

応用地質調査事務所 正会員 古田一郎
神戸大学 正会員 軽部大蔵

1. 予えがき 筆者らは、異方圧密挙動を定性的に研究し、異方圧密から得られる応力平面上の等間隙比線から、排水強度と非排水強度が異なることを示唆した。更く、この強度の差をエネルギー補正の考え方から、定量的な形で明らかにすることを試みた。今回は、一般的な三軸圧縮状態をエネルギーの概念から統一的に把握し、重ね合わせの原理を仮定することから、異方圧密或非排水状態を同一の立場から位置づけることを試みた。

2. エネルギー式 砂の変形は本質的に個々の粒子間の動きであるが、集合中の粒子の移動は粒子間の摩擦だけでなく、周辺の粒子群の持つ構造的な抵抗を考える必要がある。砂の変形については更くタイラタンシー特性が重要な位置を占める。Roweらは、エネルギーの概念から応力-タイラタンシー式を導入したが、最大主応ミ増分 $d\sigma_1$ が発生した場合にタイラタンシー特性が最小主応ミ方向のみで現れるという仮定が、暗くなされている。タイラタンシー特性は、本来各方向に現れるべきであり、その意味でRoscoeらのエネルギー式の妥当性がある。彼等が仮定したエネルギー式は、外部からの仕事が内部での限界状態におけるせん断応力の仕事に等しいとするものである。 $\eta = (\sigma_1 - \sigma_3) / (\sigma_1 + 2\sigma_3)$ の限界状態での値を M で表し次式で塑性仕事を定義した。

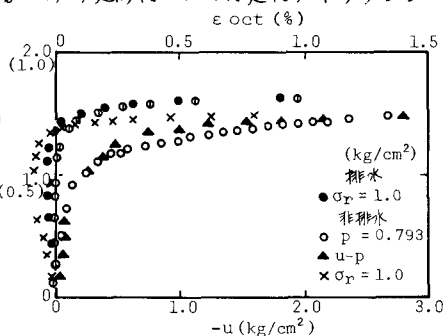


図-1

$$\int \sigma_1 d\epsilon + p d\epsilon = M p d\epsilon \quad (\text{ここK, サックスは塑性成分を示す。}) \quad \text{----- (1)}$$

①式は圧密を表現出来ないことから、Roscoeらはこれに修正を加えたが、物理的意味が失われている。①式右辺が妥当と考えられるのは、平均有効主応力の増分 $d\sigma_1$ による影響を除いた場合であろう。筆者らは、せん断時の変形をせん断成分と圧密成分の和で表わせると仮定し、①式を次式で定義しなおした。

$$\int \sigma_1 d\epsilon + p d\epsilon = M p d\epsilon \quad (\text{ここK, サックスはタイラタンシー成分を示す。}) \quad \text{----- (2)}$$

重ね合わせについて、ほぼ妥当であることを検証している。一例を示すと図-1に側圧一定の排水・非排水試験の実測値と等方圧密成分を除いた場合を示した。後者は、 p -一定試験の傾向を良く表わしている。

3. 実験の目的及び方法 ②式の妥当性を調べるために、更く非排水状態についても拡張するために、図-2に示す様な p -一定、 q -一定、 η (σ_1/σ_3)-一定の排水試験、及び平均主応力一定の非排水試験に加えて、破壊に近い応力状態からの非排水試験を実施した。試験は、 $G_s = 2.65$, $U_c = 1.0$ の豊前標準砂を飽和させた状態で行なった。又、側圧一定以外は新重制鋼法で行なった。

4. 実験結果及び考察 q -一定試験について $\tau_{oct}/\sigma_{oct} \sim (\frac{d\sigma_{oct}}{\sigma_{oct}})$ 関係を図-3に示した。実線はエネルギー式から与えられる理論直線であるが、初期に着しく実測値がはずれるのは、圧密成分が卓越しているためであり、破壊近くで直線に乗るのはタイラタンシー成分が卓越しているためである。

次に、種々の応力経路について重ね合わせが成立するものとして、等方圧密試験から得られた p - v 関係(平均主応力-体積比 v)を用いてタイラタンシー成分(せん断成分)を取り出してプロットしたものが図-4である。②式がほぼ成立すると考えられる。異方圧密の実測値とタイラタンシー成分も図に示しているが、せん断成分については一般のせん断試験と同様、②式を満足するものがあつた。この理論直線と応力比軸との交点

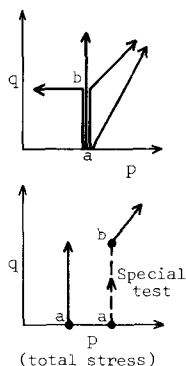


図-2

は、正のダイラタンシーが現われる応力比を与える。
この場合 $M=1.04$ ($\tau_{oct}/\sigma_{oct}=0.49$) である。

異方圧密の定常値が縦軸と交わる点は、圧密成分とせん断成分の和が0となる応力比を与えるが、側圧一定試験での体積ヒズミが0となる応力比にほぼ対応しているようである。このことは、力が増加する方向で体積ヒズミが0となる応力経路は、一定の応力比を示すことが考えられる。異方圧密から得られた等面積比線を図-5に示したが、 $\sigma_v=0$ なる異方圧密線に漸近したものとなっている。図-6に、異方圧密における $\sigma_v=0$ を満足する応力比を越えた応力状態から非排水せん断した結果を加えた、非排水応力経路を示したが、図-1と対応したものである。

以上のことから、非排水試験についてもダイラタンシー特性による体積ヒズミが、内部的に発生していると考えよることによって、(2)式が非排水試験にも適用出来るものと思われる。従って、非排水せん断強度は、排水せん断強度とエネルギー補正を以て排水せん断強度の面に位置付けられると考えられよう。

Roscoeらは、(1)式における M を限界状態での応力比としているが、限界状態では、体積ヒズミ増分を形成する圧密成分とせん断成分が共に0となることを考えるならば、(2)式における M が限界状態を表わすとするのにより妥当であると考えられる。しかしながら、この考え方は粒子集合が限界状態に至るまで一定の構造的な抵抗を有するものであるとあり、せん断過程に於て粒子の配列構造が再配列されるならば、ヒズミ硬化領域と軟化領域では、 M の値が異なり、関係を示すことが推察される。

5. 結 論 せん断成分を重ね合わせを仮定することで求めるならば、(2)式、即ち、 $g d\epsilon + p d\alpha = M p d\epsilon$ が三軸圧縮状態で成立すると考えられる。又、異方圧密及び非排水も同一に論じることが可能であると思われる。排水と非排水の強度差が、より明らかとなった。

参考文献

- ・ Rowe, P.W. (1964) "Energy components during the triaxial cell and direct shear tests," *Geotechnique*, Vol.14, pp247~261
- ・ Poorooshasb, H.B et al. (1966) "Yielding and failure of sand in triaxial compression; Part I" *Canadian Geotechnical Journal*, Vol.14, No.4, Nov, pp376~397
- ・ 古田, 輕部P (1976) 「砂の異方圧密挙動」, 第31回土木学会年次学術講演会
- ・ 古田, 園井, 輕部P (1977) 「砂のせん断におけるエネルギー式について」, 昭和52年度 土木学会関西支部年次学術講演会

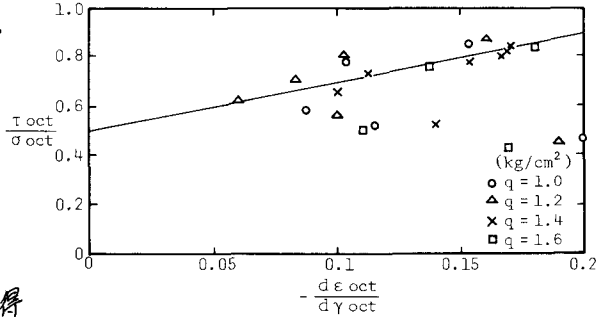


図 - 3

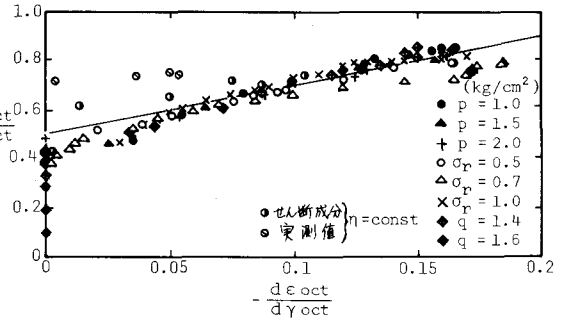


図 - 4

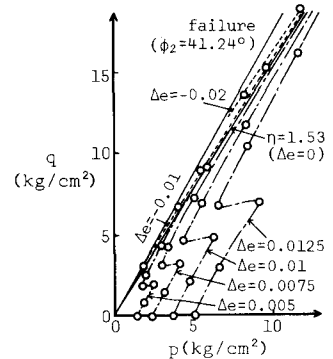


図 - 5

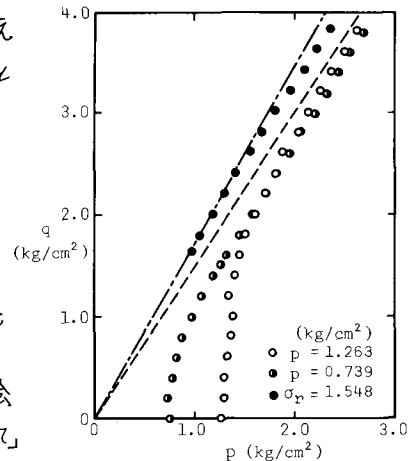


図 - 6