

(Ⅲ-29) 杭の周面摩擦力に及ぼす砂粒子径の影響

武蔵工業大学 学生会員○西尾 成巳
同上 正会員 末政 直晃 片田 敏行

1. はじめに

小型模型実験を行う際に発生する力学現象に対し、粒子寸法が多大な影響を及ぼすことが既往の研究において指摘されている。いわゆる粒子サイズ効果 (grain size effect) であり、これに関する研究は、支持力問題等において実験的な結果が得られているものの、まだ少ないのが現状である。

そこで本研究では、粒子径が異なり、かつ同様な粒度分布の形状を持つ3種類のシルトおよび豊浦砂を用い、杭の引き抜き試験および一面せん断試験を行った。その結果から杭の周面摩擦力に及ぼす砂粒子径の影響について検討を行ったので報告する。

2. 試料および供試体作製概要

両試験に用いた試料は、CFP-50、CFP-100 およびシリカサンドの3種類のシルトと豊浦砂であり、いずれも乾燥状態のものである。各試料の物理特性および粒径加積曲線をそれぞれ表-1、図-1に示す。また、供試体作製は、土槽に衝撃を与えたり、棒で突き固めたりすることによって行った。

3. 杭の引き抜き試験

3-1. 実験概要

杭の引き抜き試験は、電動式の台座に設置・固定した土槽を速度 1mm/min で降下させることにより、杭を垂直に引き抜く方法で行った。引き抜き量は、渦電流変位計を用い、最大 8mm まで計測を行った。また、試験に用いた土槽は真鍮製であり、小型土槽は内径 39mm、高さ 77mm、中型土槽はそれぞれ 104mm、168mm である。各土槽は供試体に対し、ゴムメンブレンを介した水圧によって側圧 49kPa を加えることが出来る。さらに、杭は鉄製であり、小型土槽に杭径 7mm、中型土槽には 20mm および 7mm のものを用いた。なお、杭の周面には供試体と同じ試料を付着させ、摩擦力を発生させた。

3-2. 実験結果および考察

図-2 は、各土槽における杭の引き抜き試験の結果より、ピーク応力 τ_p と間隙比 e の関係を示したものである。まず、図-2(a) より、粒子径が大きな試料ほど、その直線の傾きが急になっている。特に、豊浦砂と CFP-100 の傾きの違いは明らかである。これより、杭の周面摩擦力は試料の違いによる影響を受けるということを確認できた。また、直線の傾きは τ_p に及ぼす密度の変化の影響も示している。したがって、粒子径が大きなものほど、その τ_p は密度の変化による影響を受けやすいと考えられる。

表-1 物理特性

試料名	ρ_s (g/cm^3)	ρ_{dmax} (g/cm^3)	ρ_{dmin} (g/cm^3)	e_{max}	e_{min}
CFP-50	2.653	1.400	1.245	1.131	0.895
CFP-100	2.655	1.588	1.170	1.269	0.672
シリカサンド	2.656	1.686	1.395	0.904	0.575
豊浦標準砂	2.640	1.645	1.335	0.978	0.605

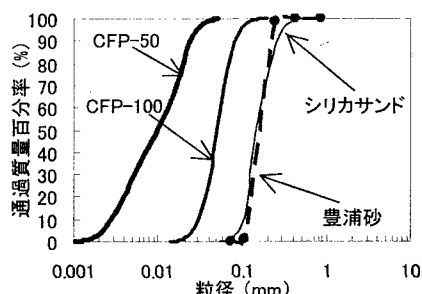


図-1 粒径加積曲線

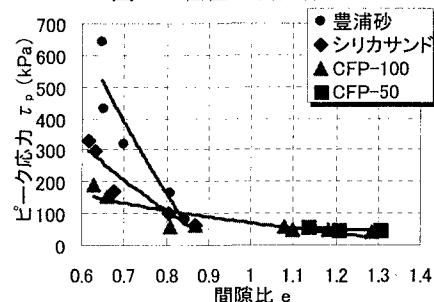


図-2(a) 小型土槽 杭径 7mm

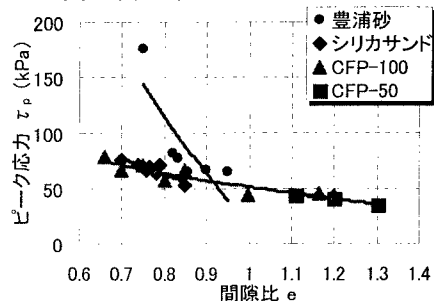


図-2(b) 中型土槽 杭径 20mm

キーワード：粒子径効果 寸法効果 砂 シルト 周面摩擦力

連絡先：〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 地盤環境工学研究室 TEL&FAX 03-5707-2202

さらに、図-2(a)、(b)より、小型土槽と中型土槽では、同一試料および間隙比であっても、 τ_p に大きな違いがみられる。この要因としては、異なる土槽および杭を用いたことが挙げられる。そこで、土槽径および杭径の違いが τ_p に及ぼす影響を調べるため、中型土槽に直径 7mm の杭を用いて引き抜き試験を行った。その結果を図-2(c)に示す。これより、試験結果は、中型土槽において直径 20mm の杭を用いた場合とほぼ等しくなった。つまり、同じ土槽において大きさの異なる杭を使用したにも関わらず、同様な結果が得られたことから、 τ_p に及ぼす影響は杭径よりも土槽径の方が大きいと考えられる。

次に、豊浦砂とシリカサンドはほぼ同様な粒度分布を有しているにも関わらず、小型あるいは中型のいずれの土槽を用いた試験においても同じような結果が現れなかった。この理由としては、各試料のせん断特性がそれぞれ異なることが考えられる。つまり、せん断特性の違いにより、杭周辺の地盤破壊現象が異なったため、同様な結果を得られなかったと予測できる。

4. 一面せん断試験

4-1. 実験概要

各試料のせん断特性を調べるために一面せん断試験を行った。試験は比較的密詰めの供試体に対し、垂直応力 50kPa を加えて実施した。また、せん断速度は引き抜き試験と同様に 1mm/min とし、最大 8mm まで計測を行った。その際、荷重計を用いて垂直およびせん断応力を計測した。さらに、供試体の高さを変位計により測定し、せん断現象に伴う体積変化についても検討を行った。なお、豊浦砂、シリカサンド、CFP-100、CFP-50 の間隙比 e はそれぞれ 0.62、0.66、0.74、0.99 である。

4-2. 実験結果および考察

せん断応力 τ_d とせん断変位 D の関係を図-3(a)に示す。これより、 τ_d は CFP-100、豊浦砂、シリカサンドの順で大きくなっているのがわかる。

次に、垂直変位 Δh と D の関係を図-3(b)に示した。この図より、密度が均一である供試体を作製できなかった CFP-100 以外の試料は、体積がせん断変位 1mm 付近まで収縮しているものの、それ以後は膨張しているのがわかる。そして、最終的な垂直変位は豊浦砂、シリカサンド、CFP-100 の順に大きくなり、 τ_d の順番とは異なった。この体積膨張の違いが、引き抜き試験における τ_p にも影響を及ぼしたと思われる。そこで、各試料のダイラタンシー角 ν^1 を求めると、豊浦砂、シリカサンド、CFP-100 はそれぞれ 8° 、 4° 、 3° となり、大きな ν をもつ試料の τ_d ほど大きくなった。したがって、豊浦砂とシリカサンドの ν が異なったために、同様な引き抜き試験結果にならなかったと予想される。

5. まとめ

本試験により、以下のような知見を得た。

- ・ 加圧土槽を用いた引き抜き試験では、土槽径が小さい方が大きな周面摩擦力を生じることがわかった。
- ・ ダイラタンシー角の大きな豊浦砂では、大きなピーク応力が得られた。

<参考文献>

1) 地盤工学会：土質試験の方法と解説（第一回改訂版），2001，pp590～591

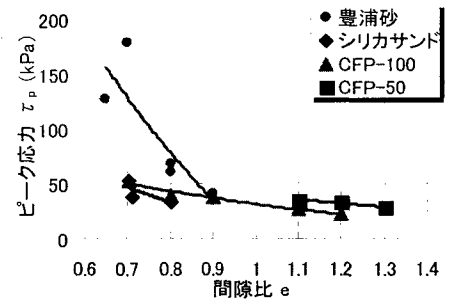


図-2(c) 中型土槽 杭径 7mm

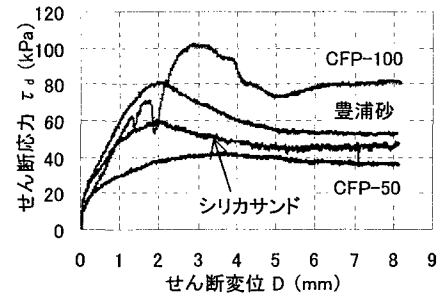


図-3(a) せん断応力 τ_d ～せん断変位 D 関係

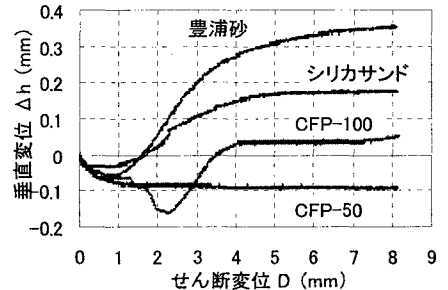


図-3(b) 垂直変位 Δh ～せん断変位 D 関係