

VI-42

大型LNG地下式貯槽における地中連続壁の合理化設計

東京ガス生産技術部 正会員 岩崎 淳
 大林組土木技術本部 正会員 山下 博文
 " 正会員 仙名 宏

1. まえがき

近年、LNG地下式貯槽の規模は大型化が進み最大容量 20 万 kl のものが建設されている（図-1）。地下式貯槽の建設では、円筒土留めとして地中連続壁（以下、連壁と称す）を構築し、内部掘削完了後、順巻き工法で躯体を構築する方法がある。横浜市に位置する扇島工場で建設中の地下式貯槽では、コストダウンの観点から設計荷重の見直しと連壁継手部を考慮した構造検討により、従来の連壁厚に対して 10% の薄型化を図った。本書はその報告である。

2. 設計荷重の見直し

今回の連壁の設計では、円筒シェルにモデル化した壁体に軸対称の土圧および水圧と非軸対称の偏土圧および地震時荷重を作用させ、壁体に発生する断面力を照査した。図-2 に扇島における同種地盤、同規模の施工事例における土圧の計測結果を示す。従来、この種の構造物の設計土圧には、静止土圧係数（ $K_0=0.5$ ）を用いてきたが、実測値によれば壁体に作用している土圧は、静止土圧より小さく、低減できると判断された。ここで静止土圧係数の見直しを行ない、砂質土は $K_0=1-\sin\phi$ （ヤークーの式： ϕ =内部摩擦角）で、上限値 0.5 とし、粘性土は従来通り $K_0=0.5$ とした（図-3）。

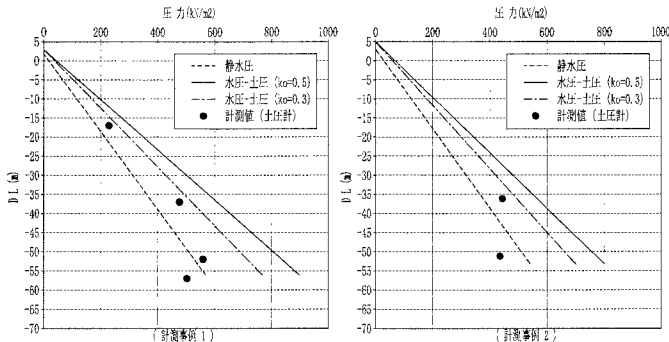


図-2 設計土水圧と計測

3. 設計上の課題とその検討

円筒土留めは土水圧による円周方向軸圧縮力 $N\theta$ 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。連壁では、一般的にパネル間の鉛直ジョイント部が構造上重要なポイントとなる。

キーワード：地下タンク、円筒土留め、カッティングジョイント、構造安定

〒230-0055 神奈川県横浜市鶴見区扇島 4-1 TEL 044-392-7182 FAX 044-287-2180

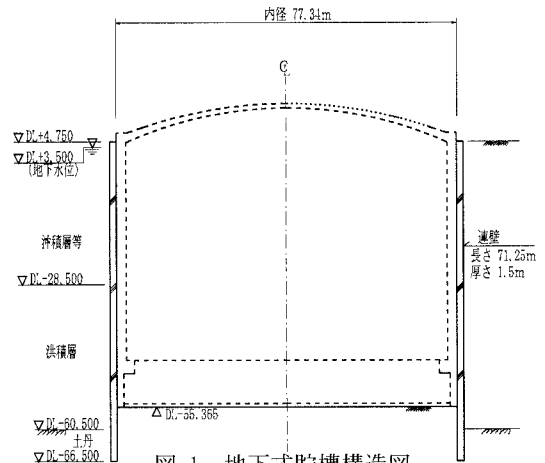


図-1 地下式貯槽構造図

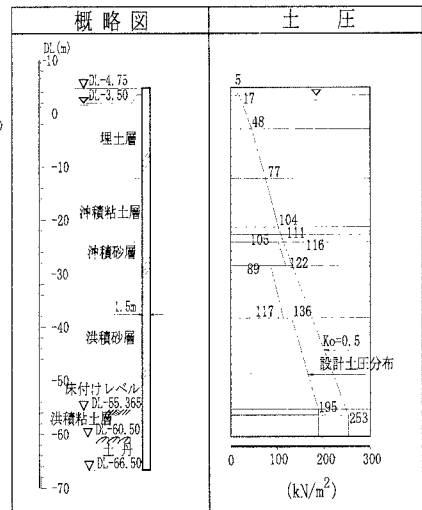


図-3 設計土圧分布

そこで、連壁厚の薄型化による影響および、今回は、カッティングジョイント工法を採用していることから、カッティングジョイントの影響を確認するために、以下の検討を行った。

（１）継手部の面内せん断力に対する安全性

カッティングジョイントでは、円周方向に鉄筋がつながれていないため、継手部の曲げ剛性をゼロとした場合と、連続体として継手部の曲げ剛性を 100% 考慮する 2 ケースについて解析を行った。地震時に発生する面内せん断力分布と日本建築センター評定のカッティングジョイント部せん断耐力算定式で算出された許容せん断力の結果を図-4 に示す。

解析の結果、継手部の曲げ剛性の影響を考慮した場合についても、薄肉シェル構造で注意すべき面内せん断力に対する安全性が確認された。

（２）パネル間のズレが連壁に与える影響

施工誤差による継手部パネル間ズレが連壁に与える影響を、材料非線形解析により求めた。ズレ量 $\delta = 7\text{cm}, 15\text{cm}$ の解析結果を図-5 に示す。 $\delta = 7\text{cm}$ の場合、設計値の 1.5 倍の軸力、 $\delta = 15\text{cm}$ の場合、設計軸力相当でかぶり部分にクラックが発生することがわかった。これより、 $\delta = 7\text{cm}$ 以下であれば、施工時の設計上の安全率を確保できると判断し、許容施工誤差を $\delta = 7\text{cm}$ 以下、すなわち連壁深さ 71.25m に対し鉛直精度 1/1000 以下を設計上の要求値とした。

（３）座屈に対する検討

座屈に対する検討においては、連壁を三次元シェル、地盤をバネにモデル化した 3 次元弾性解析を用いて線形固有値を算定する方法を採用した。この解析では、継手部が存在しないものとした連続体モデルと継手部を考慮したモデルの 2 ケースについて行った。

継手部のモデル化は、実施工で想定されるパネル間のジョイント面のズレなどを考慮し、各パネルの両端 1/6 部分の要素の剛性を 50% に低下させることにより評価した。検討結果を表-1 に示す。いずれのケースにおいても、IASS 鉄筋コンクリートシェルの座屈指針（案）で示される所要の安全率 2.5~3.0 を満足していることを確認した。

４．まとめ

本地下式貯槽の連壁において、設計荷重の見直しと継手部の影響を考慮した構造検討を行う事により、連壁厚の薄型化が可能になった。ただし、設計上想定した地盤物性等には、不確定要素があることは否めないため、施工時計測には細心の注意を払い、現在内部掘削を施工中である。

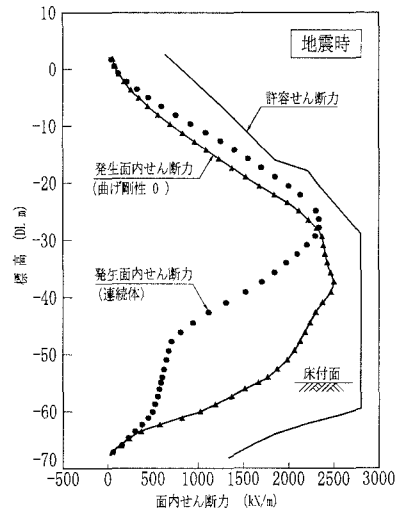


図-4 せん断力の分布図

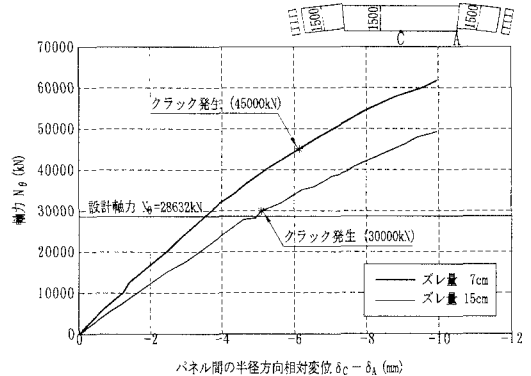


図-5 荷重～変位図

表-1 座屈解析結果

ケース	連続体（地震時）	継手部考慮（地震時）
地盤・バネ	床付寸以深・以浅（45°～135°、225°～315°）	床付寸以深・以浅（45°～135°、225°～315°）
安全係数	自重	自重
対象荷重	・水圧 ・施工時土圧 ・地震時土圧 ・躯体慣性力	・水圧 ・施工時土圧 ・地震時土圧 ・躯体慣性力
変換モード		
線形固有値	11.9	9.5
安全率	固有値 $\times \kappa \times \beta \times \xi = 3.94$	固有値 $\times \kappa \times \beta \times \xi = 3.14$