

東京工大 正 山口 柏樹
山梨大 正 ○ 村上 幸利

1. はじめに

既に、著者らは⁽¹⁾、Biot の圧密理論を基礎に、平面ひずみならびに軸対称圧密問題に対する一般解を誘導しているが、今回、その一般解をもとに、透水性底面を有する粘土層の表面上に帯状もしくは円形荷重が作用した場合の圧密解を得ることが出来た。ここに、発表済の粘土層底面が不透水性の場合⁽²⁾（以後、ケース 1 とする）の結果と比較しながら、その解および計算結果の一部を報告する。

2. 解析解ならびに計算結果

紙面スペースの都合上、解析過程の説明は省略するが、図-1 に示すように、砂層上部に厚さ H なる粘土層があり、その表面上に帯状（片幅 $= b$ ）もしくは円形（半径 $= a$ ）の荷重が作用している時、圧密過程中的過剰水圧 σ および粘土層表面における鉛直変位 $w_{z=1}$ は次式で与えられる。

$$\sigma = q \int_0^\infty \sum_n \left\{ \cos \alpha_n Z + (\cosh \xi - \cos \alpha_n) \cdot \sin \alpha_n Z / \sin \alpha_n - \cosh \xi Z \right\} \cdot A_{\xi \alpha_n} \cdot \exp(-S_n T) \cdot K\left(\frac{x}{r} \xi\right) d\xi \quad (1)$$

$$w_{z=1} = w_{z=1}(T \rightarrow \infty) + \frac{qH}{2\mu q} \int_0^\infty \sum_n \left\{ \left[\xi \cdot \sinh \xi + \alpha_n \cdot \left\{ \sin \alpha_n + (\cosh \xi - \cos \alpha_n) \cdot (\operatorname{sech} \xi - \cos \alpha_n) / \sin \alpha_n \right\} \right] / (\xi^2 + \alpha_n^2) - \mu \cdot \operatorname{sech} \xi \right\} \cdot A_{\xi \alpha_n} \cdot \exp(-S_n T) \cdot K\left(\frac{x}{r} \xi\right) d\xi \quad (2)$$

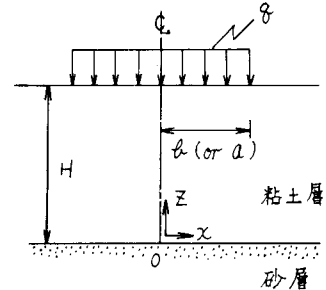


図-1 透水性底面を有する粘土層

ここに、 α_n は、 $f \equiv \mu \cdot (\sinh \xi + \xi \cdot \operatorname{sech} \xi) \alpha^2 + \xi \{ (\cosh \xi + \operatorname{sech} \xi) \cdot \cot \alpha - 2 \operatorname{cosec} \alpha \} \alpha + \xi^2 \{ \mu \cdot (\sinh \xi + \xi \cdot \operatorname{sech} \xi) - \sinh \xi \} = 0$ を満たし、 $2n\pi < \alpha_n < (2n+1)\pi$; $n=0, 1, 2, \dots$ である。係数 $A_{\xi \alpha_n}$ は、式

$$\sum_n \left(\cos \alpha_n Z + \frac{\cosh \xi - \cos \alpha_n}{\sin \alpha_n} \cdot \sin \alpha_n Z \right) \cdot A_{\xi \alpha_n} = \frac{Z(1-\nu')}{\cosh \xi + \xi \cdot \operatorname{cosech} \xi} \cdot \cosh \xi Z \quad (0 \leq Z \leq 1)$$

を満足するもの。また、 $K(\frac{x}{r} \xi)$ 、 μ 、 S_n さらに、無次元量 Z 、 X 、 R 、 T はそれぞれ、

$$K\left(\frac{x}{r} \xi\right) = \begin{cases} (2/\pi) \cdot \sin B\xi \cdot \cos X\xi / \xi; & B = b/H \quad (\text{帯状等分布荷重の場合}) \\ A \cdot J_1(A\xi) \cdot J_0(R\xi); & A = a/H \quad (\text{円形等分布荷重の場合}) \end{cases}$$

$$\mu = (1-\nu')/(1-2\nu'), \quad S_n = \alpha_n^2 + \xi^2, \quad Z = z/H, \quad X = x/H, \quad R = r/H, \quad T = Ct/H^2$$

である。

式 (1)、(2) より、ポアソン比 ν' の各値について、過剰水圧 σ および沈下度 $U_s = (w_{T=T} - w_{T=0}) / (w_{T=\infty} - w_{T=0})$ の経時変化を求めることが出来る。帯状等分布荷重が作用した場合についての計算結果を図 2~4 に示す。ただし、本計算においては、固有値 α_n を求めるに際し関数 f の形からしてケース 1 で用いた Newton-Raphson 法が使えなかった。それゆえ、計算時間がかかるが二分法によった。ここに示す計算結果は、いずれも、誤差が 3 % 以内におさまる積分範囲 ($\xi = 28.26$) まで Simpson 則により数値積分したものであり、この計算には、東大大型計算機 HITAC 8700/8800 を利用した。

3. 考察

図-2は、荷重中心直下の粘土層内における過剰水圧の経時変化を示したものである。排水面から離れた点では、Mandel-Cryer効果が現われ、圧密開始後ある時刻で初期値よりも大きい過剰水圧が発生している。粘土層中央部におけるその効果は、ケース1よりやや大きい。図-3(a)~(c)は、ポアソン比 $\nu' = 0, 0.3, 0.45$ について時間と沈下度の関係を、また、図-4は、50%沈下度に要する時間と荷重幅の関係を示したものである。 $0.5 \leq B \leq 1.2$ においては粘土層下部の発生動水勾配が上部のそれより一般に小さい。それゆえ、圧密初期段階では一次元圧密や粘土層表面からの排水による圧密に比べて底面からの排水による圧密は余り期待できない。また、 $B < 0.5$ では粘土層下部の発生動水勾配は小さいが側方排水により圧密が促進されること、 $B > 1$ ではMandel-Cryer効果のために圧密が遅延されることになる。

なお、図-2, 3で見受けられるような、排水面から離れた点ほどMandel-Cryer効果が時間的に遅れて出現することや圧密特性がポアソン比によって影響を受けること等はケース1と共通した「多次元圧密特性」である。

ところで、本解析は粘土層と砂層の境界面にせん断応力が発生しないと仮定して行なったものである。それゆえ、今後、より現実に近い条件に対しての解を得るよう努めていかねばならない。

(参考文献) 1) 山口, 村上: 有限粘土層の多次元圧密について, 土木学会論文報告集 第204号 71頁~
2) 山口, 村上: 多次元圧密問題の厳密解について, 第8回土質工学研究発表会 415頁~

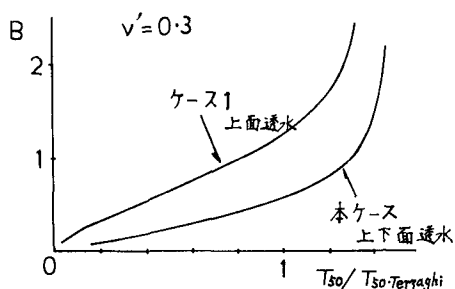


図-4 50%沈下度に要する時間

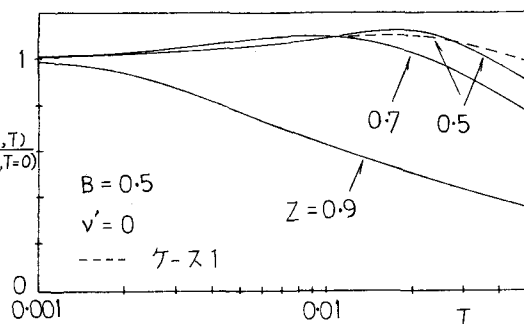


図-2 過剰水圧の経時変化 ($x=0$)

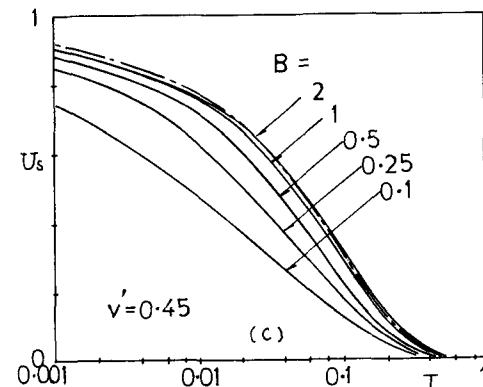
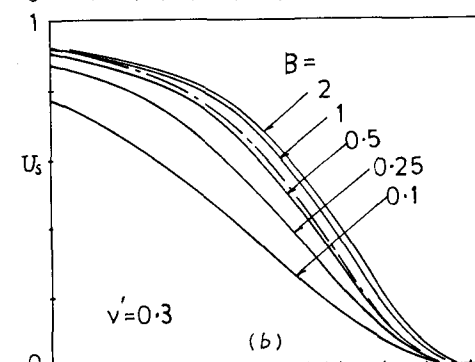
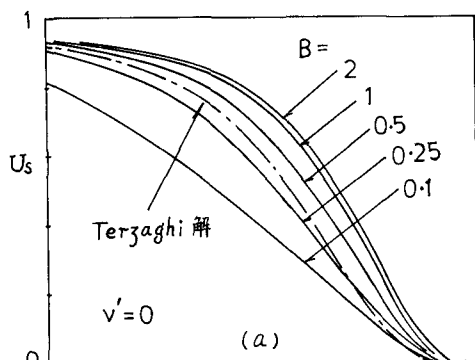


図-3 時間-沈下度関係 ($x=0, z=H$)