

東海大学 工学部 正員 稲田 浩樹
東海大学 工学部 正員 赤石 勝

1. まえがき

土のセン断特性は、地盤の安定問題と密接な関連をもっている。盛土荷重を受ける地盤のセン断強さを調べる場合、三軸試験では一般にセン断面に作用する全応力を増加させるような荷重を加えている。これに対し切取りや掘削などでは、セン断面に作用する全応力が減少するような荷重を受ける。このような場合に、土が吸水膨脹すれば大幅に強度が低下する。また飽和粘土試料を非排水状態でセン断する場合、面載荷法に相当する室内セン断試験によって得られるセン断強さには差がないと言われている。¹⁾

しかし非排水状態の供試体に加わる全応力が減少する場合、間ゲキ水中に溶解していた気体が遊離するため当初飽和していた粘土試料でも微視的にみて不飽和になると思われる。室内試験では、バックプレッシャーを加えてセン断することにより、このような影響は消滅できることが明らかにされている。²⁾ 地下水圧のあまり大きくない現実の飽和粘土地盤も掘削により微視的にみて不飽和となることは十分考えられるが、このような場合のセン断強さについては不明な点が多い。このような観点からここでは、飽和粘土の非排水セン断強さと応力経路の関連を調べるために一連の三軸圧縮試験を行なった。

2. 試料と試験方法

試料として東京湾岸道路予定地で採取した土の74μフルイ通過分を用いた。粘土分55%、液性限界 $w_L=70\%$ 、塑性指数 $I_p=34$ であった。液性限界付近の含水比で十分に練り直し、等方圧縮圧力 σ'_0 で再圧縮した粘土塊から直径3.5cm、高さ7cmの供試体を取った。供試体を三軸室内にセット後、再び圧縮圧力 $\sigma'_1 (= \sigma'_0 + 0.2 \text{ kg/cm}^2)$ で等方圧縮した。圧縮圧力 σ'_1 は、1.0, 1.8, 2.6 kg/cm^2 の三種類である。このような方法で得られた供試体の飽和度は、計算上では、ほぼ100%であり、バックプレッシャーは用いていない。

次の4種類の方法で圧密非排水セン断試験(CU試験)を実施し、そのセン断特性を比較した。

(1). ヒズミ制御試験(SC試験と呼ぶ)……側圧 σ_3 を σ'_1 に保ち供試体を軸方向にヒズミ速度 $\dot{\epsilon} \approx 0.15\%/min$ で圧縮する方法。 $B=1$ とすれば、セン断中に発生する間ゲキ水圧 Δu は、 $\Delta u = \frac{1}{3}\Delta\sigma_1 + (A_2 - \frac{1}{3})\Delta\sigma_1 = A_2\Delta\sigma_1$ となる。

(2). 軸圧増加試験(AI試験)……側圧 σ_3 を σ'_1 に保ち、軸圧 σ_1 を一定速度で増加させる応力制御法。応力増加速度 $\dot{\sigma}_1 \approx 1.70 \times 10^{-2} \text{ kg/cm}^2/min$ これは主応力差増加速度でもある。 $\Delta u = \frac{1}{3}\Delta\sigma_1 + (A_2 - \frac{1}{3})\Delta\sigma_1 = A_2\Delta\sigma_1$

(3). 側圧減少試験(RD試験)……軸圧 σ_1 を σ'_1 に保ち、側圧 σ_3 を一定速度で減少させる応力制御法。応力減少速度 $\dot{\sigma}_3 \approx 1.50 \times 10^{-2} \text{ kg/cm}^2/min$
 $\Delta u = -\frac{2}{3}\Delta\sigma_3 + (A_2 - \frac{1}{3})\Delta\sigma_3 = (A_2 - 1)\Delta\sigma_3$

(4). 側圧減少ヒズミ制御試験(RS試験)……RD試験の途中からSC試験に切替える試験法。 $\Delta u = \frac{\Delta\sigma_1 - 2\Delta\sigma_3}{3} + (A_2 - \frac{1}{3})(\Delta\sigma_1 + \Delta\sigma_3)$

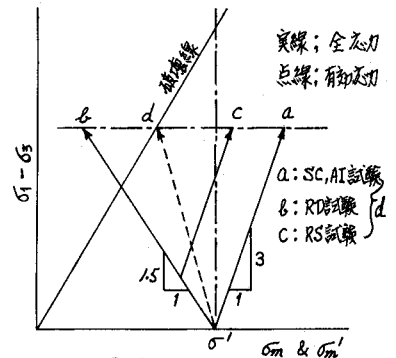


図-1.

今回実施した4種類のセン断試験の応力経路図は、図-1のようになる。Henkel¹⁾によれば、飽和粘土のCU試験の有効応力経路は、すべて等しく一本の曲線dで表わされ、セン断強さも等しいことになる。

3. 実験結果と考察

図-2は、全試験の破壊時の $(\sigma_1 - \sigma_3)/2$ と $(\sigma'_1 + \sigma'_3)/2$ の関係をプロットしたものである。RD試験のバラッキが多少大きい目であるが、ほぼ焦点を通る一つの直線上に集まっている。したがってCU試験から得られる強度定

数中は、応力経路の影響を免けないと言えるようである。

有効応力経路図の一例を図~3に示す。SCとAI試験では、ヒズミ速度や主応力差の増加速度がかなり異なるにもかかわらず、破壊時の主応力差はほぼ等しく、RD, RS試験ではそれより小さくなる傾向が認められた。また破壊線に到達するまでの有効応力経路の違いも大きい。この原因として、(1)せん断速度が大きい場合ダイレイタンスーが十分に發揮されていない。特にSC試験では、載荷当初の主応力差増加速度が(あるいはヒズミ速度)ほかの試験にくらべて大きいのでダイレイタンスーをほとんど生じてない。(2)AI試験とRD試験におけるダイレイタンスーの時間依存性が同程度であることが明らかでない。(3)せん断試験前にバックプレッシャーを用いていないため不飽和の影響があらわれた。などが考えられる。

図~4に同ゲキ圧係数Aと軸ヒズミ ϵ の関係を示す。供試体に加わる平均全主応力の増加するSC, AI試験と平均全主応力の減少するRD, RS試験のA係数の相違が大きい。RD試験では、側圧の減少によってせん断応力が生じているので当初飽和していた試料もせん断とともに不飽和状態になったものと思われる。非排水せん断中でも体積変化が生じ不飽和となり、平均全主応力の減少分に相当する負の同ゲキ水圧が生じていないのに生じたものとしてA係数を計算するため、RD試験では見かけ上大きな値が得られたのであろう。供試体が当初完全に飽和していないとしても全試料同一条件であること、AI・RD試験において同じ主応力差に對するヒズミの量はAI試験の方が大きく、これは主動・受動土圧と変形の関係に對応すると考えられることなから、ダイレイタンスーは、応力経路にかなり影響されるのではないかとと思われる。

AI・RD・RS・SC試験の破壊時における平均全主応力 $\bar{\sigma}_{mf}$ とせん断開始時の圧縮圧力 σ'_1 の比 $\bar{\sigma}_{mf}/\sigma'_1$ と破壊時の同ゲキ圧係数 A_f との関係を表わしたのが図~5である。 $\bar{\sigma}_{mf}/\sigma'_1$ の小さい試験ほど大きな A_f 係数が得られ、破壊時の主応力差も小さくなる傾向がみられた。

4. おすび

得られた結果を要約すると次のようになる。

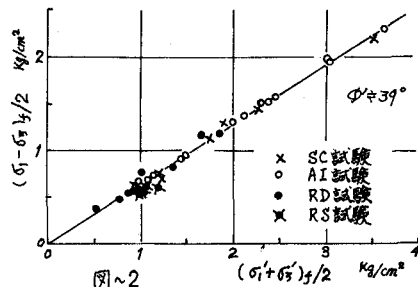
- (1). 平均全主応力の減少する試験では、せん断強度が低下する。せん断強度の低下量は、破壊時の平均全主応力の減少量に影響される。
- (2). CU試験から得られる強度変数 ϕ は、応力経路に無関係である。

現在バックプレッシャーを用いた場合のCU試験を行なっているので、

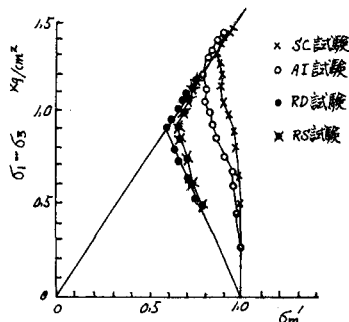
講義時には、その結果も報告したい。実験に協力された本学卒業生北原啓彦氏(現大成建設)に感謝します。

5. 参考文献

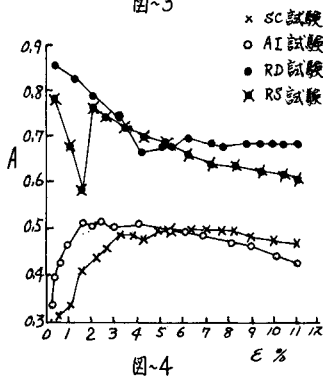
- (1). Menkel, D.J. et al. "The measurement of Soil Properties in Triaxial Test" Edward Arnold PP18-21, 1962
- (2). 赤井浩一, 小倉章 "不飽和粘土の圧密とせん断におよぼす Back pressure の効果" 土壌学論文集 Vol.91 S.58.



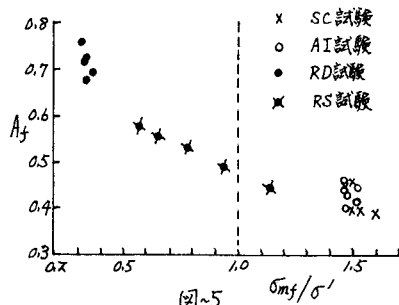
図~2



図~3



図~4



図~5