

1. まえがき

静止土圧係数 K_0 は、普通の沖積地盤における応力状態を表わすものとして重要であるばかりでなく、地下壁や地中埋設物に対する土圧の評価や、深い基礎の支持力算定に際しても不可欠のものとされている。この K_0 は、ポアソン比という弾性定数と結びつけられている一方、土の破壊状態において定義される内部摩擦角 ϕ' との関係が論じられ、実測データも多い。しかし、静止土圧状態 (K_0 状態と略称) は破壊状態とは異なるのであるから、 ϕ' と結びつけるのではなく、もっと基本的な性質である粒子間摩擦角 ϕ_μ や、体積一定時の内部摩擦角 ϕ_{cv} との関係を見出だそうとする試みもある (山口, 1972, 落合, 1976)。

ところで、同じ砂で同一間けき比の供試体を作成したとしても、作成方法が異なれば、それぞれ異なった性質を示す。つまり粒子構造 (granular fabric) が影響する。 K_0 値も例外ではあり得ないことは容易に想像されるが、この点に関する研究はほとんど見当らない。

著者は、 K_0 状態の微視的機構の解明、粒子構造との関係を明らかにすることを目的として、光弾性二次元粒状体に対する K_0 圧密試験を行ない、さらに、実際の砂についても試験を行なっている。ここではその一部を報告したい。

2. 光弾性二次元模型粒状体の K_0 圧密試験

試験には、二次元二軸圧縮試験機を用いた。載荷わくは鋼製で4部材から成り、底部材は固定、上部材は鉛直方向に、側部材は水平方向に可動となっている。各部材にかかる荷重はロードセルによって測定し、各辺長で除して平均応力とした。また、水平変位を差動トランスにより検出し、側方変位 Δu となるよう側部材を微動させ得るようにしてある。

模型粒子は、エポキシ樹脂板より削り出した円柱形で、長さ15mm、直径6, 8, 10mm の3種類を3:2:1個の割合で混合してある。粒子間摩擦角 ϕ_μ は20~30°、平均24°である。

供試体の寸法は、幅20cm、高さ約20cmで、最大鉛直荷重の100kgまで段階的に鉛直荷重を増大させた。

側方変位の制御は所期の目的を達し得ず、0.07~0.2mmの最大側方変位を許すことになり、真の K_0 状態とはならなかったが、以下に述べる定性的な事柄にはほとんど影響しないと考えている。

3. 水平応力 σ_h ・静止土圧係数 K_0 と鉛直応力 σ_v の関係

図-1に $\sigma_h \sim \sigma_v$ 関係および $K_0 \sim \sigma_v$ 関係の一例を示す。 K_0 値は σ_v の増大とともに急速に一定値に近づいてゆく。除荷過程では、載荷時と同じ径路を通らず、 $K_0 \sim \sigma_v$ 関係はループを描いている。これらの傾向は実際の砂や粘土の挙動と同様である。

4. K_0 値と粒子構造異方性の関係

二次元粒状体の構造異方性を定量的に表わすため、次式で定義される「異方度」 A を用いる：

$$A = \frac{\int_{-\pi/2}^{\pi/2} E(\beta) \cos \beta d\beta}{\int_{-\pi/2}^{\pi/2} E(\beta) \sin \beta d\beta} \quad (a)$$

ここに、 β は粒子接点角 (図-2 参照)、 $E(\beta)$ は β の確率密度関数であり、粒状体が等方的ならば、 $A=1$ である。

粒子接点角などの測定は供試体中央部面積内に重心を有する粒子を対象とした。

K_0 圧密初期および最終状態における、粒子接点角の分布の一例

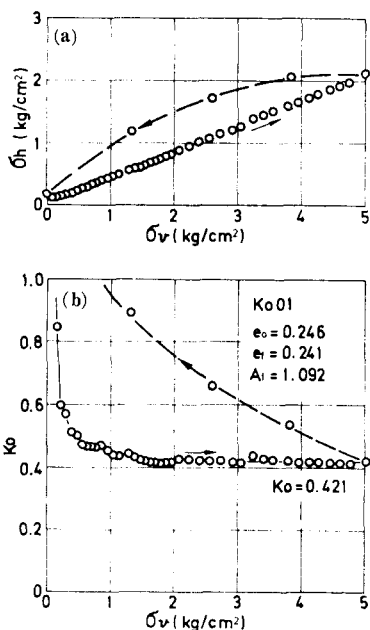


図-1/

を図一3に示す。初期において若干の粒子間のすべりが生じるので、分布は多少変化するが、せん断時に比べてその程度は小さい。これは変形が一次的であるため、粒子移動の自由度がごく小さいことによるが、粒子が円柱形で方向性を持たないことにもよっている。

次に、このような分布より異方度 A を (a) によって計算し、 K_0 との関係を示したのが図一5中の丸印 (●) である。 A が大きいほど、 K_0 が小さくなる傾向がはっきり現われている。図示した各供試体は間けき比が一定ではないので、異方性の影響のみを抽出できないのであるが、 K_0 と間けき比の関係を示した図一6にあまりはっきりした傾向を見出せないことを考慮すれば、 K_0 値が粒子構造異方性と密接な関係にあることは疑いのないところであろう。

5. 考察

Jakyの式 $K_0=1-\sin \phi'$ では、破壊時の ϕ' を用いており、一方、落合の式 $K_0=1-\sin \phi_{cv}$ では十分変形して体積一定になった段階での ϕ_{cv} を用いている。いずれの場合も、初期構造の影響は陽な形では入っていない。また、

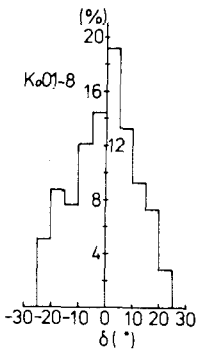
ϕ' にせよ、 ϕ_{cv} にせよ、ある程度大きな塑性せん断変形を生じた状態で発揮される値であって、かなりの構造変化を伴っている。一方、 K_0 圧密においては、構造変化の程度は小さく、圧密終了時においても初期構造をかなりの程度保存していることが図一3からわかる。図一4に示した、mobilized angleの分布から、 K_0 状態においても、すべり条件を満足する接点が存在していることがわかるが、塑性変形時に成り立つ応力比と異方度の関係式 (図5の実線)

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_3}=A \tan ^2\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\phi_{\mu}}{2}\right) \tag{b)}$$

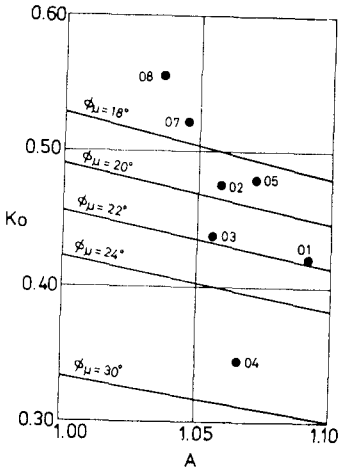
が実験値を説明し得ないことから、 K_0 状態が塑性状態とは異なることが推察される。変形の自由度が小さいだけ、 K_0 値は初期粒子構造に鋭敏であると言えよう。今後、砂および模型の実験を重ねて、さらに深く追求したい。

実験に際しては、小沢和義君に手伝ってもらった。記して謝意を表わす。

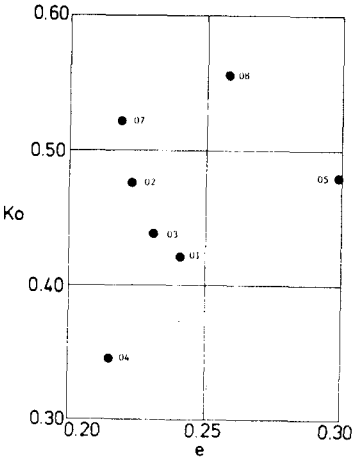
引用文献：山口 (1972)：土木学会27回年次講演会，落合(1976)：土質工学会論文報告集，16



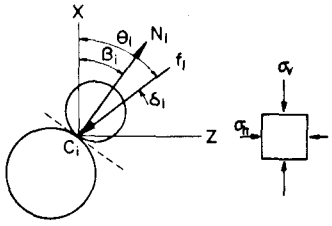
図一4



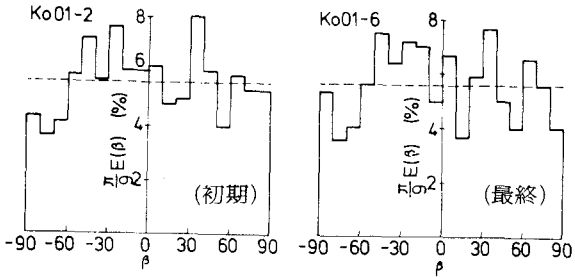
図一5



図一6



図一2



図一3