

一面せん断試験による摩擦強度の速度効果について

九州共立大学 ○学 中拂 太一 九州共立大学 正 前田 良刀
九州共立大学 正 荒巻 真二 九州共立大学 学 鶴原 誠

1. はじめに

杭の動的支持力特性を精度よく評価するためには、土の動的挙動に関する研究が不可欠である。本文では、主として杭の周面摩擦力を推定するために、せん断速度を変化させた一面せん断試験を行い、土の材料と鋼材の摩擦強度の速度効果に関する比較・検討を行なった。

2. 試験装置

図-1に試験装置の概略を示す。試験装置は、三笠式せん断試験機のせん断力载荷装置を改良したもので、最大荷重 10kN まで载荷可能なエアシリンダーを用いている。測定方法として、荷重(鉛直・水平)と変位(鉛直・水平)をロードセルと変位計で行い、サンプリング(0.5msec 間隔で約 5sec 間)はデジタルレコーダー(SDA-810C)を用いた。

3. 試料および実験方法

実験に使用した試料は岡垣砂とカオリナイトの2種類である。表-1に実験条件を示す。

供試体作成方法は①岡垣砂の場合、漏斗を用いて固定箱(せん断箱下側)に空中落下法で所定の密度になるように作成した。また、②カオリナイトは初期含水比 300% で十分に練り返し、鉛直応力 157kPa で圧密が完了した試料を直径 6cm、高さ 1cm に成形し、固定箱に挿入した。なお、可動箱(せん断箱上側)には直径 6cm、高さ 1cm の表面の滑らかな鋼製の円柱体を挿入した。荷重の载荷は定圧試験とした。

せん断力の载荷方法はエアシリンダーの最大载荷せん断力 P が所定の値になるよう内部の空気圧を調整し、電磁弁によって一気に開放し、せん断力を载荷した。(図-1 参照) また、比較の基準とする静的試験として岡垣砂は、1mm/min、カオリナイトで 0.2mm/min のせん断変位速度としたせん断試験も併せて行なった。

4. 実験結果

(1) 岡垣砂

図-2はせん断応力とせん断変位の関係を時刻歴の一例として相対密度 $Dr=30\%$ の試験結果を示したものである。最大载荷せん断力 P が大きくなるにしたがって、

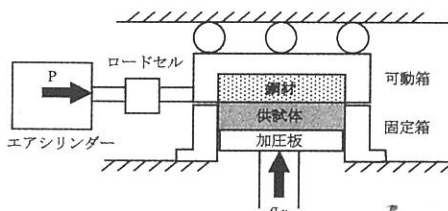


図-1 試験装置概要

表-1 実験条件

土質	相対密度 $Dr(\%)$	鉛直応力 $\sigma_v(\text{kPa})$	最大载荷せん断力 $P(\text{kN})$
岡垣砂 $\rho_s(\text{g/cm}^3)=2.64$	10 ($\gamma_d=13.52$)	106	2
	30 ($\gamma_d=14.11$)	176	5
	60 ($\gamma_d=14.99$)	353	9
カオリナイト $\rho_s(\text{g/cm}^3)=2.92$	—	156.8	2
			5
			9

注) γ_d は乾燥単位体積重量(kN/m^3)

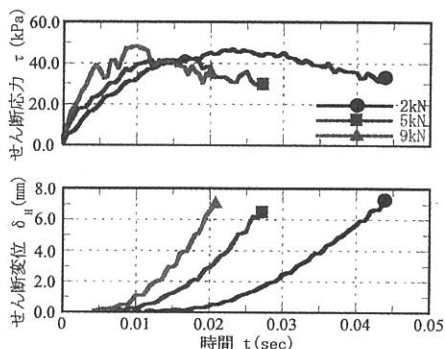


図-2 せん断応力とせん断変位の時刻歴(砂)

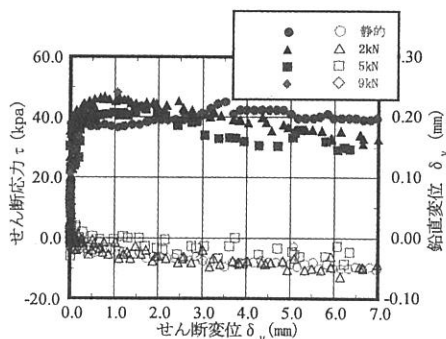


図-3 $\tau \sim \delta_H \sim \sigma_v$ の関係(砂)

せん断応力が最大になるまでの時間が短くなっている。
また、せん断変位は一定勾配で増加しておらず、徐々に勾配が大きくなり、せん断応力が最大値を示したあたりから一定勾配となっている。

図-3 は相対密度 30% の場合のせん断応力とせん断変位と鉛直変位の関係を示したものである。せん断応力の最大値および残留強度ともに載荷力 P の大きさによる違いは見られない。

図-4 は岡垣砂と鋼材の摩擦角 ϕ と載荷速度の関係を示したものである。ここで、 ϕ は最大せん断応力 τ_{max} と鉛直応力 σ_v より次式から求めたものである。

$$\phi = \tan^{-1} \left(\frac{\tau_{max}}{\sigma_v} \right)$$

また、載荷速度 V は、最大せん断応力時のせん断変位と時間の関係から求めた。相対密度が増せば摩擦角も大きくなる傾向になっているが、載荷速度による摩擦角の増加は見られない。このことから、岡垣砂と鋼材の摩擦強度には載荷速度の影響はないことがわかる。

(2) カオリナイト

図-5 はせん断応力とせん断変位の関係を時刻歴で示したものである。岡垣砂の場合と同様な傾向が見られる。

図-6 はせん断応力とせん断変位と鉛直変位の関係を示したものである。載荷力 P の大きさが大きくなるにつれ、せん断応力の最大値も大きくなっているが、残留強度は静的試験結果に近づいていく。

図-7 は最大せん断応力の強度増加率と載荷速度の関係を示したものである。図中には Randolph and Deeks¹⁾、Hyde ら²⁾によって行われた粘土と杭周面の摩擦強度の速度効果に関する実験結果も併せて示す。これから粘土としてのカオリナイトでは、最大せん断応力は載荷速度に依存していることがわかる。そして、既往の研究結果も同じ傾向である。

5. まとめ

土と鋼材の摩擦強度の速度効果に関する一面せん断試験を実施した。その結果、岡垣砂では摩擦強度の速度効果は見られなかったが、粘土のカオリナイトは載荷速度によって摩擦強度が増加することがわかった。

<参考文献>

- 1) Randolph, M.F. and Deeks, A.J.: Dynamic and static soil models for axial pile response, Proc. Application of Stress-Wave Theory to Piles, pp.3~14, 1992
- 2) M.J. Brown, A.F.L. Hyde and W.F. Anderson: The influence of loading rate on pile behaviour in fine grained soil.

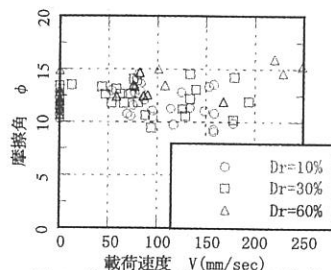


図-4 載荷速度と摩擦角の関係(砂)

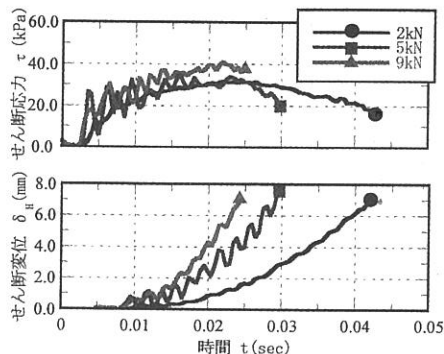


図-5 せん断応力とせん断変位の時刻歴(粘土)

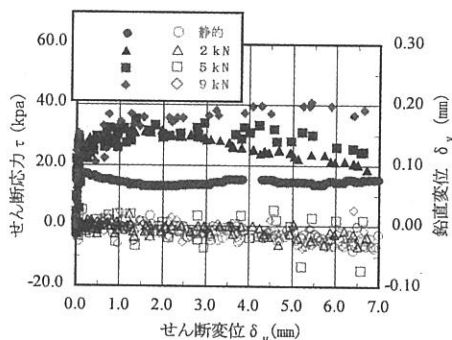


図-6 $\tau \sim \delta_H \sim \delta_V$ の関係(粘土)

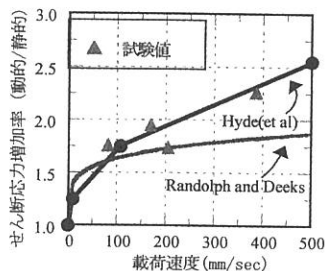


図-7 載荷速度とせん断応力増加率の関係(粘土)