

地震動の違いによる SCP 改良砂地盤・粘土地盤の地震中・地震後挙動の比較

(株)不動テトラ(名古屋大学大学院博士課程) 正会員 ○竹内 秀克
 名古屋大学 正会員 野田 利弘
 名古屋大学 フェロー会員 浅岡 顕

1. はじめに

サンドコンパクションパイル(SCP)工法による改良地盤では、構造物の地震時被害が比較的小さいことが多く報告されているものの、地震時応答特性には未解明な点が意外と多い。このため設計では、例えば、旧来の円弧すべり計算により、外力に地震力を静的荷重に置き換えた設計水平震度を付加するなどして安全率を求める程度で、地震波特性や継続時間などを適切に評価する手法がないのが現状である。今回は典型的な砂地盤および粘土地盤を例に、土骨格の弾塑性構成式に SYS カムクレイモデル¹⁾を用いた水～土連成動的/静的有限変形計算(GEOASIA)²⁾を実施し、大きさと周波数特性が異なる2種類の地震動の下での SCP 改良地盤の地震時特性(地震中・地震後挙動)を調べた。

2. 解析条件

図1に解析に用いた有限要素メッシュ図と境界条件を示す。解析は平面ひずみ条件で行い、原地盤は典型的なゆるい砂²⁾および軟弱粘土³⁾からなる層厚14mの地盤を想定した。SCP改良域のモデル化は、中野ら⁴⁾と同様に、解析領域中央の幅20m区間(図1赤枠部分)に、SCP改良による効果を

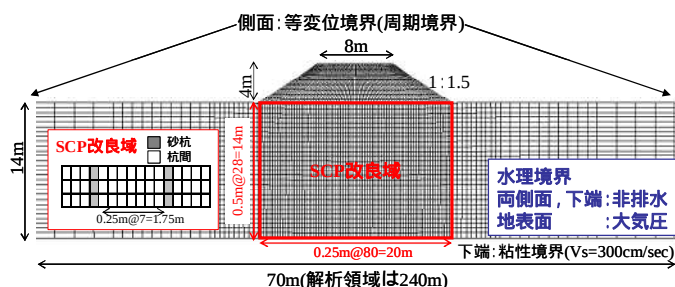


図1 有限要素メッシュ図と境界条件

考慮した。砂杭は幅25cm 設置間隔2.0mの砂壁(改良率12.5%相当)としてモデル化し密な砂に置換した。杭間地盤も砂杭杭径による締固め効果を考慮するため、軸対称条件での砂杭杭径に

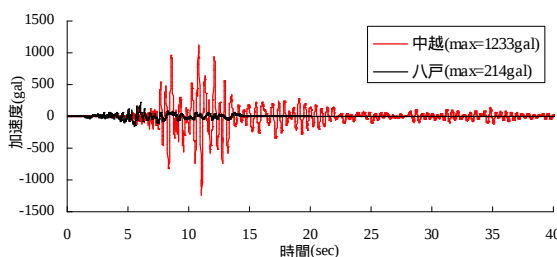


図2 開放基盤面での地震波形

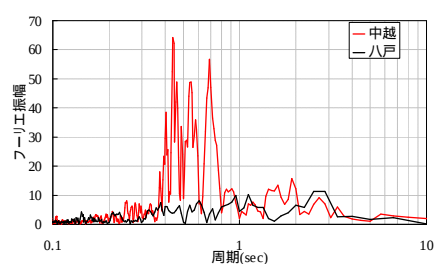
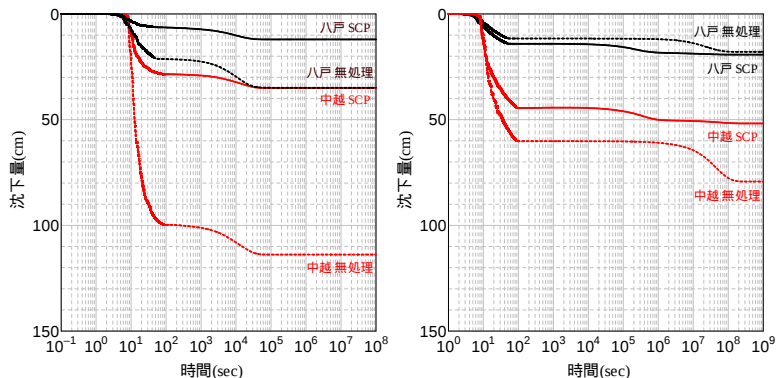


図3 フーリエスペクトル

による締固め過程のシミュレーションを実施し、平均化して地盤状態を決定した。詳細な材料定数および状態量は文献5)を参照されたい。次に、有限要素メッシュを追加する方法³⁾で盛土を段階載荷し10年放置後、基盤層底面(粘性境界)より図2に示す2種類の地震波(八戸波・中越波)を入力し、変形が収束するまで一連の解析を行った。図3に各々のフーリエスペクトルを示すが、中越地震波は周期0.5~0.8秒の波が大きく卓越している。

3. 解析結果とまとめ

図4は地震発生からの盛土中央直下の時間～沈下関係を示す。砂地盤では無処理地盤に比べ SCP 改良地盤は沈下量が圧倒的に小さい。砂地盤の場合、無処理は八戸波でも全域で液状化し変形が生じるが、SCP改良地盤



(1)砂地盤 (2)粘土地盤
 図4 地震発生時からの時間～沈下量関係

キーワード 液状化, 有限要素法, 弾塑性, 水～土連成解析, 締固め砂杭

連絡先 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻 TEL 052-789-5072

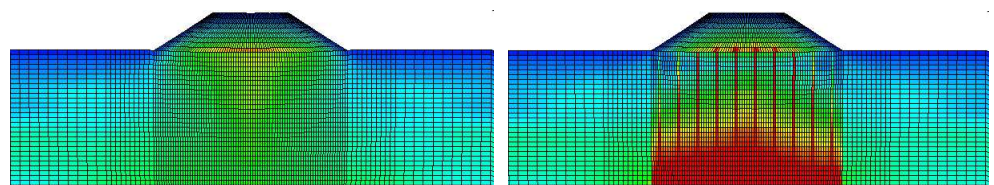
では砂杭への応力集中と併せ杭間も砂杭拡張に伴う締締め効果により平均有効応力は保持し液状化しない(図5)．一方、粘土地盤の場合、八戸波ではSCPの有無によらずほぼ同じ沈下量が生じるが、中越地震では差が大きい．これは、図6の地震中の過剰間隙水圧分布に示すように、(4)粘土地盤中越波では、砂杭内に負の過剰水圧が発生⁵⁾⁶⁾しているためである．つまり砂杭が正のダイレイタンシーを伴う拘束圧増加により、他のケース以上に大きな負担をしているためである．

図7は各ケースの盛土天端中央の加速度応答を示す．盛土がない状態で地震動を受けた場合、砂地盤は液状化による減衰、粘土地盤は増幅する様子を別途確認しているが、盛土がある場合その天端では、全ての結果で増幅している．とりわけ砂地盤では無処理よりSCP改良地盤の方がより大きな加速度を示した．また図8に地震波毎の加速度応答スペクトルを示す．中越波では周期0.5秒以下の短周期成分でより増幅されているのに対し、八戸波では1.5秒程度の長周期成分でも大きく応答している．

今後、3次元を含めた適切な各種地盤のモデル化と、様々な地震動条件下での地震時特性の解明を通じ、最適な耐震設計法を提案してゆきたい．

参考文献 1) Asaoka et al. (2002): An elasto-plastic description..., S&F, 42(5), 47-57
2) Noda et al. (2008): Soil-water coupled

finite deformation analysis based on a rate-type equation of motion incorporating the SYS Cam-clay model, S&F, 48(6), 771-790. 3) Noda et al. (2009): Co-seismic and post-seismic behavior of an alternately layered sand-clay ground and embankment system accompanied by soil disturbance, S&F, 投稿中. 4) Nakano et al. (2008): Ground improvement reclaimed land by compaction through cavity expansion of sand piles, S&F, 48(5), 653-671. 5) 竹内ら(2009): SCP改良された砂地盤と粘土地盤の地震中・地震後挙動の比較, 第44回地盤工学研究発表会発表講演集 6) Takeuchi et al. (2009): Coseismic and postseismic behavior of intermediate soil ground improved by sand compaction pile method, IS-Tokyo2009, Japan

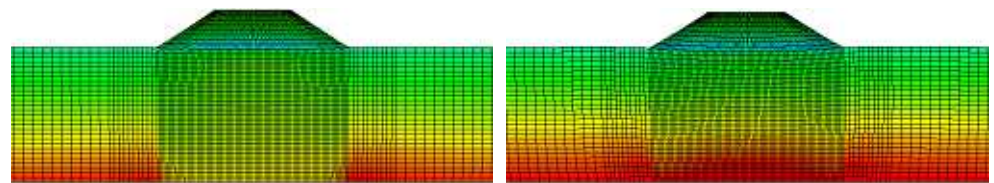


(1) 砂地盤 無処理

(2) 砂地盤 SCP

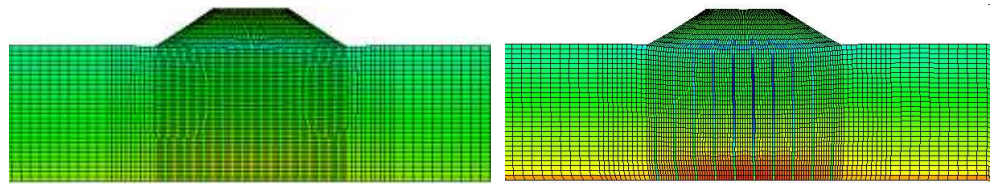
0kPa 60kPa

図5 平均有効応力分布(八戸波 地震発生より20秒)



(1) 砂地盤 八戸波

(2) 砂地盤 中越波

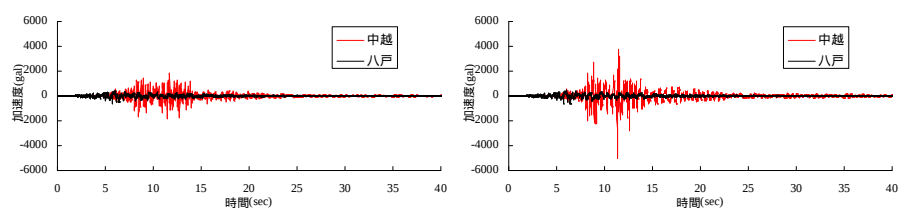


(3) 粘土地盤 八戸波

(4) 粘土地盤 中越波

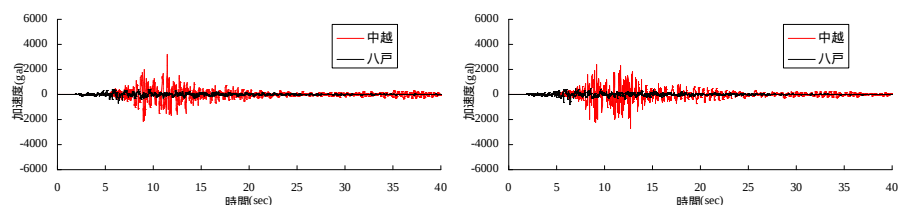
-75kPa 120kPa

図6 SCP改良地盤の過剰間隙水圧分布(地震発生より40秒)



(1) 砂地盤 無処理

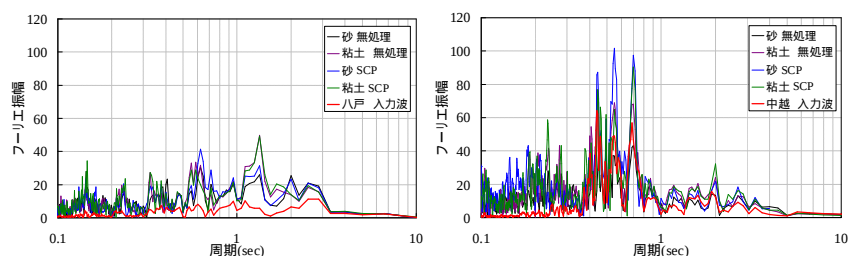
(2) 砂地盤 SCP



(3) 粘土地盤 無処理

(4) 粘土地盤 SCP

図7 加速度応答(盛土天端中央)



(1) 八戸波

(2) 中越波

図8 加速度応答スペクトル