

3次元有限要素法による地中構造物における地盤と構造物の非連成解析の基礎的検討

東電設計 正会員 ○大塚 悠一

東電設計 正会員 茂木 寛之

東電設計 正会員 本田 和也

1. はじめに

実務において液状化が発生する地盤中にある地中 RC 構造物の耐震評価を行う場合、地盤・構造物系の 2 次元有限要素法を用いた有効応力解析プログラムによる、地震応答解析を行って構造物に作用する土圧と慣性力を計算した上で、構造物系の三次元有限要素法を用いた材料非線形解析プログラムで水平 2 方向載荷によるプッシュオーバー解析が行なわれている¹⁾。本来、地盤・構造物系の連成解析においても、3 次元構造物を有する地中構造物に作用する力を適切に評価できる 3 次元解析で行う方が望ましいが、計算コストの大きさや構造物に作用する土圧と慣性力の抽出が煩雑なため、あまり検討がなされていない。本研究では、地盤・構造物の 3 次元解析モデルを用いた非連成解析を行なう手法を確立することを目的として、3 次元解析モデルによる地盤・構造物系の解析結果と構造物系のみの解析結果の比較や構造物に作用する土圧や慣性力の分析をして手法の有効性を検討する。

2. 検討方法

図-1 に示す地盤・構造物の 3 次元解析モデルを用いて地震応答解析を行い、構造物に隣接する地盤の要素の節点力と構造物に作用する慣性力を抽出し、構造物単体の解析モデルに対してプッシュオーバー解析を行った。解析プログラムは三次元有効力解析プログラムである FLIPROSE 3D²⁾を用いた。2 層からなる地盤と構造物は等方弾性体でモデル化している。解析パラメタを表-1 に示す。境界条件は側面フリーで、底面から図-2 に示す強制加速度波形を入力した。時間刻みは 0.01 (s)である。検証のためレーレー減衰などの減衰は与えていない。構造物の上端の加速度が最大となる 2.13 (s)の時の要素の内力と慣性力の節点力を、図 1 に示す構造物単体の解析モデルに荷重として与えて、底面固定のプッシュオーバー解析を行った。

3. 検討結果

地盤・構造物系モデルの構造物の変位と構造物系のモデルの構造物の変形図の比較を図-3 に示す。両者は整合した変形を示しており、地盤・構造物系モデルを基準にした節点ごとの相対誤差も最大で 0.05%程度である。図-4 に構造物に作用する節点力ベクトルのノルムの分布図を示す。土圧による節点力は隅角部に力が集中していること分かる。Layer 1 による土圧は Y 軸方向の隅角部に力が集中しているのに対して、Layer 2 による土圧は X 軸方向の隅角部に力が集中しているように、節点力が 3 次元的に分布していることが分かる。慣性力による力は土圧による力よりもおよそ 1/80 で十分に小さいことが分かる。

4. まとめ

以上の検討により 3 次元解析モデルから抽出した節点力による構造モデルのプッシュオーバー解析は、地盤・構造物系の挙動を再現できることが検証でき、手法の有効性が確認できた。また構造物に作用する力も 3 次元的に分布していることが分かった。今後は液状化を考慮した非線形解析の実施や 2 次元解析との比較を行い、検証を進めていく予定である。

キーワード 地中構造物、地盤と構造物の相互作用、地震応答解析、3次元有限要素法

連絡先 135-0062 東京都江東区 1-7-12 KDX 豊洲グランスクエア 9F TEL 03-6372-5384

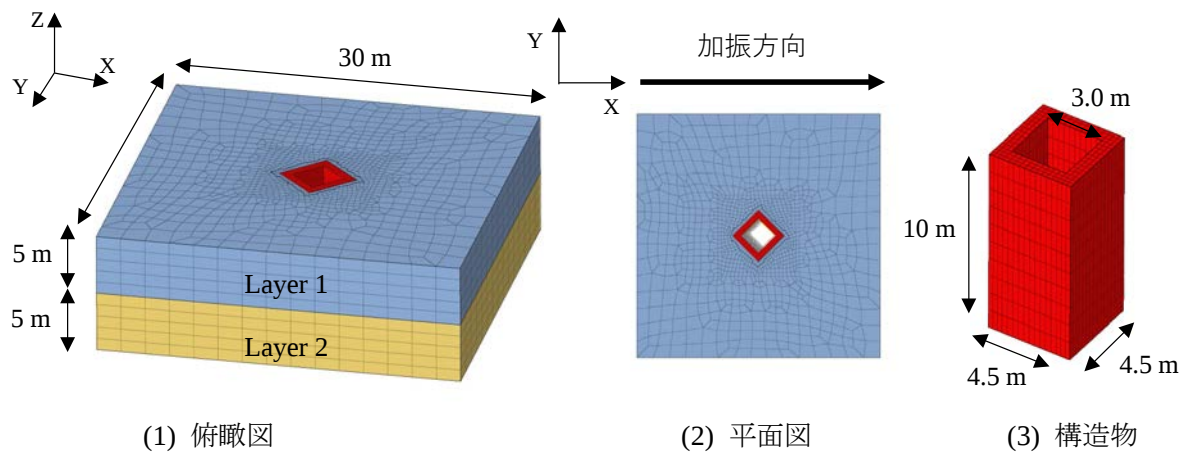


図-1 解析モデル

表-1 解析パラメタ

名前	密度(g/cm ³)	ヤング率 (kPa)	ポアソン比 (-)
Layer 1	1.76	2.607×10^5	0.33
Layer 2	1.76	2.607×10^6	0.33
構造物	2.5	3.070×10^7	0.2

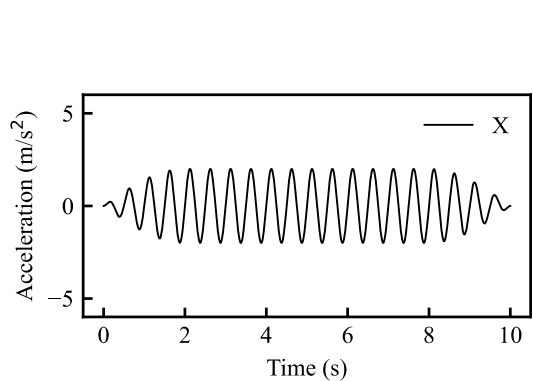


図-2 入力波形

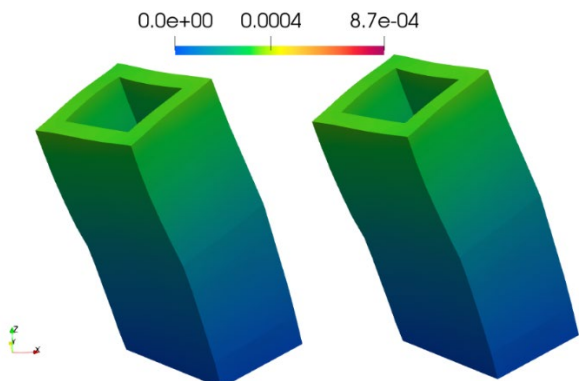


図-3 構造物の変形 (m)の比較
(倍率：1000 倍，左：地盤-構造物系，右：構造物系)

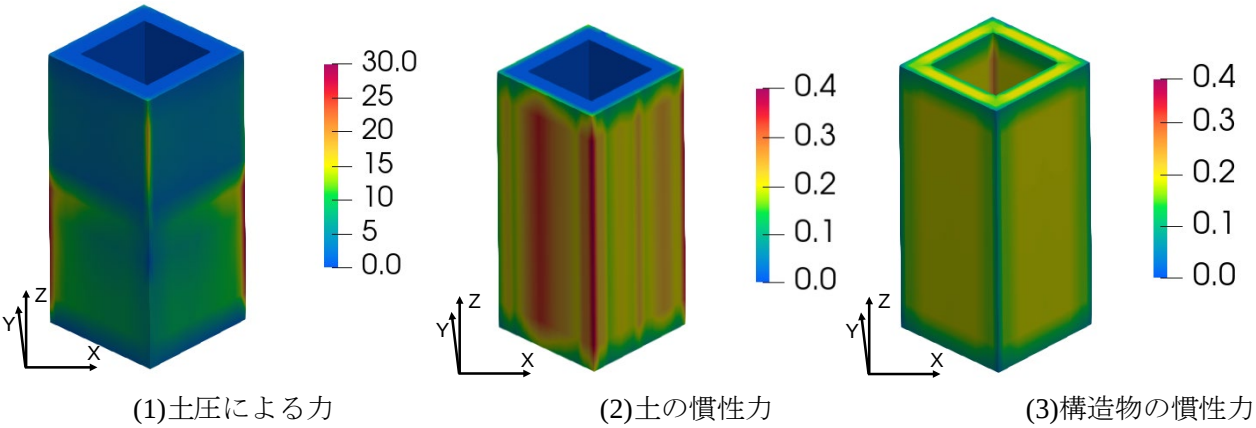


図-4 構造物に作用する節点力ベクトルのノルム (kN)

参考文献

[1] 東京電力：スクリーン室、取水路、補機冷却用海水取水路の耐震安全性評価、柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画審査資料，2020年9月

[2] Iai, S.: Three dimensional formulation and objectivity of a strain space multiple mechanism model for sand. *Soils and Foundations*, 33 (1), 192-199, 1993.