鹿児島大学理工学研究科 正 三隅浩二 北九州市役所 非 杉野友紀

<u>1.はじめに</u>

本研究では、一面せん断試験のすべり面を空間滑動面¹⁾と見なして、まず、せん断応力τと垂直応力 σ の定 義式より最大主応力 σ'_1 ~最小主応力 σ'_3 関係および軸差応力q~平均有効主応力p'関係を求めた.次に、不飽和 状態の異なる複数の摩擦係数 μ を求めた.飽和度 70%を超える時の摩擦係数 μ は外挿法により推定した.最 後に、得られた σ'_1 ~ σ'_3 関係を使ってモールの応力円を描き用極法により主軸の回転を考察した.試料には豊浦 砂を用いた.

2.平均有効主応力p'と軸差応力 q の関係

$$\sigma = \frac{3J_3}{J_2} \cdot \cdot \cdot (1)$$
 $\tau = \frac{\sqrt{J_1 J_2 J_3 - 9J_3^2}}{J_2} \cdot \cdot \cdot (2)$

式(1),式(2)は空間滑動面上の $\sigma \ge \tau \ge cc$ 力の不変 量で表した式,式(3)は応力の不変量を主応力で表した 式である.ここに、 σ は垂直応力、 τ はせん断応力, J₁は応力の第1不変量、J₂は応力の第2不変量、J₃は 応力の第3不変量、 σ'_1 は最大主応力、 σ'_2 は中間主応力, σ'_3 は最小主応力である. $\sigma = 200$ kPa、 τ には実測値を を用いて、 $\sigma'_2 = \sigma'_3 \ge cc$ 反定して、 σ'_1 、 $\sigma'_3 \ge x$ 之め、 p' = (1/3)($\sigma'_1 + 2\sigma'_3$)、 $q = \sigma'_1 - \sigma'_3 \ge 0$, $q \sim p'$ 関係を 求めた.

図1は、プロットが今回求めた一面せん断試験の試験経路、右側の実践が拘束圧一定三軸圧縮試験の試験経路である.初めは p' = const.試験の試験経路に近いが、その後は拘束圧一定三軸圧縮試験の試験経路の傾きに近づいていることがわかる.

<u>3.摩擦係数µの推定方法</u>

飽和度 Sr = 10%,30%,50%,70%について,相対密度を Dr=10%~90% にばらつかせて,一面せん断試験を実施し た.そして,供試体が圧縮から膨張に転ずる時の応力比 τ / σ より摩擦係数µを求めた.それぞれの飽和度において,摩 擦係数µの平均値を求め,結局,図2に示すµ~Sr 関係を得 ることができた. Sr=80%以上は供試体の設置時に供試体 が所定の寸法を満たさないまたは供試体からの水漏れが発 生したため試験は実施できなかった.そのため,Sr=70% 以下の飽和度で求められたµ~Sr 関係を直線近似して外挿 することにより Sr=70%を超えるところの摩擦係数µを推定

$$J_{1} = \sigma'_{1} + \sigma'_{2} + \sigma'_{3}$$

$$J_{2} = \sigma'_{1}\sigma'_{2} + \sigma'_{2}\sigma'_{3} + \sigma'_{3}\sigma'_{1}$$

$$J_{3} = \sigma'_{1}\sigma'_{2}\sigma'_{3}$$

$$(3)$$





図 2 μ ~Sr 関係

することができた. すなわち,線形最小二乗法により図 2 に示す直線を求めた. 直線式は $\mu = 0.0003$ Sr + 0.5476 である. Sr=100%のとき, $\mu \Rightarrow 0.578$ が得られる. さらに,得られた $\mu \epsilon \mu = (\tau/\sigma)_{cr} = f(\sigma'_1/\sigma'_3)$ に代入し (σ'_1/σ'_3) を求め,式(4)より三軸圧縮試験時における限界状態パラメータ $M^{20} = 1.27$ を求めることができた.

$$M = (q/p')_{cr} = 3\left\{ \left(\frac{\sigma'_1}{\sigma'_3} - 1 \right) / \left(\frac{\sigma'_1}{\sigma'_3} + 2 \right) \right\} \quad \cdot \quad \cdot \quad (4)$$

このように空間滑動面を仮定することにより,一面せん断試験結果を使って三軸圧縮試験から得られる限界状 態パラメータを求めることができた.

4.主軸の回転

図3は主応力の作用方向を示した ものである.空間滑動面を仮定する ことで、 $\sigma \ge \tau$ の式から $\sigma'_{1} \sim \sigma'_{2}$ 関係 を求め、モールの応力円を描き、用 極法により主応力の作用方向を求 めた. せん断時の点 (σ, τ) からすべ り面と平行な水平線を引いてモー ル円と交わる点が極(Pole)である. 極(Pole)から($\tau = 0$ 、 $\sigma = \sigma'_1$), ($\tau =$ 0、 $\sigma = \sigma'_{3}$)の点に直線を引き、その 線上に垂直の方向にσ', σ'3が作用す る. せん断開始時はσ1は鉛直方向に 作用しているが, せん断直後急に作 用方向を変える. 主応力の値はせん 断応力 τ に比例して大きくなるが, 図 3 より、 $\tau = 57 \text{kPa}$ 以降ほとんど 作用方向を変えていないことが 見て取れる.



5.まとめ

すべり面を空間滑動面と仮定することにより、一面せん断試験結果を用いてq~p'関係、摩擦係数µ、主応 力の作用方向の変化を求めることができた. q~p'関係については、初めはp'=const.試験に近い試験経路であ ったが、その後は拘束圧一定三軸試験の試験経路の傾きに近づくことがわかった. 次に、供試体が圧縮から膨 張に転ずる時の応力比 τ/σ より摩擦係数 μ の値を求めることができた. 飽和度 Sr=70%より大きい供試体に ついては、外挿法を用いて推定することができた. 空間滑動面上の応力の理論式を利用して三軸圧縮試験で得 られる限界状態パラメータMの値を求めることもできた. 主軸の回転については、一面せん断試験中の主応力 の作用方向の特徴がわかった. すなわち、せん断開始時は σ'_1 は鉛直方向に作用しているが、せん断が進むにつ れて作用方向が変わっていき、 $\tau = 57$ kPa 以降はほとんど作用方向が変わらないことがわかった.

参考文献

1) 松岡元, 地盤工学の新しいアプローチ, 京都大学学術出版会, 2003.

2) A.Schofield and P.Wroth, Critical State Soil Mechanics, McGRAW-HILL, 1968.