

VI-43

LNG 地下式貯槽の強度版式底版の合理的設計手法に関する一考察

—施工手順を考慮した解析による下側鉄筋の決定方法について—

○大成建設土木設計第二部 正会員 高木 宏彰*

大成建設土木設計第二部 正会員 守屋 雅之*

大成建設土木設計第二部 正会員 今村 厚*

1. はじめに

強度版式底版（地下水による揚圧力に強度上抵抗できる底版のことをさし、以下「剛底版形式」と呼ぶ）を有する LNG 地下式貯槽（以下「地下タンク」と呼ぶ）においては、側壁と底版を PC 鋼棒等を用いて連結したピン結合形式が採用されることが多い。このような形式の地下タンクでは、通常側壁及び底版を別々にモデル化し、それぞれに作用する荷重を考慮した設計がなされている。

従来の底版の設計では、底版をソリッド要素でモデル化し、内容液の空満、揚圧力の有無、あるいは温度荷重の有無といった状態を想定し、荷重ケースを設定している。底版下の地盤は Tension Cut のバネ要素でモデル化し、側壁との結合部は、底版が上向きに変形する荷重ケースにおいてはピンローラー支点、下向きに変形する荷重ケースにおいては、PC 鋼棒をバネ要素でモデル化している（以下「アンカーバネ」と呼ぶ）。底版の下側鉄筋の設計には、内圧が作用し揚圧力の作用しないケースを考慮して、図 1 のように地盤バネとアンカーバネをモデル化して解析を行っている。この時、アンカーバネには引張力が作用するが、実際には側壁・屋根の自重により初期に圧縮力が作用しているために、この引張力は過大に評価されていることになる。ここでは、施工手順を考慮した解析を行うことで、アンカーバネに初期に作用する圧縮力を評価し、合理的に底版の下側鉄筋を決定する方法を提案した。

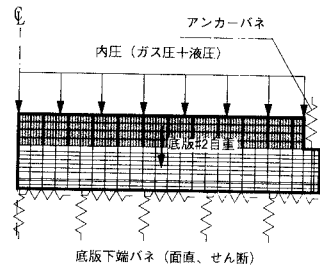


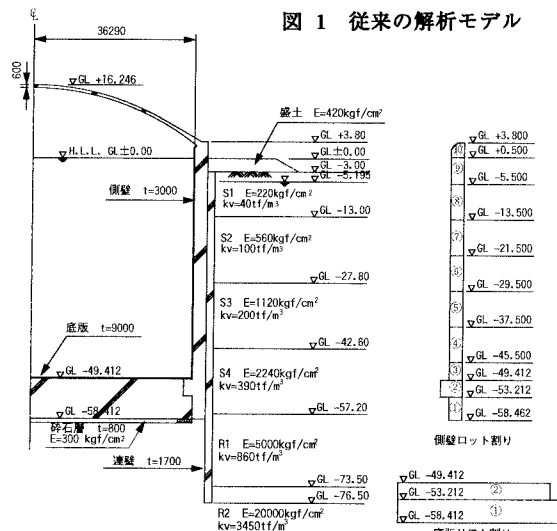
図 1 従来の解析モデル

2. 貯槽及び土質概要

本検討においてモデルとした貯槽及び底版下地盤の土質定数の概要を図 2 に示す。底版下の地盤は、岩であり、深度が増すにつれて硬くなっている。施工手順は、図 2 に示す底版#1→側壁#1→側壁#2,3→底版#2→側壁#4～屋根の順に行うものとする。側壁と連壁は側壁#4 以上のレベルで、せん断キーで結ばれているものとし、側壁#4 以降の自重を連壁に一部作用させる。

3. 解析モデル及び解析ステップ

解析モデルを図 3 に示す。軸対称ソリッド要素を用いて躯体をモデル化し、側壁－連壁間及び側壁－底版間にはそれぞれ接触要素を用いている。連壁の外側に



注) kvは連壁外側の鉛直方向せん断係数

図 2 貯槽及び土質概要

キーワード：地下タンク、強度版式底版

* 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1（新宿センタービル） TEL.03-5381-5417 FAX.03-3342-2084

は鉛直方向のせん断バネをモデル化し、底版下には、鉛直方向及びせん断方向のバネ要素をモデル化する。また、側壁下端及び連壁下端にも鉛直方向のバネ要素を用いている。また、側壁及び底版間の支承位置には、アンカーバネをモデル化している。

解析は図 3 に示す構造系及び荷重の変化を考慮した 3STEP で行う。

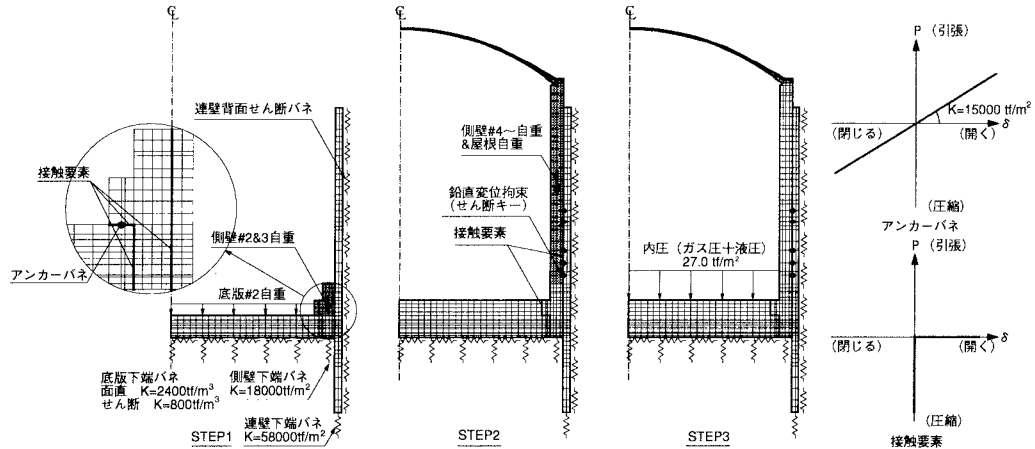


図 3 解析モデル及び解析ステップ

4. 解析結果

図 4 に step2 及び step3 の変形図を、また表 1 に底版中央部での発生曲げモーメント及びアンカーバネ反力の従来の設計方法による場合との比較を示す。

図 4 より step2 では、内圧載荷前には屋根・側壁の自重により上側引張のモードとなっていること、また step3 において内圧により側壁と底版は開いてアンカーバネに引張力が作用していることが分かる。

また、表 1 より今回対象とした貯槽では、底版中央部で本検討の手法を用いることにより、従来の設計手法と比べて下側鉄筋の必要鉄筋量で約 60%、アンカーバネ反力で約 45%となることが分かる。これは、従来設計では、step2 で発生している、側壁等の自重により発生する上側引張の曲げモーメントを無視しているためである。この上側引張の曲げモーメントは底版下端、側壁下端、連壁の背面側及び連壁下端の地盤バネ値のバランスで変わってくるものである。

5. まとめ

- ・ 施工手順を考慮して構造系及び荷重を変化させた解析を行い、従来の設計手法との比較を行った。その結果、屋根・側壁等の自重を剛底版の設計に考慮することで、特に下側鉄筋量とアンカー反力を合理的に評価できることが分かった。
- ・ 今回のケースでは、内圧により側壁と底版が開きアンカーバネに引張力が作用した。これにより、地下タンクの側壁の設計において、下端の拘束条件を設定する際に、ケースによってはアンカーバネを評価する必要があることが分かった。

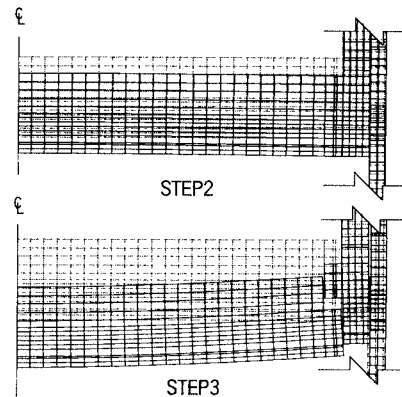


図 4 底版変形図

表 1 曲げモーメント及びアンカーバネ反力

	底版中央部曲げモーメント (tf・m/m)	step3 アンカーバネ反力 (tf/m)
従来の設計法	2,200 (150)	150.0
施工手順を考慮した設計法	1,300 (90)	65.0

注)：() 内は必要鉄筋量 (cm²/m)