

LNG地下タンク周辺盛土の地震時沈下予測解析

鹿島建設	正会員	深田 敦宏
東京ガス	正会員	中野 正文
東京ガス	正会員	川村 佳則
大林組	正会員	松田 隆

1. 目的

既存のLNG地下タンク周辺盛土の地震時変形パターンとしては、大規模なすべりは生じず、有害な沈下も生じないことが示された¹⁾。ただし、今後の立地の拡大に伴い地盤条件や構造条件が既存の範囲を超えた場合において、盛土の耐震安定性の一つとして沈下変形を予測する必要がある。このとき、有効応力解析ではなく、簡易的に等価線形化法や線形解析を適用させる場合、適切な残留沈下予測方法が必要になる。本研究では、液状化予測手法を基本とした沈下予測手法を提案し、その予測結果を有効応力解析の推定結果と比較している。

2. 解析方法

図1に解析評価フローを示す。基本原理は、地盤沈下はせん断ひずみ振幅に依存する体積変化によって生じる、とした石原らの理論²⁾に基づいている。盛土構造は図3に示すように二次元でモデル化し、FEM静的自重解析によって残留変形を算定するものである(図1)。具体的には地震時等価剛性 E_E ()を用いた変形解析結果()と、初期剛性を用いた変形解析結果()との差分で評価している。地震時等価剛性は、全応力一次元応答解析によって液状化抵抗率FLを求め(~)、図2に示すFL ~ 体積ひずみ v_v 関係から v_v を評価する()。このとき、不飽和部分についてもせん断応力比が算定できることから、便宜上液状化抵抗率を求め図2の下段の図に従い体積ひずみを算定する。これらの関係は、地盤の相対密度に依存し、同様の相対密度の場合、飽和地盤の方が大きな体積ひずみが生じる実験事実に基づいて設定している。ただし、不飽和土のFL ~ v_v 関係は、詳細な検討が必要である。

E_E は、次式で算定する。ここで、 ν はポアソン比であり、 σ_v は初期応力解析で求める。

$$E_E = \frac{1}{3(1-2\nu)} \cdot \frac{\sigma_v}{\epsilon_v} \quad \dots\dots (1)$$

3. 観測対象と観測地震動

図1に解析モデルを示す。ここでは、地震時等価剛性を算定する断面として、自由地盤A、改良地盤部B、盛土部Cを設定し

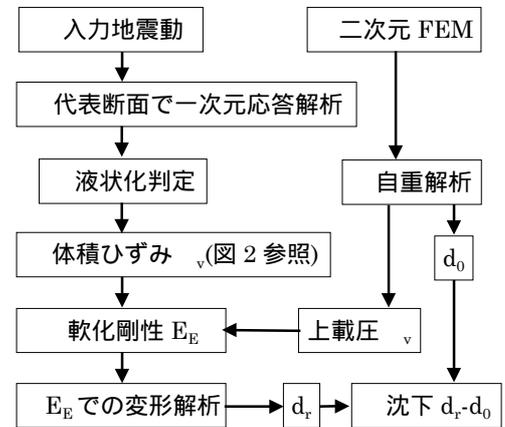


図1 解析検討フロー

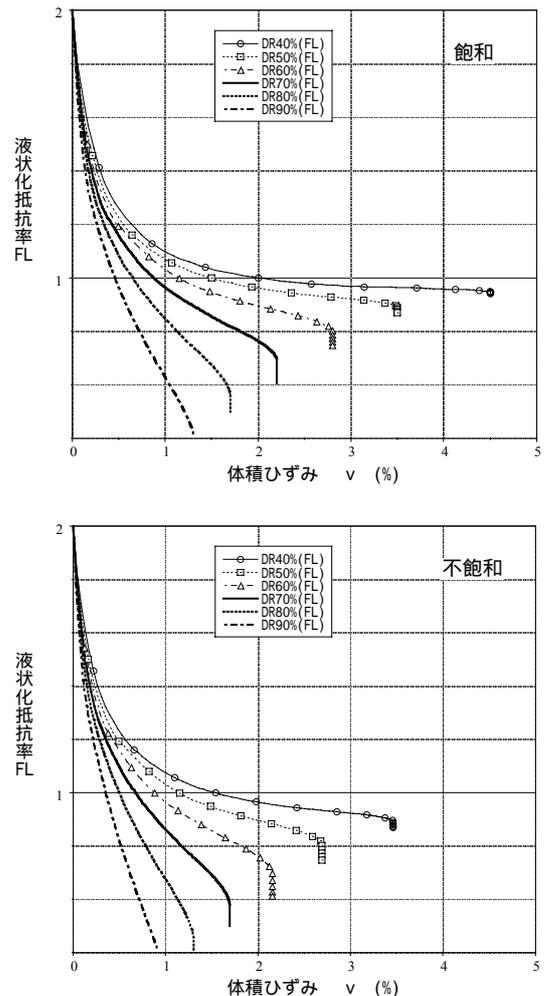


図2 FL ~ v_v 関係 (上:飽和,下:不飽和)

キーワード 盛土、地下式LNGタンク、地震時変形、レベル2地震動、有効応力解析
 連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸4-640 (株)大林組技術研究所 TEL 0424-95-0954

た。盛土の諸元は、のり面勾配1:2.5、盛土高さ10m、天端幅15mである¹⁾。地盤構造は、上層16mを液状化の可能性のあるN値10の砂層とし、下層をN値3の軟弱な粘性土とした。地下水位はGL-4m位置に設定した。地盤改良は盛土斜面下部と法尻から10m区間で行われ、実際の施工によってN値が平均で10上昇したことを参考に、地盤物性を設定した。なお、最終的に実施する自重解析用のFEMモデルの側方境界条件は鉛直ローラーとした。

図4に入力地震動波形²⁾を示す。解析ケースは、地盤改良ありと未改良の2ケースである。

4. 解析結果

地盤応答解析結果から算定した液状化抵抗率と等価剛性と初期剛性の比Rの分布（地盤改良あり）を図5に示す。飽和砂層の剛性低下率が大きく、液状化する砂層の場合、等価剛性は初期剛性の1%以下になる。ここで、液状化抵抗率（FL=0.54）の小さな砂層下部の方が低下率（R=0.6%）が大きくなっているのは、下層の上載圧が大きくなっているためである。なお、地盤改良なしの場合、B断面の等価剛性はA断面と同じになる。

最終変形状態を図6に示す。自由地盤での沈下量は約25cmである。側壁に接する位置での盛土の沈下量は、改良ありの場合で11.5cm、なしの場合で58.9cmとなり、盛土の変形抑止に対する地盤改良効果が認められる。盛土の変形モードや地盤改良がある場合の盛土沈下量は有効応力解析¹⁾による変形パターンとほぼ一致しており、沈下評価手法の妥当性が示された。

4. おわりに

LNG地下タンク周辺盛土のレベル2地震時の変形挙動を等価剛性を用いた静的FEM自重解析によって評価した。その結果、盛土の地震時変形パターンは詳細解析法と同様になり、自重解析を用いる妥当性と、地盤改良の変形抑制効果が示された。

参考文献

- 1)川村ら：LNG地下式貯槽周辺盛土のL2地震時の動的変形解析、土木学会第57回年次学術講演会、平成14年9月
- 2)ISHIHARA et al.:EVALUATION OF SETTLEMENTS IN SAND DEPOSITS FOLLOWING LIQUEFACTION DURING EARTHQUAKES, S&Fs Vol.32,No.1,1992

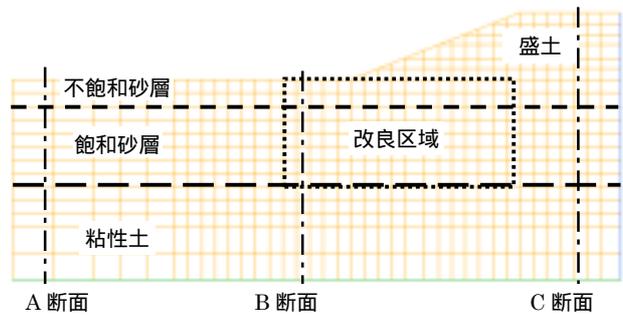


図3 解析モデル

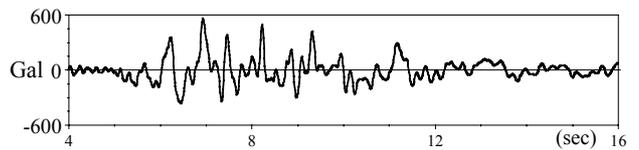


図4 入力波形(GL-30m,2E)

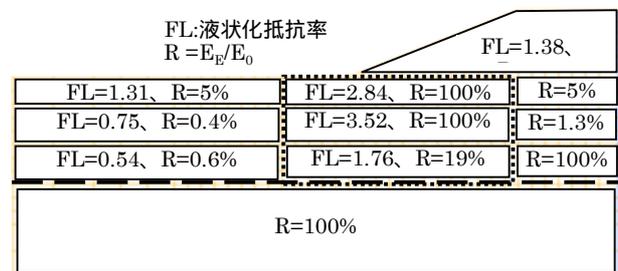


図5 各領域での剛性低下率R分布（改良あり）

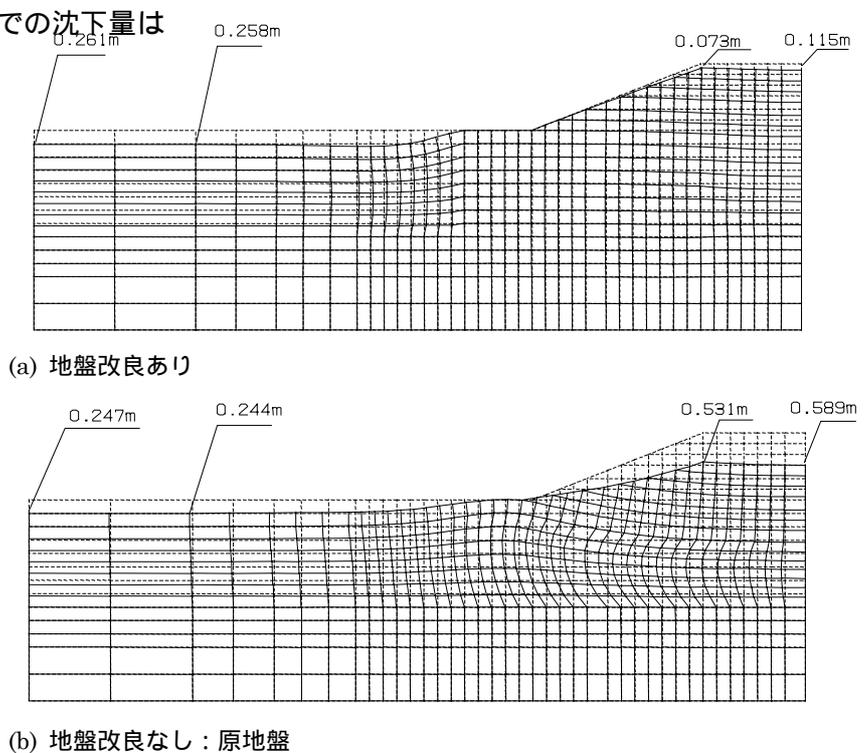


図6 変形状態（上段：地盤改良、下段：原地盤）