

大成建設土木設計第二部 正会員 今村 厚
 大成建設土木設計第二部 正会員 梅本 正樹
 大成建設土木設計第二部 大澤 和也

1.はじめに

従来の地下タンクの設計は、個々の荷重による断面力を個別の境界条件下で算定し、起こり得る荷重の組み合わせにより断面力を決定する方法を用いている。この設計法では、底版及び側壁を個別にモデル化し、アンカーばね及びピローラー支承によりそれらの相互作用を表現してきた。また、温度荷重、地震時荷重作用下でも弾性解析を行なってきた。その為、将来的には①施工ステップ②RC及び地盤の非線形特性③底版、側壁及び連壁の相互作用を設計に取り入れ実挙動をシミュレート出来る解析が必要であると考えられる。このような背景を踏まえ、本報告では境界条件に非線形特性を持たせ底版及び側壁を同時にモデル化した構造に組合せ荷重の同時載荷（以下、「荷重同時載荷タイプ」と呼ぶ）を行い、より実現象に近い貯槽の挙動を把握することとした。

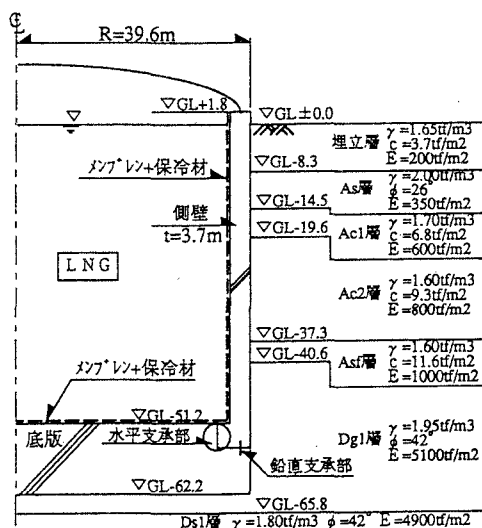


図-1 土層条件及び貯層概要

2.土層条件及び貯層概要

図-1 にモデル貯槽の概略図とモデル土層の条件を示した。上部に約40m厚の埋立層及び沖積軟弱層を持つ比較的軟質な洪積層内に大容量の剛底版形式の地

下式貯層の床付けを行なうものとした。

3.解析モデル

図-2 に解析モデルを示す。支承条件には表-1 に示す非線形特性を持たせる。なお、温度荷重有りの荷重組合せでは、側壁・底版の剛性を一律全断面有効の1/2とした。

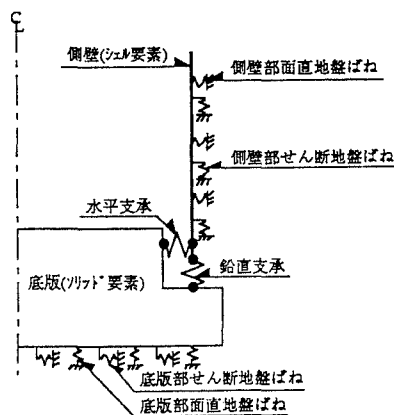


図-2 解析モデル

表-1 境界条件の非線形特性

境界条件	パネ値の設定	非線形特性 (パネの境界値) の設定
側壁 (連壁) 部 面直地盤パネ	道路橋示方書 下部構造編	受動側: (受動土圧・静止土圧) 主動側: (静止土圧・主動土圧)
側壁 (連壁) 部 せん断地盤パネ	面直地盤パネ の1/3	粘性土: 粘着力C 砂質土: (面直反力) $\times \tan \phi$, ϕ は内部摩擦角
底版部 面直地盤パネ	道路橋示方書 下部構造編	受動側: (許容支持力・底版第一リフト自重) 主動側: (底版第一リフト自重)
底版部 せん断地盤パネ	面直地盤パネ の1/3	粘性土: 粘着力C 砂質土: (面直反力) $\times \tan \phi$, ϕ は内部摩擦角
水平支承	-	引張側: 境界値0 圧縮側: 境界値無し (圧縮側は弾性=ゴムパネ)
鉛直支承	-	引張側: 境界値無し (引張側は弾性=アンカーパネ) 圧縮側: 境界値無限定 (底版と一体挙動)

4.荷重条件

荷重条件を表-2 に示す。一斉載荷の荷重は、鉛直方向の鉄筋仕様を決定と思われる満液時の荷重を選定した。また、底版荷重は、側壁鉛直方向鉄筋量を過小評価しないこと及び側壁-底版鉛直方向支承が離れる動きを生じやすいように低水位運転（底版下に揚圧力を作用させない運転）時を設定した。

表一 荷重組合せケース

		常時		地震時	
		温度無 case-1	温度有 case-2	温度無 case-3	温度有 case-4
側壁	自重	●	●	●	●
	常時土圧	●	●	●	●
	常時偏土圧	●	●	●	●
	水圧	●	●	●	●
	液圧	●	●	●	●
壁	ガス圧	●	●	●	●
	温度荷重		●	●	●
	躯体慣性力			●	●
	動液圧			●	●
	地震時土圧増分			●	●
底版	液圧	●	●	●	●
	ガス圧	●	●	●	●
	温度荷重		●	●	●
	躯体慣性力			●	●
	動液圧			●	●
	許容応力度の増強係数	1.00	1.15	1.50	1.65

5. 解析結果

側壁と底版境界部の変形状況を図-3 に示す。図-3 には比較ケースとして、従来の側壁設計手法（個々の荷重による断面力を個別の境界条件下で算定し、荷重組合せによって断面力を組合せる方法。底版のモデル化無し。）で、鉛直支承をアンカーばね+ピンローラーにモデル化した場合（以下、「アンカーばねタイプ」と呼ぶ）と全周ピンローラーにモデル化した場合（以下、「ピンローラータイプ」と呼ぶ）を付記している（図-4 参照）。

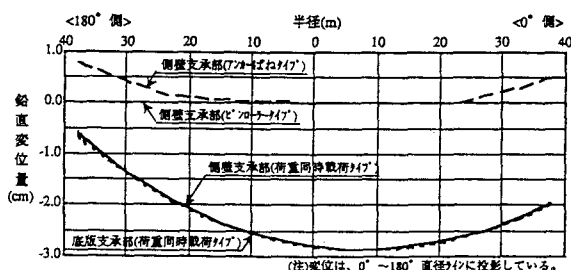


図-3 側壁-底版境界部鉛直方向変位

図-3 より、以下のことが考えられる。

- (1) 荷重同時載荷タイプでは底版及び側壁が最大3cm 程度沈下するのに対して他のタイプでは側壁下端の沈下はなく、底版を直接モデル化した影響が他のタイプとの違いとなって現れている。
- (2) ピンローラータイプはアンカーばねタイプに比べて側壁支承部が下方に引っ張られており、大きな鉛直方向軸引張力が発生していると考えられる。
- (3) 荷重同時載荷タイプでは側壁と底版がほぼ全周に渡って接触しており、鉛直方向軸引張力は発生していないと考えられる。

また、側壁鉛直方向必要鉄筋量を図-5 に示すが、ピ

ンローラータイプ及びアンカーばねタイプは荷重同時載荷タイプに比べて必要鉄筋量が多くなり、不合理となっている。以上のことは、軟弱地盤における大型地下式貯層の側壁の設計では、底版の挙動を考慮した設計が必要となる可能性を示唆している。

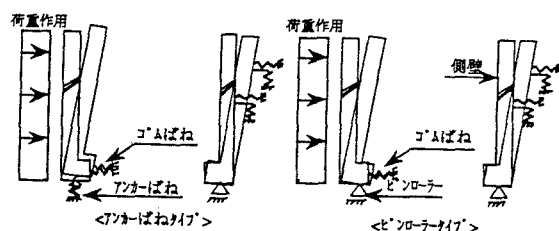


図-4 従来の側壁設計モデル化

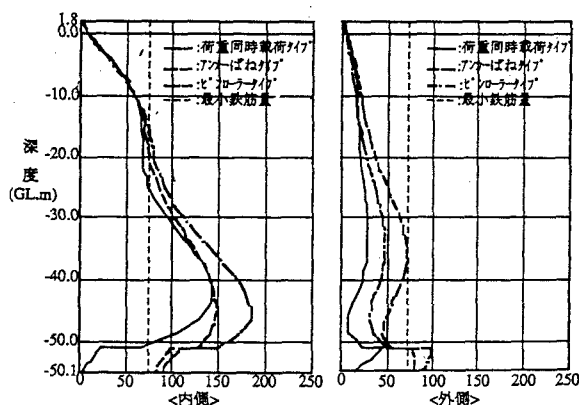


図-5 軸方向必要鉄筋量

6. 今後の課題

今回の研究により、側壁の設計では底版の直接モデル化を行なうことにより、合理的な設計を行なえる事が分かった。このことから、今後底版の設計についても側壁との相互作用により合理的な設計を行なえるのか検証していく必要が有ると考える。

また、荷重の同時載荷及び底版の直接のモデル化が合理的な設計の為に必要なことを踏まえ、地盤などの境界条件の非線形特性に加え、躯体の非線形特性やクリープの影響なども考慮していくこと、更には連壁のモデル化も行い、構造系の変化と荷重の変化を追った解析（施工段階解析）を行なうことが今後の課題である。

参考文献

- 1) LNG 地下式貯層指針（資源エネルギー庁，昭和56 年12 月）