

○ 法政大学 工 学 部 教員 大柿 仁
 東京大学 大 学 院 教員 大河内保彦
 東京大学 生産技術研究所 正員 龍岡 丈夫

◎はじめに

盛土や斜面の安定問題も考える場合のように、やや低い拘束圧における土のせん断強度も考える場合、完全飽和状態にあることは少ないと思われる。今回、砂について、不完全飽和状態の実験を行ったので、完全飽和の実験とあわせて報告しよう。

◎実験方法

供試体寸法は、高さ約10cm、直径約2.5cmの円柱形である。試料として、 $e_{max}=0.96$, $e_{min}=0.64$, $G_r=2.64$ の豊浦砂を用いた。

供試体の作製方法としては、含水比3~4%の不飽和砂を、6層に分けてモールドに詰め、各層につきタンピングの回数を変えることにより、間隙比を調整した。この方法は、特にゆるい砂を容易に作るこれができる、外部の振動の影響を受けにくい、反面、均一な供試体を作製することが困難という欠点がある。

B値については次のように調整した。

- a) $B < 0.5$ の場合 脱気水を充分流した後、背圧を0~5 kg/cm²の範囲で変え、所定のB値を得る。
- b) $B \geq 0.5$ の場合 まず間隙空気と炭酸ガスで置き換え、その後、脱気水を流す。その後背圧の調整により、所定のB値を得る。

SkemptonのB値の測定は[Fig-1]のようにしている。この際、有効拘束圧 $\sigma'_c + \Delta\sigma - \Delta U$ が最終的な拘束圧を越えようと、過圧密となってしまう。今回の実験では、 $\sigma'_c = 0.5 \text{ kg/cm}^2$, $\Delta\sigma = 0.5 \text{ kg/cm}^2$ で行ない、B値が低い場合でも最終的な圧密力 $\sigma'_c = 1.0 \text{ kg/cm}^2$ を越えないようにしてB値の測定を行った。

この供試体を、 1.0 kg/cm^2 まで等方圧密した後、側圧一定で変位速度 0.175 mm/min により、歪制御で非排水せん断試験を行った。

◎実験結果

まず、実験結果の整理に用いている記号について[Fig-2]に示す。ただし、 ΔU は、間隙水圧である。

Stress path については、不飽和の有効応力を表わす式として Bishop の式

$$\sigma' = (\sigma - U_a) + X(U_a - U_w) \quad U_a: \text{間隙空気圧} \quad U_w: \text{間隙水圧}$$

がある。本実験においては、飽和度 $S_r > 99\%$ であるので、 $X=1.0$ と仮定してよいと考え、有効応力は U_w のみに支配されるとしている。

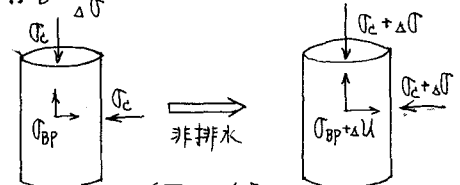
次に、等間隙比において、B値が異なる場合のせん断挙動を[Fig-3]に示す。このくらいゆるい砂の場合は、

Skemptonの式

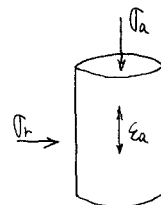
$$\Delta U = B \{ \Delta \sigma_3 + A(\Delta \sigma_1 - \Delta \sigma_3) \}$$

等方圧密であるから $\Delta \sigma_1 = \Delta \sigma_3 = \Delta \sigma$

$$\therefore B = \frac{\Delta U}{\Delta \sigma}$$



[Fig-1]



$$\sigma'_a = \sigma_a - \Delta U$$

$$\sigma'_r = \sigma_r - \Delta U$$

$$p' = \frac{\sigma'_a + 2\sigma'_r}{3}$$

$$q = \sigma'_a - \sigma'_r$$

$$\epsilon_a = \frac{\Delta H}{H} \times 100\%$$

[Fig-2]

aのように、B値が0.45でも q がある最大値に達した後、破壊包絡線に漸近して低下し、間隙水圧も上がり続づけ、ついには、有効拘束圧0、一般にいう液状化の状態に至る。bのようにB値が0.05になると q がある最大値に達した後、低下していき、軸歪が10%に至るまで歪硬化を示さない。このStress pathから、B値が低いと間隙水圧の出力がかなり小さくなるこがわかる。

次に等歪強度におけるB値の影響を調うるために、等歪時における q と e の関係をプロットしてみたのが、[Fig-4] (a) (b) (c) である。

$\epsilon_a=0.2\%$ では、間隙比の変化による q の違いはそれほど大きなものではない。また、B値の高いものと低いものとの間で q には、有意な差がみられず、せん断強度に、飽和度はさほど影響を与えないことがわかる。

$\epsilon_a=0.5\%$ になると間隙比の変化による q の違いが全体に増大する傾向にあり、B値の高いものと低いものとの間で q に有意な差がみられる。すなわち、[Fig-3]のStress pathから容易に想像ができるように、間隙水圧の出力が少ない分だけ、B値の低いものの q が大きくなるわけである。この傾向は、 $\epsilon_a=1.0\%$ になるとますます顕著となり、B値のせん断強度に与える影響は明らかである。

以上からわかるように、ゆる詰めの場合の不完全飽和砂では、せん断初期に完全飽和砂と似た挙動を示しながら、せん断が進むにつれ、完全飽和砂より大きな強度を示す。つまり、完全飽和砂と不完全飽和砂には、同じ密度でも、かなりStress~Strain関係が異なっているこがわかる。

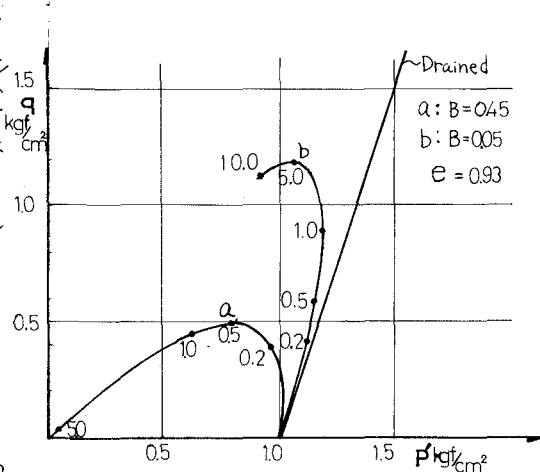
以上の結果と密詰め砂では、逆の結果も予想されるので、今後の課題としたい。

◎結論

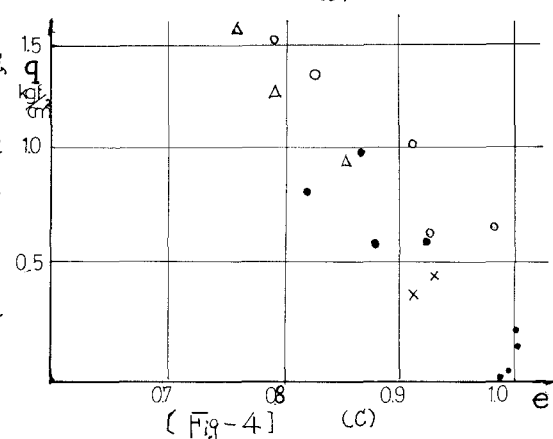
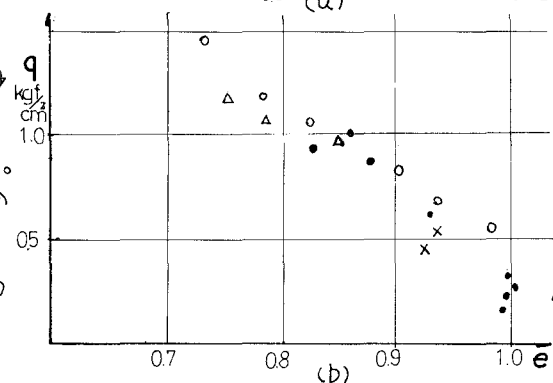
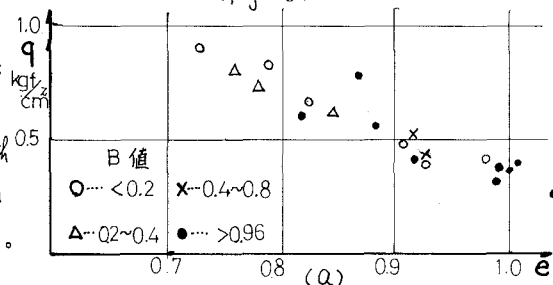
- ゆず詰めの場合の不完全飽和砂では、低歪域ではその強度は完全飽和砂と大きな差異がない。
- 歪が大きくなるにつれてゆる詰め砂では、不完全飽和砂の強度は完全飽和砂よりかなり大きくなる。

◎謝辞

この実験を行なうにあたり、三木五三郎教授に助言をいただきました。ここに深く感謝するものです。



[Fig-3]



[Fig-4] (C)