

細粒分を多く含む地盤の締固めによる砂杭打設後の評価について

東京電機大学 学生会員 丹羽 俊輔
 東京電機大学 正会員 安田 進
 不動建設株式会社 正会員 原田 健二

1.はじめに

液状化対策として多くの施工実績のあるサンドコンパクションパイル工法（以下、SCP工法と呼ぶ）などの締固めによる改良地盤の液状化強度はN値が同じであっても、自然堆積地盤に比べ高い液状化強度を有していることが明らかになっている¹⁾。この原因としては、静止土圧係数 K_0 の増加や締固められた砂杭が存在することにより地盤全体の剛性が増加することなどが上げられる。このうち、締固め改良地盤の K_0 が増加していることは、図-1 に示すようにこれまでの現場における調査結果などから定量的に確認されている²⁾。また、 K_0 の増加により地盤の液状化強度が増加することが確認されており³⁾、 K_0 の増加効果を設計に取り込むことは合理的な設計をする上で有効であると考えられる。

図-2 には相対密度と液状化強度、 K_0 および N 値の関係を模式的に示している。図-2 の上側に示すように、静止土圧係数 K_0 の増加に伴って液状化強度は増加することから締固め改良地盤においては自然堆積地盤のN値から求められる液状化強度に比べて大きな抵抗を有している可能性がある。しかしながら、図-2 の下側に示すように N 値の増加にも密度増加によるもの以外に K_0 による増加も含まれている。よって、これらの割合を把握することによって適切な評価が可能となる。

これらの問題を解決するために、筆者らは豊浦砂や細粒分を20%程度含む砂を用いて室内標準貫入試験及び繰返し中空ねじりせん断試験を行ってきた⁴⁾。ここでは、図-3 に示すようなより多くの細粒分を含む試料を用いて、同様の実験を行い、N値と液状化強度の関係について調べた。

2.実験概要及び結果

室内標準貫入試験と繰返し中空ねじりせん断試験では K_0 に着目し、両試験において密度を調整して $K_0=0.5, 1.0, 1.5$ の状態で実験を行い、密度、N 値、液状化強度 R_L の関係を求めた。両試験の結果を合わせて、 K_0 をパラメータに液状化強度 R_L 、相対密度 D_r 、N 値の関係でみたものが図-4 である。図中の黒塗りのプロットは、実験値である。そのプロット値をもとに K_0 毎の曲線を引いている。また、同じ K_0 状態における N

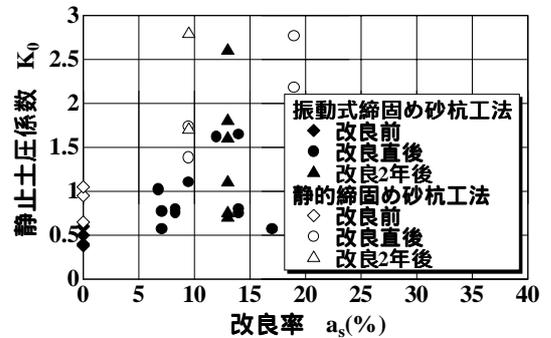


図-1 改良事前・事後の静止土圧係数の関係

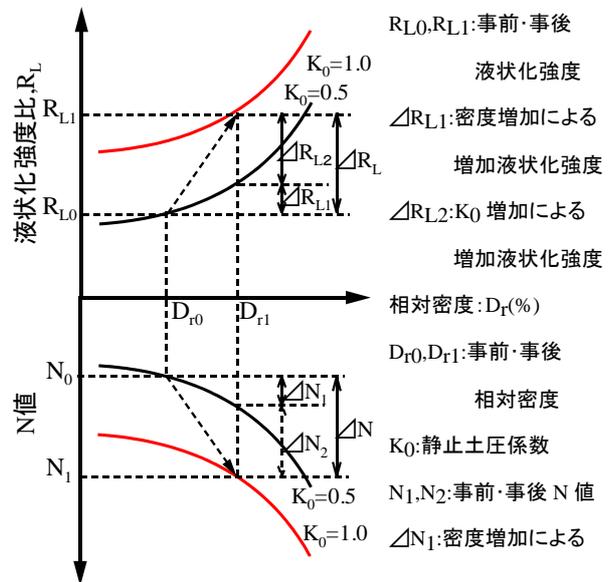


図-2 N 値のダブルカウントの模式図

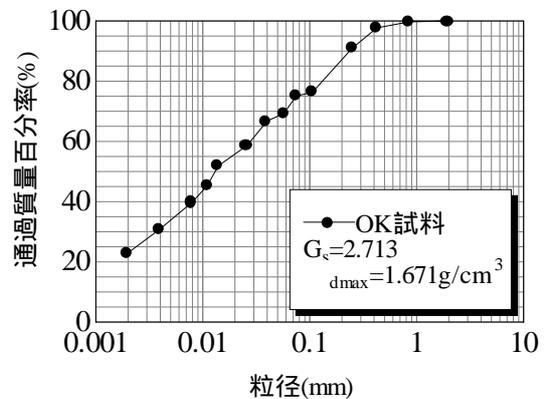


図-3 試料の粒径加積曲線

キーワード レベル2地震動、締固め工法、静止土圧係数、N 値、液状化強度

連絡先 〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂 東京電機大学理工学部建設環境工学科 地盤工学研究室 TEL049-296-2911(2748)

値と R_L の関係を求めるために、同じ N 値の時の R_L のプロットを白抜きで示している。図-4の白抜きプロットから N 値と液状化強度の関係をプロットしたものが図-5である。図-5に示す K_0 毎のプロット値は、最初に記載したダブルカウントの問題を相殺した R_L と N 値の関係と言える。

3.N 値と液状化強度の関係

道路橋示方書に示されている N 値と液状化強度の関係は、 K_0 を通常の自然堆積地盤をして、 $K_0=0.5$ と仮定して求められている⁵⁾。しかしながら、締固めによる改良地盤の杭間における K_0 が、図-1のように増加して 1.0~1.5 となれば、液状化強度も増加するはずである。そこで、図-5の実験値に道示の $F_c=70\%$ の試料の N 値と液状化強度の関係を重ねてみると、 $K_0=0.5$ の時の曲線（太線）に比較的良好一致した。また、図-5には、 K_0 が増加した地盤を締固め改良地盤として下記に示す式における補正係数 C を 1.6 までの 0.1 刻みの曲線で表している。これより、 $K_0=0.5$ の曲線を $C=1.0$ とすると $K_0=1.0$ の場合で $C=1.20 \sim 1.25$ 、 $K_0=1.5$ で $C=1.40 \sim 1.60$ 程度の範囲にあることがわかる。

$$R_{L(改良地盤)} = C \cdot R_{L(自然地盤)}$$

すなわち、静止土圧係数 K_0 が増加した締固めによる改良地盤は、自然地盤に比べて 2~6 割増しの液状化強度を有していると考えられる。

4.まとめ

ここでは、室内標準貫入試験と繰返し中空ねじりせん断試験結果により、締固めによる改良地盤での N 値や液状化強度に及ぼす K_0 の影響について考察した。これらをまとめると、以下ようになる。

- 1) 静止土圧係数 K_0 が増加した締固めによる改良地盤は、自然地盤に比べて 2~6 割増しの液状化強度を有していることが分かった。この結果は、きれいな砂である豊浦砂の実験結果と同様の傾向となった。
- 2) 図-6 は、ダブルカウントの問題を相殺した締固めによる改良地盤の液状化強度を表しており、 K_0 が増加した改良後の地盤を適切に評価出来ているといえる。

実際には、締固めによる改良地盤は、よく締まった砂杭と周辺の締固められた地盤（杭間地盤）で構成された複合であることから、今回の結果と複合地盤としての評価を併せて検討していく必要がある。

参考文献

- 1) Ohbayashi, J., Harada, K. and Yamamoto, M. : Resistance Against Liquefaction of Ground Improved by Sand Compaction Pile Method, Proceedings Of the 2nd International Conference on Earthquake and Geotechnical Engineering, Vol.2, pp.27-33, 1999.
- 2) Ishihara, K., Iwamoto, A., Yasuda, S. and Takatsu, H. : Liquefaction of Anisotropically Consolidated Sand, Proc. Of 9th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, pp. 11-15, 1979.
- 3) 原田健二 山本実 大林淳:静的締固め砂杭打設地盤の K_0 増加に関する一考察 土木学会第 52 回年次学術講演会集 pp.540-541, 1997.
- 4) 丹羽俊輔,安田進,原田健二:締固めたシルト質砂地盤の N 値と K_0 , 液状化強度の関係, 第 11 回日本地震工学シンポジウム, pp.223-226.2002.
- 5) 松尾修:種々の砂質土の液状化強度について, 第 31 回地盤工学研究発表会, pp.1035-1036.1996.

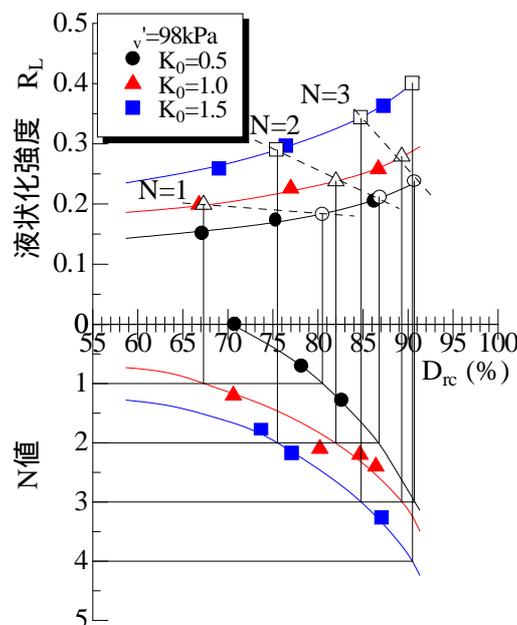


図-4 N 値-相対密度-液状化強度の関係

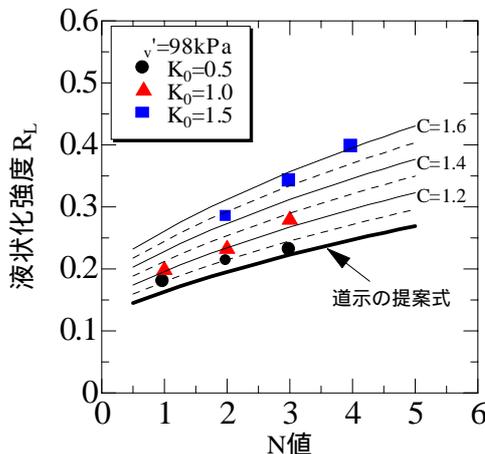


図-5 N 値と液状化強度の関係