

2次元平面 FEM を用いた SCP 打設時の変位緩衝孔周辺の挙動解析事例

パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員 ○宗片 渉
 パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員 舘川 逸朗
 パシフィックコンサルタンツ(株) 平野 由之

1. はじめに

緩い砂地盤や粘性土地盤への地盤改良工法として用いられるサンドコンパクションパイル(以下 SCP と略す)工法は、強制的に砂などの材料を地盤中に圧入して周辺地盤の密度増大を図るため、施工時に周辺地盤変位を生じる。このため、近接構造物の変位対策として変位緩衝孔が用いられるが、数値解析による効果の定量的な評価が困難であった。筆者らは、2次元平面 FEM 弾性解析を用いて変位緩衝孔の変位低減効果について、変位緩衝孔と周辺地盤の解析パラメータを変化させて解析モデルについて検討した。

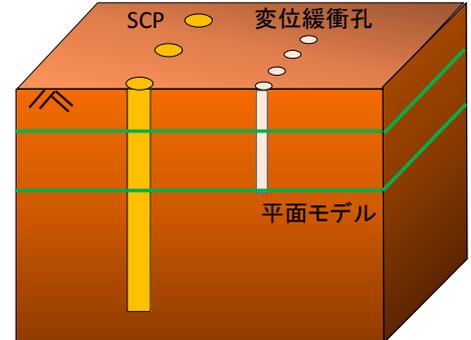


図-1 SCPおよび変位緩衝孔の模式図

2. 解析手法とモデルの概要

(1)全体モデル

SCP 打設時の地盤変位は変位緩衝孔も含めて評価する上で、変位緩衝孔が平面的に不連続で縦断方向に連続な空洞であるため、横断方向の解析モデルでは表現することが難しい(図-1)。このため、SCP 工法の周辺影響を再現するにあたり深度方向で条件を変化させることとして、図-2に示すような2次元平面 FEM モデルを採用し、解析領域を広くすることで境界条件の影響を低減し、以下の拘束条件を設定した。

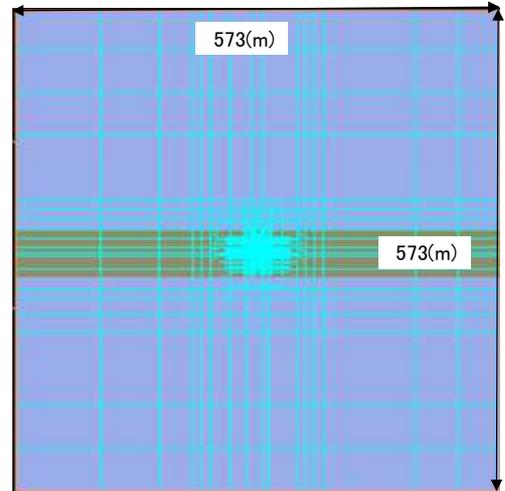


図-2 平面 FEM 全体モデル

- ・モデルのサイズ：縦横 500m 以上(573m)
- ・メッシュ数：節点数約 8,500、要素数約 9,500
- ・拘束条件：横方向は鉛直 \bar{u} , 上下方向は水平 \bar{u} , 下両端固定

(2) SCP 施工前後の状態の再現方法

SCP 孔に強制変位を与えることで SCP 工法施工時を再現した。本モデルでは、試計算として、SCP の直径を $\phi=100$ cm とし、SCP の直径方向に 10 cm の強制変位を与えた。SCP は、モデルや計算を容易にするために便宜上、円ではなく、正八角形とした。SCP 影響範囲は下端から 45° 程度と想定し、その影響範囲における変形係数を 1/4 に小さくすることで影響を軽減させた。また、SCP 打設後は杭およびその周辺地盤の変形係数を増大させることで、SCP による密度増加を表現した。

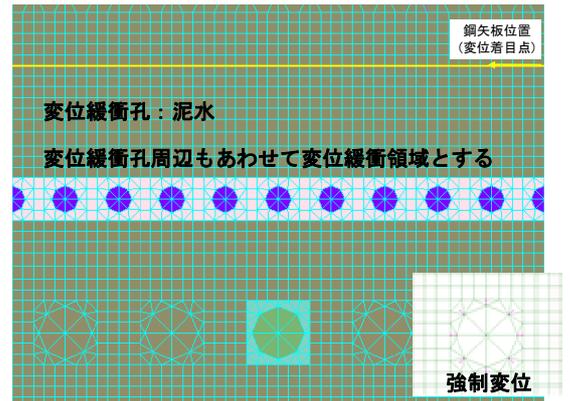


図-3 SCP・変位緩衝孔モデル拡大図

(3) 変位緩衝孔

図-3 に強制変位の作用方法および変位緩衝孔付近の拡大図を、解析パラメータの一覧を表-1 に示す。モデルの直径は $\phi=40$ cm、変位緩衝孔内部は空洞もしくは泥水により満たされていると仮

表-1 SCP および変位緩衝孔付近の解析パラメータ

	上載圧 σ_v' (kN/m ²)	変形係数 E (kN/m ²)	ポアソン比 ν	静止土圧係数 K_0
地盤改良前(SCP影響範囲)	64.45	11000	0.333	0.500
地盤改良前(SCP影響範囲外)		44000	0.333	0.500
地盤改良後		16980	0.333	0.500
SCP		21000	0.263	0.357
変位緩衝孔		2100	0.000	0.800
変位緩衝孔周辺		5500, 2750	0.000	0.800

キーワード サンドコンパクションパイル工法、変位緩衝孔、FEM

連絡先 〒206-8550 東京都多摩市関戸 1-7-5 パシフィックコンサルタンツ株式会社 TEL 042-372-7343

定し、静水圧分布を変位緩衝孔内部の強度と想定し、これをもとに弾性係数を設定した。また、変位緩衝孔とその周辺地盤は SCP 施工時にみかけの体積収縮が生じることを再現するためにポアソン比 $\nu=0$ とした。変位緩衝孔の周辺は、土圧変化による緩みを考慮して変形係数を $1/2\sim 1/4$ に減少させた。このように変位緩衝孔とその周辺を変位緩衝領域として SCP 施工時の挙動解析を実施した。

3. 解析ケースと結果

表-2 に今回比較検討した 5 ケースの条件と結果一覧を示す。

表-2 検討ケースと解析結果一覧

	変位緩衝孔	変位緩衝孔周辺	鋼矢板	着目点変位量 (cm)	打設後の変位緩衝孔直径 (cm)	影響低減率 (%)
①	×	変更なし	×	0.955	39.0	0
②	○	変更なし	×	0.906	39.3	5
③	○	$E=5500\text{ kN/m}^2$	×	0.798	39.2	16
④	○	$E=2750\text{ kN/m}^2$	×	0.635	39.0	32
⑤	○	$E=2750\text{ kN/m}^2$	○	0.674	39.0	29

1) 変位緩衝孔および変位緩衝孔周辺 :

図-4 にケース②の変形図を示す。SCP の直径が広がると同時に周辺地盤に変位が生じ、変位緩衝孔の収縮が生じている。

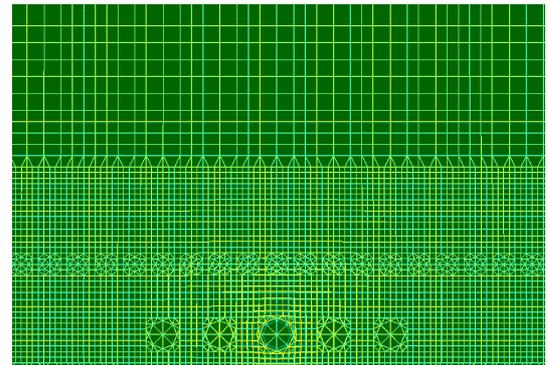


図-4 ケース②の変形図

各ケースの着目点位置の変位量、SCP 打設後の変位緩衝孔の直径および SCP 打設の変位低減効果を表-2 に示す。表-2 より、変位緩衝孔に加え、変位緩衝孔周辺の変形係数を低減させることで、SCP 打設時の変位着目点の変位低減の割合(以下、低減率と称す)が増加することがわかる、本検討において、変位緩衝孔周辺の変形係数を最も減少させたケース(変位緩衝孔周辺の変形係数 $E=2,750\text{ kN/m}^2$)では、SCP 打設時の変位の低減率は 29% と最大となった。一般的に SCP 打設時に変位緩衝孔を設けることで周辺への変位の影響は 50%程度に低減するとされている。これらのことから、変位緩衝孔による変位の低減効果は、変位緩衝孔のみだけではなく、変位緩衝孔とその周辺が変位緩衝領域として作用したと考えられる。

2) 変位緩衝孔・鋼矢板併用工法

変位緩衝孔および鋼矢板併用工法(ケース⑤)の着目点の変位は 0.674cm である。鋼矢板を設置せず、変位緩衝孔のみを設けた場合(ケース④)の変位は 0.635cm である。そのため、鋼矢板を設置することで、SCP 打設時の変位の低減率が減少した。これは、実際の現場では、鋼矢板は地中に埋まり、下端が拘束されているため、土圧が発生し、変位への抵抗を有するが、本モデルにおいては、上下の拘束がないため、地盤の変形に対しての抵抗が十分に作用しないことが要因であると考えられる。

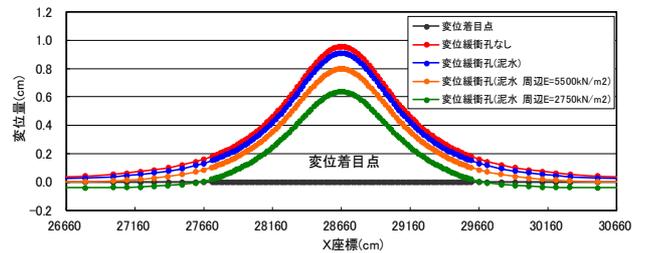


図-5 各ケースの変位着目点の変位

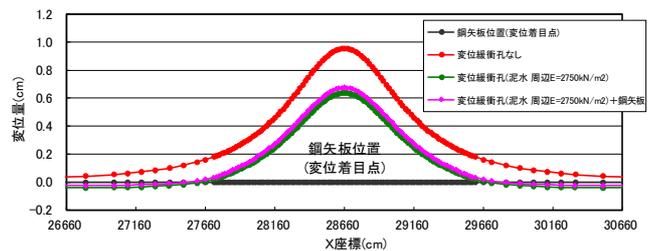


図-6 鋼矢板有り無しの鋼矢板位置(変位着目点)の変位

4. まとめ

SCP 打設時における変位緩衝孔の効果について、2次元平面モデルを用いることにより検討した。この結果、変位緩衝孔のみではなく、変位緩衝孔とその周辺が変位緩衝領域となり、SCP 打設時の変位の影響を低減することを表現できた。また、鋼矢板併用工法は、2次元平面モデルでは、十分に表現できない結果となった。鋼矢板併用工法のさらなる解析精度向上のためには、計測データを蓄積し、3次元モデル等の再現解析を用いることで、鋼矢板の挙動を明らかにする必要がある。

【参考文献】 1) 社団法人 地盤工学会：液状化対策工法，2004
 2) 社団法人 地盤工学会：建設工事における環境保全技術，2009。