

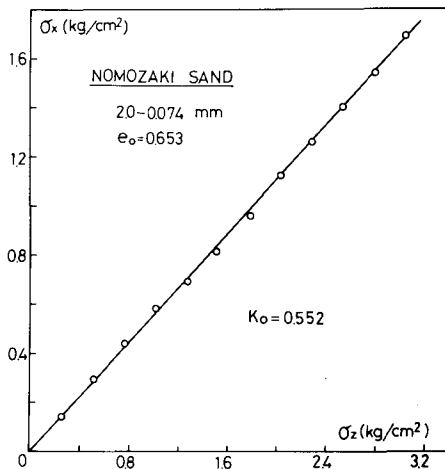
長崎大学工学部 正彦 落合英彦

1. はじめに

砂の静止土圧係数 K_0 はその物理的・力学的諸性質によつて影響されることが知られるが、通常は有効応力による内部摩擦角 ϕ' の関数形として表示されている。あるいはこの砂を考へた場合、内部摩擦角 ϕ' は密度の増加とともに大きくなるので、静止土圧係数 K_0 は密度の増加につれて小さくなるが(図2)、次の問題にはこの点、砂の種類が異なつた場合の K_0 の大きさである。砂は砂粒子を構成する物質の性質により、また同じ鉱物より成る砂粒子とあつてもその個々の砂粒子の形状によりその工学的性質は異なるので、本来はこれらの点から砂の分類を行へべきであると考えられる。しかし、現実に砂を分類する手段としてもっとも広く用いられてゐるのは粒度分析であるので、砂の静止土圧係数 K_0 と粒度組成の関係を調べることに実用上たいせつなことになると考えられる。本文では、3種類の粒状材料を用いて、これらの関係について実験的に検討した。

2. 試料および試験方法

試験に用いた試料は、九州大学構内砂(九大砂)、銚子海岸砂(銚子砂)およびガラスビーズの3種類で、各試料とも74 μ フルイより水洗した後、粒径範囲が20~0.84 mm, 0.84~0.42 mm, 0.42~0.074 mmとなるようにフルイを用いて粒度調整した。静止土圧の測定は、水平方向の変位がゼロの状態を水平方向荷重を測定できる装置を製作して行なつた。この装置は一オメガ固定、他オメガ可動の鉋金製ブロックより構成されており、可動ブロックは水平変位を測定するための2回ダイヤルゲージと水平荷重を測定するための力計が設置されている。試料に垂直方向荷重を加えるとそれに対応して可動ブロックが水平方向に移動しようとするがダイヤルゲージによりこの水平方向移動量を正確にゼロにするように水平荷重を調整し、その値を力計により測定した。なお垂直荷重は段階的载荷とし、各垂直荷重に対応する水平荷重を測定した。実験結果の一例を図1に示す通りである。また、試料は気乾状態のものを用い、供試体形状は円筒状で、その寸法は直径5.0 cm、高さ5.0 cmである。

図1 垂直応力 σ_z と水平応力 σ_x の関係

3. 砂の静止土圧係数と粒度の関係

3.1 静止土圧係数の算定式に基づく検討

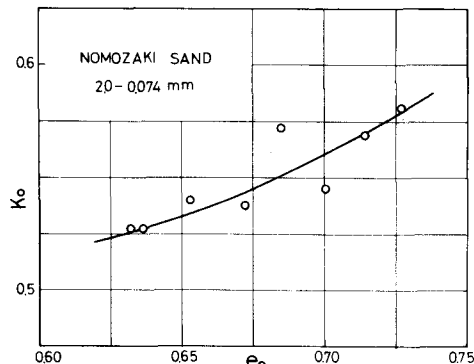
著者は、さきに砂を直接せん断試験における主応力の表示を利用し、静止土圧係数 K_0 の値を限界傾斜き比状態における摩擦角 ϕ_{cr} 、あるいは粒子間摩擦角 ϕ_{μ} の関数として次式を求めた⁽¹⁾。

$$K_0 = 1 - \sin \phi_{cr} = \tan^2(\pi/4 - \phi_{\mu}/2) \quad (1)$$

さらに、実用的な一種の実験式として、(1)式とCagnotの値を利用し、内部摩擦角 ϕ' の関数として次式を求めた⁽²⁾。

$$K_0 = \sqrt{(\pi/4)^2 + \tan^2 \phi'} - \tan \phi' / \sqrt{(\pi/4)^2 + \tan^2 \phi' + \tan \phi'} \quad (2)$$

なお、(2)式はJakyによる半理論式 $K_0 = 1 - \sin \phi'$ と見と

図2 静止土圧係数 K_0 と初期空隙率 e_0 の関係

んど一致する。とここの砂の内部摩擦角 ϕ は粒径が大きくなるにつれて小さくなることの実験的に認められている⁽²⁾。したがって、この実験結果と(2)式の組み合わせを考へることにより、砂の静止土圧係数 K_0 と粒径の関係は次のようになる。

粒径大 $\rightarrow$ ϕ 小 $\rightarrow K_0$ 大

なお、上の結果は粒子間摩擦角 ϕ と粒径の関係に関する Rowe の測定結果⁽³⁾と(1)式からも得られる。すなわち、(1)式は ϕ が大きくなることと K_0 が大きくなることを示しており、 Rowe は粒径が大きくなるにつれて ϕ は小さくなるという測定結果を得ている。したがって、粒径大 $\rightarrow \phi$ 小 $\rightarrow K_0$ 大 となり、上の結果と一致する。

3.2 実験結果

図.1は段階的に載荷した垂直応力 σ_v とこれに対応する水平応力 σ_h の関係を示す一例であり、ほぼ原状を通る直線とみられることができ、この直線の傾きが静止土圧係数 K_0 を与えることになる。このようにして求めた K_0 と初期割せき比 e_0 の関係を示した一例が図.2であり、 e_0 が大きくなるにつれて K_0 も大きくなる。これは e_0 が大きくなることと ϕ が小さくなるためである。図.3は K_0 と粒径の関係を示すものであり、各粒径ごとの K_0 の範囲が図.2に示したような初期割せき比の相違によるものである。粒径が異なると同じ篩目のエネルギーも多々、これも同一初期密度に詰め込むことが難しいため、各粒径ごとの K_0 値の範囲がかなり異なるが、各試料とも粒径が大きくなるにつれて K_0 値は大きくなり、(1)式あるいは(2)式より推測した3.1の結果と一致する。なお、以上の結果は粒径2.0~0.074 mmの砂に属してこのことであるが、2.0 mm以上のレキや75 mm以上の岩質材料も含めると、コンクリートの配合設計における単位粗骨材各量とスランプの関係などから類推して、粒径がある値以上になると K_0 値は逆に小さくなるようにも考えられる。この点について、今後試験装置の改良を行ない、実験的に検討してみたい。

4. 砂の静止土圧係数及び細粒分の影響

砂(2.0~0.074 mm)の中の細粒分(0.84~0.074 mm)の有無と K_0 の関係について検討する。なおここから細粒分は0.074 mm以上であるので、物理化学的作用は問題にはならなく考えられる。一般に、砂の中に細粒分が存在すると大粒が適当に配合されていくことになるため、大粒どうしが積み重なる向きも逐次小粒が埋めることになるので、粒子間のかみ合わせがより強固なものとなり、内部摩擦角 ϕ も大きくなると思われる。したがって(2)式から推測して、砂の中に細粒分が存在すると K_0 値は大きくなると思われる。実験結果は図.3の(A)・(B)を示すように、上の推測と一致し、砂の中の細粒分の存在は静止土圧係数の値を小さくすると見える。

参考文献

- (1) 落合英彦(1976): 土質工学論文報告集, 第16巻, 第2号, p.105-111 (2) Kirkpatrick, W. M. (1965): Proc. 6th ICSMFE, Vol. 1, p.273-277. (3) Rowe, P. W. (1962): Proc. Royal Soc. London, A, Vol. 26 p. 500-527.

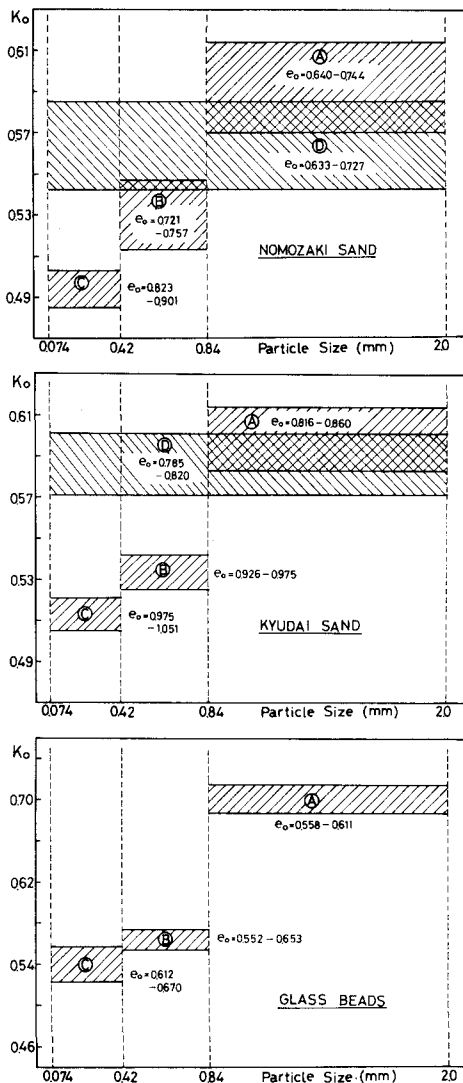


図.3 静止土圧係数 K_0 と粒径の関係