

平成 26 年度の検討概要

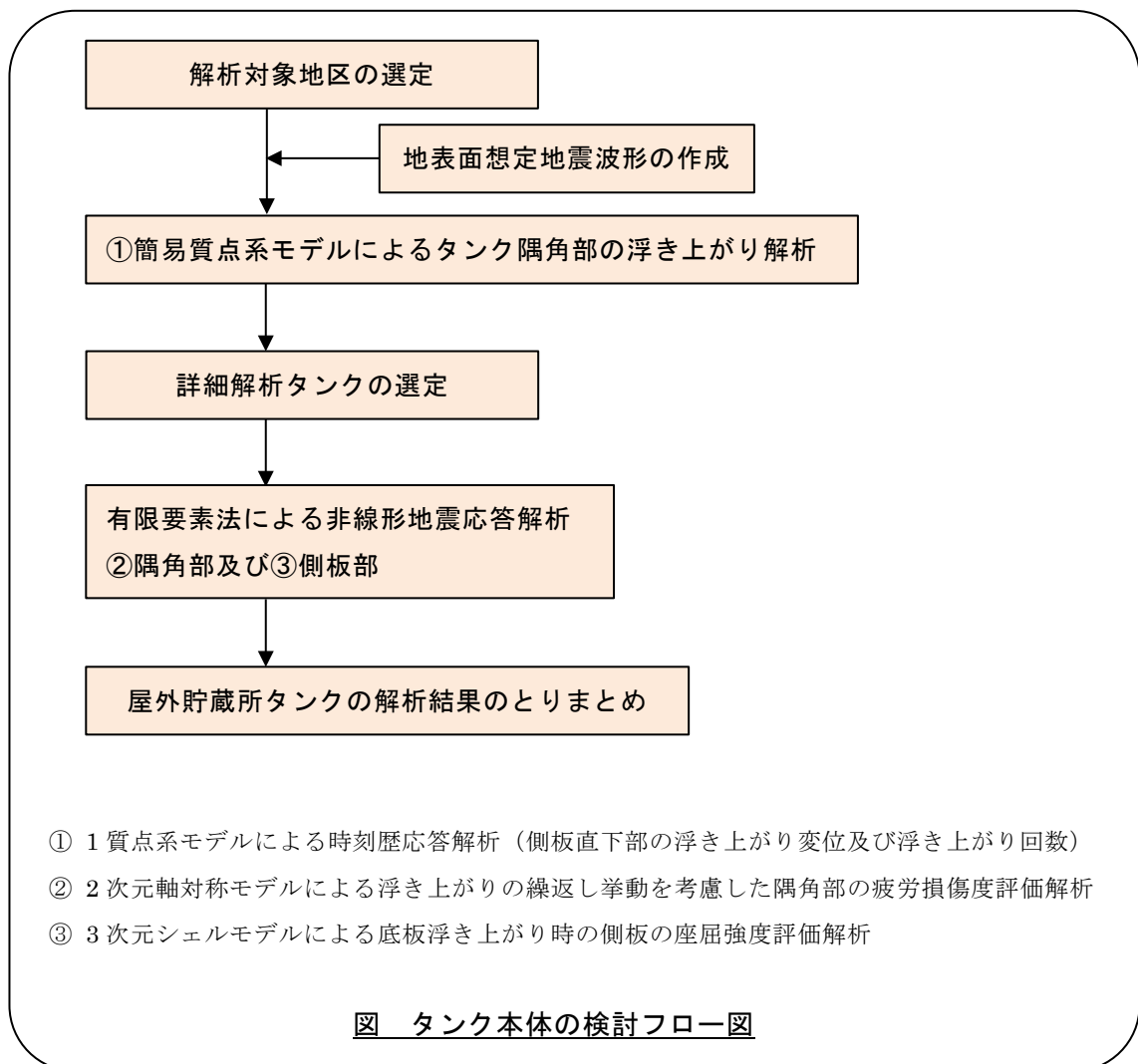
1 検討目的

南海トラフ地震などの大規模な地震の発生が懸念されている状況に鑑み、大規模地震に対する地震動を想定した屋外タンク貯蔵所の耐震安全性確認のため、平成 26 年度から 3 ヶ年の予定で調査検討を行うものであり、平成 26 年度は南海トラフ地震の想定地震動（短周期成分）に対するタンク本体及びタンク基礎・地盤の耐震安全性について調査・検討を行った（※地震波形の作成にあたっては、解析手法等についてその妥当性を確認し、本調査・検討を実施した。）。

2 検討結果の概要

(1) タンク本体

内閣府（中央防災会議）から公開されている南海トラフ地震の想定地震動（短周期成分）に対する屋外貯蔵タンク本体の耐震安全性について確認するため、以下の検討フロー図のとおり 3 種類の解析を実施した。



① 1 質点系モデルによる時刻歴応答解析結果

タンク諸元等を考慮して 11 基の代表タンクを抽出し、南海トラフ地震の検討対象として選択した 3 地区について、想定地震波入力による、非線形ばね特性を有する 1 質点系モデルを用いた時刻歴応答解析を実施した結果、最大で浮き上がり変位 104.3cm（浮き上がり回数；正負合計 67 回）となるタンク（30,000kl、旧法、内径 45.1m、高さ 21.3m。以下「最大浮き上がりタンク」という。）があった。

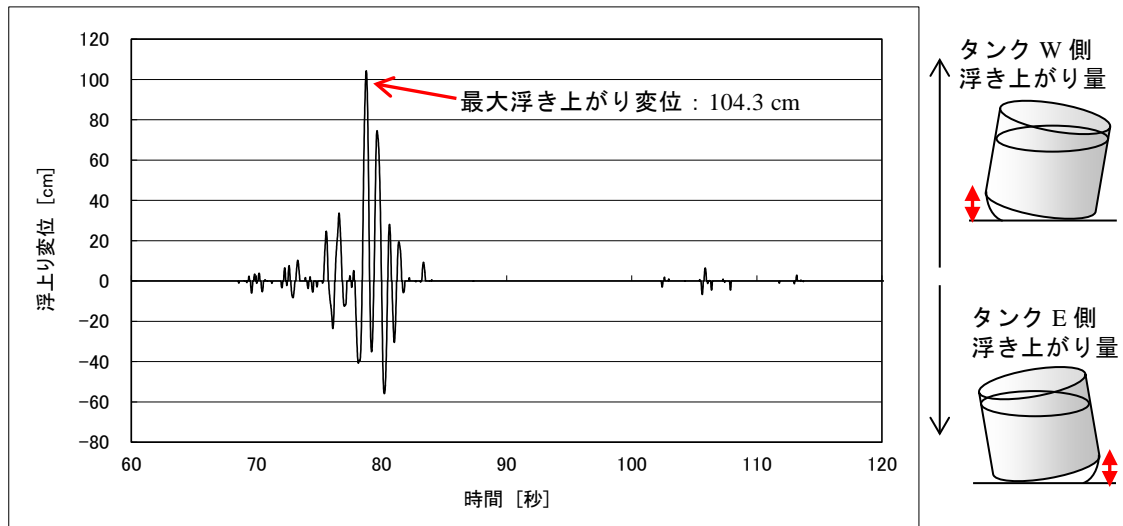
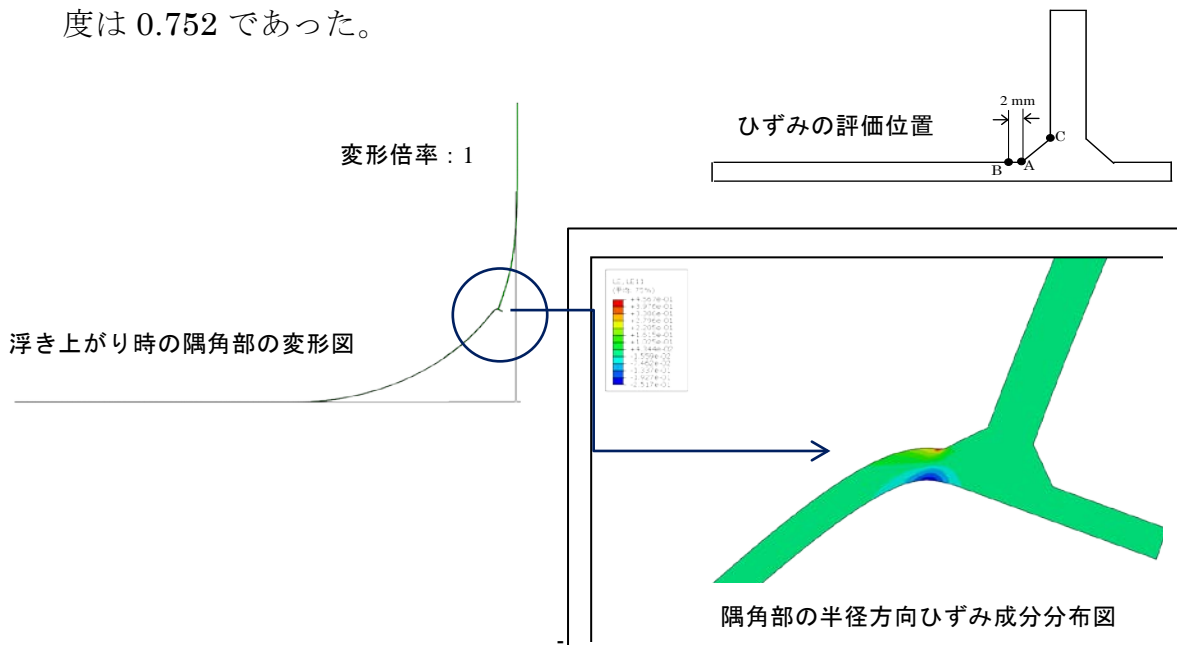


図 質点モデルの浮き上がり変位時刻歴

② 2 次元軸対称モデルによる浮き上がりの繰返し挙動を考慮した隅角部の疲労損傷度評価解析

浮き上がり変位の大きなタンクを対象とし、有限要素法を用いた静的応力解析を実施して浮き上がり時に隅角部に発生するひずみ量を算出して飯田の最適疲労曲線とマイナー則を使って疲労損傷度 D （ $D=1$ のとき疲労寿命）の評価を行った。その結果、最大浮き上がりタンクで板表面上の全ひずみ振幅が最大で約 35% となり、飯田の最適疲労曲線の範囲外となったが、疲労損傷度は 0.752 であった。



③ 3次元シェルモデルによる底板浮き上がり時の側板の座屈強度評価解析

浮き上がり変位の大きなタンクを対象とし、3次元シェル要素モデルによる弾性大変形解析を実施して沈み込み側の側板下端に発生する最大軸方向圧縮応力を算出し、側板の限界座屈応力との比較により側板の地震時の座屈強度評価を行った。その結果、最大浮き上がりタンクの浮き上がり変位 104.3cm のとき、沈み込み側の最大沈み込み変位は 0.6cm であり、このときの最大軸方向圧縮応力は 13.1N/mm²であった。当該タンクの諸元から限界座屈を算出すると、ダイヤモンド座屈は 32.9 N/mm²、象の脚型座屈は 24.5 N/mm²となり、限界応力を超えない結果となった。

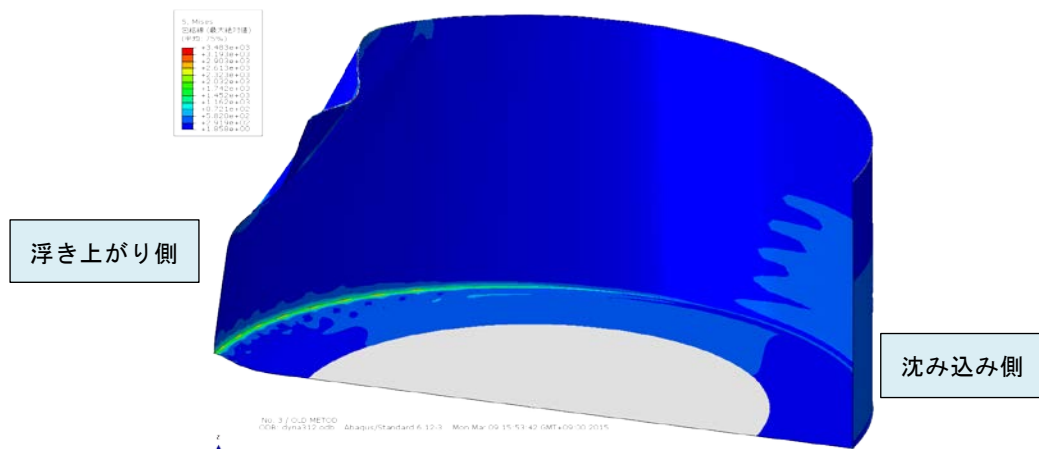


図 104.3cm 浮き上がり時のタンクの変形及び相当応力分布図

なお、浮き上がり側の側板は動液圧の影響でタンク内側へ凹むように変形している。本モデル作成において、沈み込み側下部の圧縮に着目した評価を行うためタンクモデルの形状を単純化してウインドガーダー等を含めていないことから、浮き上がり側の側板上部に大きな変形が生じている。

(2) 基礎・地盤

内閣府（中央防災会議）から公開されている南海トラフ地震の想定地震動（短周期成分）における屋外貯蔵タンクの基礎・地盤の安全性について確認するため、以下の検討フロー図のとおり解析を実施した。

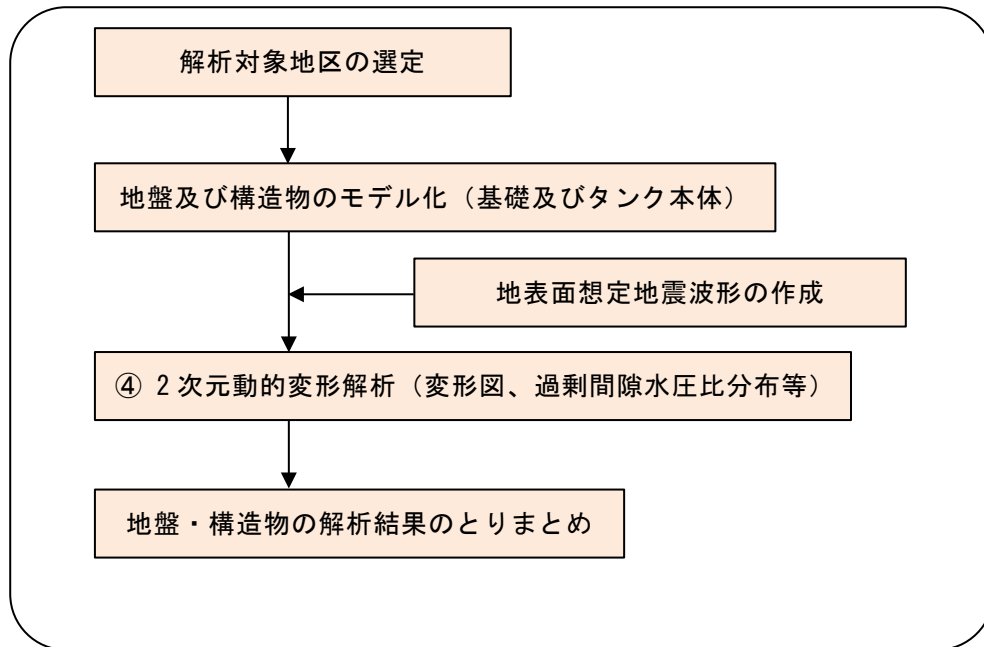


図 基礎・地盤の検討フロー図

④ 2次元動的変形解析

対象地区は、西日本の代表的な特防区域5地区（A～E）の中から、地盤の改良方法、物性値から得られる地盤変形の可能性、液状化が発生する可能性等を考慮し2地区（B、E地区）を選定し、タンクは地盤に対する影響や地盤の変形に伴うタンク本体の変形等を考慮し10万KL（旧法、内径83.1m、高さ19.985m、内容物の比重0.95）を選定した。また、解析に用いるタンク基礎は、施工実績で最も多い盛り土基礎（E地区）及びリング基礎（B地区）とした。

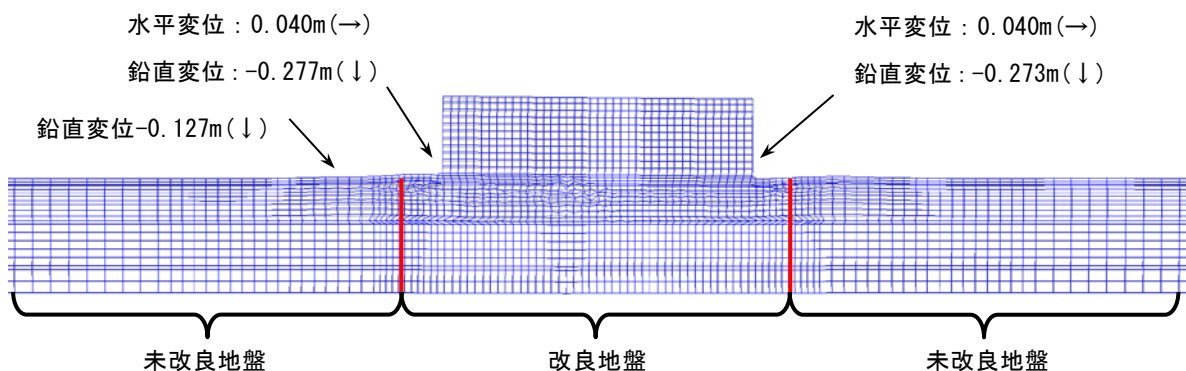


図 断面2次元非線形有効応力解析結果
【B地区における過剰間隙水圧消散後（約45日後）の変形図】

B 地区では、タンク本体の直下で 27.7cm 沈下し、その周辺の未改良地盤では 12.7cm 沈下するという結果となった。南海トラフの想定地震動が大きい
ため、タンク本体の直下の地盤の変形がやや大きい結果となっている。過剰
間隙水圧は、各砂層で上昇が激しい結果となっているが、粘性土層に挟まれ
ていること、各層の層厚が厚くないことから、タンク本体に大きな影響を与
えるほどの変形とはなっていない。

E 地区では、屋外貯蔵タンク本体の直下で 8.9cm 沈下し、その周辺の未改
良地盤では 13cm 程度沈下するという結果となった。その差は 5cm 程度ある
が、未改良地盤の変形に引きずられる格好で、改良地盤も変形している。タ
ンク周辺 10m の改良地帯が緩衝帯として働くことで、地盤が若干外側には変
形するが、改良地盤が一定の沈下となり、タンク本体や基礎に影響を与える
ような変形とはなっていない。

3 今後の検討課題

(1) タンク本体

南海トラフ地震のタンク本体の耐震安全性の評価については、解析のために
一定の条件を設定し、東北地方太平洋沖地震の再現解析が行えた手法として、
質点系による簡易解析を用いた有限要素法による隅角部及び側板部を評価する
という手法で解析を行ったが、今後、本年度の解析結果も参考にしつつ、より
精緻に解析や評価を行っていくという観点から、解析条件等の見直しを行っ
ていくことが必要である。

(2) 長周期地震動

長周期地震動による液面揺動（スロッシング）の影響を強く受ける屋外タン
ク貯蔵所の浮き屋根に対する耐震安全性について検討していくことが必要であ
る。

この場合の評価としては、特に液面揺動による貯蔵物の溢流や浮き屋根の損
傷という観点に留意していくことが必要であるが、検討にあたっては、ハード
面の対策のみならず、ソフト面の対策なども考慮しながら検討を行っていくこ
とが必要である。

また、南海トラフ地震における長周期地震動については、内閣府（中央防災
会議）において検討がなされているところであるが、解析に使用する入力地震
動の設定については、長周期地震動の影響を受けるとされている他の高層建築
物や長大構造物などの動向に留意しながら検討を進めていくことが必要である。