

残留状態における粘土の垂直応力変化に伴う強度特性

信州大学大学院 学○鈴木素之

信州大学工学部 正 梅崎健夫 正 川上 浩

信州大学工学部 学 伊藤秀幸

1. はじめに

せん断破壊に引き続く大変形により残留強度に達したすべり面において、垂直応力の変化を受けると、粘土の発揮するせん断抵抗もそれに伴って変化する。著者らは、そのときの応力状態の変化は残留強度線によって規定されることを示した^{1), 2)}。本文では、残留状態において垂直応力を単調に減少させるリングせん断試験を実施し、垂直応力の減少速度およびその減少量が残留状態以降のせん断挙動に及ぼす影響について考察した。

2. 試験方法

試料はカオリン($\rho_s=2.724 \text{ g/cm}^3$, $w_L=75.6 \%$, $I_p=39.3$)である。実施したリングせん断試験は、環状供試体(内径6 cm, 外径10 cm, 初期高さ2 cm)を、圧密応力 $\sigma_c=196 \text{ kPa}$ によって正規圧密状態にした後、せん断変位角速度 $\dot{\theta}=0.0025 \text{ rad/min.}$ (せん断変位速度: 0.10 mm/min.)で、せん断変位角 $\theta=10 \text{ rad}$ (せん断変位: 40 cm)まで定圧せん断して残留状態に至らしめた。その状態において垂直応力 σ_N を単調に減少させたものである。試験ケースは、 σ_N の減少速度 $\dot{\sigma}_N$ および減少量 $\Delta\sigma_N$ を変化させる二通りである。定圧せん断過程では、リング周面摩擦力を考慮して、せん断面上の平均的な垂直応力が一定となるように垂直力を随時調整した。上下部リングの隙間は 0.10 mm に設定した。

3. 試験結果と考察

(1) 残留状態において垂直応力を減少させたときの

リングせん断挙動 図-1は、せん断応力 τ ～せん断変位角 θ 関係を示したものである。残留状態($\theta=10 \text{ rad}$)以降における σ_N の減少に伴って τ は減少する。図-2(a)～(c)は、図-1の試験ケースに対する垂直応力 σ_N 、せん断応力 τ および鉛直変位 v 、と σ_N の単調減少過程の経過時間 t の関係を示したものであり、図中の記号:○は平均的な垂直応力の減少速度を $\dot{\sigma}_N=4.9 \text{ kPa/min.}$ としたものである。図-2(b), (c)より、時間の経過とともに τ は減少し、 v は増加する。 σ_N が一定となると、 τ 、 v はともに一定となる。

(2) 垂直応力の減少速度の影響

図-2(a)～(c)の記号:△は、 $\dot{\sigma}_N=24.5 \text{ kPa/min.}$ の試験ケースを示している。この場合は、 σ_N を減少させて一定にすると、

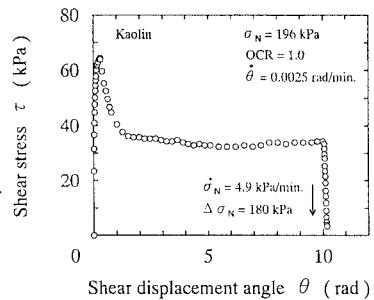


図-1 $\tau \sim \theta$ 関係

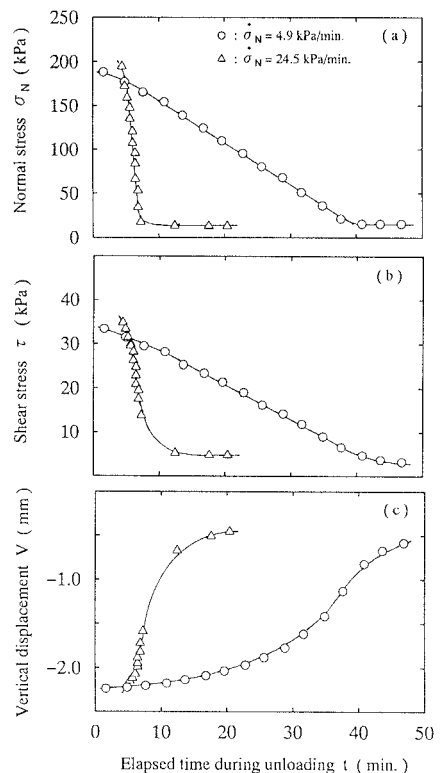


図-2 $\sigma_N \sim \tau \sim v \sim t$ 関係

少し遅れて τ , v はともに一定になる。また, $\dot{\sigma}_N$ によらず, τ および v の変化量は等しい。図-3は, $\Delta\sigma_N = 180$ kPaとして, $\dot{\sigma}_N$ を変化させた場合の σ_N の単調減少過程におけるベクトルカーブを示したものである。 $\dot{\sigma}_N = 4.9$ kPa/min.の場合, 残留状態以降のせん断応力は, 垂直応力の減少に対して, 残留強度線(ϕ_r 線)上を辿って減少している。一方, $\dot{\sigma}_N = 24.5$ kPa/min.の場合には, τ は σ_N の減少に伴って ϕ_r 線の少し上方に逸脱した経路を辿って変化しているが, 最終的には $\dot{\sigma}_N$ によらず応力状態は等しくなる。

(3) 垂直応力の減少量の影響 図-4は, $\dot{\sigma}_N = 4.9$ kPa/min.において, $\Delta\sigma_N$ を変化させた場合の σ_N の単調減少過程における $v \sim \log \sigma_N$ 関係を示したものである。 v は σ_N の減少に対して増加し, 垂直応力の減少量が多いほど膨潤量は大きくなる。図-5は, このときのベクトルカーブを示したものである。 $\Delta\sigma_N = 90$ kPaの場合における σ_N の減少に伴う応力経路は, $\Delta\sigma_N = 180$ kPaの場合とほぼ同一である。すなわち, 残留状態以降のせん断応力は, 垂直応力の減少に対して, 垂直応力の減少量によらず同一の経路を辿って減少する。

4. まとめ

残留状態における垂直応力変化に伴うせん断応力および鉛直変位の挙動は, 垂直応力の減少速度に依存する。また, 残留状態における垂直応力変化に伴う応力状態は, 垂直応力の減少速度が大きくなると厳密には残留強度線(ϕ_r 線)の少し上方に逸脱したものとなるが, 工学的には ϕ_r 線上を辿って変化すると考えてよい。

【参考文献】

- 1) 鈴木素之ら：平成7年度土木学会中部支部研究発表会, pp.407~408, 1996.
- 2) 鈴木素之ら：第31回地盤工学研究発表会, pp.867~868, 1996.

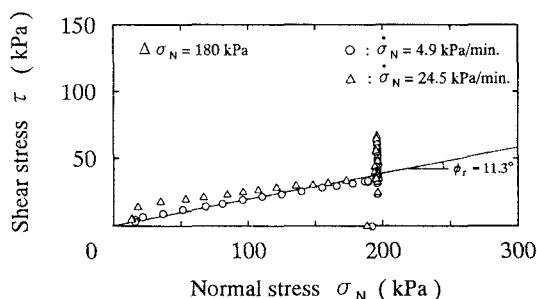


図-3 $\tau \sim \sigma_N$ 関係 ($\dot{\sigma}_N$ が異なる場合)

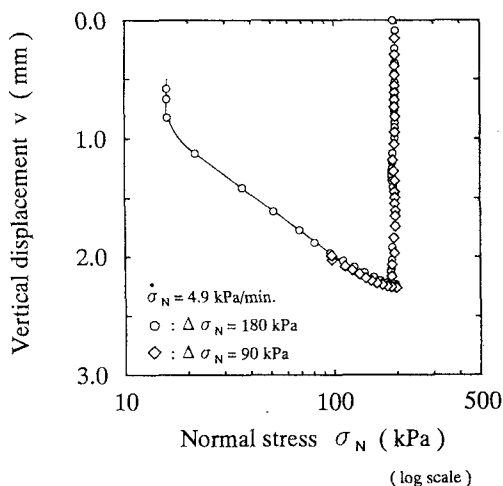


図-4 $v \sim \log \sigma_N$ 関係

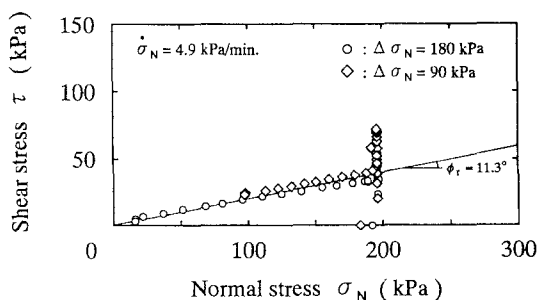


図-5 $\tau \sim \sigma_N$ 関係 ($\Delta\sigma_N$ が異なる場合)