

拡径を考慮した試験土槽における砂杭打設実験

東電設計（株） 正〇溜 幸生 東電設計（株） 正 高橋 誠
東京電力（株） 津田 守

1. はじめに

締固めによる改良地盤が 1995 年兵庫県南部地震のような大地震においても有効であったことが報告されている¹⁾。以来、サンドコンパクションパイル(以下、SCP と記す)で改良された複合砂質地盤に関して、静止土圧係数 K_0 の増加や杭芯と杭間で構成される複合地盤効果に着目した研究が精力的に進められている²⁾³⁾。SCP の改良地盤では砂杭の造成による静止土圧係数の増加が際だった特徴とされているが、現状では振動台実験等の模型実験において、これを忠実に再現した模型地盤を作成して用いた例は見当たらない。そこで筆者らは、振動台実験に供する複合砂質地盤模型を作成する目的で、実際の砂杭打設における砂杭の拡径を考慮して、試験土槽において砂杭の打設実験を行った。以下、実験の方法と結果について報告する。

2. 実験方法

実験では、内径 1.2m 高さ 0.9m の円形土槽内に水中落下により高さ 0.8m の模型地盤(相対密度 $Dr=34\%$)を作成し、この地盤に砂杭を 4 本打設した。土は原地盤、砂杭材料ともに豊浦砂 ($G_s=2.644$, $e_{min}=0.606$, $e_{max}=0.979$) を用いた。砂杭の打設は図-1 に示す砂杭打設装置で行った。これに示すように砂杭打設装置は、先端にコーンが取り付けられたケーシングをロッドを介して油圧ジャッキに取り付けたものであり、ケーシングにより静的に砂杭を打設するものである。先端のコーンには図-2(a)に示すようにロッドが取り付けられており、このロッドを介してケーシングに脱着可能としている。実験では、以下に示す手順と同じ位置で 3 回繰り返すことにより、実際の SCP と同様にケーシング面積の 3 倍に拡径される砂杭を打設した。

- ① 先端のコーンを内部のロッドによりケーシングに固定した状態で、地盤に圧入する(図-2(a))
- ② コーン先端が土槽底面に達した時点(図-2(b))でコーンを切離し、ケーシングのみを土槽底面まで圧入する(図-2(c))。
- ③ コーンをケーシングから引き抜き(図-2(d))、内部中空となったケーシング内に脱気水と砂を入れ、 $Dr=90\%$ 以上となるように突き固める。突き固めは 2~3 層で行う(図-2(e)(f))。
- ④ ケーシング内部の砂が立ち上がった後に、油圧ジャッキで 0.1m の引き上げと 0.05m の押し戻しを繰り返しながら、ケーシングを抜く(図-2(g)の計測結果参照)。

本実験では、 $\phi 100$ のケーシングを用いたことから、砂杭径は $\phi 170$ (ケーシング径の $\sqrt{3}$ 倍) となる。また、砂杭の配置は図-3 に示すような砂杭ピッチ 0.424m の正方形配置である。砂杭ピッチから算定した置換率は 13%、土槽全体の断面積から算定した置換率は 8.3% である。

計測は、ケーシング圧入荷重および変位、地中土圧について行った。土圧計測は、原地盤作成前に土槽内に図-3 に示す EP1~EP3 の土圧計を立て込み、原地盤作成時および原地盤が完成した後の上記手順に基づく砂杭打設時において継続して実施した。

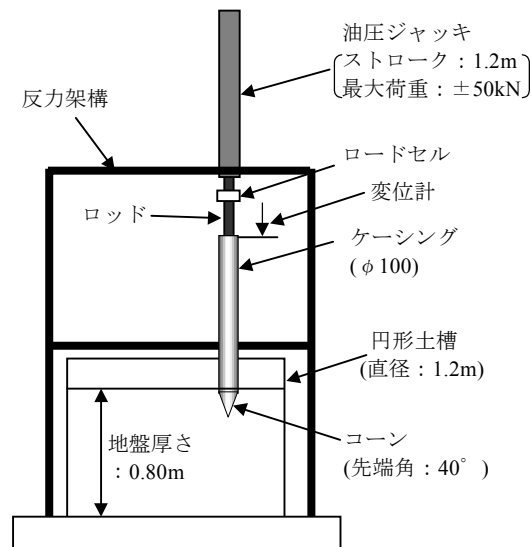


図-1 砂杭打設装置の概略

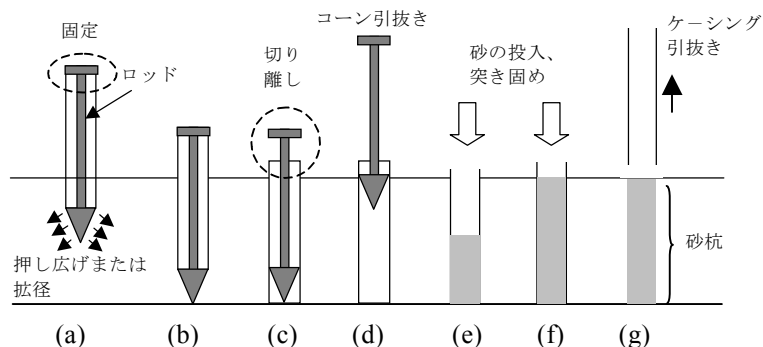


図-2 ケーシングの押し込み、引き抜き手順

キーワード：地盤改良、砂杭、模型実験、静止土圧係数、土圧計測

連絡先：〒110-0015 東京都台東区東上野 3-3-3 東電設計(株)技術開発本部土木技術部 tel.03-4464-5561/fax.03-4464-5595

3. 実験結果

図-4(a)にケーシングの圧入荷重の経時変化を示す。ケーシングの圧入荷重の増加が各杭(杭1~杭4)の打設過程で数回見られるが、これはケーシングの圧入(3回)とケーシング引き抜き時の押し戻し過程において発生したものである。図-4(b)にはケーシングの圧入変位とEP1(GL-0.35m), EP2(GL-0.55m)における静止土圧係数を示す。静止土圧係数は実測した水平方向有効土圧を有効上載圧で除して求めたものである。これより、水平土圧のピークは、ケーシング先端が土圧計の設置深度を通過する際に発生していることがわかる。図-4(c)(d)はケーシングの荷重と変位である。ケーシングの圧入量の増加に伴って荷重が増大する様子がわかる。図-5には原地盤および各砂杭打設後の静止土圧係数の変化を示す。対角中央位置における静止土圧係数(EP1,EP2)は、砂杭の打設に伴い徐々に増加して最終的に1.0程度になっているが、杭1近傍の土圧(EP3)は、杭1および杭2打設時に静止土圧係数1.7程度まで増大し、対角側の杭3打設時に対角中央位置の土圧と同レベルに低下してくる結果となった。図-6には静止土圧係数の深度分布を示す。GL-0.35m(高さ0.45m)ではGL-0.55m(高さ0.25m)に比べ砂杭打設後の静止土圧係数が若干小さいが、平均的には1.0程度に上昇している。図-7には貫入抵抗値を示す。静止土圧係数が増加したGL-0.35mでは砂杭打設後の貫入値は打設前の3倍程度に、GL-0.55mでは4倍程度に増加していることがわかる。また、杭芯(No.2)における貫入値は杭間(No.1)における貫入値より大きくなる傾向が見られる。

4. まとめ

試験土槽において砂杭の拡径を考慮して砂杭を打設することにより、実際のSCP改良地盤における静止土圧係数の増加現象が明らかに認められる模型複合地盤を作成できることが確認された。

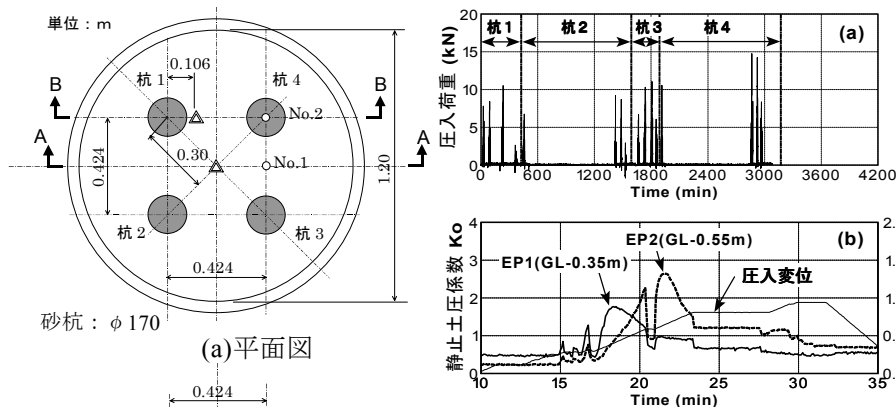


図-3 砂杭および計測器の配置

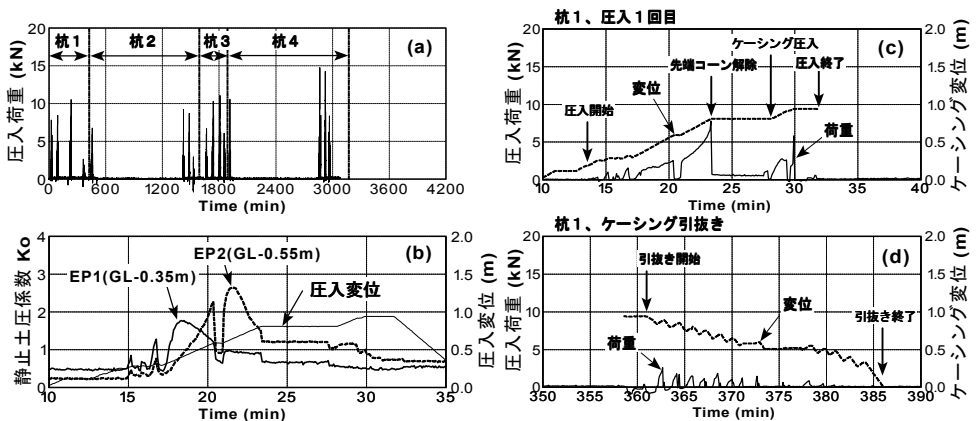


図-4 計測結果

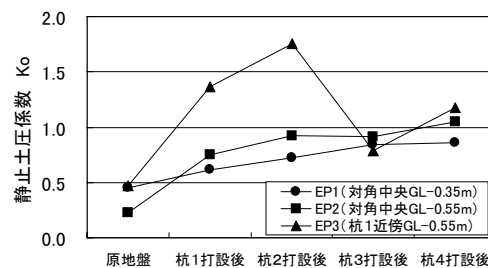


図-5 砂杭打設に伴う静止土圧係数の変化

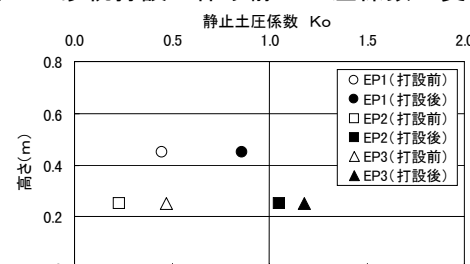


図-6 静止土圧係数の深度分布

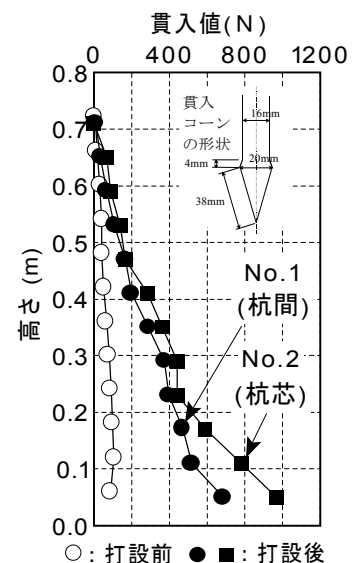


図-7 貫入試験結果

参考文献 1)Yasuda,S., Ishihara,K., Harada, K. and Shinkawa, N.: Effect of Soil Improvement on Ground Subsidence due to Liquefaction, Soils and Foundations, Special Issue, pp.99-107, 1996. 2)原田ら: レベル2地震動における締め固めによる改良地盤の液状化強度の評価について、土木学会第26回地震工学研究発表会、pp.585-588, 2001. 3)安田ら: コンパクションパイルの複合地盤特性を考慮した液状化対策効果の検討、土木学会第26回地震工学研究発表会、pp.705-708, 2001.