

I - B441

大型地下タンクにおける3次元動的解析手法

○大成建設土木設計第二部 正会員 梅本 正樹
 大成建設土木設計計画部 正会員 立石 章
 大成建設土木設計第二部 正会員 津田 勝利
 大成建設名古屋支店 正会員 田口 洋輔

1. はじめに

本研究では、容量20万klの地下タンクを対象とした3次元及び軸対称モデルを用いた地盤-貯槽連成系等価線形解析を行い、周辺地盤の局所的な剛性及び減衰の変化により、従来の線形解析と応答がどの程度異なるかを調べ、また、軸対称等価線形結果と3次元等価線形解析結果を比較することにより、軸対称モデルにより3次元動的挙動をどの程度表現し得るのかを調べる為に行なった。

2. 検討条件

貯槽は、現在検討されている中で最大規模である容量20万klのタンクを想定し、底版は、揚圧力に抵抗し得る強度版タイプとした。なお、山留め壁として用いる地中連続壁は仮設部材とみなし、モデル化しないものとした。表-1に部材諸元を示す。

土質定数は過去の事例の平均的な値を用いた。(表-2)

入力地震動は有名強震地震1波とし、兵庫県南部地震における神戸海洋気象台の観測波を選定した。合成波として基盤面 (GL-50m) で最大入力加速度が300Galとなるように最大加速度振幅を調整した。

3次元解析モデルを図-1に示す。軸対称モデルは3次元モデルの断面図と同様の形状で、側方の境界をエネルギー伝達境界としたものを用いた。また、解析ケースを表-3に示す。

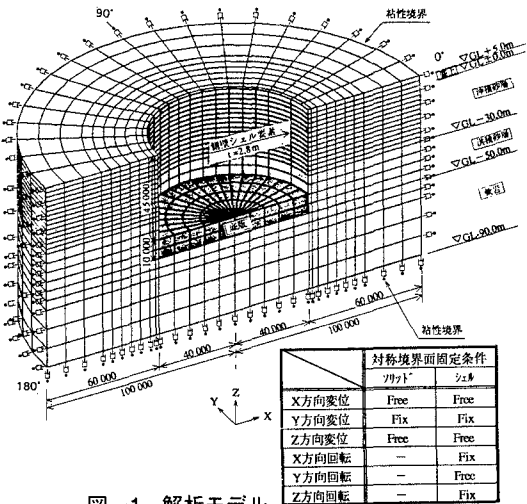


図-1 解析モデル

(注) 側壁と底版の結合はピン結合

表-1 躯体諸元

	設計基準強度 f_{ck} (N/mm^2)	単位体積重量 (kN/m^3)	部材厚さ (m)	ヤング率 E (N/mm^2)	ポアソン比 ν	減衰定数
側壁	30	24.0	2.8	28	0.2	0.05
底版	24	24.0	10.0	25	0.2	0.05

表-3 解析ケース

ケース	次元	地盤特性	備考
CASE-3D-EL-1	3次元	等価線形	
CASE-AX-L-1	軸対称	線形	1次元地盤応答解析より求めた等価剛性を使用
CASE-AX-EL-1	軸対称	等価線形	指標ひずみは最大ひずみの円周方向RMS

(注) 軸対称等価線形解析では、指標ひずみの円周方向代表値として、算術平均、RMS及び0度の値の3種類を考え、3次元解析に最も近いものとしてRMSを選んだ。

表-2 土質定数

深度 GL.m	土層	層番号	単位体積重量 (kN/m^3)	N値 代表値 N	せん断弾性波速度 V_s (m/sec)	せん断弾性係数 G (kN/m^2)	動的ポアソン比	最大減衰定数 h_{max}
0.0	盛土	1	18.0	10	160	47000	0.45	
-5.0		2			160	50000		
-10.0		3			174	59000		
-15.0	沖積砂層	4			185	67000		
-20.0		5	19.0	12	195	74000	0.49	
-25.0		6			203	80000		
-30.0		7			211	86000		
-35.0		8			288	161000		
-40.0	洪積砂層	9			296	170000	0.49	
-45.0		10	19.0	50以上	304	179000		
-50.0		11			311	187000		
-90.0	軟岩	12	19.0	50以上	500	485000	0.49	0.02

3. 検討結果

図-2に示すように3次元等価線形解析では、地表付近からタンク深さの半分にかけては90°側の剛性低下が顕著になる。これは、図-3から判るようにタンクと遠方地盤の位相が異なっているため全周にわたって大きなひずみ ϵ_x が発生し、90°側ではさらにせん断ひずみ γ_{xy} が大きくなっているためである。

逆に、タンク下端では0°及び180°側で剛性が低下する。これは、図-4から判るようにタンク下端位置で

キーワード：地下タンク、動的解析、3次元解析、軸対称解析

〒163-06 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

は水平断面のひずみ (ϵ_x 、 ϵ_y 、 γ_{xy}) は支配的でなく、ロッキングの影響でせん断ひずみ γ_{zx} 及び γ_{yz} が大きくなるためである。

この様に剛性が円周方向に分布する為、側壁の変形はフーリエ1次モードには従わなくなる（図-5参照）。その為、側壁の曲率が大きくなり、図-6に示したように θ 方向曲げモーメントが大きくなる。これは軸対称解析や3次元線形解析では見られない現象である。

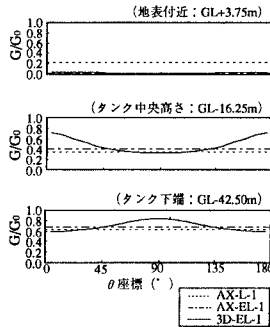
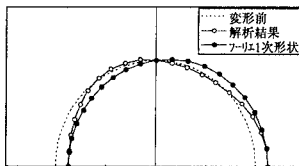


図-2 タンク周辺の G/G_0



(注) 図中のフーリエ1次形状は 0° 及び 90° の変位量より推定

図-5 $M_{\theta \max}$ 発生時刻での側壁形状 (CASE-3D-EL-1: $t=1.98\text{sec}$; GL+3.75m)

4. まとめと今後の課題

本研究では、タンク周辺地盤の局所的な剛性及び減衰の変化を3次元的に考察した。その結果、側壁の円周方向曲げモーメントが軸対称解析結果と大きく異なるという知見を得た。本研究では G/G_0 が0.1程度まで低下していることから、等価線形解析法の適用限界に達していると考えられたため、基盤面最大入力加速度を150Galとして同様の解析を行ったが、同じ様な挙動が得られた。(図-7参照)このような現象が常に起こりうるとすると、従来の軸対称線形解析および軸対称等価線形解析を用いた手法は設計手法として適切であるとはいえない。今後は異なる地盤条件、入力地震動について検討を行い、適切な設計手法の確立を行っていく予定である。

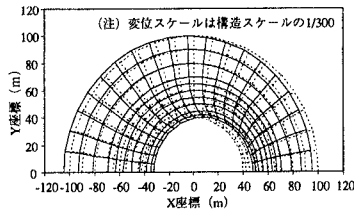


図-3(a) $\gamma_{\max}$ 発生時刻での変形 (CASE-3D-EL-1: GL-16.25m)

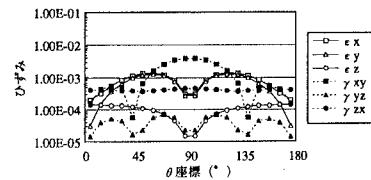


図-3(b) $\gamma_{\max}$ 発生時刻での変形 (CASE-3D-EL-1: GL-16.25m)

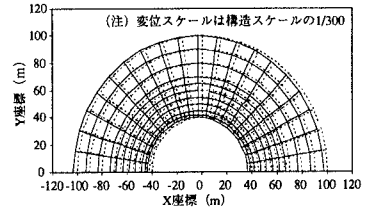


図-4(a) $\gamma_{\max}$ 発生時刻での変形 (CASE-3D-EL-1: GL-42.50m)

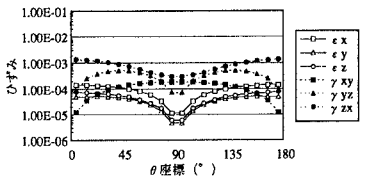


図-4(b) $\gamma_{\max}$ 発生時刻での変形 (CASE-3D-EL-1: GL-42.50m)

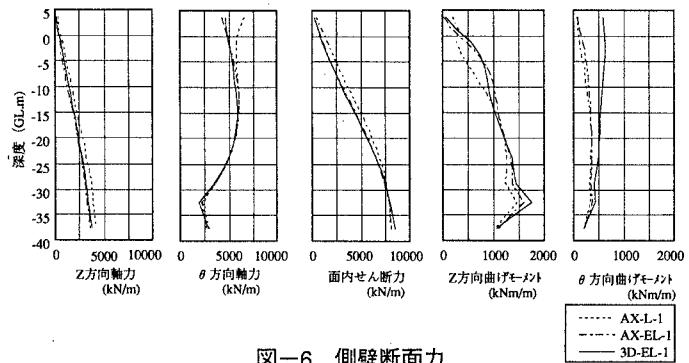


図-6 側壁断面力

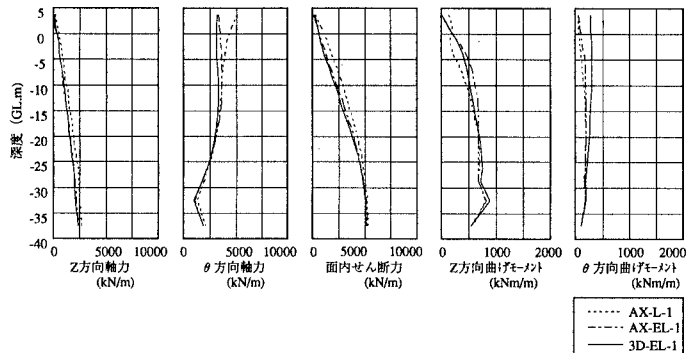


図-7 側壁断面力（最大入力加速度150Gal）