

格子状改良・排水工法の液状化対策効果に関する試計算（その3）

ー 2次元および3次元有効応力解析の比較検討ー

西松建設(株)技術研究所（正）○佐藤靖彦

群馬大学大学院理工学府（正）蔡 飛

西松建設(株)土木設計部（正）平野孝行（正）齋藤慎二郎（正）土屋光弘（正）小宮隆之

1. はじめに

2011年に発生した東日本大震災以降、戸建て住宅や公共施設、民間工場設備等の既設建物に適用可能な液状化対策の研究開発が進められている。筆者らは、既設建物に対する格子状改良工法と排水工法を併用した液状化対策について数値解析の適用性を検討してきた¹⁾。本報では前報^{2), 3)}の実地盤モデルに関する2次元および3次元有効応力解析UWLCによりシミュレーションした結果について報告する。

2. 解析条件の比較

2次元解析と3次元解析の解析ケースを表1に示す。C1～C4は単独工法であり、C6、C8は併用工法である。3次元解析では格子状改良をソリッド要素にて忠実にモデル化しているが、2次元解析では平行格子壁による拘束効果を水平梁要素¹⁾にてモデル化している。また、建物については、3次元解析ではソリッド要素・分布質量でモデル化し、2次元解析では梁要素・集中質量でモデル化している。入力加速度、地盤パラメータ、格子状改良の物性値は両解析で同一である。また、排水工法のモデル化は両解析ともに等価透水係数^{2), 3)}で考慮し、同じパラメータを適用している。

表1 解析ケース

解析ケース	対策内容
C1	無対策
C2	格子壁のみ
C3	ドレーン@1.0mのみ
C4	ドレーン@0.6mのみ
C6	格子壁+ドレーン@0.6m
C8	格子壁+外周ドレーン@0.6m

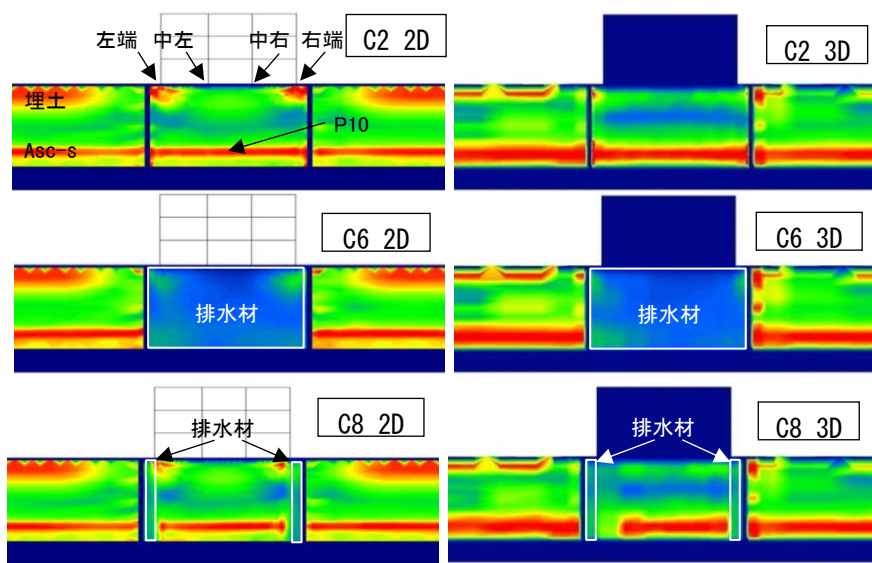


図1 最大過剰間隙水圧比分布（2D）

図2 最大過剰間隙水圧比分布（3D）

3. 過剰間隙水圧比分布の比較

2次元・3次元解析による加振30秒までの最大過剰間隙水圧比分布図をそれぞれ図1と図2に示す。2次元および3次元解析ともに、埋土層とAsc-s層で過剰間隙水圧比が上昇する傾向は類似している。格子壁の近傍では、モデル化の相違により、過剰間隙水圧比の分布状況が多少異なるものの、全体的には2次元解析と3次元解析で同様な傾向であることが確認される。

また、併用工法であるC6およびC8では、2次元・3次元解析ともに、排水材の設置部分で過剰間隙水圧比は0.5程度に抑制されていることが確認される。建物直下に排水材を設置したC6では、2次元・3次元解析ともに、建物基礎端部での過剰間隙水圧の上昇が抑制されていることが確認される。

Asc-s層の中央付近（抽出点P10）における過剰間隙水圧の時刻歴を図3に示す。2次元解析と3次元解析で過剰間隙水圧の時刻歴は類似の挙動を示しているものとする。

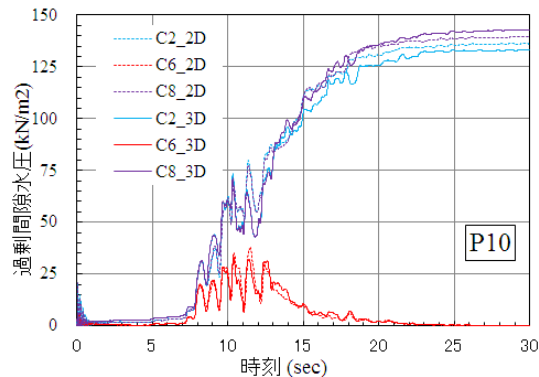


図3 過剰間隙水圧時刻歴の比較

キーワード 液状化対策, 格子状改良工法, 排水工法, 2次元, 3次元, 有効応力解析

連絡先 〒105-0004 東京都港区新橋 6-17-21 西松建設(株)技術研究所 TEL 03-3502-0247

4. 沈下挙動の比較と解析方法の選択

(1) 建物の沈下挙動

図4, 図5に建物の柱直下における2次元解析と3次元解析での沈下量の比較を示す。C1～C8の各対策工で、C2の沈下量が最も小さく、C4の沈下量が最も大きくなる傾向は、2次元解析と3次元解析で同一の傾向となっている。図6の沈下量時刻歴より、10秒前後の最大加速度以降、C6とC8で2次元解析と3次元解析の沈下差が認められる。なお、図4, 図5の沈下量は解析30秒での沈下量を抽出しており、加振終了後の過剰間隙水圧の消散に伴う沈下量は含んでいない。

建物の柱間隔は、左端～中左の7.45mに対し、その他の柱間隔が7.00mであるため、図4で2次元解析と3次元解析での沈下量の差が図5に比べ大きい。2次元解析では建物を梁要素・集中質量でモデル化しており、図7のように無対策C1と格子壁単独のC2で左端～中左の沈下差(建物傾斜)が大きくなっている。

(2) 建物の傾斜

既設建物の継続使用・事業継続の観点からは、地震後の建物傾斜(不等沈下)の抑制が重要であり、図8に加振後30秒での建物傾斜の比較を示す。いずれの解析ケースにおいても2次元解析の方が3次元解析よりも建物傾斜は大きい結果となった。また、格子壁単独のC2では併用法のC6よりも建物傾斜が大きい結果となった。なお、排水工法単独のC3, C4で3次元解析の建物傾斜が2次元解析よりも小さい点は、建物のモデル化を3次元解析ではソリッド要素・分布質量で行っている点が影響しているものと考えている。また、排水工法単独のC3, C4では、建物傾斜が小さくなる傾向となるものの、図4の建物沈下量は大きい結果となっている点に留意が必要である。

(3) 対策工の選定と2次元・3次元解析の位置づけについて

図3～図7および図8の比較から、2次元解析の沈下量・建物傾斜が3次元解析よりも大きい点や、解析モデル、解析時間が簡素な2次元解析にて、対策工の比較選定を行い、対策工を絞り込むことが設計実務的と考えられる。

3次元解析の詳細については前報³⁾に記載しているが、単独工法や格子状改良・排水工法の併用法を合理的に設定するためには、2次元解析で決定した対策工について3次元解析により性能照査を行うことが必要である。

4. まとめ

- 1) 過剰間隙水圧および建物沈下挙動は、2次元解析および3次元解析でほぼ同様な傾向が確認できた。
- 2) 2次元・3次元解析の比較検討結果から、簡便な解析手法である2次元解析にて対策工の選定と対策工の仕様を決定し、3次元解析により性能照査を行うことが設計実務の面で有用と考えられる。

参考文献 1) 佐藤ら：格子状改良・排水工法による液状化対策効果について(その1)～(その3), 土木学会第70回年次学術講演会, 2015.
2) 小宮ら：格子状改良・排水工法の液状化対策効果に関する試算(その1), 土木学会第71回年次学術講演会, 2016.(投稿中) 3) 蔡ら：格子状改良・排水工法の液状化対策効果に関する試算(その2), 土木学会第71回年次学術講演会, 2016.(投稿中)

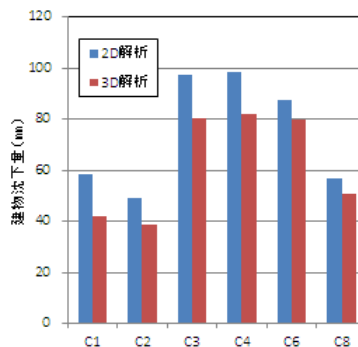


図4 建物沈下量(左端)

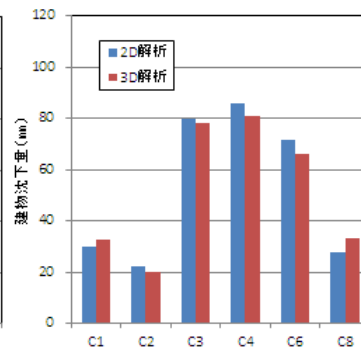


図5 建物沈下量(右端)

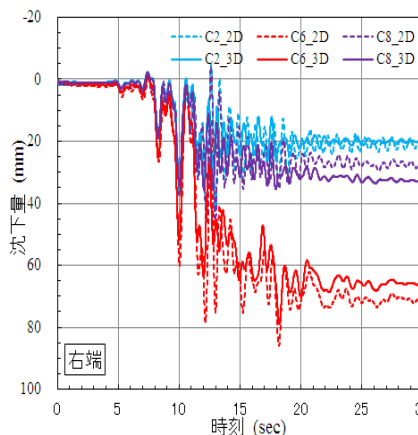


図6 沈下量時刻歴(右端)

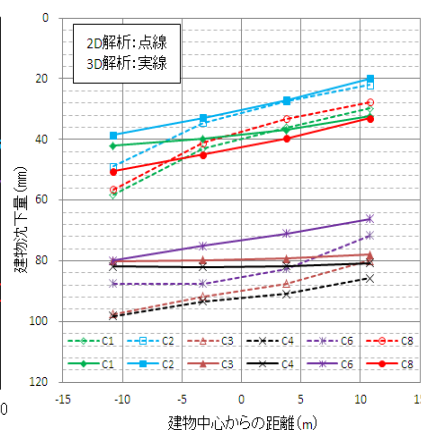


図7 建物沈下量の比較

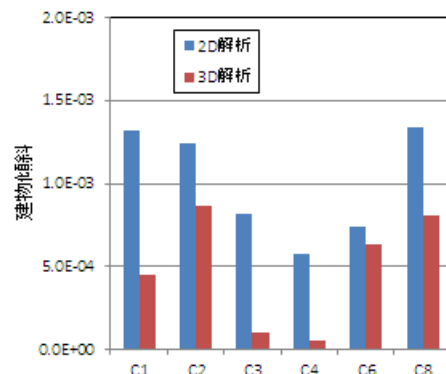


図8 建物傾斜(左端～右端)