

III-61 SCP 打設時の周辺地盤の変形、応力状態の観察と解析

東北大学 学 ○八木 健太郎 正 風間基樹 仙頭 紀明

1. はじめに

サンドコンパクションパイル（以下、SCP）工法は軟弱地盤中に砂杭を造成し地盤を締め固め、改良する液状化対策工法である。SCP 工法による改良地盤の評価を行う場合、実務では地盤の密度増加を評価することが一般的である。しかし、SCP 工法による液状化強度は地盤の密度の増加以外にも静止土圧係数 K_0 の増加によっても大きくなると考えられている。そのため、近年では、地盤内の拘束力増加を液状化強度の評価に組み込む試みが盛んに行われている。地盤内の拘束力増加の評価に関しては、現場計測結果¹⁾や数値解析などによる方法²⁾が報告されているが、いずれも定量的な評価という点では不十分である。そこで、本研究では地盤密度増加に加え、地盤拘束効果に着目した SCP 打設の模型実験を行い、ケーシングパイプの貫入から拡張した時の周辺地盤の応力状態の変化、地盤内ひずみ分布の評価を行った。

2. SCP 打設模型実験の方法

実験装置の概略図とケーシングパイプ貫入・拡張の手順の概略を図-1 に示す。ケーシングパイプは外径 4.86cm、内径 4.3cm のステンレス管を用い、砂杭の直径 7cm を目標に締め固めを行った。模型地盤は相馬硅砂 6 号を用いて相対密度 50% を目標に、土槽に張った水に空気が入らないよう所定量の砂を降らせ作成 ($Dr=55\%$) し、飽和させた。砂の物理特性を表-1 に示す。

実験では地盤改良時の間隙水圧、地盤内土圧の変化を計測するため、間隙水圧計、土圧計、加速度計を深さ方向に 3 箇所、図-2 のように設置した。また、地盤作成時、計測機器と同一の深さに同心円状でターゲットを設置しておき、ケーシングパイプの貫入およびその後の砂杭の径によって地盤内の変形がどのように起こったかを調査した。水平方向の移動をデジタルカメラによって計測し、画像処理によってターゲット間距離のひずみを求めた。実験前後のターゲットの位置及び変位状況の代表例を図-3 に示す。さらに、実験開始前後の地盤のせん断強度をハンドベーン試験機を用いて計測し、SCP 打設による改良効果を調べた。ただし、ベーン試験は設置された計測機器、ターゲットを動かしてしまう恐れがあるため、同様の地盤条件で改

良を行った別の地盤 ($Dr=55\%$) に対して実施した。

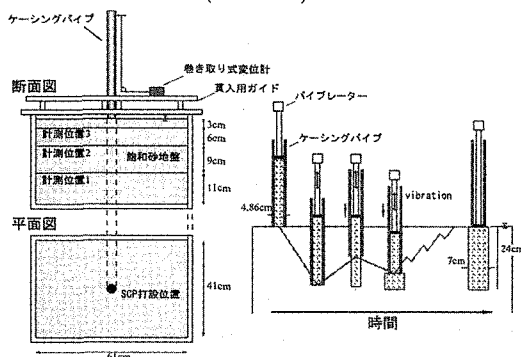


図-1 実験装置概略とケーシングパイプ貫入と拡張の手順

表-1 相馬硅砂 6 号の物理特性

ρ_s (g/cm ³)	2.672
U_c	1.737
e_{max}	1.258
e_{min}	0.758

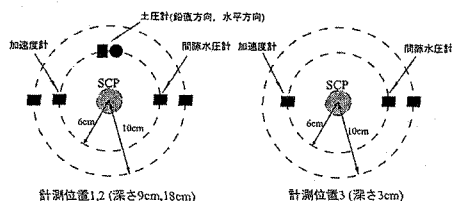


図-2 計測位置

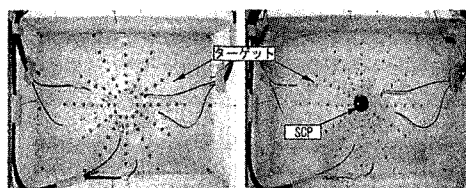


図-3 ターゲットの設置および変位状況の代表例（地盤深さ 9cm）

3. 結果と考察

3.1 間隙水圧

深さ 18cm の位置での過剰間隙水圧比の経時変化を図-4 に示す。拡張を開始してから、計測機器が設置された位置に締め固められた砂杭ができる間に最大値の発生、減少を交互に繰り返す挙動を示す。その後、徐々に過剰間隙水圧が減少していき、最終的に消散する。

また、杭中心からの距離が 6cm と 10cm に設置した間隙水圧計の計測値を比較すると、同様の挙動を示す

ものの、SCP 中心から距離が近い所ほど発生する過剰間隙水圧が大きいことが確認された。

3.2 水平土圧

図-4は深さ18cmの位置での水平土圧係数 K 値の経時変化である。ケーシングパイプ貫入中にパイプが計測機器付近を通過する時、計測機器が設置された位置まで締固められた砂杭が造られた時に最大値をとることが確認できる。また、改良前後で K 値がおよそ0.1増加しており、地盤の拘束力が増加していることが分かる。同様の傾向が深さ9cmの位置でも見られた。

3.3 地盤内ひずみ

図-5は一次元でターゲットの移動を捉えたときのターゲット間距離の平均ひずみ分布である。ただし、打設前のターゲット中間点をSCP中心からの距離としてプロットした。このとき、中心点はSCP打設によってSCPの縁に移動したものと考える。

SCP中心に近いほど、ターゲット間の距離が縮まっていることが分かる。したがって、杭中心に近いほど大きい負の体積ひずみ(収縮)が生じ、離れるにつれ、ひずみが0に近づくと考えられる。また、地盤深さが深いほど、収縮傾向は大きいといえる。距離が2cmでの深さ18cmの値が小さいのは、造成されたSCPの直径が他の深さの比べて小さかったためである。一方、深さ3cmの値が膨張傾向にあるのは、地盤の拘束圧が関係していると考えられる。

3.4 セン断強度

図-6は実験前後のベーン試験結果から算出したせん断強度の変化を示している。杭中心での計測値を除き、すべての点で実験前のせん断強度を上回っていることから、SCP打設によって地盤が改良されたといえる。また、深度が大きい場所、杭中心から6cm以上で近い場所ほどせん断強度の増分が大きいことが読み取れる。杭中心と中心から4cmの位置では他に比べせん断強度増加量が小さいが、これは、砂杭の締固めが不十分であったこと、そして、4cm位置での計測のとき、ベーンブレードの一部が締固め不十分の砂杭部分にかかってしまったことが原因として考えられる。また、杭中心から15cm以上ではいずれの深さにおいても10kPaで一定となっている。ただし、地盤内応力と密度変化がどの程度せん断強度の増加に影響したかについては今後の課題である。

4. まとめ

本研究により、以下のような結論が得られた。

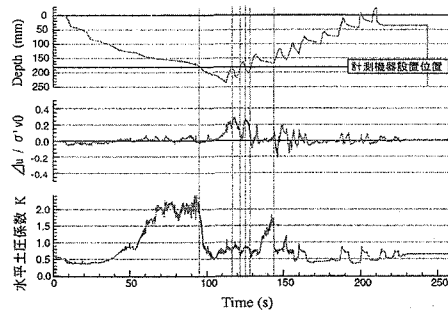


図-4 過剰間隙水圧比と水平土圧係数の経時変化

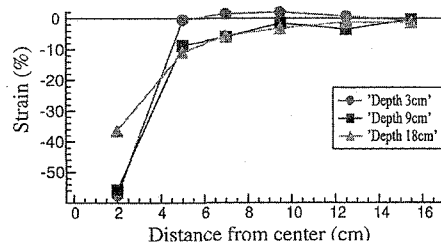


図-5 地盤内ひずみ分布図

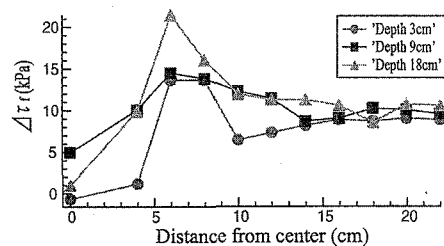


図-6 セン断強度の変化

- ・ケーシングパイプの貫入・砂杭の拡張による地盤内有効応力は杭の打設過程で複雑な変化をする。
- ・ケーシングパイプの貫入・砂杭の拡張による地盤内応力は増加、減少を交互に繰り返す挙動を示しながら、地盤の拘束力を増加させていく。
- ・SCP打設によって周辺地盤は負の体積ひずみ(収縮)が生じ締固められる。また、杭中心から離れるほどその傾向は弱まる。
- ・SCP打設前後でせん断強度が最大で20kPa増加した。それが地盤内の応力変化か密度変化によるものかは今後検討していく必要がある。

参考文献

- 1) 木村保, 奥村一郎, 三沢久詩, 川鍋修 (1986):コンパクションパイル打設地盤の K_0 値について, 第21回土質工学研究発表会発表講演集, pp.1863-1866.
- 2) 浅岡顕, 中野正樹, 野田利弘, 水野和憲, 高稲敏浩, 野津光夫, 竹内秀克 (1999):水-土連成解析を用いた砂杭拡張による砂質地盤の締固め効果の解明, 第34回地盤工学研究発表会, pp.1129-1130.