

既設住宅を対象とした薬液浸透注入工法の液状化対策効果に関する研究(2)

—遠心力場振動台実験の再現解析—

岐阜大学	学生会員	○樋口翔太郎
中部大学	正会員	余川弘至
岐阜大学	正会員	荏谷敬三 フェロー会員 八嶋 厚 正会員 村田芳信
同	非会員	花田有紀 雪吹和那 孫 源峰
京都大学	正会員	渦岡良介
太洋基礎工業	正会員	大野康年 非会員 伊藤孝芳
戸田建設	正会員	下坂賢二 赤塚光洋

1. 緒言

大地震が発生するたびに地盤が液状化し、住宅に傾斜や沈下などが生じている。これらの被害を抑制するために様々な液状化対策工法が提案されているが、既設住宅を対象とした液状化対策工法は少ない。そこで本研究では、既設住宅にも対策可能な液状化対策工法として薬液浸透注入工法に着目した。薬液浸透注入による改良体の動的挙動を表現できる改良砂の繰返し弾塑性モデル¹⁾(以下、改良砂モデルと呼ぶ)を導入した3次元の有効応力解析プログラム LIQCA3D による遠心力場振動台実験の再現解析を試みた。

2. 改良砂モデル

改良砂モデルとは、砂の繰返し弾塑性構成式²⁾を拡張して誘導されている薬液浸透注入による改良体の動的挙動を表現する構成式である。改良砂の繰返し載荷試験から、特殊シリカによる改良砂は次のような特性を持っていることがわかっている¹⁾。改良砂モデルの要素シミュレーション結果の一例を図1に示す。

- 1) 破壊条件として粘着成分を有する。
- 2) 繰返し載荷時のひずみの発生は、繰返し回数とともにその増加量が減少し最終的に収束する。
- 3) 繰返し載荷に伴い、変相線が有効応力経路で初期の変相線より内側に移動する傾向があり、正のダイレイタンスが発揮される領域が拡大し、変形が抑制される。

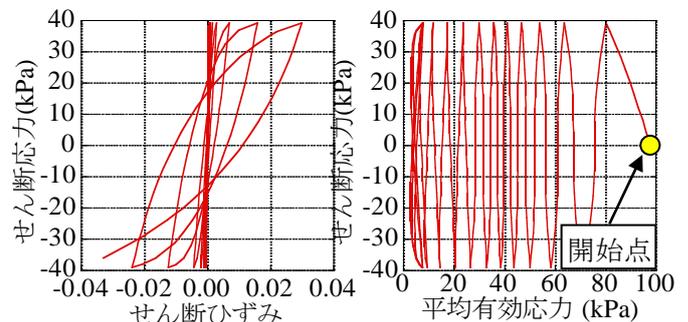


図1 改良砂の要素シミュレーション結果
(左:せん断応力-せん断ひずみ関係, 右:有効応力経路)

3. 遠心場振動台実験の再現解析

改良砂モデルを導入した LIQCA3D を用いて、遠心場振動台実験を再現解析した。解析領域は、遠心場振動台実験のリアルスケールとし、ハーフメッシュで解析し、節点数は 2,736、要素数は 2,092

である。変位境界条件として、底面は、全方向(x, y, z)固定とし、側方の境界は、 x 面は x 方向固定、 y 面は y 方向固定、 z 面は z 方向固定とした。水理境界条件として、地下水面である地表面を排水境界とし、その他の境界面はすべて非排水境界とした。入力地震動は、有限要素メッシュの底面から入力することとし、遠心場振動台実験と同様の図2の加速度波形を用いた。計算時間増分は 0.002 秒、Rayleigh 減衰として、初期剛性比例型を用いた。未改良砂の材料パラメータは、LIQCA マニュアルに記載の豊浦砂相対密度 60%の結果を参考にして設定し、改良砂のパラメータは、 $R_{L20}=0.32$ となるように設定した。未改良砂および改良砂の液状化強度曲線を図3に示し、有限要素メッシュを図4に示す。

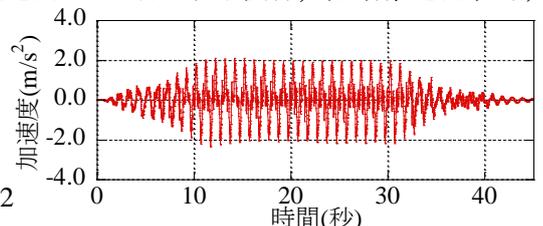


図2 入力地震動の時刻歴

キーワード 薬液浸透注入工法 宅地 液状化 数値解析

連絡先 〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸 1-1 岐阜大学工学部社会基盤工学科 TEL 058-293-2438

3.1 検討ケース

再現解析は、無対策の場合(case1)、住宅外縁部を地盤深度4.0mまで改良した場合(case2)、住宅基礎下全面を地盤深度4.0mまで改良した場合(case3)の計3ケースを行った。

3.2 検討結果

各検討ケースの模型住宅下部の節点の沈下量(以下、住宅沈下量)の時刻歴を図5に、case2, 3の加振開始より45秒後の有効応力減少比のコンター図を図6に示す。有効応力減少比とは、初期有効応力から現在の平均有効応力までの減少量を初期有効応力で無次元化した指標であり、1に近づくほど有効応力は0に近づき、液状化に至ることを示す。図5より最終住宅沈下量に着目すると、解析結果では2種類の対策範囲で同様な結果となることがわかった。次に実験結果と解析結果の最終住宅沈下量に着目し比較すると、実験結果をある程度再現できることがわかった。しかし初期の沈下スピードは、解析の方が実験結果に比べて大きいことがわかる。この原因については、現在、詳細に検討中である。図6より、対策範囲により液状化領域が変化することがわかった。

4. まとめ

対策を施すことで住宅沈下量が抑制できることがわかった。また対策範囲の異なる2種類で検討したところ、最終住宅沈下量がほぼ同等になることもわかった。本研究では模型地盤を均一な相対密度と仮定し解析したが、遠心場振動台実験では地盤の相対密度が若干不均一であった。今後は、地盤の不均一性を丁寧に考慮し検討解析する必要がある。

謝辞：本研究の一部は、令和元年度京都大学防災研究所一般共同研究「ナノ材料が市街地の地震時液状化被害を低減」の成果によります。ここに記して感謝いたします。

参考文献：1) 大野康年：特殊シリカ液を用いた浸透注入改良砂

の力学特性と地盤改良技術に関する研究，京都大学工学博士申請論文，2006。

2) Oka, F., Yashima, A., Tateishi, A., Taguchi, Y. and Yamashita, S.: A cyclic elasto-plastic constitutive model for sand considering a plastic-strain dependence of the shear modulus, Geotechnique, Vol. 49, No. 5, pp. 661-680, 1999.

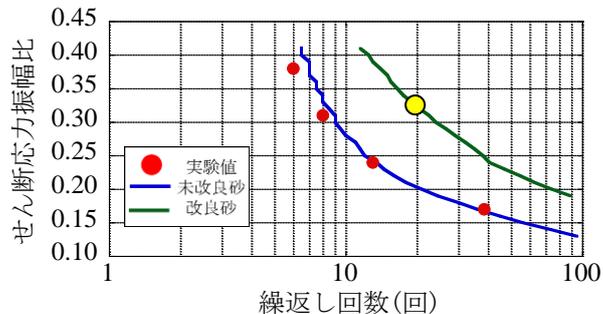


図3 未改良砂及び改良砂の液状化強度曲線

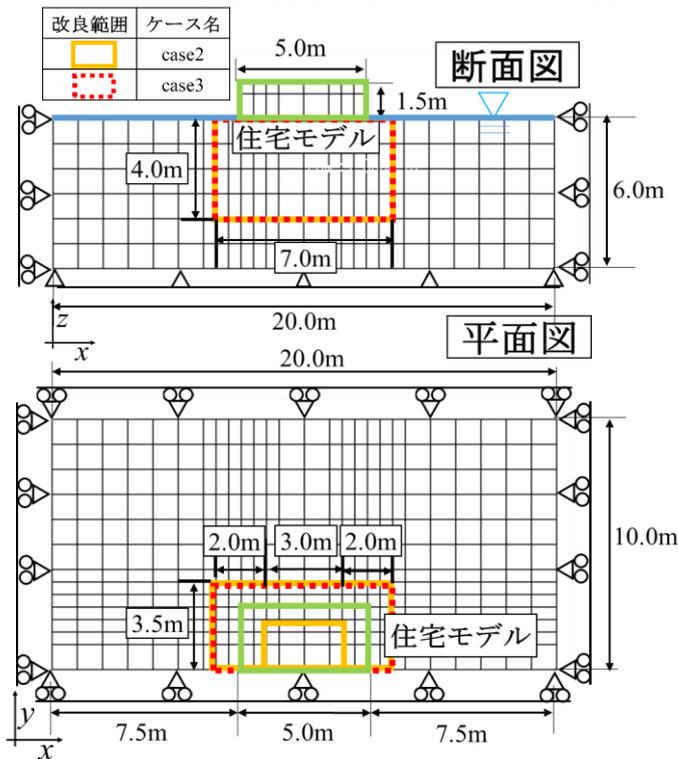


図4 有限要素メッシュ

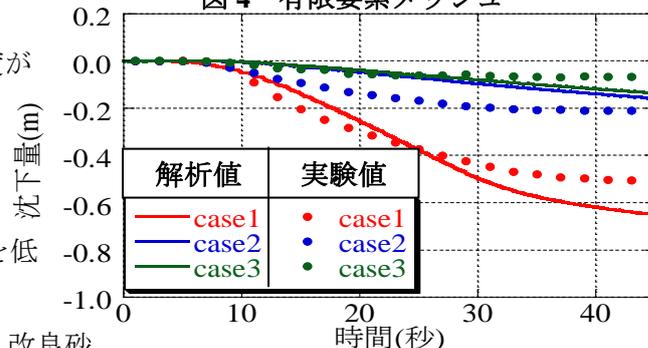


図5 住宅沈下量の時刻歴

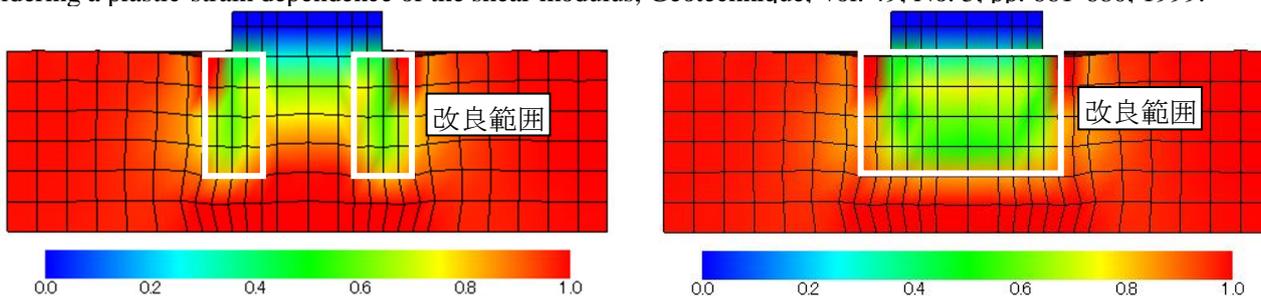


図6 有効応力減少比のコンター図(左: case2, 右: case3)