

一面せん断試験による摩擦強度の速度効果について(その2)

九州共立大学 学○山本 薫 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 古城 久照

1. はじめに

当研究室では、地盤材料(岡垣砂とカオリナイト)と鋼材の摩擦強度の速度効果に関する試験を行なってきた。その結果、砂では摩擦強度に速度依存性がなく、粘土(カオリナイト)では摩擦強度が載荷速度に依存していることが明らかとなった。しかしながら、データ数が4点と少ないため、試験の精度が問題である。そこで、本年度は特に粘土を対象として昨年度と同様の試験を実施し、数多くのデータより関係式を導くこととした。また、新たに蓮池層粘土についても試験を行った。

2. 試験装置および試験方法

試験装置の概略を図-1に示す。せん断力载荷装置にエアシリンダー(最大载荷力10kN)を利用した試験機である。試験条件を表-1に示す。せん断試験は定圧試験で行った。また、エアシリンダーの载荷最大せん断力Pを調整することでせん断载荷速度を変えた。

測定は荷重(鉛直・水平)、変位(鉛直・水平)と加速度(水平)をロードセル、変位計および加速度計で行った。サンプリング間隔は0.5msecとし、デジタルレコーダー(DRA-110)を用いて計測を行った。また、比較の基準とする静的試験として0.2mm/minのせん断変位速度としたせん断試験も併せて行った。

3. 試料および供試体作成方法

試料はアメリカの南カロライナ州で採取されるカオリナイト粉末と、佐賀県佐賀郡東与賀町の地中約2.2m地点から採取した蓮池層粘土の2種類を用いた。図-2に各試料の粒度分布図を示す。

供試体の作成方法①カオリナイトでは昨年と同じ力学状態の試料にするため初期含水比 $w=300\%$ でカオリナイト粉末を十分に練り返し、24時間湿潤養生させた。その後、圧密試験機を用いて、垂直荷重を段階的に増加させて垂直応力 $\sigma_v=157\text{kPa}$ で圧密がほぼ完了するまで放置した。また、②蓮池層粘土も圧密試験機を利用し、垂直応力 $\sigma_v=157\text{kPa}$ で圧密がほぼ完了するまで放置した。

圧密が完了した試料は成形後、せん断試験装置の固定箱に移した。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。

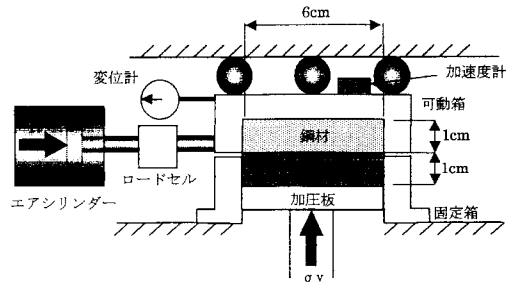


図-1 試験装置

表-1 試験条件

土質	垂直応力 σ_v (kPa)	载荷最大せん断力 P (kN)
カオリナイト $\rho_s=2.92 \text{ g/cm}^3$	157	3
		5
		8
蓮池層粘土 $\rho_s=2.55 \text{ g/cm}^3$	157	2
		4
		8

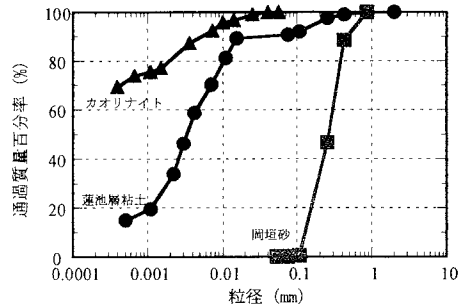


図-2 各試料の粒度分布図

また、せん断面(固定箱と可動箱)の隙間はステンレス製の隙間ゲージによって常に0.15mmとなるように調整した。

4. 試験結果

図-3, 4は各試料のせん断変位に対するせん断応力と鉛直変位の関係をそれぞれ示したものである。どちらも载荷力Pが大きくなるにつれて、せん断応力の最大値も大きくなっている。一方、限界状態では、载荷最大せん断力Pの大小に関わらず、静的試験と同程度のせん断応力値となる傾向にあることが伺える。

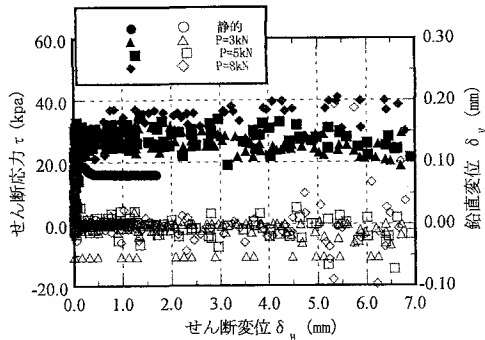


図-3 $\tau \sim \delta H \sim \delta V$ の関係 (カオリナイト)

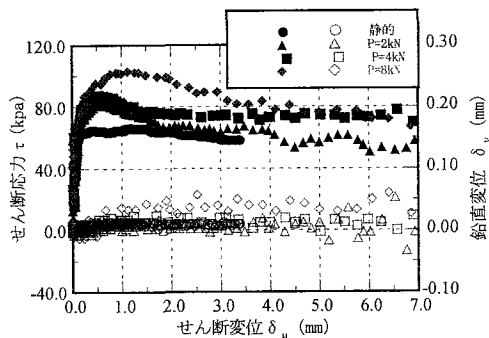


図-4 $\tau \sim \delta H \sim \delta V$ の関係 (蓮池層粘土)

5. 摩擦強度の速度効果

今回のようなせん断速度が速い試験では、間隙水が排出されず定体積を維持するため、非排水条件でせん断を行ったことになる。このとき有効応力 σ_v は変化せず摩擦角 $\phi_u = 0$ となることから、せん断応力は粘着力 c_u として評価できる。(式1)

$$c_u = \tau_{\max} \quad \dots \dots \dots (1)$$

なお、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平均載荷速度である。

図-5にカオリナイトと鋼材の粘着力と載荷速度の関係を示す。昨年度(その1)の試験結果と同じ傾向を示しており、粘着力が載荷速度に依存していることが分かる。

図-6は蓮池層粘土と鋼材の粘着力と載荷速度の関係である。カオリナイトと比較して作用した載荷速度が遅いが、カオリナイト同様、粘着力が載荷速度に依存していることが分かる。

図-7はカオリナイトと鋼材、蓮池層粘土と鋼材の最大せん断応力(=せん断強度)の強度増加率と載荷速度の関係を示したものである。強度増加率は動的試験の最大せん断応力を静的試験の最大せん断応力で除した値である。図中には他の研究者によって行われた粘

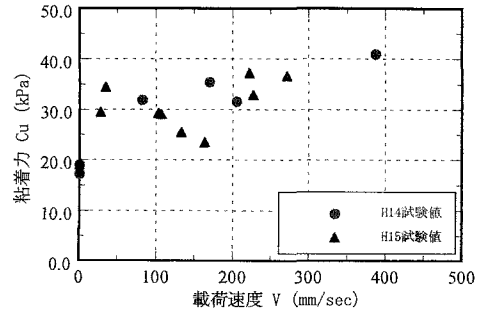


図-5 粘着力と載荷速度の関係 (カオリナイト)

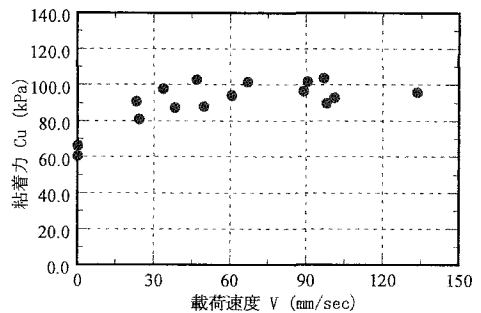


図-6 粘着力と載荷速度の関係 (蓮池層粘土)

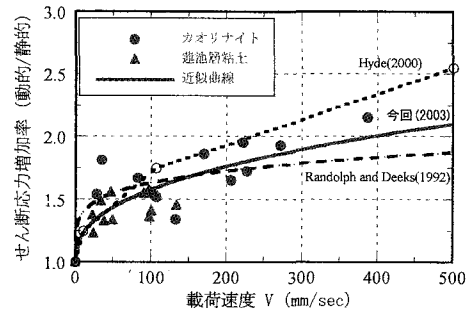


図-7 最大せん断応力増加率と載荷速度の関係

土と杭周面の摩擦強度の速度効果に関する試験結果も併せて示す。載荷速度に対する強度増加率は粘土材料による違いは見られず、ほぼ等しいことが分かる。試験結果からは下記の関係式が得られる。

$$\frac{\tau_d}{\tau_s} = 1 + 1.45 \cdot V^{0.4} \quad \dots \dots \dots (2)$$

ここで、 τ_d : 動的せん断応力、 τ_s : 静的せん断応力、 V : 載荷速度 (m/sec) である。

6. 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粘土材料(カオリナイトと蓮池層粘土)に着目して実施した。その結果、両試料とも摩擦強度に載荷速度の影響が見られた。また、強度増加率については、試料による違いは見られず、同程度であった。