

高含水比粘土の強度特性

山口大学大学院 学生会員○山本和彦
 山口大学工学部 正会員 兵動正幸 吉本憲正
 山口大学工学部 正会員 村田秀一 中田幸男
 旭化成建材株式会社 正会員 古閑功一

1. はじめに

埋立地盤や人工島に用いる土質材料として、近傍の海底から採取した海底浚渫土を用いる機会が増加してきている。このような地盤は高含水比状態で非常に軟弱であるため地盤改良が必要であり、地盤改良を行うためにはまず施工機械搬入のためのトラフィカビリティを確保する必要がある。その上で、超軟弱地盤の強度特性や支持力特性を適切に評価することが重要である。しかし、超軟弱地盤の強度特性は経験則に基づいて評価されており、力学的に未解明な部分も多い。本研究では高含水比状態の3種類の粘性土を対象に、強度特性の評価を目的としてコーン貫入試験、ベーンせん断試験、ビスコメーター試験を実施し、これらの結果を踏まえて超軟弱粘性土の支持力を求め、既往の研究で提案されている支持力公式の評価を試みた。

2. 試料作成方法

今回試験に用いた試料は山口県小野田市で採取された海成粘土(oc)と、山口県宇部市小野湖で採取された底泥(ods)、及び福岡県八女市近

郊の有明海で採取された海成粘土(yc)である。表1に各試料の物性値を、図1に試料の粒度分布を示す。各試料はあらかじめ予圧密により含水比を液性限界以下まで落とし、所定の含水比(w_L 、100%、125%、150%、200%)になるよう水を加え、ハンドミキサーにより十分攪拌した後、実験に供した。

3. 試験方法

3-1 コーン貫入試験 試料を高さ50cm、直径30cmの容器に入れ、角度の違う2種類の先端コーン($\alpha=30^\circ$ 、 60°)を用いて支持力を計測した。貫入速度は1mm/sとした。含水比が高い場合、試料がロッドに付着し周面摩擦が支持力に影響を及ぼすことが考えられる。そのため、コーンを取り除いてロッドのみで貫入試験を行い、周面摩擦を測定した。その結果、周面摩擦は支持力に影響を及ぼさないことが確認された。

3-2 ベーンせん断試験 試料を直径15cm、深さ20cmの容器に入れ、ベーンブレード(H=40mm、D=20mm)を表面から3cmの深さまで貫入して、 90° /min程度の速度で回転させベーン抵抗を測定した。また、ベーンの測定位置は容器の中心で実施した。

3-3 ビスコメーター試験 試料を所定の容器に入れ形状が異なるローターを貫入して粘度を測定した。本試験器はずり速度を変化させることができないため、このような処置をとった。回転速度は62.5rpmで、ずり速度(単位距離あたりの流速の変化)は、2号ローターで約4(1/s)、1号ローターで約13(1/s)である。

4. 試験結果

図2にコーン貫入試験より求まるコーン支持力と正規化含水比 w/w_L の関係を示す。正規化含水比は調整した含水比を各試料の液性限界 w_L で正規化したもので、試料の塑性を統一的に評価するための指標で、コーン支持力は、深さ5cm、7.5cm、10cm時の荷重の平均値をコーンの断面積($\alpha=60^\circ$)で除して求めた。図

表1 試料の物性値

	粘土分(%)	シルト分(%)	砂分(%)	w_L	w_P	I_P	G_s
yc	29	71	0	79	32.5	46.5	2.593
ods	18	68	14	66.4	40.8	25.6	2.614
yc	30	67	3	85.06	33.55	51.51	2.720

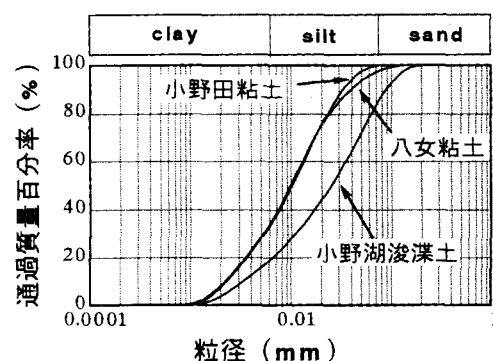


図1 粒径加積曲線

表2 試験適用範囲

含水比%	w_L	100	125	150	200
コーン貫入試験	○	○	○	○	×
ベーンせん断試験	○	○	○	×	×
ビスコメーター試験	○	○	○	○	○

2より、ocとycは類似しているがycの方がやや大きい値を示した。odsはocとycに比べ低い値を示した。図3にベーンせん断試験の試験結果を示す。ベーンせん断応力 τ_{max} はycが最も大きく、次にoc、そしてodsの順になっている。この結果よりベーンせん断応力は粘土含有分と塑性指数に影響を受けると考えられる。図4はビスコメーター試験で求めたずり応力と含水比の関係を示す。ずり応力は以下の(2)式より算出している。

$$T = \eta D \quad (2)$$

ここに T : ずり応力(Pa)、 η : 粘度(Pa・s)、 D : ずり速度(1/s)である。図より、含水比が高くなるにつれずり応力は低下していることがわかる。また、ビスコメーター試験では含水比150%未満であれば、低塑性であるodsのずり応力の測定が可能となった。図中の数字はローターの番号である。いずれの含水比においてもずり応力は $yc > oc > ods$ の順になっている。よって粘土含有分が高い方がずり応力は高く、粘土含有分が等しければ塑性指数が高い方がより大きいずり応力を示すと考えられる。文献¹⁾によると超軟弱地盤の支持力を評価する目的で、模型載荷実験を行い支持力の実験値を求め、Terzaghiの式²⁾から超軟弱地盤の支持力を算出する計算値の式として以下の式(3)が提案されている。

$$q_u = \alpha c N_c + \gamma D_f N_q + S \quad (3)$$

ここで、 α は断面係数(1.3)、 N_c 、 N_q はそれぞれ5.3、1.0、 $D_f=0.02m$ である。 S は不織布を敷設した場合、載荷版が軟弱地盤にめり込む際の地盤とシートのせん断を考慮した項目であるが、今回いずれの試験においても不織布は敷設していないので、この項目は考慮しない。よって、上述の試験により求めたコーン支持力 $q_c=10c$ より粘着力 c を、ベーンせん断応力より粘着力 c を、ビスコメーター試験をベーンせん断試験と同様に考えずり応力を粘着力 c とおき、式(3)より支持力を求め、その値を計算値とし、実験値との比較を行う。図5はoc($w=125\%$)の模型載荷実験による支持力試験の実験値と計算値の比較を行ったものである。今回行った各試験より得られた強度定数より評価した支持力の計算値は、(3)式で求められている理論値とは大きく異なる結果となりベーンせん断試験では支持力が評価できず、コーン貫入試験、ビスコメーター試験では過大評価する結果となった。これは、試験条件の相違が結果に影響を与えたものと考えられる。

5.まとめ

繰り返した超軟弱粘性土の強度特性は、粘土含有分と塑性指数に影響を受け、粘土含有分が多く、さらに塑性指数が高くなるほど強度は高くなる。文献で提案されている支持力公式によって超軟弱地盤の支持力の評価を試みたが、理論値と実験値は一致しなかった。試験条件の影響によるものと考えられる。

<参考文献>

- 1)片山直樹：軟弱地盤上に敷設した不織布の補強メカニズムについて、土木学会中国支部第53回研究発表会、平成13年度、pp475-476
- 2)河上房義：土質工学演習基礎編第2版、森北出版株式会社、pp196

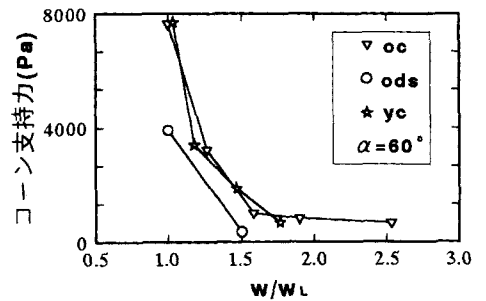


図2 コーン支持力と w/w_L の関係

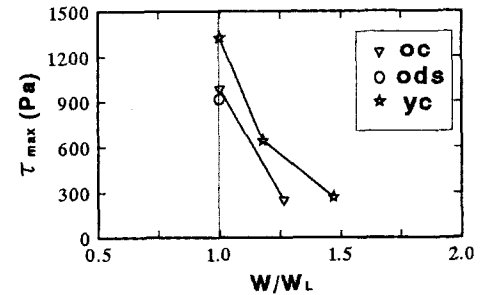


図2 τ_{max} と w/w_L の関係

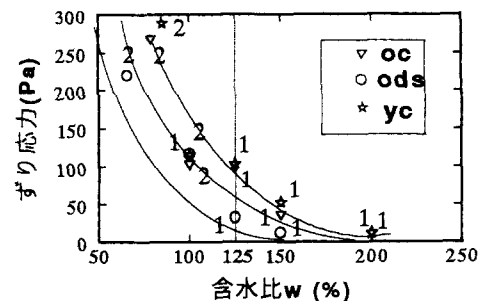


図4 ずり応力と含水比の関係

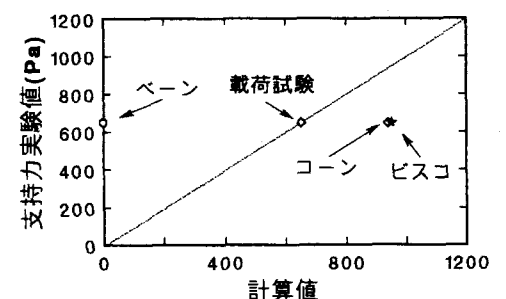


図5 計算値と実験値の関係