

地盤の液状化が貯油タンクの構造健全性に及ぼす影響
～その2：貯油タンクの応力解析～

篠塚研究所 正会員 ○森山 健一
大成建設 技術センター 正会員 居上 靖弘, 宇野 浩樹 非会員 船原 英樹

1. はじめに その1で述べたように、直接基礎で支持された貯油タンクでは、地震時の支持地盤の変位による、タンク底板の変形・破損およびそれに伴う内容物の漏洩や火災等の2次的被害が懸念される。実際、過去の国内の産業施設の地震被害に、地震時にタンク底板に割れが発生し、危険物が流出した被災例¹⁾がある。その2では、その1で得られたタンク底板の変位を用いて貯油タンク本体の静的な3次元応力解析を実施し、タンクの構造健全性について検討した。

2. 貯油タンクの概要 検討の対象とする貯油タンクは、浮き屋根式タンクで内容物は約20,000kLの重油を想定した。表1に想定した貯油タンクの諸元を示し、表2に貯油タンク材料諸元を示す。

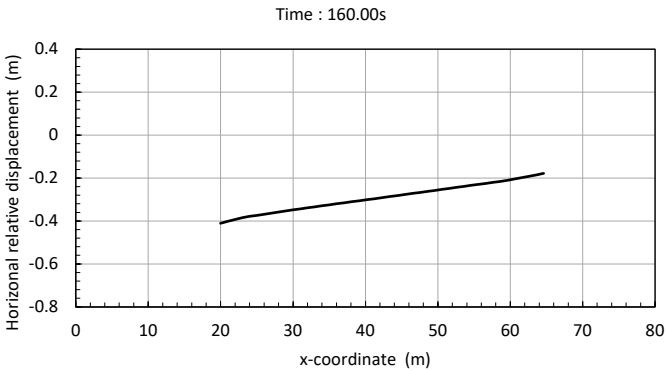
3. 解析モデル 解析に用いたモデルは、対称性を考慮して、貯油タンクの半分をシェル要素を用いてモデル化した3次元モデルである。貯油タンクの側板と底板の接合部分では応力の変化が大きいことが予想されるため、その付近では要素サイズを小さくしている。図1に貯油タンクの側面のモデル化を示す。地盤ばねは「道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編」の地盤反力係数を用いて算定した。荷重は、貯油タンクの自重と内容物による圧力荷重および図2に示すその1²⁾のケース2の時刻160秒のタンク底板変位とする。また、内容物による圧力荷重は、地震による動液圧は考慮せず、貯油タンク底板の変位による液面高さの変化を考慮した液圧のみとする。

表1 貯油タンクの諸元

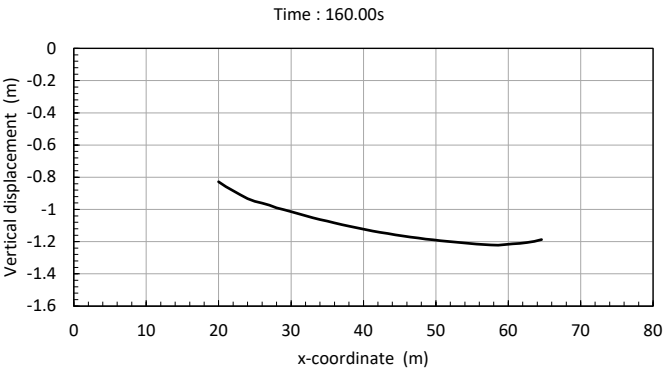
内径 (m)	高さ (m)	液面高さ (m)	底板厚さ (mm)	アニュア板厚さ (mm)	側板厚さ (mm)
44.6	15.12	12.8	12.0	15.0	8.0～25.0

表2 貯油タンク材料諸元

種別	密度 (kN/ m ³)	ヤング率 (kN/ m ²)	降伏点 (N/mm ²)	ポアソン比
SS41 SM41C	77.0	2.0×10 ⁸	16 mmを超え 40mm以下 235 16 mm以下 245	0.3



(a) 水平変位



(b) 鉛直変位

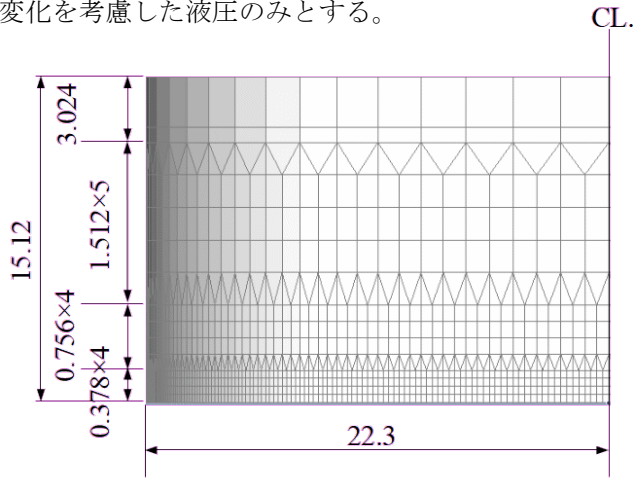


図1 貯油タンク側面のモデル化 (m)

図2 液状化による地盤変位 (m)

キーワード 液状化, 貯油タンク, 不同沈下, 応力解析

連絡先 〒160-0023 東京都新宿区西新宿 4-5-1 幸伸ビル新宿 3F (株) 篠塚研究所 TEL 03-5351-3781

4. 解析結果

4. 1 変形 図3に解析により得られた貯油タンク中心軸上の変形を示す。貯油タンクの底板の変形は、全体的には地盤変位とほぼ同じであり、図の右方向に向かって下がっている。地盤と貯油タンク底板の間で引っ張りが生じていなかった。また、地盤の鉛直変位が凹状になっているため、側板が内側に向かって変形している。側板と底板の接合部では、地盤の変形と液圧により、側板と底板のなす角度が90度より小さくなっている。その角度は左端で約0.4度、右端で約0.7度であり、右端の方が大きくなっていた。図4に貯油タンク底板の鉛直変位を示す。地盤の鉛直変位の大きかった右端の側板と底板の接合部で、鉛直変位がやや大きくなっている。これは、側板の自重と底板が傾いたことにより右端で液圧がより大きくなったためと考えられる。

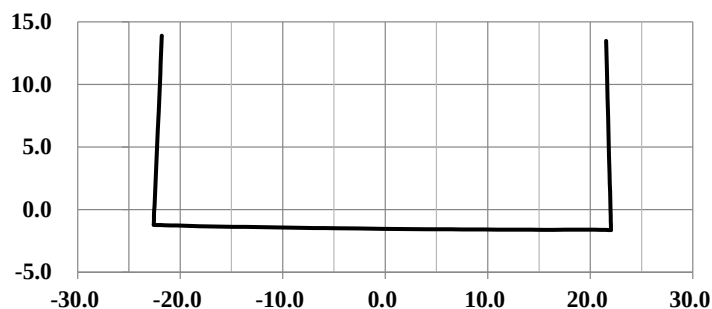


図3 貯油タンク中心軸上の変形(m)

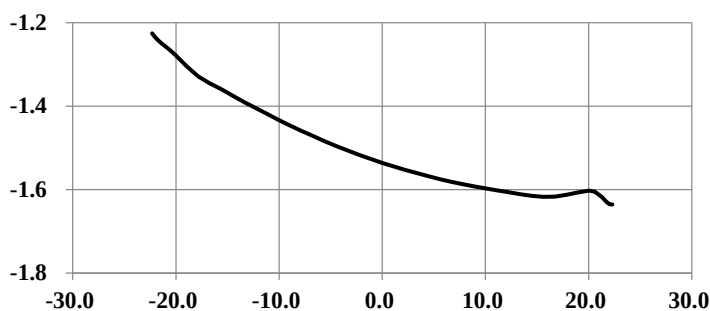


図4 貯油タンク底板の鉛直変位(m)

4. 2 応力およびひずみ 最大縁応力を示す節点は中心点よりやや右端よりの底板と側板の接合部であった。図5に最大縁応力を示す節点を含む線上の、周方向軸回りのモーメント M_r の高さ方向の分布を示す。周方向軸回りのモーメントは、底板と側板の接合部であるタンク端部に近づくにつれて急激に大きくなっており、その値は10 kNm/m程度である。この傾向は貯油タンク底板についても同様であった。図6にタンク端部の最大縁応力を用いて、等価エネルギーにより非線形性を考慮したひずみを示す。縁応力の最大値は 2.821×10^5 (kN/m²) であり、降伏点の 2.45×10^5 (kN/m²) を超えていた。一方、等価エネルギーによる非線形ひずみは 1.425×10^{-3} (0.1425%) であり終局伸びひずみ17%を大きく下回っている。

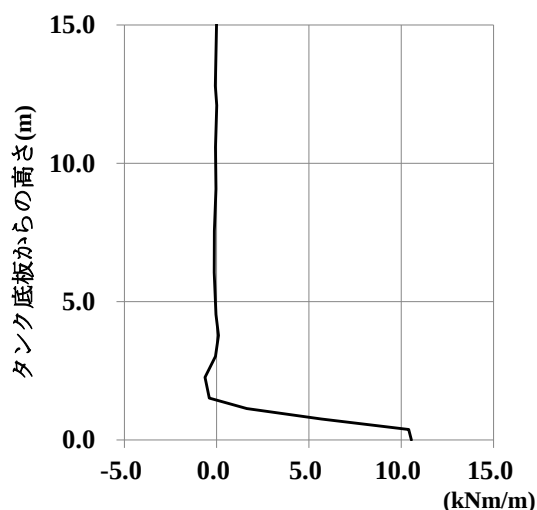


図5 貯油タンク端部の周方向軸回りモーメント M_r

5. まとめ 液状化に伴う地盤の変位を考慮した貯油タンクの応力解析を行った結果、以下のようなことが分かった。

- ①貯油タンクの応力は側板と底板の接合部付近が大きく、周方向軸回りのモーメントが支配的であった。
- ②最大縁応力は降伏点を超えていたが、等価エネルギーによる最大縁応力に対する非線形ひずみは終局伸びひずみを大きく下回っていた。

これらのことより、今回の検討に用いた条件では、貯油タンクの損傷の可能性は低いことが分かった。

参考文献

- 1) 大津康祐：国内の産業施設における地震被害, 安全工学, Vol. 21 No.6, pp.427-438, 1982.
- 2) 地盤の液状化が貯油タンクの構造健全性に及ぼす影響～その1～, 土木学会第75回年次学術講演会, 2020 (投稿中) .

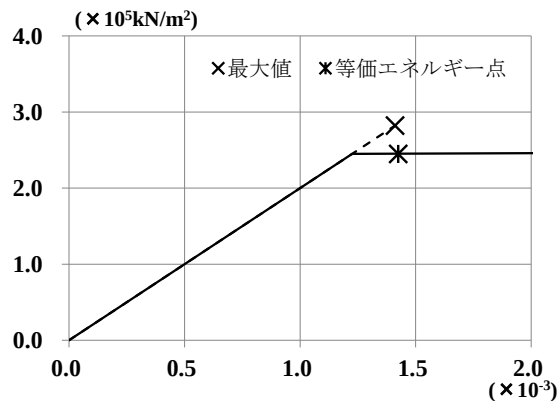


図6 等価エネルギーによる非線形ひずみ