

九州大学 工学部 正員 〇 林 重 徳
山 内 豊 穂

1. はじめに

Coulomb がいわゆる摩擦の法則を提案(1783年)¹⁾して、ほぼ 200 年になる。この間土質工学は飛躍的な進歩を遂げたが、今日なお土質力学におけるせん断定数(C, ϕ)は重要な意味を有する。このせん断定数(C, ϕ)は必ずしも全く無視した立場から決定されているが、土がある強さを発揮するためには、相当するひずみが必要である。せん断定数が変形とともに、どのような過程を経て発揮されていくのかを解明することは、土の応力・変形特性を究明する意味からも、また変形から破壊にいたる問題を統一的に解析するために、極めて重要なことであろう。

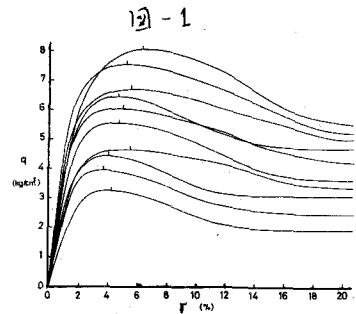
筆者は以前にも、軸ひずみ(E_a)をパラメータとして、等ひずみ(E_a)包絡線を描き、軸ひずみに伴う(C, ϕ)の動員過程を明らかにした。今回は三軸圧縮試験において、せん断ひずみ(γ)に着目し、等ひずみ(γ)包絡線と、せん断ひずみの増大に伴う(C, ϕ)のモビライジングプロセスを明らかにする。

2. 試料と試験結果

試料には、福岡市城戸原のマサ土、同市香椎産の赤土、および豊浦標準砂を用いた。お別では、マサ土についてのみ報告する。マサ土は砂分 58%、シルト分 24%、粘土分 18%、比重 2.64、塑性指数 11、最適含水比 13.5%、最大乾燥密度 1.82 g/cm^3 である。供試体は、 $\phi 5 \text{ cm}$ モールド内に、所定のエネルギーになるよう、特製ランマーで突固め作製した。平均含水比 12.6%、平均乾燥密度 1.72 g/cm^3 であった。試験条件は非圧密非排水(U_v)状態でおこなった。軸ひずみの速度は $0.5 \text{ \%}/\text{min}$ とした。試験結果の一部を図-1に示す。横座標はせん断ひずみ(γ)でプロットしてある。また本文中で用いる記号は次のとおりである。ひずみは圧縮を正とした。

$$\begin{cases} \sigma_a: \text{軸方向応力} \\ \sigma_r: \text{側方向応力} \end{cases} \quad \begin{cases} p = \frac{1}{2}(\sigma_a + 2\sigma_r): \text{平均主応力} \\ q = (\sigma_a - \sigma_r): \text{せん断応力(軸差応力)} \end{cases}$$

$$\begin{cases} E_a: \text{軸方向ひずみ} \\ E_r: \text{側方向ひずみ} \end{cases} \quad \begin{cases} E_v = (E_a + 2E_r): \text{体積ひずみ} \\ \gamma = (E_a - E_r): \text{せん断ひずみ} \end{cases}$$



3. 考察

3.1. $q-E_a$ 図と $q-\gamma$ 図

σ - ϵ 関係の一般的な表示法である軸差応力と軸ひずみの関係曲線($q-E_a$ 図)と、せん断応力とせん断ひずみの関係曲線($q-\gamma$ 図)と比較すると、ピークの分岐に特徴がある。すなわち、 $q-E_a$ 曲線では側圧(σ_r)が小さい場合、 q のピークは $E_a = 2\%$ 程度で生じているのに比べ、 σ_r が大きくなるにつれて、ピークを生じる軸ひずみは大きくなる、はっきりした傾向を示しているが、 $q-\gamma$ 図では、この傾向は弱まり、ほぼ等しい γ の所にピークが生じるようになるようである。 E_v や γ の求め方が改善できれば、 γ の範囲は更に小さくなりうるものと考えられる。このことは重要である。すなわち、 $q-E_a$ 曲線では、 E_a が同じ値でも、 σ_r に依る、あるいはピーク強度以外の状態にあり、またあるものはピークとすむた状態に分ちまわっているといった状況が生じる。一方、 $q-\gamma$ 曲線で表示してやれば、側圧(σ_r)に関係なく、 γ によって一義的に供試体の状態ととらえることができると考えられる。後に述べる等せん断ひずみ包絡線の存在が等軸ひずみ包絡線より妥当性が高いことを示唆していると言えよう。

3.2. 等せん断ひずみ線

せん断ひずみがある値 ($\gamma = 0.5, 1.0, \dots, 20.0$) に達したときの応力点 (P, q) をプロットしたものが図-2 および図-3 である。

各せん断ひずみでの応力点群はほぼ直線で近似できることが理解されよう。即ち等せん断ひずみ包絡線 (γ -strain envelope) の存在である。

また龍岡は、等せん断ひずみ線 (曲線を想定) 上には、等応力状態からせん断した場合であれば、その応力経路や試験の種類 (三軸圧縮又は伸張) によらず、おおよそ近似的一般的に分布すると報告しており、等せん断ひずみ線は、土の変形特性を説明する上で重要な意味をもつと思われ。

3.3. 土のせん断定数のモビライジングプロセス

等せん断ひずみ線と (σ_v, q) 座標でプロットし、 C および $\tan \phi$ を求めたものが図-4 である。

一方図-5 は、T.W. Lambe が粘土に関する微視的考察から推定した、せん断抵抗成分のモビライジングプロセスである。

図-5 に比べ、図-4 は摩擦成分の立ち上がりが早い。Dilatancy と Interference の効果が、 C, ϕ の成分にどの程度寄与するかは明らかではない等の点と考えること。図-4 と図-5 は、比較的良好な類似傾向を示していると言えよう。

4. おわりに

以上の点をまとめると、次のとおりである。

- (1) 三軸圧縮試験の結果は、 $q - \epsilon_a$ 関係よりも $q - \gamma$ 関係で表わす方がより妥当であると思われ。
- (2) 等せん断ひずみでの応力点群 [(p, q) or (σ_v, q)] は、三軸圧縮、伸張及び試験の種類や応力経路によらず、一般的に等せん断ひずみ線上に乗る。
- (3) この等せん断ひずみ線は、普通の応力範囲では、クーロン則と同様、直線近似が可能である。
- (4) 等せん断ひずみ線より、せん断定数 (C, ϕ) のモビライジングプロセスと明らかにすることができ。

文献

1) 曾田龍平著：摩擦の語。岩波新書。

2) 杯内用：土の応力変形特性について—三軸圧縮試験結果からの考察—

3) " " (オ2報)

4) 龍岡文夫：土の三軸圧縮・伸張試験—主として応力経路に関し—

5) Lambe, T.W.: A Mechanistic Picture of Shear Strength in Clay

1974年2月

工学会前部支那学術講演集
第9回工学会学術発表会講演集
発表。

オ20回工学会学術講演集

proc. A.S.C.E. 1960.

図-2

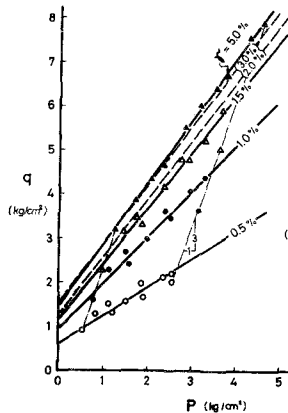


図-3

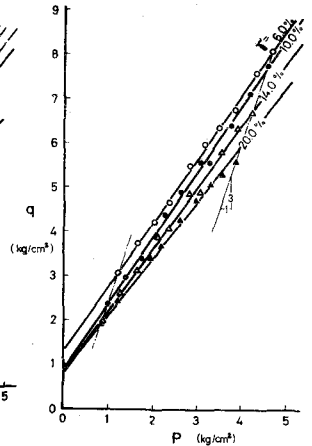


図-4

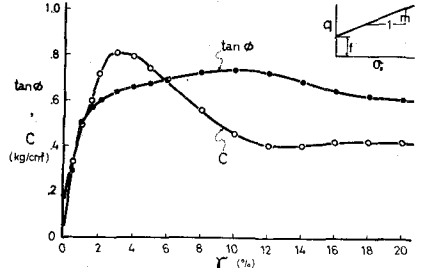


図-5

