

コンパクションパイルの複合地盤特性が液状化に与える影響

東京電機大学 学生員 荒井大介
 東京電機大学 正会員 安田 進
 関西電力 福井芳樹・小澤和弘
 ニュージェック 正会員 前川 太・遠藤信之・吉本憲正

1. はじめに

コンパクションパイル工法は地盤改良工法の一つとして広く用いられてきている。特に日本においてはサンドコンパクションパイルが液状化対策としてこれまでに多く施工され、1983年日本海中部地震などの際に対策効果が確かめられている。1995年に発生した兵庫県南部地震においても、大変強い地震動を受けたにもかかわらず、サンドコンパクションパイル等により改良されていた地盤では、液状化による被害がほとんどなかった¹⁾。しかし、兵庫県南部地震で対策効果があった事例を従来の設計方法で検証してみると、この時の強い地震動では液状化するとの判定結果になってしまう^{2), 3)}ことなど、その効果を定量的に評価する方法に問題が生じている。

そこで、筆者達は、コンパクションパイルの液状化対策効果に関して、これまであまり考慮されてこなかった改良地盤の複合地盤特性に着目し、実験を行ってその効果を検討してみた。

2. 実験方法

コンパクションパイルは周囲の地盤より剛性が高く、改良地盤は剛性が異なる部分からなる複合地盤になっている。このため、改良地盤では杭芯の剛性により地震時に地盤全体の変形が抑えられ、発生する繰返しせん断力が小さくなって液状化しにくくなる可能性がある。さらに、杭間で過剰間隙水圧が発生しても、過剰間隙水圧が発生しない杭芯に向かって水平方向に消散し、液状化しにくくなる可能性もある。

そこで、複合地盤を模擬した模型地盤を用いて振動台実験を行った。用いた土槽は長さ2000mm、高さ715mm、奥行き300mmである。模型地盤は、図1に示すように地盤を杭芯部、遷移部、杭間部と3つの領域に分ける複合地盤とした。杭間部、遷移部は豊浦砂で、杭芯部は6号砕石で作製した。これらの密度は現場でのN値に相当するように、杭間部で $D_r=70\%$ 、遷移部で $D_r=95\%$ とし、杭芯部

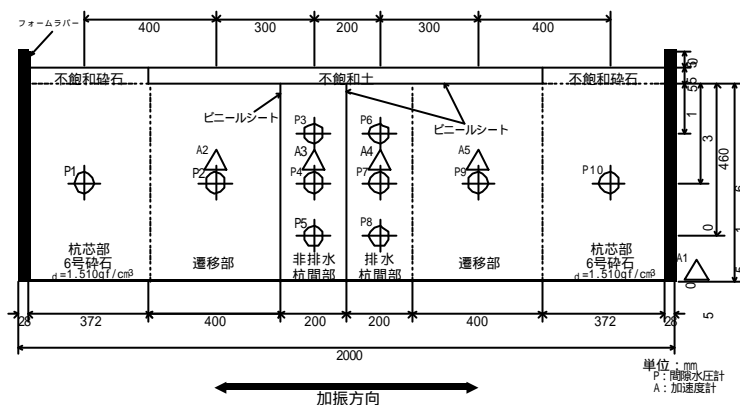


図1 コンパクションパイル打設地盤を想定した模型地盤

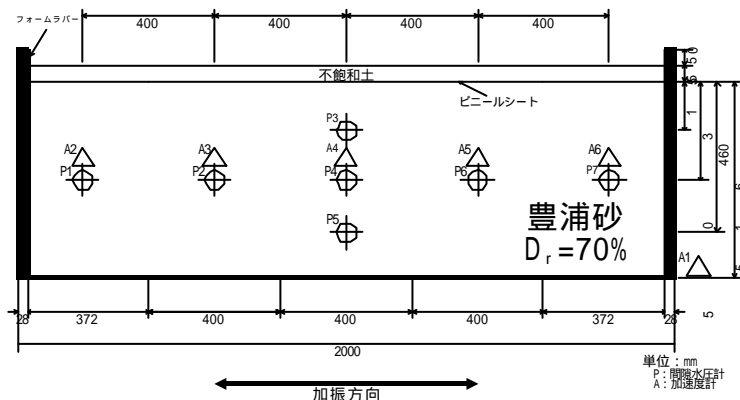


図2 複合地盤の杭間部と同じ密度の均一地盤

キーワード：コンパクションパイル，複合地盤特性，せん断変形抑制効果，過剰間隙水圧消散効果，振動台実験

連絡先：〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂 TEL 0492-96-2911(2748) FAX 0492-96-6501

は $\rho_s = 1.510 \text{ g/cm}^3$ の密度に締め固めて作製した。杭間部は中央で仕切り，両側の遷移部との間の排水条件を変えた。一方，コンパクションパイルがない地盤を想定し，図 2 に示すような杭間部の密度と同じ $D_r = 70\%$ の均一地盤でも実験を行った。入力加速度は 350 cm/s^2 とし，3Hz の正弦波で 20 秒加振した。

3. 実験結果

複合地盤における非排水杭間部と，それに相当する均一地盤の中央部の間隙水圧と加速度の時刻歴を図 3.4 に示す。両図の間隙水圧を比較してみると，均一地盤では 1.5 秒あたりで全層で過剰間隙水圧比が 1 になり液状化したのに対し，複合地盤では表層だけが 5 秒あたりで液状化しただけで，中・下層は完全な液状化には至らなかった。加速度を比較してみると，均一地盤では 2 秒あたりで 1000 cm/s^2 といった大きな振幅になってその後減少するといった，通常の液状化状況となった。これに対し，複合地盤では入力加速度と同程度の加速度しか生ぜず，また，その振幅もほとんど変動しなかった。このように，複合地盤では杭芯や遷移部に高い剛性の土があってせん断変形を抑制するため，液状化しにくくなったものと考えられる。

次に，複合地盤において遷移部へ排水を許した杭間部の間隙水圧と加速度を図 5 に示す。非排水条件下では，上述したように表層で過剰間隙水圧比が 1 に達して液状化した。排水条件下では過剰間隙水圧比が 0.6 ~ 0.7 程度までしか上がらず，完全には液状化しなかった。また，上昇の仕方も遅く，上昇後の消散も早かった。杭芯や遷移部では杭間に比べて過剰間隙水圧が大きくなるため，杭間で上昇する間隙水圧が遷移部や杭芯に向かって消散したと考えられる。以上から，コンパクションパイル打設で複合地盤になると，せん断変形の抑制効果や過剰間隙水圧の水平方向への消散効果により，杭間地盤が液状化しにくくなる効果があるのではないかと考えられる。

4. 結論

コンパクションパイルの打設により複合地盤になると，剛性が増して地盤全体のせん断変形が抑制され，また，杭間で発生する過剰間隙水圧も水平方向に消散し易くなり，液状化しにくくなる。

【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.97-107, 1996.
- 2) 阪神淡路大震災地盤調査研究会：阪神淡路大震災地盤調査研究会平成 9 年度報告書，1998.
- 3) 松尾修・安田進・山本実・原田健二・橋本隆：レベル 2 地震動における改良地盤の評価に関する実証的研究，第 24 回地震工学研究発表会講演論文集，pp.273-276, 1997.

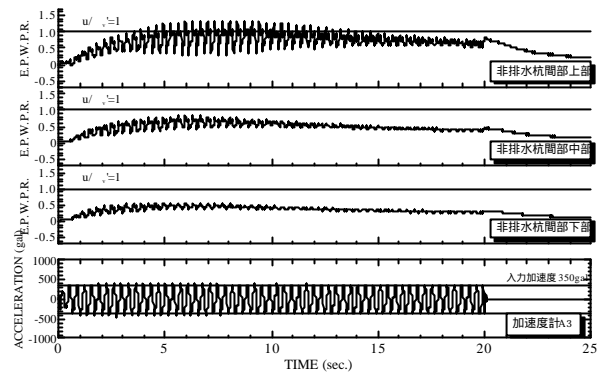


図 3 非排水杭間部における間隙水圧と加速度

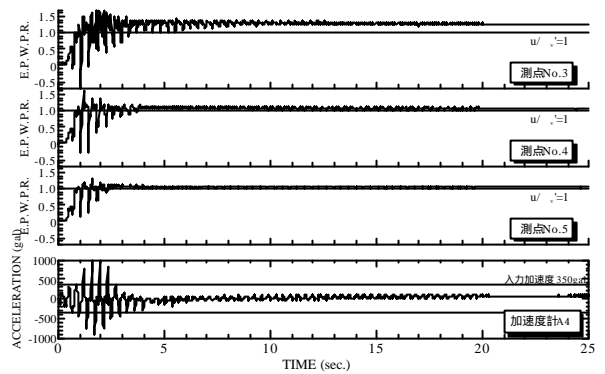


図 4 密度均一地盤における間隙水圧と加速度

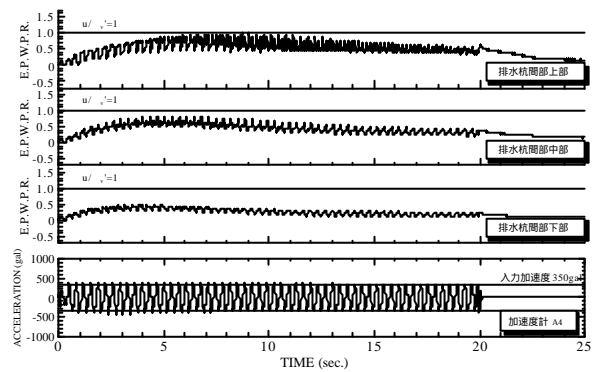


図 5 排水杭間部における間隙水圧と加速度