

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） －3次元有効応力解析を用いた実地盤モデルのケーススタディー

群馬大学大学院（正）○蔡 飛，（学）芦澤 拓八
西松建設(株)土木設計部（正）土屋 光弘，（正）小宮 隆之
西松建設(株)土木設計部（正）平野 孝行，（正）齋藤慎二郎
西松建設(株)技術研究所（正）佐藤 靖彦

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震により広範囲にわたり液状化現象が生じ、ライフラインや構造物等に不等沈下などの被害を被った。特に東京湾沿岸などの埋め立て地域において液状化現象による被害が甚大であり、液状化対策が急務となっている。

2. 研究目的

近年注目されている液状化対策に既設構造物に施工可能な格子状改良工法と排水工法が挙げられる。本研究では、実地盤における格子状改良工法と排水工法、およびそれら2つの工法を併用した場合の効果を3次元動的有効応力解析により各液状化対策の効果を検討する。

3. 3次元解析

3-1. 解析条件

解析対象地盤は、沿岸の地盤を想定した。図1に対象地盤のボーリング柱状図を示す。対象地盤の地質調査結果およびボーリング結果に基づき水平成層地盤を想定した。なお、Ds2層のN値が50を上回っているため、Ds2層を解析対象底面としGL-18.8m以浅を解析対象領域とした。

3次元動的有効応力解析UWLC3Dを用いて、液状化対策の効果を検討した。図2にケースC5（格子壁+排水対策1）を一例として解析モデルを示す。構成則として、液状化層はPZ-sandモデル、非液状化層・不飽和層はROモデル、建物・格子壁は弾性モデルを使用した。各層の材料定数は地質調査結果および室内試験結果を参考に設定した。なお、排水ドレーンは3次元解析の要素数制約のため、排水ドレーンを一本一本モデル化するのではなく、排水ドレーンを打設される領域の透水係数が排水ドレーンの効果と等価になるように地盤鉛直透水係数 k_{ve} を設定した¹⁾。

3-2. 解析ケース

検討した解析ケースを表1に示す。格子状改良工法、排水工法、および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効果を検討した。

3-3. 入力加速度波形

使用した入力地震動は想定されるある首都直下地震によるもので、 $V_s=700\text{m/s}$ の地層を想定した地震動のため、UWLCの一次元解析機能を用いて、解析対象地盤底面GL-18.8mにおける入力加速度波形を求めた。なお、最大入力加速度は311galである。

表1 解析ケース

ケース	対策の概要
C1	無対策
C2	格子壁対策 格子壁内寸：25.04m×26.72m
C3	排水対策1 排水ドレーン：1.0mピッチ
C4	排水対策2 排水ドレーン：0.6mピッチ
C5	格子壁対策＋排水対策1 格子壁内寸：25.04m×26.72m 排水ドレーン：格子壁内1.0mピッチ
C6	格子壁対策＋排水対策2 格子壁内寸：25.04m×26.72m 排水ドレーン：格子壁内0.6mピッチ
C7	格子壁対策＋排水対策3 格子壁内寸：25.04m×26.72m 排水ドレーン：建物外周のみ1.0mピッチ
C8	格子壁対策＋排水対策4 格子壁内寸：25.04m×26.72m 排水ドレーン：建物外周のみ0.6mピッチ

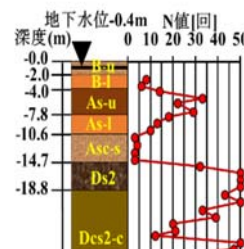


図1 ボーリング柱状図

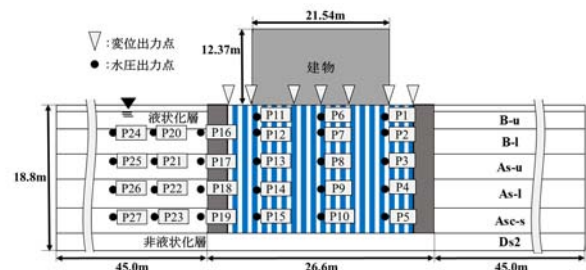


図2 解析モデル概要図

4. 解析結果

4-1. 変位量

図3に各ケースの建物直下中心位置における加振終了時の沈下量を示す。排水対策を導入したC3～C6とC1を比較すると、建物直下中央位置において、沈下量が約35～40mm大きくなっている。これは排水対策の効果によって、過剰間隙水圧が消散し、沈下量が大きくなったと考えられる。また、格子壁内側の建物外周のみに排水材を導入したC7とC8は、C3～C6より加振終了時の沈下量は大きくならない。しかし、図5に

キーワード：液状化対策，格子状改良工法，排水工法，3次元数値解析

連絡先：〒376-8515 群馬県桐生市天神町1-5-1 群馬大学大学院理工学府，TEL: 0277-30-1621

示すように加振終了時でも C1, C2, C7, C8 においては地盤に高い過剰間隙水圧が残っており、この過剰間隙水圧の消散により更なる沈下量が生じる。

図 4 に C1 と C2 の加振方向中央断面における変形図を示す。C1 と比べて、格子壁対策を導入した C2 は、格子壁によって地盤の側方変形が抑制されたため、加振終了時の建物水平変位が小さくなっていることが確認された。

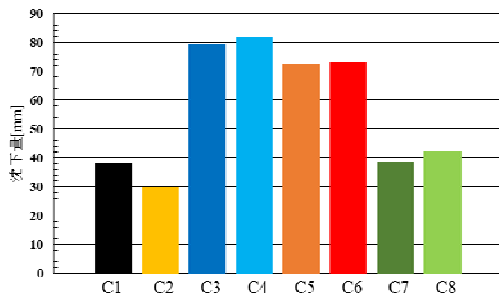


図 3 加振終了時建物直下中央位置沈下量

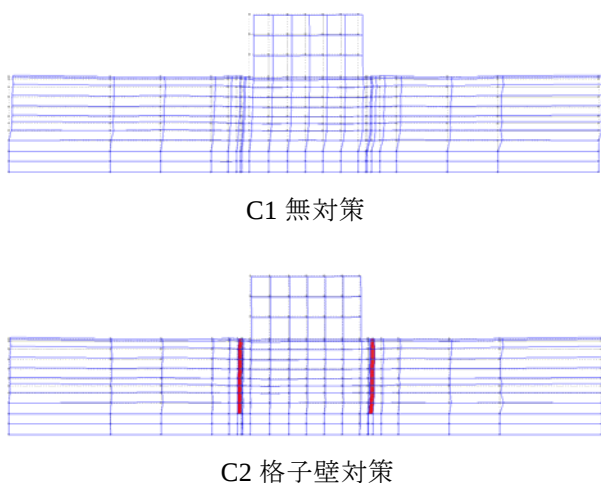


図 4 加振方向中央断面変形図 (5 倍描画)

4-2. 過剰間隙水圧

図 2 に示される建物直下に位置する P10 での過剰間隙水圧の時刻歴を図 5 に示す。C2 と C6 の過剰間隙水圧の時刻歴を比較すると、排水対策の導入によって過剰間隙水圧の早期の消散が確認できる。よって、繰返し载荷による液状化被害拡大の抑制が期待される。

図 6 に C1, C2, C8 の加振方向中央断面の最大過剰間隙水圧分布をそれぞれ示す。C2 と C1 の最大過剰間隙水圧を比較すると、C2 は格子壁付近で過剰間隙水圧が上昇している。これは加振により液状化層が格子壁にぶつかることで、より大きなせん断応力が働くためである。さらに、C2 の建物外周のみに排水材を導入したケース C8 については、C2 での格子壁付近の過剰間

隙水圧を消散していることが確認できる。

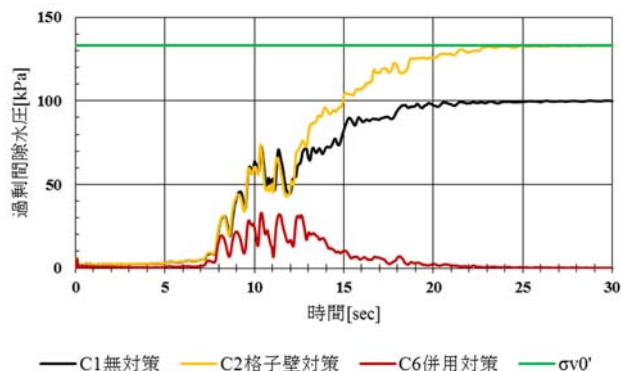


図 5 建物直下位置 (P10) 過剰間隙水圧時刻歴

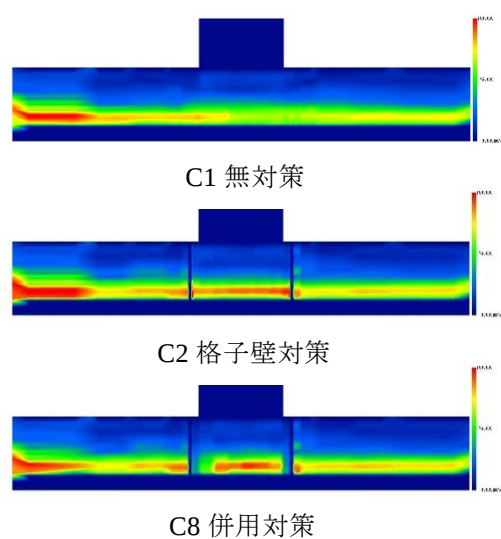


図 6 加振方向中央断面最大過剰間隙水圧分布

5. まとめ

排水工法の排水効果によって、加振終了時の沈下量が増大するが、過剰間隙水圧の蓄積の抑制および早期消散が期待できる。また、格子壁の導入により、格子壁付近で過剰間隙水圧が上昇する傾向が確認されたが、格子壁の拘束効果によって、地盤の側方変形を抑制できる。格子壁を導入し建物外周のみに排水材を施工する併用工法を採用することで、地盤の側方変形の抑制効果および、格子壁付近の過剰間隙水圧の消散効果を取り入れつつ、沈下量を抑えることが可能である。

なお、C3-C6 以外のケースにおいては加振終了後の過剰間隙水圧の消散により更なる沈下量が生じることに留意する必要がある。

参考文献: 1) 蔡ら: 格子状改良・排水工法による液状化対策効果についての解析的検討 (その 2) - 3 次元有効応力解析による遠心模型実験の再現解析 -, 土木学会第 70 回年次学術講演会, pp.655-656.