

Ⅲ-773

高含水比粘性土盛土への水平排水材の配置計画法

防衛大学校土木工学教室 ○宮田喜壽 木暮敬二

1. はじめに

高含水比粘性土を用いた盛土工において、水平排水工の敷設は有効な対策工法であることが従来より認められている。近年、ジオテキスタイルなどの人工排水材料の普及により、盛土内に敷設する水平排水工の排水能力として幅広い条件の設定が可能となっている。本文は、高含水比粘性土盛土への水平排水材の配置計画法の概要とその方法に基づく若干の解析結果を示したものである。

2. 解析手法の概要

2. 1 基本となる解析方法¹⁾

水平排水材による排水効果の解析法は、土中水の流れを近似的に(1)式で表現できると仮定し、モデル化された排水材敷設領域の境界条件(図-1)に対する厳密解を用いる方法である。

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{k_c}{S_0} \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) \quad (1) \quad S_0: \text{比貯留係数}, k_c: \text{透水係数}$$

この解析法は、排水工の構造様式(排水長: $L/2$ 、敷設間隔: $2h$ 、排水材の通水性能: θ) が盛土内間隙水圧の消散速度に及ぼす影響を定量的に評価することができる。

2. 2 最適配置計画法²⁾

理想的な水平排水工は、盛立て終了時に目標とする間隙水圧消散度を達成でき、かつ排水材使用量が最小となるシステムと考えることができる。この考え方に基づき、著者は先に示す排水効果の解析法と線形計画法を組み合わせた排水材配置方法の概念を提案した。その方法は、以下の線形計画問題を解くことに帰着する。

$$\min [Cg=L/h], \text{ subject to } L_{\min} < L < L_{\max}, h_{\min} < h < h_{\max}, h < f(L)$$

各制約変数の性格は表-1に示す通りである。本文では、 $h=f(L)$ の定式化について以下に検討を行う。

2. 3 期待する排水効果より導かれる $h=f(L)$

間隙水圧の消散遅れが懸念される排水材末端部領域に着目し、その領域における間隙水圧消散度を(2)式で定義する。排水工に期待する機能としては、施工期間: T_{allow} で $U \geq 0.9$ を達成できることとする。

$$U = (u_0 - u_g) / u_0 \quad (2) \quad u_0: \text{初期間隙水圧}, u_g: \text{着目領域における平均間隙水圧}$$

u_g は無限級数解として与えられるが、 U が十分に大きい場合、その級数解の1次固有値と固有関数のみに着目すればよいことから、 u_g は次式となる。

$$u_g = C_{mn} \cdot \sin \lambda \cdot \left(\frac{1}{\lambda} \right) \cdot \exp(-a_1^2 \cdot t) \quad (3)$$

式中の λ は(2)式を満たす1次固有値で、各係数はそれぞれ(5)、(6)式である。

$$\tan \lambda = \left(\pi^2 \frac{h}{L^2} \cdot \frac{\theta}{k_c} \right) \cdot \frac{1}{\lambda} \quad (4) \quad C_{mn} = \frac{16 \cdot u_0 \cdot \sin \lambda}{\pi \{ \sin(2\lambda) + 2\lambda \}} \quad (5) \quad a_1^2 = \beta \left\{ \left(\frac{\lambda}{h} \right)^2 + \left(\frac{\pi}{L} \right)^2 \right\} \quad (6)$$

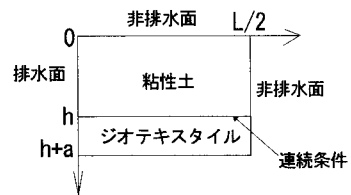


図-1 解析断面のモデル化

表-1 制約条件の性格

制約変数	満足すべき条件
$L_{\min}$	補強領域の外的な安定性
$L_{\max}$	設計断面
$h_{\min}$	最小撤きだし厚さ
$h_{\max}$	補強領域の局所的安定性
$h=f(L)$	期待する排水効果

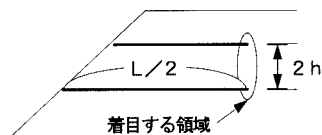


図-2 排水材を配置した盛土

なお、各式中におけるパラメータは図-2を参照されたい。以上より、所定の消散度（ $U > 0$ ）に達するまでの時間は、(7)式で表される。

$$t = \frac{1}{a_1^2} \left[\ln \left\{ C_{mn} \cdot \sin \lambda \left(\frac{1}{\lambda} \right) \right\} - \ln \{ (1-U) u_0 \} \right] \quad (7)$$

上式を用いて、実際に複数の L と h の組み合わせについて $U=0.9$ となる時間： T_{90} を計算し、 $h=f(L)$ を求めることとした。その方法を模式的に図-3に示す。

一般に最適設計における問題点として、計算量が莫大となることが挙げられるが、(7)式は電卓などを用いて簡単に計算でき、設計断面などから規定される敷設条件内で $h=f(L)$ を決定する作業はそれほど煩雑とはならない。

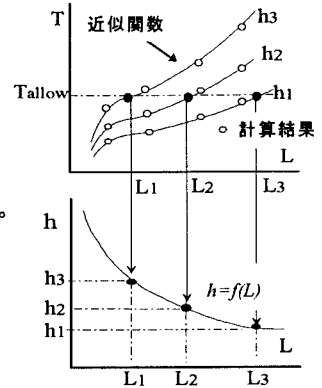


図-3 $h=f(L)$ の求め方

3. 解析結果

排水材の通水性能特性によって変化する $h=f(L)$ について検討するために表-2に示す条件のもとで計算を行った。 T_{90} と敷設条件の関係を図-4に示す。これより排水材の通水性能が劣る時ほど排水長の影響が大きくなることがわかる。ここで、 $T_{90}=100$ (day)とすれば、各ケースにおける $h=f(L)$ は図-5に示すように図化できる。 $h < f(L)$ が制約条件となることから、使用する排水材の通水性能が良いときほど、排水長の影響を考慮せずに排水工の設計を行うことができるようになることがわかる。

表-2 解析定数

排水材特性	面内方向通水性能(m^2/day)	Case A	Case B	Case C
		0.01	0.1	1.0
盛土材	比貯留係数(1/m)	1.0×10^{-5}		
	透水係数(m/day)	1.0×10^{-4}		
配置条件	敷設長さ(m)	2.5, 5.0, 10, 15, 20, 30, 40		
	敷設間隔(m)	1.0, 2.0, 4.0, 6.0, 8.0		

4. あとがき

従来、半ば経験的に行われてきた水平排水工法の設計に対する解析方法を示した。今後は、提案する基本モデルの妥当性を模型実験で確認し、かつ個々の制約条件についての整合性を検討する所存である。

【参考文献】1) 宮田, 木暮, 落合: ジオテキスタイルの盛土内間隙水の排水効果に関する解析的検討, 第9回ジオテキスタイルシンポジウム発表論文集, pp. 48-57, 1994, 2) 宮田, 木暮: 水平排水工法における排水効果の評価と最適設計に関する検討, 第30回土質工学会研究発表会講演概要集

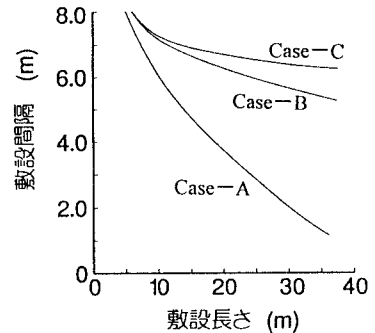


図-5 各ケースにおける $h=f(L)$

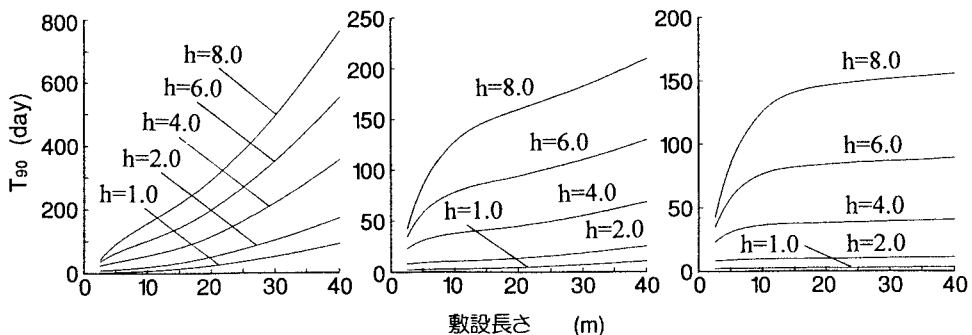


図-4 各ケースにおける敷設長さ T_{90} の関係