III-12　バーチカルドレーン工法におけるサンドマットの透水性の影響について

広島大学工学部　正員　吉国　洋
同　　　同　○中ノ堂裕文

〔1〕 まえがき　　バーチカルドレーン工法による軟弱地盤の改良において、通常の設計々算では排水層として設けられるサンドマットの透水性が圧密過程に及ぼす影響は無視されている。しかし現場においてしばしばサンドマット内に損失水頭の観測されることがあり，排水層として機能するためにはどの程度の透水性があればよいか非常に重要な問題である．そこで今回はこの問題に関してサンドマット内の水の流れが一次元である場合について解析的検討を行なったのでその結果を報告する．

〔2〕 解析

解析に当り次の条件を設ける．(1) サンドマット上部の盛土は不透水層である。(2) サンドマットの透水性は有限である。(3) サンドマット内の水の流れは一次元である。(4) バーチカルドレーンウェルの透水性は無限大である．(5) ドレーンへの応力集中は考慮しない．(6) サンドマットおよびドレーン内は水で完全に飽和されている．これらの条件を考慮してサンドマットの模式図を描いたものが図-1である。

各ドレーンウェルにおける粘土円筒の圧密過程は拡散型の圧密方程式で与えられ，

$$\partial u/\partial t = C\nabla^2 u \qquad (1)$$

である．サンドマット内に残存する過剰水圧の影響をうけて各ドレーンには時間的に変動する間ゲキ水圧が存在する．(1)式を解くためにはこのドレーン内の間ゲキ水圧を規定する条件式が必要であり，これを検討する。

今、サンドマット単位奥行，巾 dx のエレメントを考える．このエレメントの x 方向の流入流出量差 dv_1 は

$$dv_1 = \frac{1}{\gamma_w} k_s H_s \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}\, dx\, dt \qquad (2)$$

である．一方，一本のドレーンからサンドマット内に排出される水の量は

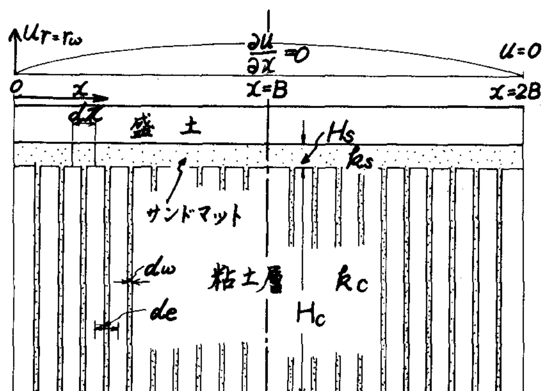


図-1　サンドマットの模式図

$$dv_2 = \frac{2\pi r_w}{\gamma_w} k_c H_c \left(\frac{\partial u}{\partial r}\right)_{r=r_w} dt \qquad (3)$$

である．問題を解析的に取扱うために粘土円筒断面積で除して単位面積当りに換算すると，このエレメントに流入する水の量は

$$dv_2' = \frac{2}{\gamma_w}\frac{r_w}{r_e^2} k_c H_c \left(\frac{\partial u}{\partial r}\right)_{r=r_w} dx\, dt \qquad (4)$$

となる．条件(6)より連続の条件を考えると $dv_1 + dv_2' = 0$ であるから，サンドマット内における間ゲキ水圧を規定する条件式として次式を得る。

$$\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}\right)_{r=r_w} + 2\frac{r_w}{r_e^2}\frac{H_c}{H_s}\frac{k_c}{k_s}\left(\frac{\partial u}{\partial r}\right)_{r=r_w} = 0 \qquad (5)$$

ここに，H_c，H_s はそれぞれ粘土層及びサンドマットの厚さ，k_c，k_s はそれぞれ粘土層及びサンドマットの透水係数，r_w，r_e はドレーン半径及び粘土円筒の半径である。なおサンドマットの最大排水長をBとする。

ここに得られた $r=r_w$ における境界条件のもとに圧密方程式(1)を解けばよいことになるが，(5)式の形はサンドマットの透水性は無限大でドレーン内の透水性は有限とした場合のドレーン内の間ゲキ水圧を規定する条件式1)

と全く同じ形で諸定数のみが異っている．従って両者の諸定数間の対応づけをすればドレーン内の損失水頭の問題で得られた解[1]をサンドマットの問題に適用することができる．そこで両者の条件式を比較すると表に示されているように

	サンドマットの透水性が有限である場合	バーチカルドレーンの透水性が有限である場合
圧密方程式	$\partial u/\partial t = C\nabla^2 u$	$\partial u/\partial t = C\nabla^2 u$
初期条件	$t=0$ で $u(x,r,0)=u_0$	$t=0$ で $u(z,r,0)=0$
境界条件 1)	$r=r_e$ で $\partial u/\partial r=0$	$r=r_e$ で $\partial u/\partial r=0$
2)	$t>0$, $x=0$ で $u=0$ $x=B$ で $\partial u/\partial x=0$	$t>0$, $z=0$ で $u=0$ $z=H$ で $\partial u/\partial z=0$
3)	$r=r_w$ で $\left(\frac{\partial^2 u}{\partial z^2}\right)_{r=r_w}+\left(2\frac{r_w^2}{r_e^2}\frac{H_c}{H_s}\frac{K_c}{K_s}\right)\frac{1}{r_w}\left(\frac{\partial u}{\partial r}\right)_{r=r_w}=0$	$r=r_w$ で $\left(\frac{\partial^2 u}{\partial z^2}\right)_{r=r_w}+\left(2\frac{K_c}{K_w}\right)\frac{1}{r_w}\left(\frac{\partial u}{\partial r}\right)_{r=r_w}=0$

$$z\to x,\quad H\to B,\quad \frac{K_c}{K_w}\longrightarrow\frac{r_w^2}{r_e^2}\frac{H_c}{H_s}\frac{K_c}{K_s}\qquad(6)$$

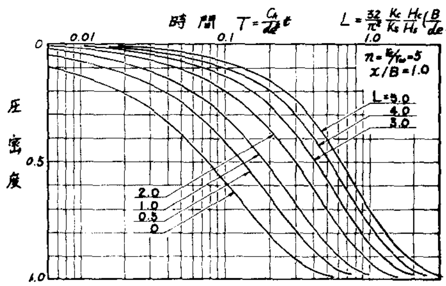
の対応関係がある．サンドマットの透水性は無限大でバーチカルドレーンの透水性が有限である場合の圧密過程を規定する因子は

$$L=\frac{32}{\pi^2}\frac{K_c}{K_w}\left(\frac{H}{d_w}\right)^2\qquad(7)$$

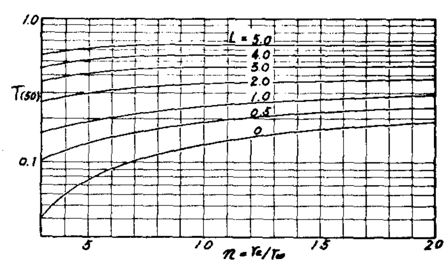
であるが，サンドマットの損失水頭の問題では，(7)式を(6)式で置換を行なって，

$$L=\frac{32}{\pi^2}\frac{K_c}{K_s}\frac{H_c}{H_s}\left(\frac{B}{d_e}\right)^2\qquad(8)$$

が影響因子となることがわかる。



図−2 盛土中央の圧密度〜時間曲線($n=5$)



図−3 盛土中央の各 n, L に対する T_{50}

[3] 結果及び考察

図−2に $n=r_e/r_w=5$ の場合における盛土中央での圧密度〜時間曲線が，また図−3は盛土中央において圧密度50%に達するに必要な時間 T_{50} と n の関係がそれぞれ(8)式で表わされる L をパラメータとして描かれている．サンドマットの損失水頭による圧密の遅れは，B, d_e, K_c, K_s, H_c, H_s 及び n が与えられれば (8)式より L を計算して図−3より知ることができる．　また(8)式よりサンドマットの中の損失水頭の問題は定性的に次のことが判断される．

(1) 有効径 d_e とサンドマットの最大排水長 B の比 B/d_e は2乗に比例して損失水頭に影響を与える．

(2) サンドマットの厚さ H_s と粘土層の厚さ H_c の比 H_c/H_s 及び サンドマットの透水係数 k_s と粘土の透水係数 k_c の比 k_c/k_s は単純比例で損失水頭に比例する．

[4] 結論

サンドマットの損失水頭が圧密過程に及ぼす影響の問題は，バーチカルドレーン内の損失水頭が圧密過程に及ぼす影響の問題と数学的に同じメカニズムの問題であり，その対応関係のもとにドレーンの損失水頭の解を適用することができる．　そしてサンドマットの損失水頭の問題を決定する因子は $L=\frac{32}{\pi^2}\frac{K_c}{K_s}\frac{H_c}{H_s}\left(\frac{B}{d_e}\right)^2$ で与えられる．

[参考文献]

1) Yoshikuni. H and H. Nakanodo; Consolidation of Soils by Vertical Drain Wells with Finite Permeability, Soils and Foundations, Vol. 14, No. 2 (1974)