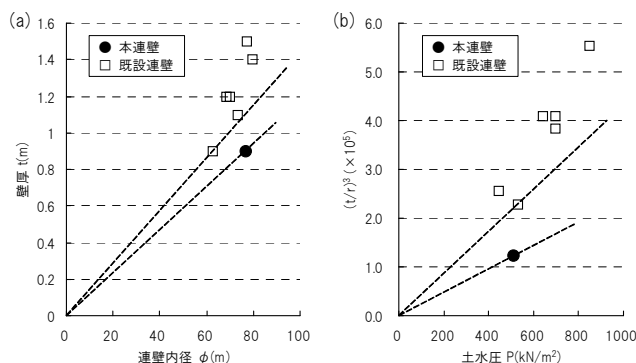
連壁施工におけるエレメント数は、少ない方が工程上有利であるが、反面、1 エレメント分の掘削開放長が長くなるため溝壁安定保持の面では不利となる。同規模の既往の連壁ではエレメント数 40 程度が標準であったが、本タンクではこれを 24 に減らすとともに、安定液の精度の良いい比重管理・液位管理と、荷重分散に配慮したコンクリート作業床の設置により溝壁の安定を確保した。

表－1 LNG地下タンクの工期比較

	容量	着工年月	工期
既往 A	20 万 kl	1992/10	69 ヶ月
既往 B	16 万 kl	1993/10	49 ヶ月
既往 C	20 万 kl	1996/09	55 ヶ月
既往 D	12.5 万 kl	1998/06	55 ヶ月
本タンク	16 万 kl	2006/04	43 ヶ月



図－1 貯槽の主要構造寸法



図－2 連壁の壁厚に関する既設タンクとの比較

キーワード LNG 地下タンク，設計施工，合理化

連絡先 〒105-8007 東京都港区芝浦 1-2-3 シーバンス S 館 清水建設（株）土木技術本部 TEL 03-5441-0595

3. 躯体剛結部の合理化

躯体の構造は、以前は側壁と底版の間に構造目地を設けるピン結合形式が主流であったが、近年は側壁と底版を一体的に構築する剛結合形式が主流であり、本タンクもこの形式を採用している。剛結部における合理化として、ハンチ寸法最適化と部分 PC 導入の 2 点について以下に述べる。

a) ハンチ寸法最適化

剛結部内側には応力の流れをスムーズにするためハンチを設ける。施工性、経済性を考慮したハンチの最適寸法を決定するため、構造解析に基づくコストスタディを実施した。図-3は、底版上段筋の決定要因となる揚水圧と温度荷重に対して、ハンチの大きさを変えて底版上面の発生応力度を求めた結果である。揚水圧に対しては、ハンチを大きくすることでスパンを減じたのと同様の効果が得られ、底版上面の応力度が減少する。一方、温度荷重に対しては、ハンチの大型化は内部拘束の増大につながり応力度は増加するが、その影響は揚水圧に比べて小さい。

以上の構造解析結果より、ハンチを大きくする方が底版上段の配筋量を削減できることが判ったが、ハンチそのものの施工数量（コンクリート・鉄筋）は増加するため、両者を合わせたコストが最小となるのはハンチ寸法 3m のときであるとの結果となり、実機ではこの値を採用した。

b) 部分 PC 導入

ハンチ上端付近は特に発生曲げモーメントが大きいので、通常の RC 部材として設計した場合、内外各 3 段の鉄筋が必要となった。しかし、鉄筋組立時やコンクリート打込み時の作業性を検討した結果、図-4に示すように鉄筋は内外各 2 段とし、不足分は部分的に鉛直プレストレスを導入して補う方がよいと判断した。

PC 鋼材は、工程短縮を優先してプレテンション方式の 1 つである NAPP 工法を採用した。この工法は予め引張力を与えた PC 鋼棒を部材内に配置し、コンクリート打設後にこれを開放してプレストレスを得るものであり、現場での緊張作業が不要なため工程確保の面で有利である。本工事では約 3 週間の工程短縮が実現できた。NAPP 工法の適用にあたり、事前に底版側への定着方法の検証実験¹⁾と鋼棒の低温条件下での靱性能確認試験²⁾を実施した。

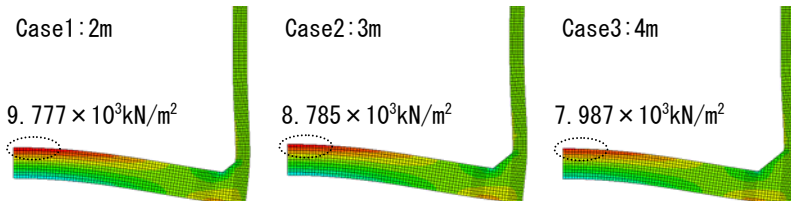
4. まとめ

本工事では、ここに述べた以外にも、設計施工の両面から様々な合理化を検討し実施した。結果、当初の目標工期 43 ヶ月で工事を完遂することができた。工期、品質に対する発注者のニーズは今後益々高度になると予想される。今回工事の成果を踏まえ、更なる技術的な工夫改善により、そのような要請に応えていきたい。

参考文献

- 1) 永島ほか：LNG 地下式貯槽への NAPP 工法の適用に関する定着性能確認実験，土木学会第 63 回年次学術講演会，pp.1195-1196
- 2) 永島ほか：LNG 地下式貯槽への NAPP 工法の適用に関する低温性能確認実験，土木学会第 63 回年次学術講演会，pp.1197-1198

a) 揚水圧作用時



b) 温度荷重作用時

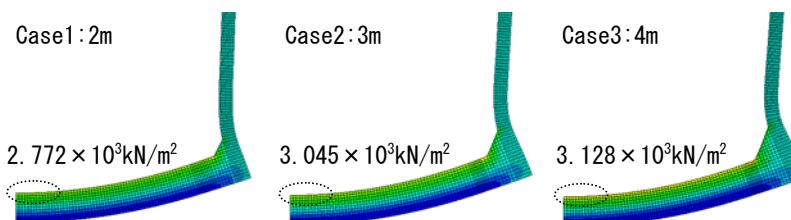


図-3 剛結部構造解析結果

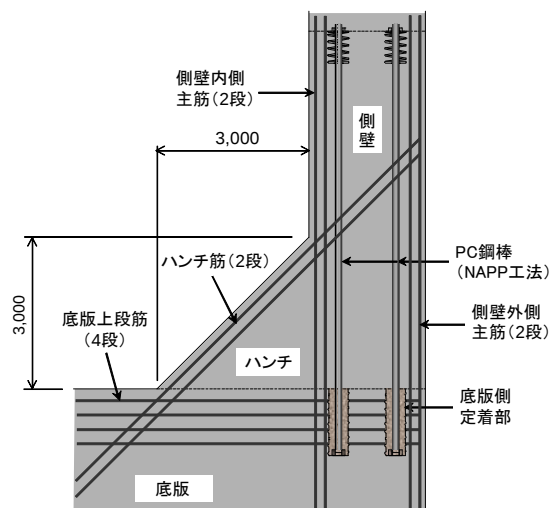


図-4 剛結部の構造概要