

1. はじめに

ジオンテックスを用いた水平排水工法の設計においては、盛土断面の形状、排水材の敷設間隔や長さなどの多くの設計パラメータを、盛土材や排水材の材料特性、さらには施工速度などを考慮して合理的に決定することが理想である。著者はこの問題について、まずチャート形式で一次設計案を決定し、次に FEM 等による変形及び安定に関する詳細な検討を行う設計が実際のと考え、まずは前者のシステムの確立を目的とした検討を行っている¹⁾²⁾。本文では、盛土内に排水材を全面および帯状千鳥に配置する両ケースの排水効果が解析的に検討される。

2. 排水効果の評価法

2. 1 支配方程式

Biot の多次元圧密論³⁾を基本とする土中水の流れに関する連続方程式⁴⁾を直交および極座標系で表現したものを両敷設パターンにおける支配方程式とする。

$$\nabla[k(\varphi+z)] = S_c \frac{\partial u}{\partial t} \quad (1)$$

ここで、 $S_c = \gamma_w \cdot \left\{ C_b + n \cdot C_1 - (n \cdot C_b + C_s) \cdot \left(\frac{C_s}{C_b} \right) \right\}$

k : 透水係数、 φ : 圧力水頭、 u : 間隙水圧、 z : 重力ポテンシャル、 S_c : 比貯留係数、 γ_w : 水の単位体積重量、 n : 間隙率、 C_b : 土粒子骨格の圧縮率、 C_s : 土粒子実質部分の圧縮率、 C_1 : 間隙水の圧縮率

2. 2 解析解の概要

各敷設パターンに対する解析解を表現する記号などを模式的に表-1に示し、解析解を以下に示す。

(1) 全面敷設の場合

表-1 各解の無次元量

	全面敷設	帯状千鳥配置
断面図		
側面図		
	$\xi = \frac{\theta_w}{\theta_s} (\theta_w, \theta_s: \text{排水層, 粘性土層の透水量係数})$	
	$\beta = \frac{L}{h}$	$\beta = \frac{L}{r_e}$

$$u(x, y, T_{ahd}) = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} C_{amn} \cdot \sin\left(\frac{m\pi}{2L}x\right) \cdot \cos\left(\frac{\lambda_{amn}}{h}y\right) \cdot \exp(-A_{amn} \cdot T_{ahd}) \quad (2)$$

ここで、 λ_{pmn} は次式を満足する。

$$\frac{1}{\tan \lambda_{amn} \cdot \lambda_{amn}} = \frac{DRA}{m^2}, \quad DRA = \frac{1}{\pi^2} \frac{\beta^2}{\xi} \quad (3)$$

また各係数は次の通り。

$$C_{amn} = \frac{16u_0 \cdot \sin(\lambda_{amn})}{n\pi \cdot \left\{ \sin(2 \cdot \lambda_{amn}) + 2 \cdot \lambda_{amn} \right\}} \quad (4)$$

$$A_{amn}^2 = \left\{ \lambda_{amn}^2 + \left(\frac{n\pi}{\beta} \right)^2 \right\} \quad (5) \quad T_{ahd} = \frac{k_c}{S_0} \cdot \frac{t}{h^2} \quad (6)$$

(2) 帯状千鳥敷設の場合

$$u(r, z, T_{phd}) = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} C_{pmn} \cdot D_0 \left(\lambda_{pmn} \frac{r}{r_e} \right) \cdot \sin\left(\frac{m\pi}{2L}z\right) \cdot \exp(-A_{pmn} \cdot T_{phd}) \quad (7)$$

ここで、 λ_{pmn} は次式を満足する。

$$\frac{D_0(\lambda_{pmn})}{\lambda_{pmn} \cdot D_1(\lambda_{pmn})} = -\frac{DRP}{m^2}, \quad DRP = \frac{8}{\pi^2} \cdot \frac{\beta^2}{\xi} \quad (8)$$

また各係数は次の通り。

$$C_{pmn} = \frac{8}{\pi} \cdot \frac{u_0}{DRP} \cdot \frac{m}{\lambda_{pmn}} \cdot V \quad (9)$$

$$V = \frac{D_0(\lambda_{pmn})}{D_0^2(N \cdot \lambda_{pmn}) - \frac{1}{N^2} \cdot \left[1 + \left(\frac{m^2}{DRP \cdot \lambda_{pmn}} \right)^2 \right] \cdot D_0^2(\lambda_{pmn})} \quad (10)$$

$$A_{ann}^2 = \left\{ \lambda_{ann}^2 + \left(\frac{n\pi}{\beta} \right)^2 \right\} \quad (11) \quad T_{phd} = \frac{k_c}{S_0} \cdot \frac{t}{r_c^2} \quad (12)$$

2. 3 ドレーン・スタンスの評価パラメータ

水平排水工法は、粘性土中の鉛直流れを卓越させ、結果的に盛土全体の水平方向の透水性を改善する工法として理解できる。ここではこの解釈に基づきドレーン・スタンス係数 DRA、DRP を形成すると β の物理的意味について考察する。

排水層と粘性土層より成る 2 層多孔質体の全体的な水平方向透水係数 K_H は図-1 に示す記号を用いると次式で表される。

$$K_H = \frac{k_a \cdot h_a}{h_a + h_b} (1 + \xi) \quad (13)$$

すなわち盛土体の全体的な透水性の改善は各層の透水量係数の比 ξ を用いて評価することができる。

また図中 A から排出面となる B までの排水経路を考えると、粘性土層の排水層における排水経路長の β が全体的な透水性の改善に影響を及ぼすことが容易に理解される。

3. 解析解の一次固有値に着目した考察

圧密解析において一次固有値を扱う工学的有効性は従来より議論されている⁵⁾。ここでは、それらにならない各敷設パターンに対する解析解中の一次固有値とドレーン・スタンス係数の関係より水平排水層に求められる諸条件について議論する。両者の関係を図-2 に示す。一次固有値は、全面敷設の場合、帯状千鳥配置の場合共に DRA、DRP が 10^{-1} 以下ではほぼ一定と見なせるが、それ以上になると各ドレーン・スタンス係数の増加に応じて急激に減少する。このことから敷設条件が、以上のドレーン・スタンス係数の範囲となる場合、ドレーン・スタンスの影響、すなわち透水性の 2 次元性と排水層の有限透水性を考慮した設計が必要であることを意味している。

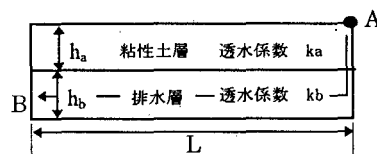


図-1 2層多孔質体

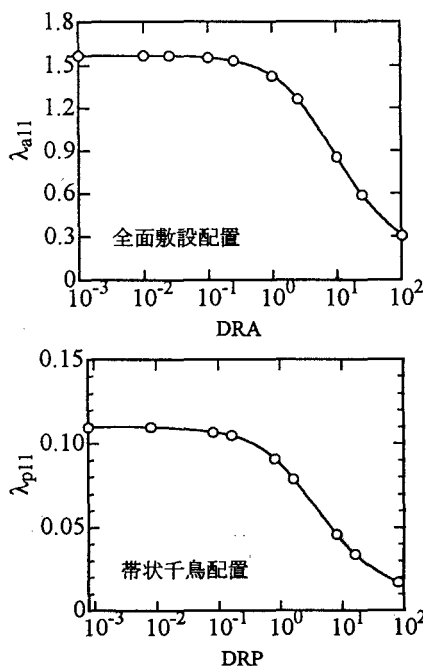


図-2 ドレーン・スタンス係数と一次固有値

4. まとめ

水平排水層の排水効果の解析法の示した。解析法の妥当性と従来の解析法との比較検討が今後の課題である。

【参考文献】

- 1) 宮田ら(1994): 第 9 回シ・オキスタイルシンポジウム発表論文集, pp.47-57、2) 宮田ら(1995): 第 10 回シ・オキスタイルシンポジウム発表論文集, pp.1-10、3) Biot, M. A. (1962): Jour. Appl. Phys., Vol.33, pp.1482-1498、4) 大津ら(1992): 土木学会論文報告集, No.457/III-21, pp.87-96、5) 田村(1980): 土木学会論文報告集, No.293, pp.78-89