

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2）

—遠心模型実験の再現解析—

西松建設土木設計部 (正) ○土屋光弘 (正) 平野孝行, 福島高専 (正) 金澤伸一
西松建設技術研究所 (正) 今村眞一郎 (正) 佐藤靖彦 (正) 岩谷隆文 (正) 佐藤透

1. はじめに

2011年に発生した東日本大震災において、東京湾岸の広い範囲で液状化被害が発生し、多くの戸建て住宅、インフラ設備や工場等の民間設備なども被害を受け、社会的関心を集めた。今後想定される首都直下地震や南海トラフ巨大地震に対して、工場施設等の民間設備の早期復旧を図る観点からも、基礎地盤の液状化対策は急務である。筆者らは、宅地に対する格子状改良工法と排水工法を組み合わせた液状化対策工の検討を実施してきた¹⁾。本報告では、格子状改良工法と排水工法の有用性と妥当性を検討するための一手法として、2次元動的有効応力解析の可能性を探るため、別報²⁾にて行った遠心模型実験の再現解析を試みた結果について報告する。

2. 対策工法と解析ケース

表-1に検討対象とする対策工法と解析ケースを示す。層厚10mの液状化地盤に設置された直接基礎形式の既設建物(建物荷重15kPa)を想定し、液状化対策として、格子状改良工法単独、排水工法単独、ならびに改良条件を変化させた格子状改良+排水工法の併用工法を採用した。なお、入力地震波は遠心模型実験と同一のランダム波(臨海波)である。この臨海波は約130秒と長い地震動であり、長時間振動が既設建物の沈下性状や併用工法による改良効果に及ぼす影響についても評価することになる。

表-1 解析ケース

Case		対策内容
C1	無対策	-
C2	格子壁対策	格子壁 内寸: 15.5m×15.5m L/H=1.55 (L: 格子幅, H: 格子壁深さ)
C3	排水対策	排水材: 建物直下および周辺 1.4mピッチ
C4	格子壁+排水対策 1	格子壁 内寸: 15.5m×15.5m L/H=1.55 排水材: 建物直下および周辺 1.4mピッチ
C5	格子壁+排水対策 2	格子壁 内寸: 15.5m×15.5m L/H=1.55 排水材: 建物直下および周辺 2.8mピッチ

3. 解析条件

解析は2次元動的有効応力解析ツールUWLCにより行った。砂の構成モデルはPZ-Sandモデルである。解析対象となる地盤構成と解析モデルを図-1に示す。また、境界条件は、地盤の下端を鉛直・水平固定、左右の境界は鉛直方向自由、左右の水平変位を同一変位条件(MPC拘束)とし、2次元平面ひずみ解析を行った。水理境界は上面の建物直下は非排水境界、その他を排水境界とする。建物は荷重のみ考慮し、建物基礎等の剛性は考慮していない。液状化層は、相対密度Dr=60%の豊浦砂であり、格子壁は厚さ0.75mでDr=90%の非液状化層に支持している。格子壁の平面形状は無視し、格子壁を奥行き方向に連続している地中壁としてモデル化した。排水工法は、外径300mm、透水係数3cm/sの人工材ドレーンとし、ドレーンの平面配置を無視し、奥行き方向に連続しているものとした。ドレーンピッチは1.4m(C3, C4)と2.8m(C5)の2種類である。

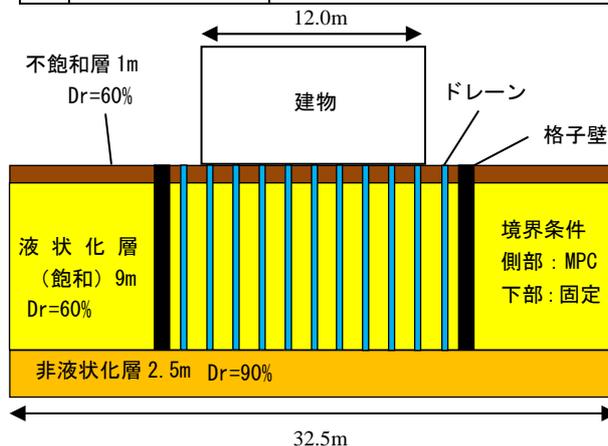


図-1 解析モデル (C4: 格子壁+排水対策)

キーワード 液状化対策, 格子状改良工法, 排水工法, 遠心模型実験, 動的有効応力解析

4. 解析結果

(1) 過剰間隙水圧比

各解析ケースに対する過剰間隙水圧比のコンターを図-2に示す。建物直下の過剰間隙水圧比はC1およびC2で

1.0 となる。未対策部分の過剰間隙水圧比は数値分布が異なるものの、液状化層の浅層部分で全ケースともに 1.0 となり、液状化する解析結果となった。

格子壁のみの C2 では、建物直下の過剰間隙水圧比が 1.0 となり、格子間隔が広い場合は、沈下抑制対策としての効果が C3～C5 よりも低い結果となった (図-3)。

排水対策のみの C3 では、ドレーン上部で 0.90、ドレーン下部で 0.10 となり、建物直下以外の未改良部分でも過剰間隙水圧の消散効果が確認される。格子壁を併用した C4 では、ドレーン上部で 0.84、ドレーン下部で 0.10 であり、過剰間隙水圧の消散は C3 よりも格子壁内部に限定される結果となった。

格子壁と排水工法を併用したケース C4, C5 では、ドレーン間隔の広い C5 で過剰間隙水圧比は大きい結果となり、ドレーン上部で 0.92、ドレーン下部で 0.40 となった。また C5 は C4 よりもドレーン間隔が広く、格子壁との境界部で局所的に過剰間隙水圧比が 1.0 となった。

(2) 建物の傾斜角

次に、既設建物の傾斜角に着目し、実験値と解析値の比較を行った。解析値の傾斜角は 2 種類算定し、建物中央と端部の沈下差に基づく傾斜角と、建物両端の沈下差に基づく傾斜角を算定した。実験値は建物両端の沈下差に基づいて傾斜角を算定している。図-3 に傾斜角の比較図を示す。

C1 の建物中央と端部の沈下差に基づく傾斜角が実験値と大きく異なる結果となるものの、C2～C5 の傾斜角は概ね実験値との整合が確認され、2次元解析により液状化対策工の相対評価が可能と考えられる。また、傾斜角を建物中央と端部の沈下差により評価すれば、解析値が安全側に評価でき、種々の建物形状に対しても、2次元解析で相対評価が可能と考えられる。

ドレーン間隔の広い C5 では、建物直下の過剰間隙水圧比が C4 よりも上昇するものの、既設建物の傾斜角に大きな相違は生じない結果となった。

C3～C5 の傾斜角では、解析値と実験値に若干の乖離があり、ドレーンのモデル化手法やドレーンおよび格子壁の 3次元効果に対し、2次元解析では検証困難な側面もあることから、今後、3次元解析による検討を実施する予定である。

5. まとめ

- 1) 格子状改良と排水工法を適用した遠心模型実験に対し、2次元動的有効応力解析により建物の傾斜角を概ね再現可能であることが確認され、2次元解析により対策工の評価が可能であることを確認した。
- 2) 格子状改良と排水工法の併用工法のうち、ドレーン間隔を 2 倍とした場合でも、実験結果および解析結果ともに既設建物の傾斜角の抑制効果が確認された。

参考文献

- 1) 今村ら：格子状改良工法と他工法との併用による液状化対策効果について、土木学会第 68 回年次学術講演会、2013。
- 2) 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) 土木学会第 69 回年次学術講演会、2014 (投稿中)

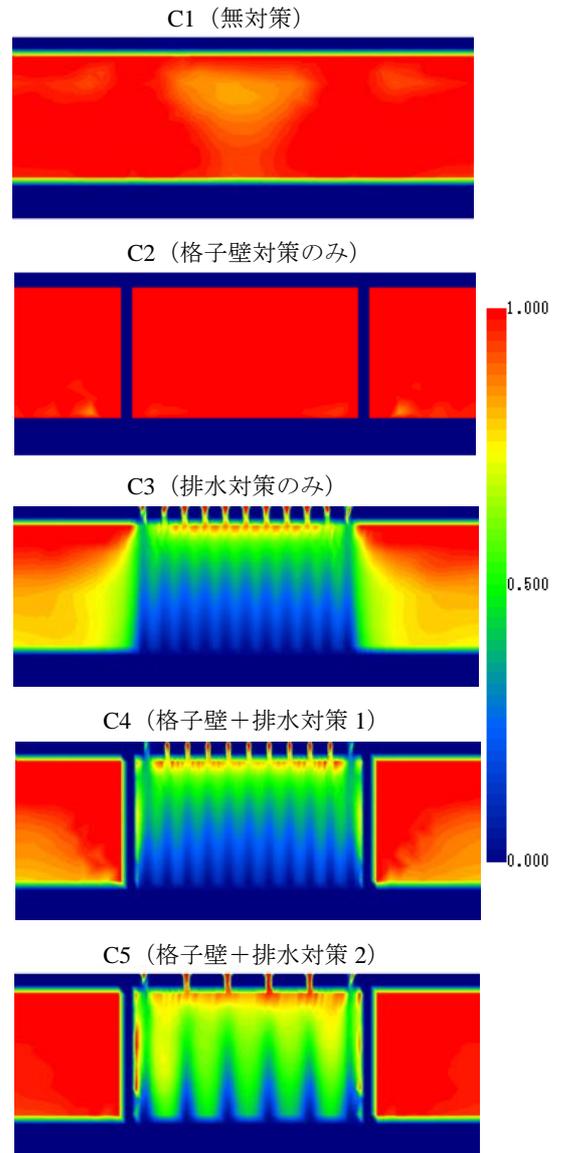


図-2 過剰間隙水圧比コンター図

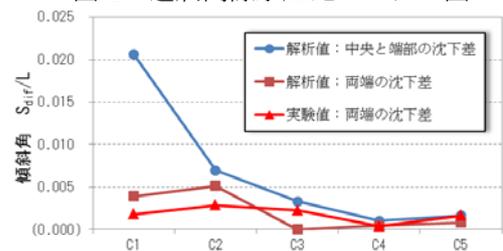


図-3 既設建物の傾斜角