

東京工業大学 正員 山口 柏樹

静止土圧の概念は擁壁、地中壁、埋設管の土圧評価や、深い基礎の支持力または巻立てたシヤフトの土圧を求める場合に必要なのであって関係する分野は、かなり広い。静止土圧を表現する試みとして、応力集中係数¹⁾、弾性ポアソン比²⁾を用いる方法などでは、係数を求める上で問題がある。

周知のごとく静止土圧には主動的（掘荷時）と受動的（隆荷時）なものがある。主動的は静止土圧の理論式として Jaky³⁾ の式は有名であり、実験的にも多くの検証がなされている。^{4), 5), 6), 7)} 彼は勾配が ϕ である三角形砂岩内に $\pi/4 + \phi/2$ の三角形コア部を考え、その応力状態を、外側の土が塑性化してるとして定めた。その結果、コア中心線上の静止土圧係数 K_0 として次式を求めている。

$$K_0 = \frac{(1 - \sin \phi)(3 + 2 \sin \phi)}{3(1 + \sin \phi)} \doteq 0.9(1 - \sin \phi) \quad (1)$$

なお

$$K_0 = 1 - \sin \phi \quad (2)$$

は、その後の実験結果を用いて (1) を修正したもので、Jaky の式³⁾といわれている。Tschebotarioff²⁾ は Jaky の解析で、コア内の水平方向の剪断応力が変化することは半無限土中応力と対比し難いとして批判し、「静止土圧の測定値を土の物理的性質（今後規定するべきものも含む）と数量的に関連させるため、なお一応の理論的、実験的研究が必要である」と述べている。赤井⁷⁾ は非塑性状態での K_0 が ϕ に関係する点に向題だとしている。

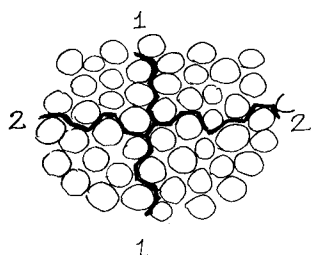
(2) で $\phi = \phi'$ とおけば、粘性土にも適用できる (Brooker⁸⁾ は $1 \rightarrow 0.95$ をすすめている) が、粘土に関して Rowe⁹⁾ は別の見地から K_0 式を提案している。これは釣合時に発揮される摩擦角 ϕ_m により

$$K_0 = \tan^2(\pi/4 - \phi_m/2) \quad (3)$$

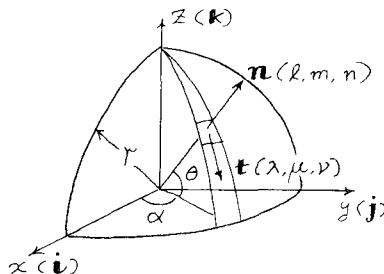
であり、 ϕ_m は Horvath¹⁰⁾ の ϕ_0 に等しいとしている。しかし砂では $\phi_0 = \phi$ だから (3) の K_0 は過小値を毎々適用し難い。砂の場合 Rowe¹⁰⁾ は思想的には変らないが別のアプローチを行った。そこでは圧縮時の剪断ひずみに対照して発揮される摩擦角 ϕ_m を利用すべきだとしている。これら一連の研究では非塑性状態の摩擦が K_0 に本質的に関係するとする点、前述の批判に一部答えたものがある。

本文では砂、粘土を通じ K_0 値を説明しうる理論式について述べる。

§1 粒子論的考察



(a)



(b)

$$l = \cos \theta \cos \alpha$$

$$m = \cos \theta \sin \alpha$$

$$n = \sin \theta$$

$$\lambda = \sin \theta \cos \alpha$$

$$\mu = \sin \theta \sin \alpha$$

$$\nu = -\cos \theta$$

図 - 1

土粒子の集まりの中に各粒子の接触共通表面を連ねた層曲面 1-1, 2-2 を想定する。1-1 は圧縮方向, 2-2 は K_0 土圧作用方向とする (図-1)。これら素面は半径 r の半球面上に重複したり交わったりすることなく貼付けられるとする。¹⁾ 素面に働く垂直応力 p は、釣合時には方向に余り関係しない。²⁾ 圧縮時の粒子相互の移動を考えると、接点摩擦力は $\pm$ の方向 (延長が x 軸と交叉する) であり、その値は粘土でも摩擦成分のみと考えられ、⁹⁾ $p \tan \phi_\mu$ となる。 ϕ_μ は粒子間の接点の摩擦角である。これら応力成分と釣合う面 xOy に作用する力は垂直力 F_y のみであつて

$$F_y = 4\pi r^2 \int_0^{\pi/2} \int_0^{\pi/2} \{ (\mathbf{n} \cdot \mathbf{j}) - (\mathbf{t} \cdot \mathbf{j}) \tan \phi_\mu \} dS = \pi p r^2 \left(1 - \frac{2}{\pi} \tan \phi_\mu \right)$$

同様に面 xOy に働く垂直力 F_x を求めると

$$K_0 = \frac{F_y / \pi r^2}{F_x / \pi r^2} = \frac{1 - (2/\pi) \tan \phi_\mu}{1 + (\pi/2) \tan \phi_\mu} \quad (4)$$

こゝで

$$i) \tan \phi_\mu = (2/\pi) \tan \phi' \quad ii) \tan \phi_\mu = \frac{10 \sin \phi'}{15 - 3 \sin \phi'} \quad (5)$$

などがある。i) を用いると (4) は

$$K_0 = (1 - 0.404 \tan \phi') / (1 + \sin \phi') \quad (6)$$

§ 2 各種の K_0 の値

K_0 を ϕ' に対し示す (図-2)。 (2), (6) の差は最大 4% で、ほぼ一致する。図-3 は 2, 3 の実験結果をまとめたもので、実験値には試験方法も影響するようである。図-2 には (3) で $\phi_{en} \rightarrow \phi_\mu$ として i) を用いた関係も示してある。また O印はドラフの土圧論を用いてえられる関係式; $K_0 = 1 - \phi'$ のプロットである。

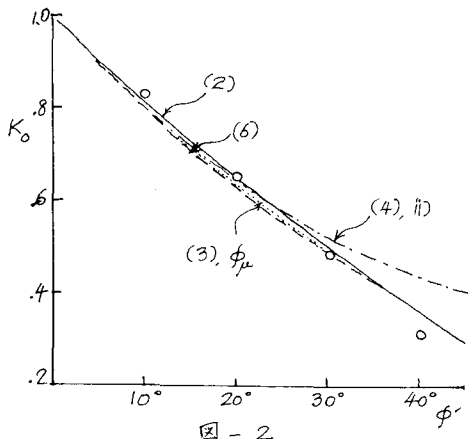


図-2

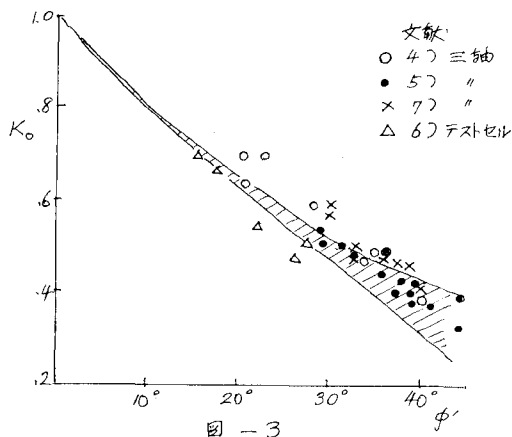


図-3

- 1) Ohde, J. (1939) Bauingenieur, Heft 33/44, 2) Tschebotarioff, G. (1951) Soil Mechanics foundation & earth pressure (247-259), 3) Jaky, J. (1944) J. Hungarian Arch. & Engrs (355-358), 4) Bishop, A.W. (1958) Proc. Brussel Conf, I (2-14), 5) Simons, N. (1960) NGI, Publ. No. 33, 6) Brooker, E.W., Ireland, H.O. (1965) Canad. Geotech. J., II (1-15), 7) 希井 塔一・足立昌紀 (1965) 土木論文集 No. 113 (11-28), 8) Jaky, J. (1948) Proc. 2. ICSM, I (103-107), 9) Rowe, P.W. (1957) Proc. 4. ICSM, I (189-192), 10) Rowe, P.W. (1954), Geotech. IV (70-88), 11) 最上武雄 (1969) 土質力学 (978-980), 12) 村山 雅郎, 松岡元 (1970) 京大防災研年報 13, B (505-523), 13) Bishop, A.W. (1954) Geotech. IV (43-45), 14) ドラフ 土圧計算方法, 栗田沢 (47-51)