

岐阜大学工学部 正会員 宇野 尚 雄
岐阜大学大学院 学生会員 ○ 新 井 博

1. まえがき

土中水の多少によって、土の密度、コンシステンシー、強度、圧縮性などが大きく影響されていることは、一般的に知られている。そこで昨年度、本曾川、長良川の堤防断面を参考に、複断面の堤防の安定性について、サクシオンを考慮した研究がなされた¹⁾。これはサクシオンによって発生する有効応力の増分 $\Delta\sigma$ を付加して、 $\sigma' = \sigma - u + \Delta\sigma$ とし Bishop 法による円弧すべり計算により、堤防の安定性を検討したものである。この研究では有効応力の増分 $\Delta\sigma$ とサクシオン S を、

$$\Delta\sigma = \alpha |S| \quad \text{--- (1)}$$

によって関係づけて、パラメータ α を 0.7 としたが、このパラメータ α は飽和度によって変化し、サクシオンを考慮した安定計算においては重要な役割を果たす。そこで本研究はこの $\alpha = 0.7$ の仮定の妥当性を、標準砂を使用した実験によって考察し、加えて含水比、サクシオンが土構造物の安定性に影響を及ぼしているため、透水解析の一例を提示した。

2. 自立高さの観測による α の検討

自立高さ（限界高さ）は式(2)によって表わされる。Mohr-Coulombの破壊仮説において、含水比が変化しても内部摩擦角は一定であるとするならば式(3)が得られる。式(1)、(2)、(3)から α を求めると式(4)が導かれる。

$$H_c = \frac{4C}{\gamma} \sqrt{N_p} \quad \text{--- (2)} \quad \Delta\sigma = c \cot \phi \quad \text{--- (3)} \quad \alpha = \frac{H_c \cdot \gamma}{|S|} \frac{\cot \phi}{4 \tan(45^\circ + \phi/2)} \quad \text{--- (4)}$$

H_c : 自立高さ (cm), C : 見掛けの粘着力 (g/cm^2), N_p : 流動値, ϕ : 内部摩擦角, γ : 単位体積重量 (g/cm^3)
式(4)によって α の大きさを実験的に検討するには、数種の含水比における標準砂の自立高さを観測し、サクシオンプレート法によって得られた含水比 ω とサクシオン関係(図-1)から $|S|$ を求めて、 α が評価できる。

自立高さの観測にあたっては、周面の摩擦の影響を防ぐため滑めらかな鉄板の側面をもつ幅22cm、奥行79cm、高さ100cmの土槽に試料を入れ、10cm程度試料を入れた後、各層を、2.5kgのランマーを試料表面より30cmの高さより自由落下させて締め固め、試料を垂直に切り取ることによって自立する高さを測定し、それを自立高さ H_c とした。また内部摩擦角の決定においては、 $e = (1 + \omega) r_s / \gamma_s - 1$ の関係式より間隙比 e を求めて（ここでは $r_s =$

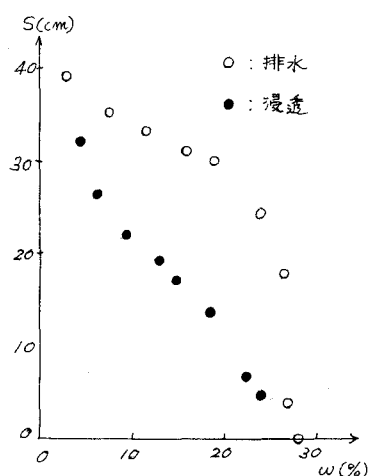


図-1

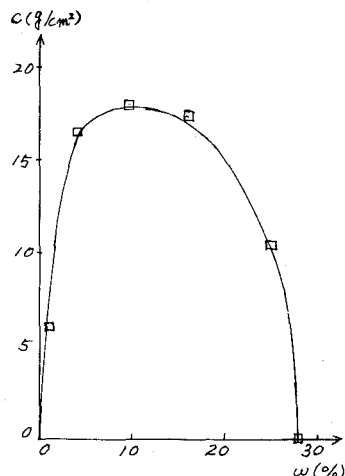


図-2

G_s と $\gamma_s = 2.645$ とした)、土のせん断試験資料の e と ω 関係から決定して $\phi = 37^\circ$ を用いた。 H_c の観測値から式(4)で算出した各含水比による見掛けの粘着力の変動は図-2に示した。その結果、種々の含水比に対する α の値は図3に示した。低含水比に対するサクシオンの値が、図-1においてあまり明確ではないので、図-3の結果において含水比 $\omega = 5 \sim 25\%$ の

範囲について、考察するならば排水過程において $\alpha = 0.7$ 程度としてもさしつかえはないことが理解される。また浸透過程においては、 α の値には変動があるが、 $\alpha = 0.7$ とすることは安定計算にあたっては、より安全側を与えることになり、 $\alpha = 0.7$ としても標準砂においては、一応実情にあつたものであると評価することができよう。

3. 透水解析とその一例

土の構造が固定されていて、土粒子間の空間を水が非圧縮で間隙空気は妨げられることなく流れると仮定すると、二次元非定常透水の連続の式は式(5)のように定義される。この式にダルシーの式である式(6)を用いて整理し、差分表示すると基本式は式(7)のように表わされる。

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = C \frac{\partial h}{\partial t} = - \left(\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) + W \quad (5)$$

$$v_x = -k_x \frac{\partial h}{\partial x}, \quad v_z = -k_z \frac{\partial h}{\partial z} \quad (6)$$

$$\frac{C_{i,j}^{n+1/2} (h_{i,j}^{n+1} - h_{i,j}^n)}{\Delta t} = \left[\frac{k_{x,i,j}^{n+1/2} (h_{i,j}^n + h_{i+1,j}^n - h_{i,j}^{n+1} - h_{i+1,j}^{n+1})}{2 \Delta x_i} - \frac{k_{x,i+1,j}^{n+1/2} (h_{i,j}^{n+1} + h_{i+1,j}^{n+1} - h_{i,j}^n - h_{i+1,j}^n)}{2 \Delta x_{i+1}} \right] / (\Delta \bar{x}_i) \\ + \left[k_{z,i,j}^{n+1/2} \left\{ \frac{(h_{i,j}^n + h_{i,j+1}^n - h_{i,j}^{n+1} - h_{i,j+1}^{n+1})}{2 \Delta z_j} + 1 \right\} - k_{z,i,j+1}^{n+1/2} \left\{ \frac{(h_{i,j}^{n+1} + h_{i,j+1}^{n+1} - h_{i,j}^n - h_{i,j+1}^n)}{2 \Delta z_{j+1}} + 1 \right\} \right] / (\Delta \bar{z}_j) + W_{i,j}^{n+1/2} \quad (7)$$

こゝにおいて体積含水率 θ 、透水係数 k 、比水分容量 C は圧力水頭 h の関数として、あらじめ長良川砂質土を使用した実験により、 $\theta = 0.31 / (1 + 0.0025 h^2)$ 、 $k_x = k_z = 1.70 / (h^2 + 100.0)$ 、 $C = \partial \theta / \partial h$ と求め、これを使って数値計算を行った。

なお C 、 k 、 W の値は時刻 n の値におきかえた($n+1/2 \rightarrow n$)。

$\Delta x_i = 8 \text{ cm}$ 、 $\Delta z_j = 5 \text{ cm}$ とした。また $\Delta \bar{x}_i = (\Delta x_{i-1} + \Delta x_i) / 2$ 、 $\Delta \bar{z}_j = (\Delta z_{j-1} + \Delta z_j) / 2$ である。

この式(7)をFDM差分法によって、図-4のような初期条件、境界条件を与えて数値解析した。結果の一例として、時間間隔、 $\Delta t = 20$ 秒の15

分後と30分後の計算結果を図-5に示しておいた。

図-5のような圧力水頭の計算値に対応して、含水比、見掛けの粘着力は図-1、図-2から増定され、安定解析資料にすることができよう。

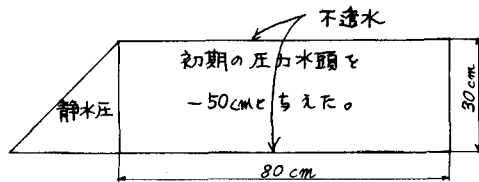


図-4

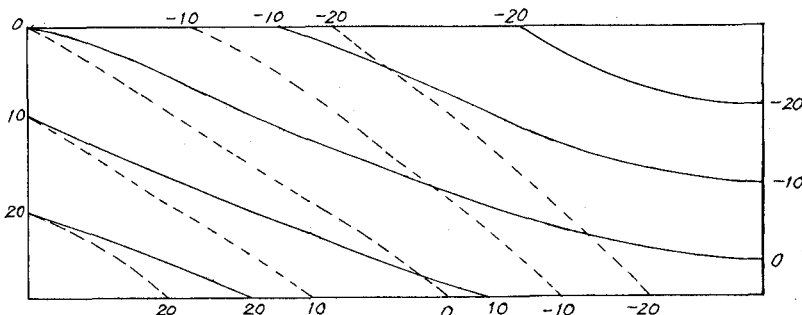


図-5 等圧力線分布 ----- 15分後 ———— 30分後

- 参考文献 1) 宇野, 桑東: 浸透にともなう堤防の安全率変化, 第9回土質工学会発表会講演集, 昭39, PP 633 ~ 636
2) 土質工学会セメント試験法委員会: 土のセメント試験法に関する基礎的研究, 土質工学会, 昭42, P 18 (図-2.7(d))