

地盤の不均質性を考慮した SCP 改良地盤の沈下特性

九州大学 学生会員 ○澤田 尚樹 正会員 笠間 清伸 古川 全太郎
株式会社不動産テトラ 正会員 竹内 秀克 原田 健二 日高 亮

1. 目的

緩い砂質地盤に砂杭を造成するサンドコンパクションパイル (SCP) 工法は、液状化対策などを目的として利用されている。SCP 工法の改良効果については、実地盤の密度や細粒分などの物理特性の不均質性や締固め効果の不均一性に起因して、改良地盤の液状化強度に空間的なばらつきが生じることが報告されている¹⁾。

本文では液状化強度にばらつきを有する SCP 改良地盤を対象に地盤の地震後の過剰間隙水圧の消散による沈下量に着目し、地盤強度のばらつきが地盤沈下に与える影響について考察した。

2. 解析手法

図 1 に地盤の解析モデルを示す．本研究では地震応答解析に FLIP(マルチスプリングモデル)を使用した．解析モデルの要素数は 2200，節点数は 2331 とした．地盤全体（高さ 10m，幅 100m）のうち，地盤底部から 9m まで地下水が存在し，SCP 工法による改良範囲は地盤中央の幅 20m とした．本研究では改良対象の 800 要素（地下水以深：720，地下水以浅：80）の改良前の N 値と細粒分含有率 F_c にばらつきを与えた．原地盤の N 値と F_c の平均値はそれぞれ 5.8 と 35.1%とし， N 値と F_c の変動係数をそれぞれ 0.3 と 0.1 とした． N 値と F_c はそれぞれ独立な対数正規分布でばらつきを与え，ばらつきを与えた断面を 100 パターン作成した．改良部の改良率は 0%，10%，20%とした．地盤の自己相関距離は鉛直方向に 3m，水平方向に 15m と設定した．SCP 改良地盤は原地盤と F_c は同値とし，改良後 N 値を方法 D¹⁾により計算し，各要素の剛性および液状化パラメータを決定した．表 1 に均質な原地盤および改良率 10%，20%の改良地盤における地盤定数を示す．図 2 に地震応答解析で用いた入力地震動の波形を示す．図 2 の地震動は L2 地震動を想定し，最大加速度は 740gal とした．地震応答解析終了後，過剰間隙水圧の消散を考慮した浸透連成解析を行い，地震後の過剰間隙水圧の消散に伴う地表面の沈下量を FLIPDIS を用いて照査した．

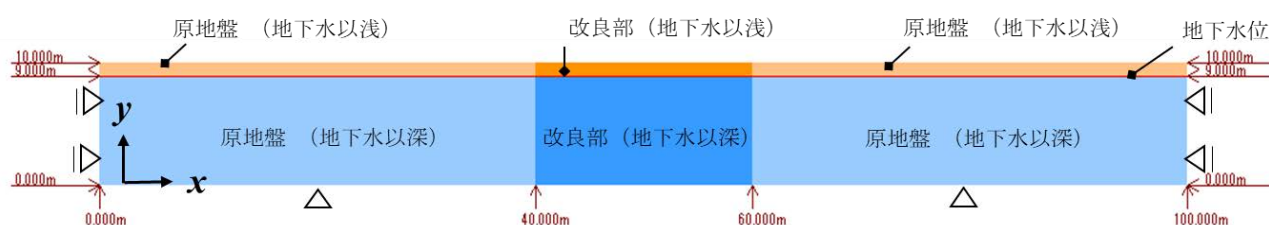


図 1 解析地盤モデル

表 1 入力地盤定数

詳細パラメータ	改良後 <i>N</i> 値	基準初期せん断剛性	基準体積弾性係数	ポアソン比		湿潤密度
記号	<i>N</i> (回)	<i>G</i> _{max} (kN/m ²)	<i>K</i> _{max} (kN/m ²)	<i>v</i>		<i>ρ</i> (g/cm ³)
原地盤	5.8	53109	138499	0.33		地下水以深: 1.937
改良率10%	10.5	77654	202510			地下水以浅: 1.733
改良率20%	15.8	101503	264705			

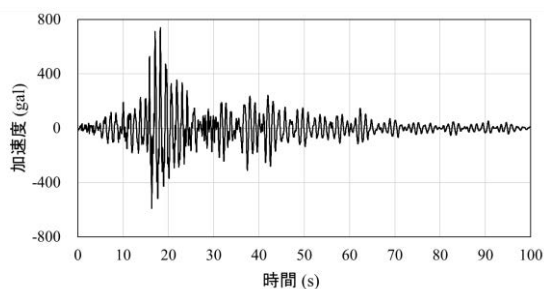


図2 入力地震動

キーワード サンドコンパクションパイル工法，地震応答解析，液状化
連絡先 〒819-0385 福岡県福岡市西区元岡 744 W2-1110

3. 改良部の地表面沈下量

図3a), b) に各改良率における改良部全体の地表面沈下量を示す。a) の原地盤の場合、均質地盤では平均沈下量は 0.175m で地表面は一様に沈下した。不均質地盤の改良部全体の平均沈下量は 0.123m となった。これは不均質地盤の N 値の大きい要素が沈下を抑制したためだと考えられる。b) の改良地盤の場合、改良率 10%では均質地盤の平均沈下量は 0.085m, 不均質地盤では 0.079m となり均質地盤と不均質地盤の沈下量の差は 0.006m と小さくなった。これは改良部全体に対しても地盤改良によって沈下量のばらつきの幅が小さくなったためである。改良率 20%では均質地盤の平均沈下量は 0.042m, 不均質地盤では 0.044m となり均質地盤と沈下量にほぼ差は生じなかった。

図4に各改良率における改良部地表面沈下量の超過確率を示す。本研究では 100 回の解析で得られた改良部地表面の節点 41 点、合計 4100 個の沈下量のうち各沈下量 (0.05~0.1 間の 0.01 刻みの数値) を超えた割合を超過確率と定義した。一般に SCP 改良地盤における許容動的変位は 0.05m とされている。原地盤ではすべて節点で 0.1m 以上の沈下が発生した。改良率 10%ではすべての節点において 0.09m 以上の沈下は発生しなかったが、未改良部との境界付近で 0.08m 以上の沈下が発生し、0.08m および 0.07m 以上の超過確率はそれぞれ 0.34 と 0.92 となった。改良率 20%ではすべての節点において 0.06m 以上の沈下は確認されず、0.05m 以上の沈下量が発生する確率は 0.14 となった。これは未改良部との境界付近で 0.05m 以上の沈下が発生したためであり、改良部中央 ($x = 45\text{--}55\text{ m}$) では沈下量が 0.05m 以上発生する箇所は発生しなかった。

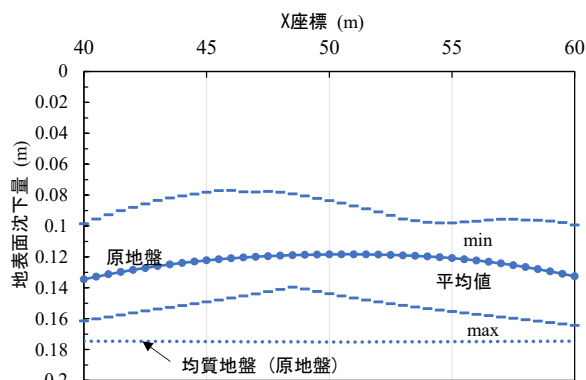
4. まとめ

本稿で得られた結論は次の通りである。

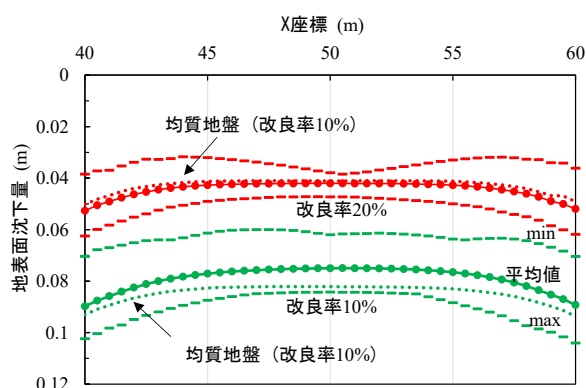
- 1) 不均質性を考慮した改良地盤における改良部全体の地表面沈下量の平均値は、改良率 10%で 0.079m, 改良率 20%で 0.044m と、改良率を大きくすることで沈下量とそのばらつきは小さくなる傾向が確認できた。この傾向は均質地盤でも確認できた。
- 2) 改良地盤における沈下量が 0.05m を超過する確率は、改良率 20%において 0.14 となり、特に未改良部との境界付近で 0.05m 以上の沈下が発生が確認できた。しかし、改良部中央 ($x = 45\text{--}55\text{ m}$) では 0.05m 以上の沈下は発生せず、不均質性を考慮しても改良効果は十分発現した。

参考文献

- 1) 地盤工学会：液状化対策工法，第Ⅱ編 各論，第1章 密度増大工法，1.3 サンドコンパクションパイル工法，P243，2005
- 2) 山本実，原田健二，野津光夫：締固め工法を用いた緩い砂質地盤の液状化対策の新しい設計方法，土と基礎（地盤工学会誌），48巻，11号，pp.17-20，2001。



a) 原地盤



b) 改良地盤

図3 改良部の地表面沈下量

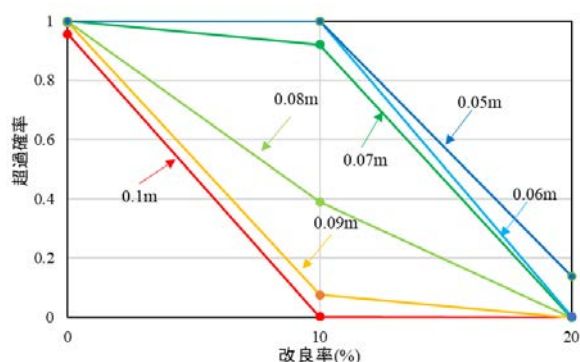


図4 地表面沈下量の超過確率