

III-136 排水条件下における珪藻質軟岩の強度特性(第2報)

金沢工業大学 学生会員・宮本敏正
金沢工業大学 正会員 宮北 啓
金沢工業大学 正会員 前川晴義

1. まえがき 最近, 土と硬岩の中間的位置をしめる軟岩を対象とした研究が行われるようになった。それはこのような軟岩を, どう合理的に土木設計等に対処すれば良いかといった問題が背景にあるものであり, その力学的性質は不明な点が多い。我々は多孔質で, しかも固結性を有する珪藻質軟岩について三軸排水試験を行ない, CU試験結果とは異った, 特異な結果を得たので, ここに報告する。

2. 実験試料および実験方法 使用した試料は石川県珠州市より, ブロック状に切り出し採取したもので, その諸性質は表-1に示す通りである。試料は十分飽和させたものを直径5cm, 高さ10cmの円柱形に整形して供試体とした。実験に当っては側圧が80%まで負荷できる中容量の三軸圧縮試験機を用い, 所定の等方圧で圧密した後, 側圧を一定に保ちながら, セン断速度 $8.8 \times 10^{-4} \text{ mm/min}$ で, ひずみ制御のもとで排水セン断を行なった。

表-1 物理的諸性質

土粒子の比重 G_s	2.21
初期含水比(飽和) w_0	118.4 %
湿潤密度(飽和) ρ_s	1.35 g/cm ³
乾燥密度 ρ_d	0.62 g/cm ³
間隙率 n	71.9 %

3. 実験結果および考察 図-1は各側圧下の軸ひずみ(ϵ_1)と軸差応力($\sigma_1 - \sigma_3$), 体積ひずみ(ϵ_v)の関係を示す。図から判るように, 微小な ϵ_1 で, 側圧が大きくなるにしたがい, 小さな $\sigma_1 - \sigma_3$ で明確な降伏(初期降伏)を起こす。その後の ϵ_1 の増大により, $(\sigma_1 - \sigma_3)_{max}$ に達し, ひずみ軟化により残留強度 $(\sigma_1 - \sigma_3)_r$ になるものと($\sigma'_3 = 0.5, 5, 7.5 \text{ kg/cm}^2$), また初期降伏後, ひずみ硬化が非常に大きな ϵ_1 まで続き($\sigma_1 - \sigma_3)_{max}$ を示した後, $(\sigma_1 - \sigma_3)_r$ に至るものと($\sigma'_3 = 15, 17 \text{ kg/cm}^2$), $(\sigma_1 - \sigma_3)_{max} = (\sigma_1 - \sigma_3)_r$ に達するまで, ひずみ硬化が継続するものと($\sigma'_3 = 10, 20, 25 \text{ kg/cm}^2$)とに区分できる。また, $\sigma'_3 = 7.5, 15, 17 \text{ kg/cm}^2$ については, $(\sigma_1 - \sigma_3)_{max}$ 後のひずみ軟化時で突如, セン断破壊を起こし, $\sigma_1 - \sigma_3$ は急激に低下するが, 再び増大し $(\sigma_1 - \sigma_3)_r$ となる現象が認められた。このように $\epsilon_1 \sim \sigma_1 - \sigma_3$ の関係については特に $(\sigma_1 - \sigma_3)_{max}$, $(\sigma_1 - \sigma_3)_r$ で規則性がなく各側圧条件によって, 非常に特異な挙動を示すことが注目できる。また $\sigma'_3 = 0.5 \text{ kg/cm}^2$ を除いて各側圧に対する ϵ_v の変化は圧縮が顕著であり, 特に $\sigma'_3 = 25 \text{ kg/cm}^2$ では約40%にまで達している。図-2は, これまでの結果を $\sigma'_m (= \frac{\sigma'_1 + 2\sigma'_3}{3})$ と($\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$)によって整理したものであるが, 図中にはCD試験と対比するため, CU試験の結果についても, プロットしている。軟岩に対する概念としては, 粘性土などと同様に, 有効応力で表現でき, 両者の結果はほぼ一致するものとされている。しかし, 図から判る通り本軟岩のCD, CU試験の両者は全く異なる傾向を有する。特にCD試験では $\sigma'_m = 14 \text{ kg/cm}^2$ 及び 27 kg/cm^2 の

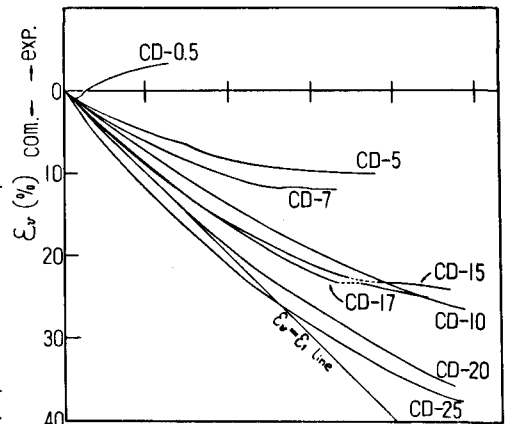
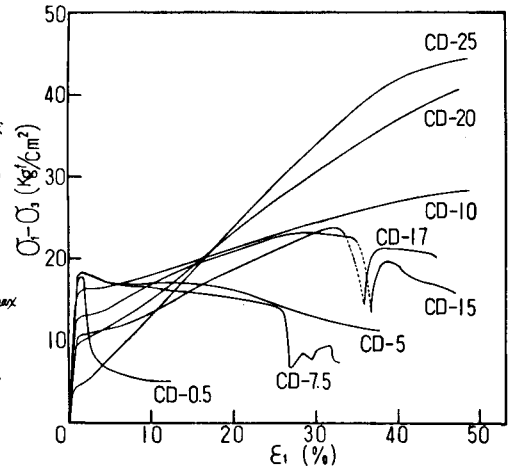


図-1 軸差応力, 体積ひずみ～軸ひずみ

2つの地点を境にして、過圧密領域から正規圧密領域に移行するような挙動を示し、 $(\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2})_{max}$ を結ぶKf-lineは4本の不連続なlineが得られる。また破壊後を整理した残留強度に関しても同様に3本の不連続なlineが独立した形で存在する。このような特異な挙動は軟岩の特性として指摘されている固結力と多孔質であることが重要な要因と考えられる。すなわち図-3は $\sigma'_m \sim \varepsilon_v$ の関係を与えているが、せん断過程の初期において粒子間にすべりが生じ(初期降伏)その後、体積変化を伴う塑性流動域となり $\varepsilon_v \approx 12\%$ 付近より圧縮性が低下するが、これは本軟岩が固有していた固結力が消失する地点と考えられる。その後は降伏応力履歴(14 kgf/cm^2 に相当する)に依存する粒子間骨格の圧密の進行が $\varepsilon_v \approx 24\%$ まで続く。また、 $\varepsilon_v \approx 24\%$ 以上の圧密は、骨格の再組織化を起こす領域を示すものである。このような一連の ε_v の変化に対し固結力(約 9 kgf/cm^2)、降伏応力履歴(14 kgf/cm^2)が、それぞれ過圧密領域的な挙動を起こさせ、図-2のような特異な結果となったものであろう。図-4はCD試験の結果を ε_v と σ'_m 、 $(\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2})_{max}$ 、 $(\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2})_r$ などについて対数グラフで整理したものである。 $\varepsilon_v \sim (\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2})_{max}$ 線については、 σ'_m とせん断応力が図-2のような比例関係にないにもかかわらず、 $\sigma'_s = 0.5 \sim 7.5 \text{ kgf/cm}^2$ および $\sigma'_s = 10 \text{ kgf/cm}^2$ 以上のものは、それぞれ $\sigma'_s = 30 \text{ kgf/cm}^2$ 以上の等方圧条件のものと平行な状態を有することが注目できる。また σ'_m については明確な関係は認められなかった。

4. あとがき 強度的な見地より、軟岩と呼ばれる材料には粘性土や硬岩と比較した場合、密度に依存するもの、固結性を有するものなど、その特性は広範囲に及ぶ。本研究は、その中でも非常に多孔質(密度が小さい)にもかかわらず、圧縮強度が比較的高い材料として珪藻質軟岩を対象としたが、これまで述べた特異な結果は本軟岩の特殊性ではなく、あくまでも材料要因(固結力、間隙率など)によるものと考えている。今後はこれら要因の影響について詳しく検討するつもりである。

最後に本研究に対し、御助をいただいた北国整衆K.Kの小川義厚氏に謝意を表します。

参考文献

- 1) 前川, 宮北, 小川: 排水条件下における珪藻質軟岩の強度特性, 第35回土木学会年次学術講演会, 1980
- 2) 足立, 小川: 珪藻質軟岩の力学特性と破壊現準, 土木学会論文集, 第295号, 1980

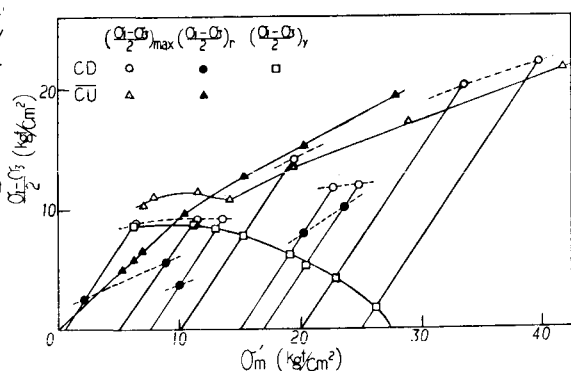


図-2 せん断応力～平均有効応力

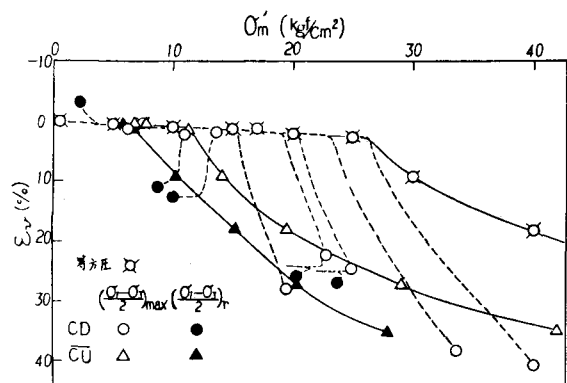


図-3 体積ひずみ～平均有効応力

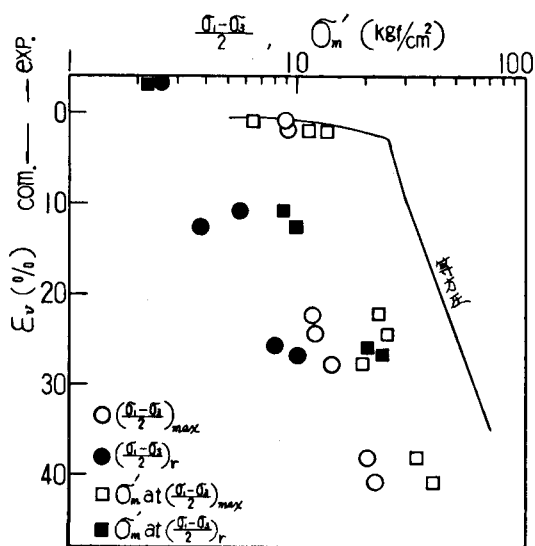


図-4 体積ひずみ～せん断応力, 平均有効応力