

地下式貯槽底版の水圧試験時の変位挙動

株式会社大林組 正会員 斎藤 隆*1
 株式会社大林組 正会員 山下 博文*1
 株式会社大林組 ASCE 会員 嶋田 洋一*2
 DAEWOO E&C CO.,LTD. CHANG-MIN HAN

1. はじめに

LNG 地下式貯槽の耐水圧強度底版は、下面から揚水圧を受ける大型鉄筋コンクリート製円版である。本文では、図-1 に示す韓国仁川で建設中の 20 万 KL の貯槽について、底版の止水性能および挙動の確認のために実施した水圧試験で得られた変位計測結果と、簡易算定式や解析等により求めた算定値との比較について報告する。

2. 解析の概要

底版は支点間距離約 70m、厚さ 9.0m の円版であり、側壁とはアンカーにより接合し、支承板を介して接している。このため、これまで底版の水圧試験時の変位に対する評価は側壁との接合部をピンでモデル化した算定値（簡易式や FEM 解析を使用：図-2 参照）との比較を行ってきた。ただし、これらの手法では鉛直拘束・回転自由とされている支点部付近において、鉛直変位や止水性能上重要となる目地部の相対変位の比較が出来なかった。本文では、側壁下端部をモデル化し、底版端部で側壁による変形拘束を受ける FEM 解析（図-2 参照）を行い、鉛直変位および目地部相対変位の計測結果と比較した。

なお、この FEM 解析 B では、側壁の目地部の形状・間隔を出来るだけ正確に設定できるような範囲をモデル化し、底版・側壁間に接触要素を用いることで底版・側壁の接触による拘束を表現した。

この FEM 解析 B では、側壁の目地部の形状・間隔を出来るだけ正確に設定できるような範囲をモデル化し、底版・側壁間に接触要素を用いることで底版・側壁の接触による拘束を表現した。

3. 水圧試験および計測結果

水圧試験で底版下面に作用させる揚水圧は、屋根を構築し重量がかかる前に試験を実施するため、浮き上がりに対する安全性から設計水圧の 90% を最大とした。揚水圧は以下のステップを設定し、ステップ毎に底版の鉛直変位及び相対変位を計測した。揚水圧の経時変化図を図-3 に示す。

- ステップ 1 : 0.22 N/mm² (底版自重相当)
- ステップ 2 : 0.35 N/mm² (ステップ 1, 3 の中間値)
- ステップ 3 : 0.49 N/mm² (設計水圧 90% 相当)

鉛直変位および相対変位の計器による測定および原位置での測量は図-2 に示す位置で行った。

キーワード：底版，水圧試験，拘束条件

連絡先 *1 : 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川イターシティ TEL.03-5769-1325

*2 : Dong Chun-Dong Yeon Soo-Ku, Incheon Korea TEL.82-32-819-0162

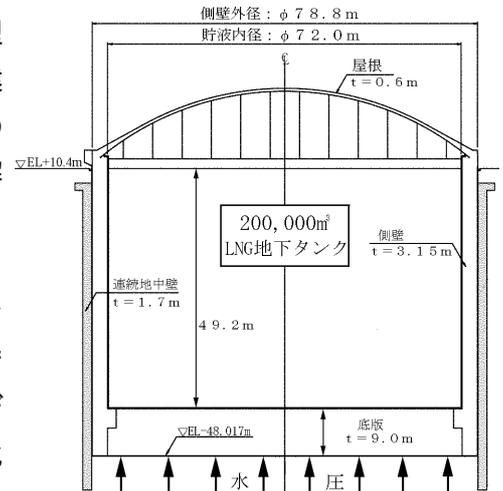


図-1 LNG 地下式貯槽一般構造図

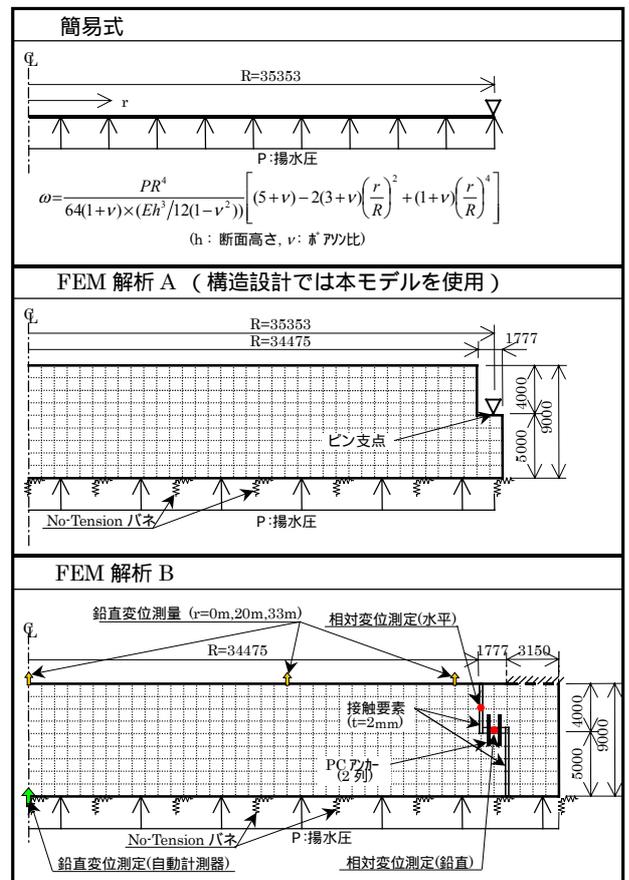


図-2 変位の算定方法及び変位測定位置

4. 計測値と算定値の比較

(1) 鉛直変位

作用水圧と底版中央下に設置した鉛直変位計の計測値の関係を図-4に示す。この図より、底版は変位が生じ始めてからひび割れ荷重までは全断面有効による弾性挙動を示し、その後水圧の増加に伴い剛性が低下し始め、除荷時の残存剛性(0.8EI程度)まで低下することが判る。

底版上面のステップ1からの変位について、測量結果と3手法の算定値を図-5及び表-1(ステップ3のみ)に示す。いずれの手法においてもステップ3では、図-4の低減剛性0.8EIを使用することにより比較的精度良く測量値と整合する。しかし、端部においては、簡易式やFEM解析Aの結果では整合性が劣り、FEM解析Bが最も測量値に近い値となる。

一方、ステップ2の算定値は、図-4の加圧時の測定値及び図-5の測量値とは一致しないが、図-4の除圧時の測定値と同等になる。これは加圧時前半は底版下バネの影響を大きく受けているからと考えられ、加圧時の変位の算定には地盤バネの設定を詳細に行うことが必要となると思われる。

(2) 相対変位

表-2に半径方向・鉛直方向相対変位の計測結果およびFEM解析Bの解析結果の比較を示す。いずれのステップにおいても、両方向相対変位の解析値と計測結果がほぼ一致した。

揚水圧の増加に伴い、側壁による底版端部の拘束の影響が大きくなると予想されるが、FEM解析Bにおいて底版・側壁間に用いた接触要素が、回転変形を適切に拘束したことで実際の挙動を再現できたものとする。

5. まとめ

- 1) 直径70m, 厚さ9mの底版の揚水圧載荷時においても、円版構造物としての一般的な挙動を示し、簡易式やFEM解析で変位量を推測できる。ただし、ひび割れの発生による剛性低下の評価は重要となる。
- 2) 底版の鉛直変位量については、側壁下端をモデル化したFEM解析を行った場合、端部の回転変形を考慮することにより中央部から端部までの全体的な変位を精度良く算定出来る。
- 3) 底版の端部の目地部の相対変位については、底版・側壁間を適切にモデル化した場合、別途側壁のFEM解析を行わなくても水圧試験時の指標値を簡易的に算出することが可能である。
- 4) 今後の課題として、底版コンクリート打設時に圧縮状態となる底版下面の地盤バネの評価が挙げられる。このバネ値の設定を正しく行うことで、水圧が低い時点からの変位挙動がより精度良く再現出来ると思われる。

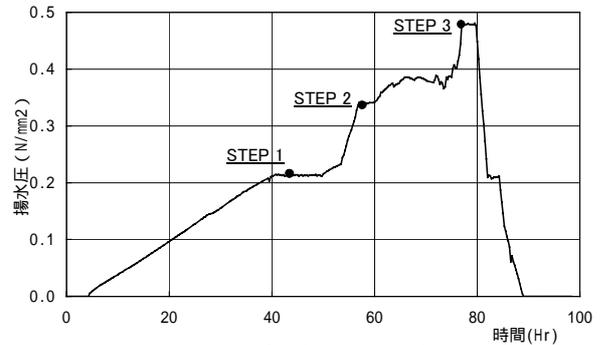


図-3 揚水圧の経時変化

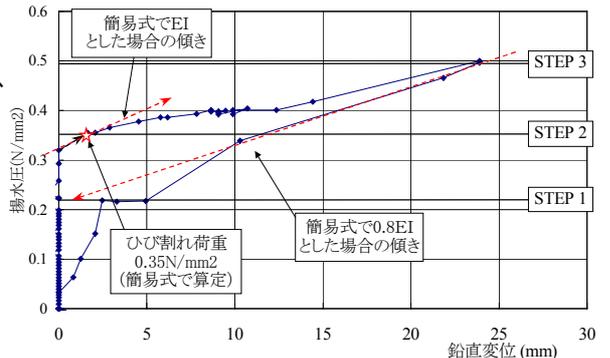


図-4 揚水圧 - 中央下面鉛直変位

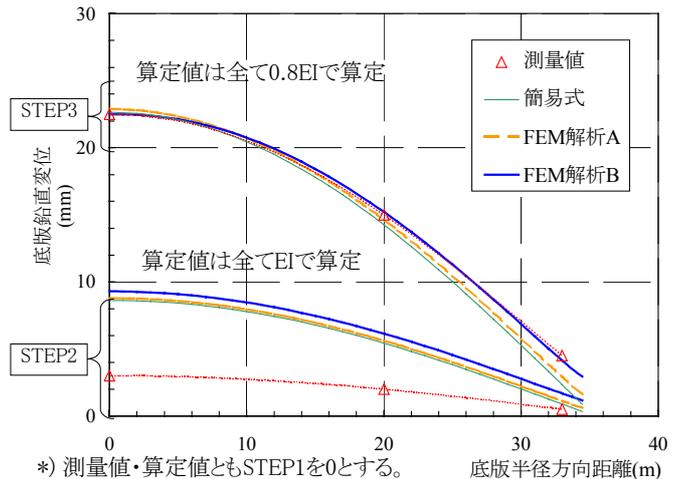


図-5 底版鉛直変位量の比較

表-1 ステップ3での鉛直変位量の比較

	R=0m	R=20m	R=33m
測量結果	22.5	15.0	4.5
簡易式	22.7	14.3	2.3
FEM解析A	22.9	15.1	2.9
FEM解析B	22.5	15.2	4.2

単位: (mm)

表-2 相対変位量の比較

	半径方向		鉛直方向	
	計測結果	FEM解析B	計測結果	FEM解析B
ステップ1	0.00	0.03	0.18	0.02
ステップ2	0.24	0.50	0.30	0.29
ステップ3	0.67	0.58	0.59	0.58

単位: (mm)