# 自重圧密中の超軟弱粘土の強度と圧密度の関係

横浜国立大学大学院	正会員	田中	洋輔
日建設計中瀬土質研究所	正会員	片桐	雅明

日建設計中瀬土質研究所 正会員 西村 正人

#### 1.はじめに

浚渫土によって埋め立てられた超軟弱粘土地盤の表層処理工の設計では,超軟弱粘土の強度特性が必要となる.このような地盤は概して未圧密状態にあり,自重圧密中の強度を把握することが重要である.そこで本研究では,遠心載荷中の超軟弱粘土地盤に対してベーンせん断試験を実施し,自重圧密中の強度特性および強度 増加と圧密度との関連性について検討した.また,遠心載荷終了後の重力場においてベーンせん断試験を実施し,遠心場で得られた強度特性と比較した.

# 2. 試料および実験方法

実験に用いた試料は、低塑性海成粘土である( $\rho_s=2.660$ g/cm<sup>3</sup>、 $w_L=51\%$ ,  $I_P=23$ ). 初期含水比  $w_0=3w_L$  となるように、この試料に人工海水( $\rho_w=1.024$ g/cm<sup>3</sup>)を加えて調整した.

この試料をアルミ製矩形容器(幅:80,奥行き:25,高さ:40cm) に層厚 7cm になるように投入し,容器にベーンせん断試験装置を 装着した(図1.参照).なお実験の詳細は文献1)を参照されたい.

遠心自重圧密実験では遠心加速度を 30G とし,沈下量の圧密度 *U*s=100%,65%の2種類の実験を実施した.自重圧密中はレーザー 変位計による粘土地盤の沈下の測定を行った.*U*s=100%の圧密終 了は2*t*法により判定し,その時の沈下量を基準として,*U*s=65%の 沈下量,圧密時間を設定した.

ベーンせん断試験は,遠心載荷中に異なる水平位置で,深度で実施した.試験深度はベーン中心位置が地盤表層側から1.5cm下側と( 地盤底面から1.5cm上側とした.ベーンブレードは,幅2cm×高さ 1cmのものを用い,回転速度は24°/minとした.なお,ベーン試 験中のピークの抵抗をベーンせん断強度<sub>て</sub>とした.

遠心載荷終了後,重力場でベーンせん断試験を実施した.この試 験は,遠心載荷中に実施した場所とは異なる水平位置,深度で行っ た.試験終了後,数地点の深度方向の含水比分布を測定した.

# 3. 自重圧密解析

自重圧密中の地盤内の有効土被り圧 (x) および含水比 w は,自重 圧密解析(詳細は参考文献1)参照)により推定した.

図-2,3には $U_{s}=100\%$ ,65%の実験および解析から得られた含水 比分布と沈下曲線を示す.圧縮性を表す $f-\sigma_{v}$ 関係は, $U_{s}=100\%$ の 含水比分布にフィットするように決定した.また,圧密速度を表す  $\sim c_{v}-\sigma_{v}$ 関係は, $U_{s}=100\%$ の沈下曲線にフィットするに試行錯誤的に 決定した.このようにして決定した本試料の圧密パラメータを図-2, 図-3中に示す.なお図-2の $U_{s}=65\%$ の含水比分布に関して,実測値 と解析結果に差はあるが,解析結果は実測値のばらつきの範囲に位 置しているため,解析結果は妥当であると判断した.



図-3 自重圧密中の沈下曲線

キーワード 超軟弱粘土,ベーンせん断試験,遠心自重圧密,せん断強度,圧密度 連絡先 〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5 横浜国立大学土木工学棟 TEL 045-339-4038

# 4. 自重圧密中の強度特性

図-4 は<sub>て、</sub>--w 関係である .w は ,遠心場の試験では解析値を用い, 重力場の結果は実測値を用いて,ベーン回転位置の平均含水比とし た.図-2 に示すように深度方向に含水比が異なる地盤であるが, <sub>て、</sub>に対して平均含水比を用いることの妥当性に関しては文献 2)で 検証してある.自重圧密の程度によらず,<sub>て、</sub>--w 関係には有意な相 関があるといえる.遠心場と重力場の<sub>て、</sub>--w 関係を比較すると,両 者に大きな違いは見られない.

図-5 は $\tau_v$ - $\sigma_v$ '関係である. $\sigma_v$ 'はベーンの回転中心位置での値であ り,自重圧密解析により推定したを用いた.なおベーン中心位置の  $\sigma_v$ 'は,ベーン回転位置の有効応力の平均値とほぼ等しい.今回得 られた $\tau_v$ - $\sigma_v$ '関係は,自重圧密の程度によらず,図5中の実線で示 す $\tau_v$ =0.3 $\sigma_v$ 'の直線近傍に位置している.この $\tau_v$ / $\sigma_v$ 'は,従来の正規 圧密粘土の強度増加率とほぼ等しい.ただし,重力場の $\tau_v$ / $\sigma_v$ 'は  $\sigma_v$ '>4kPaで若干小さい値を示した.

図-6 に  $U_{\rm S}$  =100%の圧密経過に伴う地盤内の $\tau_v$ の変化を示す.図 中の実線は,解析で得られた各  $U_{\rm S}$ に対する $\tau_v$ (=0.3 $\sigma_v$ ')であり, プロットは $\tau_v$ の実測値である.図より,地盤内の深度に関係なく,  $\sigma_v$ の増加に従って, $\tau_v$ が増加していることがわかる.

# 5. 圧密度に対する強度特性の変化

図-7に 粘土層底面から 1.5cm 上側のベーン中心位置における $\tau_v$ ,  $U_f$ ,  $U_\sigma$ の経時変化を示す.ここに,  $U_f$  はひずみに関する圧密度,  $U_\sigma$ は応力に関する圧密度であり,それぞれ f,  $\sigma_v$ 'に関する圧密度  $U_\sigma$ の経時変化を示す. $U_f$ ,  $U_\sigma$ はf,  $\sigma_v$ 'を用いて以下のように表さ れる<sup>3)</sup>. 今回, f,  $\sigma_v$ 'の値は,ベーン中心位置の解析値を用いた.

 $U_{f} = \frac{f_{0} - f_{1}}{f_{0} - f_{1}}$ ,  $f_{0}$ : 圧密前,  $f_{1}$ : 圧密後  $U_{\sigma} = \frac{\sigma'_{v} - \sigma'_{v_{0}}}{\sigma'_{v_{1}} - \sigma'_{v_{0}}}$ ,  $\sigma'_{v_{0}}$ : 圧密前,  $\sigma'_{v_{1}}$ : 圧密後

図より,自重圧密中の $U_{\sigma}$ は, $U_{f}$ より遅れて増加することがわかり, $\tau_{v}$ の増加も $U_{\sigma}$ の増加に対応していることがわかる. これは表層側で行った実験結果も同様である. $U_{f}$ は沈下量に対応しており,強度増加は沈下量の増加に対して遅れることがわかった.

## 6.まとめ

遠心自重圧密中の軟弱粘土地盤に対してベーンせん断試験 を行い,自重圧密中の強度特性について調べた.その結果, 強度増加は有効土被り圧の増加に従い,沈下量の増加に対し て遅れることがわかった.また,重力場で得られた結果は, 遠心場の結果と比較して低い値になったが,大きな低下には ならなかった.

## 参考文献

1) 田中ら: 遠心自重圧密中の超軟弱粘土のベーンせん断強度,第38回地盤工学研究発表会,投稿中

2) 田中ら:沈降堆積した粘性土に対するベーンせん断強度の算出方法の検討,第35回地盤工学研究発表会概要集,pp567-568

 $\tau_v$  (kPa)

3) 三笠正人:軟弱粘土の圧密 - 新圧密理論とその応力 - , 鹿島出版会, pp. 16, 1963



図-7 圧密中の地盤内の $\tau_v$ ,  $U_f$ ,  $U_g$ の変化