

SCP 工法における経済的な改良形式開発のための基礎的研究

広島大学 工学部 正会員 森脇武夫
 広島大学 工学部 学生員 鄭 鐘範
 広島大学 工学部 学生員○神出壮一

1.はじめに

サンドコンパクションパイル（以下 SCP）工法は、密に締め固められた砂杭を軟弱地盤に打設し、複合地盤を形成することにより、せん断強度の増加、圧密の促進、沈下低減などの効果を得ることができる地盤改良工法の一つである。しかし、現在の深刻な砂不足の解消のために SCP を効果的に打設する方法を開発することが必要となっている。そこで、本研究では、昨年までに本研究室で行われた未貫通 SCP の圧密挙動の研究結果より得られた「未貫通 SCP では、下端部を除けば貫通 SCP と同等の働きをする。」という報告と、未貫通 SCP は「砂を節約できる。」という利点を念頭に置き、SCP 工法における経済的な打設形式を検討する。具体的には、貫通、未貫通の SCP を交互に打設した改良地盤の小型模型実験（1G-test）を行い、このような形式の改良効果を把握するとともに、実験結果からこのような形式の改良地盤の最終沈下量と圧密速度を予測する方法を検討する。

2.実験装置及び実験方法

本実験では、広島五日市沖より採取した広島粘土を、室内で練り返し、再圧密して使用する。また、SCP に使用した砂は豊浦標準砂である。載荷装置として複動式ペロフラムシリンダーを、容器として直径 247.4mm、高さ 460mm の円筒圧密容器を使用し、地盤作成から圧密実験までを行う。両面排水による一次元圧密を 49KPa の圧密荷重で行い、地盤を作成した後、相対密度 $D_r = 70\%$ で -40°C で凍結した SCP、および土圧計と間隙水圧計を設置し、SCP が解凍したことを確認し、再度 49KPa で圧密し、SCP と粘土の応力状態を安定させる。作成した地盤に 98KPa の圧密荷重を鉛直等ひずみ条件の下で載荷し圧密する。載荷は瞬時載荷で排水は上面のみで下面は非排水とし、圧密期間を 3t 法により定める。SCP の相対密度 $D_r = 70\%$ 、置換率 $a_s = 28.8\%$ に対して、 $H_d/H = 75\%$ と $H_d/H = 50\%$ の未貫通 SCP を含む改良地盤の計 2 パターンの小型模型実験を行った。図-1 は、土圧計、間隙水圧計の配置と打設パターンを示したものである。

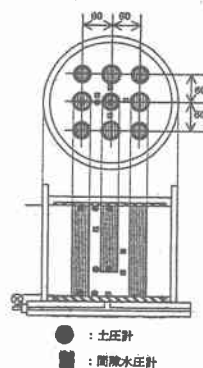


図-1 1G-test

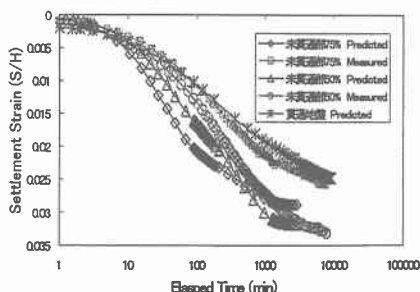


図-2 沈下・時間曲線

3.実験結果及び考察

図-2 は、 $H_d/H = 75\%$ の未貫通 SCP を含む改良地盤及び $H_d/H = 50\%$ の未貫通 SCP を含む改良地盤の沈下量を初期層厚で正規化した沈下ひずみ-時間曲線である。この図-2 に示してある $H_d/H = 75\%$ の未貫通 SCP を含む改良地盤及び $H_d/H = 50\%$ の未貫通 SCP を含む改良地盤の予測曲線は、図-3 に示すように、未貫通 SCP の打設深度までを、貫通 SCP と未貫通 SCP で改良された部分を置換率 $a_{su} = 28.8\%$ の改良地盤、下部の貫通 SCP のみで改良された置換率 $a_{sl} = 14.4\%$ の改良地盤とそれぞれ考え、すべての SCP が貫通した改良地盤で得られた応力分担比 $m = 7.14$ を用いて、それぞれの置換率の層についての最終沈下量を求める。また、圧密速度の計算においては、バーチカルドレーンの圧密を表した Barron の解を用い、圧密度 U と時間係数 T_v の関係を求め、標準圧密試験より得られた圧密係数 $c_v = 0.0383(\text{cm}^2/\text{min})$ と上記で求めた最終沈下量より、それぞれの置換率の部分の沈下-時間曲線を求め、得られた 2 つの沈下-時間曲線を足し合わせることで、それぞれの予測圧密曲線を求める。この

図より、 $H_d/H = 75\%$ の未貫通 SCP を含む改良地盤の圧密を 3t 法で打ち切った時の最終沈下ひずみは 0.0257 で予測値よりも小さな値で、すべての SCP が $H_d/H = 100\%$ の貫通地盤の最終沈下量とほぼ同じ沈下量となっている。また、圧密終了時間も $t_{100} = 7500$ (min) となっており、予測より圧密終了時間も遅くなっている。つまり、 $H_d/H = 75\%$ の未貫通 SCP を含む改良地盤においては、一部の SCP が未貫通である影響がまったく表れていない。また、 $H_d/H = 50\%$ の未貫通 SCP を含む改良地盤の圧密を 3t 法で打ち切った時の最終沈下ひずみは 0.0332 となり予測値よりも大きな値となっている。また、圧密終了時間は $t_{100} = 7920$ (min) となっており、予測より圧密終了時間も遅くなっている。この様に、 $H_d/H = 75\%$ の未貫通 SCP を含む改良地盤に比べ、 $H_d/H = 50\%$ の未貫通 SCP を含む改良地盤では沈下が低減できなかった理由として、応力分担比の深度方向分布の影響が考えられる。これまでの研究⁹⁾で、応力分担比は深度が深くなるほど小さくなっていることが明らかにされている。そして、この応力分担比は、SCP に破壊が生じるために上限がある。そのため、 $H_d/H = 75\%$ の未貫通 SCP を含む改良地盤では、未貫通 SCP の下端深度が深いために未貫通 SCP が分担していた応力が隣接する貫通 SCP へ完全に伝達されても、貫通 SCP でその応力を分担できるため未貫通 SCP の影響が表れなかったと考えられる。しかし、 $H_d/H = 50\%$ の未貫通 SCP を含む改良地盤では、未貫通 SCP の下端が浅いために未貫通 SCP が分担していた応力が隣接する貫通 SCP へ伝達されると、貫通 SCP の応力分担比が限界の値を超え、SCP が破壊してしまうため、貫通 SCP で未貫通 SCP が分担していた応力を全て受け持つことができなかったと考えられる。また、図-2 で示したように、標準圧密試験より求めた圧密係数を用いて沈下-時間関係を予測した曲線と実測曲線では、圧密速度に大きな違いが見られる。そこで、標準圧密試験より得られた圧密係数を 1/3~1/2 程度低減した値を用いて $H_d/H = 75\%$ の未貫通 SCP を含む改良地盤及び $H_d/H = 50\%$ の未貫通 SCP を含む改良地盤の沈下-時間曲線を予測したものと実測曲線を比較したのが図-4 である。この図より、予測値、実測値における沈下-時間曲線がほぼ一致していることが分かる。本実験では、標準圧密試験より得られた圧密係数 c_v を用いて圧密速度を予測すると、実際より圧密速度を大きく見積もることになる。これらの原因として、SCP 打設に伴う粘土部の乱れの影響、圧密容器の周面摩擦の影響、ポーラストーンの目詰まりによる排水の遅れの影響などが考えられる。

4. 結論

本研究では、経済的な SCP 工法を開発するために、未貫通 SCP と貫通 SCP を交互に打設した改良地盤の圧密挙動について検討し、次のような結論が得られた。

- 1) $H_d/H = 75\%$ の未貫通 SCP を含む改良地盤の最終沈下量は、すべての SCP が貫通した改良地盤の最終沈下量とほぼ等しくなる。これは、圧密の進行とともに、未貫通 SCP で分担されていた応力も貫通 SCP の下端部で受け持ったためだと考えられる。
- 2) 標準圧密試験より得られた圧密係数 c_v を用いて、圧密速度を予測すると、実際より圧密速度を大きく見積もることになる。標準圧密試験から得られた圧密係数を 1/3~1/2 程度低減して圧密速度を予測すると実測値とほぼ一致する。

参考文献 1) Jung, J.B. (1988): Study on Consolidation Behavior of Clay Ground Improved by the partly Penetrated Sand Compaction Piles, Dr. Dissertation, Hiroshima University

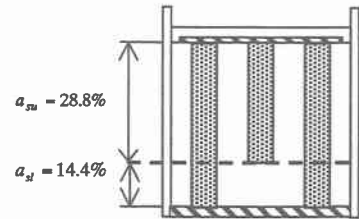


図-3 予測沈下曲線の求め方

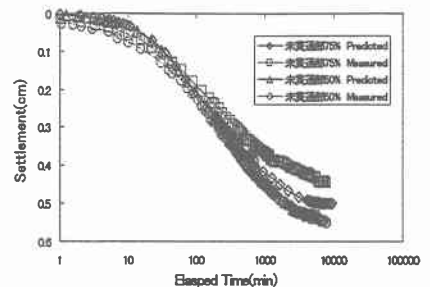


図-4 圧密係数を変えた場合の沈下-時間曲線