

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4)

ー3次元有効応力解析を用いた格子壁間隔による効果の検討ー

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って、関東地方でも広範囲で液状化現象が発生し、戸建て住宅や公共施設に被害が生じ、生活に支障をきたす状況に陥った。そこで本研究では、市街地や既設構造物にも施工可能な格子状改良・排水工法による液状化対策効果を検証するため、昨年は動的遠心载荷実験の再現解析¹⁾を実施した。今回の報告は動的遠心载荷実験に基づく格子壁の間隔のケーススタディにおける検討結果を報告する。

2. 3次元解析

解析には、対策の効果を検討するために動的有効応力解析プログラム UWLC3D を用い、有限要素は二次要素 (20 節点アイソパラメトリック要素) である。構成則として、液状化層・非液状化層・排水ドレーンは PZ-sand モデル (有効応力モデル)、不飽和層は HD モデル (全応力モデル)、建物と格子壁は線形弾性モデル (全応力モデル) を使用する。各材料における構成則の材料定数は、実験結果に基づき同定した。なお、排水ドレーンの効果は、3次元解析における要素数制約のため、排水ドレーンを直接表現するのではなく、排水ドレーンの効果を等価な地盤鉛直透水係数 k_{ve} により表現する。等価な地盤の鉛直透水係数 k_{ve} は、Terzaghi の 1 次元圧密理論より求めた¹⁾。本研究では試算の結果に基づき、排水ドレーンが導入されている範囲内の地盤における等価鉛直透水係数 $k_{ve}=40k_v$ 、水平透水係数は地盤の透水係数を用いた。

3. ケーススタディ解析条件

格子壁間隔のケーススタディでは動的遠心载荷実験の再現解析C4¹⁾を基本ケースとして、表1に示す格子壁の間隔を拡大させた5ケースについて解析を行った。地盤は支持層として層厚2.5mの非液状化層 ($Dr=90\%$) の上部に、層厚9m ($Dr=60\%$) の液状化層、表層に層厚1mの不飽和層 ($Dr=60\%$) に設置された直接基礎形式の建物 (建物接地荷重15kPa) が存在する。建物の周

囲に厚さ0.8mの格子壁、建物直下及び周辺地盤に排水ドレーンが間隔1.4mで設置されている。格子壁と建物との水平距離は1.75mとする。C4-1では、格子壁の内寸15.5m×15.5m ($L/H=1.55$) であり、他のケースでは、格子壁の内寸のみを変える。入力地震波は、南関東直下地震を想定して作成された最大加速度311galの臨海波 (RINKAI92h) を使用している。

表1 ケーススタディ解析ケース

Case	平行格子壁 間隔比	直交格子壁 間隔比
Case4-1	W_x	W_y
Case4-2	$1.5W_x$	W_y
Case4-3	W_x	$1.5W_y$
Case4-4	$1.5W_x$	$1.5W_y$
Case4-5	$2W_x$	$2W_y$

側面境界の影響を解消するため、静的解析の標準的な幅である液状化層の3倍以上を採用し、格子壁から側面境界までとの距離を30mとしている。側面境界と格子壁の距離を広げることで、建物中心沈下量は、再現解析C4¹⁾と比較すると、25%程度減少した。図2に、例としてCase4-1の有限要素分割図を示す。全長77.1m、奥行き10m、高さ12.5mであり、格子壁の間隔をそれぞれ W_x 、 W_y としている。

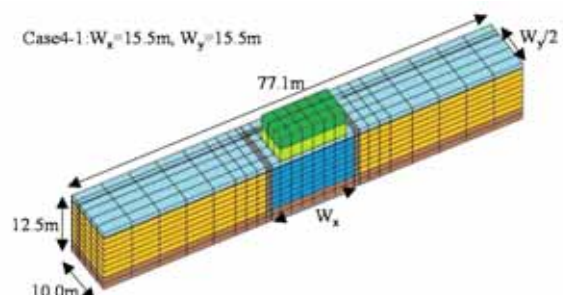


図2 ケーススタディの有限要素分割図

4. ケーススタディ解析結果

4.1 建物沈下量

各ケースの建物中心位置における加振終了後沈下量の解析結果の比較を図3に示す。解析結果より、格

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：〒105-6310 東京都港区虎ノ門 1-23-1 虎ノ門ヒルズ森タワー10階 西松建設(株)土木設計部 TEL: 03-3502-7635

子壁の間隔が大きくなるにつれて建物沈下量は増加傾向にあることが確認できる。格子状地中壁の効果によって地盤の側方変形が抑制され、更に排水ドレーンの効果によって加振にともない発生した過剰間隙水圧が消散したことによって、建物沈下量が抑制されたと考える。加振方向の平行格子壁を拡大させたほうが、直交格子壁を拡大させた場合よりもわずかに沈下量が大きくなっている。これは、平行格子壁を拡大させた場合、加振方向に液状化地盤も増加するため、地盤の移動量が増加したと考えられる。

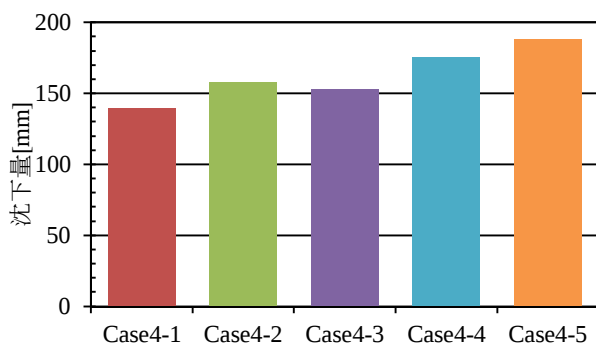


図3 建物中心位置における沈下量比較

4.2 過剰間隙水圧

各ケースの建物中心直下深度 5m における過剰間隙水圧時刻歴図を図4に示す。図4中の赤く着色されている部分は、入力加速度が最大となる時間を示している。各ケースにおいて、排水ドレーンの効果によって、加振中にも関わらず過剰間隙水圧の蓄積の抑制、及び早期の消散が確認できる。また、入力加速度最大時における過剰間隙水圧は、わずかな差だが、Case4-5 が最大となり、次いで Case4-4、4-2、4-1、4-3 の順となる。よって、格子壁の間隔が拡大した場合でも、排水ドレーンの間隔に変化が無ければ、排水工法の効果は発揮される。

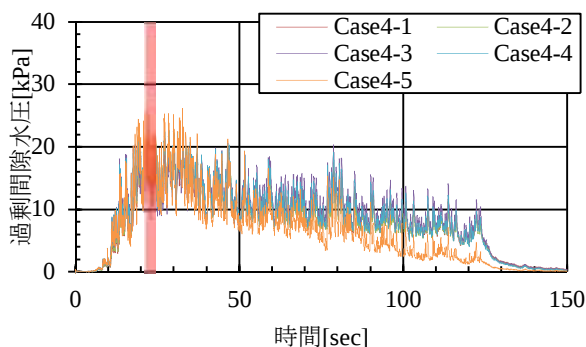


図4 建物中心位置深度 5m の過剰間隙水圧時刻歴

4.3 格子壁変位

加振に伴う格子壁の挙動を確認するため、図5に格子壁の下端中央における水平変位の左右差分を示す。図5より、加振終了後 Case4-1、4-2 は 35mm 程度の変位であるが、他のケースは 150mm 程度と大きく格子壁が移動している。これより、直交格子壁が長くなる場合、その曲げ剛性が低下するため、直交格子壁のたわみ量が大きくなり、格子壁下端に大きな残留水平変位が生ずる。この上限値以上では、加振によって格子壁の移動が顕著となり、余震等による再液状化被害に繋がる恐れが考えられる。よって、今後格子壁自体の応力度の照査も必要と考えられる。

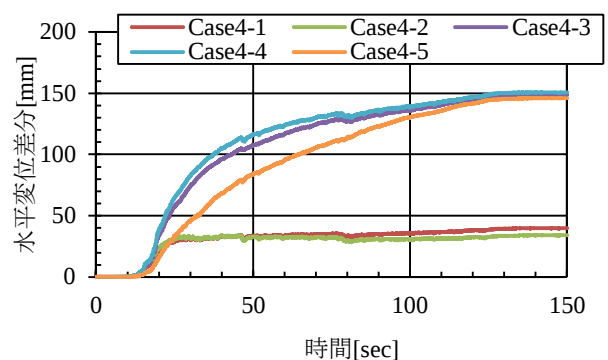


図5 格子壁下端の水平変位の左右差分

5. まとめ

本研究より得られた知見を以下に示す。

- ・格子壁を拡大させた場合、つまり格子壁で囲われる面積が大きくなるに従い、建物沈下量は増加傾向にある。
- ・平行格子壁間隔や直交格子壁間隔がある限界を超えると、地震時格子壁にたわみが生じやすくなり、格子壁の応力度について留意が必要である。
- ・格子状改良工法と排水工法を併用することで、格子壁の間隔を拡大させた場合でも、地盤の側方変形を防ぐ拘束効果がある。更に本解析条件下では、格子壁の効果によって未改良地盤からの浸透が遮断されることで、排水工法も過剰間隙水圧の蓄積及び早期の消散が期待できる。

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.