

Ⅵ-1

軟弱地盤における大型地下式貯槽の挙動

—底版を直接モデル化した荷重同時載荷方法による検討—

大成建設土木設計第二部 正会員 三坂 浩昭
 大成建設土木設計第二部 正会員 池内 義彦
 大成建設土木設計第二部 高倉 克彦
 大成建設土木設計第二部 高木 宏彰

1. はじめに

従来の強度版式底版(地下水による揚圧力に強度上抵抗することができる底版のことをいい、以下「剛底版形式」と呼ぶ)を有するLNG地下式貯槽の側壁設計方法では、底版の曲げ剛性及び底版下地盤のばね効果が非常に大きいと仮定して底版を不動と条件設定した上で、側壁の断面力を算定することが多い。これは、従来の貯槽が比較的硬質な地盤に設置されていたためと考えられるが、今後は軟弱地盤での貯槽建設が十分予想される。この場合、底版下地盤のばね効果の低下、さらに近年の貯槽大型化による底版の曲げ剛性の相対的な低下によって、底版を不動と仮定していた従来の側壁設計方法の妥当性が問題となると考えられる。そこで本報告では、非線形特性を持たせた境界条件を設定して、底版を直接モデル化した貯槽モデルに組合せ荷重を同時載荷(以下、「荷重同時載荷タイプ」と呼ぶ)することによって、現実に近い貯槽の挙動を把握することとした。以下にその概要を示す。

2. 土層条件及び貯槽概要

図-1に土層条件及び貯槽概略図を示す。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槽の床付けを行うこととした。

3. 解析モデル

図-2に解析モデルを示す。地盤ばね及び側壁・底版間の支承条件には、表-1に示す非線形特性を持たせた。なお、温度荷重有の荷重組合せでは、側壁・底版の剛性を一律全断面有効の1/2とした¹⁾。

4. 荷重条件

表-2に荷重組合せを示す。従来の側壁設計方法で鉛直方向鉄

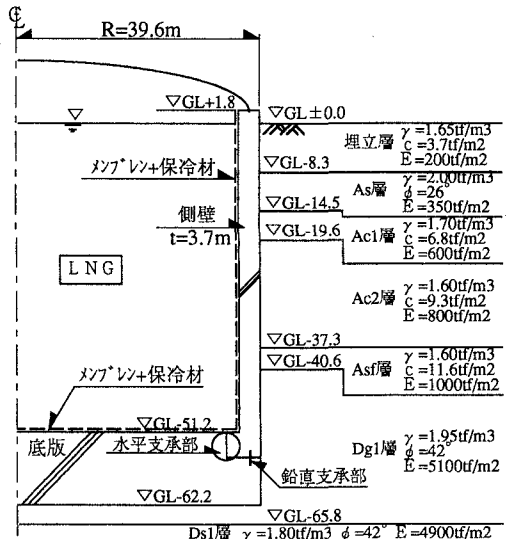


図-1 土層条件及び貯槽概要

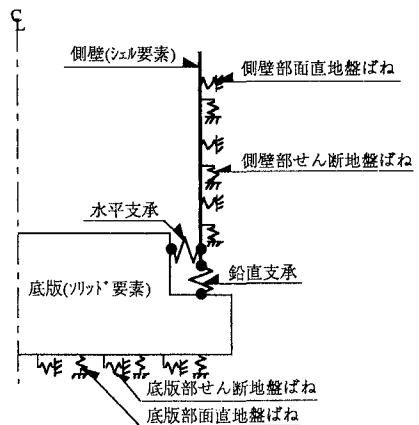


図-2 解析モデル

表-1 境界条件の非線形特性

境界条件	ばね値の設定方法	非線形特性(境界値)の設定方法
側壁部面直地盤ばね	道路橋示方書下部構造編	受働側: (受働土圧-静止土圧) 主働側: (静止土圧-主働土圧)
側壁部せん断地盤ばね	面直地盤ばねの1/3	粘性土: 粘着力C 砂質土: (面直反力)×tanφ, φは内部摩擦角
底版部面直地盤ばね	道路橋示方書下部構造編	受働側: (許容支持力-底版自重) 主働側: (底版自重)
底版部せん断地盤ばね	面直地盤ばねの1/3	粘性土: 粘着力C 砂質土: (面直反力)×tanφ, φは内部摩擦角
水平支承	引張側: ゼロ 圧縮側: 既往実績	引張側: 境界値ゼロ 圧縮側: 境界値無し(コムばね)
鉛直支承	引張側: 既往実績 圧縮側: 無限大	引張側: 境界値無し(アークばね) 圧縮側: 境界値無限大(支承鋼板)

筋仕様に影響を及ぼす満液時の荷重組合せを採用した。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。

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槽の側壁の設計では、底版の挙動を考慮した設計が必要となる可能性を示している。

6. 今後の課題

軟弱地盤における大型地下式貯槽の側壁の設計では、今回の荷重同時載荷手法等と比較することによって、底版のモデル化の方法を検討することが重要と考える。また、側壁の設計時に底版のモデル化が必要であることは、逆に底版の設計に側壁のモデル化が必要であることを示唆していると考えられる。以上の課題に対しては、今後検討を行う予定である。

参考文献

- 1) LNG地下式貯槽指針(資源エネルギー庁, 昭和56年12月)

表-2 荷重組合せケース

		常時		地震時	
		温度無	温度有	温度無	温度有
側壁	自重	●	●	●	●
	常時土圧	●	●	●	●
	常時偏土圧	●	●	●	●
	水圧	●	●	●	●
	液圧	●	●	●	●
	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			●	●
版	動液圧			●	●
	許容応力度の割増係数	1.00	1.15	1.50	1.65

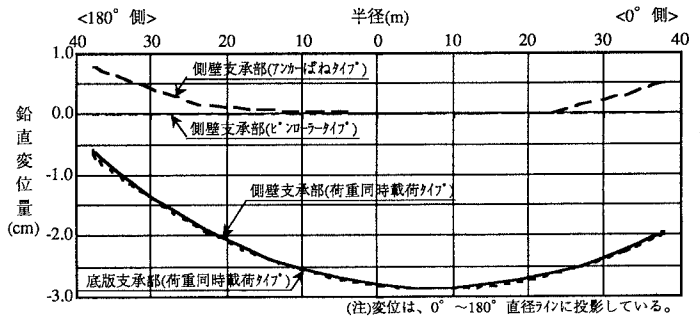


図-3 側壁-底版境界部鉛直方向変位(case-3)

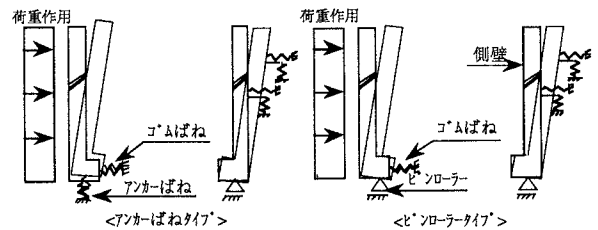


図-4 従来の側壁設計モデル化

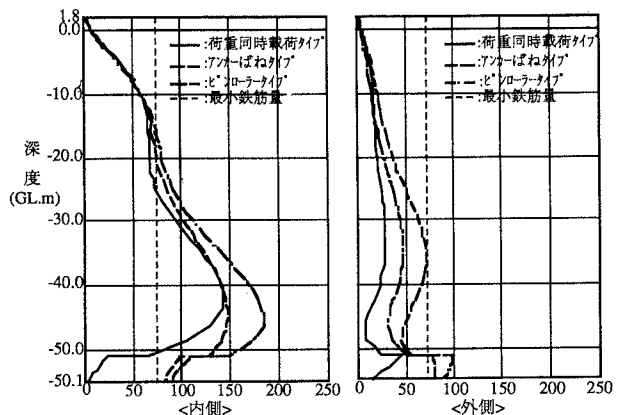


図-5 鉛直方向必要鉄筋量(cm²/m)