

1965年9月7日より14日にかけてカナダのモントリオールにて第6回国際土質基礎工学会が開催され Division 1 では土の一般的性質について, Division 2 では土のせん断強度及び圧密について, Division 3 では浅い基礎及び舗装について, Division 4 では深い基礎について, Division 5 では土圧及び岩石力学について, Division 6 では土壌堤, 斜面及び掘削について, という順で General Reporter の報告及び討論が行われた。これらについてすべて詳細に報告申上げる時間がないが, 土質工学の基本的問題に属する主要なものとして土のせん断強度及び圧密について特に興味をひいたことについて述べることにする。

(1) J. Brinch Hansen 「土の応力歪の関係」

載荷前の潜在的な破壊面における粒子接触の変形状態の分布に関する簡単な仮定によつて, 最初の載荷時のせん断応力と歪の間の関係式を考案した。これは簡単な形の経験的な関係を示すものである。この諸関係の一つと等方圧縮に関する経験的公式と組合わされてもつと一般的な公式を得てこれは圧密試験や三軸試験に適用される。

(摘 要)

$$\frac{\tau}{\tau_f} = \frac{2\sqrt{\delta\delta_f}}{\delta + \delta_f} \dots\dots\dots (1) \quad \frac{\delta}{\delta_f} = \left\{ \frac{\tau_f}{\tau} - \sqrt{\left(\frac{\tau_f}{\tau}\right)^2 - 1} \right\}^2 \dots\dots\dots (2)$$

ν : stress angle, σ_m : mean normal stress

$$\sin \nu = (\sigma_1 - \sigma_3) / (\sigma_1 + \sigma_3 + 2c \cot \phi) \dots\dots\dots (3)$$

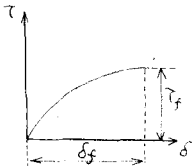
$$\epsilon \nu = \epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3 = 3A \left(\frac{\sigma_m}{M} \right)^m \dots\dots\dots (4)$$

M: deformation modulus

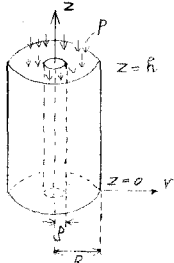
$$\epsilon_1 = \left(\frac{\sigma_m}{M} \right)^m \left\{ A + \frac{B(2-\beta)}{(k \sin \phi / \sin \nu)^2 - 1} \right\} \dots\dots\dots (5)$$

$$\epsilon_2 = \epsilon_3 = \left(\frac{\sigma_m}{M} \right)^m \left\{ A - \frac{B(1+\beta)}{(k \sin \phi / \sin \nu)^2 - 1} \right\} \dots\dots\dots (6)$$

A, B, m, β , k を実験によつて求める。 ϵ_1 , ϵ_2 , ϵ_3 には圧密による変形をも含んでいる。



(2) E. H. de Leeuw 「円壩体に対する三軸圧密の理論」



三軸圧密の微分方程式から出発して, 円壩体の歪と応力に対する Laplace 変換を行つて一般解を求めた。平面歪と軸対称の条件を満足するならば, 中空円壩でも充実円壩に対しても, すべての考えうる境界条件の下でこの一般解を解くことができる。鉛直の sand drain に対しても解を求めた。仮定された境界条件によつて得られる結果は熱伝導問題と同じ微分方程式に基づいた普通の方法で得られる結果と同一となる。

(摘 要)

n: 間隙率, Kw: 水の圧縮率, u: 間隙水圧

e: 粒子骨組の Volume dilation, K: 圧縮係数, G: せん断弾性係数

storage equation $\frac{k}{\gamma^w} \nabla^2 u = \frac{n}{Kw} \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial e}{\partial t} \dots\dots\dots (1)$

compact deformation equation $(K + \frac{4}{3}G) \nabla^2 e = \nabla^2 u \dots\dots\dots (2)$

sand drain においては

$\frac{J_1(qR)}{N_1(qR)} = \frac{J_0(q\rho)}{N_0(q\rho)} \dots\dots\dots (3)$ より q を求める。 J: Bessel function

N: Neuman function

$q = \sqrt{(-\frac{S}{Cv})} \dots\dots\dots (4)$ より S を求める。

$\frac{u}{p} = -\frac{2\gamma^n}{g^2} \frac{[J_1(qR)/qR] N_0(qr) - [N_1(qR)/qR] J_0(qr)}{J_0(qR) N_0(q\rho) - N_0(qR) J_0(q\rho) - [\rho/R] \{J_1(qR) N_1(q\rho) - N_1(qR) J_1(q\rho)\}}$
 $\times \exp [-(qR)^2 \frac{Cv t}{R^2}] \dots\dots\dots (5)$

(3) R.J.Marsal 「土の粒子骨組中の確率論的取扱」

土質力学において土の粒子構造が応力の変化に即刻に反応はしないと認められている。この事実に関して理論的展開をなして考察することとする。液体と固体の相の間の干渉が一般に時間の遅れの原因と考えられている。一軸圧縮中に粒子骨組においておこる変化の現象について取扱う。粒子の運動は各粒子に隣接粒子から伝えられる方向不定の衝撃力の結果と考えられる。この衝撃力は一定の作用力と関係がある。更に粒子が粘性体として動くことと仮定する。この現象課程を確率論により解析し、この現象が拡散の式 (Fokker Planck の式) によって支配されることを結論づけることができる。特別な境界条件に対して得られた解について論ずることとする。この提唱された確率論的理論は土の圧密のような時間的変化の現象の研究に応用される。

(摘 要)

Chandrasekhar による確率論と Fokker Planck の拡散式を結合して

e_2 : 歪として

$$\Lambda = \frac{e_2}{mv \Delta \sigma} = 1 - \sum_{n=0}^{\infty} \frac{4n^2 \pi^2 [1 - (-1)^n Ch \cdot 2J]}{[4J^2 + n^2 \pi^2]^2} \exp [-(n^2 \frac{\pi^2}{4} + J^2) T_1]$$

但し、 $2H$: 層の厚さ、 mv : 体積圧縮係数

D : Coefficient of diffusion 拡散係数

G : Drift 粒子の移動速さ

$J = \frac{CH}{D}, T_1 = \frac{Dt}{H^2}, T_2 = \frac{G^2 t}{D}, J = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}}$

Terzaghi の圧密理論と上の拡散の式とを結びつけて二次圧密を解明できる。

(4) J.B.Martins 「透水係数が均一でない粘土層の圧密」

体積圧縮係数は一定であるが、透水係数が深さと共に変化する粘土層の圧密に対しては relaxation の方法による計算法を行った。このようにして求めた結果を慣用の平均法と解析的解法とに比較してみることにについて述べたものである。

(摘要) $\frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{k}{\sigma} \frac{\partial u}{\partial z} \right) = m_v \frac{\partial u}{\partial t}$ (1) $k = k_0 [1 + \beta (z/2H)]$ (2)

(解析の方法)

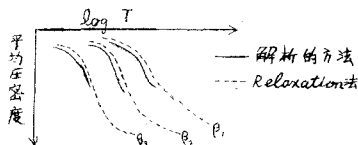
2H : 層の厚さ, $t = 0$ のとき $u = u_0$, $t > 0$ のとき $u = 0$, $r = 1$ 及び $r = \delta$ (r : 極座標半径)

a_n は $J_0(a)Y_0(a, \delta) - J_0(a, \delta)Y_0(a) = 0$ の a の n 番目の根

$$u(r, T) = u_0 \pi \sum_{n=1}^{\infty} \frac{J_0(a_n) U_0(r a_n)}{J_0(a_n) + J_0(\delta a_n)} \exp\left(-\frac{\beta^2}{16} a_n^2 T\right) \text{ (3)}$$

但し, $T = \frac{C_v \sigma^2}{H^2}$ (time factor)

$$C_v = \frac{k_0}{\sigma_w m_v}$$



relaxation 法
$$\frac{\left(\frac{\bar{k}_2}{\sigma_w} \frac{\partial u}{\partial z} \right)_b - \left(\frac{\bar{k}_1}{\sigma_w} \frac{\partial u}{\partial z} \right)_a}{\delta h} = m_v \frac{u_0 \cdot t - u_0 \cdot t - \delta t}{\delta t} \text{ (4)}$$

平均法
$$\frac{2H}{k_{av}} = \sum_{i=1}^4 \frac{H_i}{k_i} \text{ (5)}$$

(5) W.H. Perloff, K. Nair, J.G. Smith

「圧密試験中における間隙水圧に及ぼす測定装置の影響」

圧密試験中試料の中の間隙水圧の分布に対して間隙水圧測定装置の可憐性が影響を与える影響について解析的解法を考えた。適当な実験の理論の間隙圧曲線に対する方法を示唆する。

(摘要)

$$C_v \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \frac{\partial u}{\partial t} \text{ (1)}$$

$0 \leq x \leq H, t > 0$ に対して (1) 式が適用できる。

$t > 0, x = 0, u = 0$

λ : 単位応力変化に対する容積変化 (計器の可憐性に関係する) A : 断面面積

$$\text{水の流出量, } q = \lambda \frac{d\delta}{dt} \text{ (2)}$$

$$x = H \text{ に対して } q = \frac{Ak}{\sigma_w} \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)_{x=H} = \lambda \frac{d\delta}{dt} \text{ (3)}$$

圧密試験中の試料内の間隙圧分布

$$u = 2 u_0 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(A_n + \eta^2 / A_n) \sin A_n - \eta \sin \left(\frac{A_n x}{H} \right)}{(A_n^2 + \eta^2 + \eta) \sin A_n} \exp(-A_n^2 T) \text{ (4)}$$

u_0 : $0 < x < H$ の間の初期均一な間隙水圧

$\eta = AHm_v / \lambda$: stiffness factor, $m_v = k / C_v \sigma_w$, $T = C_v t / H^2$

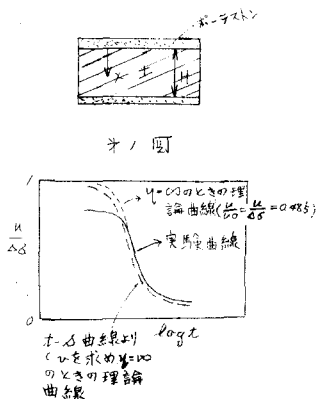
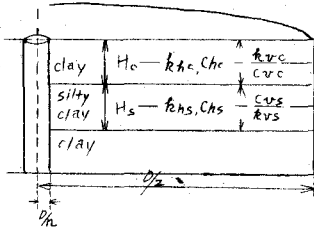


図1

(6) P.W.Rowe, D.H.Shields 「薄層よりなる成層粘土の水平方向圧密係数」

高い透水係数の成層状態の粘土を人工的に作成して、その粘土の排水速度について新しい設計の放射状排水の圧密試験器を用いて研究した。水平方向の圧密係数の測定値は試料の直径に対する粘土層の厚さの比に従って変化し、それは理論で予想されるような様相を呈することが判った。

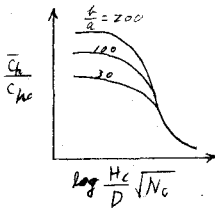
(摘 要)



$\bar{C}_h$: 均質土の放射方向流れの解法に平均圧密度を適用して得られる水平方向の平均的圧密係数

m_v : 鉛直有効応力増加による体積圧縮係数

$$\frac{\bar{C}_h}{C_{hc}} = \frac{\frac{b}{a} \frac{F_c}{F_s} + 1}{\frac{1}{a} \frac{F_c}{F_s} + 1} \quad (1)$$



$$\frac{H_c}{D} \sqrt{N_c} = \frac{\theta_c}{n a_N} \sqrt{\frac{1 + \frac{a}{b} \frac{F_s}{F_c}}{1 - \frac{1}{b}}} \quad (2)$$

$$\text{但し, } a = \frac{m_{vc} H_c}{m_{vs} H_s}, \quad b = \frac{G_{hs}}{C_{ho}}$$

$$N_c = \frac{C_{hc}}{C_{vc}}, \quad F_c = \frac{\theta_c}{\tan \theta_c}, \quad F_s = \frac{\theta_s}{\tanh \theta_s}$$

θ_c : 0 より $\frac{\pi}{2}$ の間の任意の値で、(2)式よりきまる。 θ_s は下式をみたすもの。

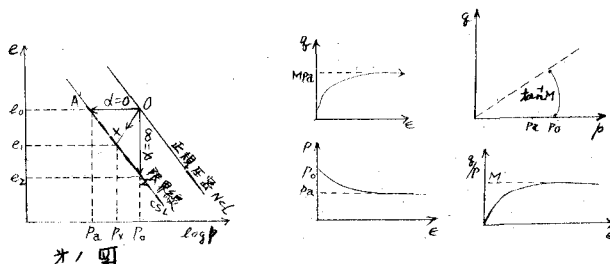
$$\theta_s^2 / F_s = (\theta_c^2 / F_c) \cdot (H_s / H_c) \cdot (k_{vc} / k_{vs})$$

a_N は $U_1(n a_N) = 0 = Y_1(n a_N) J_0(a_N) - J_1(n a_N) Y_0(a_N)$ の Bessel 函数の第一解である。

(7) C.P.Wroth 「正規圧密粘土の三軸試験のせん断歪の予想」

粒状体のせん断挙動を説明する数学的モデルについては Wroth と Bassett とによつて提案された指数函数があるが、これを更に正規圧密粘土を包含するように拡張した数学的取扱について述べる。一般的な数学的公式の簡単なものが Tharairajah (1961) によつて、Kaolin 試料を用いて得られた測定結果を検討した。任意の与えられた q/p に達するのに要する予想歪は三軸試験での種々な排水度に対して計算することができる。更に二つの異なった α 試験の相互関係が得られると予想歪は比例的である。

(摘 要)



$$a\text{-試験: } e - e_0 = a \log_e (P/p_0) \dots\dots\dots (1)$$

$a=0$: 非排水試験, $a = \infty$: 排水試験

$$\text{energy equation: } q = MP + \frac{P}{1+e} \frac{\partial e}{\partial \epsilon} + \frac{k}{1+e} \frac{\partial P}{\partial \epsilon} \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{strain equation: } \frac{(e - e_x) + \lambda \log_e (P/p_x)}{(e_0 - e_x) + \lambda \log_e (P/p_x)} = (1 + b\epsilon) \exp(-a\epsilon) \dots\dots\dots (3)$$

但し, $p = \frac{1}{3} (\sigma'_1 + 2\sigma'_3)$, $q = (\sigma'_1 - \sigma'_3)$, e : 間隙比

$$\epsilon = \frac{2}{3} (\epsilon_1 - \epsilon_3): \text{歪偏差}$$

λ, k, M : 一土試料の常数, a, b, a : 一試験法による常数

非排水試験のとき

$$\frac{q}{p} = M [1 - \exp(-a_0 \epsilon)] \dots\dots\dots (4)$$

$$a_0 = \frac{M(1+e_0)\lambda}{(\lambda - k)K} \dots\dots\dots (5)$$

$\epsilon \rightarrow \infty$ のときより M が求められる。energy equation と strain equation より λ, k を求める。

