

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5）

－排水材配置を考慮した3次元有効応力解析－

群馬大学大学院理工学府（学）○狩野圭喬（正）蔡 飛

西松建設(株)技術研究所（正）佐藤靖彦（正）今村眞一郎

西松建設(株)土木設計部（正）平野孝行（正）土屋光弘（正）齋藤禎二郎（正）小宮隆之

1. はじめに

東北地方太平洋沖地震によって、関東地方でも広範囲で液状化現象が発生し、既設構造物に不等沈下などの被害が生じた。本研究では、東京湾沿岸部で比較的深部に液状化層を有する実地盤（地盤1）と浅部に液状化層を有する想定地盤（地盤2）を対象に格子状改良工法、排水工法及び両者の併用工法を施した場合の液状化対策効果を3次元動的有効応力解析により検討し、その結果について報告する。

2. 3次元解析

(1) 解析ケース

表1に検討した解析ケースを示す。格子状改良工法、排水工法、および併用工法に対して、液状化層の出現深度の異なる条件について液状化対策効果を検討した。また、C3～C8は排水材を鉛直に打設し、C9は排水材を斜めに打設した。

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
C3	排水対策1
C4	排水対策2
C5	格子壁対策+排水対策1
C6	格子壁対策+排水対策2
C7	格子壁対策+排水対策3
C8	格子壁対策+排水対策4
C9	格子壁対策+排水対策5

(2) 解析条件

地盤1（実地盤）は、過去の地震により液状化が確認された東京湾沿岸の埋立地であり、水平成層地盤と想定した（図1）。また、Ds2層のN値が50を上回っているため、Ds2層を解析領域の底面とし、GL-18.8m以浅を解析対象領域とした。なお、液状化層の出現深度が液状化対策効果に及ぼす影響を調べるため、地盤2では実地盤のN値の低いAsc-s層とN値の高いAs-u層の地盤条件を入れ替えて同様の解析を行った。

C9では建物外周より排水材を斜めに打設することを想定している。建物直下の打設範囲は地表面から30°とした（図2）。斜めに打設した排水材の打設方向が透水係数に及ぼす影響は次のように簡便に求めた。

$$k_h = k_h' \sin^2 \theta + k_{ve}' \cos^2 \theta \quad k_v = k_h' \cos^2 \theta + k_{ve}' \sin^2 \theta$$

ここに、 θ は各排水材打設角度の平均値であり、 k_h' は排水材軸直交方向の透水係数（=実地盤の透水係数）、 k_{ve}' は排水材軸方向の等価鉛直透水係数¹⁾、 k_h および k_v はそれぞれ排水材を斜めに打設した地盤の水平と鉛直方向の透水係数である。

なお、解析対象構造物と入力地震動は参考文献²⁾と同様のものを使用した。

3. 解析結果

(1) 沈下量

図3に各Caseの加振終了時および加振終了後の（過剰間隙水圧の消散に伴う）沈下量を示す。加振終了時の沈下量については、排水工法を導入したC3～C6と、導入しなかったC1及びC2とを比較すると、C3～C6のほうが大きい。これは、加振中でも、排水材の過剰間隙水圧の消散効果による沈下が生じたと考えられる。

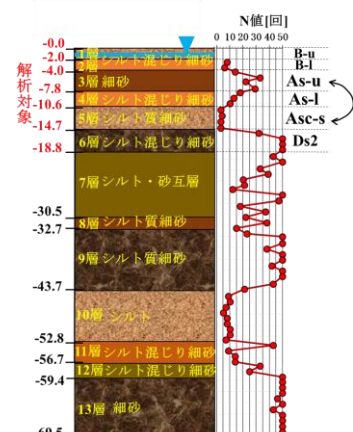


図1 ボーリング柱状図

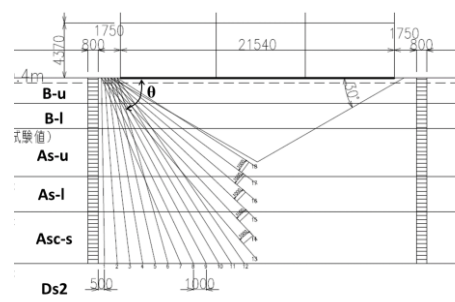


図2 排水材打設範囲（左側のみを表示）

キーワード 液状化対策、格子状改良工法、排水工法、3次元動的有効応力解析

連絡先 〒376-0052 群馬県桐生市天神町 1-5-1 群馬大学理工学府 TEL: 0277-30-1621

加振終了後の（過剰間隙水圧の消散に伴う）沈下量を比較すると、C3～C6 および C9 は他 Case より少ない。これは、排水材の効果により、他 Case に比べて、加振中に蓄積される過剰間隙水圧が小さいため、加振終了後の沈下量が抑制されたと考えられる。

各 Case における液状化層の出現深度が異なる場合の沈下量を比較すると、液状化層の出現深度が浅い地盤 2 の最終沈下量（加振終了時と加振終了後の沈下量の和）が大きい。格子状改良工法を施さなかった C1 および C3 においては、液状化層の出現深度が深い地盤 1 と浅い地盤 2 における最終沈下量の差は他 Case より大きい。

なお、格子状改良工法を併用した場合、排水材間隔の最終沈下量に及ぼす影響はほとんど見られなかった。

図 4 に C1～C9（地盤 2）の最終沈下量の状況を示す。各 Case を比較すると、対策工法により傾斜角の差が見られ、格子状改良工法を施さなかった C3 および C4 は他 Case と比較し、傾斜角が大きくなる傾向が確認できる。

(2) 過剰間隙水圧

図 5 に C5 および C9 における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。C5（地盤 1）と C5（地盤 2）を比較すると、液状化層の出現深度が深い方の過剰間隙水圧の上昇が大きい。これは、液状化層の初期応力状態の違いによるものと推察される。

排水材を斜めに打設した、建物直下に排水材非打設部を残した C9 においては、加振終了時の過剰間隙水圧は C5 に比べて大きい。このため、C9 の加振終了時の建物沈下量は C5 より小さい。また、C9 は加振終了後の過剰間隙水圧の消散に時間がかかり、それに伴う沈下量も大きくなる。しかし、C5 と C9 の最終沈下量に着目すると、両者の差はほとんど見られなかった。

4. まとめ

排水材の排水効果により、加振終了時の建物沈下量が増大したが、加振時でも早期に過剰間隙水圧の消散が始まり蓄積が抑制されるため、最終沈下量は抑制された。また、液状化層の出現深度が浅い地盤においてその沈下量は大きくなる。排水材を斜めに打設した併用工法は排水材を鉛直に打設した Case と比較して、建物直下の排水材非打設部には過剰間隙水圧の上昇が多少見られるが、最終沈下量に差はほとんど生じなかった。以上の結果より、3次元動的有効応力解析によって格子状改良工法、排水工法及び両者の併用工法を施した場合の改良効果の違いについて表現することができた。

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動解析的検討（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、2015。
- 2) 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）－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、土木学会第 71 回年次学術講演会、2016。

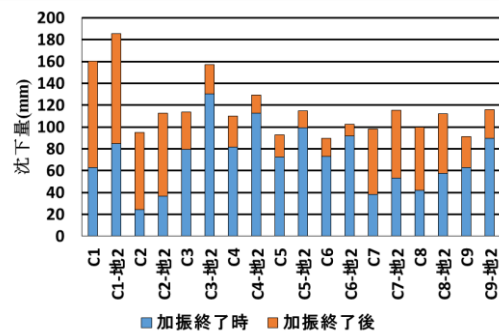


図 3 建物直下の平均最終沈下量

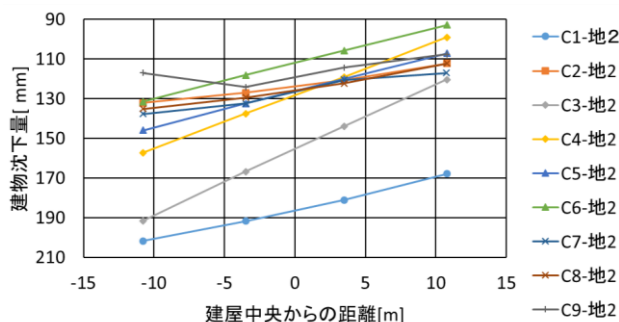
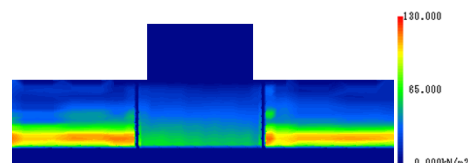
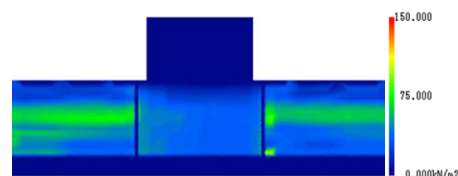


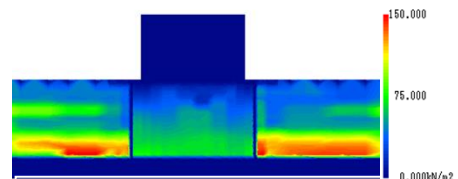
図 4 中央断面の最終沈下状況



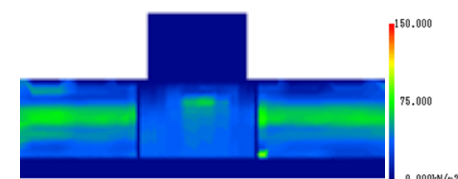
C5（地盤 1、液状化層 10.6～14.7m）



C5(地盤 2、液状化層 4.0～7.8m)



C9（地盤 1、液状化層 10.6～14.7m）



C9(地盤 2、液状化層 4.0～7.8m)

図 5 中央断面最大過剰間隙水圧分布